Структурные и оптические свойства многослойных периодических структур с псевдоморфными слоями GeSiSn

В.А. Тимофеев¹, В.И. Машанов¹, А.И. Никифоров¹, А.А. Блошкин¹, И.Д. Лошкарёв¹, И.В. Скворцов¹,
Д.В. Коляда², Д.Д. Фирсов², О.С. Комков²

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова, Новосибирск,
630090, пр. ак. Лаврентьева 13

² СПб ГЭТУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, 197376, Профессора Попова 29
тел: +7 (383) 330-7934, эл. почта: Vyacheslav.t@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-78

Добавляя Sn в матрицу GeSi, можно проводить зонный инжиниринг исходного материала. Увеличение содержания олова приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны. Материалы на основе соединений GeSiSn демонстрируют фотоотклик в инфракрасном диапазоне от 1.55 мкм вплоть до 4 мкм [1, 2]. Фотоотклик основан на межзонных переходах носителей заряда. Основным нашим преимуществом перед другими работами, использующими материалы IV группы, является применение упругонапряженных слоев GeSiSn, которые не содержат дислокации.

В работе изучен рост многослойных периодических структур и сверхрешеток, включающих упругонапряженные слои GeSiSn с содержанием олова от 0 до 18 %. Установлена кинетическая диаграмма роста слоев GeSiSn с высоким содержанием Sn в диапазоне температур 100 – 300 °С. На основе кинетических диаграмм роста пленок GeSiSn выбиралась область толщин, соответствующая псевдоморфному состоянию. В процессе роста кремния поверх слоев GeSiSn наблюдались различные сверхструктуры в зависимости от содержания олова в слое твердого раствора и температуры осаждения кремния в многослойной периодической структуре. Эти сверхструктуры соответствуют определенному покрытию олова. Методом рентгеновской дифрактометрии изучены напряженное состояние, состав, качество гетерограниц и термическая стабильность многослойных периодических структур. Показано, что отжиг образцов вплоть до 550 °С не приводит к заметному смещению нулевого сателлита, определяющего средний состав слоя твердого раствора. Изучение оптических свойств полученных наноструктур проводилось методами низкотемпературной фотолюминесценции (ФЛ). Исследовано влияние температуры, а также мощности и длины волны накачки на спектры ФЛ. На рисунке продемонстрировано увеличение интенсивности инфракрасного излучения наноструктуры при изменении числа периодов сверхрешетки $\text{Ge}_{0.3}\text{Si}_{0.63}\text{Sn}_{0.07}/\text{Si}$ с 10 до 20 периодов. Интегральная

интенсивность ФЛ растет более чем в 1.5 раза. Полученный сигнал обладает высокой температурной стабильностью и однородностью по площади структуры. На основе измерений фототока диодных структур со сверхрешетками $\text{Ge}_{0.3}\text{Si}_{0.7-y}\text{Sn}_y/\text{Si}$ в активной области была экспериментально определена красная граница межзонной фотопроводимости в зависимости от содержания олова в квантовых ямах. В диапазоне составов олова от 3.5 до 9 % наблюдается линейная зависимость энергии красной границы фотопроводимости от состава. С увеличением содержания Sn до 12.5 % зависимость пороговой энергии фотопроводимости от состава отклоняется от линейного закона. Обнаружено, что в структурах $\text{Ge}_{0.3}\text{Si}_{0.7-y}\text{Sn}_y/\text{Si}$ с псевдоморфными

слоями $\text{Ge}_{0.3}\text{Si}_{0.7-y}\text{Sn}_y$ с содержанием Sn 12.5 % наблюдается межзонная фотопроводимость вплоть до длины волны 2 мкм.

Работа была поддержана Российским научным фондом (РНФ), грант № 20-79-10092.

Литература

- [1] S. Assali et al., // Applied Physics Letters, 2018. V. 112. P. 25903.
- [2] X. Wang et al., // Frontiers in Physics, 2019. V. 7, P. 134.