Особенности роста эпитаксиальных упругонапряженных гетероструктур AlGaInAs/InP для полупроводниковых лазеров

Светогоров В.Н.¹, Акчурин Р.Х.¹, Рябоштан Ю.Л.², Яроцкая И.В.², Ладугин М.А.²,
Мармалюк А.А.²

¹Российский технологический университет, 119571, Москва, пр. Вернадского, 86.

²АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха», 117342, Москва, ул. Введенского, 3, корп. 1.

DOI 10.34077/Semicond2019-337

Одной из наиболее перспективных полупроводниковых композиций полупроводниковых лазеров, используемых в волоконно-оптических линиях связи в качестве управляемых источников излучения, является гетероструктура $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{As/InP}$ с множественными квантовыми ямами. Достижению повышенных рабочих характеристик таких лазеров способствуют большие значения разрыва зоны проводимости на гетерограницах и возможности формирования эпитаксиальных слоев с напряжениями сжатия или растяжения.

На основе модели силового баланса проанализирована вероятность образования дислокаций несоответствия в спроектированной конфигурации активной области гетероструктуры $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{As/InP}$. По модели проводился подбор величин напряжений сжатия в квантовых ямах и напряжений растяжения в барьерных слоях, которые будут наиболее благоприятными для создания напряженной гетероструктуры без риска возникновения в ней дислокаций несоответствия. Методом МОС-гидридной эпитаксии осуществлен рост упругонапряженных гетероструктур с одиночной квантовой ямой и множественными квантовыми ямами. Исследования фотолюминесценции полученных образцов показали высокие излучательные характеристики на длинах волн близких к 1.55 мкм.

С помощью сканирующего электронного микроскопа на поверхности образцов обнаруживались ограненные дефекты, имеющие форму усеченных пирамид (рис. 1), геометрические размеры которых в плоскости возрастали от 1 до 7 мкм с увеличением количества квантовых ям и остаточного напряжения в гетероструктуре. Исследования элементного состава показали, что образовавшиеся дефекты состоят из бинарного соединения InAs. Полученный результат был подтвержден обработкой поверхности образцов с помощью селективного для InAs травителя HCl: при обработке были стравлены дефекты и не затронут эпитаксиальный слой.

Причиной образования выявленных дефектов являются, видимо, развитие трехмерного роста по механизму Странского-Крастанова в ходе роста напряженных слоев и сегрегационные явления, связанные с накоплением индия на поверхности роста. Обсуждаются возможности устранения указанных дефектов в процессе роста изучаемых эпитаксиальных гетероструктур.

Рис.1. – СЭМ изображение ограненного дефекта в ГС $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{As/InP}$.