Рост гетероструктур AlGaIn:Si брегговских зеркал для спектрального диапазона, соответствующего зеленой люминесценции

И.В. Осинных¹⁾, Т.В. Малин¹⁾, Д.С. Милахин¹⁾, И.А. Александров¹⁾, К.С. Журавлев¹⁾

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

Новосибирск, 633090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

тел.: +7 (383)330-44-75, факс: +7 (383)333-27-71, эл. почта: igor-osinnykh@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-123

Полупроводниковые лазеры синего и ближнего УФ диапазонов спектра на прямых оптических переходах между зоной проводимости и валентной зоной в активном слое активно используются во многих областях науки и техники. Однако продвижение в диапазон длин волн 500-550 нм, соответствующей максимальной чувствительности человеческого глаза, сопряжено с трудно решаемыми фундаментальными и технологическими проблемами. Альтернативным путем является использование оптических переходов через уровни дефектов в широкозонном (с регулируемой шириной запрещенной зоны в диапазоне 3.4 – 6.2 эВ) твердом растворе $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, сильно легированном донорами. Широкий спектр излучения дефектов в $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ дает основание для создания источников света от сине-зеленого до ближнего инфракрасного диапазона спектра (практически весь видимый диапазон) и лазеров с уникальными параметрами – с перестраиваемой длиной волны в широком диапазоне длин волн и частот (до 500 ТГц). Для исследования эффектов усиления спонтанного излучения и возможности получения лазерной генерации необходимы структуры с резонаторами. В предыдущих работах зеркалами резонатора являлись сколотые поверхности структуры. Распределенные брегговские отражатели (брегговские зеркала) позволяют отражать световые волны с гораздо более узкой полосой отражения и большим коэффициентом отражения, чем зеркала, полученные путём скола торцов лазеров. В данной работе представлены результаты роста гетероструктур AlGaIn:Si с брегговскими зеркалами для спектрального диапазона, соответствующего зеленой люминесценции.

Для отработки роста гетероструктур AlGaIn:Si с брегговскими зеркалами была выращена структура с одним брегговским зеркалом с отражением 50%. Гетероструктура состояла из буферного слоя AlN толщиной около 200 нм, брегговского зеркала $\text{Al}_{0.28}\text{Ga}_{0.72}\text{N}/\text{GaN}$ и активного слоя $\text{Al}_{0.62}\text{Ga}_{0.38}\text{N}:\text{Si}$ толщиной 640 нм. Рост буферного слоя AlN производился после процесса нитридации, оптимизация условий которого позволяет выращивать слои AlN с гладкой морфологией поверхности без инверсионных доменов азотной полярности. Легирование активного слоя осуществлялось газовым источником с 0.7% силаном (SiH_4), разбавленным в азоте (N_2). Структура самого брегговского зеркала состояла из 16 периодов

чередующихся слоёв $\text{Al}_{0.28}\text{Ga}_{0.72}\text{N}/\text{GaN}$. Для измерения спектра отражения использовалась 30-ваттная дейтериевая лампа. Фотолюминесценция (ФЛ) возбуждалась He-Cd лазером (длина волны 325 нм) и 4-ой гармоникой импульсного Nd:YLF лазера (длина волны 263 нм, длительность импульсов 5 нс, частота повторений 1 кГц).

Измерение спектра отражения сформированного брегговского зеркала путём засветки со стороны сапфировой подложки показало усиление 4, 3 и 2 раза для длин волн 475 нм, 500 нм, 525 нм (см. Рисунок). При заданном содержании Al энергетическое положение максимума интенсивной полосы ФЛ составляет 500 нм, что соответствует зеленому спектральному диапазону. При возбуждении ФЛ с лицевой стороны данный образец продемонстрировал усиление излучения активного слоя на длине волны 500 нм.