

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

О. В. Богданкевич, М. М. Зверев, А. Н. Печёнов, И. О. Сибиряк, О направленности излучения лазеров типа «излучающее зеркало» с электронной накачкой,
Квантовая электроника, 1972, номер 6, 110–111

<https://www.mathnet.ru/qa4725>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.82

20 мая 2025 г., 19:20:44

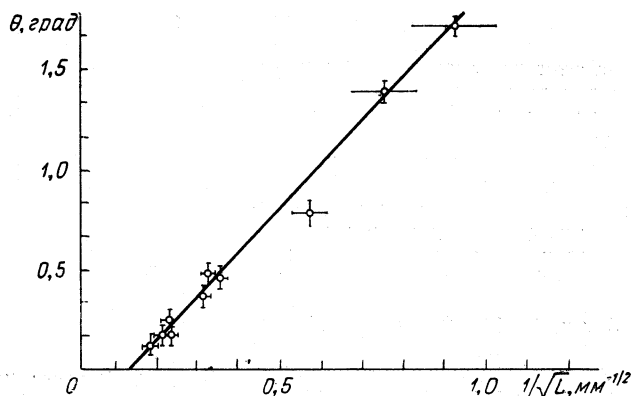


УДК 621.378.325

О. В. Богданкевич, М. М. Зверев, А. Н. Печёнов, И. О. Сибиряк

О НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРОВ
ТИПА «ИЗЛУЧАЮЩЕЕ ЗЕРКАЛО» С ЭЛЕКТРОННОЙ НАКАЧКОЙ

Полупроводниковые лазеры, накачиваемые электронным пучком, с резонатором типа «излучающее зеркало», позволяют в принципе получить высокие мощности излучения при хорошей его направленности [2]. Вопрос получения большой мощности в основном уже решен путем использования многоэлементной схемы лазера [1]. Представляет интерес исследовать возможности уменьшения расходимости светового пучка в лазерах такого типа. Причиной большой расходимости излучения полупроводниковых лазеров является возбуждение большого количества неаксиальных типов колебаний. В работе [2] для уменьшения количества поперечных мод предлагалось использовать внешнее зеркало, с помощью которого в работе [3] удалось сузить диаграмму направленности до $45'$ при значительном превышении накачки над пороговой. В настоящей работе исследуется зависимость распределения поля в дальней зоне от расстояния до внешнего зеркала.

Зависимость полуширины диаграммы направленности от величины $1/\sqrt{L}$.

Накачка производилась импульсным пучком электронов с энергией 170 кэв, плотностью тока до 25 а/см^2 и длительностью 200 нсек. Активными элементами являлись кристаллы GaAs, легированные Te до концентраций $(1 \div 3) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, пригтовленные в виде плоскопараллельных пластинок толщиной 100—200 мкм. Со стороны, облучаемой электронным пучком, на кристалл наносилось глухое диэлектрическое зеркало, вторая сторона пластинки не имела никакого специального покрытия. Внешнее зеркало на длине волны генерации имело коэффициент отражения 95% и могло перемещаться в вакууме на значительное расстояние от кристалла. Внешнее зеркало юстировалось с помощью газового лазера с точностью менее $1'$. Для ограничения размера возбужденной области кристалла перед ним со стороны электронного пучка помещалась диафрагма диаметром 0,2—1,0 мм. Измерения проводились при охлаждении кристалла жидким азотом. Мощность измерялась калиброванным фотоэлементом ФЭК-14.

Излучение наблюдалось со стороны внешнего зеркала. Картина распределения поля в дальней зоне фотографировалась в фокусе линзы с фокусным расстоянием 70 мм, и затем фотометрировалась.

В работе [4] показано, что при учете возбуждения неаксиальных мод зависимость расходимости излучения θ от длины резонатора L должна иметь вид $\theta \sim (1/L)^{1/2}$. Как видно из рисунка, полученные результаты удовлетворительно описываются такой зависимостью. Минимальная расходимость наблюдалась при $L=28 \text{ мм}$ и диаметре возбужденной области 300 мкм и составляла $7'$, что соответствует дифракционному пределу расходимости основного типа колебаний. Точность юстировки зеркал, необходимая для достижения генерации при постоянном уровне накачки, существенно зависит от расстояния между зеркалами. Так, при $L=12 \text{ мм}$ мощность падала вдвое при перекосе зеркал на $4'$, а при $L=22 \text{ мм}$ — на $1-1,5'$.

В дальней зоне излучения во всех случаях наблюдались, кроме центрального пятна, две системы концентрических колец. Такие кольца обычно образуют лазеры на твердом теле и их радиусы подчиняются зависимости

$$R_m^2 - R_{m-1}^2 = F^2 \lambda_0 n / L,$$

где m — номер кольца, F — фокусное расстояние линзы, λ_0 — длина волны в вакууме, n — показатель преломления вещества. Значительная интенсивность колец объяснялась усилением света, рассеянного на неоднородностях. В нашем случае одна система колец соответствовала значению L , равному толщине кристалла, а другая — расстоянию между зеркалами резонатора.

В полупроводниковых лазерах ширина линии излучения значительно превышает область дисперсии интерферометра, образованного зеркалами резонатора. Тем не менее кольцевая структура не размывается, так как в интенсивность каждого кольца дает вклад излучение каждого продольного типа колебаний, но в разных порядках. По ширине наблюдаемых колец можно оценить спектральную ширину мод. Можно показать, что из-за нагрева резонатора за время импульса накачки происходит сдвиг длины волны генерирующей моды, причем величина сдвига пропорциональна величине x_0/L , где x_0 — глубина проникновения электронного пучка в кристалл. Использование внешнего зеркала позволяет существенно стабилизировать этот сдвиг вследствие уменьшения отношения x_0/L . Так, например, без внешнего зеркала при толщине образца 200 мкм наблюдаемая ширина продольной моды равнялась 2 Å, а с внешним зеркалом при $L=22$ мм была $<0,05$ Å.

Таким образом, применение внешнего зеркала позволяет как улучшить расходимость излучения, так и уменьшить спектральную ширину продольных мод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданкевич О. В., Зверев М. М., Коломийский А. Н., Печенов А. Н., Васильев Б. И. В сб. «Квантовая электроника», под ред. Н. Г. Басова, 1971, № 5, стр. 95.
2. Basov N. G., Bogdankevich O. V. Symp. Rad. Recomb. Semicond. Paris, 1964, p. 225.
3. Басов Н. Г., Богданкевич О. В., Печенов А. Н., Насибов А. С., Федосеев К. П. ЖЭТФ, 1968, т. 55, стр. 1710.
4. Ананьев Ю. А., Мак А. А., Седов Б. М. ЖЭТФ, 1967, т. 52, стр. 12.

Поступило в редакцию 28 марта 1972 г.

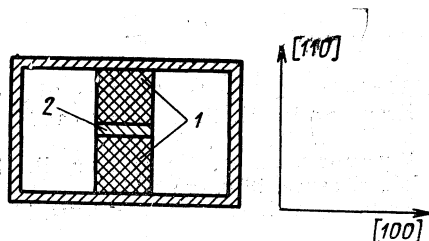
УДК 621.376

Л. Н. Магдич, О. И. Сафронов, В. Н. Сасов

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Наиболее распространенным электрооптическим материалом для ближнего ИК-диапазона является арсенид галлия. В ряде работ описаны свойства арсенида галлия и изучены параметры модуляторов, сконструированных на его основе [1, 2]. Основное внимание обычно уделяется низкочастотным модуляторам излучения, что, по-видимому, объясняется сравнительно высоким полуволновым напряжением, характеризующим этот материал. В настоящей работе описываются эксперименты по СВЧ-модуляции излучения лазеров с длинами волн 3,39 и 10,6 мкм с помощью модулятора резонаторного типа с кристаллами арсенида галлия.

Резонатор представлял собой симметричную полосковую линию, нагруженную двумя кристаллами арсенида галлия и законченную на концах (рисунок). Излучение пропусклось только через один кристалл, другой использовался для замедления модулирующей волны в линии, необходимого при синхронном взаимодействии волн модуляции и излучения. Такая конструкция обеспечивает достаточную степень синхронизма



Сечение резонатора:

1 — кристаллы арсенида галлия; 2 — полосковая линия.