

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Игоря Алексеевича Шерстнева «Электронный транспорт и магнитная структура систем наностровов из ферромагнитных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Возрастающий интерес к магнитным наноструктурам обусловлен как фундаментальными проблемами магнетизма в структурах пониженной размерности, так и их значительным прикладным потенциалом. Важность и актуальность фундаментальных исследований в области магнитных явлений в наноструктурах отражает и Нобелевская премия по физике 2007 г. за открытие эффекта гигантского магнетосопротивления в многослойных магнитных структурах. Исследования магнитных явлений в наноструктурах различного типа привело к возникновению нового направления в микроэлектронике – спинtronики. Важность учёта квантовых свойств при производстве современных электронных устройств также начинает играть свою роль.

Композитные, в том числе гранулированные и островковые, материалы, последнее время привлекают внимание большого числа исследователей. Такие структуры обладают высоким прикладным потенциалом. Так, механизмы, ответственные за возникновение положительного и отрицательного магнетосопротивления в таких системах до конца не поняты. Интересными и актуальными являются исследования спин-зависимой проводимости гранулированных систем, полевых и частотных зависимостей проводимости. Таким образом, изучение многослойных островковых систем является актуальной научной и практически значимой задачей.

Диссертационная работа И.А. Шерстнева посвящена исследованию электрических, оптических и магнитных свойств однослойных и многослойных структур, состоящих из магнитных наностровов различного состава (FeNi, CoNi, FeNiCo, CoCr и Co). Для исследования использовался широкий спектр экспериментальных методик, и с их помощью был получен большой объем экспериментальных данных. Содержание работы свидетельствует о серьезности исследовательской работы, проделанной соискателем.

Структурно, диссертация состоит из 3-х глав, введения, заключения и списка цитируемой литературы. Литературный обзор дает представление о направлении, в котором диссертант проводит свои исследования, а в главах 2 и 3 представлены результаты проведенной диссертантом научной работы.

Глава 2 посвящена результатам исследований оптических и электрических свойств однослойных структур из магнитных наностровов. С помощью метода эллипсометрии была исследована диэлектрическая проницаемость двух серий образцов FeNi с различными эффективными толщинами. Это исследование показало, что при эффективной толщине образцов в 1,8 нм происходит смена отклика системы с диэлектрического на металлический. Также показано, что на зависимости диэлектрической проницаемости от эффективной толщины проявляются осцилляции с периодом 3 нм. При исследовании температурной зависимости проводимости снова обнаружен переход металл-изолятор, который в данном случае можно связать с переколяционными свойствами системы, на той же толщине 1,8 нм. Также обнаружены сходные осцилляции

проводимости на её зависимости от эффективной толщины. В последней части главы широко обсуждается обнаруженная нелинейность проводимости данных образцов. В частности, предложен диссипационный характер проводимости в островковых системах. На основе этого предположения построена теоретическая модель проводимости, которая описывает основные особенности эффекта. Саму обнаруженную нелинейность предложено использовать как защитное свойство при изготовлении элементов защиты от подделок из островковых пленок. Теоретическая модель была грамотно применена для оптимизации этого практического результата. В том числе были предложены схемы детектирования нелинейной проводимости. Эти схемы являются технически реализуемыми.

Глава 3 посвящена исследованию магнитных и электрических свойств многослойных пленок из магнитных наноструктур различного магнетика. Предложено, что для лучшего магнитного отклика необходимо исследовать именно многослойные структуры, но с сохранением их островковой структуры. Магнитные свойства изучались с помощью магнитооптического эффекта Керра. Была обнаружена односторонняя анизотропия, которая, как показано в работе, не связана с эффектом обменного взаимодействия. Для объяснения этого эффекта было выдвинуто предположение о возможности существования в островковых системах особых квазистационарных распределенных вихревых магнитных состояний, которые могут существенно влиять на намагниченность всей системы, в частности вызывать одностороннюю анизотропию. Диссертантом был проведен интересный эксперимент по воздействию вихревого магнитного поля на островковые пленки. Показано, что после такого воздействия, характер намагничивания образцов меняется, что косвенно свидетельствует о возможности существования пресловутых распределенных магнитных вихрей. В последней части главы приведены результаты исследования магнетосопротивления в многослойных островковых системах. Величина эффекта достигала значений 1-2%. Сам эффект имел положительный и отрицательный знак для различных величин приложенного внешнего поля. Этот факт, а также угловые зависимости магнетосопротивления, позволили сделать предположение об одновременном участии эффектов анизотропного и гигантского магнетосопротивления в данных структурах.

Можно отметить несомненную научную значимость полученных в диссертации результатов, которая состоит в получение новых знаний о процессах, имеющих место в магнитных наноструктурах. Практическая значимость работы обусловлена обнаруженными интересными эффектами в структурах, позволяющим использовать их для создания различных многофункциональных устройств. Здесь можно выделить обнаруженный эффект нелинейной проводимости и магнетосопротивление.

В качестве недостатков работы можно отметить следующее:

1. Отсутствие более подробного структурного анализа пленок, что важно для понимания процессов, происходящих в таких сложных структурах. Необходимы, в том числе, более подробные микроскопические исследования распределения наноструктур по размерам в зависимости от эффективной толщины островковой пленки.
2. Необходимы дополнительные исследования для подтверждения вывода о влиянии квантово-размерных эффектов на возникновение осцилляций проводимости и диэлектрической проницаемости в зависимости от эффективной толщины островковых

пленок. Необходимо более подробное исследование самой возможности наблюдения квантово-размерных эффектов в таких островковых системах, где имеется случайное распределение наноструктур по размерам.

3. Для выявления механизмов магнетосопротивления в слабых магнитных полях необходимо более подробное изучение трансформации угловых зависимостей магнетосопротивления, как при уменьшении магнитного поля, например, в диапазоне магнитных полей 0,01-1 Э, так и в более сильных полях, например, в полях насыщения.

4. На рисунках 15, 16 и 18 на врезке, где показан Фурье-анализ, нет размерности у частоты.

Отмеченные недостатки, безусловно, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. В целом диссертация представляет собой стройную, логически завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Представленные в диссертации И.А. Шерстнева научные результаты будут, несомненно, полезны для дальнейшего изучения физических свойств островковых магнитных наноструктур и могут быть использованы в практических целях.

Результаты работы достаточно полно опубликованы в реферируемых высокоцитируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК. Эти результаты неоднократно докладывались на крупных российских и международных научных конференциях.

У меня нет сомнений, что работа отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Игорь Алексеевич Шерстнев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Доктор физико-математических наук, профессор,
зав. лабораторией Института радиотехники и
электроники им. В.А. Котельникова РАН

В.Г. Шавров

Подпись В.Г.Шаврова заверяю.
Ученый секретарь ИРЭ им. В.А.Котельникова
РАН, к.ф.-м.н.



И.И. Чусов

11.04.2014г.

С отувом озакаший
11.04.14 Шерф'