

06.3;07

**НИЗКОПОРОГОВЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ
ДВОЙНЫЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ****GaSb/GaInAsSb/AlGaInAsSb, ПОЛУЧЕННЫЕ
МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИИ
ИЗ СУРЬМЯНИСТЫХ РАСТВОРОВ-РАСПЛАВОВ**

© *В.И.Васильев, А.Г.Дерягин, В.И.Кучинский,
А.В.Лунев, В.М.Смирнов*

Двойные гетероструктуры с использованием твердых растворов GaInAsSb в качестве активной области являются базовыми материалами для создания эффективных излучателей в спектральном диапазоне 1.7–4.5 мкм [1–3]. Эти приборы могут найти широкое применение для решения различных задач ИК-спектроскопии, в современных устройствах экологического мониторинга, а также в качестве активных элементов линий волоконно-оптической связи нового поколения на основе флюоридного стекловолокна.

Лазерные гетероструктуры, исследованные в данной работе, были получены методом ЖФЭ из растворов-расплавов, обогащенных сурьмой. Физико-химические аспекты и особенности этой методики эпитаксиального роста были рассмотрены нами ранее [4,5]. В этих работах было показано существенное уменьшение влияния на процессы эпитаксиального роста негативных факторов, связанных с межфазной неравновесностью, которая довольно резко проявляется в рассматриваемых системах. Применение сурьмянистых растворов-расплавов позволило получить эпитаксиальные слои и гетеропереходы с высоким кристаллическим совершенством, что подтверждалось данными рентгеновской дифрактометрии. Кроме того, удалось снизить концентрацию стехиометрических дефектов ($V_{Sb} + Ga_{Sb}$), присущих GaSb и твердым растворам на его основе. Эпитаксиальное выращивание осуществлялось из переохлажденных сурьмянистых растворов-расплавов при постоянной температуре на подложках p -GaSb:Ge (100) в графитовой кассете сдвигового типа. При этом последовательно выращивались: 1) широкозонный эмиттерный слой (p -Al_{0.4}Ga_{0.58}In_{0.02}As_{0.03}Sb_{0.97}):Ge толщиной 1.5 мкм; 2) активная область (n -Ga_{0.92}In_{0.08}As_{0.07}Sb_{0.93}):Te толщиной 0.7–0.8 мкм; 3) второй широкозонный эмиттер, аналогичный

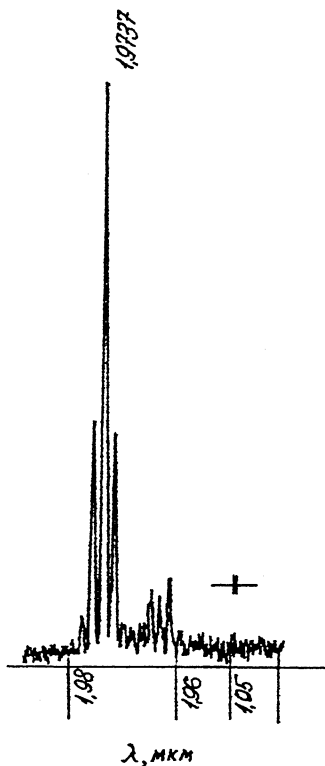


Рис. 1. Спектр генерации инжекционной лазерной ДГС GaSb/GaInAsSb/AlGaInAsSb с широким контактом, работающей при токе $I = 1.1 I_{th}$ ($T = 300$ K).

первому по составу и толщине, легированный Te; 4) контактный слой (n -GaSb):Te толщиной 1 мкм. Величины несоответствия параметров решетки (НПР) подложки и слоев составляли для эмиттеров $\Delta a/a_{\perp} = 5 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-3}$ для активного слоя. После утоньшения подложки и нанесения омических контактов из структур выкалывались лазерные диоды с резонатором Фабри-Перо. Исследуемые образцы накачивались импульсами тока с длительностью 150 нс и частотой следования 10 кГц при комнатной температуре. Длина волны спонтанного излучения изменялась в пределах 1.95–2.05 мкм в зависимости от небольших изменений величины НПР активного слоя и подложки. Минимальная плотность порогового тока генерации в лазерах с широким контактом составила 900 А/см^2 . Спектр генерации гетеролазера, работающего при токе $I = 1.1 I_{th}$, состоит из нескольких продольных мод, расположенных вблизи

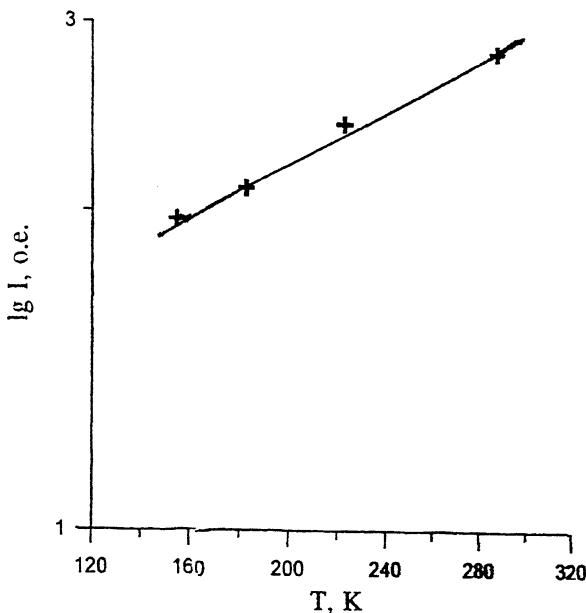


Рис. 2. Температурная зависимость I_{th} . При $T = 300$ К значение $\lambda = 1.97$ мкм; $T_c > 66$ К.

1.97 мкм (рис. 1). На рис. 2 приведена зависимость порогового тока от температуры. Пороговый ток уменьшался от 690 мА при комнатной температуре до 92 мА при $T = 155$ К. Температурное изменение порогового тока хорошо описывается экспоненциальной зависимостью с постоянным в измеренном диапазоне значением характеристической температуры $T_0 = 66$ К.

Полученные результаты показывают предпочтительность использования Sb в качестве растворителя в жидкофазной технологии ДГС GaSb/GaInAsSb/AlGaAsSb по сравнению с традиционно применяемой методикой выращивания из индий-галлиевых растворов-расплавов [1,3,6]. Параметры лазерных ДГС, приведенные в этих работах, несмотря на более благоприятную зонную диаграмму (с точки зрения оптического ограничения и ограничения для носителей тока), определяемую составом эпитаксиальных слоев, в основном уступают результатам, полученным в настоящей работе. Очевидно, что использованная нами методика выращивания повышает качество эпитаксиальных слоев и гетерограниц и в конечном счете улучшает параметры лазерных ДГС.

Список литературы

- [1] *Ganeau C., Zyskind J.L., Sulhoff J.W., Glover T.E., Centani J., Burrus C.A., Dentai A.G., Pollak M.A.* // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. P. 764-766.
- [2] *Choi H.K., Eglash S.J.* // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 59. P. 1165-1166.
- [3] *Grunberg P., Baranov A., Fouilant C., Lazzari J.L., Grech P., Boissier G., Alibert C., Joullie A.* // Electr. Lett. 1994. V. 30. N 4. P. 312-314.
- [4] *Васильев В.И., Кузнецов В.В., Мишурный В.А.* // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1990. Т. 26. № 1. С. 23-27.
- [5] *Vasil'ev V.I., Kuznetsov V.V., Mishurny V.A., Sazonov V.V., Faleev N.N.* // 1 Int. Conf. on Epit. Growth. Budapest. 1990. P. 659-663.
- [6] *Morosini M., Herrera-Perez J.L., Loural M., Von Zuben A., Da Silveira A. Patel N.* // IEEE J. Quantum Electron. 1993. V. 29. P. 2103-2108.

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

Поступило в Редакцию
6 октября 1995 г.