

06.3;07;12

©1994

МОШНЫЕ ОДНОМОДОВЫЕ InGaAs/GaAs ЛАЗЕРЫ ($\lambda = 0.98$ мкм), ВЫРАЩЕННЫЕ МЕТОДОМ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКОЙ ГАЗОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИИ

*М.Л.Бородинский, А.Е.Дулькин, И.В.Кочнев,
Д.А.Лившиц, Н.О.Соколова, Э.У.Рафаилов,
И.С.Тарасов, Ю.М.Шерняков, Б.С.Явич*

В последнее время большой интерес представляют мощные одномодовые лазерные диоды, используемые для накачки оптических усилителей, легированных Er, с полосой поглощения 0.98 мкм [1,2]. Лазеры на эту длину волны изготавливаются на основе InGaAs/GaAs/AlGaAs структур раздельного ограничения с активной областью, представляющей особый напряженный квантоворазмерный слой InGaAs. Ранее сообщалось о создании лазеров с $\lambda = 0.98$ мкм мезаполосковой конструкции на основе таких гетероструктур, полученных с помощью химического травления [3]. Настоящая работа посвящена созданию и исследованию мощных

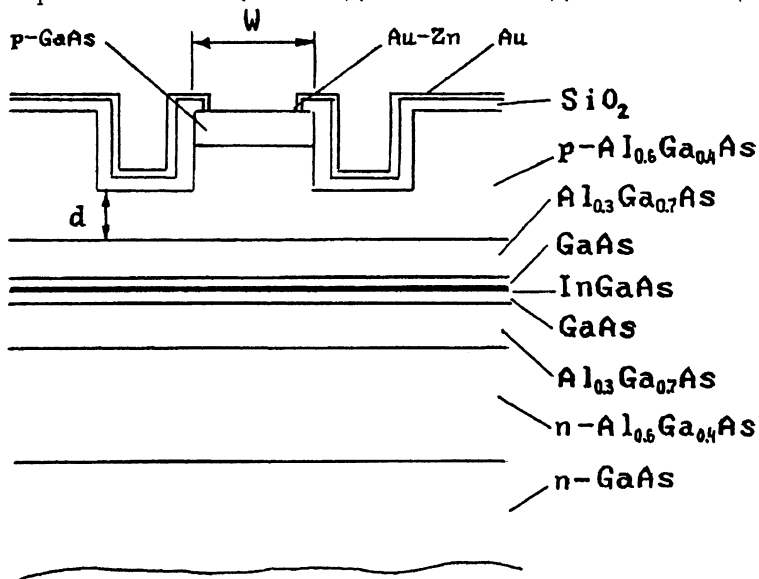


Рис. 1. Схема мезаполоскового лазера.

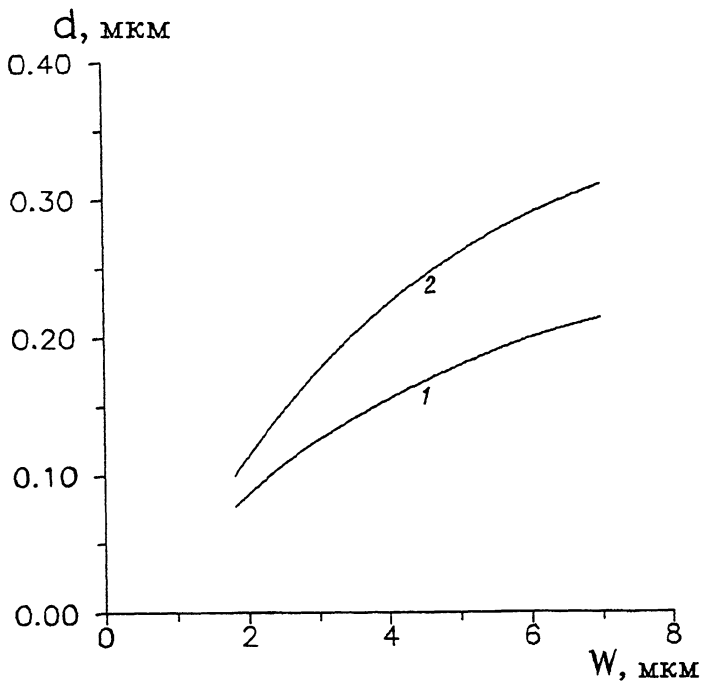


Рис. 2. Кривые, рассчитанные аналогично [5,6]. Область над кривой 1 соответствует одномодовому волноводу лазера. Область, ограниченная кривыми 1 и 2, соответствует волноводу, в котором доля нулевой моды в лазерном излучении составляет не менее 70%.

одномодовых лазеров мезаполосковой конструкции, изготовленных на основе гетероструктур, выращенных методом металлоорганической газофазной эпитаксии (МОГФЭ), используя метод реактивного ионного травления [4].

Лазерные гетероструктуры изготавливались методом МОГФЭ при пониженном давлении в горизонтальном реакторе на подложке n -GaAs (100) [3]. Активная область InGaAs толщиной 8 нм находилась между слоями GaAs толщиной по 10 нм, которые располагались в середине волноводного слоя $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ толщиной 300 нм. Толщина p - и n -эмиттеров $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ составляла 1500 нм каждый. Лазеры с широким полосковым контактом, изготовленные из таких структур, имели пороговые токи около $100 \text{ A}/\text{cm}^2$. Методом реактивного ионного травления были сформированы мезы с необходимой шириной полоска и глубиной травления. Травление производилось в среде SiCl_4/Ar при давлении 1 Па и мощности $0.25 \text{ Вт}/\text{cm}^2$. Маской для травления служил задубленный фоторезист Az1350J. В процессе травления за пределами мезаполоски удалялись контактный и часть эмит-

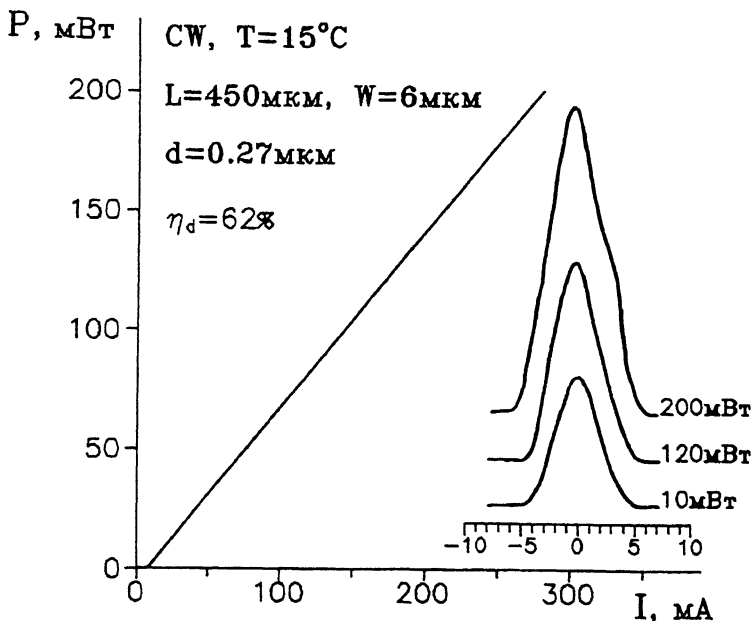


Рис. 3. Ватт-амперная характеристика и дальние поля при разных мощностях излучения мезаполоскового лазера.

терного слоя таким образом, чтобы толщина остающегося эмиттерного слоя составляла требуемую величину для обеспечения необходимого изменения эффективного показателя преломления в плоскости $p-n$ -перехода [5]. Применение лазерного интерферометра позволило точно контролировать глубину и однородность получаемых мезаструктур. Конструкция такого лазера представлена на рис. 1.

В качестве электрической изоляции служил слой пиро-литически осажденного SiO_2 . Для обеспечения p - и n -контактов напылялись слои Au:Zn-Au и Au:Ge-Ni-Au соответственно. p -Контакт изготавливался методом взрывной фотолитографии, причем окна в диэлектрике для точной передачи размеров вскрывались методом реактивного ионного травления в SF_6 . Выбор глубины травления и ширины мезаполоски производился на основе расчета, аналогичного [5,6], который дает область одномодового режима генерации в координатах W — ширина мезаструктуры и d — толщина остающегося эмиттерного слоя до волновода (рис. 2). На этом рисунке область над кривой 1 соответствует одномодовому волноводу лазера, а область, ограниченная кривы-

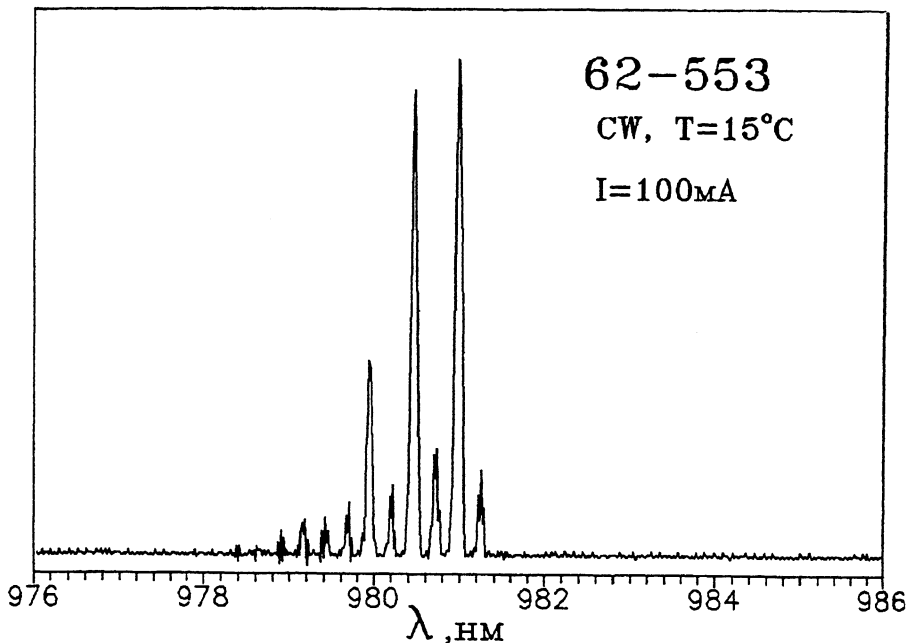


Рис. 4. Типичный спектр излучения лазеров мезаполосковой конструкции.

ми 1 и 2, соответствует волноводу, в котором доля нулевой моды в лазерном излучении составляет не менее 70%.

Из рис. 2 видно, что мезаполосковый лазер с параметрами $W = 6$ мкм и $d = 0.27$ мкм позволит получить высокую мощность излучения в одномодовом режиме генерации, при этом дальнее поле таких лазеров будет односторонним во всем диапазоне токов накачки.

На основе этих расчетов были изготовлены лазеры, конструкция которых показана на рис. 1. Типичные пороговые токи этих лазеров составляли 6–10 мА при длине резонатора порядка 500 мкм.

На рис. 3 представлена ватт-амперная характеристика в *CW* режиме одного из этих лазеров с высокоотражающим ($R = 0.95$) и просветляющим ($R = 0.2$) покрытиями. Пороговый ток генерации этого лазера составил 8 мА, дифференциальная квантовая эффективность — 62%. На вставке справа рис. 3 показаны картины дальних полей этого лазера при различных мощностях излучения. Из рисунка видно, что одномодовый режим генерации наблюдался до 120 мВт, при мощности 200 мВт доля нулевой моды составляла не менее 70%. На рис. 4 представлен типичный спектр лазеров такой конструкции. Как видно из рисунка спектр излучения лазера состоит из ряда продольных мод.

Таким образом, использование гетероструктур InGaAs/GaAs, выращенных МОГФЭ методом, и реактивного ионного травления позволило получить лазеры с мощностью до 120 мВт в одномодовом режиме генерации и до 200 мВт в режиме, при котором доля нулевой моды составила не менее 70% с длиной волны генерации 980 нм.

В заключение авторы благодарят В.Б.Халфина за полезное обсуждение результатов этой работы.

Список литературы

- [1] Yamada M., Shimuzu M., Takeshita T., Okayashi M., Horiguchi M., Ushera S., Suigita S. // IEEE Photonics Techn. Lett. December 1989. V. 1. (12).
- [2] Mobarhan K., Razeghi M., Blondeau R. // Electronics Lett. 1992. V. 28. (16).
- [3] Belov A.V., Dianov E.M., Gusovskiy D.D., Karpov V.I., Khopin V.F., Kurkov A.S., Shernyakov Y.M., Yavich B.S. // Soviet Lightwave Communications. 1993. V. 3. N 3.
- [4] Dulkan A.E., Moshkalyov S.A., Pyataev V.Z., Smirnov A.S., Frolov K.S. // Microelectronic Engineering. 1992. V. 17. P. 345-348.
- [5] Jaeckel H., Bona G.-L., Buchmann P., Meier H.P., Vettiger P., Kozlowsky W.J., Lenth W. // IEEE J. Quantum Electron. 1991. V. 27. N 6. P. 1560-1567.
- [6] Гарбузов Д.З., Бородицкий М.Л., Ильинская Н.Д., Лившиц Д.А., Марьинский Д.Н., Рафаилов Э.У. // ФТП. 1994. В. 2.

Физико-технический
институт им.А.Ф.Иоффе
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
20 декабря 1993 г.

