

**Резюме проекта, выполняемого  
в рамках ФЦП  
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-  
технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»  
<по этапу № 2 >**

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: 11,4 млн. руб.

Бюджетные средства 9,4 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 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. Нагрев образца предлагается осуществлять с помощью прямого пропускания тока через образец. 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.

В соответствии с разработанной эскизной конструкторской документацией изготовлен макет манипулятора-держателя, обеспечивающего шлюзовую загрузку исследуемых структур и позволяющего проводить эллипсометрическую диагностику в широком диапазоне температур.

Разработана программа и методики испытаний манипулятора-держателя и проведены соответствующие испытания. По результатам испытаний можно утверждать, что макет манипулятора-держателя выдержал все необходимые испытания и соответствует всем требованиям технического задания по Соглашению о предоставлении субсидии от 17.06.2014 г. № 14.604.21.0002.

Проведенные дополнительные патентные исследования по ГОСТ 15.011-96 показали, что разработанный в процессе выполнения данной ПНИ «Способ определения матрицы Мюллера» расширяет возможности стандартного эллипсометра для исследования образцов с оптической

анизотропией, упрощает процесс юстировки и тем самым позволяет использовать прибор на сверхвысоковакуумной камере для *in situ* измерений.

Все результаты, полученные в процессе выполнения работ по второму 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**  
Изобретение, заявка № 2015110507 от 24.03.2015 «Способ определения матрицы Мюллера», РФ;  
Программа ЭВМ, свидетельство о государственной регистрации № 2015616615/заявка № 2015613270 от 16.06.2015/22.04.2015 «Система анализа данных многоугловой спектральной эллипсометрии (MultiW)», РФ.

#### **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 нанoeлектроники, 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**

В результате выполнения работ объектами коммерциализации могут стать как разрабатываемый метод спектрального эллипсометрического контроля для мониторинга процесса нанесения защитных и функциональных покрытий, так и исследуемые в рамках ПНИ наноструктуры ферромагнетик/диэлектрик/полупроводник.

#### **7. Наличие соисполнителей**

Часть работ по проекту в 2014 г. 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