

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ФТИ 34.01.01

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

Российской академии наук

по диссертации

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.09.2023 № 7

О присуждении Геревенкову Петру Игоревичу

Гражданину Российской Федерации,

ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Сверхбыстрое лазерно-индуцированное изменение магнитной анизотропии и возбуждение распространяющихся магнитостатических волн в тонких металлических пленках» по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 29 июня 2023 г., протокол № 4, диссертационным советом ФТИ 34.01.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук, расположенном по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул. д.26. Диссертационный совет утвержден приказом директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 75, прил. 1 от 12 июля 2019 г., приказами Директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе от № 15 от 19.01.2021 г. и № 13 от 21.01.2022 г. об изменении состава диссертационного совета ФТИ 34.01.01 и приказом Директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 160 от 21.12.2021 г. о внесении изменений в шифры специальностей диссертационных советов.

Соискатель Геревенков Петр Игоревич, дата рождения – 22.01.1994 г., в 2018 году с отличием окончил программу магистратуры кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов института естественных наук и математики Уральского федерального университета им. Первого

Президента России Б.Н. Ельцина по специальности «физика». Экзамены по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния» успешно сданы соискателем в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе в 2021 году. В настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории физики ферроиков Федерального бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории физики ферроиков Федерального бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Научный руководитель – Хохлов Николай Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории ферроиков Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Павлов Виктор Владимирович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник заведующий лабораторией оптических явлений в сегнетоэлектрических и магнитных кристаллах Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, дал положительный отзыв на диссертацию, содержащий 3 замечания.

2. Чернов Александр Игоревич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией физики магнитных гетероструктур и спинтроники для энергосберегающих информационных технологий МФТИ, научный руководитель группы «Квантовая спинтроника и низкоразмерные материалы Российского квантового центра», дал положительный отзыв на диссертацию, содержащий 5 замечаний.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (СГУ) предоставила положительное заключение на диссертацию, содержащее 4 замечания. Заключение подготовлено доцентом кафедры физики открытых систем СГУ, кандидатом физико-математических наук по специальности 01.04.03, Садовниковым

Александром Владимировичем, подписано заведующим кафедрой физики открытых систем СГУ доктором физико-математических наук по специальности 01.04.03, профессором Короновским Алексеем Александровичем, утверждено доктором географических наук, профессором, ректором СГУ Чумаченко Николаем Васильевичем. В заключении указано, что содержание диссертации Геревенкова П.И. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния», а соискатель Геревенков П.И. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оба имеют ученую степень доктора наук, работают в различных организациях, не имеют ограничений, накладываемых п. 3.7 действующего Положения о присуждении ученых степеней. Выбранные оппоненты являются известными специалистами и обладают высоким уровнем компетентности в научной области, в которой выполнена диссертационная работа, что подтверждается их публикациями в рецензируемых научных журналах.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что СГУ им. Н. В. Чернышевского ведет активные исследования в различных областях физики конденсированного состояния, в частности в областях магноники и спинтроники. Отзыв подписан д.ф.м.н. Короновским Алексеем Александровичем, заведующим кафедрой физики открытых систем, специалистом в области нелинейной динамики. Сотрудники кафедры (к.ф.м.н. Садовников А. В и др.) являются одними из лидеров в РФ в области изучения спиновых волн в микро- и наноструктурах, в т.ч. оптическими методиками. В СГУ работают дисс. советы по физ.-мат. наукам по специальностям 1.3.4. – «радиофизика» и 1.3.5. - «физическая электроника».

Основное содержание диссертации представлено в 3 научных статьях, опубликованных в журналах, индексируемых в международной системе цитирования Web of Science:

1. Optical excitation of propagating magnetostatic waves in an epitaxial gallfenol film by ultrafast magnetic anisotropy change / N. E. Khokhlov, P. I. Gerevenkov, L. A. Shelukhin, A. V. Azovtsev, N. A. Pertsev, M. Wang, A. W. Rushforth, A. V. Scherbakov and A. M. Kalashnikova // Physical Review Applied. — 2019. — Vol. 12, no. 4. — P. 044044.

2. Effect of magnetic anisotropy relaxation on laser-induced magnetization precession in thin galferol films / P. I. Gerevenkov, D. V. Kuntu, Ia. A. Filatov, L. A. Shelukhin, M. Wang, D. P. Pattnaik, A. W. Rushforth, A. M. Kalashnikova and N. E. Khokhlov // Physical Review Materials. — 2021. — Vol. 5, no. 9. — P. 094407. 20

3. Unidirectional propagation of spin waves excited by femtosecond laser pulses in a planar waveguide / P. I. Gerevenkov, Ia. A. Filatov, A. M. Kalashnikova and N. E. Khokhlov // Physical Review Applied. — 2023. — Vol. 19, no. 2. — P. 024062.

На автореферат поступило 5 отзывов.

Отзыв кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника БУН Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрОРАН Бессонова Владимира Дмитриевича положительный, содержит 2 замечания:

- В разделе 2.4 показано изменение частоты магнитных колебаний со временем, связанным с выравниванием температуры после локального нагрева. Для этого используется метод окон Ханна. Однако более логичным было использовать вейвлет-преобразование для восстановления функции частоты от времени.
- В разделе 4.5 показаны виды возбуждения волн в волноводе в зависимости от напряжённости внешнего магнитного поля. Выбор полей следует из рисунка 6 (а,б). Однако второе поле 40 мТ не совпадает с пиком рисунка 6б. Хотелось бы пояснить такой выбор напряжённости магнитного поля.

Отзыв доктора физико-математических наук, профессора кафедры экспериментальной физики Физико-технического института ФГАОУВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» Бержанского Владимира Наумовича положительный, замечаний не содержит.

Отзыв доктора физико-математических наук, профессора кафедры наноэлектроники физико-технологического института, зав. Лабораторией фемтосекундной оптики для нанотехнологий РТУ МИРЭА Мишиной Елены Дмитриевны положительный, замечаний и вопросов не содержит.

Отзыв доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника лаборатории оптических явлений в сегнетоэлектрических и магнитных кристаллах ФТИ им. А.Ф. Иоффе Писарева Романа Васильевича положительный, замечаний и вопросов не содержит.

Отзыв кандидата физико-математических наук, зав. Лабораторией магнитооптических исследований НОЦ «УМБП» БФУ им. И. Канта Беляева Виктора Константиновича положительный, замечаний и вопросов не содержит.

Диссертационный совет отмечает, что в рамках выполненных соискателем комплексных экспериментальных исследований, теоретических расчетов и микромагнитного моделирования соискателем были получены следующие основные результаты:

1. Установлено время релаксации параметров магнитокристаллической анизотропии после импульсного лазерно-индуцированного нагрева в тонких плёнках галфенола, и показано, что оно составляет 400 – 800 пс в зависимости от толщины плёнки. Показано, что после возбуждения фемтосекундным лазерным импульсом тонкой плёнки галфенола в процессе релаксации выполняется степенной закон для зависимости эффективных параметров магнитокристаллической анизотропии от намагниченности насыщения. Для плёнок с толщинами 5 и 10 нм показатель степени составляет 4.7 и 8.7, соответственно. Показано влияние такой релаксации на частотные характеристики возбуждаемой прецессии намагниченности.
2. Показано, что при воздействии сильно сфокусированных фемтосекундных лазерных импульсов на тонкую плёнку галфенола термическое изменение параметров магнитокристаллической анизотропии приводит к возбуждению распространяющихся магнитостатических волн. Продемонстрирован потенциал пленок галфенола для использования в устройствах магноники. Показано, что параметры лазерно-индуцированных спин-волновых пакетов в этом материале сопоставимы с параметрами спиновых волн в применяемых в магнонике металлических материалах. Экспериментальные значения длины распространения

поверхностных магнитостатических волн составили до 3.4 мкм, что сопоставимо с результатами для плёнок пермаллоя.

3. Предложен метод лазерно-индуцированной генерации однонаправленных спино-волновых пакетов в волноводе. Вклады дипольных полей вблизи краёв волновода и нарушение симметрии возбуждения при приближении области накачки к краю волновода приводит к амплитудной невзаимности возбуждаемых волн. В одиночном волноводе такая невзаимность при приближении области возбуждения к краю достигает более 90 %. Приближение области возбуждения к противоположному краю волновода приводит к смене направления распространения волны на противоположное.

Все научные результаты являются новыми и имеют фундаментальную значимость для развития магноники, в частности, для внедрения в магнонные элементы нового принципа управления спиновыми волнами - на основе сверхбыстрого лазерного возбуждения.

Полученные результаты позволили соискателю сформулировать и защитить следующие положения:

1. В плёнках ферромагнитного сплава галфенола ($\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$) начиная с момента установления термодинамического равновесия между спиновой и решёточной подсистемами после сверхбыстрого лазерно-индуцированного нагрева выполняется степенной закон для соотношения между намагниченностью насыщения и параметром магнитной анизотропии. Значение показателя степенного закона в случае тонких плёнок галфенола отличается в меньшую сторону от значения для объемного материала и зависит от толщины пленки.
2. При значении времени релаксации магнитных параметров материала после сверхбыстрого лазерно-индуцированного нагрева порядка периода возбуждаемой прецессии намагниченности происходит смещение центральной частоты прецессии со временем после возбуждения.
3. Сверхбыстрое лазерно-индуцированное термическое изменение магнитокристаллической анизотропии приводит к возбуждению распространяющихся магнитостатических волн в тонкой ферромагнитной плёнке галфенола. Частота, амплитуда и длина

свободного пробега возбуждаемых магнитостатических волн, распространяющихся перпендикулярно внешнему магнитному полю, зависят от угла между внешним полем и осями магнитной анизотропии образца.

4. Сверхбыстрое лазерно-индуцированное термическое изменение магнитных дипольных полей вблизи краёв волновода на основе ферромагнитного металла позволяет возбуждать распространяющиеся магнитостатические волны. Нарушение симметрии возбуждения вблизи края структуры приводит к амплитудной невзаимности возбуждаемых волн, распространяющихся в противоположных направлениях вдоль оси волновода. Невзаимность достигает значений более 90 % и меняет знак при смещении области возбуждения к противоположному краю волновода.

Достоверность представленных в диссертации результатов и обоснованность положений основываются на хорошем согласии между экспериментальными данными и результатами теоретического анализа или микромагнитного моделирования, а также на соответствии выводов и заключений, сделанных в работе, с современными представлениями в данной области физики конденсированного состояния.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории физики ферроиков ФТИ им. А.Ф. Иоффе, на международных школах, конференциях и симпозиумах, в том числе наиболее важных: Международная научная конференция Новое в магнетизме и магнитных материалах НМММ-2021, Москва 1 – 8 июля, 2021, JEMS2020, Лиссабон (онлайн) 7-11 декабря, 2020, Magnetism and Magnetic Materials Conference, 2 — 6 November 2020. Online, V International Conference on Metamaterials and Nanophotonics METANANO 2020, 14 — 18 September 2020. Online, Международная молодежная конференция Физика. СПб 2019, Санкт-Петербург 22-24 октября, 2019, XXXIII Всероссийская школа-семинар «Волновые явления: физика и применения» (Волны-2022), Москва 5-10 июня, 2022, VI International Conference on Ultrafast Optical Science (UltrafastLight-2022), Москва (онлайн) 3-7 октября, 2022, VIII Euro-Asian Symposium «Trends in MAGnetism» (EASTMAG-2022), Казань 22-26 августа, 2022.

Также следует отметить, что работа Геревенкова П.И. с соавторами заняла второе место в конкурсе молодежных работ ФТИ им. А.Ф. Иоффе 2020-2021 г.

Выбор и постановка задач, получение представленных в диссертации экспериментальных результатов, моделирование процессов осуществлены непосредственно автором или при его определяющем участии, что отмечено в тексте автореферата.

Диссертация Геревенкова П.И. является законченным научным исследованием, вносящим существенный вклад в развитие таких актуальных направлений современной физики как магнетика, ферромагнетизм и спинтроника.

На заседании 21 сентября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Геревенкову П.И. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 12 докторов наук по специальности 1.3.8 - «физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

Кусраев Юрий Георгиевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

PhD

Калашникова Александра Михайловна

21 сентября 2023 г.