

- [6] К о н д о Т. // Wiss. Photogr. Potoph., Potoch. 1932. Bd. 31. S. 153-167.
- [7] К а к и ч а ш в и л и Ш.Д. // Оптика и спектроскопия. 1987. Т. 63. № 4. С. 911-917.
- [8] А г е е в Л.А., Б л о х а В.Б., М и л о с л а в с к и й В.К. // Оптика и спектроскопия. 1985. Т. 59. № 6. С. 1274-1280.
- [9] С т е п а н о в Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей. М.: Химия, 1984. 590 с.
- [10] К а к и ч а ш в и л и Ш.Д., Ш а в е р д о в а В.Г. // ЖНиПФиК. 1979. Т. 24. № 5. С. 342-345.
- [11] К а к и ч а ш в и л и Ш.Д., Ш а т а л и к И.Д. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 5. С. 277-280.
- [12] К а к и ч а ш в и л и Ш.Д. Поляризациянная голография. Л.: Наука, 1989. 142 с.

Институт кибернетики АН ГССР,  
Тбилиси

Поступило в Редакцию  
18 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 18

12 октября 1990 г.

06.2; 06.3; 07

© 1990

**AlGaAs ОДНОЧАСТОТНЫЕ КВАНТОВОРАЗМЕРНЫЕ  
ЛАЗЕРНЫЕ ДИОДЫ С ПОРОГОВЫМ ТОКОМ  
ГЕНЕРАЦИИ 1 МА, ПОЛУЧЕННЫЕ ЖФЭ**

В.М. А н д р е е в, В.Ю. А к с е н о в,  
А.А. Б о р о д к и н, А.Б. К а з а н ц е в,  
А.З. М е р е у ц е, В.Н. П е н к и н,  
А.В. С м и р н о в, А.В. С ы р б у,  
В.П. Я к о в л е в

Разработка нового метода формирования зарощенных гетероструктур с использованием селективного травления в растворе-расплаве позволило получить  $AlGaAs$  квантоворазмерные лазерные диоды с пороговым током генерации 1.3 мА [1]. В данном сообщении приводятся результаты исследований зарощенных  $AlGaAs$  квантоворазмерных лазерных диодов с отражающими покрытиями зеркал. Исходные лазеры с зарощенной гетероструктурой были получены с использованием жидкофазной эпитаксии по методике, описанной в [1, 2]. В качестве отражающих покрытий были использованы чередующиеся слои  $SiO_2-ZrO_2$  и  $SiO_2-Si$ , напыленные на свежесколотые зеркала лазерных диодов.

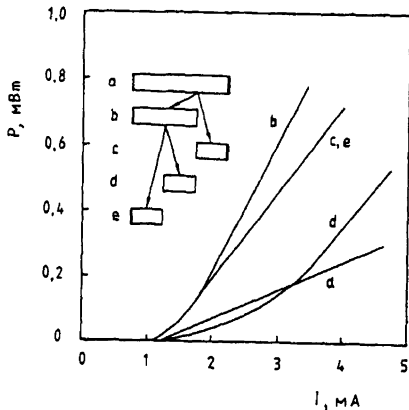


Рис. 1.

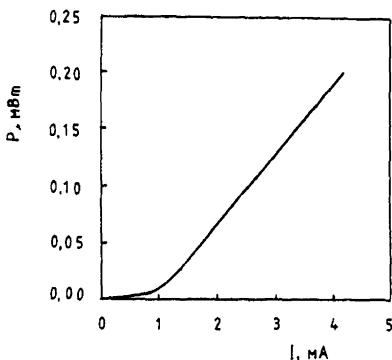


Рис. 2.

На рис. 1 приведены ватт-амперные характеристики лазерных диодов с отражающими покрытиями  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$  : а - на обоих зеркалах ( $R_1 = R_2 = 0.95$ ), в, с, е - с отражающим покрытием на одном зеркале ( $R_1 = 0.32, R_2 = 0.95$ ) и *d* - диода без отражающих покрытий зеркал ( $R_1 = R_2 = 0.32$ ). Все эти диоды получены скалыванием исходного лазера - а с длиной резонатора 300 мкм по схеме, приведенной на вставке рис. 1. Зависимости в, с, е были измерены со стороны зеркала без отражающего покрытия. Как видно из рисунка, исходный лазерный диод *a* с отражающими покрытиями на обоих зеркалах и длиной резонатора 300 мкм имеет значение порогового тока генерации  $I_{n2} = 1.2$  мА. Далее лазер *a* был сколот на лазеры *b* и *c* с длиной резонатора 200 и 100 мкм соответственно. Пороговый ток лазера *b* равен 1.45 мА, а лазера *c* - 1.25 мА. Лазер *a* также был сколот на 2 лазера *d* и *e* с длиной

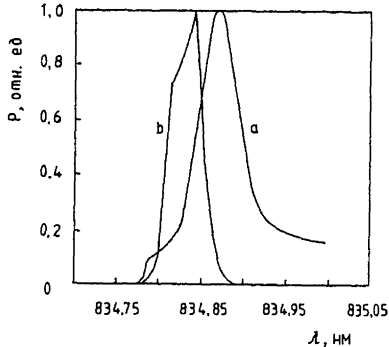


Рис. 3.

резонатора 100 мкм. Лазер *e* имеет такую же ватт-амперную характеристику, как и лазер *c*. Пороговый ток генерации лазера *d* без отражающих покрытий зеркал равен 2.51 мА. Необходимо отметить, что лазер *b*, в котором на одно зеркало нанесено отражающее покрытие и длина резонатора составляет 200 мкм, обеспечивает получение заданного уровня мощности, например, 0.5 мВт при наименьшем токе 2.7 мА.

Минимальное значение порогового тока генерации  $I_{r2} = 1.0$  мА было получено на лазере с длиной резонатора  $L = 112$  мкм, на котором оба зеркала покрыты отражающими слоями  $SiO_2-Si$  ( $R_1 = 0.8$  и  $R_2 = 0.95$ ) (см. рис. 2). Анализ вольт-амперной характеристики данного диода показал, что токовая утечка составляет  $\sim 0.5$  мА, т.е. пороговый ток в строипе меньше 1 мА.

На рис. 3 приведен спектр излучения лазера с одним напыленным зеркалом  $SiO_2-Si$  ( $R_1 = 0.32$ ,  $R_2 = 0.95$ ) и длиной резонатора  $L = 140$  мкм, в котором пороговый ток генерации равен 2.7 мА. Так же как и в случае зарощенных лазерных диодов данного типа без отражающих покрытий зеркал [2], в данном случае характерен одночастотный режим генерации с очень узкой линией (полуширина  $\Delta\lambda \approx 0.5 \text{ \AA}$ ). Кривая *a* соответствует току 3.1 мА (15% превышение над порогом), а кривая *b* – току 3.8 мА (35% превышение над порогом). Видно, что при увеличении накачки лазер начинает выходить из одночастотного режима.

Результаты данной работы показывают, что для  $AlGaAs$  квантоворазмерных зарощенных лазерных диодов, полученных жидкофазной эпитаксией, нанесение отражающего покрытия на одно зеркало позволяет понизить пороговый ток генерации в  $\sim 2$  раза без ухудшения дифференциальной квантовой эффективности.

Полученные значения порогового тока генерации в лазерных диодах с одним напыленным зеркалом ниже соответствующих значений порогового тока  $AlGaAs$  зарощенных лазеров, в которых квантоворазмерная гетероструктура выращена молекулярной эпитаксией [3].

Нанесение отражающих покрытий на второе зеркало не приводит к существенному уменьшению порогового тока генерации. В то же время в этих лазерах довольно сильно уменьшается дифференциальная квантовая эффективность.

Можно предположить, что в дальнейшем оптимизация процесса получения заросенных гетероструктур позволит уменьшить токи утечки, что в свою очередь даст возможность получать субмиллиметровые одночастотные *AlGaAs* лазерные диоды с одним напыленным зеркалом.

В заключение авторы выражают благодарность В.Д. Румянцеву, В.П. Хвостикову, Т.Н. Налет, А.Т. Лупу и Г.И. Суручану за полезные обсуждения и помощь в эксперименте.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] А п ф е р о в Ж.И., А н д р е е в В.М., М е р е у ц е А.З., С ы р б у А.В., С у р у ч а н у Г.И., Я к о в л е в В.П. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 9. С. 41-44.
- [2] А п ф е р о в Ж.И., А н д р е е в В.М., А н д р и е ш А.М., М е р е у ц е А.З., С ы р б у А.В., Я к о в л е в В.П. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 5. С. 66-71.
- [3] D e r r y P.L., S h e n H.Z., M o r s o s H., Y a r i v A., L a u K.Y., B a r - C h a i m N., L e e K., R o s e n b e r g J. // J. Vac. Sci. Technol. B. 1988. V. 6. N 2. P. 689-691.

Кишиневский политехнический институт им. С. Лазо

Поступило в Редакцию  
26 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 19  
07; 12

12 октября 1990 г.

© 1990

### О ВОЗМОЖНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ТРЕКОВ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ПО ПРИНЦИПУ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ВЫЧИТАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.Н. М а л о в, И.Р. М и х а й л о в а

Создание ускорителей с повышенной энергией пучков и увеличение объема пузырьковой камеры требуют применения новых методов регистрации информации, обеспечивающих наряду с приемлемой глубиной резко изображаемого пространства и повышение разрешения изображения. Выход из этого противоречия (которое не может быть разрешено методами традиционной проекционной оптики) был найден путем голографической регистрации и восстановления изображений треков элементарных частиц [1]. Однако актуальной остается задача повышения отношения сигнал/шум изображения, что является необходимым условием автоматизации считывания информации.