В Диссертационный Совет Д 002.023.03
Физического института им. П.Н.Лебедева Российской академии наук

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Разуевой Евгении Вадимовны
«Параметрические семейства параксиальных световых полей»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.05 – оптика

Пространственные характеристики световых пучков играют важную роль во многих задачах лазерных технологий, оптической спектроскопии, обработки информации. Синтез световых полей с различными свойствами позволяет расширить область их применения и создает новые возможности не только для практического применения, но и для поиска новых оптических эффектов.

Диссертация Е.В. Разуевой посвящена теоретическому исследованию методов формирования и преобразования параксиальных световых полей. **Актуальность темы** диссертации определяется ее связью с проблемой построения пучков света с заданным распределением интенсивности излучения.

Работа состоит из Введения, трёх глав и Заключения. Во Введении обоснована актуальность выбранной темы исследования, сформулированы цель и основные задачи исследования, приведены выносимые на защиту научные положения, обоснованы достоверность, научная новизна и практическая значимость. Здесь же представлена информация об апробации работы и отмечен личный вклад автора.

В представленной диссертации рассматриваются световые поля в параксиальном приближении.

Первая глава посвящена преобразованию обобщённых гауссовых пучков в линейных оптических системах (системах с общим астигматизмом). После краткого обзора известных результатов рассмотрено преобразование пучков Эрмита – Лагерра – Гаусса в таких системах и предложена его матричная интерпретация, обобщающая известный закон ABCD для гауссовых пучков. Показана связь между астигматическим преобразованием этих пучков и операторами поворота в трёхмерном пространстве. В качестве частных случаев рассмотрено преобразование астигматических пучков

Лагерра – Гаусса и эллиптических пучков Эрмита – Лагерра – Гаусса при распространении в свободном пространстве. Показано, что можно выбрать такое астигматическое воздействие, в результате которого пучок Лагерра – Гаусса трансформируется в пучок Эрмита – Гаусса в двух плоскостях. Обсуждается взаимосвязь между преобразованием Френеля и дробным преобразованием Фурье световых пучков как основа для численного расчёта эволюции полей с конечной энергией в свободном пространстве. Предложено понятие плоскости двумерной перетяжки астигматических гауссовых пучков, как плоскость, в которой площадь поперечного пучка минимальна, и показано, что в этой плоскости отсутствует дефокусировочная компонента фазы пучка. Рассмотрены примеры определения положения плоскости двумерной перетяжки гауссова пучка при различных фазовых распределениях в исходной плоскости.

Во второй главе рассматриваются методы построения спиральных пучков с заданными характеристиками. Под спиральными пучками в работе понимаются вращающиеся световые поля, сохраняющие при распространении структуру распределения интенсивности в поперечной плоскости. Приводится краткий обзор известных результатов и классификация спиральных пучков. Получено новое функциональное представление спиральных пучков для различных углов поворота распределения интенсивности в виде двойного интеграла типа Фурье от аналитической функции. Рассмотрены физические ограничения на использование данного представления. Показано, что известные результаты теории спиральных пучков являются частными случаями полученных формул. Приведены примеры использования найденного представления для формирования смещённых пучков Лагерра – Гаусса .

Третья глава посвящена рассмотрению световых полей негауссова типа, построенных на основе функции Эйри. Обсуждается взаимосвязь между известными пучками Эйри и дробными пучками Бесселя-Гаусса. Показано, что световые пучки, распределение которых в исходной плоскости описывается произведением трех функций Эйри, обладает конечной энергией при определенном выборе значений параметров. В аналитическом виде найдено распределение поля таких пучков в фурье-плоскости и показано, что при некотором выборе параметров оно обладает радиально симметричным распределением интенсивности с супергауссовым убыванием. Проведено численное моделирование преобразования светового поля при распространении в свободном пространстве. Найдена функция Вигнера этих пучков.

В Заключении перечислены основные результаты работы.

Полученные в работе результаты обладают **новизной**, представляются хорошо **обоснованными** и имеющими высокую степень **достоверности**, так как получены с помощью известных математических методов. Они хорошо согласуются с ранее известными результатами и, что особенно важно, подтверждаются экспериментальной реализацией.

Результаты, полученные в диссертации, имеют **значение для научных и практических задач**. Матричный метод преобразования пучков Эрмита – Лагерра – Гаусса в линейных оптических системах может быть использован для нахождения преобразования произвольного светового поля, так как это семейство образует базис в пространстве функций, описывающих световые поля с конечной энергией. Понятие двумерной перетяжки пучка представляет интерес в задачах построения неплоских резонаторов. Функциональное представление спиральных пучков с целочисленными значениями параметров вращения расширяет возможности использования таких пучков для создания оптических ловушек, а также в задачах оптической спектроскопии для определения положения излучателей. Пучки негауссова типа востребованы в исследованиях, связанных с зондированием атмосферы, и разработках оптических средств связи, так как они обладают низкой дифракционной расходимостью и высокой стабильностью при распространении в неоднородной среде.

По результатам и представлению работы имеются замечания.

1. Первое замечание касается представления результатов. Текст диссертации буквально пестрит многочисленными формулами, а обсуждение весьма конспективно, что очень затрудняет его восприятие. Думаю, работа только бы выиграла от более детального физического обсуждения результатов, подкрепленного таким же детальным обсуждением соответствующих рисунков и численных оценок, вовсе отсутствующих в работе. Это тем более важно, что в тексте работы иногда идет речь о соответствии результатов экспериментальным данным. Но где соответствующий анализ? Многие формулы и их вывод, на мой взгляд, можно было бы опустить, а наиболее важные вынести в Приложения.

2. Один из наиболее ярких результатов, на мой взгляд, касается «три–Эйри пучков». Хорошо известно, что с увеличением аргумента осцилляции функции Эйри учащаются. В этой связи автору следовало бы определить условия, при которых пространственный период осцилляций становится сравнимым с длиной волны,

когда теряет силу параксиальное приближение. Тогда были бы ясны физические ограничения на применимость соответствующих результатов. Возможно, данные ограничения касались бы апертуры пучка или других его физических параметров.

Указанные недостатки не снижают значения полученных в диссертации результатов. Хотелось бы заметить, что результаты диссертационной работы не только являются новыми и обоснованными, но также имеют свое продолжение. Например, они могут быть переформулированы для огибающей оптических импульсов в диспергирующих средах. Далее результаты и соответствующие методы могут быть использованы для анализа динамики пучков и импульсов в неоднородных и нелинейных средах.

Автором продемонстрирована необходимая квалификация и культура владения сложным математическим аппаратом из теории специальных функций, комплексного анализа и т.д. Основной материал диссертации опубликован в таких рецензируемых журналах, как Optics Letters, Optics Express и JOSA . Результаты работы докладывались и обсуждались на конференциях «Days of Diffraction» и «Singular Optics».

Автореферат диссертации правильно и полно отражает ее содержание.

По характеру исследования и полученным результатам представленная диссертационная работа удовлетворяет критериям, прописанным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Евгения Вадимовна Разуева, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Доктор физ.-мат. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
НИЦ «Курчатовский институт» С.В. Сазонов
11.11.2015

Подпись С.В. Сазонова заверяю
Заместитель директора по научной работе
главный ученый секретарь Центра В.И. Ильгисонис

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1.,
тел.: +7 (499) 196-95-39, факс.: + 7 (499) 196 17-04, e-mail: nrcki@nrcki.ru