

Напряженные многослойные структуры с псевдоморфными слоями GeSiSn

**В.А. Тимофеев^{1,*}, А.И. Никифоров^{1,2}, А.Р. Туктамышев¹, В.И. Машанов¹,
А.К. Гутаковский¹, Н.А. Байдакова³**

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 13, Новосибирск, 630090.

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, 634050.

³ Институт физики микроструктур РАН, ул. Академическая, д. 7, Нижний Новгород, 607680.

*Vyacheslav.t@isp.nsc.ru

Изучены температурные и композиционные зависимости критической толщины 2D-3D-перехода для пленки GeSiSn на поверхности Si(100). Впервые исследованы закономерности формирования многослойных структур, содержащих псевдоморфные слои GeSiSn непосредственно на Si без релаксированных буферных слоев. Методом просвечивающей электронной микроскопии показана возможность создания многослойных структур на основе псевдоморфных пленок GeSiSn и определены параметры кристаллической решетки. Выращенные структуры продемонстрировали фотолюминесценцию с интенсивным сигналом люминесценции в диапазоне 0.7 – 0.85 эВ.

Введение

В последние годы соединения на основе материалов Ge-Si-Sn привлекли к себе особое внимание в связи с возможностью их применения в интегральной кремниевой фотонике, микро- и нанозлектронике, фотовольтаике, термофотовольтаике, а также в области телекоммуникаций и инфракрасного обнаружения [1]. Успехи в области роста эпитаксиальных слоев GeSn, GeSiSn [2] открывают путь в направлении модификации зонной структуры путем управления напряжениями и составом. Основные проблемы синтеза эпитаксиальных пленок GeSn и GeSiSn, связанные с низкой равновесной растворимостью Sn в Ge и Si (<1%), сегрегацией и преципитацией, решаются с помощью неравновесных методик роста, таких как молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ), магнетронное распыление, твердофазная эпитаксия, перекристаллизация и газозфазная эпитаксия (ГФЭ) [3]. В большинстве работ, посвященных росту соединений GeSn, GeSiSn, демонстрируются структуры с толстыми релаксированными слоями Ge, GeSn или GeSiSn [4]. Главными недостатками таких структур являются прорастающие дислокации, ухудшающие структурные и оптические свойства материала.

В представленной статье предлагается использовать взамен релаксированных слоев псевдоморфные упругонапряженные пленки GeSiSn, выращенные прямо на Si. Основное преимущество псевдоморфных пленок над толстыми слоями заключается

в том, что они не содержат дислокаций и когерентны с подложкой.

Эксперимент

Методом молекулярно-лучевой эпитаксии в условиях сверхвысокого вакуума были получены многослойные структуры, содержащие псевдоморфные слои GeSiSn различного состава (содержание Sn от 0 до 10%) и толщины (от 2 до 3.5 нм). Температура и скорость роста слоев GeSiSn варьировались в диапазоне 100 – 150°C и 0.075 – 0.43 МС/сек (1МС (монослой) Sn на поверхности Si(100) равен 0.184 нм), соответственно. Слои GeSiSn зарастивались Si при температуре 500°C. Изменение морфологии и структуры поверхности при росте пленок GeSiSn и Si контролировалось с помощью дифракции быстрых электронов (ДБЭ). Кристаллическая структура растущих слоев изучалась, используя поперечную высокоразрешающую просвечивающую электронную микроскопию (ПЭМ). Оптические свойства структур исследовались методом спектроскопии фотолюминесценции.

Результаты и обсуждение

Для получения многослойных структур, содержащих упругонапряженные псевдоморфные слои GeSiSn, были изучены температурные и композиционные зависимости критической толщины 2D-3D-перехода для пленки GeSiSn при различных несоответствиях решетки. На рисунке 1 представ-