

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН

(должность – директор или зам. директора)

Волков Никита Валентинович

(фамилия, имя, отчество)



(подпись)

« 26 » марта

2019 г.

Печать организации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (ИФ СО РАН)

(полное официальное название организации в соответствии с уставом)

Диссертация «Разработка сверхвысоковакуумного комплекса для получения и *in situ* исследования наноструктур методом спектральной магнитооптической эллипсометрии в широком температурном диапазоне»

(название)

выполнена в лаборатории физики магнитных явлений ИФ СО РАН.

(наименование структурного подразделения – лаборатории, отдела)

В период подготовки диссертации соискатель Шевцов Дмитрий Валентинович

(фамилия, имя, отчество)

работал в Институте физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении ФИЦ КНЦ СО РАН.

(полное официальное название организации в соответствии с уставом, наименование учебного или научного структурного подразделения, должность)

В 2006 г. окончил Красноярский государственный университет

(наименование образовательного учреждения высшего профессионально образования)

по специальности «Физика»

(наименование специальности)

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г.

Федеральным государственным бюджетным научным учреждением

«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН)

(полное официальное название организации (ий) в соответствии с уставом)

Научный руководитель (консультант): Варнаков Сергей Николаевич.
Место работы Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения

Российской академии наук - обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, доктор физико-математических наук, доцент, заместитель директора по научной работе.

(фамилия, имя, отчество, основное место работы: полное официальное название организации в соответствии с уставом, наименование подразделения, должность)

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Научная новизна и практическая значимость

Благодаря особенностям разработанной конструкции в сверхвысоковакуумной ростовой камере удалось в рамках одного эксперимента совместить не только возможность проведения *in situ* исследований оптических и магнитных свойств, синтезированных наноструктур (толщиной 1–100 нм) в широком диапазоне температур, но и задавать начальные условия формирования этих структур, с помощью задания начальных температур и магнитного поля в диапазоне 85–900 К и –6 до +6 кЭ соответственно. Таким образом, разработанный сверхвысоковакуумный комплекс позволяет исключить влияние атмосферы на получаемые структуры при *in situ* магнитооптических измерениях в широком диапазоне температур, что может способствовать получению новых фундаментальных знаний о различных материалах, таких, например, как начало формирования магнитного состояния, температуры движения доменных стенок, определение условий смены типа роста при молекулярно-лучевой эпитаксии и др.

Изготовленный напылительный сверхвысоковакуумный комплекс может быть применен в технологических процессах получения изделий нанoeлектроники, требующих сверхвысокого вакуума (порядка 10^{-8} Па) и температурных режимов (от 85 К до 900 К).

Разработанная конструкция манипулятора-держателя и исследовательская методика дают возможность получения наноструктур с металлическими, полупроводниковыми и диэлектрическими слоями, совмещёнными на одной подложке монокристалла кремния, для развития технологии изготовления устройств спинтроники на кремниевой основе.

Исследования по тематике диссертационной работы были поддержаны в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007-2013 годы», государственный контракт № 14.513.11.0016 от 11 марта 2013 г., и в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», соглашение № 14.604.21.0002 о предоставлении субсидии от 17 июня 2014 г.

Основные результаты работы:

Разработанный сверхвысоковакуумный комплекс для получения и *in situ* исследования наноструктур методом спектральной магнитооптической эллипсометрии в широком температурном диапазоне может существенно продвинуть метод магнитоэллипсометрии, как метод неразрушающей *in situ* эллипсометрической диагностики в широком диапазоне температур (85–900 К). Основными выводами работы являются:

1. Разработан и создан сверхвысоковакуумный технологический комплекс, позволяющий проводить синтез наноразмерных структур (толщиной 1–100 нм) с возможностью проведения *in situ* одноволновых и спектральных (300–900 нм) эллипсометрических исследований.

2. Внедрена магнитная система ($H_{\text{внеш}}$ до 6 кЭ), позволяющая в автоматическом режиме проводить *in situ* магнитоэллипсометрические исследования.

3. Создана и внедрена система манипулятора-держателя, позволяющая проводить *in situ* магнитоэллипсометрические исследования в температурном диапазоне 85–900 К.

4. Предложена методика неразрушающей *in situ* магнитоэллипсометрической диагностики наноразмерных структур в температурном диапазоне 85–900 К и проведены тестовые исследования наноструктуры Fe/SiO₂/Si(100) в температурном диапазоне 85–900 К.

Личный вклад автора

Постановка цели и задач исследования, формулировка выводов и положений, выносимых на защиту, анализ экспериментальных и теоретических результатов диссертации проводились автором совместно с научным руководителем. Реализация оригинальных технических решений, связанных со способом подведения магнитного поля в область образца и реализации системы с возможностью охлаждения и нагрева образцов, получение наноструктур Fe/Si и Fe/SiO₂/Si была проведена лично соискателем. Разработка и создание технологического оборудования, написание программного обеспечения для сверхвысоковакуумного комплекса, анализ и обсуждение представленных научных результатов проведены совместно с соавторами опубликованных работ при непосредственном участии автора.

Достоверность полученных результатов обеспечена

- использованием апробированных современных экспериментальных методов и оборудования для получения и исследования материалов, а также, корректной оценкой погрешностей измерений;
- комплексным подходом при исследовании структурных, магнитных, оптических и магнитооптических свойств – для получения информации использованы как *in situ* так и *ex situ* методы исследования включая спектральную эллипсометрию, магнитоэллипсометрию,

рентгеноспектральный флуоресцентный анализ и растровую электронную микроскопию.

- соответствием общепринятым представлениям и результатам полученных в других исследованиях, опубликованных в реферируемых российских и зарубежных научных журналах.

Апробация работы

Результаты, включённые в диссертацию, были представлены и обсуждались на всероссийских и международных конференциях: V Ставеровских чтениях «Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы» 15-16 октября 2009 г. Красноярск; IV Байкальской Международной конференции «Магнитные материалы. Новые технологии» (VICMM-2010), г. Иркутск-2010; XIV Международной научной конференции, посвящённой памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнёва (10–12 ноября 2010, г. Красноярск); II-й Всероссийской научной конференции «Методы исследования состава и структуры функциональных материалов», МИССФМ-2 (г. Новосибирск, Россия, 21–25 октября 2013 г.); VI Euro-Asian Symposium «Trends in MAGnetism» (EASTMAG-2016), August 15-19, 2016, Krasnoyarsk, Russia; 26th International Symposium «Nanostructures: Physics and Technology» 18–22 июня 2018, г. Минск, Беларусь.

В целом работа докладывалась на научных семинарах лаборатории физики магнитных явлений и отдела физики магнитных явлений Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (Красноярск, 2019 г.).

Публикации

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 7 статьях. Из них в перечень ВАК РФ входят 6 статей, опубликованных в рецензируемых журналах и индексируемых системами цитирования Web of Science или Scopus. Кроме того опубликовано 9 тезисов в сборниках трудов всероссийских и международных конференций и симпозиумов, имеются 2 патента РФ на изобретения и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Материалы, изложенные в диссертации, опубликованы соискателем в следующих работах:

1. Shevtsov, D.V. Ultrahigh vacuum holder-positioner for *in situ* studies of conductive nanostructures in a wide temperature range / D.V. Shevtsov, S.A. Lyaschenko, S.N. Varnakov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 155. – Issue 1. – P. 012028.

2. Шевцов, Д.В. Сверхвысоковакуумная многофункциональная установка для синтеза низкоразмерных структур и их *in situ* исследований методом спектральной магнитоэллипсометрии в температурном диапазоне

85–900 К / Д.В. Шевцов, С.А. Лященко, С.Н. Варнаков // Приборы и техника эксперимента. – 2017. – № 5. – С. 146–150.

3. Рыхлицкий, С.В. Измерительно-ростовой комплекс для синтеза и исследования *in situ* материалов спинтроники / С.В. Рыхлицкий, В.А. Швец, Е.В. Спесивцев, В.Ю. Прокопьев, С.Г. Овчинников, В.Н. Заблуда, Н.Н. Косырев, С.Н. Варнаков, Д.В. Шевцов // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – № 2. – С. 165.

4. Лященко, С.А. Исследования магнитооптических свойств тонких слоёв Fe *in situ* методами / С.А. Лященко, И.А. Тарасов, С.Н. Варнаков, Д.В. Шевцов, В.А. Швец, В.Н. Заблуда, С.Г. Овчинников // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83. – Вып. 10. – С. 139–142.

5. Лященко, С.А. Автоматизация магнитоэллипсометрических *in situ* измерений на сверхвысоко-вакуумном комплексе для синтеза и исследования материалов спинтроники / С.Н. Варнаков, И.А. Тарасов, Д.В. Шевцов, С.Г. Овчинников // Вестник СибГАУ. – 2012. – Вып. 4(44). – С. 162–167.

6. Maximova, O.A. *In situ* magneto-optical ellipsometry data analysis for films growth control / O.A. Maximova, N.N. Kosyrev, S.N. Varnakov, S.A. Lyaschenko, I.A. Yakovlev, I.A. Tarasov, D.V. Shevtsov, O.M. Maximova, S.G. Ovchinnikov // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2017. Vol. 440. – P. 196–198.

7. Maximova, O. Magneto-ellipsometry as a powerful technique for investigating magneto-optical structures properties / O. Maximova, N. Kosyrev, I. Yakovlev, D. Shevtsov, S. Lyaschenko, S. Varnakov, S. Ovchinnikov // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2017. – Vol. 440. – P. 153–156.

8. Система регистрации и анализа магнитоэллипсометрических данных (Valnadin) / С.А. Лященко, И.А. Тарасов, Н.Н. Косырев, С.Н. Варнаков, В.Н. Заблуда, С.Г. Овчинников, Д.В. Шевцов // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012618677. – Зарегистрировано 24 сентября 2012 г.

9. Автоматизированный комплекс для управления технологическими процессами получения тонких структур металла на полупроводнике, используя измерение и анализ магнитоэллипсометрических данных (Valnadin Auto) / С.А. Лященко, И.А. Тарасов, Д.В. Шевцов, С.Н. Варнаков, С.Г. Овчинников // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2013617818. – Зарегистрировано 23 августа 2013 г.

10. Способ измерения магнитооптических эффектов *in situ* / Н.Н. Косырев, В.Н. Заблуда, И.А. Тарасов, С.А. Лященко, Д.В. Шевцов, С.Н. Варнаков, С.Г. Овчинников // Изобретение № 2560148RU от 20.08.2015 г.

11. Способ бесконтактного измерения температуры *in situ* / Н.Н. Косырев, С.А. Лященко, Д.В. Шевцов, С.Н. Варнаков, И.А. Яковлев, И.А. Тарасов, В.Н. Заблуда // Изобретение № 2660765RU от 09.07.2018 г.

Диссертация «Разработка сверхвысоковакуумного комплекса для получения и *in situ* исследования наноструктур методом спектральной магнитооптической эллипсометрии в широком температурном диапазоне»

Шевцова Дмитрия Валентиновича соответствует всем требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также пунктам 2, 5, 7, паспорта специальности ВАК технических наук по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Диссертация «Разработка сверхвысоковакуумного комплекса для получения и *in situ* исследования наноструктур методом спектральной магнитооптической эллипсометрии в широком температурном диапазоне»

(название диссертации)

Шевцова Дмитрия Валентиновича

(фамилия, имя, отчество автора)

рекомендуется (не рекомендуется) к защите на соискание ученой степени кандидата (доктора) технических наук по специальности (ям)

(отрасль науки)

01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

(шифр(ы) и наименование специальности (ей) научных работников)

Заключение принято на заседании отдела физики магнитных явлений.

(наименование структурного подразделения – лаборатории, отдела)

Присутствовало на заседании 34 чел. Результаты голосования:

«за» – 33 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 1 чел.,

протокол № 05 от «26» марта 2019 г.

Директор ИФ СО РАН

д.ф.-м.н.



Балаев Дмитрий Александрович

Председатель семинара:

Руководитель научного направления "Магнетизм" ИФ СО РАН,

д.ф.-м.н., профессор



Овчинников Сергей Геннадьевич

Секретарь семинара

д.ф.-м.н.



Гавричков Владимир Александрович