

ВОЗБУЖДЕНИЕ ВКР С ПРИМЕНЕНИЕМ ОКГ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ¹⁾

Ф.А.Королев, В.И.Одинцов, Е.Ю.Сожолова

Известно, что помещение комбинационно-активного вещества внутрь резонатора ОКГ позволяет существенно снизить пороговую мощность ОКГ как за счет образования резонатора для излучения вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР), так и за счет больших потоков лазерного излучения внутри резонатора [1, 2]. При данной мощности ОКГ, т. е. мощности, выделяемой рабочим веществом лазера, мощность потоков лазерного излучения в резонаторе определяется величиной потерь, которые вносятся активным элементом, зеркалами и оптическими деталями в резонаторе, а также кюветой с веществом. Эти потери не могут быть сделаны очень малыми. Например, при использовании рубинового ОКГ полные потери составляют 20 – 50% на проход и более. Следовательно, в этом случае мощность потоков возбуждающего излучения в резонаторе всего в несколько раз превышает мощность ОКГ.

В настоящей работе предложен метод возбуждения ВКР, в котором может быть достигнута мощность потоков возбуждающего излучения в 100 и более раз превышающая мощность ОКГ. Метод основан на возбуждении ВКР в конфокальном резонаторе малой длины, расположенном внутри резонатора ОКГ и заполненном комбинационно-активным веществом. Возникновение генерации в резонаторе ОКГ сопровождается установлением внутри конфокального резонатора таких потоков возбуждающего излучения, которые по своей величине во много раз превышают потоки в резонаторе ОКГ. В сочетании с высокой добротностью

¹⁾ Заявка на изобретение №1467771/26–26 с приоритетом от 30 июля 1970 г.

конфокального резонатора для излучения первой стоксовой компоненты это обеспечивает возбуждение ВКР при относительно малой мощности возбуждающего ОКГ²⁾.

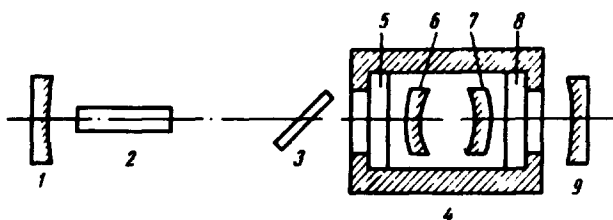


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки с конфокальным резонатором, которая была использована для возбуждения ВКР в метане. Здесь 1, 9 — зеркала образующие резонатор рубинового ОКГ длиной 150 см, 2 — рубиновый стержень, 6, 7 — зеркала конфокального резонатора радиусом 22 мм, 4 — кювета с метаном при давлении 70 атм, 5, 8 — окна кюветы, 3 — делительная стеклянная пластина. Коэффициент отражения зеркал конфокального резонатора на длине волны лазера составлял 90%, а на длине волны первой стоксовой компоненты 8708 Å — 96%.

При падении на конфокальный резонатор не согласованного с ним пучка излучения, соответствующего какой-либо поперечной моде ОКГ, с частотой, лежащей в пределах резонансной полосы конфокального резонатора, в последнем возникают потоки излучения, образующие двухпучковую кольцевую моду (см. рис. 2). Поток излучения в конфокальном резонаторе P_2^+ связан с падающим на резонатор потоком P_1^+ соотношением:

$$P_2^+ = m \frac{1 - \eta}{(1 + \xi)^2} \frac{1}{1 - R} P_1^+, \quad (1)$$

где $\eta = Q/(1 - R)$; $\xi = \alpha/(1 - R)$; R, Q — коэффициенты отражения и поглощения зеркал на длине волны лазера, α — коэффициент потерь на один проход в конфокальном резонаторе для излучения ОКГ, m — коэффициент, учитывающий расстройку по частоте.

Из (1) следует, что при $\xi, \eta \ll 1$, $m \sim 1$, $1 - R \ll 1$ потоки внутри конфокального резонатора P_2^+ и $P_2^- = R P_2^+$ могут во много раз превышать падающий поток P_1^+ . Эффективный коэффициент отражения системы, состоящей из конфокального резонатора и зеркала 9 (см. рис. 1) равен

$$R^* = m^2 \left(\frac{1 - \eta}{1 + \xi} \right)^4 R, \quad (2)$$

2) Вместо конфокального резонатора возможно применение резонатора типа интерферометра Фокса — Смита, однако в этом случае возникает необходимость в согласовании мод. Кроме того, возможно использование различных вырожденных резонансных систем [3].

где R' — эффективный коэффициент отражения зеркала 9 с учетом потерь на пути между зеркалом и резонатором. В описываемой установке вследствие малой длины конфокального резонатора по сравнению с резонатором ОКГ и не слишком высокого коэффициента отражения его зеркал на длине волны ОКГ ширина резонансной полосы конфокального резонатора существенно превышала расстояние между соседними аксиальными модами резонатора ОКГ. При этом генерация ОКГ должна возникать на частотах, близких к центру резонансной полосы конфокального резонатора и $m \sim 1$.

Для суммарной величины потоков возбуждающего излучения (в обоих направлениях) может быть получено выражение

$$P_{\text{возб}} = \frac{1+R}{1-R} \frac{1}{1+\xi} \frac{P_{\text{ген}}}{\kappa + 2(\xi + \eta)}, \quad (3)$$

где $P_{\text{ген}}$ — мощность генерации ОКГ, κ — коэффициент потерь на проход в резонаторе ОКГ при отсутствии конфокального резонатора (при $\xi, \eta, R = 0$). Эта величина может во много раз превосходить мощность возбуждающего излучения без конфокального резонатора $P'_{\text{возб}} = P'_{\text{ген}}/\kappa$, где $P'_{\text{ген}}$ — мощность генерации при отсутствии конфокального резонатора, которая в случае работы ОКГ значительно выше порога близка к $P_{\text{ген}}$. Отметим, что для снижения абберации в конфокальном резонаторе желательно уменьшение поперечных размеров световых пучков на его зеркалах, что может быть сделано, например, с помощью линзы, устанавливаемой перед резонатором.

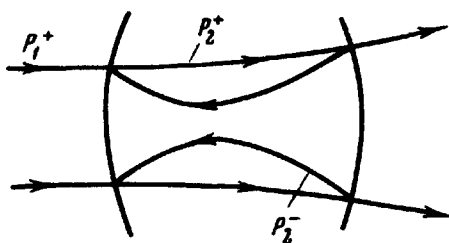


Рис. 2. Образование двухпучковой кольцевой моды в конфокальном резонаторе

Ниже приводятся основные экспериментальные результаты. Практически при самом пороге генерации ОКГ фиксировалось возбуждение первой стоксовой и первой антистоксовой компонент ВКР. Первая стоксова компонента ВКР возбуждалась в виде основной двухпучковой моды конфокального резонатора. Конфокальный резонатор осуществлял эффективную селекцию поперечных мод ОКГ, отражая в активный элемент ОКГ излучение практически только основной моды. Однако вследствие неоднородностей рубинового стержня размер пятна излучения, падающего на конфокальный резонатор превышал размер пятна для основной моды. При пороге ВКР импульс ОКГ состоял из 5 — 10 "пичков", длительностью 0,5 — 1 мксек. Излучение первой стоксовой компоненты ВКР также состояло из нескольких пичков длительностью 0,1 — 1 мксек. В отличие от лазерного излучения, "пички" стоксова излучения имели характерный крутой фронт. Оценки пороговой мощности дали для обратного потока, идущего от конфокального резонатора в рубиновый стержень, величину $P_1^- \sim 20 \text{ вт}$. При учете потерь на непросветленных оптических деталях эффективный коэффициент отражения

составлял 36%, что дает для падающего потока ~ 60 см. В действительности мощность падающего потока была ~ 130 см. и, следовательно, приблизительно половина этого потока, относящаяся преимущественно к излучению высших мод, отражалась конд окальным резонатором в стороны. Это можно объяснить искажением модовой структуры излучения в рубиновом стержне, влиянием аберраций конд окального резонатора и возможной неточностью в юстировке.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
12 ноября 1970 г.

Литература

- [1] M.Geller, D.P.Bortfeld, W.R.Sooy, E.J.Woodbury. Proc. IEEE, 51, 1236, 1963.
 - [2] Е.Б.Александров, А.М.Бонч-Бруевич, Н.Н.Костяк, В.А.Ходовой. ЖЭТФ, 49, 1435, 1965.
 - [3] J.A.Arnaud. Appl. Opt., 8, 189, 1969.
-