

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ДМ 002.262.01  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ  
ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ПРИ УЧАСТИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 10.06.2016 протокол № 6

О присуждении Мерзликину Александру Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Мезоскопические эффекты когерентного распространения и локализации поляризованных электромагнитных волн в фотонных кристаллах и неупорядоченных слоистых средах» в виде рукописи по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки, принята к защите 09.03.2016, протокол № 2, диссертационным советом ДМ 002.262.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики при участии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, <http://www.itae.ru/>, (495) 484-2383), утвержденным Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 15.02.2013 № 75/нк.

Соискатель Мерзликин Александр Михайлович 1977 года рождения, в 2000 году окончил Московский физико-технический институт (государственный университет), в 2003 году защитил кандидатскую диссертацию «Исследование распространения и локализации волн в слоистых системах» в диссертационном совете Д002.110.01 при ОИВТ РАН по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки, диплом КТ № 113493.

В настоящее время работает ведущим научным сотрудником Лаборатории № 1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук.

Научный консультант – Виноградов Алексей Петрович, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук, Лаборатория №1.

Официальные оппоненты:

д.ф.-м.н. Городничев Евгений Евгеньевич, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кафедра теоретической ядерной физики, профессор;

д.ф.-м.н. Калитеевский Михаил Алексеевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук», лаборатория физики наноструктур, главный научный сотрудник;

д.ф.-м.н. Мурзина Татьяна Владимировна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», кафедра квантовой электроники, доцент;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН в своем положительном заключении, составленном главным научным сотрудником лаборатории 141, д.ф.-м.н., профессором Барабаненковым Ю.Н. (утвержденном директором ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, чл.-корр. РАН, профессором Никитовым С.А.), указала что:

1. Впервые показана возможность подавления анизотропии в двумерных фотонных кристаллах за счет дисперсии, вызванной пространственной периодичностью, в результате чего увеличивается эффект Фарадея.
2. Впервые показано, что в магнито-фотонных кристаллах при намагничивании возникают новые запрещенные зоны, с формированием которых связано возникновение «замороженной моды».



3. Впервые показано, что эффект суперпризмы – сильного отклонения направления распространения волны при небольшом изменении параметров системы – возможно наблюдать в слоистых структурах, если на их поверхность нанести дифракционную решетку.
4. Предсказано существование поверхностного состояния, являющегося электродинамическим аналогом таммовского состояния, и усиление эффекта Фарадея на частоте такого состояния.
5. Впервые показано, что по мере распространения волны функция распределения поляризации перестает зависеть от изначальной поляризации.
6. Впервые показано самоусреднение действительной и мнимой частей эффективного показателя преломления что в слоистых средах.

Результаты исследования могут быть рекомендованы для использования в ИТПЭ РАН, ОИВТ РАН, МФТИ, НИУ ИТМО, ФИАН, ИОФРАН, НИЯУ МИФИ, в МГУ им. М.В. Ломоносова, в ФТИ им. А.Ф. Иоффе, а также в других научных учреждениях в проводимых в указанных организациях исследованиях, посвященных оптике наноструктур, оптоинформатике и нанофотонике.

Соискатель имеет более 50 статей в реферируемых журналах, в том числе 34 статьи по теме диссертации (34 из них в журналах из списка ВАК), а также более 50 тезисов в сборниках трудов конференций. Список публикаций проверен, все они принадлежат А.М. Мерзликину.

#### Основные работы:

1. A.P. Vinogradov, A.M. Merzlikin, Phys. Rev. E. – 2004. – Vol. 70. – P. 026610.
2. A.M. Merzlikin et al., Phys. Rev. E. – 2005. – Vol. 72. – P. 046603.
3. A.M. Merzlikin, A.P. Vinogradov et al., JMMM – 2006. – Vol. 300. – P. 108.
4. A.M. Merzlikin, A.P. Vinogradov, Optics Comm. – 2006. – Vol. 259. – P. 700.
5. A.P. Vinogradov, A.V. Dorofeenko, S.G. Erokhin, M. Inoue, A.A. Lisyansky, A.M. Merzlikin et al., Phys. Rev. B. – 2006. – Vol. 74. – P. 045128.
6. A.M. Merzlikin, A.P. Vinogradov, et al., Physica B: 2007. – Vol. 394. – P. 277.
7. T. Goto, A.V. Dorofeenko, A.M. Merzlikin, et al., Phys. Rev. Lett. – 2008. – Vol. 101. – P. 113902.
8. A.M. Merzlikin, et al., Phys. Rev. B. – 2009. – Vol. 79. – P. 195103.
9. T. Goto, A.V. Baryshev, M. Inoue, A.V. Dorofeenko, A.M. Merzlikin et al., Phys. Rev. B. – 2009. – Vol. 79. – P. 125103.

10. А.П. Виноградов, А.В. Дорофеев, А.М. Мерзликин, А.А. Лисянский, УФН. – 2010. – Т. 180. – С. 249.
11. A.I. Ignatov, A.M. Merzlikin et al., Phys. Rev. B. – 2011. – Vol. 83. – P. 224205.
12. A. Chakravarty, M. Levy, A.A. Jalali, Z. Wu, and A.M. Merzlikin, Phys. Rev. B. – 2011. – Vol. 84. – P. 094202.
13. A.I. Ignatov, A.M. Merzlikin et al., Materials. – 2012. – Vol. 5. – P. 1055.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. д.ф.-м.н. **М.Ф. Лимонов**, главный научный сотрудник ФТИ им А.Ф. Иоффе, – отзыв положительный, с замечаниями:
  - в работе не приведены оценки влияния поглощения на наблюдаемые эффекты;
2. д.ф.-м.н. **Е.А. Ганьшина**, ведущий научный сотрудник, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, – отзыв положительный, с замечаниями:
  - в главе 3 недостаточно исследован вопрос о добротности оптического таммовского состояния в СВЧ области. В оптической области частот согласование эксперимента и теории почти идеальное (см. Рис. 9 на стр. 17), а в СВЧ области хорошо совпадает только частота резонанса, а его добротность кажется значительно ниже рассчитанной методом матриц переноса (см. Рис. 11 на стр. 18).
3. д.ф.-м.н. профессор, чл.-корр. РАН **Е.Л. Ивченко**, главный научный сотрудник ФТИ им А.Ф. Иоффе, – отзыв положительный, без замечаний;
4. д.ф.-м.н., профессор **В.Г. Веселаго**, заведующий лабораторией магнитных материалов ИОФ РАН, – отзыв положительный, без замечаний;
5. д.ф.-м.н., профессор **В.И. Балыкин**, заведующий лабораторией лазерной спектроскопии Института спектроскопии РАН, – отзыв положительный, без замечаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается проводимыми ими исследованиями, непосредственно связанными с темой диссертации.

Выбор д.ф. - м.н. Городничева Е.Е. в качестве оппонента обосновывается тем, что он является ведущим ученым в области исследования диффузии поляризованного излучения и автором работ, посвященных рассеиванию поляризованного излучения в неупорядоченных средах:

1. Gorodnichev E. E., et al., Impact of wave polarization on long-range intensity correlations in a disordered medium// JOSA A – 2016. – Vol. 33. – P. 95-106.



2. Gorodnichev E. E. et al., Depolarization coefficients of light in multiply scattering media// Phys. Rev. – 2014. – Vol. 90. – P. 043205.
3. Gorodnichev E. E. et al., Imaging through turbid media by polarized light// Laser Physics. - 2012. - Vol. 22. - P. 566-574.

Выбор д.ф. - м.н. Калитеевского М.А. в качестве оппонента обосновывается тем, что он является ведущим ученым в области исследования распространения электромагнитных волн в фотонных кристаллах и неупорядоченных средах и автором множества работ, посвященных оптическим состояниям, влиянию беспорядка на свойства фотонных кристаллов и андерсоновской локализации света:

1. Kaliteevski M. A., et al., Experimental Demonstration of Reduced Light Absorption by Intracavity Metallic Layers in Tamm Plasmon-based Microcavity// Plasmonics. - 2015.- Vol. 10. - P. 281-284.
2. Kaliteevski M. A., et al., Reduced absorption of light by metallic intra-cavity contacts: Tamm plasmon based laser mode engineering// Tech. Phys. Lett. - Vol. 39. - P. 698-701.
3. Little C. E., et al., Tamm plasmon polaritons in multilayered cylindrical structures// Phys. Rev. B. - 2012. - Vol. 86. - P. 235425.

Выбор д.ф. - м.н. Мурзиной Т.В. в качестве оппонента обосновывается тем, что она является признанным специалистом в области распространения электромагнитных волн в электро- и магнитооптических средах, а также является автором множества работ, посвященных фотонным кристаллам:

1. I.A. Kolmychek, et al., Magneto-optical response of two-dimensional magnetic plasmon structures based on gold nanodiscs embedded in a ferrite garnet layer // JETP Lett. - 2015. - Vol. 102. - P. 46.
2. S.E. Svyakhovskiy, et al., Experimental demonstration of selective compression of femtosecond pulses in the Laue scheme of the dynamical Bragg diffraction in 1D photonic crystals// Opt. Express - 2014. - Vol. 22. - P. 31002.
3. S.E. Svyakhovskiy, et al., Observation of the temporal Bragg-diffraction-induced laser-pulse splitting in a linear photonic crystal// Phys. Rev. A. - 2012. - Vol. 86. - P. 013843.

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН в качестве ведущей организации обусловлен тем, что данный институт является

многопрофильной организацией, проводящей обширные исследования, в том числе по тематике диссертации. В частности, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН является ведущей организацией по исследованию электрооптических и магнитооптических материалов. Основные публикации сотрудников ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, близкие по тематике к диссертации:

1. Morozova M. A., et al., Band gap control in a line-defect magnonic crystal waveguide // APL. - 2015. - Vol. 107. - P. 242402.
2. Mruczkiewicz M., et al., Observation of magnonic band gaps in magnonic crystals with nonreciprocal dispersion relation// Phys. Rev. B. - 2014. - Vol. 90. - P. 174416.
3. Kozina O.N., Mel'nikov L.A., Determination of the possibility of controlling the optical properties of dielectric photonic-crystal fibers with semiconductor inclusions // Opt. and Spectroscopy. - 2013. - Vol. 114. - P. 899.
4. Filimonov Y., Pavlov E., Vystotskii S. et al., Magnetostatic surface wave propagation in a one-dimensional magnonic crystal with broken translational symmetry // APL. - 2012. - Vol. 101. - P. 242408.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

1. Разработана теория когерентного распространения поляризованных волн в анизотропных и гиротропных фотонных кристаллах и случайных слоистых средах.
2. Впервые показано, что при намагничивании фотонного кристалла происходит гибридизации блоховских волн немагнитного фотонного кристалла.
3. Для двумерного фотонного кристалла впервые показано существование направлений, вдоль которых эффект Фарадея не подавлен анизотропией.
4. Предсказано формирование поляризационно-вырожденной запрещенной зоны при намагничивании фотонного кристалла, обладающего анизотропией и содержащего магнитооптические компоненты.
5. Предсказано формирование электродинамического аналога таммовского состояния на границе фотонного кристалла и слоя отрицательной проницаемости. Предсказанный эффект подтвержден экспериментально.
6. Предсказан эффект гигантского отклонения направления распространения излучения при намагничивании фотонного кристалла.
7. Впервые проведено исследование андерсоновской локализации поляризованного излучения в случайно-анизотропных средах.



8. Предложен метод описания когерентного распространения и андерсоновской локализации электромагнитных волн в неоднородных слоистых средах с помощью эффективного показателя преломления.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

- Получены условия гибридизации волн в фотонных кристаллах, содержащих магнитооптические включения. Показано, что гибридная блоховская волна содержит гармоники разной поляризации.
- Показано, что поляризационно-вырожденная запрещенная зона возникает одновременно для обоих собственных решений и формируется внутри бриллюэновской зоны. Существование таких зон непосредственно связано с векторной природой электромагнитных волн, поэтому они не имеют аналога в квантовой теории твердого тела.
- Предсказано усиление эффекта Фарадея на частоте оптического таммовского состояния. В области СВЧ предсказана возможность управления частотой таммовского состояния при помощи внешнего магнитного поля.
- Впервые показано, что эффект существенного отклонения направления распространения прошедшей волны при малом отклонении направления падающей волны или при намагничивании структуры можно реализовать на слоистой системе с нанесенной на ее поверхность дифракционной решеткой.
- Впервые показано, что в многослойной структуре с одинаковым характеристическим импедансом длина локализации не зависит от поляризации падающего излучения.
- Впервые показана стохастизация поляризации волны по мере распространения вглубь системы случайно ориентированных анизотропных слоев.
- Впервые показано, что в слоистых системах эффективный показатель преломления самоусредняется при любых соотношениях длины волны и размера неоднородности.

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

- в работе показана возможность управлять направлением, поляризацией и интенсивностью излучения, распространяющегося в фотонном кристалле, при помощи внешних электрических и/или магнитных полей;
- на основе расчетов, приведенных в диссертации, в СВЧ диапазоне продемонстрировано селективное пропускание на частоте таммовского резонанса.

Показана возможность управления частотой таммовского резонанса при помощи внешнего магнитного поля;

- в оптическом диапазоне за счет увеличения эффекта Фарадея на частоте таммовского состояния показана возможность управления поляризацией излучения;
- в слоистых средах предсказана возможность существенного отклонения направления распространения излучения при малом отклонении угла падения или при намагничивании структуры;
- предложено создание управляемого внешним электрическим полем оптического фильтра на основе планарного гофрированного волновода из электрооптического материала.

Результаты работы могут быть использованы для разработки и создания различных оптических и оптомеханических наноразмерных приборов и устройств, в частности, для:

- управляемых магнито- и электрооптических фильтров и устройств на их основе (в частности, магнитооптических затворов и пространственных модуляторов света);
- управляемых разветвителей и циркуляторов;

Результаты исследования могут быть рекомендованы для использования в НИУ ИТМО, ФИАН, ИОФАН, НИЯУ МИФИ, в МГУ им. М.В. Ломоносова, в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе, а также в других научных учреждениях в проводимых в указанных организациях исследованиях, посвященных оптике наноструктур, оптоинформатике и нанофотонике.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- расчетно-теоретические исследования построены на общепризнанных законах электродинамики и оптики. Они согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;
- формирование предсказанного таммовского состояния и усиления эффекта Фарадея на частоте этого состояния подтверждено экспериментально;
- идеи диссертационной работы основаны на анализе и обобщении передового опыта работы других научных групп и лабораторий;
- результаты работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, некоторые расчеты легли в основу экспериментальных работ.



**Личный вклад соискателя** состоит в выборе темы исследования, постановке задачи, численном моделировании и анализе полученных результатов. Подготовка основных публикаций по выполненной работе осуществлялась автором лично или совместно с соавторами при существенном или определяющем вкладе соискателя. Апробация результатов исследования проводилась на более чем 30 российских и международных конференциях, в которых соискатель принимал личное участие.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация, являясь важным научным достижением в электродинамике фотонных кристаллов и неупорядоченных сред, представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013.

На заседании от 10.06.2016 диссертационный совет ДМ 002.262.01 принял решение присудить Мерзликину А.М. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 18 докторов наук по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета ДМ 002.262.01  
д.ф.-м.н., профессор, академик РАН

Лагарьков А.Н.

Ученый секретарь диссертационного совета ДМ 002.262.01  
к.ф.-м.н.

Кугель К.И.

10.06.2016

