



Утверждаю

Ректор

Балтийского федерального университета

имени Иммануила Канта

А.А. Федоров

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Хашим Хишам Мохамед Аттия Мохамед
«Магнитооптические эффекты в наноразмерных металлических
мультислоях»,

представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.07 - Физика конденсированного состояния

Актуальность исследований, проведенных в диссертационной работе

Многослойные тонкие пленки с ферромагнитными слоями представляют собой важный тип двух размерных (2D) наноструктурированных материалов для многочисленных применений. Именно в этих системах был обнаружен эффект гигантского магнитосопротивления, который играет ключевую роль в развитии спинтроники и сверхчувствительных магнитных сенсоров. Магнитные пленки также используются как среды для магнитной и магнитооптической записи. Значительный интерес к таким материалам также связан с возможностью контроля и усиления оптических эффектов за счет изменения намагниченности пленок в сочетании с возбуждением долгоживущих мод плазмонных поверхностных поляритонов.

В процессе получения тонких пленок их толщина может контролироваться достаточно точно, но физические параметры - оптические, электрические и магнитные - отличаются от свойств объемных материалов. Это обусловлено структурными изменениями, и возникает проблема определения свойств

отдельных слоев в составе пленки. В данной работе получили дальнейшее развитие эллипсометрические методы характеристики оптических параметров тонких пленок, а также методы контроля магнитооптического отклика за счет процессов интерференции с немагнитными слоями и плазмонного резонанса. Решение этих вопросов является актуальным как для фундаментальных исследований. Так и для практических применений.

Основные проблемы, рассмотренные в диссертационной работе

Свойства нанопленок могут существенно отличаться от объемных материалов, что обусловлено влиянием интерфейсов, промежуточных слоев и диффузии. Значительное внимание в данной диссертационной работе уделено усовершенствованию методов спектральной эллипсометрии и магнитооптики для исследования оптических параметров и процессов намагничивания для двух- и трехслойных пленок типа Cr/NiFe, Al/NiFe, Cr(Al)/Ge/NiFe для различных толщин слоев Cr и Al. Эллипсометрический метод определения оптических и геометрических параметров основан на минимизации функционала, образованного путем сравнения экспериментальных данных и модельных расчетов. Для магнитных пленок предложено объединение двух подходов: традиционной эллипсометрии и магнитооптики. При этом для модельных расчетов использовался общий подход в рамках представлений матричной оптики.

Следует отметить полученные результаты по влиянию толщины слоя Cr на величину и знак магнитооптического эффекта. В работе это объясняется эффектами интерференции, так как оптические свойства тонких слоев хрома (менее 20 нм) более соответствуют диэлектрическим материалам, чем металлическим. Для объяснения этого эффекта было необходимо провести эллипсометрические исследования двухслойных пленок Cr/NiFe, провести сравнения с модельными расчетами, что является крайне трудоемкой задачей- необходимые оптические параметры определяются из решения обратной задачи.

Очень интересными и практически важными являются исследования тонких ферритовых пленок с использованием поперечного эффекта Керра (ТМОКЕ на прохождение). Усиление эффекта Керра достигнуто за счет генерации поверхностных плазмонов дифракционными металлическими решетками. При резонансных условиях происходит усиление ТМОКЕ до нескольких процентов даже для пленок, толщиной порядка 20 нм. Эту методику можно использовать для исследования сверхтонких ферритовых пленок.

Теоретическая и практическая значимость

В работе представлены сбалансированные теоретические и экспериментальные исследования. Детально разрабатывается обобщенная эллипсометрическая и магнитооптическая модель, основанная на использовании характеристических матриц Абея. Показывается, что наличие недиагональной компоненты в тензоре диэлектрической проницаемости за счет намагниченности в плоскости не нарушает основные собственные моды задачи с поляризациями p и s . В результате, магнитооптический параметр легко может быть рассчитан по эллипсометрическим данным. В работе также проведено исследование условий возбуждения поверхностных плазмонов с использованием симметричных и асимметричных дифракционных решеток в приближении гладких интерфейсов.

Применения выполненных исследований уже отмечались по мере обсуждения результатов. Отметим здесь возможность использования резонансно усиленных эффектов Керра в биосенсорике и магнитометрии.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений – экспериментальные результаты получены с применением современной аппаратуры (например, спектральный эллипсометр VASE; J.A. Woollam and Co.), а теоретические – с использованием разработанных методов матричной

оптики и возбуждения плазмон-поляритонов. Кроме того, результаты опубликованы в журналах, входящих в базу данных WOS, SCOPUS, а также докладывались на российских и международных конференциях.

Автореферат дает достаточно полное представление о выполненных исследованиях.

Замечания по работе

1. Первая глава озаглавлена как литературный обзор. Между тем там приводятся оригинальные результаты по обобщенной эллипсометрической и магнитооптической модели. Следовало бы оригинальные теоретические методы выделить в отдельный раздел.
2. В качестве демонстрации выполненных исследований в Главе 2 можно было бы привести некоторые результаты энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.
3. Указано (стр. 44), что оптимальные геометрические параметры дифракционной решетки были определены из численного моделирования, однако никаких деталей этого моделирования не представлено.
4. В разделе 3.1 обсуждается влияние ультратонкого слоя Ge на оптические, магнитооптические и магнитные свойства пленок. Коэрцитивность пленок значительно зависит от наличия этого слоя. Было бы интересно проанализировать влияние промежуточного слоя других толщин.
5. Для двухслойных пленок Cr/NiFe (рис. 3.6) получено очень хорошее совпадение экспериментальных и теоретических данных, тогда как для пленок Al/NiFe расхождения составляют несколько процентов. С чем это может быть связано?
6. Рис. 2.1.- Два представленных рисунка следовало бы обозначить как а) и б). Для изображения следовало бы дать более подробный комментарий обозначений r1-r3 и c1-c7.

Заключение

Диссертационная работа Хашим Хишама выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровне, полученные результаты являются новыми, имеют научную и практическую значимости, а их достоверность не вызывает сомнений. Это позволяет утверждать, что все задачи исследования выполнены, а положения, выносимые на защиту, экспериментально доказаны.

Диссертационная работа «Магнитооптические эффекты в наноразмерных металлических мультислоях», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете "МИСиС".

Соискатель, Хашим Хишам Мохамед Аттия Мохамед заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании Ученого Совета ИФМНиИТ «02» декабря 2020 г., протокол № 7/20

Отзыв составлен д.ф.-м.н., профессором Юровым А.В.

