

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.005.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «21» мая 2021 г. № 5

О присуждении Голошевскому Николаю Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и программно-аппаратные средства управления устройствами лазерной микрообработки с комплементарной системой позиционирования» по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите «2» марта 2021 г. протокол № 2 диссертационным советом Д 003.005.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 1, приказ Минобрнауки России 255/нк от 28 марта 2020 года.

Соискатель Голошевский Николай Владимирович 07.02.1978 года рождения, в 2001 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ), в 2004 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН).

Диссертация выполнена в Лаборатории лазерной графики (07) ИАиЭ СО РАН.

Научный руководитель – кандидат технических наук,

Бессмельцев Виктор Павлович, заведующий Лабораторией лазерной графики (07),

ИИЭ СО РАН, г. Новосибирск.

Официальные оппоненты:

Жмудь Вадим Аркадьевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Автоматики», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), г. Новосибирск.

Звездин Валерий Васильевич, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Высокоэнергетических процессов и агрегатов», Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", г. Набережные Челны.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» (ВлГУ), г. Владимир,

в своем положительном заключении, подписанном

- С.М. Аракелян, д.ф.-м.н., профессор, заведующим кафедрой "Физика и прикладная математика", Институт прикладной математики, физики и информатики ВлГУ.

заверенном

- Фединым А.В. (д.т.н., профессор, проректор по научной и инновационной работе ВлГУ)

указала, что диссертационная работа полностью соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 16 научных работ, из которых 6 в рецензируемых научных журналах и изданиях:

1. Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В. Система управления составными

двухкоординатными сканаторами // Автометрия. 2007. №1. С. 116-126

2. Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В., Смирнов К.К. Аппаратно - программные средства динамической коррекции для управления лазерными системами микрообработки на основе комплементарных сканеров // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. №3. С. 48-52.
3. Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В., Смирнов К.К. Особенности управления лазерными системами микрообработки движущихся носителей // Автометрия. 2010. №1. С. 98-106.
4. Полецук А.Г., Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В. и др. Микроструктурирование оптических поверхностей: технология и устройство прямой лазерной записи дифракционных структур // Автометрия. 2010. №2. С. 86-96.
5. Bessmeltsev V., Bulushev E., Goloshevsky N., Dostovalov A., Wolf A. High-speed and crack-free direct-writing of microchannels on glass by an IR femtosecond laser // Optics and Lasers in Engineering. 2016. Т. 79. С. 39–47.
6. Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В., Кастеров В.В. и др. Метод калибровки лазерной гальванометрической сканирующей системы субмикронного разрешения // Автометрия. 2018. №4. С. 84-91.

получены 2 патента на изобретение:

7. Способ и устройство формирования микроканалов на подложках из оптического стекла, оптических кристаллов и полупроводниковых материалов фемтосекундными импульсами лазерного излучения: пат. 2661165 Рос. Федерация: МПК В23 К26/36 (2014.01), В23 К26/062 (2014.01) В23 К26/082 (2014.01). / Баев С.Г., Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В. и др. № 2017137458; заявл. 25.10.2017; опубл. 12.07.2018. Бюл. № 20. 16 с.
8. Способ формирования микроканалов на подложках и устройство для его реализации: пат. 2709888 Рос. Федерация: МПК В23 К26/36 (2014.01). / Баев С.Г., Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В. и др. № 2019108823; заявл. 26.03.2019; опубл. 23.12.2019. Бюл. № 36. 3 с.

На автореферат поступили следующие положительные отзывы:

- отзыв Вейко Вадима Павловича (д.т.н., профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург) и Сергеева Максима

Михайловича (к.т.н., ассистент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург), содержащий следующие 3 замечания.

- 1 В работе не учтено влияние фокусирующей оптической системы на качество и форму профиля лазерного пучка при его отклонении от оптической оси объектива с плоским полем, например, aberrации лазерного пучка и смещение центра его перетяжки относительно плоскости обработки. Превышают ли данные искажения пучка точность его перемещения и разрешающую способность позиционирования лазерного пятна в рассматриваемой комплементарной системе?
 - 2 При описании результатов 2-й главы на стр. 9 не корректно сформулирована фраза «...возможно получить линии шириной менее размера сфокусированной точки...». Как геометрическая фигура, линия не имеет ширины, а точка и вовсе безразмерна. Возможно, автор имел ввиду ширину трека и размер лунки от единичного импульса?
 - 3 Микронная точность и субмикронное разрешение системы зависят не только от характера перемещения лазерного пятна в плоскости обработки и его размера, но также от режимов обработки конкретного материала, в т.ч. пороговой плотности энергии, профиля интенсивности пучка, длительности лазерного импульса, их количества. Учитывалось ли это при оценке производительности предложенной системы?
- отзыв Сеника Богдана Николаевича (д.т.н., профессор, главный оптик ПАО «Красногорский завод им. С.А.Зверева», г. Красногорск), содержащий замечание, касающееся сравнения созданного программно-аппаратного комплекса средств управления с устройствами ведущих мировых производителей.
 - отзыв Чекунина Дмитрия Борисовича (к.т.н., с.н.с. отдела визуальных видов защиты, Научно-исследовательский институт – филиал АО «Гознак», г. Москва), содержащий 3 замечания.
 - 1 Отсутствует аргументированное обоснование выбора экспериментальных установок и их компонентов.
 - 2 Отсутствует объяснение выбора синтезированной модели калибровочной сетки и описания способа синтеза изображения.

3 Отсутствует единообразие отображения логических схем.

- отзыв Выскуба Виктора Гавриловича (д.т.н., профессор, гл.н.с. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт — Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ), г. Москва), содержащий 2 замечания.

- 1 В автореферате следовало привести требования к сканаторам, оптическим и измерительным элементам, отвечающим за точностные характеристики комплекса.

- 2 В автореферате следовало привести также перспективу развития комплекса в отношении точности и производительности.

- отзыв Чеснокова Дмитрия Владимировича (к.т.н., доцент Кафедры физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ), г. Новосибирск), содержащий 3 замечания.

- 1 В параграфе 2.1 рассмотрен метод высокоточной калибровки оптического тракта комплементарных систем позиционирования по прямоугольной равномерной сетке из вертикальных и горизонтальных линий, формируемых калибруемой системой. В автореферате, к сожалению, не сформулированы критерии применимости данного подхода, каковы должны быть относительные размеры и шаг сетки, ширина каналов и диаметр фокального пятна.

- 2 В параграфе 4.3 предложены и реализованы новые способы управления положением лазерного пучка, основанные на растровой развертке пучка, которые должны обеспечить требуемые скоростные характеристики при сохранении качества обработки. В автореферате не приведено (нет ссылки) физического обоснования данного подхода, хотя результат получен.

- 3 К недостаткам оформления автореферата можно отнести использование научного жаргона, а также не имеющих критерия терминов «высоко- и низкоинерционные» приводы.

Получены 3 акта о внедрении результатов кандидатской работы:

- при создании системы лазерной микрообработки «Лазерная технологическая рабочая станция на основе лазера с перестраиваемой длительностью импульсов (фемто - пико)» внедрены в производственный процесс на АО «Новосибирский

Приборостроительный завод»;

- при создании системы лазерной микрообработки «Технологическая лазерная система нанесения специальных рисунков (сеток) на стеклянные подложки», внедренной в производственный процесс на АО «Вологодский оптико-механический завод»;
- при создании устройств промышленной маркировки средств взрытания, внедренных в производственный процесс на АО «Новосибирский механический завод Искра».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной квалификацией в области математического моделирования, автоматического управления, разработки и внедрения технологий лазерной микрообработки.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена обобщенная структура системы управления и на её основе комплекс модульных программно-аппаратных средств для устройств микрообработки с комплементарной системой позиционирования;

разработан ряд экспериментальных методов повышения точности и быстродействия комплементарных систем позиционирования и ряд новых способов управления положением лазерного пучка для увеличения производительности бездефектного формирования микроканалов в стекле.

доказано, что:

- метод калибровки с определением координат реперных точек калибровочного объекта с помощью кросс-корреляционного алгоритма и последующей коррекцией положения лазерного пучка методом кусочно-планарной интерполяции при высокой робастности позволяет обеспечить относительную погрешность позиционирования лазерного пучка 10^{-5} от поля записи гальванометрического сканирующего модуля;
- метод динамической компенсации отклонений лазерного пучка от заданной траектории по сигналам от датчиков положения электромеханических приводов позволяет существенно увеличить производительность обработки без потери точности в задачах лазерной микрообработки;

- метод растровой развертки лазерного пучка для формирования микроканалов позволяет увеличить производительность бездефектной микрообработки стеклянных подложек в 4-5 раз;
- разработанный на основе предложенных методов и алгоритмов комплекс универсальных программно-аппаратных средств позволяет обеспечить формирования микроканалов шириной от 2 мкм с абсолютной точностью ± 1 мкм на подложках размером до 200×200 мм².

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что результаты исследования могут быть использованы для точной калибровки систем на основе гальванометрических дефлекторов, разработки новых лазерных устройств микрообработки с комплементарной структурой, обеспечивающих повышенную точность и быстроедействие лазерной бездефектной обработки хрупких материалов.

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использованы метод кросс-корреляции для определения точных координат реперных точек при выполнении калибровки гальванометрических сканирующих модулей, метод кусочно-планарной интерполяции при расчете скорректированных управляющих воздействий гальванометрических дефлекторов, метод математического моделирования системы управления гальванометрического дефлектора с использованием ее передаточной функции, экспериментальные методы фемтосекундной микрообработки хрупких материалов;

изложены аргументы, подтверждающие обоснованность выбора экспериментальной методики и достоверность результатов проведенных экспериментов;

изучены методы представления функции преобразования координат расчетных управляющих воздействий для гальванометрического сканирующего модуля в скорректированные; численные методы поиска параметров таких преобразований; требования к современным устройствам лазерной микрообработки с комплементарной системой позиционирования лазерного пучка; методы и программные средства управления ими.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены предложенные методы повышения точности и

производительности устройств лазерной микрообработки;

определены требования к системе управления устройств лазерной микрообработки с комплементарной системой позиционирования,

предложена обобщенная структура программно-аппаратных средств, реализующая предложенные методы и алгоритмы, а также схема распределения функций управления устройством микрообработки между внешней ЭВМ и специализированным встроенным контроллером, содержащим процессор и ПЛИС;

создан программно-аппаратный комплекс средств управления, основой которого являются разработанные контроллеры, реализующий предложенные алгоритмы и структуру. Он позволяет проектировать и создавать высокопроизводительные системы лазерной микрообработки субмикронного разрешения при микронной точности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с помощью современного экспериментального и измерительного оборудования; показана воспроизводимость результатов исследований;

теория построена на известных и проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным областям;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии во всех этапах работы:

- разработке и экспериментальной проверке метода прецизионной калибровки гальванометрических сканирующих модулей;
- разработке и экспериментальной проверке метода коррекции положения лазерного пучка в реальном времени с помощью гальванометрических дефлекторов по сигналам ошибки положения «высокоинерционных» приводов;
- разработке и внедрении методов подготовки данных и управления положением лазерного пучка для бездефектного высокопроизводительного формирования микроканалов на подложках из оптического стекла;

- разработке обобщенной структуры системы управления устройствами микрообработки с комплементарной системой позиционирования, разработке и отладке на ее основе комплекса модульных программно-аппаратных средств для ЭВМ и встроенных контроллеров;
- разработке и настройке систем лазерной микрообработки с комплементарной системой позиционирования различного назначения;
- обработке, анализе и интерпретации полученных экспериментальных данных;
- апробации результатов на конференциях;
- подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 21 мая 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Голошевскому Николаю Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 6 докторов физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании (очно 20, дистанционно 4), из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 23, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

академик РАН

Шалагин Анатолий Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета

д. ф.-м. н.



Ильичев Леонид Вениаминович

« 21 » мая 2021г.