

**ФОРМЫ ЛИНИЙ ГЕНЕРАЦИИ В СИСТЕМЕ ПЕРЕХОДОВ
3s₂-2p₄, 2s₂-2p₄ He-Ne ЛАЗЕРА**

Г. В. Мелехин

На основе теории Лэмба проведен численный расчет зависимостей мощностей излучения на двух связанных переходах (линии 0.6328 и 1.1523 мкм) от перестройки частоты одного из каналов генерации.

В работах [1-3] были рассмотрены условия генерации в двух связанных каналах в системе с общим верхним уровнем и в каскаде.

При этом совершенно не затрагивался вопрос о форме линий генерации при перестройке частоты одного или другого канала, хотя выяснение структуры контура генерации является важным для целей стабилизации.

В данной работе, используя подход, изложенный в работах [2, 3], получены следующие амплитудные уравнения для схемы с общим нижним уровнем:

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= 2I_1(a_1 - \beta_1 I_1 - \theta_{12} I_2), \\ I_2 &= 2I_2(a_2 - \beta_2 I_2 - \theta_{21} I_1). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь индексы 1 и 2 относятся к коротковолновому и длинноволновому каналам соответственно.

В доплеровском пределе коэффициенты α , β , θ имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{\nu_1 A_{12} N_{ac}}{2\varepsilon_0 \hbar K_1 u} \frac{l}{L_1} \frac{\eta_1 Z_{im}(\gamma_{ac}, \Omega_1) - Z_{im}(\gamma_{ac}, 0)}{\eta_1}, \\ \alpha_2 &= \frac{\nu_2 A_{21} N_{bc}}{2\varepsilon_0 \hbar K_2 u} \frac{l}{L_2} \frac{\eta_2 Z_{im}(\gamma_{bc}, \Omega_2) - Z_{im}(\gamma_{bc}, 0)}{\eta_2}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \frac{\nu_1 B_1 N_{ac} a_1 \sqrt{\pi}}{16\varepsilon_0 \hbar^3 K_1 u \gamma_a \gamma_c} \frac{2\gamma_{ac}^2 + \Omega_1^2}{\gamma_{ac}^2 + \Omega_1^2}, \\ \beta_2 &= \frac{\nu_2 B_2 N_{bc} a_2 \sqrt{\pi}}{16\varepsilon_0 \hbar^3 K_2 u \gamma_b \gamma_c} \frac{2\gamma_{bc}^2 + \Omega_2^2}{\gamma_{bc}^2 + \Omega_2^2}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \theta_{12} &= \frac{\nu_1 C_{12} N_{bc} a_{12} \sqrt{\pi}}{16\varepsilon_0 \hbar^3 K_2 u} \left\{ \frac{1}{\gamma_c} \left[\frac{\Gamma_{10}}{\Gamma_{10}^2 + \Omega_{1+}^2} + \frac{\Gamma_{10}}{\Gamma_{10}^2 + \Omega_{1-}^2} \right] + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\Gamma_{10} \Gamma_{1-} - \Omega_{1-}^2}{(\Gamma_{10}^2 + \Omega_{1+}^2)(\Gamma_{1-}^2 + \Omega_{1-}^2)} \right\}, \\ \theta_{21} &= \frac{\nu_2 C_{21} N_{ac} a_{21} \sqrt{\pi}}{16\varepsilon_0 \hbar^3 K_1 u} \left\{ \frac{1}{\gamma_a} \left[\frac{\Gamma_{20}}{\Gamma_{20}^2 + \Omega_{2+}^2} + \frac{\Gamma_{20}}{\Gamma_{20}^2 + \Omega_{2-}^2} \right] + \right. \\ &\quad \left. + \frac{K_2}{K_1} \frac{\Gamma_{20} \Gamma_{2-} - \Omega_{2-}^2}{(\Gamma_{20}^2 + \Omega_{2+}^2)(\Gamma_{2-}^2 + \Omega_{2-}^2)} + \xi \frac{K_1 - K_2}{K_1} \frac{\Gamma_{2-}^2 - \Omega_{2-}^2}{(\Gamma_{2-}^2 + \Omega_{2-}^2)^2} \right\}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\xi = \frac{N_{bc}}{N_{ac}}, \quad \eta_1 = \frac{N_{ac}}{N_{ac}}, \quad \eta_2 = \frac{N_{bc}}{N_{bc}}, \quad (5)$$

$$\Omega_{1\pm} = \Omega_1 \pm \frac{K_1}{K_2} \Omega_2 = \pm \Omega_{2\pm}, \quad (6)$$

\bar{N}_{ac} , \bar{N}_{bc} — пороговые значения разностей заселенностей, Ω_i — расстройка частоты i -го канала. Остальные обозначения такие же, как в работах [2, 3].

Используя экспериментальные значения констант релаксации для переходов $3s_2-2p_4$, $2s_2-2p_4$ He—Ne лазера ($\gamma_a=11 \cdot 10^7$ сек.⁻¹ [4, 5], $\gamma_b=16 \cdot 10^7$ сек.⁻¹ [6], $\gamma_c=5.24 \cdot 10^{+7}$ сек.⁻¹ [5, 7], $K_1u=1010$ Мгц, $K_2u=555$ Мгц), мы рассчитали мощности излучения линий 0.6328 мкм (I_1) и 1.1523 мкм (I_2) соответственно в единицах

$$10^{12} h^2 \frac{A_1}{B_1} \frac{l}{L_1 a_1},$$

$$10^{12} h^2 \frac{A_1}{B_1} \frac{l}{L_2 a_2}$$

в функции частоты генерации коротковолнового канала при фиксированных настройках линии 1.1523 мкм.

Результаты расчета представлены на рис. 1 и 2. Причем на рис. 1а, б и рис. 2, а, б приведены зависимости мощности излучения первого канала, а на остальных — второго.

Превышение усиления над потерями в первом канале $\eta_1=1.039$ обеспечивает одностороннюю генерацию в области ± 200 Мгц при отсутствии генерации в связанном канале.

Решения системы (1) были рассчитаны для двух значений η_2 , равных 1.133 (рис. 1) и 1.032 (рис. 2), и двух значений параметра ξ .

При центральной настройке второго канала ($\Omega_2=0$) линия 1.1523 мкм подавляет генерацию 0.6328 мкм в области ± 40 Мгц (кривая 1 на рис. 1, а). При увеличении расстройки второго канала область подавления сначала увеличивается (кривая 2), а затем разделяется на два участка в окрестности $\Omega_1 = \pm (K_1/K_2) \Omega_2$ (кривая 3). При этом центральный участок области генерации линии 0.6328 мкм имеет обычный лэмбовский провал. Дальнейшее увеличение Ω_2 приводит к уменьшению мощности генерации 0.6328 мкм на крыльях линии и увеличению в центре (кривые 4, 5). Штриховая кривая на рис. 1, а соответствует генерации только в одном канале.

Увеличение параметра ξ при постоянных η_1 и η_2 приводит к увеличению области подавления и уменьшению мощности генерации 0.6328 мкм (рис. 1, б).

Влияние генерации 0.6328 мкм на линию 1.152 мкм для $\eta_1=1.039$, $\eta_2=1.133$ слабое и убывает с увеличением ξ (рис. 1, в, г).

С уменьшением превышения усиления над потерями в канале 1.1523 мкм уменьшается ее мощность генерации и влияние 1.1523 мкм на 0.6328 мкм ослабляется, что проявляется в уменьшении области подавления генерации 0.6328 мкм.

В случае примерно равных параметров $\eta_1=1.039$ и $\eta_2=1.032$ и $\xi=0.5$ генерация 0.6328 мкм подавляет генерацию во втором канале (рис. 2, в). При этом с изменением расстройки Ω_1 от -200 до $+200$ Мгц мощность 1.1523 мкм уменьшается до нуля, имеет острый пик в области $\Omega_1=0$ (при достаточно больших расстройках Ω_2) и снова увеличивается.

Для больших значений параметра ξ влияние линии 1.1523 мкм на 0.6328 мкм увеличивается, что приводит к увеличению глубины и ширины провалов (рис. 2, б) и уменьшается обратное влияние (рис. 2, г).

Следует отметить, что при перестройке канала 0.6328 мкм мощность излучения канала 1.1523 мкм имеет максимум при $\Omega_1=0$, что связано с тем, что перекрытие провалов Беннета в распределении атомов по скоростям приводит к уменьшению мощности излучения 0.6328 мкм и, следовательно, к уменьшению насыщения усиления канала 1.1523 мкм.

Асимметрия формы линий генерации, обусловленная нелинейными интерференционными эффектами [8], наиболее резко проявляется при $\eta_1=\eta_2$ и $\xi=1$ (рис. 2, б, г).

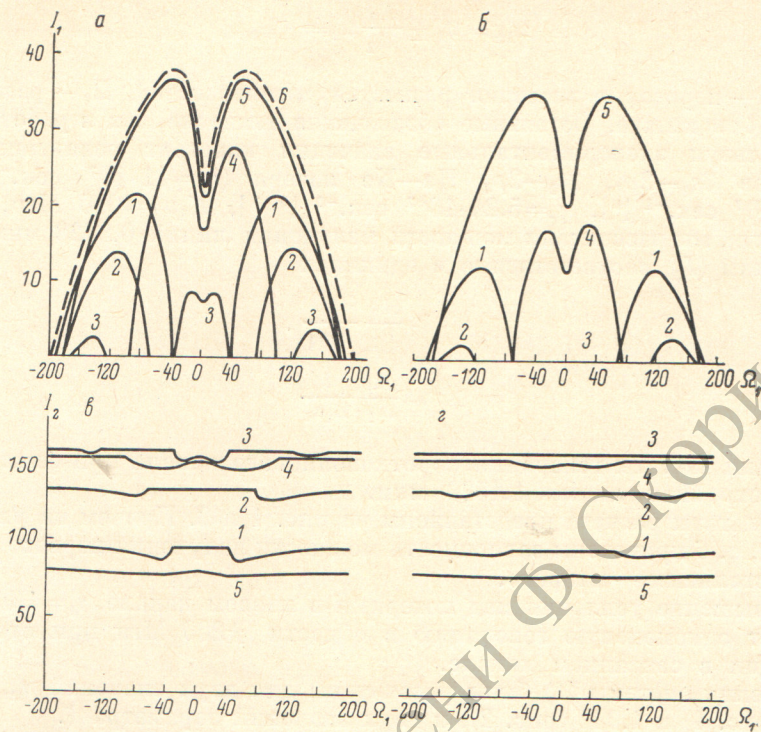


Рис. 1. Зависимости мощностей генерации I_1 (а, б) и I_2 (в, г) от расстройки частоты генерации линии 0.6328 мкм для $\eta_1=1.039$, $\eta_2=1.133$.

а, в — $\xi=0.5$; б, г — $\xi=1$. Расстройка второго канала Ω_2 принимает значения: 1 — 0, 2 — 20, 3 — 40, 4 — 75, 5 — 150, 6 — 200 МГц.

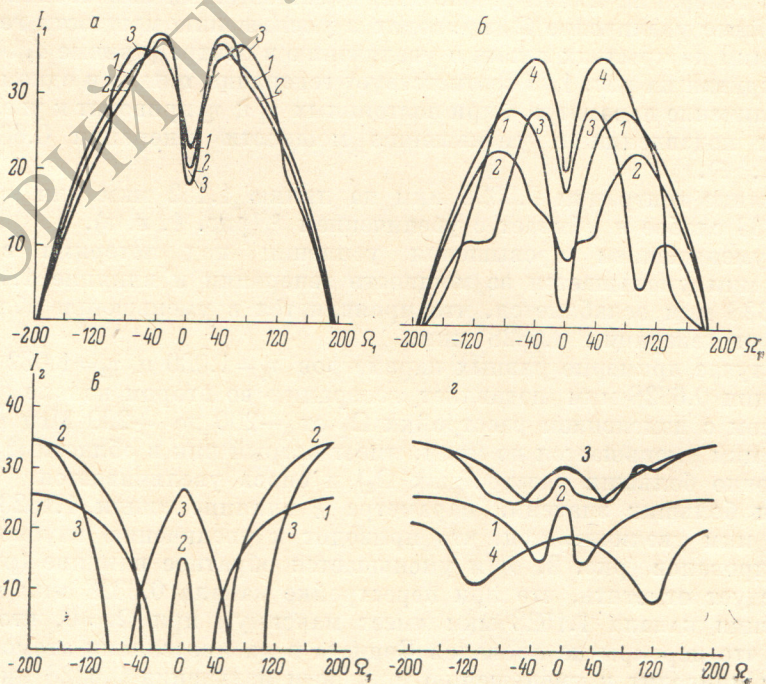


Рис. 2. Зависимости мощностей генерации I_1 (а, б) и I_2 (в, г) от расстройки частоты генерации линии 0.6328 мкм для $\eta_1=1.039$, $\eta_2=1.032$.

а, в — $\xi=0.5$; б, г — $\xi=1$. Расстройка второго канала Ω_2 принимает значения: 1 — 0, 2 — 20, 3 — 50, 4 — 75 МГц.

В этом случае условия для генерации в обоих каналах равноправны и мощности излучения в каналах пропорциональны относительным интенсивностям линий 0.6328 и 1.1523 мкм. При увеличении η_2 асимметрия формы линии генерации сохраняется, если одновременно уменьшается параметр ξ , но, вероятно, это возможно при изменении η_2 в небольших пределах, так как при значительных превышениях над порогом наблюдается подавление генерации более слабого канала и асимметрия формы линии генерации уменьшается.

Таким образом, приведенные зависимости показывают сложную структуру формы линий генерации, что может быть использовано для стабилизации двухканальных лазеров.

Литература

- [1] И. В. Рогова. Опт. и спектр., 25, 401, 1968.
- [2] Г. В. Мелехин. Опт. и спектр., 31, 628, 1971.
- [3] Г. В. Мелехин. Опт. и спектр., 32, 150, 1972.
- [4] А. С. Василенко, В. П. Чеботаев. Ж. прикл. спектр., 6, 536, 1967.
- [5] V. Desormes, M. Dumont. Quant. Electr., QE-4, 916, 1968.
- [6] И. М. Бетеров, Ю. А. Матюгин, В. П. Чеботаев. Письма в ЖЭТФ, 12, 174, 1970.
- [7] W. R. Bennet, R. I. Kindlmann. Phys. Rev., 149, 38, 1966.
- [8] Т. Я. Попова, А. К. Попов, С. Г. Раутиан, Р. И. Соколовский. ЖЭТФ, 57, 850, 1969.

Поступило в Редакцию 17 марта 1973 г.