

Об.3; 12

© 1991

# $AlGaAs$ КВАНТОВОРАЗМЕРНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ДИОДЫ С ГРАДИЕНТНЫМ ВОЛНОВОДОМ, ПОЛУЧЕННЫЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЖИДКОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИЕЙ

А.З. М е р е у ц э, А.В. С ы р б у,  
Г.И. С у р у ч а н у, В.П. Я к о в л е в

Эпитаксиальные гетероструктуры с одиночной квантовой ямой и градиентным волноводным слоем, которые были впервые предложены в работе [1], в настоящее время широко используются для получения высокоэффективных лазерных диодов с применением как молекулярной эпитаксии [2], так и газофазной эпитаксии из металлорганических соединений [3]. Авторы работы [4] показали, что квантоворазмерные гетероструктуры с градиентным волноводом, в которых состав изменяется по линейному закону, обладают  $\sim 100\%$  эффективностью захвата неравновесных носителей в квантовую яму, в то время как эффективность захвата носителей в квантовую яму для обычной квантоворазмерной гетероструктуры с раздельным ограничением без градиентного волновода составляет  $\sim 40\%$  в результате рекомбинации носителей в волноводном слое. Изготовленные до настоящего времени низкопороговые  $AlGaAs$  квантоворазмерные лазерные гетероструктуры с помощью низкотемпературной жидкофазной эпитаксии (НЖЭ) имели постоянный состав  $AlAs$  по толщине волноводного слоя [5].

В данном сообщении приводятся результаты исследований  $AlGaAs$  квантоворазмерных лазерных диодов с градиентным волноводным слоем, впервые полученных жидкофазной эпитаксией.

На рис. 1 (сплошная кривая) приведен Оже-профиль распределения состава твердого раствора  $Al_xGa_{1-x}As$  вблизи квантоворазмерного активного слоя. Как видно из рисунка, в волноводном слое состав твердого раствора изменяется практически линейно в интервале  $x=0.3-0.7$ . Получение градиентного волноводного слоя было достигнуто за счет модификации режима выращивания лазерной гетероструктуры. В стандартном технологическом процессе получения квантоворазмерных структур волноводный слой  $Al_xGa_{1-x}As$  с  $x=0.3$  выращивается в режиме охлаждения (пунктир на рис. 1). Как было показано в [6], во всем температурном интервале НЖЭ  $Al_xGa_{1-x}As$  с  $x=0.3$ , выращенный в режиме охлаждения, имеет практически постоянный состав. В модифицированном процессе выращивания, используемом в данной работе, волноводные слои получали изотермическим смешиванием жидких фаз  $Al-Ga-As$  разного состава. Градиент состава в волноводном

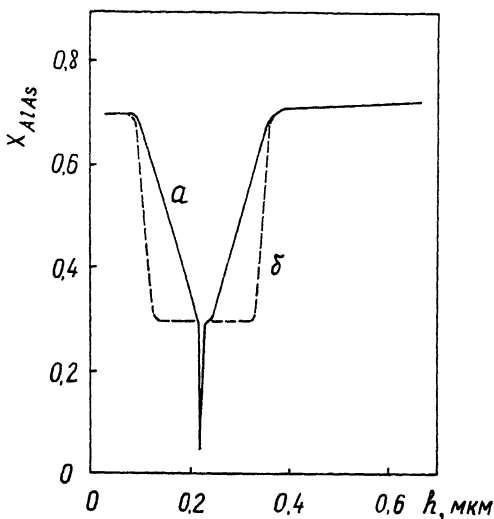


Рис. 1. Оже-профили распределения состава твердого раствора  $Al_xGa_{1-x}As$  вблизи кванторазмерного активного слоя. а - структура с градиентным волноводом, б - структура с постоянным составом по толщине волноводного слоя.

слое можно варьировать, изменяя состав и объем смешиваемых растворов-расплавов.

На основе эпитаксиальных структур, полученных таким способом, были изготовлены лазерные диоды с гребневым волноводом по методике, приведенной в [7], а также зарощенные лазерные диоды с непоглощающими зеркалами с использованием селективного травления в растворе-расплаве [8].

На рис. 2, а, б приведены ватт-амперные характеристики 2-х лазерных диодов с гребневым волноводом с шириной гребня 4 мкм и длиной резонатора 300 мкм: а - с градиентным волноводом, б - с постоянным составом  $AlAs$  в области волновода. Толщина активной области лазеров а и б равна 17 нм. Пороговый ток генерации, дифференциальная квантовая эффективность и максимальная мощность излучения составляют для лазера а 13 мА, 38 %, 30 мВт, а для лазера б 15 мА, 30 % и 25 мВт соответственно. Таким образом, в лазерных диодах с градиентным волноводом, полученных низкотемпературной ЖФЭ, наблюдается довольно существенное улучшение рабочих параметров по сравнению с лазерами с постоянным составом твердого раствора в активной области.

Максимальное значение удельной мощности излучения с 1 мкм активной области для лазера с градиентным волноводом составляет 6 мВт/мкм. Для улучшения этого параметра необходимы лазерные диоды с непоглощающими зеркалами, так как именно деградация зеркал за счет разогрева лимитирует максимальную мощность

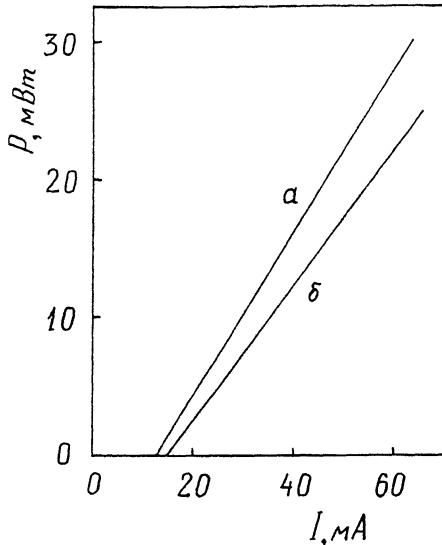


Рис. 2. Ватт-амперные характеристики 2-х лазерных диодов с гребневым волноводом с шириной гребня 4 мкм и длиной резонатора 300 мкм. а - с градиентным волноводом, б - с постоянным составом по толщине волноводного слоя.

излучения [9]. Разогрев зеркала можно существенно уменьшить, если вблизи него отсутствует оптическое поглощение и не протекает ток. В данной работе лазерные диоды с непоглощающими зеркалами (см. вставку на рис. 3) были получены с применением методики зарощивания, описанной нами ранее [8]. Излучение выводится из градиентного волноводного слоя 1, включающего активную область через непоглощающие области 2 изолирующей  $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$  р-п структуры. Длина непоглощающих областей составляет 5-10 мкм.

На рис. 3 приведена ватт-амперная характеристика зарощенного  $AlGaAs$  квантоворазмерного лазерного диода с непоглощающими зеркалами с длиной резонатора 300 мкм. Пороговый ток генерации данного лазера составляет 5 мА, а максимальная мощность излучения, равная 42 мВт, достигается при токе 155 мА, что составляет более чем 30-кратное превышение над порогом. Поперечное сечение волноводного слоя лазера равно  $1.5 \times 0.3$  мкм<sup>2</sup>. Максимальная мощность излучения таких же лазеров, но сколотых без непоглощающих областей, не превышала 20 мВт.

Полученные в данной работе лазерные диоды с непоглощающими зеркалами были использованы в качестве источников излучения для ввода света в одномодовое волокно с использованием установки автоматической стыковки [10].

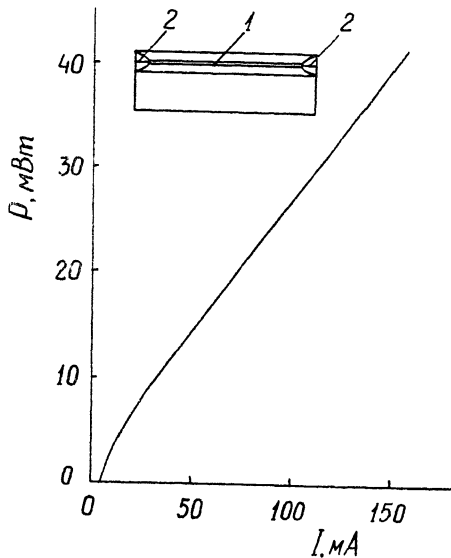


Рис. 3. Ватт-амперные характеристики замороженного  $ALGaAs$  квантоворазмерного лазерного диода с градиентным волноводом, непоглощающими зеркалами и длиной резонатора 300 мкм.

Максимальное значение мощности излучения, введенного в одномодовое волокно из таких лазеров, составило 23 мВт.

В заключении авторы благодарят Иванова С.П. и Виеру С.Ф. за оказанную помощь при проведении эксперимента.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Tsang W.T. // Appl. Phys. Lett. 1981. V. 39. P. 134.
- [2] Derry P.L., Yariv A., Lau Kam Y., Bar-Chaim N., Lee K., Rosenberg J. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 50. P. 1773.
- [3] Ishikawa S., Nido M., Endo K., Komazaki I., Fukagai K., Yuasa T. // Electron. Lett. 1989. V. 25. P. 1398.
- [4] Feldman J., Peter G., Gobel E.O., Leo K., Polland H.-J., Ploog K., Fujiwara K., Nakayama T. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. P. 226.

- [5] Андреев В.М., Ларионов В.Р., Минтаи-  
ров А.М., Пруцких Т.А., Румянцев В.Д.,  
Смекалин К.Е., Хвостиков В.П. // Письма  
в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 9. С. 7-12.
- [6] Мереуцэ А.З., Петров А.И., Прокуди-  
на В.М., Сырбу А.В., Тарченко В.П., Яков-  
лев В.П. // Письма в (ТФ. 1989. Т. 15. В. 9. С. 50-  
54.
- [7] Мереуцэ А.З., Сырбу А.В., Яковлев В.П.  
Тр. координационного совещ. соц. стран по физическим пробле-  
мам оптоэлектроники. Баку, 1989. С. 56.
- [8] Алферов Ж.И., Андреев В.М., Андри-  
еш А.М., Мереуцэ А.З., Сырбу А.В., Яков-  
лев В.П. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 5. С. 66-  
71.
- [9] Naito H., Kume M., Hamada K.,  
Shimizu H., Kano G. // IEEE J.  
Quantm. Electron. 1989. V. 25. N 6. P. 1495-  
1499.
- [10] Дешан П.Х., Морарь А.Н., Яковлев В.П.  
Тез. докл. всес. конф. „Оптико-электронные измерительные  
системы и устройства“. Томск, 1989. С. 87.

Кишиневский  
политехнический  
институт им. С. Лазо

Поступило в Редакцию  
21 ноября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 4

26 февраля 1991 г.

06.3; 08

© 1991

## ВОЗБУЖДЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН В $Rb:KTP$

К.С. Б у р и ц к и й, Е.М. Д и а н о в,  
А.В. К и с е л е в, В.А. М а с л о в,  
А.М. П р о х о р о в, Е.А. Щ е р б а к о в

Кристалл КТР, характеризующийся большими нелинейными кон-  
стантами и высокой оптической стойкостью, находит достаточно  
широкое применение в квантовой электронике, в первую очередь  
для нелинейного преобразования частоты лазерного излучения. Кро-  
ме этого, из-за сравнительно простой технологии изготовления оп-  
тических волноводов с малыми ( $\sim 1$  дБ/см) потерями КТР исполь-  
зуется для создания ряда интегральнооптических элементов [1].