

ИНЖЕКЦИОННЫЙ AlGaAs ЛАЗЕР С ВНЕШНИМ ДИСПЕРСИОННЫМ РЕЗОНАТОРОМ, ОБРАЗОВАННЫМ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКОЙ И ВОЗВРАТНЫМ ЗЕРКАЛОМ

А. П. Богатов, П. Г. Елисеев, О. Г. Охотников,
М. П. Рахвальский, К. А. Хайретдинов

УДК 621.378.325

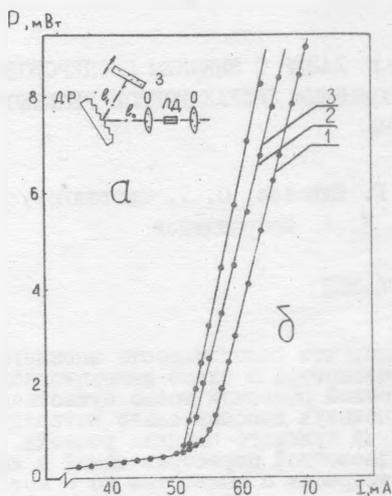
Показано, что селективность внешнего дисперсионного резонатора в схеме инжекционного лазера с дифракционной решеткой можно существенно увеличить, используя дополнительно возвратное зеркало для луча нулевого порядка решетки. Получен режим одночастотной перестраиваемой в интервале ~ 10 нм генерации с мощностью до 8 мВт.

В работе /1/ было показано, что в полупроводниковом лазере при использовании в качестве внешнего селективного элемента плоской дифракционной решетки возможно получение одночастотного режима генерации в ограниченном интервале токов накачки. Реализовать одночастотный режим генерации во всем интервале токов удалось лишь при использовании высокоселективных элемен-

тов, таких как голографический селектор полного внутреннего отражения, эталоны Фабри - Перо /2/.

Целью настоящей работы явилось получение в инжекционном лазере перестраиваемой одночастотной генерации в широком диапазоне токов накачки без использования высокоселективных элементов. Одним из вариантов реализации этой задачи является резонатор, схема которого представлена на рис. 1а. Отметим, что в работе /3/ использование похожей схемы для лазера на красителе позволило создать резонатор, обладающий одновременно высокой селективностью и добротностью.

В качестве активного элемента (ЛД) в нашей работе использовался инжекционный лазер на основе двойной гетероструктуры GaAs-AlGaAs, работающий в непрерывном режиме при комнатной



Р и с. 1. а) Схема лазера с составным резонатором. ЛД - лазерный диод, О - объектив, ДР - дифракционная решетка, З - "глухое" возвратное зеркало с пьезокерамической подачей. б) Ватт-амперные характеристики лазера: 1 - генерация на собственных гранях диода (дифракционная решетка перекрыта); 2 - генерация в резонаторе с перекрытым возвратным зеркалом; 3 - генерация в резонаторе с открытым возвратным зеркалом

температуре. В представленной схеме дифракционная решетка повернута под углом автоколлимации для пучка первого порядка, возвратное зеркало замыкает пучок нулевого порядка. Использовалась плоская дифракционная решетка (ДР) с плотностью штрихов 600 штр/мм. В качестве возвратного использовалось диэлектрическое зеркало с коэффициентом отражения близким к 100%. Расстояние от лазерного диода до решетки составило $l_0 \approx 8,5$ см, а расстояние от решетки до зеркала - $l_1 \approx 11$ см.

На рис. 1б представлено изменение ватт-амперной характеристики лазерного диода (кривая 1) при использовании в качестве внешних элементов дифракционной решетки (кривая 2) и решетки в сочетании с возвратным зеркалом (кривая 3). Видно, что для кривых 2 и 3 снижение порога генерации по сравнению с порогом самого лазерного диода составило соответственно 5% и 7%.

На рис. 2 представлены соответствующие спектры генерации, полученные с помощью конфокального сканирующего интерферометра. На всех осциллограммах приведены два порядка пропускания интерферометра. Ширина спектра генерации лазерного диода значительно превышает область свободной дисперсии интерферометра. Поэтому

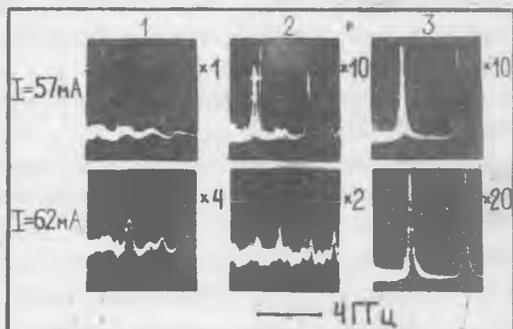


Рис. 2. Спектры излучения лазера, снятые на сканирующем конфокальном интерферометре при токах накачки 57 мА и 62 мА (показано два порядка пропускания интерферометра): 1 - генерация на собственных гранях диода; 2 - генерация в резонаторе с перекрытым возвратным зеркалом; 3 - генерация в резонаторе с открытым возвратным зеркалом

соответствующие интерферограммы (рис. 2.1) имеют почти бесструктурный вид. Спектр генерации лазера с дифракционной решеткой (рис. 2.2) близок к одночастотному при небольшом превышении тока накачки над пороговым ($I = 57$ мА) и становится многочастотным (генерация на нескольких продольных модах внешнего резонатора) при большем токе ($I = 62$ мА). Это соответствует результатам работы [1]. В лазере с решеткой и возвратным зеркалом (рис. 1а) режим одночастотной генерации можно было получить во всем диапазоне токов накачки. Это можно видеть из интерферограммы 3 (рис. 2). Следует отметить, что устойчивость режима одночастотной генерации очень чувствительна к положению возвратного зеркала. Поэтому при изменении тока накачки необходимо подстраивать с помощью пьезокерамики длину l_1 (рис. 1а) на величину порядка микрометра. Как видно из рис. 1б (кривая 3), выходная мощность в одночастотном режиме генерации превышала 8 мВт.

Существование режима одночастотной генерации во всем рабочем диапазоне токов накачки свидетельствует о высокой спектральной селективности резонатора. Исследуемый дисперсионный резонатор является составным, т.е. в нем собственная селективность лазерного диода комбинируется с внешними селективными элементами. Собственные частоты резонатора, образованного, например, гранью диода и дифракционной решеткой, можно определить из соотношения $\nu_{om} = c\lambda/2l_0$, где c — скорость света, m — целое число. Для резонатора, образованного гранью диода и возвратным зеркалом, собственные частоты $\nu_{1n} = c\lambda/2(l_0 + l_1)$, где n — целое число. Частотами составного резонатора будут только те, которые являются общими и для составляющих его резонаторов. Таким образом, очевидно, что межмодовое расстояние для составного резонатора значительно больше, т.е. имеет место селекция продольных типов колебаний, что способствует получению одночастотного режима.

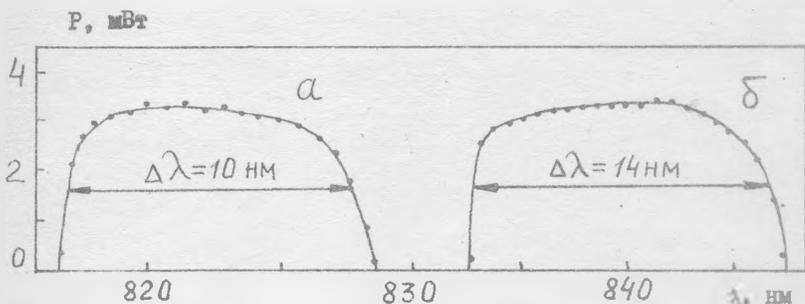
На рис. 3 приведены перестроечные кривые (зависимость мощности генерации P от длины волны λ). Для лазерного диода с непросветленными гранями ширина полосы перестройки составила 10 нм (по уровню 0,5 от максимального значения мощности, рис. 3а). Во всей полосе перестройки удавалось получить одночастотную генерацию. Диапазон перестройки ограничивался возникновением

"собственной" генерации лазерного диода при перестройке в крылья полосы усиления. Следует отметить, что перестройка происходила по модам составного резонатора, т.е. имела дискретный характер.

Диапазон спектральной перестройки при использовании лазерного диода с просветленной гранью (коэффициент отражения $\approx 1\%$) возрастал до 14 нм, что связано с повышением порога его "собственной" паразитной генерации. Однако селективности составного резонатора в этом случае было недостаточно для получения одночастотного режима генерации.

На рис. 3 можно видеть, что перестроечные кривые не отражают спектральный ход кривой усиления для активной среды GaAs при комнатной температуре ($T \sim 300$ K). Действительно, перестроечные кривые (рис. 3) имеют почти плоские вершины и резкий спад на краях, в то время как спектральный контур усиления полупроводниковой среды должен иметь хорошо выраженный максимум.

Такое поведение перестроечной кривой можно объяснить, если принять во внимание то обстоятельство, что спектральный контур эффективного усиления для моды определяется не только спектральной зависимостью локального коэффициента усиления, но и спектральной зависимостью фактора оптического ограничения для



Р и с. 3. Зависимость мощности перестраиваемой генерации от длины волны излучения: а) Диод с непросветленными гранями, $I = 57$ мА. Ватт-амперная характеристика этого лазера показана на рис. 1б. б) Диод с просветленной гранью, $I = 95$ мА

волноводной моды. Действительно, поскольку волновод в плоскости r - z перехода в исследованных лазерах определяется в основном профилем мнимой части диэлектрической проницаемости ϵ (усилением в центре и поглощением в периферийной области), то профиль имеет достаточно выраженную спектральную зависимость, которая, по-видимому, и сказывается на перестроечной кривой.

Таким образом, в настоящей работе показано, что схема составного резонатора, включающая в себя лазерный диод, дифракционную решетку и возвратное зеркало, позволяет получить одночастотную перестраиваемую генерацию в широком диапазоне токов накачки.

Поступила в редакцию
24 декабря 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. П. Богатов и др., Квантовая электроника, 6, 1264 (1979).
2. Х.-Ю. Бахерт и др., Квантовая электроника, 8, 1957 (1981).
3. M. Pinard et al., Appl. Phys., 19, 399 (1979).