

$g = E_c \left(\frac{\hbar V_0}{2M} \right)^{\frac{1}{2}}$ (E_c — постоянная деформационного потенциала; V_0 , M — объем и масса элементарной кристаллической ячейки).

Выражение (6) получается в предположении, что частоты наблюдения ω удовлетворяют условию

$$\omega \ll \omega_{\vec{k} \vec{k}'} \rightarrow \pm \omega_q; \quad \omega \geq \sqrt{\gamma}. \quad (7)$$

Используя (4), (5) и (6), из (2) находим

$$S_I(\omega) \sim \frac{(e\bar{\mu})^2 2f(0) \beta}{\beta^2 + \omega^2} E^2 \quad (8)$$

и

$$S_I(\omega) \sim \frac{(e\bar{\mu})^2 A}{\omega \cdot B} E^2. \quad (9)$$

Спектры вида (8) и (9) наблюдаются на опыте.

Из вышеуказанного видно, что спектр флуктуаций тока, возникающих в полупроводнике при наложении внешнего электрического тока, обусловлен флуктуациями проводимости, которые существуют и в отсутствии тока.

Отметим, в частности, что по этой причине экспериментальное обнаружение флуктуаций сопротивления в полупроводнике осуществляется только при протекании по нему тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел. М., «Наука», 1967.
2. Потемкин В. В., Розентур К. И. «Физика твердого тела», 13, 1971.
3. Ван-дер-Зил А. Флуктуационные явления в полупроводниках. М., ИЛ, 1961.
4. Бонч-Бруевич В. Л. «Физика твердого тела», 7, 2147, 1965.

Поступила в редакцию
7.5.1971 г.

Кафедра
физики колебаний

УДК 621.378

**Б. С. ВВЕДЕНСКИЙ, Л. П. ИВАНОВ, В. В. КУРЫЛЕВ,
А. С. ЛОГГИНОВ, К. Я. СЕНАТОРОВ**

АНИЗОТРОПИЯ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ ИНЖЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА ИЗ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ И ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Сильная поляризация излучения инжекционных лазеров была обнаружена в ранних исследованиях [1]. Позднее в [2] авторы, исследовавшие причины возникновения поляризации, склонялись к тому, что за поляризацию излучения ответственны локальные макроскопические искажения решетки кристалла и анизотропия в распределении электронов по скоростям. В [3] экспериментально установлено, что когерент-

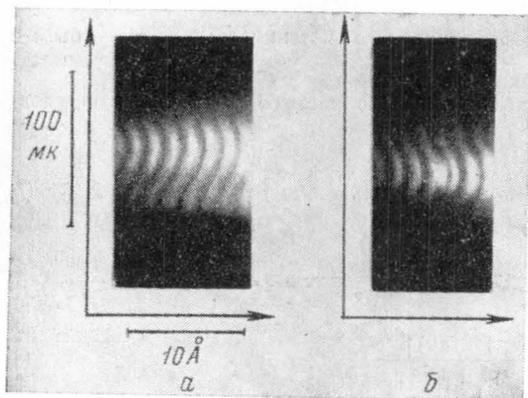


Рис. 1. Спектрально-пространственное распределение спонтанного излучения при двух взаимно перпендикулярных направлениях оси поляроида

максимумов и минимумов совпадают, должно наблюдаться вырождение по поляризации, т. е. нет энергетически выгодного направления поляризации когерентного излучения.

Перечисленные теоретические и экспериментальные работы не дают исчерпывающего представления о поляризации. Для решения этой проблемы все еще недостает экспериментального материала, который устанавливал бы связь поляризации с такими макроскопическими характеристиками активной области инжекционного лазера, как показатель преломления, коэффициент поглощения и т. д. Для такого рода экспериментов необходима подходящая методика.

С помощью методики, описанной в [6 и 7], мы изучали поляризацию излучения, наблюдая спектрально-пространственное распределение излучения в координатах λ

ное излучение из отдельных областей $p-n$ -перехода может быть поляризован различно, при этом оказываются поляризованными различно отдельные группы мод. В [4] при изучении полосковых структур показано, что в однородных образцах наблюдается ТМ-поляризация когерентного излучения, а в образцах, имеющих неоднородности, возможна поляризация ТЕ, а также других видов.

Природа таких эффектов изучалась теоретически в работе [5]. Исходя из соображений энергетики когерентного излучения в $p-n$ -переходе, авторы [5] считают, что ТМ-поляризация должна возникать в структурах, в которых положение максимума функциональной зависимости показателя преломления n от координаты x (перпендикулярно плоскости $p-n$ -перехода) не совпадает с положением минимума зависимости коэффициента поглощения от x . В структурах, где положения этих

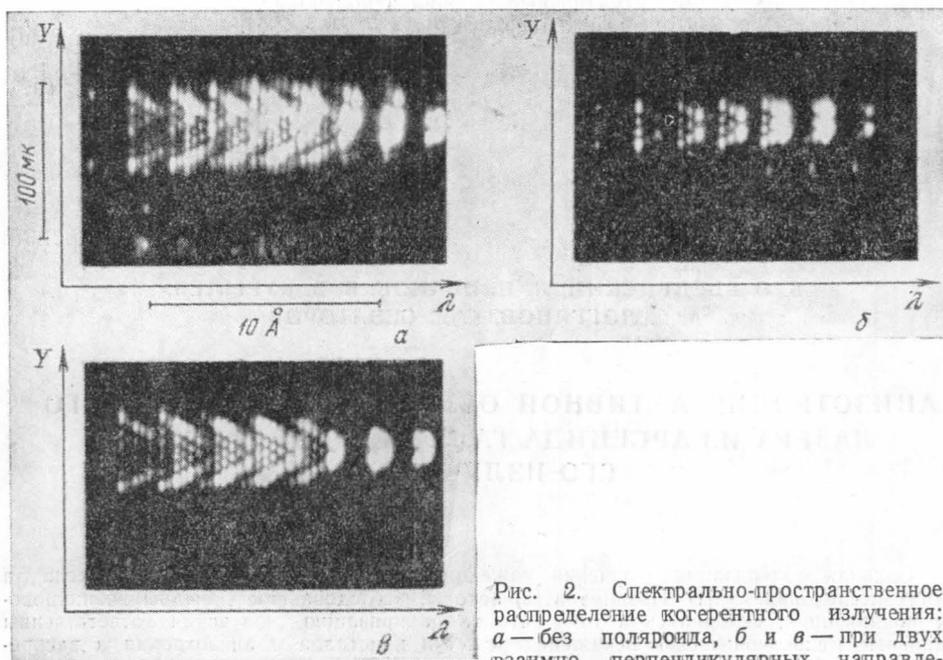


Рис. 2. Спектрально-пространственное распределение когерентного излучения: а — без поляроида, б и в — при двух взаимно перпендикулярных направлениях оси поляроида

(длина волны) и y (координата вдоль p - n -перехода). Такая методика позволяет сопоставить распределения когерентного излучения с наблюдаемым в этих же опытах изменением показателя преломления активной среды лазера и, исходя из этих исследований, сделать выводы об анизотропии этой среды.

Исследовались спектрально-пространственные распределения излучения инжекционных лазеров из GaAs, работающих в импульсном режиме при температуре 77°К.

При наблюдении поляризации спонтанного излучения у многих лазерных диодов обнаружено, что различным положениям оси поляроида, помещаемого перед входной щелью спектрографа, соответствуют различные формы полос спонтанного излучения, а следовательно, различная зависимость показателя преломления от координаты Y вдоль p - n -перехода. Описанные зависимости иллюстрируются рисунками 1, а и 1, б, на которых приведены распределения спонтанного излучения одного из эпитаксиальных лазерных диодов, наблюдаемые при двух взаимно перпендикулярных направлениях оси поляроида. При сравнении рисунков видно, что максимумы длин волн полос спонтанного излучения, соответствующие максимумам показателя преломления, занимают различные положения вдоль p - n -перехода (координата y). Из этого следует, что активная область данного лазера анизотропна.

На рис. 2 представлены спектрально-пространственные распределения когерентного излучения того же лазера, полученные без поляроида (рис. 2, а) и при тех же положениях оси поляроида, что и при наблюдении поляризации спонтанного излучения. На рис. 2, а показана сложная картина распределения когерентного излучения, наблюдаемая без поляроида. Просматриваются две системы когерентных мод, структура которых характерна для областей резонатора, имеющих максимум показателя преломления [8]. Здесь максимумы показателя преломления сдвинуты по координате y (см. рис. 1). На рис. 2, б видно спектрально-пространственное распределение когерентного излучения, соответствующее максимуму показателя преломления, наблюдающемуся при одном наклоне оси поляроида к плоскости p - n -перехода. На рис. 2, в видно другое спектрально-пространственное распределение когерентного излучения, соответствующее другому максимуму показателя преломления, наблюдающемуся при наклоне оси поляроида, перпендикулярном предыдущему.

Сопоставляя рисунки 2, а, б и в, видим, что спектрально-пространственное распределение рис. 2, а есть сумма распределений, представленных на рис. 2, б и 2, в.

Полученные нами результаты позволяют сделать следующие выводы. Во-первых, установлен факт анизотропии активной области инжекционного лазера из GaAs. Во-вторых, в одних и тех же областях p - n -перехода возможно существование мод когерентного излучения с различной поляризацией.

1. Quiest T. M., Rediker R. H. Appl. Phys. Lett., 1, 91, 1962.
2. Алямовский В. Н., Багаев В. С., Берозашвили Ю. Н., Вул Б. М. Поляризация излучения диодов из арсенида галлия, Препринт ФИАН, 1965.
3. Логинов А. С. Реферат кандид. диссертации. МГУ, 1967.
4. Hatz J. Phys. Stat. Sol., 28, 233, 1968.
5. Hatz J., Mohn E. Trans. IEEE QE-3, 656, 1967.
6. Курылев В. В., Логинов А. С., Сенаторов К. Я. Письма в ЖЭТФ, 8, вып. 6, 1968.
7. Курылев В. В. Реферат кандид. диссертации. МГУ, 1970.
8. Курылев В. В., Сенаторов К. Я. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астроном. № 6, 118—120, 1969.

Поступила в редакцию
8.9 1970 г.

Кафедра
физики колебаний