

СПЕКТРАЛЬНАЯ ФОРМА КОНТУРА УСИЛЕНИЯ ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРОВ НА ДВОЙНОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ AlGaAs С НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ АКТИВНОЙ ОБЛАСТЬЮ

Ю.Л. Бессонов, В.Н. Морозов, Чан Минь Тхай, В.Р. Шидловский

УДК 621.373.8.038.825.4

Исследована спектральная форма линии усиления инжекционных гетеролазеров с узким полосковым контактом и низколегированной активной областью.

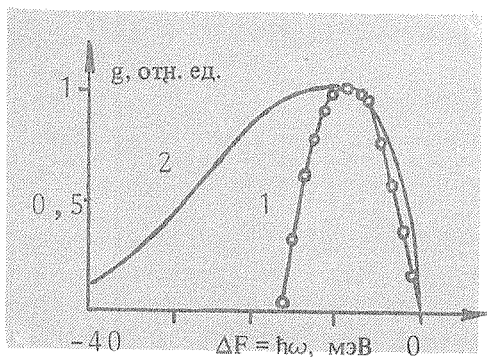
При определении ширины спектра излучения в стационарном режиме генерации и при СВЧ модуляции планарных полосковых гетеролазеров необходимо знать спектральную форму линии усиления на пороге генерации /1, 2/. Легирование активной области акцепторами приводит к существенно-му изменению спектрального профиля коэффициента усиления /3/. Имеется ряд экспериментальных результатов по исследованию спектра усиления в ДГС-AlGaAs лазерах с легированием активной области акцепторами до концентрации $p = 10^{18} \text{ см}^{-3}$ /4, 5/. Интересно также исследование спектра усиления при низком уровне легирования активной области, так как это должно привести к сужению спектра усиления /3/ и, следовательно, к сужению спектра излучения лазера /1, 2/. В данной работе приводятся экспериментальные результаты по исследованию спектрального профиля усиления в планарных полосковых гетеролазерах на AlGaAs с шириной полоскового контакта 5 мкм и уровнем легирования активной области $p = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Все лазеры работали в непрерывном режиме генерации при комнатной температуре, плотность порогового тока составляла 6,7 кА/см², длина резонатора лазеров – 160 мкм.

Для определения спектральной зависимости усиления использовался метод, основанный на измерении мощности излучения на моде резонатора лазера и в соседнем минимуме в спектре суперлюминесценции /6/. Спектр усиления рассчитывался из экспериментальных данных согласно

$$g(\omega_r) = a + \frac{1}{\Gamma L} \left(\frac{1}{2} \ln \frac{1}{R_1 R_2} + \ln \frac{\sqrt{I^+} - \sqrt{I^-}}{\sqrt{I^+} + \sqrt{I^-}} \right), \quad (1)$$

где ω_r – резонансная частота; a – внутренние потери излучения в активной

области; Γ — фактор оптического ограничения; L — длина резонатора; R_1, R_2 — коэффициенты отражения от граней резонатора; Γ^+ — мощность излучения на частоте ω_r ; Γ^- — мощность в соседнем минимуме. Для расчета $g(\omega_r)$ использовались следующие значения; $a = 35 \text{ см}^{-1}$, $\Gamma = 0,35$, $R_1 = R_2 = 0,3$, $L = 160 \text{ мкм}$. Спектры излучения регистрировались дифракционным спектрометром ДФС-12 с разрешением $0,5 \text{ \AA}$.



Р и с. 1. Спектральная зависимость усиления g при $\rho = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $J = 6,7 \text{ кА/см}^2$ (1) и $\rho = 10^{18} \text{ см}^{-3}$, $J = 6,4 \text{ кА/см}^2$ (2).

Результаты экспериментального исследования спектра усиления на пороге генерации представлены на рис. 1: кривая 1 — экспериментальные результаты для наших образцов, 2 — результаты, полученные в [4] для активной области с $\rho = 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

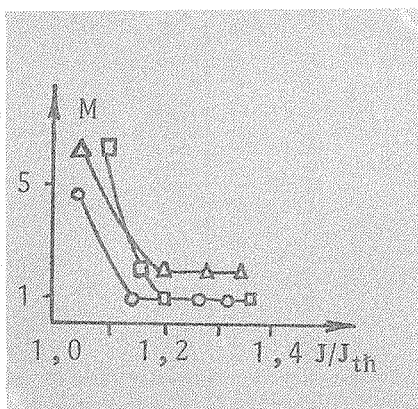
Т а б л и ц а 1

Результаты исследования спектров усиления

№ образца	Ширина спектра усиления, мЭВ	Кривизна спектральной зависимости усиления, $\text{эВ}^{-2} \text{ см}^{-1}$		g_{max} , см^{-1}	$\Delta = \frac{g_0 - g_1}{g_0}$
		справа	слева		
47	11	$5 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^6$	102	$7,2 \cdot 10^{-3}$
52	10	$4,9 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^6$	100	$3,6 \cdot 10^{-3}$
57	10	$5,2 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^6$	96	$8,3 \cdot 10^{-3}$
60	11	$9 \cdot 10^6$	$4,1 \cdot 10^6$	110	$7,2 \cdot 10^{-2}$

Нами оценены возможные ошибки в определении усиления по формуле (1), которые могут возникнуть в связи с неточным определением значений α и Γ . Вариации коэффициентов α и Γ в диапазоне соответственно $25 \div 40$ и $0,3 \div 0,4 \text{ см}^{-1}$ влияют только на максимальное значение усиления, а ширина спектра усиления меняется при этом не более чем на 1 мэВ.

В табл. 1 представлены ширина спектра излучения на пороге генерации $\Delta h\nu$, значение коэффициента усиления в максимуме \bar{g}_{max} , относительный дефицит усиления в соседней с основной продольной моде Δ , а также кривизна контура усиления справа и слева вблизи вершины. Для сравнения укажем, что при использовании в качестве активного слоя GaAs с концентрацией акцепторов $p = 10^{18} \text{ см}^{-3}$ дефициты усиления составляют $(0,9 \div 2) \cdot 10^{-4}$ при таких же, как и в нашем случае, плотностях тока инжекции /4, 5/. Уширение спектра усиления связано, по всей видимости, с увеличением коэффициента усиления на акцепторном уровне при увеличении концентрации примеси /3/.



Р и с. 2. Зависимость числа мод M в спектре излучения от тока накачки для различных образцов.

Таким образом, для сужения спектра усиления и, следовательно, спектра излучения может оказаться удобнее использовать низколегированную активную область. На рис. 2 представлены зависимости числа продольных мод в спектре излучения от относительного превышения тока накачки над пороговым J_{th} (все образцы работали на одной поперечной моде). Лазеры работали, как правило, в стационарном режиме генерации, но отдельные образцы обладали самопроизвольными пульсациями излучения. Однако во всех случаях мы наблюдали достаточно узкий спектр, который при отсутствии пульсаций становился одночастотным.

Важно отметить, что в литературе практически отсутствуют данные по детальному исследованию влияния уровня легирования активной области на характеристики полосковых гетеролазеров с узким контактом. Наши результаты показывают, что изменение уровня легирования активной области позволяет управлять шириной спектра излучения таких лазеров.

Поступила в редакцию 1 октября 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Ю.Л. и др. Квантовая электроника, 12, № 2, 347 (1985).
2. Морозов В.Н. Квантовая электроника, 1, 634 (1974).
3. Александян А.Г., Полуэктов И.А., Попов Ю.М. В сб. Квантовая электроника, под ред. Н.Г. Басова, № 3, 15 (1971).
4. Голдобин И.С. и др. Квантовая электроника, 10, 598 (1983).
5. Елисеев П.Г., Чан Минь Тхай. Квантовая электроника, 1, 1138 (1974).
6. Накки В.В., Рао Ли Т.Л. J. Appl. Phys., 44, 4113 (1973).