

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Павлова С.И. «Резонансные оптические и магнитооптические эффекты в дифракционных структурах на основе магнетита», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Физика магнитооптических явлений является одним из важных направлений оптики, которое включает в себя, как фундаментальные исследования, направленные на изучение природы линейных и нелинейных магнитооптических явлений, так и практические приложения, связанные с управлением светом с помощью магнитного поля, считыванием или записью информации на магнитный носитель, созданием датчиков магнитных полей и т.п. В этой связи весьма актуальными представляются исследования, связанные с поиском возможностей усиления магнитооптических явлений, поскольку их величина является определяющей для эффективности работы устройств. Если в предыдущие годы работы в этой области были связаны в основном с поиском новых материалов, обладающих лучшими магнитооптическими характеристиками, то в настоящее время перспективным направлением является разработка наноразмерных структур, позволяющих усиливать магнитооптические эффекты за счет использования резонансных оптических возбуждений, связанных с проявлением поверхностных плазмонных или волноводных мод. В представленной диссертационной работе исследуются дифракционные структуры, обладающие резонансными оптическими свойствами и изучается влияние этих свойств на поперечный магнитооптический эффект Керра в пленках магнетита. Следует отметить, что пленки магнетита в настоящее время являются предметом многочисленных исследований, результаты которых

опубликованы в известных научных журналах с высоким импакт фактором.

В традиционных магнитных материалах величина эффекта Керра мала и не может быть повышена путем увеличения толщины магнитного материала. Однако, в ряде недавних работ была показана возможность существенного усиления поперечного эффекта Керра в структурах с периодически-модулированным магнитным слоем, в которых усиление магнитооптических эффектов происходит благодаря возбуждению плазмонных или волноводных резонансов. В качестве магнитного материала в этих работах использовались магнитные диэлектрики, в частности, висмутсодержащие ферриты-гранаты. Несмотря на то, что такие материалы обладают низкими оптическими потерями, получение высококачественных кристаллических слоев сопряжено с технологическими сложностями. В представленной работе в качестве магнитного материала используется магнетит, полученный оригинальным методом лазерного электродиспергирования (ЛЭД), развитым в лаборатории ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Полученные пленки магнетита демонстрируют величину поперечного эффекта Керра, сопоставимую с ферромагнитными металлами, а сам метод ЛЭД позволяет осаждать пленки на любые виды подложек, не ухудшая их оптические и магнитные характеристики. Все это указывает на новизну, актуальность работы и ее практическую значимость.

Диссертационная работа состоит из Введения, где представлено описание работы, сформулированы основные задачи работы и положения, выносимые на защиту; основной части, состоящей из пяти глав, содержащих обзор литературы, описание применявшихся в работе экспериментальных и теоретических методик и полученные результаты; Заключения, в котором приведены основные выводы работы. Объем

диссертационной работы составляет 94 страницы, включая 67 рисунков, 2 таблицы и список цитированной литературы из 102 наименований.

Обоснованность и достоверность выводов и заключений работы следует из использования автором экспериментальных и теоретических методов применявшихся в исследовании подобных структур и показавших надежность получаемых результатов.

Новизна диссертационной работы заключается в исследовании магнитооптических свойств дифракционных структур с различной геометрией на основе магнетита. В работе проведен анализ величины усиления поперечного эффекта Керра в структурах на основе материала, демонстрирующего эффект Керра в естественном состоянии. Кроме того, предложено выражение для оценки эффективности поперечного эффекта Керра, учитывающее величину эффекта и коэффициент пропускания или отражения структуры.

В результате выполнения работы автору удалось получить уникальные магнитные структуры, в которых система золотых полосок была расположена над пленкой магнетита или под пленкой на поверхности подложки. Это, а также использование магнитных пленок различной толщины позволило автору выявить влияние на величину магнитооптического эффекта, как возбуждений, связанных с проявлением поверхностного плазмонного резонанса на границе раздела золото/подложка в пленках толщиной ~ 50 нм, так и квазиволноводных резонансов в пленках толщиной ~ 200 нм. Использование автором двух различных методик для теоретических расчетов экспериментально полученных спектрально-угловых зависимостей оптических и магнитооптических явлений позволило дать надежное основание для сделанных в работе выводов. Предложенный автором показатель эффективности может быть использован для оценки магнитооптических

устройств, основанных на эффекте Керра, аналогично тому, как используется параметр “магнитооптическая добротность” в устройствах на эффекте Фарадея.

Выводы диссертационной работы и положения, выносимые на защиту, не вызывают возражений.

В качестве замечаний по диссертационной работе можно выделить следующие:

1. В работе исследованы дифракционные структуры с периодом 600 нм для возбуждения резонансов в области минимума поглощения магнетита. Возможно ли получить большее усиление эффекта Керра или эффективность при изменении периода? Проводились ли такие расчеты?

2. Термин “эффект Керра в пропускании”, в принципе, возможен, но вызывает некоторое отторжение, поскольку, согласно устоявшимся представлениям, магнитооптические эффекты Керра – это эффекты в отражении света. То, что имеется в виду – это эффект, предсказанный теоретически В.М. Маевским и Г.А. Болотиным в 1973 и обнаруженный в 1979 А.В. Дружниним, который можно описать, как нечетный поперечный магнитооптический эффект в прохождении.

3. Представляется, что в списке литературы было бы уместно привести недавний обзор по наноструктурам на основе магнетита - X. Wang et al. A review of Fe₃O₄ thin films: Synthesis, modification and applications. Journal of Materials Science & Technology, V. 34, 8, 2018, p. 1259-1272, 2018, а также дать ссылку на книгу А.К. Zvezdin, V.A. Kotov, Modern Magnetooptics and Magnetooptical Materials, 1997.

4. Поскольку работа посвящена изучению магнитоупорядоченных пленок магнетита, было бы желательно уделить чуть больше внимания магнитным свойства исследованных структур.

5. В работе показано, что структурах с золотыми полосками величина эффекта Керра увеличивается более, чем на два порядка по сравнению со структурами без полосок. Для убедительности было бы желательно показать в диссертации угловые зависимости эффекта в обоих случаях.

Несмотря на указанные замечания, они не ухудшают общее положительное впечатление от представленной работы. Результаты работы опубликованы в 5 статьях, включая высокорейтинговый Phys. Rev. B, и доложена на четырех международных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа Павлова Сергея Игоревича "Резонансные оптические и магнитооптические эффекты в дифракционных структурах на основе магнетита" отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 "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 заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат адекватно отражает представленную работу.

Официальный оппонент:
Кричевцов Борис Борисович,
доктор физ.-мат. наук,
ведущий научный сотрудник лаб.
«оптических явлений в
сегнетоэлектрических и магнитных
кристаллах»,
ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург,
194021 Политехническая улица, дом 26,
тел. +79052688469,
e.mail: boris@mail.ioffe.ru

/Б.Б. Кричевцов/