

Сведения о ходе выполнения ПНИ по
Соглашению от 11 августа 2014 г. № 14.574.21.0093
по теме «Разработка и совершенствование ядерно-физических и рентгеновских методов
диагностики наноматериалов»

Научный руководитель работ д.ф.м.-н., проф. Э.П. Домашевская

В ходе выполнения ПНИ по Соглашению о предоставлении субсидии от 11 августа 2014 г. № 14.574.21.0093 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 3 «Проведение экспериментальных исследований» в период с «01» июля 2015 г. по «31» декабря 2015 г. выполнялись следующие работы:

3.1 Проведены экспериментальные исследования методом УМРЭС распределения локальной парциальной плотности занятых электронных состояний в валентной зоне ЭО.

3.2 Проведены исследования морфологии поверхности ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом РЭМ.

3.3 Проведены исследования элементного состава ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом ЭДС.

3.4 Получены прецизионные рентгенодифракционные экспериментальные данные ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом РД.

3.5 Проведен рентгенофазовый анализ ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур по полученным прецизионным рентгенодифракционным экспериментальным данным.

3.6 Получены Оже-спектры ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом ОЭС.

3.7 Проведено материально-техническое обеспечение работ.

3.8 Проведены пробоподготовка экспериментальных образцов тонкопленочных кремниевых наноструктур для исследований методами УМРЭС, РД, ЭДС, ПЭМ, РЭМ, ОЭС.

3.9 Проведены модернизация оборудования, предназначенного для реализации технологии формирования пассивирующих покрытий на основе наноматериалов.

При этом были получены следующие результаты:

В результате выполнения этапа № 3 прикладных научных исследований по теме «Разработка и совершенствование ядерно-физических и рентгеновских методов диагностики наноматериалов», соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0093 от 11 августа 2014, были получены следующие результаты.

- С использованием уникального автоматизированного лабораторного измерительного комплекса «РСМ-500» для исследования электронно-энергетического строения конденсированных материалов на базе ультрамягкого рентгеновского спектрометра-монокроматора РСМ-500 проведены экспериментальные исследования методом УМРЭС распределения локальной парциальной плотности занятых электронных состояний в валентной зоне ЭО.

Показана применимость метода УМРЭС для детального рентгеноспектрального анализа ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур, с неразрушающим зондированием по глубине информативного слоя от 10 до 120 нм.

Экспериментальные исследования методом УМРЭС могут использоваться для изучения кремниевых слоев, выращенных в производственных условиях методом химического осаждения при низких давлениях и относительно низких температурах.

- Проведены исследования морфологии поверхности ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом РЭМ.

Для всех исследованных образцов характерна компактная структура, т.е. отсутствуют пористые участки, возникающие вследствие различия скоростей диффузии материалов.

- Проведены исследования элементного состава ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом ЭДС.

Ни на одном из образцов исследованных методом ЭДС на поверхности излома не обнаружено присутствие азота. Высокое содержание углерода следует связать со спецификой средств откачки вакуума с масляной средой во время синтеза образцов и при исследованиях.

- Получены прецизионные рентгенодифракционные экспериментальные данные ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом РД.

- Проведен рентгенофазовый анализ ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур по полученным прецизионным рентгенодифракционным экспериментальным данным.

Результаты исследования методом рентгеновской дифракции показывают, что добавление закиси азота в состав газовой среды реактора приводит к образованию аморфного кремния.

В условиях малого содержания кислорода в образцах, в том числе полученных при отсутствии закиси азота в газовой среде реактора, может быть получен нанокристаллический кремний со средними размерами около 60- 70 нм.

- Получены Оже-спектры ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом ОЭС.

Проведение экспериментальных исследований ЭО тонкопленочных кремниевых наноструктур методом ОЭС показало, что форма и положение пиков Оже-спектров соответствует эталонным для всех элементов, химический сдвиг - не наблюдается. Монотонное увеличение концентрации кремния по мере травления свидетельствует об однородности образца по толщине. Увеличение отношения $N_2O/SiH_4 = 0.15$ способствует разгону углерода в приповерхностном слое кремния.

За счет внебюджетных средств выполнено следующее.

- Проведено материально-техническое обеспечение работ.

- Проведена пробоподготовка экспериментальных образцов тонкопленочных кремниевых наноструктур для исследований методами УМРЭС, РД, ЭДС, ПЭМ, РЭМ, ОЭС.
- Проведена модернизация оборудования, предназначенного для реализации технологии формирования пассивирующих покрытий на основе наноматериалов.

Этап №3 выполнен надлежащим образом, в соответствии с техническим заданием на выполнение ПНИ. Разработанная отчетная документация представлена согласно утверждённым Минобрнауки России «Методическим указаниям по оформлению отчётной документации».

Отчет и отчетная документация выставлены на сайт <https://sstp.ru>.