

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Тарковского Викентия Викентьевича «Генерационные характеристики лазерных сред на красителях в растворах и твердотельных матрицах при микро- и наносекундном возбуждении», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки.

Диссертация Тарковского В.В. посвящена исследованию генерационных процессов в излучателях с активными средами на основе сложных органических соединений/красителей. В работе выяснены основополагающие процессы в возбужденных молекулах, установлена взаимосвязь молекулярной структуры красителя и его излучательных свойств. Предложен ряд новых активных сред и созданы перспективные для практического использования образцы лазерных источников. Поэтому содержание диссертации полностью **соответствует пункту 2. Физика активных сред (атомных и молекулярных газов, кристаллов и стекол, полупроводников, жидких и полимерных материалов и др.), используемых для усиления и генерации оптического излучения и пункту 9. Лазеры на основе органических красителей паспорта специальности 01.04.21 - Лазерная физика.**

2. Актуальность темы диссертации.

Начиная с середины 60-х годов, выполнено большое число теоретических, экспериментальных и прикладных исследований по лазерной генерации сложных органических соединений, что позволило излучателям на таких средах занять достойное место в современных системах спектроскопии высокого разрешения, косметологии, медицине. Вместе с тем, результаты практического использования лазеров на красителях однозначно указывают на необходимость их дальнейшего совершенствования. Поэтому тема диссертации Тарковского В.В., посвященная изучению роли молекулярных структурных факторов в фотофизических процессах во вновь синтезированных красителях кумаринового класса и созданию на их основе лазерных сред в виде растворов или твердотельных матриц с высоким к.п.д., большим ресурсом работы и расширенным спектральным диапазоном является актуальной, имеет научную и практическую значимость.

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

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и Приложения А (копии документов, подтверждающих практическое использование результатов диссертации).

В первой главе представлены литературный обзор по заявленной теме и описание экспериментальных методик. Резюмируется перспективность исследований активных сред на красителях, в особенности, кумаринового класса, расширяющих сферу применения перестраиваемых лазерных источников.

Вторая глава посвящена анализу результатов исследования активных сред на красителях в растворах. Приведены спектрально-люминесцентные и лазерные характеристики новых кумаринов при ламповой и когерентной накачке различного спектрального состава. Установлена взаимосвязь молекулярных параметров кумариновых сред с квантовым выходом флуоресценции. **Впервые** получена генерация с использованием семи новых соединений в спектральном диапазоне 483-525 нм, который активно осваивается производителями медицинского оборудования. Представлены оригинальные квантово-химические расчеты излучательных характеристик молекул новых красителей – производных кумарина и бензопирилия в основном и возбужденном состояниях. **Впервые** установлено, что на их спектрально-люминесцентные и генерационные характеристики основное влияние оказывают свойства заместителей в 6-ом и 7-мом положениях кумаринового кольца и ионная структура органического соединения, наибольший к.п.д генерации достигается для катионных красителей – перхлоратов, вязкие растворители (подраздел 2.6) повышают квантовый выход флуоресценции новых кумаринов в 10-20 раз.

Данные, полученные автором диссертации применительно к сложным органическим соединениям, внедренным в твердотельные матрицы, систематизированы в третьей главе. Обсуждаются, подраздел 3.1, излучательные характеристики пирометеновых и феналеминовых красителей в нанопористом стекло-полимере (НПС-П). Их морфология и структура поверхности изучена методом атомно-силовой микроскопии. Рассмотрены особенности расходимости генерируемого излучения лазера на основе НПС-П. Показано, что его более высокая расходимость (по сравнению с лазером на жидком красителе) объясняется интенсивным рассеянием излучения в гетерогенной среде.

В четвертой главе отражены особенности генерации сложных органических соединений при различных спектральных и временных

режимах возбуждения. Тарковским В.В **впервые** установлено, что при оптимальных плотностях энергии накачки когерентное возбуждение микросекундными и наносекундными импульсами обеспечивает сравнительные по величине значения к.п.д. Сделан вывод, что в условиях оптимальной накачки потери, связанные с поглощением молекулами в канале возбужденных триплетных уровней, менее значительны по сравнению с потерями в канале возбужденных синглетных уровней. **Впервые** показано, что новые кумариновые соединения обладают более высокой фотохимической стойкостью по сравнению с красителем родамин 6Ж. Обнаружено увеличение фотостабильности комплексов, включающих красители с β -циклодекстрином и добавки наночастиц серебра.

Пятая глава посвящена поиску перспективных областей практического использования предложенных новых активных сред. **Впервые** продемонстрирована возможность применения красителей в качестве эффективного трансформатора излучения возбуждения в лазерах с ламповой накачкой. Показана возможность, подраздел 5.2, использования кумариновых соединений для возбуждения генерации в титан-сапфировом лазере. Применение лазеров на новых активных средах в медицине при лечении сосудистых патологий и дроблении почечных камней обсуждается в подразделе 5.3.

Все основные результаты Тарковского В.В. являются новыми, научные положения диссертации представляют в обобщенном виде формулировку установленных закономерностей.

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

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций диссертационной работы Тарковского В.В. основывается на большом объеме экспериментальных данных, которые подтверждаются результатами теоретических (квантово-химических) расчетов.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов и основных положений диссертации определяется высоким общим уровнем результатов исследований, внедрением результатов НИР в учебный процесс кафедры медицинской и биологической физики УО «Гродненский государственный медицинский университет», в научных исследованиях и учебных физических лабораториях УО «Гродненский

государственный университет имени Янки Купалы», а также в ООО «ЗОВПЛАСТ».

6. Опубликованность результатов в научной печати.

Материалы выполненных исследований опубликованы в 32 рецензируемых научных изданиях, соответствующих п.19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в РБ, докладывались на республиканских и международных конференциях, подана заявка на изобретение РБ «Активная среда для лазера и способ ее получения» (согласно предварительной экспертизе, получен положительный результат).

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

В общей характеристике работы обозначены актуальность, цели и задачи исследования, научная и практическая значимость полученных результатов, защищаемые положения. Оформление диссертации (разбиение по главам, представление рисунков и таблиц, список использованных источников и собственных работ автора) выполнено в соответствии с требованиями ВАК. Основные научные результаты диссертации представлены понятным научным языком. Диссертация содержит 108 рисунков, 30 таблиц. Список используемых источников включает 294 ссылки, включая 73 публикации автора. Приложение размещены на 8 страницах. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации

8. Замечания и рекомендации по диссертации.

Замечание 1 по разделу «Перечень сокращений и обозначений»:

В разделе представлено неоправданно большое число редко упоминаемых в тексте диссертации общеизвестных терминов, например, НПФ, НПО, НИР, РАН, IBM, SPIE, max. В то же время, величины, необходимые, например, для анализа системы уравнений (4.1), разбросаны по тексту, что затрудняет чтение работы.

Замечание 2 по обоснованию темы диссертации, аналитическому обзору и методике эксперимента:

В аналитическом обзоре не уделено достаточно внимания источникам, в которых бы обсуждались генерационные характеристики (процессы в активных средах) при микро- и наносекундном возбуждении.

В разделах 1.2 –1.5 представлены схемы лазерных установок, с помощью которых проводились измерения, без необходимых пояснений самих методик и формул. Не определены такие параметры, как **эффективность** и **к.п.д.** Нет пояснения, что подразумевается под потерями, наведенными накачкой, как они измеряются.

Только в Выводах к Главе 1 (п.п. 6 и 7) упоминаются квантово-химические расчеты параметров красителей и анализ зависимости эффективности генерации (от чего ?) методом скоростных уравнений.

Замечание 3 по выводам к Главе 2:

Привлечение результатов квантово-химических расчетов структур красителей к подтверждению высокой генерационной (лазерной) эффективности исследуемых соединений не является строго обоснованным. В лучшем случае речь идет о вариациях квантового выхода флуоресценции, тем более, что явно не просматривается связь лазерных характеристик с видами накачки – ламповой, когерентной наносекундной и микросекундной, см., например, п. 4 (стр. 106 рукописи).

Замечание 4 по результатам Главы 3:

а) сведения о том, что «...ресурс работы красителей (активный элемент на основе НПС-П ?) ... очень высок», стр. 117 рукописи не являются в полной мере обоснованными;

б) влияние термооптических эффектов на параметры НПС-П, в частности, при рассмотрении расходимости генерируемого излучения, обозначено схематично, см. стр. 119 рукописи, при этом термонаведенное двулучепреломление и поляризационные явления практически вообще не учитываются;

в) твердотельные активные элементы с красителями получены от сторонних производителей, тогда какое отношение к теме диссертации могут иметь детализированные данные об однородности и шероховатости (морфологии поверхности) образцов?

Замечание 5 по учету потерь в системе скоростных уравнений (4.1):

Вывод, что коэффициент потерь излучения пропорционален площади пятна нельзя признать достаточно обоснованным. Каким образом коэффициент β входит в формулу (4.4)?

Длина волны входит в систему (4.1) через посредство спектральной зависимости отдельных коэффициентов (σ_p , σ_s ...), поэтому для построения зависимостей, например, к.п.д. генерации от длины волны накачки и т.п., требуется специальные пояснения.

Замечание 6 по стилю изложения темы диссертации:

В тексте диссертации в отдельных случаях встречаются стилистические неточности. Очень часто употребляется фраза «в последнее время», причем приводимые после этой фразы ссылки могут датироваться, начиная от 60-х годов прошлого столетия. Не совсем точно выделены основные, часто употребляемые термины, например, *эффективность генерации*, в «Перечень сокращений и обозначений» и в тексте рукописи.

Вышеуказанные замечания, однако, не искажают сущности изложенных в диссертации результатов, положений и выводов, не снижают общую положительную оценку научного уровня работы и носят скорее рекомендательный характер.

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

Диссертационная работа Тарковского Викентия Викентьевича представляет собой целостный научный труд. Автор диссертации несомненно достигнута поставленная в работе цель. Выявленные в работе закономерности являются важным ключом к глубокому пониманию процессов, происходящих в сложных органических соединениях.

Диссертация Тарковского Викентия Викентьевича на тему «Генерационные характеристики лазерных сред на красителях в растворах и твердотельных матрицах при микро- и наносекундном возбуждении» соответствует требованиям, установленным главой 3 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий», а ее соискатель – Тарковский Викентий Викентьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика за новые научно обоснованные теоретические и практические результаты, совокупность которых имеет важное значение для создания лазерных источников на основе сложных органических соединений с высоким к.п.д., большим ресурсом работы и расширенным спектральным диапазоном и заключается в:

- установлении и объяснении аномальной зависимости эффективности генерации от спектрального состава излучения накачки при наносекундном когерентном возбуждении основных наиболее эффективных классов красителей (кумариновых, родаминовых, оксазиновых красителей, DCM, феналемина 160) в растворах и твердотельных матрицах;

- получении в условиях когерентной накачки генерации производных 3-(2-бензимидазолил) и 3-имидазопиридил кумарина в спектральном диапазоне 490–580 нм, обладающих высокой генерационной эффективностью и высокой фотохимической устойчивостью;

- реализации лазерной генерации в области 730–740 нм на красителях кумаринового класса – производных бензопирилия и определение механизма влияния растворителей и заместителей в 7-м положении кумаринового кольца на их;

- получение новых бифлуорофорных молекул кумарина с высокими энергетическими и фотостабильными параметрами, отличительной особенностью которых является наличие объемного гетероциклического

радикала (триазольного-, оксадиазольного- или тиазольного гетероцикла) в положении 3 кумаринового кольца, который выступает в виде связующего звена с арильным фрагментом молекулы

– установлении лазерных свойств новых производных кумарина, которые позволили создать активные среды и определить оптимальные условия генерации в красной области спектра 600–640) нм;

– получении в условиях когерентной микросекундной накачки генерации красителей (пирометены, феналемины, перилена), внедренных в композит нанопористое стекло-полимер, и определение характеристик генерации.

Доктор физ.-мат. наук, профессор,
заведующий Центром лазерной техники и
технологий Института физики НАН Беларуси

Рябцев

Рябцев Геннадий Иванович

“ 20 ” ноября 2025 г.

Я, Рябцев Геннадий Иванович, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси в сети Интернет.

Рябцев

Г.И. Рябцев

20.11.2025

