

06.2;06.3;07

©1994

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ УЗКОПОЛОСНЫЙ ЛАЗЕР ДАЛЬНОГО ИК ДИАПАЗОНА С ПОГЛОЩАЮЩИМ СЕЛЕКТИРУЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ И ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПЛАВНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

Л.Е.Воробьев, Д.А.Фирсов

Введение

Полупроводниковый безынкционный лазер дальнего ИК диапазона на межподзонных переходах горячих дырок в германии с неселективным резонатором [1] генерирует широкополосное ($\Delta\nu \simeq 15 - 30 \text{ см}^{-1}$) излучение в диапазоне $\lambda \simeq 70 \dots 210 \text{ мкм}$. Перестройка по спектру осуществляется изменением электрического и магнитного полей. Однако существенными недостатками такого лазера, ограничивающими его применение, являются генерация широкой спектральной линии и отсутствие генерации во всем спектральном диапазоне λ . В работе [2] удалось получить узкую линию генерации, используя метод селекции мод или интерферометрическое частично пропускающее зеркало. Однако осуществить плавную перестройку в широкой области спектра в предложенном в [2] методе технически сложно. В [3] предлагается способ получения узкой спектральной линии излучения, основанный на применении ламеллярной решетки. Применяя устройство механической перестройки резонатора, авторам [3] удалось получить плавную перестройку этой спектральной линии в диапазоне $80 \dots 120 \text{ мкм}$. В длинноволновой области генерации лазера выделить узкую спектральную линию не удалось. Возможно, это связано с увеличением дифракционных потерь света в такой решетке с ростом длины волны света и является принципиальным недостатком примененного в [3] способа селекции мод.

Мы предлагаем другой способ выделения узкой спектральной линии, который кажется нам более перспективным.

Методика

В основе лежит идея, изложенная в [4], — использование в качестве селектирующего элемента тонкого поглощающе-

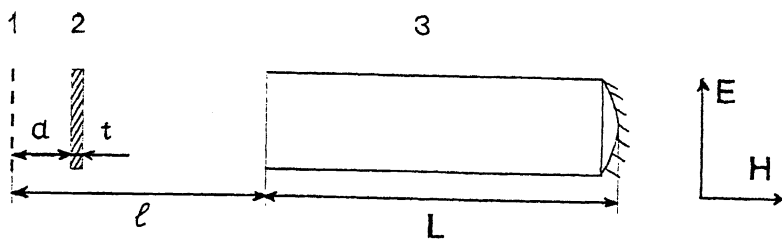


Рис. 1. Схема резонатора лазера. Элементы резонатора: 1 — сетка (полупрозрачное зеркало), 2 — поглощающий слой, 3 — кристалл p-Ge. Показана ориентация электрического E и магнитного H полей.

го слоя, помещенного в резонатор. В [4] эта идея была реализована в видимом диапазоне длин волн, в качестве поглощающего слоя использовались напыленные металлические пленки различной толщины.

Схема, иллюстрирующая сущность селекции мод для случая лазера субмиллиметрового диапазона на горячих дырках, показана на рис. 1. В зазор между металлической сеткой 1, служащей отражающим зеркалом, и кристаллом Ge 3 помещается тонкая ($t \ll \lambda$) поглощающая пленка 2. Введение пленки гасит генерацию тех мод, для которых пленка оказывается в пучности стоячей световой волны, и наоборот — не препятствует генерации мод, для которых она оказывается в узлах стоячей волны. Перемещая пленку, можно получить квазинепрерывную перестройку длины волны. Дискретность перестройки связана с наличием продольных мод с интервалом между ними $\delta\nu_l = \frac{c}{2l}$ ($L \gg l$, поэтому $\Delta\nu_L = \frac{cn}{2L} \gg \Delta\nu_l$, где $n = 4$ — показатель преломления германия). Частотный интервал, определяемый, вообще говоря, взаимодействием мод двух резонаторов длиной L и l , будет примерно равен $\Delta\nu_l$. Однако l можно выбрать достаточно большим, так что $\Delta\nu$ будет невелико и можно таким образом получить квазинепрерывную перестройку длины волны генерации излучения.

Привлекательность использования этого метода селекции мод в субмиллиметровой области спектра заключается в относительно большой толщине поглощающего слоя, который необходимо использовать для селекции, что облегчает подбор материала слоя и его изготовление. Дифракционные потери, которые неизбежны при использовании интерферометрических методов селекции (см., например, [3]), в предлагаемом методе отсутствуют. Легче также осуществить плавное механическое смещение слоя и, следовательно, плавную перестройку частоты.

Результаты эксперимента

Первые опыты с металлическими поглощающими пленками разной толщины и прозрачности не привели к успеху, что, вероятно, связано с высокой отражающей способностью металлических пленок. Поэтому была выбрана поглощающая пленка из диэлектрического материала с низким показателем преломления. На рис. 2 показана огибающая спектра собственных мод составного резонатора лазера без пленки (*a*) и спектр излучения после введения пленки (*b*). Как видно, благодаря введению в резонатор поглощающей пленки происходит выделение мод резонатора. Ширина линий в наших опытах определяется, вероятно, разрешающей способностью спектрометра. Заметим, что при этом интенсивность интегрального излучения не уменьшается. В то же время спектральная плотность излучения в случае *b* на несколько порядков выше. Это свидетельствует об однородном или частично однородном уширении, что впервые было уже отмечено в [2]. Интересной особенностью спектра является возгорание линий в районе 140–150 мкм (эти линии соответствуют селекции во втором порядке), которые ранее при использовании неселективных резонаторов не наблюдались. Этот факт также свидетельствует об однородном или частично однородном уширении. При выбранных нами положении и толщине пленки в длинноволновой области имеется две линии (рис. 2, *b*). Однако, по-видимому, плавным перемещением пленки и уменьшением ее толщины можно добиться выделения одной моды.

Заключение

Таким образом, использованный в настоящей работе селектирующий элемент расширяет спектральный диапазон генерации лазера. Изменение длины селектирующего зазора между зеркалом и поглощающим слоем приводило в наших опытах к сдвигу линий генерации. Следовательно, применяя устройство механического перемещения поглощающего слоя, можно создать перестраиваемый лазер.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (93-02-2410) и ГКВШ России.

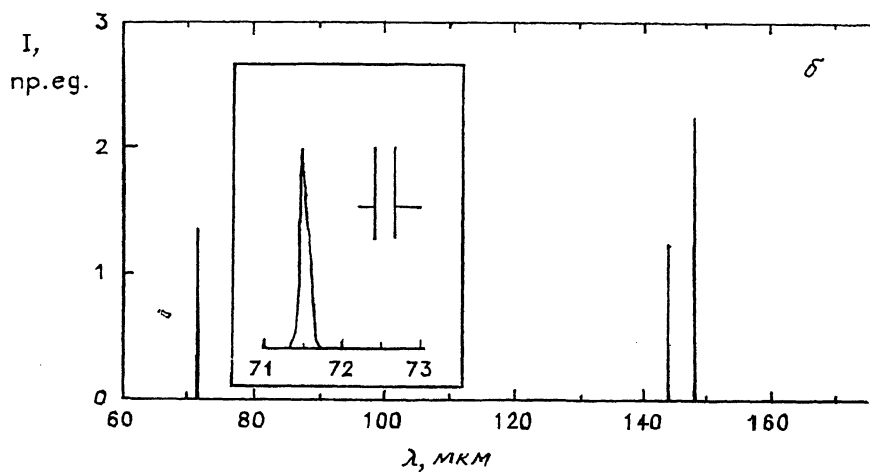
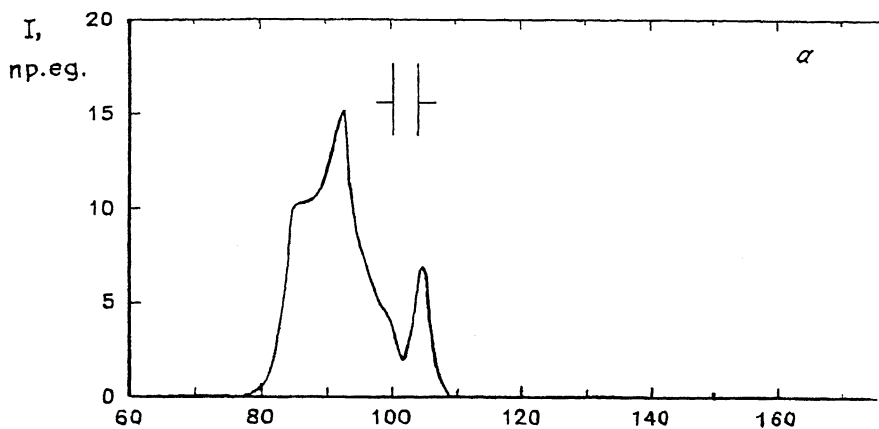


Рис. 2. Спектры генерации лазера: *a* — без поглощающего слоя, *b* — с поглощающим слоем. Условия эксперимента: $T = 4.2$ К; $E = 2.2$ кВ/см; $H = 13$ кЭ.

Список литературы

- [1] Optical and Quantum Electron. (Special Issue on Far-Infrared Lasers). 1991. V. 23. N 2.
- [2] Vorobjev L.E., Danilov S.N., Donetsky D.V., Firsov D.A., Kochegarov Yu.K., Stafeev V.I. // Opt. and Quant. Electron. 1970. V. 25. P. 705-721.
- [3] Komiyama S., Morita H., Hosako I. // Jap. J. Appl. Phys. 1993. V. 32. P. 4987-4991.
- [4] Троицкий Ю.В. // Радиотехника и электроника. 1969. В. 9. С. 1642-1647.

Санкт-Петербургский
государственный технический
университет

Поступило в Редакцию
24 сентября 1994 г.
