

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Буримова Николая Ивановича

«Динамические голограммы, упругие поля и акустические волны в фоторефрактивных пьезокристаллах»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика

Диссертационная работа **Буримова Николая Ивановича** посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию упругих и электрических полей, создаваемых акустическими волнами и световыми пучками в фоторефрактивных пьезокристаллах.

Актуальность избранной темы

Физические явления в фоточувствительных пьезоэлектрических кристаллах отличаются большим разнообразием и здесь возможно существование как акустических волн, сопровождающихся квазистатическими электрическими полями, так и электростатических полей фоторефрактивных голограмм, индуцирующих статические упругие поля. Данные явления обладают высоким потенциалом для практического использования, которое невозможно без глубокого и системного исследования в приложении к наиболее перспективным типам фоторефрактивных кристаллов. Данная тематика в существенной мере обсуждается в научной литературе, но из-за сложности и многообразия изучаемых явлений, к дате начала данной работы оставались серьезные вопросы, требующие своего разрешения. С этим связана актуальность данной работы, направленной на развитие общего подхода к анализу акустических волн и динамических голограмм в фоторефрактивных пьезокристаллах, на детальное исследование наблюдаемых в них эффектов, в которых проявляется связь электрических и упругих полей, а также приложений данных эффектов для решения задач акустоэлектроники, фоторефрактивной нелинейной оптики, динамической голографии и адаптивной голографической интерферометрии.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируется на адекватном использовании предшествующих результатов, большом объеме корректных экспериментальных исследований, всестороннем теоретическом анализе и грамотном применении методов численного моделирования, в том числе с использованием как скалярных, так и векторных моделей, а также путем описания закономерностей формирования отражательных динамических голограмм при наличии сложной структуры дефектных центров в условиях внешней некогерентной подсветки и температурного дрейфа.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Новизна полученных результатов в достаточной мере обсуждается в диссертации. Однако, если кратко ее сформулировать, то она заключается в более

детальном и тщательном описании изучаемых в работе явлений. В зависимости от задачи это выражается в привлечении к ее описанию не очевидных, но важных механизмов взаимодействия, которые повышают точность анализа или приводят к качественно новому поведению характеристик взаимодействия, например, дифракции и рассеянию света в приграничной области в волны с поляризацией, ортогональной к исходной (как в третьем защищаемом положении). Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций следует как из упомянутого выше более точного анализа описываемых явлений, так и из серии подтверждающих экспериментальных результатов, полученных как автором, так и другими исследователями.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Полученные результаты по разработке теоретической модели для описания двумерной структуры электрических и упругих полей, создаваемых фоторефрактивными голограммами в приграничной области полугораничных кристаллов титаната бария, ниобата калия, силиката и титаната висмута, танталата и ниобата лития, полученные для различных механизмов разделения заряда, при диэлектрическом и проводящем характере механически свободной границы имеют большое методологическое и практическое значение.

Количественное описание и оптимизация параметров торцевого преобразователя важна для выполнения работ по экспериментальному изучению широкополосного акустооптического взаимодействия в волноводных пьезоэлектрических структурах, особенно в тех случаях, когда альтернативная технология возбуждения поверхностной акустической волны (ПАВ) встречно штыревыми преобразователями (ВШП) трудно применима или не целесообразна.

Результаты работы легли в основу создания ряда функциональных элементов акустоэлектроники и акустооптики, которые на момент их разработки обладали рядом конкурентных параметров, например, технологичность и полоса частот, по сравнению с известными аналогами на ПАВ или объемных волнах.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты по торцевым и квазипланарным пьезопреобразователям могут быть использованы при экспериментальном исследовании акустооптических свойств новых пьезоэлектрических кристаллов в широкой полосе частот. Результаты расчетов и экспериментальных исследований встречного двухволнового взаимодействия света на динамических отражательных голограммах Ю.Н. Денисюка, формируемых в кубических фоторефрактивных пьезокристаллах за счет диффузионного механизма переноса заряда, могут использоваться для построения адаптивных голографических корреляторов и интерферометров.

Общая оценка диссертации.

В диссертации последовательно излагаются все основные результаты, что позволяет в достаточно полной мере обосновать ее выводы и основные положения, выносимые на защиту. В целом, работа является законченным научно-исследовательским трудом, достойным претендовать на получение докторской степени по физико-математическим наукам.

Работа над диссертацией продолжалась в течение почти сорока лет и в нее включены наиболее значительные результаты, полученные за эти годы, и которые выполнялись в русле ее основной концепции. Диссертация хорошо организована и написана понятным научным языком, хотя и не лишена некоторых недостатков, которые, однако, не влияют на общую положительную оценку ее содержания. В частности, при анализе результатов главы 2, автор делает слишком оптимистическую оценку возможности применения торцевых преобразователей для создания акустоэлектронных компонентов, в частности линий задержки и фильтров фазоманипулированных сигналов. Хотя автором и продемонстрированы удачные макеты данных устройств, однако, развитие ПАВ технологии пошло другим путем, и устройства данного типа, в основном, производятся на основе ВШП.

Часть важных результатов получены с использованием флексоэлектрического эффекта, который заключается в возникновении электрического поля внутри материала под воздействием градиента деформации. Известно, он был открыт сравнительно недавно (американским физиком Р. Мейером в 1969 году), поэтому было бы полезно в диссертации дать ему описание и сравнение с его ближайшим "родственником" пьезоэлектрическим эффектом, который возникает в результате механической деформации. В работе также активно используется коэффициент двухпучкового усиления, однако, отсутствует его определение, что затрудняет восприятие материала. На стр. 96 показывается, что фоторефрактивный кристалл титаната бария может обладать свойствами положительной или отрицательной градиентной линзы в зависимости от направления распространения светового пучка со спекловой структурой вдоль оптической оси или в противоположном направлении, соответственно. Очевидно, что данный эффект также зависит от уровня мощности волны, но этот фактор был опущен при рассмотрении данного эффекта.

Таблицу 2.3 целесообразно дополнить данными по аналогичным устройствам на основе других технологий, например, с использованием ВШП. Это особенно важно, для более критической оценки возможности применения технологии торцевых преобразователей (как обсуждалось выше). Текст диссертации написан очень грамотно и с небольшим количеством опечаток, однако, в таблице 2.1 пропущена точка в данных для GaAs, а на стр. 219 имеется лишний союз «и» (10 строка снизу).

Заключение

Замеченные недостатки не влияют на общее положительное впечатление от диссертационной работы Н.И. Буримова. Диссертация является законченной научной работой, в которой на основании выполненных автором исследований определены характеристики упругих и электрических полей, создаваемых акустическими волнами и световыми пучками в фоторефрактивных пьезокристаллах. При этом автором выполнены детальные теоретические, а также экспериментальные исследования характерных для фоторефрактивных сред эффектов, при которых проявляется связь электромагнитных, электрических и упругих полей. Результаты исследования имеют важное прикладное значение для решения задач акустоэлектроники, динамической голографии и адаптивной

голографической интерферометрии. Основные результаты диссертации опубликованы в 21 статье в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, 2 патентах, монографии и широко обсуждались на различных конференциях по тематике диссертации, в том числе, 11 зарубежных.

Таким образом, диссертация Н.И. Буримова является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, расширяющее наши представления о природе и механизмах распространения оптических волн в фоторефрактивных пьезокристаллах, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Официальный оппонент

ведущий научный сотрудник лаборатории оптических материалов и структур Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, доктор физико-математических наук (01.04.07 – Физика конденсированного состояния), старший научный сотрудник по специальности «Физика конденсированного состояния»



Царев Андрей Владимирович
тел.: +7 (383) 330 65 78,
e-mail: tsarev@isp.nsc.ru

24 ноября 2016 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13, тел.: +7(383) 330-90-55, e-mail: ifp@isp.nsc.ru, <http://www.isp.nsc.ru>)

Подпись ведущего научного сотрудника,
доктора физико-математических наук
Андрея Владимировича Царева подтверждаю:

Ученый секретарь ИФП СО РАН
кандидат физико-математических наук




С.А. Аржанникова