

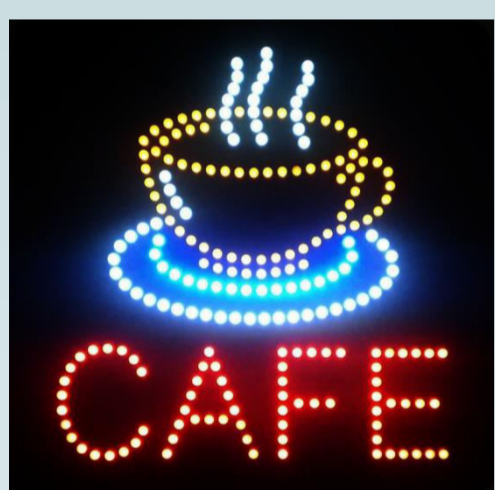
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ НА ОСНОВЕ ТВЁРДОГО РАСТВОРА AlGaInN

А.С.Обухова, А.С.Агликов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Применение

- В освещении;
- В качестве индикаторов;
- Большие уличные экраны, бегущие строки;
- В оптопарах;
- Фонари и светофоры;
- Источники модулированного оптического излучения;
- В подсветке ЖК-экранов (мобильные телефоны, мониторы, телевизоры и т. д.);
- В растениеводстве

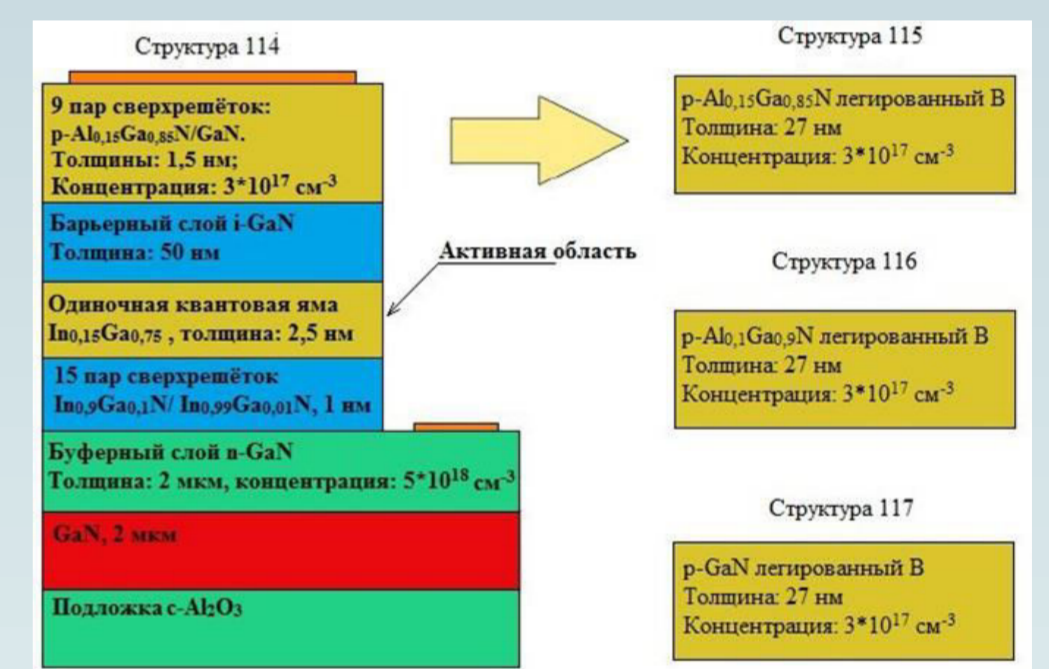
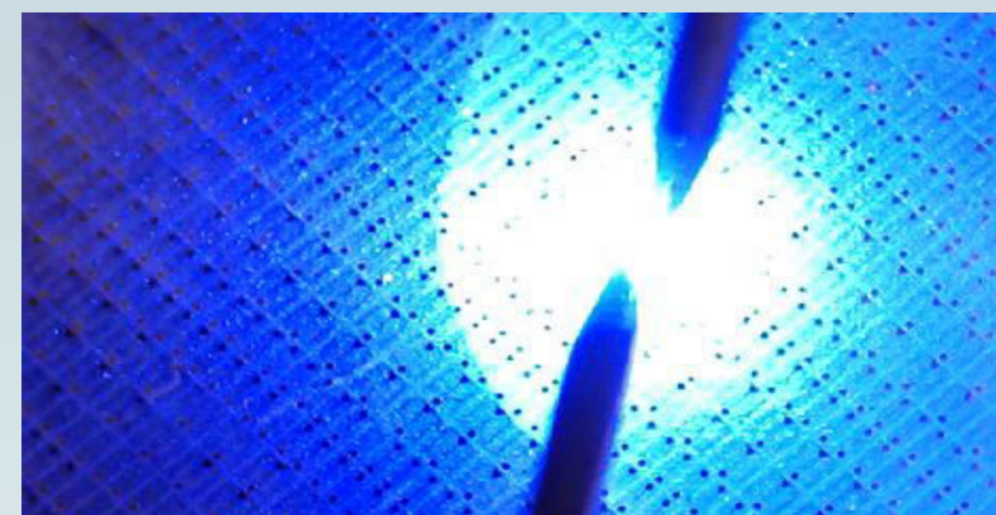


Исследованные структуры

В работе исследованы 4 типа образцов структур на основе твёрдых растворов системы AlGaInN различной геометрической формы, расположенных на сапфировых подложках диаметром 3". Структуры были созданы методом MOCVD. Образцы в поперечном сечении представляют из себя «sandwich structure» - слоистую структуру, в которой сформированы квантовые ямы и сверхрешётки.

На сапфировую подложку нанесён буферный слой нитрида галлия собственной проводимости для уменьшения количества дислокаций и механических напряжений на границе раздела подложки и излучающей части структуры. Далее следует слой нитрида галлия n-GaN, легированный кремнием. Этот слой выполняет функцию эмиттера носителей заряда в активную область (АО). Важной особенностью исследованных структур являлось использование в них сверхрешеток (СР) на основе твердых растворов AlGaIn и InGaIn. Первая область, содержащая СР, находилась между нижним эмиттером и активной областью. Она состояла из 15 пар слоев $In_{0,9}Ga_{0,1}N/In_{0,99}Ga_{0,01}N$ с толщинами по 1 нм. Эта часть структуры была призвана уменьшить концентрацию дефектов в активной области, и позволила ограничиться одиночной излучающей квантовой ямой $In_{0,15}Ga_{0,75}$ толщиной 2,5 нм. Следующим является барьерный слой i-GaN, предназначенный для блокировки процессов диффузии магния из p-эмиттера в активную область.

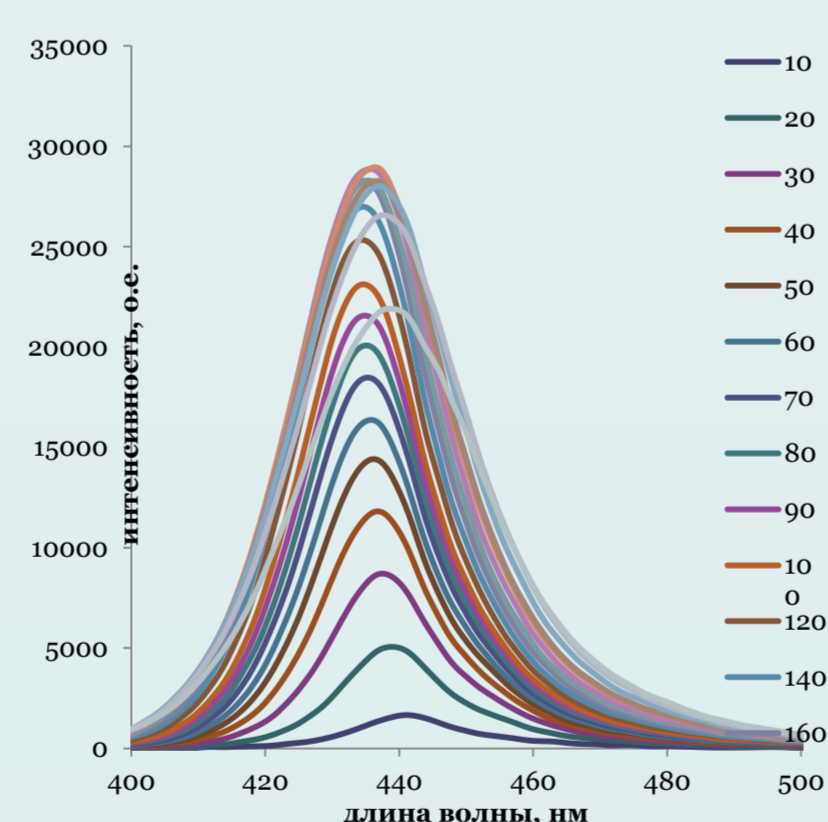
Основное внимание в работе было уделено исследованию влияния структуры верхнего блокирующего слоя (БС) на параметры излучающих кристаллов. В первом типе образцов блокирующий слой содержал СР на основе 9 пар $p-Al_{0,15}Ga_{0,85}N/GaN$ с толщинами по 1,5 нм. Для определения возможных преимуществ СР также были исследованы образцы с более простым составом БС. 2 типа образцов содержали слой, созданный на основе однородного твердого раствора нитрида галлия алюминия: $p-Al_{0,15}Ga_{0,85}N$ и $p-Al_{0,1}Ga_{0,9}N$. В последнем случае БС вообще не содержал AlN и был сделан из однородного p-GaN. В образцах толщина блокирующего слоя составляла 27 нм. Завершал структуру слой p-GaN толщиной 270 нм.



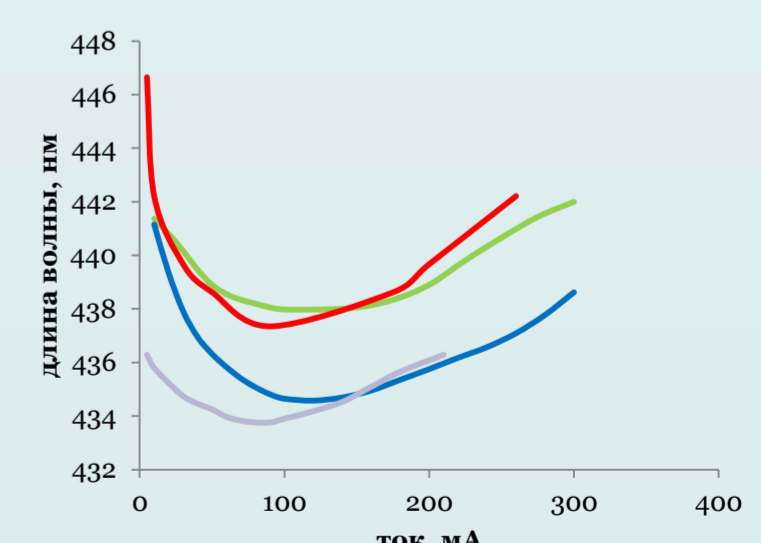
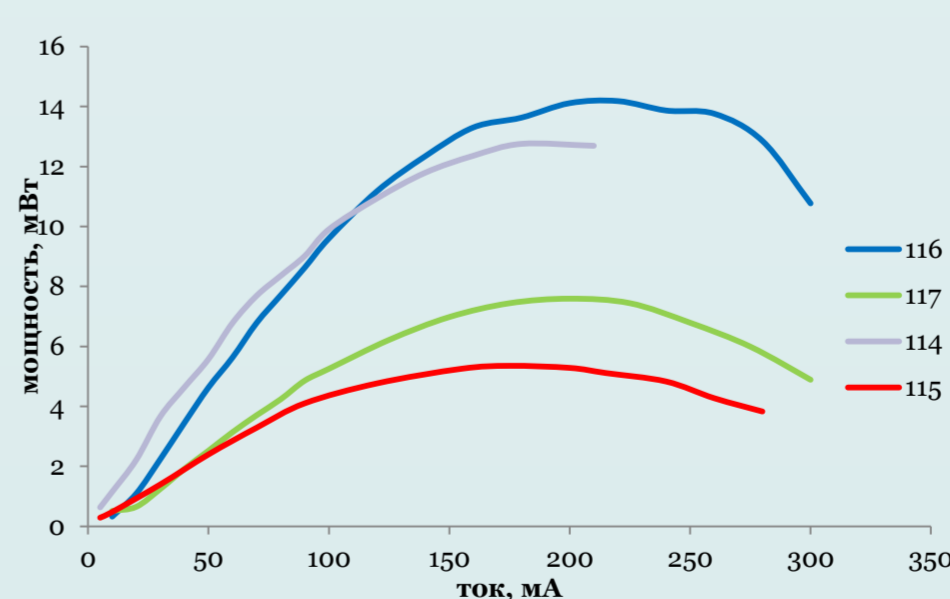
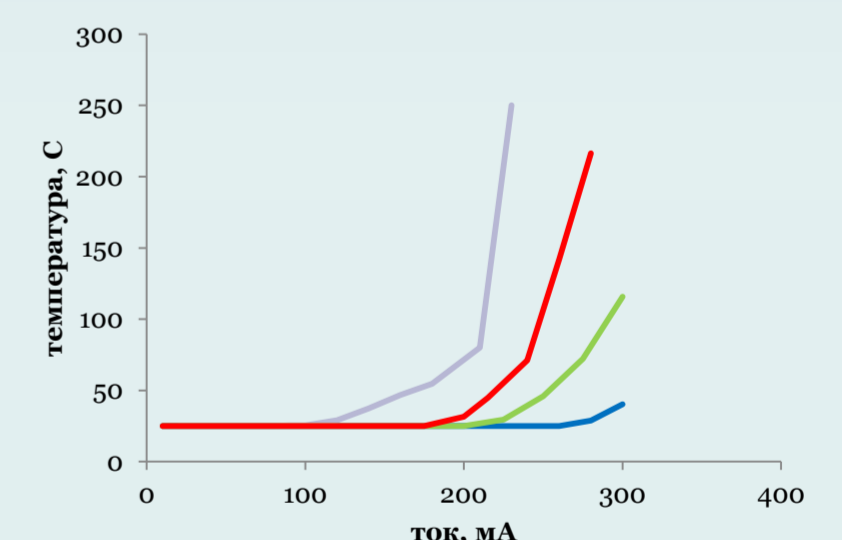
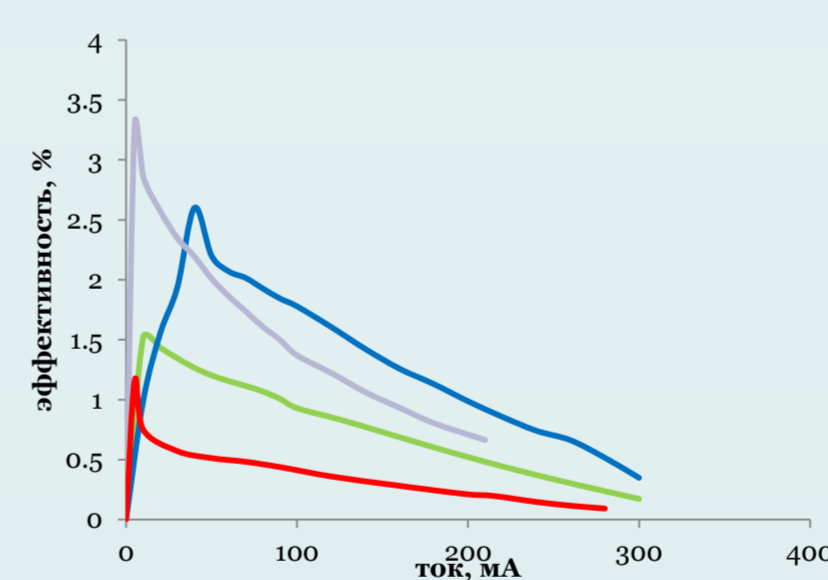
Эксперимент

Исследования проводились с использованием разработанного программно-аппаратного комплекса, включающего в свой состав зондовую станцию, термостат, интегральные сферы, спектрометры и иное измерительное оборудование.

Были измерены температуры АО описанных выше типов образцов в различных рабочих режимах и изучено влияние на них процессов токопереноса через структуры. Также были исследованы другие важнейшие характеристики образцов: спектральные и вольт-амперные характеристики, определены мощности излучения и изучены ватт-амперные характеристики, определены эффективности люминесценции, а также температурные зависимости этих параметров.



Спектр излучения 116 образца



Результаты

✓ Исследованы светоизлучающие структуры синего диапазона спектра на основе твёрдых растворов системы AlGaInN, содержащие сверхрешетки $In_{0,9}Ga_{0,1}N/In_{0,99}Ga_{0,01}N$ и $Al_{0,15}Ga_{0,85}N/GaN$, определены их основные параметры и характеристики

✓ Показано, что при увеличении величины пропускаемого прямого тока температура АО структур может увеличиваться до значений 100°C и выше, что в первую очередь определяется процессами токопереноса в верхнем блокирующем слое и активной области структуры.

✓ Показана связь между эффективностью люминесценции в структурах и температурными эффектами в них.

✓ Показано, что наибольшая эффективность при малых токах наблюдается в структурах со СР в блокирующем слое. В то же время при больших токах эффективность у всех образцов уменьшается, что связано с возрастанием интенсивности Оже-рекомбинации.

✓ Установлено, что это уменьшение эффективности у образцов с 10% AlN в БС происходит медленнее, чем в образцах со СР. Это приводит к более плавному возрастанию температуры АО у таких образцов, поэтому использование таких структур при высоких значениях рабочих токов оказывается предпочтительнее.