

讨论与结论

用光谱与激光器试验来比较效率, 在实验误差之内是吻合的。由于解释光谱数据有困难, 目前认为斜率效率是最精确的测定。所以对氩、氙和钨灯之间的相对效率的最好估计分别是 $1:0.86:1.1$, 这与 Read 的结果很不符合。本文的光谱数据与以前发表的有关数据很不相同, 这是因为以往的光谱分辨率比氙灯和氩灯在所述条件下工作时的真

正谱线宽度差很多。

使用氩灯已得到输出功率 105 瓦, 效率 2.92%。已研制出一种钾-汞光谱掺杂灯, 它的光谱效率超过钨丝灯的三倍, 因而要比氩灯的高。因此随着发展, 连续掺铈钪铝石榴石激光器的效率将会比这里报道的高得多。

参考资料 (略)

取自 I. Liberman, R. L. Grassel, *Appl. Opt.*, 1969 (Sept.), 8, №9, 1875~1878

CO₂ 激光器光束剖面的测量

采用泡沫聚苯乙烯作为红外激光束的永久记录, 根据这种记录可以定量计算激光器的强度分布。能够记录的最小功率密度为 450 毫瓦/厘米²。这种技术被用于分析 CO₂ 激光器的单波型运转。

人们常常想以一种能产生光强度分布的可见图样法来很快的决定红外激光束的光束剖面。这对于决定振荡波型和准直目的是重要的。通过定量测量功率分布, 可计算光束的发散度和波型纯度。由此可以推论出谐振腔的光学性能。光束剖面也确定了焦点的大小及其能量分布, 这对研究高功率密度光束和材料的互相作用是重要的。

在很高功率密度时 (约 10 瓦/厘米²), 光束能够用将耐熔的靶子材料加热到白热的方法显示出来。低功率密度时已用过温度记录器屏^[1,2]。这些是能使热骤冷的紫外磷光体。它们能制成高到 1 毫瓦/厘米² 的灵敏度^[1], 和快的 (1/10 秒) 时间常数并且在灵敏度较低时分辨力强^[2]。这类方法反差高并且对准直很有用, 但本身不能作定量测量。永久的记录能够以紫外曝光 Kalvar 胶片并用加热显

影的方法得到^[3]。为了显影, 需要 0.2 瓦·秒/厘米² 的总曝光量。可以得到连续色象, 但反差和 H-D 曲线的斜度随着曝光参数而改变, 以致得不到定量的结果。

没有特性已知的连续色记录材料时, 可用明确阈值能量密度的材料来进行定量测量。用总能量 Q_n 不同的同一激光束进行多次曝光。改变能量是通过在一定功率下改变曝光时间或用适当的不失真的衰减器减少功率的方法来完成的。相应的能量密度是 $q_n(r)$, 而

$$Q_n = \int q_n(r) dr \dots \dots \quad (1)$$

在记录材料上将有一条 (轮廓) 线 $r_n(Q_n)$, 所对应的能量密度正好等于材料的阈值能量密度 q_{th} , 所以

$$q_n(r_n) = q_{th} \quad (2)$$

激光束能量 (或功率) 分布的归一化形状由下式给出

$$\frac{q_n(r)}{Q_n} = \frac{q_{th}}{Q_n} \quad (r = r_n) \quad (3)$$

作出 $(Q_n)^{-1}$ 与 r_n 的曲线, 然后画归一化分布除以阈值能量密度的图形。

我们已使用泡沫聚苯乙烯作为具有很明

确阈值的灵敏记录材料。发现各个样品之间的阈值变化不大于 20%。分辨力受材料中泡沫的大小所限制。由于热传导低, 所用曝光时间长到 10 秒, 还具有完全的功率积分。

典型的结果示于图 1, 使用一台流动 $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ 气体激光器, 放电管长 186 厘米, 直径 2.5 厘米, 并用外反射镜。法布里—珀洛腔长 300 厘米, 其中一个是部分透过的

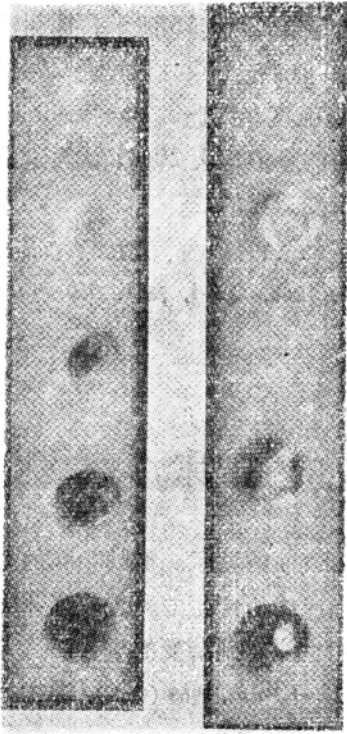


图 1 在泡沫聚苯乙烯上记录出的 CO_2 激光器光束剖面。两种典型的曝光表示两种不同的光束波型。光束能量使用 $\frac{1}{2}\sim 10$ 秒的曝光时间加以改变。

平面输出反射镜, 另一个是曲率半径为 10^3 厘米的全反射凹面反射镜。波型结构由一个放在腔内的圆孔和改变管子的增益来控制。图 1 中示出的曝光取自离输出反射镜 700 厘米的地方。第一组取自具有最小孔径的情况, 此时激光刚发生(直径 0.9 厘米), 以致产生纯 $\text{TEM}(00)$ 波型。第二组的孔径较大, 并且只对应于一定的增益值。它代表一组几乎退化的 $\text{TEM}(0_n)^*$ 波型。

因为两个光束结构显示出圆对称性, 作出功率和半径的曲线就够了。图 2 示出 $(Q_n)^{-1}$ 对 r_n 的曲线, 其中的 r_n 由图 1 的曝光确定。由于这些曲线代表归一化的光束剖面, $\text{TEM}(0_n)^*$ 波型的级次 n 可通过将测量的曲线与由能量分布函数发给出的已知剖面比较的方法确定^[4]。

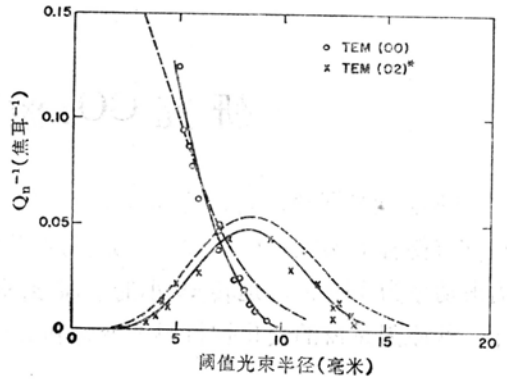


图 2 CO_2 激光器的两种波型的 $(Q_n)^{-1}$ 随 r_n 的改变。数据取自图 1 的曝光和附加曝光。实线是通过实验点划出的。虚线是根据 (5), (6) 式, 并选用 (7) 的参数作出来的。

$$q(r) = q_{0n} 2^n \left(\frac{r}{w}\right)^{2n} \left[L_n^n \left(2 \frac{r^2}{w^2} \right) \right]^2 \exp\left(-2 \frac{r^2}{w^2}\right) \quad (4)$$

此外, $2w$ 是基波型的“光束收敛部分”, L 为 Laguerre 多项式。测定级次最快的方法是测量半最大强度处环的宽度与峰值强度的半径之比。这个商依赖于 q_{0n} 和 w 的值。计算值对于 $\text{TEM}(01)^*$ 、 $(02)^*$ 和 $(03)^*$ 波

型分别是 1.095、0.78 和 0.65。我们的测量值是 0.75 ± 0.05 , 所以波型一定是 $\text{TEM}(02)^*$ 。这为图 1 中所看到的很轻微的圆对称所证实。图中显示出所要求的 4 个瓣。

这两种波型的归一化能量密度由 (4) 式

为

$$\text{TEM}(00) : \frac{q(r)}{Q} = \frac{2}{\pi w^2} \exp \left[-2 \frac{r^2}{w^2} \right] \quad (5)$$

$$\text{TEM}(02)^* : \frac{q(r)}{Q} = \frac{4}{\pi w^2} \left(\frac{r}{w} \right)^4 \left[L_0^2 \left(2 \frac{r^2}{w^2} \right) \right]^2 \exp \left[-2 \frac{r^2}{w^2} \right] \quad (6)$$

使用两个可调参数 $2w$ 和 q_{th} 之后方程式(5)和(6)与图2的实验数据吻合。所得到的曲线以虚线示出,其参数数值为

$$\begin{aligned} 2w &= 1.70 \text{ 厘米} \\ q_{th} &= 4.5 \text{ 瓦} \cdot \text{秒/厘米}^2 \end{aligned} \quad (7)$$

实验曲线和计算曲线很吻合,并认为在两种情况下,激光器主要以单波型运转。阈值能量密度对于在不同的聚苯乙烯样品上获得的两条曲线是相同的。因为定量的曝光时间可以长到10秒,所以这种技术能记录的最小功率密度是450毫瓦/厘米²。

光束直径可由谐振腔的几何形状计算^[4]

$$2w(z) = \sqrt{(2w_0)^2 + (2\theta z)^2} \quad (8)$$

在平面反射镜情况下,这里的最小光束收敛部分是 $2w_0 = 0.76$ 厘米;探测器的距离是 $z = 700$ 厘米;光束发散度是 $2\theta = 2\lambda/\pi w_0 = 1.68$ 毫弧度。因此, $2w = 1.40$ 厘米。两种波型的测量值均大20%,认为这是由于某些光学畸变造成的。

取自 N. J. Princeton, *IEEE J. Quantum Electronics*, 1968, QE-4, №11, 969~970

研究 CO₂ 激光器窗的损坏

CO₂ 激光器输出窗口的损坏已由澳大利亚防御标准实验室研究过。激光器的最初输出功率为140瓦,运转40小时后减到40瓦,其原因是窗的溴化钾材料的变坏和放电

产物在窗表面的蓄积。窗的损坏的另一种形式是压缩应力所产生的严重应变和永久变形。他们也注意到蠕变的重要。

取自 *Laser Focus*, 1969 (Oct.), 5, №19, 10

快 速 光 闸

一种开关时间为5微微秒——比最好的克尔盒商品快1,000倍——的光闸已由美帝贝耳电话实验室研制成功。

这种光闸的开、闭由激光束控制,其方式与克尔盒使用电脉冲相似。这种光闸最后可能用作激光通讯系统中的光调制器,或用于高速摄影。

一个很强的1.06微米激光脉冲使液体电介质(二硫化碳或硝基苯)盒中的分子极化,进而引起双折射和折射率的改变。

0.53微米的绿色激光脉冲在击中二硫化碳之前先通过一偏振镜。当它们通过这盒时,便受到1.06微米激光束所产生的双折射的影响,因此绿光的偏振方向改变90度,