

КАНАЛЬНЫЕ ГЕТЕРОСВЕТОДИОДЫ НА ОСНОВЕ InP/GaInPAs
ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Х. Джалолов ^{*)}, П. Г. Елисеев, И. Исмаилов ^{**)}

УДК 621.315.592

Изготовлены канальные гетеросветодиоды с шириной канала $1,3 \pm 7$ мкм на основе InP/GaInPAs с двусторонним горизонтальным гетерограничением.

При 300 К они излучали вблизи длины волны $1,060$ мкм с эффективностью $0,2\%$ и энергетической яркостью излучения при токе 30 мА до 1000 Вт/см² ср. При 77 К эффективность достигала $\sim 2,5\%$.

В последние годы большое внимание уделяется реализации широкополосных волоконно-оптических систем связи с использованием одномодовых волокон, внутренние диаметры которых обычно равны ~ 3 мкм. Источники излучения для таких систем должны удовлетворять известным требованиям /1/, наиболее важными из которых являются: совпадение длины волны излучения с полосами минимальных оптических потерь излучения в световолокнах (вблизи $0,8$; $1,06$; $1,3$ и $1,6$ мкм для кварцевого световолокна); совпадение размеров излучающей поверхности источника с размерами сечения сердцевинки световолокна для их наилучшего согласования; достижение максимальной энергетической яркости, так как это единственный параметр источника, определяющий мощность излучения, вводимого в световолокно.

Для целей волоконно-оптической связи к настоящему времени разработаны светодиоды двух типов: 1) с выводом излучения перпендикулярно плоскости p-n перехода /2,3/ и 2) с выводом излу-

^{*)} Физико-технический институт им. С. Умарова АН Тадж. ССР, г. Душанбе.

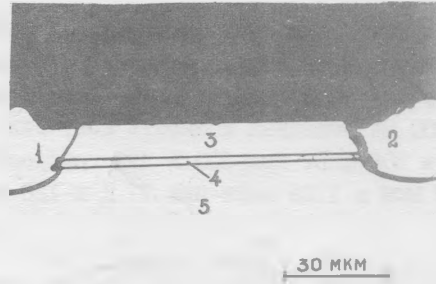
чения из торца, параллельно плоскости p-n перехода /4/.

С точки зрения достижения предельной локализации области протекания тока и излучающей поверхности наиболее приемлемы "торцевые каналные" светодиоды с выводом излучения через зеркальные торцы. Благодаря малым размерам излучающей поверхности (около 1 мкм^2) на торце "канального" светодиода можно получить высокую энергетическую яркость излучения и осуществить эффективную стыковку со световолокном посредством контакта поверхностей их торцов.

В данной работе сообщается об изготовлении и некоторых характеристиках "торцевых канальных" светодиодов на основе гетеропереходов $\text{InP}/\text{GaInPAs}$, полученных жидкостной эпитаксией, излучающих вблизи длины волны $1,06 \text{ мкм}$ при 300 К .

Методика создания "канальных" светодиодов состояла в следующем: на высокоомной подложке InP ($\rho \approx 10^7 \text{ ом}\cdot\text{см}$), ориентированной по плоскости (100), методом жидкостной эпитаксии последовательно выращивается легированный теллуром ($n = 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$) четверной твердый раствор $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}_{1-y}\text{As}_y$ ($x \approx 0,09$, $y \approx 0,2$) толщиной $1,3 \div 7 \text{ мкм}$ и затем нелегированный слой InP толщиной $10\text{--}15 \text{ мкм}$. Далее на поверхность эпитаксиальной пленки напыляются полоски SiO шириной $\sim 100 \text{ мкм}$ на расстоянии $\sim 200 \text{ мкм}$ друг от друга. Края полосок с точностью до 1° параллельны одному из сколов подложки. Поверхность между полосками вытравливается на глубину до 40 мкм и жидкофазной эпитаксией наращивается слоем p-InP ($p \geq 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$) толщиной $10\text{--}20 \text{ мкм}$. Для сравнения по вышеописанной методике были изготовлены также каналные светодиоды n-InP/p-InP ($n \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, $p \approx 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$).

На рис. 1 показана микрофотография поверхности скола (торца) "канального" гетеросветодиода с вытравленными границами p-n гомо- и гетеропереходов в растворе железосинеродистого калия/гидроксида калия /5/. Видно, что светодиод состоит из двух канальных односторонних гетеропереходов на основе $\text{InP}/\text{GaInPAs}$ разделенных расстоянием $\sim 90 \text{ мкм}$ с прямым и запертым направлением проводимости. В других опытах расстояние между гетеропереходами было уменьшено до 7 мкм . Ток накачки подводится с помощью двух проводков, припаянных к предварительно металлизированным золотом и никелем поверхностям p-InP на краях диода. При работе диода один из переходов пробивается при формовке контактов импульсным током.



Р и с. I. Микрофотография поверхности торца "канального" светодиода на основе ОГС InP/GaInPAs с вытравленными границами гомо- и гетеропереходов, полученных жидкостной эпитаксией: 1 и 2 - p-InP; 3 - n-InP; 4 - n-GaInPAs; 5 - n-InP (высокоомная подложка)

Последовательное сопротивление толщ диодов составляло 10 + 15 ом.

В табл. I представлены данные по эффективности η и выходной мощности P излучения "канальных" светодиодов, полученные по измерениям полной выходной мощности в интегрирующей сфере с калиброванным кремниевым фотодиодом. В спектрах излучения гетеросветодиодов, записанных на спектрометре ДФС-12, не удалось обнаружить полосы излучения InP в интервале плотностей тока $10^2 + 10^4$ А/см² при 77 К и 300 К. Ширина полосы спонтанного излучения

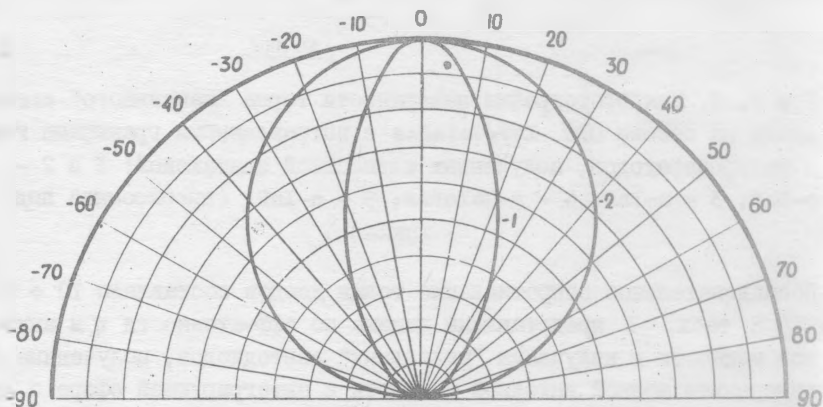
Таблица I

Излучательные характеристики "канальных" светодиодов при токе через диод 30 мА

Тип структуры	Ширина диода, мкм	77 К			300 К			
		λ , мкм	η , %	P, мВт	λ , мкм	η , %	P, мВт	B, Вт/см ² ·ср
p-InP/n-InP	5	0,910	1,0	240	0,960	0,1	40	360
p-InP/n-GaInPAs	1,3	0,998	2,33	803	1,050	0,09	30	1048
"	3	1,010	2,48	922	1,060	0,145	52	788
"	5	1,020	1,72	620	1,065	0,11	45	409
"	7	1,020	2,53	942	1,070	0,2	71	461

на половине интенсивности гетеросветодиодов была равна $\sim 0,03$ мкм при 77 К и $\sim 0,1$ мкм при 300 К, а максимум полосы заметно сдвигался в сторону коротких длин волн с ростом тока.

При токе 100 мА выходная мощность излучения достигала 2155 мкВт при 77 К и 208 мкВт при 300 К для гетеросветодиодов с шириной канала ~ 7 мкм и 1724 мкВт при 77 К и 120 мкВт при 300 К для



Р и с. 2. Пространственное распределение излучения канального гетеросветодиода на основе ОТС $p\text{-InP}/n\text{-GaInPAs}$ с шириной канала ~ 7 мкм при 300 К в плоскости, перпендикулярной $p\text{-}n$ переходу (кривая 1) и параллельной $p\text{-}n$ переходу (кривая 2), при токе 30 мА

гетеросветодиодов с шириной канала ~ 3 мкм. Гетеросветодиоды при токе 50 мА при комнатной температуре работали в течение $2 \cdot 10^3$ час без заметного уменьшения выходной мощности излучения.

На рис. 2 представлено пространственное распределение излучения "канального" гетеросветодиода с шириной канала ~ 7 мкм. Видно, что если в направлении, параллельном плоскости гетероперехода, распределение интенсивности излучения не направлено, то в плоскости, перпендикулярной к ней, диаграмма направленности более узкая и имеет ширину $\sim 45^\circ$ на уровне половины максимальной интенсивности. Согласно данным работы [6], ширина диаграммы направленности спонтанного излучения диффузионных диодов InP в плоскости, перпендикулярной плоскости $p\text{-}n$ перехода, также составляла $\sim 45^\circ$. В соответствии с данными рис. 2 величина телесного

угла равна $\sim 1,1$ ср. В таблице даны также расчетные значения энергетической яркости B в пятне на торцах "канальных" светодиодов при 300 К в предположении, что ширина излучающей области равна 1,0 мкм.

В заключение авторы выражают благодарность Р. Алтынбаеву за помощь в проведении измерений мощностных характеристик диодов.

Поступила в редакцию
20 сентября 1979 г.

Л и т е р а т у р а

1. S. E. Miller, E. A. J. Maratili, T. Li, Proc. IEEE., 61, 1703 (1973).
2. C. A. Burrus, Proc. IEEE, (Letters), 60, 231 (1972).
3. Ж. И. Алферов, В. М. Андреев, Б. В. Егоров, А. В. Сырбу, ФТТ, II, 10, 1918 (1977).
4. M. Ettenberg, H. Kressel, J. P. Wittke, IEEE J. Quantum Electronics, QE-12, 360, (1976).
5. R. C. Clarke, B. D. Joyce, H. E. Wilgoss, Solid State Communications, 8, 14, 1125 (1970).
6. Н. Г. Басов, П. Г. Елисеев, И. Исмаилов, А. Я. Намельский, И. З. Пинскер, С. В. Якобсон, ФТТ, 8, 9, 2610 (1966).