

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Уклеева Виктора Алексеевича «ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ ПЛЁНОК И МНОГОСЛОЙНЫХ СИСТЕМ ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИМИ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОННОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Данная работа посвящена исследованию магнитных гранулированных плёнок и многослойных структур. Несмотря на повышенный интерес к двумерным, одномерным и нульмерным магнитным структурам, в настоящее время объекты, состоящие из наночастиц, упакованных в диэлектрические матрицы, не пользуются широкой популярностью среди исследователей из-за сложности синтеза и исследования таких структур. Таким образом, научная проблема, рассматриваемая в диссертации, является важной, актуальной и открытой. Автор предлагает использование методик поверхностного рассеяния рентгеновского излучения и нейтронов для комплементарного изучения плёночных структур с неоднородностями нанометрового масштаба.

В первой главе приведен обзор литературы на тему магнетизма наночастиц и плёнок, рассмотрены методы их синтеза, обосновывается выбор конкретных объектов исследования – магниторезистивных плёнок $\text{SiO}_2(\text{Co})$ и многослойных структур металл-диэлектрик / полупроводник сложного состава.

Во второй главе даётся подробное описание экспериментальных методик, использованных в работе. Подробно излагается методика нейтронных и синхротронных экспериментов с примерами из литературы.

В третьей главе приводятся результаты исследования гранулированных плёнок $\text{SiO}_2(\text{Co})$. Магнитные свойства, исследованные с помощью SQUID-магнитометрии, были описаны в рамках структурной модели, полученной из рентгеновских и нейтронных данных. Обсуждается разделение плёнок на несколько структурных фаз с различными размерами наночастиц.

Четвертая глава посвящена исследованиям многослойных систем металл-диэлектрик / полупроводник различных составов. Магнитные свойства и электропроводность систем подвергаются анализу на основе данных о морфологии слоёв.

В заключительном разделе диссертации сформулированы выводы по

представленной работе.

В целом, диссертация представляет законченное исследование, выполненное на высоком экспериментальном уровне. Получены оригинальные результаты, имеющие практическое значение для технологии изготовления тонких слоёв содержащих наночастицы. Результаты работы широко апробированы на международных и российских научных конференциях и опубликованы в ведущих журналах. В то же время по автореферату можно сделать следующие замечания:

- В автореферате обсуждаются, но не представлены температурные и полевые зависимости намагниченности гранулированных плёнок $\text{SiO}_2(\text{Co}) / \text{GaAs}$ и $\text{SiO}_2(\text{Co}) / \text{GaAs}$, что несколько затрудняет понимание текста.
- Все подписи на рисунках выполнены на английском языке.

Несмотря на отмеченные недостатки диссертация представляет собой законченную научную работу, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соискатель, Уклеев В. А., заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Руководитель ресурсного центра
Электрофизических методов
Курчатовского комплекса
НБИКС-технологий
НИЦ «Курчатовский институт»,
к.ф.-м.н.

А.В. Емельянов

Подпись сотрудника НИЦ «Курчатовский институт» А.В. Емельянова заверяю.

Главный ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт», к.ф.-м.н. С. Ю. Стремоухов



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Уклеева Виктора Алексеевича «ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ ПЛЁНОК И МНОГОСЛОЙНЫХ СИСТЕМ ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИМИ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОННОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Диссертационная работа посвящена исследованию неоднородных магнитных плёнок методами поверхностного рассеяния поляризованных нейтронов и рентгена. Интерес к подобным объектам обусловлен возможностью их использования в высокочастотных электронных устройствах, датчиках магнитного поля и, возможно, записи и хранении информации. Развитие различных методов анализа структурного качества и операционных свойств подобных систем также является важной задачей. Таким образом, выбранная тема данной работы, безусловно, является современной и актуальной.

В первой главе приведен обзор литературы. Обсуждаются аспекты магнетизма в наночастицах и тонких плёнках, магнитотранспортные эффекты (эффект Гигантского магнитосопротивления) в гетероструктурах гранулированная плёнка / полупроводник. Приводятся способы синтеза подобных структур и результаты, полученные в ходе предыдущих исследований с использованием рентгеновских и нейтронных методов.

Во второй главе подробно описаны методы исследования с использованием поверхностного рассеяния синхротронного излучения и поляризованных нейтронов, приводятся примеры подобных исследований из литературы. Стоит отметить, что данная диссертация, фактически, является единственным русскоязычным источником, описывающим методику малоуглового рассеяния рентгена в скользящей геометрии для исследования наноразмерных неоднородностей в тонких слоях.

В третьей главе автор приводит результаты исследования гранулированных плёнок $\text{SiO}_2(\text{Co})$ на подложках из арсенида галлия и кремния. Анализ магнитных петель гистерезиса и зависимости намагниченности от температуры проведенный на СКВИД-магнитометрии

показал разделении плёнок на две магнитные подсистемы. При помощи рентгеноструктурного анализа и рассеяния поляризованных нейтронов это разделение объясняется образованием интерфейсного слоя.

В четвёртой главе приводятся данные и анализ исследований многослойных структур металл-диэлектрик / полупроводник. Обсуждаются магнитные петли гистерезиса, электрическая проводимость и структура плёнок в зависимости от толщины слоёв. Делаются выводы о корреляции вышеуказанных свойств от морфологии слоёв в многослойной структуре.

Диссертация представляет законченное исследование, выполненное на высоком уровне. Выбранные методики хорошо подходят для решения поставленных задач. Полученные результаты имеют практическое значение для создания наноструктур на основе неоднородных плёнок, кроме того, возможно расширение диапазона проводимых исследований с помощью поверхностных методов рассеяния рентгена и нейтронов. Результаты работы апробированы на научных конференциях и опубликованы в известных научных журналах Письма в ЖЭТФ, ЖЭТФ, Physical Review B и Journal of Non-Crystalline Solids.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

- В тексте автореферата практически не обсуждается Рис. 2 с данными и моделями кривых отражения поляризованных нейтронов. Непонятно, являются ли представленные данные отражением с учетом переворота спина нейтронов (спин-флипа) или без анализа поляризации отражённого пучка. В последнем случае, необходимо обосновать выводы о направлении намагниченности в слоях. Например, магнитный момент слоя Layer 3 (Рис. 2b) может быть по амплитуде равен моменту “объёмного” слоя, но быть неколлинеарным приложенному полю.

В целом, диссертация представляет собой законченную научную работу, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соискатель, Уклеев В. А., заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

К.ф.-м.н.,

научный сотрудник

Лаборатории физики неупорядоченного состояния
Отдела исследования конденсированного состояния
Отделения нейтронных исследований

НИЦ «Курчатовский институт» ФГБУ Петербургский институт ядерной
физики им. Константинова Ю.О. Четвериков

Подпись сотрудника НИЦ «Курчатовский институт» ФГБУ ПИЯФ заверяю.

Учёный секретарь НИЦ «Курчатовский институт» ФГБУ ПИЯФ, к.ф.-м.н.

С.И. Воробьёв

Подпись руки Воробьева

ЗАВЕРЯЮ:

Зам. нач. ОК Зиновьева А.И.

Зиновьева А.И.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации "Исследование неоднородных магнитных пленок и многослойных систем взаимодополняющими методами поверхностного рассеяния нейтронного и рентгеновского излучений" представленной Уклеевым Виктором Алексеевичем на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертация Виктора Алексеевича Уклеева посвящена исследованию методом рассеяния синхротронного и нейтронного излучений структуры и магнитных свойств гетероструктур с имплантированными в диэлектрическую матрицу ансамблями магнитных частиц. Практическая значимость подобного исследования заключается в возможном применении полученных результатов для разработки сред хранения информации.

В работе было установлено, что в пленках $\text{SiO}_2(\text{Co})$ на GaAs и Si имеют место две системы неоднородностей. Наночастицы Co в объеме пленке и на интерфейсе с полупроводником имеют различные межчастичные расстояния (по результатам измерения рентгеновского рассеяния) и образуют магнитные подсистемы с существенно отличающимися магнитными свойствами (по результатам исследования нейтронного рассеяния). Сравнение результатов, полученных для гетероструктур, выращенных на подложках Si и GaAs позволило сделать важный вывод о том, что существенные различия в величинах гигантского инжекционного магнитосопротивления (ГИМС) в этих гетероструктурах связаны скорее со структурой поверхности полупроводника, нежели с интегральными характеристиками и структурой пленки $\text{SiO}_2(\text{Co})$.

В работе были также исследованы многослойные гетероструктуры магнетик-полупроводник на основе двух различных магнитных сплавов. В автореферате достаточно полно описаны зависимость электротранспортных, магнитных и структурных свойств в таких гетероструктурах от толщины углеродной прослойки. Проведено моделирование распределения намагниченности по глубине и реконструировано трехмерное распределение частиц в пространстве. Показано влияние морфологии полупроводниковой прослойки на магнитную анизотропию наночастиц.

По прочтении автореферата обращает на себя внимание целостность настоящей работы, посвященной актуальной теме формирования слоев металлических магнитных наночастиц на поверхности полупроводников. Следует отметить удачное сочетание выбранных методов исследования. Получение согласованных данных с помощью комбинации методик, таких как рассеяние синхротронного излучения в скользящей


геометрии и рефлектометрии поляризованных нейтронов, обеспечивает достоверность представленных результатов. Приведенные результаты рефлектометрии и малоуглового рентгеновского рассеяния сопровождаются моделированием, что свидетельствует о достаточной глубине проведенного исследования. Результаты работы опубликованы в ряде научных журналов и апробированы на российских и международных научных конференциях.

По реферату можно сделать следующее небольшие замечания:

- 1) Не достаточно полно освещен вопрос, делались ли попытки исследования пленок $\text{SiO}_2(\text{Co})$ с модифицированной структурой, например, с измененным межчастичным расстоянием и/или размером частиц?
- 2) Размер шрифта на осях графиков на рисунке 2 следовало бы сделать больше
- 3) Не расшифрованы сокращения FC / ZFC

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа Виктора Алексеевича Уклеева выполнена на высоком научно-техническом уровне с применением современных методов исследования, содержит ряд новых идей и положений, имеет практическую значимость и является завершенным исследованием, удовлетворяющим требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук.

Старший научный сотрудник
ФТИ им. А.Ф. Иоффе
кандидат физ.-мат. наук



Сутурин С.М.

Подпись сотрудника ФТИ им. А.Ф. Иоффе
Сутурина С.М. заверяю

Начальник отдела кадров



Кисилева И.Н.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Уклеева Виктора Алексеевича «ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ ПЛЁНОК И МНОГОСЛОЙНЫХ СИСТЕМ ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИМИ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОННОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Известно, что свойства определяющие функциональную значимость новых магнитных материалов, такие как коэрцитивная сила, магнитная анизотропия или намагниченность насыщения могут во многом определяться особенностями их структуры и морфологии. Особый интерес при этом представляет изучение влияния размерных эффектов, на магнитные свойства наноструктур. Именно поэтому выполненное в диссертационной работе В.А. Уклеева исследование корреляции структурных и магнитных свойств наноразмерных плёнок и многослойных структур является актуальными вопросом как экспериментальных, так и теоретических исследований в области физики конденсированного состояния, и имеет как фундаментальную, так и практическую значимость. Исследуемые объекты – гранулированные магнитные плёнки и многослойные магнитные нанокompозиты, заслуживают внимания в связи с возможностью практического применения функциональных материалов на их основе в одном из приоритетных направлений развития электроники - спинтронике. В силу сложности их полноценной характеристики, подобные системы являются довольно малоизученными, что подкрепляет актуальность представленного исследования.

Для анализа корреляции структурных и магнитных свойств применялись взаимодополняющие методы - малоугловое рассеяние рентгеновского излучения (GISAXS), рефлектометрия поляризованных нейтронов, а также методы магнитооптической и СКВИД-магнитометрии. Так структурный профиль, полученный методом нейтронной рефлектометрии сопоставлялся с анализом и результатами моделирования картин малоуглового рассеяния. Профили распределения намагниченности, полученные методом рефлектометрии поляризованных нейтронов, сопоставлялись с кривыми намагниченности полученными в магнитометрических измерениях. Выбранные экспериментальные методики полностью отвечают поставленным задачам. Измерения выполнялись на установках мирового уровня в международных исследовательских центрах, а теоретический расчёт и моделирование проведено с использованием апробированных методик, что подтверждает его корректность. На основе полученных данных, характеризующих структурные и магнитные свойства, автором получены новые научные результаты,

описывающие особенности корреляции морфологии и магнитных свойств нанобъектов, сделаны выводы о процессах формирования исследуемых структур.

К недостаткам автореферата можно отнести то, что в разделе посвященном четвертой главе диссертации, недостаточно ясно описано влияние выбранного материала полупроводникового слоя (С или аморфного Si), на результирующие свойства структур. Так масштабная модель структуры (Рис. 5) представлена лишь для образцов с прослойкой аморфного кремния. Также в автореферате не описаны методы синтеза исследуемых наноструктур. Дополнительной темой исследования могло бы стать изучение кристаллической структуры образцов – являются ли они аморфными или поликристаллическими, каково влияние размера кристаллических зерен и дефектов на магнитные свойства. Тем не менее, полученные в работе новые результаты, выводы, а также положения, выносимые на защиту, представляются корректными и достаточно обоснованными.

Автореферат дает возможность получить законченное представление о диссертационной работе и удовлетворяет требованиям, установленным ВАК. Исходя из вышенаписанного, можно сделать вывод, что диссертация представляет собой законченную научную работу, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а сам соискатель, Уклеев В. А., заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

К.ф.-м.н., Старший научный сотрудник Лаборатории возобновляемых источников энергии Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук»

Владимир Викторович Федоров

e-mail: vfedorov@fl.ioffe.ru

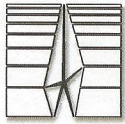
194021 Санкт-Петербург, ул. Хлопина, дом 8, корпус 3, литер А

05.09.2016

Копия с Федорова В.В.
Главной специалист
по кадрам



Копия



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

Политехническая ул., 26, С.-Петербург, 194021
Телефон: (812) 297-2245 Факс: (812) 297-1017
post@mail.ioffe.ru http://www.ioffe.ru

№ _____

На № _____ от _____

Ученому секретарю диссертационного совета
Д 002.269.01 А.А. Богданову,
ФГБУВОН Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук,
194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, д. 8,
корпус 3

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Уклеева Виктора Алексеевича "Исследование неоднородных магнитных пленок и многослойных систем взаимодополняющими методами поверхностного рассеяния нейтронного и рентгеновского излучений", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Диссертация Уклеева В.А. посвящена исследованию многослойных магнитных структур и гетероструктур, содержащих ферромагнитные металлические наночастицы в диэлектрической матрице на полупроводниковых подложках, методами малоуглового синхротронного рассеяния, рефлектометрии поляризованных нейтронов и СКВИД магнитометрии. Эти методы позволяют получить информацию о внутренних слоях гетероструктур и особенностях магнитного взаимодействия между магнитными наночастицами. В частности, с помощью этих методов удалось установить структуру интерфейсных слоев в гетероструктурах гранулированная пленка / полупроводник. Интерфесные слои играют чрезвычайно важную роль и определяют величину гигантского инжекционного магнитосопротивления, наблюдаемого в структурах $\text{SiO}_2(\text{Co})/\text{GaAs}$. Вследствие этого, проведенные в работе исследования являются **актуальными**. Автору удалось решить поставленные в диссертационной работе задачи и получить результаты, обладающие **научной и практической значимостью и новизной**.

В диссертации получен ряд новых интересных результатов, среди которых следует выделить следующие:

- На основе анализа данных малоуглового рентгеновского рассеяния, рефлектометрии поляризованных нейтронов и СКВИД магнитометрии выявлена структурная неоднородность гранулированных пленок $\text{SiO}_2(\text{Co})$ вблизи интерфейса с подложками GaAs и Si.

- На основе температурных и полевых зависимостей намагниченности пленок $\text{SiO}_2(\text{Co})$ на GaAs и Si установлено, что интерфейсный и объемный слои

Исполнитель: Л.В. Луцев
Тел. +7 921 586-5678, факс 812 297-1017
Эл. почта: l_lutsev@mail.ru

пленки имеют различные намагниченности, поля насыщения и температуры блокировки.

- Установлена связь морфологии полупроводниковых слоев и магнитных свойств в многослойных наноструктурах металл-диэлектрик / полупроводник $[(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_{35}(Al_2O_3)_{65}/a-Si]_{36}$.

Достоверность результатов обусловлена применением современных методов расчета, общепринятых методов измерения, сравнением с результатами, полученными другими авторами и сопоставлением с экспериментами.


Личный вклад автора в исследование описываемых в работе научных задач и проблем значителен, что следует из положений выносимых на защиту.

Результаты работы опубликованы в научно-технических изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации, и обсуждались на российских и международных конференциях.

Автореферат полностью отображает содержание диссертационной работы.

По актуальности и новизне полученных результатов, их фундаментальной и прикладной значимости, объему проведенных исследований и степени их завершенности диссертация отвечает всем требованиям ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а ее автор, В.А. Уклеев, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Старший научный сотрудник
ФТИ им. А.Ф. Иоффе, к.ф.-м.н.
e-mail: l_lutsev@mail.ru
194021, С-Петербург, Политехническая ул., 26
тел. +7(921)586-56-78, факс +7(812)297-10-17

 Леонид Владимирович Луцев

21 сентября 2016 г.

Подпись Л.В. Луцева
удостоверяю:
Ученый секретарь
ФТИ им. А.Ф. Иоффе
д.ф.-м.н., проф.





А.П. Шергин