

## Формирование сверхтонких магнитных пленок кобальта на поверхности монокристаллического кремния

Г. С. Гребенюк<sup>1</sup>, К. М. Попов<sup>2</sup>, И. И. Пронин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 292-79-48, эл. почта: georgijmail@gmail.com

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 292-79-48, эл. почта: renkone@nm.ru

Низкоразмерные структуры, образующиеся при нанесении тонких пленок кобальта на поверхность монокристаллического кремния, представляют большой научный и практический интерес и интенсивно исследуются на протяжении последнего десятилетия [1]. Особенно много внимания привлекают вопросы силицидообразования и роста эпитаксиальных слоев дисилицида кобальта на кремнии, а также формирования магнитных гетероструктур. Решению этих проблем препятствуют сложность контроля диффузионных процессов, протекающих в области интерфейса Co/Si, и недостаточная изученность его магнитных свойств. Цель настоящей работы состояла в установлении размерных зависимостей магнитных свойств тонких пленок кобальта, формирующихся на трех основных гранях кремния - Si(100), Si(111), Si(110), и в определении влияния на эти зависимости изменений фазового состава и электронной структуры пленок, происходящих при напылении и отжиге.

Формирование и исследование пленок проводились в условиях сверхвысокого вакуума ( $10^{-8}$  Па). Их фазовый состав и электронное строение анализировались методом фотоэлектронной спектроскопии высокого энергетического разрешения с использованием синхротронного излучения. Магнитные свойства пленок исследовались *in situ* с помощью поверхностно-чувствительного метода, основанного на эффекте магнитного линейного дихроизма в фотоэмиссии Co Zr электронов. Использование этих методик в рамках единого эксперимента позволило установить корреляцию изменений фазового состава и магнитных свойств системы.

Показано, что для всех граней кремния ферромагнитное упорядочение интерфейса Co/Si носит пороговый характер и наступает при покрытиях, равных  $\sim 7$  Å. Оно наступает на стадии перколяции островковой пленки твердого раствора кремния в кобальте. Рост пленки металлического кобальта, начинающийся при покрытиях более 7 Å Co, приводит к дальнейшему более медленному увеличению

остаточной намагниченности анализируемого приповерхностного слоя. Величина остаточной намагниченности различна для разных граней, минимальна для Si (111) и максимальна для Si(100).

Для изучения термической стабильности сформированных слоев проводились изохронные отжиги образцов при различных температурах. Температура отжига, при которой термостимулированные твердофазные реакции начинаются в анализируемом приповерхностном слое, варьируется для разных граней кремния в диапазоне от 260°C до 320°C. Результатом этих реакций является образование двух соединений - ферромагнитного силицида  $\text{Co}_3\text{Si}$  и немагнитного силицида  $\text{Co}_2\text{Si}$ , причем для граней Si(100) и Si(110) доминирующей является фаза  $\text{Co}_3\text{Si}$ , а для грани Si(111) - фаза  $\text{Co}_2\text{Si}$ . При дальнейшем увеличении температуры отжига образца в случае граней Si(111) и Si(100) эти силициды преобразуются в немагнитные фазы  $\epsilon\text{-CoSi}$  (при температуре  $\sim 350^\circ\text{C}$ ) и  $\text{CoSi}_2$  (при температуре  $500^\circ\text{C}$ ). На грани Si(110) эти же силициды образуются при более высоких температурах ( $450^\circ\text{C}$  и  $600^\circ\text{C}$  соответственно).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-02-00632) и Российско-Германской лаборатории в HZB BESSY.

#### **Литература**

1. S.M. Valvidares, C. Quirós, A. Mirone, et al. Phys. Rev. B 78, 064406 (2008).