

УДК 538.566-621.372.413

Ф. А. КОРОЛЕВ, В. Г. БОГОМОЛОВ**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ХАРАКТЕРИСТИК ДИФРАКЦИОННОГО ВЫХОДА
НЕУСТОЙЧИВОГО КВАЗИОПТИЧЕСКОГО
РЕЗОНАТОРА**

Неустойчивые резонаторы нашли широкое применение [1, 2] и исследовались теоретически, например, в работах [2, 3] и экспериментально [4, 5, 6]. Необходимая величина потерь в неустойчивом резонаторе с непрозрачными зеркалами достигается путем вывода излучения за края обоих или одного из зеркал. Распределение интенсивности в дальнем поле исследовалось как посредством специальных экспериментов [7], так и в реальных приборах [4, 5, 6] и может быть описано аналитически методами теории дифракции [3, 6]. В данной работе измерения выходных характеристик неустойчивого резонатора производились на длине волны 7,2 мм.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. СВЧ-генератор (1) работал в режиме амплитудной модуляции. Связь с резонатором осуществлялась с помощью облучающего рупора (2), фазового корректора (3) через центральную область зеркала (4) с нанесенными прозрачными штрихами шириной 0,1 мм и с периодом 2 мм. Юстировка резонатора осуществлялась путем подстройки выходного зеркала (5). Система перемещения приемника (6) обеспечивала его нахождение в любой точке ближнего и дальнего поля на расстоянии от выходного зеркала резонатора до 1500 мм (примерно 200λ). Перемещение приемника в поперечном направлении синхронизовано с координатой X самописца (8), на ось Y которого сигнал приемника поступал после усилителя (7).

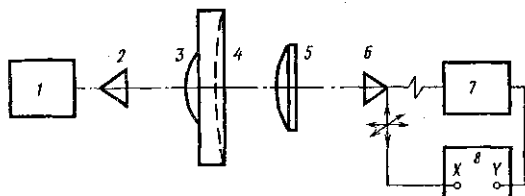


Рис. 1. Схема установки

Резонатор образован сферическими зеркалами с напыленным покрытием и диаметрами $2a_1=94$ мм, $2a_2=52$ мм; радиусы кривизны равны соответственно $R_1=250$ мм, $R_2=150$ мм. Конфокальной или телескопической геометрии [1] соответствует расстояние между зеркалами $L=50$ мм. При этом обеспечивается близкий к плоскому фронт выходной волны.

«Визуализация» картины дифракции за выходным зеркалом резонатора осуществлялась посредством перемещения приемника в горизонтальной плоскости перпендикулярно оси резонатора. На рис. 2 представлена картина дифракции в зависимости от расстояния l между большим зеркалом и плоскостью приемника. Наблюдаемое сглажива-

ние распределения поля вблизи выходного зеркала обусловлено в основном конечными размерами входа приемника ($7,2 \times 3,6$ мм). Учет этого приводит к практически однородному распределению интенсивности в выходном кольце. При увеличении l ясно наблюдается образование и рост центрального максимума. Наибольшая яркость в его центре достигается вблизи центра кривизны большого зеркала.

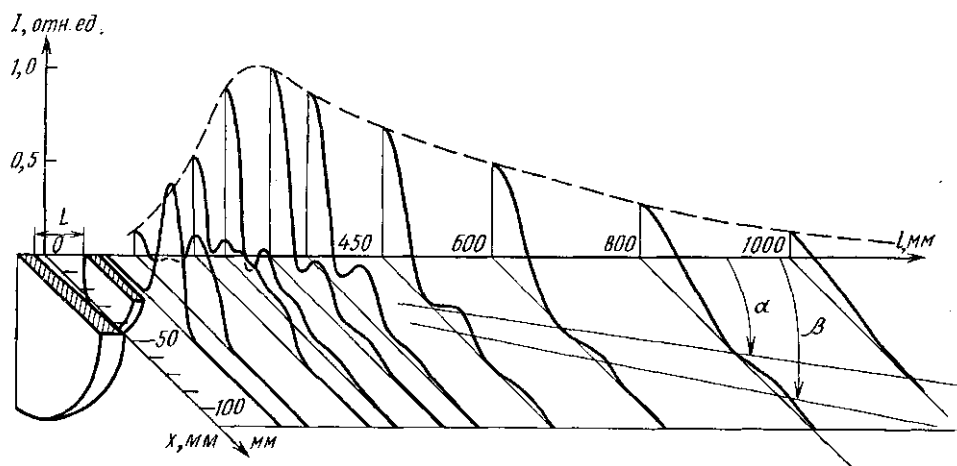


Рис. 2. Распределение относительной интенсивности в выходном пучке за резонатором. Пунктир — относительная яркость на оси резонатора в зависимости от l

Форма распределения, в том числе и относительная величина максимумов, стабилизируется в области дальнего поля при $l \geq \frac{\pi a_1^2}{\lambda}$, но, как показали измерения, уже при $l \simeq 0,7 \frac{\pi a_1^2}{\lambda}$ (т. е. около 700 мм) распределение отличается от установившегося не более чем на 3%. Относительное распределение интенсивности в дальнем поле дается выражением [2,7]

$$\frac{I}{I_0} = \frac{4}{(1 - \varepsilon^2)^2} \left[\frac{J_1(x)}{x} - \varepsilon^2 \frac{J_1(\varepsilon x)}{\varepsilon x} \right]^2, \quad (1)$$

где $J_1(x)$ — функция Бесселя 1-го порядка. Формула (1) описывает дифракцию Фраунгофера на кольцевом отверстии с параметром $\varepsilon = a_2/a_1$ (в нашем случае $\varepsilon = 0,6$). Как видно из рис. 3, экспериментальные данные хорошо согласуются с распределением (1). Угловое положение θ любой точки распределения определяется на основании (1)

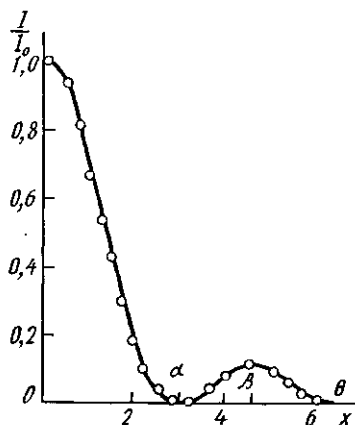
$$\theta = \arcsin \frac{\lambda}{2\pi a_1} x.$$

Экспериментально определялся угол α , соответствующий первому минимуму в распределении (угловая полуширина центрального максимума), и угол β для вершины бокового максимума (угловая полуширина центра первого кольца) согласно рис. 2. Полученные значения $\alpha_{\text{эксп}} = 4^\circ 12' \pm 15'$ и $\beta_{\text{эксп}} = 6^\circ 26' \pm 20'$ хорошо согласуются с теоретиче-

скими $\alpha=4^{\circ}11'$ и $\beta=6^{\circ}31'$. Наконец, на основании (1) нетрудно оценить степень концентрации энергии в центральной части выходного пучка. В данном случае при $\epsilon=0,6$ в центральном и первом боковом максимумах сконцентрировано более 80% энергии пучка, что незначительно отличается от случая дифракции на отверстии диаметром $2a_1$, когда в таких же пределах концентрируется около 92% всей энергии.

Полученные экспериментальные результаты подтверждают справедливость принятого теоретического подхода и дают возможность оценить степень направленности выходного излучения в предложенной схеме резонатора.

Рис. 3. Угловое распределение излучения в дальнем поле. Кривая — теоретическое распределение (1), точки — экспериментальные данные



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев Ю. А. «Квантовая электроника», 1971, № 6, 3.
2. Siegman A. E. «Appl. Opt.», 1974, 13, 353.
3. Rensch D. B., Chester A. N. «Appl. Opt.», 1973, 12, 997.
4. Sinclair D. C., Cottrell T. H. E. «Appl. Opt.», 1967, 6, 845.
5. Dyer P. E., James D. I., Ramsden G. A. «Opt. Com.», 1972, 5, 236.
6. Freiberg R. I., Chenausky P. P., Buczek C. I. «IEEE Journ. of Quant. Electron.», 1972, QE-8, 882.
7. Siegman A. E., Arrathoon R. «IEEE Journ. of Quant. Electron.», 1967, QE-3, 156.

Кафедра
оптики и спектроскопии

Поступила в редакцию
04.05.78