

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Четвертухина Артема Вячеславовича

«Резонансный магнитооптический эффект Керра в субволновых двумерных плазмонных решетках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.05 – «Оптика» и 01.04.11 – «Физика магнитных явлений»

Магнитоплазмоника является областью научного знания на пересечении магнитооптики и плазмоники. Резонансы плазмонных возбуждений, таких как поверхностные плазмон-поляритоны, локальные плазмоны и другие, позволяют наблюдать резонансное усиление магнитооптических эффектов. Этим фактом обуславливается актуальность работы. Магнитооптические резонансы могут находить применение в оптических модуляторах для телекоммуникации и высокочувствительных сенсорах жидкостей, газов, магнитного поля и пр., что подтверждает актуальность тематики диссертации.

Введение диссертации содержит указание актуальности, новизны, практической значимости, а также цели и задачи работы.

Первая глава представляет собой литературный обзор, освещающий проблемы магнитооптических эффектов, локальных- и поверхностных плазмон-поляритонов, а также коллективных решеточных плазмонных эффектов в периодических структурах, феномен запрещенной плазмонной зоны, текущее состояние исследований в области магнитоплазмоники и лазерной интерференционной литографии.

Вторая глава содержит результаты экспериментального исследования резонансов экваториального и меридионального магнитооптических эффектов Керра в периодических гексагональных структурах на основе никеля, связанных с возбуждением поверхностных плазмон-поляритонов. Приводятся полученные наборы спектров отражения света в s- и p-поляризациях для различных азимутальных углов и углов падения. Демонстрируется хорошее описание изменения положения плазмонных в спектрах отражения и эффекта Керра с изменением углов аналитическими выражениями решения уравнения синхронизма.

В третьей главе описываются результаты измерения так называемого экваториального эффекта Керра в геометрии на прохождении в квадратно-упорядоченных массивах золотых наносфер, расположенных в слое феррит-граната. Демонстрируется набор резонансов в спектрах пропускания, а также, соответствующих им резонансов в спектрах эффекта Керра. Приводится сравнение с результатами численного моделирования методом конечных разностей во временной области.

Четвертая глава посвящена описанию метода лазерной интерференционной литографии для изготовления магнитоплазмонных структур с двумерной и одномерной периодичностью. Демонстрируются серии полученных образцов с различной глубиной модуляции профиля

структуры, приводится характеристика методами АСМ и РЭМ полученных образцов. Исследованы способы получения периодических структур различных конфигураций — решеточного либо островкового типа, а также контроля глубины модуляции профиля структуры. Разработаны техники для минимизации разброса технологических параметров для серии изготовленных образцов, такие как изготовление серии различных образцов на одной подложке с единоразовым нанесением фоторезиста.

В заключении содержится описание основных результатов работы.

Новизна результатов диссертации обусловлена экспериментальным наблюдением резонансов магнитооптического эффекта Керра в образцах двумерно-периодических плазмонных структур, связанных с одновременным возбуждением разнонаправленных поверхностных плазмон-поляритонов в гексагонально-упорядоченных никелевых решетках и плазмонных, а также квазиволноводных возбуждений в квадратных решетках золотых наносфер, расположенных в пленках феррит-граната на поверхности кварцевой подложки.

Результаты работы были апробированы на международных конференциях и опубликованы в журналах *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* и *Journal of Applied Physics*, а также использовались при получении патента.

Достоверность работы подтверждается адекватностью выбранных экспериментальных методик, аналитических и численных моделей, соответствием между расчетными результатами и данными эксперимента.

Рецензируемая работа состоит из введения, обзора литературы и трех оригинальных глав, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 144 страницы текста, содержит 51 рисунок и список использованной литературы, в котором присутствует 124 наименования.

К достоинствам работы относятся большой объем проделанной экспериментальной работы от модификации, автоматизации и настройки экспериментальных установок до обработки массивов полученных экспериментальных данных по детектированию интенсивностных магнитооптических эффектов с величинами порядка 10^{-3} — 10^{-4} и поляризационных величинами порядка 0.1° . Также к достоинствам относится детальная экспериментальная проработка методики лазерной интерференционной литографии для изготовления двумерно- и одномерно-периодических магнитоплазмонных образцов с различными профилями поверхности.

К недостаткам работы можно отнести:

1. В третьей главе, при исследовании взаимодействия излучения с периодической структурой на основе двумерной решетки золотых включений в матрице граната, не учтены дифракционные лепестки, возникающие в кварцевой подложке.
2. На графиках посвященных экваториальному эффекту Керра в сложных структурах не приведены значения экваториального эффекта Керра для

соответствующей однородной пленки, что затрудняет интерпретацию проявления резонансов в спектрах.

3. Поскольку в двумерных периодических структурах собственное решение - блоховская волна состоит, в том числе, и из гармоник, распространяющихся вдоль магнитного поля (направленного вдоль пленки), возможно влияние эффекта Фарадея на поляризацию прошедшей волны. Этот вопрос не исследован в диссертации.

4. В четвертой главе на рисунках 4.7 (для одномерной структуры) и 4.9 (для двумерной структуры) видно, что после удаления резиста, полученная структура имеет неоднородности вытянутые в направлении градиента высоты. Объяснение этому в диссертации не приведено.

5. Для оценки качества изготовленных структур, а также для разделения вкладов рассеянного и поглощенного излучения в наблюдаемые эффекты, было бы целесообразно измерить пространственно некогерентное (диффузионное) рассеяние.

Сделанные замечания не влияют на общую оценку, диссертационной работы, в которой присутствует новизна, актуальность, результаты которой апробированы на международных конференциях и опубликованы в международных журналах.

Диссертация отвечает требованиям пунктов 2.1 — 2.5 требований, установленным Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова к кандидатским работам по разделу физико-математических наук. Работа соответствует специальностям 01.04.05 — «Оптика» и 01.04.11 — «Физика магнитных явлений».

Соискатель Четвертухин Артем Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.05 — «Оптика» и 01.04.11 — «Физика магнитных явлений».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
ИПТЭ РАН



Мерзликин Александр Михайлович

Дата подписания

05.12.2018

Контактные данные:

тел.: +7 915 194-8562, e-mail: merzlikin_a@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.13 — «Электрофизика, электрофизические установки»

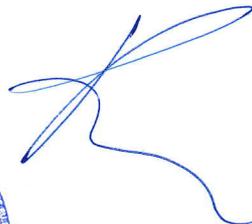
Адрес места работы:

125412 Москва, ул. Ижорская, д. 13,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (ИТПЭ РАН), лаборатория №1

Подпись **Мерзликина Александра Михайловича** удостоверяю

кандидат физ.-мат. наук,
Ученый секретарь ИТПЭ РАН



А.Т. Кунавин

