

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15 апреля 2024 г № 64

О присуждении Савостьянову Александру Олеговичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Широкодиапазонная криогенная спектроскопия одиночных молекул в неупорядоченных матрицах: электрон-фононное взаимодействие и спектральная диффузия» по специальности 1.3.6 — Оптика принята к защите 25 декабря 2023 года, (протокол заседания № 57) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Савостьянов Александр Олегович, 4 августа 1991 года рождения, в 2017 году окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» по профилю образовательной программы «Физика конденсированных сред и сложных систем». С 2018 года обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН) по направлению «Физика и астрономия» и закончил её в 2022 году. С 2023 года является сотрудником ФИАН. В настоящее время работает в должности высококвалифицированного младшего научного

сотрудника лаборатории теоретических методов фотоники отдела перспективной фотоники и сенсорики Троицкого обособленного подразделения, включающего "Троицкий технопарк ФИАН" (ТОП ФИАН).

Научный руководитель: член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор РАН Наумов Андрей Витальевич, специалист в области селективной лазерной спектроскопии конденсированных сред и наноструктур, работает в должности руководителя Троицкого обособленного подразделения, включающего "Троицкий технопарк ФИАН" (ТОП ФИАН).

Официальные оппоненты:

1. Глушков Владимир Витальевич, доктор физико-математических наук, заместитель директора по научно-организационной работе ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»;
2. Слюсарева Евгения Алексеевна, доктор физико-математических наук, профессор базовой кафедры фотоники и лазерных технологий, заместитель директора по научной работе Института инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВО «Сибирского федерального университета» (г. Красноярск)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — ФГБУН «Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИАиЭ СО РАН), город Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Суровцевым Николаем Владимировичем, главным научным сотрудником ИАиЭ СО РАН, и утвержденном членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Бабиным Сергеем Александровичем, и.о. директора ИАиЭ СО РАН, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении

ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6–Оптика.

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, опубликовано 4 работы.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем А. О. Савостьяновым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Савостьянов А.О., Ерёмчев И.Ю., Горшелев А.А., Наумов, А.В., Старухин, А.С. Широкодиапазонная спектральная диффузия одиночных молекул Mg-тетраазопорфирина в полимерной матрице при криогенных температурах. Письма в ЖЭТФ, 107(7), 426-433 (2018).
2. Savostianov A., Eremchev I., Gorshchev A., Orlov S., Korotayev O., Naumov, A., Starukhin, A. (2018). Structural and time-domain peculiarities of the fluorescence excitation spectra of single Mg-TAP in a polymer at low temperatures. EPJ Web of Conferences, 190, 04019 (2018).
3. Савостьянов А.О., Еремчев И.Ю., Горшелев А.А., Орлов, С.В., Старухин А.С., Наумов, А.В. Прямое наблюдение квазилокализованной низкочастотной колебательной моды в спектре возбуждения флуоресценции одиночной примесной молекулы в полимерной матрице. Оптика и спектроскопия, 127(1), 53-57 (2019).
4. Старухин А.С., Романенко А.А., Ильин А.Ю., Шершень В.С., Павич Т.А., Савостьянов А.О., Еремчев И.Ю., Наумов А.В. Влияние центрального иона металла на люминесцентные и фотофизические

параметры фталоцианинов. Оптика и спектроскопия, 131(4), 518-528 (2023).

5. Савостьянов А.О., Еремчев И.Ю., Наумов А.В. Люминесцентная нано-термометрия с одиночными органическими молекулами: влияние электрон-фононного взаимодействия. Фотоника, 17(7), 1-6 (2023).

Выбор Глушкова Владимира Витальевича в качестве официального оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области физики сильно коррелированных электронных систем, в том числе исследований электрон-фононного взаимодействия.

Выбор Слюсаревой Евгении Алексеевны в качестве официального оппонента обоснован ее высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области молекулярной спектроскопии.

Выбор ведущей организации обоснован её репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области оптической спектроскопии конденсированных сред.

Диссертационная работа Савостьянова А.О. посвящена исследованию низкотемпературной динамики неупорядоченных твердотельных сред (полимеров) с использованием техники люминесцентной спектроскопии одиночных примесных органических молекул. Актуальность исследования определяется перспективами создания новых устройств для нанофотоники и квантовых коммуникаций (источники одиночных фотонов, оптические транзисторы, нелинейные преобразователи света), основанных на одиночных молекулах в твердотельных матрицах. Значительный интерес для материаловедения и нанотехнологий представляют методики использования примесных молекул для зондирования локальной туннельной и колебательной динамики в перспективных материалах (полимерах и нанокompозитах).

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. При помощи перестройки длины волны возбуждающего лазера в диапазоне 590 – 594 нм и одновременного детектирования интегрального сигнала флуоресценции при температуре 6 К измерены спектры возбуждения флуоресценции одиночных примесных молекул Mg-тетраазапорфирина в полимерной матрице полиизобутилена, состоящие из бесфононной линии и фононного крыла. Анализ параметров фононного крыла позволил определить параметры (энергию и время жизни) квазилокализованной колебательной моды полимера.
2. В низкотемпературных (6 К) спектрах одиночных молекул тетра-трет-бутилтеррилена и Mg-тетраазапорфирина обнаружена спектральная диффузия в диапазоне до 9 и 32 см^{-1} , соответственно. Было показано, что обнаруженная спектральная диффузия не может быть удовлетворительно объяснена в рамках стандартной модели взаимодействия примесных центров с двухуровневыми туннелирующими системами.
3. Установлено, что определяющий вклад в ширину бесфононных линий примесных молекул тетра-трет-бутилтеррилена в матрице аморфного полиизобутилена при температурах свыше 10 К вносит электрон-фононное взаимодействие с резонансными колебательными модами, которые являются результатом возмущений, вносимых самой примесной молекулой в колебательную динамику полимера.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что:

- Впервые измерены тонкоструктурные спектры возбуждения одиночных молекул тетрапиррольного ряда в полимерной матрице
- Впервые реализованы эксперименты по детектированию спектров возбуждения флуоресценции одиночных примесных молекул в спектральном диапазоне свыше 100 см^{-1}

- Впервые зарегистрированы бесфононные спектральные линии одиночных примесных молекул в полимерной матрице в температурном диапазоне от 40 до 67 К

- Впервые на основе общей теории электрон-фононного взаимодействия И.С. Осадько показано, что приближение слабой электрон-фононной связи неприменимо для молекул тетра-трет-бутилтеррилена, внедренных в матрицу полиизобутилена

- Впервые модель резонансных колебательных мод была применена для описания температурного уширения бесфононных линий и расчета формы фононного крыла для примесных молекул в неупорядоченных матрицах

Практическая значимость полученных соискателем результатов заключается в потенциале их применения для создания более эффективных излучателей для нужд нанопотоники и квантовой оптики. В частности, представляет интерес уменьшение негативного влияния электрон-фононного взаимодействия и спектральной диффузии на характеристики примесного излучателя посредством управления колебательной динамикой его локального окружения. Полученные результаты также представляют интерес с точки зрения развития представлений о микроскопической природе процессов, определяющих функциональные свойства новых перспективных полимерных материалов (теплопроводность, теплоемкость, прочностные характеристики). Наконец, установленные в работе фундаментальные закономерности в описании влияния электрон-фононного взаимодействия на спектры примесных молекул представляют практический интерес для развития техники люминесцентной нанотермометрии.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в исследованиях криогенных оптических свойств разнообразных перспективных твердотельных излучателей, которые проводятся в таких организациях, как Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Институт спектроскопии РАН, Московский физико-технический институт, Московский педагогический

государственный университет, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Университет ИТМО.

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в диссертации, обеспечена проведением экспериментальных измерений на современном научном оборудовании с высокой точностью и воспроизводимостью результатов; соответствием экспериментальных результатов имеющимся литературным данным и теоретическим моделям, развитым диссертантом.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Савостьянова А. О., получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Автор принимал участие в описанных в работе экспериментах, обрабатывал экспериментальные данные, проводил теоретические расчеты. Помимо этого, автором также была предложена оригинальная модель описания температурного уширения бесфононных линий примесных молекул с резонансными колебательными модами, являющимися результатом гибридизации собственных колебаний примесных молекул в матрице с нормальными модами полимера. Подготовка публикаций проводилась совместно с соавторами, при этом вклад соискателя был определяющим.

В ходе защиты соискатель Савостьянов А. О. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 15 апреля 2024 года диссертационный совет принял решение присудить А. О. Савостьянову учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи по установлению влияния спектральной диффузии и электрон-фононного взаимодействия на спектры одиночных примесных молекул в полимерных матрицах в широком диапазоне криогенных температур (6 – 67 К), что необходимо для развития научной области, связанной с разработкой эффективных излучателей на базе одиночных органических молекул.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 24 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.6 — Оптика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 24,
против присуждения учёной степени - 0,
недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Колачевский Николай Николаевич

Учёный секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Золотко Александр Степанович

15 апреля 2024 г.