

Заключение диссертационного совета МГУ.013.4
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 20 апреля 2023 г. № 5.

О присуждении Фролову Александру Юрьевичу гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия кремниевых наноантенн и магнитооптическая спектроскопия плазмонных наноантенн» по специальности 1.3.19 — «Лазерная физика» (по физико-математическим наукам) принята к защите диссертационным советом 2 марта 2023 г., протокол № 2.

Соискатель Фролов Александр Юрьевич 1991 года рождения, в 2013 году окончил физический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, в 2018 окончил аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

С 2020 года по настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника на кафедре квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, профессор Федянин Андрей Анатольевич, заведующий кафедрой нанофотоники физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- 1) Тиходеев Сергей Григорьевич – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, кафедра общей физики и физики конденсированного состояния вещества, профессор;
- 2) Барышев Александр Валерьевич – доктор физико-математических наук, Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики имени Н. Л. Духова», оптическая лаборатория, начальник оптической лаборатории;
- 3) Магницкий Сергей Александрович – кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, кафедра общей физики и волновых процессов, доцент; —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 научных публикаций, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М. В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.19. Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. **Frolov A. Yu.**, Verellen N., Li J., Zheng X., Paddubrouskaya H., Denkova D., Shcherbakov M. R., Vandebosch G. A. E., Panov V. I., Van Dorpe P., Fedyanin A. A., Moshchalkov V. V. Near-field mapping of optical Fabry–Perot modes in all-dielectric nanoantennas // Nano Letters — 2017. — v. 17. — p. 7629–7637, **WoS JIF = 12.08**. Вклад автора 75%.

2. **Frolov A. Yu.**, Van de Vondel J., Panov V. I., Van Dorpe P., Fedyanin A. A., Moshchalkov V. V., Verellen N. Probing higher order optical modes in all-dielectric nanodisk, -

square, and -triangle by aperture type scanning near-field optical microscopy // *Nanophotonics*.— 2022. — v. 11. — p. 543–557, **WoS JIF = 7.92**. Вклад автора 75%.

3. **Frolov A. Yu.**, Shcherbakov M. R., Fedyanin A. A. Dark mode enhancing magneto-optical Kerr effect in multilayer magnetoplasmonic crystals // *Physical Review B*. — 2020. — v. 101. — pp. 045409, **WoS JIF = 3.91**. Вклад автора 75%.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва – все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области лазерной физики и спектроскопии, а также взаимодействия излучения с веществом и имеют публикации по схожей тематике. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи, имеющей значение для развития лазерной физики. Показано, что сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия в режиме на пропускание излучения суперконтинуума пространственно разрешает поля оптических мод Ми и Фабри-Перо высокого порядка с различной симметрией в кремниевых наноплазмонных структурах с формой стержня и призм, имеющих круглое, квадратное и треугольное основание. Показана возможность усиления магнитоиндуцированной модуляции коэффициента пропускания магнитоплазмонного кристалла на основе периодического массива Au/Ni/Au наноплазмонных структур за счет возбуждения поверхностных решеточных мод с четной и нечетной пространственной симметрией.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М. В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Полученные результаты имеют большое значение для фундаментальных исследований в области взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, в создании эффективных наноплазмонных устройств, преобразующих лазерное излучение из дальнего поля на субволновые пространственные масштабы и обратно. Результаты работы могут быть использованы для усиления нелинейно-оптических и магнитооптических эффектов, для усиления эффективности излучения квантовых точек, флуоресцентных молекул и для управления диаграммой направленности их излучения, а также для создания сенсоров, наноплазмонных лазеров и других оптических элементов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Показано, что

1. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия апертурного типа в режиме на пропускание позволяет селективно возбуждать ТЕ- и ТМ-поляризованные мультипольные моды Ми и моды Фабри-Перо высокого порядка в кремниевых наноплазмонных структурах, в том числе те, которые не могут быть возбуждены плоской электромагнитной волной при нормальном падении.

2. Пространственные положения апертурного зонда, в которых наиболее эффективно возбуждаются ТЕ- (ТМ-) поляризованные мультипольные моды Ми и моды Фабри-Перо высокого порядка в кремниевых наноплазмонных структурах в форме стержней и призм, соответствуют пучностям электрического (магнитного) поля.

3. Излучение ТЕ (ТМ) мод Фабри-Перо кремниевых наностержней и излучение, распространяющееся от апертурного зонда, интерферируют конструктивно (деструктивно). Для ТЕ мод пучности поперечной компоненты электрического поля расположены в области максимумов на СБОМ изображениях, а для ТМ мод пучности поперечной компоненты магнитного поля — в области минимумов.

4. Усиление магнитоиндуцированной модуляции коэффициента пропускания магнитоплазмонного кристалла на основе одномерного периодического массива трехслойных наноплазмонных антенн Au/Ni/Au при возбуждении поверхностной решеточной моды второго порядка превышает по величине усиление, обусловленное возбуждением поверхностной решеточной моды третьего порядка.

На заседании 20 апреля 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Фролову Александру Юрьевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них **8** докторов наук по специальности 1.3.19 – «лазерная физика» (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **17**, «против» — **0**, недействительных голосов — **0**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.4
доктор физико-математических наук,
профессор

Андреев Анатолий Васильевич

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ.013.4
кандидат физико-математических наук

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 20 апреля 2023 г.