

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Петра Игоревича Геревенкова «Сверхбыстрое лазерно-индуцированное изменение магнитной анизотропии и возбуждение распространяющихся магнитостатических волн в тонких металлических пленках», представленной на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Основой диссертационной работы П. И. Геревенкова является исследование динамических магнитных свойств тонких металлических пленок ферромагнитного сплава – галфенола. В работе П. И. Геревенкова экспериментально подробно исследовано воздействие сверхбыстрого лазерно-индуцированного нагрева на параметры релаксации намагниченности и магнитной анизотропии, возбуждение прецессии намагниченности и распространяющихся магнитостатических волн в тонких пленках сплава FeGa. Полученные экспериментальные результаты послужили основой для теоретического исследования – микромагнитного моделирования лазерно-индуцированных распространяющихся магнитостатических волн в одиночном волноводе на основе ферромагнитной пленки пермаллоя. Данное теоретическое исследование позволило предсказать новый эффект однонаправленного распространения лазерно-индуцированных магнитостатических волн в волноводе. Полученные в работе результаты имеют как фундаментальную значимость в области современного магнетизма, так и практическую ценность для создания новых устройств в сфере информационных технологий. Использование импульсных лазерных методов возбуждения и детектирования распространяющихся спиновых волн, а также управление их параметрами светом представляют собой актуальные задачи для конструирования устройств магноники и магнитооптики.

Целью диссертационной работы было изучение лазерно-индуцированной динамики намагниченности и параметров магнитной анизотропии в тонких металлических пленках и структурах на их основе при воздействии фемтосекундными лазерными импульсами, использование обнаруженных эффектов для генерации и управления магнитостатическими волнами. Диссертация П. И. Геревенкова состоит из введения, четырех глав и заключения. Общий объем работы – 112 страниц машинописного текста, включая 24 рисунка и 2 таблицы.

Первая глава представляет собой обзор литературы по теме диссертации. Рассмотрены методы оптического возбуждения и детектирования динамики намагниченности. Описаны основные теоретические подходы к экспериментальному определению параметров динамического поведения намагниченности при импульсном лазерном воздействии. Отдельно рассмотрено влияние релаксационных процессов после лазерно-индуцированного нагрева на параметры динамики намагниченности, имеющие большое прикладное значение. Дан краткий обзор работ по возбуждению динамики намагниченности в отдельных структурах.

Во **второй Главе** описаны экспериментальные данные, измеряемые в различные моменты времени после импульсного лазерного нагрева пленок ферромагнитного сплава FeGa. С помощью анализа магнитооптических петель гистерезиса определены зависимости от времени параметров магнитной анизотропии. Показано, что в процессе релаксации после

воздействия фемтосекундного импульса накачки выполняется степенной закон связи между намагниченностью насыщения и параметром магнитокристаллической анизотропии. При этом изменение магнитных параметров материала приводит к изменению центральной частоты прецессии с течением времени в процессе релаксации.

В **третьей Главе** обсуждаются экспериментальные данные по возбуждению распространяющихся магнитостатических волн в пленке FeGa за счет механизма термического изменения магнитной анизотропии. Продемонстрирована зависимость параметров возбуждаемой спиновой волны от направления внешнего поля в плоскости пленки. Предложено теоретическое описание наблюдаемых явлений.

Определенные экспериментально пространственные и временные зависимости магнитных параметров материала при сверхбыстром лазерно-индуцированном нагреве послужили основой для теоретического исследования в четвертой Главе диссертации. В этой главе приведены результаты микромагнитного моделирования возбуждения магнитной динамики в одиночном волноводе на основе сплава FeNi. Полученные данные демонстрируют однонаправленное распространение магнитостатической волны при приближении области оптического возбуждения к краю волновода.

В разделе **Заключение** сформулированы основные результаты диссертационной работы. Можно отметить наиболее значимые результаты:

1. После сверхбыстрого лазерно-индуцированного нагрева в тонких пленках FeGa выполняется степенной закон связи между намагниченностью насыщения и константой магнитокристаллической анизотропии.
2. Фокусирование импульсов накачки в малую область приводит к сверхбыстрому лазерно-индуцированному изменению параметра анизотропии и возбуждению распространяющихся магнитостатических волн.
3. Термического изменения анизотропии сфокусированными лазерными импульсами приводит к возбуждению распространяющихся магнитостатических волн в одиночном волноводе, приближение области оптической накачки к краю волновода способствует возбуждению однонаправленно распространяющихся спиновых волн.

Основные результаты по теме диссертации изложены в трех оригинальных статьях, опубликованных в журналах *Physical Review Applied* (2 шт.) и *Physical Review Materials* (1 шт.), а также представлены на 8 международных и российских конференциях. Полученные в работе результаты и сформулированные положения являются новыми, достоверными и обоснованными.

Результаты диссертационной работы П. И. Геревенкова и развитые в ней подходы представляют интерес как в фундаментальных исследованиях, так и прикладных задачах при использовании на практике сверхбыстрых процессов в тонких ферромагнитных пленках и структурах на их основе, в частности, при построении элементов магноники.

В качестве замечаний по работе можно отметить следующее:

1. В таблице 1 приведены времена релаксации намагниченности насыщения и параметров анизотропии для пленок FeGa с толщинами 5 нм и 10 нм. Какова физическая причина уменьшения времен релаксации параметра анизотропии K_1 и намагниченности насыщения M_s при увеличении плотности энергии накачки от 7

мДж/см² до 14 мДж/см² для пленки с толщиной 5 нм? Причем, для пленки с толщиной 10 нм наблюдается противоположная тенденция. Вполне возможно, что этих тенденций нет для обеих пленок с учетом большой ошибки измерения времен релаксации.

2. В диссертации обсуждается механизм импульсного лазерно-индуцированного нагрева и изменения за счет этого параметров магнитной анизотропии. Каким образом может быть исключен из рассмотрения нетепловой оптомагнитный эффект – обратный эффект Коттона-Мутона? Можно предположить, что в обратном эффекте Коттона-Мутона есть анизотропная – зависящая от поляризации часть и изотропная – независящая от поляризации часть, которая может в принципе превышать тепловой механизм.
3. С чем связано сильное расхождение экспериментальной и теоретической зависимостей частоты прецессии f_0 , показанной на Рис. 3.3а при магнитных полях менее 30 мТ?

Указанные замечания не снижают научной значимости и общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение: диссертационная работа П. И. Геревенкова «Сверхбыстрое лазерно-индуцированное изменение магнитной анизотропии и возбуждение распространяющихся магнитостатических волн в тонких металлических пленках» является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором на высоком научном уровне. Считаю, что данная диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор Пётр Игоревич Геревенков заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук
по специальности 01.04.07,
г.н.с., зав. лаб. оптических явлений
в сегнетоэлектрических и магнитных кристаллах,
ФТИ им. А. Ф. Иоффе.

Павлов Виктор Владимирович

05 сентября 2023 г.

Контактные данные
почтовый адрес: 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.26
телефон: +7(812)292-79-63
эл. почта: pavlov@mail.ioffe.ru