

- [1] B e n d e r C.M., W u T.T. - Phys. Rev., 1969, v.184, p. 1231.
- [2] K l i n g e r M.I. - Phys. Rep., 1983, v. 94, p. 183.
- [3] S i m o n B. - Ann. Phys. (N.Y.), 1970, v. 58, p. 79.
- [4] Т у р б и н е р А.В. - УФН, 1984, т. 144, в. 1, с. 35.
- [5] K l i n g e r M.I. - Sol. State Commun., 1984, v. 54, p. 503.
- [6] К а р п о в В.Г., П а р ш и н Д.А. - Письма ЖЭТФ, 1983, т. 38, с. 536.
- [7] И л ь и н М.А., К а р п о в В.Г., П а р ш и н Д.А. - Стеклообразные полупроводники. Тезисы докладов всесоюзной конференции "Стеклообразные полупроводники" - Л., ФТИ им.А.Ф.Иоффе, 1985, с. 31.
- [8] A n d e r s o n P.W., H a l p e r i n B.I., V a r m a S.M. - Phil. Mag., 1982, v. 25, p. 1.
- [9] К л и н г е р М.И. - УФН, 1987, т. 152, в. 4, с. 623.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
25 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 8

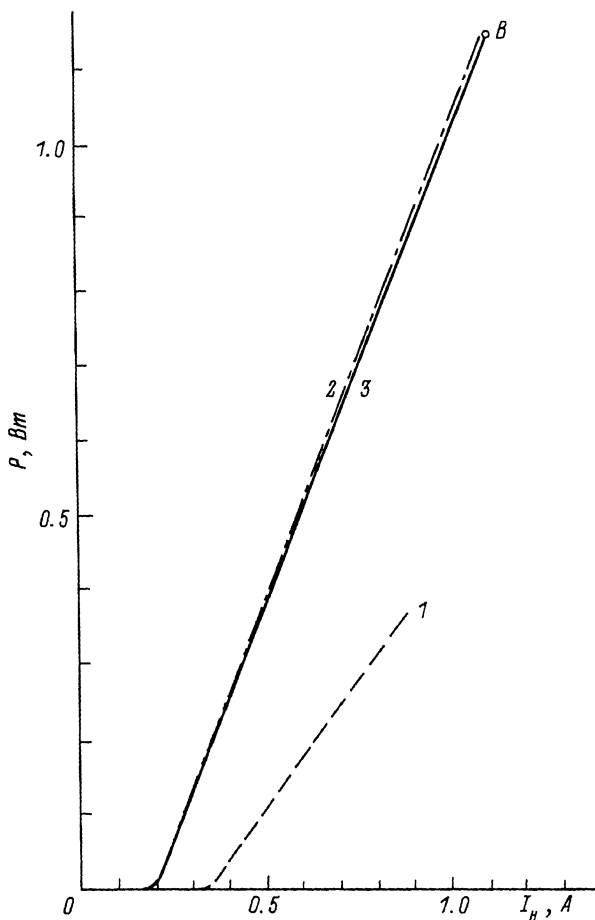
26 апреля 1988 г.

МОЩНЫЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ *InGaAsP/GaAs* ПЕТЕРОЛАЗЕР
С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЗЕРКАЛОМ ($I_{пор} = 100 \text{ А/СМ}^2$,
 $P=1.1 \text{ Вт}$, $\text{КПД} = 66\%$, $T=10^\circ\text{C}$)

Н.Ю. А н т о н и ш к и с, И.Н. А р с е н т ь е в,
Д.З. Г а р б у з о в, В.И. К о л ы ш к и н,
А.Б. К о м и с с а р о в, А.В. К о ч е р г и н,
Т.А. Н а л е т, Н.А. С т р у г о в

В предыдущей работе [1] подробно описаны мощные непрерывные лазеры раздельного ограничения (РО) на основе квантово-размерных (КР) *InGaAsP/GaAs* ($\lambda = 0.86-0.78 \text{ мкм}$) двойных гетероструктур (ДГС), полученных новым вариантом метода жидкостной эпитаксии [2]. Для лучших образцов описанных ранее лазеров дифференциальная квантовая эффективность (η_d) и коэффициент полезного действия (КПД), рассчитанный на два зеркала, составляли около 90% и 60% соответственно. Первые эксперименты по нанесению диэлектрического зеркала на заднюю грань резонатора не дали существенного выигрыша в мощности излучения с переднего торца [1].

В данной работе сообщается об успешных экспериментах в этом направлении, позволивших получить высокие значения η_d и КПД



Ватт-амперные зависимости для КР $InGaAsP/GaAs$ (Ш) гетеролазера № 6 - 2485 - 1 ($\lambda_{ген} \approx 0.86$ мкм, $L = 1.04$ мм, $W = 200$ мкм). 1 - импульсная ватт-амперная зависимость для образца в прижиге до нанесения зеркала; 2 - импульсная ватт-амперная зависимость после нанесения диэлектрического зеркала и пайки лазера на теплоотвод; 3 - непрерывная ватт-амперная зависимость для образца на теплоотводе с напыленным зеркалом ($T = +10$ °С, $I_{пор} = 97$ А/см², $P^B = 1.1$ Вт, $\eta_0^B = 89\%$, КПД^B = 66% при $I^B = 1.1$ А и $U^B = 1.58$ В).

для излучения, выходящего с переднего зеркала лазера. На рис. 1 штриховой кривой показана ватт-амперная характеристика лазера № 6-2485-1, измеренная в импульсном режиме на ненапаянном образце до нанесения диэлектрического зеркала. Данный лазер,

Лучшие параметры, полученные для КР гетеролазеров РО в системе
InGaAsP/GaAs(100)

№ партии	Геометрия лазера	Размеры, мкм	λ , мкм	$I_{пор}$, А/см ²	η_d , %	P, мВт/гр.	КПД, %
К 257	четырёх-сколотый	550x360	0.800	92	-	-	-
А 234	резонатор Фабри-Перо	2170x170	0.810	245	-	-	-
К 259	резонатор Фабри-Перо	1250x210	0.825	300	42	470	21

имеющий ширину полоска 200 мкм и длину резонатора около 1 мм, был изготовлен из структуры с толщиной активной области $\sim 100 \text{ \AA}$ и генерировал в области $\lambda = 0.86 \text{ мкм}$.

После проведения импульсных измерений на одну из граней резонатора плазменным распылением было нанесено шестислойное диэлектрическое зеркало, состоящее из шести чередующихся слоев SiO_2 и Si [1] с общей толщиной $\sim 6300 \text{ \AA}$. Затем образец был напаян на теплоотвод, который во время испытаний крепился на микрохолодильник Пельтье для повторных измерений ватт-амперных характеристик лазера с напыленным зеркалом в импульсном и непрерывном режимах. Результаты этих измерений показаны штрихпунктирной и сплошной кривыми на рис. 1. Как видно из этого рисунка, нанесение диэлектрического зеркала привело к снижению пороговой плотности тока в 1.7 раза и увеличению дифференциальной квантовой эффективности для излучения, выходящего через переднее зеркало, почти вдвое.

Данный результат свидетельствует о том, что потери на выход еще являются определяющим фактором для величины порогового тока в лазерах РО с длиной резонатора $L \approx 1 \text{ мм}$. Благодаря нелегированному волноводу значения внутренних потерь в таких лазерах составляют величины менее 1 см^{-1} .

Результаты, приведенные в данной работе и во всех наших предыдущих публикациях по этой тематике, относятся к *InGaAs/GaAs* лазерам, изготовленным из гетероструктур, выращенных на подложках арсенида галлия с ориентацией (111). Получение методом жидкостной эпитаксии КР ДГС с ориентацией (100) является существенно более сложной задачей. В настоящей работе мы можем сообщить о достижении первых успехов в решении этой задачи. Несмотря на значительно худшие воспроизводимость и однородность параметров по сравнению с ранее описанными ДГС (111), было изготовлено около десятка *InGaAsP/GaAs* (100) гетероструктур, для которых пороговая плотность тока генерации ($I_{пор}$) в четырехсколотых образцах была менее 200 А/см^2 . Лучшие результаты, полученные на лазерах из этих гетероструктур, сведены в таблицу. Наименьшие значения $I_{пор}$ в четырехсколотых лазерах, также как

и для ориентации (111), составляли $\sim 90 \text{ А/см}^2$. Неоднородность структур с ориентацией (100) особенно сильно проявлялась при изготовлении лазеров с резонатором Фабри-Перо. Минимальные значения $I_{\text{пор}}$ для таких лазеров составляли величины $\sim 250 \text{ А/см}^2$. На одном из лазеров со сплошным контактом шириной 210 мкм максимальное значение η на два зеркала достигало 42%, а при токе 2.5 А была зарегистрирована оптическая мощность излучения $\approx 0.5 \text{ Вт/грань}$.

Есть основания надеяться, что дальнейшее совершенствование технологии выращивания *InGaAsP/GaAs* квантоворазмерных гетероструктур позволит получить для образцов с ориентацией подложки (100) столь же высокие параметры, как и при ориентации (111).

В заключение авторы благодарят за помощь в изготовлении образцов С.Н. Жигулина, Т.Н. Дрокину, И.А. Мокину, Н.Д. Ильинскую, А.Н. Ермакову.

Л и т е р а т у р а

- [1] Алферов Ж.И., Антонишкис Н.Ю., Арсентьев И.Н., Гарбузов Д.З., Колышкин В.И., Налет Т.А., Стругов Н.А., Тикуннов А.В. - ФТП, 1988, т. 22.
- [2] Алферов Ж.И., Гарбузов Д.З., Арсентьев И.Н., Бер Б.Я., Вавилова Л.С., Красовский В.В., Чудинов А.В. - ФТП, 1985, т. 19, в. 6, с. 1108-1114.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе АН СССР,
Ленинград

Поступило в Редакцию
19 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 8 26 апреля 1988 г.

СВОЙСТВА СИСТЕМЫ СЦИНТИЛЛЯТОР-ФОТОДИОД НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ СЕЛЕНИД-ТЕЛЛУРИД ЦИНКА

О.П. В е р б и ц к и й, Л.А. К о с я ч е н к о,
В.П. М а х н и й, В.Д. Р ы ж и к о в

Комбинированные детекторы ионизирующего излучения „сцинтиллятор-фотодиод (С-ФД)“ обладают по сравнению с устройством „сцинтиллятор-фотоэлектронный умножитель“ меньшими габаритами, весом, потребляемой мощностью (как самого детектора, так и источников питания), высокой надежностью и стабильностью, линейностью характеристик в широком диапазоне интенсивности и энергии излучения [1]. Особый интерес представляет создание устройства С-ФД на одном и том же монокристалле. Главная из возникающих при этом проблем в том, что спектральные области радиolumines-