

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Пешко Ильи Александровича

«Квантовые антенны для сканирования в дальнем поле»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.04.02 –
«теоретическая физика»

1. Соответствие темы диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа посвящена теоретическому исследованию особенностей динамики открытых квантовых систем, представляющих собой цепочки связанных бозонных мод и двухуровневых диполей в присутствии потерь, а также теоретическому анализу и обоснованию преимуществ таких систем в качестве квантовых антенн.

Тема диссертационной работы «Квантовые антенны для сканирования в дальнем поле» соответствует специальности 01.04.02 – «теоретическая физика» и области физико-математических наук по методам исследования, полученным результатам и выносимым на защиту положениям.

2. Актуальность темы диссертации

Тема диссертационной работы Пешко И.А. является актуальной, поскольку касается проблем современной квантовой оптики и неэрмитовой фотоники. Исследуются вопросы теоретического обоснования функционирования важных для квантовых технологий приборов: в частности, квантовых антенн для схем сканирования, одномодовых оптических изоляторов, оптических делителей и разветвителей. Разработанная методология может быть использована для исследования неэрмитовой фотоники на основе пассивных волноводных сетей.

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

В диссертации получен ряд новых результатов, перечислим основные из них:

выполнен анализ процесса распространения возбуждений в цепочках типа Руднер-Левитова; выделены режимы переноса и смешивания в этих цепочках;

установлен эффект нарушения взаимности распространения света в бозонных цепочках за счёт нелинейных потерь, а также за счёт дефазировки;

показана возможность создания радарных схем на основе квантовых антенн, состоящих из двух связанных диполей и излучающих коррелированное в пространстве и во времени поле;

дано теоретическое обоснование преимущества использования квантовых антенн перед классическими аналогами для задач разрешения микроструктуры объектов при сканировании в дальнем поле;

установлен эффект подавления излучения в определённых направлениях для квантовой антенны, состоящей из цепочки двухуровневых систем, которая находится в состоянии Дике.

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

Полученные в работе выводы представляются достоверными, поскольку получены с использованием известных и надёжных методов исследования открытых квантовых систем и неэрмитовой фотоники.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации, рекомендации по их использованию

Результаты диссертации имеют высокую значимость с фундаментально-методической и практической точек зрения. Результаты по смешиванию в цепочках связанных бозонных мод дают рецепты для оптимизации параметров системы накачки для квантовых антенн. Результаты по нарушению взаимности могут быть использованы для создания основанных на этом различных устройств, например, оптических изоляторов. Результаты по преодолению «рэлеевской расходимости» могут быть использованы для достижения сверхразрешения в реальных схемах сканирования в дальнем поле.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Опубликованность результатов диссертационной работы удовлетворяет требованиям ВАК Республики Беларусь. Результаты исследований опубликованы в 6-ти статьях в научных журналах и 10-ти статьях (докладах) в материалах конференций.

Основными публикациями являются:

1. Пешко, И.А. Уход от «рэлеевской катастрофы» при использовании асимметричных антенн // Журнал прикладной спектроскопии. – 2020. – № 87. – С. 407–412.

2. Пешко, И.А. Запрещенные углы излучения квантовых антенн // Журнал прикладной спектроскопии. – 2021. – № 88. – С. 682–688.

3. Quantum noise radar: superresolution with quantum antennas by accessing spatiotemporal correlations / I. Peshko, D. Mogilevtsev, I. Karuseichyk, A. Mikhalychev, A. P. Nizovtsev, G. Ya. Slepyan, A. Boag // Opt. Express. – 2019. – Vol. 20, №27. – P. 29217–29231.

4. Peshko, I. Breaking reciprocity by designed loss / I. Peshko, D. Pustakhod, D. Mogilevtsev // J. Opt. Soc. Am. B. – 2022. – Vol. 7, № 39. – P. 1926–1935.

5. Peshko, I. Anomalous transport in periodic photonic chains with designed loss / I. Peshko, G. Ya. Slepyan, D. Mogilevtsev // Phys. Rev. B. – 2023. – Vol. 107, № 5. – Paper 054308.

6. Optimizing mixing in the Rudner-Levitov lattice / I. Peshko, M. Antsukh, D. Novitsky, D. Mogilevtsev // J. Opt. Soc. Am. B. – 2021. – Vol. 40, №. 10. – P. 2566–2575.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям, установленным ВАК.

Диссертационная работа состоит из оглавления, перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, трёх глав, заключения и библиографического списка. Он включает в себя список использованных источников (91 наименование) и список публикаций соискателя (16 наименований).

Автореферат отражает содержание работы, ее структуру, выносимые на защиту положения и выводы. Диссертация написана ясным научным языком, хорошо оформлена.

8. Недостатки диссертации

Несмотря на общий высокий уровень работы, она не лишена некоторых недостатков:

1. Название могло бы быть более информативным. Первые два слова в названии «Антенны для ...» – это стилистически не самое удачное сочетание слов.

2. Не очень понятно какие реальные физические системы стоят за терминами «бозонные моды и двухуровневые диполи». Также не очень понятно посредством каких физических систем или процессов реализуются сознательно планируемые потери, и как они откликаются на распространение электромагнитного поля в противоположных направлениях.

3. Неэрмитовость гамильтонианов задается точно, но не очень понятно насколько эта точная заданность адекватна реально используем физическим процессам, обеспечивающими потери.

4. Не очень понятен принцип локализации узлов с потерями, и насколько он предопределен или ограничен, что является гарантией оптимальности использованного варианта потерь. Хотя общая идея понятна: должна быть периодичность в расположении множества излучателей, чтобы получать структурированную дифракционную картину.

5. Фактически в диссертации никак не детализируется и не объясняется как проводился численный анализ, в результате которого строится достаточно много графиков – без них из формул для гамильтонианов не было бы видно ничего. Приходится только верить «черному ящику» скрытого численного анализа. Следовало бы включить в диссертацию соответствующие приложения.

7. В материалах, подтверждающих участие в конференциях, выходные данные (указанные страницы) есть только в двух случаях; в остальных 8-ми есть только названия докладов, авторы, названия и время проведения конференций.

Указанные недостатки ни в коей мере не ставят под сомнение ценность работы, её выводы и выносимые на защиту положения.

9. Заключение

Диссертация Пешко Ильи Александровича является завершенной самостоятельно выполненной квалификационной работой, отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с п. 20 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь». Считаю, что работа заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «теоретическая физика» – за следующие научно обоснованные результаты:

1. теоретическое описание связи между параметрами цепочки связанных бозонных мод, где каждая вторая мода обладает потерями, и временем смешивания, а также доказательство существования быстрого логарифмического режима смешивания в таких цепочках;

2. нарушения принципа взаимности распространения света в системе связанных бозонных мод с нелинейными потерями, и обоснование возможности создания одномодового оптического изолятора на этой основе;

3. доказательство возможности достижения сверхразрешения при сканировании в дальнем поле с использованием квантовой антенны, состоящей из двух связанных диполей, и измерении пространственно-временных корреляций излучения такой антенны,

что в совокупности является существенным вкладом в развитие теории квантовых антенн, неэрмитовой фотоники и методов достижения сверхразрешения при сканировании в дальней зоне.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник
центра «Фундаментальные
взаимодействия и астрофизика»
ИНСТИТУТА ФИЗИКИ НАН Беларуси



Редьков В. М.

