

06.3;07;12

©1995

ВОЗРАСТАНИЕ УРОВНЯ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ InGaAs/AlGaAs (977 НМ) ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ ПОСЛЕ СУЛЬФИДИРОВАНИЯ В РАСТВОРАХ НА ОСНОВЕ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

В.Н.Бессолов, М.В.Лебедев, Б.В.Царенков, Ю.М.Шерняков

В современной оптоэлектронике существенное внимание уделяется повышению надежности и улучшению характеристик лазеров на основе полупроводников A^3B^5 . В связи с появлением все более мощных лазеров на первый план выступает проблема надежности и, в частности, катастрофической оптической деградации.

Причина катастрофической оптической деградации, по установившемуся мнению, кроется в разогреве лазерных зеркал вследствие безызлучательной рекомбинации носителей заряда на их поверхности [1] и последующих структурных изменениях.

Скорость поверхностной рекомбинации полупроводников A^3B^5 может быть существенно понижена посредством сульфидной пассивации [2]. Так, например, в GaAs сульфидирование позволяет понизить скорость поверхностной рекомбинации до значений порядка 10^3 см/с [3].

Сульфидная обработка мезаполосковых лазерных структур GaAlAs перед зарастиванием позволила существенно понизить пороговый ток этих лазеров [4]. С помощью сульфидной пассивации удалось реализовать генерацию лазерного излучения в микродисковых структурах GaAs/AlGaAs [5,6]. Сульфидирование лазерных зеркал позволило повысить надежность InGaAsP лазеров [7] и уровень катастрофической оптической деградации лазерных диодов на основе AlGaAs [8] и AlGaInP [9,10].

Тем не менее основным недостатком сульфидной пассивации, традиционно проводимой в водных растворах или газах, остается сравнительно быстрая деградация свойств пассивирующего покрытия. В частности, фотолюминесценция пассивированного GaAs под действием мощного лазерного излучения быстро (в течение десятков минут) спадает до величины, характерной для непассивированного по-

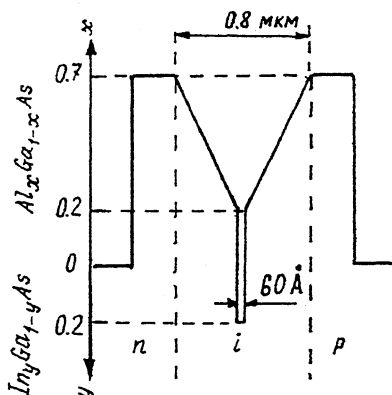


Рис. 1. Координатное изменение состава слоев InGaAs/AlGaAs лазерной структуры. (Толщины слоев изображены не в масштабе.)

лупроводника [11]. В связи с этим предпринимаются различные попытки уменьшить деградацию свойств сульфидированной поверхности. В работе [12] было показано, что фотолюминесцентные свойства GaAs, сульфидированного в растворе на основе изопропилового спирта, практически не деградируют под действием мощного лазерного излучения; при этом интенсивность фотолюминесценции существенно превышает интенсивность фотолюминесценции GaAs, сульфидированного в водном растворе.

В данной работе методика сульфидирования из растворов на основе изопропилового спирта применена для пассивации зеркал напряженных InGaAs/AlGaAs лазеров ($\lambda = 977$ нм), применяемых в волоконно-оптических линиях связи. Цель работы — повысить уровень катастрофической оптической деградации этих лазеров.

Лазерные диоды InGaAs/AlGaAs изготавливались на основе двойной гетероструктуры отдельного ограничения с напряженным квантоворазмерным активным слоем $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ толщиной 60 Å и варизонным волноводом $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (рис. 1).

Лазерные диоды были меза-полосковой конструкции с шириной полоска 3 мкм. Внутренний квантовый выход составлял 83%, а оптические потери — 1.5 см^{-1} ; они были определены из зависимости дифференциальной квантовой эффективности от длины резонатора. В экспериментах по сульфидированию лазерных зеркал использовались диоды с длиной резонатора 800 мкм. Длина волны генерации в импульсном режиме составляла 977 нм.

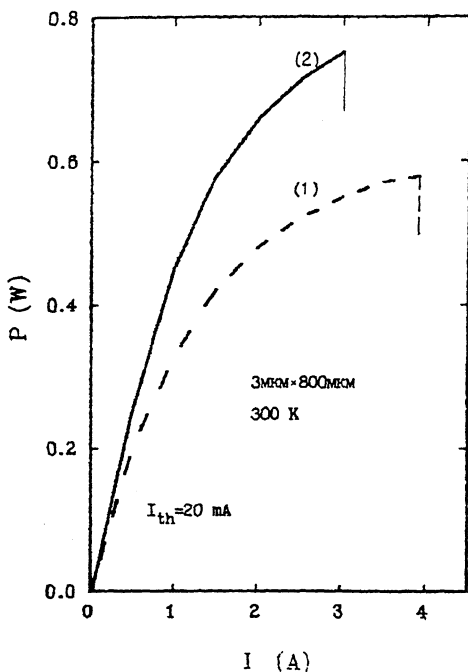


Рис. 2. Зависимость мощности излучения P , приходящейся на одно зеркало, от импульсного тока I для контрольных (1) и сульфидированных (2) InGaAs/AlGaAs лазерных диодов.

Сульфидирование лазеров проводилось в насыщенном растворе сульфида натрия ($\text{Na}_2:9\text{H}_2\text{O}$) в изопропиловом спирте при комнатной температуре [12], время выдержки — 1 мин. В каждом эксперименте по сульфидированию использовались две серии лазерных диодов (линейки по 5–10 диодов): сульфидируемые в одном процессе и контрольные (несульфидированные).

Измерялись характеристики мощность излучения (P) — ток (I) в импульсном режиме (длительность импульса 200 нс, частота повторения 5 кГц). Типичные P – I -характеристики, полученные при усреднении около 20 экспериментов, представлены на рис. 2.

Контрольные (несульфидированные) лазеры имели пороговый ток $I_{th} \approx 20$ мА и дифференциальную квантовую эффективность $\eta_d = 76\%$ вблизи порога. Дифференциальная квантовая эффективность уменьшалась с ростом тока (рис. 2).

Сульфидная обработка приводит к возрастанию дифференциальной квантовой эффективности лазеров по срав-

нению с контрольными (несульфидированными) лазерами, причем разница в дифференциальных квантовых эффективностях сульфидированных и несульфидированных лазеров возрастает при увеличении тока (рис. 2). Следует отметить, что сульфидирование практически не изменяет порогового тока лазеров.

Главный результат состоит в том, что сульфидная обработка лазерных структур в растворе на основе изопропилового спирта приводит к возрастанию уровня катастрофической оптической деградации на 25% (рис. 2). При этом предельная оптическая мощность сульфидированных лазеров достигает 0.75 Вт на одно зеркало, тогда как несульфидированных — 0.6 Вт на одно зеркало.

Итак, новая методика пассивации зеркал — сульфидирование в растворах на основе изопропилового спирта — приводит к увеличению уровня катастрофической оптической деградации и к увеличению дифференциальной квантовой эффективности InGaAs/AlGaAs лазерных диодов.

Список литературы

- [1] *Tang W.C., Rosen H.J., Vettiger P., Webb D.J.* // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 59. N 9. P. 1005–1007.
- [2] *Sandroff C.J., Nottenburg R.N., Bischogg J.-C., Bhat R.* // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 1. P. 33–35.
- [3] *Corbett B., Kelly W.M.* // Appl. Phys. Lett. 1993. V. 62. N 1. P. 87–89.
- [4] *Tamanuki T., Koyama F., Iga K.* // Jpn. J. Appl. Phys. 1991. V. 30. N 3. P. 499–500.
- [5] *Hobson W.S., Mohideen U., Pearton S.J., Slusher R.E., Ren F.* // Electron. Lett. 1993. V. 29. N 25. P. 2199–2200.
- [6] *Hobson W.S., Ren F., Mohideen U., Slusher R.E., Lamont Schnoes M., Pearton S.J.* // J. Vac. Sci. Technol. A. 1995. V. 13. N 4 (will be published).
- [7] *DeChiaro L.F., Sandroff C.J.* // IEEE Trans. Electron. Devices. 1992. V. 39. N 3. P. 561–565.
- [8] *Kawanishi H., Ohno H., Morimoto T., Kaneiwa S., Miyauchi N., Hayashi H., Akagi Y., Nakajima Y., Hijikata T.* // Proc. 21st Conf. on Solid State Devices and Materials (Tokyo, Japan). 1989. P. 337–340.
- [9] *Kamiyama S., Mori Y., Takahashi Y., Ohnaka K.* // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 58. N 23. P. 2595–2597.
- [10] *Howard A.J., Ashby C.I.H., Lott J.A., Schneider R.P., Corless R.F.* // J. Vac. Sci. Technol. A. 1994. V. 12. N 4. P. 1063–1067.
- [11] *Hasegawa H., Ishii H., Sawada T., Saitoh T., Konishi S., Liu Y., Ohno H.* // J. Vac. Sci. Technol. B. 1988. V. 6. N 4. P. 1184–1192.
- [12] *Бессолов В.Н., Иванков А.Ф., Коненкова Е.В., Лебедев М.В.* // Письма ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 1. С. 46–50.

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

Поступило в Редакцию
26 апреля 1995 г.