

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию Мурзина Дмитрия Валерьевича «Резонансный экваториальный эффект Керра в магнитоплазмонных кристаллах на основе пермаллоя», представленную на соискание ученой степени кандидата физика-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений

Исследования в области практического приложения магнитооптических материалов и изучения изменения их магнитных свойств при микро- и наноструктурировании и/или при физико-химическом воздействии на них актуальны для разработки оптико-электронных устройств. Внимание уделяется изучению свойств слоистых наноструктур – благородный металл/ферромагнитный металл, так называемых магнитоплазмонных кристаллов. В таких наноструктурах локальное увеличение амплитуды электрического поля падающей волны на границе раздела металлов приводит к значительному росту магнитооптического отклика. В настоящее время технологические возможности позволяют изготовление наноструктур из различных материалов с периодами на масштабе 100 нм и толщинами функциональных слоёв на масштабе 1 нм.

Данные возможности демонстрируются в диссертационной работе Мурзина Д.В., где проведено исследование влияния параметров 1D и 2D магнитоплазмонных кристаллов на основе магнитомягкого сплава (пермаллоя) на их магнитные, оптические и магнитооптические свойства. Работа имеет и прикладную направленность, диссертант исследует применимость наноструктур для детектирования величин и профиля слабых магнитных полей. При этом показано, что полевые зависимости гистерезиса экваториального эффекта Керра являются ключевой характеристикой наноструктурированного плазмонного слоя пермаллоя, т.е. чувствительных элементов датчиков магнитного поля. В работе демонстрируются оригинальные результаты, исследования в данном направлении актуальны так как необходим поиск новых микро- и наноструктур, позволяющих

увеличить магнитооптический отклик и применимых в качестве элементов фотонных интегральных схем и других оптико-электронных устройствах.

Структура диссертации имеет классическую форму и состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 192 наименований. Общий объем работы составляет 130 страниц, включающих 51 рисунок и 11 таблиц.

В первой главе приведен обзор основных эффектов, наблюдаемых в плазмонных и магнитоплазмонных кристаллах. Приведено описание классических видов магнитооптических эффектов и описан механизм увеличения магнитооптического отклика в геометрии экваториального эффекта Керра. Обсуждаются публикации по защищаемой тематике.

Во второй главе представлено описание использованных методов изготовления 1D и 2D магнитоплазмонных кристаллов на основе пермаллоя, приведена информация об экспериментальных установках и численных методах, использованных для изготовления образцов и изучения их магнитных, оптических и магнитооптических свойств.

Третья глава посвящена изучению и анализу результатов исследования оптических, магнитных и магнитооптических свойств 1D и 2D магнитоплазмонных кристаллов на основе пермаллоя. Показано, как изменяются эти свойства и предел чувствительности магнитоплазмонных кристаллов во внешнем магнитном поле в зависимости от параметров наноструктуры.

Достоверность результатов, представленных в работе, подтверждается использованием современного измерительного оборудования и программного обеспечения для обработки данных. Основные результаты работы были опубликованы в престижных международных научных журналах, а также представлены лично автором работы на всероссийских и международных конференциях, сомнений в должной апробации работы не возникает. Текст диссертационной работы хорошо отражает результаты

исследований и интерпретацию изучаемого эффекта в изготовленных магнитоплазмонных кристаллах.

Следует отметить, что к работе имеется ряд замечаний:

1. Магнитоплазмонные кристаллы, рассмотренные в диссертационной работе, являются плазмонными из-за свойств и серебра, и пермаллоя. Каким образом планируется дальнейшая оптимизация структуры чувствительного элемента для реализации наибольшей величины контраста ЭЭК и какова роль других параметров (толщина металлов, период, высота профиля, форма структурного элемента) наноструктур в улучшении чувствительности к внешнему магнитному полю?
2. Выводы к третьей главе не подкреплены изображениями сколов наноструктуры структуры, которые можно получить с помощью растровой электронной микроскопии.
3. На рисунках 15, 38 и 44 обсуждаются похожие системы, в чём физический смысл обращения магнитного контраста в отрицательную величину – на рис. 15, 38 (случай наиболее тонкого слоя пермаллоя) и 44 (какой образец являлся контрольным)?
4. В тексте имеется ряд опечаток, орфографических и стилистических ошибок, например: выражение 3 отсутствуют знаки плюс и минус для векторов обратной решетки; стр. 77: «...каждого поля приключения...»; стр. 103: использовано выражение «...наблюдаются широкие аномалии Вуда...», «Ширина аномалии Вуда...», вместо *спектральная* ширина.

Тем не менее, выявленные неточности и замечания не носят принципиального характера и не изменяют в целом положительную оценку полученных научных результатов. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени

М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1 — 2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что Мурзин Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

Официальный оппонент:

Начальник оптической лаборатории ФГУП «ВНИИА»

доктор физико-математических наук

Александр Валерьевич Барышев

« 03 » *декабрь* 2024 г.

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова»,

127030, Москва, ул. Сущевская, д. 22,

тел.: +7 (917) 563-88-99, e-mail: baryshev@vniia.ru

Подпись Барышева А.В. []

Учёный секретарь спец. д []

Д 74.1.002.02, к.т.н. []