

Характер человека создает его судьбу.

*Гераклит*

## **ОТ МАСТЕРА ДО УЧЕНОГО-ОПТИКА С МИРОВЫМ ИМЕНЕМ**





---

## ПЕРВОПРОХОДЕЦ ЛАЗЕРНОЙ ОПТИКИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЙ



**А. М. ШАЛАГИН**

*Академик,  
директор ИАиЭ СО РАН*



**Ю. В. ЧУГУЙ**

*Профессор, доктор технических  
наук, директор КТИ НП СО РАН*

Совсем недавно мировое научное сообщество отметило историческое событие – 50-летие изобретения лазера. Изобретение – поистине революционное, определившее дальнейший ход развития науки и техники во многих областях, радикально изменившее всю нашу повседневную жизнь. Особенно это относится к оптической измерительной технике. Дело в том, что для нее такие характеристики лазеров, как высокая монохроматичность («спектральная чистота»), малая расходимость (дифракционного порядка) и высокая интенсивность излучения, имеют принципиальное значение.

Именно лазер не только «разморозил» ряд научных направлений и придал им мощный импульс, но и способствовал появлению новых. В первую очередь это касается интерферометрии с большой разностью хода (10–100 м), голографической интерферометрии трехмерных объектов в статике и динамике (применительно, прежде всего, к контролю деформаций), лазерной анемометрии (измерение скоростей потоков жидкостей и газов), размерного контроля изделий на основе фурье-оптики, триангуляционной техники и т. д. Более того, именно благодаря лазеру стало возможным создание на практике изобретенных Адольфом Ломаном цифровых голограмм – компьютерно-синтезированных дифракционных элементов, позволяющих воспроизвести различные световые распределения в виде сложных волновых фронтов с уникальными характеристиками. А это, в свою очередь, стимулировало появление нового класса измерительных систем для сверхпрецизионного контроля формы различных 3D-объектов, в том числе таких крупногабаритных, как зеркала телескопов.

Все эти лазерные направления были организованы и активно начали развиваться в Институте автоматизации и электрометрии (ИАиЭ) СО АН СССР с приходом в 1967 г. на пост директора докт. физ.-мат. наук Юрия Ефремовича Нестерихина. В целом надо сказать, что в начале 1970-х годов наступил «звездный час» для лазерной измерительной техники, и одним из лидеров в этой области был, безусловно, ИАиЭ.

Однако эти лазерные направления были поставлены в ИАиЭ не в одночасье. Юрий Ефремович, имея большой опыт в области лазерной диагностики плазмы (в Институте ядерной физики СО АН СССР), довольно быстро понял перспективность лазерной тематики и необходимость постановки этих работ в ИАиЭ.

Уместно сказать, что по инициативе Ю. Е. Нестерихина в то же самое время в ИАиЭ были поставлены работы по автоматизации научных исследований на основе стандарта КАМАК под руководством к. т. н. Юрия Николаевича Золотухина, которые впоследствии были удостоены премии Совета Министров СССР.

Решиться на «переформатирование» ИАиЭ с классической «электрической» тематики на «лазерно-оптическую» было совсем не просто. Прежде всего, нужны были не только специалисты в этой области, но и требовался «мотор», который, имея большой оптический и лазерный опыт, мог бы в научно-методическом плане серьезно помочь директору в реализации его амбициозных планов.

И таким «мотором» оказался приглашенный директором из НГИМИП к. т. н. Вольдемар Петрович Коронкевич, уже известный в стране специалист в области лазерной интерферо-

метрии. К этому времени у него, маститого сорокалетнего ученого, получившего блестящее образование сначала в элитном оптическом вузе – ЛИТМО, а затем в аспирантуре знаменитого Менделеевского института – ВНИИМ, как ни у кого, за плечами был солидный опыт работы и в оптической промышленности, и в научно-исследовательском институте. После окончания аспирантуры он в течение трех лет (с июня 1950 по февраль 1953 г.) работал на Новосибирском приборостроительном заводе им. В. И. Ленина, а затем – десять лет – ведущим лабораторией в НГИМИП.

Фактически Вольдемар Петрович стал своего рода «лазерным лоцманом», которому вместе с директором ИАиЭ предстояло повести институтский корабль «оптическим» курсом. Именно ему суждено было стать активным участником всех преобразований в ИАиЭ на различных их этапах. Необходимо было, во-первых, поддержать тех, кто готов был пойти под «оптические знамена». И таким, одним из первых, явился коллектив под руководством молодого энергичного к. т. н. П. Е. Твердохлеба, который всерьез решил заняться исследованиями в области фурье-оптики и ее применений, включая голографическую память (И. С. Гибин), когерентно-оптическую обработку информации (Е. С. Нежевенко). Будучи в статусе тематической группы в лаборатории В. П. Коронкевича, этот коллектив при его всесторонней поддержке быстро вырос до уровня одного из ведущих подразделений ИАиЭ – в лабораторию оптической обработки информации, которая стала одним из лидеров в этой области в стране. Весьма примечательно, что эта лаборатория пополнилась специалистами-электрониками из других отделов ИАиЭ, пожелавшими связать свою дальнейшую судьбу с оптоэлектроникой. И таким образом в Институте пошел, по образному выражению Юрия Ефремовича, процесс «перекрестного опыления» (оптика + электроника).

Во-вторых, Вольдемару Петровичу необходимо было наращивать темпы работ по лазерной интерферометрии перемещений в рамках его лаборатории, перешедшей с ним из НГИМИП в ИАиЭ. Благодаря подключению к этой тематике специалистов-электроников ИАиЭ из лаборатории цифровой техники, руководимой к. т. н. Ильей Филипповичем Клисториным, в 1968 г. удалось создать первые в СССР образцы лазерных измерителей перемещений ИПЛ-1 (результат также «перекрестного опыления» – лазерная интерферометрия + цифровая электроника). Идея таких измерителей основана на сравнении фаз лазерных пучков: одного от опорного объекта, а другого – от движущегося контролируемого объекта. В ИПЛ-1 и последующей модели ИПЛ-2 (1970 г.) разрешение составляло 0,1 мкм в диапазоне измерений перемещений от 0 до 1 м. По инициативе Вольдемара Петровича к производству промышленных образцов лазерных измерителей перемещений довольно быстро был подключен Новосибирский приборостроительный завод им. В. И. Ленина, на котором, начиная с 1973 г., было выпущено более 30 приборов (модель ФОРУ-1).

Если говорить о дальнейших успехах лаборатории В. П. Коронкевича в создании лазерных измерителей перемещений, то нельзя не сказать об измерителе ИПЛ-10 (1975 г.), который в свое время в СССР имел рекордные характеристики (пределы измерений – до 45 м, разрешение – 0,01 мкм), что позволило впервые в отечественной практике решить ряд актуальных производственных задач. Так, в 1976 г. с помощью ИПЛ-10 были отъюстированы отсчетные шкалы крупногабаритного станка НС33Ф2, созданного на новосибирском заводе «Тяжстанкогидропресс» им. А. И. Ефремова. Использование этого прибора позволило на порядок повысить точность измерений и уменьшить время контроля. С помощью этой техники впервые была измерена непрямолинейность направляющих станков с большим ходом (до 20 м).

Существенно, что в 1980-е годы концепция построения лазерных измерителей перемещений претерпела радикальные изменения – вместо автономных приборов стали создаваться измерители модульного типа. Приборы этого класса сначала были созданы в ИАиЭ в 1976 г. (модель ЛИПП). В 1986 г. модель ЛИПП впервые была встроена в систему управления токарного полуавтомата 1725РФ3 на Сасовском станкостроительном производственном объединении. Затем с 1987 по 1990 г. в СКБ научного приборостроения СО АН СССР была выпущена опытная партия таких приборов (модель ЛИПП-Д).

Научным руководителем всех этих работ был все тот же Вольдемар Петрович Коронкевич. Именно по его инициативе и был организован первый «лазерно-интерферометрический десант» из ИАиЭ в СКБ научного приборостроения – в организацию, которая многие годы тесно работала с институтом, выступавшим в роли головной научной организации для СКБ НП. Десант возглавил к. т. н. В. А. Ханов, который стал руководителем лазерно-оптического отдела.

Крайне важно, что Вольдемар Петрович, как никто из пришедших сотрудников в ИАиЭ в начале 1970-х годов, быстро оценил сильные стороны института и пошел на мощную кооперацию с уже сложившимися в ИАиЭ научными коллективами, ведущими перспективные, с его точки зрения, поисковые исследования. Одним из таких коллективов стала научная группа, работающая в области гравиметрии, под руководством к. т. н. Геннадия Петровича Арнаутова (в рамках отдела, руководимого к. т. н. Леонидом Давидовичем Гиком). В результате «перекрестного опыления» лазерной интерферометрии и гравиметрии родилось новое научное направление – лазерная гравиметрия, «крестным отцом» которого был опять же Вольдемар Петрович. Благодаря его энергии и поддержке уже в 1974 г. появился первый образец лазерного гравиметра. Использование лазерного интерферометра для определения пути, пройденного падающей призмой, вкупе с точной цифровой электроникой для определения времени ее падения, позволило создать принципиально новый прибор с рекордными метрологическими характеристиками измерения универсальной константы  $g$  – ускорения свободного падения. И если сначала погрешность определения составляла  $10^{-6}$ , то уже в 1977 г. она была на мировом уровне  $10^{-8}$ – $10^{-9}$ . Международные сличения измерений постоянной  $g$  гравиметрами ряда организаций, в том числе из ИАиЭ СО АН СССР, подтвердили высочайший уровень этой разработки и вывели ее на лидирующие позиции в мире. Более того, с помощью созданного лазерного гравиметра произведена целая серия высокоточных измерений ускорения силы тяжести во многих точках земного шара.

Вольдемар Петрович стоял у истоков другого нового в ИАиЭ научного направления – лазерной доплеровской анемометрии, связанной с измерением скоростей потоков жидкостей, газов и твердых диффузно рассеивающих тел. По инициативе зав. лабораторией бесконтактных методов измерений ИАиЭ к. т. н. В. С. Соболева в 1968 г. в содружестве с лабораторией В. П. Коронкевича были начаты исследования по этой тематике, и уже в 1969 г. в журнале «Автометрия» появилась публикация с обнадеживающими результатами. И здесь лазерный интерферометр, как и в лазерном гравиметре, выступал в качестве измерительной линейки, пространственным масштабом которой являлась длина световой волны, а временным масштабом – период колебаний. Измеряемая скорость однозначно определялась доплеровским сдвигом частоты в световом поле, рассеянном исследуемой средой. Эта идея измерения скорости частиц оказалась настолько плодотворной, что уже в 1973 г. в результате тесного сотрудничества двух лабораторий ИАиЭ при ведущем участии кандидатов технических наук В. С. Соболева, Ю. Н. Дубнищева и В. П. Коронкевича появились первые образцы лазерных доплеровских измерителей скорости. Они с успехом были использованы при проведении в ИАиЭ фундаментальных исследований в области механики жидкостей и газов. Ярким примером полученных результатов явились закономерности зарождения гидродинамической турбулентности, выявленные с помощью лазерных анемометров на примере течения Куэтта. Их суть состояла в том, что хаос появляется в результате конкуренции колебательных мод, уже после трех бифуркаций течения.

В 1975 г. в издательстве «Наука» (Новосибирск) вышла коллективная монография «Лазерные доплеровские измерители скорости», которая стала первой в мире книгой, опубликованной на эту тему (первая статья, положившая начало лазерной доплеровской анемометрии как научному направлению, была опубликована в 1964 г. американскими исследователями).

В восьмидесятые годы в Институте были созданы лазерные доплеровские измерители скорости и длины горячего проката. Они были приняты в эксплуатацию на Новосибирском заводе им. Кузьмина на трубопрокатном стане и дали большой экономический эффект. Вольдемар Петрович Коронкевич был инициатором и организатором сотрудничества ИАиЭ с фирмой «Карл Цейсс» Йена, результатом которого явилось создание уникальных лазерных доплеровских анемометров серии ЛАДО. Надо сказать, что лазерная анемометрия развивалась и получила в дальнейшем интенсивное развитие в Институте теплофизики СО АН СССР с приходом в него докт. техн. наук Ю. Н. Дубнищева в рамках руководимой им лаборатории.

Вольдемар Петрович Коронкевич уделял большое внимание внедрению достижений академической науки в практику. Именно для решения этой задачи в 1973 г. по инициативе директора ИАиЭ чл.-корр. Ю. Е. Нестерихина и зав. лаб. В. П. Коронкевича был организован Межотраслевой конструкторский отдел (МКО), который находился в составе ЦКБ «Точприбор» (г. Новосибирск). Инициаторами создания МКО выступили также директор

НПЗ им. Ленина Б. С. Галушак и начальник ЦКБ «Точприбор» Н. С. Кручинин. А «первую скрипку» в этом сотрудничестве, безусловно, играл Вольдемар Петрович, пользовавшийся большим авторитетом не только в ИАиЭ, но и на родном для него предприятии. В кратчайшие сроки под его руководством в МКО на основе лазерного интерферометра был разработан прецизионный измеритель перемещений, который затем серийно выпускался на НПЗ им. Ленина (ИПЛ-3). Эти измерители «вдохнули жизнь» в различные прикладные разработки для научных и промышленных применений, в том числе оборонного назначения.

Позже, в июле 1981 г., на основе Межотраслевого конструкторского отдела (МКО) Миноборонпромом был создан Сибирский НИИ оптических систем (СНИИОС), возглавить который было предложено В. П. Коронкевичу. Однако от этого предложения он отказался, мотивируя тем, что должен сосредоточить усилия на реализации крупных научных проектов, которые ударными темпами выполнялись в стенах ИАиЭ. В результате директором СНИИОС был назначен к. т. н. В. И. Никулин (начальник МКО). С 1992 по 2009 г. институтом руководил д. т. н. И. С. Гибин, ранее работавший в ИАиЭ.

Примечательно, что научные интересы В. П. Коронкевича простирались далеко за пределы лазерной интерферометрии. Он прекрасно понимал, что элементная база оптики, имея в распоряжении такой уникальный инструмент, как лазер, вдохнувший жизнь в интерферометрию и параллельную обработку информации на базе фурье-оптики, должна была (просто обязана) сделать следующий серьезный шаг в деле синтеза оптических элементов с заданными наперед амплитудно-фазовыми характеристиками. Тем более что, как уже отмечалось, появились предпосылки для этого в виде цифровой голографии Адольфа Ломана.

В постановку и реализацию работ в этом направлении Вольдемар Петрович внес выдающийся вклад, а разработанная им уникальная технология синтеза (производства) так называемых киноформных элементов произвела без преувеличения революцию в оптике. А начиналось все в далеком 1975 г. Именно в этом году после посещения в США фирмы Zenith Radio Corporation он вознамерился создать отечественную систему для записи видеодисков. Началась кропотливая интенсивная работа по разработке уникальной системы, ядром которой, наряду с лазерной фокусирующей головкой и вращающимся шпинделем, был лазерный измеритель перемещений, который задавал «метрику» – измерительную линейку с шагом в десятые доли длины волны. Именно с его помощью и контролировалось перемещение лазерной фокусирующей головки в диапазоне от 0 до 200 мм. Самое удивительное другое: по мере создания лазерного фотопостроителя (генератора изображений) идея производства видеодисков отошла на задний план. На повестку дня встала «задача задач» оптики – синтез широкой гаммы оптических элементов, начиная от амплитудных и фазовых масок до лимбов, шкал, голограмм, дифракционных элементов. Фактически речь шла о создании нового поколения оптических элементов с заданными амплитудными и фазовыми характеристиками, что было равносильно второй революции в оптике, связанной с переходом на новую элементную базу.

Несмотря на многочисленные научно-технические трудности, наконец-то в 1980 г. «увидел свет» лазерный фотоплоттер. Уникальность его состояла в том, что, благодаря работе в полярной системе координат (вращение подложки + прецизионное радиальное перемещение записывающей головки), он отличался высокой производительностью записи информации в отличие от известных, работающих в декартовой системе координат. На основе прототипа этой машины в КТИ НП совместно с ИАиЭ была разработана и создана коммерческая экспортная модель CLWS-300. Руководителем этой темы в СКБ НП (КТИ НП) стал к. т. н. В. П. Кирьянов, который по инициативе В. П. Коронкевича возглавил второй «лазерно-интерферометрический» десант из ИАиЭ в СКБ НП. Но теперь общая задача состояла в постановке в СКБ НП работ по лазерным фотоплоттерам вплоть до создания опытного образца системы. Таким образом в СКБ НП по инициативе В. П. Коронкевича и Ю. В. Чугуя (начальника СКБ НП) произошла смена интерферометрической тематики на лазерно-технологическую.

У данной разработки – счастливая судьба. Фотоплоттеры CLWS-300 поставлены по контрактам не только в зарубежные ведущие оптические центры (Германия, Италия, Китай). Они, к счастью, востребованы также и в России: лазерные генераторы «трудятся» и на Уральском оптико-механическом заводе, и на предприятии «Геофизика-Космос».

Благодаря этой разработке в лаборатории В. П. Коронкевича зародилось принципиально новое научное направление, связанное со сверхпрецизионным контролем формы асферических зеркал гигантских телескопов на основе дифракционных оптических элементов (компьютерно-синтезированных голограмм) – лазерная нанометрология асферических поверхностей. Эта тематика интенсивно начала развиваться в коллективе с приходом в лабораторию А. Г. Полещука, который успешно продолжает ее разрабатывать уже в ранге заведующего лабораторией. Результаты, достигнутые коллективом, не имеют аналогов в мире. Они, по сути, являются пионерными.

Приведем лишь два примера. Первый из них относится к контролю зеркал телескопа большого бинокулярного зеркала LBT с диаметрами зеркал 8,4 м в рамках сотрудничества с Аризонским университетом (США). Компьютерно-синтезированная голограмма, полученная с помощью лазерного фотоплоттера, используется для контроля так называемых нуль-корректоров (сложных оптических систем с апертурой 0,5 м и более), с помощью которых производится оценка качества волнового фронта телескопа. Ее применение позволило выявить ошибки, вносимые неточно отъюстированным корректором при контроле волнового фронта зеркала телескопа, на уровне десятых долей длины волны света.

Другой пример применения компьютерно-синтезированных голограмм – контроль внеосевого сегмента зеркала гигантского Магеллановского телескопа СМТ, состоящего из семи сегментов с диаметрами 8,4 м. Здесь осуществлялось уже прямое сравнение образцового (требуемого) волнового фронта, воспроизводимого голограммой, с реальным волновым фронтом от зеркала телескопа. При этом ошибка измерений не превышала десяти нанометров.

Будучи «измерителем» до кончиков ногтей, Вольдемар Петрович всячески способствовал постановке и развитию исследований по разработке и созданию нового поколения лазерных средств размерного контроля – на основе идей фурье-оптики. Контуры такого направления, ориентированного на решение задач бесконтактного размерного контроля промышленных изделий, стали вырисовываться по мере углубления взаимодействия ИАиЭ с НПЗ им В. И. Ленина. Вольдемар Петрович поддерживал и постоянно курировал эти работы, которые были поставлены в 1970-е годы по инициативе к. т. н. Ю. В. Чугуя в лаборатории оптической обработки информации (зав. лаб. к. т. н. П. Е. Твердохлеб) в тесном сотрудничестве с руководителем подразделения в ЦКБ «Точприбор» Р. М. Бычковым. Толчком для них послужило установившееся тесное сотрудничество между ИАиЭ, НПЗ им. В. И. Ленина и ЦКБ «Точприбор» в рамках Межотраслевого конструкторского отдела. В кратчайшие сроки были впервые в СССР разработаны, созданы, серийно освоены на НПЗ им. Ленина и внедрены в промышленности принципиально новые измерительные средства – лазерные дифракционные измерители ЛДИ-1 и корреляционные измерители ЛКА.

Дифракционные измерители, основанные на использовании для измерения размеров объектов их дифракционных картин Фраунгофера, оказались весьма востребованными на этапе становления отечественной оптоволоконной промышленности: они были успешно внедрены на Лыткаринском заводе оптических стекол в линии вытяжки стекловолокон (в цепи обратной связи для поддержания их диаметров с высокой точностью).

Еще одним интересным применением ЛДИ, внедренным на НПЗ для собственных нужд, был автоматический бесконтактный контроль параметров резьбы ходовых винтов микроскопов БМИ и ММИ, выпускаемых этим предприятием серийно. Большой вклад в дешифрирование фурье-спектров в части физической интерпретации внес Вольдемар Петрович.

Тематика оптического размерного контроля при поддержке В. П. Коронкевича и П. Е. Твердохлеба начала интенсивно развиваться в стенах ИАиЭ особенно в связи с ее актуальностью для Новосибирского завода химконцентратов, который в 1980-е годы готовился к выпуску топливных сборок гражданских реакторов ВВЭР-1000 и ВВЭР-440 для атомных электростанций. Задача заключалась в создании отечественных лазерных средств бесконтактного контроля всех компонентов тепловыделяющих сборок и, прежде всего, их тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ). В результате промышленной эксплуатации созданного в ИАиЭ бесконтактного лазерного измерителя ЛДИ-1М в линии контроля диаметров ТВЭЛ впервые в атомной отрасли удалось получить достоверную измерительную информацию об их действительных размерах (по всей длине), что позволило заметно улучшить технологию производства ТВЭЛ. Его внедрение в отрасли, по мнению специалистов Минсредмаша,

равносильно было технической революции в метрологическом обеспечении производства ТВЭЛ.

Уместно отметить, что работам в области размерного контроля был придан серьезный импульс благодаря созданию в 1987 г. руководствами СО РАН и Минатома СССР межотраслевой лаборатории технического зрения ОНИЛ ТЗ (зав. лаб. к. т. н. Ю. В. Чугуй). Идея создания лаборатории ОНИЛ ТЗ была поддержана новым директором ИАиЭ д. т. н. П. Е. Твердохлебом. С 1987 г. к этой тематике была подключена не только лаборатория ОНИЛ ТЗ (в 1991 г. была переведена из ИАиЭ в КТИ НП), но и часть подразделений СКБ (КТИ) НП. Если же говорить «о сухом остатке» деятельности коллектива в этом направлении, то за истекшие 20 лет им разработаны и созданы десятки новейших измерительных систем (некоторые из них не имеют аналогов в мире) для размерного контроля с микронным разрешением всех компонентов топливных сборок атомных реакторов. А «звездным часом» коллектива стало создание уникальной лазерной измерительной машины для бесконтактного контроля таких сложных трехмерных объектов, как дистанционирующая решетка. Благодаря использованию в ней для структурного освещения объекта дифракционных оптических элементов, синтезированных в КТИ НП на «машине Коронкевича», производительность ее оказалась в 300 раз выше, чем у координатно-измерительных машин. КТИ НП СО РАН фактически стал головной организацией в Топливной компании «ТВЭЛ» по разработке, созданию и внедрению в атомную отрасль бесконтактных средств размерного контроля. И как тут не упомянуть добрым словом Вольдемара Петровича, давшего фактически путевку в жизнь новому научному направлению в оптической измерительной технике.

Высокий уровень научно-технических разработок, а также личные качества В. П. Коронкевича (остроумие, высокая эрудиция, доброжелательность) способствовали возникновению и развитию международных связей. Активным толчком послужила 5-я школа по голографии зимой 1973 г. Мороз за 40. Приехали многие известные физики – профессора Дж. Строук, В. Кок, А. Ломан. У нас уже тоже было, что рассказать и показать: голограммы турбинных лопаток, элементы интегральной оптики, голограммные запоминающие устройства. Но главное – умные и доброжелательные люди, раскованные и с большим чувством юмора. Расставались довольные друг другом и договаривались о новых встречах. В 1975 г. проф. Дж. Строук организовал семинар в Америке, затем последовала серия советско-германских семинаров по современной оптике. Вольдемар Петрович был в числе их основных организаторов.

И, наконец, о «лебединой песне» Вольдемара Петровича. Он все время мечтал, чтобы результаты его многолетней научной деятельности были использованы на благо как можно большего числа людей и имели социальную направленность. И такая возможность ему представилась. В трудные 90-е годы к нему обратились сотрудники из федоровского центра МНТК микрохирургии глаза (Новосибирск) с задачей создания на базе дифракционной оптики тонкоплочного бифокального хрусталика взамен удаляемого хирургическим путем помутневшего хрусталика. Известные однофокусные хрусталики не обладали уникальным свойством глаза человека – аккомодацией, т. е. способностью его фокусироваться (путем сжатия или растяжения хрусталика) на предметы по глубине в большом диапазоне. А это вело к очень большому неудобству для пациента: необходимо было иметь несколько очков – для рассмотрения близких и дальних предметов. Эта проблема была решена при использовании искусственного бифокального хрусталика, сложная технология производства которого была разработана В. П. Коронкевичем. И когда после успешной операции такой хрусталик был имплантирован пациенту, счастью Вольдемара Петровича не было предела. Надо было видеть, как он этим гордился, как он сиял, где-то чувствуя себя именинником. Он с восторгом рассказывал, как все было: как после имплантации бифокального хрусталика пациент «прозрел» и стал видеть «и вблизи, и вдаль». Это были не минуты, а часы, даже дни славы. И это понятно. Каждый из нас, работающих в науке, мечтает сделать что-то социально востребованное, быть первооткрывателем в какой-то области – своего рода пионером, решить впервые казалось бы неразрешимую задачу. И Вольдемару Петровичу это удалось. Как говорится, он «доказал теорему существования» – быть дифракционному бифокальному хрусталику! Он гордился этой разработкой всю оставшуюся жизнь и среди всех остальных ставил ее на первое место, хотя лавров, как это часто бывает в жизни, здесь он не снискал в силу своей исключительной скромности.



О человеческих качествах Вольдемара Петровича можно говорить бесконечно. Он был эрудитом, остроумным собеседником, заряжал всех своей неумной энергией, неиссякаемым оптимизмом. Он был душой любой компании. Обладая великолепным чувством юмора, он мог мгновенно «разрядить любую обстановку», поднять настроение, развеселить любого, рассказать анекдот (а здесь ему не было равных). Он пользовался колоссальным уважением и среди ученых, и среди производственников, причем не только у нас в стране, но и за рубежом. Он из любой, казалось бы тупиковой, ситуации находил выход, предлагал конструктивные решения. В таких случаях Юрий Ефремович неизменно обращался к нему как к спасительной палочке-выручалочке: «А ты, Вольдемар, что думаешь по этому поводу?». И Вольдемар Петрович, как первоклассный лоцман, минуя подводные рифы, выводил корабль, попавший в сильный шторм, на правильный курс. И здесь врожденные артистические способности помогали ему.

Вольдемар Петрович был любимцем студенчества, являясь одним из отцов-основателей кафедры «Оптические информационные технологии» в Новосибирском государственном техническом университете, где он долгое время читал курс по прикладной оптике, руководил дипломниками и аспирантами.

Вольдемар Петрович оставил после себя огромное научно-техническое наследие и, прежде всего, научную школу многочисленных учеников и соратников, благодарных своему мэтру за щедрость таланта.

И последнее. Доволен ли он был своей жизнью? Судьба его так сложилась, что вместо заветной юношеской мечты стать артистом он стал блестящим ученым-оптиком. И мы благодарны судьбе за это. Трудно найти такого труженика, неутомимого исследователя, вечно ищущего, порой сомневающегося (как и положено настоящему ученому), отдавшего всю жизнь лазерной оптике и ее приложениям. Он оказался в нужное время в нужном месте. Один из первых в стране он начал поднимать и осваивать «лазерную целину». И это ему, безусловно, удалось. И неслучайно на одной из шуточных фотографий он держит плакат с надписью «Жизнь удалась!». Он был по большому счету настоящим рыцарем лазерной оптики, внесшим в нее выдающийся вклад.

# РАЗРАБОТКИ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПОД РУКОВОДСТВОМ В.П. КОРОНКЕВИЧА.

НГИМИП (1958 - 1968 г.г.)

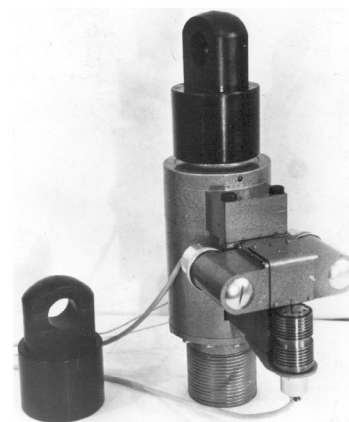
Лаборатория линейных и угловых измерений



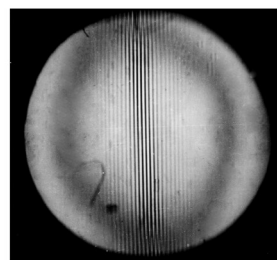
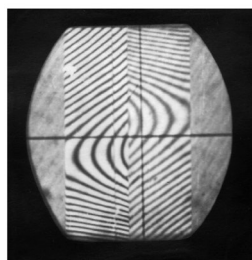
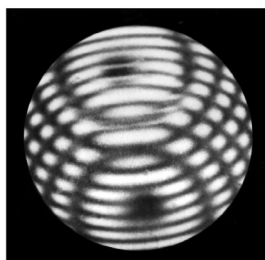
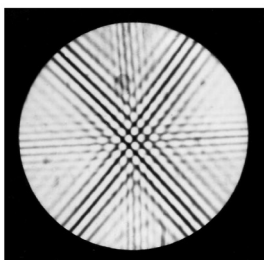
1



2

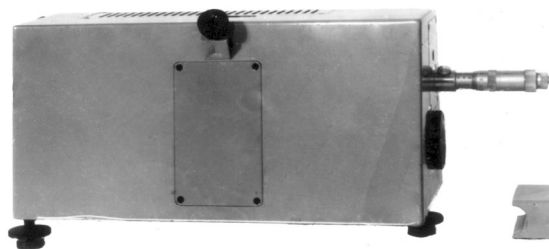


3

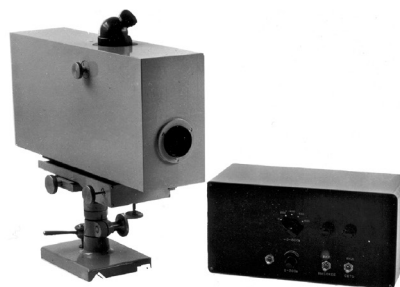
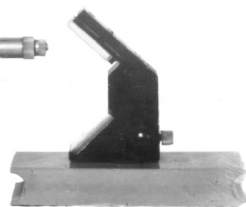


4

Фотографии полос в интерферометрах с двойным прохождением лучей



5



6

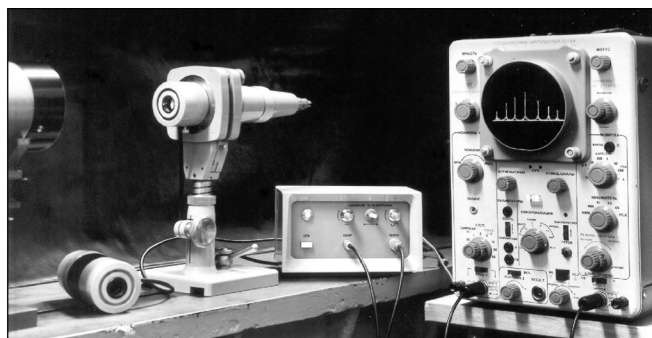
1 – интерферометр для измерения длины концевых мер; 2 – интерферометр для контроля микрокатетов; 3 – интерференционный динамометр; 4 – поле зрения интерферометров с двойным прохождением лучей; 5 – интерферометр для контроля прямолинейности; 6 – лазерный спектрометр.

**ИАиЭ СО РАН (1968 - 1987 г.г.)**

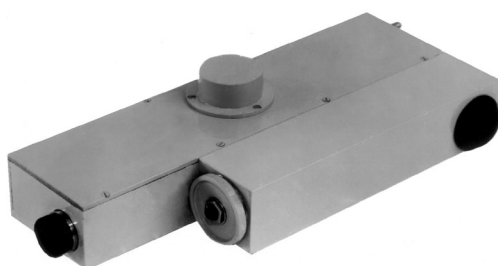
Лаборатория лазерных технологий и когерентной оптики.



1



2

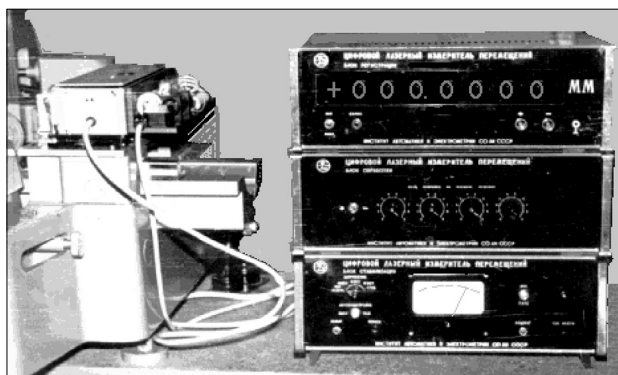
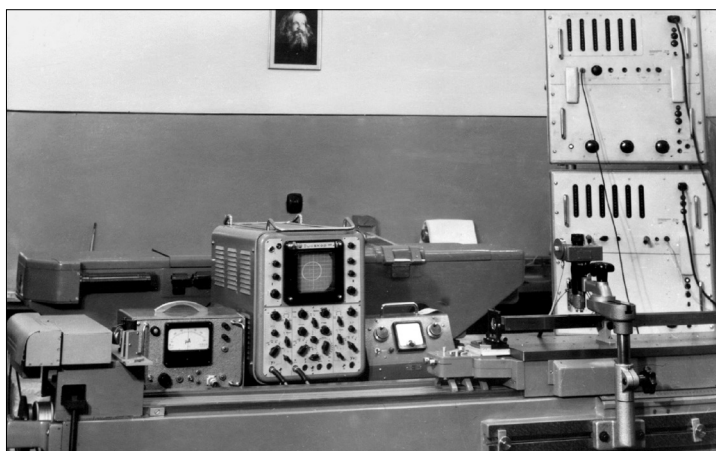


1 – двухчастотный лазерный измеритель перемещений ДИП-2; 2 – лазерный спектрометр (Фабри-Перо);  
3 – интерферометр для измерения показателя преломления воздуха; 4 – лазерная струна.

**Лазерные измерители перемещения ИПЛ**

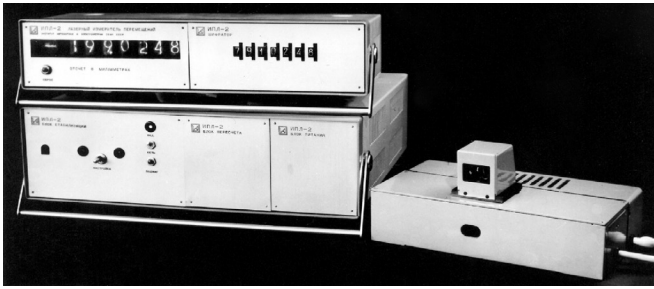
*1-е поколение*

НГИМИП. Аттестация штриховых шкал длиной 1 м с помощью лазерного интерферометра.

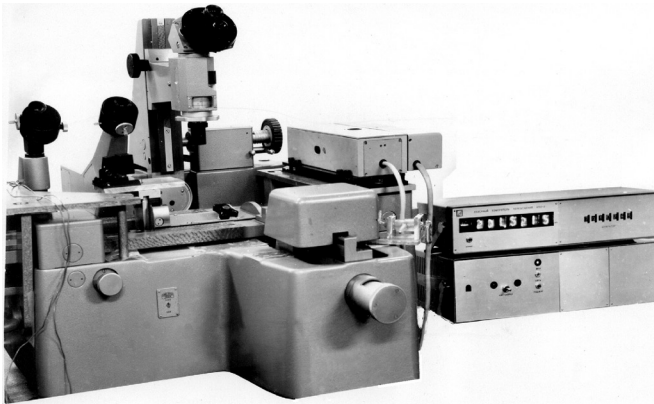


Общий вид ИПЛ-1.  
Слева: оптический блок на инструментальном микроскопе; справа: внизу – блок стабилизации частоты лазера, в центре – блок введения поправок на атмосферные условия, вверху – блок обработки данных.

2-е поколение



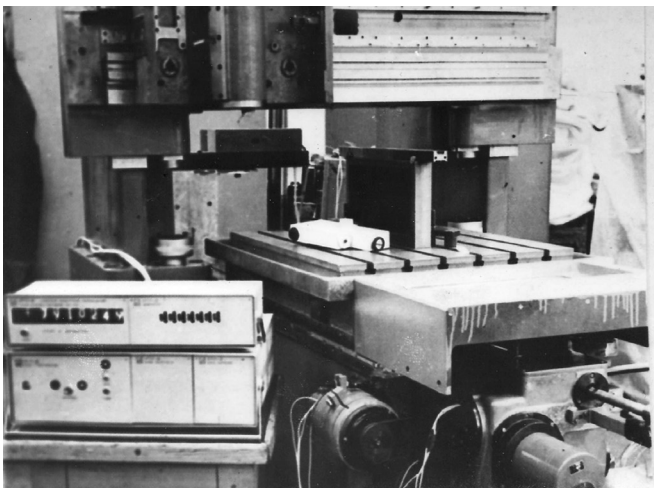
Внешний вид ИПЛ-2.  
Справа – лазерно-интерферометрический блок с отражателем, слева внизу – контейнер с блоком стабилизации частоты лазера и блоком обработки, сверху – контейнер с блоками индикации и ввода поправок.



Сравнение показаний ИПЛ-2 со шкалой большого инструментального микроскопа.

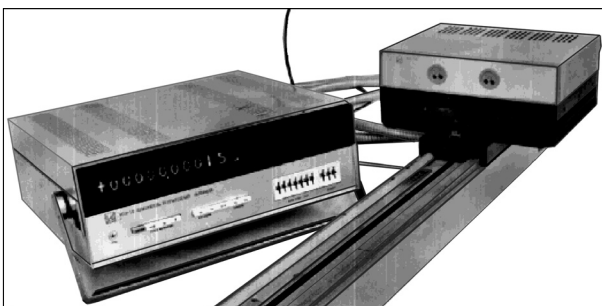


Оптический блок лазерного измерителя перемещений ИПЛ-2.



Установка ИПЛ-2 на измерительной машине КИМ-600 (з-д «Тяжстанкогидропресс»)

3-е поколение



Внешний вид лазерного измерителя перемещений ИПЛ-10.  
Слева – счетно-вычислительный блок, справа – лазерно-интерферометрический с двумя измерительными каналами.



ЕЖЕНЕДЕЛЬНАЯ ГАЗЕТА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 25 (2560) Июнь 2006 г.

## НОВОСИБИРСКИЕ УЧЕНЫЕ ЗАСТАВЛЯЮТ ОТСТУПИТЬ КАТАРАКТУ

В Институте автоматки и электрометрии СО РАН в лаборатории лазерных технологий, руководимой д.т.н. А. Полищук, совместно с КТИ научного приборостроения СО РАН, разработаны уникальные технологии и оборудование для синтеза сложных дифракционных структур. Эта технология, имеющая мировой приоритет, передавалась по контрактам в научно-исследовательские учреждения Италии, Германии и Китая. По словам разработчиков, для них было естественным откликнуться на просьбу Новосибирского филиала МНТК «Микрохирургия глаза» им. С. Н. Федорова и заняться оптикой для офтальмологии – созданием дифракционно-рефракционных хрусталиков.

Хрусталик нормального здорового глаза – важная составляющая оптической системы глазного яблока. Основные оптические функции хрусталика: возможность формировать на сетчатке изображение дальних объектов так же хорошо, как и предметов, находящихся вблизи; прозрачность для видимой области спектра и поглощение ультрафиолетовых лучей.

Катаракта любого происхождения (т.е. помутнение хрусталика) приводит к потере зрения – частичной или полной. Единственный метод решения этой проблемы – хирургическое удаление мутного хрусталика и замена его на интраокулярную линзу (ИОЛ). О масштабах таких операций говорит тот факт, что ежегодно в мире производится около трех миллионов операций по удалению катаракты при потребности около 30 миллионов.

Большинство хрусталиков, выпускаемых многочисленными фирмами мира, – однофокусные. После их имплантации часто требуется дополнительная коррекция зрения при помощи очков, т.к. пропадает одна из главных функций здорового хрусталика – accommodation – способность видеть на разных расстояниях. Пациенту после операции необходимы очки «для дали» или «близки».

Несколько лет назад появилась статья А. Ликфельда и Х. Гартамана из Берлинского университета им. Гумбольдта с очень точным названием «Коррекция пресбиопии – ренессанс многофокусных линз?» (Ophthalm-Chirurgie, 15: 69-76, 2003). В ней отмечается современное состояние исследований, связанных с созданием хрусталиков с несколькими фокусами и, соответственно, с решением проблемы accommodation, называемой в этом случае псевдоaccommodation.

Один из способов решения задачи – создание гибридных ИОЛ, т.е. линз, работающих с использованием явлений рефракции и дифракции одновременно. Такая дифракционно-рефракционная линза имеет два фокуса. Один фокус может использоваться для разглядывания дальних объектов, а второй – для ближнего видения. В обоих случаях на сетчатку глаза падает также и расфокусированный свет. Так как зрительная система «запрограммирована» на анализ более четкого и контрастного изображения, влияние расфокусированного света не создает каких-либо проблем.



Д. т. н. В. Коронкевич.



Имплантация бифокального хрусталика.

Работы в этом направлении группы сотрудников лаборатории лазерных технологий под научным руководством д.т.н. В. Коронкевича начались более 10 лет назад. Первые несколько лет исследования велись в рамках Международного проекта «Взор» (основные исполнители – к.т.н. Г. Ленкова и к.т.н. В. Корольков) при участии Вроцлавского политехнического университета (Польша). Затем практически из-за полного отсутствия финансирования работы почти прекратились. Их историю можно проследить по статьям в журнале «Автометрия».

Серьезный сдвиг в работе оказали два фактора: грант Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере – Госконтракт по программе «СТАРТ 05» и появление на рынках Европы, в том числе и России, аналогичного по типу дифракционно-рефракционного хрусталика известной американской фирмы «Алкон». Цена такого хрусталика составляет для России 1000 долларов, а

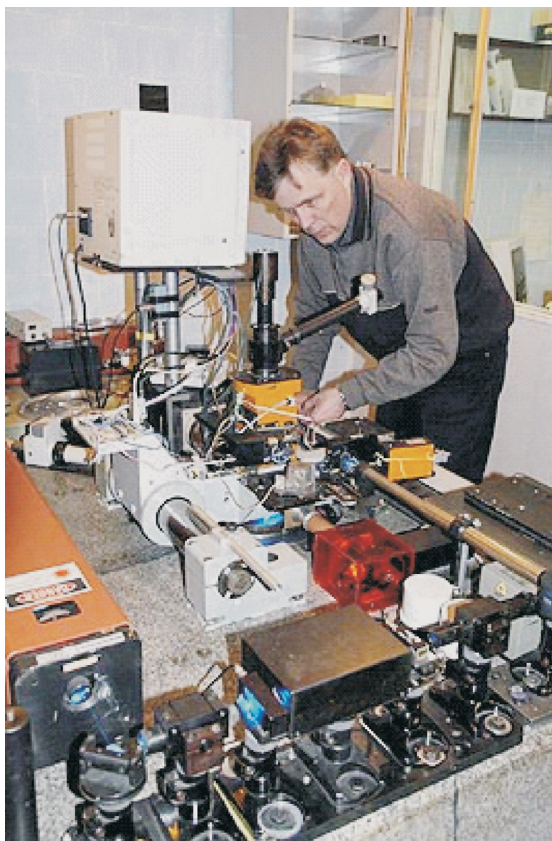
в США, где имплантации только начались – 3000–5000 долларов. В России с хрусталиком «Алкон» проведено около сотни операций, и все они дали хорошие результаты.

Для ускорения коммерциализации результатов разработки и исследования бифокальных хрусталиков (ИОЛ) было решено использовать в качестве материала фотополимер, разработанный в Нижнем Новгороде Научно-производственным предприятием «Репер-НН», имеющий мировой приоритет (два патента США), а также технологию тиражирования, созданную в этой фирме. Кооперация оказалась успешной. Этому в значительной степени содействовала ассоциация наукоемких компаний Академгородка «СибАкадемИнновация» (директор – А. Ременный). На основе лабораторных дифракционных шаблонов были получены первые бифокальные ИОЛ. Состоялось решение Минздрава РФ о проведении медицинских испытаний новой продукции в нескольких клиниках России, в том числе в Новосибирском филиале МНТК, с представителем которого к.мед.н. И. Исаковым группой В. Коронкевича работает уже много лет.

Первая операция в Новосибирске состоялась 21 февраля этого года. Пациенту (76 лет) со зрелой катарактой имплантировали бифокальный хрусталик. Результаты более чем положительные. Пациент читает мелкий газетный текст, а острота его зрения для дальней зоны составляет 0,9. Главное, он не нуждается в очковой коррекции зрения, а общая рефракция равна нулю. Иными словами, глаз стал нормальным или, как говорят оптики и офтальмологи, эмметропическим. Важно отметить, что у пациента имелось возрастное изменение подвижности зрачка. Функционирование же большинства известных моделей бифокальных ИОЛ основано на изменении диаметра зрачка при зрении вдаль и вблизи, что ограничивает их использование у многих пожилых людей. В клинике идут и другие операции, но о результатах не принято говорить до окончания испытаний.

Работа продолжается. Разработчики считают, что концепция, заложенная в конструкцию американского хрусталика, существенно отличается от сибирской. Во-первых, ограничением по возрасту. Хрусталик «Алкон» предназначен для людей, ведущих активный образ жизни (например, вождение автомобиля). В его конструкции при падении освещенности в ночное время и автоматическом расширении зрачка (до 5-8 мм), примерно 70 % световой энергии «перекачивается» в фокус для дальнего зрения. В хрусталике также предусмотрена частичная защита от бокового ослепления.

– Наша концепция, – говорит В. Коронкевич, – деление световой энергии по фокусам 50/50. Следовательно, одинаковое качество зрения должно быть в дальней и ближней областях. В случае необходимости улучшения только дальнего зрения дифракционная структура может быть уменьшена по глубине, чтобы «перегнать» световую энергию в дальний фокус. На нашей линзе дифракционная структура, кстати, существенно отличается от американской. Она нанесена практически по всей площади оптического элемента линзы, поэтому эффективно обеспечивает бифокальную функцию зрения при любых диаметрах зрачка. Кроме того, стоимость нашего хрусталика будет существенно ниже (примерно в 5-6 раз), а качество выше, поскольку он изготавливается по технологии прямой лазерной записи дифракционной структуры, в отличие от технологии «Алкона».



К. т. н. В. Корольков производит запись матрицы бифокального хрусталика на лазерной установке CLWS-3001AE в Институте автоматки и электрометрии.

Подготовила Галина Шпак.  
Фото В. Новикова  
и из архива ИАиЭ

## ИНТЕРВЬЮ В.П. КОРОНКЕВИЧА ГАЗЕТЕ «ПОИСК» 51(917), 22 ДЕКАБРЯ 2006 Г.

Катаракта в переводе с греческого – падающая вода. Это заболевание с красивым названием в 43% случаев становится причиной слепоты (по данным Всемирной организации здравоохранения). Катаракту – помутнение хрусталика – пытались лечить хирургическим путем еще за 500 лет до нашей эры – найден манускрипт, описывающий удаление хрусталика специальной иглой. В XVII-XVIII веках операции по удалению хрусталика осуществляли «бродячие хирурги». Один из них – Тейлор – удалил хрусталики Г. Генделю и И.Баху. Оба великих композитора после операции ослепли.

Современные офтальмологи научились заменять помутневший хрусталик искусственным – так называемой интраокулярной линзой. Ежегодно в мире проводится около 3 миллионов таких операций при потребности в 30 миллионов. До последнего времени даже прооперированные пациенты нуждались в очках либо для чтения, либо для «дальнего обзора», поскольку при замене на линзу пропадала одна из функций здорового хрусталика – аккомодация – способность видеть на разных расстояниях от глаза.

Работы над созданием гибридной – дифракционно-рефракционной – интраокулярной линзы, которая позволила бы решить проблему аккомодации, велись в лаборатории лазерных технологий Института автоматики и электрометрии СО РАН свыше 10 лет. Прорыву способствовали два фактора: необходимую финансовую поддержку предоставил Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (грант по программе «Старт»), а «моральный прессинг» оказало появление на рынках Европы и России аналогичного по типу дифракционно-рефракционного хрусталика известной американской фирмы «Алкон».

Разработчики из ИАиЭ решили использовать в качестве материала отечественный фотополимер, созданный нижегородским научно-производственным предприятием «Репер-НН» и запатентованный в США. На основе разработанных в лаборатории лазерных технологий дифракционных шаблонов были изготовлены первые бифокальные дифракционно-рефракционные интраокулярные линзы. Минздрав принял решение о клинических испытаниях.

- Результаты проведенных операций оказались неожиданными даже для нас, - подводит итоги испытаний руководитель группы разработчиков, доктор технических наук Вольдемар Коронкевич. – Из 100 операций не было ни одной неудачной. Впервые нашу линзу «МИОЛ-Аккорд» имплантировали вместо мутного хрусталика 76-летнему пациенту в феврале этого года. Теперь он может читать даже мелкий газетный шрифт и хорошо видит вдаль.

Линзы фирмы «Алкон» принципиально отличаются от наших. Во-первых, цена американской линзы – 1 тысяча долларов, себестоимость нашей – около 10 долларов. Во-вторых, в основу конструкции заложена иная концепция: американцы ориентировались на людей, ведущих активный образ жизни, практикующих вождение автомобиля. Поэтому у хрусталика «Алкона» 70% световой энергии «перекачивается» в фокус для дальнего зрения, а вблизи они рекомендуют пользоваться подсветкой. К тому же использование данной модели линзы не рекомендуется пациентам с нарушениями зрачковой функции, которые часто возникают в преклонном возрасте. Но ведь от катаракты страдает преимущественно старики. Наша линза и существенно дешевле, и обеспечивает одинаковое качество зрения в дальней и ближней областях и не имеет возрастных противопоказаний – операции делались даже 80-летним пациентам.

Замена хрусталика на линзу, разработанную в Институте автоматики и электрометрии, также дала «побочный эффект», способный перевернуть укоренившиеся в офтальмологической оптике представления. Существует старческая пресбиопия, которая не вылечивается. Она заключается в том, что с возрастом объем уже упомянутой аккомодации снижается до 5-10 метров вдаль и 50 сантиметров вблизи, тогда как в молодости человек видит вдаль «до горизонта» и вблизи до 10 сантиметров. Офтальмологи считают, что по объему аккомодации можно точно определять возраст человека. Но, когда 81-летней бабушке поставили линзу «МИОЛ-Аккорд», объем аккомодации у нее полностью восстановился – видит, как в 20 лет.

- Словом, мы можем гордиться своим хрусталиком, - утверждает Вольдемар Петрович.  
— Операции проводились в Новосибирске, Нижнем Новгороде, Чебоксарах, Москве — ни одного противопоказания. Сейчас наша группа разработала совершенно новую технологию, позволяющую, образно говоря, печь эти линзы как пирожки. Если бы наладить хорошее производство — «Алкон» нам был бы не конкурент даже на мировом рынке.

Увы, все опять упирается в финансирование. Академическая часть разработки завершена, клинические испытания прошли успешно, пациенты выстраиваются в очередь. Разработчикам «МИОЛ-Аккорда» дали главный приз на международной промышленной выставке «Сибполитех - 2006» - Гран-при “Золотой колокол”. Но гранта на внедрение разработки ... не дали. В России делается 180 тысяч операций по имплантации интраокулярных линз ежегодно. В Германии — 700 тысяч. Чтобы «догнать и перегнать» немцев, необходима лишь добрая воля. Либо Минздрава, либо частного инвестора. Остальное уже разработано в Сибирском отделении РАН.

*Корреспондент газеты “Поиск” О.В. Колесова.*



## Отзывы иностранных ученых о работе лаборатории В. П. Коронкевича



**Проф. М. ФРАНСОН (Франция)**

Уважаемый д-р Коронкевич!

Мы очень признательны Вам за теплый прием в Академгородке и шлем Вам наше «спасибо»! Мое посещение оптической лаборатории Института автоматики было весьма интересным для меня, особенно метод изготовления киноформных элементов.

Я поговорю с С. Abitbol относительно посылки Вам результатов исследований, связанных с его работой в инфракрасной области.

Как только это будет возможно, я свяжусь с проф. Маршалем, директором Института оптики в Париже, по поводу возможного сотрудничества между Вашим Институтом и Институтом оптики

по двум конкретным темам – например, эффекту Вегерта и оптическим элементам.

Еще раз благодарю Вас за Вашу доброту.

Сердечно Ваш Франсон

*P.S. Относительно киноформных элементов. Клер ушел из моей лаборатории два года назад и сейчас над этой темой не работает. Но д-р С. Abitbol, молодой сотрудник нашей лаборатории, великолепно знает эти методы, и если Вы пожелаете, он мог бы приехать в Академгородок.*



**Проф. А. ЛОМАН (Германия)**

Создателям вращающегося лазерного сканера: Ваша машина с ее точным интерферометрическим управлением и гибким компьютерным контролем великолепна. Материал, выбранный для записи, тоже хорош. Вы сможете создать множество различных очень полезных плоских оптических элементов. Удачи Вам!



**Проф. Аризонского университета, Дж. БЕРЧ (США)**

Я очень признателен за возможность посетить Академгородок и работать с учеными Института автоматики и электрометрии. Передовые технологии для получения голограмм, разработанные, изготовленные в Институте автоматики, все это очень важно для проектов 6- и 8-метровых телескопов Стюартовской обсерватории.

**Проф. Г. АРСЕНО (Канада)**

Я поражен Вашей машиной для изготовления киноформов, и не только вследствие ее огромной полезности, но и потому, что свет используется для производства элементов, преобразующих свет. Обработка материалов светом приносит духовное удовлетворение, так как экономична и точна. Возможно, Микеланджело света появится именно в Вашей лаборатории.

---

Applied Optics, Vol. 11, Issue 2, pp. 359–361 (1972)

### **Laser Interferometers for Measuring Displacements and Determining Object Positions**

V. P. Koronkevitch, G. A. Lenkova, A. M. Tsherbatchenko, A. I. Lokhmatov, V. P. Kiryanov, B. G. Matienko, and V. P. Golubkova

#### **Abstract**

Laser interferometers for measuring lengths, gas refraction indexes, and laser wavelengths and for determining relative object positions have been developed. The instruments are based on a traditional principle of fringe-counting interferometers; for the determination of positions a reversed aperture interferometer sensitive to light-source displacements has been used.

---

Applied Optics, Vol. 14, Issue 1, pp. 180–184 (1975)

### **Laser Doppler Velocimeter as an Optoelectronic Data Processing System**

Yu. N. Dubnitshev, V. P. Koronkevich, V. S. Sobolev, A. A. Stolpovski, Yu. G. Vasilenko, and E. N. Utkin

#### **Abstract**

Using Fourier optics, the conditions of the laser Doppler velocimeter (LDV) optimization in relation to the scattering center size, laser parameters, and photoreceiver aperture are found. The measurement errors are estimated for average and instantaneous velocities with regard to the statistics of the scatterers. The compensating scheme, which eliminates a low-frequency component of the signal and laser noise, is described. The results of its experimental applications are given.

---

Applied Optics, Vol. 34, Issue 25, pp. 5761–5772 (1995)

### **Lensacon**

V. P. Koronkevich, I. A. Mikhaltsova, E. G. Churin, and Yu. I. Yurlov

#### **Abstract**

A diffractive optical element has been synthesized with laser phototechnology. It can transform a point source into a bright caustic (a light line) stretched along the optical axis. The element transforms a spherical wave into a conic and a point source in the object space to a ring structure in the image space. We investigated how the parameters of the light line (the length and the effective diameter) depend on the wavelength of the light source and the movement of the source along the optical axis. Also the interference field outside the caustic (Fresnel and Poisson fringes) was investigated. For an explanation of experimental data the geometrical theory of interferometers was used. The conditions for the appearance of fringes in white light are given. A device for rectilinear control of large tool beds and for centering machine components was manufactured. Experiments on determining the macroshape and the microshape of objects were performed.

---

Applied Optics, Vol. 38, Issue 8, pp. 1295–1301 (1999)

### **Polar Coordinate Laser Pattern Generator for Fabrication of Diffractive Optical Elements With Arbitrary Structure**

Alexander G. Poleshchuk, Evgeny G. Churin, Voldemar P. Koronkevich, Victor P. Korolkov, Andrei A. Kharissov, Vadim V. Cherkashin, Valerii P. Kiryanov, Aleksei V. Kiryanov, Sergei A. Kokarev, and Alexander G. Verhoglyad

#### **Abstract**

A precision laser pattern generator for writing arbitrary diffractive elements was developed as an alternative to Cartesian coordinate laser/electron-beam writers. This system allows for the fabrication of concentric continuous-relief and arbitrary binary patterns with minimum feature sizes of less than 0.6  $\mu\text{m}$  and position accuracy of 0.1  $\mu\text{m}$  over 300-mm substrates. Two resistless technologies of writing on chromium and on amorphous silicon films were developed and implemented. We investigated limit characteristics by writing special test structures. A 58-mm  $f/1.1$  zone plate written directly is demonstrated at a  $\lambda/50$  rms wave-front error corresponding to a 0.06- $\mu\text{m}$  pattern accuracy. Several examples of fabricated diffractive elements are presented.

Applied Optics, Vol. 45, Issue 1, pp. 44–52 (2006)

## Special features of Newton-type fringe formation in a diffraction interferometer

Voldemar P. Koronkevich, Galina A. Lenkova, and Aleksey E. Matochkin

### Abstract

An interferometer with a Fresnel zone plate located in the center of curvature of a concave mirror was studied. Attention was paid to the unique features of the interference field, which has a special point at which the path difference is equal to zero, thereby allowing for the observation of Newton-type fringes in white and quasi-monochromatic light. The conditions necessary for reducing the instrumental error to values less than  $\lambda/20$  were determined. Methods for suppressing noise and destructive interference patterns were also found. Metrological tests were carried out, and they proved the possibility of using this interferometer for industrial testing of spherical and parabolic mirrors.



