

激光器谐振腔中辐射能量密度 须按场强叠加计算*

吴 中 祥

(中国科学院力学研究所)

提 要

原则上, 激光腔中相干光的强度应由往返光束按场强叠加计算。本文比较按场强叠加和通常按光强叠加的计算, 指出: 腔中各处的饱和增益和光强确有可观的偏差, 但场分布和输出功率很好地相符。

激光器光腔中, 激活介质中各点的饱和增益系数是与各该点辐射能量密度(与各该点总光强成正比)有关的。对于激光器光腔中各点的总光强的计算, Rigrod^[1] 是假设腔中往返传播的光束在横截面上的光强都是均匀的, 并将它们按“光强叠加”来求得总光强。对于腔中辐射场分布的三维计算, Rensch^[2] 也采用了这种“光强叠加”。但是, 众所周知, 激光是强相干光, 腔中往返传播的光束, 原则上只能按“场强叠加”计算。为了具体判明“光强叠加”可能给计算带来的偏差和影响, 我们对 Rensch 计算的同一器件模型(采用一个中空拉长的整支共焦不稳定腔模拟 Locke^[3] 报道的一个 60% 耦合度的“Z”型折叠腔)分别用“光强叠加”和“场强叠加”进行了腔中总光强、饱和增益系数和输出光束

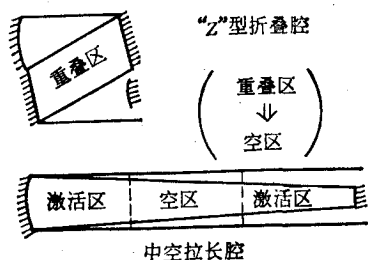


图 1

场分布的计算, 结果如下:

比较图 1 可见, 无论是总光强还是饱和增益系数, 不同叠加方式的结果都有显著的差别, 几个主要数值上的差别见表 1。

表 1

叠加方式	最大总光强 I_t (kW/cm ²)		饱和增益系数 $G(10^{-3}\text{cm}^{-1})$				
			最大值 (光腔入口)	最 小 值		光腔出口处值	
	输出镜区	反射镜区		输出镜区	反射镜区	输出镜区	反射镜区
按光强	1.90	1.68	4.3	2.03	2.00	2.34	2.28
按场强	0.96	0.78	4.3	2.75	2.77	3.20	3.05

* 1979 年 2 月 19 日收到。

但是,分别由两种叠加方式算得的输出辐射场位相和振幅的分布却几乎完全一样,按输出光束场分布算得的输出功率也十分相近,几个主要数值上的差别见表 2.

表 2

叠加方式	输出面上最大的功率密度 (kW/cm ²)	输出面上最大的相对位相差 (rad)	按输出场分布算得的输出功率 (kW)
按光强	1.13	0.48	29.7 (Rensch 算得 31)
按场强	1.15	0.4	30.6 (实验报道 30)

为了分析这种“差别”和“相近”的原因,我们再看看在传播过程中,沿光轴各面上总光强(以镜片中心为例)的变化情况.

由图 2 可见,按光强叠加时,在沿光轴各传播面上来回传播光束的总光强基本上是彼此重叠的一条直线,而按场强叠加时,来回光束总光强的值却是在某条直线附近起伏地变化着,这正反映出:按场强叠加能够恰当地描述腔中存在的驻波起伏特性.但是,光腔输出光束的场分布特性却是反映了整个腔体中,沿光轴各面上的平均效应,因而无论是按“场强”还是按“光场”叠加,算得的输出光束的场分布和由它算得的输出功率值就都能够得到十分相近的结果.

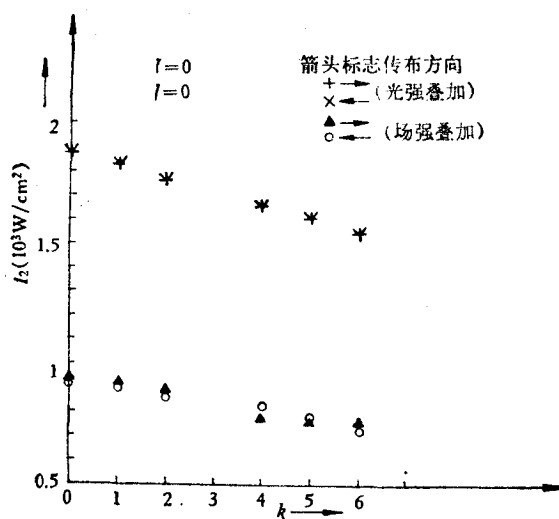


图 2

由此可以得出结论:

光腔中辐射能量密度(或总光强)和饱和增益系数应由腔中往返光束按“场强叠加”,才能正确地反映出腔中辐射场的物理特性,并能求得正确的数值.按“光强叠加”,由于违反反相干光只能按“场强叠加”计算的基本原理,算得的总光强和饱和增益系数值是不正确的.但是,由于输出光束的场分布特性反映了整个腔体中沿光轴各面的平均效应,因而,按“光强叠加”算得的输出光束的场分布和由它算得的输出功率值,还能与按“场强叠加”算得的正确值基本相符.

参 考 文 献

- [1] W. W. Rigrod, *J. Appl. Phys.*, **36** (1965), 2487.
- [2] D. B. Rensch et al., *Appl. Opt.*, **13** (1974), 2546.
- [3] E. V. Locke et al., *IEEE*, **QE-8** (1972), 389.

RADIATION DENSITY IN LASER CAVITY CALCULATED BY FIELD STRENGTH SUPERPOSITION

WU ZHONG-XIANG

(*Institute of Mechanics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

On principle, the coherent light intensity in a laser cavity should be calculated according to field strength superposition of the light waves propagating back and forth in the cavity. This paper compares the calculations using the field strength superposition and that using the usual light intensity superposition. Our work indicates that the results on local saturated gain and light intensity calculations really give considerable discrepancies, but the field distribution and power output calculations agree quite well.