

## ЭФФЕКТЫ КОНКУРЕНЦИИ ВОЛН В ДВУХМОДОВОМ КОЛЬЦЕВОМ ГАЗОВОМ ЛАЗЕРЕ

*М.В.Данилейко, В.Р.Козубовский, Б.Д.Павлик  
М.Т.Шпак*

Предложен и осуществлен метод получения очень узких и контрастных резонансов в двухмодовом кольцевом газовом лазере. Резонансы возникают в результате скачкообразного изменения режима генерации при прохождении симметричного положения мод относительно центра линии. Обсуждаются их возможные применения.

1. Теоретически и экспериментально исследован эффект образования очень узких и контрастных резонансов в двухмодовом кольцевом газовом лазере, фиксирующих с высокой точностью положение центра доплеровской линии активной среды. Физически эффект связан с конкуренцией бегущих волн при их симметричном положении относительно центра доплеровской линии и проявляется в виде резкой (скачкообразной) смены режимов генерации стоячих и бегущих волн [1]. Эффект может быть использован для повышения стабильности и воспроизводимости оптических стандартов частоты и разрешающей способности нелинейной лазерной спектроскопии [2, 3].

2. Систему уравнений, описывающих режимы генерации двухмодового кольцевого газового лазера, можно записать в виде

$$\dot{I}_n = 2a_n I_n (a_n - \sum_m b_{nm} I_m), \quad (1)$$

где  $l_n = \frac{\mu^2}{2\hbar^2} \frac{E_n^2}{\Gamma} \left( \frac{1}{\Gamma_1} + \frac{1}{\Gamma_2} \right)$  – безразмерная интенсивность  $n$ -й из четы-

рех возможных (рис. а) бегущих волн,  $\alpha_n = 4\pi^{3/2} \frac{\nu \mu^2}{\hbar k u} \bar{N}$  – линейный

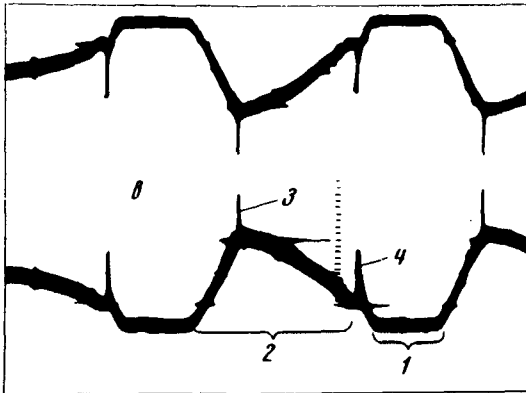
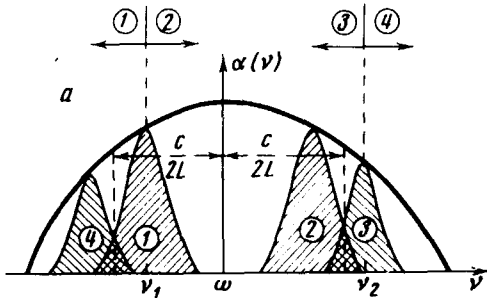
коэффициент усиления  $n$ -й бегущей волны [4],  $b_{nm}$  – параметр насыщения нелинейного усиления  $n$ -й волны в поле  $m$ -й бегущей волны частоты  $\nu^{(m)}$  и амплитуды  $E_m$ , причем

$$b_{ii} = 1, \quad b_{ij} = b_{ji}, \quad b_{13} = b_{24} = 2L(\Delta/\Gamma), \quad b_{14} = b_{23} = L(\xi/\Gamma),$$

$$b_{12} = L(\xi_1/\Gamma), \quad b_{24} = L(\xi_2/\Gamma), \quad a_n = \exp \left\{ - \left( \frac{\nu^{(n)} - \omega}{ku} \right)^2 \right\} - \frac{1}{\eta_n},$$

$$\xi = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2} - \omega, \quad \xi_i = \nu_i - \omega \quad (i = 1, 2), \quad \nu^{(1)} = \nu^{(2)} = \nu_1.$$

$$\nu^{(3)} = \nu^{(4)} = \nu_2, \quad (2)$$



а) Конкуренция бегущих волн (1, 2, 3, 4) за счет кросснасыщения внутри доплеровской линии  $\alpha(\nu)$ ; б – осциллограмма выходной мощности волн, бегущих в одном направлении, как функция частоты в случае  $\Delta/\Gamma < \sqrt{2}$  (1 – область одноволновой генерации, 2 – одна стоячая волна, 3 – две стоячие волны)

где  $\eta_n = \frac{4\pi^{3/2} \mu^2}{\hbar k u} \bar{N} Q_n$  – превышение накачки над пороговым значением

в центре линии ( $Q_n$  – добротность резонатора для  $n$ -й волны),  $\Gamma, ku$  – однородная и доплеровская ширина линии,  $\Gamma_j$  – константа релаксации

$j$ -го ( $j = 1, 2$ ) уровня,  $\Delta = c/L$  – межмодовое расстояние,  $L(x) = (1 + x^2)^{-1}$ . Области существования и устойчивости стационарных решений системы  $I_n^{cm}$  определяется из условий

$$a) I_n^{cm} > 0; \quad б) \operatorname{Re} \lambda < 0, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – собственные значения матрицы  $-2b_{nm}I_n^{cm}$ . При прохождении мод симметричного положения относительно центра доплеровской линии ( $\nu = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2}$  сканируется через  $\omega$ ) происходит резкая смена ре-

жимов генерации. В результате в выходной мощности волн, бегущих в одном направлении, появляются очень узкие и контрастные резонансы. В частности, если  $\Delta/\Gamma < \sqrt{2}$  при определенных соотношениях коэффициентов (2) генерация возможна только на одной из мод за исключением узкой области расстройек вблизи симметричного положения мод, где устойчивы обе моды (стоячие волны). Если же  $\Delta/\Gamma > \sqrt{2}$ , то при сканировании  $\nu$  через  $\omega$  возникает другая последовательность режимов.

3. Экспериментально исследовался He – Ne лазер ( $\lambda = 3,39$  мкм). Резонатор, периметром 3,2 м, был образован тремя зеркалами с коэффициентами отражения  $R_1 = R_2 = 99\%$  и  $R_3 = 80\%$ . Одно из зеркал крепилось на пьезокерамике для сканирования частоты генерации лазера. В резонаторе находилась газоразрядная трубка длиной 70 см. В области давлений He – Ne смеси от 3 тор и выше генерация во всей зоне была одномодовой (рис. б: область 1 – бегущая волна, область 2 – стоячая). При приближении мод к симметричному положению в области расстройек  $|\xi| < 50$  мГц режим генерации одной стоячей волны скачком переходил в режим генерации двух стоячих волн (область 3) и обратно. Поскольку конкурентные резонансы точно фиксируют положение линии усиления, то измеряя их частотное положение (метановый пик (4) использовался как репер) были найдены сдвиг линии Ne<sup>20</sup> и Ne<sup>22</sup> от давления смеси ( $\partial\nu/\partial P = 24,5 \pm 1$  МГц/тор) и их изотопический сдвиг ( $78 \pm 2$  МГц).

Институт физики  
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию  
26 августа 1974 г.

### Литература

- [1] Э.М.Беленов, М.В.Данилейко, В.В.Никитин. Препринт ФИАН, №138, 1969.
- [2] Н.Г.Басов, Э.М.Беленов, М.Н.Вольнов, М.А. Губин, М.В.Данилейко, В.В.Никитин. ДАН СССР, 210, 306, 1973.
- [3] А.В.Гнатовский, Э.М.Беленов, М.В.Данилейко, В.В.Никитин, В.П.Федин, М.Т.Шпак. Письма в ЖЭТФ, 20, 368, 1974.
- [4] W. E. Lamb, Jr. Phys. Rev., 134A, 1429, 1964.