

06.2;06.3;07

©1995

ВНУТРЕННЯЯ ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В ЛАЗЕРНЫХ ДИОДАХ НА ОСНОВЕ AlGaAs В ПРОЦЕССЕ ИХ ДЕГРАДАЦИИ

*В.П.Яковлев, А.Т.Луну, Г.И.Суручану, А.В.Сырбу,
А.З.Мереуца, И.В.Кравецкий, Л.Л.Кулюк*

Переход от постепенной деградации к катастрофической деградации зеркал (КДЗ) в лазерных диодах происходит за очень короткий промежуток времени, предсказать который очень трудно [1-8]. Во время работы лазерного диода при повышенной мощности излучения лавина процессов, приводящих к КДЗ, может быть инициирована одним импульсом тока, который по какой-либо причине появился в цепи питания диода. Целью данной работы является изучение разных этапов деградации AlGaAs лазерных диодов, работающих при высоких плотностях мощности на зеркале. При характеристике деградации лазерных диодов использовались параметры как основного излучения, так и излучения второй гармоники, которое сопутствует основному излучению. В результате очень сильного поглощения излучения второй гармоники в волноводе лазерного диода наружу выходит очень малая доля этого излучения из тонкого слоя вблизи поверхности зеркала. В связи с этим излучение второй гармоники должно нести информацию о состоянии поверхности зеркала лазера, работающего при высоких плотностях мощности.

В работе использовались AlGaAs/Ga(In)As зарощенные лазерные диоды с одиночной квантовой ямой с шириной активной области порядка 3 мкм. Процесс изготовления таких диодов описан нами ранее [9]. Для изготовления лазерных диодов использовались исходные эпитаксиальные структуры двух типов: 1 — ненапряженные AlGaAs/Ga(Al)As с длиной волны излучения 810 нм и 2 — напряженные AlGaAs/InGaAs структуры с длиной волны излучения 980 нм.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Лазерный диод питается постоянным током, на который накладываются единичные импульсы тока I длительностью менее 1 мкс от генератора токовых импульсов. Излучение с выхода лазерного диода коллимируется при помощи линзы $L1$ и потом делится на два пучка делителем $D1$. Одна часть

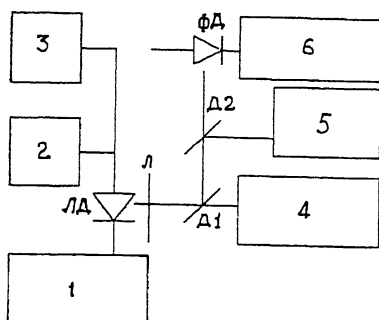


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки. 1 — измеритель тока ЛД; 2 — источник постоянного тока; 3 — генератор импульсов; 4 — измеритель мощности сигнала ВГ; 5 — визуализатор ближнего поля; 6 — измеритель мощности лазерного пучка; Л — линза; Д1, Д2 — разделители лазерного пучка; ФД — фотодиод ФД-24К; ЛД — исследуемый лазерный диод.

света направляется на измеритель излучения второй гармоники, а другая часть делится опять делителем Д1. Часть этого света направляется на фотоприемник ФД для измерения основного излучения, а другая часть этого излучения используется для визуализации ближнего поля.

На рис. 2 и 3 приведены ватт-амперные и вольт-амперные характеристики двух лазерных диодов, из которых первый (рис. 2) — AlGaAs/Ga(Al)As лазер с длиной волны излучения 812 нм, а второй (рис. 3) — AlGaAs/InGaAs с длиной

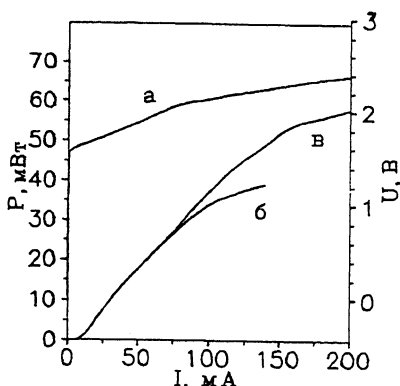


Рис. 2. Вольт-амперная (а) и ватт-амперные характеристики лазерного диода, излучающего на длину волны 812 нм, для непрерывного (б) и импульсного (е) режимов работы.

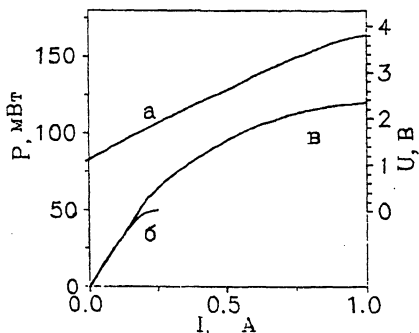


Рис. 3. Вольт-амперная (а) и ватт-амперные характеристики лазерного диода, излучающего на длину волны 980 нм, для непрерывного (б) и импульсного (в) режимов работы.

волны излучения 980 нм. Эти характеристики были сняты до значений токов близких, но не превышающих предела КДЗ. Первый лазер имеет более низкий порог КДЗ, что весьма характерно для AlGaAs лазеров с ненапряженной гетероструктурой [9].

Процедура изучения деградации этих диодов заключалась в наложении единичных импульсов тока разной амплитуды на постоянный ток лазерного диода. В промежутках между импульсами измерялись значения тока, поддерживающего заданную постоянную мощность излучения лазера, распределения интенсивности в ближнем поле и сигнала второй гармоники. Для первого лазерного диода была установлена мощность 30 мВт с одного зеркала, которая в начале этих исследований достигалась при токе 81 мА. При увеличении амплитуды одиночного импульса тока от 100 до 150 мА (рис. 4) значения тока для поддержания мощности 30 мВт и сигнала второй гармоники практически не

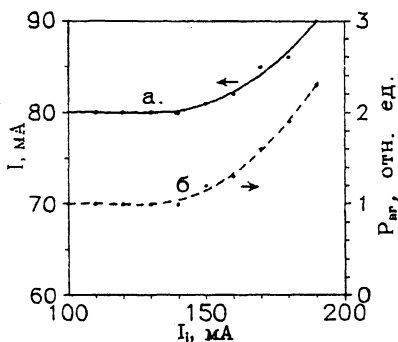


Рис. 4. Зависимость рабочего тока I (а) и сигнала второй гармоники P_{2g} (б) от амплитуды одиночных импульсов I_i для ЛД, излучающего на длине волны 812 нм.

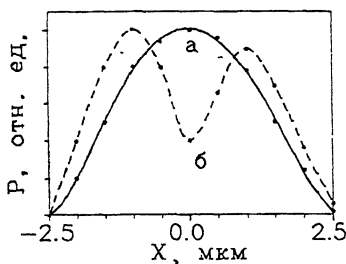


Рис. 5. Распределение интенсивности в ближнем поле ЛД, излучающего на длину волны 812 нм, до (а) и после (б) воздействия одиночных импульсов тока.

менялись. Однако при дальнейшем увеличении амплитуды импульса от 150 до 180 мА наблюдается быстрый рост интенсивности второй гармоники, в то время как значение постоянного тока увеличилось только на 11%. Распределение интенсивности в ближнем поле для первой гармоники после воздействия единичного импульса с амплитудой 180 мА показан на рис. 5, кривая б. Вместо центрального максимума в распределении интенсивности ближнего поля лазера до деградации (кривая а) появляется минимум. Следующий единичный импульс с амплитудой 200 мА привел к катастрофической деградации зеркала. Лазерный диод был восстановлен после прецизионного откалывания краевых участков лазера. В результате этого скалывания образовались 3 чипа: один из центральной части с длиной резонатора 800 мкм и два боковых чипа с длиной резонатора 100 мкм. Лазерный диод с длиной резонатора 800 мкм имел ватт-амперные и вольт-амперные характеристики, близкие к характеристикам исходного лазера, а диоды с длиной резонатора 100 мкм не генерировали.

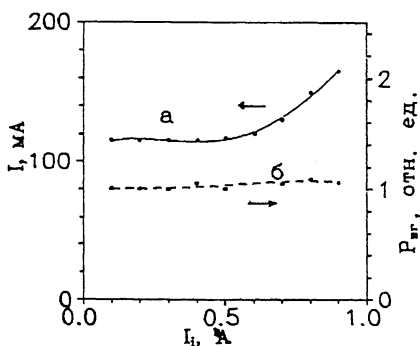


Рис. 6. Зависимость рабочего тока I (а) и сигнала второй гармоники P_{2g} (б) от амплитуды одиночных импульсов I_i для ЛД излучающего на длину волны 980 нм.

Второй лазерный диод с длиной волны излучения 980 нм до деградации изучал 40 мВт с одного зеркала при токе 109 мА (рис. 6). С увеличением амплитуды единичных импульсов тока от 0.2 до 0.5 А значение постоянного тока для поддержания заданной мощности 40 мВт не изменялось, так же как и сигнал второй гармоники и распределение ближнего поля основного излучения. С постепенным увеличением амплитуды единичных импульсов от 800 до 900 мА значение постоянного тока для поддержания заданной мощности 40 мВт увеличилось до 180 мА, в то время как сигнал второй гармоники остался без изменений, так же как и распределение ближнего поля. Импульс тока с амплитудой 1 А привел к полной деградации лазера. Скалывание лазера на три части по 300 мкм показало, что причина деградации находилась в среднем чипе. Боковые лазерные диоды имели пороговые токи генерации 6 и 8 мА, а значение дифференциальной квантовой эффективности с одного зеркала равно 0.38 мВт/мА.

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что увеличение интенсивности сигнала второй гармоники перед катастрофической деградацией зеркал связано с увеличением неоднородности в распределении интенсивности ближнего поля в деградирующем лазерном диоде. Воздействие единичных импульсов тока на работающий в постоянном режиме лазерный диод приводит к изменению его ближнего поля (рис. 4). В результате возникновения провала в центральной части распределения интенсивности ближнего поля тепло свечения уменьшается и при постоянной мощности излучения лазера увеличивается плотность оптической мощности на зеркале. Изменение плотности оптической мощности на зеркале хорошо выявляется второй гармоникой, которая пропорциональна квадрату интенсивности основного излучения.

Выполнение данной работы стало возможным благодаря поддержке Международного научного фонда, грант № МУ 4000.

Список литературы

- [1] Moser A., Latta E.E., Webb D.J. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. P. 1152.
- [2] Mitsuo Fukuda, Masanobu Okayasu, Jiro Temmyo, Jun-ichi Nakano // IEEE J. Quantum Electron. 1994. QE-30. P. 471.
- [3] Bertolotti M., Liakhov G., Voti R. Li., Ruo Peng Wang, Sabilia C., Yakovlev V.P. // J. Appl. Phys. 1993. V. 74. P. 7054.
- [4] Katsavetz N.I., Kudrik I.E., Pitkianen P.V. // Presented at the 1994 SPIE Technical Conference 2148A-20'. Los Angeles, 1994 (unpublished).
- [5] Brugger H., Epperlein P.W. // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 56. P. 1049.
- [6] Kravetsky I.V., Kulyuk L.L., Lupu A.T., Shutov D.A., Suruceanu G.I., Syrbu A.V., Yakovlev V.P. // Appl. Surface Science. 1993. V. 69. P. 424.

- [7] *Yakovlev V.P., Lupu A.T., Syrbu A.V., Suruceanu G.I., Kravetsky I.V., Kulyuk L.L., Chand Naresh* // Presented at the 1994 SPIE Technical Conference 2148C-48'. Los Angeles, 1994 (unpublished).
- [8] *Yakovlev V.P., Lupu A.T., Syrbu A.V., Suruceanu G.I., Kravetsky I.V., Kulyuk L.L., Chand Naresh* // Presented at the 1994 2nd International Workshop on expert evaluation and control of compound semiconductor materials and technologies. Parma, Italy, 1994 (unpublished).
- [9] *Chand Naresh, Chu S.N.G., Dutta N.K., Lopata John, Geva Michael, Syrbu A.V., Yakovlev V.P.* // IEEE J. Quantum Electron. 1994. V. QE-30. P. 424.

Технический
университет Молдовы
Кишинев

Поступило в Редакцию
9 марта 1995 г.
