

Гетероструктуры InGaN/AlGaN для светодиодов ближнего ультрафиолетового диапазона

М. М. Рожавская¹, Е. Е. Заварин², В. С. Сизов², В. В. Лундин²

¹АФТУ РАН, Санкт-Петербург, Россия

эл. почта: lii86@rambler.ru

²ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

В последнее время усилия многих исследователей сосредоточены на создании эффективных светодиодов ближнего УФ диапазона на основе нитридов III группы. Для достижения таких длин волн возможно использовать квантовые ямы GaN/AlGaN, однако в таких структурах отсутствие пространственного ограничения в плоскости интерфейса AlGaN/GaN и наличие большого числа дислокаций несоответствия ведет к уходу носителей на дефекты и безизлучательной рекомбинации [1]. В структурах синего и зеленого диапазона на основе нитридов III группы квантовые ямы InGaN обеспечивают пространственную локализацию носителей благодаря фазовому распаду твердого раствора InGaN и как следствие образованию потенциальных минимумов [2]. Для структур УФ диапазона этот подход также может привести к улучшению излучательных свойств. В качестве буферного слоя в таких структурах необходимо использовать слой AlGaN, так как GaN поглощает излучение с длиной волны менее 370 нм. Однако технология роста AlGaN буферных слоев сопряжено с такими трудностями как возникновение напряжений в слоях вследствие различия параметров решеток и КТР, создание проводимости в буферном слое, образование трещин и высокая плотность дислокаций несоответствия. Целью данной работы являлось создание экспериментальных образцов наноразмерных светоизлучающих гетероструктур ближнего УФ диапазона и улучшение их свойств с помощью оптимизации дизайна активной областей. Все образцы были выращены методом газовой фазной эпитаксии из металлоорганических соединений на модифицированной установке Epiquip VP50-RP на сапфировых подложках (0001) с использованием зародышевого слоя AlN. В качестве буферных использовались слои $\text{Al}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{N}$ легированные Si (σ 193 (Ом·см)⁻¹, $n \sim 1.2 \cdot 10^{19}$ см⁻³, $\mu \sim 102$ см²/(В·с)) Давление при росте активной области составляло 500 мбар, температура роста квантовых ям InGaN — 835°C, барьеров AlGaN — 990°C. Рост проходил в азот-аммиачной атмосфере с потоками аммиака 6.25 л/мин и разгоняющего газа 4,5 и 12 л/мин соответственно. Активная область первой структуры состояла из 5 квантовых ям InGaN/ $\text{Al}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{N}$ 3 нм/8 нм. Для оптимизации интерфейса InGaN/AlGaN между ямой и барьером был помещен слой GaN 2 нм. Структура имела пик фотолюминесценции на длине волны 368 нм и плотность трещин ~ 4 мм⁻². Однако при выращивании буферных слоев AlGaN:Si без активной области трещин не наблюдалось. Поэтому образование трещин можно связать с ростом активной области структуры. Для исследования влияния дизайна активной области на образование трещин было предложено модифицировать слои GaN и барьеры AlGaN. Были выращены 3 структуры, в которых менялась толщина и положение слоя GaN. Сокращение толщины слоя в 2 раза и последующий отказ от него привели к снижению плотности трещин сначала в 2, а потом еще в 2 раза. Кроме того, размещение GaN после слоя InGaN также привело к снижению плотности трещин по отношению к первоначальной структуре. Также было проведено 2 эксперимента

по увеличению состава барьеров AlGaIn для структур, содержащих и не содержащих слой GaN в активной области. В отсутствие GaN увеличение состава барьеров не привело к увеличению плотности трещин в структуре. При наличии слоя GaN было заметно небольшое увеличение плотности трещин с увеличением состава барьеров. Таким образом, можно сделать вывод, что использование промежуточных слоев GaN в активной области ведет к увеличению плотности трещин. На основе структуры, имеющей минимальную плотность трещин, был выращен светодиод. Максимум спектра электролюминесценции для него составил 368 нм. Однако интенсивность излучения была невысокой, что можно связать с большой плотностью дефектов. Таким образом, в ходе работы были созданы экспериментальные образцы наноразмерных светоизлучающих гетероструктур с длиной волны излучения 360-370 нм. Показано, что дизайн активной области значительно влияет на образование трещин в структуре.

Литература

1. Asif Khan et al. , Nature Photonics 2, 77 — 84 (2008)
2. В. С. Сизов и др, Физика и техника полупроводников, 46, 6(2009)