МЛЭ рост сложных фотоприёмных, лазерных и pVn структур на основе твердых растворов CdHgTe

Н.Н. Михайлов¹, С.А. Дворецкий^{1,3}, Р.В. Меньшиков¹, В.Г. Ремесник¹, И.Н. Ужаков¹, В.А. Швец^{1,2}

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,

Новосибирск, 630090, Лаврентьева 13

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, ул. Пирогова 2.

³ Томский государственный университет, Томск, Россия, 634050, пр. Ленина 36.

тел: +7 (383) 330-4967, факс: +7 (383) 330-4967, эл. почта: mikhailov@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-45

Рассмотрены особенности выращивания сложных гетероструктур на основе твердого раствора CdHgTe и HgCdTe/HgTe квантовых ям (КЯ) на альтернативных подложках из (013) CdTe/ZnTe/GaAs диаметром до 3-х дюймов методом молекулярно-лучевой эпитаксии с *in situ* эллипсометрическим контролем состава и толщины на сверхвысоковакуумной установке “Обь-М” с модернизированной системой молекулярных источников. Для лазерных структур при последовательном росте выращиваются толстые волноводные слои CdHgTe с составами 0,7-0,95 молярных долей CdTe и толщиной 0,3-10 мкм, в объеме которых встроены квантовые ямы (КЯ) HgCdTe/HgTe/HgCdTe в количестве от 3 до 15 КЯ с такими параметрами: состав в КЯ и барьерах 30 нм составлял менее 0,05 и 0,7-0,95 и толщиной 2,5 - 7,8 нм и 30 нм соответственно. Такие структуры обеспечивают длину волны стимулированного излучения в диапазоне от 3 до 31 мкм.

Для инфракрасных (ИК) фотоприемников (ФП) на основе множественных КЯ (до 200), нового материала как альтернативы HgCdTe, проведены исследование процессов их выращивания. Толщина барьерных слоев и КЯ варьировались и составили 30-40 нм и 2,5-8 нм, соответственно. Из измерений спектров поглощения и фотопроводимости экспериментально установлено, что энергетическое положение уровней размерного квантования изменяется обратно пропорционально с увеличением толщины КЯ при этом длинноволновая граница смещается в область больших длин волн. Разработанные особенности технологических процессов роста с прецизионным эллипсометрическим контролем состава и толщины на нанометровом уровне *in-situ* и использованием метода “эффективной” подложки позволяет воспроизводимо выращивать сложные излучающие лазерных и фотоприёмные гетероструктуры в широком инфракрасном диапазоне длин волн. Также в качестве альтернативы для ИК ФП рассматривают униполярные pVn структуры с поглощающими толстыми узкозонными слоями с составами $\sim (0.2 - 0.3)$ и встроенными в их объеме широкозонными барьерными слоями с составами ~ 0.7 и толщиной (0.2 - 0.5) нм. На рисунке представлены данные по выращиванию лазерной структуры с 10-ю HgTe КЯ толщиной 2,7 нм: а - измерения

эллипсометрических параметров в процессе роста; б) - рассчитанный профиль распределения состава вблизи КЯ. Данный тип структур обеспечивает длину волны стимулированного излучения ~ 3 мкм при температурах $\leq 10^\circ\text{C}$.

Для pVn структур, содержащих последовательно рабочий n-слой с составами ~ 0.3 , толщиной в несколько мкм, легированных индием до $(8-50) \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$, широкозонный барьерный слой с составом $X_{\text{CdTe}} \sim 0.7$ толщиной несколько десятых мкм и контактный слой с составом, превышающим состав рабочего слоя, толщиной ~ 1 мкм и уровнем легирования индием $(5-30) \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$. ИК ФП фотоприемники на основе таких pVn структур имели пониженные темновые токи и имели высокую чувствительность в диапазоне 3-5 мкм, незначительно уступающую лучшим зарубежным данным и практически лежат к кривой “RULE 07”, определяющего лучшие данные для ИК ФП.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект №18-29-20053).