

## Влияние гамма-облучения на излучательные характеристики лазерных гетероструктур

Б.И.Махсудов

*Изучены изменения порогового тока и дифференциальной эффективности в условиях радиационного облучения  $\gamma$ -квантами инжекционных InGaAsP/InP-лазеров, излучающих в диапазоне 1.3 мкм (доза облучения  $\sim 10^{14}$ – $10^{17}$  квант/см<sup>2</sup>). Наблюдалось улучшение характеристики при малых значениях потока квантов, а процесс деградации был замечен при дозах, превышающих  $10^{14}$  квант/см<sup>2</sup>.*

**Ключевые слова:** инжекционный лазер, пороговый ток, дифференциальная эффективность, доза облучения,  $\gamma$ -кванты.

Расширение областей применения гетеролазеров требует новой информации о поведении данного типа лазеров в характерных для этих областей применения условиях функционирования. В частности, для применения лазеров на объектах, находящихся в космическом пространстве или в оптических системах, имеющих автономные источники питания, таким характерным условием является наличие радиоактивного излучения.

К настоящему моменту опубликован ряд работ [1–5], посвященных исследованию влияния облучения на характеристики гетероструктур. Тем не менее, к сожалению, физические механизмы процессов, происходящих в активной области лазера в условиях облучения, далеки от детального понимания. Реальная ситуация соответствует этапу накопления экспериментального материала. Основное внимание более ранних исследований в этом направлении было посвящено оценке надежности (срока службы) гетеролазеров в условиях радиационного облучения.

Цель настоящей работы – изучение влияния дозы  $\gamma$ -облучения на пороговый ток и дифференциальную эффективность InGaAsP/InP-гетеролазеров. Исследованные гетеролазеры [6] работают в спектральном диапазоне 1.3 мкм и имеют длину резонатора  $L = 150$ – $200$  мкм, ширину и толщину активной области  $2$ – $7$  мкм и  $0.15$ – $0.2$  мкм соответственно. Хотя этот тип лазеров на настоящий момент не обладает столь высокими излучательными характеристиками, как лазеры с квантоворазмерной активной областью, тем не менее для решения поставленной задачи они вполне приемлемы, так как действие облучения на активную область явно не связано с квантоворазмерным эффектом. В лазерах с объемной активной областью деградация более чем на порядок выше, чем в лазерах с квантоворазмерной активной областью.

В опыте использовались 27 гетеролазеров со средним значением порогового тока 70 мА при температуре 25 °С.

**Б.И.Махсудов.** Таджикский национальный университет, Таджикистан, 734025 Душанбе, просп. Рудаки, 17;  
e-mail: maksudov\_barot@mail.ru

Поступила в редакцию 28 мая 2012 г., после доработки – 18 июня 2012 г.

До облучения для оценки их работоспособности проводились кратковременные испытания лазеров (10 ч) при температуре 70 °С и постоянной мощности излучения 0.5 мВт. При этом в автоматическом режиме измерялись ватт-амперные характеристики образцов.

После проведенного отбора образцы облучались  $\gamma$ -квантами от <sup>60</sup>Со-источника (энергия  $\gamma$ -квантов  $E'_\gamma = 1127$  кэВ,  $E''_\gamma = 1333$  кэВ) при различных дозах от  $10^{14}$  до  $10^{17}$  квант/см<sup>2</sup>, затем повторно измерялись ватт-амперные характеристики лазеров для определения изменения порогового тока  $I$  и дифференциальной эффективности  $\eta_d$ . На рис.1 представлена зависимость изменения порогового тока различных образцов от дозы облучения. Как видно из рисунка, пороговый ток лазеров при дозах  $10^{14}$ – $10^{15}$  квант/см<sup>2</sup> уменьшается, а при дозах свыше  $10^{15}$  квант/см<sup>2</sup> начинает возрастать по линейному закону. Ток на этом участке можно представить в виде функции

$$I = I_0(1 + A\Phi),$$

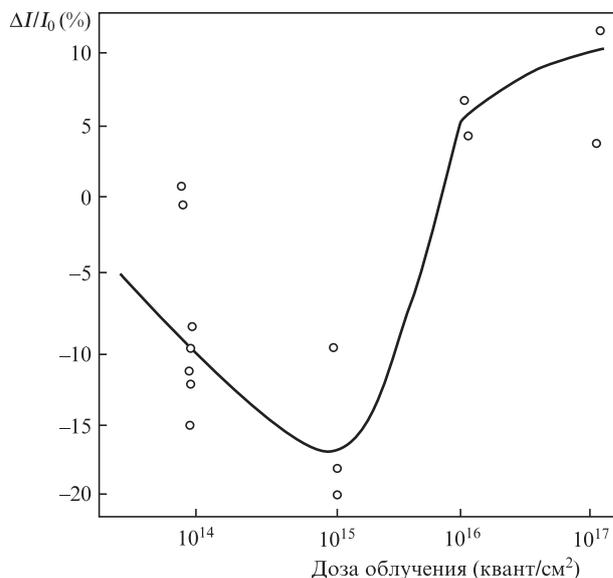


Рис.1. Зависимость относительного изменения порогового тока лазеров от дозы облучения для различных образцов.

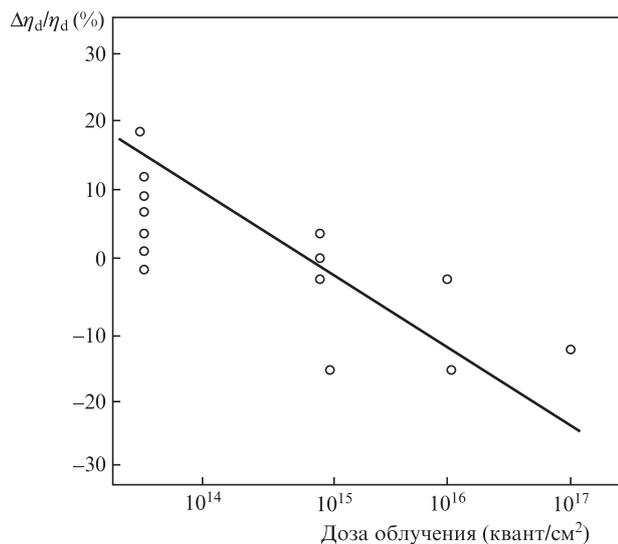


Рис.2. Зависимость относительного изменения дифференциальной эффективности лазеров от дозы облучения для различных образцов.

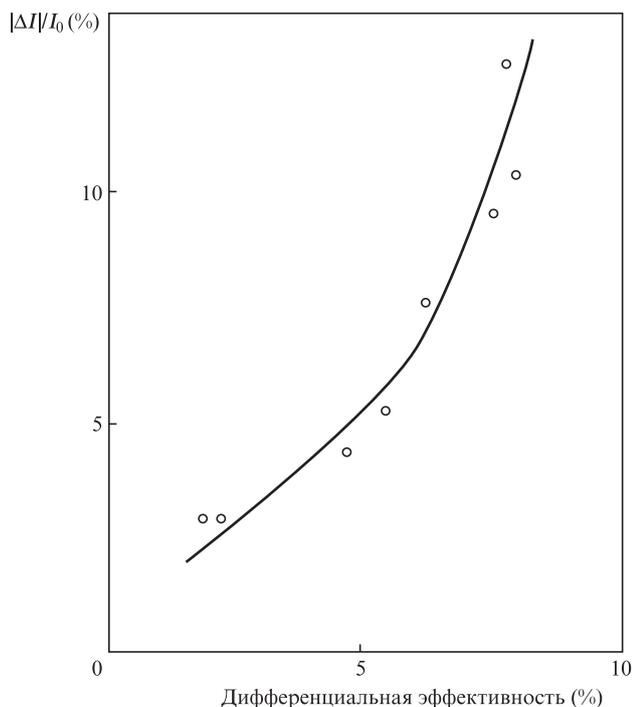


Рис.3. Зависимость относительного изменения порогового тока лазеров от начального значения дифференциальной эффективности образцов при дозе облучения  $10^{14}$  квант/см<sup>2</sup>.

где  $I_0$  начальное значение порогового тока;  $\Phi$  – доза облучения. В нашем эксперименте среднее значение  $A \sim 10^{-18}$  см<sup>2</sup>.

На рис.2 приведена зависимость изменения дифференциальной эффективности от дозы облучения. Видно, что при дозах  $\sim 10^{14}$  квант/см<sup>2</sup> значение  $\eta_d$  увеличивается, а в дальнейшем, с увеличением дозы облучения, уменьшается.

Величины изменения порогового тока и дифференциальной эффективности лазеров от дозы облучения зависят от начального значения дифференциальной эффек-

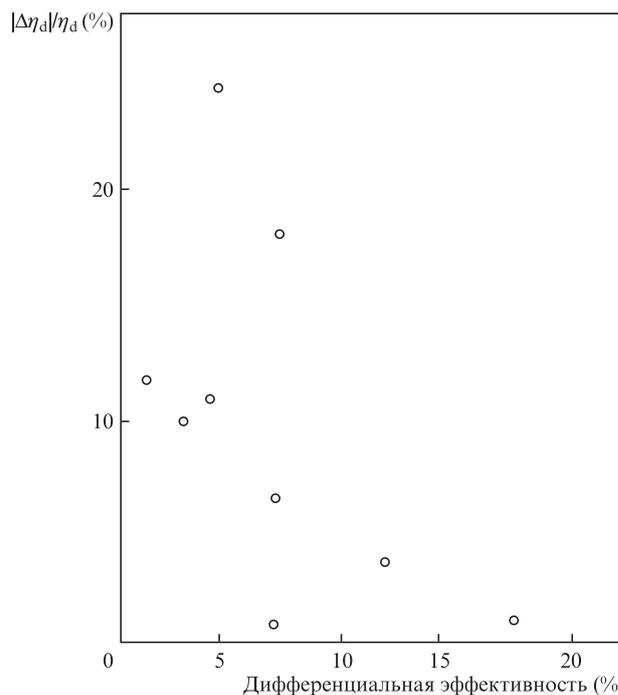


Рис.4. Зависимость относительного изменения дифференциальной эффективности от начального значения  $\eta_d$  образцов при дозе облучения  $10^{14}$  квант/см<sup>2</sup>.

тивности. На рис.3 и 4 показано поведение этих зависимостей при одинаковой дозе облучения ( $10^{14}$  квант/см<sup>2</sup>).

В общем случае зависимости  $I$  и  $\eta_d$  от дозы облучения можно интерпретировать следующим образом. При дозе облучения  $\sim 10^{14}$  квант/см<sup>2</sup> наблюдается изменение как порогового тока, так и дифференциальной эффективности. Облучение влияет на эффективность и внутренние потери  $\alpha$  ( $\eta_d$  увеличивается,  $\alpha$  уменьшается). При дозе облучения  $\sim 10^{15}$  квант/см<sup>2</sup> имеет место снижение порогового тока ( $\eta_d$  не изменяется). Поток  $\gamma$ -квантов создает собственные точечные дефекты и кластеры, которые могут служить фиксаторами быстро мигрирующих примесных ионов. Снижение порогового тока связано с гашением микроплазмы и аннигиляцией дефектов, которые существовали до облучения (уменьшение потерь  $\alpha$ ). При дозе облучения  $\sim 10^{16}$  квант/см<sup>2</sup> наблюдается увеличение порогового тока и уменьшение дифференциальной эффективности, поскольку образуются новые радиационные безызлучательные центры.

1. Leon M.R., Swift G.M., Magness B., Taylor W.A., Tang Y.S., Wang K.I. *Appl. Phys. Lett.*, **76**, 2074 (2000).
2. Huang M.B., Zhu J., Oktyabrsky S. *Nucl. Instrum. Meth. B*, **211**, 505 (2003).
3. Новиков А.В., Яблонский А.Н., Платонов В.В., Оболенский С.В., Лобанов Д.Н., Красильников З.Д. *ФТП*, **44**, 3 (2010).
4. Абрамов В.С., Рыжиков И.В., Шербаков В.Н. *Труды Междунар. науч.-техн. конф. «Информационные технологии в науке и образовании»* (М: МГАПИ, 2005, т. 3, с. 42–56).
5. Богатов А.П., Кочетков А.А., Коняев В.П. *Квантовая электроника*, **41** (2), 99 (2011).
6. Безотосный В.В., Дураев В.П., Елисеев П.Г., Свердлов Б.Н., Шепкина Г.В., Шишкин И.Н. *Квантовая электроника*, **8** (9), 1985 (1981).