

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Векшина Михаила Михайловича

«Исследование и моделирование поляризационных волноводных элементов
микро- и нанопотоники»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических
наук по специальности 01.04.05 – Оптика

1. Развитие оптических систем обработки информации требует проведения фундаментальных исследований, направленных на развитие известных и разработку новых принципов построения и оптимизации данных систем. В диссертации Векшина М.М. представлены исследования такого рода, относящиеся к области интегральной оптики. Несмотря на более чем пятидесятилетнюю историю развития интегральной оптики, интерес к ней не ослабевает. Это объясняется все более широким использованием ее элементов и устройств в оптической связи, микроэлектронике, сенсорных системах, а также богатством физических явлений, проявляющихся благодаря модовой структуре полей в оптических волноводах и уникальным поляризационным свойствам мод. Теоретическое и экспериментальное исследование данных свойств является предметом настоящей диссертации. Исследование направлено на создание новых эффективных поляризаторов, преобразователей состояния поляризации света, устройств для пространственного разделения света с различной поляризацией, фильтров, биологических сенсоров, ответвителей и разветвителей оптических сигналов. В работе рассматриваются устройства на основе ионообменных волноводов в стекле, которые отличаются более простой технологией изготовления по сравнению с полупроводниковыми и кристаллическими аналогами, имеют более низкую стоимость и лучше стыкуются с телекоммуникационными волокнами. Подобные исследования находятся в состоянии интенсивной разработки, проводимой в ведущих научных центрах. Поэтому диссертационная Векшина М.М. является актуальной. В пользу ее актуальности свидетельствует и то, что она выполнена в рамках финансируемых научных программ, а ее результаты опубликованы в авторитетных научных изданиях.

2. Выносимые на защиту результаты являются новыми. Об этом позволяет заключить анализ современной научной литературы, широкая опубликованность результатов диссертации в центральных научных журналах, в том числе и международных, а также их апробация на ряде конференций.

3. Достоверность полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений. К данному заключению приводит то, что основные выводы получены соискателем с использованием хорошо апробированных аналитических и численных методов расчета электромагнитных полей в открытых волноводах и оптических схемах сложной конфигурации, а также с использованием оптимизированного разностного метода при решении уравнения ионного обмена в стеклах. Достоверность результатов подтверждается также корреляцией расчетных данных для пространственных и поляризационных характеристик оптического поля в волноводных схемах, полученных различными методами и соответствием расчетных данных экспериментам.

4. Несомненную научную и практическую ценность представляет развитая автором идея включения в волноводные планарные и полосковые структуры, состоящие из изотропных слоев высокопреломляющих диэлектрических, либо метал-

лических пленок. Им показано, что при оптимальном выборе геометрических параметров таких пленок возможно эффективное преобразование поляризации света. Предложены новые схемы волноводных преобразователей поляризации, принцип действия которых основан на использовании тонких эффектов резкого изменения модовых характеристик в окрестности критических условий. Это схемы канальных волноводов, асимметричных Y разветвителей и интерферометров с тонкими покровными слоями, обеспечивающие степень подавления паразитной поляризационной компоненты свыше 25дБ, а также новая схема заграждающего фильтра, предназначенного для использования в волноводных усилителях. Кроме того, в результате анализа названных эффектов выдвинута и подтверждена экспериментально идея эволюционного преобразования ориентации плоскости поляризации волноводной моды и преобразования линейной поляризации в круговую за счет фазового синхронизма различных гибридных мод при наличии на поверхности изотропного канального волновода продольно-нерегулярного высокопреломляющего слоя. До настоящих исследований подобные свойства были известны только у оптических волокон с формой поперечного сечения близкой к круговой и одноосно-анизотропных волноводов при распространении мод последних в направлениях, составляющих малый угол с оптической осью. Работа содержит также ряд экспериментальных данных об изготовлении в соответствии с расчетами и исследовании конкретных волноводных поляризаторов и преобразователей поляризации.

Весьма полезны для управления процессами формирования оптических волноводов и иных оптических элементов в силикатных стеклах результаты автора по технике интегрирования кинетического уравнения ионного обмена в присутствии электрического поля и по решению обратной оптической задачи об определении профилей показателя преломления изготавливаемых ионообменных волноводов. С их применением, а также с использованием численных методов расчета мод оптических волноводов и дифракционных полей в диссертации выполнено оптимальное проектирование волноводных Y разветвителей, интерферометров Маха-Цендера, направленных ответвителей, S изгибов, древовидных распределителей оптического излучения, мультиплексоров и демultipлексоров.

Важное практическое значение имеют и результаты диссертации, относящиеся к области разработки и изготовления волноводных и решеточных биосенсоров, волноводных рефрактометров, а также растровых датчиков ориентации волнового фронта световой волны. Они включают развитие техники расчета устройств и оценки их чувствительности, в ряде случаев подтвержденные экспериментально.

5. Основные положения и результаты диссертации Векшина М.М. достаточно полно опубликованы в 33 статьях в научных изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования результатов докторских диссертаций, 9 статьях в журналах, входящих в базу данных Scopus и 6 статьях, входящих в базу данных Web of Science.

6. Диссертация соответствует специальности 01.04.05 – оптика.

7. Диссертация и автореферат написаны грамотно, строгим научным языком. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. По оформлению работы имеются следующие замечания.

- Оставляет желать лучшего компоновка ее материала. Каждый раздел диссертации содержит ряд разноплановых результатов, что затрудняет их восприятие. Например, в разделе 2.1 обсуждаются модовые характеристики 4-слойных планарных волноводов, свойства канальных волноводов с покровной диэлектрической пленкой, дифракционные эффекты на краях покровной пленки, нанесенной на по-

верхность волноводов, проводится расчет волноводного поляризатора с использованием модового анализа и методом распространяющегося пучка, развивается теория волноводного заградительного фильтра. Работа бы выиграла, если бы указанные несомненно важные исследования были изложены в отдельных разделах.

- В тексте встречаются опечатки. Например, на с.16 при обсуждении способов изменения показателя преломления материала путем его допирования примесными компонентами перепутаны большая и меньшая стороны; на с.22 пропущено слово обмена; на с.33 имеется не понятное выражение «числом выходом»; на с.43 – выражение «четырёхслойный волноводе»; на с.50 в системе (2.6) потеряно одно из уравнений (корректная система приведена в автореферате), а в пояснении к данной системе сказано, что она записана «для любой однородной области волновода, то есть для области, в которой показатель преломления представляет собой постоянную величину», тогда как в самой системе показатель преломления представлен как функция координат, что, кстати сказать, правильно;...

К принципиальным замечаниям можно отнести следующие.

- В разделе (2.2) с позиций волноводного преобразования типа поляризации света анализируются свойства гибридных мод канального волновода с высокопреломляющей покровной пленкой. Согласно рис.2.22, моды, обозначенные автором как M2 и M3, имеют изменяющуюся по сечению волновода поляризацию. В тексте диссертации (с.70) сказано, что расчет этих мод был проведен путем решения системы уравнений (2.6). Но данная система редуцированных волновых уравнений сформулирована для линейно поляризованных мод и поэтому для описания мод M2 и M3 с нелинейной поляризацией не пригодна.

- Не понятно, с какой целью автор приводит на с.55 спектральные разложения компонент поля планарного волновода по модам дискретного и непрерывного спектров, поскольку вычисление амплитуд мод непрерывного спектра представляет собой весьма не простую задачу, которая в диссертации не рассматривается.

- Автор неоднократно (с.48, 70, 85, 86, 199, 212) упоминает, что решает векторное волновое уравнение, но его явного вида не приводит. Это затрудняет понимание вопросов, поскольку в электродинамике волноводов известно несколько формулировок подобных уравнений (для компонент электрического поля, для компонент магнитного поля, для электродинамических потенциалов), каждая из которых требует специфических методов анализа.

- В диссертации имеется ряд графиков, иллюстрирующих поперечные распределения полей мод, которые автор называет контурными. Однако на этих графиках отсутствует оцифровка изолиний, необходимая для количественной оценки модовых характеристик.

- Применение двумерного уравнения электростимулированного ионного обмена к расчету трехмерных растровых линз (раздел 4.3) нуждается в обосновании.

- В главе 4, посвященной преимущественно прикладным разработкам, описана единая платформа интегрально-оптических элементов (интерферометров, поляриметров, дифракционных решеток, и т.д.) как основа для построения биосенсорных устройств с использованием эффекта затухающего поля, различных схемотехнических принципов и волноводных топологий. Однако информации о внедрении данных, несомненно полезных разработок в профильные биологические исследовательские и промышленные организации нет. Представляется целесообразным продолжить работу в кооперации с названными организациями. Последнее замечание следует расценивать скорее как пожелание к дальнейшему развитию исследований.

8. Представленная диссертация и известные публикации автора позволяют заключить, что научная квалификация Векшина М.М. в полной мере соответствует ученой степени доктора физико-математических наук. Автор заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук за существенный вклад в разработку принципов и методов построения пассивных оптических волноводных поляризаторов, пространственных разделителей и преобразователей поляризации излучения, в технологию формирования волноводных компонентов в стеклах электростимулированным ионным обменом, в развитие элементной базы функциональных устройств микрооптики, поскольку в своей совокупности названные результаты являются крупным достижением в деле развития современной оптики.

9. Считаю, что диссертационная работа Векшина Михаила Михайловича «Исследование и моделирование поляризационных волноводных элементов микро- и нанопластики» удовлетворяет критериям, предъявляемым к докторским диссертациям «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в редакции от 01.10. 2018 г.) (пп. 9 - 14), а ее автор, Векшин Михаил Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 - Оптика.

Официальный оппонент,
профессор кафедры общей физики
Могилевского государственного
университета имени А. А. Кулешова,
доктор физико-математических наук

Сотский Александр Борисович

Контактная информация:

Сотский Александр Борисович

Полное наименование организации – места работы: Учреждение образования «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова»

Адрес: 212022 Беларусь, г. Могилев, ул. Космонавтов, 1

Телефон: +375222283969

Сайт: fme.msu.by

E-mail: ab_sotsky@mail.ru

