

В совет Д 002.205.01 по защите диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук,
при Физико-Техническом институте РАН
им. А.Ф.Иоффе

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

Федорова Владимира Викторовича «Изучение процессов роста, структуры и магнитных свойств эпитаксиальных гетероструктур на основе фторидов (CaF_2 ; MnF_2) и металлов (Co; Ni)», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Федорова В.В. посвящена исследованию процессов формирования наноразмерных гетероструктур, изучению их структурных и магнитных свойств. Интерес к исследованию низкоразмерных систем на основе тонких пленок или наночастиц, связан с тем, что они могут демонстрировать широкий спектр необычных физических свойств. В частности, в работе Федорова В.В. исследуется влияние интерфейсных эффектов на магнитные свойства системы ферромагнетик (ФМ) / антиферромагнетик (АФМ). Система ФМ/АФМ известна с 1956 г. когда Мейкельджон и Бин опубликовали работу в которой наблюдали появление в окисленных наночастицах Co при их охлаждении ниже $T_{\text{Нееля}} \text{CoO}$ в приложенном поле, однонаправленной магнитной анизотропии (эффект обменного смещения). Хотя эффект и имеет столь долгую историю, существенного прогресса в понимании природы интерфейсных эффектов удалось достичь лишь недавно, с появлением новых ростовых технологий и методов исследования.

В работе В.В.Федорова получены новые данные о процессах формирования наноразмерных гетероструктур на основе фторидов, в том числе антиферромагнитного фторида (MnF_2) и ферромагнитных переходных металлов (Co, Ni). Получены массивы эпитаксиально ориентированных, наночастиц металлов (Co, Ni). Продемонстрирована применимость теоретической модели для описания наблюдаемых ростовых процессов. Установлено, что при молекулярно-лучевой эпитаксии Co на поверхности CaF_2 стабилизируется кубическая фаза. Исследованы особенности формирования гетероструктур ФМ/АФМ, с ферромагнитными слоями образованными частицами Co и Ni на поверхности MnF_2 .

Структурные исследования наноразмерных объектов требует использования соответствующих методик. Достоинством работы В.В.Федорова можно считать

совместное использование разных методик – рентгенодифракционных измерений, геометрии скользящего падения, дифракции быстрых электронов, атомно-силовую микроскопию. Широко использовано синхротронное излучение. Помимо определения кристаллической структуры, в работе получены и такие данные о микроскопической структуре, как плотность и тип планарных дефектов. Изучение формы рефлексов, а также качественный анализ картин малоуглового рассеяния позволили определить огранку и форму частиц металлов. Полученная в работе информация о механизмах роста металлов на поверхностях фторидов, позволяют использовать молекулярно-лучевую эпитаксию как эффективный метод формирования наноразмерных частиц и наногетероструктур на их основе.

Магнитные свойства наногетероструктур исследовались с помощью комплекса методик, включающего в себя как традиционные магнитооптические, так и элементно-чувствительные синхротронные методы (магнитный-циркулярный дихроизм и резонансное отражение в мягкой рентгеновской области). Были определены механизмы перемагничивания, и установлена природа наблюдаемой одноосной магнитной анизотропии. Применение элементно-селективных методик позволило исследовать эффекты близости связанные с обменным взаимодействием между слоями гетероструктур ФМ/АФМ и обнаружить помимо известных и наблюдаемых ниже $T_{\text{Нееля}}$ АФМ слоя, эффектов отрицательного обменного смещения и уширения петли гистерезиса, эффект близости, заключающийся в появлении в слое MnF_2 наведенного магнитного момента даже при 300К. Полученные в работе новые научные результаты, демонстрируют существенное влияние поверхностных эффектов на магнитные свойства гетероструктур.

Обоснованность и достоверность выводов и положений работы подтверждается публикацией результатов работы в 4 журнальных научных статьях в реферируемых англоязычных изданиях, входящих в списки ВАК, соавторством которых является соискатель. По каждой из публикаций в автореферате отражен личный вклад автора.

Несмотря на представленные достоинства работы, автореферат работы имеет и некоторые *недостатки*:

Исходя из представленных в автореферате данных не ясно, какая доля объема осажденного на подложку материала кристаллизовалась в указанной фазе, имеются ли в слое включения, с отличными от идентифицированной, ориентациями или кристаллическими фазами. Кроме того, при анализе островков Со на CaF_2 возможна двоякая интерпретация картин атомно-силовой микроскопии; это могут быть как отдельные островки на начальной стадии роста, а могут быть

шероховатости на сплошном слое Со. Настоящее замечание касается результатов структурных исследований, как слоев металлов, так и MnF_2 .

Приведенные замечания не снижают ценности работы выполненной Федоровым В.В.. Представленный на рецензирование автореферат логически выстроен, написан ясным научным языком, и соответствует требованиям предъявляемым ВАК. Автореферат позволяет характеризовать работу Федорова В.В как законченное исследование, в котором были получены новые результаты, обладающее научной и практической значимостью.

В целом, на основании автореферата можно сделать заключение, что диссертационная работа «Изучение процессов роста, структуры и магнитных свойств эпитаксиальных гетероструктур на основе фторидов (CaF_2 ; MnF_2) и металлов (Со; Ni)», соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, а её автор Федоров Владимир Викторович является достойным присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Доктор физико-математических наук, профессор
ведущий научный сотрудник Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе РАН

Кютт Регинальд Николаевич

e-mail: r.kyutt@mail.ioffe.ru
194021 Санкт-Петербург,
Политехническая, 26.
Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН
Тел: +7(812)515-9238

30.09.2015