

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. № 6

О присуждении Белоусову Дмитрию Александровичу гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование методов и устройств локального контроля рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток» по специальности 01.04.05 «Оптика» 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 Белоусов Дмитрий Александрович 07.08.1991 года рождения, в 2015 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ),

в 2019 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории дифракционной оптики (06) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматики и

электрметрии Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук

Корольков Виктор Павлович, заместитель директора по научной работе ИАиЭ СО РАН, г. Новосибирск.

Официальные оппоненты:

Одинокоев Сергей Борисович, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Лазерные и оптико-электронные системы», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва.

Завьялов Петр Сергеевич, к.т.н., директор федерального государственного бюджетного учреждения науки «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук» (КТИ НП СО РАН), г. Новосибирск.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара

в своем положительном заключении, подписанном

- Скидановым Романом Васильевичем, д.ф.-м.н., профессором кафедры технической кибернетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
- Куприяновым Александром Викторовичем, д.т.н., доцентом, заведующим кафедрой технической кибернетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

Заверенном

- Прокофьевым Андреем Брониславовичем, д.т.н., доцентом, Первым

проректором – проректором по научно-исследовательской работе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

указала, что диссертационная работа «Разработка и исследование методов и устройств локального контроля рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток» является законченной и самостоятельной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научно-техническом уровне. Диссертация Белоусова Д.А. по актуальности, степени научной новизны и практической значимости, объёму выполненных исследований и их ценности соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Соискатель имеет 42 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 30 научных работ, из которых 10 в рецензируемых научных журналах и изданиях (6 - в международных базах данных Web of Science и Scopus), а также 1 патент на изобретение:

1. **Белоусов, Д. А.** Контроль пространственного распределения оптического излучения, рассеянного дифракционной структурой / Д. А. Белоусов, А. Г. Полещук, В. Н. Хомутов // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39. – №. 5. – С. 678–686.
2. **Белоусов, Д. А.** Устройство для регистрации дифракционной картины синтезированных голограмм в широком угловом диапазоне / Д. А. Белоусов, А. Г. Полещук, В. Н. Хомутов // Автометрия. – 2018. – Т. 54. – № 2. – С. 35–42.
3. **Белоусов, Д. А.** Метод обработки микроизображений для анализа структур ТЛИППС / Д. А. Белоусов, А. В. Достовалов, В. П. Корольков, С. Л. Микерин // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43. – №. 6. – С. 936-945.
4. **Belousov, D. A.** Spectral data of refractive index and extinction coefficient for thin films of titanium group metals used for fabrication of optical microstructures / D. A. Belousov, V. S. Terent'ev, E. V. Spesivtsev, V. P. Korol'kov // Data in Brief. – 2020. – Vol. 28. – Article number 104903. – Pp. 1–5.

5. **Belousov, D. A.** Optimization of test gratings and their measurement at manufacturing of diffractive optics and conformal correctors / D. A. Belousov, V. P. Korolkov, R. K. Nasyrov // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 2018. – Vol. 10818. – Article number 1081814. – Pp. 1–9.
6. **Belousov, D. A.** Laser beam diffraction inspection of periodic metal/oxide structures with submicron period / D. A. Belousov, V. P. Korolkov, V. N. Khomutov, R. K. Nasyrov // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 2019. – Vol. 11030. – Article number 110301C. – Pp. 1–9.
7. **Belousov, D. A.** Multi-channel scanning measuring system for testing of diffractive structures and thin transparent films / V. P. Korolkov, V. V. Cherkashin, V. N. Khomutov, D. A. Belousov // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 2019. – Vol. 11030. – Article number 110301E. – Pp. 1–12.
8. **Belousov, D. A.** Increasing the spatial resolution of direct laser writing of diffractive structures on thin films of titanium group metals / V. P. Korolkov., A. G. Sedukhin, D. A. Belousov, R. V. Shimansky, V. N. Khomutov, S. L. Mikerin, E. V. Spesivtsev, R. I. Kutz // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 2019. – Vol. 11030. – Article number 110300A. – Pp. 1–12.
9. **Belousov, D. A.** Fast formation of hybrid periodic surface structures on Hf thin-film by focused femtosecond laser beam / A. V. Dostovalov, K. A. Bronnikov, D. A. Belousov, V. P. Korolkov, S. A. Babin // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 2019. – Vol. 11183. – Article number 111830U. – Pp. 1–6.
10. **Belousov, D. A.** Determination of linewidth for metal/oxide gratings by measured diffraction efficiency in several orders / D. A. Belousov, V. P. Korolkov, R. V. Shimansky, V. N. Khomutov, R. I. Kuts // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 2020. – Vol. 11551. – Article number 115511N. – Pp. 1–7.
11. Пат. 2634372 Рос. Федерация. Устройство для контроля углового положения дифракционных порядков дифракционных элементов (варианты) [Текст] / А. Г. Полещук, Д. А. Белоусов // № 2016121799; Заявл. 01.06.2016; Опубл. 26.10.2017, Бюл. № 30.

На автореферат поступили следующие положительные отзывы:

- отзыв Грейсуха Григория Исаевича (д.т.н., почетный работник науки и

техники, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор, Заведующий кафедрой физики и химии, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза), не содержащий замечаний.

- отзыв Ганжерли Нины Мануиловны (к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург), не содержащий замечаний.
- отзыв Попова Владимира Викторовича (к.ф.-м.н., старший научный сотрудник кафедры общей физики физического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»), содержащий замечания, связанные с отсутствием в автореферате детального описания метода регистрации дифракционной эффективности по анализу видеоизображений дифракционной картины, а также информации о динамическом диапазоне выполняемых измерений.

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию «Разработка и исследование методов и устройств локального контроля рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток», были отобраны Объединенным ученым Советом по физическим наукам СО РАН для включения в доклад Президенту РФ и Правительству РФ о состоянии фундаментальных наук в Российской Федерации и за рубежом и важнейших научных достижениях, полученных российскими учеными в 2019 году по теме «Высокопроизводительная запись термохимических лазерно-индуцированных периодических структур на пленках металлов».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной квалификацией и опытом в области дифракционной оптики и оптико-электронного приборостроения, наличием научных публикаций по указанным направлениям, а также их профессиональной способностью оценить научную и практическую ценность результатов диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены оптические схемы устройств дифрактометрического контроля, в которых при регистрации дифракционной картины от локальной области

исследуемого элемента, освещённой пробным лазерным пучком, используется объёмный рассеивающий экран, установленный между дифракционным оптическим элементом и системой видеорегистрации;

предложен дифрактометрический метод финишного контроля при изготовлении рельефно-фазовых оптических элементов, предназначенных для работы на пропускание в диапазоне длин волн дальнего ультрафиолета, на основе измерения дифракционной эффективности тестовых линейных решёток с использованием лазерного источника видимого диапазона;

разработан метод поэтапного контроля рельефно-фазовых оптических элементов, изготавливаемых с использованием растровой полутоновой технологии, на основе анализа параметров тестовых синусоидальных решеток;

разработан метод количественной оценки характеристик лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур, который основан на анализе карт угловой ориентации пикселей на их микроизображениях;

доказана эффективность предложенных и исследованных в работе методов и устройств, предназначенных для локального контроля параметров рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток при их изготовлении.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что результаты исследования оптических схем видеорегистрации дифракционной картины, формирующейся на поверхности объёмных рассеивающих экранов в широком телесном угле дифракции, могут быть использованы для разработки новых методов контроля параметров дифракционных оптических элементов, а полученные количественные характеристики термохимических лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур (ТЛИПЭС), сформированных на плёнках гафния, показывают перспективность данного материала для высокопроизводительной записи ТЛИПЭС с высокой степенью упорядоченности структур.

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

использованы метод расчёта дифракционной эффективности металл/оксидных периодических структур с помощью теории строгих связанных волн (RCW – rigorous

coupled-wave), экспериментальные методы оптической дифрактометрии и современные измерительные приборы для характеристики параметров микрорельефа поверхностных структур оптических элементов;

изложены аргументы, подтверждающие обоснованность выбора экспериментальных методик, описанных в диссертационной работе, и достоверность результатов проведенных экспериментов;

изучены требования к параметрам объёмных рассеивающих экранов различной конфигурации для эффективного расширения углового поля зрения системы видеорегистрации дифракционной картины в автоматических системах, реализующих метод оптической дифрактометрии;

проведена модернизация метода количественной оценки упорядоченности лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур по анализу угловой ориентации пикселей на их микроизображениях, с целью получения новых количественных характеристик исследуемых структур.

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

разработан и внедрен ряд методов для осуществления поэтапного и финишного контроля при изготовлении рельефно-фазовых оптических элементов по анализу параметров встроенных тестовых структур, что подтверждается полученным актом о внедрении результатов диссертационной работы (акт о внедрении результатов диссертационной работы от 16.12.2020, Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина");

определены параметры мощности и скорости сканирования астигматически сфокусированного гауссова пучка фемтосекундного лазера для записи на тонких плёнках хрома и гафния высокоупорядоченных ТЛИПЭС с низким уровнем дефектности;

созданы два оптико-электронных устройства дифрактометрического контроля параметров дифракционных оптических элементов, в которых для видеорегистрации дифракционной картины в широком телесном угле дифракции используется объёмный рассеивающий экран, установленный между исследуемым элементом и

системой видеорегистрации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

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

теория, лежащая в основе разрабатываемых методов и устройств, описанных в работе, построена на известных и проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным областям;

идеи базируются на анализе существующих и многократно апробированных методик контроля параметров поверхностной структуры рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток;

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 на всех этапах работы:

- формулировании цели и постановке задач, решаемых в рамках диссертационной работы;
- выборе применяемых методов исследования;
- расчёте, проектировании, сборке и юстировке экспериментальных стенов и устройств дифрактометрического контроля, описанных в данной диссертационной работе;
- разработке алгоритма количественной оценки характеристик лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур по анализу их микроизображений и программного кода для его реализации;
- проведении теоретических и экспериментальных исследований;
- разработке программных кодов и алгоритмов для численного моделирования и обработки экспериментальных данных;
- анализе и интерпретации полученных результатов;

- апробации результатов на конференциях;
- подготовке публикации по выполненной работе.

На заседании 21 мая 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Белоусову Дмитрию Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.04.05 «Оптика».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 4 докторов наук по специальности 01.04.05 «Оптика» (техн. науки), участвовавших в заседании (очно 20, дистанционно 4), из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 24, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

академик РАН

Шалагин Анатолий Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета

д. ф.-м. н.



Ильичев Леонид Вениаминович

« 21 » мая 2021 г.