

А.С. Пестров (асп., 2 год, ИФП СО РАН),
Д.И. Роголю (к.ф.-м.н., в.с., ИФП СО РАН),
А.В. Латышев (акад. РАН, проф., НГУ, каф. ФПП)

ВЛИЯНИЕ СТОКА АДАТОМОВ В СТУПЕНИ НА ДВУМЕРНО-ОСТРОВКОВОЕ ЗАРОЖДЕНИЕ Si И Ge НА ПОВЕРХНОСТИ Si(111)-(7×7)

Возможность применения структур на основе твердых растворов Si-Ge-Sn в области инфракрасной и радиотехники определяет повышенный интерес к этим материалам [1]. Для формирования совершенных границ раздела в данной эпитаксиальной системе требуется разработка новых способов управления морфологией ростовой поверхности с учётом фундаментальных процессов, определяющих зарождение и рост слоёв твёрдого раствора.

Методами *in situ* сверхвысоковакуумной отражательной электронной и *ex situ* атомно-силовой микроскопии исследованы процессы зарождения двумерных (2D) островков на широких террасах (размерами более 10 мкм) и вблизи атомных ступеней на поверхности Si(111)-(7×7) на начальных стадиях осаждения Si и Ge. Измерены зависимости концентрации 2D островков, зародившихся в центральных областях террас (N_{2D}) и ширины зоны обеднения по 2D островкам вблизи атомных ступеней (W) от скорости осаждения (R) и температуры подложки (T) в интервале 550–750°C. Из аппроксимации экспериментальных зависимостей $W^{-1}(R, T)$ и $N_{2D}(R, T)$ функцией вида $R^k \times \exp(E_D/kT)$ определены эффективная энергия активации двумерно-островкового зарождения (E_D) и показатель масштабирования (k), определяемый размером критического зародыша 2D островка (i) [2].

На основе экспериментально обнаруженной изотропности W вблизи атомных ступеней различной кристаллографической ориентации показано, что кинетика зарождения 2D островков вблизи атомных ступеней лимитирована поверхностной диффузией атомов (DL-кинетики). Однако, анализ N_{2D} в центре широких террас свидетельствует о кинетике зарождения 2D островков, лимитированной барьерами на встраивание атомов в края островков (AL-кинетики). Мы связываем обнаруженный переход к DL-кинетики роста вблизи ступени с высокой концентрацией изомов ступеней, способствующих эффективному стоку атомов и понижающих концентрацию атомов вблизи ступеней. Снижение концентрации атомов дестабилизирует зародыши 2D островков вблизи ступеней, что выражается в увеличении размера критического зародыша: вблизи ступени — $i \geq 18$ для Si/Si(111) и $i \geq 20$ для Ge/Si(111); в центральных областях террас — $i \approx 1$ для Si/Si(111), а для Ge/Si(111) i возрастает с 3 при 550°C до 5 при 650°C.

Работа проведена при поддержке проекта RFMEFI58117X0026 на оборудовании ЦКП «Наноструктуры».

I. S. Wirths et al., *Prog. Cryst. Growth Character. Mater.* **62**, 1–39, (2016).
2. D. Kandel, *Phys. Rev. Lett.*, **78**, 499–502, (1997).

Е.А. Емельянов (м.н.с., ИФП СО РАН),
М.О. Пестриков (инж.-исслед., ИФП СО РАН), М.А. Пулято (к.ф.-м.н., ИФП СО РАН),
Н.И. Преображенский (к.ф.-м.н., ИФП СО РАН), И.Б. Чистохин (к.ф.-м.н., ИФП СО РАН),
Б.Р. Семитов (к.ф.-м.н., ИФП СО РАН), А.Ф. Скачков (к.ф.-м.н., ЦАО «Сатурн»),
Г.И. Юрко (ЦАО «Сатурн»), С.В. Янчур (ГНУ ФГУП «Центр Келдыша»)

ГИБКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР СОЕДИНЕНИЙ A^{III}B^V

Гибкие солнечные элементы (ГСЭ) актуальны в силу массогабаритных характеристик, позволяющих качественно улучшить энергооборужённость космических аппаратов. ГСЭ формируются путём переноса гетероэпитаксиальной структуры с толстой, тяжелой и прочной расточной подложки на более тонкую, легкую и прочную основу – гибкий носитель. ГСЭ представляют собой тонкую многослойную композиционную структуру, состоящую из слоев полимеров, диэлектриков, металлов и полупроводниковой гетероструктуры. Используемые материалы значительно отличаются по своим физическим и химическим свойствам. Это создает ряд трудностей при разработке конструкции и технологии изготовления ГСЭ.

В настоящей работе предложены и апробированы подходы к решению задачи формирования термомеханических напряжений, возникающих в полупроводниковой гетероструктуре при термоциклировании ГСЭ. Определен набор полимерных материалов, адгезионных и металлов, обладающих длительной стойкостью к фтористоводородной кислоте, который используется для отделения подложки от гетероэпитаксиальной структуры путем растворения «жесткого слоя» (так называемый метод lift-off). Предложены решения проблемы защиты периферии гетероэпитаксиальной структуры от межслоевой эрозии в процессе отделения подложки методом lift-off. Отработаны процессы формирования сетки «обмоточной» и антиотражающего покрытия на гетероэпитаксиальной структуре, перенесённой на гибкий носитель. На рис. 1 приведён двухкаскадный ГСЭ InGaP/GaAs.

Работа выполнена при поддержке: СП – 749.2016.1

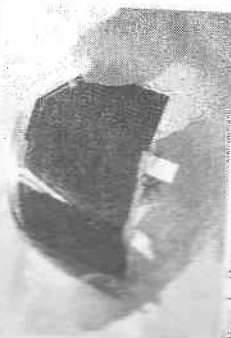


Рис. 1. Двухкаскадный ГСЭ InGaP/GaAs.