

## ВРЕМЯ РАЗРЕШЕННАЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ InGaN/GaN-КВАНТОВЫХ ЯМ

Ли Цзысюань, С.Г. Сысоева, В.И. Олешко

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. В.И. Олешко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [llzxx0@163.com](mailto:llzxx0@163.com)

Полупроводниковые гетероструктуры на основе GaN благодаря своим оптическим свойствам являются одним из самых перспективных материалов оптоэлектроники [1]. Однако получение структур высокого качества сопровождается целым рядом трудностей. Существенное влияние на свойства слоев и гетероструктуры в целом оказывают неконтролируемые примеси, собственные дефекты и дислокации, образующиеся в кристаллической решетке при выращивании.

Время-разрешенная ФЛ позволяет получать информацию о процессах возбуждения и излучательной релаксации центров свечения, их природе и свойствах, без знания которых невозможно направлено оптимизировать технологию роста светоизлучающих структур [2–4].

Несмотря на то, что ФЛ InGaN/GaN - КЯ исследовалась в значительном числе работ, механизмы излучательной рекомбинации в этой системе остаются до сих пор непонятыми и широко дискутируются в литературе [4]. В связи с этим, дальнейшие исследования люминесценции в КЯ InGaN/GaN и установление механизмов, ответственных за спонтанное излучение гетероструктур, является актуальной задачей.

Цель настоящей работы заключается в получении информации о природе центров люминесценции и механизме излучательной рекомбинации в КЯ InGaN/GaN на основании сравнительного анализа время-разрешенных спектров ФЛ двух гетероструктур: ГС-1 (Китай) и ГС-2 (Снежинск), полученных методом металлоорганической газофазной эпитаксии на сапфире.

Фотолюминесценция возбуждалась излучением импульсного азотного лазера ( $\lambda = 337,1$  нм), работающего с частотой 10 Гц при длительности импульса 4 нс. Уровень оптического возбуждения составлял  $I_{ex} \sim 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>. Время-разрешенная ФЛ измерялась с помощью измерительной системы на основе дифракционного монохроматора МДР-23, ФЭУ-84 и осциллографа Tektronix DPO 3034, связанного с компьютером. Измерения проводились при температуре 300 К.

Нормированные спектры ФЛ образца ГС-1 и образца ГС-2 измеренные в максимуме лазерного импульса, т.е. при нулевой задержке времени регистрации спектра ( $t = 0$  ns) и при  $t = 20, 40, 50$  и 100 ns приведены на рис. 1-2.

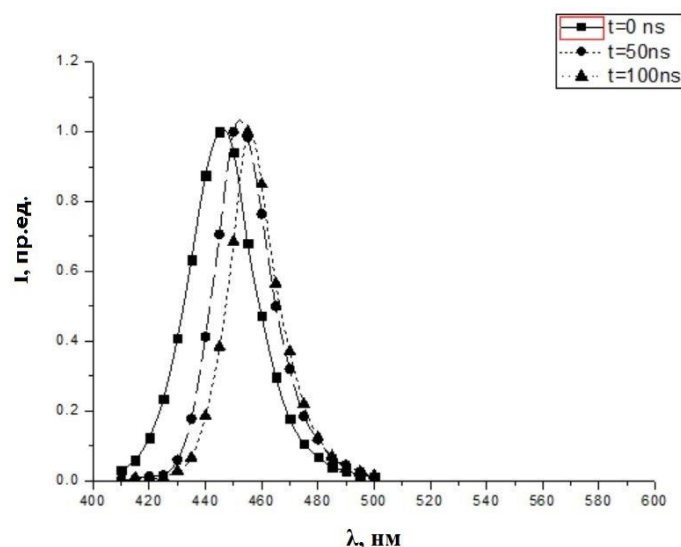


Рис. 1. Спектры ФЛ образца ГС-1, измеренные в момент окончания импульса возбуждения ( $t = 0$  ns) и с временной задержкой 50 и 100 ns при  $I = 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>, нормированные на максимальный сигнал

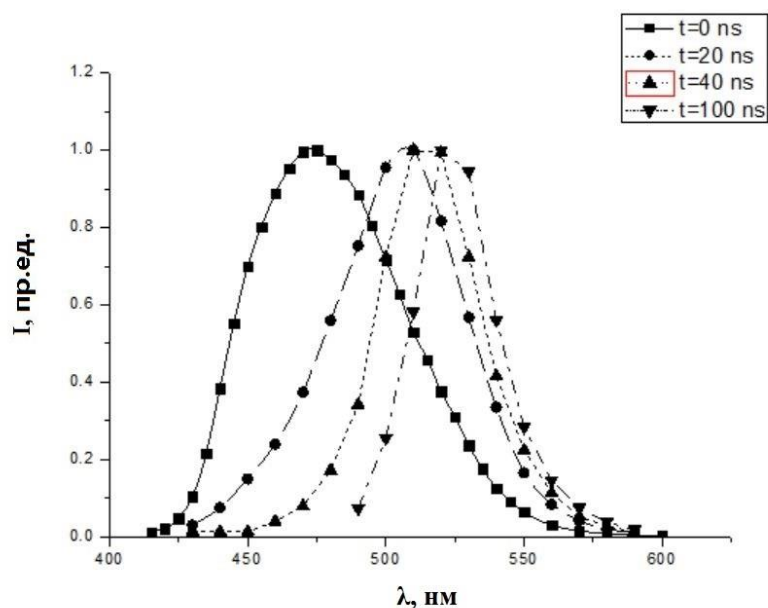


Рис. 2. Спектры ФЛ образца GS-2, измеренные в момент окончания импульса возбуждения ( $t = 0$  ns) и с временной задержкой 20, 40 и 100 ns при  $I=10^4$  Вт/см<sup>2</sup>, нормированные на максимальный сигнал

Наблюдаемые свойства время-разрешенных спектров ФЛ образцов, по нашему мнению, могут быть объяснены проявлением донорно-акцепторной рекомбинации (ДАР) в исследуемых InGaN/GaN - квантовых ямах. Об этом свидетельствуют следующие свойства ФЛ: неэкспоненциальная кинетика, сдвиг максимума спектра ФЛ в длинноволновую область с увеличением времени задержки регистрации спектра с одновременным уменьшением полуширины полосы излучения за счет быстрого высвечивания близких пар и падения интенсивности в коротковолновой области спектра в соответствии с теорией [5]. Энергия излучаемых при этом фотонов может быть представлена формулой:

$$\hbar\omega = E_g - (E_a + E_d) + e^2 / \epsilon R,$$

где  $E_g$  – ширина запрещенной зоны,  $E_a$  и  $E_d$  – энергии связи акцепторного и донорного центров, соответственно,  $\epsilon$  – статическая диэлектрическая проницаемость,  $R$  – расстояние между центрами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лундин В.В., Николаев А.Е., Сахаров А.В. и др. // ПЖТФ. 2010. Т. 36, № 22. С. 89—95.
2. Sun C.-K., Chiu T.-L., Keller S. et al. // Appl. Phys. Lett. 1997. V. 71, №4. P. 425—427.
3. Андрианов А.В., Некрасов В.Ю., Шмидт Н.М. и др. // ФТП. 2002. Т. 36, № 6. С. 679—684.
4. Зубелевич В.З., Луценко В.Е., Павловский В.Н. и др. // ЖПС. 2009. Т. 75, № 1. С. 94—101.
5. Thomas D.G., Hopfield J.J., Augustyniak W.M. // Phys. Rev. 1965. V. 140, № 1A. P. A202—A220.