

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.378.325

Журнал технической физики, т. 58, в. 9, 1988

НАПРАВЛЕННАЯ МЕЖМОДОВАЯ ПЕРЕКАЧКА ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕТЕРОЛАЗЕРА

В. А. Аксютенков, Э. Н. Хабаров

Полупроводниковые гетеролазеры находят все большее применение в современной технике. В целом ряде случаев появляется необходимость управления их спектральными характеристиками.

В настоящей работе впервые сообщается о возможности целенаправленного изменения спектра излучения многомодового инжекционного гетеролазера путем его возбуждения

импульсом тока, вершина которого намеренно модулируется синусоидальным сигналом. Такой режим возбуждения гетеролазера приводит к нетрадиционному состоянию гетероперехода, что влияет на перераспределение энергии излучения в сторону длинноволновых мод. Нами исследовались наиболее распространенные типы гетеролазеров на твердых растворах GaAlAs и JnGaAlP [1]. Наблюдавшееся перераспределение энергии излучения сопровождалось уменьшением полосы излучения в два-три раза при неизменной интегральной мощности.

Исследуемый лазер возбуждался импульсом, амплитуда которого имела превышение над значением порогового тока на 20—30 %, а амплитуда намеренных

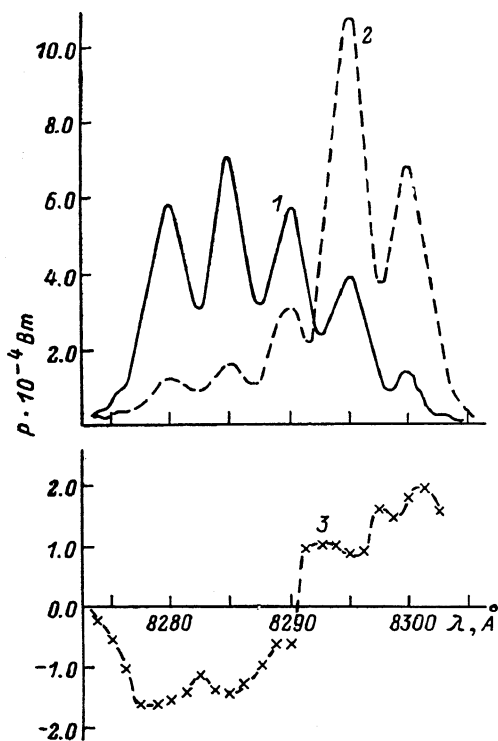


Рис. 1. Спектры излучения многомодового инжекционного гетеролазера при накачке прямоугольным импульсом (1); прямоугольным импульсом, вершина которого намеренно модулируется синусоидальным сигналом с частотой $f=92$ МГц (2). Спектральная зависимость добавочного коэффициента усиления g электронно-дырочной плазмы, модулированной синусоидальным током (3).

вариаций тока накачки составляла 10—25 % от амплитуды импульса возбуждения. Частота намеренных вариаций тока накачки ω определялась из условия

$$2\pi/\tau_{\text{нм}} = (20 \div 200) \omega,$$

где $\tau_{\text{нм}}$ — длительность импульса возбуждения.

Форма импульса, возбуждающего исследуемый лазер, вырабатывалась в сумматоре электрических колебаний, который представляет собой отрезок несимметричной микрополосковой линии с двумя входами и одним выходом. На один вход сумматора подавался П-образный импульс тока возбуждения, а на второй — синусоидальный ток. Длительность импульса возбуждения $\tau_{\text{нм}}$ варьировалась в пределах от $50 \cdot 10^{-9}$ — $1 \cdot 10^{-6}$ с.

Для получения эффекта направленной межмодовой перекачки излучения необходимо выполнение двух важных условий: а) оптимально согласовать волновые сопротивления микрополосковой линии и исследуемого гетеролазера; б) в течение длительности импульса тока накачки исследуемый образец не должен нагреваться.

На рис. 1, 1, 2 представлены спектры излучения для двух случаев возбуждения гетеролазера на GaAlAs. При отсутствии синусоидальной модуляции спектр излучения имеет типичный вид многомодового симметричного распределения со спектральной шириной огибающей 20 Å. При модуляции вершины возбуждающего импульса синусоидальным сигналом огибающая спектра излучения оказывается существенно несимметричной и имеет ширину 8,0 Å, т. е. в 2,5 раза меньше. Максимум огибающей смещается в длинноволновую область

примерно на 10 Å. Измерения, произведенные на партии образцов GaAlAs лазеров в импульсном режиме возбуждения, показали, что эффект воспроизводим практически на всех образцах. Более того, он наблюдается и при непрерывном режиме возбуждения с одновременной модуляцией СВЧ сигналом. Однако в последнем случае дополнительно проявляется смещение всего спектра излучения в длинноволновую область за счет нагрева образца. Вследствие этого приходится увеличивать в 3—4 раза подводимую СВЧ мощность для наблюдения эффекта перекачки.

Аналогичные результаты наблюдались и при исследовании многомодовых инжекционных гетеролазеров на основе четырехкомпонентных соединений JnGaAsP, для которых при возбуждении модулированным импульсом максимум спектра излучения смещался в длинноволновую область примерно на 8,0 Å, а ширина огибающей уменьшалась в полтора раза.

Окончательная причина обнаруженного эффекта не установлена. Возможно, что модуляция концентрации неравновесных носителей заряда в активной области гетеролазера, вызванная внешним СВЧ полем, приводит к модуляции показателя преломления на частоте ω и на кратных ей частотах. Модуляция показателя преломления в свою очередь приводит к возможному параметрическому взаимодействию и межмодовой перекачке излучения гетеролазера. Не исключено, что этот эффект связан с рассмотренным в [2] взаимодействием продольных мод в полупроводниковом лазере.

Для количественной характеристики наблюдаемого процесса удобно использовать величину относительного изменения интенсивности (кривая 3 на рис. 1)

$$g(\lambda) = \ln(J_m/J).$$

В работе [3] рассчитана спектральная зависимость добавочного коэффициента усиления, вызванного нелинейными процессами рассеяния. Вид полученной нами экспериментальной кривой (рис. 1, 3) и рассчитанной в работе [3] подобен.

Эффект направленной межмодовой перекачки излучения многомодового инжекционного гетеролазера имеет частотную зависимость. На рис. 2 приведены относительные зависимости интенсивности спектральных линий с длинами волн $\lambda=8295$ (1) и $\lambda=8300$ Å (2) при изменении частоты модулирующего синусоидального сигнала. Резонансный характер зависимости в области частот от 20 до 120 МГц можно рассматривать как результат оптимального согласования микрополосковой линии со значением полного сопротивления $p-n$ перехода гетеролазера, которое в общем случае является сложной комплексной нагрузкой, зависящей как от частоты модулирующего синусоидального сигнала, так и тока накачки [4].

Рассмотренный в настоящей работе способ возбуждения многомодового инжекционного гетеролазера импульсами тока с намеренной вариацией амплитуды по синусоидальному закону может оказаться перспективным для довольно простого управления качеством лазерного излучения.

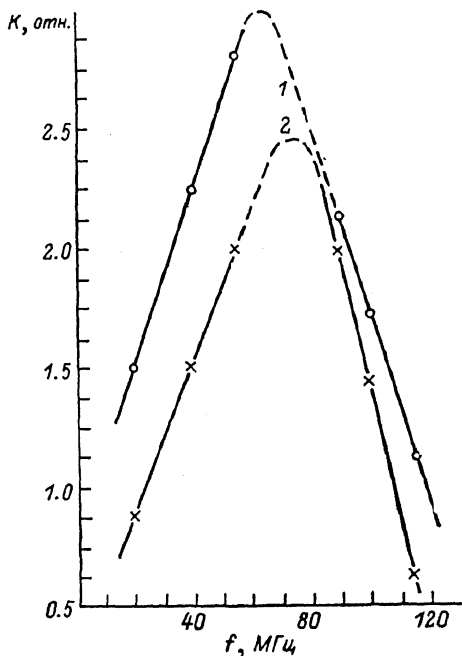


Рис. 2.

- [1] Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах. М., 1981, т. 1.
 [2] Paoli T. L., Ripper J. E. Review Letters, 1969, v. 22, p. 1085—1088.
 [3] Bogatov A. P., Eliseev P. G., Sverdlov B. N. IEEE J. Quantum Electronics, 1975, v. 11, N 7, p. 510—514.
 [4] Katz J., Margalit S., Harder C. et al. IEEE J. Quantum Electronics, 1981, v. 17, N 1, p. 4—7.

Кубанский государственный университет
Краснодар

Поступило в Редакцию
7 февраля 1986 г.
В окончательной редакции
30 сентября 1987 г.

Журнал технической физики, т. 58, в. 9, 1988

ПРОСТОЙ МЕТОД СОЧЛЕНЕНИЯ (СТЫКОВКИ) ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ С ПЛАНАРНЫМ ВОЛНОВОДОМ В УСТРОЙСТВАХ СПЕКТРАЛЬНОГО УПЛОТНЕНИЯ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Б. Г. Панчев, В. А. Сычугов, Т. В. Тулайкова

Одним из путей решения проблемы передачи больших потоков информации по одному волоконному световоду является спектральное уплотнение каналов связи, т. е. одновременная передача по одному волокну информации на различных оптических несущих. Устройства спектрального уплотнения и разделение каналов могут быть выполнены по идентичным оптическим схемам. Ранее в [1, 2] сообщалось о разработке и оптимизации параметров таких устройств на базе автоколлимационной схемы с использованием дифракционной решетки, сферического зеркала и планарного волновода. Сферическое зеркало обычно изготавливается

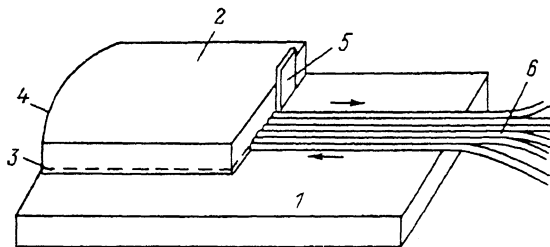


Рис. 1. Общий вид мультиплексора спектральных каналов.

1 — кремниевая пластина с V-образными канавками для укладки волокон, 2 — стеклянная пластина, 3 — волноводный слой стеклянной пластины, 4 — сферический торец, 5 — дифракционная решетка, 6 — волокна.

непосредственно на одном из торцов волновода, а к другому плоскополированному торцу волновода пристыковываются дифракционная решетка и входные и выходные волоконные световоды. Работоспособность устройств спектрального уплотнения и разуплотнения каналов связи во многом зависит от способа стыковки планарного волновода и волокна. На примере 25-канального мультиплексора нами реализован простой метод сборки отдельных элементов устройства и стыковки волокон с волноводом. Суть метода состоит в следующем: стеклянный образец с планарным волноводом и волокна располагаются на одной кремниевой подложке (рис. 1), причем стеклянный образец помещается на кремниевую подложку волноводом вниз, а волокна укладываются в специально вытравленные в кремнии V-образные канавки.

Для изготовления волноводов с необходимыми параметрами использовался метод двухступенчатого электростимулированного обмена ионов в стеклах с ионами Ag^+ из расплава, содержащего $AgNO_3$. Этот метод позволяет получать заглубленные волноводы с приблизительно прямоугольным профилем показателя преломления [3]. Волноводы формировались в боросиликатных стеклянных пластинах толщиной 500 мкм, показателем преломления