

А.Р. Туктамышев (асп., 3 год, инж., ИФП СО РАН),
А.И. Никифоров (к.ф.-м.н., зав.лаб. №16, ИФП СО РАН)

ПОЛУЧЕНИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ Ge-Si-Sn

Интерес к материалам GeSiSn связан с возможностью создания прямого полупроводника как на двойном соединении GeSn [1], так и на тройном соединении GeSiSn [2]. Эти соединения можно выращивать непосредственно на кремниевой пластине, что обеспечивает возможность создания приборов кремниевой фотоники и оптоэлектроники, работающих в инфракрасной области спектра излучения. В последние годы появилось много работ по созданию излучающих приборов и фотоприемников на основе материалов GeSiSn [3,4]. Структуры, которые получают в этих работах, выращивают на кремниевой пластине, используя буферный слой германия толщиной 1 мкм.

В данной работе многослойные структуры были выращены методом молекулярно-лучевой эпитаксии напрямую на подложках Si(100). На основе методики определения 2D-3D перехода были построены кинетические диаграммы роста соединений $Ge_{1-x}Si_xSn_y$ на Si(100) в широком диапазоне температур (150–450°C) и при различном соотношении тройного соединения GeSiSn с Si по параметру решетки. На основе этих температурных зависимостей выбирались такие температуры роста и толщины слоев GeSiSn, чтобы достигался псевдоморфный рост. Слои GeSiSn выступают в качестве квантовых ям, которые выращивались слоем Si при повышенной температуре для выглаживания поверхности, а также для создания потенциальных барьеров. Количество периодов гетероструктуры (GeSiSn/Si) варьировалось и достигало 15 повторов.

Для изучения кристаллической структуры полученных структур использовалась высокоразрешающая просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Из данных поперечного среза ПЭМ можно заключить, что такие структуры действительно растут псевдоморфно к подложке Si(100) и не содержат прорастающих дислокаций или их концентрация незначительна.

Оптические свойства исследовались методом спектроскопии фотолюминесценции (ФЛ). Наблюдается сигнал ФЛ в диапазоне 0.6–0.8 эВ. С увеличением концентрации Sn в составе тройного соединения уменьшается максимум ФЛ с 0.77 до 0.65 эВ, для соединений $(Ge_{0.115}Si_{0.65}Sn_{0.035})$ и $(Ge_{0.4}Si_{0.54}Sn_{0.06})$ соответственно. При уменьшении температуры роста, а также при увеличении толщины слоя GeSiSn сигнал люминесценции снижается, что может быть вызвано увеличением точечных дефектов в кристаллической структуре.

1. K. Kosteki et al., *ECS Trans.*, **64**, 811 (2014)
2. J.D. Gallagher et al., *Appl. Phys. Lett.*, **103**, 202104 (2013)
3. I.A. Fischer et al., *Optics Express*, **23**, 25048 (2015)
4. B. Schwartz et al., *Solid State Phenomena*, **242**, 361 (2015)

А.В. Клековкин (асп., 2-й год, ФИАН, ОФТТ),
В.П. Мартовский (д.ф.-м.н., в.н.с., ФИАН),
В.С. Кривобок (к.ф.-м.н., с.н.с., ФИАН),
Ю.А. Алещенко (д.ф.-м.н., в.н.с., ФИАН),
А.В. Мурагов (инж., ФИАН),
А.Б. Мехия (студ., МФТИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ОТ НЕПРЯМОЙ К ПРЯМОЙ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЕ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЯХ $Ge_{1-x}Sn_x$

Твердые растворы GeSn рассматривают в качестве материала, перспективного для получения прямозонных полупроводников на основе элементов IVA группы Периодической системы. Теория предсказывает достижение прямой структуры зон в образцах GeSn с мольной долей олова, превышающей 0.2 [1]. Однако в условиях термодинамического равновесия растворимость олова в германии ограничена пределом в 0.5 ат. %. Поэтому получение эпитаксиальных слоев GeSn с большей мольной долей олова возможно только в далеких от термодинамического равновесия условиях при пониженных температурах эпитаксии.

В данной работе была выращена серия Ge(GeSn) гетероструктур на пластинах Si ориентации (001), покрытых буферным слоем германия толщиной 0.5–0.7 мкм. Использованы как не отклоненные от точной ориентации, так и отклоненные на угол 4° в направлениях [110] пластины. Номинальная толщина слоя GeSn — 20 нм, толщина покровного слоя Ge — 10 нм.

Для определения спектрального положения прямого края собственного поглощения проводились измерения ФЛ при сравнительно высоких температурах (порядка комнатной). Также для оценки спектрального положения прямого края собственного поглощения были использованы измерения спектров пропускания при гелиевых температурах, так как в этом случае особенность в спектре поглощения вблизи прямого края становится более резкой и счет экситонных эффектов.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований № 13-02-00680 А и № 13-02-12164 офн м.

1. S. Wirths, R. Geiger, N. and ect. Lasing in direct-bandgap GeSn alloy grown on Si Nanophotonics, **9**, 88 (2015)