

Резюме проекта, выполняемого в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

<по этапу № 1 >

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.604.21.0002

Тема: «Разработка метода неразрушающей *in situ* эллипсометрической диагностики наноматериалов в широком диапазоне температур»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем

Критическая технология: Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств

Период выполнения: 17.06.2014 – 31.12.2015

Плановое финансирование проекта: 12 млн. руб.

Бюджетные средства 10 млн. руб.,

Внебюджетные средства 2 млн. руб.

Получатель субсидии: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук (ИФ СО РАН)

Индустриальный партнер: Открытое акционерное общество «Научно производственное предприятие «Радиосвязь»»

Ключевые слова: сверхвысокий вакуум, наноструктуры, спектральная магнитоэллипсометрия, магнитооптика, молекулярно-лучевая эпитаксия, спинтроника

1. Цель проекта

1) Проект направлен на разработку метода неразрушающей *in situ* эллипсометрической диагностики в широком диапазоне температур (83 – 1300 К) и исследование наноструктур ферромагнетик/диэлектрик/полупроводник как перспективного материала для функциональных устройств спинтроники нового поколения.

2) В рамках проведения работ по проекту предполагается изготовление макета манипулятора-держателя, обеспечивающего шлюзовую загрузку исследуемых структур и позволяющего проводить эллипсометрическую диагностику в широком диапазоне температур, а также создание и отработка методики неразрушающей *in situ* эллипсометрической диагностики в широком диапазоне температур (83 – 1300 К), в результате чего будет получен метод неразрушающей *in situ* эллипсометрической диагностики контролируемого синтеза наноструктур ферромагнетик/диэлектрик/полупроводник в широком диапазоне температур.

2. Основные результаты проекта

На первом этапе ПНИ сделан обзор проведенных ранее исследований, представлены возможности спектральной эллипсометрии при исследовании различных материалов: ферромагнетиков, диэлектриков; полупроводников. Показана возможность температурных исследований с помощью эллипсометрии. Рассмотрены вопросы, связанные с микроскопической теорией и экспериментальные измерения магнитооптического эффекта Керра. Сделан выбор обоснованного варианта направления исследований наноструктур ферромагнетик/диэлектрик/полупроводник с помощью спектральной магнитоэллипсометрии в широком диапазоне температур (83

– 1300 К). Проведенные патентные исследования по ГОСТ 15.011-96 показали возможность создания комбинированной технологической экспериментальной установки, объединяющей в себе метод синтеза наноматериалов, а также методы спектрального эллипсометрического анализа и магнитооптических измерений в диапазоне температур от 83 до 1300 К.

На основе анализа существующих решений и проведенных патентных исследований, были разработаны и созданы тестовые системы охлаждения и нагрева. Было установлено, что наиболее эффективной системой охлаждения является теплопроводящий металлический стержень, с закрепленным образцом с одной его стороны и хладагентом с другой. Опытные испытания данной конструкции показали высокую скорость охлаждения образца и стабильность при поддержании постоянной температуры его поверхности в диапазоне от 77 до 300 К, а также возможность нагрева до 470 К. Система нагрева образца базируется на методе прямого пропускания тока. При этом ключевым элементом конструкции системы нагрева является диэлектрическая пластина из сапфира между образцом и медным держателем. Сапфир обладает быстроспадающей зависимостью коэффициента теплопроводности при повышении температуры от 80 до 1300 К, что позволяет применять его в роли теплоизолятора при высоких температурах и эффективного теплоотвода при температурах кипения азота.

Основываясь на полученных результатах, была разработана эскизная конструкторская документация на макет манипулятора-держателя, обеспечивающего шлюзовую загрузку исследуемых структур, включающий систему вакуумного затвора, обеспечивающую возможность загрузки без нарушения вакуума в технологической камере, а также транспортную вакуумную систему, обеспечивающую установку и юстировку образца при эллипсометрической диагностике в широком диапазоне температур. Макет манипулятора-держателя включает в себя:

- шлюзовую камеру, обеспечивающую шлюзовую загрузку исследуемых структур;
- систему вакуумного затвора, обеспечивающую возможность загрузки без нарушения вакуума в технологической камере;
- транспортную вакуумную систему, обеспечивающую установку и юстировку образца при эллипсометрической диагностике;
- систему подачи жидкого азота, обеспечивающую температурный диапазон измерений 83 – 300 К;
- систему нагрева образца, обеспечивающую температурный диапазон измерений 300 – 1300 К.

Все результаты, полученные в процессе выполнения работ по первому этапу, являются новыми. На сегодняшний день не существует аналогов предлагаемой системы неразрушающего *in situ* эллипсометрической диагностики в широком диапазоне температур (83 – 1300 К) и исследование наноструктур ферромагнетик/диэлектрик/полупроводник.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Не получено охраняемых результатов интеллектуальной деятельности.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Разработанный метод неразрушающей *in situ* эллипсометрической диагностики в широком диапазоне температур (83 – 1300 К) может активно использоваться как в научных исследованиях новых материалов спинтроники, так и может быть интересен потенциальным потребителями научного результата (МГУ, ИФМ УРОРАН, ДВО РАН), предприятиям, выпускающим микроэлектронные и микропроцессорные компоненты (ОАО "НПП "Радиосвязь", ФГУП «НПО Восток», ЗАО "Полупроводниковые приборы", НИИ "Полюс", а также в ОАО «ИСС» и ОАО «Красмаш»). Метод спектрального эллипсометрического контроля может быть использован для мониторинга процесса нанесения защитных и функциональных покрытий. Также одним из способов использования результата может быть промышленное изготовление и коммерческая реализация разработанных структур, либо включение созданного в рамках ОКР комплекса в технологическую базу организаций и предприятий военно-промышленного комплекса.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Разрабатываемый метод неразрушающей *in situ* эллипсометрической диагностики в широком диапазоне температур (83 – 1300 К) может существенно упростить и удешевить сверхвысоковакуумные методы производства элементной базы микро- и наноэлектроники, что приведет к росту производительности труда, а также к снижению трудоемкости и себестоимости продукции. Для внедрения в производственную технологическую цепочку на предприятиях необходимо провести предварительные испытания применимости разработанного метода и определить необходимые доработки с учетом индивидуальных характеристик производственного оборудования. Для проведения научных исследований разработанный метод может использоваться как на уже имеющемся у потребителя оборудовании, так возможна поставка недостающего оборудования для проведения необходимых исследований.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

На данном этапе работы по коммерциализации результатов проекта не проводились.

7. Наличие соисполнителей

Часть работ по проекту была выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева» по Договору производственного заказа № 15-14 от «02» октября 2014 г.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом