

# **НАНОФИЗИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА**

**Труды XXVI Международного  
симпозиума**

*14–17 марта 2022 г., Нижний Новгород*

*Том 2*

*Секция 3*

Нижний Новгород  
Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского  
2022

# Динамика сверхструктурных переходов при низкотемпературном росте наноструктур по Странскому-Крастанову

К.А. Лозовой\*, В.В. Дирко, А.П. Коханенко, О.И. Куkenов, В.П. Винарский

Томский государственный университет, ул. Ленина, 36, Томск, 634050.

\*lka@sibmail.com

В данной работе проводится анализ сверхструктурных переходов при эпитаксиальном росте двумерных слоев и формировании квантовых точек по механизму Странского – Крастанова в упруго-напряженных системах методом дифракции быстрых электронов.

Настоящая работа посвящена исследованию процессов, протекающих при эпитаксиальном выращивании двумерных материалов и квантовых точек в упруго-напряженных системах, рассогласованных по параметру решетки. В таких системах наблюдается так называемый рост по механизму Странского – Крастанова, в результате которого можно получить как напряженные двумерные слои, так и частично релаксированные трехмерные островки, которые могут служить основой для создания различного типа приборов.

Наноструктуры с квантовыми ямами и квантовыми точками уже около десяти лет активно используются при создании фотодетекторов, солнечных элементов и светоизлучающих устройств для таких быстро развивающихся областей как наноплектроника и наноптоника. Кроме того, в последнее время осознается перспективность использования подобных структур для создания приборов совершенно нового уровня, например, топологических транзисторов, твердотельных спиновых кубитов, высокочувствительных сенсоров. Помимо этого, сложный характер поведения величины и распределения упругих напряжений в системе квантовые точки/двумерный слой, делает возможным их направленную модификацию с целью создания структур для современной стрейнтроники.

В настоящей работе эпитаксиальное осаждение германия на поверхность кремния проводилось в сверхвысоковакуумной установке молекулярно-лучевой эпитаксии, оснащенной двумя электронно-лучевыми испарителями для кремния и германия. Аналитическая часть камеры состоит из масс-спектрометра, кварцевого измерителя толщины, инфракрасного пирометра и дифрактометра быст-

рых электронов с энергией 28 кэВ. Для обработки изображений и анализа картин дифракции быстрых электронов разработана программа с использованием собственных алгоритмов. Благодаря высокому разрешению дифрактометра удалось более точно проследить за зависимостью положения дифракционных пиков от толщины и температуры. Скорость осаждения германия составляла 0,3 МС/мин (1 МС = 0,145 нм). Относительно низкая скорость осаждения также была выбрана с целью детально проследить за изменением состояния поверхности и положением дифракционных рефлексов в зависимости от эффективной толщины осажденного материала. Диапазон температур роста, измеряемых на поверхности подложки, составлял от 200 до 600 °С.

В результате получены детальные зависимости параметра периодичности  $N$  реконструкции типа  $2 \times N$  от эффективной толщины осажденного материала в широком интервале ростовых температур при эпитаксии германия на поверхность кремния с кристаллографической ориентацией (001). Впервые исследованы сверхструктурные переходы и смена величины параметра  $N$  при низких температурах эпитаксии в этой системе. Показано, что длина димерных рядов в такой реконструкции при росте чистого германия на кремнии может достигать величины не менее  $N = 11$ . Найдена связь между величиной параметра  $N$ , определяемого упругими напряжениями в системе, и величиной критической толщины перехода от двумерного к трехмерному росту.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 21-72-10031.