

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Вабищевич Полины Петровны "Фемтосекундная динамика оптических, магнитооптических и нелинейно-оптических эффектов в плазмонных кристаллах и кремниевых наноструктурах с резонансами Ми", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Диссертационная работа Вабищевич П.П. посвящена экспериментальному исследованию оптических, магнитооптических и нелинейно-оптических свойств наноструктурированных поверхностей. В работе исследовано несколько типов поверхностных структур: металлические структурированные поверхности, в которых возможно возбуждение поверхностных плазмон-поляритонов; магнитоплазмонные наноструктуры на основе железа; наноструктурированные поверхности содержащие нанодиски гидрогенизированного аморфного кремния, в которых возможно возбуждение резонансов Ми.

Актуальность и практическое значение работы не вызывает сомнения, так как рассматриваемые автором образцы наноструктур являются преобразователями оптического излучения, что в дальнейшем может быть использовано в лазерной, оптоволоконной и оптоэлектронных технологиях.

Научная новизна работы состоит в экспериментальном исследовании взаимодействия фемтосекундного излучения с наноструктурированными поверхностями. В частности, в работе Вабищевич П. П. впервые рассмотрена фемтосекундная зависимость магнитооптического эффекта Керра, индуцированная резонансным возбуждением поверхностных плазмон-поляритонов. Кроме того, в системе нанодисков из гидрогенизированного аморфного кремния впервые проведены измерения двухфотонного поглощения, а также показана возможность получения фемтосекундного временного отклика такой системы.

Диссертационная работа Вабищевич П.П. состоит из «Введения», 4-х глав и «Заключения». Список литературы содержит 172 ссылки. Всего работа содержит 170 страниц, материал изложен с 1 по 151 страницу. В работе 85 рисунков.

Во введении изложены актуальность исследований, научная новизна работы, практическая значимость и сформулированы положения, выносимые на защиту.

Вторая глава диссертации содержит оригинальные экспериментальные результаты по измерению преобразования огибающей фемтосекундных импульсов при отражении от плазмонных кристаллов. В работе приведены результаты измерений частотно-угловой линейной спектроскопии образцов и показано наличие резонансного возбуждения

поверхностных плазмон-поляритонов в области перестройки титан-сапфирового лазера для двух углов падения. Эти углы падения и были в дальнейшем использованы для исследования преобразования огибающей лазерных импульсов. В работе представлены экспериментальные результаты измерения кросс-корреляционных функций лазерного импульса, отраженного от плазмонной одномерной решетки и невозмущенного импульса. Экспериментальные данные сравниваются с кросс-корреляционными функциями, полученными при помощи численного моделирования, где спектральная линия резонанса поверхностных плазмон-поляритонов описывается моделью Фано.

В третьей главе диссертации рассматриваются образцы магнитоплазмонных наноструктур в виде субволновых одномерных решеток, изготовленных из железа. В таких системах возможно как возбуждение поверхностных плазмон-поляритонов, так и наблюдение магнитооптического эффекта Керра. В работе приводятся подробные измерения спектров отражения образцов, проведены измерения магнитооптического эффекта Керра и получено плазмон-индуцированное усиление. Собрана экспериментальная установка с использованием лазерного излучения с длительностью 45-55 фс. Проведены измерения огибающей интенсивностей кросс-корреляционной функции и обнаружено ее уширение, связанное с возбуждением поверхностных плазмон-поляритонов. На частоте магнитного поля измерены кросс-корреляционные функции и зарегистрировано изменение огибающей лазерного импульса, индуцированное приложенным магнитным полем. Полученные экспериментальные результаты по образцам магнитоплазмонных решеток сравниваются с аналогичными зависимостями, полученными для пленки железа, а также схемы без образца. Также проведено моделирование временной зависимости экваториального магнито-оптического эффекта Керра в магнитоплазмонных наноструктурах, индуцированной возбуждением поверхностных плазмон-поляритонов.

В четвертой главе диссертации рассматривается достаточно новая и актуальная на сегодняшний день область, связанная с возбуждением резонансов Ми в видимом диапазоне оптического излучения при помощи наночастиц с большим показателем преломления. Стоит отметить, что временной отклик таких систем ранее не рассматривался и представленные в диссертации результаты являются пионерскими. В работе рассматривается временной отклик периодического массива нанодисков, изготовленных из гидрогенизированного аморфного кремния. Измерены спектры пропускания образцов, измерена зависимость коэффициента пропускания от угла падения. Большая часть работы посвящена измерению нелинейно-оптического отклика нанодисков: показано усиление двухфотонного поглощения в образцах по сравнению с пленкой гидрогенизированного аморфного кремния более чем на порядок. При помощи методики “накачка” — “зондирование” измерено изменение

коэффициента пропускания образцов в зависимости от времени задержки между импульсами “накачки” и “зонда”. Рассмотрено два случая: случай Фурье-ограниченных импульсов, и случай линейно chirпированного импульса. Показано наличие фемтосекундного временного отклика, связанного с двухфотонным поглощением, а также показано наличие релаксации свободных носителей. Для описания процессов поведен численный расчет методом FDTD и рассмотрена роль релаксации свободных носителей во временном отклике.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Диссертация содержит очень обширный экспериментальный материал, измерено большое количество вспомогательных зависимостей. Хотелось бы отметить, что для многих экспериментов было выполнено компьютерное моделирование, хорошо совпадающее с полученными результатами.

Характеризуя работу в целом, следует отметить её высокий научный и методический уровень выполнения, большой объем исследований, большое число новых экспериментальных результатов и выводов. Оформление диссертации в целом не вызывает претензий, содержание изложено в четком и ясном стиле. Научные положения и результаты хорошо аргументированы и обоснованы. Научная новизна и достоверность результатов не вызывают сомнений. Вклад автора является определяющим на всех этапах работы.

На мой взгляд, в диссертации нет существенных недостатков. Можно отметить следующие замечания по диссертационной работе:

- При изготовлении образцов магнитоплазмонных кристаллов, на пленку железа наносилась тонкая пленка SiO_2 (стр. 92). В дальнейшем рассматриваются плазмон-поляритоны на границе железо-воздух. Наверное, нужно было обосновать малое влияние SiO_2 покрытия;
- на стр. 131 написано: «в экспериментальной установке находилась линза, которая вносит хроматические aberrации. Соответственно, смещение минимума коэффициента пропускания по координате для разных длин волны связано с продольными хроматическими aberrациями». Казалось бы, если заменить линзу на ахроматический объектив, то можно исправить этот недостаток, а заодно, проверить это предположение;
- на Рис. 31 отсутствует часть (б).

Указанные выше замечания ни в коей мере не снижают общих достоинств работы, представляющей собой законченное исследование, содержащее интересные новые результаты.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Материалы работы отражены в 5 печатных работах, опубликованы в центральном отечественном и зарубежных журналах, были доложены на 7 международных и всероссийских конференциях.

Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК

России для диссертаций, представляемых на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика, а ее автор, Вабищевич Полина Петровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент
Вед. науч. сотр., к.ф.-м.н.
23.05.2106

Мельник Николай Николаевич

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Физический институт им.
П.Н.Лебедева Российской академии наук,
119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект,
д.53, ФИАН, Лаборатория физики
неоднородных систем
e-mail melnik@sci.lebedev.ru
тел. +7(499) 132-66-55

Подпись Мельника Н.Н. заверяю
Ученый секретарь ФИАН



Цвентух Михаил Михайлович