

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

Решение диссертационного совета от 26 февраля 2025 г. № 1

О присуждении Зубюк Варваре Владимировне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Эффекты оптического переключения и насыщения поглощения в метаповерхностях на основе арсенида галлия и германия» по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом 25 декабря 2024 г., протокол № 15.

Соискатель Зубюк Варвара Владимировна, 1989 года рождения, в 2017 г. окончила очную аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика».

Соискатель работает инженером на кафедре нанофотоники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

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

Научный руководитель:

Федянин Андрей Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор, проректор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», заведующий кафедрой нанофотоники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- Потёмкин Фёдор Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, профессор кафедры общей физики и волновых процессов;
- Кудряшов Сергей Иванович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией лазерной нанофизики и биомедицины;
- Жигунов Денис Михайлович, кандидат физико-математических наук, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский

институт науки и технологий», ведущий научный сотрудник Центра инженерной физики

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области лазерной физики и нелинейной оптики и имеют публикации по этой тематике. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, из них 6 работ по теме диссертации, в том числе 5 научных статей общим объемом 3,05 п.л., опубликованных 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. Лазерная физика (физико-математические науки) и 1 патент объемом 0.9 п.л., по решению диссертационного совета приравненный к публикации по теме диссертации. Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии.

1. P. A. Shafirin, V. V. Zubyuk, A. A. Fedyanin, M. R. Shcherbakov. Nonlinear response of Q-boosting metasurfaces beyond the time-bandwidth limit // *Nanophotonics*. — 2022. — т. 11, No 17. — с. 4053—4061. WoS JIF = 6.5 / 0.56 п.л. / вклад соискателя 10%.

2. V. V. Zubyuk, P. A. Shafirin, M. R. Shcherbakov, G. Shvets, A. A. Fedyanin. Externally driven nonlinear time-variant metasurfaces // *ACS Photonics*. — 2022. — т. 9, No 2. — с. 493—502. WoS JIF = 6.5 / 0.62 п.л. / вклад соискателя 65%.

3. V. Zubyuk, L. Carletti, M. Shcherbakov, S. Kruk. Resonant dielectric metasurfaces in strong optical fields / *APL Materials*. — 2021. — т. 9, No 6. — с. 060701. WoS JIF = 5.3 / 0.94 п.л. / вклад соискателя 15%.

4. V. V. Zubyuk, P. P. Vabishchevich, M. R. Shcherbakov, A. S. Shorokhov, A. N. Fedotova, S. Liu, G. Keeler, T. V. Dolgova, I. Staude, I. Brener, A. A. Fedyanin. Low-power absorption saturation in semiconductor metasurfaces // *ACS Photonics*. — 2019. — т. 6, No 11. — с. 2797—2806. WoS JIF = 6.5 / 0.56 п.л. / вклад соискателя 80%.

5. M. R. Shcherbakov, S. Liu, V. V. Zubyuk, A. Vaskin, P. P. Vabishchevich, G. Keeler, T. Pertsch, T. V. Dolgova, I. Staude, I. Brener, A. A. Fedyanin. Ultrafast all-optical tuning of direct-gap semiconductor metasurfaces // *Nature Communications*. — 2017. — т. 8, No 17. — с. 1—6. WoS JIF = 14.7 / 0.37 п.л. / вклад соискателя 55%.

6. Патент: Зубюк В.В., Щербаков М.Р., Вабищевич П.П., Шарипова М.И., Долгова Т.В., Федянин А.А. Способ полностью оптической модуляции с помощью микрорезонансных структур на основе прямозонных полупроводников : пат. 2653187 Рос. Федерация, МПК G 02 F 1/01, B 82 Y 99/00 / No 2016151249; заявл. 26.12.2016; опубл. 07.05.2018 Бюл. No 13. / 0.9 п.л. / вклад соискателя 80%.

На диссертацию и автореферат поступило два дополнительных отзыва, все положительные.

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 и нелинейной оптики. Диссертационная работа посвящена экспериментальному исследованию фотоиндуцированного изменения оптического отклика метаповерхностей под действием фемтосекундного лазерного излучения. Исследован эффект насыщения поглощения в полупроводниковых метаповерхностях и экспериментально показано усиление модуляции коэффициента отражения в зависимости от интенсивности падающего излучения с энергией больше ширины запрещенной зоны GaAs при возбуждении резонансов Ми-типа вблизи края запрещенной зоны. В схеме фемтосекундной спектроскопии “накачка-зондирование” показано оптическое переключение в метаповерхностях на основе арсенида галлия, проявляющееся в пикосекундной модуляции коэффициента отражения и спектральном сдвиге оптического резонанса. В метаповерхности на основе аморфного германия, поддерживающей высокочастотные моды, продемонстрировано фемтосекундное полностью оптическое переключение на основной частоте зондирующего излучения и генерированного в частицах аморфного германия сигнала третьей гармоники.

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.

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:

1. Отражение света от метаповерхностей из нанодисков арсенида галлия зависит от интенсивности падающего излучения с энергией больше ширины запрещенной зоны, что обусловлено эффектом насыщения поглощения и спектральным сдвигом профиля резонанса типа Ми вблизи края запрещенной зоны полупроводника при плотности энергии меньше 180 мкДж/см^2 . Изменение коэффициента отражения на порядок больше, чем для объемного арсенида галлия или неструктурированной пленки при одинаковой плотности энергии падающих фемтосекундных лазерных импульсов.

2. Пикосекундное фотоиндуцированное переключение коэффициента отражения метаповерхности из нанодисков арсенида галлия усиливается за счет возбуждения резонансов Ми-типа. Глубина модуляции коэффициента отражения $\Delta R/R$ достигает значения 0,9 при плотности энергии фемтосекундного импульса накачки 380 мкДж/см^2 .

3. Фемтосекундное фотоиндуцированное изменение оптических свойств высокочастотной метаповерхности из аморфного германия приводит к внутриимпульсной эволюции параметров резонанса, перераспределению спектрального

состава прошедшего излучения и фемтосекундной динамике интенсивности третьей оптической гармоники, генерируемой в полупроводнике.

На заседании 26 февраля 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Зубюк Варваре Владимировне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, участвовавших в заседании (из них **7** докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика, физико-математические науки), из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – **16**, «против» – **0**, недействительных бюллетеней – **1**.

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: 26 февраля 2025 г.