

УДК: 621.383.933:621.3.029.78

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР $\text{AlGaInP}$ КРАСНОГО И ЖЕЛТОГО ЦВЕТА СВЕЧЕНИЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ГАММА-КВАНТАМИ

А. В. Градобоев<sup>1,2</sup>, К. Н. Орлова<sup>1</sup>, И. А. Асанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета

<sup>2</sup>ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов»,  
г. Томск

Получена 19 апреля 2013 г.

**Аннотация.** Представлены результаты исследования деградации параметров гетероструктур  $\text{AlGaInP}$  красного (630 нм) и желтого (590 нм) свечения на примере светодиодов при облучении гамма-квантами  $^{60}\text{Co}$  в пассивном режиме питания. Показано, что деградация светового потока обусловлена введением двух типов центров безизлучательной рекомбинации радиационного происхождения. Первый центр, предположительно, связан с радиационной перестройкой имеющейся дефектной структуры, а второй – имеет чисто радиационное происхождение. Установлено, что световой поток диодов при облучении уменьшается пропорционально дозе облучения и обратно пропорционально величине рабочего тока.

**Ключевые слова:** гетероструктуры  $\text{AlGaInP}$ , радиационная стойкость, светодиоды.

**Abstract.** Research results of red (630 nm) and yellow (590 nm)  $\text{InGaAlP}$  heterostructures are presented as an example the light-emitting diodes under irradiation by gamma rays  $^{60}\text{Co}$ . An operating mode is passive. The process of degradation light output power is shown in two stages. In the first stage decrease is caused by first type center of nonradiative recombination. It is possible, first type is

explained reorganization of existing defect structure. The second type is explained to injection of the centers of purely radiative origin. It is postulated, that light output power decreases proportionally dose gamma-irradiation and inversely operating current.

**Keywords:** heterostructures AlGaInP, radiation hardness, light-emitting diodes.

Гетероструктуры AlGaInP являются материальной системой для оптоэлектронных приложений. Это четверичное соединение имеет широкие прямые энергетические промежутки в сплавах III-V, за исключением нитридов [1], что делает это соединение исключительно перспективным материалом. Светодиоды AlGaInP, испускающие в красно-зеленом диапазоне видимого светового спектра, широко используется в сфере оптической сигнальной обработки, лазерных принтеров, компактных дисковых плееров, и т. п.

Так как на данный момент практически отсутствуют данные по деградации гетероструктур AlGaInP под действием гамма-излучения, являются необходимыми дальнейшие исследования изменения характеристик гетероструктур под действием излучения, ввиду их использования в условиях космоса или на объектах с повышенным радиационным фоном .

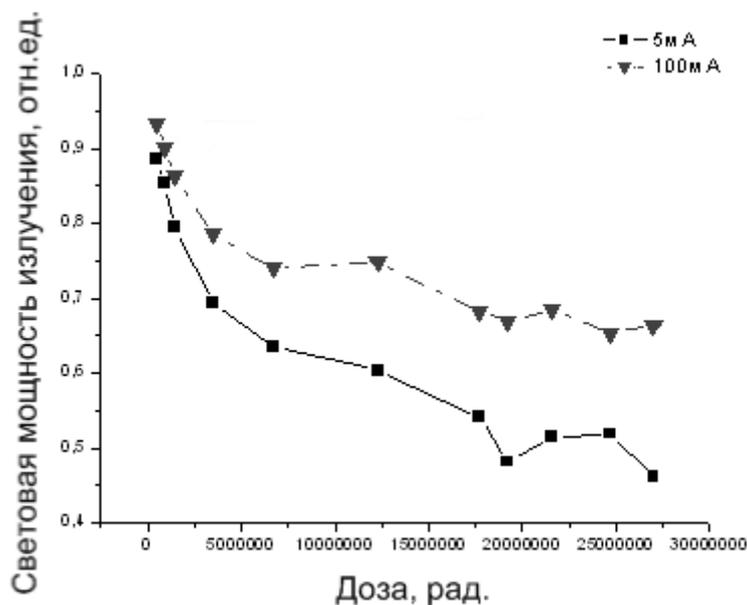
**Цель работы:** исследовать деградацию световой мощности гетероструктур AlGaInP с квантовыми ямами при облучении гамма-квантами  $^{60}\text{Co}$  на примере светодиодов.

Светодиоды на основе гетероструктур AlGaInP с квантовыми ямами были получены из различных источников, как отечественных, так и зарубежных. Изготовленные кристаллы монтировались в стандартный корпус ТО-18. Линза для формирования направленного пучка излучения была изготовлена из оптического компаунда ПЭО-90МЭ. Результаты предварительных исследований показали, что оптический компаунд, используемый для изготовления линз, не изменяет свои оптические свойства при облучении гамма-квантами  $^{60}\text{Co}$  дозой вплоть до  $10^8$  рад, поэтому все изменения

оптических свойств диодов в результате облучения можно объяснить только изменениями оптических свойств активной области гетероструктур AlGaInP.

Каждая партия диодов разделяется на части, для каждой из которых осуществлялся последовательный набор дозы облучения с соответствующим шагом. Сопоставляя полученные результаты, можно в некоторой степени свести к минимуму влияние отжига радиационных дефектов на получаемые результаты при проведении измерений.

Изменение светового потока рассматривается преимущественно при рабочем токе  $I_p = 100$  мА, ввиду того, что такое значение рабочего тока является наиболее типичным для светодиодов, для сравнения также рассмотрена деградация светового потока при токе  $I_p = 5$  мА.



*Рис. 1 – Деградация световой мощности красных светодиодов ( $\lambda=630$  нм) при облучении гамма-квантами.*

Согласно результатам исследований, при облучении гамма-квантами скорость уменьшения светового потока светодиодов зависит от величины рабочего тока, при котором измеряется световой поток, как это показано на рис.1. Идентичное поведение было обнаружено и для других типов

исследуемых диодов. Отметим, при облучении светодиодов вне зависимости от режима питания, степень деградации светового потока прямо пропорциональна дозе облучения и обратно пропорциональна величине рабочего тока, при которой производится измерение светового потока. Полученные данные согласуются с обнаруженной ранее зависимостью для светодиодов [2,3].

Из предварительного анализа рис. 1 видно, что относительное изменение светового потока исследуемых диодов в зависимости от дозы облучения имеет достаточно сложный характер. Рассмотрим, аппроксимируя, более подробно полученные деградационные зависимости.

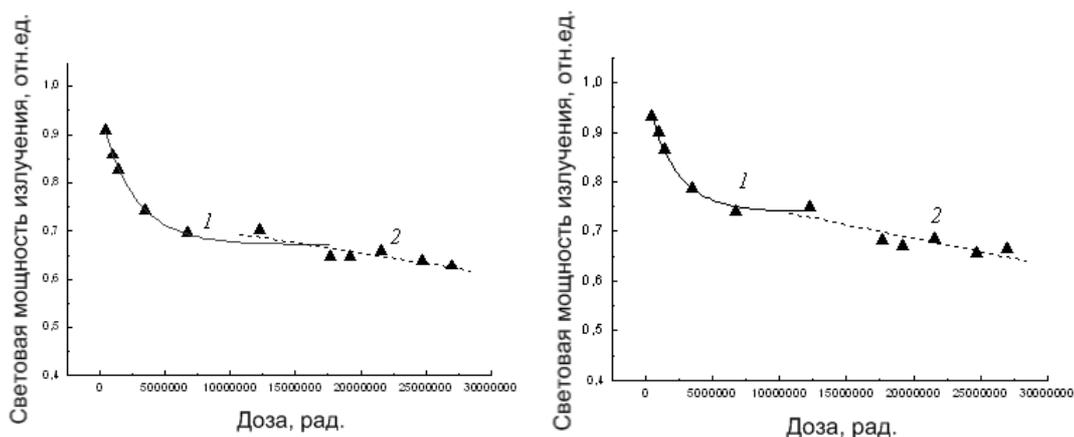


Рис.2 – Изменение светового потока при облучении гамма-квантами в пассивном режиме питания: а –  $\lambda = 630$  нм; б –  $\lambda = 590$  нм.

На рис. 2 четко выделяются два этапа деградации мощности излучения (область 1 и область 2). Представленные результаты позволяют предположить, что деградация светового потока диодов при облучении гамма-квантами обусловлена введением двух характерных типов центров безизлучательной рекомбинации. Первый центр безизлучательной рекомбинации, скорее всего, связан с радиационной перестройкой имеющейся дефектной структуры при облучении, которая возможно связана с примесью [3], что приводит к введению ограниченного числа центров безизлучательной рекомбинации данного вида и, следовательно, участком насыщения на деградационной кривой 1. В пользу

этого объяснения первого этапа деградации относительного светового потока от дозы гамма-излучения свидетельствуют следующие факты. Уровень снижения светового потока на этом этапе деградационного процесса (уровень насыщения зависимостей 1 на рис.2) являлся идентичным для диодов, изготовленных из разных партий гетероструктур.

Наблюдаются различия в степени деградации первого этапа для диодов красного и желтого свечения. Желтые светодиоды слабее деградируют на первом этапе, а красные сильнее. Это возможно объяснить различной шириной запрещенной зоны материалов гетероструктур и разной изначальной дефектной структурой [4,5].

На втором этапе наклон деградационной кривой приблизительно одинаков, а, следовательно, скорость деградации приблизительно одинакова. В области больших доз облучения наблюдается типичное, практически линейное снижение интенсивности света. Так как насыщения деградационные кривые не достигают, деградация светового потока напрямую связана с вводимыми радиационными дефектами.

Измерения температуры активной области при увеличении дозы облучения гамма-квантами показали незначительные изменения (не более 5 °С). Это позволяет исключить возможность термического отжига.

Установленные закономерности (зависимость степени деградации светодиодов от величины рабочего тока, два характерных центра безизлучательной рекомбинации) являются общими для всех исследуемых в данной работе разновидностей диодов на основе гетероструктур AlGaInP.

#### **Выводы:**

1. Величина светового потока диодов при облучении гамма-квантами  $^{60}\text{Co}$  уменьшается с ростом дозы облучения, при этом степень деградации уменьшается с ростом рабочего тока, при котором измеряется световой поток.
2. Степень деградации светового потока прямо пропорциональна дозе

облучения и обратно пропорциональна величине рабочего тока, при которой производится измерение светового потока.

3. Выделяется два характерных этапа деградации световой мощности:

- Первый этап обусловлен первым центром безизлучательной рекомбинации, который связан с радиационной перестройкой имеющейся дефектной структуры. Предполагается, что он связан с радиационной перестройкой примесей.
- Второй этап обусловлен центрами безизлучательной рекомбинации чисто радиационного происхождения.

### Литература

1. P. Modak, M. DiHondt, P. Mijlemans, I. Moerman, P. Van Daele, P. Demeester. *Journal of electronic materials*, **29** (1), 80 (2000).
2. А.В. Градобоев, П.В. Рубанов. *Тез. докл 5-ой Межд. конф. Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах* (Томск, Россия, 2006) т. 1, с. 292.
3. А.В. Градобоев, П.В. Рубанов, И.М. Скакова. Деградация светодиодов на основе гетероструктур InGaN/GaN при облучении гамма-квантами //Известия высших учебных заведений. Физика. №1. 2011–С190-194.
4. C.Claeus, E, Simoen. *Radiation effects in advanced semiconductor materials and devices* (Berlin, Springer-Verlag, 2002).
5. S. Li, D. A. Collins, S. Vatanapradit, M. Ferreira, P. Zawadzki, R. A. Stall, I. Eliashevich, J. E. Nering. *Proc. Int. Conf. Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing and Applications*. ( San Jose, USA, 1999) v. 3621, p116.