

# Формирование спектров люминесценции, интенсивность излучения в УФ и видимой областях структур $n\text{-ZnO}/p\text{-GaN}$ , $n\text{-ZnO}/p\text{-ZnO}$ при нанесении пленок ZnO методом высокочастотного магнетронного распыления

© М.М. Мездрогина<sup>1</sup>, А.Я. Виноградов<sup>1</sup>, Ю.В. Кожанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, 194021 Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251 Санкт-Петербург, Россия

E-mail: Margaret.m@mail.ioffe.ru

(Получена 12 ноября 2017 г. Принята к печати 5 февраля 2018 г.)

Исследованы спектры излучения структур на основе пленок ZnO, нанесенных методом высокочастотного магнетронного распыления. В спектрах ФЛ ( $T = 300$  К) структур  $n\text{-ZnO}/p\text{-GaN} : \text{Mg}$  наблюдались ярко выраженные линии излучения, связанные с рекомбинацией свободных ( $\lambda = 363$  нм) и связанных экситонов  $\lambda = (377, 390, 410)$  нм, в области примесной ФЛ  $\lambda = (450\text{--}600)$  нм существенного излучения не наблюдалось. В спектрах ЭЛ структур  $n\text{-ZnO}/p\text{-ZnO}$  ( $T = 300$  К) имелись лишь линии излучения, характерные для  $n\text{-ZnO}$  ( $\lambda = 374$  нм).

DOI: 10.21883/FTP.2018.10.46449.8798

## 1. Введение

Необходимость создания эффективных светодиодов (LED) для коротковолновой (УФ) области спектра стимулировала интенсивные исследования широкозонных полупроводников как на основе соединений  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  (на примере AlN, GaN, InGaN), так и на основе соединений  $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$  (ZnS, ZnSe). Среди  $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$  соединений оксид цинка (ZnO) занимает особое место. Прямозонный полупроводник ZnO с шириной запрещенной зоны  $E_g = 3.37$  эВ интенсивно исследуется в настоящее время в связи с перспективой использования как полифункционального материала в оптоэлектронных устройствах [1–4], в приборах спинтроники как магнитный материал при легировании  $3d$  примесями, в частности  $^{57}\text{Fe}$  [5]. ZnO имеет энергию связи свободного экситона 60 мэВ, вследствие чего может быть использован для создания приборов, работающих при повышенных температурах, имеет хорошую радиационную стойкость, химически стабильный и дешевый материал, который может быть получен многочисленными методами. Основное внимание в исследованиях уделяется решению не полностью реализованной в настоящее время проблемы: получения воспроизводимых и стабильных результатов измерений в пленках ZnO с дырочным типом проводимости ( $p\text{-ZnO}$ ). Трудности получения пленок  $p\text{-ZnO}$  с воспроизводимым дырочным типом проводимости обусловлены малой величиной энергии образования вакансий ( $V_{\text{Zn}}$ ,  $V_{\text{O}}$ ) исходной полупроводниковой матрицы, а следовательно, низкой эффективностью легирования мелкими акцепторными примесями.

Цель работы заключается в исследовании влияния дефектов интерфейса на формирование спектров излучения структур  $n\text{-ZnO}/p\text{-GaN}$ ,  $n\text{-ZnO}/p\text{-ZnO}$ , увеличения

интенсивности излучения в УФ области ( $\lambda = 374$  нм) при нанесении пленок ZnO методом высокочастотного магнетронного распыления.

В данной работе для получения пленок  $p\text{-ZnO}$ ,  $n\text{-ZnO}$  использовался метод высокочастотного магнетронного распыления, который является одним из широко используемых методов, позволяющих наносить пленки ZnO с достаточной скоростью роста при относительно малой интенсивности бомбардировки поверхности, простом конструктивном исполнении, небольших энергетических затратах.

Рост пленок ZnO в случае использования высокочастотного магнетронного распыления происходит по механизму пар–кристалл и реализации процессов самоорганизации [6,7].

При легировании пленок ZnO металлическими примесями Li, Ag, Au в катионной подрешетке в данной работе использован метод диффузии [6,7]. Введение азота в анионную подрешетку дает возможность получения пленок  $p\text{-ZnO}$ , как было показано в работах [8,9]. В данной работе легирование газовой примесью — азотом ( $\text{N}^+$ ) в анионной подрешетке производилось в процессе отжига пленок ZnO в высоко частотном ( $f = 13.56$  МГц) газовом разряде смеси азота и аргона при варьировании времени отжига [7].

Наиболее существенным вопросом является определение оптимальной электрически активной концентрации примеси в пленках  $\text{ZnO}(\text{N}, \text{Li})$ , поскольку общая концентрация примесей может быть значительно больше, что может привести к увеличению концентрации дефектов в полупроводниковой матрице, к последующему изменению параметров ВАХ структур на основе пленок ZnO.

Эффективность легирования металлическими примесями в катионной подрешетке пленок ZnO (при прочих

равных условиях) при замещении металлом дефекта вакансии  $Zn-V_{Zn}$  зависит от размеров ионного радиуса легирующего металла. В данной работе был выбран Li, вследствие его химической активности, а также величины его ионного радиуса, близкой к величине ионного радиуса Zn при замещении точечных дефектов  $V_{Zn}$ .

Известно, что для кристаллов ZnO водород является одной из основных примесей, образующих дефекты донорного типа, Li может образовать электрически нейтральное Li-H соединение в матрице ZnO, в то же время не исключена вероятность образования диэлектрических связей Li-O, Li-H на гетерогранице  $n$ -ZnO/ $p$ -ZnO. При создании светоизлучающих структур на основе пленок ZnO часто используются другие полупроводниковые материалы с  $p$ -типом проводимости. В данной работе был выбран  $p$ -GaN для формирования гетероструктур  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN. GaN — прямозонный полупроводник с шириной запрещенной зоны, равной  $E_g = 3.43$  эВ, энергией связи свободного экситона 25 мэВ, с рассогласованием постоянной решетки не более 1.9% по отношению к величине постоянной решетки ZnO.

Данный подход является весьма распространенным [10,11]. Ранее в результате измерений спектров фотолюминесценции (ФЛ) гетероструктур  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN(Er + Zn) было показано, что имело место увеличение интенсивности излучения структур по сравнению с интенсивностью излучения отдельных слоев  $n$ -ZnO,  $p$ -GaN(Er + Zn), AlGaN(Er + Zn) более чем на порядок, вследствие эффективной туннельной рекомбинации носителей [10], обусловленной уменьшением концентрации центров безызлучательной рекомбинации межфазных поверхностных состояний.

Для нанесения пленок GaN в настоящее время наиболее распространенными методами являются МВЕ, МOCVD, HVPE, лазерная абляция. Показано, что наблюдается сильная зависимость положения длины волны максимума излучения ( $\lambda_{max}$ ) в спектрах электролюминесценции, величин напряжения отсечки, эффективности излучения от используемой технологии, условий нанесения и материала используемой подложки, нанесения буферного слоя на GaN [11]. В данной работе слои  $n$ -ZnO,  $p$ -ZnO были нанесены методом высокочастотного магнетронного распыления на различных подложках

## 2. Эксперимент

Эпитаксиальные слои  $p$ -GaN : Mg были изготовлены методами МВЕ, МOCVD на монокристаллическом сапфире вдоль направления  $c$ -(0001). При использовании метода МВЕ температура подложки была 650°C, при использовании метода МOCVD — 1050°C.

Слой GaN, легированный Mg (GaN(Mg) с  $p$ -типом проводимости, а также  $p$ -GaN) толщиной 270 нм, был выращен на буферном нелегированном слое GaN. Параметры пленок  $p$ -GaN исследованы с помощью измерений эффекта Холла (методика ван дер Пау), измерений

спектров фотолюминесценции и атомно-силовой микроскопии. Поверхность пленок  $p$ -GaN не подвергалась какой-либо обработке перед последующим нанесением пленок  $n$ -ZnO.

Пленки  $n$ -ZnO получены методом высокочастотного магнетронного распыления мишени ZnO в смеси газов Ar с O<sub>2</sub> на подложках из различных материалов:  $p$ -GaN : Mg/GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, кристаллического кремния с  $p$ -типом проводимости марки КДБ-10, кристаллического  $c$ -ZnO, выращенного гидротермальным или газофазным методами. В работе [7] на основании измерения спектров ФЛ пленок ZnO было показано, что длина волны излучения  $\lambda_{max}$  несущественно меняется при изменении материала подложки, меняется лишь интенсивность излучения, существенно меняется концентрация дефектов.

В данной работе толщина полученного слоя ZnO была (200–250) нм, величина высокочастотной мощности магнетрона равна 200 Вт, давление газовой смеси  $3 \cdot 10^{-3}$  Торр, температура роста поддерживалась в диапазоне 520–650°C, базовое давление в ростовой камере было не более  $10^{-6}$  Торр. Скорость нанесения слоя ZnO равнялась (1–1.2) Å/с.

Интерфейс между пленкой  $n$ -ZnO,  $p$ -GaN, КДБ-10 содержит большую плотность структурных протяженных дефектов (дислокаций) из-за наличия упругих напряжений несоответствия на гетерогранице слоев вследствие разницы в параметрах кристаллических решеток ZnO, GaN,  $p$ -Si.

Ранее были исследованы морфология поверхностей пленок  $p$ -GaN и  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN с помощью атомно-силовой микроскопии [5]. Показано, что исходная поверхность пленок  $p$ -GaN существенно отличается от планарной и имеет неоднородности до 200 нм в латеральной плоскости и до 40–50 нм в глубину, что определяло кинетику роста последующих слоев ZnO при реализации механизма пар–кристалл, существенно влияло на параметры нанесенных пленок.

Характерный размер неоднородностей на поверхности нанесенных пленок ZnO в плоскости 200 нм, в перпендикулярном направлении 40 нм, т.е. дефекты в пленки  $n$ -ZnO прорастают из подложки  $p$ -GaN.

При сопоставлении данных по измерениям спектров ФЛ в пленках, наностержнях ZnO, оказалось, что имеет место корреляция размера высоты стержней и  $\lambda_{max}$ , чем меньше высота стержней, тем больше  $\lambda_{max}$  [8]. Морфологию поверхности пленок ZnO в независимости от легирования, методики получения (МВЕ, метод высокочастотного магнетронного распыления) можно интерпретировать как столбчатую структуру, в которой величины неоднородностей в горизонтальном и вертикальном направлениях одинаковы. Было показано [7,8], что вследствие роста по механизму пар–кристалл неоднородность морфологии поверхности в пленках, полученных МВЕ методом, в вертикальном направлении практически совпадает с неоднородностью поверхности пленок ZnO, полученных методом высокочастотного магнетронного распыления.

В пленках  $p$ -GaN, используемых в качестве подложки для нанесения  $n$ -ZnO, были измерены (метод ван дер Пау) тип, концентрация и подвижность носителей заряда. Пленки  $p$ -GaN имели проводимость  $p$ -типа с концентрацией неосновных носителей заряда, равной  $9.7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , с подвижностью носителей заряда, равной  $12 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ . Были исследованы характеристики слоев  $n$ -ZnO: пленки были  $n$ -типа проводимости с подвижностью  $45 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ , концентрацией электронов  $1.58 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ .

### 3. Обсуждение результатов

Спектры ФЛ гетероструктуры  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN, приведенные на рис. 1, были измерены при температуре 300 К. В качестве источника излучения, возбуждающего фотолюминесценцию использовался YAG-лазер с длиной волны 244 нм. В спектрах ФЛ (рис. 1) имеются ярко выраженные линии излучения, связанные с рекомбинацией свободных ( $\lambda = 363 \text{ нм}$ ) и связанных экситонов  $\lambda = (377, 390, 410) \text{ нм}$ . Следует отметить, что в области примесной ФЛ с  $\lambda = (450-600) \text{ нм}$  существенного излучения не наблюдалось, т.е. концентрация точечных дефектов  $V_{\text{Zn}}$ ,  $V_{\text{O}}$ , определяющих интенсивность излучения в данной области спектра, была незначительной [13].

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) структуры  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN, приведенная на рис. 2, имеет форму, свойственную качественному  $n$ - $p$ -переходу [13,14]. В то же время малые величины токов и довольно высокие значения напряжения отсечки ( $U_{\text{out}}$ ), необходимые для получения излучения из полученной структуры, могут свидетельствовать об особенностях энергетической диаграммы, а также об особенностях морфологии поверхности интерфейса, о наличии столбчатой структуры, промежуточных диэлектрических слоев, что, возможно, и определяет большие величины  $U_{\text{out}}$ , поскольку подобные значения величин  $U_{\text{out}}$  более характерны для

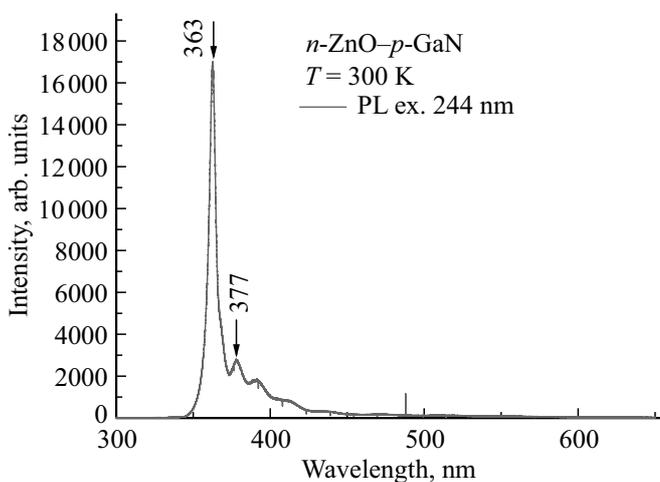


Рис. 1. Спектры ФЛ гетероструктуры  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN, температура измерений  $T = 300 \text{ К}$ .

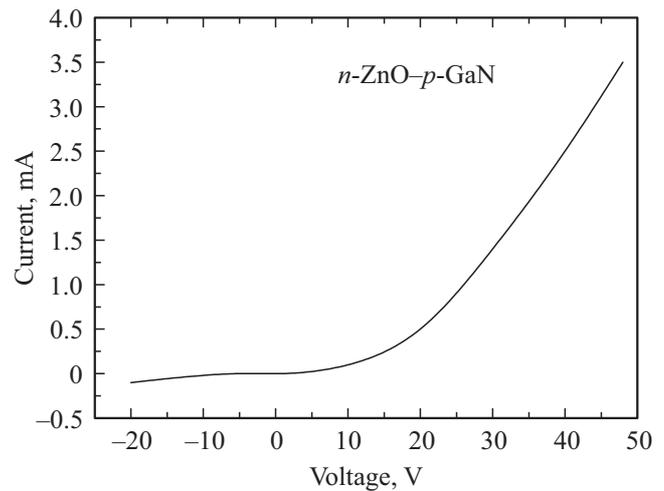


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика структуры  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN.

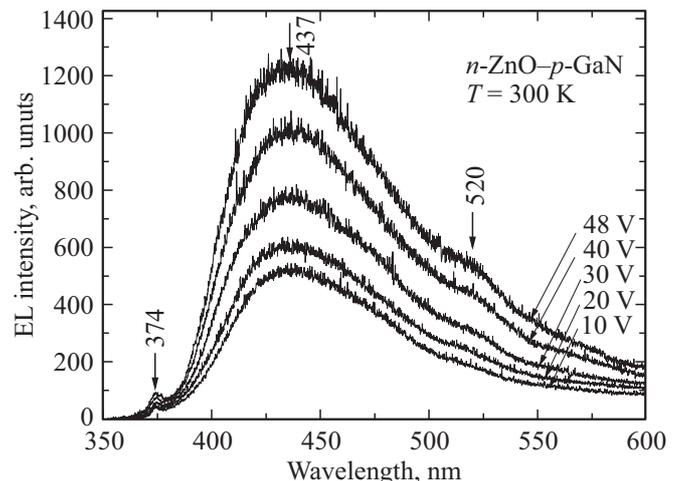
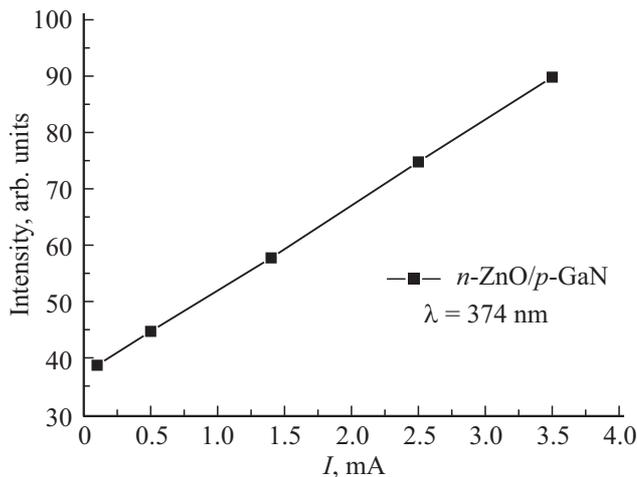


Рис. 3. Зависимости интенсивности излучения ЭЛ от напряжения структуры  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN.

наностержней ZnO, выращенных на слое GaN. В то же время нельзя исключить и механизм возникновения электрического поля на гетерогранице  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN, а также влияние наличия промежуточных диэлектрических слоев.

Оптические измерения спектров электролюминесценции (ЭЛ) проводились на дифракционном спектрометре СДЛ-2 с обратной линейной дисперсией  $1.3 \text{ нм/мм}$  в области люминесценции структур, исследуемых в данной работе. Спектральное разрешение (щели) при записи спектров равно  $2.6 \text{ \AA}$ . Экспериментальные данные по зависимости интенсивности ЭЛ от напряжения представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, полоса излучения в спектре ЭЛ структуры  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN имеет максимум при  $\lambda = 437 \text{ нм}$ , т.е. соответствует длине волны излучения, характерной для слоев  $p$ -GaN [5]. Кроме того, име-



**Рис. 4.** Зависимость интенсивности излучения от тока структуры  $n\text{-ZnO}/p\text{-GaN}$ .

ются выраженные, но значительно менее интенсивные, максимумы с  $\lambda = (374 \text{ и } 520) \text{ нм}$ . При увеличении подаваемого напряжения наблюдается несущественное изменение положения максимума излучения. Подобный результат наблюдался ранее, что связывалось с особенностями формирования  $p-n$ -перехода в подобных структурах [11,12]. Наличие пиков с максимумом  $\lambda = 374 \text{ нм}$ , с малой интенсивностью, вероятно всего, соответствует рекомбинации носителей в слое  $n\text{-ZnO}$  [11–14].

С учетом данных, полученных с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния (наличие  $B$  моды) и атомно-силовой микроскопии (AFM), можно предположить, что интерфейсный слой  $n\text{-ZnO}$  на границе с  $p\text{-GaN}$  сильно напряжен. Известно, что слои  $n\text{-ZnO}$  и  $p\text{-GaN}:\text{Mg}$  являются пьезоэлектриками, вследствие чего возникает электрическое поле на границе гетероперехода, т.е. спектры ЭЛ можно наблюдать начиная с 10 В ( $U_{\text{out}}$ ), интенсивность ЭЛ возрастает с увеличением подаваемого напряжения вплоть до 50 В.

На рис. 4 приведена зависимость интенсивности излучения от тока. Данная зависимость имеет линейный характер, что указывает на незначительное влияние безызлучательных дефектов на интенсивность излучения, а также означает, что механизм рекомбинации определяется напряжениями  $p-n$ -гетероперехода.

Для объяснения экспериментальных данных целесообразно рассмотреть гипотетическую энергетическую диаграмму исследуемой структуры. Предполагается, что вследствие наличия значительных напряжений на интерфейсе образуется потенциальная яма для электронов. Это приводит к тому, что электроны, имеющие большую подвижность в слое  $n\text{-ZnO}$ , не успевают проникать в слой  $p\text{-GaN}$  с достаточной концентрацией, поэтому они рекомбинируют в слое  $\text{GaN}$ . Дырки, напротив, даже имея небольшую величину подвижности, успевают добраться до границы интерфейса и даже частично в слой  $n\text{-ZnO}$  и там рекомбинировать. Высказанное пред-

положение может быть подтверждено также аппроксимацией гауссовыми функциями вида спектра ЭЛ структур  $n\text{-ZnO}/p\text{-GaN}$ . Полоса с максимумом  $\lambda = 412 \text{ нм}$  соответствует излучению на интерфейсе (интерфейсной эмиссии), полоса с  $\lambda = 437 \text{ нм}$  связана с переходами, характерными для  $p\text{-GaN}$ . Желтая полоса с  $\lambda \approx 520 \text{ нм}$  связана с дефектами решетки  $\text{ZnO}$ , с вакансиями кислорода  $V_{\text{O}_2}$  или вакансиями цинка  $V_{\text{Zn}}$  [12]. Линии излучения  $\lambda = (475 \text{ и } 553) \text{ нм}$  связаны с дефектами решетки  $\text{GaN}$  [15–17]. Соотношение интенсивностей полученных полос излучения косвенно подтверждает вышеприведенный вывод.

Исследованы параметры спектров ФЛ структур  $n\text{-ZnO}/p\text{-ZnO}$ , выращенных на подложках из кристаллического  $c\text{-ZnO}$ . В данных структурах отсутствуют протяженные дефекты вследствие отсутствия напряжений несоответствия. Величина внутренней квантовой эффективности (ВКЭ) излучательной рекомбинации структур  $p\text{-ZnO}/n\text{-ZnO}$ , учитывающей не только эффективность инжекции носителей, но и конкуренцию излучательного и безызлучательного каналов их рекомбинации, мала вследствие большой концентрации дефектов в исходной полупроводниковой матрице.

В данных структурах ВАХ имели напряжение отсечки не менее  $U_{\text{out}} = 6 \text{ В}$ . Такая относительно большая величина  $U_{\text{out}}$  может быть обусловлена вероятным наличием диэлектрических слоев ( $\text{Li-O}$ ,  $\text{Li-H}$ ) на гетерогранице  $n\text{-ZnO}/p\text{-ZnO}$ . Диэлектрический слой может возникать на поверхности слоя  $p\text{-ZnO}$  вследствие избыточной концентрации  $\text{Li}$  при легировании пленок  $n\text{-ZnO}$  при получении дырочного типа проводимости.

В то же время в спектрах ЭЛ исследованных структур  $n\text{-ZnO}/p\text{-ZnO}$  имеет место наличие лишь пиков излучения с максимумом  $\lambda = 374 \text{ нм}$ , с незначительной интенсивностью. Увеличение интенсивности данной линии излучения  $\lambda = 374 \text{ нм}$  может быть реализовано при детальной оптимизации технологии роста, легирования слоев  $\text{ZnO}$ , при уменьшении концентрации ловушек для электронов.

## 4. Заключение

Пленки  $p\text{-GaN}:\text{Mg}$ , используемые в качестве подложек для последующего нанесения слоев  $\text{ZnO}$ , полученные методом МВЕ, имели проводимость  $p$ -типа с концентрацией носителей, равной  $9.7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , подвижность неосновных носителей заряда была равна  $12 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ . Вид спектров комбинационного рассеяния подтверждает наличие вюрцитной кристаллической структуры пленок  $n\text{-ZnO}$ , нанесенных методом магнетронного распыления. Характерный размер неоднородностей на поверхности  $\text{ZnO}$ , измеренный с помощью AFM, в плоскости  $200 \text{ нм}$ , в перпендикулярном направлении  $40 \text{ нм}$ , равен размерам неоднородностей на поверхности  $p\text{-GaN}:\text{Mg}$ .

В спектрах ФЛ ( $T=300$  К) структур  $n$ -ZnO/ $p$ -GaN:Mg наблюдались ярко выраженные линии излучения, связанные с рекомбинацией свободных ( $\lambda = 363$  нм) и связанных экситонов  $\lambda = (377, 390, 410)$  нм, в области примесной ФЛ  $\lambda = (450-600)$  нм существенного излучения не наблюдалось.

## Список литературы

- [1] O. Lupan, T. Pauporte, B. Viana. *Adv. Mater.*, **22**, 3298 (2010).
- [2] T. Wang, H. Wu, Z. Wang, C. Chen, C. Liu. *Appl. Phys. Lett.*, **101**, 161905 (2012).
- [3] H.H. Huang, G.J. Fang, X.M. Mo, H. Long, H.N. Wang, S.Z. Li, Y. Li, Y.P. Zhang, C.X. Pan, D.L. Carroll. *Appl. Phys. Lett.*, **101**, 223504 (2012).
- [4] S.F. Chichibu, T. Ohmori, N. Shibata, T. Koyama, T. Onuma. *Appl. Phys. Lett.*, **85**, 013509 (2004).
- [5] М.М. Мездрогина, Ю.В. Кожанова, В.Г. Семенов, С.Г. Нефедов, Л.А. Шелухин, В.В. Павлов. *ФТТ*, **59** (3), 586 (2018).
- [6] H.H. Huang, G.J. Fang, Y. Li, S.Z. Li, X.M. Mo, H. Long, H.N. Wang, L. Carroll, X.Z. Zhao. *Appl. Phys. Lett.*, **100**, 233502 (2012).
- [7] М.М. Мездрогина, А.Я. Виноградов, В.С. Левицкий, Е.Е. Терукова, Ю.В. Кожанова, А.С. Агликов. *ФТП*, **51** (5), 588 (2017).
- [8] М.М. Мездрогина, М.В. Еременко, В.С. Левицкий, В.Н. Петров, Е.И. Теруков, Е.М. Кайдышев, Н.В. Лянгузов. *ФТП*, **49** (11), 1016 (2015).
- [9] S.Z. Li, W.W. Lin, G.I. Fang, F. Huang, H.H. Huang, H. Long, X.M. Mo, H.N. Wang, W.J. Guan, X.Z. Zhao. *J. Luminesc.*, **140**, 110 (2013).
- [10] М.М. Мездрогина, В.В. Криволапчук, Н.А. Феоктистов, Э.Ю. Даниловский, Р.В. Кузьмин, С.В. Разумов, С.А. Кукушкин, А.В. Осипов. *ФТП*, **42**(7), 782 (2008).
- [11] T. Dellivers, D.M. G.Leite, J.H. Dias da Silva, A. Bonanni. *Appl. Phys. Lett.*, **103**, 211909 (2013).
- [12] M. Reshnikov, H. Markos. *J. Appl. Phys.*, **97**, 061301 (2009).
- [13] X. Li, J. Qi, Q. Zhang, Q. Wang, F. Yi, Z. Wang, Y. Zhang. *Appl. Phys. Lett.*, **102**, 221103 (2013).
- [14] S.K. Han, S.K. Hong, J.W. Lee, J.H. Song, Y.S. Nam, S.K. Chang, T. Minegishi, T. Yao. *J. Cryst. Growth*, **309**, 121 (2007).
- [15] В.В. Криволапчук, М.М. Мездрогина, Ю.В. Кожанова, С.Н. Родин. *ФТП*, **40** (9), 1033 (2006).
- [16] S. Chang, R.W. Chuang, S.J. Chang, Y. Chiou, C. Lu. *Thin Sol. Films*, **517**, 5054 (2009).
- [17] М.М. Мездрогина, А.Я. Виноградов, М.В. Еременко, В.С. Левицкий, Е.И. Теруков, Ю.В. Кожанова. *Опт. и спектр.*, **121** (2), 62 (2016).

Редактор Г.А. Оганесян

## Forming of luminescence spectra, intensity of emitting in UV, visible areas of spectra in structures $n$ -ZnO/ $p$ -GaN, $n$ -ZnO/ $p$ -ZnO, under sputtering ZnO films by magnetron high frequency technique

M.M. Mezdrogina<sup>1</sup>, A.Ja. Vionogradov<sup>1</sup>,  
Yu.V. Kozhanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ioffe Institute,  
194021 St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
195251 St. Petersburg, Russia

**Abstract** Were investigated formed of luminescence spectra structures on the base ZnO films sputtered by high frequency magnetron technique. There are lines with ( $\lambda = 363$  nm), for free excitons, bonded excitons  $\lambda = (377, 390, 410)$  nm, but in the area of impurity photoluminescence with  $\lambda = (450-600)$  nm emitting do not. In the EL spectra of structures  $n$ -ZnO/ $p$ -ZnO ( $T = 300$  K) there are lines of luminescence with  $\lambda = 374$  nm, which were characteristic for ZnO.