

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТЫ БИЕНИЙ ВСТРЕЧНЫХ ВОЛН В ДВУХМОДОВОМ КОЛЬЦЕВОМ ЛАЗЕРЕ

А. В. Баранов и Г. А. Строковский

В кольцевом газовом лазере при генерации двух аксиальных мод возможно, как было показано теоретически [1-3], существование четырехволновых синхронизованных режимов генерации (ЧСРГ) с фазой синхронизации ≈ 0 , либо $\approx \pi$ (разность разностей фаз четырех бегущих волн) в зависимости от положения мод на линии усиления. В работе [1] получено выражение для частоты биений встречных волн в ЧСРГ. В работе [4] экспериментально обнаружено существование областей устойчивости ЧСРГ с фазами синхронизации ≈ 0 , либо $\approx \pi$ в He-Ne кольцевом лазере на естественной смеси изотопов неона. При изменении положения мод на линии усиления смена фаз синхронизации на границах областей устойчивости ЧСРГ происходила скачком, либо плавно.

Целью данной работы является исследование поведения частоты биений встречных волн в окрестностях границ областей устойчивости ЧСРГ в кольцевом газовом лазере на естественной смеси изотопов неона ($\lambda = 0.6328$ мкм). Измерения проводились

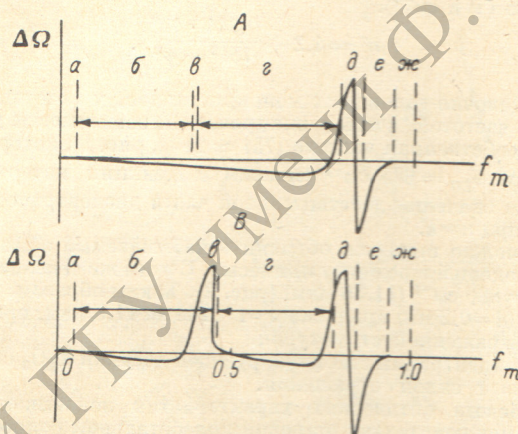


Рис. 1. Качественный ход аномального изменения частоты биений от расстройки мод f_m при увеличении (B) и уменьшении (A) частоты генерации.

на приборе, аналогичном [4]. Превышение усиления над потерями изменялось накачкой постоянным током, либо внесенем в резонатор дополнительных дифракционных потерь. Расстройка $f_m = (\omega_m - \omega_0) / (\omega_m - \omega_n)$ ($\omega_m > \omega_n$ — частоты мод, ω_0 — центральная частота перехода) изменялась напряжением, приложенным к пьезоэлементу, на которых были закреплены сферическое и одно плоское зеркала. Расщепление встречных волн изменялось в пределах $0 \div 30$ кГц магнитным полем соленоида, наложенным на невзаимный фарадеевский элемент. Частота биений Ω измерялась аналоговым частотомером и записывалась на двухкоординатном самописце в зависимости от напряжения на пьезоэлементе. На рис. 1 приведен пример такой диаграммы, причем по оси абсцисс отложена расстройка f_m , а по оси ординат $\Delta = \Omega - \Omega_0$ (Ω_0 — частота биений в одномодовом режиме). В ситуации, приведенной на рис. 1 (почти всю область расстройки $0 \leq f_m \leq 1$ занимает двухмодовый режим), разграничены области устойчивости режимов генерации: а — область одномодовой генерации моды «m», б — область ЧСРГ с фазой $\psi_1 \approx 0$, в — область ЧСРГ с фазой $\psi_2 \approx \pi$, г — область ЧСРГ с фазой $\psi_3 \approx 0$, ж — область одномодовой генерации моды «n». В узкой области е ($\ll 1$ МГц) при четырехволновой генерации синхронизованный режим неустойчив и фаза синхронизации меняется скачком, виден гистерезис границы областей устойчивости ЧСРГ (на рис. 1, B частота генерации увеличивается, на рис. 1, A — уменьшается). На расстоянии ~ 20 МГц от границы одномодового режима обнаружена область шириной $\sim 2 \div 3$ МГц (д), где фаза синхронизации меняется плавно, причем внутри этой области также возможно (но необязательно) существование узкой полосы неустойчивости синхронизованного режима четырехволновой генерации.

В исследованной области расщеплений (практически от захвата до 30 кГц) внутри областей устойчивости ЧСРГ частота синхронизованных биений изменяется монотонно (рис. 1). В окрестностях границ областей устойчивости синхронизованных режимов частота биений изменяется аномально сильно. Только на границе областей

δ — уменьшение частоты генерации сопровождается небольшим (20–100 Гц) изменением частоты биений (незаметным в масштабе на рис. 1, А), что совпадает с предсказанием теории [1]. При изменении расстройки в обратном направлении наблюдается гистерезис (рис. 1, В): частота биений по мере приближения к границе вырисовывает контур аномальной высоты (500–1500 Гц), причем крутой спад контура происходит почти синхронно со сменой режима генерации (ЧСРГ).

Аномальным изменением частоты биений встречных волн сопровождается также изменение расстройки от границы однододового режима до границы ЧСРГ с фазой $\psi_2 \approx \pi$ и в обратном направлении без гистерезиса (области δ и ϵ на рис. 1, А и В). Если области δ и ϵ разделены полосой рассинхронизации, то форма зависимости такая, как на рис. 1, А и В. В противном случае контур симметричен и может быть аппроксимирован функцией Лоренца, так же как и плавная часть контура в окрестности скачкообразной смены режима (область ϵ на рис. 1, В).

В работе [1] (17) получено выражение для «ошибки» измерения резонаторного расщепления встречных волн (разность измеряемой частоты биений Ω и резонаторного расщепления Ω_p) в области устойчивости ЧСРГ в виде разложения, ограниченного тремя членами ряда

$$\Omega - \Omega_p = a_1 \Omega_p + a_0 + a_{-1} \Omega_p^{-1}, \quad (1)$$

где a_1 — функция линейной и нелинейной дисперсии, a_{-1} — функция обратного рассеяния (определяет ширину



Рис. 2. Зависимость величины $\Delta\Omega$ и полуширины (по расстройке) δ аномальной «ошибки» от резонаторного расщепления встречных волн и относительной интенсивности I_Φ .

a — коэффициент аппроксимации: $a_{-1} \cdot 10^{-5} \approx 30$ Гц², $a_1 \cdot 10^3 \approx 10$ Гц, a_0 (соответственно кривые 1–5) 980, 810, 700, 450, 30 Гц; I_Φ (соответственно кривые 1–5) 0,90, 0,79, 0,69, 0,59, 0,49. b — коэффициент аппроксимации: $a_{-1} = 0$, $a_1 \cdot 10^{-9} = 3,3$ –1,5, a_0 (МГц), (соответственно кривые 1–5), 6,3, 5,3, 4,3, 3,9, 2,6 МГц; I_Φ (соответственно кривые 1–5), 0,69, 0,79, 0,90.

зоны захвата Ω_3), a_0 — «невозможность» (учитывает все невозможные эффекты). Измерения ширины зоны захвата Ω_3 внутри областей устойчивости ЧСРГ (области δ и ϵ на рис. 1) показали, что она зависит от режима генерации. Усредненные по расстройке в этих областях величины Ω_3 составили 700 и 400 Гц, тогда как в однододовом режиме — 500 Гц.

Изменения частоты биений встречных волн при переключении направления магнитного поля, наложенного на невязанный элемент, измеренные на участках монотонной зависимости частоты биений от расстройки в областях устойчивости ЧСРГ, показали сильную зависимость «невозможности» (т. е. a_0) от суммарной интенсивности мод в одном направлении I_Φ (интенсивность изменялась током разряда в кювете). Изменения a_0 при изменении тока в кювете на 1 мА составляли ≈ 100 Гц в однододовом режиме, 90 и 80 Гц в ЧСРГ в областях δ и ϵ . Величина лентмюровской «невозможности» (дрейф атомов в кювете) была порядка 67 Гц/мА. Контур аномального изменения частоты биений при переключении направления магнитного поля изменяли свое расположение на симметричное относительно уровня, соответствующего однододовому режиму. Такие изменения a_0 согласуются с предположением о нелинейном характере «невозможности» [8].

Очевидно, что аномальное изменение частоты биений в областях устойчивости ЧСРГ также входит в «ошибку» измерения резонаторного расщепления. Из [1] (17) видно, что аномальное изменение частоты биений от расстройки f вблизи симметричного положения мод на линии усиления может определяться изменением разности интенсивностей встречных волн в моде J_p . Это подтверждается измерениями зависимости суммарной интенсивности мод в каждом из направлений от расстройки, которая повторяет контур аномального изменения частоты биений в области смены фазы $\psi_1 \approx 0$ на $\psi_2 \approx \pi$.

На рис. 2 приведены результаты аппроксимации зависимости от расщепления высоты $\Delta\Omega$ (рис. 2, а) и полуширины δ (рис. 2, б) контура аномального изменения частоты биений методом наименьших квадратов к функции «ошибки» (1) для ряда значений I_Φ , нормированных на максимальное значение на границе 4-волнового и 6-волнового режимов генерации и указаны коэффициенты аппроксимации. Для области плавной смены фаз режимов (ЧСРГ) такая аппроксимация дает аналогичные результаты и коэффициенты аппроксимации близки по величине.

Исследование монотонного хода зависимости частоты биений от расстройки вблизи симметричного положения мод (ЧСРГ $\psi_2 \approx \pi$) показало, что область монотонного изме-

нения частоты биений хорошо описывается существующей одноизотопной теорией [1]. Аномальное изменение «ошибки» вблизи симметричного положения мод качественно согласуется с предсказанным этой теорией, тогда как количественное расхождение и асимметрия областей устойчивости ЧСРГ по расстройке, возможно, объясняется примесью второго изотопа неона и тем, что теоретически не рассматривалось влияние границ областей устойчивости ЧСРГ на «ошибку».

Авторы благодарны Э. Е. Фрадкину и В. А. Соколову за полезное обсуждение.

Литература

- [1] Э. Е. Фрадкин, В. А. Соколов. ЖТФ, 43, 2367, 1973.
- [2] В. А. Веткин, А. М. Хромых. Опт. и спектр., 29, 855, 1970.
- [3] С. Г. Зейгер. ЖТФ, 38, 68, 1968.
- [4] Г. А. Строковский. Опт. и спектр., 40, вып. 5, 1976.
- [5] В. А. Зборовский, Э. Е. Фрадкин. ЖЭТФ, 66, 1219, 1974.

Поступило в Редакцию 4 июля 1975 г.

УДК 535.37+535.34]: 546.18

О ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ФОСФОРА RbCl-Ag И СОЕДИНЕНИЯ Rb_2AgCl_3

И. С. Бобкова и Н. И. Иванова

Фосфор RbCl-Ag подробно не исследовался. В литературе есть сведения о существовании полосы люминесценции [1-3] и активаторных полос поглощения [2, 4], которые приписываются первым центрам, т. е. отдельным ионам Ag^+ , встроенным в основание по типу твердого раствора замещения. В спектрах термолюминесценции, кроме того, наблюдалось также несколько длинноволновых полос [3]. На диаграмме состояния системы RbCl-AgCl не указывается существования в заметных пределах твердых

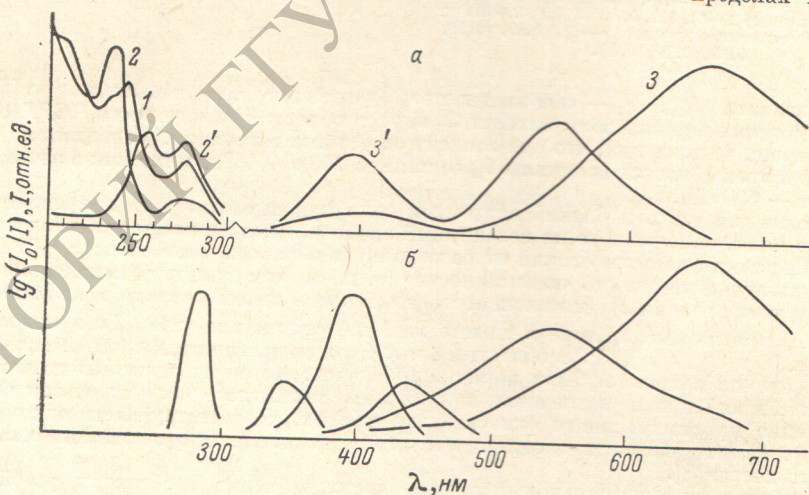


Рис. 1.

a — спектр поглощения 1 при комнатной температуре, спектры возбуждения 2 ($\lambda_{\text{люм.}} = 600 \text{ нм}$) и 2' ($\lambda_{\text{люм.}} = 390 \text{ нм}$) и люминесценции 3 ($\lambda_{\text{в.зб.}} = 235 \text{ нм}$) и 3' ($\lambda_{\text{в.зб.}} = 275 \text{ нм}$) при 77 К Rb_2AgCl_3 ; b — полосы люминесценции фосфора RbCl-Ag при 77 К.

растворов или соединений [5]. Согласно результатам работ [1-4], однако, можно предполагать, что при малых концентрациях активатора твердые растворы образуются. Мы получили люминесцирующее комплексное соединение Rb_2AgCl_3 . Таким образом, в системе RbCl-AgCl , по-видимому, сосуществуют твердый раствор замещения и довольно устойчивое комплексное соединение. Эти особенности системы делают ее весьма интересной для исследования природы центров люминесценции.

Соединение Rb_2AgCl_3 было получено при медленном охлаждении горячих конденрированных растворов. Состав установлен весовым анализом. Rb_2AgCl_3 кристаллизуется в виде мелких, бесцветных, оптически анизотропных иголок. Соединение разлагается при плавлении вблизи 320°C , а также под действием воды или спирта. Спектры поглощения, люминесценции и возбуждения представлены на рис. 1, a . Rb_2AgCl_3