

АННОТИРОВАННЫЙ ОТЧЕТ ПО ПРОЕКТУ

государственного контракта с Федеральным агентством по образованию
от 9 июня 2010 г. №П1284

Шифр:	1.3.1
Период выполнения этапа	Начало 11 сентября 2011 г., окончание – 3 ноября 2012 г.
Исполнитель:	Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт автоматки и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток
Цель работы	Получение новых научных результатов по направлению «Нанотехнологии и наноматериалы» в рамках мероприятия 1.3.1. Программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы».

1. Наименование разрабатываемой научной продукции

Структура и физические свойства низкоразмерных систем на поверхности полупроводников.

2. Характеристика выполненных на этапе работ по созданию продукции

2.1. Процессы формирования структур и изучение их свойств проводились в контролируемых условиях сверхвысокого вакуума, при этом давление остаточной атмосферы в вакуумной камере составляло не более 2×10^{-9} Тор. Для приготовления исследуемых наноструктур использовались химически-чистые вещества высокой степени очистки (не менее 99,9%). Для создания структур использовались специфические особенности поверхностных процессов, таких как адсорбция, поверхностные химические реакции, локальная десорбция, осаждение металлов и полупроводников, включая явление самоорганизации, а также процессы в зоне воздействия локальными

зондами. Разработанные методы обеспечили повторяемое получение наноструктур со следующей номенклатурой параметров:

- плотность атомных дефектов не более одного на 1000 нм^2 для монослоев адсорбата различной плотности на поверхности металлов и полупроводников;
- дисперсия размеров атомных кластеров в упорядоченных массивах не более 20 % от среднего размера кластера;
- длина одномерных атомных цепочек на поверхности металлов и полупроводников не менее 100 нм.

Методы исследования поверхности и формирующихся наноструктур включают в себя сканирующую туннельную микроскопию (СТМ), предназначенную для анализа морфологии, структурного устройства полупроводниковых поверхностей; дифракцию медленных электронов (ДМЭ) для исследования кристаллических структур и их эволюции в процессе формирования наноструктур на поверхности.

При исследовании наноструктур на поверхности металлов и полупроводников применялось математическое моделирование для изучения физических свойств объектов исследований (атомная и электронная структура, релаксация, динамика поверхности), компьютерное моделирование процессов самоорганизации, построение теоретических моделей процессов самоорганизации на поверхности полупроводников.

В результате выполнения проекта в рамках НИР были проведены следующие исследования:

1. Был предложен ряд структурных моделей реконструкции Ag/Si(100)-с(6×2) схожих по строению с реконструкцией Si(100), включающих ряды Si димеров, разделенных желобами. Проверка стабильности около двадцати систем с покрытием Ag лежащим в интервале от 1/6 до 1 МС позволила сократить число вероятных моделей до 4. Сравнение результатов расчетов с экспериментальными СТМ изображениями показало, что реконструкция подложки Si(100) стабильна, а подсистема серебра эластична благодаря присутствию слабосвязанных мобильных атомов Ag.

2. Определены основные закономерности пространственного распределения магических кластеров 4×3 -In на поверхности Si(100) 2×1 при малых покрытиях In. Установлено, что сформировавшийся кластер возмущает вокруг себя в пределах ограниченной области потенциальный рельеф таким образом, что зарождение нового кластера в одних местах сильно стимулируется, тогда как в других местах сильно подавляется.

3. Используя сканирующую туннельную микроскопию, получены данные о росте островковых пленок золота на поверхности пленок MnSi, сформированных на подложках Si(111). Установлено, что в зависимости от структуры поверхности пленки MnSi коэффициент поверхностной диффузии адатомов золота может изменяться на несколько порядков величины.

4. Исследованы эффекты, вызываемые адсорбцией менее 0,1 монослоя (МС) Mn на реконструкции Au/Si(111). Было определено, что малое количество Mn разрушает первоначальные структуры 5×2 -Au и α - $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Au и начинает формирование новых упорядоченных структур 8×2 , 10×2 и $2\sqrt{2} \times 2\sqrt{2}$. Метод сканирующей туннельной спектроскопии показал, что структура $2\sqrt{2} \times 2\sqrt{2}$ является металлической, тогда как структуры 8×2 и 10×2 — полупроводниковыми.

5. Было проведено численное моделирование плоских островков фуллеренов C₆₀ на поверхности Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$. Изучение адсорбции фуллеренов C₆₀ на поверхности Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ также проводилось с помощью сканирующей туннельной микроскопии. На поверхности Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ были получены островки фуллеренов C₆₀ двух типов, различающиеся углом разориентации 0° и 19°. На поверхности Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ были сформированы массивы идентичных островков состоящих из 37 фуллеренов.

6. Приведены сведения о результатах реализации в 2012 г. индикаторов федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

3. Области и масштабы использования полученных результатов

Разработанные в результате проведения НИР методы приготовления исходной поверхности с требуемой морфологией и реконструкцией, а также управления её химической активностью и электронными свойствами путём контролируемого формирования низкоразмерных систем заданного состава и атомной структуры будут иметь важное практическое значение. Результаты работы можно считать научно-техническим заделом по технологии формирования структур атомного масштаба с использованием самоорганизации атомов адсорбатов на поверхности полупроводниковых кристаллов в условиях сверхвысокого вакуума. Такие системы могут быть использованы как элементы памяти, активные элементы интегральных схем и межсоединений для твердотельной нанoeлектроники. Научные результаты, экспериментальные методы, методики исследований могут найти применение при разработке учебных пособий, методических материалов, которые могут быть использованы в учебном процессе в рамках специальности «Наноматериалы».

4. Выводы

Проведение научно-исследовательской работы по теме «Структура и физические свойства низкоразмерных систем на поверхности полупроводников» можно считать успешной. Результаты, полученные в ходе выполнения НИР, являются актуальными и соответствуют мировому уровню.

Руководитель работ по проекту

С.н.с., к.ф.-м.н. _____ *О.А. Утас*