

# Начальные стадии роста тройных сплавов Si-Ge-Sn на Si(100), выращенных методом низкотемпературной МЛЭ

А. Р. Туктамышев\*, В. А. Тимофеев, В. И. Машанов, А. И. Никифоров, М. Ю. Есин

Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 13, Новосибирск, 630090.

\*tuktamyshev@isp.nsc.ru

Экспериментально определена зависимость толщины смачивающего слоя пленок  $\text{Ge}_{1-5}\text{Si}_{4x}\text{Sn}_x$  в диапазоне температур 150 – 450 °С. Данная зависимость имеет немонотонный характер, подобна зависимости толщины смачивающего слоя от температуры при росте чистого Ge на Si(100) и обусловлена изменением механизма двумерного роста. Получены зависимости среднего размера, плотности островков, а также отношение высоты островков к их поперечному размеру методами атомно-силовой и сканирующей туннельной микроскопии. С увеличением температуры роста от 200 до 400 °С увеличивается средний размер наноструктур от 4,7 до 23,6 нм.

## Введение

Теоретические исследования и экспериментальные данные, показывающие твердые растворы  $\text{Si}_x\text{Sn}_y\text{Ge}_{1-x-y}$  как потенциальные прямозонные полупроводники, демонстрируют, что гетеросистема Si-Ge-Sn интересна для создания излучающих приборов для опто- и нанозлектроники [1]. Наиболее важным свойством тройных растворов  $\text{Si}_x\text{Sn}_y\text{Ge}_{1-x-y}$  является независимая регулировка ширины запрещенной зоны и параметра постоянной решетки.

Эпитаксиальный рост сплавов  $\text{Si}_x\text{Sn}_y\text{Ge}_{1-x-y}$  осложнен рассогласованием в постоянных решетки между Sn и Ge (15%), Sn и Si (19%), маленькой равновесной растворимостью Sn в Si и Ge (<1%), а также тенденцией к поверхностной сегрегации Sn [2]. Низкотемпературная МЛЭ как методика неравновесного роста может решить вышеуказанные проблемы.

## Результаты и обсуждение

Методом молекулярно-лучевой эпитаксии были выращены пленки тройного раствора  $\text{Si}_{4y}\text{Sn}_y\text{Ge}_{1-5y}$  (y может меняться от 0 до 0,2) в диапазоне температур 150 – 450 °С. С помощью дифракции быстрых электронов в процессе эпитаксиального роста была определена критическая толщина перехода от двумерного к трехмерному росту для структур  $\text{Si}_{4y}\text{Sn}_y\text{Ge}_{1-5y}/\text{Si}(100)$ , которая зависит от температуры роста (рисунок 1).

Температурная зависимость толщины смачивающего слоя при концентрации германия 60% и 80%

имеет немонотонный характер с максимумом. Поведение обусловлено сменой механизмов роста из-за нуклеации и слияния двумерных островков на поверхности. Для сравнения приведена температурная зависимость 2D-3D-перехода для роста чистого германия на поверхности кремния (100) [3].

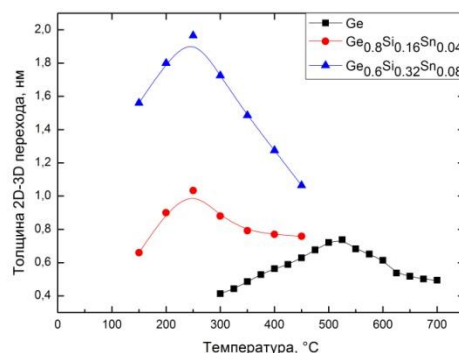


Рисунок 1. Температурная зависимость 2D-3D-перехода при эпитаксии  $\text{Si}_{4y}\text{Sn}_y\text{Ge}_{1-5y}$  на Si(100).

При низких температурах адатомы из-за малой подвижности не могут достигнуть края 2D-островков, которые растут дальше, заполняя следующий слой на поверхности островка. Далее многоуровневые островки трансформируются в трехмерные островки, вызывая высокую поверхностную шероховатость. При увеличении температуры роста плотность многоуровневых островков (и, как следствие, шероховатость поверхности) уменьшается, за счет чего увеличивается толщина смачивающего слоя.

При увеличении температуры роста происходит уменьшение толщины смачивающего слоя, связан-