

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.070.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.04.2024 г. № 1

О присуждении Трашкееву Сергею Ивановичу, гражданину России, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Структурные и нелинейно-оптические преобразования в жидких кристаллах и полупроводящих полимерах» по специальности «1.3.6. – Оптика» принята к защите 27.11.2023 г., протокол № 4 диссертационным советом 24.1.070.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 15Б, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Трашкеев Сергей Иванович 1957 г. рождения, в 1979 г. окончил «Новосибирский государственный университет» по специальности «физика», работает ведущим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории 2.4 квантовых оптических технологий Отдела лазерных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты, давшие положительные отзывы на диссертацию:

Бабин Сергей Алексеевич, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.05 – оптика), директор, ФГБУН Институт автоматизации и электрометрии СО РАН;

Киселев Сергей Петрович, доктор физико-математических наук (специальность 01.02.04 – Механика деформированного твердого тела; 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), Ведущий научный сотрудник, Лаборатория 6 «Физика многофазных сред», ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН;

Чаусов Денис Николаевич, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 — Физика конденсированного состояния), заведующий лабораторией фотоники и органической электроники Центра Биофотоники, ФГБУН Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН;

Ведущая организация - ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), г. Красноярск дала положительный отзыв на диссертацию. Отзыв составил д.ф-м.н. Балаев Дмитрий Александрович — директор Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН., подписан Шпедтом Александром Артуровичем, членом-корреспондентом РАН, доктором сельскохозяйственных наук, директором ФИЦ КНЦ СО РАН.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области лазерной физики и нелинейной оптики, известностью своими достижениями в этих областях и способностью оценить научную и практическую ценность диссертации.

В своем положительном отзыве ведущая организация указала, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые результаты, имеющую большую научную и практическую ценность, и решающую ряд актуальных проблем по исследованию структурных и оптических явлений в мягких средах, отвечает требованиям ВАК РФ, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности «1.3.6. – Оптика».

В отзывах официальных оппонентов отмечается актуальность диссертационной работы для нелинейной оптики жидких кристаллов и других

мягких сред, научная новизна полученных результатов и их высокая научная и практическая значимость, а также высокий профессиональный уровень выполнения работ, составивших основу диссертации. Автореферат отражает содержание диссертации. Соискатель заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности «1.3.6. – Оптика».

В отзывах официальных оппонентов присутствуют замечания и вопросы, из которых существенными являются следующие:

Бабин С.А.

1. В приводимых экспериментальных данных по генерации гармоник нет четкого определения границ необходимых плотности мощности и ее градиента, в интервале которых наблюдаются исследуемые высокоэффективные нелинейно-оптические процессы. В представленных данных с импульсной накачкой отсутствуют временные характеристики генерируемых гармоник.

2. В работе наблюдается интересное явление генерации широкого спектра излучения при непрерывной накачке, автор называет его суперконтинуумом по аналогии с широкополосным излучением, генерируемым в оптических волокнах, однако их свойства сильно отличаются. В частности, в жидких кристаллах узкополосное излучение накачки преобразуется только в коротковолновую область, что требует дополнительных объяснений.

3. В связи с предложенной интересной возможностью интеграции нелинейных преобразователей в волоконную структуру, имеет смысл сравнить полученные характеристики нелинейного преобразования с другими полностью волоконными преобразователями, такими как полингированные оптические волокна.

Киселев С.П.

1. В работе утверждается, что в распределенной модели можно ограничиться только квадратичной формой по градиентам тензорного двухточечного параметра порядка. Не понятно, с чем связано это ограничение?

2. В выражении для свободной энергии распределенного случая симметричные члены для совпадающих точек пространства (при $r = r'$) учтены только в кубическом члене потенциала Ландау-Де Жена. Надо ли их учитывать в упругой функции Лагранжа?

3. Как соотносится обнаруженный термоориентационный эффект с другими термомеханическими процессами? Заметны ли эти процессы в экспериментальных наблюдениях и если да, то, как они влияют на генерацию излучения и структуру среды?

4. Утверждается, что для генерации излучения четных гармоник требуется предварительная деформация структуры с нарушением центральной симметрии. В работе рассмотрен светоиндуцированный переход Фредерикса. Можно ли другими способами нарушить исходную центральную симметрию или изначально взять не центрально-симметричный жидкий кристалл?

Чаусов Д.Н.

1. Не достаточно освещен вопрос с переходом в локальную вращающуюся систему координат в случае неоднозначности направления директора, например, в особой точке дисклинации.

2. Часть расчетов, достаточно информативных и интересных, проведены исходя из локализованного приближения. Хотелось бы увидеть большее число примеров описания структур жидких кристаллов, на основе исходных уравнений распределенной модели без каких-либо приближений.

3. В работе предложен оригинальный метод внедрения электрическим полем наночастиц через поверхность в объем жидкого кристалла. Однако, дано в основном только качественное его описание. Несомненный интерес для экспериментаторов представляли бы количественные данные.

4. Не совсем ясно, можно ли хотя бы для твердых полупроводниковых полимеров использовать классическую феноменологическую модель с учетом квадрупольного механизма нелинейности, ограничившись разложением в ряд Тейлора по степеням электрического поля и его градиента?

На все вопросы и замечания оппонентов С.И. Трашкеевым были даны ответы и комментарии, которые удовлетворили официальных оппонентов.

На диссертацию и автореферат поступили 4 отзыва:
от д.ф.-м.н. Лямкина А.И. (профессора, заведующего кафедрой «Физика» Сибирского федерального университета (СФУ), г. Красноярск.), к.ф.-м.н. Калугина А.Г. (доцента кафедры гидромеханики механико-математического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ), г. Москва.), д.ф.-м.н. Емельяненко А.В. (ведущего научного сотрудника Лаборатории жидких кристаллов Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ), г. Москва.), чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессора Садовского В.М. (г.н.с., заведующего отделом Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН), г. Красноярск). Все отзывы положительные, содержат замечания, которые не влияют на высокий уровень оценки диссертации.

На все вопросы и замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат, С.И. Трашкеевым были даны ответы и комментарии.

Соискатель имеет по теме диссертации 95 печатных работы, 54 из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, в том числе 2 патента РФ и 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Наиболее значительные работы:

1. Highly efficient lasing at difference frequencies in a nematic liquid crystal / Trashkeev S.I., Klement'ev V.M., Pozdnyakov G.A. // Quantum Electronics. 2008. V. 38, N 4. P. 373-376. DOI: 10.1070/QE2008v038n04ABEH013719.

2. Thermal Orientation Effect in a Nematic Liquid Crystal / Trashkeev S.I., Britvin A.V. // Technical Physics. 2011. V. 56, N 6. P. 747-753. DOI: 10.1134/S1063784211060247.

3. Generation of harmonics and supercontinuum in nematic liquid crystals / Nyushkov B.N., Trashkeev S.I., Klementyev V.M., Pivtsov V.S., Kobtsev S.M. // Quantum Electronics. 2013. V. 43, N 2. P. 107-113. DOI: 10.1070/QE2013v043n02ABEH015048.

4. Formalism of Two Potentials for the Numerical Solution of the Maxwell's Equations / Kudryavtsev A.N., Trashkeev S.I. // Computational Mathematics and

Mathematical Physics. 2013. V. 53, N 11. P. 1653-1663. DOI: 10.1134/S0965542513110079.

5. Optical Fredericksz transition and director field structure recording in dye-doped nematic liquid-crystalline polymer / Budagovsky I., Kuznetsova A., Shvetsov S., Smayev M., Zolot'ko A., Statsenko P., Trashkeev S., Bobrovsky A., Boiko N., Shibaev V. // Journal of Molecular Liquids. 2019. V. 276. P. 275-281. DOI: 10.1016/j.molliq.2018.11.113.

6. Harmonic generation in a nematic liquid crystal / Trashkeev S.I., Vasenin N.T., Vatnik S.M., Vedin I.A., Ivanenko A.V., Klementyev V.M. // Laser Physics Letters. 2020. V.17, N 7. 075002. DOI: 10.1088/1612-202X/ab930f.

7. High-efficiency generation of harmonics in polythiophene / Vasenin N.T., Ivanenko A.V., Klement'ev V.M., Kulik L.V., Nevostruev D.A., Nyushkov B.N., Trashkeev S.I., Khomyakov M.N. // Quantum Electronics. 2021. V.51, N 5. P. 437-445. DOI: 10.1070/QEL17509.

8. Light-induced umbilical defects due to temperature gradients in nematic liquid crystal with a free surface / Shvetsov S.A., Zolot'ko A.S., Voronin G.A., Emelyanenko A.V., Andreev M.M., Budakov M.A., Statsenko P.A., Trashkeev S.I. // Optical Materials express. 2021. V. 11, N 6. P. 1705-1712. DOI: 10.1364/OME.425926.

9. Нелокальный тензорный параметр порядка деформированного состояния жидких кристаллов / Трашкеев С.И., Стаценко П.А., Хомяков М.Н., Швецов С.А. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2023. Т. 23, № 3. С. 59-69. DOI: 10.18083/LCAppl.2023.3.59.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработаны математические модели, позволяющие рассчитывать структурные состояния жидких кристаллов и их взаимодействие с когерентным излучением;

- предсказан теоретически и экспериментально продемонстрирован термоориентационный эффект в жидких кристаллах без конвекционного перемещения жидкости;

- описан теоретически и продемонстрирован экспериментально процесс образования и взаимных переходов дисклинационных структур с особыми точками ориентации в жидких кристаллах;

- экспериментально продемонстрированы, описаны и теоретически объяснены высокоэффективные процессы частотного преобразования когерентного излучения квадрупольного типа в жидких кристаллах и полупроводящих полимерах, имеющих структурные особенности с нарушением симметрии;

- предложен метод исследования нелинейно-оптических нерезонансных квадрупольных механизмов и структурных свойств мягкой материи на основе использования волоконно-лазерных систем, позволяющих отдельно управлять параметрами плотности мощности накачивающего излучения и его градиентом.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

- построенная распределенная модель позволяет описывать состояние деформированного жидкого кристалла, включая особые точки ориентационного состояния, такие как дисклинации;

- представленная новая формулировка уравнений Максвелла в терминах двух четырехмерных потенциалов помогает существенно продвинуться при численном моделировании в ряде важных задач нелинейного взаимодействия излучения с мягкой материей.

- на основе самовоздействия излучения, приводящего к образованию структур с нарушением центральной симметрии, дано объяснение наблюдающейся высокоэффективной генерации гармоник в жидких кристаллах, реализуемое с помощью накачки волоконными лазерами.

Применительно к проблематике диссертации предложены и использованы новые подходы для вывода материальных уравнений мягкой среды с учетом нелинейностей и для формулировки уравнений Максвелла в потенциальном представлении. На этой основе написаны коды для решения сложных многомерных задач определения структурных и нелинейно-оптических преобразований в жидких кристаллах и полупроводящих полимерах. Проведены оригинальные эксперименты, достаточно убедительно

подтверждающие правильность выводов диссертационной работы о наличии в мягких средах ранее неизвестных нелинейно-оптических эффектов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- в работе на основе проведенных исследований предложены устройства, имеющие практическое значение в виде систем визуализации нано-, молекулярных и атомарных объектов;
- системы быстрого управления и коррекции фазы на основе реализации мегагерцового вращательного движения директора в электрических полях сложной конфигурации;
- технология получения жидкокристаллических нанокомпозитов, позволяющая получать смеси с широким концентрационным диапазоном;
- перемещения, непрерывного движения и регулярной упаковки наночастиц в жидком кристалле или дефектов самого жидкого кристалла;
- способ, основанный на обнаруженном термоориентационном эффекте получения искусственных жидкокристаллических сред, насыщенных дисклинационными структурами;
- создание высокоэффективных малогабаритных преобразователей и генераторов когерентного излучения нового типа на основе органических мягких сред с нарушающими симметрию структурами.
- волоконно-лазерные управляемые системы, интегрированные с жидкокристаллическими или полупроводящими полимерными объектами микронного или субмикронного размера, полингованные оптические волокна нового типа.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных и общепризнанных уравнениях, используемые приближения являются корректными и обоснованными, полученные результаты при предельном переходе к частным случаям согласуются с известными в литературе теоретическими и экспериментальными данными; теоретические и экспериментальные результаты работы находятся в хорошем качественном согласии.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все теоретические и экспериментальные результаты, описанные в диссертационной работе, получены автором лично, подготовка всех публикаций по представленной работе выполнялась лично, либо при непосредственном участии.

На заседании 26.04.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Трашкееву Сергею Ивановичу ученую степень доктора физико-математических наук.

Из 21 человек, входящих в состав диссертационного совета, на защите присутствовали, очно и в удаленном интерактивном режимах, 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации. Дополнительно введенных членов на разовую защиту не было.

При проведении тайного голосования с использованием информационных технологий проголосовали: За - 17, против - нет. Диссертационный совет утвердил протокол о результатах голосования.

На заседании 26.04.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Трашкееву Сергею Ивановичу ученую степень доктора физико-математических наук по специальности «1.3.6. – Оптика».

Зам. председателя диссертационного
совета 24.1.070.01,
д.ф.-м.н.

Тайченачев Алексей Владимирович

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.079.01,
д.ф.-м.н.

Прудников Олег Николаевич

26 апреля 2024 г.

