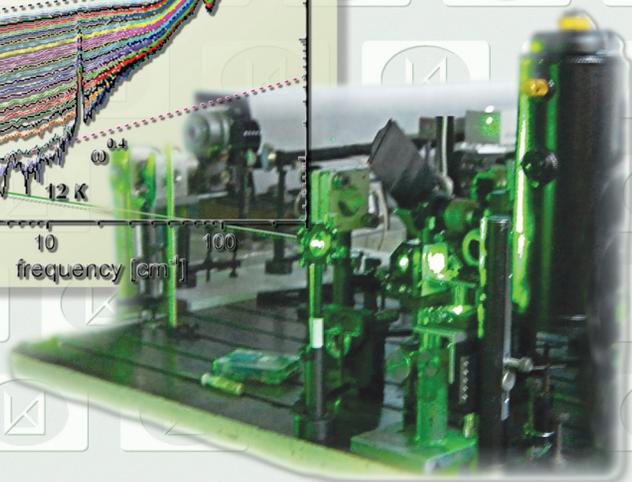
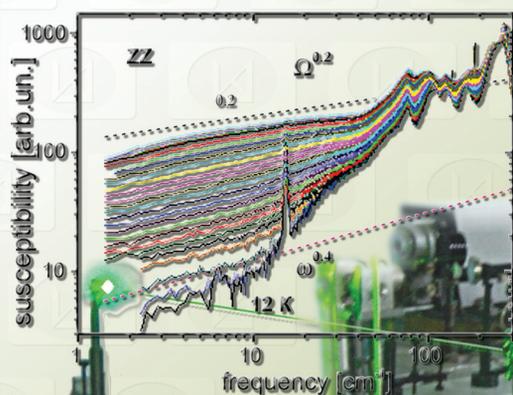


Российская академия наук  
Сибирское отделение



Институт автоматизации  
и электростроения

в 2008 году



Отчет о деятельности

Новосибирск

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ  
в 2008 году

Отчет о деятельности

НОВОСИБИРСК  
2009

УДК 535 + 538,9 + 539,1 + 621,391 + 681,3 + 681,5 + 681,7

Печатается по решению Ученого совета  
Института автоматики и электрометрии СО РАН

Ответственный за выпуск  
старший научный сотрудник Михляев С.В.

© Институт автоматики и электрометрии СО РАН  
Новосибирск

## О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2008 ГОДУ</b> .....	7
<b>2. ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	20
<b>3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ. ДРУГИЕ ПРОГРАММЫ СО РАН</b> ....	103
<b>4. ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕЗИДИУМА И ОТДЕЛЕНИЙ РАН</b> .....	107
<b>5. ГРАНТЫ РФФИ И ДРУГИЕ ГОСКОНТРАКТЫ</b> .....	109
<b>6. РАЗРАБОТКИ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИКЕ</b> .....	111
<b>7. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ</b> .....	119
7.1 ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН.....	119
7.2 СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ.....	119
7.3 РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА.....	122
7.4 РОСТ И ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	124
7.5 МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ.....	125
7.6 ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ.....	127
7.7 ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	128
7.8 УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	129
<b>8. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН В 2008 г.</b> .....	154

## ***ВВЕДЕНИЕ***

В 2008 году принята новая редакция Устава Учреждения Российской академии наук Института автоматики и электрометрии (ИАиЭ) СО РАН, в соответствии с которым определены направления исследований Института:

- актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе физические процессы в газах и конденсированных средах, индуцированные излучением, нелинейные явления при взаимодействии излучения со структурированными материалами, новые спектральные диапазоны и режимы генерации излучения;
- фундаментальные основы лазерных и оптических технологий, включая обработку и модификацию материалов, информатику, формирование микро- и наноструктур, диагностику, прецизионные измерения;
- архитектура, системные решения, математические модели и программно-алгоритмическое обеспечение информационно-вычислительных комплексов восприятия, анализа, отображения информации и систем управления сложными динамическими процессами.

Научные исследования в 2008 году выполнялись в рамках утвержденного плана НИР по приоритетным направлениям и программам фундаментальных исследований РАН и СО РАН – оптика и лазерная физика, включая взаимодействие излучения с веществом, физические процессы в газах и конденсированных средах, лазерные технологии, архитектура и программно-алгоритмическое обеспечение информационно-вычислительных комплексов восприятия, анализа и отображения информации на основе электронных и оптических технологий, системы автоматизированного управления сложными динамическими процессами. Всего по этим направлениям выполнялось 9 плановых проектов.

Значительная часть исследований велась по интеграционным проектам (15 междисциплинарных, 8 комплексных, 1 заказной) и другим программам Сибирского отделения РАН, программам Президиума и отделений РАН (7 и 5 проектов соответственно), а также в рамках ФЦП «Исследо-

ния и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.». Ученые Института в 2008 г. выполнили более 20 проектов по грантам РФФИ и большое количество договоров с российскими и зарубежными организациями.

Ученым советом Института признаны наиболее важными следующие результаты, полученные в 2008 г. (протокол заседания УС № 08-16 от 09.12.2008):

- Волоконные лазеры, перестраиваемые в широком диапазоне (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Универсальное поведение динамического отклика сегнетоэлектриков вблизи температуры фазового перехода (*Лаборатория спектроскопии конденсированных сред*);
- Адаптивная коррекция тепловизионных изображений с многоэлементных сканирующих фотоприемных устройств (*Лаборатория информационно-оптики*);
- Метод решения обратной задачи рассеяния для уравнения Гельмгольца (*Лаборатория фотоники*);
- Лазерный интерферометр с фазовым сдвигом для нанометрического контроля формы оптических поверхностей (*Лаборатория дифракционной оптики*);
- Обратимый быстродействующий электростатический «клей» (*Лаборатория тонкопленочных сегнетоэлектрических структур*);
- Метод лазерной доплеровской томографии для исследования объемных светочувствительных сред (*Лаборатория оптических информационных систем*);
- Активный интерферометр с оптической обратной связью и частотной модуляцией (*Тематическая группа лазерных информационно-измерительных систем*).

В этом году Институт награжден Дипломом Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам в номинации «100 лучших изобретений России» за разработку «Способ изображения предметов (варианты)», патент Российской Федерации № 2241258.

По итогам участия в выставках Институт имеет ряд наград, в том числе:

- Диплом и ЗОЛОТУЮ МЕДАЛЬ VIII МОСКОВСКОГО МЕЖДУНАРОДНОГО САЛОНА ИННОВАЦИЙ И ИНВЕСТИЦИЙ за проект «Лазерные системы и технологии защитной персонализации документов»;
- Диплом и МАЛУЮ ЗОЛОТУЮ МЕДАЛЬ Сибирской Ярмарки (Выставка «УЧСИБ–2008») за разработку оборудования для лабораторных работ по оптике;
- Диплом и БОЛЬШУЮ ЗОЛОТУЮ МЕДАЛЬ XVI специализированной выставки «НАУКА СИБИРИ–2008» в рамках международного промышленного форума «СИБПОЛИТЕХ–2008» за создание прибора для контроля асферики с помощью комбинированных компьютерно синтезированных голограмм;
- Диплом IV Международного Форума «Оптические приборы и технологии – «OPTICS-EXPO 2008» и МЕДАЛЬ Всероссийского выставочного центра «За успехи в научно-техническом творчестве».

Отчет подготовлен на основе материалов, представленных научными лабораториями, планово-финансовыми и другими подразделениями и службами Института. В нем изложены наиболее важные научные и научно-технические результаты, полученные при выполнении исследований в 2008 г. Кратко изложены основные направления проводившейся в Институте научно-организационной деятельности, приведены общие показатели и список публикаций сотрудников Института.

# 1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2008 ГОДУ

## 1.1. Волоконные лазеры, перестраиваемые в широком диапазоне

### Fiber lasers with broad tuning range

Авторы: Абдуллина С.Р., Акулов В.А., Афанасьев Д.М., Бабин С.А., Власов А.А., Каблуков С.И., Чуркин Д.В., Шелемба И.С.

Authors: Abdullina S.R., Akulov V.A., Afanasiev D.M., Babin S.A., Vlasov A.A., Kablukov S.I., Churkin D.V., Shelemba I.S.

В работе реализованы новые лазеры с большим диапазоном перестройки частоты в полностью волоконном исполнении. В качестве селектора частоты применены волоконные брэгговские решетки (ВБР). Предложен и реализован метод синхронной перестройки нескольких ВБР, образующих резонатор лазера. Получен диапазон непрерывной перестройки 45, 65 и 50 нм в спектральных областях 1100, 1550 и 1300 нм для лазеров на основе световодов, легированных иттербием, эрбием и фосфором соответственно. В последнем случае реализована схема ВКР-лазера с синхронной перестройкой резонаторов иттербиевого лазера накачки и фосфосиликатного ВКР-лазера (рис. 1.1). Показано, что ограничение диапазона перестройки возникает из-за рассогласования резонансных длин волн ВБР при сжатии. Продемонстрирована возможность преобразования перестраиваемого излучения в видимый диапазон.

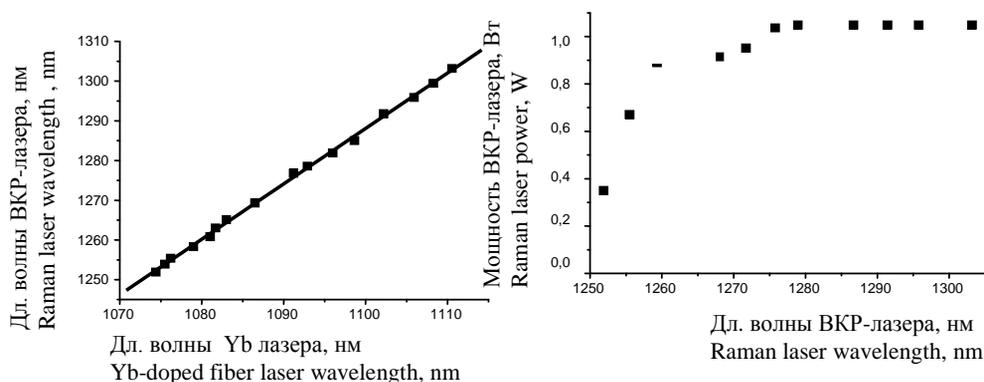


Рис. 1.1. Зависимости длины волны ВКР-лазера от длины волны Yb-лазера накачки (а) и мощности ВКР-лазера от длины волны генерации (б)

Fig. 1.1. Raman laser wavelength versus Yb-doped pump laser wavelength (a); Raman laser output power versus its wavelength (b)

New lasers with broad range of wavelength tuning in all-fiber performance have been developed. Wavelength selection has been performed by means of fiber Bragg gratings (FBGs). A new technique of synchronous tuning of several FBGs forming a laser cavity has been proposed and realized. The continuous tuning range of 45, 65, and 50 nm around wavelengths of 1100, 1550, and 1300 nm for lasers based on Yb-, Er- and P- doped fibers, respectively, has been

obtained. In the latter case, synchronous tuning of the both cavities for a phosphosilicate Raman laser and a pump Yb-doped fiber laser has been utilized (Fig. 1.1). It has been shown that the tuning range is limited by a misalignment in the FBG resonant wavelengths arising at strong compression. The possibility of converting the obtained tunable radiation to visible range has been also demonstrated.

### **Публикации:**

### **Publications:**

1. Akulov V.A., Babin S.A., Kablukov S.I., Vlasov A.A. Fiber lasers with tunable green output // *Laser Physics*, 2008, vol. 18, № 11. P. 1225–1229.
2. Babin S.A., Churkin D.V., Kablukov S.I., Rybakov M.A., Vlasov A.A. All-fiber widely tunable Raman fiber laser with controlled output spectrum // *Opt. Express*, 2007, vol. 15, № 13. P. 8438–8443.
3. Babin S.A., Kablukov S.I., Vlasov A.A. Tunable fiber Bragg gratings for application in tunable fiber lasers // *Laser Physics*, 2007, vol. 17, № 11. P. 1323–1326.
4. Абдуллина С.Р., Бабин С.А., Власов А.А., Каблуков С.И., Курков А.С., Шелемба И.С. Полностью волоконный иттербиевый лазер, перестраиваемый в диапазоне 45 нм // *Квант. электроника*, 2007, т. 37, № 12. С. 1146–1148.
5. Akulov V.A., Afanasiev D.M., Babin S.A., Churkin D.V., Kablukov S.I., Rybakov M.A., Vlasov A.A. Frequency tuning and doubling in Yb-doped fiber lasers // *Laser Phys.*, 2007, vol. 17, № 2. P. 124–129.
6. Абдуллина С.Р., Бабин С.А., Власов А.А., Каблуков С.И. Перестраиваемые брэгговские решетки для применений в волоконных лазерах // *Оптика и спектроскопия*, 2007, т. 103, № 6. С. 1050–1054.
7. Абдуллина С.Р., Бабин С.А., Власов А.А., Каблуков С.И. Особенности записи волоконных брэгговских решеток гауссовым пучком // *Квант. электроника*, 2006, т. 36, № 10. С. 966–970.

## **1.2. Универсальное поведение динамического отклика сегнетоэлектриков вблизи температуры фазового перехода**

### **Universality in dynamical response of ferroelectrics near phase transition temperature**

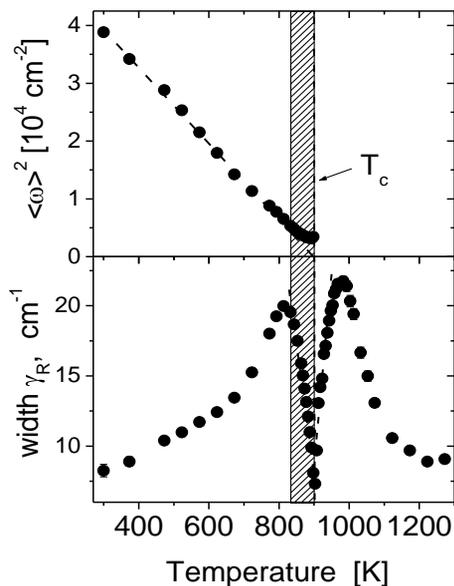
*Авторы: Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суровцев Н.В.*

*Authors: Malinovsky V.K., Pugachev A.M., Surovtsev N.V.*

Установлено, что для сегнетоэлектрических кристаллов  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ , KDP, DKDP в узкой области вблизи температуры сегнетоэлектрического фазового перехода динамика решетки всегда описывается классическими закономерностями, характерными для кристаллов типа порядок–беспорядок (рис 1.2). Вне этой температурной области реализуются как сценарий мягкой моды, так и сценарий порядок–беспорядок в зависимости от типа сегнетоэлектрика.

It has been found that the dynamical response demonstrates the same behavior near the phase transition temperature  $T_c$  for all ferroelectrics studied ( $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ , KDP, DKDP). In a narrow temperature range near  $T_c$ , the dynamical response is universally described by the behavior theoretically predicted

for ferroelectrics of order-disorder type (Fig. 1.2). Outside of this temperature range, the difference scenarios are realized, depending of what actually type of ferroelectric crystal is studied.



**Рис. 1.2.** Описание фазового перехода по сценарию мягкой моды  $\omega^2(T) \sim |T - T_c|$  (верхняя кривая) и порядок–беспорядок

$$\gamma(T) \sim \gamma_0^{-1} \frac{|T_c - T|}{T_c} \quad (\text{нижняя кривая}) \text{ на}$$

примере  $\text{LiTaO}_3$

**Fig. 1.2.** Temperature dependence of dynamical response parameters in the case of  $\text{LiTaO}_3$ . Top figure is  $\omega^2(T)$  of the soft mode versus  $T$ .  $\omega^2(T) \sim |T - T_c|$  is expected for the soft-mode behavior. Bottom figure is the central peak width  $\gamma(T)$  versus  $T$ .

$$\gamma(T) \sim \gamma_0^{-1} \frac{|T_c - T|}{T_c} \text{ is expected for the}$$

order-disorder description

### Публикации:

#### Publications:

1. Surovtsev N.V., Pugachev A.M., Malinovsky V.K., Shebanin A.P., Kojima S. Low-Frequency Raman spectra in  $\text{LiNbO}_3$ ; within and beyond the standard paradigm of ferroelectric dynamics // *Physical Review B*, 2005, v. 72, № 10. P. 104303 (9 pages).
2. Кузнецов А.Г., Суровцев Н.В., Малиновский В.К. Особенности поведения центрального пика в спектрах комбинационного рассеяния света кристалла танталата лития // *Физика твердого тела*, 2006, т. 48, № 12. С. 2190-2193.
3. Kuznetsov A.G., Malinovsky V.K., Pugachev A.M., Surovtsev N.V. Salient properties of Raman central peak in  $\text{LiNbO}_3$  and  $\text{LiTaO}_3$  crystals // *Ferroelectrics*, 2007, vol. 348. P. 177–181.
4. Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Исследование сегнетоэлектрического фазового перехода в кристалле DKDP методом низкочастотного комбинационного рассеяния света // *Физика твердого тела*, 2008, т. 50, № 6. С. 1090–1095.
5. Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Исследование сегнетоэлектрического фазового перехода в кристаллах DKDP методом комбинационного расеяния света // XVII Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков (Санкт-Петербург, Россия, 9–14 июня 2008). Тезисы конференции. С. 250.
6. Малиновский, В.К. Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Фазовый переход в KDP: сегнетоэлектрическая мода или упорядочение протонов? // Там же. С. 165.
7. Malinovsky V.K., Pugachev A.M., Surovtsev N.V. Central Peak in Raman Spectra of Ferroelectric KDP and DKDP Crystals: troubling stereotypes // *The 9th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (Vilnius, Lithuania, June 15–19, 2008)*. Book of abstracts. P. 47.
8. Malinovsky V.K., Pugachev A.M., Surovtsev N.V. Central Peak in Raman Spectra of Ferroelectric KDP and DKDP Crystals // *Ferroelectrics* (in press).

### 1.3. Адаптивная коррекция тепловизионных изображений с многоэлементных сканирующих фотоприемных устройств

#### Adaptive correction of infrared images from scanning multi-element photo-detectors

Авторы: Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И.

Authors: Borzov S.M., Kozik V.I., Potaturkin O.I.

Разработан принципиально новый (без применения тестовых полей) метод адаптивной многоточечной коррекции информации, полученной с многоэлементных сканирующих фотоприемных устройств (ФПУ) инфракрасного спектрального диапазона с использованием статистической обработки тепловизионных изображений реальных сцен. Метод основан на нелинейной аппроксимации динамической характеристики элементов ФПУ по их окрестности и позволяет в темпе регистрации информации корректно устранять типичные для данных ФПУ искажения (геометрический шум в направлении сканирования и неоднородность чувствительности элементов). Созданные программно-алгоритмические средства предназначены для обработки мультиточечных данных при дистанционном зондировании поверхности Земли (рис. 1.3).

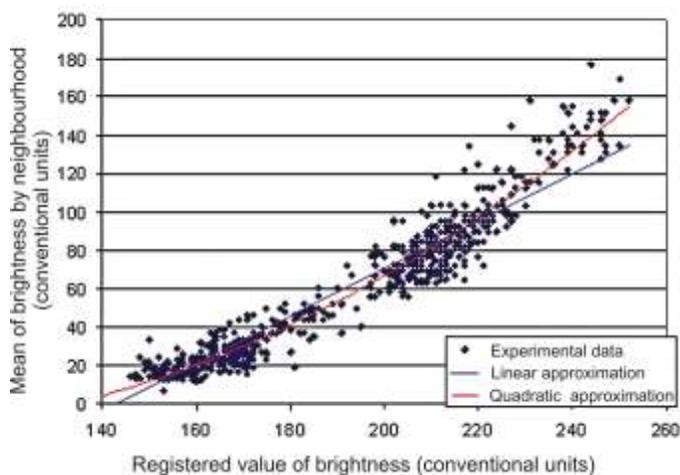


Рис. 1.3. Линейная и квадратичная аппроксимация динамической характеристики элемента ФПУ

Fig. 1.3. Linear and quadratic approximation of photodetector element dynamic characteristic

A novel method of adaptive multipoint correction of data is developed. The method is intended for correction of data received from scanning multi-element infrared photodetectors by real images statistical processing (does not employ test fields). The method is based on nonlinear approximation of dynamic characteristic of photodetector elements by their neighbourhood and makes it possible to eliminate typical images distortions in real-time (geometrical noise in

scanning direction and nonuniformity of elements sensitivity). Created software tools are intended for processing of multi-stream data at remote sensing of Earth surface (Fig. 1.3).

### **Публикации:**

### **Publications:**

1. Borzov S.M., Kozik V.I., Potaturkin O.I. Nonuniformity correction for infrared cameras with scanning linear detectors // VIII International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies – PRIA-8-2007 (Yoshkar-Ola, Russia, October 8–12, 2007). Conference Proceedings, 2007, vol. 2. P. 177–180.
2. Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И. Коррекция тепловизионных изображений на основе статистической обработки реальных данных // Российское совещание по актуальным проблемам полупроводниковой электроники «ФОТОНИКА–2008» (Новосибирск, Россия, 19–23 августа 2008). Тезисы докладов. С. 128.
3. Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И. Коррекция данных многоэлементных фотоприемных устройств различных спектральных диапазонов // XII Российская конференция с международным участием «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы» (DICR'2008) (Новосибирск, Россия, 5–7 ноября 2008). Тезисы докладов. С. 25.

### **1.4. Метод решения обратной задачи рассеяния для уравнения Гельмгольца**

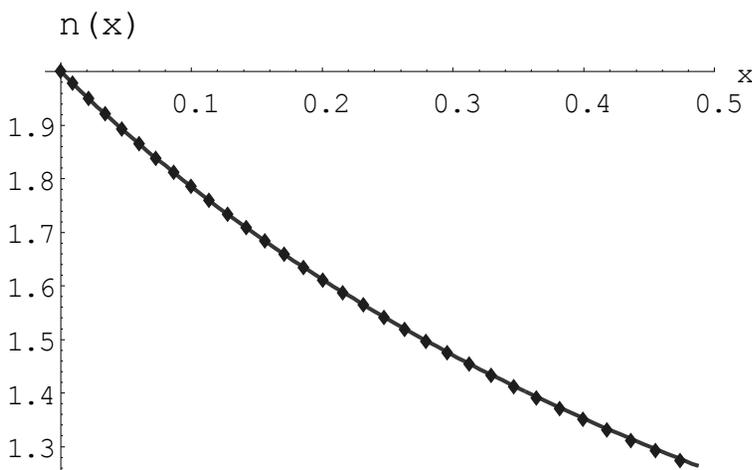
### **Inverse scattering for the one-dimensional Helmholtz equation: fast numerical method**

*Авторы: Белай О.В., Фруммин Л.Л., Подивилов Е.В., Шапиро Д.А.*

*Authors: Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A.*

Предложен новый численный метод решения обратной задачи рассеяния для одномерного уравнения Гельмгольца - восстановления профиля показателя преломления по коэффициенту отражения. Показано, что преобразование Бреммера и выбор оптического пути в качестве координаты сводят уравнение Гельмгольца к системе, аналогичной уравнениям связанных мод. Для решения системы применена разработанная ранее схема внутреннего окаймления, снижающая количество требуемых операций с  $N^4$  до  $N^2$ , где  $N$  — число точек при дискретизации. Метод проверен на точно решаемой модели слоя Рэлея и продемонстрировал хорошее согласие (рис. 1.4). Помимо оптики метод может найти применение в радиофизике, акустике, геофизике.

The new numerical method is proposed for solving the inverse scattering problem to the one-dimensional Helmholtz equation, the refractive index reconstruction from the given reflection coefficient. The Bremmer transformation and choice of the optical path as an independent variable are shown to reduce the Helmholtz equation to a set analogous to the coupled modes equations. For solution of the set the inner bordering procedure elaborated earlier is applied, which decreases the required number of operations from  $N^4$  to  $N^2$ , where  $N$  is the number of discrete points. The method was tested by the exactly solvable model of



**Рис. 1.4.** Показатель преломления слоя Рэлея, восстановленный по спектру численно (ромбы) и вычисленный по формуле (кривая)

**Fig. 1.4.** The refractive index in the Rayleigh layer: numerically reconstructed from the spectra (diamonds) and calculated by formula (solid line)

the Rayleigh layer and demonstrated good agreement (Fig. 1.4). Besides optics, the method could be helpful in radiophysics, acoustics, geophysics.

#### **Публикации:**

#### **Publications:**

1. Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A. Inverse scattering for the one-dimensional Helmholtz equation: fast numerical method // *Opt. Lett.*, 2008, vol. 33, № 18. P. 2101–2103.
2. Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A. On ambiguity of FBG reconstruction from the reflection data // Technical Program of the International Conference "Laser Optics 2008" (St. Petersburg, Russia, June 23–28, 2008). St. Petersburg: State University of ITMO, 2008. P. 66. Paper ThR3-p08.
3. Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A. Reconstruction of FBG by inverse scattering for helmholtz equation // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 185. Paper B3.

#### **1.5. Лазерный интерферометр с фазовым сдвигом для нанометрического контроля формы оптических поверхностей** **Phase-shift interferometer for asphere surface test with nanometer accuracy**

*Авторы: Поleshchuk A.G., Koronkevich V.P., Matochkin A.E., Nasyrov R.K., Cherkashin V.V., Lokhmatov A.I., Dontsova V.V.*

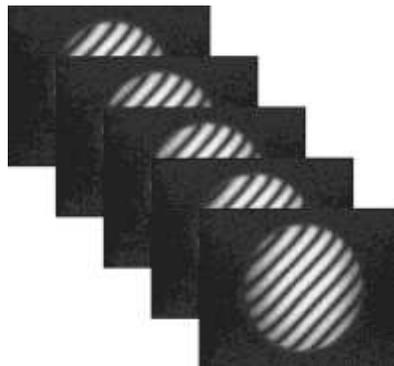
*Authors: Poleshchuk A.G., Koronkevich V.P., Matochkin A. E., Nasyrov R.K., Cherkashin V.V., Lokhmatov A.I., Dontsova V.V.*

Разработан лазерный интерферометр для высокоточного измерения формы сферических, асферических и более сложных оптических поверхно-

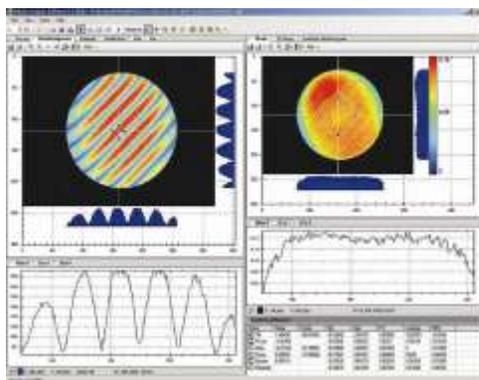
стей с погрешностью менее 10 нм в научных исследованиях и в оптическом производстве. В отличие от аналогов прибор снабжен сменной голографической оптикой (рис. 1.5, *а*). Благодаря компактной конструкции он может встраиваться в прецизионные станки алмазного точения с целью оперативного контроля формы поверхности заготовки с выдачей данных в реальном времени для системы автоматизированного управления. Цифровая обработка интерферограмм в сочетании с методом фазового сдвига (рис. 1.5, *б*) и автоматической калибровкой, позволяют обеспечить высокую воспроизводимость измерений (рис. 1.5, *в*, *г*).



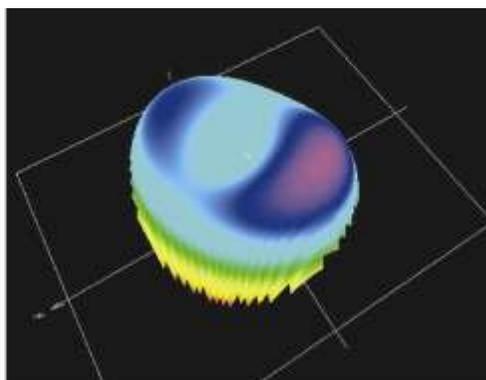
*а*



*б*



*в*



*г*

**Рис. 1.5.** Сменная дифракционная оптика (*а*), и результаты компьютерной обработки интерферограмм (*б-г*)

**Fig.1.5.** Custom diffractive optics (*a*) and software for interferogram analysis (*b-d*)

A laser phase-shift interferometer has been developed for high-precision optical surface test. It is suitable for spherical, aspherical and freeform surfaces test with an accuracy better than 10 nanometers in industrial conditions and scientific laboratories. In comparison to its analogs our interferometer is provided with replaceable diffractive optics (Fig. 1.5, *a*), which enables to control asphere surfaces (lenses, mirrors) with nanometer precision. Due to compact dimensions it is possible to build in the interferometer in diamond turning systems for real-time control of surface shape. That can provide a feedback for turning

system control computer. Digital processing of interferograms combined with phase-shift (Fig.1.5, *b*) and automatic calibration ensures high repeatability of measurements (Fig. 1.5, *c*, *d*).

### **Публикации:**

### **Publications:**

1. Poleshchuk A.G. Computer generated holograms for aspheric optics testing // V international symposium on Instrument Science and Technology ISIST–2008 (Shinning, China, September 15–18, 2008). Proceedings, 2008, vol. 2. P. 754–764.
2. Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Computer generated holograms: fabrication and application for precision optical testing // Proceedings SPIE, 2008, vol. 7102: Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, Angela Duparré; Roland Geyl, Editors. P. 710206 (9 pages).
3. Полешчук А.Г. Методы и системы для интерферометрического контроля асферической оптики с помощью синтезированных голограмм // V международная конференция «Голография Экспо–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов. С-Пб: ООО «Голография-сервис», 2008. С. 21–25.

## **1.6. Обратимый быстродействующий электростатический «клей»**

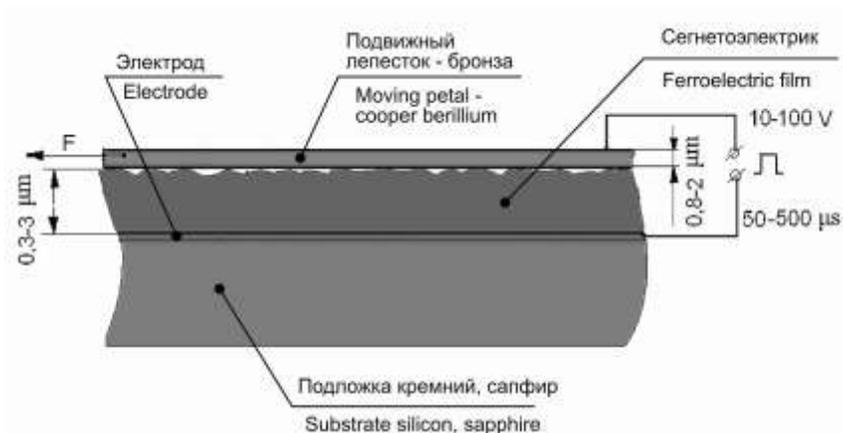
### **Reversible high-speed electrostatic "glue"**

*Авторы: Багинский И.Л., Косцов Э.Г.*

*Authors: Baginsky I.L., Kostsov E.G.*

Разработаны физико-технические принципы и технология создания высокоэнергоемкого обратимого сцепления, «склеивания», двух поверхностей с помощью энергии электростатического поля. Основой эффективного «склеивания» поверхностей тонкопленочной структуры металл (полупроводник)–сегнетоэлектрик–подвижный электрод (рис. 1.6) является создание в нанометровом зазоре высокой плотности энергии электрического поля (до  $10^8$  Дж/м<sup>3</sup>) за короткое время (микросекунды), что обеспечивает электрический и механический контакт электрода с поверхностью сегнетоэлектрика и позволяет «выключать» его за еще меньшее время. Экспериментально установлено, что сила электростатического сцепления поверхностей линейно зависит от энергии электрического поля, накапливаемой в структуре, и определяется коэффициентом  $k = 3\text{--}5 \cdot 10^5$  Н/Дж. Давление в нанозазоре может превышать  $10^3$  кг/см<sup>2</sup>, оно определяется качеством кристаллической структуры сегнетоэлектрической пленки, ее механической твердостью и шероховатостью. Области применения эффекта: MEMS, микроактюаторы, быстродействующие микроклапаны, датчики давления, микронасосы, микрокоммутаторы и т. п.

Processing technique, physical and engineering approaches for creating high-energy consumption reversible adhesion, the so-called "gluing", of two surfaces by means of electrostatic field energy are developed. Basis principle of effective "gluing" of surfaces (Fig. 1.6) is the creating in the nanometer air gap a high density of electric field energy, up to  $10^8$  J/m<sup>3</sup> in short times (microseconds), providing the electrical and mechanical contact of electrode with ferro-



**Рис. 1.6.** Конструкция электронного клея

**Fig. 1.6.** The scheme of electrostatic “glue”

lectric surface, and switching off this contact at even smaller times. The force of electrostatic adhesion of two surfaces,  $F$ , was defined experimentally to be linearly dependent on the energy of an electric field accumulated in the structure.

The factor  $k = 3 \cdot 5 \cdot 10^5 \text{ N/J}$  is characteristic for this effect. The pressure in nanometer gap can exceed  $10^3 \text{ kg/cm}^2$ . It is defined by quality of crystal structure of a ferroelectric film, its mechanical hardness and roughness. The application field of the effect is MEMS, microactuators, high-speed microvalves, pressure sensors, micropumps, etc.

### Публикации:

### Publications:

1. Kostsov E.G. Electromechanical energy conversion in the nanometer gaps // Proc. SPIE, 2008, vol. 7025. P. 70251G-1–70251G-8.
2. Kostsov E.G. Ferroelectric-based electrostatic micromotors with nanometer gaps // IEEE Transaction on Ultrasonics, Ferroelectric and Frequency Control, Special Issue on Nanoscale Ferroelectric, 2006, vol. 53, № 12. P. 2294 – 2299.
3. Baginsky I.L., Kostsov E.G. High energy output MEMS based on thin layers of ferroelectric materials // Ferroelectrics, 2007, vol. 351. P. 69–78.
4. Kostsov E.G. Ferroelectric barium-strontium niobate films and multi-layer structures // Ferroelectrics, 2005, vol. 314. P. 169-187.
5. Baginsky I.L., Kostsov E.G. Linear electrostatic micromotor on the basis of ferroelectric ceramics // Ferroelectrics, 2005, vol. 320. P. 141-148.
6. Камышлов В.Ф., Косцов Э.Г. Микроэлектромеханические быстродействующие микроклапаны // Нано- и микросистемная техника, 2006, № 12. С. 57-59.
7. Kostsov E.G., Kolesnikov A.A. High-speed electrostatic microswitchboards on the basis of ferroelectric films // Ferroelectrics, 2007, vol. 351. P. 138–144.

## **1.7. Метод лазерной доплеровской томографии для исследования объемных светочувствительных сред**

### **A Laser Doppler Tomography Method for Investigating Volume Recording Media**

*Авторы: Твердохлеб П.Е., Щенеткин Ю.А.*

*Authors: Tverdokhleb P.E., Shchepetkin Yu.A.*

Предложен новый метод лазерной доплеровской томографии для исследования шумов рассеяния, усадки, амплитуд модуляции показателя преломления и коэффициента поглощения, а также других оптических характеристик объемных (толстых) светочувствительных сред. Метод основан на акустооптическом сканировании ранее записанной в среде тестовой объемной решетки и на послыном коллинеарном гетеродинном детектировании рассеянного поля. Разработана оптико-электронная система для экспериментальной реализации метода (рис. 1.7).

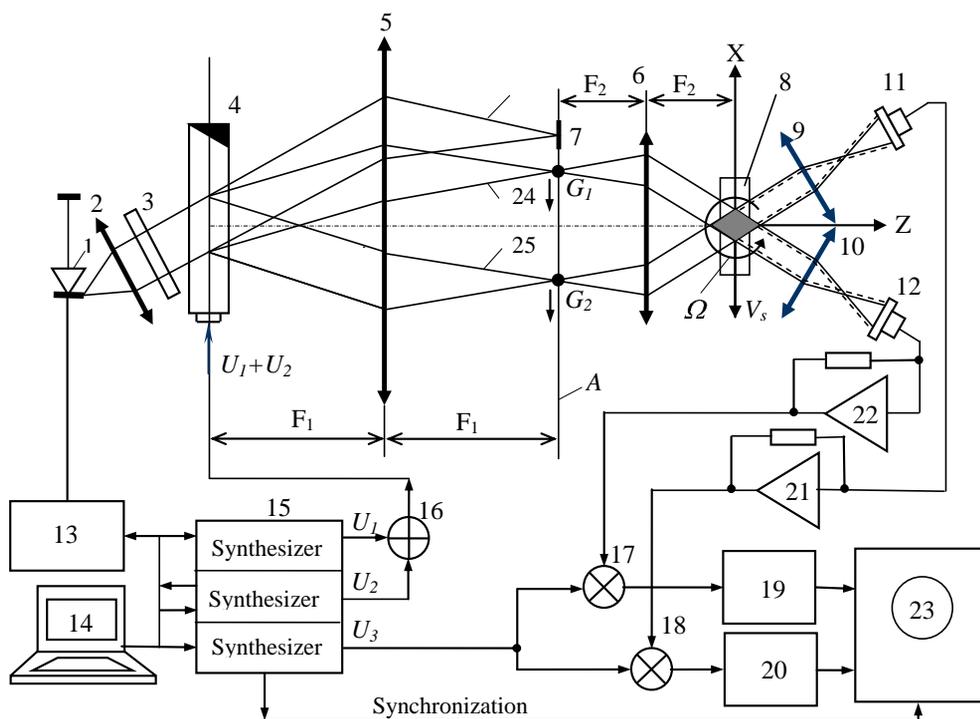
Получены формулы для оценки пространственной разрешающей способности метода, оптимального периода тестовой решетки, максимального количества детектируемых слоев и показана их связь с параметрами элементов оптической системы. Показано, что экспериментально полученные значения чувствительности и разрешающей способности метода по глубине материала соответствуют теоретическим оценкам.

Восстановлены значения амплитуды и фазы рассеянного света в глубинных слоях объемной тестовой решетки, записанной в фотополимере толщиной 130 мкм (создан в НИОХ СО РАН). Получены новые сведения о характере продольной усадки светочувствительного слоя такого материала, находящегося между стеклянной подложкой и защитным слоем.

A new laser Doppler tomography method is proposed for investigating scattering noises, shrinkage, modulation amplitudes of refractive index and absorption coefficient, and other optical characteristics of volume, or thick, recording media. The method is based on acoustooptical scanning of a test volume grating recorded earlier in the medium and on layer-by-layer collinear heterodyne detection of the scattered field. The optoelectronic system is developed for experimental verification of the proposed method (Fig. 1.7).

Formulas were obtained for estimating the spatial resolution of the method, optimal period of the test grating, and maximal number of layers detectable by the method. Their relation with the parameters of the optical system elements was shown. We have demonstrated that the experimental values of sensitivity and resolution of the method in material depth agree with the theoretical estimates.

We have reconstructed the values of amplitude and phase of the light scattered from deep layers of the three-dimensional test grating recorded in a photopolymer film of a 130  $\mu\text{m}$  thickness (fabricated in the Novosibirsk Institute of Organic Chemistry, SB RAS). New data about the character of longitudinal shrinkage of the light-sensitive layer of the material inserted between the glass base plate and the coating have been obtained.



**Рис. 1.7.** Схема оптоэлектронной системы: 1 – полупроводниковый лазер, 2 – коллиматор, 3 – фазовая полуволновая пластинка, 4 – акустооптический дефлектор, 5 – объектив, 6 – микрообъектив, 7 – экран, 8 – образец исследуемой среды, 9, 10 – объективы, 11, 12 – фотодиоды, 13 – блок питания, 14 – управляющий компьютер, 15 – синхронный синтезатор-генератор напряжений, 16 – сумматор напряжений, 17, 18 – смесители-перемножители напряжений, 19, 20 – фильтры нижних частот, 21, 22 – усилители фототоков, 23 – цифровой регистратор, 24, 25 – лазерные пучки света

**Fig. 1.7.** The scheme of the optoelectronic system: 1 – semiconductor laser, 2 – collimator, 3 – phase half-wave plate, 4 – acoustooptical deflector, 5 – objective, 6 – micro-objective, 7 – screen, 8 – specimen of the investigated medium, 9, 10 – objectives, 11, 12 – photodiodes, 13 – power unit, 14 – control computer, 15 – synchronous synthesizer-generator, 16 – adder, 17, 18 – mixer-multipliers, 19, 20 – low-pass filters, 21, 22 – amplifiers of photocurrents, and 23 – digital scope, 24, 25 – laser beams

### Публикации: Publications:

1. Твердохлеб П.Е., Щепеткин Ю.А. Экспериментальное исследование характеристик лазерного гетеродинного вейвлет-анализатора оптических фазовых неоднородностей // *Автометрия*, 2004, т. 40, № 6. С. 47–60.
2. Твердохлеб П.Е., Щепеткин Ю.А. Метод лазерной доплеровской томографии для исследования объемных регистрирующих сред // *Автометрия*, 2008, т. 44, № 6. С. 76–88.

## 1.8. Активный интерферометр с оптической обратной связью и частотной модуляцией

### Active interferometer with optical feedback and frequency modulation

Авторы: Кащеева Г.А., Соболев В.С., Уткин Е.Н., Щербаченко А.М.

Authors: Kashcheeva G.A., Sobolev V.S., Utkin Ye.N., Shcherbachenko A.M.

На основе явлений интерференции исходного и рассеянного излучений в активной среде полупроводникового лазера, работающего в режиме частотной модуляции, создан новый класс интерферометров (рис. 1.8), отличающийся сверхвысокой чувствительностью к интенсивности рассеянного излучения и высоким разрешением по перемещению (5 нм). В отличие от известных он позволяет одновременно измерять параметры диффузно рассеивающих объектов: дальность, перемещения, скорости и вибрации, причем вибросмещения - в нанометровом диапазоне.

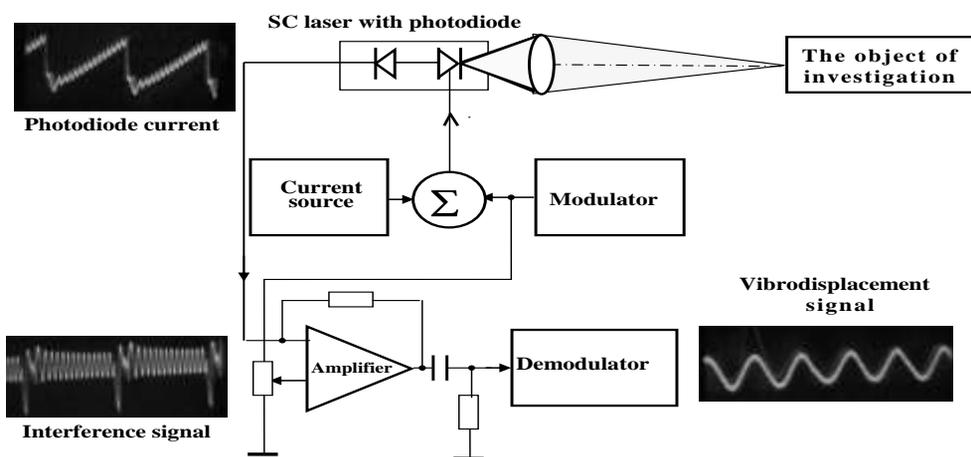


Рис. 1.8. Схема интерферометра

Fig. 1.8. Interferometer scheme

On the basis of the interference effect between incident and scattered radiation in the semiconductor laser active medium, provided that the laser operates in frequency modulation mode, a new class of interferometers was developed (Fig. 1.8). Their distinction is superhigh sensitivity to scattered radiation intensity and high resolution to displacements (up to 5 nm). Contrary to the known instrumentation, the device enables to measure simultaneously diffusing scattering object parameters such as ranging, microdisplacements, velocities and vibrations, moreover, the vibrodisplacements, in the nanometric range.

#### Публикации:

#### Publications:

1. Соболев В.С., Кащеева Г.А. Активная лазерная интерферометрия с частотной модуляцией // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 51–69.

2. Baginsky I.L., Kostsov E.G., Sobolev V.S. High energy microelectromechanical oscillator based on the electrostatic microactuator // Proc. of SPIE, 2008, vol. 7025. P. 70251E-1–70251E-8.
3. Sobolev V.S., Kashcheeva G.A. Optical feedback and frequency modulation in semiconductor lasers as a basis for the development of the sensor systems // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, Russia, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 115–116.
4. Соколов В.С., Уткин Е.Н. Использование режима оптической обратной связи для оценки крутизны модуляционной характеристики полупроводниковых лазеров // Письма в ЖТФ, 2008, № 5. С. 28–34.
5. Косцов Э.Г., Соколов В.С., Уткин Е.Н., Харин А.М., Щербаченко А.М. Микровибрации конструкций капитальных строений как источник возобновляемой энергии для МЭМС-генераторов // Нано- и микросистемная техника (в печати).
6. Соколов В.С., Столповский А.А., Щербаченко А.М., Кашеева Г.А., Уткин Е.Н. Следящая лазерная доплеровская система на основе оптимальных оценок мгновенной частоты // Автометрия, 2006, т. 42, № 1. С. 103–115.

## **2. ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 2.1. Актуальные проблемы физики конденсированных сред.

ПРОГРАММА 2.1.2. Новые оптические материалы, технологии и приборы, их применение. Координатор акад. В.Ф. Шабанов.

**Проект 2.1.2.1.** Исследование нелинейного взаимодействия когерентных волновых полей, закономерностей формирования микро- и наноструктур, трансформации и визуализации оптических сигналов. Разработка и создание элементной базы дифракционной оптики, прецизионных датчиков, измерительных приборов и информационно-оптических систем для научных исследований и обеспечения безопасности. № гос. рег. 01.2.007 04686.

Исполнители проекта:

**Лаборатория лазерной графики** (ответственный исполнитель к.т.н. Бессмельцев В.П.).

**Лаборатория дифракционной оптики** (ответственные исполнители: д.т.н. Полещук А.Г., к.т.н. Корольков В.П., к.т.н. Арнаутов Г.П., к.т.н. Стусь Ю.Ф.).

**Лаборатория информационной оптики** (ответственные исполнители: к.ф.м.н. Анцыгин В.Д., к.т.н. Борзов С.М., к.т.н. Михляев С.В.).

Научный руководитель д.т.н. **Потатуркин О.И.**

*1. Разработка методов и аппаратно-программных средств субмикронной пятикоординатной лазерной микрообработки металлических материалов мощными лазерами видимого диапазона ( $\lambda = 0.532$  мкм, средняя мощность до 30 Вт) с помощью прецизионных систем составного сканирования большого поля (ответственный исполнитель к.т.н. Бессмельцев В.П.).*

Разработаны методы и аппаратно-программные средства многокоординатной микрообработки с субмикронным разрешением. Они основаны на созданных аппаратно-программных средствах управления прецизионными системами положения лазерного луча с применением технологии комплементарных (составных) систем многокоординатного сканирования. В результате разработан лазерный комплекс пятикоординатной микрообработки (рис. 2.1). Применение современного дискового лазера с полупроводниковой накачкой и программный учет технологических особенностей микрообработки различных материалов позволяют осуществлять микрообработку керамики и высокотемпературных сплавов с высокими качеством и точностью.

Показано, что применение системы управления положением лазерного луча на основе составного сканирования и реализация алгоритмов управления с помощью специализированного контроллера на базе быстро-



**Рис. 2.1.** Лазерный комплекс пятикоординатной микрообработки

действующего DSP-процессора в реальных системах записи позволяют создать комплекс с уникальными характеристиками по быстрдействию и точности.

Проведены предварительные экспериментальные исследования и испытания комплекса. Опробована методика определения параметров технологических режимов для динамической коррекции обработки. Проведены эксперименты по лазерной микрообработке тугоплавких материалов, определены оптимальные режимы микрообработки высокотемпературных материалов.

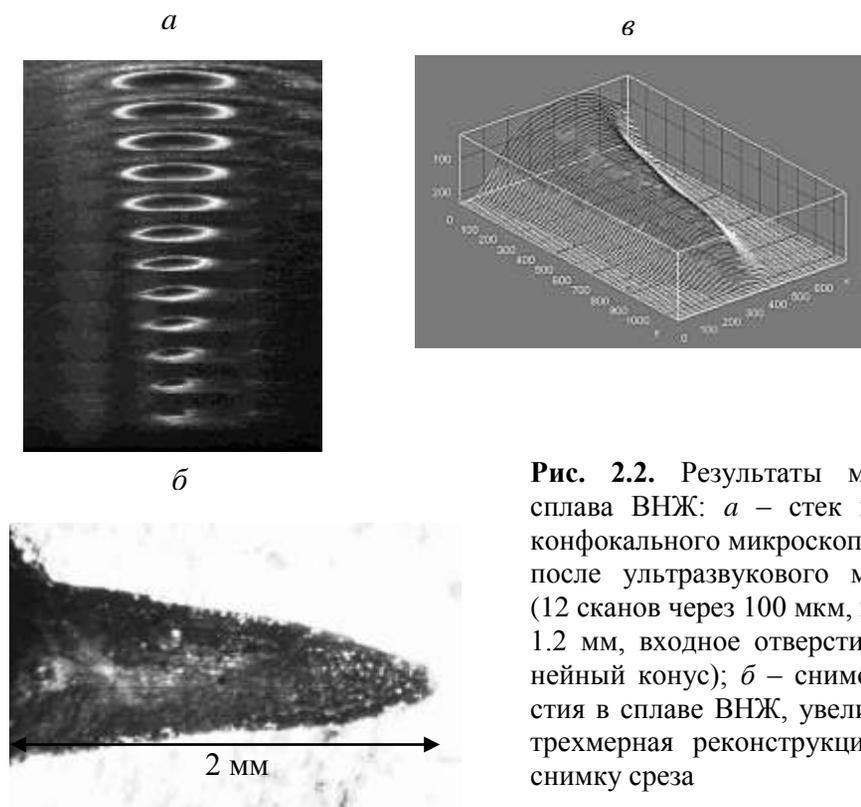
Рассмотрены особенности технологических режимов при лазерной обработке микро-, нано- и пикосекундными импульсами. Разработаны элементы лазерной технологии получения сквозных и глухих микроотверстий в тугоплавких материалах. Отработана методика глубокой (более 1 мм) микрообработки стали и сплавов ВНЖ, сделан вывод о ее эффективности. Определены оптимальные режимы микрообработки высокотемпературных материалов для получения глухих и сквозных отверстий заданного диаметра и формы (рис. 2.2). Для улучшения качества края отверстия и получения точной перемычки при изготовлении изделий с глухими отверстиями при тонком (менее 200 мкм) дне отверстия рекомендуется использовать лазер с пикосекундными импульсами и частотой повторения 1–100 КГц и средней мощностью 10–20 Вт.

*(Лаборатория лазерной графики.)*

### **Публикации:**

1. Goloshevsky N., Aleshin A., Baev S., Bessmeltsev V., Smirnov K., Maksimov M., Mikhailov M. Precision laser system based on complementary scanning principle for dielectric material microprocessing // Proc. SPIE, 2008, vol. 6985, Jan. 15. P. 69850M–69850M-9.
2. *Разработка многоспектральных систем технического зрения высокого разрешения с послойной структурой фотосенсора (14 Мпикселей на кадр) для контроля поверхности диэлектрических носителей, в том числе для*

идентификации защитных и информационных изображений на документах (ответственный исполнитель к.т.н. Бессмельцев В.П.).

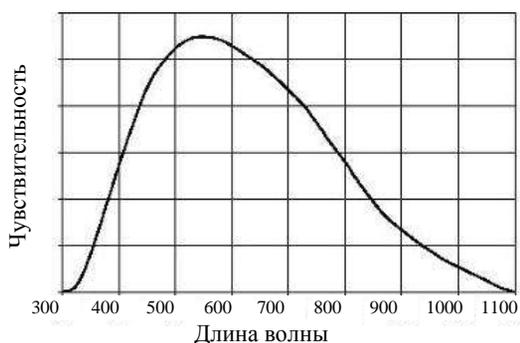


**Рис. 2.2.** Результаты микрообработки сплава ВНЖ: *а* – стек изображений с конфокального микроскопа образца ВНЖ после ультразвукового микроотравления (12 сканов через 100 мкм, полная глубина 1.2 мм, входное отверстие 500 мкм, линейный конус); *б* – снимок среза отверстия в сплаве ВНЖ, увеличение 100; *в* – трехмерная реконструкция глубины по снимку среза

Фотоматрицы, выполненные по обычной технологии, содержат только один слой фотодетекторов. Для получения цветовой информации элементы фотоматрицы закрываются мозаичной сеткой фильтров, каждый из которых пропускает только одну область спектра видимого излучения. Эта технология позволяет считывать с помощью каждого элемента только 1/3 цвета, а далее требуется процесс обработки, чтобы интерполировать недостающую информацию для каждого пикселя. Интерполяция восстанавливает цветовую информацию с непредсказуемыми искажениями и уменьшает резкость изображения.

Разработана система технического зрения (СТЗ), основой которой является фотосенсор Foveon F13 с разрешением 14 Мпикселей. Основной особенностью данного фотоприемного устройства (ФПУ) является возможность получения данных о каждом из цветов триплета RGB от каждого пикселя. Это становится возможным благодаря внутренней структуре Foveon, которая использует 3 слоя ФПУ, интегрированных в кремнии. Слои расположены таким образом, чтобы использовать эффект поглощения излучения разной длины волны на различной глубине в кремнии, а именно: верхний слой (до 0.2 мкм) активно поглощает синий свет, средний слой (0.2–0.8 мкм) – зеленый, а самый глубокий слой (0.8–3.2 мкм) – красный. Отклик такой фотоматрицы находится в области от ~350 нм до ~1000 нм,

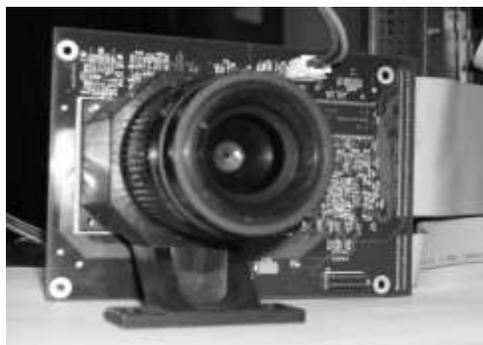
что позволяет использовать ее в широком спектральном диапазоне (рис. 2.3).



**Рис. 2.3.** Полная спектральная чувствительность фотоматрицы

Разработанная СТЗ состоит из двух основных модулей: электронного модуля управления и сопряжения с высокоразрешающей фотоматрицей и модуля обработки данных.

Аналоговые сигналы RGB с фотоматрицы (уровень до 1 В, частота до 40 МГц) поступают на вход конвейерных 12-битных АЦП. Преобразованный в цифровой код видеосигнал поступает на вход FPGA, где происходит его предобработка. Для хранения промежуточных результатов обработки и таблиц коррекции используется внешняя память типа SDRAM, интерфейс обмена с которой также реализован на базе FPGA. Кроме того, FPGA отвечает за общую синхронизацию и управление работой фотоматрицы. На рис. 2.4 представлен внешний вид высокоразрешающей фотокамеры со стороны матрицы и объектива.



**Рис. 2.4.** Блок высокоразрешающей фотокамеры на основе матрицы Foveon

Обработанные данные передаются по 32-битному параллельному каналу в модуль контроллера обработки видеоданных. Контроллер обработки видеоданных предназначен для окончательной обработки видеопотока, поступающего с фотоматрицы, и основан на сигнальном микроконтроллере TMS320C6415 фирмы Texas Instruments. Для хранения промежуточных результатов вычислений предназначен буфер SDRAM размером 64 Мб. По окончании обработки данные по шине PCI в режиме прямого доступа к памяти переносятся в память компьютера, что позволяет максимально ускорить передачу нового кадра в компьютер и его визуализацию. Модуль вы-

полнен в промышленном стандарте PC/104-Plus, что обеспечивает возможность использования СТЗ в составе современных встраиваемых систем.

Таким образом, разработанная на основе технологии Foveon СТЗ представляет собой законченное решение, которое может быть встроено в различные научные и технологические установки. Эта система позволяет получить изображения с высоким разрешением (до  $2688 \times 1792$  пикселей), высокой скоростью (до 8 полных кадров в секунду) и точным отображением цветовой информации в видимой и в ближних УФ- и ИК-областях. Использование разработанной системы для создания криминалистических приборов для контроля подлинности документов позволяет получить высокие характеристики по достоверности распознавания несанкционированных копий при проверке в видимом ИК- и УФ-диапазонах с высокой скоростью и качеством считывания. Оптическое разрешение приборов при вводе изображения документа, удостоверяющего личность – не менее 430 dpi в RGB цветовом диапазоне и 400 dpi при подсветке в УФ-диапазоне на длине волны 0.365 мкм и ИК-диапазоне при подсветке 0.9 мкм. Динамический диапазон считываемой информации 12 бит на цвет.

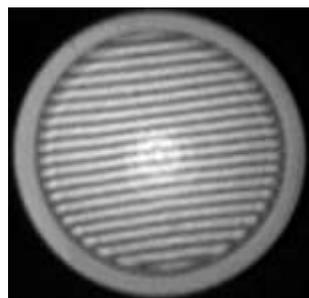
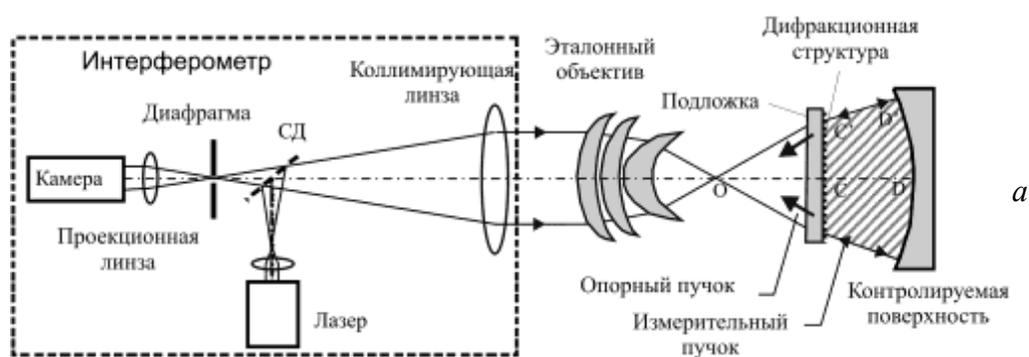
*(Лаборатория лазерной графики.)*

*3: 3.1. Разработка физических основ, методов и средств создания компьютерно-синтезированных голограмм для нанометрического бесконтактного контроля формы асферических и конформальных поверхностей большого размера (ответственный исполнитель д.т.н. Полещук А.Г.).*

Предложены и исследованы новый тип комбинированных компьютерно-синтезированных голограмм (КСГ) и метод интерферометрического контроля асферических поверхностей с большой числовой апертурой. Метод основан на применении гибридной фазово-амплитудной дифракционной структуры (рис. 2.5, а). Комбинированная голограмма одновременно создает опорный и объектный пучки, в результате чего подложка голограммы оказывается в области общего хода пучков и не вносит погрешностей в интерференционные измерения. Разработана технология изготовления гибридных КСГ. Создан экспериментальный образец КСГ с параметрами: диаметр 60 мм, минимальные размеры амплитудно-фазовой структуры 600 нм. Метод контроля асферических поверхностей экспериментально проверен путем измерения формы высококачественного зеркала с апертурой  $f/0.65$ , погрешность измерения составила 8 нм (СКО) (при погрешности подложки на пропускание 60 нм (СКО)). Интерферограмма для измеряемого сферического зеркала, полученная при помощи комбинированной голограммы, показана на рис. 2.5, б.

Показано, что представленный тип комбинированных голограмм позволяет исключить влияние подложки голограммы на результаты измерений. С помощью оптимизации дифракционной структуры можно получить наилучший контраст интерференционной картины.

*(Лаборатория дифракционной оптики.)*



б

**Рис. 2.5.** а - схема интерферометрического контроля асферической поверхности при помощи комбинированной голограммы; б – интерферограмма сферического зеркала

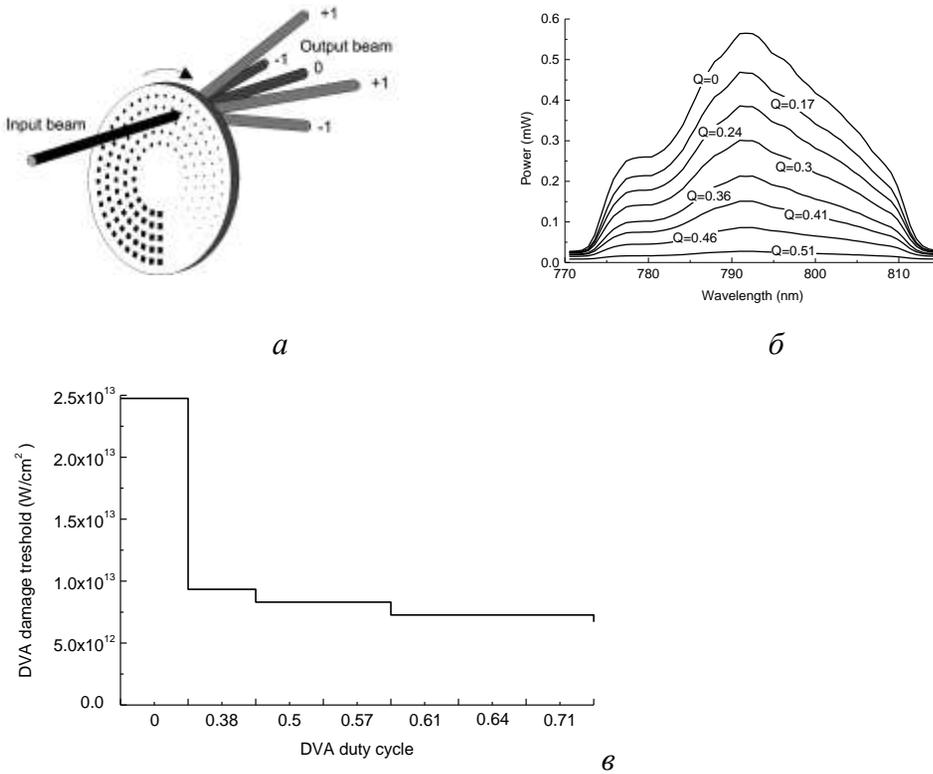
### Публикации:

1. Poleshchuk A.G. Computer generated holograms for aspheric optics testing // V international symposium on Instrument Science and Technology ISIST-2008 (Shinnying, China, September 15-18, 2008). Proceedings, 2008, vol. 2. P. 754-764.
2. Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Computer generated holograms: fabrication and application for precision optical testing // Proceedings SPIE, 2008, vol. 7102: Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, Angela Duparré; Roland Geyl, Editors. P. 710206 (9 pages).
3. Полещук А.Г. Методы и системы для интерферометрического контроля асферической оптики с помощью синтезированных голограмм // V Международная конференция «Голография Экспо-2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1-2 июля 2008). Сборник трудов. С-Пб: ООО «Голография-сервис», 2008. С. 21-25.

3.2. *Разработка и исследование дифракционных элементов для управления излучением мощных фемтосекундных лазеров (ответственные исполнители: д.т.н. Полещук А.Г., к.т.н. Корольков В.П.).*

Для управления мощностью фемтосекундного лазерного излучения разработан дифракционный attenuator (рис. 2.6, а), который представляет собой плоскую тонкую пластину из плавленого кварца (прозрачного для УФ-излучения) с нанесенной дифракционной структурой, работающей в нулевом порядке дифракции. Поскольку attenuация происходит за счет рассеяния света, а не его поглощения, устройство позволяет контролировать излучение с более высокой мощностью, чем аналогичные приборы, основанные на других принципах. Экспериментальный порог разрушения attenuатора зафиксирован при мощности  $0.75 \times 10^{13}$  Вт/см<sup>2</sup>. Теоретически и экспериментально показано, что attenuator не вносит серьезных искажений в спектр излучения и форму фемтосекундного импульса. Разработан-

ный дифракционный элемент позволяет контролировать излучение с длиной волны в диапазоне от 240 нм до 1064 нм. Результаты измерений спектра фемтосекундного излучения после прохождения аттенюатора и порога пробоя показаны на рис. 2.6, б и 2.6, в соответственно.



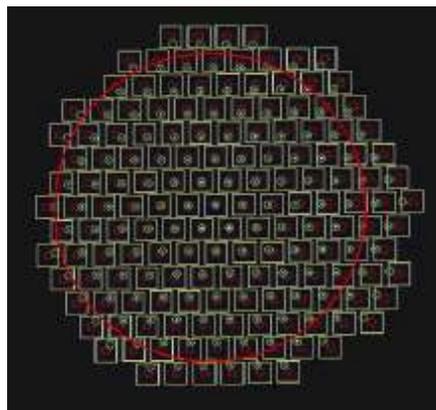
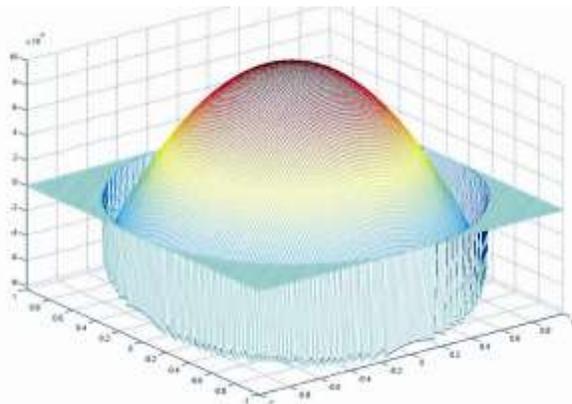
**Рис. 2.6.** Схема дифракционного аттенюатора (а), результаты измерения спектра излучения, после прохождения аттенюатора (б) и порога разрушения (в)  
(Лаборатория дифракционной оптики.)

### Публикации:

1. Dubov M., Nasyrov R.K., Nikogosyan D.N., Poleshchuk A.G., Mezentsev V., and Benion I. Micro-holographic methods for sub-micrometer grating fabrication in fused silica with UV femtosecond laser // Proc. SPIE 7100, 2008. P. 71000T (9 pages).

4. *Разработка методов контроля дифракционно-рефракционных интраокулярных линз (искусственных хрусталиков глаза) (ответственные исполнители: д.т.н. Полещук А.Г., к.т.н. Корольков В.П.).*

Разработан метод контроля бифокальных дифракционно-рефракционных интраокулярных линз на основе фазового датчика Шака–Гартмана (рис. 2.7). Для задач измерения мультифокальной оптики модернизировано программное обеспечение для анализа положения фокальных областей микролинзового раstra такого датчика. Для повышения надежности и точности измерения проводятся на двух длинах волн: 405 и 808 нм.

*a**б*

**Рис. 2.7.** Гартмановская диаграмма (*a*) и восстановленный волновой фронт, формируемый интраокулярной линзой «МИОЛ-Аккорд» (*б*)

Разработан и исследован метод профилометрической характеристики микрорельефа дифракционных матриц, используемых для репликации интраокулярных линз.

*(Лаборатория дифракционной оптики.)*

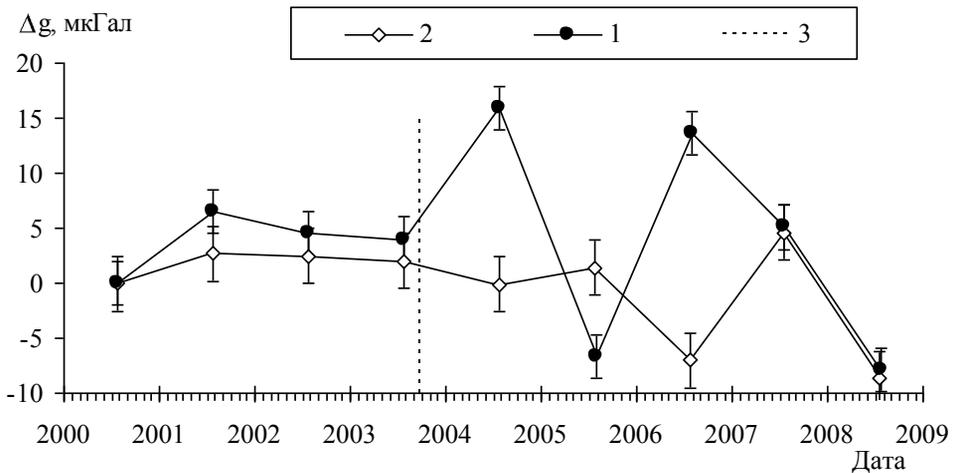
### **Публикации:**

1. Коронкевич В.П., Ленкова Г.А., Корольков В.П., Полещук А.Г., Исаков И.А., Гутман А.С. Новое поколение бифокальных дифракционно-рефракционных интраокулярных линз // Компьютерная оптика, январь – март 2008, т. 32, № 1. С. 50–58.
2. Коронкевич В., Ленкова Г., Корольков В., Полещук А., Исаков И., Гутман А., Треушников В. Бифокальная интраокулярная линза вместо хрусталика // Фотоника, 2008, выпуск № 1. С. 10–13.
3. Ленкова Г.А., Завьялов П.С. Афокальная оптическая система для компенсации аномалий рефракций глаза // Автометрия. 2008, т. 44, № 4. С. 99–104.
4. Исаков И.А., Тахтаев Ю.В., Коронкевич В.П., Ленкова Г.А. Исследование оптических характеристик дифракционно-рефракционной ИОЛ с аподизирующей поверхностью // Вестник Российской Военно-медицинской академии, 2008, т. 20, № 1. С. 49–52.
5. Ленкова Г.А., Корольков В.П., Коронкевич В.П., Насыров Р.К., Гутман А.С., Исаков И.А., Треушников В.М. Дифракционно-рефракционные интраокулярные линзы // Автометрия, 2008, т. 44, № 4. С. 75–88.
6. Korolkov V.P., Ostapenko S.V., Shimansky R.V. Profilometric characterization of DOEs with continuous microrelief // Proc. SPIE, 2008, vol. 7102: Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, Angela Duparré; Roland Geyl, Editors. P. 710209 (11 pages).
7. Ленкова Г.А., Завьялов П.С. Афокальная оптическая система для компенсации аномалий рефракций глаза // VIII Международная конференция «Прикладная оптика – 2008» (Санкт-Петербург, Россия, 20–24 октября 2008). Сборник трудов (Оптическое общество им. Д.С. Рождественского), 2008, т. 1 (Оптическое приборостроение). С. 176–180.
8. Ленкова Г.А. Спектральные свойства дифракционно-рефракционных интраокулярных линз (искусственных хрусталиков глаза) // V международная конференция «Голография ЭКСПО–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов и официальные материалы конференции «Голография в России и за рубежом. Наука и практика», 2008. Изд. ООО «Голография-Сервис». С. 134–138.

9. Исакаков И.А., Смирнов Е.В., Ленкова Г.А., Корольков В.П., Коронкевич В.П., Гутман А.С., Треушников В.М. Состояние поверхности бифокальной дифракционно-рефракционной линзы МИОЛ-Аккорд после длительного нахождения в глазу // Всероссийская научно-практическая конференция «Высокие технологии в офтальмологии» (Анапа, Россия, Краснодарский филиал МНТК, 3–4 октября 2008). Сборник трудов–2008. С. 197–200.

*5. Продолжение мониторинга вариаций силы тяжести в Байкальской рифтовой зоне, Горном Алтае и Дальнем Востоке; разработка и создание измерительно-вычислительной системы полевого баллистического гравиметра с использованием современной элементной базы (ответственные исполнители: к.т.н. Арнауттов Г.П., к.т.н. Стусь Ю.Ф.).*

Проведены измерения абсолютного значения ускорения силы тяжести на двух пунктах Горного Алтая: в обсерваториях Кайтанак и Усть-Кан. Результаты измерений приведены на рис. 2.8. Вариации  $\Delta g$  на этих пунктах до Чуйского землетрясения (сентябрь 2003 г.) не превышали 3 мкГал в год, а в 2004–2008 гг. возросли в несколько раз. Причиной зарегистрированных изменений  $\Delta g$  могут быть вертикальные движения земной коры со скоростью до 7 см/год, обусловленные релаксационными процессами в земной коре после этого землетрясения.



**Рис. 2.8.** Вариации ускорения силы тяжести в Горном Алтае: 1 – пункт «Кайтанак»; 2 – пункт «Усть-Кан»; 3 – момент Чуйского землетрясения 2003 г.

Измерения в Байкальской рифтовой зоне проведены в декабре 2008 г.

Разработана и создана измерительно-вычислительная система для полевого лазерного гравиметра, в которой счетно-вычислительный блок интегрирован с блоком управления и через USB-порт связан с компьютером. В системе реализован метод многих отсчетов (до 2000 отсчетов интервалов пути и времени за один бросок свободно падающего тела). Дискретность измерения интервалов времени не превышает 100 пс. С помощью микроконтроллера возможно в широких пределах менять параметры цик-

лограммы работы баллистического блока, осуществлять статистическую обработку результатов измерений, вычисление и внесение необходимых поправок, а также просматривать полученные результаты как по единичному броску, так и по любой серии, производить перерасчет результатов при измененных параметрах и уменьшении числа измеренных интервалов как в начале, так и в конце падения уголкового отражателя.

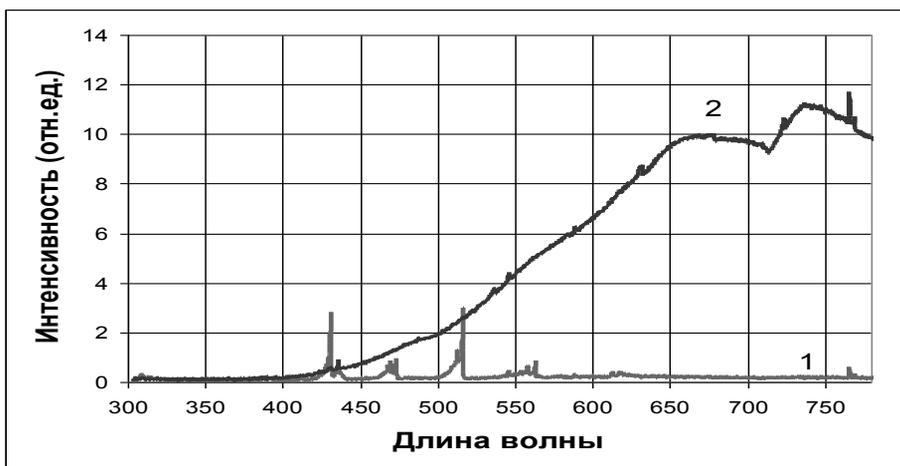
*(Лаборатория дифракционной оптики.)*

### **Публикации:**

1. Арнаутов Г.П., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Смирнов М.Г. Мониторинг вариаций силы тяжести, наклонов и деформаций земной поверхности на сейсмостанции «Талая» в Байкальской рифтовой зоне // IV Международный научный конгресс «ГЕО-Сибирь–2008» (Новосибирск, Россия, 22–24 апреля 2008). Сб. материалов, т. 3, ч. 2: «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». Изд-во СГГА. Новосибирск, 2008. С. 234–238.
2. Kalish E.N., Stus Yu.F. et al. Results of the Seventh International Comparison of Absolute Gravimeters ICAG-2005 at the Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres // Proceedings of International symposium “Gravity, Geod and Earth Observation – GGEO–2008” (Chania, Crete, Greece, June 23–27, 2008) (в печати).
3. Stus Yu.F., Kalish E.N., Smirnov M.G. The new measuring-computing system for a laser ballistic gravimeter // Proceedings of International symposium "Terrestrial Gravimetry: static and mobile measurements (TG-SMM 2007)" (St. Petersburg, Russia, 20–23 august, 2007). The State Research Center of the Russian Federation, Central Scientific and Research Institute Elektropribor, 2008. P. 106–111.
4. Боголюбов А.М. Исследование параметров лазерного луча используемого в интерферометре лазерного гравиметра // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Опτικο-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (2 с.).

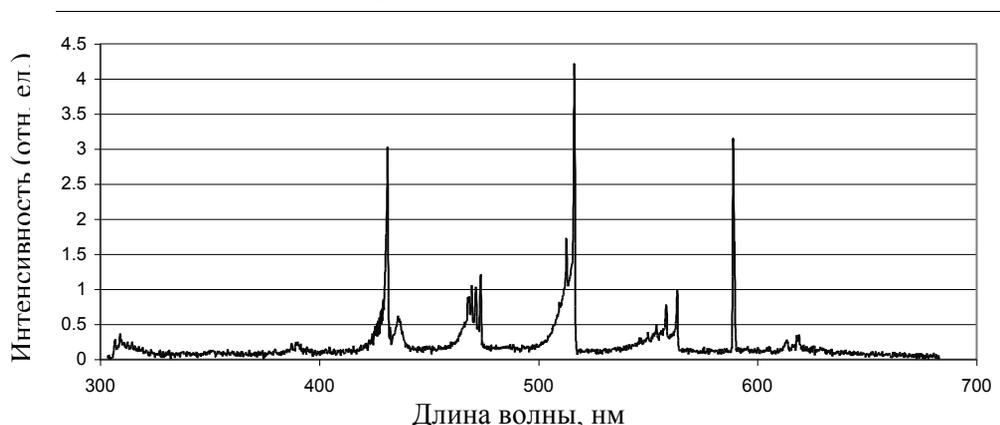
*6:6.1. Разработка и исследование методов селективного контроля многофакельного пламени в установках с двухстадийным сжиганием (ответственный исполнитель к.т.н. Борзов С.М.).*

Двухстадийная организация сжигания приводит к появлению (помимо ядер факелов) внешних диффузионных зон, являющихся дополнительными интенсивными источниками излучения. Исследованы спектральные характеристики и частотный состав пульсаций излучения каждой из этих зон. Установлено, что спектр ядра факела имеет достаточно интенсивные полосы, образованные линиями излучения радикалов ОН, СН и С<sub>2</sub>, в спектрах же пламени диффузионной зоны наиболее интенсивными являются линии излучения частиц углерода и полосы вращательно-колебательного спектра Н<sub>2</sub>О. Показано, что интенсивность излучения ядра факела существенно ниже интенсивности диффузионной зоны, причем соотношение интенсивностей с увеличением длины волны растет (рис. 2.9). В то же время интенсивность высокочастотных составляющих пульсаций (> 10 Гц) излучения ядра факела значительно превышает интенсивность пульсаций диффузионной зоны.



**Рис. 2.9.** Спектры различных зон факела: 1 – ядро, 2 – внешняя зона

Показано, что для надежного определения наличия факелов наиболее перспективным является подход, основанный на анализе пульсаций излучения в УФ-области спектра. Опасность срыва пламени для горелок с завихрителем может быть установлена по уменьшению интенсивности свечения радикалов в зоне нормального положения фронта, а также по существенному увеличению интенсивности пульсаций излучения пламени. Смещение фронта пламени внутрь горелочного устройства (проскок) может быть установлено по появлению в спектре излучения интенсивной линии окисла железа (589 нм) (рис. 2.10).



**Рис. 2.10.** Спектр излучения пламени со смещением зоны горения внутрь горелки

На основе полученных результатов разработаны и исследованы методы селективного контроля многофакельного пламени в установках с двухстадийным сжиганием, обеспечивающие дистанционный оптический контроль устойчивости горения в условиях, характерных для высокотемпературных энергетических устройств, когда оптический доступ к реагирующему потоку существенно ограничен.

*(Лаборатория информационной оптики.)*

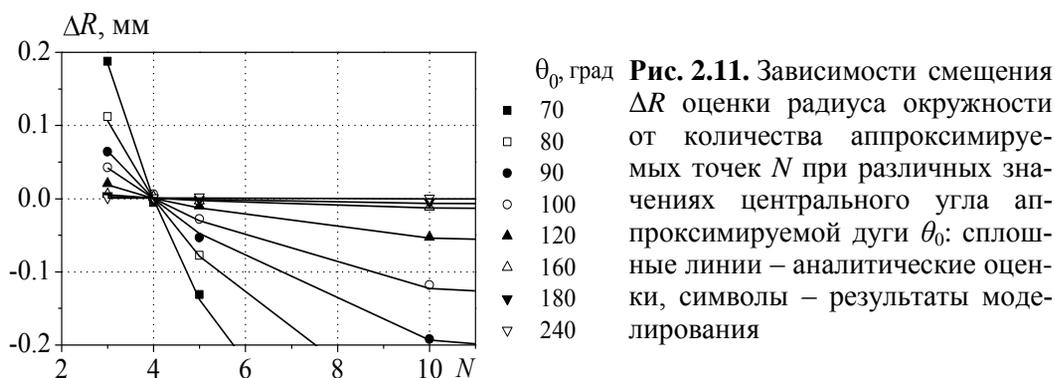
## Публикации:

1. Борзов С.М., Васьков С.Т., Потатуркин О.И., Шейшенов Ж.О. Селективная диагностика многофакельного горения с использованием имитационного моделирования // Автометрия, 2008, № 2. С. 32–40.
2. Борзов С.М., Козик В.И., Шейшенов Ж.О. Селективный контроль наличия пламени в котлах со встречным расположением горелочных устройств // Теплоэнергетика, 2009, № 3 (в печати).
3. Анцыгин В.Д., Борзов С.М., Васьков С.Т., Козик В.И., Потатуркин О.И., Шушков Н.Н. Дистанционная диагностика процессов горения углеводородного топлива // В сб.: Исследования и разработки СО РАН в области энергоэффективных технологий. Под редакцией чл.-корр. РАН С.В. Алексеенко, 2009. С. 109–120 (в печати).

6.2. *Исследование особенностей формирования и обработки оптических сигналов дистанционной диагностики процесса выращивания кристаллов из высокотемпературного расплава с использованием разработанной программной модели видеосистемы контроля геометрии кристалла (ответственный исполнитель к.т.н. Михляев С.В.).*

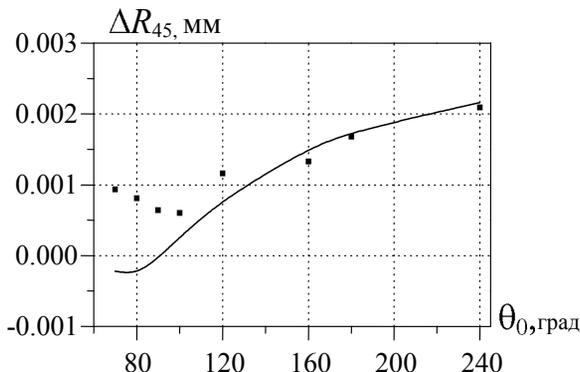
Разработано специализированное программно-алгоритмическое обеспечение, позволяющее синтезировать монохроматические изображения зоны кристаллообразования в методе Чохральского и анализировать их, используя различные алгоритмы для выделения контура кристалла и аппроксимации точек границы окружностью.

Исследованы методы цифровой обработки изображений, применяемые при контроле геометрии выращиваемого кристалла и основанные на аппроксимации окружности. Получены аналитические выражения для смещений оценок параметров аппроксимирующей окружности при использовании неитерационного метода оценивания. Для компенсации смещений и идентификации процессов подрезки и разрачивания кристалла предложены четырехточечная (рис. 2.11) и комбинированная (рис. 2.12) схемы оценивания по выборкам из различного количества точек.



Исследован параллакс изображения мениска кристалла кремния. Установлено, что погрешности измерения диаметра кристалла, обусловленные параллаксом, могут составлять единицы миллиметров (для кристаллов диаметром порядка 200 мм). Для их компенсации необходимо использовать

поправки (которые могут быть получены численными методами), зависящие от стадии роста кристалла, его размеров, параметров технологического процесса, геометрии схемы измерения.



**Рис. 2.12.** Зависимости смещения

$$\Delta R_{45} = \sqrt{(\langle R_4^2 \rangle + \langle R_5^2 \rangle) / 2} - R$$

при комбинированной схеме оценки радиуса окружности по выборкам из 4-х и 5-ти точек от центрального угла дуги  $\theta_0$ : сплошная линия — аналитические оценки, символы — результаты моделирования

### Публикации:

1. Михляев С.В. Исследование неитерационного метода наименьших квадратов для оценивания параметров аппроксимирующей окружности // Журнал «Вычислительные технологии», 2008, т. 13, № 5. С. 41–50.
2. Михляев С.В. Оценка параллакса изображения мениска выращиваемого кристалла // Оптический журнал, 2008, т. 75, № 1. С. 66–70.
3. Михляев С.В., Потатуркин О.И. Информационные характеристики изображения зоны кристаллообразования в методе Чохральского // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 35–48.

*(Лаборатория информационной оптики.)*

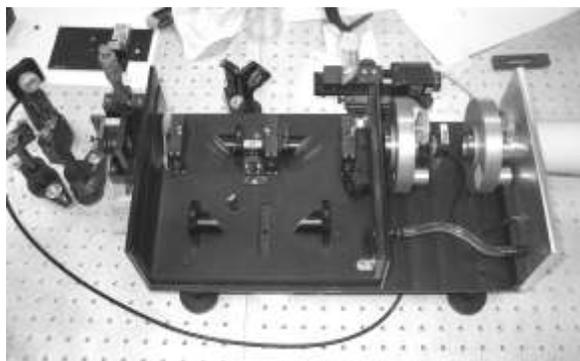
*6.3. Разработка методов и исследование эффективности преобразования излучения фемтосекундного волоконного лазера в терагерцовое излучение в нелинейно-оптических средах (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Анцыгин В.Д.).*

В результате анализа методов генерации и свойств нелинейно-оптических сред показано, что для эффективного преобразования фемтосекундных импульсов волоконных лазеров (длина волны 1.3–1.6 мкм) в терагерцовое (ТГц) излучение перспективно применение:

- органических кристаллов (типа DAST), обладающих высокой нелинейностью ( $\sim 700$  пм/В), малым поглощением в ТГц области и обеспечивающих возможность реализации условий фазового синхронизма;
- полимерных аморфных пленок (поликарбонат с хромофором типа АЛТВ203), обладающих нелинейностью (100–160 пм/В) и отсутствием ТГц поглощения;
- полупроводниковых гетероструктур (типа  $N\{\text{InGaAs/AlGaAs}\}$ ,  $N \sim 100$ ), где слои InGaAs выполняют роль генераторов, а AlGaAs — тушителей фототока.

Разработан и создан макетный образец системы, включающей оптико-терагерцовый и терагерцово-оптический преобразователи (рис. 2.13). Создан экспериментальный стенд, реализующий на длинах волн 775–

800 нм поляризационно-оптический метод регистрации амплитуды ТГц излучения.



**Рис. 2.13.** Макетный образец системы, включающей оптико-терагерцовый и терагерцово-оптический преобразователи

*(Лаборатория информационной оптики.)*

### **Публикации:**

1. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Потатуркин О.И. Перспективы создания и применения портативных терагерцовых систем диагностики // Российское совещание по актуальным проблемам полупроводниковой электроники «ФОТОНИКА–2008» (Новосибирск, Россия, 19–23 августа 2008). Тезисы докладов. С. 91.
2. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Потатуркин О.И. Перспективы создания малогабаритных систем терагерцовой спектроскопии для исследования наноматериалов // Международный форум по нанотехнологиям (Москва, Россия, 3–5 декабря 2008). Сб. тезисов докладов научно-технологических секций, 2008, т. 1. С. 212–214.
3. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Потатуркин О.И. Малогабаритные терагерцовые системы диагностики: принципы и применения // The 9th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments (St. Petersburg, Russia, 29 June – 2 July 2009). Abstracts (in print).

## **ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 2.3. Актуальные проблемы оптики и лазерной физики.**

**ПРОГРАММА 2.3.1. Оптика, лазерная физика. Координатор акад. С.Н. Багаев.**

***Проект 2.3.1.9. Фотонно-кристаллические элементы и структуры на основе толстых однородных и слоистых оптических сред. № гос. рег. 01.2.007 04683.***

Исполнители проекта:

**Лаборатория оптических информационных систем** (ответственные исполнители: к.т.н. Пен Е.Ф., к.т.н. Щепеткин Ю.А., к.ф.-м.н. Наливайко В.И.).

**Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений** (ответственный исполнитель к.т.н. Лабусов В.А.).

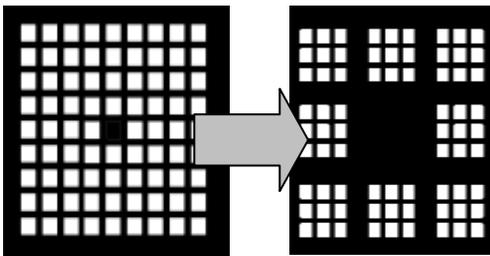
**Тематическая группа лазерных информационно-измерительных систем** (ответственный исполнитель д.т.н. Соболев В.С.).

**Тематическая группа мощных ионных лазеров** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Донин В.И.).

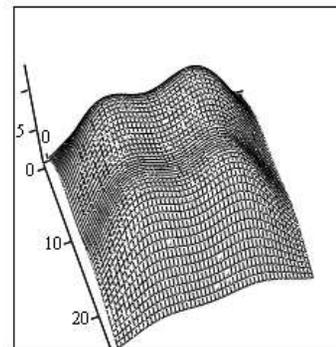
Научный руководитель д.т.н. **Твердохлеб П.Е.**

*1. Развитие методов пространственного и спектрального мультиплексирования информации в голографических структурах на основе толстослойных фотополимерных материалов (ответственный исполнитель к.т.н. Пен Е.Ф.).*

Предложен, теоретически и экспериментально исследован модифицированный вариант сигнального канала странично-организованной голографической памяти, заключающийся в представлении информационного элемента «1» не одной ячейкой пространственного модулятора света, как в традиционной схеме, а массивом из  $3 \times 3$  ячейки (рис. 2.14). Потери плотности записи данных в этом случае составляют лишь 20%, так как сокращение количества информационных элементов в странице данных компенсируется пропорциональным уменьшением площади фурье-голограммы. Благодаря дифракционному размытию и усреднению неоднородностей распределения интенсивности элементов восстановленного изображения, обусловленным ограничением апертуры фурье-голограмм (рис. 2.15), уменьшается разброс интенсивности восстановленных изображений информационных элементов, повышается отношение сигнал/фон и снижается критичность к юстировке изображения относительно фотоматрицы. Результаты экспериментов и компьютерного моделирования представлены в [1–3].



**Рис. 2.14.** Замена представления информационного элемента «1» не одной ячейкой пространственно модулятора света, а массивом из  $3 \times 3$  ячеек

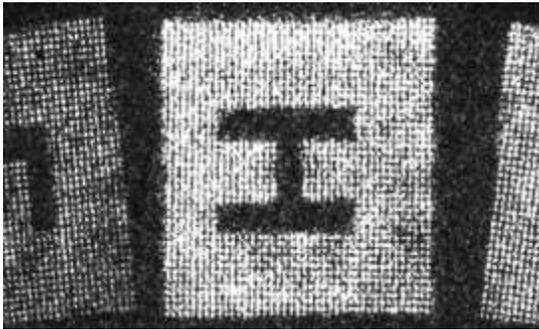


**Рис. 2.15.** Распределение интенсивностей изображений массива из  $3 \times 3$  элементов

Экспериментально исследованы возможности пространственного мультиплексирования фурье-голограмм изображений страниц данных за счет азимутальной брэгговской селективности  $d\theta$  в толстослойных фотополимерных материалах. Согласно работе [1]

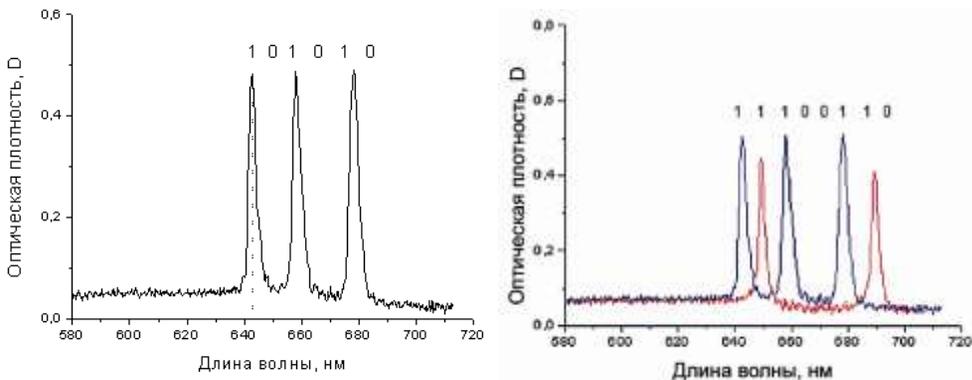
$$d\theta = \left\{ \frac{2\lambda}{T} \left[ \frac{\cos\theta_s}{\sin\theta_r(\sin\theta_s + \sin\theta_r)} \right] \right\}^{1/2},$$

где  $T$  – толщина регистрирующего слоя;  $\theta_s$ ,  $\theta_r$  – углы падения предметного и опорного пучков. С ростом  $T$  величина брэгговской расстройки уменьшается, а количество наложенных голограмм  $N$  увеличивается. Нами показано, что в фотополимерных слоях толщиной  $T = 50$  мкм количество наложенных голограмм  $N = 10$ , ограничено величиной перекрестных помех (от соседних голограмм) и угловым размером регистрируемого изображения (рис. 2.16).



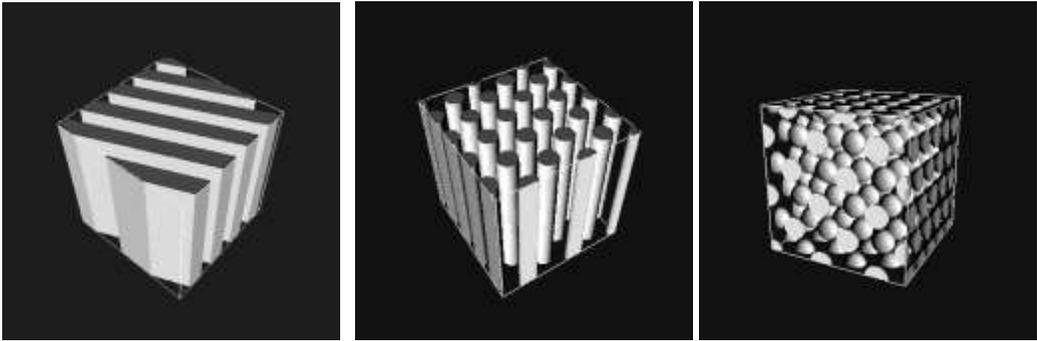
**Рис. 2.16.** Вид восстановленных изображений при пространственном азимутальном мультиплексировании фурье-голограмм. Изменение азимутального угла для селективного восстановления изображений страниц данных составляет  $7^\circ$

Экспериментально исследованы особенности спектрального мультиплексирования при параллельной и последовательной экспозициях наложенных отражательных голограмм в толстослойных фотополимерных материалах [2] при реализации метода спектрального скрытного кодирования двоичной информации [3] с использованием нескольких полупроводниковых лазеров (рис. 2.17). Показана возможность комбинированной последовательно-параллельной экспозиции с достижением примерно равной дифракционной эффективностью наложенных голограмм, что позволяет уменьшить количество используемых лазеров.



**Рис. 2.17.** Вид спектральных откликов, соответствующих двоичным комбинациям 1110001 и 11100110 при параллельной и последовательно-параллельной экспозиции наложенных отражательных голограмм

Создана новая версия программного обеспечения для моделирования пространственной и зонной структур голографических фотонных кристаллов, отличающаяся от прежней версии расширенными функциональными возможностями и дружественным графическим интерфейсом. Под моделированием пространственной структуры голографических фотонных кристаллов понимается вычисление функции пространственного распределения фотоиндуцированного изменения показателя преломления регистрирующей среды, которая в свою очередь соответствует распределению картины интерференции  $N$  пучков света (без учета поляризации). На рис. 2.18 представлены примеры моделей структуры 1D, 2D и 3D фотонных кристаллов.



**Рис. 2.18.** Примеры моделей 1D, 2D и 3D голографических фотонных кристаллов и значения углов записываемых пучков: а)  $(0^\circ, 0^\circ)$ ,  $(45^\circ, 0^\circ)$ ; б)  $(0^\circ, 0^\circ)$ ,  $(120^\circ, 0^\circ)$ ,  $(240^\circ, 0^\circ)$ ; в)  $(45^\circ, 0^\circ)$ ,  $(-45^\circ, 0^\circ)$ ,  $(180^\circ, 45^\circ)$ ,  $(180^\circ, -45^\circ)$

Пакет применяется для научных исследований, а также в учебном процессе при изучении физических основ фотонных кристаллов [4].

*(Лаборатория оптических информационных систем.)*

### Публикации:

1. Curtis K., Pu A., and Psaltis D. Method for holographic storage using peristrophic multiplexing // Opt. Lett., 1994, vol. 19. P. 993–994.
2. Pen E.F. Optimization of the signal channel of holographic data storage // Proceedings of the topical meeting on Optoinformatics'2008 (St.-Petersburg, Russia, September 15–18, 2008). St.-Petersburg: ITMO, 2008. P. 95–97.
3. Пен Е.Ф., Шелковников В.В. Способ маркировки изделий с помощью голограмм (варианты). Патент РФ на изобретение № 229069 // Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам «Изобретения. Полезные модели», 2006, № 36.
4. Пен Е.Ф., Родионов М.Ю. Влияние брэгговской расстройки на искажения восстановленного изображения страницы данных в голографической памяти // Автотметрия, 2008, т. 44, № 6. С. 89–95.
5. Пен Е.Ф. Модификация сигнального канала странично-организованной голографической памяти // V международная конференция «Голография Экспо–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов. С-Пб: ООО «Голография-сервис», 2008. С. 75–79.
6. Шелковников В.В., Васильев Е.В., Пен Е.Ф., Шапиро Д.А. Моделирование кинетики фотополимеризации и особенности голографической записи в ГФПМ // V междуна-

родная конференция «Голография Экспо–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов. С-Пб: ООО «Голография-сервис», 2008. С. 183–186.

7. Shatalov I.G., Pen E.F. Simulation of the spatial pattern and band-gap structure of holographic photonic crystals // Proceedings of the topical meeting on Optoinformatics'2008 (St. Petersburg, Russia, September 15–18, 2008). St. Petersburg: ITMO, 2008. P. 323–325.

## *2. Разработка метода доплеровской томографии для исследования внутренней структуры элементов на основе толстых однородных и слоистых материалов (ответственный исполнитель к.т.н. Щепеткин Ю.А.).*

При изучении характеристик зарегистрированных в толстых слоях объемных элементов наиболее часто применяется метод характеристических матриц. В этом случае структуру объемной модели представляют в виде совокупности ее тонких диэлектрических слоев. Каждому слою ставится в соответствие матрица перехода, связывающая состояние поля световой волны на входе и выходе слоя. Матрица перехода всей модели находится как произведение матриц отдельных слоев.

Несмотря на то что во многих случаях соответствие расчетных и экспериментальных результатов достаточно высокое, для полного описания процесса дифракции необходимо учитывать не только послойное и общее распределение амплитуды дифрагированного поля, но также и распределение его фазы.

Предложен новый метод лазерной доплеровской томографии, позволяющий записать в объеме исследуемой среды тестовую решетку с требуемой пространственной частотой и ориентацией и далее провести быстрое измерение амплитуды и фазы дифрагированного света во всех слоях такой решетки.

Регистрация и послойный анализ записанной структуры проводились на установке, функциональная схема которой приведена в разд. 1 на рис. 1.7 (с. 17).

Метод основан на формировании в объеме среды сканирующей интерференционной решетки с переменной по глубине скоростью движения, вследствие чего каждому слою по толщине материала соответствует свой доплеровский сдвиг частоты света. Эта частота выделяется путем коллинеарного гетеродинного детектирования, и по результатам фурье-анализа определяется содержимое (амплитуда и фаза) записанной решетки в каждом слое.

При записи тестовой объемной решетки лазер работает в импульсном режиме. В этом случае управление его блоком питания 13 осуществляется от синтезатора 15. Частота импульсов света выбирается равной разности частот  $f_1$  и  $f_2$  напряжений  $U_1$  и  $U_2$ , а длительность импульсов - много меньшей периода этой разностной частоты. При этом в зоне пересечения пучков 24 и 25 вследствие стробоскопического эффекта по всей толщине среды 8 формируется неподвижная интерференционная картина и происходит запись тестовой решетки.

Режим послойного (томографического) сканирования осуществляется следующим образом. Частоты напряжений  $U_1$  и  $U_2$  изменяются по пило-

образному (линейному) закону так, что разность  $f_2 - f_1$  остается постоянной в течение цикла сканирования. Вследствие этого остается также неизменным в течение того же цикла сканирования и доплеровский сдвиг частоты света пучка 25 по отношению к частоте света пучка 24. Пусть  $f_1$  и  $f_2$  увеличиваются. При этом в задней фокальной плоскости А объектива 5 изображения  $G1$  и  $G2$  совместно перемещаются в направлениях, указанных стрелками. При таком перемещении вектор интерференционной решетки в задней фокальной плоскости микрообъектива 6 поворачивается с угловой скоростью  $\Omega$ , а скорость движения сканирующей интерференционной решетки относительно записанной структуры приобретает две составляющие. Первая из них  $V_s$  образуется в результате поступательного движения интерференционной решетки  $V_s = V/Q$ . Вторая  $V_\Omega$  – возникает вследствие вращения ее относительно центра (начала системы координат XYZ)  $V_\Omega = \Omega z$ , где  $V$  – скорость звука в АОД;  $Q = F_1/F_2 \gg 1$  – коэффициент уменьшения конфокальной системы, а  $z$  – расстояние слоя от центра вращения. В результате сложения поступательного и вращательного движений результирующая скорость движения решетки изменяется по глубине материала, поэтому меняется и доплеровский сдвиг частоты  $f_D$ . Иначе говоря, каждому слою по глубине среды будет соответствовать свой доплеровский сдвиг частоты. Сигнал на частоте  $f_D$  выделяется фотоприемниками 11 и 12 путем коллинеарного гетеродинного детектирования.

Показано, что при заданных параметрах лазера, акустооптического дефлектора и выходного микрообъектива существует оптимальный режим тестирования, при котором обеспечивается наилучшая разрешающая способность по глубине. Так, если длина волны света  $\lambda = 0.65$  мкм, числовая апертура микрообъектива  $N_a = 0.65$ , база сигнала управления АОД  $B = 450$ , коэффициент преломления материала  $n = 1.5$ , то оптимальный период тестовой решетки  $d_{opt} = 1$  мкм. При этом минимальная толщина детектируемого слоя  $\Delta H_{min} = 4.6$  мкм, максимальное количество слоев  $M_{max} = 95$  и соответственно предельная толщина материала  $H_{max} = 437$  мкм.

Теоретическая оценка разрешающей способности метода по глубине материала подтверждена экспериментально.

В качестве примера восстановлены значения амплитуды и фазы рассеянного света в глубинных слоях объемной тестовой решетки, записанной в фотополимере толщиной 130 мкм. Получены сведения о характере продольной усадки таких материалов.

*(Лаборатория оптических информационных систем.)*

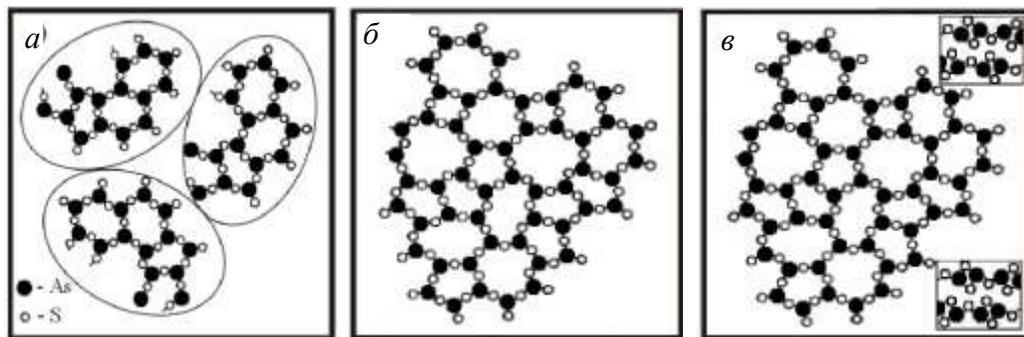
## Публикации:

1. Твердохлеб П.Е., Щепеткин Ю.А. Метод лазерной доплеровской томографии для исследования объемных регистрирующих сред // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 76–88.
2. Steinberg I.Sh., Loskutov V.A., Shelkovnikov V.V., Shepetkin Yu.A. Two-photon recording of microholograms in photopolymer materials with new cationic thioxanthone photoinitiators // Optics Communications, 2008, vol. 281. P. 4297–4301.

3. Исследование технологических методов повышения динамического диапазона изменения показателя преломления аморфных слоев халькогенидных полупроводников (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Наливайко В.И.).

Проведены исследования технологических методов получения аморфных халькогенидных слоев с целью повышения динамического диапазона изменения показателя преломления ( $\Delta n$ ) в результате экспонирования. Исследования проводились на аморфных слоях, облученных до насыщения оптическим и рентгеновским излучением. Слои толщиной до 10 мкм получали термическим или магнетронным напылением в вакууме стеклообразных составов  $As_2S_3$ ,  $As_2S_3 \times As_2Se_3$  и  $As_2Se_3$ . Применена рентгеноструктурная методика контроля, в которой экспериментально полученные дебаеграммы характеризовали степень наноструктурирования изучаемых слоев величиной амплитуды малоуглового пика дифракционной картины.

Исходные напыленные пленки имеют наноструктурированное строение с размерами кластеров 0.5–0.6 нм (рис. 2.19, а), концентрация которых в процессе оптического или рентгеновского облучения уменьшается в результате образования химических связей между кластерами. Пленки, экспонированные до насыщения оптическим излучением, представляют по структуре стекла с непрерывной сеткой химических связей по Захариасену (рис. 2.19, б). Воздействие рентгеновского излучения на структуру пленок может приводить к образованию кристаллических образований (рис. 2.19, в) [1, 2].



**Рис. 2.19.** Динамика фототрансформации структуры слоев  $As_2S_3$ : а – наноструктурированная напыленная пленка; б – пленка, экспонированная оптическим излучением; в – пленка, экспонированная рентгеновским синхротронным излучением (вставки символизируют появление слоистых кристаллов  $As_2S_3$ )

Экспериментально полученные угловые положения молекулярных пиков для всех составов слоев находились вблизи  $2\theta = 18^\circ$ , что указывало на идентичность молекулярной структуры слоев составов  $As_2S_3$ ,  $As_2S_3 \times As_2Se_3$  и  $As_2Se_3$ . Наибольшая амплитуда молекулярного пика дифракции, пропорциональная концентрации молекулярных образований, оказалась у слоев состава  $As_2S_3 \times As_2Se_3$  [1], одного из перспективных регистрирующих составов.

Рассматривались термический или магнетронный способы напыления с различными скоростями нанесения аморфных слоев. Установлено,

что при термическом напылении слои имели больший динамический диапазон изменения показателя преломления по сравнению со слоями, полученными магнетронным напылением. При низких скоростях нанесения для пленок состава  $As_2S_3$  с высокой концентрацией молекулярных образований достигнута наибольшая величина динамического диапазона изменения показателя преломления в оптической области прозрачности на уровне  $\sim 10\%$  ( $\Delta n = 0.2$  на  $\lambda = 632.8$  нм), что в 2 раза превышает известные значения  $\Delta n$ .

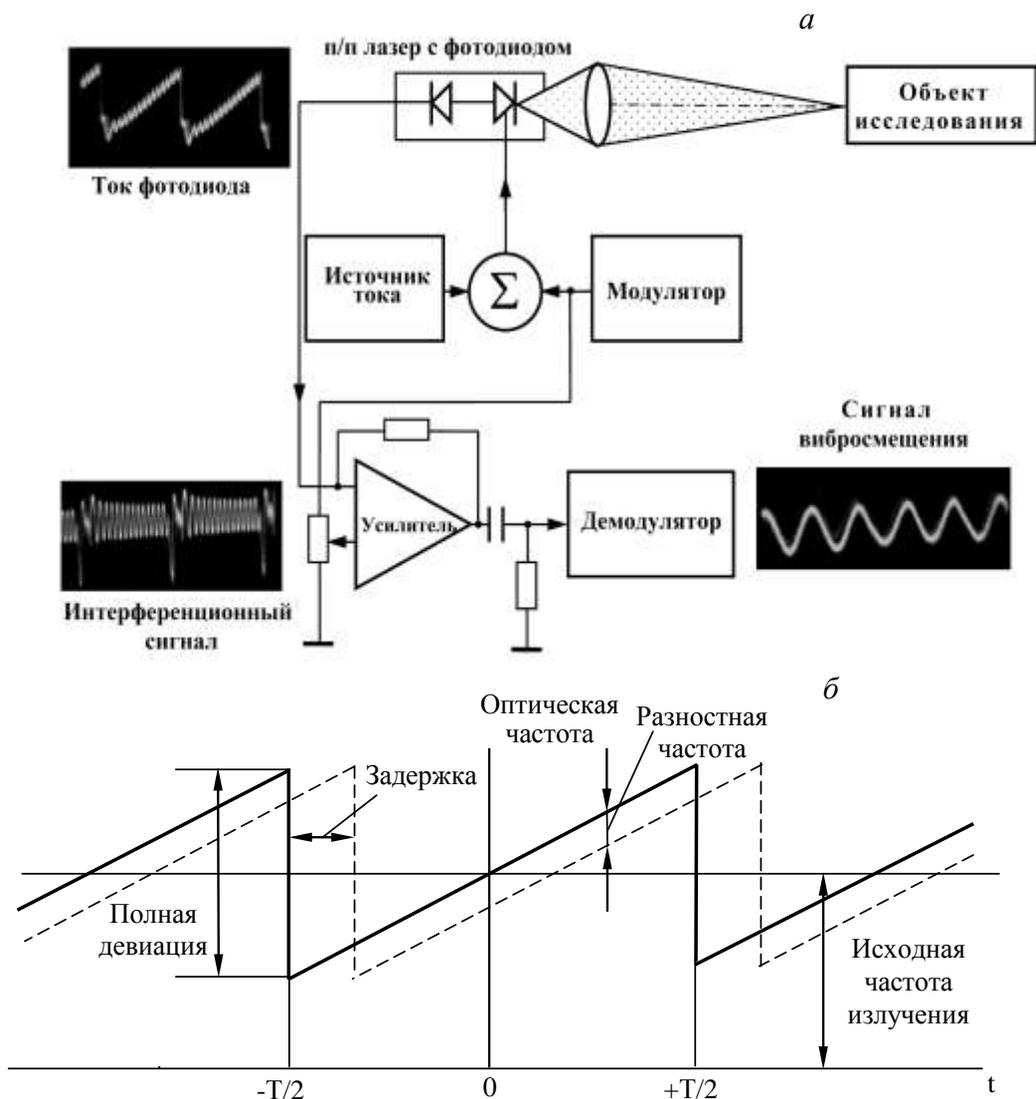
*(Лаборатория оптических информационных систем.)*

## Публикации:

1. Коломиец Б.Т., Любин В.М., Наливайко В.И., Цукерман В.Г. // Авт. свидетельство № 449652 с приоритетом от 19 декабря 1972 г.
2. Nalivaiko V.I., Pokrovsky A.N. Dynamics of photostructural transformations in chalcogenide films // XVII International Synchrotron Radiation Conference – 2008 (Novosibirsk, Russia, June 15–20, 2008). Novosibirsk: Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, 2008. Digest Reports. P. 2–12.
3. Nalivaiko V.I., Pokrovsky A.N. Dynamics of photostructural transformations in chalcogenide films // Journal of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A (NIMA): Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2008, vol. 584 (в печати).

*4. Разработка физико-технических основ нанометрологии на базе явлений интерференции исходного и рассеянного излучений в активной среде полупроводникового лазера с обратной оптической связью, работающего в режиме частотной модуляции (ответственный исполнитель д.т.н. Соболев В.С.).*

Разработаны физико-технические основы нанометрологии на базе интерференции исходного и рассеянного излучений в активной среде полупроводникового лазера, работающего в режиме обратной оптической связи и частотной модуляции. Суть предлагаемой методики состоит в том, что рабочий ток лазера периодически модулируется по пилообразному закону с заданной амплитудой и частотой (рис. 2.20, а). Соответственно этому меняются мощность и частота излучения. Коллимированный пучок излучения лазера направляется на неподвижный диффузно рассеивающий объект, находящийся на небольшом (порядка 1 м) расстоянии. Рассеянный объектом свет попадает обратно в активную среду лазера, где усиливается и интерферирует с исходным излучением. Рассеянный свет приходит в лазер с некоторой задержкой  $\tau$ , зависящей от расстояния между лазером и объектом, вследствие чего его частота оказывается смещенной относительно частоты излучения, генерируемого лазером в данный момент. В результате интерференции исходного и рассеянного полей на выходном фотодиоде возникает периодический интерференционный сигнал, частота которого пропорциональна расстоянию до объекта и крутизне модуляционной характеристики лазера (рис. 2.20, б).



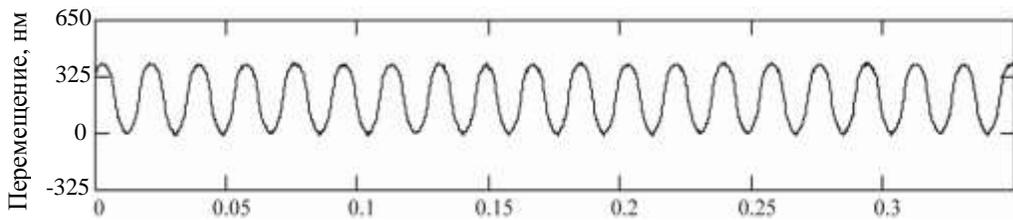
**Рис. 2.20.** Функциональная схема интерферометра (а) и графики изменения частоты исходного и рассеянного излучений лазера (б)

Интерференционный сигнал является периодическим процессом и представляет собой отрезки высокочастотных колебаний, повторяющиеся с частотой модуляции. Фаза этих колебаний скачком меняется на каждом периоде модуляции. Показано, что подбором крутизны или амплитуды модуляции тока, а также выбором расстояния между лазером и исследуемым объектом скачки фазы сигнала можно исключить и таким образом получить интерференционный сигнал, обладающий одной спектральной компонентой. Такой сигнал, в отличие от сигнала интерферометра Майкельсона, имеет несущую частоту, что позволяет определять направление движения исследуемого объекта. Установлено также, что при неподвижном объекте частота  $f_0$  интерференционного сигнала пропорциональна расстоянию между лазером и объектом исследований, приращение фазы  $\Delta\varphi$  – переме-

щению объекта, а приращение частоты  $\Delta f$  – его скорости и перемещению, причем

$$f_0 = \frac{2\alpha S_0}{c}; \quad \Delta\varphi(t) = \frac{4\pi \Delta S(t)}{\lambda}; \quad \Delta f(t) = \frac{2V(t)}{\lambda} + \frac{2\alpha \int_0^t V(t)dt}{c},$$

где  $S_0$  – дальность до объекта,  $V(t)$  и  $\Delta S$  – его скорость и перемещение,  $\alpha$  – крутизна модуляционной характеристики лазера,  $\lambda$  – его длина волны,  $c$  – скорость света. Выходной сигнал интерферометра от вибрирующей поверхности представлен на рис. 2.21.



**Рис. 2.21.** Реализация наноперемещений от исследуемого объекта, вибрирующего с частотой 50 Гц и амплитудой 200 нм при разрешении 2 нм

Достигнута сверхвысокая чувствительность рассматриваемой интерферометрической системы к излучению, рассеянному диффузно отражающим объектом: достаточно высокое отношение сигнал–шум (5:1) получено при расстояниях лазер–объект 1÷3 м.

С помощью созданного интерферометра получены спектры вибраций элементов конструкции здания Института. Так оказалось, что амплитуды вибрации окон на порядок превышают амплитуды вибрации стен и составляют десятки микрон в полосе 10÷20 Гц. С повышением этажности амплитуда вибраций увеличивается, а ширина полосы частот уменьшается.

Полученные результаты позволяют непосредственно перейти к разработке соответствующих методов и устройств измерения параметров объектов в нанометровом диапазоне.

*(Тематическая группа лазерных информационно-измерительных систем.)*

## Публикации

1. Baginsky I.L., Kostsov E.G., Sobolev V.S. High energy microelectromechanical oscillator based on the electrostatic microactuator // Proc. of SPIE, 2008, vol. 7025. P. 70251E-1–70251E-8.
2. Кашеева Г.А. Статистика числа и длительности выбросов огибающей многочастичного доплеровского сигнала как функция заданного порогового уровня // Автометрия, 2008, т. 44, № 5. С. 62–70.
3. Соболев В.С., Кашеева Г.А. Активная лазерная интерферометрия с частотной модуляцией // Там же. № 6. С. 51–69.

4. Sobolev V.S., Kashcheeva G.A. Optical feedback and frequency modulation in semiconductor lasers as a basis for the development of the sensor systems // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 115–116.
5. Соболев В.С., Уткин Е.Н. Использование режима оптической обратной связи для оценки крутизны модуляционной характеристики полупроводниковых лазеров // Письма в ЖТФ, 2008, № 5. С. 28–34.
6. Соболев В.С., Косцов Э.Г., Щербаченко А.М., Уткин Е.Н., Харин А.М. Микровибрации конструкций капитальных строений как источник возобновляемой энергии для МЭМС-генераторов // Нано- и микросистемная техника, 2008, № 12 (в печати).

*5. Разработка и экспериментальное исследование методов подавления нерабочих порядков спектра и снижения уровня фона в зарегистрированном спектре (ответственный исполнитель к.т.н. Лабусов В.А.).*

**Метод подавления нерабочих порядков спектра.** В спектрометрах, в которых в качестве диспергирующего элемента используется дифракционная решетка, рабочие порядки спектра могут накладываться друг на друга. В частности, в многоканальном спектрометре со спектральным диапазоном  $[\lambda_{min}; \lambda_{max}]$ , работающем в первом порядке дифракции, когда  $2\lambda_{min} < \lambda_{max}$ , происходит наложение первого и второго порядков дифракции, что усложняет процесс расшифровки спектров.

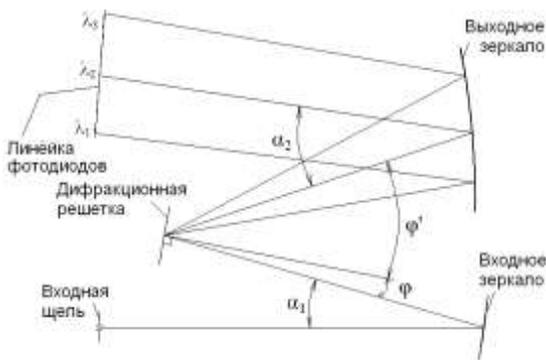
Для разделения порядков может использоваться призма. Однако для регистрации спектра должен быть применен двумерный детектор. При этом его фоточувствительная площадь будет использоваться неэффективно из-за нелинейности дисперсии призмы. Дополнительный недостаток – большие габариты спектрометров. Другим методом подавления «паразитных» порядков является установка спектрального фильтра перед входной щелью спектрометра. В этом случае для получения спектра в широком диапазоне может потребоваться неоднократная регистрация спектра с различными фильтрами, что приводит к увеличению времени получения всего спектра.

Показано, что наиболее эффективным методом подавления «паразитных» порядков в малогабаритных многоканальных спектрометрах является установка специальных спектральных фильтров перед фоточувствительными ячейками многоэлементного твердотельного детектора излучения. Фильтры в этом случае пропускают рабочий порядок спектра и отражают (или поглощают) «паразитные» порядки с меньшей длиной волны. Таким свойством обладают фильтры со «ступенчатой» характеристикой. Степень подавления «паразитных» порядков определяется требованиями решаемой задачи. В общем случае для подавления паразитных порядков необходимо иметь не менее чем  $N = \left\lceil \log_2 \left( \frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}} \right) \right\rceil$  фильтров (квадратные скобки обозначают целую часть числа).

**Методы снижения фонового излучения.** В настоящее время малогабаритные многоканальные светосильные спектрометры, построенные по схеме Эберта–Фасти с плоской дифракционной решеткой, получили широкое распространение. Данная схема имеет плоскую фокальную поверх-

ность, как и фоточувствительная область многоэлементного твердотельного детектора излучения, что позволяет получить высокое разрешение во всем рабочем спектральном диапазоне. Другим достоинством схемы является возможность выбора спектрального диапазона и предела разрешения путем установки решетки с нужным количеством штрихов на миллиметр под нужным углом. Недостатком схемы является большое количество элементов, создающих высокий уровень фонового излучения в спектрометре.

Схема спектрометра состоит из двух сферических зеркал и плоской дифракционной решетки (рис. 2.22). Излучение, поступающее в спектрометр через входную щель, регистрируется на его выходе линейкой фотодиодов. Основной вклад в ухудшение спектрального разрешения вносит aberrация децентрировки. В классической схеме Эберта–Фаста такая aberrация полностью компенсируется для центральной длины волны  $\lambda_2$  рабочего спектрального диапазона. Однако в этом случае при определенном положении дифракционной решетки нулевой порядок дифракции, отразившись от выходного зеркала, возвращается обратно на решетку и рассеивается, что приводит к повышению уровня фонового излучения.



**Рис. 2.22.** Оптическая схема Эберта–Фаста.

Показано, что попадание нулевого порядка на дифракционную решетку можно исключить путем изменения угла  $\alpha_2$ . В этом случае длина волны, для которой компенсируется aberrация децентрировки, смещается в коротковолновую область, а в длинноволновой области наблюдается только незначительное ухудшение разрешения.

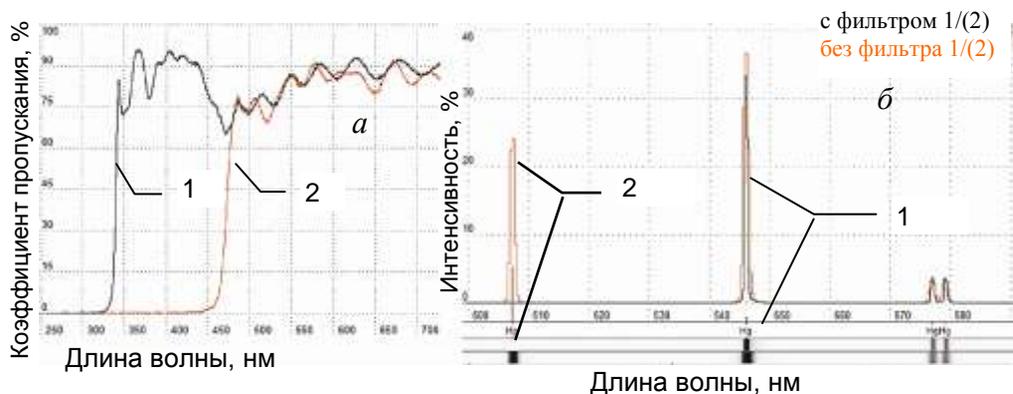
Отраженное от поверхности линейки фотодиодов излучение попадает на выходное зеркало и, отразившись от него, возвращается и регистрируется линейкой, внося вклад в уровень фонового излучения. Снизить фоновое излучение можно, наклонив линейку фотодиодов в вертикальной плоскости, так чтобы отраженное от нее излучение проходило под или над выходным зеркалом.

Дополнительное снижение фона достигается при использовании линейки фотодиодов в безкорпусном исполнении.

**Результаты эксперимента (на примере спектрометра «Колибри»).** Для подавления нерабочих порядков спектра на кварцевой подложке были изготовлены 2 фильтра со «ступенчатой» характеристикой путем нанесения

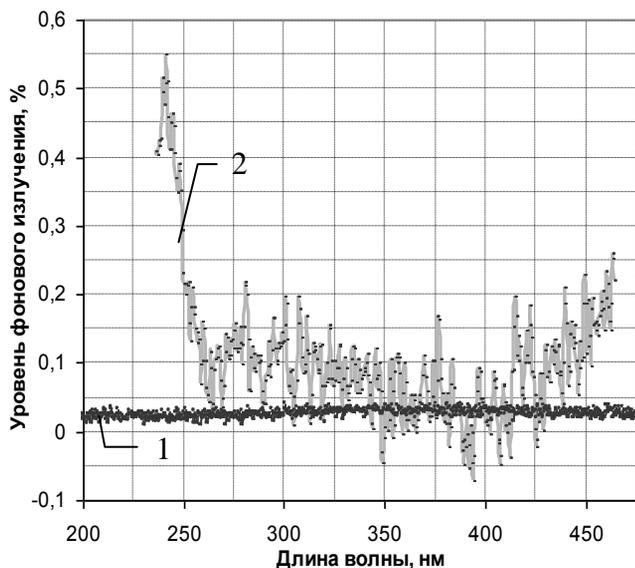
многослойных покрытий. На рис. 2.23, *a* показаны спектры пропускания этих фильтров.

Фильтр 1 устанавливается перед фотодиодами, регистрирующими область спектра от 350 нм и выше, а фильтр 2 – от 480 и выше. В этом случае спектрометр обеспечивает регистрацию спектра в рабочем спектральном диапазоне 190–700 нм в первом порядке дифракции без наложения более высоких порядков. На рис. 2.23, *б* показан спектр излучения ртутной лампы с фильтрами (1) и без них (2). Можно заметить, что спектральная линия ртути с длиной волны 253.6 нм присутствует в спектре без фильтров на удвоенной длине волны, а в спектре с фильтрами отсутствует. Степень подавления излучения второго и более порядков у изготовленных фильтров составляет  $> 10^4$ .



**Рис. 2.23.** Спектры пропускания фильтров (*a*) и излучения ртутной лампы (*б*)

Для оценки уровня фонового излучения регистрировался спектр прошедшего через стекло ОС14 излучения галогеновой лампы. Коэффициент пропускания ОС14 в области 190÷550 нм составляет менее 0.01%, а в области длин волн больших 600 нм – более 90%. Выбором времени экспозиции устанавливалось максимальное значение сигнала в полученном спектре, равным 100 %. Значение сигнала в спектре при  $\lambda < 550$  нм считалось фоновым излучением. На рис. 2.24 показаны зависимости фонового излучения от длины волны спектрометра «Колибри» (1) и для сравнения спектрометра Avaspec-1024 фирмы Avantes BV (Голландия) (2). Оба спектрометра построены по схеме Эберта–Фасти. Можно заметить, что уровень фонового излучения спектрометра «Колибри» постоянен в широком диапазоне длин волн и его значение не превышает 0.05%, а в спектрометре Avaspec-1024 этот уровень неравномерный и в коротковолновой области превышает 0.5%.



**Рис. 2.24.** Уровень фонового излучения в зависимости от длины волны в спектрометрах «Колибри» (1) и Avaspec-1024 (2)

*(Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений.)*

### Публикации:

1. Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Зарубин И.А., Галлямов Р.Г. Измерение квантовой эффективности многоэлементных фотодетекторов в спектральном диапазоне 180–800 нм // *Автометрия*, 2008, т. 44, № 1. С. 27–38.
2. Лабусов В.А. Комплексы приборов для атомно-эмиссионного спектрального анализа на основе спектрометра «Гранд» // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, 2008, т. 74, № 4. С. 21–29.
3. Лабусов В.А. Многоканальные анализаторы атомно-эмиссионных спектров МАЭС и их использование в криминалистике // *Теория и практика судебной экспертизы*, 2008, № 2 (10). С. 172–184.
4. Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Зарубин И.А. Многоканальные спектрометры для атомно-эмиссионного анализа // *Материалы VIII научной конференции «Аналитика Сибири и Дальнего востока»* (Томск, Россия, 13–18 октября 2008). С. 82.
5. Лабусов В.А., Зарубин И.А., Саушкин М.С. Методы снижения фонового излучения в многоканальных спектрометрах, построенных по схеме Эберта–Фасти // *Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника»* (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптико-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (3 с.).

*6. Анализ характеристик источников накачки нелинейных кристаллов для получения мощной перестраиваемой генерации в области 3–10 мкм. Экспериментальная реализация источника накачки (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Донин В.И.).*

Для получения мощной перестраиваемой генерации в области 3÷10 мкм применяются методы нелинейного преобразования частоты (генерация разностных частот, параметрическая генерация и др.). Наибольший прогресс в данной области достигнут при применении методов параметрического преобразования в нелинейных кристаллах  $ZnGeP_2$  (ZGP). Обусловлено это за счет превосходных свойств нелинейного кристалла –

большой нелинейности  $\sim 75$  пм/В, хорошей теплопроводности 0.180 Вт/(см·К) и малого поглощения в области преобразования.

В качестве накачки для такого параметрического генератора применяют Тм:Но-лазер с  $\lambda \approx 2$  мкм, волоконные Тм-лазеры, параметрические генераторы (ПГС) с длиной волны генерации  $\sim 2$  мкм и пр.

Для Тм:Но- и волоконных Тм-лазеров достигнут уровень средней мощности  $\sim 100$  Вт [1], а для параметрических генераторов – 33 Вт [2].

По различным данным (см., например, [3]) поглощение ZGP в области 2 мкм может достигать  $\sim 1$  см $^{-1}$ , а в области  $2.9$  мкм  $< 0.1$  см $^{-1}$ , что является важным при мощных накачках с точки зрения линзовых эффектов.

Наибольшая полученная мощность в ПГС на основе ZGP составляет более 30 Вт (сигнальная волна плюс холостая) в области 3÷5 мкм при накачке 2 мкм мощностью 55 Вт [4].

Для получения генерации использована тандемная схема. Nd:YAG-лазер или титан-сапфировый лазер [5, 6] накачивает ПГС с областью генерации 2÷3.5 мкм. Его перестройка по длинам волн осуществляется поворотом кристалла в случае накачки Nd:YAG-лазером или перестройкой длины волны в случае накачки титан-сапфировым лазером. Данный ПГС в свою очередь является источником накачки для параметрического генератора на основе ZGP с областью генерации 4÷10 мкм. Возможность перестройки ПГС накачки в области 2÷3.5 мкм дает возможность подобрать оптимальные с точки зрения поглощения условия генерации в области 4÷10 мкм.

ПГС представляет собой однорезонансный параметрический генератор с двухзеркальным резонатором для сигнальной волны. Такой генератор характеризуется пониженным порогом генерации и стабильной работой. Его оптическая схема приведена на рис. 2.25.

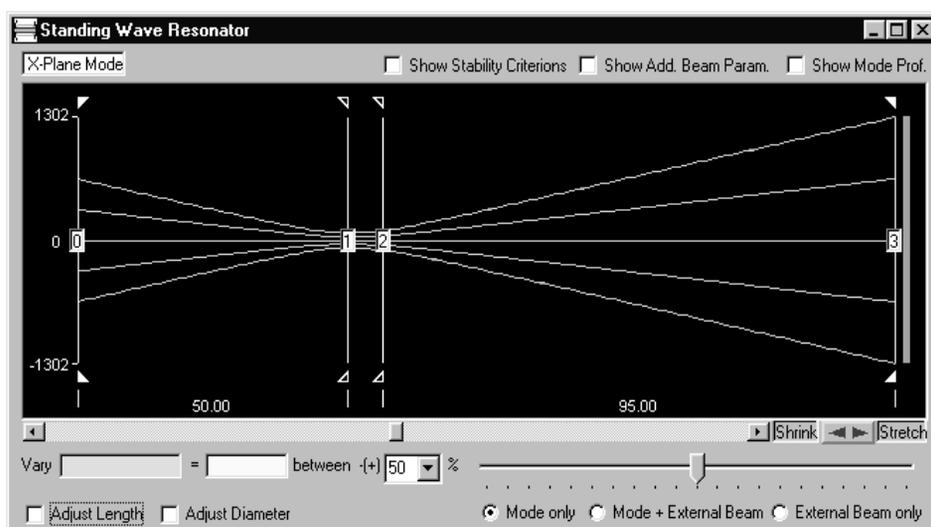


Рис. 2.25. Оптическая схема ПГС: 0, 3 – зеркала резонатора ( $R=50$  мм и  $R=100$  мм); 1, 2 – нелинейные кристаллы (КТР, КТА)

Накачка с длиной волны 1.064 мкм от Nd:YAG-лазера производится через менисковое зеркало  $R=50$  мм. Зеркало  $R=100$  мм является выходным.

Порог генерации такого ПГС определяется выражением

$$P_{th} = \varepsilon_0 n_s^2 n_p c \lambda_p^2 (1 - R_s \exp(-\alpha_s L)) / (\pi^2 d_{eff}^2 L^2 (1 - \delta^2)),$$

где  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная вакуума;  $n_s, n_p$  – показатели преломления нелинейного кристалла для сигнальной волны и на длине волны накачки;  $L$  – длина нелинейного кристалла;  $\alpha_s$  – коэффициент поглощения нелинейного кристалла на сигнальной длине волны;  $d_{eff}$  – нелинейный коэффициент;  $R_s$  – коэффициент отражения выходного зеркала;  $\delta$  – определяется из выражений  $\omega_s = 0.5 \cdot \omega_p (1 + \delta)$ ,  $\omega_i = 0.5 \cdot \omega_p (1 - \delta)$ . Индексы  $s$  и  $i$  означают сигнальную и холостую волны соответственно.

Пороговые мощности генерации для кристаллов КТР и КТА, имеющих приблизительно одинаковые характеристики (за исключением поглощения), составляют  $\sim 60$  МВт/см<sup>2</sup> и 20 МВт/см<sup>2</sup> соответственно для области генерации сигнальной волны  $\sim 3$  мкм.

Экспериментально получена генерация в кристалле КТР в области  $\sim 3.4$  мкм. Продолжаются работы по оптимизации выходных параметров ПГС накачки.

Полученные результаты представляют интерес для экологии (контроль загрязнения атмосферы (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, CH<sub>4</sub> и др.)), медицины (диагностика заболеваний), а также для получения мощной генерации в ТГц области спектра и других областей.

*(Тематическая группа мощных ионных лазеров.)*

## Публикации

1. So S., Mackenzie J.I., Shepherd D.P., and Clarkson W.A. Intra-cavity side-pumped Ho:YAG laser // Optics express, 2006, vol. 14, issue 22. P. 10481–10487.
2. Webb M.S., Moulton P.F., Kasinski J.J., Burnham R.L., Loiacono G., and Stolzenberger R. High-average-power KTiOAsO<sub>4</sub> optical parametric oscillator // Opt. Lett., 1998, vol. 23, issue 15. P. 1161–1163.
3. Nikogosyan D.N. Nonlinear optical crystals // Springer, New York, 2005, 427 p.
4. Schunemann P. Advances in Mid-IR Materials // CLEO/QELS Conference, 2007 (Baltimore, Maryland, USA, May 6–11, 2007). P. 1-2.
5. Griбанов A.V., Donin V.I., Yakovin D.V. The titan-sapphire laser pumped by the second harmonic radiation of the diode-pumped pulse Nd:YAG laser for the purposes of two-photon spectroscopy // Proc. The 9th Russian-Chinese Symposium on Laser Physics and Technologies (Tomsk, Russia, October 26–31, 2008). P. 196–198.
6. Грибанов A.B., Донин В.И., Яковин Д.В. Титан-сапфировый лазер с импульсной накачкой второй гармоникой излучения диодно-накачиваемого Nd:YAG лазера для целей двухфотонной спектроскопии // Квантовая электроника, 2009 (в печати).

**ПРОГРАММА 2.3.2. Фундаментальные проблемы взаимодействия излучения с веществом. Координатор чл.-корр. РАН А.М. Шалагин.**

**Проект 2.3.2.3. Исследование динамики волновых структур в сильно нелинейных средах и системах. № гос. рег. 01.2.007 04684.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория нелинейной физики** (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Смирнов Г.И., д.ф.-м.н. Стурман Б.И.).

Научный руководитель д.ф.-м.н. **Комаров К.П.**

*1. Анализ формирования и взаимодействия диссипативных солитонов в волоконных системах с аномальной частотной дисперсией показателя преломления (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Смирнов Г.И.).*

Установлены условия реализации колоколообразных и прямоугольных спектров лазерных солитонов в модели, описываемой комплексным кубическим уравнением Гинзбурга–Ландау. Определены спектральные особенности, обусловленные дополнительными нелинейностями 2-й и 5-й степени [1]. Экспериментально и теоретически исследована генерационная динамика волоконного эрбиевого лазера с многоимпульсной пассивной синхронизацией мод, основанной на нелинейном поляризационном вращении. Гистерезисные явления продемонстрированы в экспериментах с аномальной и нормальной дисперсией.

Проведено сравнение теоретических результатов с экспериментальными данными для области параметров, в которой справедливо описание лазерной системы в рамках используемой модели [2, 3].

В волоконном лазере с пассивной синхронизацией мод экспериментально реализован цуг связанных солитонов, состоящий из 350 импульсов. Данное явление исследовано теоретически с использованием мультискейлингового подхода для анализа усилительной динамики: быстроменяющаяся составляющая усиления ответственна за стабилизацию периодической структуры, в то время как эволюция средних величин усиления объясняет конечную длину квазипериодического цуга ультракоротких импульсов [4]. Установлено, что спектральная усилительная фильтрация ответственна за многоимпульсную генерацию волоконных лазеров с нормальной дисперсией, работающих в режиме пассивной синхронизации мод, связанной с нелинейным поляризационным вращением. Найдена теоретическая зависимость числа импульсов в лазерном резонаторе от ширины полосы усиления – узкая полоса усиления способствует реализации многоимпульсной пассивной синхронизации мод.

На основе предложенной модели показано, что усилительная фильтрация приводит к тем же следствиям по многоимпульсной пассивной синхронизации лазерных мод, что и фильтрация, связанная с частотной дисперсией усиления [5].

На основе численного моделирования режимов пассивной синхронизации мод волоконного лазера с аномальной дисперсией обнаружены диссипативные солитоны с мощными пьедесталами, имеющими осциллирующую структуру [6]. Такая структура пьедесталов приводит к сложному структурированному спектру излучения. Обнаруженные солитоны, получившие название «структурные солитоны», являются мультистабильными образованиями: при одних и тех же лазерных параметрах солитонные пье-

десталы могут иметь различные структуры. При определенных нелинейно-дисперсионных параметрах возникают солитоны с асимметричными пьедесталами. Такие асимметричные солитоны движутся относительно симметричных солитонных структур.

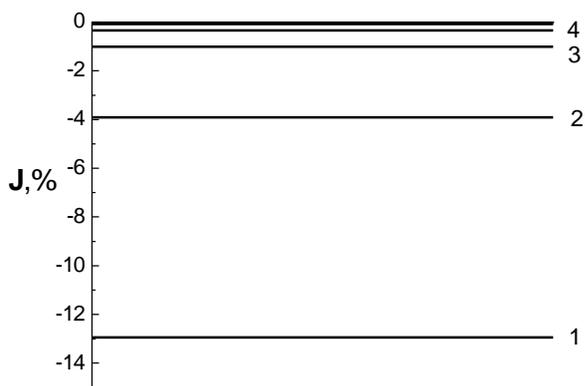
Дан обзор теоретических подходов, развитых недавно в наших работах, посвященных различным моделям описания волоконных лазеров с пассивной синхронизацией мод. Механизм возникновения пассивной синхронизации мод, обсуждаемый в этих работах, связан с нелинейным вращением поляризации излучения. Первый подход связан с кубическим уравнением Гинзбурга–Ландау, в котором соответствующие коэффициенты зависят от ориентационных углов внутрирезонаторных фазовых пластин. Проведен полный анализ этого уравнения. Второй подход включает в себя насыщение усиления, что позволяет исследовать многоимпульсные и мультистабильные явления. В определенных приближениях эта модель сводится к комплексному кубическому уравнению Гинзбурга–Ландау.

Пассивная гармоническая синхронизация лазерных мод также может быть описана в рамках предложенного подхода при определенной адаптации используемой модели [7, 8].

Дан теоретический анализ спонтанного образования периодических структур в волоконных лазерах [9–11]. Эти структуры включают в себя сотни связанных солитонов, возникающих в кольцевых лазерах с пассивной синхронизацией мод, реализуемой за счет нелинейной оптической активности на керровской нелинейности волоконной среды.

Результаты, полученные с помощью развитой модели, позволяют объяснить генерационные особенности, наблюдаемые в Er:Yb волоконных лазерах. На основе результатов численного моделирования выдвигается новый подход в реализации высокостабильных помехоустойчивых информационных последовательностей ультракоротких импульсов [12]. Уникальные свойства таких последовательностей обусловлены свойствами связанных состояний структурных солитонов, имеющих большие энергии связи, принимающие различные квантовые значения (рис. 2.26). Квантовые значения энергии в стационарных состояниях  $J$  выражены в относительных единицах (энергия связи, деленная на энергию двух солитонов, разнесенных на большое расстояние). Каждому энергетическому уровню соответствует стационарное распределение интенсивности в двухсолитонной молекуле и определенное фиксированное расстояние между солитонами. Амплитуда поля для нечетных состояний является нечетной функцией, для четных – четной функцией.

Кодировка информации в этих последовательностях выполняется за счет реализации различных типов связи между соседними импульсами вдоль солитонного цуга. Для пары солитонов установлены возможные типы связанных состояний, каждое из которых характеризуется своим квантовым энергетическим уровнем, расстоянием между солитонами в стационарном связанном состоянии и распределением излучения в такой двухсо-



**Рис. 2.26.** Энергия связи двух взаимодействующих солитонов

литонной молекуле. Один из таких типов связанных состояний реализуется в каждой паре соседних солитонов в многосолитонном цуге.

Показано, что подходы традиционной теории плазмы не могут обеспечить достаточной надежности ее предсказаний о ходе нелинейных плазменных процессов [13]. Выявлены причины неинформативности обычных теоретических представлений о таких явлениях. Разработана методика расчета кинетики турбулентной плазмы, учитывающая эти причины и позволяющая тем самым повысить информативность конечных результатов нелинейной плазменной теории. Установлены пределы повышения информативности для случая слаботурбулентной плазмы.

Построена нелинейная теория резонансного поглощения оптического излучения в наногетероструктурах с квантовыми точками. Отмечены возможные проявления гигантской фотопроводимости при резонансном фотопоглощении для кремниевого фотоприемника, в матрицу которого введены наноразмерные кластеры германия. Рассмотрены перспективы создания новых информационных технологий на основе использования нелинейных интерференционных эффектов в фотоэлектрических нанопреобразователях на квантовых точках [14]. Исследована зависимость стохастических процессов в волоконных системах оптической информации от режимов поляризации излучения, параметров анизотропии и нелинейности оптоволокна. Установленные поляризационно-статистические свойства сигналов в оптоволоконных информационных системах позволяют моделировать новые методы управления квантовыми амплитудными и фазовыми флуктуациями фотонов с целью повышения информативности оптических каналов связи [15]. Разработана статистическая теория нелинейной динамики фоторезонансных переходных процессов в полупроводниковых гетероструктурах. Дан статистический анализ начальной и нелинейной стадий фотогенерации носителей заряда. Отмечено уменьшение флуктуаций характерного времени нарастания концентрации свободных носителей заряда по мере развития фотогенерации [16].

*(Лаборатория нелинейной физики.)*

## Публикации:

1. Komarov A., Komarov K., Leblond H., Sanchez F. Spectra of solitons in fiber lasers // 10th International Conference on Transparent Optical Networks (Athens, Greece, June 22–26, 2008.). Conference Proceedings ICTON 2008. P. 270–273.
2. Haboucha A., Komarov A., Leblond H., Salhi M. and Sanchez F. Investigation of multiple pulsing and hysteresis phenomena in the erbium-doped double-clad fiber laser // Jour. Optoelect. Adv. Mat., 2008, vol. 10, № 1. P. 164–168.
3. Haboucha A., Leblond H., Salhi M., Komarov A. and Sanchez F. Coherent soliton pattern formation in a fiber laser // Optics Letters, 2008, vol. 33, № 5. P. 524–526.
4. Haboucha A., Komarov A., Salhi M., Leblond H., Sanchez F. Soliton crystal fiber laser // SPIE Proceedings, 2008, vol. 6998, paper 699805 (8 pages).
5. Haboucha A., Komarov A., Leblond H., Sanchez F., Martel G. Mechanism of multiple pulse formation in the normal dispersion regime of passively mode-locked fiber ring lasers // Optical Fiber Technology, 2008, vol. 14. P. 262–267.
6. Komarov A., Sanchez F. Structural dissipative solitons in passive mode-locked lasers // Phys. Rev. E, 2008, vol. 77. Paper 066201 (8 pages).
7. Sanchez F., Leblond H., Salhi M., Komarov A. and Haboucha A. Models for passively mode-locked fiber lasers // Fiber and Integrated Optics, 2008, vol. 27, № 5. P. 370–391.
8. Komarov A., Leblond H., Sanchez F. Models for passively mode-locked fiber lasers // 10th International Conference on Transparent Optical Networks (Athens, Greece, June 22–26, 2008.). Conference Proceedings ICTON 2008. P. 214–217.
9. Haboucha A., Leblond H., Salhi V., Komarov A., Sanchez F. Analysis of soliton pattern formation in passive mode-locked fiber lasers // Phys. Rev. A, 2008, vol. 78. Paper 043806 (12 pages).
10. Komarov A., Haboucha A., Sanchez F. Ultrahigh repetition rate bound-soliton harmonic passive mode-locked fiber lasers // Optics Letters, 2008, vol. 33. P. 2254–2256.
11. Komarov A., Komarov K., Haboucha A., Sanchez F. Active and passive modulation methods for management of passive mode-locked fiber lasers // 10th International Conference on Transparent Optical Networks – "Mediterranean Winter" 2008 (Marrakesh, Morocco, December 11–14, 2008). Conference Proceedings ICTON-MW'08. P. 237–240.
12. Komarov A., Komarov K., Haboucha A., Sanchez F. Information sequences of bound solitons // Там же. P. 115–118.
13. Erofeev V.I. Key ideas for heightening the informativeness of plasma physical theorizing // 14th International Congress on Plasma Physics 2008 (Fukuoka, Japan, September 8–12, 2008.). ICPP2008 Abstracts. P. 58.
14. Kashnikov B.P., Smirnov G.I., Bednarjevsky S.S., Shevchenko N.G. The phenomenon of gigantic photoconductivity in nano-heterostructures on the quantum dots // Techn. D. SPIE Intern Conf. "Optical Fabrication, Testing and Metrology III" (Glasgow, UK, September 1–5, 2008.). P. 14.
15. Кашников Б.П., Макаров В.В., Смирнов Г.И., Шевченко Н.Г. Поляризационно-статистические процессы управления оптико-информационными системами // Журн. техн. физ., 2008 (в печати).
16. Smirnov G.I., Shevchenko N.G. Statistic nonlinear dynamics of photoresonant transition processes in heterostructures // Appl. Phys., 2008 (in press).

*2. Развитие теории аномального прохождения света через нанометровые структуры в металлах и фоторефрактивных средах (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Стурман Б.И.).*

Развита самосогласованная теория аномально высокого прохождения света через периодическую последовательность нанодырок в металле [1]. В ее основе лежит разложение световых полей по точным собственным модам (распространяющимся, эванесцентным и аномальным), и использова-

ние точных граничных условий. Отличная сходимость разложения позволила представить сложное явление в виде относительно простых составляющих и исследовать важнейшие функциональные зависимости. Пропускающие свойства элементарной границы раздела играют ключевую роль в нанометровом диапазоне. Эти свойства обладают замечательными резонансными зависимостями от длины волны света и размеров дырок; они тесно связаны со свойствами плазмонов на перфорированных поверхностях.

Теоретически исследован эффект замедления света в фоторефрактивных нелинейных средах [2]: рассмотрены различные типы фоторефрактивного отклика, схемы взаимодействия волн, а также анализ влияния входных параметров, таких как ширина импульса и сила связи, на выходные характеристики импульса – временную задержку, ширину, скорость распространения. Показано, что фоторефрактивное замедление обладает многочисленными преимуществами перед другими известными методами: оно работает уже при низких интенсивностях света, при комнатной температуре, в широких спектральных диапазонах и предоставляет множество рычагов для перестройки параметров.

Исследованы теоретически основные элементы манипулирования световыми импульсами – сильное нелинейное замедление, захват, последующее освобождение – в фоторефрактивных нелинейных средах. Для разных типов фоторефрактивной нелинейности проанализированы такие важнейшие характеристики, как время задержки, нелинейное уширение, форма освобожденных импульсов [3].

Показано экспериментально и теоретически, что приложение умеренных напряжений (0.1–1) kV к кристаллам  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  при достаточно высоких температурах  $T=550\text{--}700^\circ\text{C}$  приводит к формированию ультрамедленных ударных волн электронной плотности благодаря удалению электронов с центров  $\text{Fe}^{2+}$  [4]. Позади резкого фронта ударной волны почти все ионы железа находятся в состоянии  $\text{Fe}^{3+}$ , образец оптически прозрачен, а его транспортные свойства сильно модифицированы. Скорость фронта уменьшается при распространении; она определяется электронной подвижностью. Зарядовая компенсация осуществляется благодаря термоактивированному вкладу ионной проводимости.

Показано, что порог беззеркальной генерации для нелокального фоторефрактивного отклика может быть существенно, почти вдвое, понижен за счет введения малых угловых расстройек между встречными пучками накачки [5]. Эта особенность должна приводить к сильной модификации пороговых и припороговых характеристик большого семейства оптических генераторов, основанных на фазовом сопряжении.

Экспериментально обнаружена крайне необычная релаксация пропускающих полевых решеток, записанных наносекундными импульсами в сильно легированных кристаллах  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  [6]. Эффективность дифракции на решетке сначала резко увеличивается в течение примерно 100 с и лишь

затем затухает. Дано описание всех релаксационных особенностей в рамках модели прыжкового транспорта в сильно легированных полупроводниках.

*(Лаборатория нелинейной физики.)*

### **Публикации:**

1. Sturman B.I., Podivilov E.V., Gorkunov M.V. Theory of extraordinary light transmission through arrays of subwavelength slits // Phys. Rev. B, 2008, vol. 77. P. 075106 (12 pages).
2. Sturman B., Podivilov E. and Gorkunov M. Photorefractive deceleration of light pulses // Journal of Experimental and Theoretical Physics, 2008, vol. 106. P. 668–677.
3. Sturman B.I., Podivilov E.V., Gorkunov M.V. Photorefractive manipulation of light pulses // Phys. Rev. A, 2008, vol. 77. P. 063808 (10 pages).
4. Gronenborn S., Sturman B., Falk M., Haertle D. and Buse K. Ultra-slow shock waves of electron density in LiNbO<sub>3</sub> crystals // Phys. Rev. Lett., 2008, vol. 101. Paper 116601 (4 pages).
5. Rebhi R., Mathey P., Jauslin H.R. and Sturman B. Strong lowering of the mirrorless optical oscillation threshold by angular mismatches for nonlocal photorefractive nonlinearity // Opt. Lett., 2008, vol. 33, issue 23 P. 2773–2775.
6. Japs J., Falk M., Woike Th., Buse K. and Sturman B. Charge transport properties of highly iron-doped LiNbO<sub>3</sub> crystals investigated with nanosecond light pulses // Appl. Phys. B, 2008 (accepted).

**Проект 2.3.2.4. Исследование терагерцовой динамики в аморфных материалах, релаксорах, пленках сегнетоэлектриков, пленочных наноструктурах с целью дальнейшего развития теории конденсированного состояния и создания устройств микро- и наноэлектромеханики. № гос.рег. 01.2.007 04679.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория физической электроники** (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Суровцев Н.В., д.ф.-м.н. Новиков В.Н.).

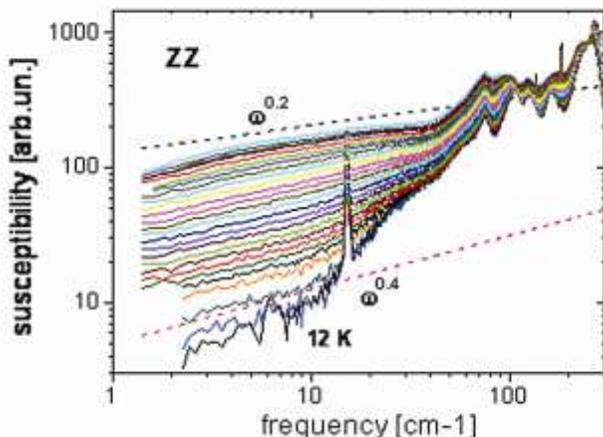
**Лаборатория тонкопленочных сегнетоэлектрических структур** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Косцов Э.Г.).

Научный руководитель **д.ф.-м.н. Малиновский В.К.**

*1. Исследование релаксорных свойств сегнетоэлектриков на примере кристаллов и пленок ниобата стронция бария (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.).*

Исследованы низкочастотные спектры комбинационного рассеяния света (КРС) в релаксорном сегнетоэлектрике ниобата стронция бария (Sr<sub>0.61</sub>Ba<sub>0.39</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, SBN). Особое внимание уделялось исследованию центрального пика (ЦП) в спектре КРС в широком диапазоне температур. Спектры были получены, начиная от частоты 1.4 см<sup>-1</sup> в случае zz-геометрии, 1.6 см<sup>-1</sup> в случае ux-геометрии, и 1.2 см<sup>-1</sup> в случае zx-геометрии по поляризации (длина волны возбуждающего лазера 632 нм). Диапазон температур 12–323 К. На рис. 2.27 показаны спектры КРС для геометрии zz в представлении восприимчивости. Релаксационный отклик доминирует на

частотах  $1\text{--}40\text{ см}^{-1}$  при температурах выше  $100\text{ К}$  и ограничен частотным диапазоном до  $\sim 10\text{ см}^{-1}$  для температур  $\sim 10\text{--}50\text{ К}$ .



**Рис. 2.27.** Спектры КРС кристалла SBN в геометрии  $zz$  и представлении  $I/(n+1)$  при различных температурах (от  $12\text{ К}$  – нижняя кривая, до  $323\text{ К}$  – верхняя кривая)

Видно, что релаксационный спектр не соответствует приближению одного времени релаксации (в этом случае  $\chi''_{\text{rel}} \propto \omega$ ). Отметим, что все предыдущие исследования ЦП другими авторами были интерпретированы в рамках одного времени релаксации. Релаксационный спектр демонстрирует степенное поведение  $\sim \omega^{0.3}$  по аналогии со спектром быстрой релаксации в стеклах. Значение степени  $\alpha$  в описании  $\chi''(\omega) \propto \omega^\alpha$  различно для разных поляризационных геометрий:  $\alpha_{zz}=0.2\text{--}0.4$ ,  $\alpha_{zx}=0.45$ ,  $\alpha_{yx}=0.7$ . Показатель не изменяется с ростом температуры для геометрий  $zx$  и  $yx$  и несколько уменьшается для геометрии  $zz$  (см. рис. 2.27).

Нормировка спектров КРС на высокочастотные пики позволила также изучить вопрос: как меняется интенсивность ЦП с ростом температуры. Релаксационный отклик резко растет с ростом температуры для геометрии  $zz$ , и этот рост может быть хорошо описан экспоненциальной зависимостью.

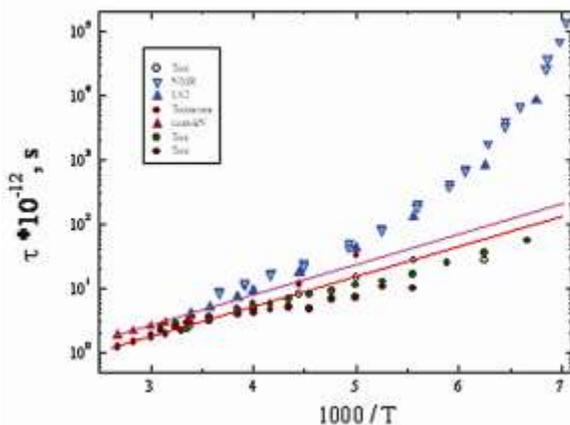
На основании полученных данных можно сделать выводы о характере релаксации, ответственной за ЦП в релаксоре SBN:

- Установлено, что приближение одного времени релаксации не справедливо для ЦП в бастроне: спектры соответствуют широкому распределению времен релаксации.
- Обнаружена экспоненциальная зависимость интенсивности ЦП от температуры. Ранее подобная зависимость неоднократно наблюдалась для интенсивности спектра быстрой релаксации в стеклюющихся материалах.
- Релаксационное движение существенно анизотропно, так как поведение спектров существенно различно для разных геометрий эксперимента.

*(Лаборатория спектроскопии конденсированных сред.)*

2. Исследование особенностей однородного и неоднородного уширений линий в спектрах молекулярных жидкостей (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.).

Особенности однородного и неоднородного уширения линий комбинационного рассеяния света (КРС) исследованы в двух стеклующихся системах: молекулярной жидкости толуол и толуоле, содержащем 5 весовых % ортотерфенила (ОТР). Спектры КРС исследованы в температурном диапазоне 20–323 К. Использовались аддитивная мода спектра и линия аргонового лазера 514.5 нм, позволяющие получить спектральное разрешение  $\sim 0.5 \text{ см}^{-1}$ . Обработка спектров проводилась контуром Фойхта, что позволяет выделить отдельно неоднородное и однородное уширения линий. Для линий  $521 \text{ и } 1379 \text{ см}^{-1}$  исследовались спектры с различными поляризационными условиями. Это позволило рассчитать отдельно изотропные и анизотропные спектры (коэффициент деполяризации этих линий лежит в диапазоне 0.3–0.5). Сравнение однородного уширения линий для изотропных и анизотропных компонент позволяет определить ориентационное уширение. На рис. 2.28 показана температурная зависимость ориентационного уширения для этих линий вместе с данными других методов.

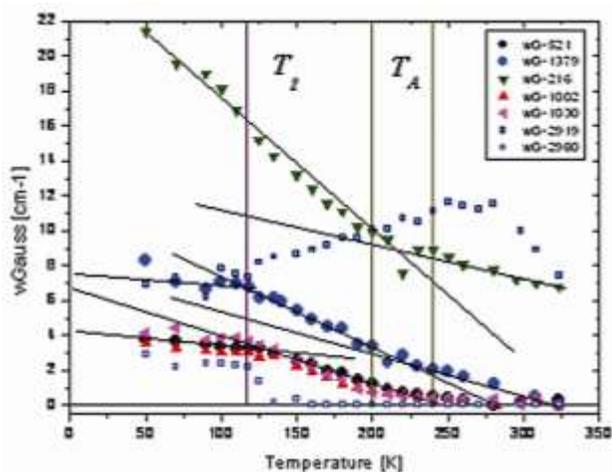


**Рис. 2.28.** Температурная зависимость времени  $\alpha$ -релаксации (треугольники), полученные различными экспериментальными методами, и времени ориентационной релаксации (кружки), полученные из однородного уширения КР-линий

Видно, что ориентационное уширение следует активационному закону во всем исследованном диапазоне, в отличие от времени альфа-релаксации, полученного другими методами. Альфа-релаксация переходит к неаррениусовскому режиму в диапазоне 200–240 К. Важным новым результатом является совпадение времени ориентационной релаксации для колебания, включающего всю молекулу ( $521 \text{ см}^{-1}$ ), со временем ориентационной релаксации колебания, частично локализованного внутри молекулы ( $1379 \text{ см}^{-1}$ ). Это подтверждает жесткость молекулы и справедливость метода извлечения ориентационной динамики.

Результаты по исследованию неоднородного уширения представлены на рис. 2.29, где показаны полученные значения неоднородного уширения различных линий толуола в зависимости от температуры.

Видно, что линии в диапазоне  $500\text{--}1400 \text{ см}^{-1}$  имеют схожие температурные зависимости: отсутствие или слабая зависимость выше  $T_A$ , слабая



**Рис. 2.29.** Температурная зависимость неоднородного уширения различных линий КР-спектра толуола, температура стеклования ( $T_g$ ) и диапазон для оценки температуры  $T_A$

зависимость ниже  $T_g$  и достаточно резкая линейная зависимость в диапазоне  $T_g < T < T_A$ . Результаты интерпретируются как возникновение эффективного поля при  $T = T_A$ , действующего на молекулу, или, другими словами, возникновение неоднородностей. При понижении температуры в жидком состоянии неоднородность поля (изменение от молекулы к молекуле) возрастает. В стеклообразном состоянии нанометровая структура не изменяется и температурная зависимость становится слабее. Следует отметить, что поведение линии  $216 \text{ см}^{-1}$  также похоже на описанный сценарий, но не показывает заметного излома при  $T = T_g$ . Вопрос требует дополнительного изучения.

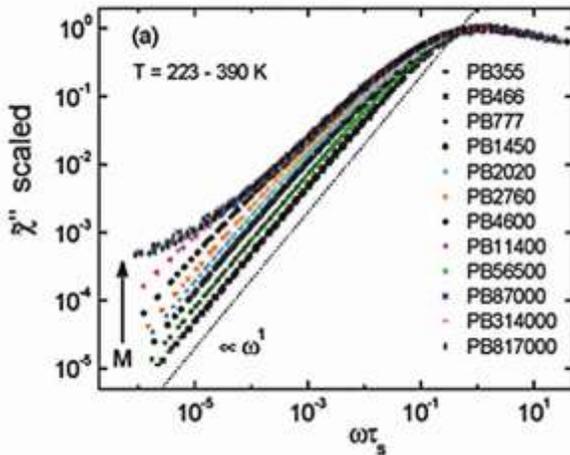
Поведение линий, соответствующих СН-растяжениям ( $2900 \text{ см}^{-1}$ ), отличается от описанного сценария. Это означает, что данные линии не могут служить в качестве индикатора возникновения эффективного поля (возможно, за счет своего очень локального характера внутри молекулы).

Поведение линий ОТР внутри толуола также обнаружило некоторые закономерности. Оказалось, что характер ориентационного уширения и неоднородного уширения линий, соответствующих колебаниям молекулы ОТР, не следует закономерностям, найденным для колебаний самой молекулы толуола. Полученные данные требуют дополнительного теоретического анализа.

*(Лаборатория спектроскопии конденсированных сред.)*

*3. Исследование релаксационной динамики при переходе от молекулярной среды к полимеру при увеличении молекулярной массы (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Новиков В.Н.).*

Исследована серия образцов полибутадиена с различными молекулярными массами ( $355 < M < 817000$ ) с целью выяснить, когда образец становится полимером. Метод исследования – ядерный магнитный резонанс с вращающимся полем. Релаксационные спектры были измерены в интервале, покрывающем 8 порядков по частоте (рис. 2.30).



**Рис. 2.30.** ЯМР-сигнал в терминах восприимчивости как функция частоты нормированная сегментальным временем релаксации

Соединение мономеров в полимерные линейные цепочки ведет к возникновению дополнительных релаксационных процессов с более длинными временами, чем у альфа-релаксации. В зависимости от молекулярного веса  $M$  коллективная динамика полимерных цепей описывается либо моделью Рауза ниже порога зацеплений  $M_e$ , либо рептационной моделью при  $M > M_e$  ( $M_e$  – молекулярная масса между зацеплениями).

Эксперименты показали, что образцы с  $M < 500$  не имеют раузовской динамики, в то время как образцы с  $M > 500$  обнаруживают в релаксационных спектрах наличие дополнительной (полимерной) динамики на частотах, меньших частоты сегментальной релаксации.

Из теоретического анализа следует, что в диапазоне масс  $\sim 500$ – $2000$  полимерная динамика осуществляется в раузовском режиме. Выше  $M_R = 2000$  происходит постепенный переход к рептационной динамике. Для выделения вклада раузовской динамики в спектры принципиально важно вычлесть основной вклад, даваемый сегментальной релаксацией. Последний определялся по спектрам образцов с малыми молекулярными весами,  $M < M_R$ .

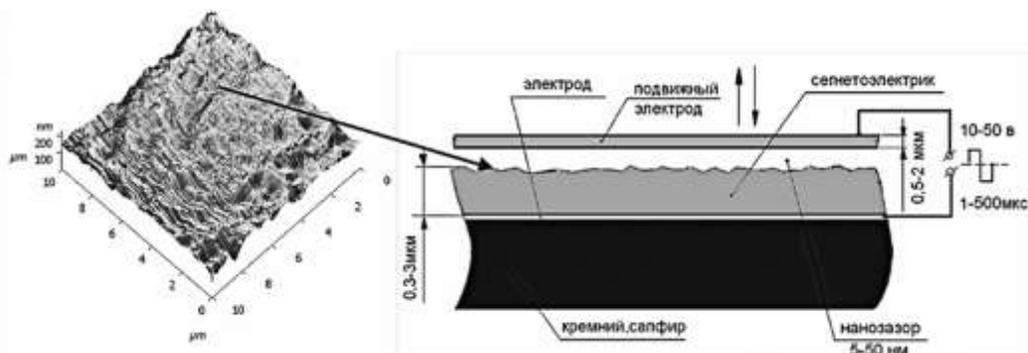
*(Лаборатория спектроскопии конденсированных сред.)*

### Публикации:

1. Kariyo S., Brodin A., Gainaru C., Herrmann A., Hintermeyer J., Schick H., Novikov V.N., Rössler E.A. From simple liquid to polymer melt: Glassy and polymer dynamics studied by fast field cycling NMR relaxometry: Rouse regime // *Macromolecules*, 2008, vol. 41. P. 5322–5332.
2. Kariyo S., Brodin A., Gainaru C., Herrmann A., Schick H., Novikov V.N., and Rössler E.A. From simple liquid to polymer melt: Glassy and polymer dynamics studied by fast field cycling NMR relaxometry: Low and high molecular weight limit // Там же. P. 5313–5321.

*4. Исследование электрофизических процессов в нанометровом зазоре сегнетоэлектрик – подвижный электрод (ответственный исполнитель д.ф.м.н. Косцов Э.Г.)*

Объектом электрофизических исследований служили принципиально новые элементы нано- микроэлектроники – тонкопленочные структуры металл–сегнетоэлектрик–подвижный электрод (рис. 2.31), позволяющие за короткое время (микросекунды) создавать электрический контакт к поверхности сегнетоэлектриков и «выключать» его за еще меньшее время.



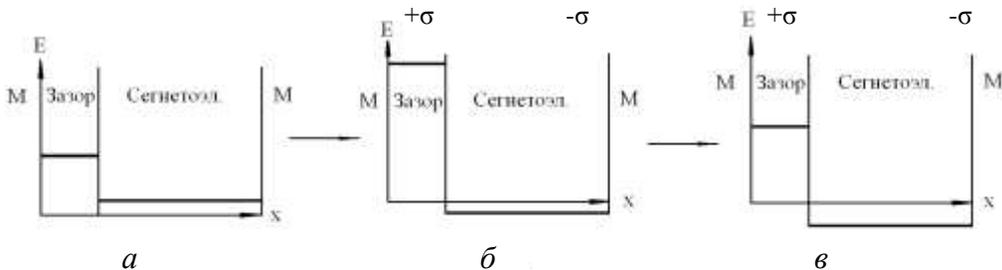
**Рис. 2.31.** Новый элемент нано- микроэлектроники: М- СП- нанозазор–подвижный электрод. Плотность энергии электрического поля в нанозазоре до  $10^8$  Дж/м<sup>3</sup>, удельная плотность энергии 0.3–3 Дж/м<sup>2</sup>, силы притяжения поверхностей  $10^3$ – $10^4$  кг/см<sup>2</sup>, сила сцепления поверхностей на отрыв, сила быстродействующего «электронного клея» (реальный эксперимент) –  $3$ – $5 \times 10^5$  Н/Дж, время включения–выключения контакта – нано- микросекундный диапазон. Эти параметры близки к предельно возможным

Высокое значение диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрической пленки  $\varepsilon$  (более  $1$ – $3 \times 10^3$ ) и соотношения  $\varepsilon/d$  (более  $1$ – $3 \times 10^9$  м<sup>-1</sup>) определяют такое распределение напряженности электрического поля в структуре, при котором основная часть потенциала прикладывается не к сегнетоэлектрической пленке толщиной  $d$ , а к воздушному зазору, разделяющему поверхности сегнетоэлектрика и подвижного электрода. Высокая электрическая прочность сегнетоэлектрической пленки дает возможность приложения к воздушному зазору, несмотря на его микро- нанометровую протяженность, больших напряжений, до 40–100 В и более.

Зазор между поверхностями составлял от сотен нанометров до 1–2 мкм, его величина определялась микронеровностями поверхностей и зависела от амплитуды приложенного напряжения. Установлено, что формирование этого зазора сопровождается протеканием в цепи емкостного тока, обусловленного увеличением емкости структуры при сближении поверхностей и тока проводимости, связанного с движением заряженной металлической пленки в электрическом поле, эти токи максимальны при минимальных зазорах между поверхностями.

При сближении поверхностей под действием электростатических сил до нанометровых зазоров имеет место перераспределение напряженностей поля в каждом слое структуры, и начиная с некоторой величины зазора происходит переключение поляризации в сегнетоэлектрике, поле которой, в свою очередь суммируясь с внешним полем, ускоряет процесс прижатия.

Этот эффект обусловлен увеличением поля в нанозазоре металл–сегнетоэлектрик за счет возникновения на границах сегнетоэлектрика заряда поляризации  $\sigma$  (рис. 2.32), он аналогичен описанному нами ранее эффекту усиления тока инжекции в МОП- и МНОП-структурах [1]. В дальнейшем осуществляется экранировка поляризации накапливаемым в сегнетоэлектрике объемным зарядом.

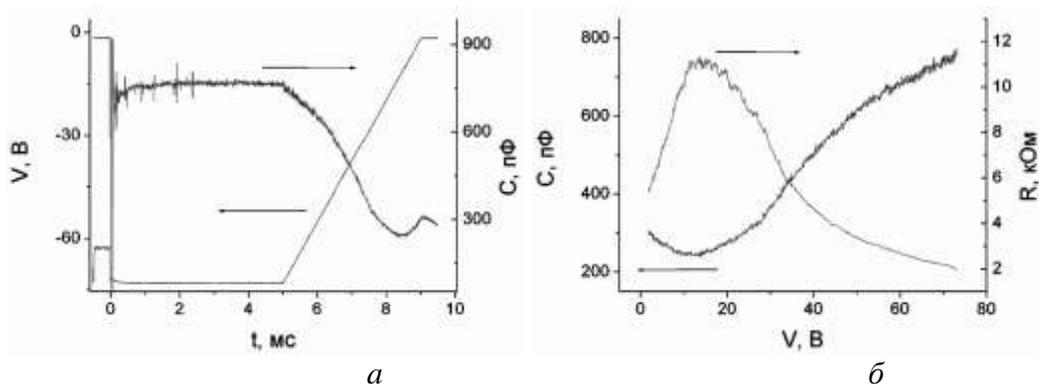


**Рис. 2.32.** Схематическая диаграмма распределения поля в структуре металл–сегнетоэлектрик–зазор–металл (без учета объемного заряда): *а* – напряжение подано, поляризация не сформировалась, *б* – напряжение подано, поляризация сформировалась, *в* – напряжение выключено, поляризация осталась, возникло большое деполаризующее поле

Ранее нами было показано, что разделение поверхностей металлической пленки и сегнетоэлектрика при выключении поля происходит под действием упругих сил, накопленных в пленке металла, натянутой на микронеровности поверхности сегнетоэлектрика при ее электростатическом прижатии.

Для детального изучения влияния объемного заряда, в том числе заряда поляризации, на процессы формирования и разрушения обратимого электрического контакта была разработана методика измерения нестационарных  $C$ - $V$  характеристик [2], аналогичная методике виброконденсатора, причем пластиной, колеблющейся под действием модулирующего напряжения, являлась подвижная металлическая пленка исследуемой структуры. Временное разрешение методики – 1 мкс, чувствительность по емкости – 0.1 пФ.

На заднем фронте импульса напряжения измерялось (на переменном сигнале, 1 мГц) изменение во времени емкости и сопротивления структуры (рис. 2.33, *а*).  $C$ - $V$  кривые имели характерный минимум,  $R$ - $V$  кривые – максимум (рис. 2.33, *б*), по положению которого можно определить внутреннее поле на границе сегнетоэлектрик–зазор;  $E_{in}$ , которое, в свою очередь, равно сумме остаточных полей поляризации  $E_p$  и объемного заряда  $E_{SC}$  (экранирующего поляризации). При определенной величине напряжения  $V=V_T=E_{in}d$  возможно полностью скомпенсировать поле в зазоре, оно равно нулю. В этих условиях емкость структуры минимальна. Установлено, что  $V_T$  противоположно по знаку величине поля поляризации, что указывает на преобладание экранирующего поляризации объемного заряда, при этом величина  $V_T$  достигает значений до 60–70 % от величины поданного напряжения – свидетельство достаточно большой экранировки поляризации.



**Рис. 2.33.** Изменение во времени емкости и сопротивления структуры металл– сегнетоэлектрик–наноазор–подвижный электрод

Установлено, что при окончании импульса напряжения и последующем быстром разделении поверхностей поляризация в пленке сегнетоэлектрика распадается за время менее 10 мкс – за счет больших деполяризующих полей в зазоре металл-сегнетоэлектрик, а экранирующий (инжектируемый, накопленный) заряд распадается за время порядка 1 мс.

*(Лаборатория тонкопленочных сегнетоэлектрических структур.)*

#### **Публикации:**

1. Baginsky I.L., Erkov V.G., Kostsov E.G., Likhachev A.A. Injection amplification effect in the metal–ferroelectric–insulator–semiconductors thin–film structure // *Thin Solid Films*, 1991, vol. 202. P.191–203.
2. Baginsky I.L., Kostsov E.G., Sobolev V.S. High energy microelectromechanical oscillator based on the electrostatic microactuator // *Proc. of SPIE*, 2008, vol. 7025. P. 70251E-1–70251E-8.

**Проект 2.3.2.5. Исследование новых физических эффектов в лазерной нелинейной оптике и спектроскопии атомно-молекулярных, волоконных и нанокompозитных сред. № гос. рег. 01.2.007 04680**

Исполнители проекта:

**Лаборатория физики лазеров** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Плеханов А.И.).

**Лаборатория нелинейной спектроскопии газов** (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН Шалагин А.М.).

**Лаборатория фотоники** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.).

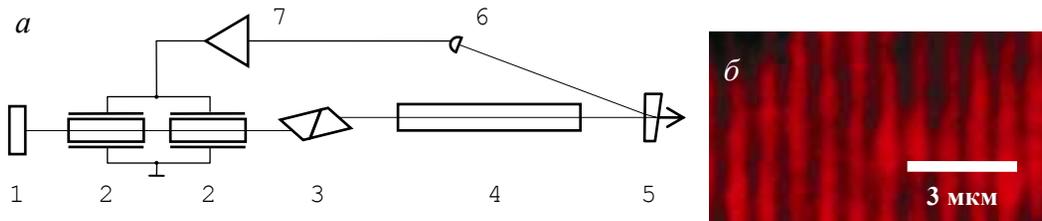
**Лаборатория волоконной оптики** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Бабин С.А.).

Научный руководитель чл.-корр. РАН Шалагин А.М.

*1: 1.1. Разработка рубинового лазера с нелинейной активной обратной связью в гибридном режиме с целью реализации голографической записи в*

новых фотополимерных материалах импульсами излучения различной длительности (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов).

Разработан рубиновый лазер с нелинейной активной отрицательной обратной связью (рис. 2.34, а), что позволило получить сглаженный импульс генерации длительностью  $\approx 250$  мкс, энергией  $\approx 10$  мДж и обеспечить интерференционную картину с видностью  $0.37 \pm 0.05$  (рис. 2.34, б) в схеме двухлучевого интерферометра, предназначенного для записи элементарных голограмм в фотополимерных материалах.



**Рис. 2.34.** Оптическая схема резонатора лазера с модуляторами (а) и интерференционная картина его излучения (б): 1, 5 – плотное и выходное зеркала, 2 – модуляторы; 3 – поляризатор; 4 – активный элемент; 6 – фотодатчик; 7 – усилитель

(Тематическая группа твердотельных лазеров.)

1.2. *Исследование поглощения света наночастицей и рядом расположенным резонансным атомом с вырожденными энергетическими уровнями резонансного перехода в рамках квазиклассического описания оператора дипольного момента (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов).*

В рамках квазиклассического описания оператора дипольного момента исследовано поглощение света наночастицей и рядом расположенным резонансным атомом с вырожденными энергетическими уровнями резонансного перехода. Установлено, что спектральная зависимость полного каскадного поглощения света не описывается контуром Лоренца, а представляет более сложную функцию частоты света, зависящую от его поляризации.

(Лаборатория физики лазеров.)

### Публикации:

1. Nikolaev G.N. Cooperative resonance fluorescence of degenerate two-level atoms surrounding nanoparticle // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 144.

1.3. *Исследование температурной зависимости однородной ширины пика экситонного поглощения молекулярных J-агрегатов с целью сравнения с теоретической моделью взаимодействия слабо локализованных экситонов*

*с фононами матрицы (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов).*

Измерения теплового уширения экситонного пика поглощения молекулярных *J*-агрегатов в широкой области температур от 80 до 293 К и сравнение результатов с теоретической моделью, учитывающей величину экситон-фононной связи, показывают, что *J*-агрегаты органических красителей представляют систему, близкую к одномерной цепочке со слабой экситон-фононной связью. При этом эффективная однородная ширина линии пика экситонного поглощения степенным образом зависит от температуры, а доминантным механизмом дефазировки экситонных состояний является однофононное рассеяние экситонов на колебаниях матрицы.

*(Лаборатория физики лазеров.)*

### **Публикации:**

1. Шелковников В.В., Плеханов А.И., Орлова Н.А. Нанометровые пленки полиметиновых красителей в оптической памяти и нелинейной оптике // Российские нанотехнологии, 2008, т. 3. № 9–10. С. 8–29.
2. Плеханов А.И., Шелковников В.В. Оптические постоянные нанометровых пленок *J*-агрегатов органических красителей, измеренные методами спектральной эллисометрии и поляризационной рефлектометрии // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 104, № 4. С. 606–613.
3. Shelkovnikov V.V., Plekhanov A.I. Optical and nonlinear optical properties of *J*-aggregates pseudoisocyanine in thin solid films with inhomogeneous broadening of absorption band // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 223–224.

*1.4. Исследование особенностей люминесценции красителей в фотонно-кристаллических пленках и суперрешетках (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов).*

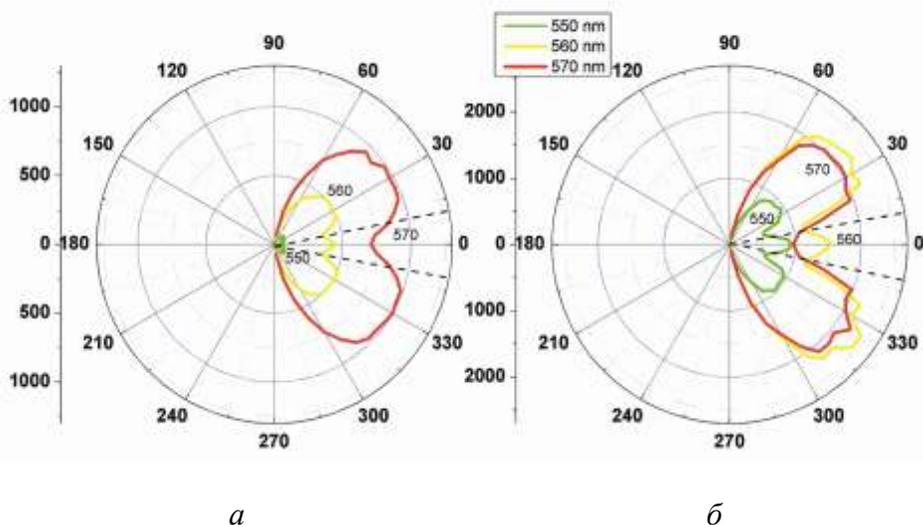
Установлено, что спектральные особенности люминесценции красителя в монокристаллической пленке опала, наблюдаемые под различными углами, коррелируют в пределах погрешности с измеренными спектрами пропускания пленок и расчетом брэгговской дифракции на кристаллографических плоскостях (рис. 2.35, *a*). В случае суперрешеток на основе монокристаллических пленок опала возникает резонансное усиление люминесценции, если фотонно запрещенная зона внешних слоев пленок перекрывается с областью люминесценции красителя (рис. 2.35, *b*).

*(Лаборатория физики лазеров.)*

### **Публикации:**

1. Бакиров А.М., Кучьянов А.С., Плеханов А.И. Лазерная генерация в искусственных опалах, пленках и гетероструктурах опала // Вестник СПбО АИН, 2008, № 5. С. 17–26.
2. Бакиров А.М., Кучьянов А.С., Плеханов А.И. Лазерная генерация в искусственных опалах, пленках и гетероструктурах опала // Труды конференции «Лазеры, измерения, информация» (Санкт-Петербург, Россия, 3–5 июня, 2008). Под ред. проф. В.Е. Привалова. С. 55.

3. Bakirov A.M., Kuchyanov A.S., Plekhanov A.I. Lasing from dye-doped opal photonic crystal, single-crystal opal film and heterostructures // The V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, Russia, August 24–30, 2008). Technical Digest. P. 221–222.



**Рис. 2.35.** Угловая зависимость интенсивности люминесценции родамина 6G в монокристаллической пленке (а) и гетероструктуре (б) опала для трех длин волн: 550 нм, 560 нм, 570 нм. Пунктирными линиями показаны положения минимумов для 560 нм, ожидаемые теоретически

*1.5. Исследование нелинейно-оптических свойств J-агрегатов в периодической среде (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов).*

Построены модели периодической среды с инфильтрованными J-агрегатами красителей, в которых впервые комплексно учитываются резонансные взаимодействия света с энергетическим переходом в области J-пика, движение атомов в молекулярной цепи при возбуждении, изменение постоянного дипольного момента и дипольного момента перехода [1–3]. Учтено взаимодействие с прямой и обратной волнами, а также нелинейные эффекты, связанные с переносом экситона вдоль молекулярной цепи, бриллюэновское рассеяние света и смещение частоты перехода из-за деформации молекул. Показано, что по сравнению со случаем однокомпонентного поля поляритон-фононное взаимодействие в такой системе приводит к качественно новым условиям возникновения локализованных экситонных состояний и к формированию оптической бистабильности для интенсивностей полей на порядок меньших, по сравнению со случаем однородной среды [2]. В результате численного и теоретического анализа обнаружено, что оптические процессы в периодической среде, содержащей J-агрегаты красителей, характеризуются усилением нелинейно-оптических свойств среды для частот, лежащих внутри и вблизи запрещенной зоны. Показано, что в такой среде возникают новые условия формирования бистабильности, требующие значительно меньших плотностей агрегатов и бо-

лее чем на порядок меньших интенсивностей светового поля по сравнению с однородной средой [3]. Изучено формирование световых импульсов поляризации, просветляющих запрещенную зону в периодической среде, при резонансном взаимодействии с двухфотонным резонансным переходом красителя [4].

*(Тематическая группа нелинейной оптики.)*

### **Публикации:**

1. Заболотский А.А. Бистабильность при взаимодействии трехкомпонентного светового поля с тонкой молекулярной пленкой // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 104, № 5. С. 822–828.
2. Заболотский А.А. Самолокализация экситонов и нелинейно-оптические свойства J-агрегатов в тонкой периодической среде // ЖЭТФ, 2008, т.133, № 2. С. 466–476.
3. Заболотский А.А. Молекулы с постоянным дипольным моментом в периодической среде с квадратичной нелинейностью // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 105, № 6. С. 947–953.
4. Zabolotskii A.A. Resonant interaction of coupled polarization waves with a degenerate resonant two-photon transition // Phys. Rev. A, 2008, vol. 78. P. 063813 (6 pages).

*1.6. Построение теории эволюции фемтосекундных световых импульсов (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов).*

Найдена интегрируемая модель общего положения, описывающая взаимодействие двухкомпонентного электромагнитного поля с двухуровневой средой с учетом анизотропии дипольного момента перехода и постоянного момента среды. Построенный аппарат метода обратной задачи, основанный на решении задачи Римана–Гильберта, применен для нахождения решения в трех частных случаях модели: для нулевого постоянного дипольного момента [1]; для частного случая анизотропной среды, приводящего к задаче Каупа–Ньювелла [2]; для изотропной среды с ненулевым постоянным дипольным моментом, ассоциированного с новой спектральной проблемой [3].

*(Тематическая группа нелинейной оптики.)*

### **Публикации:**

1. Zabolotskii A.A. Reduced Maxwell–Bloch equations with anisotropic dipole momentum // Physica D, 2008, vol. 237. P. 540–550.
2. Zabolotskii A.A. Evolution of the unidirectional electromagnetic pulses in an anisotropic two-level medium // Physical Review E, 2008, vol. 77. P. 036603 (8pages).
3. Заболотский А.А. Однонаправленные двухкомпонентные оптические импульсы в изотропной двухуровневой среде с постоянным дипольным моментом // ЖЭТФ, 2008, т. 133, № 5. С. 970–983.

*2: 2.1. Развитие теории магнитооптических резонансов на случай промежуточных давлений буферного газа в оптической ячейке (давления, при которых атом, пролетающий сквозь лазерный пучок, испытывает небольшое число соударений с буферным газом) (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН А.М. Шалагин).*

Проведено исследование влияния остаточного буферного газа в вакуумной оптической ячейке на форму магнитооптического резонанса в щелочных металлах, в частности Cs. Оказалось, что присутствие атомов буферного газа небольшого давления  $p < 0.1$  Торр усиливает контрасты некоторых резонансов более чем на порядок по сравнению с теоретическими предсказаниями. Причина состоит в том, что резонансный атом, пролетев сквозь лазерный пучок и приобретя анизотропию по направлению углового момента, а также испытав оптическую накачку, имеет возможность вернуться в пучок без термализующего столкновения со стенкой ячейки, сохранив приобретенную анизотропию по угловому моменту. Численные расчеты показывают, что такой поляризованный атом, повторно пролетая сквозь лазерный пучок, испытывает меньшую оптическую накачку и, значит, дает повышенный вклад во флуоресценцию. Однако если имеется магнитное поле с ориентацией, разрушающей анизотропию атома во время его диффузионного блуждания вне лазерного пучка, то оптическая накачка усиливается, а флуоресценция уменьшается. Численное моделирование демонстрирует, что этот механизм объясняет высокие амплитуды резонансов, наблюдавшихся в эксперименте. Расчеты проводились в предположении, что внутри лазерного пучка атом пролетает без столкновений. Однако если столкновения внутри пучка имеют место, то это также способно серьезно видоизменить форму спектра. Разработана вычислительная программа, учитывающая такие столкновения внутри пучка (несколько столкновений). К сожалению, не удалось найти приближения, упрощающего такое рассмотрение. Поэтому в программе используется метод Монте-Карло для моделирования случайного изменения скорости частиц при столкновениях. При этом существенно возросло время численного решения, что не позволяет проводить полноценное исследование влияния данного диапазона давлений. Выход видится в применении методов распараллеливания на суперкомпьютерах.

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов.)*

## **Публикации:**

1. Biancalana V., Cartaleva S., Dancheva Y., Mariotti E., Moi L., Nasyrov K., Petrov N., Slavov D. Light polarization influence on the electromagneticall induced absorption resonances in cesium // XV International School on Quantum Electronics: "Laser Physics and Applications" (Burgas, Bulgaria, September 15–20, 2008). Abstracts. P. 36.

*2.2. Создание установки для получения бозе-эйнштейновского конденсата рубидия. Исследование нелинейно-оптических резонансов, индуцированных эффектом отдачи для целей «термометрии» холодных атомов (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН А.М. Шалагин).*

Для реализации бозе-эйнштейновской конденсации атомов рубидия выполнены следующие работы. Создана новая магнитооптическая ловушка для атомов рубидия. В ней используется на порядок большая мощность лазерного излучения (~1 Вт) и на несколько порядков более высокий вакуум

( $\sim 10^{-12}$  Тор), чем в предыдущей ловушке. Создана магнитная ловушка для атомов рубидия. Градиент квадрупольного магнитного поля по оси симметрии системы достигает 200 Гс/см. Статус установки в настоящее время такой: магнитооптическая ловушка захватывает примерно  $3 \times 10^9$  атомов, из которых более 1/3 атомов удается перенести в магнитную ловушку. Далее магнитная ловушка перевозит атомы в другую часть установки, где реализован сверхвысокий вакуум. В этой зоне время жизни атомов в магнитной ловушке составляет 3–5 мин.

Реализована компьютерная регистрация линейных и нелинейно-оптических резонансов, индуцированных эффектом отдачи, в холодных атомах рубидия. Для этого создана система компьютерного контроля всей установки, которая использует параллельную 16-разрядную шину данных, 8-разрядную шину адресации устройств, программируется в среде LabView и работает в настоящее время на частоте 500 кГц.

Совместно с ИФП СО РАН зарегистрированы ридберговские атомы в магнитооптической ловушке. Выполнены первые эксперименты по микроволновой спектроскопии холодных ридберговских атомов.

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов.)*

### **Публикации:**

1. Пермякова О.И., Яковлев А.В., Чаповский П.Л. Измерение времени жизни атомов рубидия в темной магнитооптической ловушке // Квантовая электроника, 2008, т. 38, № 9. С. 884–888.
2. Chapovsky P.L. Velocity distribution of cold rubidium atoms in a dark magneto-optical trap // The V International symposium Modern Problems of Laser Physics (Novosibirsk, Russia, August 24–30, 2008). Technical Digest. P. 155–156.
3. Ryabtsev I.I., Tretyakov D.B., Beterov I.I., Entin V.M., Yudin V.I., Taichenachev A.V., and Chapovsky P.L. Resonant dipole-dipole interaction and detection statistics of a few Rydberg atoms // Proceedings of the V International Symposium Modern Problems of Laser Physics MPLP–2008 (Novosibirsk, Russia, 24–30 August, 2008) (in press).
4. Чаповский П.Л. Линейная и нелинейная спектроскопия атомов рубидия в темной магнитооптической ловушке // Глава в монографии «Оптическая спектроскопия и стандарты частоты» под ред. Е.А. Виноградова и Л.Н. Синицы, 29 с. (в печати).
5. Третьяков Д.Б., Бетеров И.И., Энтин В.М., Рябцев И.И., Чаповский П.Л. Исследование холодных ридберговских атомов рубидия в магнитооптической ловушке // ЖЭТФ, 2009, т. 135, № 2 (в печати).  
Электронный препринт: <http://xxx.lanl.gov/abs/0810.5427>

### *2.3. Исследование спектра спонтанного испускания при действии сильного поля на смежном переходе (ответственный исполнитель член-корр. РАН А.М. Шалагин).*

Теоретически исследовано влияние эффектов фазовой памяти при столкновениях на спектр резонансного комбинационного рассеяния излучения трехуровневыми атомами с  $A$ -конфигурацией уровней. Анализ проведен для систем с малым доплеровским уширением по сравнению с частотой столкновений (большие давления буферного газа) и для общего случая произвольного изменения (от полного сбоя до полного сохранения) фазовой памяти на любом из трех переходов в  $A$ -системе. Показано, что в слу-

чае отсутствия столкновительной релаксации низкочастотной когерентности на переходе между двумя нижними уровнями  $L$ -системы в спектре рассеянного излучения присутствует узкая спектральная компонента на комбинационной частоте, которая, несмотря на однородный характер уширения линии поглощения, обладает ярко выраженной анизотропией. В направлении, близком к направлению распространения возбуждающего излучения, эта линия максимально сужается. Характерно, что в условиях оптической накачки на уровень, не затронутый сильным полем, спектр резонансного комбинационного рассеяния существенно отличается от спектра работы пробного поля. Предложена простая формула для расчета степени сохранения фазовой памяти при столкновениях по относительной амплитуде резонанса комбинационного рассеяния.

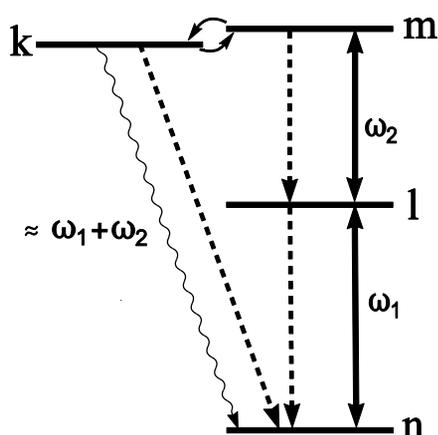
*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов.)*

### **Публикации:**

1. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Влияние эффектов фазовой памяти при столкновениях на спектр резонансного комбинационного рассеяния // Квантовая электроника (в печати).

*2.4. Индуцированное столкновениями усиление коротковолнового излучения на переходах в основное состояние атомов (ответственный исполнитель член-корр. РАН А.М. Шалагин).*

Теоретически исследован новый вариант получения коротковолновой лазерной генерации на переходе между высоковозбужденным и основным состояниями активных атомов за счет специфического влияния столкновительных процессов. Для реализации предлагаемого механизма генерации необходимо, чтобы активные атомы находились в атмосфере буферного газа и двухступенчато (двухфотонно) возбуждались интенсивным лазерным излучением на высокорасположенный уровень энергии  $m$ , вблизи которого ниже (в пределах тепловой энергии  $k_B T$ ) должен находиться уровень  $k$ , не возмущенный внешним полем и радиационно связанный с основным состоянием  $n$  (рис. 2.36). При больших давлениях буферного газа между высоковозбужденными уровнями  $m$ ,  $k$  устанавливается локальное больцмановское распределение населенностей, поэтому населенность нижнего уровня  $k$  превышает населенность комбинирующего (затронутого излучением) уровня  $m$  на больцмановский фактор. Если интенсивность излучения накачки достаточно высока, чтобы обеспечить выравнивание населенностей основного  $n$  и высоковозбужденного  $m$  комбинирующих уровней, то возникает инверсия населенностей на переходе  $k-n$  с более низкого высоковозбужденного уровня  $k$  в основное состояние  $n$ . Как следствие, возможна лазерная генерация на этом переходе. Если возбуждение высоколежащего уровня осуществляется двумя источниками лазерного излучения с частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , то можно получить коротковолновую генерацию на частоте, близкой к суммарной  $\omega_1 + \omega_2$ .



**Рис. 2.36.** Схема уровней и переходов. Сплошными стрелками обозначены переходы под действием излучения, штриховыми – спонтанные радиационные переходы, изогнутыми – столкновительные переходы. Усиление осуществляется на переходе  $k$ – $n$  в основное состояние  $n$

Проведен анализ условия возникновения инверсии населенностей, и получены простые аналитические формулы. Показано, что индуцированное столкновениями усиление коротковолнового излучения может возникать при интенсивностях накачки порядка  $100 \text{ Вт/см}^2$ . При интенсивностях накачки порядка  $1000 \text{ Вт/см}^2$  коэффициент усиления коротковолнового излучения может достигать значения  $3 \text{ см}^{-1}$  (при концентрации активных атомов  $N \sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ), что при длине активной среды порядка  $10 \text{ см}$  достаточно для развития генерации за один проход через активную среду (режим сверхсветимости).

Объектами, перспективными для получения столкновительного усиления коротковолнового излучения на переходе в основное состояние, являются атомы лития. Для двухступенчатого возбуждения атомов лития требуются 2 источника лазерного излучения с длинами волн  $\lambda_1 = 6708 \text{ \AA}$  и  $\lambda_2 = 6104 \text{ \AA}$ . Расчеты показали, что при температуре  $T = 1100 \text{ К}$  и давлении буферного газа  $1 \text{ атм}$  (в качестве буферного можно взять благородный газ) при интенсивностях накачки  $I_1=I_2 > 150 \text{ Вт/см}^2$  возникает усиление коротковолнового излучения с длиной волны  $\lambda = 3233 \text{ \AA}$ . Коэффициент усиления достигает значения  $g = 10 \text{ см}^{-1}$  при интенсивностях накачки  $I_1=I_2 \sim 2000 \text{ Вт/см}^2$ .

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов.)*

### Публикации:

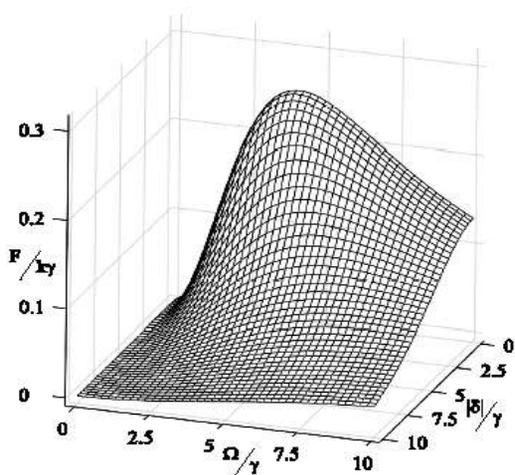
1. Пархоменко А.И., Усольцев А.Н., Шалагин А.М. Индуцированное столкновениями усиление коротковолнового излучения на переходах в основное состояние атомов // ЖЭТФ, 2008, т. 134, № 2. С. 211–220.

2.5. Вывод и анализ квантового кинетического уравнения, описывающего эволюцию и пространственное движение частиц в ансамбле медленных  $\lambda$ -атомов в режиме когерентного пленения населенностей (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН А.М. Шалагин).

Выведено и проанализировано квантовое кинетическое уравнение, описывающее эволюцию и пространственное движение медленного резонансно-флуоресцирующего атома. Показано, что если значительная доля

излучения подвергается спектральной фильтрации, кинетика атома претерпевает существенное изменение. Воздействие факта спектральных наблюдений на поведение атома продемонстрировано на двух примерах: на процессе локализации атома при его пролете поперек области, занятой стоячей световой волной, и на поступательной динамике атома при его движении вдоль стоячей световой волны. В первом случае рассчитаны вероятности локализации при отсутствии спонтанных испусканий и при одном фотоиспускании. Для одного фотоиспускания рассчитано также возникающее распределение по импульсу атома, чувствительное к факту спектральной фильтрации. Во втором примере спектральная фильтрация спонтанного излучения приводит к появлению аномальной добавки к силе, действующей на атом в поле стоячей волны [1].

В развитие предложенного подхода в рамках одномерной модели движения медленного резонансно-флуоресцирующего атома рассмотрено воздействие на его динамику специфической анизотропии окружения – спонтанные фотоны, испущенные в разных направлениях, в разной мере подвержены спектральной селекции при своем поглощении. Следствием такой анизотропии оказывается анизотропия частоты фотоиспусканий, что проявляется в виде ненулевой результирующей силы отдачи, действующей на атом. В оптимальных условиях эффект может достигать четверти импульса отдачи за одно фотоиспускание. На рис. 2.37 представлена зависимость возникающей силы от расстройки  $\delta$  и частоты Раби  $\Omega$  (в единицах скорости спонтанного распада  $\gamma$ ). При этом сила направлена в сторону меньшей спектральной селективности [2].



**Рис. 2.37.** Зависимость силы от расстройки  $\delta$  и частоты Раби  $\Omega$

Для модельного квантового состояния, построенного из синглетных фермионных пар, рассмотрено явление пространственной корреляции событий рекомбинации (такое состояние может в принципе возникнуть при фотодиссоциации молекулярного конденсата  $\lambda$ -атомов, демонстрирующего когерентное пленение на переходе «молекула–пара атомов»). Обнаружена конкуренция фактора ферми-статистики, приводящей к антигруппировке

рекомбинаций, и феномена переброса зацепленности, порождающего тенденцию группировки событий [3].

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов.)*

### **Публикации:**

1. Ильичёв Л.В. Локализация и кинетика атома при спектральной фильтрации его резонансной флуоресценции // ЖЭТФ, 2008, т. 133, № 2. С. 279–292.
2. Ильичёв Л.В. Движение атома при анизотропной фильтрации его резонансной флуоресценции // Письма в ЖЭТФ, 2008, т. 88, № 9. С. 664–667.
3. Анищик С.В., Ильичёв Л.В. Пространственная группировка и антигруппировка рекомбинаций в фермионной среде с парными квантовыми корреляциями // Письма в ЖЭТФ, 2008, т. 87, № 1. С. 51–55.

*2.6. Исследование свойств электромагнитных волн в трехмерно неоднородных средах, в средах с отрицательными проницаемостями, а также нового вида оптической нелинейности в средах с нанонагрегатами, связанного со светоиндуцированным движением наночастиц в агрегатах (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН А.М. Шалагин).*

В рамках лучевого подхода, на базе принципа локальности найдены амплитудные коэффициенты объемного френелевого отражения, сформулированы уравнения геометрической оптики с учетом дифракционных и френелевых эффектов. Показано, что условия существования объемного и поверхностного явлений Брюстера отличаются. Определены отступления от закона Рытова вращения эллипса поляризации в неоднородных средах, обусловленные волновыми эффектами.

Проведенный анализ резонансных условий при прохождении неоднородных волн через эталон Фабри–Перо показал, что его применение не дает существенных преимуществ в проблеме разрешающей силы оптических приборов.

Применительно к средам с отрицательными проницаемостями проведено детализированное обсуждение соображений Л.И. Мандельштама о роли знака групповой скорости в проблеме отражения от границы раздела двух сред. Показана некорректность постановки этой задачи в случае отражения от периодически неоднородной среды.

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов и лаборатория физики лазеров.)*

### **Публикации:**

1. Раутиан С.Г. Физическая оптика фотонных кристаллов // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 104, № 1. С. 122–130.
2. Раутиан С.Г. Объемное френелево отражение электромагнитных волн в трехмерно неоднородных средах // ЖЭТФ, 2008, т. 133, № 3. С. 513–521.
3. Казаков В.Г., Раутиан С.Г., Яценко А.С. Компьютерное представление характеристик электронных оболочек атомов // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 106, № 1. С. 53–58.
4. Раутиан С.Г. Волновые отступления от закона Рытова вращения эллипса поляризации // Там же, т. 105, № 1. С. 95–102.

5. Раутиан С.Г. О некоторых свойствах эталона Фабри–Перо с отрицательными проницаемостями среды // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 105, № 1. С. 103–113.
6. Раутиан С.Г. Об отражении и преломлении на границе сред с отрицательной групповой скоростью // Успехи физических наук, 2008, т. 178, № 10. С. 1017–1024.
7. Раутиан С.Г. Введение в физическую оптику // Москва. Изд. УРСС (в печати).
8. Perminov S.V., Drachev V.P., Rautian S.G. Nonlinear optical sensing of the metal nanoparticles motion in aggregates // The V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics", MPLP2008 (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Technical Digest. P. 217–218.

*2.7. Исследование структуры нелинейного резонанса в лазерной спектроскопии встречных волн при учете насыщения среды пробной волной и эффекта самонасыщения (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов).*

Численным решением задачи для перехода с угловыми моментами  $J=2 - J=2$  при ортогональных линейных поляризациях волн обнаружено необычное разительное просветление крыльев линии поглощения с ростом интенсивности пробной волны. Вследствие этого уже при небольших интенсивностях пробного поля нелинейный резонанс из провала в линии поглощения преобразуется в пик. Предполагается, что эффект обусловлен переносом населенности индуцированными сильной волной двухквантовыми переходами с  $\Delta M=2$  между зеемановскими подуровнями, взаимодействующими и невзаимодействующими с насыщающим пробным полем.

Действие эффекта самонасыщения на форму нелинейного резонанса зависит от характеристик перехода. При определенных условиях рост самонасыщения может приводить как к росту контраста инвертированного резонанса, так и к его нивелированию с последующим однородным проседанием линии поглощения.

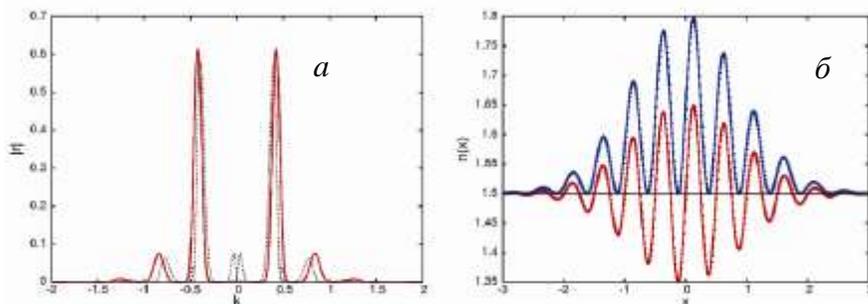
*(Лаборатория физики лазеров.)*

## **Публикации:**

1. Раутиан С.Г., Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Эффекты насыщения и самонасыщения в поле интенсивных лазерных волн: переход  $J=1 - J=1$  // Там же, т. 104, № 4. С. 630–639.
2. Rautian S.G., Saprykin E.G., Chernenko A.A. Inversion of Nonlinear Resonances on Transitions between Excited Levels of Atoms // Известия ВУЗов, 2008, серия Физика 51, №10/2. С. 126–135.
3. Rautian S.G., Saprykin E.G., Chernenko A.A. Effects of coherence of degenerate states in a nonlinear spectroscopy of counter propagating waves // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 109–110.
4. Rautian S.G., Saprykin E.G., Chernenko A.A. Self-saturation of transitions with  $\Delta J=0$  in a spectroscopy of counter propagating waves // Там же. P. 111–112.
5. Раутиан С.Г., Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Об инвертировании нелинейных резонансов в методе встречных волн на переходе  $1s5-2p8$  неона // Тезисы лекций и докладов XI Международной школы-семинара по люминесценции и лазерной физике (Иркутск, Россия, 27–31 октября 2008) С. 96–97.

### 3. Оптимизация профиля волоконных брэгговских решеток для оптических фильтров (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Д.А. Шапиро).

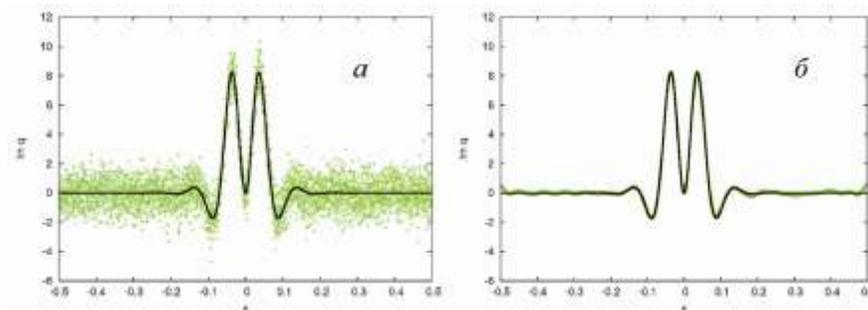
Предложен новый метод решения обратной задачи рассеяния для одномерного уравнения Гельмгольца, имеющий более высокие эффективность и точность по сравнению с известными. Метод открывает возможность синтеза брэгговских решеток с глубокой и несинусоидальной модуляцией и дает однозначный профиль решетки с ненулевым средним (рис. 2.38). Он пригоден также для решения ряда обратных задач геофизики, акустики, радиофизики.



**Рис. 2.38.** Спектр отражения (а): сплошная линия – нулевое среднее, пунктир – ненулевое среднее. Профиль брэгговской решетки с глубокой модуляцией показателя преломления (б) с нулевым (снизу) и ненулевым (сверху) средним: теоретическая зависимость (сплошная линия) и профиль, восстановленный численно при  $N=2^{13}$  (точки)

С ростом уровня шума исходных данных профиль брэгговской решетки, восстановленный с помощью решения обратной задачи рассеяния, становится зашумленным. Предложено применить винеровскую фильтрацию комплексного спектра отражения перед решением обратной задачи.

Показано, что процедура подавляет шумы решения. На рис. 2.39 видно, как уменьшается шум после сглаживания в численном примере. В профиле остаются только пространственные частоты, сравнимые с частотой самого профиля.



**Рис. 2.39.** Профиль, восстановленный из зашумленных данных (кресты), и точный профиль (линия) без фильтра (а) и после винеровского фильтра (б)

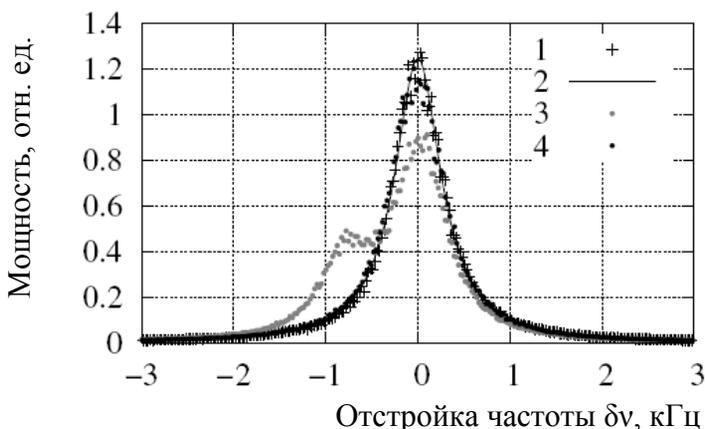
## Публикации:

1. Белай О. В., Фрумин Л. Л., Подивилов Е.В., Шапиро Д.А. Устойчивость численного восстановления волоконных брэгговских решеток // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 105, № 1. С.114–121.
2. Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A. Inverse scattering for the one-dimensional Helmholtz equation: fast numerical method // Opt. Lett., 2008, vol. 33, № 18. P. 2101–2103.

(Лаборатория фотоники, тематическая группа нелинейной оптики.)

4. Реализация брэгговских решеток со сдвигом фазы и перестройкой частоты, исследование возможностей управления спектром, создание на этой основе одночастотных и перестраиваемых волоконных лазеров в ИК-диапазоне, исследование режимов удвоения частоты волоконных лазеров и получение перестраиваемой генерации в видимом диапазоне спектра. Исследование возможностей применения созданных волоконных лазеров и компонент для телекоммуникационных и сенсорных систем, включая сверхдлинные (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. С.А. Бабин).

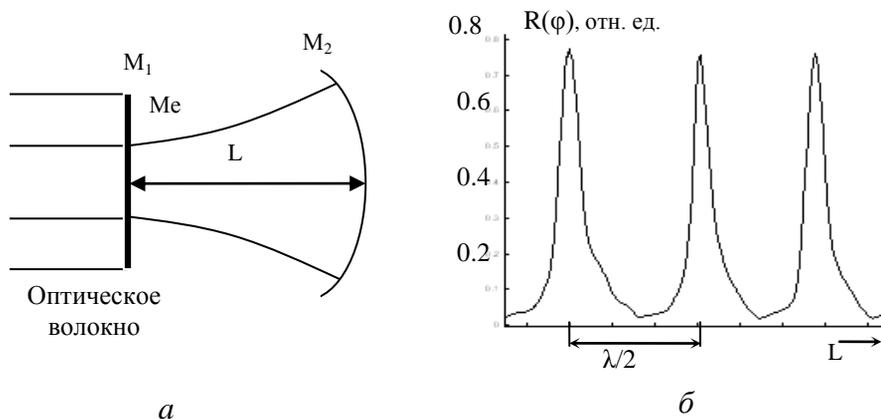
На основе волоконных брэгговских решеток (ВБР) со сдвигом фазы, записанных в активном волокне, создан одночастотный волоконный лазер с распределенной обратной связью (РОС) мощностью  $\sim 10$  мВт, излучающий на длине волны 1093 нм. При использовании волоконно-оптического усилителя выходная мощность увеличена до уровня  $>1$  Вт. Реализована активная стабилизация частоты лазера по реперному интерферометру Фабри–Перо, при этом был измерен спектр остаточных частотных шумов. Ширина линии генерации лазера составила менее 1 кГц (рис. 2.40). Показано, что при имеющемся уровне чувствительности измерительной схемы волоконный усилитель не вносит дополнительных частотных шумов при условии достаточной стабилизации тока, питающего лазерные диоды накачки.



**Рис. 2.40.** Восстановленный спектр генерации РОС-лазера: 1 – профиль линии задающего лазера, 2 – аппроксимация лоренцианом, 3 – спектр источника при включенном усилителе, 4 – спектр при включенном усилителе после цифровой фильтрации сетевых гармоник 100, 200 и 300 Гц

Реализовано внутривибронаторное удвоение частоты перестраиваемого волоконного иттербиевого лазера. При использовании нелинейного кристалла КТР с векторным типом синхронизма в специальной геометрии получена перестройка длины волны зеленого излучения в диапазоне 540–560 нм [1–3].

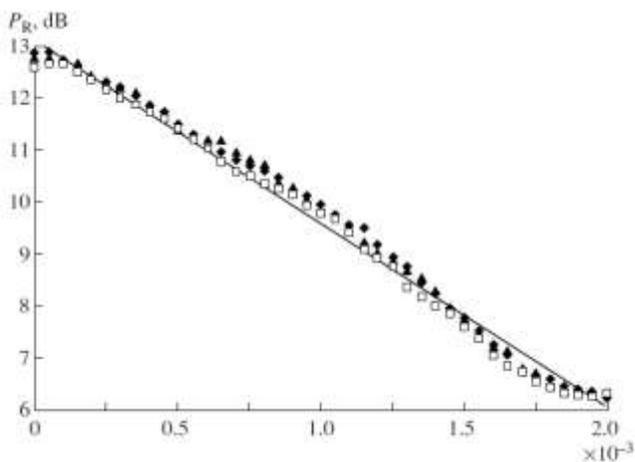
Для селекции и перестройки частоты волоконного лазера впервые применен двухзеркальный многолучевой отражательный интерферометр (ОИ) с «необращенной» аппаратной функцией в отражении. На первом этапе реализован наиболее простой вариант ОИ – на основе тонкой металлической пленки Троицкого Ме, нанесенной на торец волокна (рис. 2.41, а). Перестройка длины волны лазера осуществлялась при изменении расстояния  $L$  между зеркалами интерферометра  $M_1$  и  $M_2$ , который имел аппаратную функцию в отражении, показанную на рис. 2.41, б. В предварительных экспериментах диапазон перестройки составил 20 ГГц [4, 5].



**Рис. 2.41.** а – схема двухзеркального отражательного интерферометра (ОИ) с открытым резонатором и передним зеркалом на торце волокна, б – коэффициент отражения экспериментального ОИ на основе металлической пленки

Проведено сравнение различных методов мультиплексирования датчиков на основе волоконных брэгговских решеток. Применение метода спектрального мультиплексирования и перестраиваемого волоконного эрбиевого лазера в качестве источника излучения позволило опрашивать до 45 сенсоров температуры в одном волокне в диапазоне  $100^{\circ}\text{C}$  с точностью не менее  $1^{\circ}\text{C}$  [6]. Показано, что применение метода комбинированного спектрально-временного мультиплексирования и опроса датчиков с помощью стандартного рефлектометра и перестраиваемого фильтра на основе ВБР позволяет увеличить число датчиков до  $>200$ , при этом получена чувствительность к деформации на уровне  $0.5 \times 10^{-4}$  (рис. 2.42) [7–10].

Обнаружены и исследованы новые физические эффекты в длинных волоконных ВКР-лазерах: турбулентное уширение оптического спектра, нелинейная дефазировка мод, влияние распределенного рэлеевского рассеяния от микронеоднородностей показателя преломления в зависимости



**Рис. 2.42.** Зависимость амплитуды отраженного сигнала от величины относительной деформации датчика на основе ВБР

от длины резонатора и мощности генерации. Продемонстрирована лазерная генерация при рекордной длине 165 км. Рассмотрены возможные применения таких «сверхдлинных» волоконных лазеров в оптической связи [11–17].

*(Лаборатория волоконной оптики, тематическая группа нелинейной оптики.)*

### Публикации:

1. Akulov V.A., Babin S.A., Kablukov S.I., Vlasov A.A. Fiber lasers with tunable green output // *Laser Physics*, 2008, vol. 18, № 11. P. 1225–1229.
2. Акулов В.А., Бабин С.А., Власов А.А., Каблуков С.И. Волоконные лазеры с престройкой и удвоением частоты // II Российский семинар по волоконным лазерам (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008). Материалы семинара, 2008. С. 44–45.
3. Kablukov S.I., Akulov V.A., Babin S.A., Vlasov A.A. Tunable Yb-doped fiber lasers operating in IR and green spectra // V Int. Symposium Modern Problems of Laser Physics (MPLP) (Novosibirsk, Russia, August 24–30, 2008). Technical Digest. Novosibirsk: Ofset, 2008. P. 99–100.
4. Babin S.A., Kablukov S.I., Terentiev V.S. Reflective interferometer on the basis of Troitsky thin film for frequency selection in fiber lasers // *Laser Physics*, 2008, vol. 18, № 11. P. 1241–1245.
5. Бабин С.А., Каблуков С.И., Терентьев В.С. Отражательный интерферометр на основе тонкой металлической пленки Троицкого для частотной селекции в волоконных лазерах частоты // II Российский семинар по волоконным лазерам (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008). Материалы семинара, 2008. С. 36–37.
6. Бабин С.А., Власов А.А., Шелемба И.С. Волоконно-оптические сенсоры на основе брэгговских решеток // *Химия высоких энергий*, 2008, т. 42, № 4. С. 35–37.
7. Кульчин Ю., Витрик О., Дышлюк А., Шалагин А., Бабин С., Шелемба И. Спектрально-временное детектирование сигналов ВБР с помощью метода оптической временной рефлектометрии // *Фотоника*, 2008, т. 9, № 3. С. 18–19.
8. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Дышлюк А.В., Шалагин А.М., Бабин С.А., Власов А.А. Рефлектометрический метод детектирования сигналов от датчиков на волоконных брэгговских решетках // *Автометрия*, 2008, т. 44, № 2. С. 113–118.
9. Kulchin Yu.N., Vitrik O.B., Dyshlyuk A.V., Shalagin A.M., Babin S.A., Shelemba I.S., Vlasov A.A. Combined time–wavelength interrogation of fiber-Bragg gratings based on an optical time-domain reflectometry // *Laser Physics*, 2008, vol. 18, № 11. P. 1301–1304.

10. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Дышлюк А.В., Шалагин А.М., Бабин С.А., Шелемба И.С. Комбинированное спектрально-временное детектирование сигналов от волоконных брэгговских решеток с применением метода оптической временной рефлектометрии. частоты // II Российский семинар по волоконным лазерам (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008). Материалы семинара, 2008. С. 93–94.
11. Babin S.A., Podivilov E.V. New physical effects in ultralong Raman fiber lasers // *Laser Physics*, 2008, vol. 18, № 2. P. 122–128.
12. Babin S.A., Churkun D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Turbulence-induced square-root broadening of the Raman fiber laser output spectrum // *Opt. Lett.*, 2008, vol. 33, № 6. P. 633–635.
13. Babin S.A., Karalekas V., Podivilov E.V., Mezentsev V.K., Harper P., Ania-Castañón J.D. and Turitsyn S.K. Turbulent broadening of optical spectra in ultralong Raman fiber lasers // *Phys. Rev. A*, 2008, vol. 77 (3), 033803 (5 pages).
14. Karalekas V., Kablukov S.I., Harper P., Ania-Castañón J.D., Babin S., Turitsyn S.K. 165 km Ultra-long Raman fibre laser in the C-band // 34th European Conference and Exhibition on Optical Communication (Brussels, Belgium, September 21–25, 2008). Proceedings, 2008, vol. 1, paper Mo. 3. B.5. P. 15–16.
15. Babin S.A., Karalekas V., Podivilov E.V., Mezentsev V.K., Harper P., Ania-Castañón J. D. and Turitsyn S.K. Characterization of ultra-long Raman fibre lasers // *Proc. SPIE*, vol. 6873: Fiber Lasers V: Technology, Systems, and Applications, 2008. P. 68731P (9 pages).
16. Babin S.A., Churkin D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Square-root law of turbulence-induced spectral broadening in Raman fiber lasers // *Proc. SPIE*, vol. 6873: Fiber Lasers V: Technology, Systems, and Applications, 2008. P. 68731O–68731O-8.
17. Babin S.A., Churkin D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Turbulent square-root broadening of fiber lasers output spectrum // *Proc. OFC/NFOEC 2008* (San Diego, USA, February 24–28, 2008). P. JWA20 (3 pages).
18. Kurkov A.S., Babin S.A., Kablukov S.I., Lobach I.A. Mechanism of mode coupling in multicore fiber lasers // *Optics Letters*, 2008, vol. 33, № 1. P. 61–63.
19. Бабин С.А., Дмитриев А.К., Дычков А.С., Каблуков С.И., Курков А.С., Луговой А.А., Никулин М.А., Печерский Ю.Я. Волоконный РОС-лазер с низким уровнем амплитудных и частотных шумов // Материалы II российского семинара по волоконным лазерам 2008 (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008). С. 57–58.
20. Babin S.A., Dmitriev A.K., Dychkov A.S., Kablukov S.I., Lugovoy A.A., Nikulin M.A., Pecherskii Yu.Ya. Single-frequency DFB fiber laser for precise spectroscopy // V Int. Symposium Modern Problems of Laser Physics (MPLP) (Novosibirsk, Russia, August 24–30, 2008). Technical Digest. Novosibirsk: Ofset, 2008. P. 176–177.
21. Kurkov A.S., Babin S.A., Lobach I.A., Kablukov S.I. New mechanism of the mode coupling in multi-core fiber lasers // *Proc. SPIE*, vol. 6873: Fiber Lasers V: Technology, Systems, and Applications, 2008. P. 68731Q (9 pages).

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 4.3. Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов.

ПРОГРАММА 4.3.1. Информационные и вычислительные технологии в задачах поддержки принятия решений. Координатор акад. Ю.И. Шокин.

*Проект 4.3.1.2. Развитие принципов построения и математическое моделирование интегрированных программно-аппаратных комплексов мониторинга окружающей среды, управления динамическими системами и принятия решений. № гос. рег. 01.2.007 04687.*

Исполнители проекта:

**Лаборатория цифровых методов обработки изображений** (ответственный исполнитель д.т.н. Киричук В.С.).

**Лаборатория нечетких технологий** (ответственный исполнитель д.т.н. Золотухин Ю.Н.).

**Лаборатория вероятностных методов исследования информационных процессов** (ответственный исполнитель д.т.н. Резник А.Л.).

**Тематическая группа проблем виртуальной реальности** (ответственный исполнитель д.т.н. Ковалев А.М.).

Научный руководитель д.т.н. **Киричук В.С.**

*1. Экспериментальная оценка реализуемости и эффективности первичной обработки данных космического мониторинга на макетах бортовых вычислительных средств с использованием фильмотеки входных воздействий, основанной на натурной информации. Разработка алгоритмов анализа последовательностей изображений с целью определения параметров движения сцены в трехмерном пространстве (ответственный исполнитель д.т.н. Киричук В.С.).*

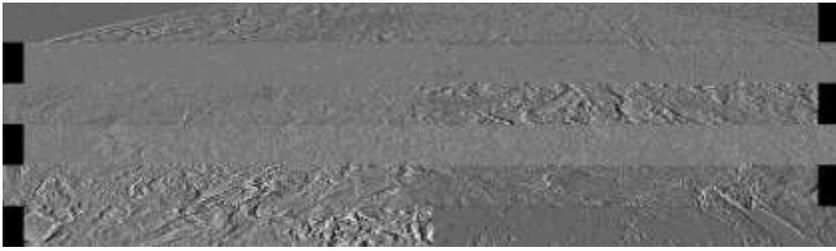
Разработаны алгоритмы [1, 2], и создано программное обеспечение, позволяющее по последовательности реальных космических изображений построить последовательности модифицированных изображений, формируемых датчиками различного разрешения при заданных траекториях движения космического аппарата (рис. 2.43).

Выполнена оценка реализуемости первичной обработки данных космического мониторинга на макетах бортовых вычислительных средств, и создано программное обеспечение с необходимой технической документацией. Разработаны алгоритмы многоканальной фильтрации [3], основанные на использовании априорной информации о скорости движения объекта, обеспечившие существенное повышение вероятности обнаружения маломерных динамических объектов (в 1.1–2 раза) (рис. 2.44).

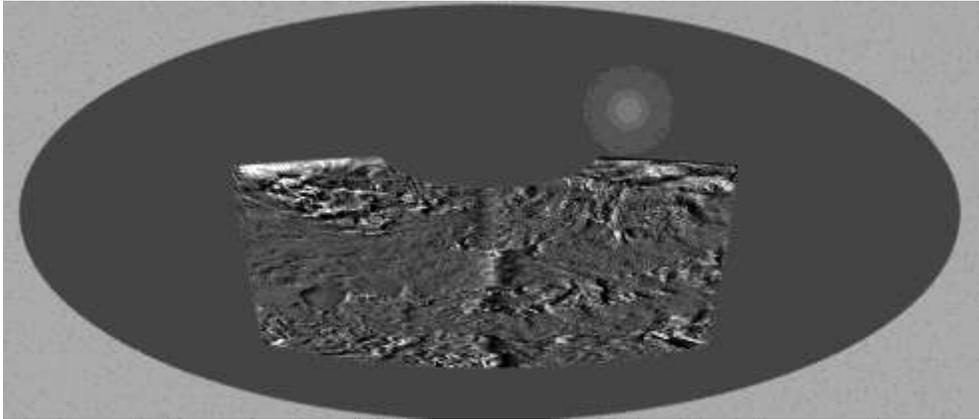
Разработаны алгоритмы оценивания по последовательности изображений сцены параметров прямолинейного равномерного движения ее плоских фрагментов в трехмерном пространстве. Оценки параметров движения используются для построения изображений повышенного разрешения. Предложен метод построения изображений повышенного разрешения [1], основанный на оптимальном линейном прогнозе (рис. 2.45).

Создано программное обеспечение для трассирования подвижных объектов и анализа их двигательной активности в биологическом эксперименте [4].

*(Лаборатория цифровых методов обработки изображений.)*



*a*

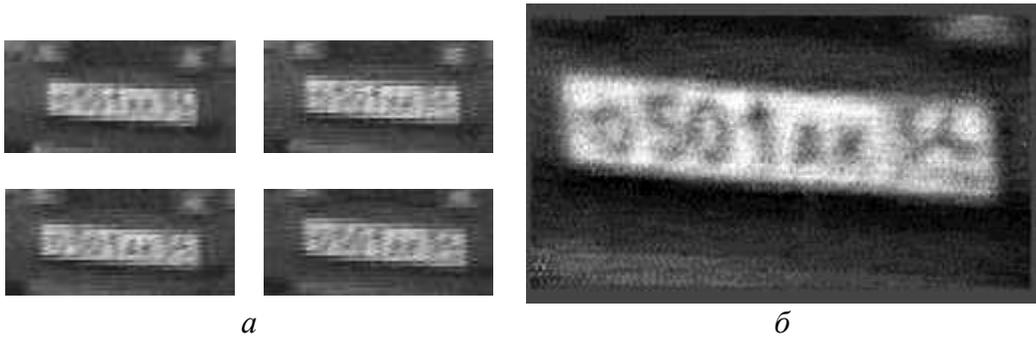


*б*

**Рис. 2.43.** Формирование изображений фильмотеки: *a* – реальные изображения геостационарного спутника, *б* – изображение, адаптированное к параметрам аппаратуры спутника высокоэллиптической орбиты



**Рис. 2.44.** Увеличение вероятности обнаружения динамических объектов:  
 × – классическая пространственно-инвариантная фильтрация,  
 ◆ – многоканальная фильтрация, ● – теоретический предел



**Рис. 2.45.** Построение изображения повышенного разрешения, основанное на оценивании параметров движения: *а* – фрагменты серии изображений низкого разрешения, *б* – изображение повышенного разрешения

### Публикации:

1. Иванов В.А., Киричук В.С., Косых В.П. Формирование изображения повышенного разрешения по серии взаимно смещенных изображений посредством оптимального линейного прогноза // *Автометрия* (в печати).
2. Ivanov V.A., Kirichuk V.S., Kosykh V.P. Optimal linear prediction in improving of a set of geometrically transformed aliased images // *Proc. 9th Int. Conf. on Pattern Recognition and Image Analysis (Nizhni Novgorod, Russia, September 14–20, 2008)*, vol. 1. P. 234–237.
3. Киричук В.С., Косых В.П., Курманбек уулу Т. Алгоритмы обнаружения движущихся малоразмерных объектов по последовательности изображений // *Автометрия* (в печати).
4. Kulikov V.A. Modeling and analysis of biological object velocity using image sequence from ethological test on motion activity // Там же. P. 372–374.
5. Киричук В.С., Косых В.П., Курманбек уулу Т. Совместная обработка последовательности изображений при поиске движущихся объектов с известным вектором скорости // *Ползуновский альманах*, 2008, № 2. С. 10–12.

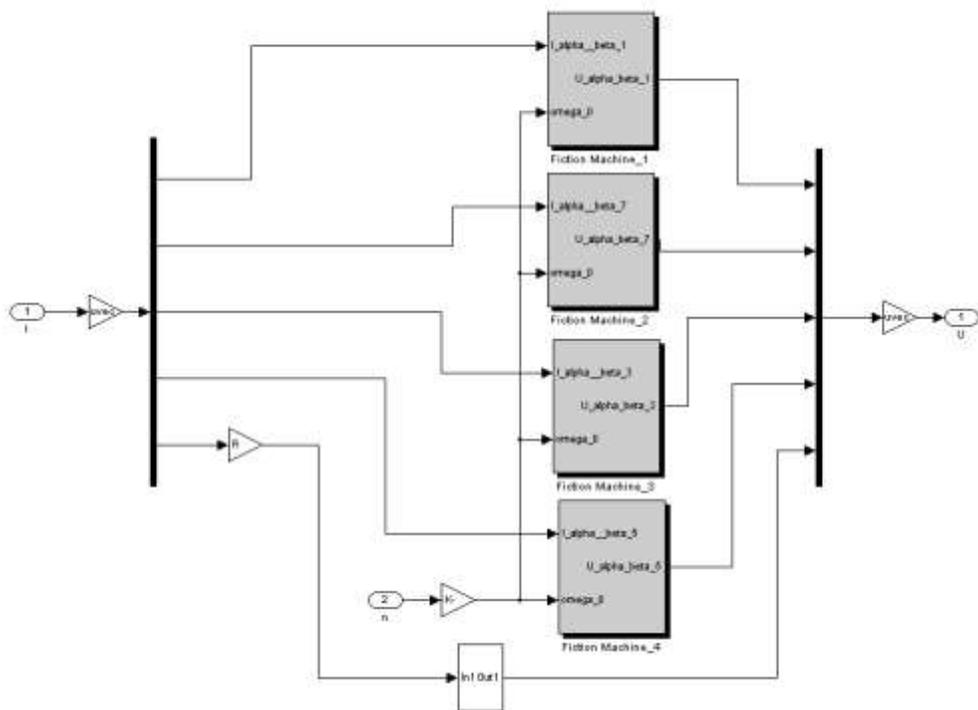
### *2. Разработка методов моделирования многофазных генерирующих установок в системах альтернативной энергетики (ответственный исполнитель д.т.н. Золотухин Ю Н.).*

Развитие ветроэнергетики как одного из видов возобновляемых источников энергии обусловило повышенный интерес к многофазным электрогенераторам с возбуждением от постоянных магнитов, работающим в режиме переменной скорости вращения.

В отличие от рассматриваемых обычно неявнополюсных машин на основе преобразования Конкордиа разработана обобщенная математическая модель  $q$ -фазной синхронной явнополюсной машины, возбуждаемой от постоянных магнитов, в виде набора из нескольких двух- и одной однофазной машин (рис. 2.46).

Моделирование показало адекватность полученной модели реальной машине, используемой в ветроэнергетике [1].

*(Лаборатория нечетких технологий.)*



**Рис. 2.46.** Представление 9-фазной синхронной машины в виде набора фиктивных машин

### Публикации:

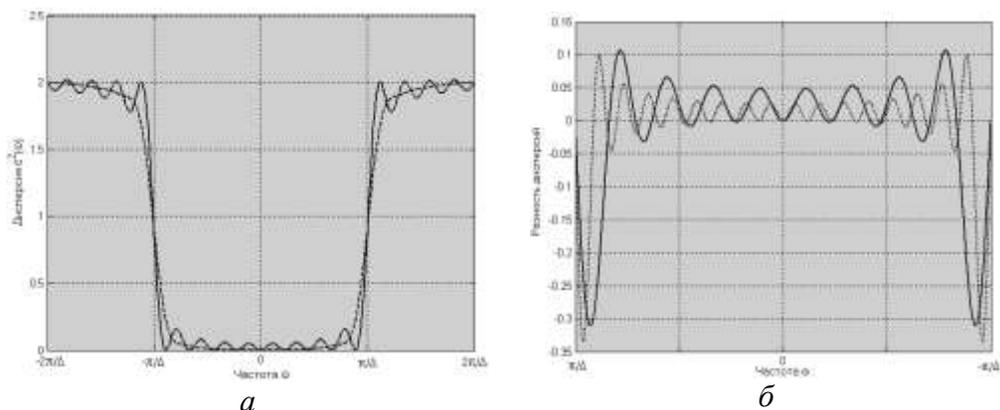
1. Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А. Модель 9-фазной синхронной машины с постоянными магнитами // Труды V Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (Самара, Россия, 23–25 июня 2008). Самара, Самарский научный центр РАН, 2008. С. 253–258.

3. *Исследование ортогонального гармонического разложения сигнала с повышенной сходимостью нечетной составляющей (ответственный исполнитель д.т.н. Резник А.Л.).*

Основным недостатком аппроксимации сигнала стандартным рядом Фурье является разная скорость сходимости четной и нечетной составляющих разложения к соответствующим компонентам сигнала, а именно: коэффициенты четной составляющей разложения убывают со скоростью  $\sim 1/k^2$ , а коэффициенты нечетной – со скоростью  $\sim 1/k$ , если нечетная составляющая сигнала не равна нулю на краях периода. Для улучшения скорости сходимости нечетной составляющей сигнала нами предложен модифицированный базис  $\left\{ \cos \frac{2\pi}{T} kt, \sin \frac{\pi}{T} (k-1) \bar{t} \right\}$ , применение которого приводит к тому, что скорости убывания коэффициентов как четной, так и нечетной составляющих сигнала становятся обратно пропорциональными квадрату номера гармоники.

Основные результаты [1, 2]:

1. Найдены явные формулы для отсчетных функций модифицированного базиса.
2. Получены аналитические соотношения для интегральной по времени дисперсии ошибки воспроизведения стационарного случайного сигнала.
3. Произведено сопоставление интегральных по времени дисперсий ошибок реконструкции сигнала для стандартного базиса Фурье и модифицированного базиса (рис. 2.47).



**Рис. 2.47.** Интегральная по времени дисперсия ошибки восстановления сигнала ( $T=(2N+1)\Delta$ ): *a* – дисперсия ошибки (стандартный тригонометрический базис Фурье – пунктирная линия, модифицированный базис – сплошная линия); *б* – разность дисперсий ошибки между стандартным и модифицированным базисом для  $N=4$  (сплошная линия) и  $N=8$  (пунктирная линия)

4. Показано, что при незначительной передискретизации сигнала модифицированный базис оказывается более предпочтительным по сравнению со стандартным. Этот выигрыш уменьшается с ростом числа отсчетов, используемых в разложении (см. таблицу). Спектр мощности сигнала предполагается постоянным в пределах  $|\omega| \leq \pi/\Delta$ .

Таблица

$\alpha$	$N$ (число отсчетов)				
	16	32	64	128	256
1	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94
$2N/(2N+1)$	1.45	1.35	1.30	1.25	1.22
$2(N-1)/(2N+1)$	2.04	1.72	1.54	1.43	1.35

(Лаборатория вероятностных методов исследования информационных процессов.)

## Публикации:

1. Ефимов В.М., Резник А.Л., Бондаренко Ю.В. Повышение точности синусно-косинусного преобразования при аппроксимации и интерполяции сигнала // Автометрия, 2008, т. 44, № 3. С. 41–51.
2. Ефимов В.М., Резник А.Л., Торгов А.В. Компенсация линейных искажений сигнала с использованием его гармонического разложения // Там же. № 4. С. 3–12.

### 4. Исследование эффектов обратной перспективы и сверхконстантности размеров на модели бинокулярного визуального пространства (ответственный исполнитель д.т.н. Ковалев А.М.).

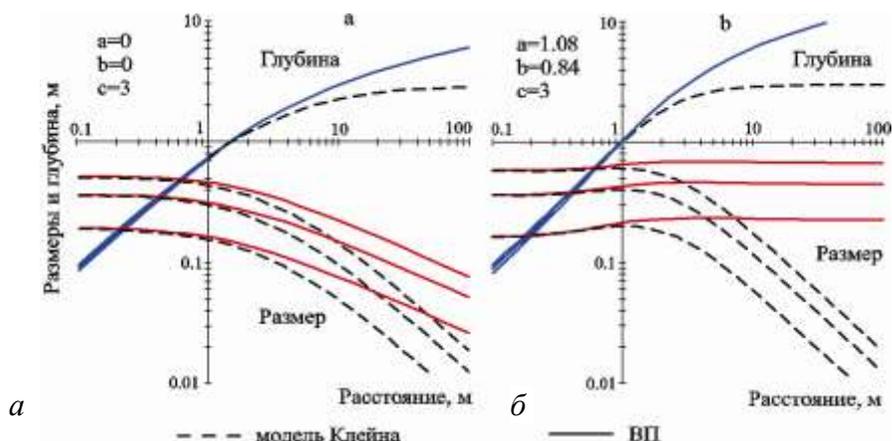
Показано, что при переходе от монокулярного зрения к бинокулярному проявляется феномен эмпирического гороптера, который можно учесть при помощи дробно-квадратичного преобразования вида

$$r \mapsto q_c = \frac{rc}{(r-a)^2/(r+b)+c} = rf_c(r), \quad \phi \mapsto \phi_q = \phi, \quad \theta \mapsto \theta_q = \theta, \quad (1)$$

где  $(r, \phi, \theta)$  и  $(q_c, \phi_q, \theta_q)$  – полярные координаты евклидовой и модельной точек;  $a$  – радиус «абатического» круга;  $b$  – параметр, определяющий степень константности и силу обратной перспективы;  $f_c(r)$  – функция проективного преобразования;  $c$  – радиус кривизны пространства.

Эффекты «сверхконстантности» и обратной перспективы (рис. 2.48) относятся к воспринимаемым размерам предметов на различном удалении от наблюдателя и зависят от соотношения параметров  $a, b, c$ . Оказалось, что сверхконстантность размеров наблюдается в визуальном пространстве при предельном соотношении параметров  $2a+b=c$ , которое возникает из условия, что все точки  $q_c$  – действительные и лежат внутри фундаментального круга  $q_c < c$ .

На модели Клейна видна только обратная перспектива.



**Рис. 2.48.** Размеры и глубина предметов в модели Клейна (штриховые кривые) и в визуальном пространстве (сплошные кривые):

$a$  – для монокулярного зрения ( $a=0, b=0, c=3$ ), красные кривые – воспринимаемые размеры предметов в визуальном пространстве в сознании человека – пространстве Лобачевского (3 евклидовых параллели разной ширины, уходящие в

$\infty$ ); синие кривые – воспринимаемая глубина в визуальном пространстве (3 практически совпадающие кривые); штриховые линии – размеры и глубина тех же предметов (параллелей) на модели Клейна (совпадение только на физическом расстоянии от 0.1 до  $\approx 2$  м).

$b$  – для бинокулярного зрения ( $a=1.08$ ,  $b=0.84$ ,  $c=3$ ; т.е.  $2a+b=c$  – предельное соотношение параметров), красные кривые – воспринимаемые размеры предметов в визуальном пространстве (Лобачевского): до 2–5 м физического расстояния – обратная перспектива; свыше 2–10 м – сверхконстантность величин

*(Тематическая группа проблем виртуальной реальности.)*

## **Публикации:**

1. Ковалев А.М. О модели бинокулярного визуального пространства // Автометрия, 2008, т. 44. № 4. С. 89–98.

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 4.5.** Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей на основе технологий grid.

**ПРОГРАММА 4.5.1. Интегрированные информационно-телекоммуникационные системы и сети, телекоммуникационные и информационные ресурсы, информационные процессы в системах и сетях. Координатор чл.-корр. РАН А.М. Федотов.**

**Проект 4.5.1.5. Исследование информационно-вычислительных распределенных структур восприятия, анализа и прогнозирования многопараметрических процессов, реализующих гибридную (в том числе адаптивную) обработку пространственно-временных сигналов различной физической природы. № гос. рег. 01.2.007 04685.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория информационной оптики** (ответственный исполнитель к.т.н. Козик В.И.).

**Лаборатория интегрированных информационных систем управления** (ответственный исполнитель к.т.н. Лубков А.А.).

**Тематическая группа оптико-электронных специализированных процессоров** (ответственный исполнитель д.т.н. Нежевенко Е.С.).

**Тематическая группа высокопроизводительных систем реального времени** (ответственный исполнитель к.т.н. Коршевер И.И.).

**Тематическая группа информатики и прикладной математики** (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Лихачев А.В.).

**Тематическая группа языковых средств проектирования информационных систем управления** (ответственный исполнитель к.т.н. Зюбин В.Е.).

**Тематическая группа аналого-цифровых систем** (ответственный исполнитель к.т.н. Вьюхин В.Н.).

**Отдел ИЦ-2** (ответственный исполнитель Литвинцев В.И.).

**Отдел ИЦ-6** (ответственный исполнитель к.т.н. Сердюков О.В.).

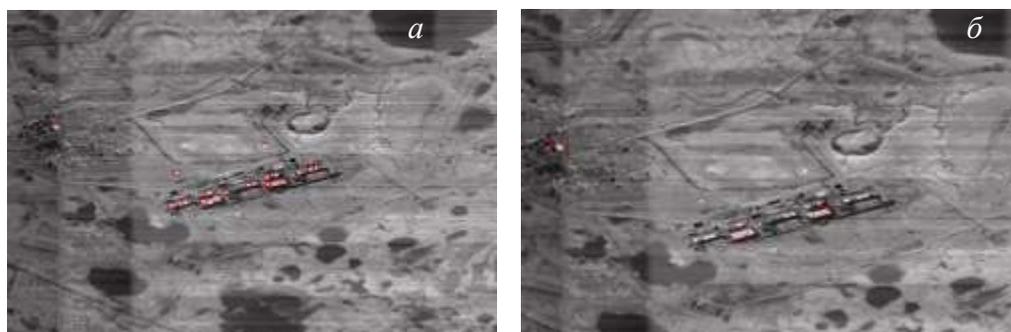
**Тематическая группа аналого-цифровых систем** (ответственный исполнитель к.т.н. Вьюхин В.Н.).

Научный руководитель д.т.н. Потатуркин О.И.

*1. Разработка методов и программно-алгоритмических средств поиска пространственно-временных аномалий на основе гибридной обработки многоспектральных изображений (ответственный исполнитель к.т.н. Козик В.И.).*

Разработаны методы поиска пространственных аномалий на тепловизионных изображениях, основанные на определении степени статистического несоответствия распределения значений признаков анализируемого фрагмента и его окрестности. Для вычисления признаков предложено использовать преобразования Собела, Лапласа и Хаара различных масштабов, а также среднеквадратичное отклонение (СКО) интенсивности пикселей. Данный подход позволяет обнаруживать объекты без информации об их геометрических параметрах.

Показано, что для обнаружения малоразмерных тепловых объектов на подстилающей поверхности наиболее эффективно (с точки зрения минимизации пропуска цели и ложной тревоги) использовать комплексирование признаков «средняя интенсивность» и «средний градиент интенсивности» по анализируемым фрагментам и их окрестностям (рис. 2.49). При этом достигается максимальная компактность кластера «фон».



**Рис. 2.49.** Результат поиска при разных размерах зон анализа:  
*а* – 9×9 пикселей, *б* – 21×21 пикселей

Разработаны и исследованы методы поиска пространственно-временных аномалий (изменений в сцене), основанные на сравнении текущего кадра с экстраполированным предыдущим с учетом компенсации движения фона. Для решения задачи выделения динамических малоразмерных объектов на естественном фоне показана перспективность методов подавления фоновой составляющей изображений на основе построения компенсированного кадра из предыдущего с использованием полей локальных смещений. Создан пакет прикладных программ для моделирования разработанных методов поиска пространственно-временных аномалий.

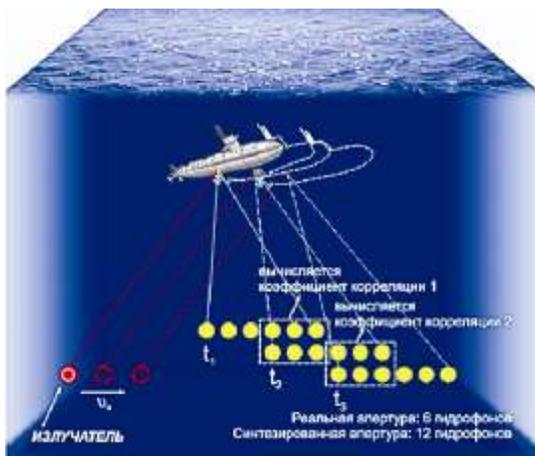
*(Лаборатория информационной оптики.)*

## Публикации:

1. Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И. Коррекция тепловизионных изображений на основе статистической обработки реальных данных // Российское совещание по актуальным проблемам полупроводниковой электроники «ФОТОНИКА–2008» (Новосибирск, Россия, 19–23 августа 2008). Тезисы докладов. С. 128.
2. Максимов Л.В. Определение траектории движения объектов на основе анализа гистограм тепловизионных изображений // Там же. С. 131.
3. Добрецов Н.Н., Потатуркин О.И., Чубаров Л.Б., Шокин Ю.И. О проекте распределенной информационно-вычислительной системы сбора, хранения и обработки данных дистанционного зондирования Земли для регионов Сибири и Дальнего Востока // Вычислительные технологии, т. 13. Вестник КАЗНУ им. Аль-Фараби. Сер. математика, механика, информатика № 3 (58), Алматы–Новосибирск, 2008, ч. I. С. 492–496.
4. Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И. Коррекция данных многоэлементных фотоприемных устройств различных спектральных диапазонов // XII Российская конференция с международным участием «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы» (DICR'2008) (Новосибирск, Россия, 5–7 ноября 2008). Тезисы докладов. С. 25.

## 2. Разработка методов и программно-алгоритмических средств обработки гидроакустических сигналов с буксируемых антенн с синтезированной апертурой (ответственный исполнитель д.т.н. Нежевенко Е.С.).

Проведена оценка шумов и анализ их влияния на основные характеристики гидроакустических средств с гибкими протяженными буксируемыми антеннами авиационного базирования. Выполнено сопоставление полученных результатов с результатами экспериментальных исследований. В результате сравнительного анализа методов обзора подводной обстановки и определения координат морских объектов показано, что при использовании авиационных гидроакустических систем предпочтение следует отдать системам с синтезированной апертурой (рис. 2.50).



**Рис. 2.50.** Принцип синтезирования. За счет движения длина синтезированной антенны может быть в десятки раз больше, чем длина реальной антенны. Корреляция перекрывающихся сигналов обеспечивает коррекцию фазы

Создан базовый исследовательский макет, представляющий собой программу SynApp, предназначенную для численного моделирования синтеза апертуры в гидроакустике. Исследованы методы подавления нестационарности звуковых полей. Макет испытан в режиме исследования эффективности различных алгоритмов синтезирования апертуры при задан-

ных свойствах гидроакустических целей, среды распространения акустических сигналов и параметров акустических приемников.

*(Тематическая группа оптико-электронных специализированных процессоров, тематическая группа высокопроизводительных систем реального времени.)*

#### **Публикации:**

1. Дашевский О.Ю., Нежевенко Е.С. Исследование влияния мешающих факторов на качество синтезирования апертуры в гидролокации // Автометрия, 2008, № 2. С. 76–90.
2. Дашевский О.Ю., Нежевенко Е.С. Сравнительный анализ методов синтезирования апертуры в гидроакустике // Труды IX Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» (Санкт-Петербург, Россия, 27–29 мая 2008). СПб.: Наука, 2008. С. 580–583.
3. Коршевер И.И. Методы формирования характеристик направленности (ФХН) динамических гидроакустических решеток в условиях неопределенности аппаратной функции и параметров среды распространения // Там же. С. 576–579.

*3. Исследование нелинейных задач интегральной геометрии и томографии. Выделение классов задач и объектов, для которых соответствующие математические постановки приводят к слабой или умеренной некорректности (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Лихачев А.В.).*

Путем численного моделирования проведено исследование устойчивости алгоритмов решения задач трехмерной томографии при различных траекториях движения источника. Подтверждено положение о том, что полные, в смысле Кириллова–Туя, траектории обеспечивают более высокую устойчивость. Кроме того, для таких траекторий показано, что алгоритмы реконструкции тем устойчивее, чем большее число раз (в среднем) любая плоскость, пересекающая носитель реконструируемой функции, пересекает траекторию источника. При этом рассматривались алгоритмы трех классов: точные алгоритмы, основанные на формуле обращения Туя и теореме Гранжа; приближенные алгоритмы двумерной фильтрации и обратного проецирования, обобщающие метод Фельдкамп; итерационные алгебраические алгоритмы.

*(Тематическая группа информатики и прикладной математики.)*

#### **Публикации:**

1. Лихачёв А.В. Регуляризирующая фильтрация проекций в алгоритмах двумерной томографии // Сибирский журнал вычислительной математики, 2008, т. 11, № 2. С. 187–200.
2. [Трофимов О.Е.], Лихачев А.В. Сравнение некоторых алгоритмов томографической реконструкции в конусе лучей // Сибирский журнал промышленной математики, 2008, т. 11, № 3. С. 126–134.
3. Белоусова О.Н., Зеркаль С.М., Кисленко Н.П. Интерактивное моделирование в образовательном аспекте представления знаний в интернет-проекте «Математические проблемы геофизики» // Вычислительные технологии. Новосибирск, 2008, т. 13. С. 275–283.

4. Белоусова О.Н. Интерактивное моделирование на сервере «Математические проблемы геофизики» // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2008, т. 6, вып. 2. С. 49–57.
5. Белоусова О.Н. Интернет-проект «Сервер "Математические проблемы геофизики"» // Межрегиональная конференция «Современные информационные технологии для научных исследований» (ДВО РАН, Магадан, Россия, 20–24 апреля 2008). Тезисы (в печати).
6. Белоусова О.Н. Информационно-аналитический сервер «Математические проблемы геофизики» // Международная конференция «Геоинформатика: технологии, научные проекты» (Иркутск, Россия, 15–22 июня 2008). Тезисы (в печати).

*4. Разработка архитектуры и программно-аппаратного обеспечения интегрированной информационно-управляющей системы с непосредственным взаимодействием периферийных устройств с вычислительным ядром. Исследование методов и разработка алгоритмов и программно-аппаратных средств внешнего мониторинга сетевых ресурсов, использующих протокол IP (ответственные исполнители: к.т.н. Лубков А.А., к.т.н. Зюбин В.Е.).*

Для интегрированных информационно-управляющих систем с непосредственным взаимодействием периферийных устройств и вычислительного компьютерного ядра сформулирована гипотеза об информационной сложности, позволяющая рассматривать прагматические аспекты взаимодействия таких систем с человеком, учитывая психологические ограничения на обработку информации и характер взаимодействия долговременной и кратковременной памяти.

Разработан датчик, предназначенный для работы в составе распределенной автоматизированной системы мониторинга электронной почты организации, который производит считывание информации из подконтрольного сегмента сети и выделяет почтовые сообщения. Полученная информация может быть использована как для диагностики и оптимизации работы почтовой службы, так и в целях обеспечения информационной безопасности. Датчик обеспечивает контроль всего потока корреспонденции, не только через собственные почтовые серверы, но и через внешние серверы или общедоступные ресурсы (например, mail.ru и др.), не заметен для пользователей подконтрольной сети и не зависит от используемого на предприятии почтового программного обеспечения. Успешно проведены испытания датчика в условиях повседневной и повышенной загрузки сети.

*(Лаборатория интегрированных информационных систем управления, тематическая группа языковых средств проектирования информационных систем управления.)*

## **Публикации:**

1. Аксенов В.В., Зотов А.А., Лубков А.А. Информационно-управляющая система автоматизации производства углеводных кормовых добавок // Труды V Международной юбилейной научно-практической конференции «Пища, экология, качество» (Новосибирская обл., п. Краснообск, Россия, 30 июня – 2 июля 2008). С. 366–367.

2. Аксенов В.В., Зотов А.А., Зюбин В.Е., Лубков А.А., Петухов А.Д. Автоматизация технологических линий получения углеводных кормовых добавок // Там же. С.109 – 111.
3. Зюбин В.Е., Петухов А.Д. Использование виртуальных объектов автоматизации для моделирования технологических линий получения углеводных кормовых добавок // Там же. С. 360–361.
4. Zyubin V. E. Information Complexity Hypothesis: a Conceptual Framework for Reasoning on Pragmatics Issues // Proceedings of the 1st IEEE Region VIII International Conference on "Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering", SIBIRCON-08. (Novosibirsk, Russia, July 21–25, 2008). P. 272–275.
5. Зюбин В.Е. Использование виртуальных объектов автоматизации для обучения студентов программированию работотехнических комплексов // Proceedings of the 2nd International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2008 (Chisinau, Moldova, 15–18 May, 2008), vol. 1. P. 351–356.
6. Зюбин В.Е., Калугин А.А. Использование виртуальных стендов для обучения программированию задач промышленной автоматизации // Материалы IV Международной научно-практической конференции-выставки «Промышленные контроллеры 2008: от А до Я» (Москва, Россия, 14–17 октября, 2008) С. 21–23.
7. Зюбин В.Е. Развитие стандарта IEC 61131-3: возможные направления для расширения языка ST // Там же. С. 26–27.
8. Бевзов А.Н. Разработка методов автоматического индексирования текстов на естественном языке для информационно-поисковых систем. // Труды X Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL'2008. (Дубна, Россия, 7–11 октября 2008). С. 401–404.
9. Лубков А.А., Лылов С.А., Недосекин А.П., Перебейнос С.В. Регулируемый высоковольтный блок для управления КДП поляризатором // Proceedings of the 2-nd International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2008 (Chisinau, Moldova, 15–18 May, 2008). Technical university of Moldova, vol. 1. P. 351–356.
10. Лубков А.А., Лылов С.А., Недосекин А.П., Перебейнос С.В. Регулируемый высоковольтный блок для управления КДП поляризатором // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Солнечная корона и физика плазмы» (Новосибирск, Россия, 1–3 августа 2008). С. 46.
11. Зотов А.А., Котов В.Н., Лубков А.А., Лылов С.А. Автоматическое управление солнечным телескопом // Датчики и системы, 2008, № 10. С. 8-12.
12. Лубков А.А., Зотов А.А., Котов В.Н., Лылов С.А. Управление солнечным телескопом. // Proceedings of the 2-nd International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2008 (Chisinau, Moldova, 15–18 May, 2008). Technical university of Moldova, vol. 1. P. 345–350.
13. Будников К.И., Клисторин И.Ф., Курочкин А.В., Лылов С.А. Датчик удаленного мониторинга электронной почты на платформе Windows // Там же. P. 257–260.
14. Будников К.И., Клисторин И.Ф., Курочкин А.В., Лылов С.А. Датчик удаленного мониторинга электронной почты // Датчики и системы, 2008, № 9. С. 35–37.
15. Budnikov K. I., Kurochkin A. V. and Lylov S. A. Win32 Based Sensor for Email Auditing // Proceedings of the 1st IEEE Region VIII International Conference on "Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering" SIBIRCON-2008 (Novosibirsk, Russia, July 21–25, 2008). P. 286–287.

*5. Разработка технологии виртуализации в среде мультипроцессорных систем, объединенных одноранговой высокопроизводительной сетью (ответственный исполнитель к.т.н. Сердюков О.В.).*

Разработана технология виртуализации в среде мультипроцессорных систем, объединенных одноранговой высокопроизводительной сетью. Соз-

дан макет системы, включающей в себя дублированные управляющие сетевые узлы и периферийные узлы ввода–вывода с дублированными каналами связи. На разработанной модели проверены возможности динамического перераспределения вычислительных и коммуникационных задач, как в рамках отдельных вычислительных узлов, так и между узлами сети. В результате показана перспективность применения такой технологии для создания высоконадежных производительных систем управления с децентрализацией управляющих функций.

*(Отдел ИЦ-6.)*

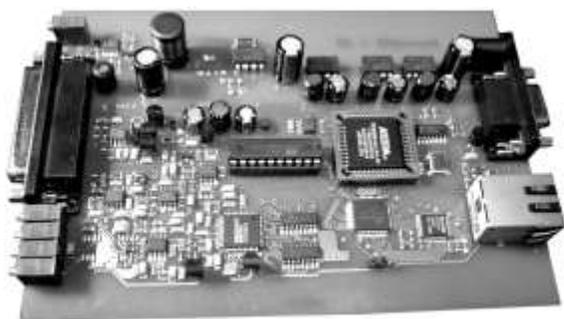
### **Публикации:**

1. Сердюков О.В., Тимошин А.И., Кулагин С.А., Дорошкин А.А., Аксенов А.С., Рукосуев Ю.В. Мобильный многоканальный стенд – инструмент для проведения энергоаудита на объектах теплоэнергетики // Автоматизация в промышленности, 2008, № 9. С. 10–12.
2. Сердюков О.В., Тимошин А.И., Кулагин С.А., Кузнецов В.И., Дорошкин А.А. Крупномасштабные АСУТП электростанций на основе модулей удаленного ввода/вывода с дублированным ETHERNET // Промышленные АСУ и контроллеры, раздел «Технические средства АСУТП», 2008, № 7. С. 39–40.
3. Сердюков О.В., Кулагин С.А., Нестуля Р.В., Тимошин А.И., Торопов Г.Э. Технология «НЕЙРОН-ТМ» как основа нижнего уровня систем телемеханики, мониторинга и противоаварийной автоматики // Промышленные АСУ и контроллеры, раздел «АСУ для промышленных предприятий», 2008, № 3. С. 6–8.
4. Сердюков О.В. ПТК «Торнадо»: жизнь в большой энергетике // Рациональное управление предприятием – Rational Enterprise Management (REM), 2008, № 1. С. 50–54.
5. Сердюков О.В., Кулагин С.А., Нестуля Р.В., Тимошин А.И., Торопов Г.Э. Универсальная аппаратная платформа систем автоматизации электроэнергетических объектов на базе технологии «НЕЙРОН-ТМ» // Информатизация и системы управления промышленности (ИСУП), 2008, № 1 (17). С. 43–46.
6. Сердюков О.В., Кузнецов В.И., Дорошкин А.А., Тимошин А.И., Кулагин С.А. Магистральное направление развития промышленных контроллеров // Автоматизация в промышленности, 2007, № 12. С. 47–49.
7. Сердюков О.В., Тимошин А.И., Кулагин С.А., Дорошкин А.А., Фокин С.Н. Системы автоматизации будущего прирастать будут ETHERNET // ИСУП, 2007, № 3. С. 22–25.
8. Интервью с главой компании «МСТ» О.В. Сердюковым // ИСУП, 2007, № 3. С. 45–48.

*6. Разработка и исследование измерительных модулей с беспроводным каналом связи для многоканального мониторинга параметров объектов (ответственный исполнитель Литвинцев В.И.).*

Проанализированы беспроводные технологии передачи данных (GSM/GPRS/EDGE, ZigBee, NanoNET, NanoLOC, Wi-Fi, Bluetooth и др.) с точки зрения построения измерительных модулей для многоканального мониторинга параметров объектов. Разработан универсальный измерительный модуль (рис. 2.51) со следующими характеристиками:

– интерфейс Ethernet 10/100 – аппаратная реализация стека сетевых протоколов TCP/IP;



**Рис. 2.51.** Измерительный модуль

– аналого-цифровой преобразователь с разрешением 14 бит и темпом до 10 МГц;

– управляющее устройство реализовано на микроконтроллере Atmel и микросхеме быстрой логики Altera.

Освоение такой базовой технологии открывает широкие возможности для создания измерительных и управляющих модулей и их применения в экспериментальных исследованиях и практике.

*(Отдел ИЦ-2.)*

*7. Исследование границ применения эквивалентной дискретизации и цифровой интерполяции для повышения качества осциллограмм в цифровых осциллографах реального времени. Разработка алгоритмов коррекции динамических ошибок интерливинга в регистраторах сигналов (ответственный исполнитель к.т.н. Вьюхин В.Н.).*

Выполнен анализ и компьютерное моделирование двух методов повышения частоты дискретизации для цифровой осциллографии, основанные на эквивалентной дискретизации, осуществляемой путем измерения и накопления серии осциллограмм со случайной фазой и последующей реконструкцией сигнала с повышенной частотой дискретизации; а также на интерполяции осциллограмм функциями Котельникова. Показано, что эквивалентная дискретизация дает корректный результат при накоплении большого числа осциллограмм и поэтому применима при измерении высокочастотных периодических сигналов с низким уровнем долговременного джиттера (низкочастотных фазовых шумов). Получено соотношение, связывающее коэффициент интерполяции и длину восстанавливающего фильтра для обеспечения спектрально-чистого динамического диапазона интерполированной осциллограммы 60 дБ. Разработанный алгоритм коррекции динамического интерливинга апробирован в регистраторах сигналов. Результаты исследований использованы при разработке регистратора широкополосных сигналов с собственным фронтом 1 нс.

*(Тематическая группа аналого-цифровых систем.)*

#### **Публикации:**

1. Вьюхин В.Н. Коррекция динамических ошибок в цифровых измерительных системах с интерливингом // Датчики и системы, 2008. № 4. С. 14–16.
2. Вьюхин В.Н. Эквивалентная дискретизация и интерполяция в цифровой осциллографии реального времени // Автометрия, 2008, № 3. С. 52–56.

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 4.6. Архитектура, системные решения, программное обеспечение и информационная безопасность информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений. Системное программирование.

ПРОГРАММА 4.6.1. Архитектура, организация функционирования и программное обеспечение информационно-вычислительных систем новых поколений. Координатор чл.-корр. РАН В.Г. Хорошевский.

*Проект 4.6.1.2. Исследование и разработка новых форм представления и обработки трехмерной виртуальной среды в реальном времени и их адаптация к тренажерным и обучающим системам. № гос. рег. 01.2.007 04682.*

Исполнители проекта:

**Лаборатория синтезирующих систем визуализации** (ответственный исполнитель к.т.н. Долговесов Б.С.).

**Лаборатория программных систем машинной графики** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.-мл.).

Научные руководители: **д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.-мл., к.т.н. Долговесов Б.С.**

*1. Разработка алгоритмов и программного обеспечения для визуализации в реальном времени спецэффектов, физических процессов и воксельных данных с использованием вычислительных ресурсов стандартных графических акселераторов. Разработка алгоритмов визуализации 3D-сцен для Web-приложений. Разработка программно-аппаратных решений для интеграции виртуальной среды с мультимедийными информационными потоками, включая видеоданные формата телевидения высокой четкости (ТВЧ) (ответственные исполнители: к.т.н. Долговесов Б.С., д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.-мл.).*

Для визуализации различных спецэффектов (дождь, туман, дым, пар, огонь и т. д.) в системах виртуальной реальности предложены новые методы реализации системы частиц (Particle System) на стандартных графических акселераторах, обеспечивающие оптимальное соотношение между скоростью обработки частиц и качеством изображения спецэффектов в реальном времени. Чем больше число обрабатываемых частиц, тем выше степень реалистичности изображения, но при этом уменьшается скорость обработки и визуализации спецэффекта. Для обеспечения необходимого быстродействия предложен метод распределенной обработки анимационных составляющих спецэффекта. Обработка параметров анимации частиц осуществляется на пиксельном конвейере графического акселератора, а параметров анимации формы – на вершинном конвейере видеокарты. Для упорядочивания частиц относительно наблюдателя используется модифицированный метод блочной сортировки (bucket sort), отличающийся от классического адаптивным выбором размера корзины и более широким диапазоном сортируемых чисел. Предложена структура данных для построения и

растеризации геометрии частиц, требующая меньший объем памяти в буфере вершин графического акселератора. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для реализации предложенных методов на стандартных графических акселераторах. На рис. 2.52 показаны примеры использования метода системы частиц для визуализации спецэффектов в системах виртуальной реальности.



*a*



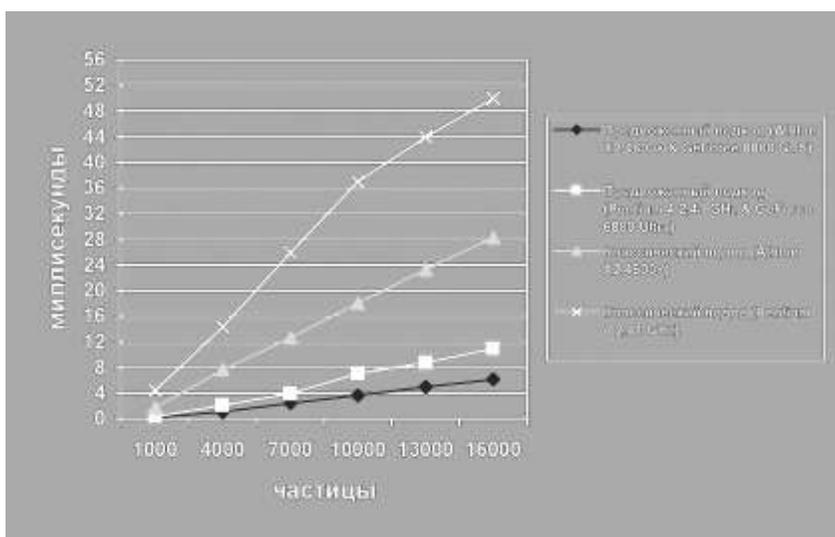
*б*



*в*

**Рис. 2.52.** Имитация спецэффектов системой частиц: стелющийся дым (*a*); искры от соприкосновения (*б*); клубы дыма с пламенем (*в*)

Как видно из рис. 2.53, использование графического акселератора в качестве математического сопроцессора обеспечивает пятикратное увеличение производительности по сравнению с классической реализацией.



**Рис. 2.53.** Общая производительность обработки анимации частиц

Визуализация объемных данных (томографических и др.) в реальном времени – ресурсоемкий процесс, требующий определенного быстродействия в интерактивных системах виртуальной реальности. Как показали исследования, при демонстрации изображений объемных данных в различных ракурсах скорость формирования изображения зависит от угла поворота объекта в экранной плоскости. В некоторых угловых диапазонах скорость ниже критической. Это приводит к неравномерности процесса отображения, что неприемлемо для визуализации, например в интегрированных системах виртуальной реальности [1], использующих синхронные потоки данных от различных источников. Такая неравномерность связана с неэффективностью общепринятой организацией текстурных данных в кэш-памяти графического акселератора, используемого в системах визуализации. Разработан алгоритм, обеспечивающий в реальном времени субоптимальную зависимость скорости обработки воксельных данных от угла поворота объекта в экранной плоскости. 3D-текстура, соответствующая параметрам вокселей, представляется в кэш-памяти в виде набора 3D-текстур меньшего размера с различной ориентацией текстурных слоев. Такая организация текстурных данных в памяти поддерживает оптимальный режим использования кэш-памяти графического акселератора при любом угле поворота изображения, обеспечивая равномерность визуализации. Кроме того, соответствующее формирование текстурных блоков позволяет избежать погрешностей визуализации на границах блоков.

Предложен усовершенствованный метод триангуляции функционально-заданной поверхности объекта [2]. Метод основан на восьмеричном делении локального пространства объекта, требует на порядок меньшего количества вычислений и является более точным по сравнению с ранее разработанными методами. Для реализации метода разработаны алгоритмы вычисления точек поверхности функционального объекта, связывания полученных точек в четырехугольные полигоны и генерации треугольников. Разработан анализатор отклонений, оценивающий степень приближения полученной треугольной сетки к исходной функционально-заданной поверхности по двум параметрам: 1) отклонение вершин треугольной сетки от поверхности объекта; 2) отклонение значений нормалей к вершинам треугольной сетки от значений нормалей в точках исходной поверхности.

Разработан метод преобразования поверхностей из полигонального описания в функциональное на основе функций возмущения [3, 4]. Полигональная сетка преобразуется в объемные данные, которые используются как база для создания функциональной поверхности посредством математических вычислений. В данном методе преобразование происходит с помощью обратного обхода восьмеричного дерева, полученного в результате деления объектного пространства полигональной модели. Для анализа степени приближения полученной поверхности к исходной полигональной сетке используются, как и в первом случае, 2 параметра: отклонение вершин треугольной сетки от функциональной поверхности и отклонение нормалей к вершинам треугольной сетки от значений нормалей в точках

функциональной поверхности. Исследованы вычислительные возможности современных графических акселераторов для визуализации функционально-заданных объектов в реальном времени. Показано, что графические акселераторы с унифицированной аппаратной архитектурой (Compute Unified Device Architecture – CUDA) могут быть использованы для визуализации функционально-заданных объектов в реальном времени. Эффективность такой реализации обеспечивают иерархическая древовидная структура вычислений и их однотипность на каждом уровне, используемые в разработанных методах визуализации функционально-заданных поверхностей.

Проведен анализ требований к интерактивной 3D-системе визуализации для Web-приложений. Разработана структура программной реализации 3D-системы визуализации, основанная на унифицированных запросах к общей базе данных с помощью стандартных скрипт-интерпретаторов JScript и VBScript. В данном подходе межмодульный обмен заменен обращениями функциональных модулей к общей базе данных, содержащей параметры 3D-сцены. Это позволяет унифицировать обмен данными для всех модулей, ввести максимально полный контроль над системой в целом, а также распределить и распараллелить работу по созданию программного обеспечения. В основе унификации – специально разработанный язык запросов XQL-скрипт (eXtended Query Language) и формат представления данных 3D-сцены для Web-приложений [5], образующие единый протокол обмена для модулей. Модуль системы визуализации посредством запросов к базе данных получает доступ к данным от любого источника (удаленный компьютер, управляющий комплекс, манипулятор, скрипт-интерпретатор или просто файл), т. е. обеспечивается универсальный доступ к параметрам системы, таким как положение объектов, состояние анимации, параметры растрирования, включая цвета отдельной грани или shader-параметры графического процессора. Особенно актуален такой подход при создании 3D-сцен на HTML-страницах Web-приложений, поскольку позволяет простыми средствами полностью контролировать формирование и модификацию 3D-объектов. Достоинства разработанной системы визуализации 3D-сцен для Web-приложений: совместимость различных структур данных, возможность задания произвольных структур данных, минимальное количество специальных требований, универсальность (унифицированные способы обмена данными для разных типов источников: сеть, файл, манипуляторы «мышь», джойстик и т. д.). Интерактивные 3D-модели могут использоваться в таких Web-приложениях, как образовательный процесс, визуализация данных научных исследований, энциклопедических и справочных материалов, бизнес-процессов (3D-графики и гистограммы) и др.

Исследованы возможности архитектур современных персональных компьютеров по обработке мультиточечных данных, показана возможность визуализации интегрированной виртуальной среды в реальном времени с четырьмя параллельными потоками данных в формате ТВЧ на шине PCI-Express для типовой задачи ввода и специфической обработки внешних изображений. Для этой цели предложена архитектура и разработан образец

платы многоканального ввода сигналов в форматах ТВЧ с возможностью включения алгоритмов обработки данных в реальном времени на аппаратном уровне. Также разработаны:

- алгоритмы и программное обеспечение синхронной конвейерной обработки мультимедийных потоков для интеграции источников ТВЧ с интерактивной виртуальной средой;
- специальная архитектура для аппаратного формирования профессионального сигнала стандарта ТВЧ на выходе системы визуализации интегрированной виртуальной среды, формируемой общедоступными компьютерными системами;
- оригинальные алгоритмы для решения задач буферизации и синхронизации разнородных медиапотоков (в частности, мультиформатных видео и звука), для взаимодействия синхронных и асинхронных модулей системы и т. д.;
- система реального времени для работы с виртуальными средами, включающими мультиформатные (в частности, ТВЧ) и многопоточные мультимедиа данные.

*(Лаборатория синтезирующих систем визуализации, лаборатория программных систем машинной графики.)*

### **Публикации:**

1. Долговесов Б., Лаврентьев М., Морозов Б., Тарасовский А., Мазурок Б. Технология «погружения» лектора в интерактивную виртуальную среду // Высшее образование в России, 2008, № 2. С. 134–138.
2. Vyatkin S., Dolgovesov B. Triangulation of functionally defined objects // Proc. of 9th International Conference "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (PRIA – 9 -2008) (Nizhni Novgorod, Russia, September 14–20, 2008), vol. 2. P. 311–314.
3. Vyatkin S. Complex Surface Creation Using Perturbation Functions // Computer Graphics and Geometry. Spring: vol. 10, № 1, 2008. P. 39–65.  
<http://www.cgg-journal.com/2008-1/03.htm>
4. Вяткин С.И. Преобразование полигональных моделей в функционально базируемые объекты // Международный научно-технический журнал «Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах», № 1, 2008, Хмельницкий национальный университет, г. Хмельницкий, Украина, 2008. С. 146–150.
5. Долговесов Б.С., Мазурок Б.С., Ванданов В.Г. Интерактивная система визуализации для Web приложений // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2008, т. 6, вып. 3. С. 88–93.
6. Лысаков К.Ф., Шадрин М. Ю. Особенности применения программируемой логики для задач потоковой обработки изображений // Вестник НГУ, 2008. Серия «Информационные технологии» (в печати).

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 5.2.** Современные проблемы химии материалов, включая наноматериалы.

**ПРОГРАММА 5.2.2. Рост и свойства кристаллов. Координатор акад. Ф.А. Кузнецов.**

**Проект 5.2.2.1. Исследование принципов построения и разработка автоматизированных систем моделирования, диагностики и управления процессами выращивания кристаллов. № гос. рег. 01.2.007 04681.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория интегрированных информационных систем управления** (ответственный исполнитель н.с. Перебейнос С.В.).

**Лаборатория информационной оптики** (ответственный исполнитель к.т.н. Михляев С.В.).

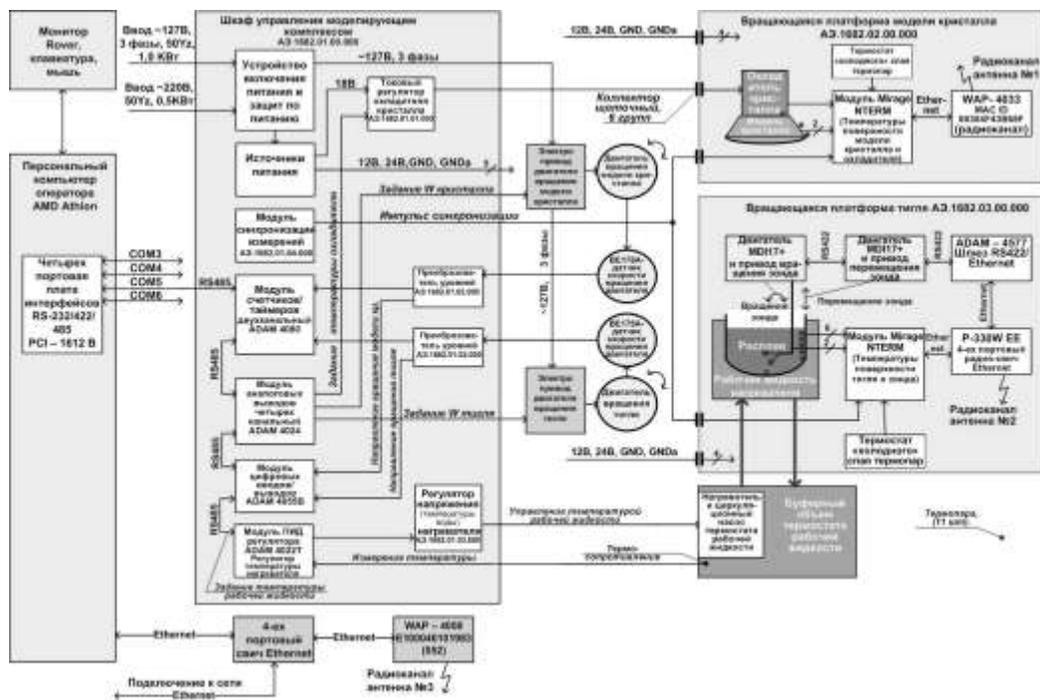
**Тематическая группа языковых средств проектирования информационных систем управления** (ответственный исполнитель к.т.н. Зюбин В.Е.).

**Отдел ИЦ-2** (ответственный исполнитель Литвинцев В.И.).

Научный руководитель **к.т.н. Лубков А.А.**

*1. Экспериментальные исследования процесса тепломассопереноса при выращивании кристаллов с помощью созданной информационно-управляющей системы (ответственный исполнитель Перебейнос С.В.).*

В 2008 г. в процессе экспериментальных исследований по физическому моделированию процесса выращивания монокристаллов на моделирующем комплексе Института теплофизики СО РАН, оснащённом информационно-управляющей системой, разработанной Институтом автоматики и электрометрии СО РАН (рис. 2.54), были выполнены существенные изменения аппаратуры и программного обеспечения.

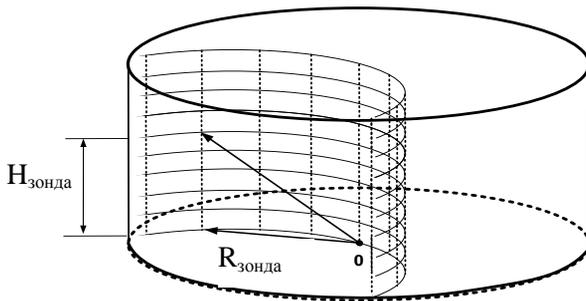


**Рис. 2.54.** Информационно-управляющая система моделирующего комплекса выращивания крупногабаритных монокристаллов

С целью снижения инструментальных погрешностей каналов измерения температур проведена схемная доработка многоканальных термопарных датчиков Mirage-N. Для этого в каждый измерительный канал модуля был добавлен инструментальный малошумящий усилитель, а также уменьшен диапазон измерения температур до значений  $0 \div 60^\circ\text{C}$ , который соответствует реальной температуре модели расплава и кристалла. Проведены испытания доработанной аппаратуры, достигнута частота измерений до 1.4 КГц на измерительный канал при погрешности  $0.05^\circ\text{C}$ .

Изменена схема управления охладителем кристалла Пельтье. ШИМ-драйвер охладителя кристалла заменен аналоговым регулятором тока. Это позволило уменьшить наводки на измерительные каналы термопарных модулей до уровня, эквивалентного  $0.02^\circ\text{C}$ .

Доработано программное и методическое обеспечение для управления измерительным зондом: вместо использования цилиндрических координат предложен и реализован механизм управления позиционированием зонда в декартовых координатах, привязанных к оси тигля, – по глубине погружения и радиусу от оси тигля (рис. 2.55). Разработана и реализована



**Рис. 2.55.** Зонд и его координатная система



процедура калибровки координатной системы, обеспечивающая погрешность позиционирования зонда до 0.1 мм.

Режим задания схем эксперимента доработан автоматизированным средством описания схемы эксперимента для измерения температур в заданной области в расплаве. Схема эксперимента задается средствами анкетного программирования с возможностью последующей коррекции и контроля ошибок.

Проведено комплексное тестирование стенда в автоматическом режиме с получением тестового массива экспериментальных данных. В качестве тестовых параметров были заданы:

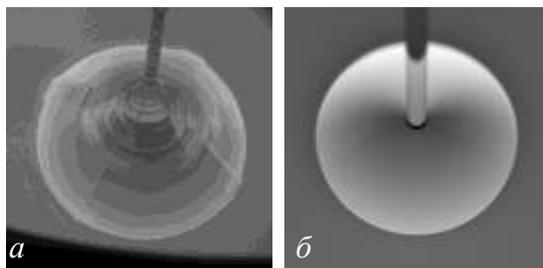
- угловая скорость вращения кристалла,  $W_{\text{кр}} = 4.0$  об/мин;
- угловая скорость вращения тигля,  $W_{\text{тиг}} = 2.0$  об/мин;
- температура кристалла,  $T_{\text{кр}} = 20^\circ\text{C}$ ;
- температура расплава,  $T_{\text{расп}} = 24^\circ\text{C}$ ;

- глубина исследуемого слоя 10 мм (на высоте расплава 120–110 мм);
- диапазон расстояния от оси тигля 120 мм ( $R_{\text{зонда}}$  от 0–120 мм),
- дискретность зондирования по вертикали и горизонтали 1 мм,
- время зондирования в точке,  $T_{\text{изм}} = 10$  с.

(Лаборатория интегрированных информационных систем управления.)

2. Исследование информационных характеристик и методов обработки оптических сигналов дистанционной диагностики процесса выращивания кристаллов из высокотемпературного расплава (ответственный исполнитель к.т.н. Михляев С.В.).

Для изучения процесса формирования изображения мениска, исследования его структуры и информационных характеристик разработано специализированное программно-алгоритмическое обеспечение, которое позволяет синтезировать монохроматические изображения зоны кристаллообразования (рис. 2.56), соответствующие на практике применению в системе формирования изображений узкополосных спектральных фильтров, с заданным разрешением при различных значениях геометрических, технологических и физических параметров, а также анализировать полученные изображения, используя различные алгоритмы для выделения контура кристалла и аппроксимации точек границы окружностью.



**Рис. 2.56.** Реальное (а) и синтезированное (б) изображения кристалла при выращивании его конусной части ( $R \sim 20$  мм)

Методами численного моделирования проведено исследование информационных характеристик изображения зоны кристаллообразования, формируемого оптической проекционной системой при выращивании кристаллов из высокотемпературного расплава методом Чохральского.

Исследовано явление параллакса изображения мениска кристалла, возникающее при вариациях геометрических параметров трехмерной сцены, формирующей изображение зоны кристаллообразования. Установлено, что из-за параллакса форма границы мениска, определяемая точками перегиба радиального распределения интенсивности во внешней части изображения мениска, отличается от окружности даже при коррекции перспективных искажений изображения, что приводит к зависимости вычисляемого радиуса кристалла от величины центрального угла аппроксимирующей границу дуги.

Получены оценки погрешности измерения диаметра выращиваемого кристалла, обусловленные параллаксом; показано, что для кристаллов большого диаметра (порядка 200 мм) погрешности измерения могут со-

ставлять единицы миллиметров. Установлено, что снижение зависимости погрешностей измерений от вариаций радиуса кристалла может быть обеспечено при надлежащем выборе положения плоскости измерения, что в значительной степени определяется метрологическими характеристиками используемой системы контроля уровня расплава.

*(Лаборатория информационной оптики.)*

### **Публикации:**

1. Михляев С.В. Исследование неитерационного метода наименьших квадратов для оценивания параметров аппроксимирующей окружности // Журнал «Вычислительные технологии», 2008, т. 13, № 5. С. 41–50.
2. Михляев С.В. Оценка параллакса изображения мениска выращиваемого кристалла // Оптический журнал, 2008, т. 75, № 1. С. 66–70.
3. Михляев С.В., Потатуркин О.И. Информационные характеристики изображения зоны кристаллообразования в методе Чохральского // Автметрия, 2008, т. 44, № 6. С. 35–48.
4. Михляев С.В. Системы технического зрения для контроля геометрии выращиваемого кристалла // VIII Международная конференция «Прикладная оптика–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 20–24 октября, 2008). Сборник трудов, т. 1. С. 62–66.

*3. Исследование и оптимизация характеристик силовых импульсных преобразователей энергии для регулируемого источника питания нагревателя ростовой установки (ответственный исполнитель Литвинцев В.И.).*

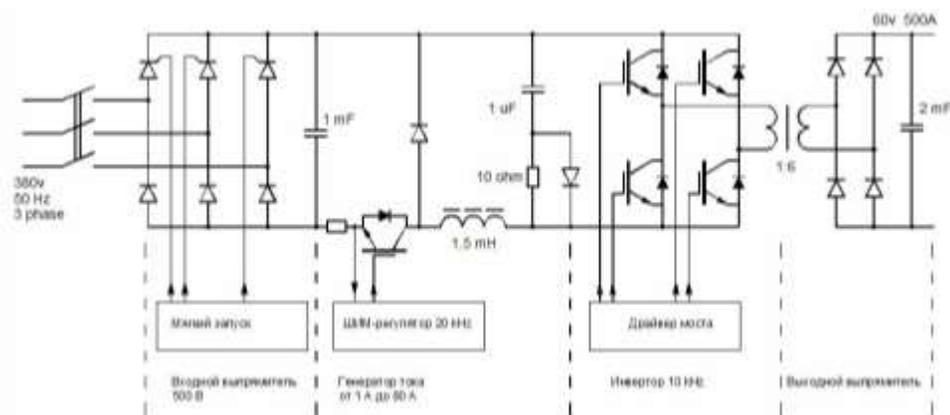
Технические требования к регулируемому источнику питания нагревателя ростовой установки:

- мощность на начальной стадии расплава (1–3 часа) максимальная (100%);
- мощность на стадии роста кристалла 10–50% от максимальной;
- высокая точность регулирования мощности (погрешность <1%);
- длительность непрерывной работы не менее 100 часов;
- высокая надежность;
- высокий КПД источника.

Таким требованиям удовлетворяет импульсный преобразователь электроэнергии по схеме «генератор тока – инвертор тока» (рис. 2.57). Генератор тока не боится коротких замыканий по выходу. Выходная мощность плавно регулируется от 0 до максимальной.

В схемотехнических решениях данного преобразователя для повышения помехозащищенности, надежности и КПД разработаны и применены:

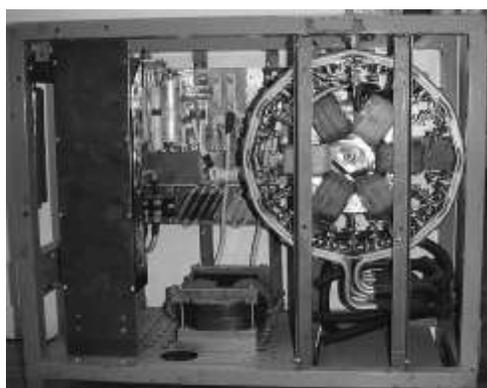
- новый способ ограничения обратного тока при восстановлении основного диода;
- высокоэффективные снабберные цепи, корректирующие траекторию рабочих точек силовых полупроводниковых элементов (IGBT-транзисторов и быстродействующих диодов);
- специальная конструкция трансформатора на тороидальном сердечнике для минимизации потерь от скин-эффекта и эффекта близости, проявляющихся при больших токах и высокой частоте преобразования;



**Рис. 2.57.** Блок-схема модуля силового преобразователя мощностью 30 кВт

Разработаны варианты схем рекуперации электроэнергии в узлах преобразователя для дополнительного повышения КПД.

Создан действующий макет силового преобразователя (рис. 2.58) на 30 кВт, на котором начаты исследования параметров узлов, диапазоны устойчивой работы, температурные режимы.



**Рис. 2.58.** Макет модуля силового преобразователя на 30 кВт

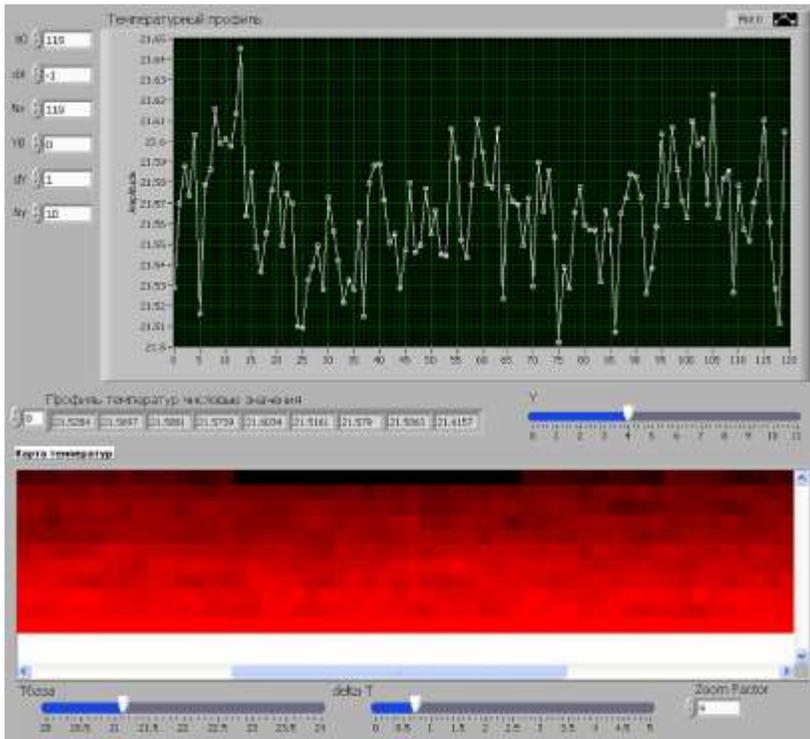
(Отдел ИЦ-2.)

*4. Поиск методов автоматизированной обработки архивов плавов для исследований режима роста кристаллов на этапе выращивания цилиндра по методу Чохральского (ответственный исполнитель к.т.н. Зюбин В.Е.).*

Реализованы и апробированы на полученном файле архива следующие автоматизированные процедуры обработки: процедура вычленения измерительных последовательностей по точкам, процедура частотного анализа последовательности в точке и процедура отображения рассчитанных средних температур в плоскости измерения.

Предложен и реализован цветовой вариант представления результатов измерений температуры в плоскости (рис. 2.59). Интерфейс оператора предусматривает простую настройку изображения по градиенту и границам температур, что обеспечивает приемлемое представление результатов экс-

перимента даже в низкоградиентных случаях, сравнимых с погрешностями проводимых измерений.



**Рис. 2.59.** Профиль температуры в вертикальной плоскости сечения тигля, проходящей через центр симметрии

*(Тематическая группа языковых средств проектирования информационных систем управления.)*

### **3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ. ДРУГИЕ ПРОГРАММЫ СО РАН**

Институт в 2008 году проводил исследования по следующим интеграционным проектам (ИП) СО РАН:

#### **3.1. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИП**

3.1.1. Комплексное исследование генетических механизмов нарушений поведения животных и человека на генном, клеточном, организменном и популяционном уровнях. Роль серотонина мозга (ИП № 5, ответственный исполнитель д.т.н. Киричук В.С.).

3.1.2. Природа микрогетерогенности литосферной мантии (ИП № 7, ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Малиновский В.К.).

3.1.3. Алгоритмическое и методическое обеспечение математических проблем геофизики на информационно-аналитическом сервере «Математические проблемы геофизики» (ИП № 10, ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.-мл.).

3.1.4. Лучевые технологии синтеза микроструктурированных компонентов для офтальмологии, микрооптики и микрофотоэлектроники с применением новых оптических гибридных материалов (ИП № 15, координатор д.т.н. Коронкевич В.П.).

3.1.5. Новые технологии трехмерной голографической памяти (ИП № 17, координатор д.т.н. Твердохлеб П.Е.).

3.1.6. Разработка принципов построения оптоволоконных лазерных систем для применений в оптической связи и обработке материалов (ИП № 31, координатор чл.-корр. РАН Шалагин А.М.).

3.1.7. Развитие физико-химических основ фотонно-кристаллических структур для СВЧ- и оптоэлектронной техники (ИП № 33, ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Плеханов А.И.).

3.1.8. Древовидный каталог математических интернет-ресурсов (ИП № 35, ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Трофимов О.Е.).

3.1.9. Терагерцовая релаксация и кооперативная динамика молекул в неупорядоченных средах, модельных и биологических мембранах (ИП № 50, координатор от ИАиЭ д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.).

3.1.10. Фотоника наноразмерных самоорганизующихся сред: разработка новых оптических устройств и эффективных нелинейно-оптических материалов для видимой и ближней ИК-области (ИП № 65, координатор чл.-корр. РАН Шалагин А.М.).

3.1.11. Туннельная спектроскопия фотохромных систем на полупроводниковых гетероструктурах (ИП № 77, ответственный исполнитель д.т.н. Потатуркин О.И.).

3.1.12. Создание физической модели и исследование процессов выращивания крупногабаритных монокристаллов кремния (ИП № 84, ответственный исполнитель к.т.н. Лубков А.А.).

3.1.13. Геодинамическая модель взаимодействия Евразийской, Североамериканской и Тихоокеанской литосферных плит на Северо-Востоке Азии (ИП № 87, ответственный исполнитель к.т.н. Арнаутов Г.П.).

3.1.14. Атомная и электронная структура диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью и квантовых точек в них (ИП № 97, ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Насыров К.А.).

3.1.15. Пространственные режимы течений в неизотермических и реагирующих пленках жидкости (ИП № 111, ответственный исполнитель д.т.н. Потатуркин О.И.).

## 3.2. КОМПЛЕКСНЫЕ ИП

3.2.1. Исследование фундаментальных проблем создания интеллектуальных подводных роботов для изучения и освоения минеральных, биологических и энергетических ресурсов океана (ИП № 1.4, ответственный исполнитель д.т.н. Золотухин Ю.Н.).

3.2.2. Развитие адаптивных систем коррекции изображения для наземных телескопов (ИП № 3.2, ответственный исполнитель д.т.н. Полеицук А.Г.).

3.2.3. Лазерное охлаждение нейтральных атомов и их применение в спектроскопии, стандартов частоты логических элементов (ИП № 3.6, координатор д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.).

3.2.4. Оптические, магнитометрические и калорические эффекты в диэлектриках, магнетиках и релаксорах (ИП № 3.7, координатор от ИАиЭ д.ф.-м.н. Малиновский В.К.).

3.2.5. Разработка физических основ элементной базы оптоэлектронных информационно-измерительных систем на волоконно-оптических брэгговских дифракционных решетках (ИП № 3.8, координатор от ИАиЭ чл.-корр. РАН Шалагин А.М.).

3.2.6. Исследование физических принципов формирования последовательности многоспектральных изображений реальных сцен: методы анализа и интерпретации в системах технического зрения видимого и инфракрасного диапазонов (ИП № 3.9, координатор от ИАиЭ д.т.н. Потатуркин О.И.).

3.2.7. Получение и исследование сверхузких оптических резонансов с целью создания лазерного стандарта частоты со стабильностью  $\sim 10^{-16}$  для прецизионных измерений и оптоволоконных линий связи (ИП № 3.11, ответственный исполнитель от ИАиЭ д.ф.-м.н. Бабин С.А.).

3.2.8. Разработка физических принципов и технологии создания ИК-фотоприемников на основе гетероструктур кадмий–ртуть–теллур и диагно-

стических систем нового поколения (*ИП № 3.20, ответственный исполнитель д.т.н. Потатуркин О.И.*).

### 3.3. ЗАКАЗНОЙ ИП

3.3.1. Разработка и создание комплекса дистанционной диагностики на основе оптико-информационных и полупроводниковых технологий для исследования многофазных реагирующих потоков (*ИП № 4, координатор от ИАиЭ чл.-корр. РАН Шалагин А.М.; ответственный исполнитель д.т.н. Потатуркин О.И.*).

### 3.4. ПРОЕКТЫ ПО ПРОГРАММАМ СО РАН «ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ», «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ», «НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

3.4.1. Автоматизированная установка «Поток».  
(*Лаборатория оптических информационных систем.*)

3.4.2 Анализатор МАЭС для спектрографа PGS-2.  
(*Лаборатория оптических информационных систем.*)

3.4.3. Датчик волнового фронта, оптимизированный для измерения волновых фронтов, формируемых мультифокальными оптическими элементами.

(*Лаборатория дифракционной оптики.*)

3.4.4. Система дистанционной диагностики высокотемпературных процессов.

(*Лаборатория информационной оптики совместно с Тематической группой аналого-цифровых систем.*)

3.4.5. В рамках проекта «Разработка зеленого волоконного лазера для изучения синтетических и биологических мембран» изготовлен опытный образец для использования в качестве источника излучения рамановского спектрометра ЦКП по спектроскопии ИАиЭ СО РАН.

(*Лаборатория волоконной оптики совместно с ООО «Новолазер».*)

3.4.6. Разработка метода перевода неэффективных открытых схем теплоснабжения на активно управляемые системы с комбинированными источниками тепловой энергии на примере энергоснабжения объектов СО РАН (заказной проект).

(*Лаборатория информационной оптики совместно с ИСЭМ СО РАН, ИТ СО РАН, КТИ ВТ СО РАН, ИК СО РАН, ИТПМ СО РАН.*)

3.4.7. Разработка многоспектральной системы диагностики генерации, передачи и релаксации возбуждений с субпикосекундным разрешением».

(*Лаборатория информационной оптики совместно с ООО «Корвет».*)

### 3.5. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ СО РАН

3.5.1. В рамках экспедиционного гранта Президиума СО РАН «Комплексная экспедиция прецизионных наблюдений неприливных вариаций гравитационного поля в сейсмоактивных районах Алтая, Байкала и Дальнего Востока» выполнен проект «Мониторинг вариаций гравитационного поля, наклонов и деформаций земной коры для исследования геодинамических процессов в Центральной и Северо-Восточной Азии»

*(Руководитель экспедиции к.т.н. Арнаутков Г.П.)*

## **4. ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕЗИДИУМА И ОТДЕЛЕНИЙ РАН**

### **4.1. ПРОГРАММЫ ПРЕЗИДИУМА РАН**

Институтом выполнено 7 проектов в 5 программах Президиума РАН.

**4.1.1. Программа «Фемтосекундная оптика и новые оптические материалы» (№ 2, координаторы: *акад. С.Н. Багаев, акад. А.В. Гапонов-Грехов, акад. Е.М. Дианов*).**

4.1.1.1. Фемтосекундные лазерные методы записи/детектирования микроструктур в 3D оптических регистрирующих средах (*научный руководитель д.т.н. Твердохлеб П.Е.*).

4.1.1.2. Получение и исследование новых режимов генерации волоконных лазеров (*научный руководитель д.ф.-м.н. Бабин С.А.*).

**4.1.2. Программа «Разработка методов получения новых химических веществ и создание новых материалов» (№ 8, координаторы: *акад. М.В. Алфимов, акад. Н.Т. Кузнецов, акад. Р.З. Сагдеев, акад. В.А. Тартаковский, чл.-корр. РАН К.А. Солнцев, акад. С.М. Алдошин, акад. Ю.К. Ковнеристый*).**

4.1.2.1. Влияние структурной организации на наномасштабах на свойства фаз, полученных из аллотропных модификаций углерода при высоких Р, Т параметрах (*научный руководитель д.ф.-м.н. Малиновский В.К.*).

4.1.2.2. Фотоника наноразмерных самоорганизующихся ансамблей органических красителей (*научный руководитель д.ф.-м.н. Плеханов А.И.*).

**4.1.3. Программа «Математические методы нелинейной динамики» (№ 13, координаторы *акад. Л.Д. Фаддеев и чл.-корр. РАН Е.А. Кузнецов*).**

4.1.3.1. Развитие теории нелинейно-волновых явлений в оптических линиях связи, лазерных системах и фоторефрактивных средах (*научный руководитель д.ф.-м.н. Комаров К.П.*).

**4.1.4. Программа «Фундаментальные проблемы информатики и информационных технологий» (№ 14, координатор *акад. Ю.И. Журавлев*).**

4.1.4.1. Суперразрешение цифровых сигналов и фотоматричных изображений: методы, алгоритмы и программы (*научный руководитель д.т.н. Киричук В.С.*).

**4.1.5. Программа «Изменение окружающей среды и климата: природные катаклизмы» (№ 16, координаторы: *акад. Н.П. Лаверов, акад. В.М. Котляков, акад. Г.А. Жеребцов*).**

4.1.5.1. Динамика деформационных процессов в сейсмоактивных регионах Центральной Азии и в очаговых зонах сильных землетрясений (*научный руководитель акад. Гольдин С.В., ответственный исполнитель от ИАиЭ СО РАН к.т.н. Арнаутов Г.П.*).

## 4.2. ПРОГРАММЫ ОТДЕЛЕНИЙ РАН

Выполнено 5 проектов в 3 программах Отделения физических наук РАН.

**4.2.1. Программа «Новые материалы и структуры» (№ 2.5, координатор д.ф.-м.н. В.В. Кведер).**

4.2.1.1. Исследование специфики упорядочения на нанометровых масштабах в стеклах и углеродных композитах (*научный руководитель д.ф.-м.н. Малиновский В.К.*).

**4.2.2. Программа «Лазерные системы, основанные на новых активных материалах, и оптика структурированных материалов» (№ 2.9, координатор чл.-корр. РАН И.А. Щербаков).**

4.2.2.1. Оптические, спектральные и генерационные свойства нанокompозитов, упорядоченных наноструктур (фотонных кристаллов) и специальных оптических волокон (*научные руководители: д.ф.-м.н. Плеханов А.И., д.ф.-м.н. Бабин С.А.*).

4.2.2.2. Изучение строения наноструктурированных аморфных материалов и исследование трансформации их структуры (*научный руководитель д.т.н. Твердохлеб П.Е.*).

**4.2.3. Программа «Оптическая спектроскопия и стандарты частоты» (№ 2.10, координатор д.ф.-м.н. Е.А. Виноградов).**

4.2.3.1. Исследование нелинейных резонансных и нерезонансных спектроскопических эффектов в ионных, атомных и молекулярных многоуровневых средах, взаимодействующих с сильным полем (*научный руководитель чл.-корр. РАН Шалагин А.М.*).

4.2.3.2. Когерентная нелинейная спектроскопия холодных атомов рубидия (*ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.*).

## 5. ГРАНТЫ РФФИ И ДРУГИЕ ГОСКОНТРАКТЫ

В 2008 году Институт выполнил 20 проектов по грантам РФФИ:

№ п/п	№ проекта	Руководитель
1	07-02-00954-а	Шалагин А.М.
2	06-02-16415	Чаповский П.Л.
3	06-02-08134	Чаповский П.Л.
4	07-02-12037	Шалагин А.М.
5	06-02-16172	Малиновский В.К.
6	06-03-32334	Суровцев Н.В.
7	08-08-00577	Соболев В.С.
8	08-02-12009- офы	Стусь Ю.Ф.
9	07-02-00552-а	Шапиро Д.А.
10	07-02-00301-а	Подивилов Е.В
11	06-02-17408-а	Черных А.И.
12	06-01-00653	Резник А.Л.
13	08-07-12040 -офы	Долговесов Б.С.
14	07-07-00251-а	Белусова О.Н.
15	08-07-00306	Яценко А.С.
16	08-02-09277	Никулин М.А.
17	08-02-08736	Ерофеев В.И.
18	06-08-01361	Гулев В.С.
19	06-07-89144	Твердохлеб П.Е.
20	07-02-07003	Яценко А.С.

В рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» по госконтракту выполнен проект «Исследование и разработка методов получения упорядоченных наноструктурированных пленок, основанных на процессах само-

сборки ансамблей коллоидных наночастиц и наноструктур» (Госконтракт № 02.513.11.3167, ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Плеханов А.И.).

В 2008 г. также получены гранты Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-1527.2008.2 (руководители: члены-корреспонденты РАН [Раутиан С.Г.] и Шалагин А.М.) и государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук № МД-5338.2008.2 (проект «Исследование релаксационной динамики молекул в стеклюющихся и биологических материалах методом комбинационного рассеяния света», лаб. 04, д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.).

Сотрудниками Института выполнены проекты в рамках грантов Президента РФ поддержки научных школ РФ «Изучение формирования когерентных структур в нелинейных средах и системах», научный руководитель д.ф.-м.н. Комаров К.П., грант НШ-7550.2008.2 (школа академика Захарова В.Е., чл.-корр. РАН Кузнецова Е.А.) и «Изучение статистических свойств сильно неравновесных систем», научный руководитель к.ф.-м.н. Черных А.И., грант НШ-4930.2008.2 (школа чл.-корр. РАН Лебедева В.В.).

## 6. РАЗРАБОТКИ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИКЕ

### 6.1. Способы и технологии нанесения защитной и идентифицирующей маркировки на изделия из технической керамики с покрытием из глазури методами лазерной размерной микрообработки

#### *Характеристика*

В рамках НИР разработана лазерная технология маркировки изделий из электротехнической керамики марки ВК95 с использованием лазерного маркера на основе волноводного СО<sub>2</sub>-лазера. Отработана методика лазерной маркировки изделий из неглазурированной электротехнической керамики. Определены оптимальные технологические режимы лазерной маркировки способом термомодификации и термофиксации красящих композиций на основе водно-спиртовых суспензий неорганических минеральных пигментов на поверхности керамических изделий в соответствии со спецификацией Заказчика. Определены рецептуры составов маркирующих композиций, обеспечивающие высокую температурную и химическую стойкость подглазурной маркировки при последующих технологических циклах высокотемпературной обработки в агрессивных атмосферах керамических изделий.

#### *Иллюстрации*



**Рис. 6.1.** Образцы изоляторов из керамики ВК95 с выполненной маркировкой

#### *Технико-экономические преимущества*

Выбором определенного типа жаропрочных окислов, буферных и пигментных добавок решена задача высокотемпературной подглазурной маркировки, обладающей высокой химической и температурной стабильностью. Повышенная температурная и химическая стабильность маркировки позволяет сохранять удовлетворительные изобразительные характери-

стики (цвет, контрастность, разрешающую способность) в процессе технологической переработки изделий из керамики в условиях длительного воздействия высоких температур и агрессивных окислительных и восстановительных атмосфер.

Время маркировки изделия при заданных параметрах сканирования (средняя мощность 5–7 Вт, скорость сканирования 0.1 м/с, размер пятна сфокусированного лазерного излучения 0.1 мм) не превышает 15 с и ограничивается быстродействием сканеров Модель 6450 блока двухкоординатного сканирования. Использование современных сканеров с временем позиционирования порядка 0.2 мс позволит уменьшить время маркировки в 5–10 раз при использовании лазера средней мощностью 30–35 Вт.

#### *Области применения*

Электротехническая промышленность.

#### *Уровень практической реализации*

Разработан лабораторный образец оборудования для лазерной маркировки изделий из керамики, технология подглазурной цветной и черно-белой маркировки, выполнена маркировка опытных партий изделий.

#### *Патентная защита*

В стадии оформления два патента.

#### *Коммерческие предложения*

Заключение договоров на поставку оборудования и технологии.

#### *Ориентировочная стоимость*

1 000 000 рублей.

## **6.2. Прецизионный лазерный комплекс пятикоординатной микрообработки материалов на основе мощного твердотельного лазера с диодной накачкой**

#### *Характеристика*

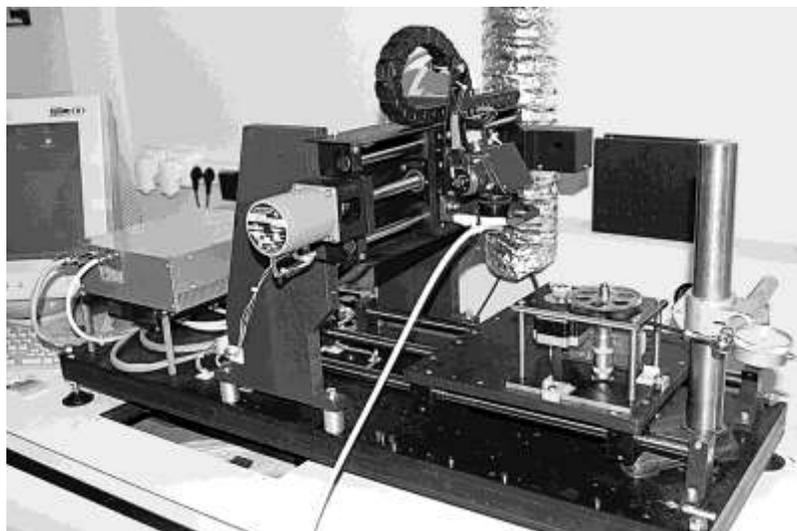
Универсальный лазерный комплекс предназначен для исследования новых технологий 5-мерной микро- и нанообработки; создания экспериментальных прецизионных элементов новой техники, в том числе микро-механики, методом лазерной прецизионной обработки с помощью наносекундных импульсов ИК и видимого диапазона мощного лазера; микро- и наномодификации поверхности; изготовления нанопорошков.

#### ***Основные технические характеристики:***

Способ сканирования лазерного луча	векторный, растровый
Скорость обработки, мм/с	1–200
Максимальный размер плоскости обработки, мм	200×280
Разрешение по XY, нм	50
Воспроизводимость XY, мкм	0.1
Точность XY, мкм	2
Разрешение по Z, мкм	5

Разрешение по $\varphi_{xy}$		3'
Разрешение по $\varphi_{xz}$		3'
Обрабатываемые материал	металлы, пластмассы обладающие высоким поглощением на длинах волн 1.06, 0.53 мкм	
Размеры лазерного комплекса, мм		2000×1000×1600

### *Иллюстрации*



**Рис. 6.2.** Фото лазерного комплекса 5-координатной микрообработки

### *Технико-экономические преимущества*

Особенностью комплекса является возможность обработки материалов и изделий при взаимном одновременном движении лазерного луча и обрабатываемого материала по XYZ-координатам при вращении обрабатываемой детали по двум осям, причем перемещение по XY задается с точностью до 100 нм, а излучение фокусируется в пятно размером менее 7 мкм.

Применение системы управления положением лазерного луча на основе подхода составного сканирования и реализация алгоритмов управления с помощью специализированного контроллера на базе быстродействующего DSP-процессора в реальных системах записи позволяет создать комплекс с уникальными характеристиками по быстродействию и точности.

### *Области применения*

Научные исследования, производство изделий микротехники, наноматериалов, разработка специальных технологий лазерной размерной микро- и нанообработки новых материалов.

### *Уровень практической реализации*

Изготовлен опытный образец. Проведены тестовые и производственные испытания.

## Патентная защита

Патенты могут быть выданы, но заявки пока не подавались.

## Коммерческие предложения

Договор на изготовление и поставку продукции.

## Ориентировочная стоимость

~3 000 000 руб.

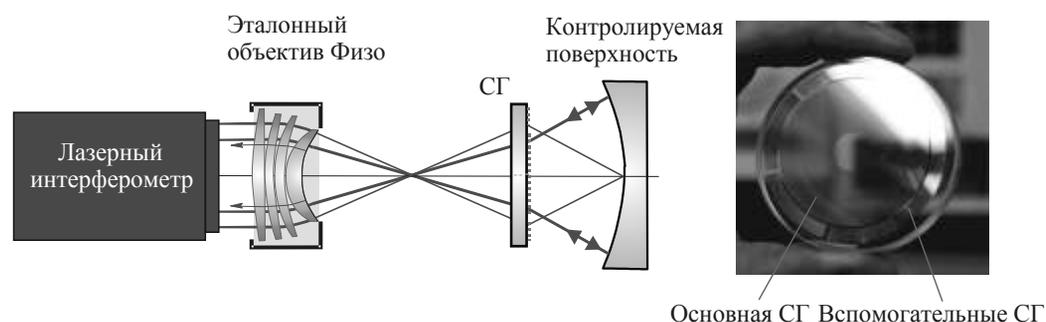
### 6.3. Компьютерно-синтезированные голограммы для контроля асферической оптики

#### Характеристика

Синтезированная голограмма (СГ) – это оптическая пластинка, на одной из сторон которой нанесена дифракционная структура, рассчитанная с помощью компьютера и изготовленная методами прецизионной лазерной литографии и ионного травления. СГ позволяет осуществлять высокоточное преобразование формы волнового фронта лазерного излучения и обеспечить дистанционный (расстояние 10–15 м и более) трехмерный нанометрический (точность 2–5 нм) контроль формы сферических, асферических и нетипичных оптических поверхностей большого размера в условиях производства (т. е. при наличии дестабилизирующих факторов).

В ИАиЭ СО РАН разработаны методы расчета и изготовления СГ для высокоточного контроля асферических поверхностей с использованием лазерного интерферометра.

#### Иллюстрации



**Рис. 6.3.** Пример использования СГ в качестве корректора волнового фронта лазерного интерферометра Физо и внешний вид типичной СГ для контроля асферического зеркала. СГ преобразует сферический волновой фронт на выходе интерферометра в асферический. Для правильной установки СГ относительно интерферометра и поверхности используются дополнительные голограммы вне основной зоны

#### Технико-экономические преимущества

Применение для контроля асферики комбинированных компьютерно-синтезированных голограмм, совмещающих в одной дифракционной

структуре несколько оптических элементов интерферометра, обеспечивает снижение стоимости устройства, высокую точность измерений, возможность контроля с нанометровой точностью крупногабаритных изделий, например зеркал телескопов в условиях производства. Принципиально новым также является метод синтеза прецизионных голограмм с использованием круговой лазерной записывающей системы (диаметр СГ до 300 мм, минимальные размеры структуры 0.5 мкм, точность 20–50 нм), позволяющий сертифицировать изготавливаемую голограмму.

#### *Области применения*

Оптическое приборостроение, астрономия, научные исследования.

#### *Уровень практической реализации*

Научно-техническая документация, технология изготовления, опытные образцы.

#### *Патентная защита*

Два патента РФ.

#### *Коммерческие предложения*

Расчет, изготовление и поставка СГ под заказ. Контроль асферики заказчика. Продажа лицензии.

#### *Ориентировочная стоимость*

Определяется после согласования технического задания.

### **6.4. Высоковольтный генератор регулируемого знакопеременного напряжения (ВГРЗН)**

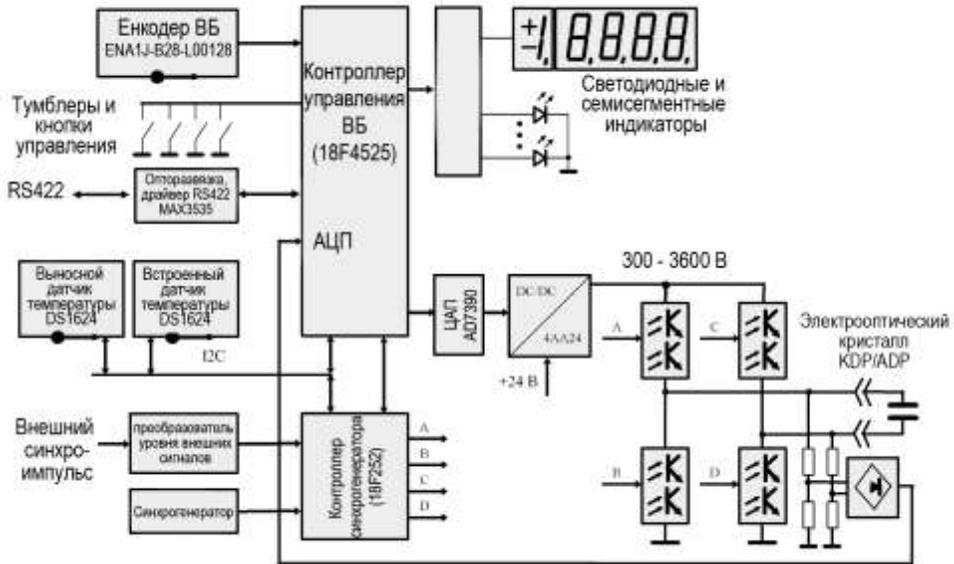
#### *Характеристика*

Формирование регулируемого по амплитуде высоковольтного напряжения; периодическое изменение знака полярности выходного напряжения.

Диапазон регулирования выходного напряжения при токе нагрузки до 4 мА	от 300 В до 3600 В
Длительность периода переключения полярности выходного напряжения	от 0.5 мс до 10 с; либо изменение знака полярности выходного напряжения по заданию оператора
Отличие амплитуд напряжений на нагрузке $I+U_{н1}$ , $I-U_{н1}$	не более 0.1%
Отличие длительностей положительной и отрицательной фазы	не более 0.01%
Нагрузка	емкостная, до 150 пФ

Величина выходного напряжения устанавливается микроконтроллером 18F4525 и передается в ЦАП AD7390, выходное низковольтное значение которого пропорционально высоковольтному напряжению, формируемому DC/DC преобразователем 4AA-24-P20. Управление высоковольтным

генератором осуществляется либо от ПК по каналу RS422, либо в автономном режиме – от тумблеров, кнопок управления и энкодера.



**Рис. 6.4.** Блок-схема высоковольтного генератора знакопеременного напряжения

Момент изменения полярности выходного напряжения определяется синхροгенератором 18F252 микроконтроллера.

В высоковольтном коммутаторе используется мостовая схема (ключи А, D и В, С, каждый из двух транзисторов). Переключающий элемент высоковольтного ключа – биполярный транзистор (2SC4710LS) с максимально допустимым напряжением коллектор-эмиттер – 2100 В. Каждый ключ управляется от отдельного гальванически развязанного DC/DC преобразователя P6LU и оптрона H11L1. Генератор обеспечивает линейный фронт нарастания напряжения на нагрузке с крутизной 200 В/мкс.

*Иллюстрации*



**6.5.** Внешний вид высоковольтного генератора

*Технико-*

### *экономические преимущества*

В вентилируемом корпусе размером 265×185×95 мм реализован микропроцессорный высоковольтный генератор регулируемого знакопеременного напряжения, управляемый от компьютера по каналу RS-422 либо оператором с помощью тумблеров, кнопок и энкодера, расположенных на крышке корпуса.

### *Области применения*

Проведение физических экспериментов с использованием высоковольтных знакопеременных или постоянных напряжений.

Управление углом поляризации электрооптических модуляторов на основе кристаллов KDP и DKDP.

### *Уровень практической реализации*

Лабораторный макет, предназначенный для проведения поляризационных измерений в составе системы управления Солнечного телескопа оперативных прогнозов Саянской солнечной обсерватории (пос. Монды) Института солнечно-земной физики СО РАН.

### *Патентная защита*

Заявка не подавалась.

### *Коммерческие предложения*

Договор на изготовление и поставку продукции, договор о дальнейших исследованиях и разработках, направленных на расширение диапазона генерируемых напряжений и токов.

### *Ориентировочная стоимость*

Изготовление макетного образца высоковольтного генератора регулируемого знакопеременного напряжения – 100 000 руб.

## **6.5. Блок управления электрооптическим затвором БУЗ-4**

### *Характеристика*

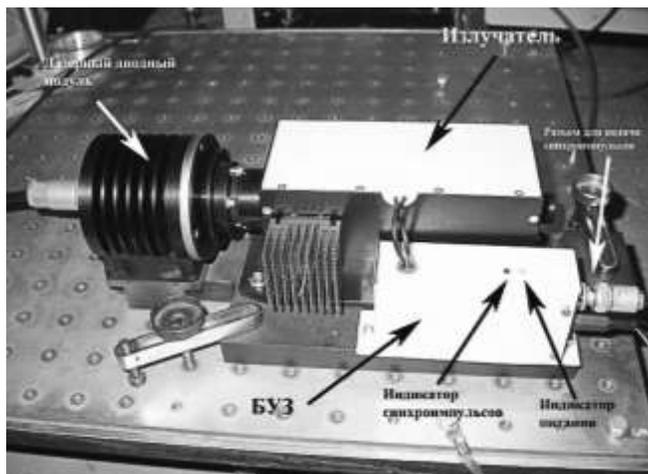
БУЗ-4 предназначен для управления лазерным излучением в промышленных и исследовательских установках; формирует высоковольтные импульсы с наносекундным фронтом.

Напряжение импульса регулируется в пределах	2.5–5.0 кВ
Длительность импульса	1 мкс
Время нарастания переднего фронта импульса	до 5 нс
Емкость электрооптического кристалла	10–100 пФ
Максимальная частота управляющих импульсов	10 кГц

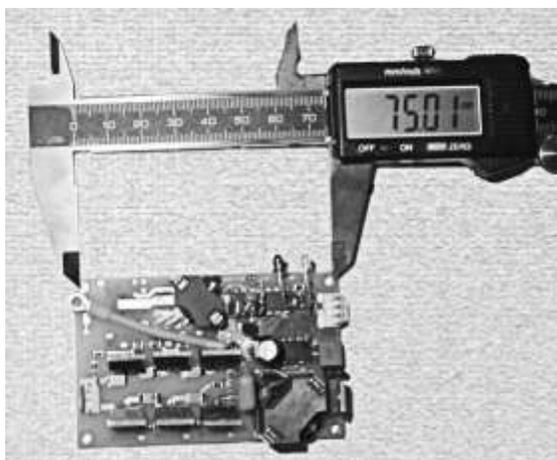
### *Технико-экономические преимущества*

Конструкция БУЗ-4 малогабаритная, тиражируемая, с высоким КПД, параметры импульсов позволяют создавать высококачественные лазерные установки.

## Иллюстрации



**Рис. 6.4.** БУЗ-4 в составе лазерной установки



**Рис. 6.5.** БУЗ-4 без корпуса

### *Области применения*

Лазерная маркировка, научные исследования (сверхкороткие мощные лазерные импульсы).

### *Уровень практической реализации*

Начальная стадия производства. Несколько модификаций.

Имеется заинтересованность от Институтов СО РАН и от фирмы в Германии.

### *Патентная защита*

Патенты могут быть выданы, но заявка пока не подавалась.

### *Коммерческие предложения*

Соглашение о сбыте, договор о дальнейших разработках.

### *Ориентировочная стоимость*

15–25 тыс. руб. в зависимости от модификации.

## 7. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

### 7.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН В 2008 ГОДУ (на 31.12.2008)

#### Численный состав (чел.)

Общая численность	367
В том числе:	
Научных сотрудников	134
Член-корреспондентов РАН	2
Докторов наук	28
Кандидатов наук	62
Молодых (до 33 лет) специалистов (научных сотрудников)	31
Аспирантов	19

#### Публикации (шт.)

Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (отечественных)	90
Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (зарубежных)	45
Доклады в сборниках (трудах) международных конференций	73
Патенты	2
Учебные пособия	2

#### Количество проектов и договоров

По плану НИР	9
ФЦП	1
РФФИ	20
Программы РАН и СО РАН (включая интеграционные, молодежные проекты)	46
Договоры с российскими заказчиками	51

### 7.2. СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

#### **Научные лаборатории, тематические группы и их руководители**

- (01): Физики лазеров – *А.И. Плеханов, д.ф.-м.н.*  
*Physics of Lasers – A.I. Plekhanov, Dr. Sci.*
- (01-1): Твердотельных лазеров – *К.Г. Фолин, к.ф.-м.н.*  
*Solid-State Lasers – K.G. Folin, Ph. D.*

- (02): Нелинейной спектроскопии газов – *А.М. Шалагин, чл.-корр. РАН, проф.*  
 Nonlinear spectroscopy of gases – *A.M. Shalagin, Corr. Mem. of RAS, Prof.*
- (03): Нелинейной физики – *К.П. Комаров, д.ф.-м.н.*  
 Nonlinear Physics – *K.P. Komarov, Dr. Sci.*
- (04): Спектроскопии конденсированных сред – *В.К. Малиновский, д.ф.-м.н., проф.*  
 Condensed matter spectroscopy – *V.K. Malinovsky, Dr. Sci., Prof.*
- (04-1): Мощных ионных лазеров – *В.И. Донин В.И., д.ф.-м.н.*  
 High-Power Ion Lasers – *V.I. Donin, Dr. Sci.*
- (05): Оптических информационных систем – *В.А. Лабусов, к.т.н.*  
 Optical Information Systems – *V.A. Labusov, Ph. D.*
- (05-1) Многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений – *к.т.н. В.А. Лабусов.*  
 Multi-channel Analyzers of Optical and X-ray Radiation – *V.A. Labusov, Ph. D.*
- (05-2): Лазерных информационно-измерительных систем – *В.С. Соболев, д.т.н., проф.*  
 Laser Informatics-Measurement Systems – *V.S. Sobolev, Dr. Sci., Prof.*
- (06): Дифракционной оптики – *А.Г. Полещук, д.т.н.*  
 Diffractive Optics – *A.G. Poleschuk, Dr. Sci.*
- (07): Лазерной графики – *В.П. Бессмельцев, к.т.н.*  
 Laser Graphics – *V.P. Bessmeltsev, Ph. D.*
- (08): Тонкопленочных сегнетоэлектрических структур – *Э.Г. Косцов, д.ф.-м.н.*  
 Thin-Film Ferroelectric Structures – *E.G. Kostsov, Dr. Sci.*
- (09): Нечетких технологий – *Ю.Н. Золотухин, д.т.н., проф.*  
 Fuzzy Technologies – *Yu. N. Zolotukhin, Dr. Sci., Prof.*
- (10): Цифровых методов обработки изображений – *В.С. Киричук, д.т.н., проф.*  
 Digital Methods for Image Processing – *V.S. Kirichuk, Dr. Sci., Prof.*
- (10-1): Аналого-цифровых систем – *В.Н. Вьюхин, к.т.н.*  
 Analog-Digital Systems – *V.N. Vyukhin, Ph. D.*
- (11): Фотоники – *Д.А. Шапиро, д.ф.-м.н., проф.*  
 Photonics – *D.A. Shapiro, Dr. Sci., Prof.*

- (11-3): Нелинейной оптики – *Е.В. Подивилов, к.ф.-м.н.*  
*Nonlinear Optics – E.V. Podivilov, Ph. D.*
- (12): Вероятностных методов исследования информационных процессов –  
*А.Л. Резник, д.т.н.*  
*Probability Research Methods for Information Processing – A.L. Reznik,*  
*Dr. Sci.*
- (12-1): Проблем виртуальной реальности – *А.М. Ковалев, д.т.н.*  
*Problems of Virtual Reality – A.M. Kovalev, Dr. Sci.*
- (13): Программных систем машинной графики – *М.М. Лаврентьев-мл.,*  
*д.ф.-м.н.*  
*Software Systems for Computer Graphics – M.M. Lavrentyev, Dr. Sci.*
- (14): Синтезирующих систем визуализации – *Б.С. Долговесов, к.т.н.*  
*Computer Visualization Systems – B.S. Dolgovesov, Ph. D.*
- (14-1): Информатики и прикладной математики – *А.В. Лухачев, к.ф.-*  
*м.н.*  
*Informatics and Applied Mathematics – A.V. Likhachev, Ph. D.*
- (15): Информационной оптики – *О.И. Потатуркин, д.т.н., проф.*  
*Information Optics – O.I. Potaturkin, Dr. Sci., Prof.*
- (15-1): Оптико-электронных специализированных процессоров –  
*Е.С. Нежевенко, д.т.н.*  
*Optoelectronic Specialized Processors – E.S. Nezhevenko, Dr. Sci.*
- (15-2): Высокопроизводительных систем реального времени –  
*И.И. Коршевер, к.т.н.*  
*High-Performance Real-Time Systems – I.I. Korshever, Ph. D.*
- (16): Интегрированных информационных систем управления –  
*А.А. Лубков, к.т.н.*  
*Integrated Informational Control Systems – A.A. Lubkov, Ph. D.*
- (16-1): Языковых средств проектирования информационных систем  
управления – *В.Е. Зюбин, к.т.н.*  
*Linguistic Means for Design of Informational Control Systems –*  
*V.E. Zyubin, Ph. D.*
- (17): Волоконной оптики – *С.А. Бабин, д.ф.-м.н.*  
*Fiber Optics – S.A. Babin, Dr. Sci.*

### **Отделы Инженерного центра (ИЦ)**

ИЦ-2 – *В.И. Литвинцев.*

ЕС-2 – *V.I. Litvintsev.*

ИЦ-6 – *О.В. Сердюков, к.т.н.*

ЕС-6 – *O.V. Serdyukov, Ph. D.*

ИЦ-4 – *И.Н. Сквородин.*  
ЕС-4 – *I.N. Skovorodin.*

ИЦ-7 – *И.Г. Ремель.*  
ЕС-7 – *I.G. Remel.*

В 2008 г. Ученым советом Института (протокол № 08-13 от 14.10.2008) принято решение о частичном переходе ИАиЭ (лаборатории 06, 07, 09, 10, 12–16) под научно-методическое руководство Объединенного ученого совета по нанотехнологиям и информационным технологиям.

### 7.3. РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА

В 2008 г. состоялось 16 протокольных заседаний Ученого совета ИАиЭ СО РАН, на которых:

- Заслушана и обсуждена информация директора Института чл.-корр. РАН Шалагина А.М. об основных показателях деятельности ИАиЭ СО РАН в 2008 г.
- Рассмотрена и одобрена новая редакция Устава ИАиЭ СО РАН, принято Положение о конференции научных работников по принятию Устава и решение о ее проведении.
- Принято Положение о порядке стимулирующих выплат научным сотрудникам ИАиЭ СО РАН в 2008 г.
- Выдвинуты в члены РАН:
  - заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Бабин С.А.* – кандидатом в члены-корреспонденты РАН на вакансию для СО РАН по специальности «Нанотехнологии, наноматериалы»;
  - заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Косцов Э.Г.* – кандидатом в члены-корреспонденты РАН на вакансию для СО РАН по специальности «Наноэлектроника»;
  - ведущий научный сотрудник д.ф.-м.н. Новиков В.Н.* – кандидатом в члены-корреспонденты РАН по Отделению физических наук РАН на вакансию для СО РАН по специальности «Физика»;
  - заместитель директора д.т.н. Потатуркин О.И.* на вакансию для СО РАН по специальности «Нанотехнологии, нанодиагностика»;
  - главный научный сотрудник д.т.н. Твердохлеб П.Е.* – кандидатом в члены-корреспонденты РАН по Отделению нанотехнологий и информационных технологий РАН по специальности «Элементная база оптоэлектроники»;
  - заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.* – кандидатом в члены-корреспонденты РАН по Отделению физических наук РАН на вакансию для СО РАН по специальности «Физика».
- Утверждены основные научные направления Института:
  - актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе физические процессы в газах и конденсированных средах, индуцированные излучением, нелинейные явления при взаимодействии излуче-

ния со структурированными материалами, новые спектральные диапазоны и режимы генерации излучения;

- фундаментальные основы лазерных и оптических технологий, включая обработку и модификацию материалов, информатику, формирование микро- и наноструктур, диагностику, прецизионные измерения;
- архитектура, системные решения, математические модели и программно-алгоритмическое обеспечение информационно-вычислительных комплексов восприятия, анализа, отображения информации и систем управления сложными динамическими процессами.
- Одобрены заявки на соискание грантов Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ («НШ – 2008») под руководством *чл.-корр. РАН [Раутиана С.Г.]*, *чл.-корр. РАН Шалагина А.М.* и *д.т.н. Твердохлеба П.Е.*, а также заявка *с.н.с. д.ф.-м.н. Суровцева Н.В.* на соискание гранта Президента РФ для поддержки научных исследований молодых российских ученых – докторов наук («МД – 2008»).
- Рассмотрена и одобрена заявка Института на участие в конкурсе экспедиционных исследований СО РАН 2008 г. (представлена *в.н.с. к.т.н. Арнаутовым Г.П.*).
- Представлены к ученым званиям профессора – *д.т.н. Киричук В.С.*, доцента – *к.т.н. Косых В.П.*
- Рассмотрена и поддержана кандидатура *чл.-корр. РАН Шалагина А.М.*, зарегистрированного, согласно Постановлению Президиума СО РАН № 197 от 25.03.2008, на замещение должности директора ИАиЭ СО РАН.
- Принято постановление о проведении выборов нового Ученого совета ИАиЭ СО РАН в связи с выборами директора Института и окончанием срока полномочий действующего Совета. Рассмотрены итоги работы УС предыдущего состава и ближайшие планы работы нового УС.
- Проведены выборы заместителей директора ИАиЭ СО РАН по научной работе: *д.т.н. Киричука В.С.* и *д.т.н. Потатуркина О.И.*, а также выборы нового ученого секретаря Института – *к.т.н. Михляева С.В.*
- Проведены Выборы членов ОУС СО РАН от ИАиЭ. В соответствии постановлением Президиума СО РАН № 571 от 06.11.2008 и установленной для ИАиЭ квотой (3 человека) утвержден следующий состав членов ОУС СО РАН по направлениям наук от ИАиЭ: *чл.-корр. РАН Шалагин А.М.* (ОФН), *д.ф.-м.н. Бабин С.А.* (ОФН), *д.т.н. Потатуркин О.И.* (ОНИТ).
- Проведены конкурсы на замещение вакантных должностей ИАиЭ СО РАН, по результатам которых выбрано: главных научных сотрудников – 4, ведущих научных сотрудников – 3, старших научных сотрудников – 5, научных сотрудников – 4, младших научных сотрудников – 3.
- Утверждены диссертационные темы и индивидуальные планы работ аспирантов Института приема 2007 г.

- Утверждена новая структура Института: изменены названия лабораторий 04 (Лаборатория спектроскопии конденсированных сред) и 15 (Лаборатория информационной оптики).
- Поддержаны к представлению к почетному званию «Заслуженный деятель науки РФ» *д.ф.-м.н., проф. Зувев В.С. (ФИАН), д.ф.-м.н., проф. Компанец И.Н. (ФИАН), д.ф.-м.н., проф. Сорокин В.Н. (ФИАН), д.ф.-м.н., проф. Вайнштейн Л.А. (ФИАН), д.т.н., проф. Годунов А.И. (Пензенский государственный университет);* подтверждено представление 2007 г. к этому званию *д.т.н., проф. Коронкевича В.П. (ИАиЭ СО РАН).*
- Обсуждены и утверждены важнейшие результаты научных исследований 2008 г. Рассмотрены результаты выполнения этапов работ года по проектам плана НИР, проектам в программах Президиума и Отделений РАН, а также по госконтрактам.
- Рассмотрен и рекомендован к представлению в УОНИ Президиума СО РАН проект плана НИР Института на 2009 г.

#### 7.4. РОСТ И ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В аспирантуру ИАиЭ СО РАН в 2008 г. принято 10 человек, из них 9 выпускников 2008 г. (НГУ и НГТУ). Один человек поступил в аспирантуру без отрыва от производства. В конце года в аспирантуре обучалось 20 аспирантов.

В Институте работал диссертационный совет Д 003.005.01 (специальности: 01.04.04 – «Физическая электроника», физико-математические науки; 01.04.05 – «Оптика», физико-математические и технические науки; 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», технические науки).

В 2008 г. проведено 12 заседаний совета, защищено 6 диссертаций.

На соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 «Оптика»:

*Бетеров И.И.* Фотоионизация и столкновительная ионизация ридберговских атомов в поле теплового излучения (ИФП СО РАН, 06.05.2008).

*Терентьев В.С.* Исследование и применение многолучевых отражательных интерферометров с «необращенной» аппаратной функцией (ИАиЭ СО РАН, 06.05.2008).

*Белай О.В.* Методы решения обратной задачи рассеяния для волоконных брэгговских решеток (ИАиЭ СО РАН, 06.11.2008).

*Третьяков Д.Б.* Исследование квантовой интерференции и диполь-дипольного взаимодействия ридберговских атомов для применения в квантовых компьютерах» (ИФП СО РАН, 06.11.2008).

На соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.05 «Оптика»:

*Подолько Е.М.* Оптические способы детектирования одоризационных меркаптановых соединений в газовых и жидких средах (ООО «Севморнефтегаз», 06.11.2008).

На соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»:

*Кукишева Э.А.* Алгоритмы и программы для решения задач динамики многих тел на суперЭВМ (ИК СО РАН, 06.11.2008).

Институт является базовым для трех специализированных кафедр Новосибирского государственного университета («Квантовая оптика» (КО) – зав. кафедрой директор Института чл.-корр. РАН А.М. Шалагин, «Автоматизация физико-технических исследований» (АФТИ) – зав. кафедрой зам. директора по научной работе д.т.н. В.С. Киричук и «Информационно-измерительные системы» (ИИС) – зав. кафедрой зам. директора по научной работе д.т.н. О.И. Потатуркин). На этих кафедрах в 2008 г. обучались 63 студента 3–4 курсов и 43 магистранта. Под руководством научных сотрудников Института выполняли дипломные работы и магистерские диссертации более 40 студентов.

В работе со студентами, магистрантами и аспирантами участвовали более 50 сотрудников Института, среди которых 14 докторов и более 20 кандидатов наук.

Аспиранты и магистранты ИАиЭ СО РАН получают дополнительную оплату при их участии в научно-исследовательских работах лабораторий Института.

## 7.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

Продолжалось сотрудничество ученых ИАиЭ с учеными Королевского технологического института г. Стокгольма (Швеция), Института электроники Болгарской АН (г. София) и Национального института ядерной физики г. Линеаро (Италия) в области исследований физики процессов взаимодействия излучения с частицами газа и твердыми телами.

Ученые Института проводят совместные работы с коллегами Анжуйского и Дижонского (Франция), а также Астонского (Великобритания) и Боннского (Германия) университетов в области фундаментальных проблем нелинейной динамики, исследуют вопросы формирования и взаимодействия световых структур в фоторефрактивных средах.

Совместно с университетом Байрота (г. Байройт, Германия) выполняются работы по исследованию терагерцовой динамики в аморфных материалах, релаксорах, пленках сегнетоэлектриков, пленочных наноструктурах.

В области оптимальной цифровой обработки многоспектральных изображений продолжено сотрудничество с Университетскими центрами Испании (г. Гранада), Великобритании (Лондонский Университет) и США (Северо-Западный Университет, г. Иллинойс).

По вопросам сжатия с регулируемой точностью цветной картографической информации, а также в области оптимальной векторной аппроксимации и кодирования контуров продолжаются совместные исследования с Университетом г. Йозенсуу (Финляндия). Результаты проведенных в 2008 г. совместных инициативных работ по этой тематике опубликованы в ведущих научных изданиях и доложены на двух международных научных конференциях по цифровой обработке сигналов и изображений.

Поддерживается сотрудничество с Международной Ассоциацией научного и технологического развития IASTED. Заведующий лабораторией д.т.н. А.Л. Резник является членом Технического Комитета IASTED по обработке изображений, входит в Программные комитеты и принимает активное участие в формировании научных программ и отборе работ для Международных научных конференций Signal and Image Processing (SIP-2009) и Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP-2009).

В рамках интеграционного проекта «Исследование физических принципов формирования последовательности многоспектральных изображений реальных сцен: методы анализа и интерпретации в системах технического зрения видимого и инфракрасного диапазонов» в 2008 г. успешно завершены совместные исследования с Объединенным институтом проблем информатики (г. Минск) и Институтом технологии металлов (г. Могилев) Национальной Академии наук Беларуси, проводившиеся в период 2006–2008 гг. Подготовлены предложения по проведению совместных исследований в рамках космической программы союзного государства «КосмосНТ».

Сотрудники Института принимали участие в Международном проекте Европейской программы научно-технического сотрудничества Эврика: «Активная измерительная система для бесконтактного определения характеристик нового класса асферической оптики в процессе ее изготовления».

В рамках программы BRIDGE Королевского Общества Великобритании с группой фотоники Университета Астон выполнены совместные работы по созданию и исследованию свойств сверхдлинных ВКР-лазеров, а также поддержаны грантом CRDF RUP1-1509-NO-05 работы по удвоению частоты волоконных лазеров.

В рамках проекта РФФИ № 07-07-00251-а и интеграционного проекта СО РАН № 10 велись совместные работы по геоэкологическим проблемам с НПО «Сартал» (Республика Казахстан, г. Алматы).

В командировки за границу (США, Германия, Индия, Япония, Франция, Китай, Великобритания, и др.) в 2008 г. выезжало 34 сотрудника Института. Главными целями выезда были совместная научная работа и участие в конференциях.

Результаты исследований ученых ИАиЭ СО РАН были представлены в 30 докладах на зарубежных конференциях.

ИАиЭ СО РАН в 2008 г. посетили специалисты из Израиля, Китая и Тайваня – всего 6 человек.

## 7.6. ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2008 г. получены патенты:

- Патент РФ на изобретение № 2324255 «Универсальный дуговой источник ВУФ-фотонов и химически активных частиц» (автор *Донин В.И.*). Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам «Изобретения. Полезные модели», 2008, № 13.

Институтом получены решения Роспатента о выдаче патентов по заявкам на изобретения:

- «Оптический элемент лазерного резонатора» (авторы *Кучьянов А.С., Плеханов А.И. и Полещук А.Г.*) № 2007112036/28(013083).
- «Термофотоэлектрический преобразователь» (авторы *Корольков В.П., Полещук А.Г., Седухин А.Г., Паханов Н.А. и Пчеляков О.П.*), № 2007132024/28(034933).

В Роспатенте проводится экспертиза заявок на изобретения:

- «Дифракционный оптический интерферометр для визуализации и измерения оптических неоднородностей (варианты)» (автор *Пальчикова И.Г.*), № 2007123412/28(025493).
- «Способ оптимизации сжигания углеводородного топлива в прямоточных горелках» (авторы *Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И. и Шушков Н.Н.*), № 2007143189/06(047294).
- «Устройство для оптической записи дифракционных структур» (автор *Полещук А.Г.*), № 2008110810/28(011685).
- «Лазерный доплеровский датчик скорости перемещаемого объекта» (автор *Щербаченко А.М.*), № 2008125910/28(031498).
- «Способ оптической томографии светочувствительных материалов» (автор *Щенеткин Ю.А.*), № 2008128227/28(034751).
- «Флэш элемент памяти электрически перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства» (авторы *Насыров К.А. и Гриценко В.А.*), № 2008128118/09(034599).

Поддерживается в действии 34 патента Института.

Во ВНИИЦ для микрофильмирования направлены отчеты по темам НИР Института с информационной картой:

- «Развитие современных технологий низкоэмиссионного сжигания углеводородных топлив в камерах сгорания газотурбинных установок» (регистрационный номер 01200711004, инвентарный номер 0220.0 803061). Научный руководитель д.т.н., проф. О.И. Потатуркин;
- «Исследование и разработка методов получения упорядоченных наноструктурированных пленок, основанных на процессах самосборки ансамблей коллоидных наночастиц и наноструктур» (регистрационный номер 01.2.007 08458, инвентарный номер 0220.0 900041). Научный руководитель д.ф.-м.н. А.И. Плеханов.

## 7.7. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

С целью повышения эффективности коммерциализации научно-технических и технологических достижений и Интеллектуальной собственности, созданной в Институте, и в рамках существующего Договора о сотрудничестве с компанией IMPRIMATUR CAPITAL LIMITED для оценки перспектив международной коммерциализации представлены следующие проекты:

- «Технология голографической памяти на основе объемных гибридных светочувствительных материалов» – лаб. 05;
- «Голографические фотополимерные материалы и их применения» – лаб. 05;
- «Высокотемпературная маркировка металлокерамических изделий» – лаб. 07;
- «Мощный высокоэффективный источник непрерывного дальнего ВУФ излучения для обработки образцов с большой суммарной площадью» – тем. группа 04-1;
- «Лазерный анализатор для обнаружения и идентификации живых (подвижных) микрообъектов и оценки параметров крови» – тем. группа 05-2;
- «Лазерный доплеровский измеритель скорости нового поколения» – тем. группа 05-2;
- «Быстродействующий MEMS газовый микроклапан» – лаб. 08.

В рамках инновационной деятельности Институт принимал участие в организации и проведении 5 семинаров, в том числе:

- **«Коммерциализация научно-технических разработок и интеллектуальной собственности»** – два семинара: совместно с компанией «Имприматур Капитал», Великобритания, а также совместно с организациями «Паевые инновационные фонды СМ Холдинг – СО РАН» и ООО «Эдисон-Инновации», Москва;
- **«Коммерциализация наукоемких разработок и Привлечение внебюджетных инвестиций»** – совместно с Инновационно-технологическим центром Технопарка «Новосибирск», Исполнительной дирекцией Технопарка «Новосибирск», Центром трансфера технологий СО РАН и «Имприматур Капитал Лтд.», Великобритания;
- Круглый стол для сотрудников Института с представителем компании «Имприматур Капитал».
- **«Патентная информация для инноваций»** – совместно с Инновационно-технологическим центром технопарка «Новосибирск», Исполнительной Дирекцией технопарка «Новосибирск», Центром трансфера технологий СО РАН, Европейским Патентным Ведомством и РОСПАТЕНТом.

## 7.8. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

На постоянно действующей экспозиции Выставочного центра СО РАН представлены следующие разработки Института:

- Светоиндуцированный дрейф газов (планшет) – лаб. 02;
- Дифракционные оптические элементы: синтез и применение (включая бифокальный искусственный хрусталик глаза) (планшет, коллекция образцов) – лаб. 06;
- Лазерные термографические технологии и устройства (планшет) – лаб. 07;
- Оптоволоконные лазерные системы (планшет) – лаб. 17.

Кроме того, в выездных выставках регулярно используются дополнительные материалы (планшеты):

- «Оптико-электронная аппаратура исследования свойств материалов и диагностики высокотемпературных процессов», "Combustion remote sensing systems" – лаб. 15;
- «Лазерные термографические технологии и устройства», "Laser thermography technologies and devices" – лаб. 07;
- «Бифокальный искусственный хрусталик глаза» – лаб. 06;
- "Diffractive Optical Elements: Fabrication and Application" – лаб. 06;
- «Оптоволоконные лазерные системы» – лаб. 17;
- «Мощные ионные лазеры», "High-Power Ion Lasers" – тематическая группа 4-1;
- «Регистратор-осциллограф широкополосных сигналов» – тем. группа 10-1;
- «Регулируемый высоковольтный блок для управления КРД поляризатором» – лаб. 16;
- «Автоматизированные системы диспетчерского управления (на примере управления движением поездов метрополитена» – лаб. 09;
- «Функциональные наноструктурированные материалы на основе монокристаллических пленок опала и модифицированных наночастиц кремнезема – лаб. 01.

В 2008 г. Институт принимал участие в следующих выставках:

- VIII Московский международный салон инноваций и инвестиций, *ВВЦ, Москва (3–6 марта 2008 г.)*: «Дифракционные оптические элементы», «Лазерные термографические технологии и устройства».
- Выставка «УЧСИБ–2008», *г. Новосибирск, Выставочный комплекс «Сибирская Ярмарка» (5–7 марта 2008 г.)*: «Учебный интерферометр для измерительных целей», «Школьный оптический конструктор "Опыты с линзами"».

- Международная специализированная выставка «ФОТОНИКА–2008», Москва, «ЭКСПОЦЕНТР» (1–13 марта 2008 г.): «Оптоволоконные лазерные системы», «Дифракционные оптические элементы: синтез и применение».
- Выставка, посвященная 50-летию Советского района г. Новосибирска, г. Новосибирск (26 марта 2008 г.): «Дифракционные оптические элементы – синтез и применение».
- Презентация разработок Института, Республика Корея, г. Сеул, г. Ульсан (18–22 марта 2008 г.), некоммерческое правительственное агенство Корпорация развития малого и среднего бизнеса: «Дифракционные оптические элементы», «Лазерные термографические технологии и устройства», «Оптоволоконные лазерные системы», «Аппаратно-программный комплекс дистанционной диагностики высокотемпературных процессов в энергетических и промышленных установках».
- II Сибирская Венчурная Ярмарка, г. Новосибирск, Выставочный комплекс «Сибирская Ярмарка» (26–28 июня 2008 г.): «Рабочая станция для лазерной микрообработки».
- V Китайско-Российско-Монгольская выставка по науке и технике, г. Маньчжурия, Международный выставочный зал (25–28 сентября 2008 г.): «Оптоволоконные лазерные системы», «Дифракционные оптические элементы: синтез и применение».
- IV Международный Форум «Оптические приборы и технологии – «ОРТИКС-EXPO 2008», Москва, ВВЦ (21–23 октября 2008 г.): «Оптоволоконные лазерные системы», «Дифракционные оптические элементы: синтез и применение», «Искусственный хрусталик глаза», «Лазерные термографические технологии и устройства», «Мощные ионные лазеры».
- XVI специализированная выставка «НАУКА СИБИРИ–2008» в рамках Международного промышленного форума «СИБПОЛИТЕХ–2008», г. Новосибирск, Выставочный комплекс «Сибирская Ярмарка» (28–31 октября 2008 г.): «Лазерные термографические технологии и устройства», «Дифракционные оптические элементы: синтез и применение», «Оптоволоконные лазерные системы», «Регистратор широкополосных сигналов (цифровой осциллограф)», «Регулируемый высоковольтный блок для поляризационных измерений», «Автоматизированные системы диспетчерского управления (на примере Новосибирского метрополитена)».
- Национальная выставка России в рамках проведения Года Российской Федерации в Республике Индия, г. Нью-Дели, Республика Индия, India Expo Centre EXPO XXI, Greater Noida (25–28 ноября 2008 г.): "Laser systems for micromachining and imaging", "Diffractive optical elements: fabrication and application", "Bifocal intraocular lens (IOL) ", "Fiber laser sys-

tems", "Optical-electronic system for high-temperature processes remote monitoring".

Презентация конкурентоспособных российских научно-технических, технологических разработок и инновационных проектов по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологии: «Laser systems for micromachining and imaging», "Diffractive optical elements: fabrication and application", "Bifocal intraocular lens (IOL) is intended for implantation into human eye after removal of natural crystalline lens injured or affected by cataract", "Fiber laser systems", "Optical-electronic system for high-temperature processes remote monitoring", "High energy output step electrostatics micromotors", "High-power ion lasers", "Sorter simulator".

- Выставка "RUSNANOTECH'08" в рамках Международного форума по нанотехнологиям, Москва, Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр» (3–5 декабря 2008 г.): «Функциональные наноструктурированные материалы на основе монокристаллических пленок опала и модифицированных наночастиц кремнезема», «МИОЛ-Аккорд. Дифракционно-рефракционная интраокулярная линза».

#### **Институт в 2008 г. отмечен следующими наградами:**

- Дипломом Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам в номинации «100 лучших изобретений России» за разработку «Способ изображения предметов (варианты)» патент Российской федерации № 2241258;
- Дипломом за активное участие в организации и проведении V Международной конференции «ГОЛОГРАФИЯ ЭКСПО-2008»;
- Дипломом и ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ VIII Московского Международного Салона инноваций и инвестиций за проект «Лазерные системы и технологии защитной персонализации документов»;
- Дипломом за активное участие в III Международной специализированной выставке лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «ФОТОНИКА–2008»;
- Дипломом и МАЛОЙ ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ Сибирской Ярмарки (Выставка «УЧСИБ–2008») за разработку оборудования для лабораторных работ по оптике;
- Благодарностью за участие в XVI специализированной выставке «НАУКА СИБИРИ–2008» в рамках международного промышленного форума «СИБПОЛИТЕХ–2008»;
- Дипломом и БОЛЬШОЙ ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ XVI специализированной выставки «НАУКА СИБИРИ–2008» в номинации «Приборы диагностики» за создание прибора для контроля асферики с помощью комбинированных компьютерно-синтезированных голограмм (совместно с НПК «Микрон»);

- Дипломом за участие IV Международного Форума «Оптические приборы и технологии – «OPTICS-EXPO 2008» и МЕДАЛЬЮ Всероссийского выставочного центра «За успехи в научно-техническом творчестве» (удостоверение № 484);
- Дипломом Russian National Exhibition – INDIA 2008 за участие в Российской национальной выставке в Республике Индия.

Издан Годовой отчет о деятельности Института в 2007 г. (155 с., тираж 120 экз.).

Изготовлены 3 баннера с информацией об Институте и 4 рекламных баннера:

- «Регулируемый высоковольтный блок для управления КРД поляризатором» – лаб. 16;
- «Автоматизированные системы диспетчерского управления (на примере управления движением поездов метрополитена)» – лаб. 09;
- «Функциональные наноструктурированные материалы на основе монокристаллических пленок опала и модифицированных наночастиц кремнезема – лаб. 01;
- «Мощные ионные лазеры» – тем. группа 04-1.

Сделаны четыре макета планшетов:

- "Laser technologies and systems for microprocessing and termography";
- "Fiber laser systems";
- "Optical-electronic system for high-temperature processes remote monitoring";
- "Diffractive optical elements: fabrication and application".

Изданы рекламные проспекты по разработкам лаборатории 07:

- "Laser systems and technologies for direct imaging process, marking and protection products against non-authorized copying";
- "Precision laser micromachining systems based on complementary scanning principle".

Обновлены и переизданы проспекты по разработкам лаборатории 06:

- "Diffractive variable Attenuators",
- "High efficiency diffractive elements and microoptics",
- "Computer generated holograms for aspheric surface testing",
- "Bifocal diffractive-refractive intraocular lens".

Институтом периодически (6 раз в год) издается общероссийский научный журнал «Автометрия», который переводится и переиздается в США под названием "Optoelectronics, Instrumentation, and Data Processing".



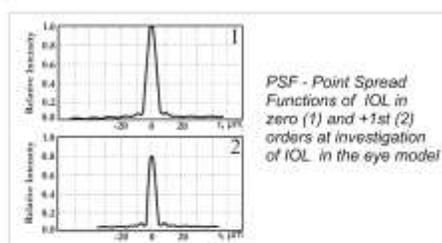
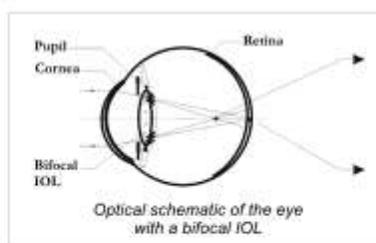
## BIFOCAL DIFFRACTIVE-REFRACTIVE INTRAOCULAR LENS

The intraocular lens (IOL) is implanted into the human eye after extraction of the human crystalline lens affected with cataract. The conventional IOL provides only the distance vision. Therefore for the near vision the patient needs spectacles. A radically new solution of the problem of increasing pseudoaccommodation has become possible with the hybrid IOL based on the application of the diffractive optics<sup>1</sup>.



### Principle of operation:

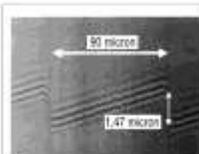
The bifocal hybrid (diffractive-refractive) IOL<sup>1,2</sup> consists of the refractive lens and the diffractive structure (e.g. zone Fresnel plate). The light beam splits in the structure into two beams of the zero and +1st diffraction orders. The beam of zero order passes without deviation and the IOL works like a usual refractive lens accommodated to infinity. An additional dioptric power is appeared in the +1st order and the nearest objects are projected onto the retina. Together with the focused image the defocused one is formed (both for the distant and near vision). The second image is suppressed in corresponding parts of the brain.



### Key features:

- Hybrid (diffractive-refractive) design;
- Pseudoaccommodation depth does not depend on the pupil diameter;
- Cutoff of ultraviolet radiation;
- Correcting spherical and chromatic aberrations<sup>3</sup> of the refractive lens and the cornea;
- Projecting near and distance objects by the entire surface simultaneously;
- Does not require spectacle correction.

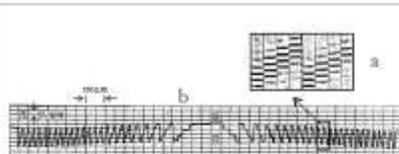
## Specifications:



Interferogram of the blazed structure of IOL



Interferogram of the wavefront behind IOL



Interferogram (a) and profilogram (b) of 4-level structure of IOL

Diameter (clear aperture)  
Power (in the eye medium) for distance vision  
Added power for near vision  
Designed diffractive efficiency in zero (distance vision) and the +1st (near vision) orders of diffraction:  
for blazed structure  
for 4-level structure  
Blazed structure depth (for wavelength 546 nm)  
4-level structure depth (for wavelength 589 nm)  
Number of zones  
Minimal zone width

6(3) mm  
17.2 diopter  
4 diopter

40.5% and 40.5%  
38% and 38%  
1.6 micron  
1.5 micron  
24  
70 micron

## Application:

- Eye surgery
- Ophthalmology

## Commercial suggestions:

- Calculation of diffractive structure
- Design and fabrication of IOL masters
- Search of investments

IOLs were developed and manufactured at the Institute of Automation and Electrometry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences together with the Novosibirsk Department of the IRTC "Eye Microsurgery", Joint stock company "IntraOL" and the Scientific Industrial Enterprise "REPER-NN" (Nizhny Novgorod).

## References:

1. V.P. Koronkevich, G.A. Lenkova, V.P. Korolkov, A.G. Poleshchuk, I.A. Iskakov, A.S. Gutman, "New generation of bifocal diffractive-refractive intraocular lens", *Computer optics*, №32-1, 50-58 (2008).
2. V.P. Koronkevich, V.P. Korolkov, G.A. Lenkova, V.M. Treushnikov, E.A. Viktorova, I.A. Iskakov, A.S. Gutman, *Phototechnologies for fabrication bifocal intraocular lenses*, -Proc. SPIE 6734, 67340Z (2007).
3. G.A. Lenkova and M.M. Myznik "Spherochromatic aberration of a model eye with bifocal hybrid intraocular lenses", *Optoelectr., Instrum. and Data Process.*, №5, 73-81 (2001).



Russian Academy of Sciences  
Siberian Branch  
Institute of Automation and Electrometry,  
Koptuyuga, 1, Novosibirsk, 630090, Russia  
Phone: +007 383 3333-091  
Fax: +007 383 3333-863  
E-mail: Poleshchuk@iae.nsk.su



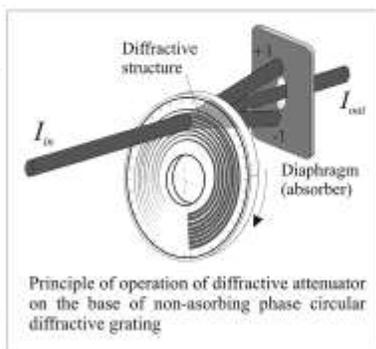


## Diffractive variable Attenuators

Diffractive variable attenuators are intended to control the power of laser radiation in the range from deep UV to IR. Because of small absorption in phase diffractive structure it is possible to control high-power pulse or CW laser radiation.

### Principle of operation

Light beam passes through attenuator and then diffracted into several diffractive orders. Non-zero orders are blocked by diaphragm while zero order with  $I_{out}$  intensity passes it without changing the direction of propagation. The intensity of zero order beam is defined by duty cycle of the grating grooves, which depends on angle of attenuator rotation. That is possible to change transmission from  $T_{max} \approx 100\%$  to  $T_{min} \approx 1-2\%$  by  $340^\circ$  rotation of attenuator wheel. Diffractive attenuators are designed for wavelength  $\lambda_0$  and can operate over continuous spectral range  $\lambda_0 \pm 15\%$ . Attenuator is convenient for femtosecond radiation control with energy up to  $0.75 \cdot 10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>. Because of thin substrate and zero-order diffraction errors that are introduced in pulse shape and spectral characteristics are negligibly.



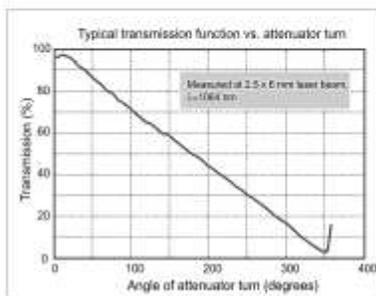
Principle of operation of diffractive attenuator on the base of non-absorbing phase circular diffractive grating

### Key features

- Diffractive attenuator can be used to control the pulse or continuous radiation of high-power lasers due to very small absorption in the phase grating.
- The dependence of the attenuator transmission on turning angle is specified by computer encoding under customer request.
- Attenuation does not depend on polarization, and therefore is the same for s-, p- or random polarized beams.
- Attenuators allow controlling of femtosecond radiation without introducing serious errors into pulse shape and spectral characteristics.
- Low cost and fast fabrication by customer's specifications.

### Design and Operation

Attenuator includes diffractive grating wheel mounted in a special encapsulated housing with entrance and exit tubes. Housing and tubes are intended for blocking parasitic diffractive orders and absorbing laser radiation. Tubes are suitable for up to 20 W average power dissipation. Special finned radiators are required for higher laser power.



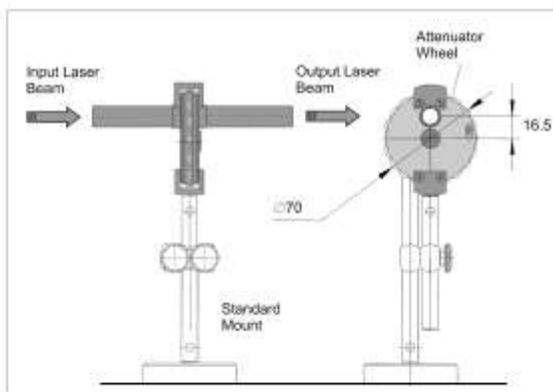
### Applications:

**Laser technologies:** control of laser radiation for pulsed or continuous high-power technological lasers: Nd:YAG -, eximer -, argon-, femtosecond lasers, etc.

**Metrology:** measurement of continuous and pulse radiation power of high-power lasers.

**Optical and physical researches:** beamsplitters with adjusted splitting coefficient and attenuators

### Attenuator layout:



### Specifications:

Transmission function	Linear, multi-stage
Attenuation range	Up to 1:50 over 340°, deviation from linearity <5%
Clear aperture	10-12 mm (25 mm on request)
Wavelength	1064 nm, 800 nm, 532 nm, 355 nm, 266 nm (or on request)
Attenuator design	Binary phase circular grating with 2 μm spacing
Substrates material	UV grade fused silica
Diameter/thickness	60 mm/2.7 mm and 102/3 mm
Flatness/wedge	< λ/4, 532 nm over clear aperture, < 30 arc sec
Damage threshold	> 2 J/cm <sup>2</sup> (with 10 ns pulses), > 1 kW/cm <sup>2</sup>
Coating	one side AR-coating (for small energy applications)



Russian Academy of Sciences  
Siberian Branch  
Institute of Automation and Electrometry,  
Laboratory of Diffractive Optics  
Koptiyuga, 1, Novosibirsk, 630090, Russia  
Phone: +7 (383) 3333-091  
Fax: +7 (383) 3333-863  
E-mail: Poleshchuk@iae.nsk.su

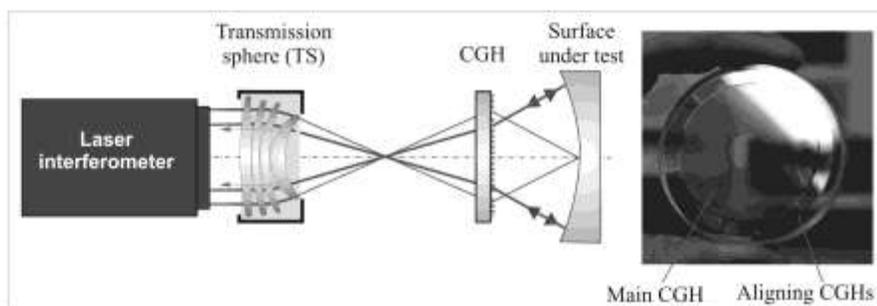




## Computer generated holograms for aspheric surface testing

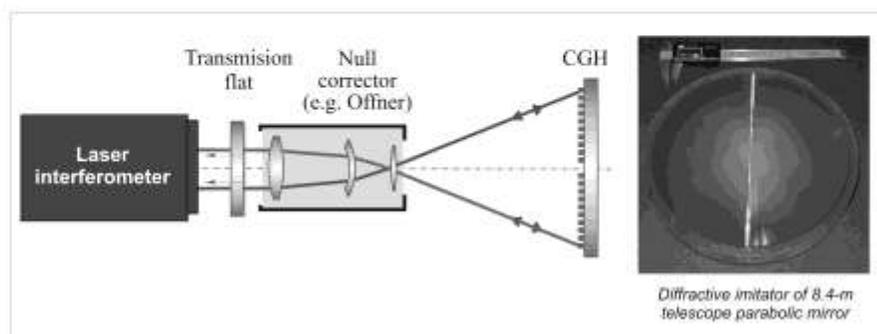
Computer generated holograms (CGHs) are optical plates that are covered with amplitude or phase diffractive structure. CGHs are fabricated with methods of laser lithography and allow to generate any predefined wavefront. Main area of CGH application is aspherical surface testing. Fabrication and applications of diffractive optical elements is the main research subject of the Laboratory of Diffractive Optics. There was developed unique high-precision circular laser writing system (CLWS) for fabrication of CGHs with pattern accuracy of 50 nm and up to 300 mm diameter. Thermochemical technology allow to write CGH pattern with laser beam on substrate covered with chromium film. Reactive Ion Etching (RIE) can be used to transfer binary pattern into fused silica and produce phase diffractive structure.

### Type 1



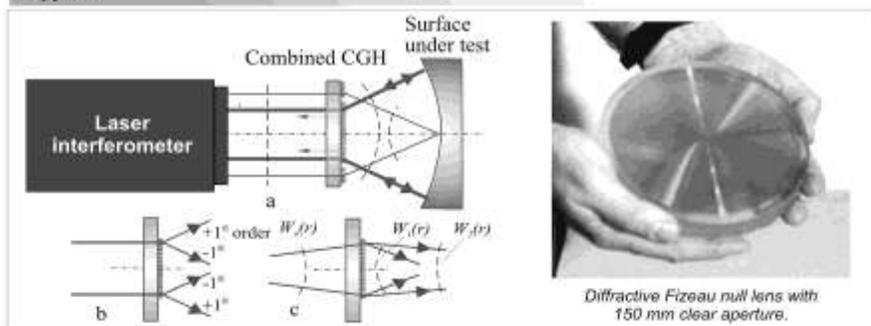
CGH can be used as null corrector for transforming the spherical wave into aspherical one. Additional small CGHs at the rim of substrate are used for alignment of main CGH relatively to the interferometer and tested surface.

### Type 2



CGH can be used as an imitator of the aspheric surface for the verification of classical null corrector.

### Type 3



We have developed interferometric testing method (a) with Fizeau Diffractive Transmission Flat combined with CGH. Combined CGH of this type does not introduce substrate transmitted wavefront distortion (TWD) into measurement results while it is compensated due to Fizeau principle. Thus, method gives extremely high precision of testing for spherical and aspherical optics. Another advantage of CGHs is a possibility to generate several independent wavefronts (b,c).

#### Accuracy of fabrication

Quality of reconstructed wavefront is defined by CGH microstructure quality, optical scheme alignment and substrate flatness and homogeneity. We use following techniques for improving CGHs:

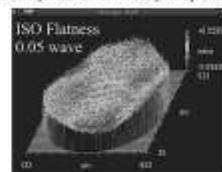
- Continuous control and attestation of the circular laser writing system before and during writing process.
- Writing of CGH pattern fragments before writing of main CGH. Because of small size writing time is short and all system drifts are neglectable. Thus, main CGH structure can be compared with fragments and certified.
- Writing of additional alignment CGHs on the same substrate with main CGH.
- Use of thick high-quality fused silica or sital substrates.

#### CGHs with the following specifications are available:

CGH pattern accuracy	50 nm
Min. feature	>0.5-1 $\mu\text{m}$
Clear aperture	up to 300 mm
CGH types	Binary amplitude or phase
Diffractive efficiency	~10% (~40%)
Wavefront quality	$\lambda/10$ PV
Substrates	Fused silica, sital
Delivery	<6 weeks



CGH pattern with 1.2  $\mu\text{m}$  spacing



Wavefront map for f/1.5 CGH

#### References:

1. A.G.Poleshchuk, E.G.Churin, V.P.Koronkevich, V.P.Korolkov, et al. "Polar coordinate laser pattern generator for fabrication of diffractive optical elements with arbitrary structure". Applied Optics, v. 38, № 8, 1295-1301 (1999).
2. A. G.Poleshchuk, J.M.Asfour. "CGHs as Fizeau reference for interferometric null testing", Proceeding: Trends in Optics and Photonics, v. 75 (OSA Topical Meeting "DOMO-02", June 3-6, 2002, Tucson, USA), 41-44 (2002).



Russian Academy of Sciences  
Siberian Branch  
Institute of Automation and Electrometry,  
Laboratory of Diffractive Optics  
Koptiyuga, 1, Novosibirsk, 630090, Russia  
Phone: +007 383-3333-091  
Fax: +007 383-3333-863  
E-mail: Poleshchuk@iae.nsk.su





## HIGH EFFICIENCY DIFFRACTIVE ELEMENTS AND MICROOPTICS

### Our technologies

**1. Mastering** (first step) defines topology of diffractive or refractive elements. We make mastering by means of in-house developed circular laser writer<sup>1</sup>. This system can fabricate *continuous-relief masters* using *direct laser writing* on photoresist. We are using novel partial optimization method to increase diffraction efficiency of multilevel structures at the direct laser writing. The master can be made as a *gray-scale mask*<sup>2</sup>.

**2. Replication** for small volumes can be made by means of gray-scale lithography using contact printing or projection lithography system with the gray-scale mask. Microrelief replicated or directly written to photoresist can be transferred to durable substrate (fused silica or silicon) by means of reactive ion etching (RIE) process.

### Types of DOEs

#### Rotationally-symmetric DOEs

**Diffractive correctors:** chromatism of diffractive structure can be used to correct chromatic aberration of refractive components. However, diffractive correctors are mainly used to correct wavefront aberrations.

**Diffractive axicons** form conical wavefronts, which are very popular in physical experiments. Diffractive element "lensacon"<sup>3</sup> combining features of axicon and lens is applied for generating "laser string" in devices measuring straightforwardness at the distances from some meters to hundreds meters.

#### DOEs with arbitrary topology

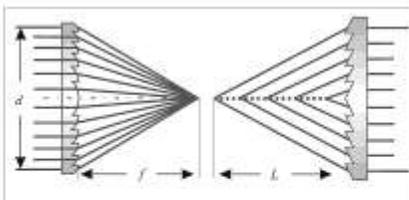
**Diffusers** are a type of diffractive optical element that alter the angular divergence of the incident light allowing precisely shaped intensity distribution with high efficiency

**Laser beam homogenizers** can compensate for different intensity profiles from source to source as well as reduce the effects of coherence. They are widely used in medical or machining applications where a spatially consistent beam delivery is required.



Circular laser writing system of IA&E:  
writing field - 300 mm; spot size - 0.5 micron

**Diffractive lenses** are often used to focus monochromatic light, because their focus depends on wavelength. A diffractive lens (Fresnel zone plate) consists of a series of circular zones with width decreasing from center to periphery. Light of different wavelengths will be focused at different distances behind the lens because diffraction angle depends on wavelength and zone width. This is why these lenses are well applied in chromatic sensors.



**Beam shapers** transform the incident wavefront to a desired intensity and phase profile at a specified plane. They are mostly applied to create gaussian, top-hat, circular or cylindrical profiles.

**Pattern Generators** are ideally suited for creating an image composed of pixels on a grid pattern such as lines, rings, spot arrays, and pictures.

**Funout** elements split input beam to given number of beams at given angles to input beam direction.

## Diffractive and refractive microlens arrays

Microlens arrays may be interpreted as diffraction gratings that consist of adjacent small Fresnel lenses. Microlens arrays are basic elements in optical interconnection, detection and processing systems. The microlens arrays are mastered by direct laser beam writing technology. Refractive lenses with a profile depth of up to 4 micron are offered. The mastering parameters of refractive lenses are optimized for achieving smooth surface profiles. Refractive microlenses can be packed with 100% fill factor in quadratic, hexagonal or circular layout. Customized solutions with irregular arrangements and even combinations of lenses with different optical and geometrical parameters are available on request.

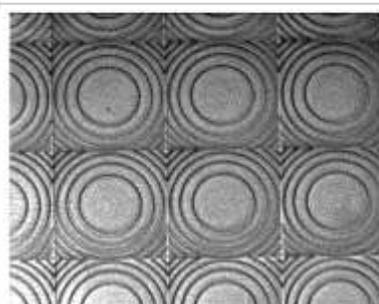
## Typical specifications of custom manufacturing

### Microlens arrays

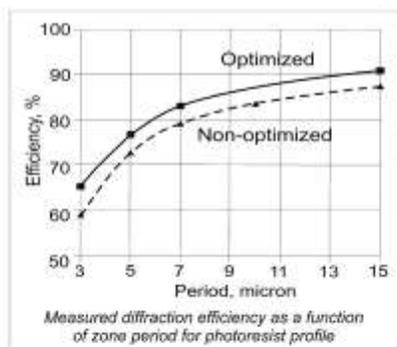
Diameter of microlenses	0.05-5 mm
F-number, F/#	>2.5
Diffraction efficiency	70-90%
Design wavelength	UV-VIS-NIR
Dimensions of array	< 50x50 mm
Substrate material	Fused silica, Si

### For rotationally symmetric DOEs

Diameter of DOEs	up to 100 mm
Minimum width of blazed zones	3 microns
Diffraction efficiency	70-90%
Design wavelength	UV-VIS-NIR
Substrate material	Fused silica, Si



Microlens array Pitch - 100 micron



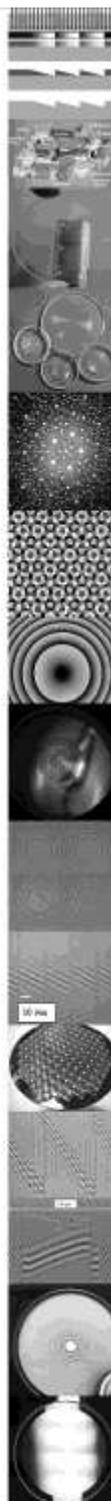
Profile in fused silica. Spacing - 8 micron

## References

1. A.G. Poleshchuk, E.G. Churin, V.P. Koronkevich, V.P. Korolkov et al. "Polar coordinate laser pattern generator for fabrication of diffractive optical elements with arbitrary structure", *Applied Optics*, v. 38, №8, 1295-1301 (1999).
2. V.P. Korolkov, A.I. Malyshev, A.G. Poleshchuk, V.V. Cherkashin et al. "Fabrication of gray-scale masks and diffractive optical elements with LDW-glass", *Proc. SPIE 4440*, 73-84 (2001).
3. V.P. Koronkevich, L.A. Mikhaltsova, E.G. Churin, Yu. I. Yurlov "Lensacon", *Applied Optics*, v. 34, № 25, 5761 (1995).



Russian Academy of Sciences  
Siberian Branch  
Institute of Automation and Electrometry,  
Laboratory of Diffractive Optics  
Koptiyuga, 1, Novosibirsk, 630090, Russia  
Phone: +7 383-3333-091  
Fax: +7 383-3333-863  
E-mail: Poleshchuk@iae.nsk.su





## Дифракционные аттенуаторы с переменным пропусканием

Дифракционные аттенуаторы или фильтры с переменным пропусканием предназначены для управления лазерным излучением от глубокого УФ- до ИК-диапазона. Малое поглощение световой энергии фазовыми дифракционными аттенуаторами позволяет управлять импульсным или непрерывным излучением мощных лазеров.

### Принцип работы

Световой пучок, проходящий через дифракционную решетку, разлагается на несколько дифракционных порядков. Часть порядков блокируется диафрагмой. Нулевой порядок с интенсивностью  $I_0$  не меняет направления распространения и ослабляется, так как оптическое излучение перераспределяется по дифракционным порядкам. Интенсивность пучка нулевого порядка зависит от параметров штрихов решетки. Изменяя эти параметры по окружности аттенуатора, можно менять пропускание от  $T_{max} \approx 100\%$  до  $T_{min} \approx 1-2\%$  поворотом диска аттенуатора на  $360^\circ$ . Дифракционные аттенуаторы оптимизированы для конструктивной длины волны  $\lambda_0$ , но они могут работать в широком спектральном диапазоне ( $\lambda_0 \pm 15\%$ ) с небольшим уменьшением диапазона ослабления. При этом зависимость ослабления от угла поворота остается прежней.



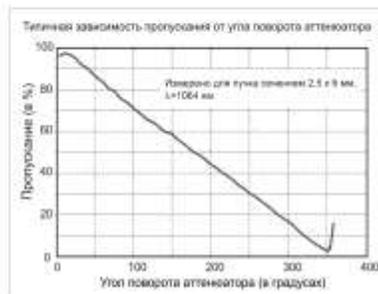
Принцип работы дифракционного аттенуатора на основе круговой дифракционной решетки

### Основные свойства

- Дифракционные аттенуаторы могут быть использованы для управления импульсным или непрерывным излучением лазеров высокой мощности благодаря малому поглощению световой энергии фазовой дифракционной решеткой.
- Зависимость пропускания аттенуатора от угла поворота задается компьютерным кодированием по запросу заказчика.
- Ослабление пучка не зависит от поляризации и потому одинаково для s-, p- или произвольно поляризованных пучков.
- Отсутствуют aberrации и смещение пучка.
- Низкая стоимость и быстрое изготовление по параметрам, заданным заказчиком.

### Конструкция

Аттенуатор состоит из дифракционной решетки в виде диска, помещенной в специальный герметизированный корпус с выходной и входной трубками. Корпус и трубки предназначены для блокировки паразитных дифракционных порядков и поглощения лазерного излучения. Трубки рассчитаны на рассеивание в среднем до 20 Вт мощности. Для рассеивания большей мощности необходимы специальные оребренные радиаторы.



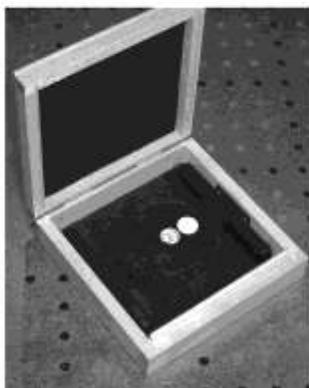
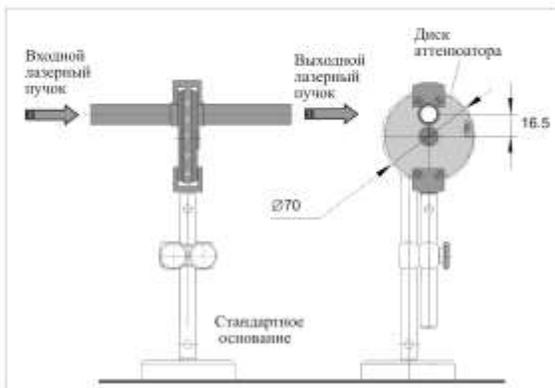
### Применение:

**Лазерные технологии:** управление импульсным и непрерывным излучением мощных лазеров, предназначенных для технологических процессов: Nd:YAG, эксимерных, аргоновых, Q-switch и т. д. в диапазоне от жесткого УФ до ИК.

**Метрология:** измерение и регулировка мощности излучения лазеров.

**Оптические и физические исследования:** светоделители с перестраиваемым коэффициентом деления и аттенюаторы.

### Конструкция аттенюатора:



### Основные характеристики:

Функция пропускания	Линейная, многоступенчатая, логарифмическая и т. д.
Диапазон ослабления	До 1:50 при повороте от 0 до 360°, отклонении от линейности < 5%
Световой диаметр	10–12 мм (по заказу 25 мм)
Длина волны	1064, 800, 633, 532, 488, 355, 266 нм
Конструкция аттенюатора	Круговая бинарная фазовая решетка
Материал подложки	Плавленый кварц марки КУ-1, КУ-2
Диаметр/толщина	60 мм/ 4 мм, 102/4 мм
Плоскостность/клиновидность	< 1/4@ 532 нм по световой апертуре/ < 30 угл. с
Порог разрушения	> 2 Дж/см <sup>2</sup> (для импульсов длительностью 10 нс) > 1 кВт/см <sup>2</sup> (непрерывное излучение)
Покрытие	Одностороннее просветляющее покрытие (для применений с малой энергией излучения)



Российская академия наук  
Сибирское отделение  
Институт автоматизации и электрометрии  
Лаборатория дифракционной оптики  
Адрес: 630090, г. Новосибирск  
пр. Акад. Коптюга, 1  
Тел.: +007 383 333-30-91  
Факс: +007 383 333-38-63  
E-mail: Poleshchuk@iae.nsk.su





## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ДИФРАКЦИОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И МИКРООПТИКА

### Технологии

Разработанные Лабораторией дифракционной оптики технологии и *круговая лазерная записывающая система* позволяют изготавливать оригиналы дифракционных или рефракционных оптических элементов с непрерывным рельефом заданной топологии, используя прямую лазерную запись по фоторезисту. Применяется специальный метод фрагментальной оптимизации для повышения дифракционной эффективности многослойных структур. Оригинал может быть изготовлен в виде полупроводового шаблона.

Копирование для небольших партий выполняется посредством полупроводниковой фотолитографии, методом контактной печати или с помощью системы проекционной литографии. Микрорельеф, скопированный или записанный на фоторезист, может затем перенесен в подложку (плавящийся кварц или кремний) методом ионного травления.

### Типы ДОЭ

#### Вращательно-симметричные ДОЭ

**Дифракционные линзы и корректоры** применяются для коррекции aberrаций волнового фронта. Хроматизм дифракционных структур может быть использован для коррекции хроматических aberrаций рефракционных элементов.

**Дифракционные аксиконы** формируют конические волновые фронты, весьма популярные в физических исследованиях: "бездифракционные (Бесселевы) пучки". Дифракционный элемент "линзаакон" сочетает свойства аксикона и линзы и используется для формирования "лазерной струны" в устройствах, измеряющих отклонение от прямолинейности на расстояниях до сотен метров.

#### ДОЭ с произвольной топологией

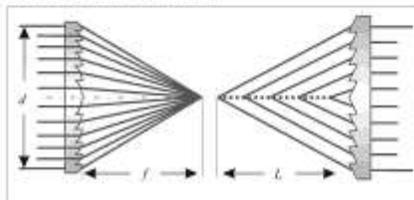
**Дифракционные рассеиватели** – это тип дифракционных элементов, которые меняют угловую расходимость падающего пучка света так, что можно получить нужную форму распределения интенсивности при большой эффективности преобразования. Применяются, например, в LCD-телевизорах, проекционном оборудовании.

**Гомогенизаторы лазерного пучка** могут быть использованы для компенсации различия профилей интенсивности от источника к источнику, а также для уменьшения влияния когерентности. Они применяются при обработке материалов, где необходимо пространственно однородное лазерное излучение.



Круговая лазерная записывающая система ИАиЭ: шаг записи 300 мкм, размер записываемого пятна 0,5 мм

**Дифракционные линзы** используются для фокусировки монохроматического света, поскольку их фокусное расстояние зависит от длины волны. Дифракционные линзы (Френелевские зонные пластинки) состоят из ряда круговых зон, ширина которых уменьшается в направлении от центра к периферии. Свет различных длин волн будет фокусироваться за линзой на различных расстояниях, поскольку угол дифракции зависит от длины волны и ширины зоны. Именно по этой причине такие линзы нашли широкое применение в хроматических датчиках.



**Формирователи пучка** преобразуют входной лазерный пучок в выходной пучок с заданным профилем интенсивности и фазы. Такие дифракционные элементы чаще всего используются для преобразования пучков с гауссовым распределением интенсивности в пучки с прямоугольным, кольцевым или цилиндрическим профилем.

**Генераторы изображений** идеально подходят для создания изображений, состоящих из отдельных световых точек, расположенных на заданной поверхности; широко применяются в рекламе, лазерных шоу.

**Дифракционные разветвители** расщепляют входной лазерный пучок на заданное число пучков, расположенных под определенными углами к направлению распространения входного пучка. Применяются для технических целей, в волоконных линиях связи.

## Матрицы дифракционных и рефракционных микролинз

Матрицы микролинз – дифракционные решетки, состоящие из набора Френелевских линз. Они являются основными элементами в системах оптической связи, датчиках волнового фронта, системах детектирования и обработки оптических сигналов. Матрицы микролинз изготавливаются с помощью технологии прямой записи сфокусированным лазерным пучком, с глубиной профиля до 4 мкм. Параметры изготовления преломляющих линз оптимизированы для получения гладкого профиля поверхности. Могут быть изготовлены преломляющие линзы со 100% заполнением с квадратной, шестиугольной или круговой топологией, а также решетки линз с нерегулярным расположением и даже комбинация линз с различными оптическими и геометрическими параметрами.

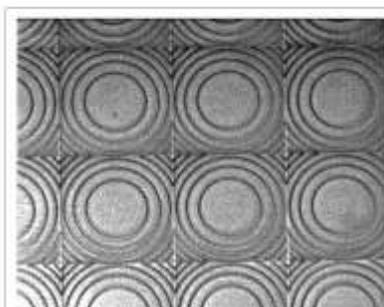
## Типичные характеристики при изготовлении

### Решетки микролинз

Диаметр микролинзы	50–100 мкм
Апертура, F/#	>2,5
Дифракционная эффективность	70–90%
Рабочая длина волны	от УФ до ИК
Размер матриц	<50×50 мм
Материал подложки	SiO <sub>2</sub> , Si

### Вращательно симметричные ДОО

Диаметр ДОО	до 100 мм
Минимальная ширина зон с блеском	3 мкм
Дифракционная эффективность	70–90%
Рабочая длина волны	от УФ до ИК
Материал подложки	плавленый кварц, Si



Матрица микролинз с шагом 100 мкм



Профиль дифракционного элемента в плавленом кварце. Период 8 мкм



Российская академия наук  
Сибирское отделение  
Институт автоматизации и электродинамики  
Лаборатория дифракционной оптики  
Адрес: 630090, г. Новосибирск  
пр. Акад. Коптюга, 1  
Тел.: +007 383 333-30-91  
Факс: +007 383 333-38-63  
E-mail: Poleshchuk@iae.nsk.su



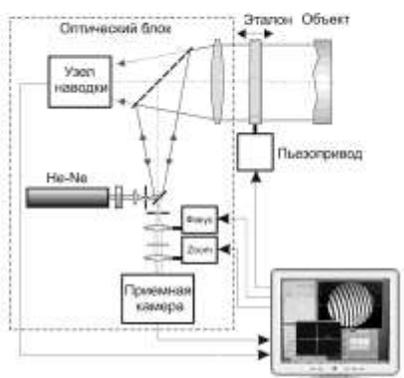


## Лазерный интерферометр FTI-100PS-M

Интерферометры являются незаменимыми инструментами при контроле качества в оптическом производстве. Они используются в измерительных системах для контроля плоскостности и сферичности оптических поверхностей, измерения радиуса кривизны и оптических параметров линз.

### Принцип работы

Интерферометр типа ФТИ-100 основан на применении усовершенствованной схемы Физо с изломом оптической оси для совмещения в одном компактном корпусе оптической системы, одночастотного лазера, контрольной и приемной видеокамер с переменным увеличением и узлом устранения спекл-шума. Прибор может работать как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях. Интерферометр снабжен оригинальной широкоугольной системой визуальной настройки и юстировки исследуемой поверхности. Блок крепления сменных эталонных пропускающих пластин и сфер имеет стандартное 4-дюймовое байонетное крепление, совместимое с креплениями других фирм (например, Zugo).



Упрощенная схема FTI-100 PS

### Конфигурация

Интерферометр с фазовым сдвигом используется для прецизионного контроля плоских, сферических и асферических оптических компонент. В нем применена автоматическая обработка набора интерферограмм с переменным фазовым сдвигом для получения карты оптической поверхности. Дополнительное программное обеспечение позволяет проводить анализ интерферограмм для увеличения точности измерений. Интерферометры по желанию заказчика комплектуются высококачественными дифракционными пропускающими сферами и компенсаторами (осевыми и внеосевыми) для контроля сферических и асферических поверхностей.

### Сменная дифракционная оптика

Подложки	плавленный кварц, ситалы, оптическое стекло
Размеры	от $\varnothing 20 \times 4$ мм до $\varnothing 250 \times 25$ мм
Структура	бинарная фазовая или амплитудная (хром)
Мин. структура	0.6 мкм
Точность границ	50 нм
Типы	осевые и внеосевые синтезированные голограммы



Внешний вид интерферометра FTI-100 PS

## Применение

- Контроль формы плоских, сферических и асферических (вогнутых или выпуклых) поверхностей.
- Измерение клиновидности пластин в отраженном и проходящем свете.
- Контроль углов прецизионных призм и оптических эталонов.
- Измерение симметричных и асимметричных aberrаций объективов и линз.
- Измерение геометрических параметров линз: радиусов кривизны, толщины, фокусного расстояния и показателя преломления.



Дифракционные эталоны и компенсаторы

## Технические характеристики:

Источник излучения

Пространственное разрешение

Диаметр выходного пучка света

Увеличение измеряемого объекта

Фокусировка измеряемого объекта

Поле юстировочного канала

Время подготовки прибора к работе

Отображение интерферограмм

Точность измерений

Воспроизводимость измерений

Время одного измерения

Дистанционное управление

Программное обеспечение

Операционная система

Габариты

Вес

Питание

He-Ne лазер,  $\lambda = 632.8$  нм, длина когерентности  $>30$  м

1280×1024, 640×480

100 мм

$1^{\circ}-6^{\circ}$

$-0.5$  м/ $+2$  м от выходного зрачка

$\pm 4^{\circ}$

25 мин

монитор компьютера

$\lambda/100$

$\lambda/200$

$<0.5$  с

фокусировка, увеличение, диафрагма

DiOpto: модуль управления, модуль обработки

и анализа интерферограмм

Windows XP

205×270×480 мм

$\sim 15$  кг

110/220 В, 50/60 Гц,  $<50$  Вт

ИАЭО



Российская академия наук

Сибирское отделение

Институт автоматизации и электрометрии

Лаборатория дифракционной оптики

Адрес: 630090, г. Новосибирск

пр. Акад. Коптюга, 1

Тел.: +007 383 333-30-91

Факс: +007 383 333-38-63

E-mail: [Poleshchuk@iae.nsk.su](mailto:Poleshchuk@iae.nsk.su)

DI OPTIC

Mikrooptische Systeme

DI OPTIC GmbH

Bergstr. 92A,

69469 Weinheim

Germany

Tel.: +49 6201 65040 00

Fax.: +49 6201 65040 01

E-mail: [info@dioptric.de](mailto:info@dioptric.de)

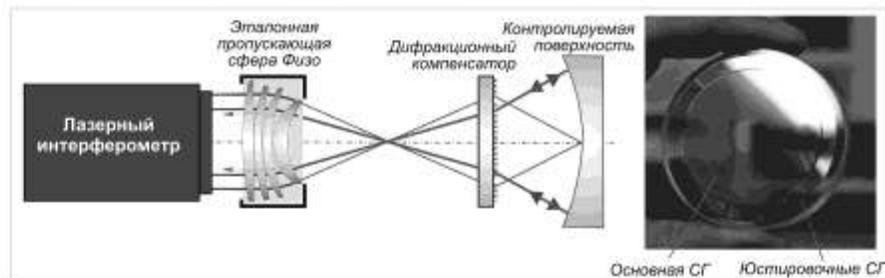


## Компьютерно-синтезированные голограммы и дифракционные элементы для контроля асферических поверхностей

Синтезированные голограммы (СГ) – это оптические пластинки высокого качества с амплитудными и/или фазовыми дифракционными структурами на одной из поверхностей, рассчитанные и изготовленные с помощью компьютера и прецизионной лазерной литографии. СГ – идеальный инструмент для контроля асферических поверхностей: зеркал, линз. Для изготовления СГ в Лаборатории дифракционной оптики используется уникальная круговая лазерная записывающая система. Точность изготовления дифракционных структур на пластинках диаметром до 300 мм составляет 50 нм. Применяемая термохимическая технология позволяет осуществлять запись дифракционных структур непосредственно на покрытых хромом подложках с помощью лазерного пучка. Для создания фазового рельефа на поверхности оптических подложек используется процесс ионного травления.

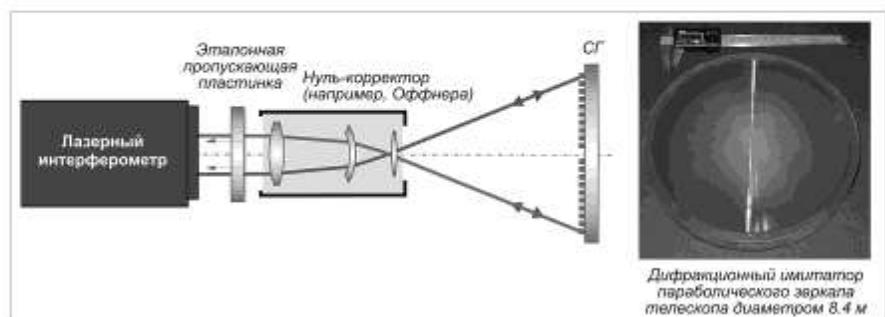
В Лаборатории разработано и поставлено заказчикам несколько типов дифракционных компенсаторов (корректоров волнового фронта), предназначенных для контроля сферических и асферических поверхностей с использованием стандартного интерферометра Физо.

Тип 1



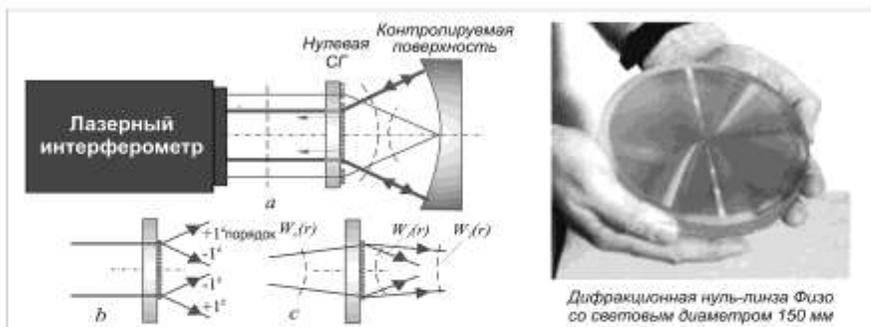
СГ используется в качестве компенсатора (корректора волнового фронта) для преобразования сферического волнового фронта в асферический волновой фронт. Дополнительные небольшие СГ, расположенные на периферии подложки, применяются для юстировки основной СГ относительно интерферометра и контролируемой поверхности.

Тип 2



СГ используется в качестве имитатора асферической поверхности для проверки классического нуль-корректора.

### Тип 3



Разработан гибридный метод измерения формы поверхности (а), в котором эталонная пластинка Физо совмещена с СГ. Этот метод позволяет решить чрезвычайно сложную задачу высокоточного измерения формы сферической и асферической оптики. Кроме того, такая СГ может формировать несколько независимых волновых фронтов (b, c).

#### Точность изготовления

Точность формирования волнового фронта определяется точностью изготовления структуры СГ, юстировкой СГ и качеством подложки. Используются следующие методы повышения точности СГ:

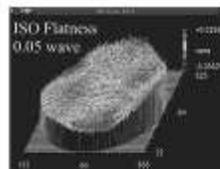
- Сертификация и метрологическая аттестация системы лазерной записи.
- Запись специальных микроизображений в структуре СГ, используемых для проверки метрологии.
- Запись дополнительных юстировочных СГ совместно с основной СГ.
- Прямая лазерная запись каждой структуры СГ.
- Использование толстых высококачественных подложек из плавленого кварца и ситалла.

#### Характеристики СГ :

Точность изготовления СГ	50 мкм
Минимальный элемент СГ	> 0.5–1 мкм
Световой диаметр	до 300 мм
Типы СГ	
Дифракционная эффективность	Бинарные амплитудные или фазовые
Качество волнового фронта	~ 10% (~ 40%)
Подложки	1/10 PV
Поставка	Плавленый кварц, ситалл
	4–6 недель



Структура СГ с периодом 1.2 мкм



Карта волнового фронта f/1.5 СГ



Российская академия наук  
Сибирское отделение  
Институт автоматизации и электрометрии  
Лаборатория дифракционной оптики  
Адрес: 630090, г. Новосибирск  
пр. Акад. Коптюга, 1  
Тел.: +007 383 333-30-91  
Факс: +007 383 333-38-63  
E-mail: Poleshchuk@iae.nsk.su





## The Institute of Automation and Electrometry SB of RAS

### Laser Graphics Laboratory

#### LASER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES FOR DIRECT IMAGING PROCESS, MARKING AND PROTECTION PRODUCTS AGAINST NON-AUTHORIZED COPYING

We develop advanced laser recording and micro processing technologies and new designs to produce our CO<sub>2</sub> and DPSS laser systems.

These laser systems are used for recording images on different substrates, on-the-fly marking, cutting a moving web carrier, protection products against non-authorized copying.

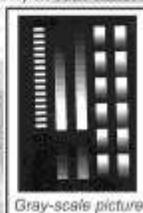
**New technologies of laser recording provide much higher resolution and can use more materials for recording an image (plastics, ceramics, wood, metal, glass, etc.) than traditional ink and film-based methods.**

Methods, based on laser information technologies, provide a new level of production protection against fraud. High velocity of information drawing by laser methods, computerized process of information preparation allow marking of the unique protection information on each item of production (personalization) in real time.

#### TERMOGRAPHY TECHNOLOGY

##### **Recording of micro raster (half-tone) pictures in the process of laser engraving**

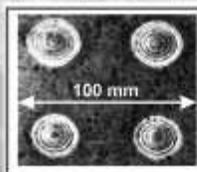
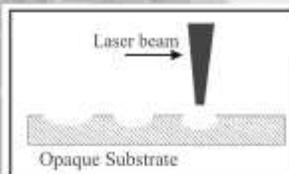
The recording of half-tone image with super resolution is based on the laser engraving by CO<sub>2</sub> and YAG lasers on paper or plastic sheets with mask layers from various typographic inks. In the recording process, the laser beam evaporates the ink film. The size of subsurface region (pixel) is changed with exposure and can be smaller than laser spot.



Gray-scale picture

##### **Recording of transparencies**

The recording is based on the interaction of the focused beam from a CO<sub>2</sub> laser with transparent organic films: polyester, acrylic and cellulose triacetate. Because of the Gaussian distribution of the intensity of the recording beam and the threshold character of engraving, microlens with a diameter of 10 to 50 μm are formed on the recording material surface, depending on the exposure.



The half-tone image printed on the photopaper from the microlens-raster slide

##### **Recording by laser thermotransfer**

In the laser thermotransfer process the laser beam of the CO<sub>2</sub> or YAG lasers interacts with the thin mask layer on the transparent polymer substrate on the side of the substrate and explosively evaporates the mask layer onto the hard copy substrate. The hard copy substrate is in a close contact with the mask layer substrate.



Color image on paper

#### Laser thermochemistry

##### **Recording by laser thermochemical activation of solid thermosensitive films**

Very fast heating of solids by a laser beam increases velocity of chemical reactions on surface and subsurface regions. If in the result of chemical reactions changes optical density of surface, these reactions may be used for hard copies recording.

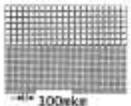


Copper Salt

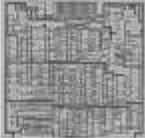
Laser thermochemical reduction of the copper.  
Before the recording process various hydrophilic substrates are dipped in copper salt solution

$$2\text{Cu}(\text{H}_2\text{PO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Cu} + 2\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$$

$$\text{Ni}(\text{Hxxxx}) \rightarrow \text{Ni} + \dots\dots$$



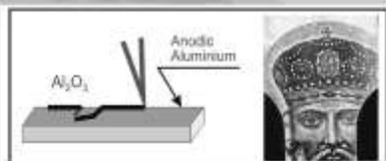
100 μm



The example of circuit layer

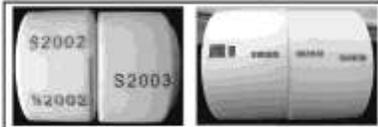
### Laser thermomodification of anodized aluminum

Selective laser thermomodification of sensibilized anodized aluminum and the following dark elements increase on the aluminum plate by chemical or electrochemical metallization has been performed



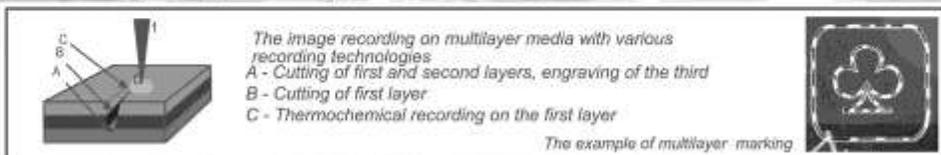
### Methods of laser marking ceramic materials, glazes, glass ceramics and glasses

A process for laser marking ceramic materials, glazes, glass ceramics and glasses that contain a radiation-sensitive inorganic pigment additive effecting a change in color upon radiation. This laser marking is firm to high temperature, chemical and mechanical attacks.



### Technologies of multilevel information recording

One more feature of protective technologies with application of laser radiation is the opportunity of recording of the information with multilevel coding. Multilevel coding is achieved due using of various physical processes of laser recording in one protective image.



### Laser systems for marking/cutting on a base of complementary scanners and controlling position sensors

Our devices can perform marking position adjustment for individual products, ensuring accurate marks characters or logo on rapidly moving flat or curved surfaces.

### Various industrial applications

**System Specifications**  
 Marking Field (mm) 50 x 50 175 x 175  
 Scan head on a base of 6240 CT galvanometers  
 IAG Laser 25 W Wavelength 1.06 μm  
 Computer included  
 Bundled Software Win XP  
 Marking speed - up to 400 characters /sec

Laser system for automatic Marking of tools (box wrench)

**Laser conveyer marker**

**System Specifications**  
 Marking Field (mm) 20 x 2050  
 Scan head on a base of 6240 CT galvanometers  
 Laser 35-50 W CO<sub>2</sub>, Wavelength 10.6 μm  
 Marking speed - up to 40 characters /sec  
 Conveyers Speed up to 10000 pl/hour  
 Bundled Software Win XP

**Laser web marker/cutter**

0.5 mm diameter

Laser - CO<sub>2</sub>  
 Scanning beam velocity - up to 3 m/sec

Cutting sample (polypropylene 25 μm, program control hole diameter from 100 μm)

Institute of Automation and Electrometry SB RAS; <http://www.iae.nsk.su>  
 1, Koptuyug ave., Novosibirsk, 630090, Russia  
 tel. +7(383) 333-24-91; fax +7(383) 333-38-63; e-mail: bessmelt@iae.nsk.su

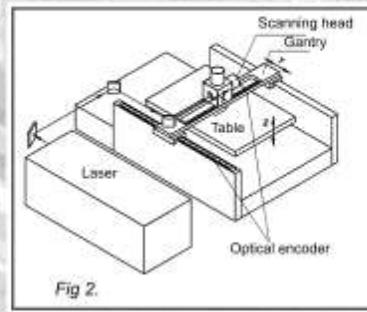
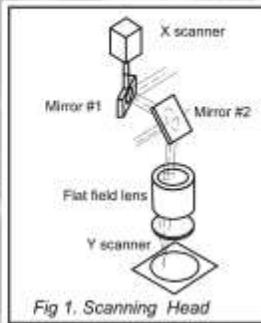


### PRECISION LASER MICROMACHINING SYSTEMS BASED ON COMPLEMENTARY SCANNING PRINCIPLE

To optimize technological modes in laser processing of some materials, it is necessary to ensure high-speed displacement of the focused laser beam with a great power density. A required speed of ~1 m/s or more can be attained owing to scanning systems based on galvanometer deflectors. A high power density is obtained by means of objectives with a minimal focal length and a maximal aperture. In so doing, the writing field of such scanning systems is restricted to a size of less than 1 dm<sup>2</sup> for the lasers with  $\lambda=1-10$  micron. Many laser micromachining tasks require a field that must be larger by one order of magnitude, at the least. It is possible to solve such problems using complementary scanners.

Based on the complementary scanning paradigm, we have developed several tools for microprocessing of large-scale flat and curvilinear surfaces with resolutions in the  $\mu\text{m}$ -range and high laser powers (50-400 W).

The state-of-the-art recording systems intended for microprocessing of large scanning fields (~1x1 m) include a fast scan assembly (a scanning head (Fig.1), which is based on with quick-response angle mirror-based deflectors, and a gantry-based module to move the scan head over the entire scanning field (Fig. 2). The scan head provides a quick recording (microprocessing) of image fragments in an area of the scanning field with a small-diameter scanning spot. The fast scan assembly can be moved to a different area of the scanning field using a relatively slow system. The movement of the scan head is either in a start-and-stop mode, that is, after the recording of data accessed by the focusing objective is done, or continuous, when data recording is being executed continuously as the scan head moves over the entire workpiece.

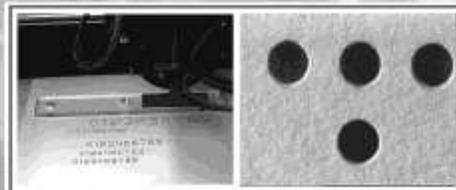


### LASER 3D MICROPROCESSING DEVICE ON COMPLEMENTARY SCANNERS



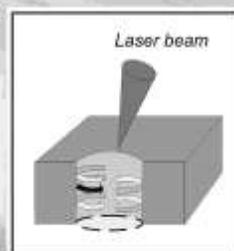
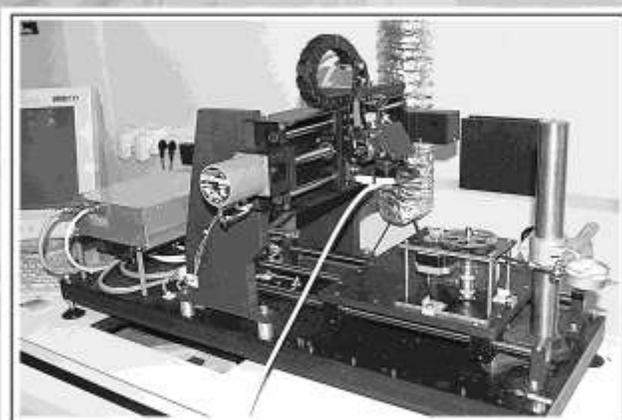
Laser CO, 250 W resolution 5 mkm, area - 200x300 mm, Z-150 mm.

Application- documents security microperforation and personalization



The laser-microcut sheet of paper without edge burning. Diameter of the holes 1 mm; V=1.1 m/s; beam diameter is 120  $\mu\text{m}$ .

**LASER WORK STATION FOR 5-COORDINATE MICROMACHINING BASED ON COMPLEMENTARY SCANNERS**



Optical Helical Trepanning

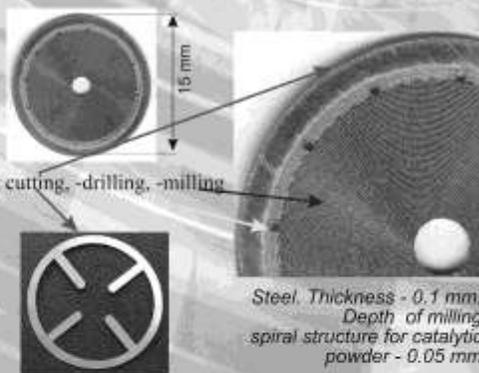
Working area 300x400 mm, Z - Axis movement 100 mm.  
Resolution X, Y - 1  $\mu\text{m}$ , Z - 5  $\mu\text{m}$ .  
Laser power  $\geq 20$  W (1.06  $\mu\text{m}$ )  $V_{max}$  - 1 m/s

**MICRO DRILLING FUEL INJECTION NOZZLE**



Fuel injection nozzle  
Example of a laser drilled injector.  
Laser micro drilling in steel injectors with controller taper. Diameter of the hole 50  $\mu\text{m}$ , depth 1 mm.

**ELEMENTS OF CATALYTIC MICRO REACTORS FOR FUEL CELL AND BATTERY**



Laser cutting, -drilling, -milling

Steel Thickness - 0.1 mm.  
Depth of milling spiral structure for catalytic powder - 0.05 mm

**Applications:**

- ◆ Semi/Microelectronics ◆ Aerospace/Defence ◆ Turbine component cooling ◆ Engine Silencing ◆ Missile guidance ◆ Aerofoil laminar flow ◆ Automotive ◆ Fuel-Injection Nozzle ◆ BioMedical MEMS ◆ Catheter Sensors ◆ Aerosol ◆ Spray Atomisers ◆ Vaccine production ◆ Lab-on-a-Chip ◆ Cardiac Stent Manufacturing ◆ Environment/Ren.Energy ◆ Toxic Gas Sensors ◆ Solar Cell Technology ◆ Fuel Cell ◆ Particulate Filters

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, <http://www.iae.nsk.su>  
1, Koptuyug ave., Novosibirsk, 630090, Russia  
tel. +7(383) 333-24-91; fax +7(383) 333-38-63; e-mail: bessmelt@iae.nsk.su



## БИФОКАЛЬНЫЙ ДИФРАКЦИОННО-РЕФРАКЦИОННЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ХРУСТАЛИК ГЛАЗА

Принципиально новые гибридные дифракционно-рефракционные интраокулярные линзы (ИОЛ) имплантируются в глаз человека после удаления естественного хрусталика, травмированного или пораженного катарактой.

Разработанные в ИЛЭ СО РАН линзы «МНОЛ-Аккорд» обеспечивают одинаковое качество зрения в ближней и дальней зонах независимо от освещенности, что особенно актуально для пожилых людей. В разработанной линзе дифракционная структура занимает практически всю действующую апертуру линзы. Форма микрорельефа структуры минимизирует вероятность биологических отложений на перепадах высоты рельефа.

### Принцип действия гибридной бифокальной ИОЛ

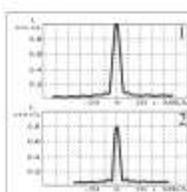
Бифокальная гибридная ИОЛ состоит из рефракционной плоско-выпуклой линзы и пиллообразной дифракционной структуры, нанесенной на плоскую поверхность. На структуре световой пучок разделяется на два порядка дифракции. В одном порядке ИОЛ работает подобно обычному рефракционному хрусталику, адаптированному на бесконечность, в другом – создается дополнительная оптическая сила и на сетчатку проецируются ближние предметы. Дифракционная структура компенсирует искажения изображения оптической системы глаза (роговицы, стекловидного тела и рефракционного компонента ИОЛ).



Внешний вид гибридной линзы "МНОЛ-Аккорд"



Принцип действия бифокального хрусталика внутри глаза



ФФТ (функция рассеяния точки) в 0м (1) и +1м (2) порядках дифракции, полученные при исследовании ИОЛ в модели глаза

### Основные особенности ИОЛ:

- Гибридная (дифракционно-рефракционная) конструкция.
- Глубина псевдоаккомодации не зависит от диаметра зрачка глаза.
- Не пропускает ультрафиолетовые лучи.
- Компенсирует сферические и хроматические aberrации рефракционной линзы и роговицы.
- Формирует ближние и дальние объекты одновременно всей поверхностью.
- Не требует очковой коррекции.



Фрагмент операции

### Области применения:

- Микрохирургия глаза
- Офтальмология

Разработка ИОЛ осуществлялась при участии Новосибирского филиала ГУ МНТК "Микрохирургия глаза" и предприятия "Репер-НИ" (г. Нижний Новгород). Линзы "МНОЛ-Аккорд" прошли медицинские испытания. Получено разрешение на их имплантацию в офтальмологических клиниках. Имеется патент РФ.

**Коммерческие предложения:** ○ Расчет и изготовление матриц для производства дифракционно-рефракционных ИОЛ по ТЗ заказчика. ○ Продажа лицензий на дифракционно-рефракционные ИОЛ.

ИАЭ



Российская академия наук  
Сибирское отделение  
Институт автоматики и электрометрии  
Лаборатория дифракционной оптики  
Адрес: 630090, г. Новосибирск  
пр. Акад. Котлякова, 1  
Тел.: +7 383 333-30-91  
Факс: +7 383 333-38-63  
e-mail: poleschuk@iae.nsk.su



## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

### СТАТЬИ

#### Научные журналы

1. Анищик С.В., Ильичёв Л.В. Пространственная группировка и антигруппировка рекомбинаций в фермионной среде с парными квантовыми корреляциями // Письма в ЖЭТФ, 2008, т. 87, № 1. С. 51–55.
2. Атучин В.В., Гаврилова Т.А., Кох К.А., Покровский Л.Д., Суворцев Н.В. Микроморфология монокристаллов  $\text{AgGaS}_2$  // Известия Томского политехнического университета, 2008, т. 312, № 2. С. 137–139.
3. Ахметов Д.Г., Косцов Э.Г., Соколов А.А. Микроэлектромеханические электростатические высокопроизводительные инжекторы микроструй жидкости // Нано- и микросистемная техника, 2008, № 1. С. 53–60.
4. Бабин С.А., Власов А.А., Шелемба И.С. Волоконно-оптические сенсоры на основе брэгговских решеток // Химия высоких энергий, 2008, т. 42, № 4. С. 35–37.
5. Бакиров А.М., Кучьянов А.С., Плеханов А.И. Лазерная генерация в искусственных опалах, пленках и гетероструктурах опала // Вестник СПбО АИН, 2008, № 5. С. 17–26.
6. Бедина Н.В. Обзор современных методов прогнозирования технического ресурса и срока службы электронных компонентов для систем генерирования электрической энергии летательных аппаратов // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 6, Київ, 2008. С. 20–23.
7. Белай О.В., Фрумин Л.Л., Подивилов Е.В., Шапиро Д.А. Устойчивость численного восстановления волоконных брэгговских решеток // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 105, № 1. Р. 114–121.
8. Белоконь С.А., Филиппов М.Н. Метод построения многоплатформенной открытой модульной SCADA-системы // Вестник НГУ. Серия: Физика. 2008, т. 3, вып. 1. С. 115–125.
9. Белоусова О.Н., Зеркаль С.М., Кисленко Н.П. Интерактивное моделирование в образовательном аспекте представления знаний в интернет-проекте «Математические проблемы геофизики» // Вычислительные технологии. Новосибирск, 2008, т. 13. С. 275–283.
10. Белоусова О.Н. Интерактивное моделирование на сервере «Математические проблемы геофизики» // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2008, т. 6, вып. 2. С. 49–57.
11. Борзов С.М., Васьков С.Т., Потатуркин О.И., Шейшенов Ж.О. Селективная диагностика многофакельного горения с использованием имитационного моделирования // Автометрия, 2008, № 2. С. 32–40.
12. Будников К.И., Клисторин И.Ф., Курочкин А.В., Лылов С.А. Датчик удаленного мониторинга электронной почты // Датчики и системы, 2008, № 9. С. 35–37.

13. Вьюхин В.Н. Коррекция динамических ошибок в цифровых измерительных системах с интерливингом // Там же. № 4. С. 14–16.
14. Вьюхин В.Н. Эквивалентная дискретизация и интерполяция в цифровой осциллографии реального времени // Автометрия, 2008, № 3. С. 52–56.
15. Вяткин С.И. Дискретизация функционально заданных поверхностей // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника», вып. 9 (132). Донецк: ДонНТУ, 2008. С. 137–144.
16. Вяткин С.И. Преобразование полигональных моделей в функционально базируемые объекты // Международный научно-технический журнал «Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах», 2008, Хмельницкий национальный университет, г. Хмельницкий, Украина, 2008, № 1. С. 146–150.
17. Громилин Г.И., Иванов В.А. Коррекция дефектов в изображениях, получаемых системой наблюдения со сканирующей линейкой // Автометрия, 2008, т. 44. № 6. С. 26–34.
18. Дашевский О.Ю., Нежевенко Е.С. Исследование влияния мешающих факторов на качество синтезирования апертуры в гидролокации // Там же, № 2. С. 76–90.
19. Добрецов Н.Н., Потатуркин О.И., Чубаров Л.Б., Шокин Ю.И. О проекте распределенной информационно-вычислительной системы сбора, хранения и обработки данных дистанционного зондирования Земли для регионов Сибири и Дальнего Востока // Вычислительные технологии, т. 13. Вестник КАЗНУ им. Аль-Фараби. Сер. математика, механика, информатика № 3 (58), Алматы–Новосибирск, 2008, ч. I. С. 492–496.
20. Добрякова О.Б., Добряков Б.С., Гулев В.С. Возможности «лифтингов с коротким рубцом» // Научно-практический журнал Эстетическая Медицина, М., 2008, т. 7, № 4. С. 517–525.
21. Долговесов Б., Лаврентьев М., Морозов Б., Тарасовский А., Мазурок Б. Технология «погружения» лектора в интерактивную виртуальную среду // Высшее образование в России, 2008, № 2. С. 134–138.
22. Долговесов Б.С., Мазурок Б.С., Ванданов В.Г. Интерактивная система визуализации для Web приложений // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2008, т. 6, вып. 3. С. 88–93.
23. Ефимов В.М., Резник А.Л., Бондаренко Ю.В. Повышение точности синусно-косинусного преобразования при аппроксимации и интерполяции сигнала // Автометрия, 2008, т. 44, № 3. С. 41–51.
24. Ефимов В.М., Резник А.Л., Торгов А.В. Компенсация линейных искажений сигнала с использованием его гармонического разложения // Там же, № 4. С. 3–12.
25. Ефимов В.М., Резник А.Л., Торгов А.В. Эффективные по быстродействию методы цифровой обработки динамических последовательностей

- изображений // Вестник НГУ. Серия: Физика, 2008, т. 3, вып. 3. С. 95–103.
26. Заболотский А.А. Бистабильность при взаимодействии трехкомпонентного светового поля с тонкой молекулярной пленкой // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 104, № 5. С. 822–828.
  27. Заболотский А.А. Молекулы с постоянным дипольным моментом в периодической среде с квадратичной нелинейностью // Там же, т. 105, № 6. С. 947–953.
  28. Заболотский А.А. Однонаправленные двухкомпонентные оптические импульсы в изотропной двухуровневой среде с постоянным дипольным моментом // ЖЭТФ, 2008, т. 133, вып. 5. С. 970–983.
  29. Заболотский А.А. Самолокализация экситонов и нелинейно-оптические свойства J-агрегатов в тонкой периодической среде // Там же. С. 466–476.
  30. Золотухин Ю.Н., Бедина Н.В. Прогнозирование отказов в авиационной системе генерирования электрической энергии // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність. Частина 2, Київ, 2008. С. 41–44.
  31. Золотухин Ю.Н., Котов К.Ю., Нестеров А.А., Ян А.П. Управление плоским движением автономного объекта при исследовании скалярных полей // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 109–115.
  32. Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А., Ян А.П. Идентификация параметров динамической системы «автономный подводный аппарат – окружающая среда» // Там же, № 5. С. 88–92.
  33. Зотов А.А., Котов В.Н., Лубков А.А., Лылов С.А. Автоматическое управление солнечным телескопом // Датчики и системы, 2008, №10. С. 8–12.
  34. Ильичёв Л.В. Движение атома при анизотропной фильтрации его резонансной флуоресценции // Письма в ЖЭТФ, 2008, т. 88, № 9. С. 664–667.
  35. Ильичёв Л.В. Локализация и кинетика атома при спектральной фильтрации его резонансной флуоресценции // ЖЭТФ, 2008, т. 133, № 2. С. 279–292.
  36. Исаков И.А., Тахтаев Ю.В., Коронкевич В.П., Ленкова Г.А. Исследование оптических характеристик дифракционно-рефракционной ИОЛ с аподизирующей поверхностью // Вестник Российской Военно-медицинской академии, 2008, т. 20, № 1. С. 49–52.
  37. Казаков В.Г., Раутиан С.Г., Яценко А.С. Компьютерное представление характеристик электронных оболочек атомов // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 106, № 1. С. 53–58.
  38. Кашеева Г.А. Статистика числа и длительности выбросов огибающей многочастичного доплеровского сигнала как функция заданного порогового уровня // Автометрия, 2008, т. 44, № 5. С. 62–70.
  39. Киричук В.С., Косых В.П., Курманбек уулу Т. Совместная обработка последовательности изображений при поиске движущихся объектов с

- известным вектором скорости // Ползуновский альманах, 2008, № 2. С. 10–12.
40. Ковалев А.М. О модели бинокулярного визуального пространства // Автометрия, 2008, т. 44, № 4. С. 89–98.
  41. Козик В.И., Нежевенко Е.С. Измерение диаметра монокристалла кремния в процессе его выращивания из расплава // Там же, № 5. С. 12–23.
  42. Коронкевич В.П., Ленкова Г.А., Корольков В.П., Полещук А.Г., Исаков И.А., Гутман А.С. Новое поколение бифокальных дифракционно-рефракционных интраокулярных линз // Компьютерная оптика, январь – март 2008, т. 32, № 1. С. 50–58.
  43. Коронкевич В., Ленкова Г., Корольков В., Полещук А., Исаков И., Гутман А., Треушников В. Бифокальная интраокулярная линза вместо хрусталика // Фотоника, 2008, выпуск № 1. С. 10–13.
  44. Кузнецов С.А., Иванов В.А. Новые конструкции устройств для сортировки твердых материалов по размерам // Вестник машиностроения, 2008, № 10. С. 88–90.
  45. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Дышлюк А.В., Шалагин А.М., Бабин С.А., Власов А.А. Рефлектометрический метод детектирования сигналов от датчиков на волоконных брэгговских решетках // Автометрия, 2008, т. 44, № 2. С. 113–118.
  46. Кульчин Ю., Витрик О., Дышлюк А., Шалагин А., Бабин С., Шелемба И. Спектрально-временное детектирование сигналов ВБР с помощью метода оптической временной рефлектометрии // Фотоника, 2008, т. 9, № 3. С. 18–19.
  47. Лабусов В.А. Комплексы приборов для атомно-эмиссионного спектрального анализа на основе спектрометра «Гранд» // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2008, т. 74, № 4. С. 21–29.
  48. Лабусов В.А. Многоканальные анализаторы атомно-эмиссионных спектров МАЭС и их использование в криминалистике // Теория и практика судебной экспертизы, 2008, № 2 (10). С. 172–184.
  49. Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Зарубин И.А., Галлямов Р.Г. Измерение квантовой эффективности многоэлементных фотодетекторов в спектральном диапазоне 180–800 нм // Автометрия, 2008, т. 44, № 1. С. 27–38.
  50. Лаврентьев М.М.-мл., Максимов В.И. Восстановление правой части в параболическом уравнении // Журнал Вычислительной математики и математической физики, 2008, т. 48, № 4. С. 674–680.
  51. Ленкова Г.А., Завьялов П.С. Афокальная оптическая система для компенсации аномалий рефракций глаза // Автометрия. 2008, т. 44, № 4. С. 99–104.
  52. Ленкова Г.А., Корольков В.П., Коронкевич В.П., Насыров Р.К., Гутман А.С., Исаков И.А., Треушников В.М. Дифракционно-рефракционные интраокулярные линзы // Там же. С. 75–88.

53. Лихачёв А.В. Регуляризирующая фильтрация проекций в алгоритмах двумерной томографии // Сибирский журнал вычислительной математики, 2008, т. 11, № 2. С. 187–200.
54. Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Исследование сегнетоэлектрического фазового перехода в кристалле DKDP методом низкочастотного комбинационного рассеяния света // Физика твердого тела, 2008, т. 50, № 6. С. 1090–1095.
55. Масалов И.В., Таранцев И.Г. Распределенная система автоматизации управления потоками мультимедиа данных // Вестник НГУ. Серия: Физика, 2007, т. 2, вып. 3. С. 95–100.
56. Милёхин А.Г., Свешникова Л.Л., Дуда Т.А., Суровцев Н.В., Адищев С.В., Цан Д.Р.Т. Гигантское комбинационное рассеяние света квантовыми точками CdS // Письма в ЖЭТФ, 2008, т. 88, вып. 12. С. 918–921.
57. Михляев С.В. Исследование неитерационного метода наименьших квадратов для оценивания параметров аппроксимирующей окружности // Журнал «Вычислительные технологии», 2008, т. 13, № 5. С. 41–50.
58. Михляев С.В. Оценка параллакса изображения мениска выращиваемого кристалла // Оптический журнал, 2008, т. 75, № 1. С. 66–70.
59. Михляев С.В., Потатуркин О.И. Информационные характеристики изображения зоны кристаллообразования в методе Чохральского // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 35–48.
60. Пархоменко А.И., Усольцев А.Н., Шалагин А.М. Индуцированное столкновениями усиление коротковолнового излучения на переходах в основное состояние атомов // ЖЭТФ, 2008, т. 134, № 2. С. 211–220.
61. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Влияние столкновений на спектр резонансной флуоресценции // Там же, т. 133, № 5. С. 984–995.
62. Пен Е.Ф., Родионов М.Ю. Влияние брэгговской расстройки на искажения восстановленного изображения страницы данных в голографической памяти // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 89–95.
63. Пен Е.Ф., Шаталов И.Г. Исследование объемов микрочастиц и рельефных объектов методами цифровой голографии // Мир техники кино, 2008, № 8. С. 35–38.
64. Пермякова О.И., Яковлев А.В., Чаповский П.Л. Измерение времени жизни атомов рубидия в темной магнитооптической ловушке // Квантовая электроника, 2008, т. 38, № 9. С. 884–888.
65. Плеханов А.И., Шелковников В.В. Оптические постоянные нанометровых пленок J-агрегатов органических красителей, измеренные методами спектральной эллипсометрии и поляризационной рефлектометрии // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 104, № 4. С. 606–613.
66. Полещук А.Г. Дифракционная оптика // Мир техники кино, 2008, № 8. С. 27–31.
67. Проць И.В., Малиновский В.К., Суровцев Н.В. Исследование быстрой релаксации в стеклюющемся селене методом низкочастотного

- комбинационного рассеяния света // Физика и химия стекла, 2008, т. 34, № 1. С. 39–47.
68. Раутиан С.Г. Волновые отступления от закона Рытова вращения эллипса поляризации // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 105, № 1. С. 95–102.
  69. Раутиан С.Г. Об отражении и преломлении на границе сред с отрицательной групповой скоростью // Успехи физических наук, 2008, т. 178, № 10. С. 1017–1024.
  70. Раутиан С.Г. Объемное френелево отражение электромагнитных волн в трехмерно неоднородных средах // ЖЭТФ, 2008, т. 133, № 3. С. 513–521.
  71. Раутиан С.Г. О некоторых свойствах эталона Фабри–Перо с отрицательными проницаемостями среды // Оптика и спектроскопия, 2008, т. 105, № 1. С. 103–113.
  72. Раутиан С.Г., Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Эффекты насыщения и самонасыщения в поле интенсивных лазерных волн: переход  $J=1 - J=1$  // Там же, т. 104, № 4. С. 630–639.
  73. Раутиан С.Г. Физическая оптика фотонных кристаллов // Там же, № 1. С. 122–130.
  74. Сердюков О.В., Кулагин С.А., Нестуля Р.В., Тимошин А.И., Горопов Г.Э. Технология «НЕЙРОН-ТМ» как основа нижнего уровня систем телемеханики, мониторинга и противоаварийной автоматики // Промышленные АСУ и контроллеры, раздел «АСУ для промышленных предприятий», 2008, № 3. С. 6–8.
  75. Сердюков О.В., Кулагин С.А., Нестуля Р.В., Тимошин А.И., Горопов Г.Э. Универсальная аппаратная платформа систем автоматизации электроэнергетических объектов на базе технологии «НЕЙРОН-ТМ» // Информатизация и системы управления промышленности (ИСУП), 2008, № 1 (17). С. 43–46.
  76. Сердюков О.В. ПТК «Торнадо»: жизнь в большой энергетике // Рациональное управление предприятием – Rational Enterprise Management (REM), раздел «Автоматизация производства», 2008, № 1. С. 50–54.
  77. Сердюков О.В., Тимошин А.И., Кулагин С.А., Дорошкин А.А., Аксенов А.С., Рукосуев Ю.В. Мобильный многоканальный стенд – инструмент для проведения энергоаудита на объектах теплоэнергетики // Автоматизация в промышленности, 2008, № 9. С. 10–12.
  78. Сердюков О.В., Тимошин А.И., Кулагин С.А., Кузнецов В.И., Дорошкин А.А. Крупномасштабные АСУТП электростанций на основе модулей удаленного ввода/вывода с дублированным ETHERNET // Промышленные АСУ и контроллеры, раздел «Технические средства АСУТП», 2008, № 7. С. 39–40.
  79. Соболев В.С., Кашеева Г.А. Активная лазерная интерферометрия с частотной модуляцией // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 51–69.

80. Соболев В.С., Уткин Е.Н. Использование режима оптической обратной связи для оценки крутизны модуляционной характеристики полупроводниковых лазеров // Письма в ЖТФ, 2008, № 5. С. 28–34.
  81. Твердохлеб П.Е., Щепеткин Ю.А. Метод лазерной доплеровской томографии для исследования объемных регистрирующих сред // Автометрия, 2008, т. 44, № 6. С. 76–88.
  82. Трофимов О.Е., Лихачев А.В. Сравнение некоторых алгоритмов томографической реконструкции в конусе лучей // Сибирский журнал индустриальной математики, 2008, т. 11, № 3. С. 126–134.
  83. Шалагин А.М. Эффект светоиндуцированного дрейфа // Наука в России, 2008, № 4. С. 4–10.
  84. Шелковников В.В., Плеханов А.И., Орлова Н.А. Нанометровые пленки полиметиновых красителей в оптической памяти и нелинейной оптике // Российские нанотехнологии, 2008, т. 3. № 9–10. С. 8–29.
  85. Шпилевая О.Я., Котов К.Ю. Переключаемые системы: устойчивость и проектирование (обзор) // Автометрия, 2008, № 5. С. 71–87.
1. Akulov V.A., Babin S.A., Kablukov S.I., Vlasov A.A. Fiber lasers with tunable green output // Laser Physics, 2008, vol. 18, № 11. P. 1225–1229.
  2. Babin S.A., Churkun D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Turbulence-induced square-root broadening of the Raman fiber laser output spectrum // Opt. Lett., 2008, vol. 33, № 6. P. 633–635.
  3. Babin S.A., Kablukov S.I., Terentiev V.S. Reflective interferometer on the basis of Troitsky thin film for frequency selection in fiber lasers // Laser Physics, 2008, vol. 18, № 11. P. 1241–1245.
  4. Babin S.A., Karalekas V., Podivilov E.V., Mezentsev V.K., Harper P., Ania-Castañón J.D. and Turitsyn S.K. Turbulent broadening of optical spectra in ultralong Raman fiber lasers // Phys. Rev. A, 2008, vol. 77 (3), 033803 (5pages).
  5. Babin S.A., Podivilov E.V. New physical effects in ultralong Raman fiber lasers // Laser Physics, 2008, vol. 18, № 2. P. 122–128.
  6. Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A. Inverse scattering for the one-dimensional Helmholtz equation: fast numerical method // Opt. Lett., 2008, vol. 33, № 18. P. 2101–2103.
  7. Belai O.V., Shapiro D.A. FBG filter with minimal dispersion // Laser Physics, 2008, vol. 18, № 11. P. 1294–1300.
  8. Belai O.V., Shapiro D.A. Minimization of dispersion for symmetric FBG optical filters // Opt. Commun., 2008, vol. 281. P. 3291–3294.
  9. Chernykh A., Lebedev V. Passive scalar structures in peripheral regions of random flows // JETP Letters, 2008, vol. 87, issue 12. P. 682–686.
  10. Gronenborn S., Sturman B., Falk M., Haertle D. and Buse K. Ultra-slow shock waves of electron density in LiNbO<sub>3</sub> crystals // Phys. Rev. Lett., 2008, vol. 101. Paper 116601 (4 pages).
  11. Haboucha A., Komarov A., Leblond H., Salhi M. and Sanchez F. Investigation of multiple pulsing and hysteresis phenomena in the erbium-doped

- double-clad fiber laser // *Jour. Optoelect. Adv. Mat.*, 2008, vol. 10, № 1. P. 164–168.
12. Haboucha A., Komarov A., Leblond H., Sanchez F., Martel G. Mechanism of multiple pulse formation in the normal dispersion regime of passively mode-locked fiber ring lasers // *Optical Fiber Technology*, 2008, vol. 14. P. 262–267.
  13. Haboucha A., Leblond H., Salhi V., Komarov A., Sanchez F. Analysis of soliton pattern formation in passive mode-locked fiber lasers // *Phys. Rev. A*, 2008, vol. 78. Paper 043806 (12 pages).
  14. Haboucha A., Leblond H., Salhi M., Komarov A., Sanchez F. Coherent soliton pattern formation in a fiber laser // *Optics Letters*, 2008, vol. 33, № 5. P. 524–526.
  15. Hong H., Begen B., Kisliuk A., Alba-Simionesco C., Novikov V.N., Sokolov A.P. Influence of density (pressure) on the boson peak in polymers // *Phys. Rev. B.*, 2008, vol. 78. P. 134201 (11 pages).
  16. Kariyo S., Brodin A., Gainaru C., Herrmann A., Hintermeyer J., Schick H., Novikov V.N., Rössler E.A. From simple liquid to polymer melt: Glassy and polymer dynamics studied by fast field cycling NMR relaxometry: Rouse regime // *Macromolecules*, 2008, vol. 41. P. 5322–5332.
  17. Kariyo S., Brodin A., Gainaru C., Herrmann A., Schick H., Novikov V.N., Rössler E.A. From simple liquid to polymer melt: Glassy and polymer dynamics studied by fast field cycling NMR relaxometry: Low and high molecular weight limit // *Там же*. P. 5313–5321.
  18. Kariyo S., Gainaru C., Schick H., Brodin A., Novikov V.N., Rössler E.A. From simple liquid to polymer melt: NMR relaxometry study of polybutadiene, Erratum // *Phys. Rev. Lett.*, 2008, vol. 100. P. 109901 (1 page).
  19. Komarov A., Haboucha A., Sanchez F. Ultrahigh repetition rate bound-soliton harmonic passive mode-locked fiber lasers // *Opt. Lett.*, 2008, vol. 33. P. 2254–2256.
  20. Komarov A., Sanchez F. Structural dissipative solitons in passive mode-locked lasers // *Phys. Rev. E*, 2008, vol. 77. Paper 066201 (8 pages).
  21. Kostsova N.E. and Kostsov E.G. The effect of contact junctions on thermally stimulated depolarization current in thin semiconductor films // *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2008, vol. 41. P. 135410 (7 pages).
  22. Kulchin Yu.N., Vitrik O.B., Dyshlyuk A.V., Shalagin A.M., Babin S.A., Shelemba I.S., Vlasov A.A. Combined time–wavelength interrogation of fiber-Bragg gratings based on an optical time-domain reflectometry // *Laser Physics*, 2008, vol. 18, № 11. P. 1301–1304.
  23. Kulikov A.V., Tikhonova M.A., Kulikov V.A. Automated measurement of spatial preference in the open field test with transmitted lighting // *Journ. Neuroscience Methods*, 2008, vol. 170 (2). P. 345–351.
  24. Kupriyanov I.N., Pal'yanov Yu.N., Kalinin A.A., Sokol A.G., Khokhryakov A.F., Gusev V.A. The effect of HPHT treatment on the spectroscopic features of type IIb synthetic diamonds // *Diamond and Related Materials*, 2008, vol. 11. P. 1011–1014.

25. Kurkov A.S., Babin S.A., Kablukov S.I., Lobach I.A. Mechanism of mode coupling in multicore fiber lasers // *Opt. Lett.*, 2008, vol. 33, № 1. P. 61–63.
26. Milekhin A.G., Kalagin A.K., Vasilenko A.P., Toropov A.I., Surovtsev N.V., Zahn D.R.T. Vibrational spectroscopy of InAlAs epitaxial layers // *Journal of Applied Physics*, 2008, vol. 104, № 5. № 073516 (5 pages).
27. Portales H., Goubet N., Saviot L., Adichtchev S., Murray D. B., Mermet A., Duval E., and Pileni M.-P. Probing atomic ordering and multiple twinning in metal nanocrystals through their vibrations // *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA)*, 2008, vol. 105. P. 14784–14789.
28. Rebhi R., Mathey P., Jauslin H.R. and Sturman B. Strong lowering of the mirrorless optical oscillation threshold by angular mismatches for nonlocal photorefractive nonlinearity // *Opt. Lett.*, 2008, vol. 33, issue 23 P. 2773–2775.
29. Sanchez F., Leblond H., Salhi M., Komarov A. and Haboucha A. Models for passively mode-locked fiber lasers // *Fiber and Integrated Optics*, 2008, vol. 27, № 5. P. 370–391.
30. Shapiro E.G. Error statistics during the propagation of short optical pulses in a highspeed fibreoptic communication line // *Quantum Electronics*, 2008, vol. 38, № 9. P. 874–876.
31. Shapiro E.G. Simulation of statistical errors in a high-rate fiber-optic communications line // *Laser Physics*, 2008, vol. 18, № 4. P. 449–451.
32. Smirnov G.I., Zapivalov N.P., Bednarjevsky S.S., Shevchenko N.G. Nonlinear characteristics of the productivity of the strained deformed petroliferous stratum-collector // *The Complete Energy Journal*, 2008, vol. 17, № 4. P. 67–68.
33. Smirnov G.I., Zapivalov N.P. Fractals modeling of petroleum reservoirs // *Там же*, № 3. P. 64–67.
34. Steinberg I.Sh., Loskutov V.A., Shelkovnikov V.V., Shepetkin Yu.A. Two-photon recording of microholograms in photopolymer materials with new cationic thioxanthone photoinitiators // *Optics Communications*, 2008, vol. 281. P. 4297–4301.
35. Steinberg I.Sh., Shepetkin Y.A. Two-photon recording of microholograms in undoped lithium tantalate // *Applied Optics*, 2008, vol. 47. P. 9–14.
36. Sturman B., Podivilov E. and Gorkunov M. Photorefractive deceleration of light pulses // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 2008, vol. 106. P. 668–677.
37. Sturman B.I., Podivilov E.V., Gorkunov M.V. Photorefractive manipulation of light pulses // *Phys. Rev. A*, 2008, vol. 77. P. 063808 (10 pages).
38. Sturman B.I., Podivilov E.V., Gorkunov M.V. Theory of extraordinary light transmission through arrays of subwavelength slits // *Phys. Rev. B*, 2008, vol. 77. P. 075106 (12 pages).
39. Surovtsev N.V., Malinovsky V.K., Solntsev V.P., Davydov A.V., Tsvetkov E.G. Peculiarities of  $\text{LiB}_3\text{O}_5$  crystallization from melts studied by

- Raman spectroscopy // *Journal of Crystal Growth*, 2008, vol. 310, № 15. P. 3540–3544.
40. Surovtsev N.V., Salnikov E.S., Malinovsky V.K., Sveshnikova L.L., Dzubba S.A. On the low-temperature onset of molecular flexibility in lipid bilayers seen by Raman scattering // *Journal of Physical Chemistry B*, 2008, vol. 112. P. 12361–12365.
  41. Veyko V.P., Shakhno E.A., Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Matyzhonok V. Local Laser Oxidation of Thin Metal Films: Ultra-resolution in Theory and in Practice // *JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering*, 2008, vol. 3, № 3. P. 201–205.
  42. Zabolotskii A.A. Evolution of the unidirectional electromagnetic pulses in an anisotropic two-level medium // *Phys. Rev. E*, 2008. vol. 77. P. 036603 (8 pages).
  43. Zabolotskii A.A. Reduced Maxwell–Bloch equations with anisotropic dipole momentum // *Physica D*, 2008, vol. 237. P. 540–550.
  44. Zabolotskii A.A. Resonant interaction of coupled polarization waves with a degenerate resonant two-photon transition // *Phys. Rev. A*, 2008, vol. 78. P. 063813 (6 pages).

### **Сборники научных статей**

1. Беднаржевский С.С., Запывалов Н.П., Смирнов Г.И., Шевченко Н.Г. Высокоинформативные нелинейно-волновые технологии разведки и мониторинга нефтегазовых месторождений // *Сб. научных трудов СурГУ*, 2008, т. 31. С. 12–18.
2. Пен Е.Ф., Шаталов И.Г. Исследование объемов микрочастиц и рельефных объектов методами цифровой голографии // *Физика наукоемких технологий: Сборник научных статей Иркутского военного института*. Вып. 2. Иркутск: ИВИ, 2008. С. 93–99.

### **МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ**

#### **Труды международных и российских конференций**

1. Аксенов В.В., Зотов А.А., Зюбин В.Е., Лубков А.А., Петухов А.Д. Автоматизация технологических линий получения углеводных кормовых добавок // *Труды V Международной юбилейной научно-практической конференции «Пища, экология, качество»* (Новосибирская обл., п. Краснообск, 30 июня – 2 июля 2008). С. 109–111.
2. Аксенов В.В., Зотов А.А., Лубков А.А. Информационно-управляющая система автоматизации производства углеводных кормовых добавок // Там же. С. 366–367.
3. Аношин Г.Н., Заякина С.Б., Лабусов В.А. Современный атомно-эмиссионный спектральный анализ и геохимия // *Материалы Всерос-*

- сийской конференции «Химический анализ» (Москва, Россия, 21–25 апреля 2008). С. 69–71.
4. Арнаутов Г.П., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Смирнов М.Г. Мониторинг вариаций силы тяжести, наклонов и деформаций земной поверхности на сейсмостанции «Талая» в Байкальской рифтовой зоне // IV Международный научный конгресс «ГЕО-Сибирь–2008» (Новосибирск, Россия, 22–24 апреля 2008). Сб. Материалов, т. 3, ч. 2: «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». Изд-во СГГА. Новосибирск, 2008. С. 234–238.
  5. Бевзов А.Н. Разработка методов автоматического индексирования текстов на естественном языке для информационно-поисковых систем // Труды X Всероссийской научной конференции Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции – RCDL'2008 (Дубна, Россия, 7–11 октября 2008). С. 401–404.
  6. Белоконь С.А., Васильев В.В., Золотухин Ю.Н., Соболев М.А., Филиппов М.Н., Ян А.П. Автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов в Новосибирском метрополитене // Материалы конференции: IV Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Проблемы управления и информационные технологии, ПУИТ'08» (Казань, Россия 23–28 июня 2008). С. 28–31.
  7. Белоконь С.А., Филиппов М.Н. Открытая модульная многоплатформенная SCADA-система: разработка и реализация // Там же. С. 20–23.
  8. Будников К.И., Клисторин И.Ф., Курочкин А.В., Львов С.А. Датчик удаленного мониторинга электронной почты на платформе Windows // Proceedings of the 2nd International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2008 (Chisinau, Moldova, May 15–18, 2008), vol. 1. P. 257–260.
  9. Васильев В.В. Расширение сетей Петри для анализа функционирования схем маршрутно-релейной централизации // IV Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Проблемы управления и информационные технологии, ПУИТ'08» (Казань, Россия, 23–28 июня 2008). Материалы конференции. С. 24–27.
  10. Дашевский О.Ю., Нежевенко Е.С. Сравнительный анализ методов синтезирования апертуры в гидроакустике // Труды IX Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» (Санкт-Петербург, Россия, 27–29 мая 2008). СПб.: Наука, 2008. С. 580–583.
  11. Заякина С.Б., Аношин Г.Н., Лабусов В.А. Спектроскопический способ определения масс частиц золота и концентрации элементов в каждой частице пробы при введении в факел двухструйного плазматрона // V Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазموхимии (Иваново, Россия, 3–8 сентября 2008). Сборник трудов, т. 2. С. 518–521.

12. Золотухин Ю.Н., Котов К.Ю., Нестеров А.А., Ян А.П. Управление автономным объектом при исследовании скалярных полей // IX Международная конференция «Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-08)» (Новосибирск, Россия, 24–26 сентября 2008). Материалы конференции. Новосибирск, 2008, т. 7. С. 143–146.
13. Золотухин Ю.Н., Котов К.Ю., Нестеров А.А., Ян А.П. Управление движением автономного объекта в режиме поиска и отслеживания изолинии скалярного поля // IV Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Проблемы управления и информационные технологии, ПУИТ'08» (Казань, Россия 23–28 июня 2008). Материалы конференции. С. 247–250.
14. Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А. Модель 9-фазной синхронной машины с постоянными магнитами // Труды V Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (Самара, Россия, 23–25 июня 2008). Самара, Самарский научный центр РАН, 2008. С. 253–258.
15. Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А., Ян А.П. Идентификация параметров динамической системы «автономный подводный аппарат – окружающая среда» // IX Международная конференция «Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-08)» (Новосибирск, Россия, 24–26 сентября 2008). Материалы конференции. Новосибирск, 2008, т. 7. С. 147–150.
16. Зюбин В.Е. Использование виртуальных объектов автоматизации для обучения студентов программированию работотехнических комплексов // Proceedings of the 2nd International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2008 (Chisinau, Moldova, 15–18 May, 2008), vol. 1. P. 351–356.
17. Зюбин В.Е., Калугин А.А. Использование виртуальных стендов для обучения программированию задач промышленной автоматизации // Материалы IV международной научно-практической конференции-выставки «Промышленные контроллеры 2008: от А до Я» (Москва, Россия, 14–17 октября, 2008). С. 21–23.
18. Зюбин В.Е., Петухов А.Д. Использование виртуальных объектов автоматизации для моделирования технологических линий получения углеводных кормовых добавок // Труды V Международной юбилейной научно-практической конференции «Пища, экология, качество» (Новосибирская обл., п. Краснообск, 30 июня – 2 июля 2008). С. 360–361.
19. Зюбин В.Е. Развитие стандарта IEC 61131-3: возможные направления для расширения языка ST // Материалы IV международной научно-практической конференции-выставки «Промышленные контроллеры 2008: от А до Я» (Москва, Россия, 14–17 октября, 2008). С. 26–27.
20. Исаков И.А., Смирнов Е.В., Ленкова Г.А., Корольков В.П., Коронкевич В.П., Гутман А.С., Треушников В.М. Состояние поверхности бифокальной дифракционно-рефракционной линзы МИОЛ-Аккорд после длительного нахождения в глазу // Всероссийская научно-

- практическая конференция «Высокие технологии в офтальмологии» (Анапа, Россия, Краснодарский филиал МНТК, 3–4 октября 2008). Сборник трудов–2008. С. 197–200.
21. Корольков В.П., Коронкевич В.П., Полещук А.Г., Насыров Р.К., Пиндюрин В.Ф., Гольденберг Б.Г., Анчарова У.В., Петрова Е.В., Елисе-ев В.С., Шелковников В.В., Лоскутов В.А. Синтез и тиражирование микроструктурированных оптических компонентов: новые технологии и материалы // V Международная конференция «Голография ЭКСПО – 2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов и официальные материалы конференции «Голография в России и за рубежом. Наука и практика», 2008. Изд. ООО «Голография-Сервис». С. 61–64.
  22. Корольков В.П., Пыхтин А.В., Черкашин В.В. Проектирование и запись оригиналов защитных голограмм с псевдообъемными элементами на установке CLWS-300IAE // Там же. С. 171–175.
  23. Коршевер И.И. Методы формирования характеристик направленности (ФХН) динамических гидроакустических решеток в условиях неопределенности аппаратной функции и параметров среды распространения // Труды IX Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» ГА–2008 (Санкт-Петербург, Россия, 27–29 мая 2008). СПб.: Наука, 2008. С. 576–579.
  24. Кузиковский С.А., Белого И.В., Гладкий Д.А., Елыков Н.А. Алгоритм непрерывной детализации, учитывающий особенности архитектуры современных видеоускорителей // Труды Международной 18-й конференции по компьютерной графике и зрению GRAPHICON'2008. МГУ (Москва, Россия, 23–27 июня 2008). Р. 278–281.
  25. Лабусов В.А., Мазалов Л.Н., Попов В.И., Фоменко С.В., Селюнин Д.О., Мищенко И.В., Бехтерев А.В. Линейный рентгеновский детектор для спектральной области 1–20 Å // Труды IX Международного симпозиума «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (Новосибирск, Россия, 19–22 августа 2008). С. 19–34.
  26. Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Петроченко Д.В., Баглай Ю.А., Зарубин И.А. Калибровка измерительных каналов анализатора МАЭС // Там же. С. 4–18.
  27. Ленкова Г.А., Завьялов П.С. Афокальная оптическая система для компенсации аномалий рефракций глаза // VIII Международная конференция «Прикладная оптика – 2008» (Санкт-Петербург, Россия, 20–24 октября 2008). Сборник трудов (Оптическое общество им. Д.С. Рождественского), 2008, т. 1 (Оптическое приборостроение). С. 176–180.
  28. Ленкова Г.А. Спектральные свойства дифракционно-рефракционных интраокулярных линз (искусственных хрусталиков глаза) // V международная конференция «Голография ЭКСПО–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов и официальные материалы конференции «Голография в России и за рубежом. Наука и практика», 2008. Изд. ООО «Голография-Сервис». С. 134–138.

29. Лубков А.А., Зотов А.А., Котов В.Н., Лылов С.А. Управление солнечным телескопом // Proceedings of the 2nd International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2008 (Chisinau, Moldova, May 15–18, 2008), vol. 1. P. 345–350.
30. Лубков А.А., Лылов С.А., Недосекин А.П., Перебейнос С.В. Регулируемый высоковольтный блок для управления КДП поляризатором // Там же. P. 351–356.
31. Михляев С.В. Системы технического зрения для контроля геометрии выращиваемого кристалла // VIII Международная конференция «Прикладная оптика–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 20–24 октября 2008). Сборник трудов, т. 1. С. 62–66.
32. Новиков Ю.Н., Вишняков А.В., Гриценко В.А., Насыров К.А. Перенос заряда в оксиде алюминия: многофононный механизм // XI Международная конференция «Физика диэлектриков» (Санкт-Петербург, Россия, 3–7 июня 2008). Материалы конференции. С. 92–94.
33. Новиков Ю.Н., Насыров К.А. ФЛЭШ элемент памяти, основанный на кремниевых кластерах, встроенных в диэлектрик с высокой диэлектрической проницаемостью // Там же. С. 94–96.
34. Пен Е.Ф. Модификация сигнального канала странично-организованной голографической памяти // V международная конференция «Голография Экспо–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов. С-Пб: ООО «Голография-сервис», 2008. С. 75–79.
35. Полещук А.Г. Методы и системы для интерферометрического контроля асферической оптики с помощью синтезированных голограмм // Там же. С. 21–25.
36. Путьмаков А.Н., Гаранин В.Г. О выборе режимов универсальных генераторов «Шаровая молния» и «Везувий» // Труды IX Международного симпозиума «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (Новосибирск, Россия, 19–22 августа 2008). С. 74–78.
37. Путьмаков А.Н., Комиссарова Л.Н., Шелпакова И.Р. О некоторых возможностях повышения эффективности атомно-эмиссионного спектрального анализа порошковых проб // Там же. С. 66–68.
38. Седухин А.Г. Приближенная аналитическая оценка поля сфокусированной световой волны // Международный оптический конгресс «Оптика – XXI век» (Санкт-Петербург, Россия, 20–24 октября 2008). Сборник трудов V Международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики – 2008», СПбГУ и ИТМО, 2008. С. 266–268.
39. Шелковников В.В., Васильев Е.В., Пен Е.Ф., Шапиро Д.А. Моделирование кинетики фотополимеризации и особенности голографической записи в ГФПМ // V международная конференция «Голография Экспо–2008» (Санкт-Петербург, Россия, 1–2 июля 2008). Сборник трудов. С-Пб: ООО «Голография-сервис», 2008. С. 183–186.
40. Abdulkadyrov M.A., Patrikeev A.P., Belousov S.P., Semenov A.P., Patrikeev V.E., Ignatov A.N., Polyanchikov A.V., Pridnya V.V., Sharov Y.A.,

- Poleshchuk A.G., and Nasyrov R.K. M1 primary mirror manufacturing for VISTA project // Proc. SPIE 7018, 2008. P. 701804 (10 pages).
41. Babin S.A., Churkin D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Square-root law of turbulence-induced spectral broadening in Raman fiber lasers // Proc. SPIE, vol. 6873: Fiber Lasers V: Technology, Systems, and Applications, 2008. P. 68731O–68731O-8.
  42. Babin S.A., Churkin D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Turbulent square-root broadening of fiber lasers output spectrum // Proc. OFC/NFOEC 2008 (San Diego, USA, February 24–28, 2008). P. JWA20 (3 pages).
  43. Babin S.A., Karalekas V., Podivilov E.V., Mezentssev V.K., Harper P., Ania-Castañón J. D. and Turitsyn S.K. Characterization of ultra-long Raman fibre lasers // Proc. SPIE, vol. 6873: Fiber Lasers V: Technology, Systems, and Applications, 2008. P. 68731P (9 pages).
  44. Baginsky I.L., Kostsov E.G., Sobolev V.S. High energy microelectromechanical oscillator based on the electrostatic microactuator // Proc. of SPIE, 2008, vol. 7025. P. 70251E-1–70251E-8.
  45. Bedina N.V. Failure prognostics in generating system for aircraft // IEEE. EDM 2008 International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials (Erlagol, Altai, Russia, July 1–5, 2008). Proceedings. P. 141–143.
  46. Budnikov K. I., Kurochkin A. V. and Lylov S. A. Win32 Based Sensor for Email Auditing // The 1st IEEE Region VIII International Conference on "Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering" SIBIRCON-2008 (Novosibirsk Scientific Centre, Novosibirsk, Russia, July 21–25, 2008). Proceedings. P. 286–287.
  47. Dubov M., Nasyrov R.K., Nikogosyan D.N., Poleshchuk A.G., Mezentssev V., and Bennion I. Micro-holographic methods for sub-micrometer grating fabrication in fused silica with UV femtosecond laser // Proc. SPIE 7100, 2008. P. 71000T (9 pages).
  48. Goloshevsky N., Aleshin A., Baev S., Bessmeltsev V., Smirnov K., Maksimov M., Mikhailov M. Precision laser system based on complementary scanning principle for dielectric material microprocessing // Proc. SPIE, 2008, vol. 6985, Jan. 15. P. 69850M–69850M-9.
  49. Griбанov A.V., Donin V.I., Yakovin D.V. The titan-sapphire laser pumped by the second harmonic radiation of the diode-pumped pulse Nd:YAG laser for the purposes of two-photon spectroscopy // IX Russian-Chinese Symposium on Laser Physics and Technologies (Tomsk, Russia, October 26–31, 2008). Proceedings. P. 196–198.
  50. Haboucha A., Komarov A., Salhi M., Leblond H., Sanchez F. Soliton crystal fiber laser // Proc. SPIE, 2008, vol. 6998, paper 699805 (8 pages).
  51. Ivanov V.A., Kirichuk V.S., Kosykh V.P. Optimal Linear Prediction in Improving of a Set of Geometrically Transformed Aliased Images // IX Int. Conf. on Pattern Recognition and Image Analysis (Nizhni Novgorod, Russia, September 14–20, 2008). Proceedings, vol. 1. P. 234–237.

52. Karalekas V., Kablukov S.I., Harper P., Ania-Castañón J.D., Babin S., Turitsyn S.K. 165 km Ultra-long Raman fibre laser in the C-band // 34th European Conference and Exhibition on Optical Communication (Brussels, Belgium, September 21–25, 2008). Proceedings, 2008, vol. 1, paper Mo. 3. B.5. P. 15–16.
53. Kolesnikov A. An online polygonal approximation of digital signals and curves with dynamic programming algorithm // Proc. Int. Conf. on Pattern Recognition (Tampa, USA, December 7–11, 2008). P. 9.31.
54. Kolesnikov A. Constrained Piecewise Linear Approximation of Digital Curves // Там же. P. 9.6.
55. Kolesnikov A. Fast algorithm for ISE-bounded polygonal approximation // Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing (San Diego, USA, October 12–15, 2008). P. 1013–1015.
56. Komarov A., Komarov K., Haboucha A., Sanchez F. Information sequences of bound solitons // X International Conference on Transparent Optical Networks – "Mediterranean Winter" 2008 (Marrakesh, Morocco, December 11–14, 2008). Conference Proceedings ICTON-MW'08. P. 115–118.
57. Komarov A., Komarov K., Haboucha A., Sanchez F. Active and passive modulation methods for management of passive mode-locked fiber lasers // Там же. P. 237–240.
58. Komarov A., Komarov K., Leblond H., Sanchez F. Spectra of solitons in fiber lasers // X International Conference on Transparent Optical Networks (Athens, Greece, June 22–26, 2008.). Conference Proceedings ICTON 2008. P. 270–273.
59. Komarov A., Leblond H., Sanchez F. Models for passively mode-locked fiber lasers // Там же. P. 214–217.
60. Korolkov V.P., Ostapenko S.V., Shimansky R.V. Profilometric characterization of DOEs with continuous microrelief // Proc. SPIE, 2008, vol. 7102: Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, Angela Duparré; Roland Geyl, Editors. P. 710209 (11 pages).
61. Kostsov E.G. Electromechanical energy conversion in the nanometer gaps // Proc. SPIE, 2008, vol. 7025. P. 70251G- P. 70251G-1–70251G-8.
62. Kulikov V.A. Modeling and analysis of biological object velocity using image sequence from ethological test on motion activity // IX Int. Conf. on Pattern Recognition and Image Analysis (Nizhni Novgorod, Russia, September 14–20, 2008). Proceedings, vol. 1. P. 372–374.
63. Kurkov A.S., Babin S.A., Lobach I.A., Kablukov S.I. New mechanism of the mode coupling in multi-core fiber lasers // Proc. SPIE, vol. 6873: Fiber Lasers V: Technology, Systems, and Applications, 2008. P. 68731Q (9 pages).
64. Lavrentiev, M.M., Jr., Cherny S.G., Bannikov D.V., Astrakova A.S. Optimal sensor network on example of fast Tsunami wave detection // Workshop on Tsunami 2007 - Wave Propagation, Theory, Numerical Approach and Data Inversion, Keio University COE: Integrative Mathematical Science (Yokohama, Japan, March 20 – 24, 2008). P. 13–28.

65. Lavrentiev M.M., Jr., Marchuk An.G., Romanenko A.A. Comparing parallel technologies and HW architectures through MOST (Tsunami Wave Motion) code acceleration // Там же. P. 89–98.
66. Lavrentiev M.M., Jr., Simonov K.V. Operative evaluation of parameters for Tsunamigenic earthquake // Там же. P. 107–116.
67. Lavrentiev, M.M., Jr., Titov V.A., Marchuk An.G. Modern advances in computational technologies for Tsunami defense problem // Там же. P. 1–12.
68. Pen E.F. Optimization of the signal channel of holographic data storage // Proceedings of the topical meeting on Optoinformatics'2008 (Saint-Petersburg, Russia, September 15–18, 2008). St.-Petersburg: ITMO, 2008. P. 95–97.
69. Pindyurin V.F., Goldenberg B.G., Petrova E.V., Ancharova U.V., Eliseev V.S., Korolkov V.P., Nasyrov R.K. Dynamic X-ray lithography for blazed diffractive optics fabrication // Proceedings SPIE, 2008, vol. 7102: Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, Angela Duparré; Roland Geyl, Editors. P. 710208–710208-11.
70. Poleshchuk A.G. Computer generated holograms for aspheric optics testing // V international symposium on Instrument Science and Technology IS-IST–2008 (Shinnying, China, September 15–18, 2008). Proceedings, 2008, vol. 2. P. 754–764.
71. Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Computer generated holograms: fabrication and application for precision optical testing // Proceedings SPIE, 2008, vol. 7102: Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, Angela Duparré; Roland Geyl, Editors. P. 710206 (9 pages).
72. Shatalov I.G., Pen E.F. Simulation of the spatial pattern and band-gap structure of holographic photonic crystals // Proceedings of the topical meeting on Optoinformatics'2008 (St. Petersburg, Russia, September 15–18, 2008). St. Petersburg: ITMO, 2008. P. 323–325.
73. Steinberg I.Sh., Loskutov V.A., Shelkovnikov V.V., Tverdokhlebov P.E. New photopolymer materials for two-photon recording of microholograms // Там же. P. 87–90.
74. Stus Yu.F., Kalish E.N., Smirnov M.G. The new measuring-computing system for a laser ballistic gravimeter // Proceedings of International symposium "Terrestrial Gravimetry: static and mobile measurements (TG-SMM 2007)" (St. Petersburg, Russia, 20–23 august, 2007). The State Research Center of the Russian Federation, Central Scientific and Research Institute Elektropribor, 2008. P. 106–111.
75. Vyatkin S., Dolgovosov B. Triangulation of functionally defined objects // IX International Conference "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (PRIA – 9 -2008) (Nizhni Novgorod, Russia, September 14–20, 2008). Proceedings, vol. 2. P. 311–314.
76. Zyubin V. E. Information Complexity hypothesis: a conceptual framework for reasoning on pragmatics issues // Proceedings of IEEE International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics

Engineering, SIBIRCON-08 (Novosibirsk, Russia, July 21–25, 2008). P. 272–275.

77. Veyko V.P., Shakhno E.A., Poleshchuk A.G., Korolkov V.P. and Matyzhonok V. Local laser oxidation of thin metal films: Ultra-resolution in theory and in practice // IX International Symposium on Laser Precision Microfabrication (Quebec City, Canada, June 16–20, 2008). Proceedings of LPM 2008. P. 25.

### **Дайджесты, тезисы, материалы семинаров**

1. Акулов В.А., Бабин С.А., Власов А.А., Каблуков С.И. Волоконные лазеры с перестройкой и удвоением частоты // Материалы II российского семинара по волоконным лазерам 2008 (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008). С. 44–45.
2. Акулов В.А. Удвоение частоты перестраиваемого волоконного иттербиего лазера // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (1 с.).
3. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Потатуркин О.И. Перспективы создания и применения портативных терагерцовых систем диагностики // Российское совещание по актуальным проблемам полупроводниковой электроники «ФОТОНИКА–2008» (Новосибирск, Россия, 19–23 августа 2008). Тезисы докладов. С. 91.
4. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Потатуркин О.И. Перспективы создания малогабаритных систем терагерцовой спектроскопии для исследования наноматериалов // Международный форум по нанотехнологиям (Москва, Россия, 3–5 декабря 2008). Сб. тезисов докладов научно-технологических секций, 2008, т. 1. С. 212–214.
5. Бабин С.А., Дмитриев А.К., Дычков А.С., Каблуков С.И., Курков А.С., Луговой А.А., Никулин М.А., Печерский Ю.Я. Волоконный РОС-лазер с низким уровнем амплитудных и частотных шумов // Материалы II российского семинара по волоконным лазерам 2008 (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008). С. 57–58.
6. Бабин С.А., Каблуков С.И., Терентьев В.С. Отражательный интерферометр на основе тонкой металлической пленки Троицкого для частотной селекции в волоконных лазерах // Там же. С. 36–37.
7. Бабин С.А., Подивилов Е.В., Чуркин Д.В. Вынужденное комбинационное рассеяние света и ВРМБ в оптических волокнах // Межд. конф. «Комбинационное рассеяние – 80 лет исследований» (Москва, Россия, 8–10 октября 2008). Тез. докл., ФИАН, 2008 (пригл. доклад). С. 23.
8. Бакиров А.М., Кучьянов А.С., Плеханов А.И. Лазерная генерация в искусственных опалах, пленках и гетероструктурах опала // Труды конференции «Лазеры, измерения, информация» (Санкт-Петербург, Россия, 3–5 июня, 2008). Под ред. проф. В.Е. Привалова. С. 55.

9. Белай О.В., Шапиро Д.А. Оптоволоконный брэгговский фильтр с минимальной дисперсией // Материалы II Российского семинара по волоконным лазерам (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008), Саратов: НПФ «Прибор-Т», 2008. С. 22–23.
10. Боголюбов А.М. Исследование параметров лазерного луча используемого в интерферометре лазерного гравиметра // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптико-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (2 с.).
11. Болдов И.А. Оптические волноводы с пленочными наноструктурами на основе наночастиц кремнезема // Там же. Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (2 с.).
12. Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И. Коррекция данных многоэлементных фотоприемных устройств различных спектральных диапазонов // XII Российская конференция с международным участием «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы» (DICR'2008) (Новосибирск, Россия, 5–7 ноября 2008). Тезисы докладов. С. 25.
13. Борзов С.М., Козик В.И., Потатуркин О.И. Коррекция тепловизионных изображений на основе статистической обработки реальных данных // Российское совещание по актуальным проблемам полупроводниковой электроники «ФОТОНИКА–2008» (Новосибирск, Россия, 19–23 августа 2008). Тезисы докладов. С. 128.
14. Васильев Я.В., Гусев В.А., Иванникова Н.В., Новоселов И.И., Шлегель В.Н. Влияние метода синтеза оксида висмута на свойства кристаллов ВGO, выращенных низкоградиентным методом Чохральского // Международная конференция «Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии» (Харьков, Украина, 16–21 ноября 2008). Тезисы конференции. С. 107.
15. Долговесов Б.С. Система реального времени для интерактивной презентации мультимедийной информации // Тезисы XII Российской конференции с международным участием «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы» (DICR'2008). (Новосибирск, Россия, 5–7 ноября 2008). С. 20.
16. Долгушин А.Л. Автоматизация системы измерения температуры на основе брэгговских сенсоров // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптико-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (2 с.).
17. Донин В.И. Мощный высокоэффективный источник непрерывного дальнего ВУФ излучения для обработки п/п материалов // Российское совещание по актуальным проблемам полупроводниковой электроники «ФОТОНИКА–2008» (Новосибирск, Россия, 19–23 августа 2008), тезисы докладов. С. 104.
18. Исмагулов А.Е. Влияние эффекта модуляционной неустойчивости на распространение узкополосных наносекундных импульсов в оптово-

- локне в присутствии шума // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (1 с.).
19. Кузнецов А.Г. Распределенный оптоволоконный датчик температуры на основе КРС с использованием волоконного лазера с модуляцией добротности резонатора // Там же (1 с.).
  20. Куликов В.А. Автоматическая регистрация и анализ поведения в лабораторных животных с помощью программно-аппаратного комплекса ethostudio (стенд) // Материалы VI Сибирского физиологического съезда (Барнаул, Россия, 25–27 июня 2008). Барнаул: Принтэкспресс, 2008, т. 1. С. 195.
  21. Куликов В.А. Интегрированная система для автоматизации этологических экспериментов // Тезисы докладов конференции-конкурса «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» (Новосибирск, НГУ, 1–2 марта 2008). Бердск, Центр оперативной печати «Оригинал-2», 2008. С. 15–16.
  22. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Дышлюк А.В., Шалагин А.М., Бабин С.А., Шелемба И.С. Комбинированное спектрально-временное детектирование сигналов от волоконных брэгговских решеток с применением метода оптической временной рефлектометрии // II Российский семинар по волоконным лазерам 2008. (Саратов, Россия, 1–4 апреля 2008). Материалы семинара. С. 93–94.
  23. Лабусов В.А., Зарубин И.А., Саушкин М.С. Методы снижения фонового излучения в многоканальных спектрометрах, построенных по схеме Эберта-Фасти // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптико-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (3 с.).
  24. Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Зарубин И.А. Многоканальные спектрометры для атомно-эмиссионного анализа // Материалы VIII научной конференции «Аналитика Сибири и Дальнего востока» (Томск, Россия, 13–18 октября 2008). С. 82.
  25. Лабусов В.А., Семёнов З.В., Зарубин И.А., Саушкин М.С. Система контроля напыления многослойных оптических покрытий на основе многоканального спектрометра «Колибри-2» // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптико-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (2 с.).
  26. Лаврентьев М.М., Симонов К.В., Сажин Н.С., Титов К.А. Численная модель данных сейсмического мониторинга очаговой области цунами-генного землетрясения // Международная конференция «Дифференциальные уравнения. Функциональные пространства. Теория приближений», посвященная 100-летию со дня рождения С.Л. Соболева (Новосибирск, Россия, 5–12 октября 2008). Тезисы докладов. С. 514.
  27. Лобач И.А. Влияние изгиба на взаимодействие мод в многосердцевидных волокнах // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фо-

- тоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (2 с.).
28. Лубков А.А., Лылов С.А., Недосекин А.П., Перебейнос С.В. Регулируемый высоковольтный блок для управления KDP поляризатором // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Солнечная корона и физика плазмы» (Новосибирск, Россия, 1–3 августа 2008). С. 46.
  29. Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Исследование сегнетоэлектрического фазового перехода в кристаллах DKDP методом комбинационного рассеяния света // XVII Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков (Санкт-Петербург, Россия, 9–14 июня 2008). Тезисы конференции. С. 250.
  30. Малиновский, В.К. Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Фазовый переход в KDP: сегнетоэлектрическая мода или упорядочение протонов? // Там же. С. 165.
  31. Максимов Л.В. Определение траектории движения объектов на основе анализа гистограмм тепловизионных изображений // Российское совещание по актуальным проблемам полупроводниковой электроники «ФОТОНИКА–2008» (Новосибирск, Россия, 19–23 августа 2008), тезисы докладов. С. 131.
  32. Мамрашев А.А. Перспективы создания и применения портативных терагерцевых систем диагностики // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптико-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (1 с.).
  33. Немькин А.В. Расчет спектра отражения брэгговской решетки с амплитудно-фазовыми ошибками профиля // Там же. Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (1 с.).
  34. Новиков В.Н. Исследование пикосекундных релаксационных процессов в стеклах методом неупругого деполяризованного рассеяния света // Международная конференция «Комбинационное рассеяние – 80 лет исследований» (Москва, Россия, 8–10 октября 2008). Физический институт им. П.Р. Лебедева РАН, М., 2008. Тезисы конференции. С. 15.
  35. Полещук А.Г., Насыров Р.К., Маточкин А.Г., Абдулкадыров М.А., Патрикеев В.Е., Семенов А.П., Шаров Ю.А. Изготовление и контроль главного 4х метрового зеркала для проекта телескопа VISTA // Всероссийская конференция «солнечная корона и физика плазмы» (Новосибирск, Россия, 1–3 августа 2008). С. 58.
  36. Попова В.А. Особенности температурной зависимости рассеяния Мандельштама–Бриллюэна в пиколине // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (2 с.).
  37. Раутиан С.Г., Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Об инвертировании нелинейных резонансов в методе встречных волн на переходе  $1s5-2p8$  неона // Тезисы лекций и докладов XI Международной школы-семинара по люминесценции и лазерной физике (Иркутск, Россия, 27–31 октября 2008) С. 96–97.

38. Спиридонов А.А. Исследование комбинационного рассеяния света в оптических цветных стеклах // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (1 с.).
39. Суровцев Н.В. Бозонный пик в спектрах комбинационного рассеяния света стекол и других неупорядоченных сред // Международная конференция «Комбинационное рассеяние – 80 лет исследований» (Москва, Россия, 8–10 октября 2008). Физический институт им. П.Р. Лебедева РАН, М., 2008. Тезисы конференции. С. 12.
40. Фрумин Л.Л. Асимптотическая модель двойного слоя с учетом электродной кинетики // Тезисы XX Симпозиума «Современная химическая физика» (Туапсе, Россия, 15–26 сентября 2008). Российские нанотехнологии, 2008. С. 103 (издано на CD).
41. Харенко Д.С. Обработка данных оптического эксперимента // Материалы студенческой конференции «Оптика и Фотоника» (Новосибирск, Россия, 10–11 ноября 2008). Секция «Оптико-информационные технологии». ИАиЭ, 2008 (1 с.).
42. Харенко Д.С. Удвоение частоты излучения волоконного ВКР-лазера // Там же. Секция «Оптика и Фотоника». ИАиЭ, 2008 (1 с.).
43. Чубаков В.П. Поляризационная анизотропия монокристаллических пленок опала // Там же (2 с.).
44. Чурин Д.Е. Волоконный иттербиевый лазер с длиной волны генерации 1030 нм // Там же (1 с.).
45. Яценко А.С. Диаграммы Гроттриана и запрещенные переходы в спектре короны // Тезисы докладов Всероссийской конф. «Солнечная корона и физика плазмы», Новосибирск, НГУ, 2008. С. 13–14.
46. Akulov V.A., Babin S.A., Kablukov S.I., Vlasov A.A. Crystal design for frequency doubling of tunable Yb-doped fiber laser // Laser Optics 2008 (St. Petersburg, June 23–28, 2008). Tech. Program, paper YS1–08. P. 84.
47. Arnautov G.P., Kalish E.N., Stus Yu.F., Smirnov M.G., Timofeev V.Yu., Ardyukov D.G. Researches of Geodynamics Processes on the Data of gravimetric Monitoring // International scientific conference in the frames of the "Asian-Pacific Space Geodynamics": Space Geodynamics and Modeling of the Global Geodynamic Processes. Project (APSG 2008) (Novosibirsk, Russia, September 22–26, 2008). Abstract Book. P. 1.
48. Babin S.A., Churkin D.V., Podivilov E.V. Weak wave turbulence in fiber lasers and systems // Laser Optics 2008 (St. Petersburg, Russia, June 23–28, 2008). Tech. Program, paper WeR3-08. P. 27 (invited paper).
49. Babin S.A., Dmitriev A.K., Dychkov A.S., Kablukov S.I., Lugovoy A.A., Nikulin M.A., Pecherskii Yu.Ya. DFB fiber laser with low amplitude and frequency noise level // 17th Int. Laser Physics Workshop (LPHYS) (Trondheim, Norway, 30 June–4 July 2008). Book of Abstracts. P. 533.
50. Babin S.A., Dmitriev A.K., Dychkov A.S., Kablukov S.I., Lugovoy A.A., Nikulin M.A., Pecherskii Yu.Ya. Single-frequency DFB fiber laser for precise spectroscopy // V Int. Symposium Modern Problems of Laser Physics

- (MPLP) (Novosibirsk, Russia, August 24–30, 2008). Technical Digest. Novosibirsk: Ofset, 2008. P. 176–177.
51. Babin S.A., Nikulin M.A., Shelemba I.S. Simple technique for nonlinearity compensation of a tunable erbium laser // 17th Int. Laser Physics Workshop (LPHYS) (Trondheim, Norway, 30 June–4 July 2008). Book of Abstracts. P. 543.
  52. Bakirov A.M., Kuchyanov A.S., Plekhanov A.I. Lasing from dye-doped opal photonic crystal, single-crystal opal film and heterostructures // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 221–222.
  53. Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A. On ambiguity of FBG reconstruction from the reflection data // Technical Program of the International Conference "Laser Optics 2008" (St. Petersburg, Russia, June 23–28, 2008). St. Petersburg: State University of ITMO, 2008. P.66. Paper ThR3-p08.
  54. Belai O.V., Frumin L.L., Podivilov E.V., Shapiro D.A. Reconstruction of FBG by inverse scattering for helmholtz equation // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 185. Paper B3.
  55. Biancalana V., Cartaleva S., Dancheva Y., Mariotti E., Moi L., Nasyrov K., Petrov N., Slavov D. Light polarization influence on the electromagnetically induced absorption resonances in cesium // 15 International School on Quantum Electronics: "Laser Physics and Applications" (Burgas, Bulgaria, September 15–20, 2008). Abstracts. P. 36.
  56. Chapovsky P.L. Velocity distribution of cold rubidium atoms in a dark magneto-optical trap // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 155–156.
  57. Erofeev V.I. Key ideas for heightening the informativeness of plasma physical theorizing // 14th International Congress on Plasma Physics 2008 (Fukuoka, Japan, September 8–12, 2008.). ICPP2008. Abstracts. P. 58.
  58. Iskakov I., Koronkevich V., Lenkova G., Korolkov V., Treushnikov V., Victorova E. Clinical Advantages of Novel Diffractive-Refractive Bifocal IOL MIOL-Akkord // XXVI Congress of the ESCRS, 26-d: Abstracts. Berlin, 2008. P. 232.
  59. Kablukov S.I., Akulov V.A., Babin S.A., Vlasov A.A. Tunable Yb-doped fiber lasers operating in IR and green spectra // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 99–100.
  60. Kablukov S.I., Babin S.A., Podivilov E.V., Karalekas V., Harper P., Ania-Castañón J.D., Turitsyn S.K. Effects of Rayleigh backscattering on generation of ultra-long Raman lasers // Laser Optics 2008 (St. Petersburg, Russia, June 23–28, 2008). Tech. Program, paper ThR1-p20. P. 57.

61. Kashnikov B.P., Smirnov G.I., Bednarjevsky S.S., Shevchenko N.G. The phenomenon of gigantic photoconductivity in nano-heterostructures on the quantum dots // SPIE Intern Conf. "Optical Fabrication, Testing and Metrology III" (Glasgow, UK, September 1–5, 2008.). Technical Digest. P. 14.
62. Kirpichnikov A.V., Pestryakov E.V., Petrov V.V., Trunov V.I., Merzliakov M.A., Laptev A.V., Steinberg I.S., Tverdokhle P.E., Kalabin I.E. Investigation of femtosecond nonlinear absorption in lithium tantalate crystals // XIII International conference on Laser Optics, LO–2008 (St. Petersburg, Russia, June 23–28, 2008). Technical digest. P. 71.
63. Kirpichnikov A.V., Pestryakov E.V., Petrov V.V., Trunov V.I., Merzliakov M.A., Laptev A.V., Steinberg I.S., Tverdokhle P.E., Kalabin I.E. Non-linear absorption of femtosecond pulses in lithium tantalate crystals // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 139.
64. Lavrentiev, M.M., Jr., Romanenko A.A. Tsunami modeling: toward the real time data processing // International Conference "Differential Equations. Function Spaces. Approximation Theory" dedicated to the 100th anniversary of the birthday of Sergei L. Sobolev (Novosibirsk, Russia, October 5–12, 2008). Abstracts. P. 615.
65. Lobach I.A., Babin S.A., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Analytical model of the mode coupling in a multi-core fiber // Laser Optics 2008 (St. Petersburg, June 23–28, 2008). Tech. Program, paper YS2-10. P. 84.
66. Lobach I.A., Babin S.A., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Modelling of the mode coupling effects in a multi-core fiber // 17th International Laser Physics Workshop (LPHYS'08) (Trondheim, Norway, 30 June–4 July 2008). Book of Abstracts. P. 529.
67. Malinovsky V.K., Pugachev A.M., Surovtsev N.V. Central peak in raman spectra of ferroelectric KDP and DKDP crystals: troubling stereotypes // The 9th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (Vilnius, Lithuania, June 15–19, 2008). Book of abstracts. P. 47.
68. Nalivaiko V.I., Pokrovsky A.N. Dynamics of photostructural transformations in chalcogenide films // XVII International Synchrotron Radiation Conference – 2008 (Novosibirsk, Russia, June 15–20, 2008). Novosibirsk: Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, 2008. Digest Reports. P. 2–12.
69. Nikolaev G.N. Cooperative resonance fluorescence of degenerate two-level atoms surrounding nanoparticle // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, Russia, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 144.
70. Nikulin M.A., Babin S.A., Dmitriev A.K., Dychkov A.S., Kablukov S.I., Lugovoy A.A., Pecherskii Yu.Ya. DFB fiber laser with low amplitude and frequency noise level // Laser Optics 2008 (St. Petersburg, Russia, June 23–28, 2008). Tech. Program, paper ThR1-p55. P. 61.

71. Perminov S.V., Drachev V.P., Rautian S.G. Nonlinear optical sensing of the metal nanoparticles motion in aggregates // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 217–218.
72. Plekhanov A., Shalagin A., Atutov S., Calabrese R., Tomassetti L., Guidi V. Detailed study of a new effect: explosive evaporation of metallic clusters by low power laser resonant radiation // Там же. P. 22–23.
73. Rautian S.G., Saprykin E.G., Chernenko A.A. Effects of coherence of degenerate states in a nonlinear spectroscopy of counter propagating waves // Там же. P. 109–110.
74. Rautian S.G., Saprykin E.G., Chernenko A.A. Self-saturation of transitions with  $\Delta J=0$  in a spectroscopy of counter propagating waves // Там же. P. 111–112.
75. Sobolev V.S., Kashcheeva G.A. Optical feedback and frequency modulation in semiconductor lasers as a basis for the development of the sensor systems // Там же. P. 115–116.
76. Shapiro D.A., Latkin A.I. Dispersion compensation by hyperbolic secant and super-Gaussian FBG // International Conference "Laser Optics 2008" (St. Petersburg, Russia, June 23–28, 2008). St. Petersburg: State University of ITMO, 2008. Technical Program. P. 51. Paper FrR3-26.
77. Shelemba I.S., Nikulin M.A., Vlasov A.A., Babin S.A. Comparison of different techniques for fiber Bragg grating interrogation // Там же, paper ThR1-p13. P. 56.
78. Shelkovnikov V.V., Plekhanov A.I. Optical and nonlinear optical properties of J-aggregates pseudoisocyanine in thin solid films with inhomogeneous broadening of absorption band // V International Symposium "Modern Problems of Laser Physics" (Novosibirsk, August 24–30, 2008). Novosibirsk: Institute of Laser Physics, 2008. Technical Digest. P. 223–224.
79. Veyko V.P., Shakhno E.A., Poleshchuk A.G., Korolkov V.P. and Matyzhonok V. Local laser oxidation of thin metal films: Ultra-resolution in theory and in practice // IX International Symposium on Laser Precision Microfabrication (Quebec City, Canada, June 16–20, 2008). Proceedings of LPM 2008. P. 25.

#### АВТОРЕФЕРАТЫ

1. Белай О.В. Методы решения обратной задачи рассеяния для волоконных брэгговских решеток. Автореферат дисс. на соиск. степ. канд. физико-математических наук. Новосибирск, 2008 (18 с.).

#### ПАТЕНТЫ

1. Донин В.И. Универсальный дуговой источник ВУФ-фотонов и химически активных частиц. Патент РФ на изобретение № 2324255 // Официальный бюллетень Комитета РФ по патентам и товарным знакам «Изобретения. Полезные модели», 2008, № 13.

2. Турицын С.К., Федорук М.П., Шапиро Е.Г. Способ оптической передачи данных в волоконнооптических линиях связи и устройство для его осуществления. Патент РФ на изобретение № 2325764 // Официальный бюллетень Комитета РФ по патентам и товарным знакам «Изобретения. Полезные модели», 2008, № 15.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ

1. Добрякова О.Б., Добряков Б.Б., Добряков Б.С., Гулев В.С. Ринопластика. Учебно-методическое пособие. Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 2008, 64 с.
2. Дубов Д.Ю., Мадирбаев В.Ж., Мешков О.И., Суровцев В.И., Яценко А.С. Атомная физика. Методическое пособие к лабораторным работам, ч. 1 (изд. 3-е, испр.). Новосибирск, НГУ, 2008, 111 с.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. Горяченко Е.Е., Наумова М.В. Сетевой подход к исследованию локальной территориальной общности: постановка проблемы // III Всероссийский социологический конгресс «Социология и общество: проблемы и пути взаимодействия» (Москва, Россия, 21–24 октября 2008), 2008 Тезисы докладов // [http://www.isras.ru/abstract\\_bank/1210162760.pdf](http://www.isras.ru/abstract_bank/1210162760.pdf)
2. Третьяков Д.Б., Бетеров И.И., Энтин В.М., Рябцев И.И., Чаповский П.Л. Исследование холодных ридберговских атомов рубидия в магнитооптической ловушке // Электронный препринт: <http://xxx.lanl.gov/abs/0810.5427>
3. Vyatkin S. Complex Surface Creation Using Perturbation Functions // Computer Graphics and Geometry. Spring: vol. 10, № 1, 2008. P. 39–65. <http://www.cgg-journal.com/2008-1/03.htm>

## ПУБЛИКАЦИИ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОТЧЕТ 2007 ГОДА

### СТАТЬИ

#### Научные журналы

1. Вяткин С.И. Интерактивное моделирование и визуализация свободных форм на основе функций возмущения // Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах, 2007, № 2. С. 105–111.
2. Довольнов Е.А., Миргород В.Г., Пен Е.Ф., Шарангович С.Н., Шелковников В.В. Импульсная запись пропускающих и отражающих голографических дифракционных решеток в поглощающих фотополимерах.

- Численное моделирование и эксперимент // Известия высших учебных заведений. Физика, 2007, № 4. С. 34–39.
3. Интервью с главой компании «МСТ» О.В. Сердюковым // ИСУП, 2007, № 3. С. 45–48.
  4. Кольченко А.П., Терентьев В.С., Троицкий Ю.В. Передаточные функции интерферометра Фабри-Перо с изменяющейся во времени базой. Ч.II. Режим неподвижных зеркал. Режим «сверхмедленных» колебаний зеркал // Автометрия, 2007, т. 43, № 6. С. 89–96.
  5. Сердюков О.В., Кузнецов В.И., Дорошкин А.А., Тимошин А.И., Кулагин С.А. Магистральное направление развития промышленных контроллеров // Автоматизация в промышленности, 2007, № 12. С. 47–49.
  6. Сердюков О.В., Тимошин А. И., Кулагин С. А., Дорошкин А. А., Фокин С. Н. Системы автоматизации будущего прирастать будут ETHERNET // ИСУП, 2007, № 3. С. 22–25.
  7. Nejevenko E.S., Sotnikov A.A. Adaptive modeling for hydroacoustic signal processing // Pattern Recognition and Image Analysis, 2006, vol. 16, № 1. P. 5–8.

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

### Труды

1. Боголюбов А.М., Бунин И.А. Измерение абсолютного значения ускорения силы тяжести в Горном Алтае // Труды научной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Трофимукские чтения – 2007» (Новосибирск, 2007). Редакционно-издательский центр НГУ. С. 228–229.
2. Искаков И.А., Коронкевич В.П., Ленкова Г.А., Корольков В.П. Отечественная бифокальная дифракционно-рефракционная ИОЛ: конструкция, оптические свойства // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (Оренбург, Россия, 10–12 декабря 2007). Вестник ОГУ (Вестник Оренбургского государственного университета), 2007, декабрь, т. 78: Новые технологии микрохирургии глаза (актуальные вопросы морфогенеза и регенерации в офтальмохирургии). С. 85–88.
3. Коронкевич В.П., Ленкова Г.А., Лохматов А.И., Маточкин А.Е. Особенности дифракционного интерферометра для контроля сферических и асферических поверхностей // IV Международный форум «Голография ЭКСПО–2007» (Москва, Россия, 25–27 сентября 2007). Сборник трудов. Изд. ООО «Голография-Сервис». С. 96–99.
4. Манько К.В., Носов Д.А. Модернизация измерительно-вычислительной системы лазерного баллистического гравиметра // Труды научной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Трофимукские чтения – 2007» (Новосибирск, 2007). Редакционно-издательский центр НГУ. С. 252–253.

5. Akulov V.A., Babin S.A., Churkin D.V., Kablukov S.I., Vlasov A.A. Powerful green Yb-doped fiber laser // Proc. SPIE, 2007. vol. 6731 (International Conference on Lasers, Applications, and Technologies LAT 2007: Advanced Lasers and Systems). Eds.: Valentin A. Orlovich, Vladislav Panchenko, Ivan A. Scherbakov. P. 67310L (6 pages).
6. Babin S.A., Churkin D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. Turbulence-induced Raman fiber laser output spectrum formation and broadening // Proc. SPIE, 2007, vol. 6725 (International Conference on Coherent and Nonlinear Optics ICONO 2007: Nonlinear Space-Time Dynamics). Eds.: Yuri Kivshar, Nikolay Rosanov, 67251G (10 pages).
7. Babin S.A., Churkin D.V., Kablukov S.I., Nikulin M.A. Single frequency linearly polarized DFB fiber laser source // Proc. SPIE, 2007, vol. 6727 (ICONO 2007: Nonlinear Laser Spectroscopy and High-Precision Measurements and Fundamentals of Laser Chemistry and Biophotonics). Editors: S.A. Tikhomirov, T. Udem, V. Yudin, M. Pshenichnikov, O.M. Sarkisov, 672716 (8 pages).
8. Proteep C. V. Mallik, Rene Zehnder, James H. Burge, and Alexander Poleshchuk. Absolute calibration of null correctors using dual computer-generated holograms // Proc. SPIE 6721, 2007. P. 672104 (16 pages).

## **Тезисы**

1. Iskakov I., Koronkevich V., Lenkova G., Korolkov V., Treushnikov V., Victorova E. The Functional Results of the Novel Bifocal Diffractive-refractive IOL Implantation // Congress of the ESCRS, 24-d (Stokholm, 2007). Abstracts. P. 204.

Институт автоматики и электрометрии  
в 2008 году

Редактирование, компьютерная верстка, дизайн  
*Буфетова Н.Н., Потатуркина Н.Г.*

---

Подписано в печать 16.03.2008 г. Формат 70x108/16  
Усл.-печ. л. Тираж 140 экз. Заказ №

---

ЗАО ИПП "ОФСЕТ", Новосибирск, ул. Арбузова, 4а