Газофазное осаждение эпитаксиальных слоев Ge и GeSn с разложением моногермана (GeH_4) на горячей проволоке

Денисов С.А.¹, Шенгуров В.Г.¹, Чалков В.Ю.¹, Павлов Д.А.¹, Трушин В.Н.¹, Филатов Д.О.¹,
Зайцев А.В.¹, Бузынин Ю.Н.²

¹ Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского, Нижний Новгород,
пр.Гагарина, 23

² Институт физики микроструктур РАН, Нижегородская обл., Кстовский район, д.Афонино,
Академическая, 7

DOI 10.34077/Semicond2019-96

В настоящее время сохраняется спрос на источники света и фотодетекторы на основе кремниевой технологии. Одним из перспективных и активно развивающимся направлением является создание данных элементов на основе эпитаксиальных слоев Ge или твердого раствора GeSn, выращенных на подложках кремния [1].

В данной работе для роста эпитаксиальных слоев Ge и GeSn на подложках Si (100) был применен метод газофазного осаждения с горячей проволокой (HW-CVD). В качестве «горячей проволоки» использовали танталовую полоску, нагреваемую до 1200 - 1500°C и расположенную напротив Si-подложки. Прекурсором служил чистый моногерман (GeH_4), который напускали в высоковакуумную камеру роста до давления $(2 - 9) \cdot 10^{-4}$ Торр. При росте слоев GeSn поток Sn формировался испарением его из эффузионной ячейки, нагретой до 1100°C. Температура подложки варьировалась в интервале 300 - 325°C. Исследовались слои толщиной до 1 мкм.

Структурное качество эпитаксиальных слоев оценивали с помощью рентгеновской дифракции и просвечивающей электронной микроскопии. Все слои имели структуру монокристалла. Значение ширины (FWHM) кривой качания от слоев Ge толщиной 0,5 мкм составляли 3 - 5 угл.мин., в то же время для аналогичных слоев GeSn – 7 - 10 угл.мин. По данным ПЭМ на границе раздела Ge/Si(100) видны напряженные поля из-за сетки дислокаций несоответствия, локализованной в плоскости границы раздела. В основной части эпитаксиального слоя Ge дефектов практически не наблюдается.

Исследование слоев Ge на Si(100) методом конфокальной рамановской микроскопии показало, что наблюдается только резкий рамановский пик около 300 см^{-1} , что указывает на наличие связи Ge-Ge. Малая ширина фононной полосы на половине максимума интенсивности ($< 6 \text{ см}^{-1}$) указывает на достаточно высокое структурное совершенство слоев. В случае слоев твердого раствора GeSn в спектрах комбинационного рассеяния наблюдались типичные для них три моды: Ge-Ge, Sn-Ge и Sn-Sn.

Анализ морфологии поверхности слоев Ge и GeSn показал, что слои GeSn имеют более грубую поверхность. Среднеквадратичная шероховатость поверхности (RMS) слоев GeSn на площади $10 \cdot 10 \text{ мкм}^2$ лежит в пределах 1.2 – 1.7 нм.

В работе обсуждается механизм роста методом HW-CVD слоев Ge/Si(001) и GeSn/Si(001).

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект №18-72-10061).

[1] S. Wirths et al., *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 62, 1 (2016).