

06.3

© 1991

ЛАЗЕРЫ С ПОВЫШЕННЫМ РЕСУРСОМ РАБОТЫ НА ОСНОВЕ РО-ДГС, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЖФЭ

И.В. Антонов, И.В. Воскобойникова,
Т.Т. Ефимова, С.А. Козиков,
В.П. Коняев, В.Г. Кригель,
В.В. Оськин, О.А. Пашко, С.А. Пашко,
В.И. Швейкии

В последнее время широкое распространение получили разработки процессов жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ) в применении к выращиванию многослойных гетероструктур в системе $GaAs-GaAlAs$, ориентированных на создание отдельных слоев в квантоворазмерном диапазоне [1, 2]. На основе таких структур возможно получить полупроводниковые лазеры с рекордными для ЖФЭ технологии генерационными характеристиками. Так, в работе [3] были достигнуты плотности порогового тока 230 А/см^2 . К сожалению, в известных нам публикациях по этой теме полностью отсутствуют данные по ресурсным характеристикам излучателей на основе таких структур.

В настоящей работе проведены исследования ресурсных характеристик гетероструктур с раздельным оптическим и электронным ограничением (РО-ДГС), выращенных методом ЖФЭ при температуре роста активной области $T_{ao} = 570 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 1). Само по себе выращивание при пониженных температурах приводит к повышению дефектности полупроводниковых слоев, что препятствует получению структур с высокими ресурсными характеристиками. Нами была разработана технология ЖФЭ, уменьшающая вероятность появления кристаллографических дефектов, включающая:

1. Изовалентное легирование раствора активной области антимо-нидом индия, уменьшающее рассогласование параметров кристаллической решетки на порядок (вплоть до значения Δa) $a = 1 \cdot 10^{-4}$ [4];

2. Применение комбинированного легирования р-эмиттера маг-нием и редкоземельными элементами (иттрием или гадолинием), что обеспечивает высокую однородность акцепторного легирования и возможность воспроизводимого получения р-типа проводимости для любого состава твердого раствора $GaAlAs$.

3. Применение специальных технологических режимов роста, улучшающих планарность верхней гетерограницы между активной областью и волноводным слоем, обеспечивающим минимальную высоту микрорельефа на данной гетерогранице;

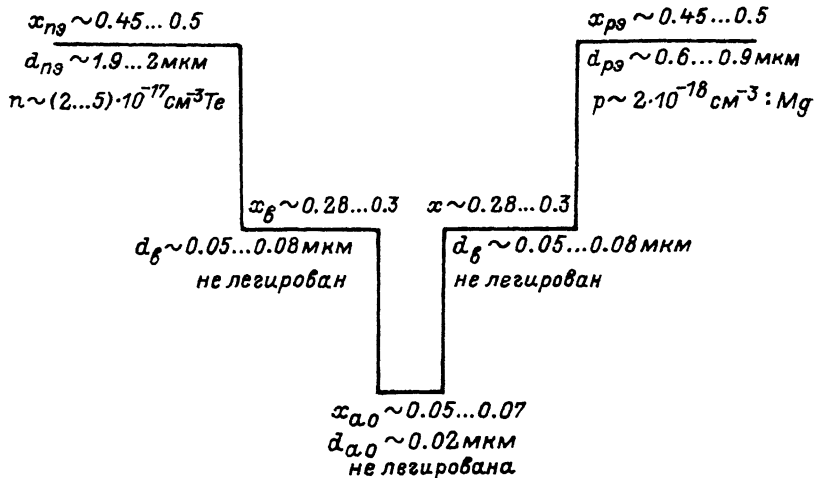


Рис. 1. Схематическое изображение РО-ДГС.

4. Применение длительных отжигов полностью скомпонованных растворо-расплавов.

Использование этих приемов позволило добиться воспроизводимого выращивания структур с квантоворазмерным активным слоем, типа изображенных на рис. 2. Здесь представлены Оже-электронные профили гетероструктур, измеренные на спектрометре *PHJ-551* фирмы *Perkin Elmer*. В качестве образцов для исследования использовались химические косые шлифы с углом наклона 1.5 мин, что позволило изучать отдельные слои гетероструктуры с достаточно высоким глубинным разрешением (не хуже 20 Å). На рис. 2 видны центральные активные слои гетероструктур с толщинами (по полувысоте) 90, 160, 250 Å и переходными слоями на уровне 20 ... 30 Å. Столь малая измеренная толщина переходных областей подтверждается четкой трапециевидной формой активной области, содержащей ярко выраженную „полочку“, т.е. область однородного химического состава. Как известно, наличие „полочки“ обеспечивает улучшение ресурсных характеристик вследствие разделения областей генерации носителей и их поглощения на переходных слоях переменного состава [5]. Особо отметим, что высокая планарность выращенных гетероструктур, позволившая изготовить высококачественные малоугловые химические косые шлифы, дала возможность изучать геометрию и состав отдельных эпитаксиальных, показанных на рис. 2, не на специально выращенных фрагментах, а на реальных рабочих структурах, что, в свою очередь, ускорило оптимизацию параметров выращиваемых структур.

Значения плотности порогового тока лучших образцов лазеров с шириной накачиваемой области $W = 250$ мкм и длиной резона-

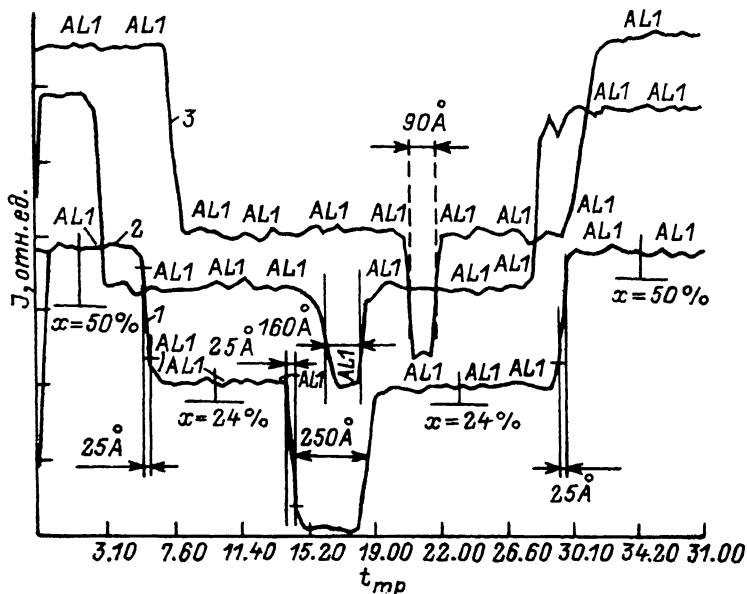


Рис. 2. Профили распределения алюминия в РО-ДГС, выращенных при низких температурах методом ЖФЭ (температура роста активной области - 570 °С). Время роста активной области: 1 - 30 с, 2 - 20 с, 3 - 10 с.

тора $L = 400$ мкм, изготовленных на основе исследуемых структур, составили $260 \dots 300 \text{ \AA}/\text{см}^2$ при накачке импульсами тока длительностью 100 нс и частотой повторения 2 кГц. Полная дифференциальная квантовая эффективность имела величину 50 ... 70%. Были исследованы лазеры с мезаполосковым контактом шириной $W = 6$ мкм. Мезаполосковые контакты изготавливались с помощью избирательного травления контактного слоя $p\text{-GaAs}$ с последующим формированием изолирующего слоя собственного окисла твердого раствора на вскрытой поверхности p -эмиттера. Длина резонатора ИЛ составляла 400 мкм. На переднее и заднее зеркало наносились диэлектрические покрытия, обеспечивающие коэффициент отражения 17 и 95% соответственно. Активные элементы монтировались p -контактом на медный теплопровод. Пороговый ток ИЛ при комнатной температуре в непрерывном режиме генерации составлял 30 ... 60 мА, дифференциальная квантовая эффективность 50 ... 70%. Одномодовый режим генерации наблюдался до $P \sim 60 \dots 80$ мВт. Угловая расходимость лазерного излучения по уровню 0.5 в плоскости, перпендикулярной p - n переходу, была 20 ... 30°, для гетероструктуры с содержанием $AlAs$ в эмиттерах и волноводах 43 ... 48 и 28 ... 30% соответственно. Линейная плотность предельной мощности излучения ИЛ при этом составляла 30 ... 35 мВт/мкм.

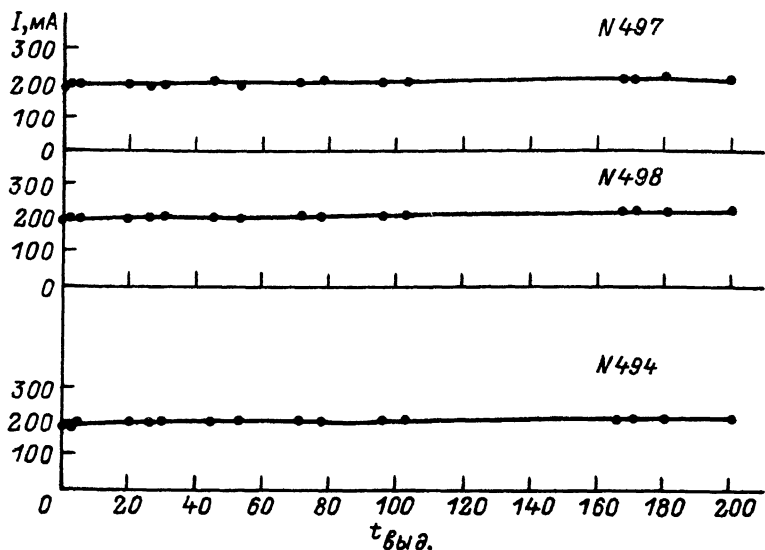


Рис. 3. Зависимость тока накачки от времени наработки для ИЛ на основе РО-ДГС.

Исследование ресурсных характеристик ИЛ проводилось при температуре $T = +70^\circ\text{C}$ в режиме поддержания постоянной мощности излучения, равной 60 мВт. Зависимость увеличения тока накачки от времени наработки для трех образцов ИЛ представлена на рис. 3. Как видно из рис. 3, ИЛ сохраняли свою работоспособность в течение 200 ч работы при $T = +70^\circ\text{C}$, что составляет в пересчете на комнатную температуру 13400 ч ($K_u = 67$).

Таким образом, впервые получены высокие ресурсные характеристики ЛД с линейной плотностью мощности излучения $P \approx 10$ мВт/мкм на основе РО-ДГС, полученных методом низкотемпературной ЖФЭ при температуре роста активной области 570°C .

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Андреев В.М., Воднев А.А., Мангайров А.М., Румянцев В.Д., Хвостиков В.П. // ФТТ. 1987. Т. 21. В. 7. С. 1212-1216.
- [2] Воднев А.А., Мангайров А.И., Румянцев В.Д., Смекапин К.Е., Хвостиков В.П., Якимов А.Ю. Тез. докл. X Всесоюз. конф. по физике полупроводников. Кишинев, октябрь 1988.
- [3] Алферов Ж.И., Андреев В.М., Воднев А.А., Ивентьева О.О., Ларионов В.Д., Румянцев В.Д. // ФТТ. 1986. Т. 20. С. 381-383.

[4] Асташкин С.И., Воскобойникова И.В.,
Говорков О.И., Кутурина Т.А., Звер-
ков М.В., Могильная Т.Ю., Пашко С.А.,
Швейкин В.И. Тез. докл. XI Всесоюз. конф. по физике
полупроводниковых лазеров. Вильнюс, июнь 1989.

[5] Наукава Т., Миуаushi Н., Су-
уама Т., Ямамото С., Науа-
shin, Яано С., Нijikата Т. // J.
Appl. Phys. 1984. 56(11). P. 3088-3095.

Поступило в Редакцию
19 сентября 1990 г.