

06.3

© 1991

ДИНАМИЧЕСКИ ОДНОЧАСТОТНЫЕ ( $AlGa$ )As  
КВАНТОВОРАЗМЕРНЫЕ ЛАЗЕРЫ  
С НИЗКИМ ПОРОГОМ ГЕНЕРАЦИИ

К.Б. Д е д у ш е н к о, О.В. К а т у г и н,  
А.З. М е р е у ц е, А.В. С ы р б у,  
В.П. Я к о в л е в

Снижение пороговых токов генерации квантоворазмерных лазеров (КРЛ) до единиц и долей миллиампера [1-3] открывает широкие перспективы для их использования в системах оптической обработки и передачи информации. В связи с этим особое значение приобретают исследования динамики таких лазеров. В настоящей работе представлены результаты исследования переходного процесса в  $AlGaAs$  КРЛ с низким (менее 2-х мА) пороговым током и сообщается о реализации в них одночастотной генерации при глубокой импульсной модуляции тока накачки.

Исходные  $AlGaAs$  -лазерные гетероструктуры с одиночной квантовой ямой ( $d \approx 15$  нм) выращивались методом низкотемпературной жидкофазной эпитаксии [4]. Лазерные диоды имели зарощенную мезаструктуру, аналогичную описанной в [3]. Длина резонатора равнялась 200 мкм. На зеркала, полученные скальванием, наносились отражающие покрытия  $ZrO_2/Si$  с коэффициентами отражения 60 и 90 %.

Для селекции продольных мод вблизи зеркала лазера с большим пропусканием помещалось установленное на миниатюрной пьезокерамике плоское зеркало, образующее составной резонатор. Излучение, выходящее с противоположной стороны, направлялось в систему регистрации. Временное разрешение аппаратуры было не хуже 0.2 нс. Пороги генерации исследованных лазеров составляли около 2 мА и снижались почти на 10 % в присутствии внешнего зеркала.

В отсутствие внешнего зеркала и при постоянном токе накачки спектр генерации состоял, как сообщалось нами и ранее [5], в за-

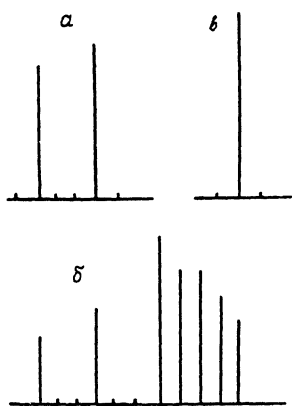


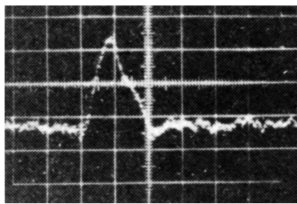
Рис. 1. Спектры излучения КРЛ в непрерывном (а) и импульсном (б, в) режимах. а, б – без внешнего зеркала, в – с внешним зеркалом. Превышение тока лазера над пороговым током на 30 %.

висимости от тока из одной-двух мод (рис. 1, а), а в некоторых образцах – нескольких мод. При модуляции лазера короткими импульсами число мод генерации увеличивалось. На рис. 1, б показан усредненный по времени спектр, полученный при накачке лазера прямоугольными импульсами тока длительностью 20 нс. Как видно, уширение спектра весьма существенное, хотя в некоторых случаях оно было меньше. В одном из образцов спектр уширился только до 2–3-х мод.

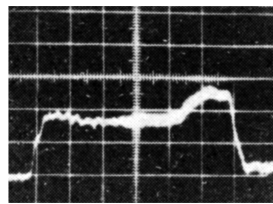
Введением внешнего зеркала с соответствующей подстройкой расстояния от него до лазера достигалась одночастотная генерация при всех длительностях импульса тока от 1 до 30 нс (рис. 1, в) и в непрерывном режиме.

На рис. 2 представлены осциллограммы светового отклика лазерного диода с внешним зеркалом на импульсы тока длительностью 3 (а), 10 (б) и 30 нс (в, г). Во всех случаях установление генерации происходит без релаксационных пульсаций интенсивности, что для лазеров данного типа обусловлено влиянием спонтанного излучения попадающего в лазерную моду [6]. Для коротких прямоугольных импульсов тока с длительностью 3, 10 нс световой импульс повторяет форму импульса тока с фронтами  $\sim 2$  нс (см. рис. 2, а, б). В случае токовых импульсов с длительностью более 20 нс форма светового импульса искажается. Так, на осциллограммах светового отклика лазера, соответствующих импульсам тока длительностью 30 нс, образуются ступеньки на вершинах световых импульсов спустя примерно 20 нс от его начала, причем высота ступеньки возрастает с увеличением амплитуды импульса тока (см. рис. 2, в, г). Ступенька уменьшалась, если импульс тока накладывался на постоянную составляющую, и вовсе исчезала, когда постоянный ток приближался к пороговому значению. Было получено, что после наработки лазером более 200 часов высота ступеньки уменьшалась примерно на 20 %, а сама она сдвигалась на 1–2 нс к началу импульса. Причиной образования данных ступенек может быть изменение эффективного показателя преломления волновода в результате нагрева, приводящее к деформации излучательной моды.

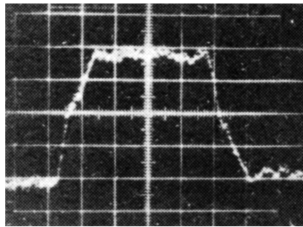
Известно, что линия усиления в КРЛ уже, чем в обычных ДГС-лазерах, и поэтому уширение спектра в режиме высокоскоростной модуляции у них должно быть меньше. Так, в [7] отмечалась большая стабильность спектра КРЛ с многослойной структурой по



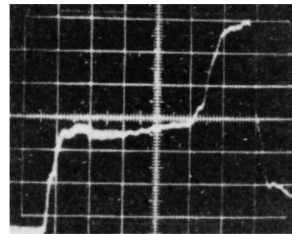
*a*



*b*



*c*



*d*

Рис. 2. Осциллограммы светового отклика КРЛ с внешним зеркалом на импульсы тока длительностью 3 нс – а, 10 нс – б и 30 нс – в, г (а, б – 2 нс/клетку; в, г – 5 нс/клетку). а, б, в – амплитуда импульса тока 2.7 мА, г – амплитуда импульса тока 5.6 мА.

отношению к модуляции. Тем не менее, импульсный спектр даже при отсутствии глубоких релаксационных осцилляций, т.е. пульсаций инверсии, оказывается уширенным. В то же время применение квантоворазмерной структуры в сочетании с составным резонатором позволяет получить одночастотный спектр, причем при глубокой модуляции – без постоянного смещения, что наряду с низким порогом немаловажно для применения таких лазеров в устройствах обработки информации.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Алферов Ж.И., Андреев В.М., Аксенов В.Ю., Налет Т.Н., Нгуен Тхань Фьонг, Румянцев В.Д., Хвостиков В.П. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 22. С. 2057-2060.
- [2] Lau K.Y., Derry P.L., Yariv A. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 52. P. 88-90.
- [3] Alferov Zh.I., Andreyev V.M., Meretzka A.Z., Syrbu A.V., Yakovlev V.P. // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 57. P. 2873-2875.

- [4] Алферов Ж.И., Андреев В.М., Конников С.Г., Ларионов В.Р., Погребинский К.Ю., Фалеев Н.Н., Хвостиков В.П. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 27. С. 171-175.
- [5] Алферов Ж.И., Андреев В.М., Андриеш А.М., Мереуцэ А.З., Сырбу А.В., Яковлев В.П. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 5. С. 66-71.
- [6] Полупроводниковые инжекционные лазеры. Динамика, модуляция, спектры: Пер. с англ. / Ред. Тсанг. М.: Радио и связь, 1990. 320 с.
- [7] Физика полупроводниковых лазеров: Пер. с англ. / Ред. Такума Х. М.: Мир, 1989. 310 с.

Кишиневский  
политехнический  
институт  
им. С. Лазо

Поступило в Редакцию  
31 мая 1991 г.

#### От Редакции

В 17-м выпуске журнала „Письма в ЖТФ” за 1991 г. по вине редакции допущено ошибочное размещение рисунков в статьях „Влияние интерфейсной рекомбинации на пороговые характеристики  $\text{GaInAs Sb/GaSb}$  лазеров” (стр. 54-59) и „Расчет трехмерного обтекания куба сверхзвуковым потоком газа” (стр. 43-49). Рисунки, помещенные на стр. 55-57, относятся к стр. 44-45, а рисунки со стр. 44-45 следует отнести к стр. 55-57 соответственно.

Редакция приносит авторам указанных работ и читателям журнала глубокие извинения за допущенную ошибку.