

06.2;06.3

©1993

## ПОЛЯРИЗАЦИОННОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ В InGaAsP/InP РОС-ЛАЗЕРЫ С НАПРЯЖЕННЫМ АКТИВНЫМ СЛОЕМ

*А.И.Гуриев, А.Г.Дерягин, Д.В.Куксенков, В.И.Кучинский,  
Е.Л.Портной, В.Б.Смирницкий, Е.Г.Голикова, В.П.Дураев*

Хорошо известно, что внутренняя деформация активного слоя в инжекционных гетеролазерах оказывает влияние на спектры усиления ТМ- и ТЕ-поляризованного света [1] и может, таким образом, приводить к появлению аномалий в поляризации выходного излучения, таких, как сосуществование ТЕ- и ТМ-поляризованных мод, их переключение или поляризационная бистабильность. Изучение этих явлений представляет значительный интерес как с точки зрения получения новой информации о динамике усиления в инжекционных лазерах, так и с целью создания новых приборов для систем оптической обработки информации. На наш взгляд, наиболее интересно исследование поляризационных аномалий в лазерах с распределенной обратной связью (РОС), где, с одной стороны, резонатор обладает меньшей поляризационной селективностью [2], а с другой — линия генерации может быть преднамеренно расположена на различных участках кривой усиления активной области гетеролазера.

Объектом исследования в настоящей работе являлись инжекционные InGaAsP/InP лазеры с РОС, работающие в спектральном диапазоне 1.5–1.6 мкм, изготовленные по методике [4]. Исходная гетероструктура с отдельным электронным и оптическим ограничением была выращена методом жидкофазной эпитаксии таким образом, что при комнатной температуре постоянная решетки материала InGaAsP активного слоя была меньше постоянной решетки материала InP подложки. Как известно, в этом случае активная область испытывает деформацию растяжения в плоскости  $p-n$  перехода, что приводит к снятию вырождения валентной зоны и изменению баланса усиления на длинноволновом краю спектра усиления в пользу усиления ТМ-поляризованного света [3,5]. Из исходных InGaAsP/InP структур создавались зарощенные мезаполосковые лазеры (ширина мезы в области активного слоя составляла 3.5–4 мкм). Шаг дифракционной решетки на поверхности верхнего волноводного слоя составлял 0.47 мкм. В экспериментах измерялись спектры излучения и ватт-амперные

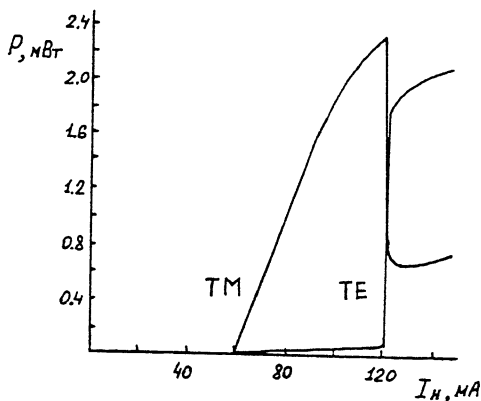


Рис. 1. Ватт-амперные характеристики исследуемого образца для различных поляризаций выходного излучения ( $T = 16^\circ\text{C}$ ).

характеристики лазерных диодов (ЛД) для различных поляризаций выходного излучения в диапазоне температур от  $-20$  до  $+40^\circ\text{C}$ . Также исследовалась динамика выходного излучения ЛД с помощью быстродействующего InGaAs  $p-i-n$  фотодиода.

На рис. 1 представлены ватт-амперные характеристики, а на рис. 2 — спектры излучения исследуемого ЛД для нескольких характерных значений тока накачки в непрерывном режиме генерации ( $T = 16^\circ\text{C}$ ). Как видно из рис. 2, максимумы спонтанного излучения для TE- и TM-поляризаций различаются на величину  $\approx 100 \text{ \AA}$ , что свидетельствует о расщеплении валентной зоны на  $\approx 6-10 \text{ мэВ}$ . Минимальный порог генерации при данной температуре имеет TM-поляризованная РОС мода генерации. Отметим как важную характеристику данного образца, что РОС генерация происходит с сильной длинноволновой расстройкой ( $\Delta\lambda \approx +240 \text{ \AA}$ ). При увеличении тока до 120 мА происходит переключение генерации на TE-поляризованную Фабри-Перо моду излучения, расположенную, естественно, в максимуме полосы усиления. Отметим также, что при появлении TE-моды TM-генерация не исчезает полностью, т.е. переключение является не полным. Нами не наблюдалось гистерезисных явлений в ватт-амперных характеристиках, следствием чего является отсутствие бистабильности в характеристиках исследуемых ЛД. И TE-, и TM-моды излучения являлись нулевыми поперечными модами ( $\text{TE}_{00}$ ,  $\text{TM}_{00}$ ), что подтверждается измерениями диаграмм направленности ближнего и дальнего полей излучения. Характер этих диаграмм не дает оснований предпо-

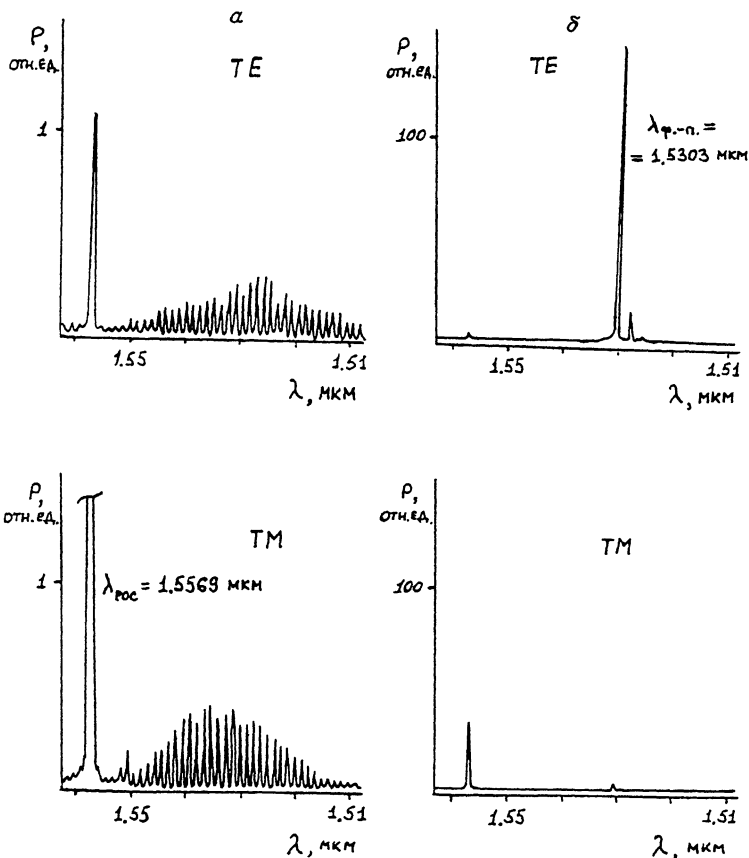


Рис. 2. Спектры излучения исследуемого образца для различных поляризаций выходного излучения при непрерывной накачке ( $T = 16^\circ\text{C}$ ).

$a$  —  $I_n = 65$  мА,  $b$  —  $I_n = 130$  мА.

лагать наличия существенных различий в волноводных характеристиках для ТЕ- и ТМ-генерации.

Отметим некоторые особенности работы исследуемого лазера с РОС. Примечательным является тот факт, что в исследуемом образце переключение происходит на более коротковолновую ТЕ-моду излучения, отстоящую по спектру от первоначально генерируемой ТМ-моды на достаточно большую величину ( $\approx 240 \text{ \AA}$ ). Этот факт не позволяет использовать для интерпретации наблюдаемого поляризационного переключения механизм, детально разработанный авторами [6]. Амплитуда и порог переключения демонстрировали крайне сильную зависимость от температуры (с па-

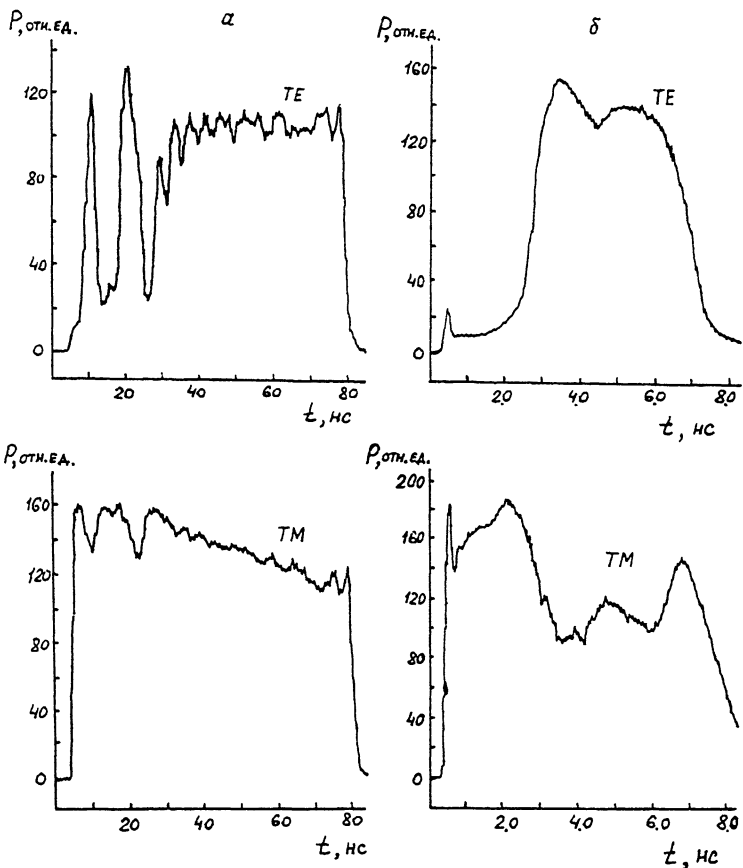


Рис. 3. Зависимости интенсивности выходного излучения различных поляризаций от времени при накачке исследуемого образца прямоугольными импульсами тока.

$\alpha$  —  $\tau_{\text{и}} \approx 70$  нс,  $\delta$  —  $\tau_{\text{и}} \approx 10$  нс.

раметр  $T'_0 \approx 15$  K), а полный диапазон существования переключения был небольшим — при  $0^\circ\text{C}$  лазер демонстрировал чистую ТЕ-Фабри-Перо генерацию без переключения, а уже при  $30^\circ\text{C}$  порог включения ТЕ-моды превышал допустимый в непрерывном режиме ток накачки для исследуемого образца. Очевидно, что данная особенность была напрямую связана с наличием сильной длинноволновой растройки для ТМ-РОС-моды излучения. Исследование зависимости интенсивности излучения от времени при накачке прямоугольными импульсами тока (рис. 3) показало, что время переключения изменяется от сотен пикосекунд до десятков наносекунд в зависимости от амплитуды импульса накачки.

Таким образом, следует отметить, что хотя и нельзя полностью исключить влияние изменения волноводных характеристик ТЕ- и ТМ-мод за счет изменения усиления, однако основную роль в переключении мод играют эффекты насыщения усиления. Среди последних влияние спектрального выжигания дыр [7] представляется менее существенным, хотя в литературе [8] встречаются данные, свидетельствующие о том, что этот эффект сильнее проявляется на длинноволновом краю полосы усиления ЛД. Более значительным представляется влияние пространственного выжигания дыр, особенно существенного в РОС лазерах [9], что косвенно подтверждается сравнительно большими временами переключения, наблюдавшимися в эксперименте. Отметим также, что в случае большого коэффициента обратной связи  $K$  Фабри-Перо и РОС моды излучения имеют существенно различное распределение поля по длине резонатора ЛД, что может также оказывать дополнительное влияние на их конкуренцию.

В заключение отметим, что в настоящей работе впервые исследован процесс переключения между Фабри-Перо и РОС-модами излучения, имеющими различную поляризацию, в инжекционном InGaAsP/InP ( $\lambda = 1.5$  мкм) лазере с напряженным активным слоем.

#### Список литературы

- [1] *Азмедов Д., Бежан Н.П., Берт Н.А., Конников С.Г., Кучинский В.И., Мишурный В.А., Портной Е.Л.* // Письма в ЖТФ. 1980. Т. 6. В. 12. С. 705–708.
- [2] *Agrawal G.P., Dutta N.K.* // Appl. Phys. Lett. 1985. V. 46. N 3. P. 313–215.
- [3] *Каландаришвили К.Г., Карпов С.Ю., Кучинский В.И., Мизеров М.Н., Портной Е.Л., Смирницкий В.Б.* // ЖТФ. 1983. Т. 53. В. 8. С. 1560–1567.
- [4] *Алферов Ж.И., Кижасев К.Ю., Кучинский В.И., Куксенков Д.В., Портной Е.Л., Смирницкий В.Б.* // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В. 9. С. 513–517.
- [5] *Аврутин Е.А., Алексеев М.А., Кучинский В.И., Лазутка А.С.* // ФТП. 1989. Т. 23. В. 7. С. 1207–1213.
- [6] *Ropars G., Le Floch A., Jezequel G., Le Naour R., Chen Y.C., Liu J.-M.* // IEEE J. of Quant. El. 1987. V. QE-23. P. 1027–1032.
- [7] *Agrawal G.P.* // IEEE of Quant. El. 1987. V. QE-23. N 6. P. 860–868.
- [8] *Uomi K., Tsuchiya T., Aoki M., Chinone N.* // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 58. N 7. P. 675–677.
- [9] *Phillips M.R., Flynn E.J., Dercie T.E.* // CLEO'1993 Technical Digest Series. V. 11. P. 30–32.

Физико-технический институт  
им. А.Ф.Иоффе РАН  
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию  
22 октября 1993 г.