

ОТЗЫВ

на диссертацию Новицкого Дениса Викторовича
**«Динамика взаимодействия света с резонансными средами и активными
многослойными структурами»,**
представленной на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Диссертационная работа Д.В. Новицкого посвящена исследованию динамики когерентного взаимодействия импульсного и квази-непрерывного излучения с объектами современной оптики и фотоники – резонансными двухуровневыми средами, нелинейными фотонными кристаллами, разупорядоченными многослойными структурами, усиливающими оптическими средами. Полученные результаты описывают особенности преобразования когерентных импульсов широкого диапазона интенсивностей и длительностей такими объектами. Одной из существенных особенностей диссертации является привлечение новых методов неэрмитовой фотоники для анализа преобразований света мезоскопическими структурами и метаматериалами. Исследуемые оптические преобразования относятся к нелинейно-оптическим преобразованиям, а включение в рассмотрение усиливающих оптических сред делает данную работу важной и для оптики лазерных сред.

Таким образом, рассматриваемая диссертация соответствует пунктам 3 (оптика мезоскопических структур и метаматериалов, нанофотоника) и 4 (Нелинейная оптика. Оптика лазерных сред. Нелинейная динамика оптических систем) раздела III паспорта специальности 01.04.05 – оптика, отрасли «физико-математические науки».

2. Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертации определяется прежде всего широким вовлечением в круг современных исследований особым образом структурированных материалов, обладающих оптическими особенностями. Известный примером – фотонные кристаллы. Своеобразие преобразования света такими структурами расширяется при использовании в них усиливающих, нелинейных и перестраиваемых материалов. С практической точки зрения рассматриваемые фотонные структуры привлекают внимание как основа для новых типов лазеров и усилителей, высокочувствительных сенсоров, оптических переключателей, оптических диодов и других компонентов фотоники и оптоэлектроники.

Диссертационная работа Д.В. Новицкого выполнена в рамках заданий государственных программ научных исследований и проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, соответствующих приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных

исследований Республики Беларусь. Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь на 2016-2020 годы (п. 6 – Электроника и фотоника) и пункту «4. Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: микро-, опто- и СВЧ-электроника, фотоника, микросенсорика» приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы, согласно Указа Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 №156.

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Научная новизна диссертации заключается в получении ряда новых результатов в теории когерентных резонансных оптических явлений, перспективных для нелинейной оптики, нанофотоники, оптики наноструктур, физики лазеров. В частности, Д.В.Новицким впервые:

- детально исследованы закономерности взаимодействия встречно распространяющихся когерентных импульсов света в резонансно поглощающих средах и предсказаны эффекты управляемого поглощения и асимметричного пропускания таких импульсов;
- предсказано влияние релаксации нелинейности на динамику распространения и локализации одиночного и нескольких сверхкоротких импульсов света в одномерных фотонных кристаллах, в том числе при наличии случайных вариаций параметров структуры;
- предложена концепция разупорядоченной резонансной среды, свойства которой меняются случайным образом в направлении распространения излучения и в которой может наблюдаться явление андерсоновской локализации импульсов самоиндуцированной прозрачности;
- обоснована модель неэрмитовых структур на основе резонансно поглощающих и усиливающих сред, которая позволила установить новые свойства *PT*-симметричных слоистых структур, связанные с существованием в их спектрах исключительных точек;
- разработана теоретическая модель РОС-лазера на поляризационных решётках, позволяющая описывать динамику и энергетику генерации таких лазеров.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации Д.В.Новицкого, основаны на использовании хорошо апробированных методов численного расчета уравнений Максвелла-Блоха для разнообразных конфигураций сред и полей.

Основные результаты диссертации достаточно полно опубликованы, а

выводы отвечают современному состоянию методов расчета рассматриваемых оптических процессов.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации

Научная значимость результатов диссертации заключается в рассмотрении широкого круга новых когерентных резонансных оптических явлений, перспективных для нелинейной оптики, нанофотоники, оптики наноструктур, физики лазеров и установление ранее неизвестных закономерностей их проявления.

Практическая значимость работы заключается в применимости разработанных методов расчета когерентных резонансных оптических процессов для исследования свойств новых структурированных материалов, разработки компонент активной нанофотоники для генерации, управления и преобразования оптических сигналов, оптимизации параметров разнообразных устройств на их основе.

Социальная значимость диссертации состоит в возможности её использования в образовательном процессе в университетах Беларуси и России, например, БГУ, Гомельском государственном университете имени Ф.Скорины, Университете ИТМО, Санкт-Петербургском государственном университете, Московском физико-техническом институте.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертации опубликованы в 55 научных работах, в числе которых: 1 глава в коллективной монографии, 31 статья в рецензируемых научных журналах в соответствии с п. 19 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь, 20 статей в сборниках материалов научных конференций и 3 публикации в сборниках тезисов научных конференций. Общий объём опубликованных материалов составляет 32,5 авторских листа.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация Д.В.Новицкого состоит из оглавления, введения, общей характеристики работы, пяти оригинальных глав с результатами исследований, заключения, списка использованных источников (569 наименований), списка работ автора (55 наименования) и двух приложений. Общая характеристика работы содержит описание связи работы с крупными научными программами, цели и задачи исследования, научную новизну полученных результатов, защищаемые положения, информацию об апробации диссертации и использовании ее результатов. Оформление диссертации (разбиение по главам, представление рисунков и таблиц, список использованных источников и собственных работ автора) выполнено в соответствии с требованиями ВАК. Результаты диссертации представлены последовательно, логично и написаны понятным научным языком. Полный объем диссертации составляет 332 страницы. Диссертация содержит 147 рисунков, занимающих в совокупности

78 страниц. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

8. Замечания по диссертации

Одной из характеристик когерентного преобразования в резонансных средах двухуровневых систем, описываемых уравнениями Максвелла-Блоха, является поляризация среды. Ее изменение определяет фазовые характеристики как среды, так и поля, которые в ряде случаев являются принципиальными. В работе они очевидным образом рассчитывались, однако при анализе динамики процессов приводятся данные расчетов только интенсивностей полей и инверсной населенностей. Было бы закономерным проводить анализ и фазовых характеристик.

Большинство рассмотренных задач описывают динамику так называемых открытых систем, подразумевающих обмен возмущениями с окружением. Для таких систем принципиально наличие флуктуаций, прежде всего квантовых флуктуаций поляризации среды, которые могут приводить к возникновению солитонных импульсов при нелинейно-оптических преобразованиях (см., например, S.Ya.Kilin, Phys.Rev.A **47**, P.4313-4321 (1993)). В связи с этим, должна быть определена область применимости результатов, полученных из используемых уравнений Максвелла-Блоха, основанных на усредненных значениях амплитуд полей, населённости и поляризации среды.

Следующее замечание касается исторического описания развития оптики фотонных кристаллов. Приведенный на стр.10 список белорусских ученых, исследовавших «различные аспекты физики фотонных кристаллов», и краткое историческое введение в оптику фотонных кристаллов на стр.92 требуют уточнения. Одними из первых работ в мире и первыми работами, выполненными белорусскими учеными в этой области были работы S.Kilin and D. Mogilevtsev, Laser Phys. **2**, 153 (1992) и Килин С.Я., Могилевцев Д.С., Опт. Спектр., **74**, вып.5, С.974-979 (1993). В первой работе безотносительно к природе возникновения провала в спектре плотности фотонных состояний было показано возникновение связанного коллективного незатухающего состояния. Во второй работе приведен пример физической системы, где может быть реализовано такое распределение плотности фотонных состояний: трехмерные периодические диэлектрические системы – фотонные кристаллы, которые незадолго до наших работ в 1987 году были предложены Э.Яблоновичем и С.Джоном.

Следует отметить, что приведенные выше замечания не затрагивают основных положений и выводов, содержащихся в диссертации, не снижают научной и практической значимости полученных результатов и не влияют на общую высокую положительную оценку диссертации.

9. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Общее изложение диссертационной работы показывает, что автор смог

провести тщательное рассмотрение современного состояния когерентной резонансной оптики, выбрать актуальные пути ее дальнейшего развития путем концентрации на исследовании динамики когерентных преобразований новыми оптическими материалами, перспективными для нелинейной оптики, нанофотоники, оптики наноструктур, физики лазеров. Получение и обоснование автором большого числа новых когерентных резонансных оптических явлений позволяет утверждать о научной новизне и практической эффективности разработанных и используемых для анализа численных методов расчёта. Высокий научный уровень обсуждения результатов, апробация работ на многочисленных международных конференциях и публикация 31 статьи (в большинстве из которых Д.В.Новицкий единственный автор) в рецензируемых научных журналах также свидетельствуют о соответствии научной квалификации соискателя ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

10. Выводы

По совокупности разработанных методов и изложенных в работе результатов можно сделать вывод, что диссертация Новицкого Д.В. соответствует всем требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук и установленным главой 3 «Положения о присуждении ученой степени и присвоении ученых званий». Автор диссертации Новицкий Денис Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика за принципиально новые научно обоснованные результаты, совокупность которых является крупным достижением в теории когерентных резонансных оптических явлений, включая обоснование новых эффектов:

полного поглощения и невзаимного пропускания импульсов встречных солитонов самоиндуцированной прозрачности и встречных кинков;

самоиндуцированной локализации («самозахвата») фемтосекундного импульса света в одномерных фотонных кристаллах с инерционной кубической нелинейностью и захвата других импульсов в образовавшейся ловушке;

самоиндуцированной прозрачности, локализации и усиления фемтосекундных оптических импульсов в пассивных и активных случайных резонансных средах;

компенсации поглощения и резонансного усиления пропускания в активных металлodieлектрических структурах и асимметрично-направленной генерации излучения в *PT*-симметричных структурах;

спонтанного нарушения симметрии в *PT*-симметричных трёхслойных

материалах с близкой к нулю диэлектрической проницаемостью, приводящего к возбуждению высокочастотных локализованных мод (связанных состояний) в континууме, и явление полного когерентного поглощения (анти-лазерный эффект) при геометрической асимметрии таких трехслойных материалов;

а также разработку динамической модели лазера на красителях с распределённой обратной связью (РОС) на поляризационных решётках дихроизма усиления с учётом пространственного распределения возбуждённых молекул различных ориентаций.

Официальный оппонент
Заведующий Центром «Квантовая оптика и квантовая информатика»
Института физики имени Б.И.Степанова НАН Беларуси
доктор физико-математических наук, профессор,
академик НАН Беларуси

С.Я.Килин

Я, Килин Сергей Яковлевич, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте ИНСТИТУТА ФИЗИКИ НАН Беларуси в сети Интернет.

С.Я.Килин

01.04.2024