

Плотность мощности оптической деградации зеркал InGaAs/AlGaAs/GaAs-лазерных диодов

© Е.Ю. Котельников, А.А. Кацнельсон, И.В. Кудряшов, М.Г. Растегаева, В. Рихтер*, В.П. Евтихийев, И.С. Тарасов, Ж.И. Алфёров

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, 194021 Санкт-Петербург, Россия

*Friederich-Shiller University, Jena, Germany

(Получена 11 апреля 2000 г. Принята к печати 13 апреля 2000 г.)

Методом молекулярно-пучковой эпитаксии изготовлены двойные лазерные гетероструктуры InGaAs/AlGaAs/GaAs раздельного ограничения с квантовой ямой. Изучение характеристик лазерных диодов с широким контактом (100 мкм) показало, что мощность катастрофической деградации зеркал может достигать практически тех же рекордных значений (20 МВт/см²), которые были получены ранее только для лазерных диодов на основе гетероструктур InGaAsP/GaAs.

В последние годы опубликован целый ряд работ, посвященных достижению высокой мощности излучения лазерных диодов. Рекордные значения оптической мощности были получены благодаря применению новой конструкции лазерных диодов с расширенным волноводом и гетероструктур на основе твердых растворов, не содержащих алюминий. Авторы многих статей полагают, что одним из основных факторов, ограничивающих мощность излучения полупроводниковых лазеров, является катастрофическая оптическая деградация зеркал. Увеличение ширины волновода уменьшает плотность оптической мощности на зеркале лазера и тем самым должно позволить получить большую выходную мощность лазера. В статье [1] утверждается, что максимальная оптическая мощность ограничена скоростью поверхностной рекомбинации материала, из которого изготовлена активная область. Таким образом, выходная мощность лазерного диода оказывается связанной с типом материала активной области. В настоящее время сложилось разделение гетероструктур на содержащие и не содержащие алюминий, причем считается, что для получения высоких значений мощности излучения лазеров использование составов, содержащих алюминий, малоперспективно. С другой стороны, технология изготовления лазеров в системе AlGaAs дешевле и лучше разработана.

Эта работа была предпринята для того, чтобы оценить предельные значения плотности оптической мощности на зеркалах алюминий-содержащих лазерных диодов. Двойные лазерные гетероструктуры InGaAs/AlGaAs/GaAs раздельного ограничения с квантовой ямой (РО ДГС КЯ) выращивались методом молекулярно-пучковой эпитаксии на установке ЦНА-4 на точноориентированных подложках n^+ -GaAs (001). Схематическая зонная диаграмма типичной гетероструктуры представлена на рис. 1. Структура содержит Al_{0,6}Ga_{0,4}As-эмиттеры толщиной 0,8 мкм, квантовая яма 85 Å расположена внутри волновода толщиной 1 мкм. Волновод изготовлен в виде сверхрешетки AlAs/GaAs с линейно изменяющейся шириной запрещенной зоны,

соответствующей изменению ширины запрещенной зоны в материале Al_{0,43}Ga_{0,57}As–Al_{0,29}Ga_{0,71}As [2]. Из этой структуры были изготовлены 100 мкм полосковые лазеры. Коэффициент отражения выходного зеркала, покрытого SiO₂, составлял 25%, а коэффициент отражения заднего зеркала был близок к единице. На рис. 2 представлены вольт-амперная и ватт-амперная характеристики лазеров с длиной резонатора 2,85 мм, полученные при температуре 285 К при непрерывной накачке. Максимальная оптическая мощность составила 6,3 Вт при токе накачки 7,75 А. Такой уровень выходной мощности не приводил к деградации характеристик лазеров. Для вычисления плотности оптической мощности мы воспользовались формулой

$$P_{\text{COMD}} = P_{\text{max}} / \left(\frac{d}{\Gamma} W \frac{1-R}{1+R} \right),$$

где P_{max} — максимальная оптическая мощность, W — ширина излучающей области, R — коэффициент отражения переднего зеркала, d — толщина активной области, Γ — фактор оптического ограничения активной области.

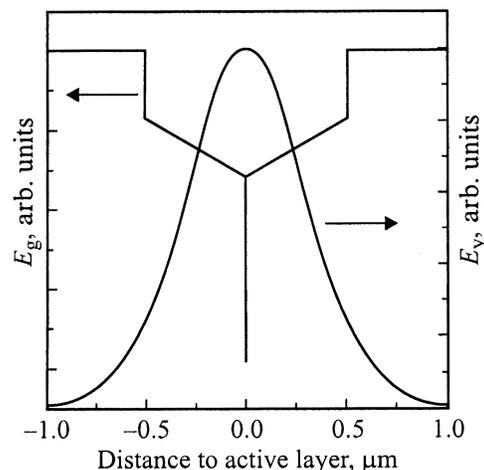


Рис. 1. Зонная диаграмма лазерной гетероструктуры и распределение поля основной моды в волноводе лазера.

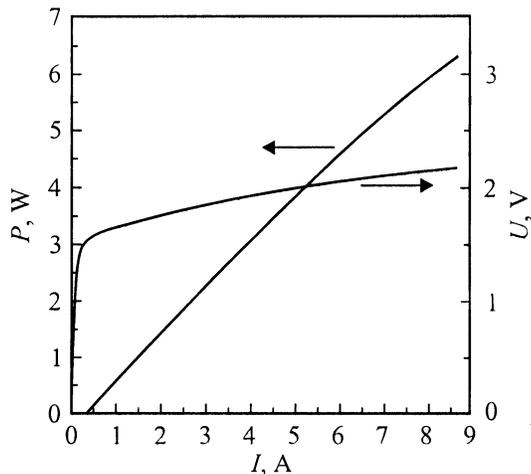


Рис. 2. Вольт- и ватт-амперные характеристики испытываемого лазера.

Расчетный профиль распределения напряженности электрического поля излучения лазеров представлен на рис. 1. Соотношение d/Γ , полученное из расчетов, составляло 0.52. При этих условиях максимальное значение плотности мощности оптического излучения оказывается близкой к 20 МВт/см^2 . Это значение превосходит лучшие результаты, достигнутые в режиме непрерывной накачки в РО ДГС КЯ лазерах на основе не содержащих алюминий гетероструктур [3]. Близкое значение плотности оптической мощности для лазеров — 19 МВт/см^2 приводится в работе [4], но, к сожалению, там не дана зонная диаграмма структуры, из которой были изготовлены лазеры. Полученный нами результат позволяет надеяться на то, что РО ДГС КЯ InGaAs/AlGaAs/GaAs лазеры в качестве источников мощного оптического излучения могут конкурировать с более сложными в изготовлении лазерами, не содержащими алюминий.

Заключение

Исследование характеристик РО ДГС КЯ InGaAs/AlGaAs/GaAs лазеров показало, что максимальная плотность оптической мощности на их зеркалах может достигать тех же рекордных значений, что и плотность мощности лазеров, не содержащих алюминий. Поскольку технология получения лазеров на основе AlGaAs лучше разработана и дешевле, этот вывод имеет не только научное, но и практическое значение.

Авторы выражают огромную благодарность Д.А. Лившицу за большой вклад в монтаж лазеров и измерение характеристик лазерных диодов.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований.

Список литературы

- [1] D. Botez. Appl. Phys. Lett., **74**, 3102 (1999).
- [2] В.П. Евтихийев, Е.Ю. Котельников, И.В. Кудряшов, В.Е. Токранов, Н.Н. Фалеев. ФТП, **33**, 634 (1999).
- [3] A.A.I. Muhanna, L.J. Mawst, D. Botez, D.Z. Garbuzov, R.U. Martinelli, J.C. Connolly. Appl. Phys. Lett., **71**, 1182 (1997).
- [4] X. He, S. Srinivasan, S. Wilson, C. Mitchel, R. Patel. Electron. Lett., **34**, 2126 (1998).

Редактор В.В. Чалдышев

The power density of dramatical optical degradation of mirrors in InGaAs/AlGaAs/GaAs QW laser diodes

E.Yu. Kotelnikov, A.A. Katsnelson, I.V. Kudryashov, M.G. Rastyagaeva, W. Richter*, V.P. Evtikhiev, I.S. Tarasov, Zh.I. Alferov

Ioffe Physicotechnical Institute,
Russian Academy of Sciences,
194021 St. Petersburg, Russia
*Friederich-Schiller University,
Jena, Germany

Abstract We report on the fabrication and characteristics of conventional QW SCH InGaAs/AlGaAs broad area laser diodes. We have found that the power of catastrophic degradation of optical mirrors of InGaAs/AlGaAs laser diodes may be up the record value (20 MW/cm^2) that was measured earlier for Al-free laser diodes. The output power of 6.3 W (CW, 280 K) in InGaAs/AlGaAs QW SCH $100 \mu\text{m}$ stripe is achieved.