

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

доктора технических наук, заместителя директора по научной работе ИАиЭ СО РАН

Королькова Виктора Павловича

на диссертацию Белоусова Дмитрия Александровича «Разработка и исследование методов и устройств локального контроля рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.05 – Оптика

Диссертация Белоусова Д. А. посвящена разработке и исследованию методов и созданию на их основе оптико-электронных устройств, предназначенных для осуществления промежуточного и финишного контроля при изготовлении рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток. Данные элементы позволяют осуществлять светоделительные, фокусирующие, корректирующие фазу и перераспределяющие энергию пучка преобразования исходного волнового фронта, что эффективно расширяет элементную базу оптики. Учитывая многообразие способов формирования рабочей структуры данных элементов, а также их широкие функциональные возможности по преобразованию волновых фронтов и распределения интенсивности света, разработка методов и устройств для контроля определённых типов микрорельефа исследуемых структур в рамках выбранного технологического процесса является актуальной задачей.

В диссертации Белоусова Д. А. представлено решение ряда задач, важных для практики современного высокотехнологичного оптического производства дифракционных и конформальных элементов:

- Предложены и экспериментально исследованы 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 исследуемым элементом и системой видеорегистрации. Данные технические решения позволяют осуществлять оперативную видеорегистрацию дифракционной картины в диапазонах угла дифракции не менее чем  $\pm 80^\circ$  и азимутального угла  $0^\circ$ – $360^\circ$  для ДОЭ, работающих в прошедшем или отражённом свете. Предложенные схемы реализованы в двух оптико-электронных системах оперативного дифрактометрического локального контроля параметров дифракционных оптических элементов. Первое устройство с полусферическим рассеивающим экраном предназначено для регистрации и анализа дифракционной картины, зарегистрированной в отражённом от исследуемого элемента свете. Второе устройство с оптоволоконным рассеивающим экраном создано на базе инвертированного оптического микроскопа и реализует одновременный визуальный контроль элементов в отражённом свете и дифрактометрический контроль на длине волны пробного пучка 405 нм в прошедшем свете.

- Предложен метод, основанный на анализе дифракционной эффективности тестовых линейных решёток с кусочно-непрерывным рельефом в отражённом свете. Он позволяет осуществлять групповой контроль при изготовлении рельефно-фазовых оптических элементов, предназначенных для работы в дальнем ультрафиолете на пропускание. Измерение производится не на расчётной длине волны, а с использованием лазерного источника видимого диапазона, что значительно упрощает процедуру контроля данных элементов и делает её более универсальной.

- Разработан метод поэтапного контроля рельефно-фазовых оптических элементов, изготавливаемых с использованием растровой полутонковой фотолитографии. Предложенный метод основан на анализе параметров тестовых синусоидальных решеток и позволяет получать полные характеристические кривые на каждом технологическом этапе изготовления элемента без искажения результатов измерения вблизи резких перепадов рельефа, свойственных решеткам с кусочно-непрерывным профилем.

- Разработан метод количественной оценки лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур по анализу их микроизображений, который позволяет определять

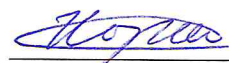
такие характеристики, как относительная площадь дефектов исследуемых структур, прямолинейность и параллельность дорожек в них, а также производительность записи, как функцию технологических параметров. Предложенный метод позволяет исследовать структуры со сложной формой границы и исключать дефекты при анализе упорядоченности записанной решётки.

В процессе работы Белоусов Д. А. проявил себя как квалифицированный специалист. Все теоретические и экспериментальные исследования выполнялись им самостоятельно на высоком методологическом уровне. Они обладают несомненной научной новизной и имеют практическую значимость, что подтверждается патентом РФ на изобретение и актом о внедрении результатов работы. Практически все разработанные им методы измерения и расчетные программы используются в ежедневной практической работе лаборатории дифракционной оптики ИАиЭ СО РАН. Рельефно-фазовые оптические элементы, изготовленные с применением методов контроля, разработанных Белоусовым Д.А., применяются во ВНИИТФ (г. Снежинск). Результаты исследования, выполненного Белоусовым Д.А. и соавторами, по теме «Высокопроизводительная запись термохимических лазерно-индуцированных периодических структур на пленках металлов» 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.

Содержание диссертационной работы соответствует специальности 01.04.05 – Оптика, а автореферат полностью отражает ее содержание. По материалам диссертации опубликовано 29 работ, в том числе 10 статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science (из них 3 статьи в изданиях, включенных в списки ВАК). Основные результаты работы докладывались Белоусовым Д. А. лично и соавторами на 14 научных конференциях международного и всероссийского уровня.

Таким образом, диссертация Белоусова Дмитрия Александровича является законченной научной работой, в которой предложены методы решения важных задач для высокотехнологичного оптического производства рельефно-фазовых оптических элементов и амплитудных решёток. По объему и уровню проведенных исследований, важности полученных результатов, их научной новизне и практической значимости диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Белоусов Д. А. несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
заместитель директора по научной работе ИАиЭ СО РАН

 Корольков В. П.

Подпись Королькова В. П. заверяю:  
кандидат физико-математических наук,  
и.о. ученого секретаря ИАиЭ СО РАН,

10.12.2020



Абдуллина С. Р.