

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

## НЕПРЕРЫВНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ — $\text{GaSb}$ -ГЕТЕРОЛАЗЕРОВ

J. AARIK, J. BERGMANN, A. VIRRO, P. LÕUK, V. SAMMELSELG, J. FRIEDENTHAL. PIDEVA-  
TOIMELISED  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ — $\text{GaSb}$  HETEROLASERID

J. AARIK, J. BERGMANN, A. VIRRO, P. LÕUK, V. SAMMELSELG, J. FRIEDENTHAL. CW OPERA-  
TION OF  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ — $\text{GaSb}$  HETEROSTRUCTURE LASERS

(Представил К. К. Ребане)

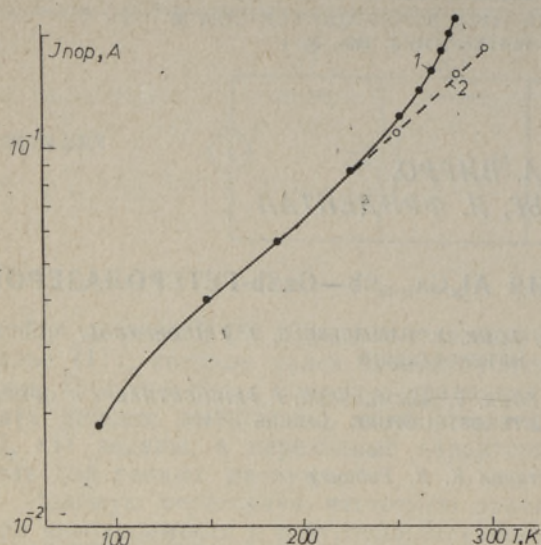
Несмотря на довольно интенсивное исследование двухкомпонентной системы твердых растворов  $\text{GaSb}$ — $\text{AlSb}$ , инжекционные лазеры на ее основе описаны лишь в [1]. Столь малое внимание связано с тем, что 0,7%-ное расхождение параметров решеток  $\text{GaSb}$  и  $\text{AlSb}$  считалось, по-видимому, принципиальным препятствием к созданию инжекционных лазеров с  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ — $\text{GaSb}$ -гетероструктурой. Поэтому до настоящего времени основные усилия были направлены на создание гетеролазеров на основе четырехкомпонентной системы  $\text{AlGaAsSb}$  [2–6]. Оказалось, что в случае жидкостной эпитаксии для введения достаточного количества мышьяка в твердый раствор необходимы довольно высокие ( $\geq 550^\circ\text{C}$ ) температуры эпитаксии [4, 7, 8]. С другой стороны, в целях обеспечения надежного контроля над геометрией структур желательно применять температуры эпитаксии ниже  $500^\circ\text{C}$ . Поэтому представляют интерес гетероструктуры  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ — $\text{GaSb}$ , позволяющие использовать довольно низкие температуры эпитаксии ( $< 500^\circ\text{C}$ ). При этом существенно упрощается технология выращивания структур.

В настоящей работе исследованы возможности создания инжекционных гетеролазеров непрерывного действия на основе двухкомпонентной системы  $\text{AlSb}$ — $\text{GaSb}$ .

Лазеры были изготовлены из двухсторонних гетероструктур  $p\text{-Al}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{Sb}$ — $p\text{-GaSb}$ — $n\text{-Al}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{Sb}$ , выращенных методом жидкостной эпитаксии на подложках из  $p\text{-GaSb}$ , ориентированных по (100). Начальная температура выращивания структур составляла  $470^\circ\text{C}$ . Благодаря низкой температуре выращивания толщина активной области лазеров удалось уменьшить до 0,3 мкм. Исследовались лазеры как с широким контактом, так и с низкой мезополоской. Наименьшая пороговая плотность тока полосковых лазеров при ширине полосы 16 мкм в импульсном режиме при 300 К равнялась  $6 \text{ кА/см}^2$ , а пороговая плотность тока лазеров с широким контактом —  $4 \text{ кА/см}^2$  при тех же условиях.

Для испытания лазеров в непрерывном режиме они припаявались к медным тепловодам. Наивысшая температура непрерывной генерации составляла 160 К для лазеров с широким контактом и 283 К для полосковых лазеров. Интервал температурной перестройки длины волны непрерывной генерации полосковых лазеров составлял 1,58—1,79 мкм. В большинстве случаев при токах накачки, превышающих





Зависимость порогового тока  $J_{\text{пор}}$  полоскового лазера от температуры теплоотвода в непрерывном (1) и импульсном (2) режимах. Ширина полоски — 16 мкм, длина резонатора — 190 мкм.

порог на 20 — 100%, в полосковых лазерах генерировала одна продольная мода, спектральная ширина которой не превышала 0,1 Å.

На рисунке показана зависимость порогового тока от температуры в непрерывном и импульсном режимах. Характерным является резкий рост порога генерации в области высоких температур в непрерывном режиме. Это обусловлено перегревом активной области лазера, о чем свидетельствует и увеличение длины волны генерации в непрерывном режиме по сравнению с импульсным. Оценки, сделанные на основе смещения длины волны генерации, показывают, что полное температурное сопротивление структуры составляет около 50 K/Вт.

В заключение отметим, что нами впервые получен непрерывный режим генерации на инжекционных  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ —GaSb-лазерах. В настоящее время это самые длинноволновые лазеры, работающие в непрерывном режиме вблизи комнатных температур.

Авторы выражают благодарность К. К. Ребане за поддержку данной работы, П. Г. Елисееву, М. Г. Мильвидскому и Л. М. Долгинову за полезные дискуссии, А. Г. Брагинской за предоставление подложек антимолибдита галлия. С благодарностью отмечаем техническое участие в работе Е. Асари, Р. Гайлит, Э. Карм, К. Каск, Х. Келле и Э. Куус.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аарик Я., Бергманн Я., Лыук П., Фридендал Я., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 29, № 2, 217—220 (1980).
2. Долгинов Л. М., Дружинина Л. В., Елисеев П. Г., Мильвидский М. Г., Свердлов Б. Н., Квант. электроника, 3, № 2, 465—466 (1976).
3. Аарик Я. А., Долгинов Л. М., Дракин А. Е. и др., Квант. электроника, 7, № 1, 91—96 (1980).
4. 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, Institute of Physics, London, 1978, p. 420—428.
5. Sasaki, A., Nishiuma, M., Takeda, Y., Jap. J. Appl. Phys., 19, № 9, 1695—1702 (1980).
6. Motosugi, G., Kagawa, T., Jap. J. Appl. Phys., 19, № 11, 2303—2304 (1980).
7. Motosugi, G., Kagawa, T., J. Cryst. Growth, 49, № 1, 102—108 (1980).
8. Law, H. D., Chin, R., Nakano, K., Milano, R. A., IEEE J. Quant. Electron., QE-17, № 2, 275—283 (1981).

Институт физики  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
8/VI 1981