

06.3;07

**Лазерные диоды с рабочей выходной  
оптической мощностью 3 Вт  
( $\lambda = 0.81$  мкм) на основе AlGaAs/GaAs  
гетероструктур, работающие  
в непрерывном режиме со сроком  
службы 2000 часов**

© Д.М. Демидов, Н.И. Кацавец, Р.В. Леус, А.Л. Тер-Мартirosян,  
В.П. Чалый

ЗАО "Полупроводниковые приборы", С.-Петербург

Поступило в Редакцию 5 февраля 1997 г.

На основе квантоворазмерных AlGaAs/GaAs гетероструктур с отдельным ограничением изготовлены лазерные диоды с длиной волны генерации 0.81 мкм, выходной оптической мощностью в непрерывном режиме 4 Вт и временем жизни более 2000 часов при мощности 3 Вт и температуре +20°C.

В настоящее время лазерные диоды большой мощности находят все более широкое применение в различных областях медицины (офтальмология, хирургия, онкология), квантовой электроники (источники накачки в твердотельных лазерах), робототехнике, геологии, спектроскопии и др. из-за их небольших размеров и веса, высокой эффективности, малого энергопотребления и возможности прямой модуляции интенсивности излучения. В связи с этим весьма актуальными являются вопросы увеличения как выходной оптической мощности лазерных диодов, так и срока их службы. Настоящая работа является продолжением серии работ [1–3] и посвящена созданию лазерных диодов большой мощности, работающих в непрерывном режиме, со сроком службы несколько тысяч часов.

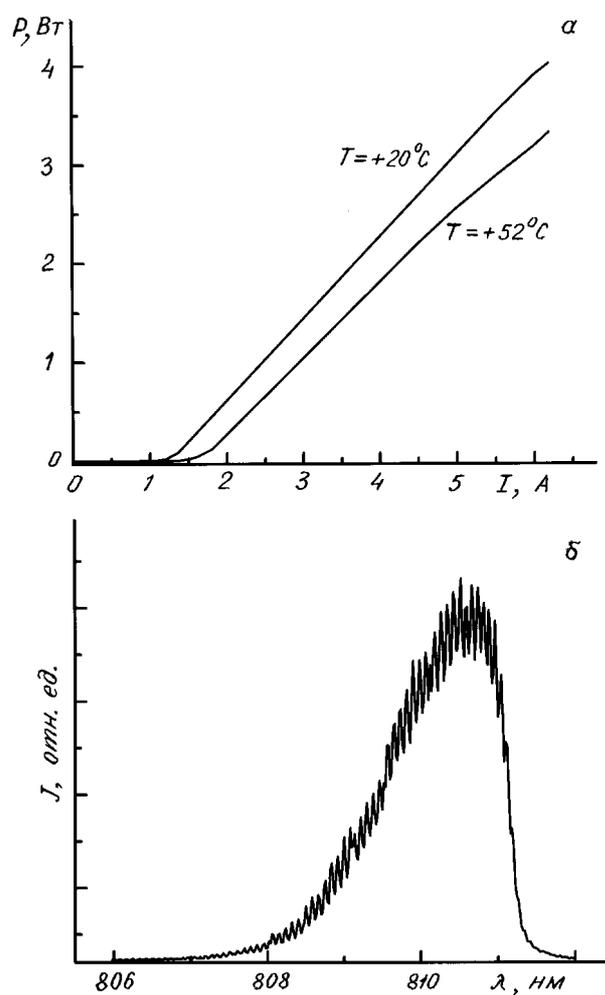
Лазерные диоды изготавливались на основе квантоворазмерных AlGaAs/GaAs гетероструктур с отдельным ограничением, выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Подробное описание таких гетероструктур и условий их выращивания представлено в работе [1].

Лазерные диоды состояли из трех полосковых излучателей, интегрированных на одной подложке, но не связанных между собой оптически. Каждый излучатель представлял собой фазированную лазерную решетку, конструкции "мелкая меза с дополнительной изоляцией" с коэффициентом межполосковой оптической связи, регулируемым за счет изменения глубины травления мезы [2]. Профилирование гетероструктуры осуществлялось с помощью ионного травления частично нейтрализованным коллимированным пучком ионов аргона с энергией до 1000 эВ через фоторезистивную маску. Общая ширина излучающей площадки лазерного диода составляла 550 мкм. На заднюю грань лазерного диода наносилось отражающее покрытие (коэффициент отражения более 95%), на переднюю — просветляющее покрытие (коэффициент отражения около 10%). После нанесения покрытий на зеркала резонатора лазерные диоды напайвались на никелированный медный теплоотвод  $p$ -слоями вниз.

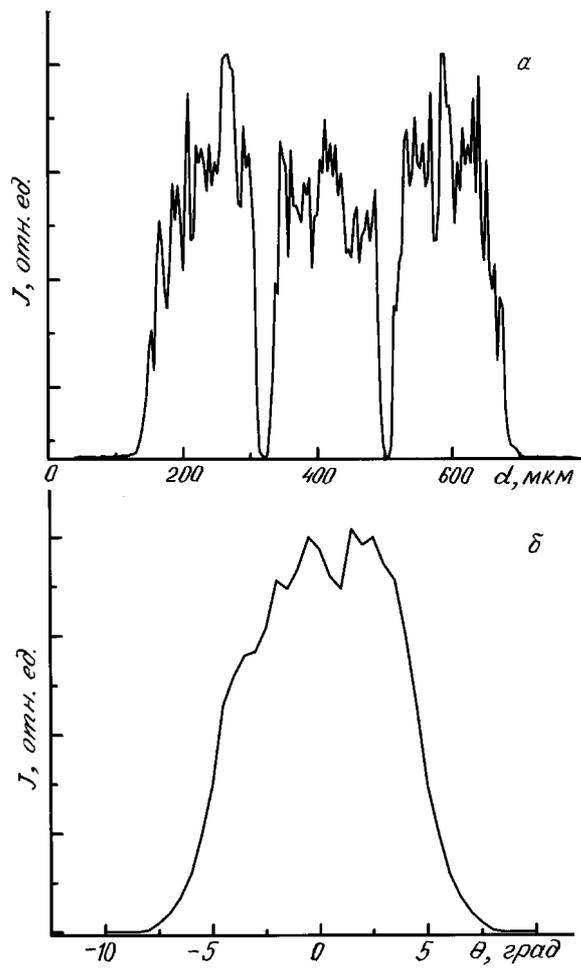
Для измерений ватт-амперных характеристик использовался калиброванный измеритель мощности "Lasermate" фирмы "Cogenet", спектральные измерения проводились с помощью спектрального комплекса КСВУ-23М, а для измерения ближних и дальних полей использовалась установка, описанная в [4].

На рис. 1, *a* представлены ватт-амперные характеристики изготовленных лазерных диодов, работающих в непрерывном режиме при температуре теплоотвода  $+20^{\circ}\text{C}$  и  $+52^{\circ}\text{C}$ . Достигнутая величина максимальной выходной оптической мощности ( $P$ ) без заметного уменьшения дифференциальной квантовой эффективности составляла 4 Вт при  $+20^{\circ}\text{C}$  и 3 Вт при  $+52^{\circ}\text{C}$ . При этом пороговые токи ( $I_{\text{пор}}$ ) составляли соответственно 1200 мА, ( $j_{\text{пор}} = 240 \text{ A/cm}^2$ ) и  $I_{\text{пор}} 1600 \text{ mA}$  ( $j_{\text{пор}} = 320 \text{ A/cm}^2$ ), дифференциальная квантовая эффективность — 45% при температуре теплоотвода  $+20^{\circ}\text{C}$  и 40% при  $+52^{\circ}\text{C}$ . Ширина спектра генерации лазерных диодов на половине интенсивности была менее 2 нм (см. рис. 1, *b*), что позволяет использовать такие лазерные диоды для эффективной накачки ионов  $\text{Nd}^{3+}$  в АИГ: Nd твердотельных лазерах.

Измерения ближних полей (изображенные на рис. 2, *a*) показали практически одинаковую интенсивность оптического потока во всех трех излучателях, что свидетельствует о высокой однородности параметров лазерной гетероструктуры. Поскольку мощные лазерные диоды изготавливались на основе фазированных решеток с малым коэффициентом межполосковой оптической связи, то типичная картина дальнего поля



**Рис. 1.** Ватт-амперные характеристики лазерных диодов, работающих в непрерывном режиме при различных температурах (а). Типичный спектр генерации трехполоскового лазерного диода при токе накачки 5 А и температуре 20°C (б).



**Рис. 2.** Типичные характеристики трехполоскового лазерного диода при токе накачки 5 А и температуре 20°C. *a* — ближнее поле, *b* — дальнее поле.

(рис. 2, б) представляла собой слабо модулированное поле отдельного элемента фазированной решетки.

Для определения срока службы полученные лазерные диоды были подвергнуты тестированию при повышенной температуре теплоотвода, равной  $+52^{\circ}\text{C}$  и выходной оптической мощности 3 Вт в течение 100 часов, что соответствует 2000 часам работы при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  [5]. Уменьшение оптической мощности лазерных диодов после тестирования не превышало 2%.

Таким образом, в результате выполнения данной работы были изготовлены и исследованы мощные лазерные диоды ( $P = 4$  Вт,  $\lambda = 0.81$  мкм) со сроком службы более 2000 часов. Такие диоды представляют большой интерес для эффективной накачки ионов  $\text{Nd}^{3+}$  в АИГ: Nd твердотельных лазерах.

## Список литературы

- [1] Карпов С.Ю. и др. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 7. С. 31–34.
- [2] Chaly V.P. et al. // Semicond. Sci. Technol. 11 (1996). P. 372–379.
- [3] Chaly V.P. et al. // Semicond. Sci. Technol. 9 (1994). P. 345–348.
- [4] Гаврилов Г.А. и др. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 19. С. 1–6.
- [5] Physics of Semiconductor Laser Devices., G. Thompson, John Wiley & Sons, 1980. P. 28–29.