

УДК 621.315.592

К.К. Диханбаев, М.А. Бейсенбаев, Б.Г. Топанов, С. Сайланбек,
Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы

СПЕКТРЫ ФОТО И ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ НАНОПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ por-GaP:N/ZnO:Al

Аннотация. В данной работе представлены исследование спектров фото и электролюминесценции светоизлучающего диода изготовленного на основе нанопористой структуры фосфида галлия легированного азотом и барьерного слоя оксида цинка, полученного с помощью магнетронного распыления.

Ключевые слова: светоизлучающий диод, фосфид галлия, магнетронное распыление, фотолюминесценция, электролюминесценция, оксид цинка, нитрид галлия.

Введение

Нанокристаллические материалы на основе оксида цинка и фосфида галлия привлекают пристальное внимание учёных, благодаря набору уникальных оптоэлектронных свойств, в частности применение их в эффективных светоизлучающих диодах.

ZnO – полупроводник с прямой широкой запрещённой зоной (3.37 эВ) и большой энергией связи экситона, показывающую ультрафиолетовую эмиссию и прозрачность к видимому свету.

Благодаря интенсивной излучательной рекомбинации экситона окись цинка является перспективным материалом для создания полупроводниковых лазеров и светодиодов в видимой области спектра.

Также большое внимание исследователей привлекают нанокристаллы на основе нитрида галлия как эффективные элементы для создания приборов оптоэлектроники нанометрового масштаба [1].

Существуют различные способы осаждения барьерного слоя, например, метод химического пароосаждения (CVD) или магнетронного распыления в вакууме [2].

Целью данной работы является методика измерение и исследование спектров фотолюминесценции и электролюминесценции светодиода изготовленного на основе por-GaP:N/ZnO:Al .

Методика измерений спектров фото - и электролюминесценции

Измерения спектров фотолюминесценции (ФЛ) образцов наноструктурированного GaP, производились на установке, собранной на базе монохроматора МДР-23. Люминесценция возбуждалась импульсным лазером с длиной волны 337 нм, длительностью 10 нс, частотой 100 Гц. Фотолюминесценция возбуждалась непрерывным аргоновым лазером с длиной волны 488 нм. Средняя мощность излучения лазера составляла 23 мВт, при комнатной температуре. На рисунке 1 показана схема оптической системы установки для измерения ФЛ.

Сигнал ФЛ диспергировался с помощью 50 см монохроматора и регистрировался CCD (charge-coupled-device) камерой в спектральном диапазоне от 350 до 1100 нм.

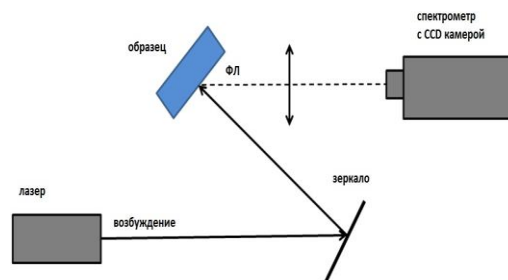


Рисунок 1 – Оптическая схема установки для измерения спектров ФЛ

Обсуждение результатов измерения

Самые лучшие образцы изготовленного образца светоизлучающего диода на основе por-GaP:N/ZnO:Al были измерены спектры фотолюминесценции, которые возбуждалась непрерывным аргоновым лазером с длиной волны 364 нм.

На рисунке 2, представлены спектры фотолюминесценции СИД структуры при различных мощностях возбуждения лазера: при 10 мВт/см^2 , 50 мВт/см^2 и 200 мВт/см^2 . Электролюминесценция красноватого цвета была хорошо видна невооружённым глазом.

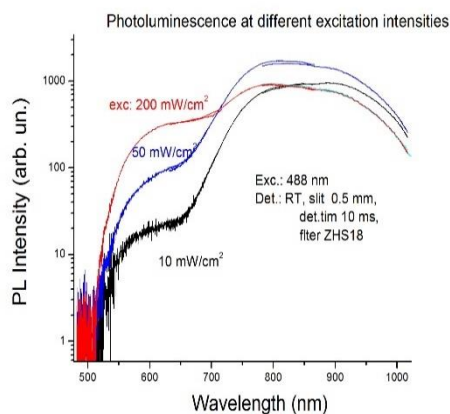


Рисунок 2 - Спектры фотолюминесценции при различной интенсивности возбуждений

Из спектров ФЛ видно, что в коротковолновой и видимой области спектра с увеличением мощности возбуждения лазера интенсивность фотолюминесценции растёт.

В инфракрасной области спектра с усилением мощности интенсивность падает, видимо, это связано с нагреванием наноструктур с мощностью облучения.

В спектрах фотолюминесценции исследованных пленок, возбуждённых лазером 448 нм в основном наблюдается широкий спектр, обусловленный рекомбинацией экситонов, локализованных на нейтральных донорах, расширения спектра в длинноволновых областях при высоких уровнях возбуждения обусловлено с рекомбинацией свободных электронов с дырками на акцепторах [3].

Проведены измерения спектров электролюминесценции полученных образцов светодиодных структур при различных напряжениях электрического

поля и различных плотностях тока. С увеличением тока смещения интенсивность электролюминесценции возрастает, т.е. интенсивность излучательной рекомбинации растёт.

На рисунке 3, представлены спектры электролюминесценции светоизлучающей структуры в интервале длин волн от 500 до 1100 нм. Электролюминесценция является главным оптическим параметром светоизлучающего диода и характеризует интенсивность излучения светодиодной структуры на основе por-GaP:N/ZnO:Al .

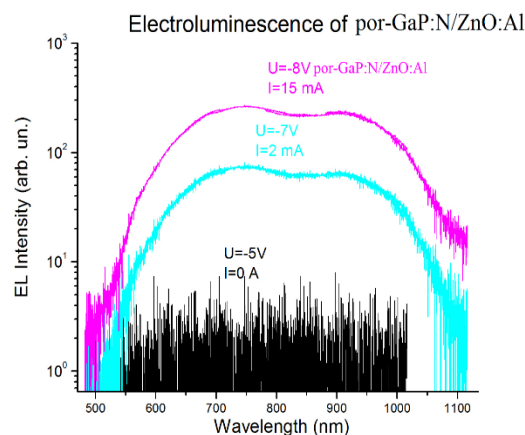


Рисунок 3 - Спектры электролюминесценции структуры por-GaP:N/ZnO:Al при различных плотности тока и приложенного напряжения

Из спектра электролюминесценции видно, что с увеличением плотности тока и приложенного напряжения интенсивность излучения возрастает, с отсутствием тока и напряжения люминесценция не наблюдается (горизонтальная линия), если приложить напряжения при отсутствия тока т.е. $I=0 \text{ A}$ т.е. люминесценция очень слабая, характеристике показывает «фоновые» излучение (на рисунке показано черными сплошными линиями), указывающего присутствие электрического поля.

Электролюминесценция полученной структуры por-GaP:N/ZnO:Al представляют собой широки диапазон светового излучения от 600 нм до 1000 нм длины волны. Коротковолновая часть до 550 нм и длинноволновая часть за 1050 нм люминесценция образца резко падает,

вследствие безызлучательные рекомбинации в структуре [4].

Также были измерены спектры электролюминесценции пористого фосфида галлия при высоких плотностях тока и одинакового приложенного напряжения (рисунок 4).

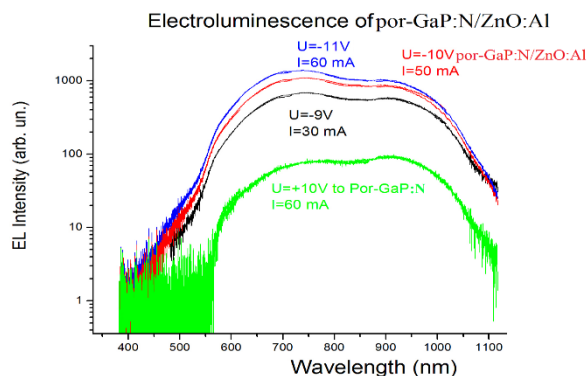


Рисунок 4 - Спектры электролюминесценции структуры por-GaP:N/ZnO:Al при высоких плотности тока и приложенного напряжения

Электролюминесценция азотированного пористого фосфида галлия была снята при высокой плотности тока (без покрытия ZnO, показан на нижнем рисунке, зеленая кривая), а верхние кривые соответствуют электролюминесценции при увеличений плотности тока $I = 30$ мА, $I = 50$ мА, $I = 60$ мА и напряжения $U = 9$ В, $U = 10$ В, $U = 11$ В соответственно.

Полученные образцы показывают ярко красные светодиодного излучения и хорошо видны невооружённым глазом. Они вполне пригодные для светоизлучающего диода. Максимальный ток $I = 60$ мА является предельным, т.к. при дальнейшем увеличении плотности тока интенсивность ЭЛ падает до минимального значения.

В следующем изображении видим первую яркую люминесцентную картинку (Рисунок 5) полученной структуры.

Проводились испытания образцов светоизлучающего диода, при более высоких напряжениях, с увеличением напряжения до 30 В - образец нагревался. При дальнейшем увеличении после 40 В р-n-переход разрушается. Оптимальное рабочее напряжения составляет 15-20 В.

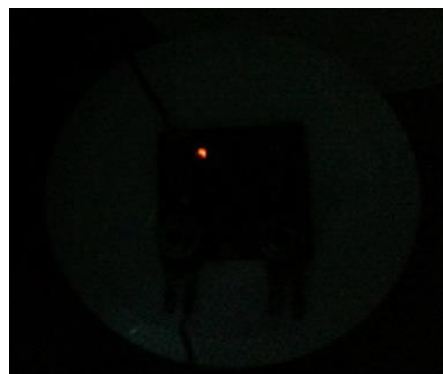


Рисунок 5 – Испускания света светодиодной структуры

Заключение

Из спектров фотолюминесценции обнаружили, что наибольшие увеличение интенсивность наблюдается в длинноволновой области спектра в диапазоне 800-850 нм, кроме того в коротковолновой и видимой области спектра с увеличением мощности возбуждения лазера интенсивность фотолюминесценции растёт.

Измеренные спектры электролюминесценции показали, что с увеличением плотности тока и напряжении, интенсивность излучательной рекомбинации растёт в широком диапазоне длин волн от 600 нм до 1000 нм. Излучение очень стабильные и хранение продолжительное времени в окружающей среде образцы сохраняют высокую интенсивность свечение.

Список литературы:

- 1 Seoung-Hwan Park Radiative Efficiency Enhancement in Blue Saw-Like InGaN/GaN Light-Emitting Diodes // Applied Physics Express. 2013, 6. P.052101-(1-4).
- 2 Seoung-Hwan Park Radiative Efficiency Enhancement in Blue Saw-Like InGaN/GaN Light-Emitting Diodes // Applied Physics Express. 2013, 6. P.052101-(1-4).
- 3 Sansaptak Dasgupta, Jing Lu, Nidhi, Ajay Raman, Christophe Hurni, Geetak Gupta, James S. Speck, Umesh K. Mishra Estimation of Hot Electron Relaxation Time in GaN Using Hot Electron Transistors // Applied Physics Express. 2013, 6. P.034002-(1-4).
- 4 Белогорохов А.И., Караванский В.А., Образцов А.Н., Тимошенко В.Ю.

Интенсивная фотолюминесценция в пористом фосфиде галлия // Письма в ЖЭТФ, 1994. 60, вып.4. С. 262-266.

Принято в печать 20.10.14

К.К. Диханбаев, М.А. Бейсенбаев, Б.Г. Топанов, С. Сайланбек,
Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби,
Алматы 050012, пр. Тимирязева 71
dkadyrjan@mail.ru

СПЕКТРЫ ФОТО И ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ НАНОПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ por-GaP:N/ZnO:Al

В данной работе представлены исследование спектров фото и электролюминесценции светоизлучающего диода изготовленного на основе нанопористой структуры фосфида галлия легированного азотом и барьерного слоя оксида цинка, полученного с помощью магнетронного распыления.

К.К. Dikhanbayev, M.A. Beisenbayev, B.G. Topanov, S. Sailanbek
Al-Farabi Kazakh National University, 71 Timiryazev av., Almaty, 050012

PHOTO AND ELECTROLUMINESCENCE SPECTRA OF NANOPOROUS STRUCTURE por-GaP:N/ZnO:Al

Abstract. This paper presents the study of spectra of the photo and electroluminescence light emitting diode made on the basis of the nanoporous structure of gallium phosphide doped with nitrogen and the barrier layer of zinc oxide obtained by magnetron sputtering.

Tags: a light emitting diode, gallium phosphide, magnetron sputtering, photoluminescence, electroluminescence, zinc oxide, gallium nitride.

К.К. Диханбаев, М.А. Бейсенбаев, Б.Г. Топанов, С. Сайланбек,
Аль-Фараби ат. Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы 050012, Тимрязев пр. 71
dkadyrjan@mail.ru

por-GaP:N/ZnO:Al НАНОКЕУЕКТІК КРЕМНИЙ ҚҰРЫЛЫМДАРЫНЫҢ ФОТО ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СПЕКТРЛЕРІ

Бұл жұмыста нанокеуекті фосфид галлий құрылымдары негізінде жасалынған жарық шығыру диодының фото және электролюминесценция спектрлерін құрылымына азот атомын енгізу және магнетрондық тозаңдатқыш арқылы барьерлік цинк тотығын қалыптастыру болып табылды.