

УДК 043

ФИЗИКА

Р. Б. Костанян, Т. А. Папазян, П. С. Погосян

Влияние когерентности на энергетические характеристики ОКГ

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 20/II 1969)

В большинстве случаев, в ОКГ употребляются резонаторы типа Фабри-Перо. В таком резонаторе, с активной средой одновременно взаимодействуют две волны, распространяющиеся в противоположных направлениях. При этом учет интерференции между встречными волнами внесет заметную поправку к результатам, полученным на основе уравнений баланса.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования влияния интерференции встречных волн на энергетический выход ОКГ с пассивным затвором. Полученные данные сравниваются с теоретическими расчетами.

1. Если коэффициенты отражений зеркал резонатора близки к единице, то можно считать, что энергия импульсов мало меняется по длине образца. В этом случае можно написать:

$$U_1(x) = U_1(0) + \left(\frac{dU_1}{dx}\right)_{x=0} \cdot L, \tag{1}$$

$$U_2(x) = U_2(0) + \left(\frac{dU_2}{dx}\right)_{x=0} \cdot L, \tag{2}$$

где $U_{1,2} = \int_0^{\infty} J_{1,2} dt$ — число фотонов проходящих через единицу поверхности за время импульса, для волн распространяющихся по положительному направлению x (слева направо) и по обратному направлению соответственно.

L — длина образца.

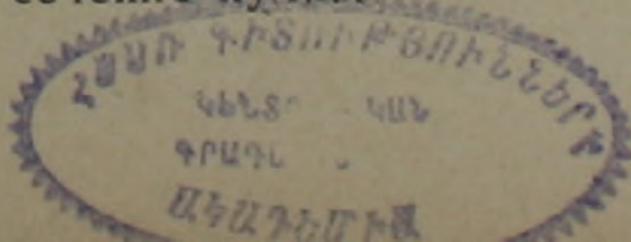
Выходные энергии слева и справа соответственно будут

$$Q_1 = (1 - r_1) U_1 S \varepsilon, \tag{3}$$

$$Q_2 = (1 - r_2) U_2 S \varepsilon,$$

где $\varepsilon = h\nu$ — энергия кванта.

S — поперечное сечение пучка.



Связь между U_1 и U_2 на концах активного элемента дается соотношением:

$$\begin{aligned} U_2(L) &= r_2 U_1(L); \\ U_1(0) &= r_1 U_2(0). \end{aligned} \quad (4)$$

Далее предположим, что во время генерации накачка и спонтанное излучение не меняет заселенностей уровней $\left(W = \frac{1}{\tau} = 0 \right)$.

Тогда используя уравнения, приведенные в (1, 2) можно получить простые соотношения для энергических выходов генератора. Опуская вычисления, приведем окончательные результаты расчетов.

По балансной теории (1) получается:

$$\sigma U_2^B(0) = \frac{\Delta_0}{2(1+r_1)\Delta_{\text{пор}}} [1 - e^{-2(1+r_1)\sigma U_2^B(0)}] \quad (5)$$

связь между $U_2^B(0)$ и $U_1^B(L)$ дается выражением

$$U_1^B(L) = \frac{2r_1}{1+r_1r_2} U_2^B(0). \quad (6)$$

Соответствующие решения, по квазиклассической теории (2) имеют вид:

$$\sigma U_2^k(0) = \frac{\Delta_0}{2(1+r_1)\Delta_{\text{пор}}} \{1 - I_0[2\sigma(1+r_1)U_2^k(0)] \cdot e^{-2(1+r_1)\sigma U_2^k(0)}\} \quad (7)$$

$$U_1^k(L) = \frac{2r_1}{1+r_1r_2} U_2^k(0), \quad (8)$$

где Δ_0 — начальная перенаселенность.

$\Delta_{\text{пор}} = \frac{\beta}{\sigma} + \frac{1}{L\sigma} \frac{1-r_1r_2}{1+r_1r_2}$ — пороговое значение перенаселенности.

β — коэффициент нерезонансных потерь.

σ — эффективное поперечное сечение для перевода атомов с нижнего уровня на верхний или обратно.

$I_0[2\sigma(1+r_1)U_2^k(0)]$ — функция Бесселя нулевого порядка, от мнимого аргумента.

Заметим, что взаимодействие встречных волн, приводит к уменьшению выходных энергий генератора (ср. формулы (5) и (7)). При этом их отношение остается постоянным (ср. формулы (6) и (8)).

Следует отметить, что формулы (7) и (8) получены из квазиклассической теории, в предположении, что длина когерентности излучения намного больше образца. В обратном случае, они переходят в формулы (5) и (6).

2. Эксперименты проводились на рубиновом генераторе с пассивным затвором. В качестве пассивного затвора использовался раствор фталоцианина—ванадия в нитробензоле, который помещался около одного

зеркала резонатора. Длина резонатора составляла 120 см. Коэффициенты отражения зеркал резонатора были равны $r_1 = r_2 = 87\%$. Длина активного образца — 12 см.

С помощью интерферометра Майкельсона оценивалась длина когерентности выходного излучения генератора, которая составляла порядка 50 см. Заметим, что намеченная длина определяется не только временной, но и пространственной когерентностью. Таким образом, встречные волны в резонаторе могли интерферировать между собой только на расстоянии порядка 25 см от зеркал.

Выходные энергии слева и справа измерялись одновременно двумя идентичными калориметрами. Определялась зависимость выходных энергий от накачки при двух положениях активного элемента в резонаторе:

а) рубин помещался вплотную к одному из зеркал или к кювете с раствором, что соответствует квазиклассическому случаю;

б) рубин помещался в середине резонатора, что соответствует баланскому случаю, поскольку встречные волны в средней части резонатора не интерферируют.

На рис. 1 приведен график зависимости величины $\eta = \frac{Q_1^k}{Q_1^b}$ от относительного превышения накачки над пороговым значением $\frac{W}{W_{пор}}$.

Где Q_1^k — выходная энергия генератора, когда рубин находился вплотную к одному из зеркал, а Q_1^b — когда рубин находился в середине резонатора.

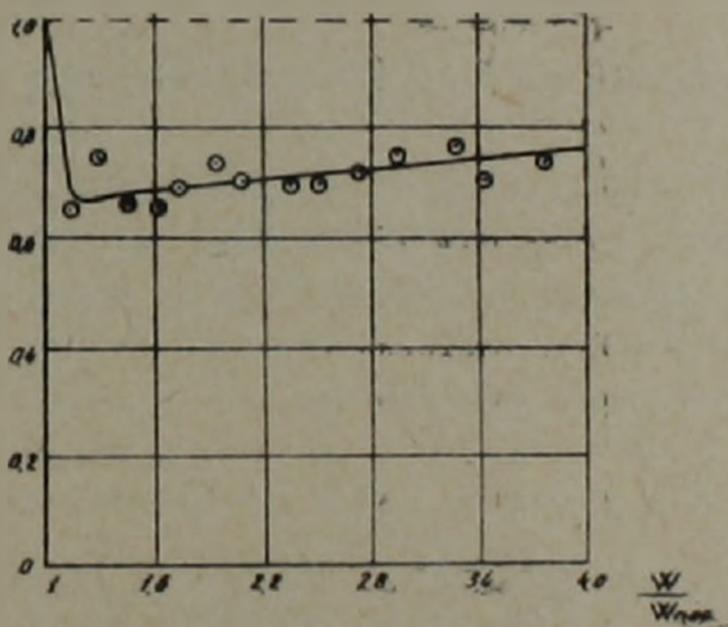


Рис. 1

Кривая на рисунке рассчитана по формулам (5) и (7). Причем, в расчетах принималось, что относительное превышение перенаселенности над пороговым значением $\frac{\Delta_0}{\Delta_{пор}}$, совпадает с $\frac{W}{W_{пор}}$. Хотя такое допущение не совсем оправдано, но как видно из рисунка, экспериментально полученные данные хорошо совпадают с расчетами.

Заметим, что максимальное отклонение выходной энергии из-за ин-

терференции встречных волн достигается при значении $\frac{W}{W_{\text{пор}}} = 1,25$ и составляет примерно 30%.

Составлялись также отношения выходных энергий слева и справа для вышеуказанных двух положений рубина в резонаторе.

В обоих случаях эти отношения оставались постоянными $\frac{Q_1^b}{Q_2^b} = \frac{Q_1^k}{Q_2^k} = \text{const}$, что хорошо согласуется с формулами (6) и (8) (рис. 2).

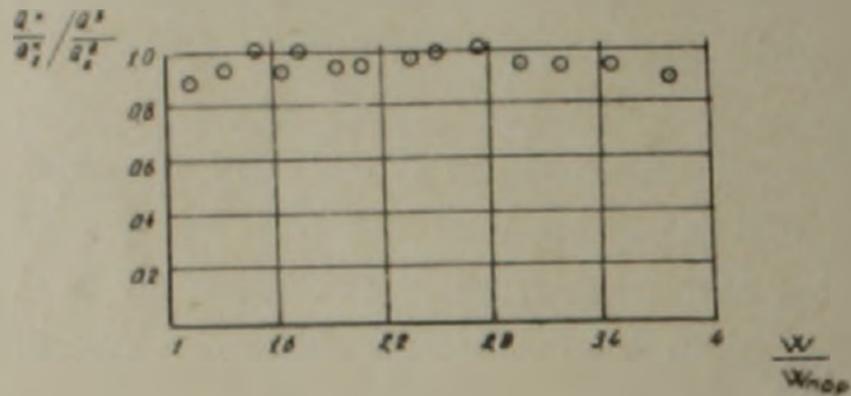


Рис. 2

Авторы признательны проф. М. Л. Тер-Микаеляну и В. М. Арутюняну за обсуждения.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР
Ереванский государственный университет

Ռ. Բ. ԿՈՍՏԱՆՅԱՆ, Խ. Ա. ՓԱՓԱԶՅԱՆ, Պ. Ս. ՊՈՂՈՍՅԱՆ

Կոհերենտության ազդեցությունը ՈՔԳ-ի էներգետիկ բնութագրերի վրա

Քերվում է փորձնական հետազոտությունների արդյունքները պասսիվ փականով օպտիկական թվանտային զենեռատորի (ՈՔԳ) էներգետիկ բնութագրերի վրա կոհերենտության ազդեցության վերաբերյալ: Ատաղված արդյունքները համեմատվում են տեսական հաշվարկների հետ:

Ցույց է տրվում, որ հանդիպակաթ ալիքների փոխազդեցության շնորհիվ ՈՔԳ-ի էներգետիկ ելքը կարող է փոքրանալ ամենաշատը 30-տոկոսով:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1 А. Л. Микаэлян, М. Л. Тер-Микаелян, ДАН СССР, т. 155 № 6 ст. 1298 (1964).
2 В. М. Арутюнян, ЖЭТФ, т. 53 № 1, (7), стр. 183, 1967.