

## ОПТИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР С ДИФРАКЦИОННОЙ ШИРИНОЙ ДИАГРАММЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

А.Л.Микаэлян, А.В.Коровицын, Л.В.Наумова

Как известно [1,2], в оптическом генераторе одновременно возбуждается большое число различных типов колебаний, резонансные частоты которых расположены внутри линии люминесценции активного вещества. Это не только ухудшает когерентность излучения, но также существенно искажает диаграмму направленности, которая становится широкой и изрезанной. Последнее обстоятельство затрудняет использование оптических генераторов для ряда научных и технических применений.

Существующие методы селекции колебаний с целью создания режима генерации на одном низшем типе ( $TEM_{00q}$ ) основаны на введении в резонатор различных оптических элементов и мало пригодны, так как вносят большие потери. В связи с этим мы рассмотрели метод селекции колебаний, основанный на подборе такой конфигурации резона-

тора, в котором дифракционные потери собственных типов колебаний существенно различны. Принципиально этим свойством обладает обычный конфокальный резонатор, но лишь при размерах, соответствующих очень малым числам Френеля  $N < 1$ , где  $N = z^2 / \lambda L$ ,  $z$  - радиус зеркала,  $L$  - длина резонатора. При  $z \sim 1$  см,  $\lambda = 10^{-4}$  см и  $N \sim 1$  длина резонатора  $L$  должна быть более ста метров, что для газовых лазеров реализовать невозможно.

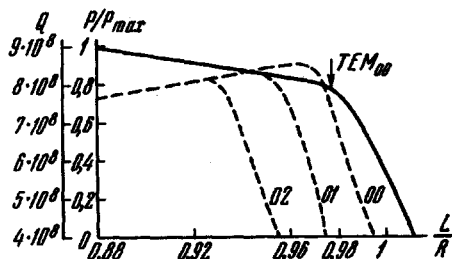


Рис. I

Предлагаемый ниже резонатор состоит из плоского и сферического зеркал, расположенных на расстоянии  $L$ , близком к радиусу кривизны  $R$  сферического зеркала. На основе обобщенной теории резонаторов [3] можно показать, что такая конфигурация при  $R > L$  эквивалентна конфокальной системе, имеющей зеркала радиусом кривизны  $R_3 = \sqrt{4L(R-L)}$ . Дифракционные потери рассматриваемого резонатора определяются эквивалентным числом Френеля

$$N_3 = \frac{z^2}{\lambda L} \sqrt{\frac{L}{R} \frac{R-L}{R}}.$$

В этом случае при приемлемых геометрических размерах резонатора число Френеля может быть сделано весьма малым соответствующим подбором расстояния между зеркалами.

Таким образом при длине резонатора, достаточно близкой к радиусу кривизны сферического зеркала, добротность основного типа колебаний будет существенно выше добротности других типов (см. пунктирные кривые на рис. I), что позволяет реализовать однополовой режим генерации.

Этот вывод подтверждается результатами экспериментов, проведенных на гелий-неоновом генераторе. Генератор имел разрядную трубку длиной 1100 мм и диаметром 4 мм и в зависимости от исполь-

зуемых зеркал мог излучать на длинах волн 0,63 или 1,15 мк. Радиус кривизны сферического зеркала составлял 1300 мм.

Мы исследовали зависимость выходной мощности генератора и количества возбуждающихся в нем различных типов колебаний от длины резонатора. Измерение мощности излучения производилось калориметром, одновременно визуально или с помощью электронно-оптического преобразователя просматривалась структура поля излучения генератора. Спектр излучения исследовался путем выделения разностных частот между колебаниями различных типов. Разностные частоты возникали на выходе фотоумножителя ФЭУ-62 при фокусировке на его фотокатоде излучения генератора. Они лежали в радиодиапазоне и исследовались на анализаторе спектров типа С4-9 и С4-8.

Как показано на рис. 1, при увеличении длины резонатора до значений, близких к радиусу кривизны сферического зеркала, выходная мощность генератора уменьшалась незначительно. Однако картина поля излучения и спектр разностных частот претерпевали существенные изменения. При расстояниях между зеркалами, значительно меньших радиуса кривизны, наблюдалось много различных поперечных типов колебаний и соответственно большое количество линий в спектре разностных частот. С увеличением  $L$  число типов постепенно сокращалось. Наконец, при  $L/R \geq 0,975$  оставался лишь один основной поперечный тип колебаний  $TEM_{00}$ . При этом в спектре наблюдалась лишь частота около 120 мГц, соответствующая биениям между продольными типами колебаний для одного низшего поперечного типа. Момент появления однопикового режима на рис. 1 отмечен стрелкой. При этом мощность генерации составляет 0,7-0,8 от максимальной величины и в нашем случае достигает 4 мвт на 1,15 мк и 2,5 мвт на 0,63 мк. Изменение характера генерации с ростом  $L/R$  подтверждается расчетом значений добротности  $Q$  низших типов. Как видим, значение  $L/R = 0,975$ , при котором начинается однопиковый режим генерации, соответствует моменту, когда добротность для основного типа  $TEM_{00}$  начинает существенно превышать значения добротностей колебаний более высоких порядков. Дальнейшее измене-

ние мощности излучения соответствует ходу кривой добротности основного типа.

Однотиповой режим генерации позволяет реализовать узкую диаграмму направленности, ширина которой соответствует дифракционному пределу. Мы исследовали диаграмму направленности со стороны плос-

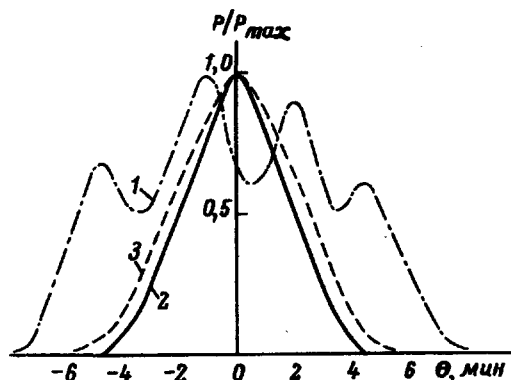


Рис. 3

кого зеркала, измеряя распределение поля в фокальной плоскости объектива, фокусирующего излучение генератора. Картина, полученная в фокальной плоскости, фотографировалась, затем проводилось фотометрирование почернений на пленке. Фотографии, соответствующие различным значениям длины резонатора ( $L/R = 0,880; 0,958; 0,968; 0,975$ ), представлены на рис. 2 (см. вклейку). На рис. 3 показаны диаграммы направленности для многотипового режима и двух случаев генерации основного колебания. Как видно, при  $L/R = 0,880$  (кривая 1), когда одновременно генерируются несколько колебаний, диаграмма излучения получается изрезанной. При  $L/R = 0,975$  (кривая 2) наступает режим однотиповой генерации (см. также рис. 1), и ширина диаграммы по уровню половинной мощности сужается до величины  $4,3'$ , что хорошо согласуется с расчетным значением. Действительно, пользуясь известной формулой [2]

$$\theta_{0,5} = 0,94 \sqrt{\frac{\lambda}{R_3}},$$

получим для этого случая  $\theta_{0,5} = 4,1'$ .

При увеличении длины резонатора диаграмма остается гладкой, но расширяется. Для  $L/R=0,987$  (рис. 3, кривая 3) ширина ее составляет  $5,2'$ . Соответствующее расчетное значение равно  $4,9'$ .

Поступило в редакцию

21 мая 1965 г.

#### Литература

- [1] A.G. Fox, T.Li. Bell. System Tech. J., 40, 453, 1961.
- [2] G.D. Boyd, J.P. Gordon. Bell. System Tech. J., 40, 489, 1961.
- [3] G.D Boyd, H. Kogelnik, Bell. System Tech. J., 41, 1347, 1962.