

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.04, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 23 марта 2017 года публичной защиты диссертации Семкина Артема Олеговича «Неоднородные фазовые и поляризационные дифракционные структуры на основе фотополимерно-жидкокристаллических композитов» по специальности 01.04.03 – Радиофизика на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

На заседании присутствовали 21 из 25 членов диссертационного совета, в том числе 7 докторов наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика:

- | | |
|--|----------|
| 1. Войцеховский А.В., доктор физико-математических наук
заместитель председателя диссертационного совета, | 01.04.05 |
| 2. Пойзнер Б.Н., кандидат физико-математических наук
учёный секретарь диссертационного совета, | 01.04.03 |
| 3. Артюхов В.Я., доктор физико-математических наук, | 01.04.21 |
| 4. Беличенко В.П., доктор физико-математических наук | 01.04.03 |
| 5. Дмитренко А.Г., доктор физико-математических наук | 01.04.03 |
| 6. Донченко В.А., доктор физико-математических наук | 01.04.21 |
| 7. Дунаевский Г.Е., доктор технических наук | 01.04.03 |
| 8. Кабанов М.В., доктор физико-математических наук | 01.04.05 |
| 9. Козырев А.В., доктор физико-математических наук | 01.04.03 |
| 10. Лосев В.Ф., доктор физико-математических наук | 01.04.21 |
| 11. Лукин В.П., доктор физико-математических наук | 01.04.05 |
| 12. Самохвалов И.В., доктор физико-математических наук | 01.04.05 |
| 13. Соколова И.В., доктор физико-математических наук, | 01.04.21 |
| 14. Солдатов А.Н., доктор физико-математических наук | 01.04.21 |
| 15. Соснин Э.А., доктор физико-математических наук | 01.04.05 |
| 16. Тарасенко В.Ф., доктор физико-математических наук | 01.04.21 |
| 17. Улеников О.Н., доктор физико-математических наук, | 01.04.05 |
| 18. Фисанов В.В., доктор физико-математических наук | 01.04.03 |
| 19. Шандаров С.М., доктор физико-математических наук | 01.04.03 |
| 20. Юдин Н.А., доктор технических наук | 01.04.21 |
| 21. Якубов В.П., доктор физико-математических наук | 01.04.03 |

В связи с невозможностью присутствия на заседании председателя диссертационного совета доктора физико-математических наук, профессора Майера Георгия Владимировича по его письменному поручению заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Войцеховский Александр Васильевич.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – 1, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить А. О. Семкину ученую степень кандидата физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.04

**на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования**

«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Министерства образования и науки Российской Федерации

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.03.2017, № 131

О присуждении **Семкину Артему Олеговичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Неоднородные фазовые и поляризационные дифракционные структуры на основе фотополимерно-жидкокристаллических композитов»** по специальности **01.04.03** – Радиофизика, принята к защите 26.12.2016, протокол № 129, диссертационным советом **Д 212.267.04** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012).

Соискатель **Семкин Артем Олегович**, 1989 года рождения.

В 2012 г. соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

В 2016 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Работает в должности ассистента кафедры Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники, по совместительству – в должности младшего научного сотрудника научно-образовательного центра «Нелинейная оптика, нанофотоника и лазерные технологии» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, **Шарангович Сергей Николаевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Гейко Павел Пантелеевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория экологического приборостроения, ведущий научный сотрудник

Волошинов Виталий Борисович, кандидат физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра физики колебаний, доцент

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт автоматки и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук**, г. Владивосток, в своём положительном заключении, подписанном **Ромашко Романом Владимировичем** (член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, лаборатория прецизионных оптических методов измерений, ведущий научный сотрудник), указала, что актуальность диссертационной работы А.О. Семкина определяется современной необходимостью разработки полностью оптических устройств, не предусматривающих оптоэлектронных и электрооптических преобразований сигналов, для оптических систем передачи, хранения и обработки информации. Одной из перспективных сред для решения

данной задачи являются фотополимерно-жидкокристаллические композиции. В работе А.О. Семкина решена актуальная научная задача установления закономерностей взаимодействия оптического излучения с фотополимерно-жидкокристаллическими композициями в процессе голографического формирования в них дифракционных структур, а также в процессе дифракции волн на данных структурах в условиях воздействия пространственно-неоднородного внешнего электрического поля. В диссертации разработаны теоретические модели голографического формирования фазовых и поляризационных дифракционных структур в фотополимерно-жидкокристаллических композициях двух типов, а также теоретические модели дифракции Брэгга пучков лазерного излучения на данных структурах в условиях воздействия на них пространственно-неоднородного внешнего электрического поля. На основе созданных моделей разработано программное обеспечение для моделирования характеристик устройств на основе описанных дифракционных структур. На основе полученных результатов разработан дифракционный оптический элемент с более эффективной (по сравнению с известными аналогами) характеристикой управления.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 25 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 11 (из них 1 статья в российском журнале, переводная версия которого индексируется Springer, и 4 статьи в зарубежных научных журналах, индексируемых Web of Science и / или Scopus), 1 патент на полезную модель, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 4 статьи в научных журналах (в том числе 3 статьи в зарубежных научных журналах, 1 статья в российском электронном научном журнале), 6 публикаций в сборниках материалов международных научных и научно-практических конференций (в том числе 1 сборник материалов конференции, индексируемый Web of Science). Общий объем работ – 5,37 п.л., личный вклад автора – 4,12 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, и индексируемых Web of Science и/или Scopus:

1. **Семкин А. О.** Дифракционные характеристики ФПМ-ЖК фотонных структур при воздействии знакопеременного электрического поля / А. О. Семкин, С. Н. Шарангович // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2013. – Т. 77, № 12. – С. 1723–1726. – DOI: 10.7868/S0367676513120211. – 0,27 / 0,18 п.л.

2. **Семкин А. О.** Голографическое формирование поляризационных фотонных структур в капсулированных полимером жидких кристаллах / А. О. Семкин, С. Н. Шарангович, Д. И. Малышева, О. В. Незнанова, Д. И. Сон, С. И. Сон // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, № 11/3. – С. 35–39. – 0,21 / 0,17 п.л.

3. **Semkin A. O.** Analytical model of light beam diffraction on holographic polarization spatially inhomogeneous photonic PDLC structures / A. O. Semkin, S. N. Sharangovich // Physics Procedia. – 2015. – Vol. 73. – P. 41–48. – DOI: 10.1016/j.phpro.2015.09.119. – 0,3 / 0,25 п.л.

4. **Semkin A. O.** Light beam diffraction on inhomogeneous holographic photonic PDLC structures under the influence of spatially non-uniform electric field / A. O. Semkin, S. N. Sharangovich // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 735, is. 1. – 012030. – DOI: 10.1088/1742-6596/735/1/012030. – 0,25 / 0,2 п.л.

5. **Semkin A. O.** Compensation of asymmetry of diffraction characteristics of holographic chirped photonic structures in PDLC by the impact of spatially non-uniform electric field / A. O. Semkin, S. N. Sharangovich // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 737, is. 1. – 012010. – DOI: 10.1088/1742-6596/737/1/012010. – 0,27 / 0,21 п.л.

На автореферат поступили 9 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **И.А. Соколов**, д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., ведущий научный сотрудник лаборатории физики анизотропных материалов Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, *без замечаний*. 2. **С.А. Стрельцов**, канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой общей физики Новосибирского

государственного технического университета, *с замечанием*: не все разработанные автором модели нашли экспериментальное подтверждение, и автору следует это учесть в дальнейшей работе. 3. **Ю.М. Карпец**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Физика и теоретическая механика» Дальневосточного государственного университета путей сообщения, г. Хабаровск, и **В.В. Криштоп**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Физика и теоретическая механика» Дальневосточного государственного университета путей сообщения, г. Хабаровск, *без замечаний*.

4. **В.В. Шелковников**, д-р хим. наук, заведующий лабораторией органических светочувствительных материалов Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, *без замечаний*. 5. **С.Н. Антонов**, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник тематической группы нелинейных акустических явлений в конденсированных средах Фрязинского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, *с замечаниями*: в описании второй главы диссертации утверждается, что решение кинетических уравнений формирования дифракционных структур (3), (4) найдено в виде суммы пространственных гармоник, и затем вводится параметр $b^m(\mathbf{r}, \tau)$, характеризующий соотношение характерных времен двух процессов формирования структуры, но при этом не ясно, каким образом параметр $b^m(\mathbf{r}, \tau)$ входит в полученные решения уравнений (выражения (5)-(7)); из материалов автореферата; в изложении содержания раздела 4.6 утверждается, что поляризационные характеристики дифрагировавшего на поляризационной структуре пучка зависят от состояния поляризации падающего излучения, однако остается неясной физическая причина такой зависимости. 6. **А.Л. Толстик**, д-р физ.-мат. наук, проф., проректор по учебной работе, профессор кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь, *с замечанием*: информация по ряду разделов, представляющих практический интерес (разделы 2.1, 3.4, 4.7), приведена в автореферате слишком кратко.

7. **О.Б. Витрик**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры общей и экспериментальной физики Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, *с замечанием*: некоторые формулировки расплывчаты, что затрудняет понимание (в частности, термин «анизотропные голографические

решётки» формулируется как «голографически сформированные поляризационные структуры»); в тексте встречается тавтология (например, во фразе «неоднородные фазовые дифракционные структуры» тавтологией являются слова «неоднородные» и «дифракционные», поскольку дифракция происходит вследствие проявления неоднородности материала или светового поля). 8. **Т.Р. Волк**, д-р физ.-мат. наук, проф., и.о. зав. лабораторией кристаллооптики Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» РАН, г. Москва, *с замечаниями*: работа сильно выиграла бы в случае иллюстрации рассматриваемых систем каким-либо экспериментальным объектом; автореферат содержит множество аббревиатур, поэтому приведение их общего списка с расшифровкой непосредственно перед изложением материала значительно облегчило бы его восприятие. 9. **Н.И. Горлов**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой линий связи Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Новосибирск, *с замечанием*: в обосновании актуальности темы исследования утверждается, что параметры формируемых структур определяются составом материала, при этом в уравнениях формирования (3), (4) приведен лишь обобщенный коэффициент P , который не позволяет оценить, как именно состав материала влияет на процесс формирования; соискателю следует провести собственные экспериментальные исследования описанных теоретически явлений.

В отзывах указано, что работа А.О. Семкина относится к активно развивающейся области современных оптических систем хранения, обработки и передачи информации. Применение дифракционных структур на основе фотополимерно-жидкокристаллических композиционных материалов позволит расширить возможности и улучшить показатели таких систем. В диссертации разработаны теоретические модели формирования пропускающих фазовых и поляризационных дифракционных структур в фотополимерных жидкокристаллических композитах в условиях пространственной неоднородности профилей записывающих пучков. Особое внимание уделено нелинейности голографической записи, приводящей к несинусоидальности профиля штриха записываемой дифракционной решетки. Оригинальной является модель формирования поляризационных дифракционных жидкокристаллических структур

за счет фотоиндуцированного перехода Фредерикса при использованной автором поляризации записывающих решетку пучков и учете дополнительных факторов, связанных с изменением коэффициента поглощения и поверхностного сцепления молекул жидкого кристалла с ограничивающими поверхностями. Практический интерес имеет также модель многопучкового формирования сложных неоднородных поляризационных структур методом углового мультиплексирования. Предложены теоретические модели брэгговской дифракции на рассматриваемых анизотропных жидкокристаллических голографических структурах. Показано влияние внешнего электрического поля на условия фазового синхронизма и, следовательно, на дифракционную эффективность записанных голограмм. Важным для практического использования является комплекс зарегистрированных программ для моделирования характеристик устройств на основе описанных дифракционных структур. Все основные результаты работы являются новыми.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **П.П. Гейко** является высококвалифицированным специалистом в области взаимодействия оптического излучения с нелинейными и неоднородными средами; **В.Б. Волошинов** является высококвалифицированным специалистом в области исследования неоднородных дифракционных структур в анизотропных средах; **Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН** является крупным научным центром в области разработки и изучения голографических интерферометрических и дифракционных элементов и устройств.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны аналитические модели формирования фазовых и поляризационных дифракционных структур в композиционных фотополимерно-жидкокристаллических материалах, модели учитывают как неоднородность амплитудных и фазовых распределений формирующих полей, так и нелинейность процессов формирования;

предложены аналитические модели дифракции электромагнитных волн оптического диапазона частот на неоднородных дифракционных структурах в композиционных фотополимерно-жидкокристаллических материалах при воздействии на них пространственно неоднородного электрического поля;

доказано, что в процессе формирования фазовой дифракционной структуры в условиях амплитудной и фазовой неоднородности записывающего поля, высокой степени нелинейности процесса записи, а также фотоиндуцированного изменения поглощения оптического излучения материалом в каждой пространственно-временной точке формируемая структура будет иметь различный гармонический состав; возмущение диэлектрической проницаемости материала в процессе формирования поляризационной структуры сравнимо по величине с возмущением, обусловленным записью фазовой структуры в данном материале; в условиях сильного поверхностного сцепления молекул жидких кристаллов с ограничивающими поверхностями скорость спада величины дифракционной эффективности дифракционной структуры при воздействии знакопеременного поля не менее, чем в 1.6 раза выше, чем при воздействии пространственно однородного поля; воздействие поля с плавной пространственной неоднородностью на неоднородные дифракционные структуры позволяет снизить асимметрию их дифракционной характеристики.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что использованный подход к описанию процесса голографического формирования дифракционных структур позволяет более точно обосновывать экспериментальные результаты; аналитические модели формирования поляризационных дифракционных структур позволяют, во-первых, обосновать экспериментальные результаты, а во-вторых, прогнозировать характеристики данных структур с учетом условий формирования и материальных параметров веществ, входящих в композицию; аналитические модели дифракции позволяют прогнозировать дифракционные и поляризационные характеристики исследуемых структур при воздействии на них пространственно-неоднородного электрического поля; кроме этого, разработанные модели позволяют подобрать форму пространственной неоднородности внешнего воздействия для получения заданных характеристик структуры.

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы кинетической теории радикальной фотополимеризации, векторно-матричные методы решения систем дифференциальных уравнений, формализм

Джонса, метод медленноменяющихся амплитуд, метод Римана для решения дифференциальных уравнений;

изложены результаты численного моделирования кинетик формирования и формы пространственных профилей показателя преломления дифракционных структур, а также амплитудных распределений дифракционных полей;

изучено влияние пространственной неоднородности внешнего электрического поля, воздействующего на дифракционные структуры в фотополимерно-жидкокристаллических композициях на дифракционные характеристики данных структур;

проведена модернизация существующих математических моделей голографического формирования дифракционных структур в фотополимеризующихся средах, а также существующих моделей дифракции оптического излучения на данных структурах.

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

разработано и внедрено программное обеспечение (имеются свидетельства о регистрации программ) для моделирования дифракционных оптических элементов на основе фотополимерно-жидкокристаллических сред, которое используется на кафедре Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники при выполнении НИР; кроме этого, результаты работы (теоретические модели и результаты численного моделирования) использовались в Новосибирском институте органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН при интерпретации результатов экспериментальных исследований;

создана модель управляемого дифракционного оптического элемента на основе фотополимерно-жидкокристаллической композиции, характеризуемого более эффективной (по сравнению с известными аналогами) характеристикой управления, предлагаемое устройство защищено патентом на полезную модель;

представлены соотношения, позволяющие оценить влияние величины и формы пространственной неоднородности внешнего электрического поля на характеристики дифракционных структур в фотополимеризующихся композициях, содержащих жидкие кристаллы.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут быть использованы в научных и образовательных учреждениях, в которых ведутся исследования по сходной тематике: в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН (г. Санкт-Петербург), Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва), ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (г. Москва), Новосибирском институте органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, Институте автоматики и процессов управления ДВО РАН (г. Владивосток), Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, Новосибирском государственном техническом университете, Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики (г. Новосибирск), Дальневосточном федеральном университете (г. Владивосток), Дальневосточном государственном университете путей сообщения (г. Хабаровск), Белорусском государственном университете (г. Минск) и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

идея базируется на корректности постановки задач, использовании апробированных теоретических методов решения и физически обоснованных приближений;

использовано сопоставление авторских результатов с полученными ранее экспериментальными и теоретическими результатами по рассматриваемой тематике;

установлено качественное согласие авторских результатов с экспериментальными результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые разработана трехмерная аналитическая модель формирования фазовых дифракционных структур. В отличие от известных моделей она учитывает фотоиндуцированное изменение коэффициента поглощения, неоднородность формирующего поля, нелинейный характер процесса формирования, обусловленный произвольным соотношением времен полимеризации и диффузии компонент материала. Впервые теоретически обоснованы экспериментальные результаты других авторов по формированию поляризационных дифракционных структур в фотополимерно-жидкокристаллических композициях. Разработана аналитическая модель их формирования, которая одновременно учитывает произвольное состояние

поляризации формирующих пучков, фотоиндуцированное изменение коэффициента поглощения материала, сильное сцепление молекул жидких кристаллов с ограничивающими поверхностями. Впервые разработаны аналитические модели дифракции световых пучков на описанных структурах при воздействии на них пространственно неоднородного электрического поля, различной формы.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в постановке задач исследования, обработке и интерпретации полученных результатов. Все основные результаты получено автором лично. Самосогласованные решения дифракционных задач получены при участии научного руководителя.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи установления закономерностей взаимодействия оптического излучения с фотополимерно-жидкокристаллическими композициями в процессе голографического формирования в них дифракционных структур, а также в процессе дифракции волн на данных структурах в условиях воздействия на них пространственно-неоднородного внешнего электрического поля, имеющей значение для развития радиофизики.

На заседании 23.03.2017 диссертационный совет принял решение присудить **Семкину А.О.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Войцеховский
Александр Васильевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пойзнер
Борис Николаевич

23.03.2017

