

对 Rensch 计算谐振腔中场分布 差分法的校正*

吴中祥

(中国科学院力学研究所)

提 要

用校正的 Rensch 差分法计算了 Gerry 的 GDL 器件中的场分布,结果与 Rensch 的计算很好地相符,并已将它用于较广的耦合度范围。因而,为什么不稳定腔输出功率只有稳定腔的一半的问题能更确切地解释为所用耦合度远大于最佳值。

1. Rensch 计算方法中实际存在的不适当假设

Rensch 于 1974 年报道了用差分法计算激光器光腔中辐射场分布的方法和对几个具体模型的计算结果^[1],由于他运用 Dufort-Frankel 差分格式对真空中沿 Z 轴传播的平面波所得到的差分方程,本来只能适用于平行光束;而整支共焦式不稳定腔,由小镜向大镜传播的却是发散的光束,为了使前述差分方程也能用于计算整支共焦式不稳定腔, Rensch 采取了一系列错综的变换,其最终结果相当于:将原来的平面波差分方程中,在传播面上和在它前、后各一个步长的平面上,相应各点的电场强度都按光束扩展的几何尺度,乘上一个衰减因子,以求得变换后的差分方程。这实际上相当于在各差分格点的微小范围内也引进了把各相邻传播面都当作均匀球面波的波面的假设。这对于计算具有衍射特性的波动方程,显然是不适当的。

正因为如此,我们发现:如果对此不加校正,就不能得到稳定的解。

2. 对 Rensch 差分法的经验校正

为此,我们采用 Siegman^[2]将空腔中的“衍射分布”与“均匀球面波分布”的耦合度之间建立单参量经验公式的类似方法,对 Rensch 的计算方法作了校正,即采用一个调节参量 a ,将 Rensch 所用场强变换中的面积比因子 A_m 用 A_m^a 代入计算(其中的 a 是由能得到收敛最好的稳定解来确定),用以校正上述的不适当假设。

这样,我们采用与 Rensch 相同的,中空拉长的整支共焦式不稳定腔,模拟 Locke 等人报道的“Z”型折叠不稳定腔(几何耦合度为 60%)的实验(见图 1)。

计算结果表明,无论输出功率或场强的振幅分布和位相分布都与 Rensch 的计算结果非常接近。几个基本数值的差别见表 1。

* 1979 年 2 月 8 日收到。

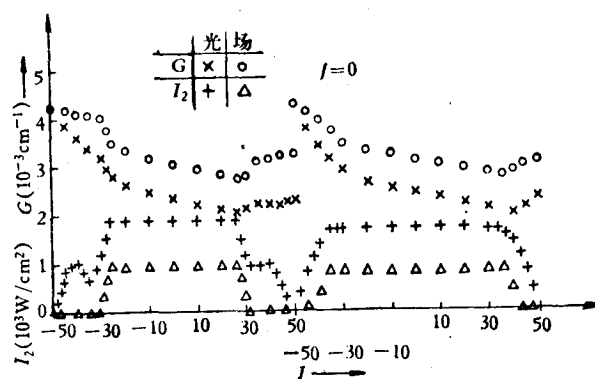


图 1

表 1

	输出功率(千瓦)	场强振幅峰值 (千瓦/厘米 ²)	本工作与 Rensch 计算 场强最大百分差(%)
Rensch 计算	31	1.2	
本工作	29.7	1.13	
Locke 的实测值	30		~5.8

3. 采用我们的校正,能使方程在更广范围适用

Rensch 考虑到, Locke 所报道的器件,当采用低耦合度($\sim 6\%$)的稳定腔时,输出功率为 55 千瓦,但采用高耦合度($\sim 60\%$)的不稳定腔时输出功率仅为 30 千瓦(仅约一半)的事实,为了判断较低耦合度的不稳定腔是否也能得到与稳定腔相近的功率,还计算了一个几何耦合度为 45% 的模型,算得功率为 48 千瓦,但是他没有(或不能)计算更小耦合度的情况,因而仅能得出:“与 55 千瓦相比,仅差 13%”的粗略结论,并未能确切地回答提出的问题。

我们采用的校正方法,由于对更小耦合度的腔体也能得到稳定的解,就能够计算更小耦合度的输出功率。我们分别计算了几何耦合度在 20—60% 之间的一组模型,所得结果与由粗估功率的公式^[3]算得的结果¹⁾基本相符,因而可以确切地回答:同一器件的输出功率,当采用不稳定腔时,仅有采用稳定腔时的一半的现象,主要是为了得到较小发散角而选择在远离最佳耦合度的较大耦合度上运转的结果,至于腔体覆盖面积较小(仅只一半)的不利因素,却由于采用折叠腔而得到相当程度的补偿(这显示出折叠腔的优越性)。

由上可见,采用如上的简单校正,可以得出较广范围合理的计算结果,并可用于实际计算。当然,这种经验性的处理方法还是不严格的,最好能够避免。这方面还需进一步开展工作。

参 考 文 献

- [1] D. B. Rensch *et al.*, *Appl. Opt.*, **13** (1974), 2546.

1) 单程腔(覆盖面积: 20×20 厘米²)最大功率 ≈ 61.6 千瓦(最佳耦合 $\sim 11\%$),“Z”型折叠腔(覆盖面积: $2 \times 10 \times 10$ 厘米²)最大功率 ~ 56.6 千瓦(最佳耦合 $\sim 25\%$)。

[2] Siegman, *Laser Focus*, 7 (5) (1971), 42.

[3] 吴中祥, 物理学报, 28(1979), 426.

A REVISION ON RENSCH'S FINITE DIFFERENCE METHOD FOR CALCULATING THE FIELD DISTRIBUTION IN RESONATORS

WU ZHONG-XIANG

(*Institute of Mechanics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The field distribution in Gerry's GDL device was calculated with a revised Rensch's finite difference method. The results agreed quite well with Rensch's calculation. This revised method was applied in a wider range of coupling. Thus the question, why the power output from a unstable cavity is the half of that from a stable one, can be explained more exactly by the fact that the coupling used was too large as compared with the optimum value.