

СПЕКТРАЛЬНАЯ СЕЛЕКЦИЯ В ИНЖЕКЦИОННЫХ ПКТ  
С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

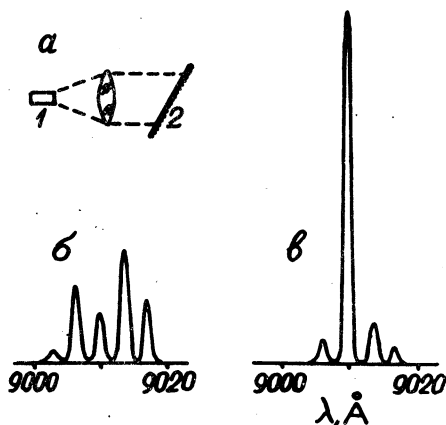
Д. Аккерман, П. Г. Елисеев, М. А. Манько,  
Э. Рааб, Чан Минь Тхай, А. В. Хайдаров, Н. Н. Щукин

УДК 543.42:621:378.325

Рассмотрена задача введения в резонатор инжекционного ПКТ спектрально селективных элементов с целью повышения временной когерентности излучения. Описаны эксперименты с ПКТ, в котором применена отражательная дифракционная решетка.

Повышение выходной мощности инжекционного ПКТ в одностороннем режиме достигается путем увеличения спектральной селективности резонатора ПКТ с помощью составных резонаторов /1/ и частотных фильтров в цепи обратной связи /2/. В настоящем сообщении приводятся результаты исследования ПКТ с дополнительной оптической обратной связью, создаваемой с помощью отражательной дифракционной решетки (ДР); в отличие от предшествующих работ /3,4/ изучены разные варианты введения ДР в резонатор и, кроме того, использованные образцы ПКТ не подвергались просветлению грани, что позволяло использовать селективность собственного резонатора ПКТ. Таким образом, влияние ДР сводится к избирательному повышению добротности собственных типов колебаний диода. Настройка ДР на частоту желаемого типа колебаний, а также дискретная перестройка частоты в пределах полосы усиления ПКТ, производились путем изменения наклона ДР к оптической оси резонатора. В одном варианте излучение ПКТ коллимировалось линзой с целью засветки большого числа штрихов на ДР (см. рис. 1а). В другом варианте (см. рис. 2а) ДР являлась зеркалом составного резонатора /5-7/; в этом слу-

чае число освещенных штрихов ДР и избирательность отражения меньше, чем в первом варианте, но включается дополнительная селективность составного резонатора.



Р и с. 1. Спектральная селекция с помощью дифракционной решетки в цепи внешней обратной связи. а) Оптическая схема: 1 - диод, 2 - дифракционная решетка. б) Спектр излучения при превышении порога на 20% в отсутствие внешней обратной связи. в) Спектр излучения при той же накачке с внешней обратной связью, настроенной в резонанс с одним из внутренних продольных типов колебаний диода (9010 Å).  $T = 300^\circ\text{K}$ , длина резонатора диода 250 мкм, длина внешней цепи вдоль оси резонатора 250 мм, порог генерации 14 а.

Резонансная длина волны отражения ДР определяется формулой

$$\lambda = 2b \sin \beta, \quad (I)$$

где  $b$  - период решетки,  $\beta$  - угол между нормалью к решетке и осью резонатора. В схеме на рис. 1а отраженное монохроматическое излучение образует на зеркале пятно, ширина которого и форма, представляемая функцией  $F(x)$ , зависят от числа освещенных штрихов решетки  $N$ , а также от качества использованного объектива.

Величина избирательного приращеня добротности зависит от соотношения  $h$  и толщины активного слоя  $d$ . При  $d < h$  она

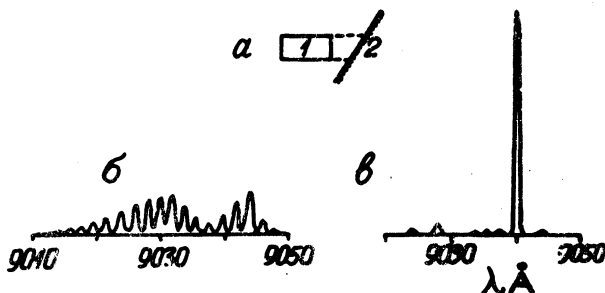
может быть оценена по формуле

$$\Delta Q(\lambda) = \frac{Q^2(1-R)\lambda}{2\pi nL} \left\{ \frac{\eta d}{Rn} F \left[ \frac{(\lambda - \lambda_0)f}{\sqrt{b^2 - \lambda_0^2/4}} \right] \right\}^{1/2}, \quad (2)$$

где  $Q$  - добротность резонатора,  $\eta$  - эффективность ДР,  $f$  - фокусное расстояние объектива,  $L$  - длина резонатора диода,  $R$  - коэффициент отражения на торце диода. Можно показать, что избирательность такой цепи обратной связи ограничена шириной полосы примерно  $0,5 \text{ \AA}$  (при  $\lambda_0 = 9000 \text{ \AA}$  и  $d \leq h$ ). Величина  $\Delta Q/Q$  при оптимальной настройке в реальном случае составляет  $2 \cdot 10^{-2} + 10^{-1}$ . В этих условиях увеличение выходной мощности в одночастотном режиме  $G$  приближенно определяется выражением

$$G = \frac{\Delta G}{4Q} \left( \frac{\Delta \lambda_g}{\delta \lambda} \right)^2, \quad (3)$$

где  $\Delta \lambda_g$  - ширина полосы усиления. При  $\eta = 0,5$ ,  $b = 1,6 \text{ мкм}$ ,  $L = 5 \cdot 10^{-2} \text{ см}$ ,  $R = 0,32$  и при использовании объектива с разрешением 100 штрихов на мм  $G$  составляет примерно 20. В схеме



Р и с. 2. Спектральная селекция с помощью дифракционной решетки в качестве элемента составного резонатора. а) Оптическая схема: 1 - диод, 2 - дифракционная решетка. б) Спектр излучения диода при превышении порога на 35% без составного резонатора. в) Спектр излучения при той же накачке в составном резонаторе при настройке его на один из внутренних продольных типов колебаний диода ( $9040 \text{ \AA}$ ).  $T = 300^\circ \text{K}$ , длина резонатора диода  $500 \text{ мкм}$ , длина воздушного промежутка вдоль оси резонатора  $200 \text{ мкм}$ , порог генерации  $16,5 \text{ а}$

на рис. 1б ДР добавляет к периодической зависимости  $Q(\lambda)$  составного резонатора неперiodическую добавку вблизи желаемой длины волны, причем ширина этой полосы составляет 30–40 Å.

Опыты проведены с инжекционными ПКГ на GaAs при 77°K ( $\lambda = 0,85-0,87$  мкм) и при 300°K ( $\lambda = 0,89-0,91$  мкм), на основе гетероструктур и эпитаксиальных p-n переходов при  $d = 2-3$  мкм. Использовались ДР с числом штрихов на мм 600 ( $\beta \approx 16^\circ$ ) и 1200 ( $\beta \approx 33^\circ$ ). Примеры эффективной спектральной селекции даны на рис. 1 и 2 для двух описанных выше вариантов селективных резонаторов с ДР. Наблюдалось увеличение интенсивности излучения в одном типе колебаний в 15–20 раз; спектральный интервал перестройки  $\lambda$  составил при 77°K более 60 Å вблизи  $\lambda = 8600$  Å. Таким образом, введение ДР в цепь обратной связи позволяет значительно повысить когерентность излучения ПКГ и производить перестройку частоты генерации весьма простым способом в большом спектральном интервале.

Поступила в редакцию  
20 февраля 1973 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. П. Г. Елисеев, Ю. М. Попов, Н. Н. Щуйкин, ЖЭТФ 56, 1412, (1969).
2. Ю. М. Попов, Н. Н. Щуйкин. ФТП, 4, 45 (1970).
3. H. D. Edmonds, A. W. Smith. IEEE J. QE-6, 356 (1970).
4. R. Ludeke, E. P. Harris. Appl. Phys. Letts., 20, 499 (1972).
5. П. Г. Елисеев, И. Исмаилов, М. А. Манько, В. П. Страхов. Письма в ЖЭТФ, 9, 594 (1969).
6. П. Г. Елисеев, М. А. Манько. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 4, 47, (1970).
7. Д. Аккерман, П. Г. Елисеев, А. Кайпер, М. А. Манько, З. Рааб. Квантовая электроника, № 1, 85, (1971).