

Я. ААРИК, Я. БЕРГМАНН, А. ВИРРО, П. ЛЫУК,  
А. РОЗЕНТАЛЬ, В. САММЕЛСЕЛГ, Я. ФРИДЕНТАЛ

## НЕПРЕРЫВНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ $\text{AlGaAsSb/GaSb}$ -ГЕТЕРОЛАЗЕРОВ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

J. AARIK, J. BERGMANN, A. VIRRO, P. LOUK, A. ROSENTAL, V. SAMMELSELG, J. FRIEDENTHAL.  $\text{AlGaAsSb/GaSb}$ -HETEROLASERITE ALALISKIIRGUS TOATEMPERATUURIL

J. AARIK, J. BERGMANN, A. VIRRO, P. LOUK, A. ROSENTAL, V. SAMMELSELG, J. FRIEDENTHAL. ROOM TEMPERATURE CONTINUOUS WAVE OPERATION OF  $\text{AlGaAsSb/GaSb}$  HETEROSTRUCTURE LASERS

(Представил К. К. Ребане)

Непрерывный режим генерации инжекционных лазеров на основе гетероструктур  $\text{AlGaAsSb/GaSb}$  [1-8] при комнатной температуре, несмотря на довольно долгое их исследование, не был достигнут. Это было связано либо с трудностями создания структур с тонкими активными слоями [1-5, 7], либо с трудностями согласования параметров решеток твердого раствора  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$  и антимонида галлия [6, 8]. Чтобы обеспечить в двусторонних гетероструктурах электронное и оптическое ограничение, достаточное для надежной работы инжекционных лазеров при комнатной температуре, широкозонные слои структуры должны иметь  $x \geq 0,2$ . В случае применения жидкостной эпитаксии изопериодичности таких слоев с антимонидом галлия можно достичь лишь при температурах эпитаксии выше 520 °C. Долгое время нерешенной проблемой оставалось получение тонких слоев при этих температурах. В ходе данной работы нам удалось показать, что в условиях точного подбора как температурных режимов эпитаксии, так и композиций расплавов можно воспроизводимо выращивать гетероструктуры с толщинами активной области до 0,2 мкм даже при 570 °C. В результате впервые созданы инжекционные лазеры в системе  $\text{AlGaAsSb/GaSb}$ , работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре.

Лазерные гетероструктуры были выращены при температурах около 570 °C. В качестве подложечного материала использовался антимонид галлия, легированный кремнием. На подложках с ориентацией (100) последовательно выращивались эмиттер из  $p\text{-Al}_{0,3}\text{Ga}_{0,7}\text{As}_{0,02}\text{Sb}_{0,98}$ , активная область из  $p\text{-GaSb}$ , эмиттер из  $n\text{-Al}_{0,3}\text{Ga}_{0,7}\text{As}_{0,02}\text{Sb}_{0,98}$  и приконтактный слой из  $n\text{-GaSb}$ . Эмиттер  $p$ -типа был легирован германием, а  $n$ -эмиттер и приконтактный слой — теллуром. Активную область преднамеренно не легировали. Толщины слоев составляли 2, 0,2—0,4, 2 и 1 мкм соответственно.

Лазеры с широкими контактами, изготовленные из этих структур, имели пороговую плотность тока 2,1 кА/см<sup>2</sup> в импульсном режиме при 300 К. В этих же условиях минимальные пороговые токи лазеров с мелкой мезаполоской составляли 200—250 мА при ширине полоски 18 и длине резонатора 200—300 мкм. Температурную зависимость порогового тока  $J_{\text{п}} \sim \exp(T/T_0)$  при комнатной температуре характеризовал пока-



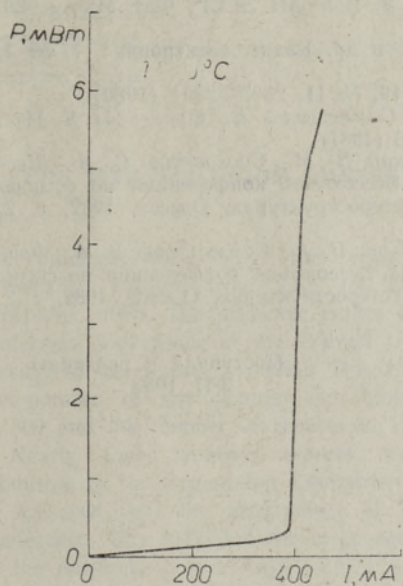


Рис. 1. Ваттамперная характеристика непрерывного мезаполоскового AlGaAsSb/GaSb-гетеролазера. Длина резонатора 310, ширина полоски 18 мкм.

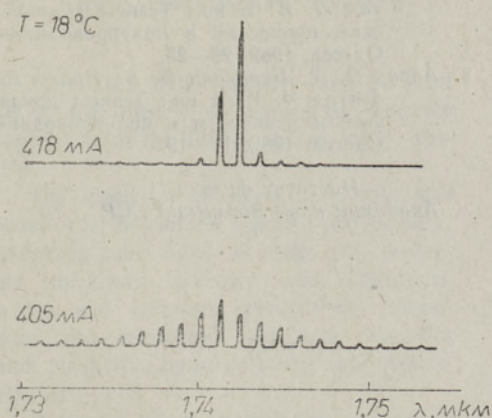


Рис. 2. Спектры излучения непрерывного мезаполоскового AlGaAsSb/GaSb-гетеролазера (порог генерации 395 мА).

затель экспоненты  $T_0 = 67$  К. Минимальный пороговый ток полоскового лазера в непрерывном режиме равнялся 280 мА. Длина волны непрерывной генерации при комнатной температуре составляла 1,74—1,77 мкм.

Ваттамперная характеристика и спектры излучения лазера с длиной резонатора 310 мкм представлены на рис. 1 и 2 соответственно. Как видно из рис. 1, ваттамперная характеристика линейна до выходной мощности 5 мВт. Отметим, что максимальная мощность излучения с одного торца в непрерывном режиме превышала 10 мВт.

Излучение имело ТЕ-поляризацию.

По смещению длины волны непрерывной генерации относительно длины волны генерации в импульсном режиме была определена температура активной области лазера, которая составляла 350 К. Этот результат показывает, что лазеры с активной областью из антимонида галлия способны работать в непрерывном режиме при температурах, значительно превышающих комнатные. Таким образом, на наш взгляд, полностью доказана практическая применимость неохлаждаемых инжекционных AlGaAsSb/GaSb-лазеров.

В заключение авторы выражают свою искреннюю благодарность К. К. Ребане за постоянный интерес к данной работе, П. Г. Елисееву, М. Г. Мильвидскому, Л. М. Долгинову и Л. В. Дружининой за полезные дискуссии, Е. Асари и Х. Келле за проведение электронно-зондовых исследований и Р. Гайлит, Э. Карм, К. Каск, Э. Куус и Л. Парис за помощь при изготовлении лазерных гетероструктур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгинов Л. М., Дружинина Л. В., Елисеев П. Г., Мильвидский М. Г., Свердлов Б. Н. Квант. электроника, 3, № 2, 465—466 (1976).
2. Law, H. D., Harris, J. S. Jr., Wong, K. C., Tomasetta, L. R. In: GaAs and Related Compounds, 1978. Institute of Physics Conference Series, № 45, London, 1979, 420—428.

3. Аарик Я., Бергманн Я., Лыук П., Фриденгал Я. Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., **29**, № 2, 217—220 (1980).
4. Аарик Я. А., Долгинов Л. М., Дракин А. Е. и др. Квант. электроника, **7**, № 1, 91—96 (1980).
5. Motosugi, G., Kagawa, T. Jap. J. Appl. Phys., **19**, № 11, 2303—2304 (1980).
6. Аарик Я., Бергманн Я., Вирро А., Лыук П., Саммелсельг В., Фриденгал Я. Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., **30**, № 4, 395—396 (1981).
7. Адливанкин А. С., Жуков Н. Д., Райгородский В. М., Сосновский С. А., Шестак Л. И. В кн.: Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по физическим процессам в полупроводниковых гетероструктурах, Одесса, 1982, т. 2, Одесса, 1982, 23—25.
8. Аарик Я. А., Бергманн Я. В., Вирро А. Л., Лыук П. А., Саммелсельг В. А., Фриденгал Я. К. В кн.: Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по физическим процессам в полупроводниковых гетероструктурах, Одесса, 1982, т. 2, Одесса, 1982, 17—19.

Институт физики  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
2/II 1983