

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Научно-исследовательского
учреждения «Институт ядерных
проблем» Белорусского
государственного университета



С.А. Максименко

27 марта 2024 г.

ОТЗЫВ

оппонирующей организации по диссертационной работе

НОВИЦКОГО Дениса Викторовича

«Динамика взаимодействия света с резонансными средами и активными многослойными структурами», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Экспертиза диссертации проводилась в соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий», утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 17.11.2004 № 560 (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 02.06.2022 № 190), и «Положения о совете по защите диссертаций», утвержденного постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22.02.2005 № 19 (в ред. постановлений ВАК от 07.03.2007 № 2, от 21.08.2007 № 5, от 08.06.2009 № 1, от 15.06.2015 № 1, от 19.08.2022 № 2).

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Диссертационная работа Дениса Викторовича Новицкого посвящена установлению закономерностей взаимодействия импульсного и квазинепрерывного излучения с резонансными средами и многослойными фотонными структурами, содержащими нелинейные, поглощающие и усиливающие материалы. Область исследований и результаты диссертационной работы соответствуют отрасли наук «физико-математические науки». Задачи, содержание, полученные результаты соответствуют пунктам 3 (оптика мезоскопических структур и метаматериалов, нанофотоника) и 4 (нелинейная оптика, оптика лазерных сред) раздела III паспорта специальности «01.04.05 – оптика» и удовлетворяют требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

2. Научный вклад соискателя в разработку научной проблемы с оценкой его значимости

Одной из наиболее актуальных проблем современной оптики является проектирование и создание компактных и перестраиваемых систем для генерации и управления характеристиками электромагнитного излучения. Это делает необходимым выяснение особенностей нелинейно-оптических процессов и механизмов взаимодействия света со структурированными системами, содержащими нелинейные и активные (лазерные) среды, построение теоретических моделей для объяснения оптических свойств таких систем. При этом динамические аспекты такого взаимодействия остаются недостаточно изученными в силу технической сложности этой задачи для теоретического решения и численного анализа. Диссертационная работа Д.В. Новицкого посвящена теоретическому исследованию динамики взаимодействия электромагнитного излучения с важнейшими объектами нелинейной оптики (резонансные двухуровневые среды, нелинейные фотонные кристаллы) и активной фотоники (многослойные металлодиэлектрические и РТ-симметричные структуры, содержащие усиливающие материалы, лазеры на красителях с распределённой обратной связью (РОС-лазеры)). Соискателю удалось установить ряд важных закономерностей взаимодействия импульсного и квазинепрерывного излучения с такими системами, влияния случайных вариаций параметров систем на их оптические свойства, а также предсказать ряд новых эффектов, которые могут использоваться для управления характеристиками оптического излучения. Таким образом, работа вносит существенный вклад в развитие нелинейной оптики и нанофотоники структурированных систем.

3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Основные результаты диссертации Д.В. Новицкого, за которые может быть присуждена учёная степень доктора физико-математических наук, а также положения, выносимые на защиту, являются новыми и оригинальными. Наиболее важные из них следующие:

1. С помощью численного решения уравнений Максвелла-Блоха проанализированы закономерности взаимодействия попутных и встречных импульсов самоиндуцированной прозрачности в резонансной двухуровневой среде и показано, что неупругое взаимодействие встречных импульсов можно использовать для управляемого поглощения и асимметричного пропускания сверхкоротких импульсов.

2. Дано объяснение эффекту самозахвата сверхкороткого импульса света в нелинейном одномерном фотонном кристалле с инерционной кубической нелинейностью как следствие формирования фотоиндуцированной «ловушки», а динамика выхода излучения из «ловушки» и взаимодействия импульсов с ней позволяют объяснить трансформации спектрального состава и взаимное распространение излучения через структуру.

3. Выявлены условия режима локализации при распространении сверхкоротких импульсов света в разупорядоченных слоистых структурах – нелинейных фотонных кристаллах со случайными вариациями толщины слоев и резонансными средами с переменной концентрацией или начальной разностью населенностей двухуровневых центров.

4. Построена теоретическая модель взаимодействия излучения с многослойными РТ-симметричными структурами, содержащими резонансно поглощающие и усиливающие среды. Модель позволяет описать нелинейную динамику распространения света через такие структуры с учетом явления насыщения и эффектов неустойчивости выше порога квазигенерации, в том числе предсказать асимметричную направленную генерацию импульсов излучения и оптимальные условия режима лазера-поглотителя.

5. Разработана минимальная теоретическая модель лазера на красителях с распределенной обратной связью (РОС), в котором генерация основана на возбуждении поляризационной решетки ортогонально поляризованными пучками накачки. Модель позволяет описать динамику генерации пикосекундных импульсов излучения таким РОС-лазером в хорошем качественном согласии с экспериментальными данными.

Практическое значение этих результатов заключается в развитии методов расчёта и анализа взаимодействия оптического излучения с резонансными средами и многослойными структурами, которые могут использоваться для проектирования новых структурированных материалов (метаматериалов), нелинейно-оптических устройств, компактных лазерных систем, а также в предсказании и объяснении ряда эффектов, перспективных для управления откликом систем нелинейной и активной фотоники.

4. Замечания по работе

Разработка оптических аналогов диода и ячеек памяти, работающих в режиме глубоко нелинейного взаимодействия излучения с резонансной средой, подразумевает их дальнейшее использование в составе компактных быстродействующих многоэлементных цепей и измерительных устройств, что ставит вопросы потребления и диссипации энергии, решение которых, в свою очередь, делает необходимым выход за рамки одномерных моделей и

рассмотрение характеристик полей и среды в плоскости, нормальной к направлению распространения излучения.

В диссертации отсутствует опора на качественные модели и оценки, которые могли бы позволить получить лучшее представление о рассматриваемых явлениях и области их проявления, чем это позволяет рассмотрение всегда неизбежно ограниченного количества частных численных примеров.

В течение всего пятнадцатилетнего периода регулярного получения и опубликования новых достаточно глубоких теоретических результатов диссертанту не следовало бы откладывать поиск возможностей их реалистичной адаптации для экспериментальной проверки и практической реализации.

Также диссертанту желательно было приложить больше усилий для налаживания научного сотрудничества по тематике диссертации как с коллегами по институту, так и с ведущими мировыми научными центрами.

Сделанные замечания не затрагивают сути и высокого качества работы и не влияют на её положительную оценку в целом.

5. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует

Анализ содержания диссертации Д.В. Новицкого позволяет сделать вывод, что соискатель обладает глубокими знаниями в области нелинейной оптики резонансных сред и фотонных кристаллов, нанофотоники активных регулярных и разупорядоченных структур. Все основные результаты, определяющие научную и практическую значимость работы, включая проведение численных расчетов и интерпретацию полученных теоретических данных, выполнены автором лично. Результаты диссертационного исследования представлялись на ведущих научных конференциях и опубликованы в авторитетных международных научных журналах, среди которых «Physical Review», «Optics Letters», «ACS Photonics», «Journal of Optics» и др. С учётом высокого научного уровня публикаций можно заключить, что ***научная квалификация Д.В. Новицкого соответствует искомой учёной степени доктора физико-математических наук.***

Диссертационная работа Новицкого Дениса Викторовича является завершённым самостоятельным квалификационным исследованием, соответствует требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук (Глава 3 «Положения о присуждении учёных степеней и присвоении

учёных званий»), и *заслуживает* присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика за:

- установление закономерностей неупругих столкновений встречных солитонов самоиндуцированной прозрачности в резонансных двухуровневых средах, в том числе предсказание эффектов управляемого поглощения и асимметричного пропускания сверхкоротких импульсов света, составляющих физическую основу разработки оптических поглотителей, диодов и других нелинейно-оптических элементов;
- определение условий наблюдения в одномерных фотонных кристаллах с инерционной кубической нелинейностью самозахвата одиночного сверхкороткого импульса света и обусловленной взаимодействием между импульсами индуцированной локализации излучения, открывающих новые возможности динамического управления характеристиками оптического излучения;
- выдвижение концепции разупорядоченной резонансной среды и определение режимов распространения через неё сверхкоротких импульсов света, позволяющих изменять уровень пропускания и скорость распространения оптических сигналов в зависимости от степени разупорядоченности среды;
- развитие теории активных многослойных структур, включающее обоснование возможности компенсации потерь в металлодиэлектрических слоистых метаматериалах, выяснение физического смысла исключительных точек в РТ-симметричных структурах и предсказание нового механизма управления добротностью квазисвязанных состояний в континууме в РТ-симметричных трехслойных структурах, содержащих материалы с близкой к нулю диэлектрической проницаемостью, расширяющей возможности проектирования лазерных систем с асимметричной генерацией, а также оптических структур с резонансами регулируемой добротности;
- разработку прошедшей экспериментальную проверку теоретической модели генерации РОС-лазеров на поляризационных решетках, возбуждаемых ортогонально поляризованными пучками накачки, расширяющей возможности разработки новых систем генерации пикосекундных импульсов поляризованного излучения.

Заключение

Диссертационная работа «Динамика взаимодействия света с резонансными средами и активными многослойными структурами» является завершённым самостоятельно выполненным квалификационным

исследованием, соответствующим всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, содержащем новые научно-обоснованные результаты, вносящие крупный вклад в развитие нелинейной оптики и нанофотоники структурированных систем, а также имеющие важное прикладное значение для создания компактных и перестраиваемых систем для управления характеристиками и генерации электромагнитного излучения.

Автор диссертации Новицкий Денис Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика за полученные новые научно-обоснованные результаты.

Проект отзыва составлен экспертом – доктором физико-математических наук, профессором Тихомировым Виктором Васильевичем.

Отзыв принят после заслушивания и обсуждения доклада соискателя на расширенном заседании Ученого совета НИИ ЯП БГУ, проведенного в соответствии с приказом Директора от 21.03.2024 №6/Д, и утвержден открытым голосованием (присутствовал 21 из 27 членов Ученого совета, в том числе 9 докторов и 8 кандидатов наук). 22 члена Ученого совета имеют ученую степень.

Протокол заседания Ученого Совета НИИ ЯП БГУ № 03 от 26 марта 2024 г.

Результаты голосования:

За	– 17,
Против	– 0,
Воздержались	– 0.

Заместитель председателя
Ученого совета НИИ ЯП БГУ
доктор физ.-мат. наук

А.С. Лобко

Эксперт оппонировающей организации
доктор физ.-мат. наук

В.В. Тихомиров

Секретарь Ученого совета НИИ ЯП БГУ
кандидат физ.-мат. наук

В.П. Кутавичюс