

ПРОСТРАНСТВЕННО-МОДУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАНАРНЫХ ПОЛОСКОВЫХ ГЕТЕРОЛАЗЕРОВН.Д. Жуков, Г.Т. Микаелян,
Э.М. Рабинович, В.В. Тучин

1. Впервые экспериментально обнаружено пространственное распределение модуляции интенсивности излучения планарных полупроводниковых лазеров, возникающее при гармоническом возмущении тока инжекции и сопровождающееся изменением фазы модуляции по сечению лазерного пучка.

2. Представленные исследования являются важными в целом ряде случаев: а) при использовании гетеролазеров в волоконно-оптических линиях связи и волоконно-оптических датчиках физических величин, в системах записи и считывания информации; б) при управлении пространственными характеристиками излучения [1]; в) при изучении пространственной когерентности излучения [2]; г) при изучении физических процессов, ответственных за модуляцию интенсивности излучения волноводных гетеролазеров и др.

3. Излучение гетеролазера, изготовленного на основе $GaAs - Ga_{1-x}Al_xAs$ ($\lambda = 0.83$ мкм) с размерами активной области $200 \times 10 \times 0.15$ мкм, модулировалось по гармоническому закону при возмущении тока инжекции в диапазоне частот $\omega/2\pi = 0 - 1.5$ МГц и поступало на фотоприемник с апертурой много меньшего размера пучка света (щель). Положение рабочей точки выбиралось выше порога генерации лазера. Щель ориентировалась перпендикулярно плоскости $p-n$ -перехода. Обеспечивалось перемещение фотоприемника в плоскости $p-n$ -перехода по дуге окружности с центром, совпадающим с положением исследуемого гетеролазера. Постоянная составляющая сигнала с фотоприемника регистрировалась с помощью вольтметра постоянного тока, а ее распределение по сечению пучка света записывалось с помощью самописца. Для регистрации пространственного распределения переменной составляющей интенсивности излучения применялось синхронное детектирование с выходом на самописец. В качестве опорного сигнала использовалась часть напряжения, осуществляющего модуляцию тока инжекции лазера. На двухлучевом осциллографе регистрировался гармонический сигнал, пропорциональный изменениям тока инжекции, и переменный сигнал с фотоприемника, соответствующий модуляции интенсивности излучения лазера, прошедшей через щель. Исследования пространственного распределения постоянной и переменной составляющей интенсивности, а также фазы модуляции осуществлялись в дальней зоне излучения лазера.

На рис. 1 представлены кривые, иллюстрирующие эволюцию пространственного распределения постоянной и переменной составляющей интенсивности излучения полупроводникового лазера при изменении положения рабочей точки на ватт-амперной характеристике (ВАХ) для фиксированной частоты и амплитуды модуляции тока инжекции.

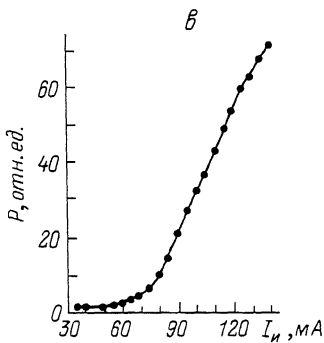
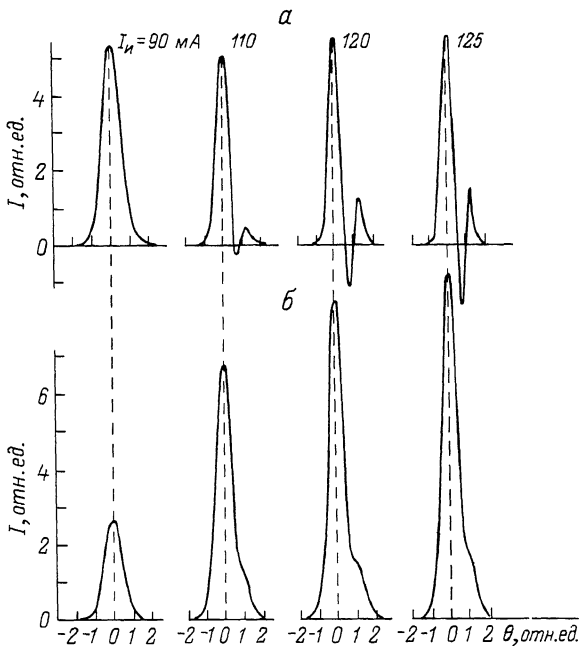


Рис. 1. Эволюция пространственного распределения переменной (а) и постоянной (б) составляющих интенсивности при различном положении рабочей точки на ватт-амперной характеристике (в) в дальней зоне излучения гетеролазера. Частота модуляции тока инжекции $\frac{\omega}{2\pi} = 380$ Гц. Амплитуда модуляции тока инжекции $\delta I_{in} = 5$ мА. I_{in} — сила тока инжекции; θ — угловое положение фотоприемника со щелью; I — постоянная составляющая интенсивности излучения, прошедшего через щель; δI — амплитуда переменной составляющей интенсивности излучения, прошедшего через щель.

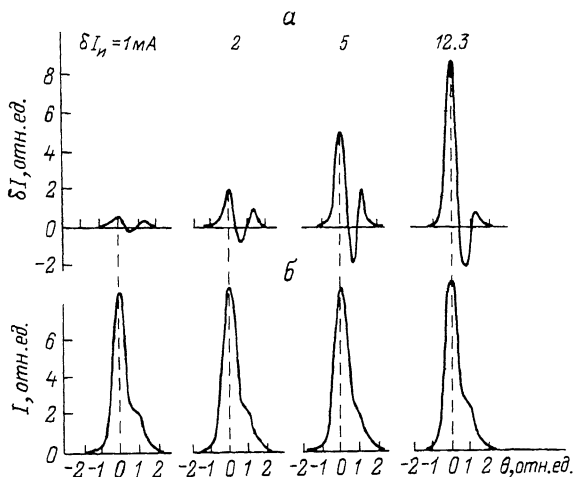


Рис. 2. Эволюция пространственного распределения переменной (а) и постоянной (б) составляющих интенсивности при различной амплитуде модуляции тока инжекции δI_H в дальней зоне излучения гетеролазера $\frac{\omega}{2\pi} = 19$ кГц; $I_H = 125$ мА.

Из рис. 1,б видно, что при увеличении тока инжекции на правом склоне кривых распределения постоянной составляющей интенсивности развивается локальная неоднородность. Соответственно на кривых, описывающих распределение переменной составляющей интенсивности (рис. 1,а), в области локальной неоднородности имеет место изменение знака сигнала, что соответствует противофазности модуляции интенсивности в области главного максимума и локальной неоднородности. Подобные изменения фазы модуляции по сечению лазерного пучка были обнаружены нами для различных гетеролазеров описанного типа при наличии одного доминирующего и одного или нескольких локальных максимумов. Характерно, что смена фазы модуляции всегда имела место в области локальных максимумов на кривой распределения интенсивности по сечению пучка. Интересно поведение кривых, описывающих пространственное распределение амплитуды переменной составляющей интенсивности излучения при изменении ω . С ростом частоты модуляции $\frac{\omega}{2\pi} > 20$ кГц между изменениями тока инжекции и изменениями интенсивности излучения в данном месте светового пучка возникает сдвиг по фазе, который монотонно нарастает. При $\frac{\omega}{2\pi} = 200$ кГц кривые рис. 1,а инвертируются: в области главного максимума изменения интенсивности становятся противофазными изменениями тока инжекции, а в области локальной неоднородности — синфазными. При дальнейшем

увеличении частоты модуляции $\frac{\omega}{2\pi} > 200$ кГц вплоть до $\frac{\omega}{2\pi} = 1.5$ МГц характер распределения переменной составляющей по сечению пучка не изменялся.

Интересные возможности с точки зрения управления пространственно-модуляционными характеристиками излучения открываются при изменении амплитуды модулирующего сигнала. На рис. 2 представлены кривые пространственного распределения переменной и постоянной составляющей интенсивности, полученные при различной амплитуде модулирующего сигнала для фиксированного значения частоты модуляции и положения рабочей точки на ВАХ. Из рис. 2,б видно, что при увеличении амплитуды модуляции локальная неоднородность в распределении интенсивности становится менее заметной. При этом происходит симметризация распределения интенсивности с одновременным ростом амплитуды главного лепестка. Соответствующие изменения распределения амплитуды переменной составляющей интенсивности (рис. 2,а) показывают, что с ростом δI_{μ} уменьшается относительная величина отрицательного выброса, расположенного в области локальной неоднородности.

Описанные закономерности можно объяснить, если принять, что представленные экспериментальные кривые соответствуют основной моде излучения гетеролазера. Ранее было показано [3-5], что в этом случае распределение интенсивности излучения может быть представлено в виде несимметричной двугорбой кривой, для которой отношение интенсивностей в максимумах распределения существенным образом зависит от параметров волновода, возникающего при протекании тока инжекции. При изменении тока инжекции может происходить „перекачка“ энергии излучения из главного лепестка распределения в локальный и наоборот, которая, по-видимому, и является причиной рассмотренного противофазного изменения интенсивности. Параметры указанного волновода существенным образом зависят как от температуры активной области (адиабатический температурный волновод), так и от числа инжектированных в нее неосновных носителей (антиволновод) [6]. Можно предположить, что для малых частот модуляции $\frac{\omega}{2\pi} \ll 200$ кГц модуляция интенсивности излучения обусловлена в значительной мере изменением параметров температурного волновода, однако с ростом частоты модуляции в силу инерционности установления температуры роль температурного волновода уменьшается. При этом модуляция интенсивности излучения оказывается связанной с изменениями параметров антиволновода, и кривые инвертируются. С этих же позиций можно объяснить и наблюдаемое с ростом δI_{μ} управление пространственными характеристиками излучения, т.к. увеличение δI_{μ} приводит к увеличению разогрева активной области и улучшению свойств температурного волновода с соответствующей симметризацией кривых распределения интенсивности.

В заключение отметим, что с точки зрения применений полупроводниковых лазеров полученные результаты показывают, что сигнал

модуляции, регистрируемый фотоприемником, существенным образом зависит от апертуры и положения детектора или световода в поле излучения. При этом от одного и того же лазера, работающего в заданном режиме модуляции, можно получить синфазную, нулевую и противофазную модуляцию интенсивности.

Авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую благодарность Л.А. Мельникову за помощь, оказанную при проведении экспериментов.

Л и т е р а т у р а

- [1] В у В а н Л ы к, а К а л ш а б е к о в А.С., М а н ь к о М.А., М и к а е л ь я н Г.Т., С о к о л о в С.Н. - Квантовая электроника, 1981, т. 8, с. 2697-2699.
- [2] Р е н д е л ь Ю.С. - Радиотехника и электроника, 1978, т. 23, № 4, с. 793-797.
- [3] М а н ь к о М.А., М и к а е л ь я н Г.Т. - Тр. ФИАН, 1986, т. 166, с. 126-154.
- [4] Е л и с е е в П.Г., М а н ь к о М.А., М и к а е л ь я н Г.Т. - Тр. ФИАН, 1983, т. 141, с. 119-125.
- [5] А с б е с к Р.М., С а м т а с к Д.А., Д а н и е л е J.J. - Appl. Phys. Lett., 1978, v. 33, p.504-506.
- [6] В а u s J., S t u b k j a e r K. - Solid-State and Electron Devices, 1979, v. 3, N 6, p. 210-214.

Саратовский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского

Поступило в Редакцию
13 апреля 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 4

26 февраля 1988 г.

САМОПОДДЕРЖИВАЮЩИЕСЯ СТРУКТУРЫ НА РАСПЫЛЯЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

В.А. К у р о ч к и н а, А.И. М о р о з о в

В [1] авторами рассмотрена в общем виде задача об эволюции поверхности под действием ионной бомбардировки. Если ввести декартовы координаты и пучок считать падающим под углом ω к оси Z , то эволюция поверхности будет описываться уравнением [1, 2] (см. рис. 1)

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -S_0 \frac{\cos(\omega - \beta)}{\cos \beta} \phi(\omega - \beta) \equiv F(q). \quad (1)$$