



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36
Сайт: www.ssau.ru, e-mail: ssau@ssau.ru
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310,
ИНН 6316000632, КПП 631601001

15 ЯНВ 2021

№ 104-120

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор
по научно-исследовательской работе,

цент

А.Б. Прокофьев

_____ 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Завьяловой Марины Андреевны

«Разработка и исследование оптических высокоразрешающих датчиков контроля
положения рабочих поверхностей для оперативного управления лазерными
технологическими процессами»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

Актуальность темы исследования

В настоящее время оптические бесконтактные прецизионные датчики положения поверхностей используются для решения задач ультратонкой обработки материалов с помощью лазерного излучения. Высокое качество и точность изготовления микро– и наноструктур зависят от точности позиционирования фокусирующих объективов, а также размера, формы и энергетических характеристик лазерного пятна. Поэтому к датчикам положения предъявляются высокие требования как по погрешности определения положения обрабатываемых поверхностей, так и по совмещению в одном датчике нескольких функций, например, автоматической фокусировки излучения на плоских и криволинейных поверхностях и определения размера записывающего пятна. Существующие методы определения положения поверхности не позволяют в полной мере решить данные задачи.

Поэтому актуальность диссертационной работы Завьяловой М.А., посвященной разработке и исследованию высокоразрешающих оптических бесконтактных

датчиков контроля положения поверхностей различных материалов в ходе лазерных технологических процессов, сомнений не вызывает.

Цель диссертационной работы

Целью работы является разработка, исследование и испытание оптических датчиков контроля положения поверхностей с высоким разрешением для оперативного управления лазерными технологическими процессами: датчика автоматической фокусировки лазерного излучения на основе ножа Фуко для круговых лазерных записывающих систем (КЛЗС), конфокального хроматического датчика и датчика на основе микролинзового раstra для контроля и мониторинга абляции оптических прозрачных материалов.

Структура, содержание и объем диссертационной работы

Диссертационная работа содержит 132 страницы и состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Содержание и структура диссертации выстроены логично, соответствуют поставленной цели и задачам исследования, сопровождаются достаточным количеством иллюстраций и таблиц.

Во введении содержится обоснование актуальности темы исследования, сформулированы цель диссертационной работы, научная новизна и практическая значимость проведенных исследований, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обзор литературы по теме диссертации. Рассмотрены оптико-электронные бесконтактные датчики, в которых выходной сигнал является функцией расстояния до поверхности. Показана необходимость встраивания таких датчиков в лазерные каналы технологических установок, осуществляющих ультратонкую обработку материалов, в том числе оптических прозрачных сред. На основании рассмотрения особенностей микро- и наноструктурирования различных материалов с помощью лазерных систем сформулированы требования к датчикам положения.

Последующие три главы посвящены трем разным типам оптико-электронных бесконтактных высокоразрешающих датчиков положения поверхностей.

Так во второй главе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований датчика автоматической фокусировки на основе ножа Фуко для лазерных систем, осуществляющих обработку как плоских, так и криволинейных поверхностей. Экспериментально исследованы погрешности данного

датчика. Описаны лазерные круговые записывающие системы (КЛЗС), в состав которых вошел датчик на основе ножа Фуко. Приведены результаты синтеза дифракционных структур на плоских и сферических поверхностях с использованием данного датчика в качестве исполнительного элемента КЛЗС, предназначенного для автоматического поиска поверхности обрабатываемой детали, фокусировки излучения в пятно диаметром 0,5 мкм и менее, удержания поверхности в процессе записи.

Третья глава посвящена разработке оптических схем волоконного конфокального датчика поверхности, в котором используется режим хроматического кодирования (когда длина волны зондирующего излучения является функцией расстояния до поверхности). Рассчитаны основные элементы такого датчика – рефракционно-дифракционные и гиперхроматические объективы. Представлены результаты экспериментальных исследований различных вариаций конфокального датчика. Описано практическое применение датчика для позиционирования субволнового зонда в ближнепольном терагерцовом микроскопе.

В четвертой главе описан и экспериментально апробирован датчик поверхности на основе анализатора волнового фронта Шака-Гартмана. Данный датчик позволяет осуществлять эффективную фокусировку излучения на поверхности оптически прозрачных сред. В результате применения данного датчика установлена средняя скорость абляции кварцевого стекла и кремния при облучении их поверхности лазерным импульсным излучением пикосекундной длительности. Также для этих материалов экспериментальным путем определены средние плотности мощности, при которых в результате абляции образуются микроструктуры высокого качества – без сколов, трещин и каёмки плавления.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в предложенных и разработанных автором

- модифицированном датчике автоматической фокусировки на основе ножа Фуко с расширенным рабочим диапазоном для круговых лазерных записывающих систем;

- методе расчета рефракционно-дифракционных и гиперхроматических объективов, являющихся основными элементами конфокальных волоконных датчиков поверхности на основе хроматического кодирования;

- конфокального прецизионного датчика поверхности с погрешностью определения смещения объекта не более 0,2 мкм;

- методе на основе анализатора волнового фронта Шака-Гартмана, позволяющего осуществлять эффективную фокусировку лазерного излучения на поверхности оптических прозрачных сред.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в

- результатах исследований датчика автоматической фокусировки на основе ножа Фуко, которые были использованы при разработке коммерческих моделей круговых лазерных записывающих систем для крупных отечественных предприятий и научных центров;

- разработке волоконного конфокального датчика поверхности, который вошел в состав сканирующей приставки для ближнепольного микроскопа на основе терагерцового лазера на свободных электронах и используется на станции данного лазера в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук;

- разработке метода определения положения оптических прозрачных сред для эффективной фокусировки лазерного излучения, с помощью которого определяются средняя плотность мощности и скорость абляции при синтезе микроструктур с хорошим качеством края на поверхности оптических прозрачных сред.

Соответствие содержания диссертации заявленной научной специальности

Диссертация полностью соответствует паспорту научной специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы (технические науки)

в части формулы специальности:

«...специальность в области науки и техники, занимающаяся использованием оптического диапазона электромагнитных волн для создания исследовательских, измерительных ... приборов, систем и комплексов, а также разработкой способов применения таких приборов, систем и комплексов...»;

в части области исследования:

«2. Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для решения задач: измерения геометрических и физических величин; исследования и контроля параметров различных сред и объектов, в том

числе при решении технологических, экологических и биологических задач; передачи, приема, обработки и отображения информации; управления работой технологического оборудования и контроля производственных процессов».

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат полностью отражает содержание, научные положения, выводы, научную новизну, теоретическую и практическую значимость диссертации, содержит информацию об основных полученных результатах и позволяет сделать заключение о научном уровне работы.

Апробация работы

Основные результаты, полученные в рамках диссертационного исследования, опубликованы в 28 научных работах, в том числе в 10 статьях в изданиях, включенных в перечень ВАК и/или международные базы цитирования Web of Science и Scopus. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 21 международных и всероссийских конференциях и симпозиумах.

Замечания по содержанию диссертации

При общей высокой оценке диссертационной работы следует сделать несколько замечаний.

1. В работе не проведен сравнительный анализ по использованию различных источников белого света в волоконных конфокальных датчиках с хроматическим кодированием (газоразрядные лампы, сверхяркие светодиоды, ртутная лампа).

2. В четвертой главе работы исследуется технология прямого лазерного микро-, нанопрофилирования поверхностей оптически прозрачных материалов, которую в дальнейшем планируется использовать для синтеза дифракционных оптических элементов. Однако использование импульсного лазерного излучения для этих целей может привести к существенному ухудшению дифракционной эффективности записанных структур из-за неравномерности обработанных микроканалов.

3. Во второй главе приводятся теоретически и экспериментально полученные данные по предельным характеристикам датчика на основе ножа Фуко в составе круговых лазерных записывающих систем для рабочего микрообъектива 40×. В работе не указано, почему выбран именно этот объектив, и можно ли использовать эти данные для микрообъективов с другими характеристиками.

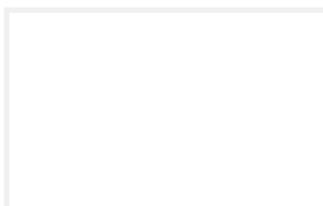
Заключение по работе

Диссертация «Разработка и исследование оптических высокоразрешающих датчиков контроля положения рабочих поверхностей для оперативного управления лазерными технологическими процессами» Завьяловой М.А. является законченной и самостоятельной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научно-техническом уровне.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертация Завьяловой М.А. «Разработка и исследование оптических высокоразрешающих датчиков контроля положения рабочих поверхностей для оперативного управления лазерными технологическими процессами» по актуальности, степени научной новизны и практической значимости, объему 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 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Отзыв на диссертацию Завьяловой М.А. «Разработка и исследование оптических высокоразрешающих датчиков контроля положения рабочих поверхностей для оперативного управления лазерными технологическими процессами» обсужден и утвержден на заседании НТС кафедры технической кибернетики 14 января 2021 года, протокол № 1.

Заведующий кафедрой
технической кибернетики
д.т.н., доцент



Куприянов Александр Викторович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
Сокращенное наименование: Самарский университет
Адрес: ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086
Телефон: +7 (846) 267-48-43
e-mail: nano@ssau.ru
www.ssau.ru

Отзыв получен 27.01.2021. *Александр М.В.*
С отзывом ознакомлена 28.01.2021 *Завьялова М.А.*