Зарождение и эпитаксиальный рост трехмерных островков Ge на структурированной поверхности Si(100)

Смагина Ж.В.¹, Зиновьев В.А.¹, Рудин С.А.¹, Ненашев А.В.^{1,2}, Родякина Е.Е.^{1,2}, Фомин Б.И.¹, Двуреченский А.В.^{1,2}

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-74

Исследованы места зарождения и последующего эпитаксиального роста трехмерных островков Ge, формируемых на структурированной поверхности Si(100) в виде массива ямок, создаваемых с использованием электронной литографии и плазмохимического травления в узлах квадратной решетки. Установлено, что расположение мест зарождения наноструктур зависит от формы дна ямок. Для ямок с V-образной формой профиля зарождение и рост наноструктур наблюдается только внутри ямок (рис.1, а). Для ямок с U-образной формой профиля, островки зарождаются по периметру ямки (рис. 1, б). Для установления механизма, определяющего места зарождения трехмерных островков в зависимости от формы дна ямки, была использована разработанная ранее атомистическая модель гетероэпитаксии Ge на Si. Ключевым фактором модели, позволяющим проводить моделирование роста на достаточно больших фрагментах структуры, содержащих сотни тысяч атомов, является эффективный метод учета распределения деформации. Моделирование методом Монте-Карло на основе предложенной модели позволило установить, что различие в местах зарождения островков определяется пространственным распределением упругих деформаций на границе Ge/Si на начальных этапах роста слоя Ge в зависимости от формы ямок. Для ямок с V-образной формой профиля наиболее релаксированная область Ge (минимум плотности упругой энергии) находится в центре дна, где и происходит зарождение трёхмерных наноструктур Ge. Тогда как для ямок с U-образной формой профиля наиболее релаксированные области смещаются в процессе роста со дна ямок к их краям, что приводит к зарождению островков Ge по их периметру. Работа выполнена за счет средств гранта РФФИ № 16-29-14031.

Рис.1. – СЭМ-изображения пространственно-упорядоченных трёхмерных наноструктур GeSi, полученных осаждением 4 монослоев Ge при температуре 700°C на структурированные подложки Si(100) с рельефом поверхности в виде ямок с: а - V-образной и б - U-образной формой профиля, расположенных в узлах квадратной решётки с периодом 1 мкм. На вставках соответствующие АСМ-изображения профилей ямок до осаждения Ge и результаты моделирования.