ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Алгубили Абрар Мохаммед Кхудхур
«Формирование неоднородно поляризованных лазерных пучков интерференционным методом и методами прямого преобразования поляризационного состояния пучка»,
представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика

Актуальность работы

Диссертационная работа Алгубили А. М. К. посвящена разработке методов формирования неоднородно поляризованных лазерных пучков с помощью интерферометра, включающего жидкокристаллический (ЖК) модулятор света, а также методов секторных пластин и многоконических аксиконов.

Прогресс в области расширения возможностей передачи информации, методов и средств микроскопии сверхвысокого разрешения, манипуляции микрообъектами, лазерной обработки во многом определяется достигнутым уровнем управления пространственным распределением поляризации. При этом матричные ЖК-средства управления световыми потоками сегодня рассматриваются в ряду наиболее перспективных. Формирователи поляризации, осуществляющие непосредственное преобразование поляризационного состояния пучка, такие, как аксиконы и многосекторные пластины, также являются весьма распространенными. Все вышеперечисленные системы обеспечивают возможность управления распределением поляризации в поперечном сечении неоднородно поляризованного пучка, но имеется ряд нерешенных проблем, связанных в основном с недостаточной энергетической эффективностью, наличием паразитных фазовых добавок и неприменимостью для источников с широким спектром.

Учитывая, что диссертация Алгубили А. М. К. направлена на комплексное решение вышеперечисленных проблем, ее актуальность не вызывает сомнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации вполне обоснованы. Они опираются на изученный и критически проанализированный мировой опыт, отраженный в публикациях отечественных и зарубежных авторов. Все эти результаты получены с использованием известных научных положений, методов математического моделирования и экспериментального исследования.

Входящий № 206-1222
Дата 04 МАР 2024
Самарский университет

Основные результаты диссертации опубликованы в 6 научных работах, в том числе в 6 статьях в рецензируемых журналах ВАК, журналах, индексируемых в базах Scopus и WoS. Результаты работы также докладывались на конференциях российского и международного уровня по тематике исследования.

Новизна проведенных исследований и результатов

Научную новизну имеют нижеследующие исследования и их результаты.

1. Предложенная оптическая система формирования пучков с азимутальной поляризацией на основе интерферометра Маха – Цендера и ЖК-модулятора света.

2. Разработанные и реализованные оптические секторные сэндвич-структуры, обеспечивающие преобразование когерентного пучка с круговой поляризацией в лазерные пучки с псевдорадиальной поляризацией 1-го порядка и азимутальной поляризацией 2-го порядка.

3. Разработанный трехконический элемент, совмещающий в одном элементе функции преобразования поляризации и коллимации света.

4. Результаты компьютерного моделирования в лучевом приближении, а также методом FDTD работы двухконического аксикона при изменении длины волны падающего излучения в достаточно широких пределах, доказывающие ахроматические свойства.

Достоверность результатов диссертации

Достоверность полученных результатов подтверждается согласованием экспериментальных результатов с результатами численного моделирования; соответствием полученных данных независимым и достоверным экспериментальным данным. При этом основные результаты были апробированы на международных и российских конференциях.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Научная значимость полученных результатов заключается в разработке подхода к ахроматизации рефракционных многоконических элементов для формирования азимутально поляризованного пучка. Предложено новое конструктивное решение, позволяющее расширить выходное распределение интенсивности на выходе многоконического элемента. Разработаны двухслойные конструкции секторных поляризующих пластин, позволяющие корректировать фазу выходного излучения.

Несомненную практическую значимость имеют разработанные в диссертации новые методы моделирования элементов оптических систем и моноблочные элементы, не требующие взаимной юстировки компонент.

Содержание диссертации, ее завершенность

Диссертация Алгубили А. М. К. состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы. Общий объём составляет 109 страниц

машинописного текста, включает 26 рисунков, 4 таблицы и 213 библиографических ссылок.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации. На основе обзора научной литературы выявлены недостатки существующих решений, которые предполагает устранить соискатель, что и нашло отражение в целях и задачах исследования. Далее дана общая характеристика работы, сформулированы научная новизна полученных результатов и положения, выносимые на защиту.

В первой главе предложен путь модификации оптической системы для генерации поляризационно-неоднородного лазерного излучения с использованием пространственного модулятора света (ПМС). В работе рассмотрены возможные схемы интерферометров и сделан выбор в пользу интерферометра Маха – Цендера, причем особенность схемы состоит в генерации необходимых мод разными половинами одного ПМС. Подробно представлены промежуточные и окончательные результаты экспериментов по формированию азимутально поляризованного пучка.

Во второй главе описан принцип работы спроектированных и изготовленных оптических секторных сэндвич-структур для формирования цилиндрических векторных пучков (ЦВП). Основная цель создания таких структур – это компенсация вихревой фазы, возникающей из-за спин-орбитального взаимодействия. Проведено моделирование работы структур как в приближении тонкого элемента, так и с использованием метода конечных элементов. Изготовлены лабораторные образцы и проведено экспериментальное исследование предложенных оптических элементов. Показано, что качество преобразования пучка с круговой поляризацией в радиально поляризованный пучок первого порядка несколько хуже, чем в азимутально поляризованный пучок второго порядка.

Третья глава посвящена многоконическим моноблочным оптическим элементам для получения азимутально поляризованных пучков с вихревой фазовой зависимостью. Рассмотрен двухконический элемент, дающий на выходе пучок кольцевой формы. На основе геометрооптического расчета разработан элемент с третьей конической поверхностью, который дает пучок круглой формы. Исследования предложенного элемента проводились расчетным путем. В заключительной части этой главы приведены результаты исследования хроматических свойств многоконического элемента. Было проведено моделирование в электромагнитном приближении влияния изменения длины волны падающего излучения в достаточно широких пределах ($1\ \text{мкм} \leq \lambda \leq 1{,}5\ \text{мкм}$) на результат работы двухконического элемента. Как и предполагалось, такое изменение не привело к существенному изменению поляризационного состояния пучка.

В заключении приведены основные результаты диссертации.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что автором проведено всестороннее исследование проблемы и осуществлено решение научной задачи, имеющей значение для создания новых методов и оптических систем для формирования неоднородно поляризованных световых пучков.

Достоинства и недостатки содержания и оформления диссертации

Личный вклад автора в проведенные исследования и полученные результаты не вызывает сомнений, о чем, в частности, свидетельствуют и опубликованные по теме диссертации работы. Существенным достоинством диссертационной работы является полнота проведенного исследования.

Работа содержит большое количество хорошо представленного графического материала, способствующего пониманию и оценке полученных результатов. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

К недостаткам диссертационной работы следует отнести нижеследующее.

1) На с.25 диссертации приведены только словесное описание и изображения фазы для генерации модовых распределений, а хотелось бы видеть и соответствующие формулы.

2) На с.26 приведены распределения интенсивности, полученные как непосредственно после ПМС, так и в выходной плоскости. Но нигде не написано, какой ПМС использовался, какого типа, и с какими характеристиками. В частности, не указаны размер рабочей области, количество управляющих элементов, пространственное разрешение и размер пикселя. Судя по изображениям, значительная часть энергии бесполезно уходит в нулевой порядок дифракции, но никаких измерений не проводилось, а ведь это важно для определения энергетической эффективности метода в целом.

3) На с.35 нечетко сформулирован принцип компенсации вихревой фазы с помощью бинарных фазовых пластинок. Можно только догадываться, что использовано свойство бинарно-фазовых ДОЭ формировать комплексно-сопряженные распределения амплитуды в парных дифракционных порядках в отличие от спиральной фазовой пластинки. При взаимодействии с имеющимся вихрем 2-го порядка один из вихрей понижает его порядок до первого, а второй вихрь как раз и появляется в выходном распределении.

4) В выводе выражений для углов триконуса на с.65-72 используются другие обозначения, чем в формулах 3.62, 3.63, причем в явном виде связь между этими обозначениями не приведена.

5) В таблице 3.1 на рисунках слишком мелкие обозначения, надписи сделаны на английском языке, нет пояснений, что изображено на некоторых картинах, в частности, что обозначают ряды точек на рисунках для проекции OYZ.

В целом диссертационная работа соискателя, несмотря на отмеченные недостатки, выполнена на высоком научном уровне: в ней решена научная задача создания новых методов и оптических систем для формирования неоднородно поляризованных световых пучков, имеющая несомненное значение для развития оптической связи, технологических систем фотолитографии, оптического манипулирования, лазерной обработки материалов и т.д. Приведенные результаты можно классифицировать как новые и имеющие большое практическое и научное значение. Представленные в работе исследования достоверны, а выводы и рекомендации обоснованы.

Заключение

Содержание диссертационной работы Алгубили А. М. К. «Формирование неоднородно поляризованных лазерных пучков интерференционным методом и методами прямого преобразования поляризационного состояния пучка» полностью соответствует специальности 1.3.6. Оптика и отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения и присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

На основании этого считаю, что автор диссертационной работы Алгубили Абрар Мохаммед Кхудхур заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Заведующий кафедрой физики и химии
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный
университет архитектуры и строительства»,
доктор технических наук (05.11.07 – Оптические
и оптико-электронные приборы и комплексы),
Почетный работник науки и техники РФ,
Заслуженный работник высшей школы РФ,
профессор Грейсух Г.И.

28.02.2024

Раб. адрес: 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, 28
Раб. тел.: +7 (8412) 92-94-78
Email: grey@pguas.ru

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
ОТДЕЛ КАДРОВ

Грейсуха Г.И.
заверяю
Гл. кадров