

ВЫНУЖДЕННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Р. Х. Акчури, В. А. Жегалин, Г. А. Меерович, В. А. Степушкин,
В. В. Уфимцев, М. П. Чеботарев, В. Н. Уласюк

Эпитаксиальные структуры на основе $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ пригодны для создания оптоэлектронных устройств волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), работающих в спектральном диапазоне 3.5 . . . 4.5 мкм, в частности лазеров с оптической накачкой [1]. Однако для ввода информации в ВОЛС более перспективны сканирующие лазеры с продольной накачкой электронным пучком [2]. Настоящее сообщение посвящено исследованию вынужденного

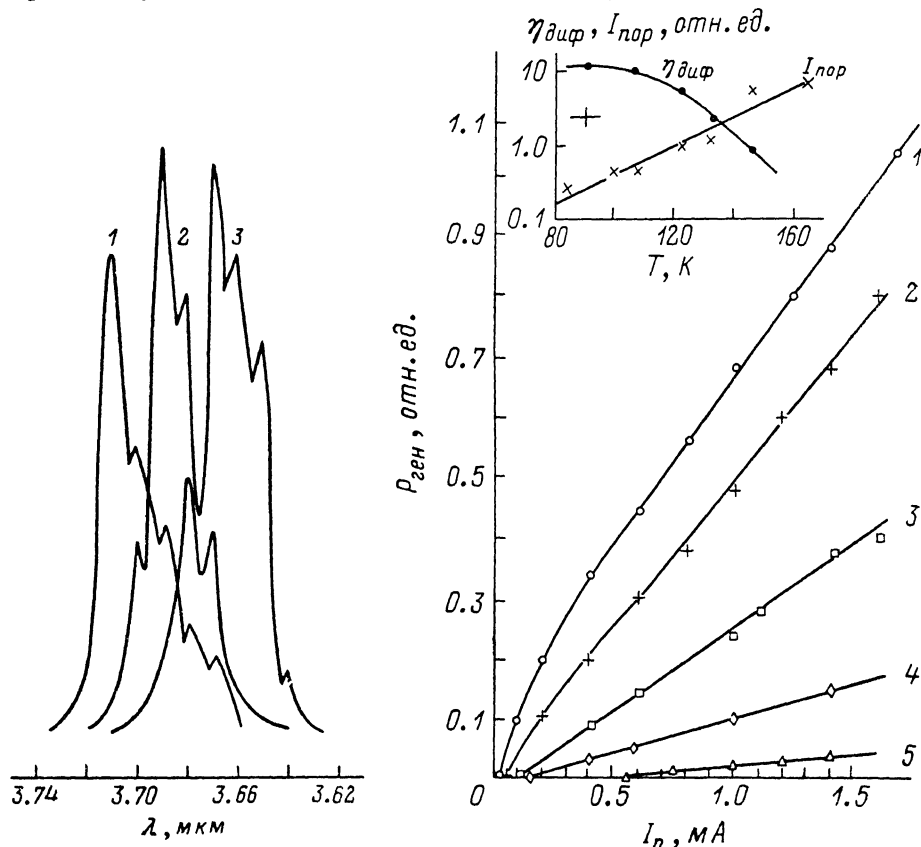


Рис. 1. Спектр генерации АЭ на основе $\text{InAs}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}$ при разных рабочих температурах.

Т, К: 1 — 105, 2 — 99, 3 — 84.

Рис. 2. Мощность $P_{\text{ген}}$, дифференциальный КПД генерации $\eta_{\text{диф}}$ и пороговый ток возбуждения $I_{\text{пор}}$ АЭ на основе $\text{InAs}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}$ при $E=60$ кэВ и разных рабочих температурах. Т, К: 1 — 84, 2 — 108, 3 — 124, 4 — 133, 5 — 146. Знак «+» на вставке характеризует погрешность определения $\eta_{\text{диф}}$, $I_{\text{пор}}$ и Т.

излучения активного элемента (АЭ) такого лазера на основе гетероэпитаксиальной структуры $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x/\text{InAs}$.

Исследуемый АЭ имел толщину около 160 мкм. Он содержал слой $\text{InAs}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}$ толщиной около 10 мкм, выращенный на подложке InAs . Выходным зеркалом АЭ служило многослойное интерференционное покрытие с коэффициентом отражения примерно 0.92, нанесенное на полированную поверхность InAs ; второе зеркало представляло собой пленку серебра, напыленную на ростовую поверхность $\text{InAs}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}$.

При исследованиях АЭ возбуждался сканирующим электронным пучком диаметром около 80 мкм с током до 1.7 мА, энергия электронов регулировалась в пределах 54—

66 кэВ. Скорость сканирования составляла примерно $1 \cdot 10^3$ м/с. Температура активного элемента регулировалась в диапазоне 84—200 К. Детектором излучения служил пироприменик МГ-30. Излучение фокусировалось на приемную площадку пироприменика флюоритовым конденсором. Измерение средней мощности осуществлялось болометром КИМ-1. Спектр излучения исследовался спектрометром СДЛ-1. Длина волны λ вынужденного излучения исследуемого АЭ составляла 3.67 мкм при 84 К, а при повышении температуры возрастала с коэффициентом пропорциональности около $2 \cdot 10^{-3}$ мкм/К (рис. 1). Спектр генерации имел выраженную модовую структуру с межмодовым спектральным сдвигом около 10 нм, что соответствует значению $n - \lambda (dn/d\lambda) \approx 4.2$ (n — показатель преломления полупроводника). Мощность генерации при 84 К составляла примерно 100 мВт. Увеличение температуры приводило к снижению мощности генерации из-за роста порогового тока и снижения дифференциального КПД (рис. 2). Экспериментальная зависимость порогового тока ($I_{пор}$) от температуры может быть, как и в [1], аппроксимирована экспонентой

$$I_{пор}(T) = I_{пор}(T_0) \exp\left(\frac{T - T_0}{T_3}\right),$$

где T_0 , T — температура АЭ, $T_3 \approx 23$ К.

Благодаря низкому порогу генерации и менее крутой его температурной зависимости генерация вынужденного излучения была получена при существенно более высоких температурах по сравнению с [1]: при 165 К еще достигалось двукратное превышение накачки над порогом.

В экспериментах наблюдалась сильная зависимость КПД генерации от энергии электронов (при изменении энергии на 10 % КПД изменялся в 1.2—1.3 раза). Очевидно, это связано с существенным перепоглощением [3, 4] излучения в пассивной (невозбужденной) области $\text{InAs}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}$ из-за того, что толщина эпитаксиального слоя превышает глубину проникновения электронного пучка. Оптимизация толщины эпитаксиального слоя наряду с совершенствованием технологии эпитаксиального наращивания слоев $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ и конструкции резонатора АЭ позволит повысить КПД и рабочую температуру генерации и будет способствовать созданию эффективных сканирующих устройств с излучением в спектральном диапазоне 3.5 . . . 4.5 мкм.

Литература

- [1] Van der Ziel J. P., Chiu T. H., Tsang W. T. // Appl. Phys. Lett. 1985. Vol. 47. N 17. P. 1139—1141.
- [2] Брагинская А. Г., Козловский В. И., Колчина Г. П. и др. // Квант. электр. 1985. Т. 12. № 4. С. 845—848.
- [3] Zubov A. A., Kononov A. D., Meerovich G. A. и др. / Физические явления в электронных приборах. М. 1986. С. 22—26.
- [4] Галченков Д. В., Губарев А. А., Лаврушин Б. М. и др. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. Вып. 11. С. 689—693.

Московский институт
тонкой химической технологии
им. М. В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
15 февраля 1988 г.

УСЛОВИЕ ПЛАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО ПИКА

П. Г. Московкин, Ю. В. Мартыненко

Начиная с работ Зайтца [1] и Бринкмана [2] в теории радиационных повреждений твердого тела используется идея образования термического пика, т. е. области высокой температуры, возникающей в результате выделения энергии частицей в конце пробега. В ряде работ предполагается, что в термическом пике происходит плавление [3, 4]. Критерием плавления обычно считается превышение температуры нагретой области над температурой плавления T_0 в обычных условиях в течение времени, существенно превышающего период колебаний атомов в решетке. Термопик типичных размеров ≥ 10 нм остывает достаточно долго,