

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Высоких Юрия Евгеньевича "МАГНИТООПТИЧЕСКИЙ МЕТОД В СОСТАВЕ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ И ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК", представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

В кандидатской диссертации Высоких Ю.Е. разрабатывался комплекс, объединяющий в себе атомно-силовую микроскопию с возможностью определения магнитооптического отклика магнитных тонких пленок. Разработанный комплекс применялся для изучения магнитной доменной структуры с субдифракционной пространственной разрешающей способностью образцов прозрачных тонких пленок ферритмагнетиков, непрозрачных эпитаксиальных феррит-гранатовых пленок и для изучения связи параметров шероховатости, среднего размера зерен и фарадеевского вращения от способа кристаллизационного отжига тонких магнитных пленок, изготовленных на различных подложках.

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования контроля и характеристики магнитной доменной структуры тонкопленочных ферритмагнитных материалов, на базе которых создаются магнитооптические элементы интегральной оптики. При производстве тонких магнитных пленок необходимо контролировать гладкость поверхности и значения магнитооптического эффекта, что невозможно без субдифракционного пространственного разрешения из-за нанометрового размера образуемых шероховатостей и тонкой структуры магнитных доменных стенок. Решению этой задачи посвящена кандидатская диссертация Ю.Е. Высоких.

Научная новизна работы заключается в разработке методов, сочетающих в себе магнитооптическую и атомно-силовую микроскопию. Объединение таких методик позволило: получить топографию и магнитную доменную структуру поверхности пленок ферритмагнетика, исключить перемагничивание образца путем использования немагнитного апертурного зонда, реализовать переход от визуализации магнитных доменных стенок с области на образце с размерами несколько десятков микрон, до возможностей визуализировать магнитные доменные стенки с разрешением выше дифракционного предела. На основе разработанных методов было изучено влияние длительности термообработки, параметров рассогласования решеток и подложек на значения фарадеевского вращения и шероховатости тонких феррит-гранатовых пленок. Дополнительно был разработан метод определения доменной магнитной структуры с высоким пространственным разрешением в непрозрачных феррит-гранатовых пленках на основе термомагнитной записи в составе атомно-силовой микроскопии.

В автореферате присутствует описание четырех глав кандидатской диссертации. Одна глава посвящена обзору литературы и три главы являются оригинальными. В первой оригинальной главе экспериментально найдено оптимальное время кристаллизационного отжига для ферритмагнитных тонких пленок на двух различных подложках из гадолиний-галлиевого граната и кальций-магний-цирконий-гадолиний-галлиевого граната, при которых наблюдается низкая шероховатость при одновременном высоком значении фарадеевского вращения (около 0.4 градуса). Во второй оригинальной главе был разработан метод определения с высоким пространственным разрешением доменной структуры непрозрачных образцов на основе термомагнитной печати и осуществлен метод для одновременного исследования топографии образца и магнитной доменной структуры прозрачных пленок ферритмагнетиков. Существенно, что используется немагнитный апертурный зонд, который не влияет на состояние намагниченности образца. Получены двумерные пространственные распределения магнитооптического контраста феррит-гранатовой пленки с использованием апертурного зонда, что позволило наблюдать более детальный контраст магнитных доменных стенок по сравнению с дифракционно ограниченным стандартным магнитооптическим контрастом. В третьей оригинальной главе экспериментально показана необходимость учета вращения плоскости поляризации света, проходящего через зонда, для определения магнитооптического контраста при использовании комбинации методов атомно-силовой микроскопии и магнитооптического метода для определения магнитных доменных границ по вращению плоскости поляризации проходящего света.

К несущественным замечаниям можно отнести отсутствие отрицательного знака на шкале фарадеевского вращения на рисунке 1. Также не было показано влияния формы апертуры зонда на двумерные карты магнитооптического изображения в последней оригинальной главе. Однако приведенные замечания не являются критическими для защищаемой кандидатской диссертации.

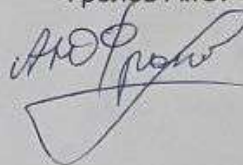
Стоит отметить, что полученные результаты диссертационной работы используются при чтении курса лекций "Технологические процессы нанoeлектроники" и в практикуме на кафедре интегральной электроники и микросистем Московского института электронной техники (МИЭТ). Результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых журналах (Web of Science, Scopus) и были доложены на ряде российских и международных конференциях.

Таким образом, по своей актуальности, научной новизне, уровню выполнения, научной и практической ценности полученных результатов диссертация представляет собой законченную и целостную научно-исследовательскую работу, удовлетворяющую требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

к.ф.-м.н. Фролов Александр Юрьевич,
Младший научный сотрудник,
Кафедра квантовой электроники,
Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Адрес: г. Москва, Ленинские горы 1, стр. 2
Email: frolov@nanolab.phys.msu.ru

22 декабря 2023 г.

Фролов А.Ю.



Подпись Фролова Александра Юрьевича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
д.ф.-м.н., профессор



Стремоухов С.Ю.

