

## 放电管结构对 CO 激光器输出的影响

归振兴 张顺怡 沈桂荣

(上海光机所)

本文指出只有充分冷却激光腔内的放电区,才能高获得的CO激光功率输出。

Influence of discharge tube structure on CO laser output

Gui Zhenxing, Zhang Shunyi, Shen Guihong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

## Abstract

The experimental results show that provided that discharge region is sufficiently cooled in a cavity of CO laser higher output power can be obtained.

## 一、引 言

连续气体激光器通常采用同轴或旁轴式两种放电结构,为了降低金属溅射,在阴极表面获得大面积均匀的电子发射,往往在阴极圆筒处加一个防溅射罩。一般地说,同轴结构,因其紧凑、强度牢而得到广泛应用,然而,我们在研制CO激光器过程中,发现放电管的电极结构对激光器输出功率有较大的影响,特别是带有防溅射罩的同轴放电结构,其输出功率总是低于采用旁轴式阴极的同一尺寸的激光器。为此,我们进行了判断实验,结果表明,这是由于电极处一段未冷却的放电气体对激光的强烈吸收所造成的。这提醒我们在设计制作激光器时应尽量使激光腔内的放电区全部冷却,从而才能充分发挥器件潜力。

## 二、实验和主要结果

模拟同轴放电中出现一段由防溅射罩带来的无水冷却放电区,实验采用了旁轴式放电结构,实验装置如图1所示。放电管内径为 $\phi 10\text{mm}$ ,激光腔内放电区长 $105\text{cm}$ ,其中水冷却部分 $L$ (增益区)约 $94\text{cm}$ ,空气扩散冷却部分 $L_1 + L_2$ 为 $11\text{cm}$ ,其中 $L_1$ 为 $6\text{cm}$ ,此处放电管的直径为 $\phi 30\text{mm}$ 。谐振腔由平面-球面反射镜所组成,输出耦合率为 $15\%$ 。用JG-3-S型激光功率计测量输出功率。放电管内充有 $26.5\text{Torr}$ 的 $\text{CO}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{Xe}$ 、 $\text{He}$ ,比例为 $1:2:2:15$ 的混合气体,放电区的水冷却温度为 $15^\circ\text{C}$ 。

为了判断电极附近这段空气冷却的放电区对激光器输出特性的影响，用半导体点温计测量了管壁温度与输入功率的关系，并且和用流水（15℃）强制冷却该放电区时的输出特性进行了比较，实验结果见图2。显而易见，用水冷却的激光器输出功率明显地比空气自然冷却的要高，其增加量 $\Delta P$ 随着放电电流增大而增加，在20mA处，输出功率比空气冷却的增加了3W，达23%，这是很可贵的。

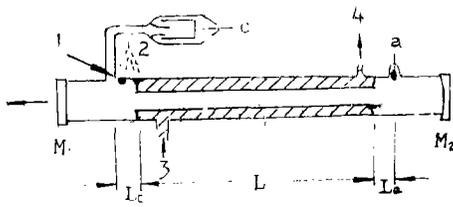


图1 实验装置示意图。1. 测温点；2. 流水；3. 进水；4. 出水

另外，还可发现，在水冷却下激光器的最佳电流值向大电流方向移动，这表明，可进一步注入电功率而提高激光器的输出功率。

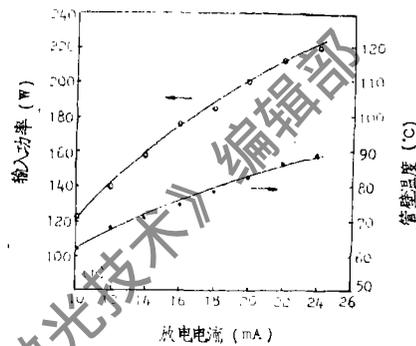
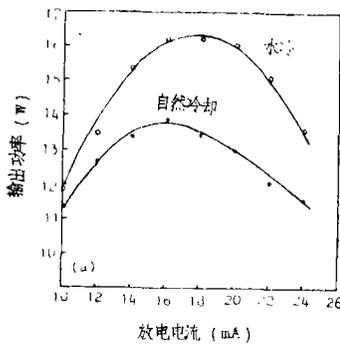


图2 冷却方式对激光器输出功率的影响(左图)和管壁温度与输入电功率的关系(右图)。CO : Xe : N<sub>2</sub> : He = 1 : 2 : 2 : 15; P<sub>0</sub> = 26.5 Torr; 环境温度30℃; 水冷却温度15℃

由于阳极区处在高电压场中，我们未用水同时冷却，但仅通过冷却阴极处的一小段放电区，已对激光器输出产生如此显著的效果，可见合理地设计放电冷却区对提高激光器工作性能是十分有益的。

### 三、讨 论

关于电极结构（实质上是腔内放电区的冷却问题）对激光器输出特性的影响，以往很少引起重视。这是因为其它气体激光器（如：CO<sub>2</sub>激光器）对于温度的依赖性不如CO显著，对于CO这种激光介质，其增益特性强烈地依赖于温度，随着冷却水温度升高而增益降低，以至于从增益变为吸收。我们曾在光电流效应研究过程中，观察到水温超过60℃时，CO跃迁的主要振动带已呈负增益特性<sup>[1]</sup>。本实验测量到在空气自然冷却下（环境温度为30℃），管壁温度已超过60℃，并且，随着放电电流增大而升高，可想而知，这段放电气体成为光的吸收损耗区，对激光器输出起着危害作用。

对于腔一定的激光器，考虑谱线是均匀加宽，激光器的输出功率可表示为<sup>[2]</sup>：

$$P = ATl, \left\{ \frac{2\{g_L + g'(L_o + L_s)\}}{2\alpha + T} - 1 \right\} \quad (1)$$

式中,  $A$ 是光束面积,  $\alpha$ 为腔内光学损耗系数,  $T$ 是输出镜的透过率,  $I_s$ 是饱和强度,  $L_c$ 是水冷却部分的增益长度,  $L_c$ 和 $L_a$ 分别是腔内靠近阴极和阳极处的放电长度,  $g$ 是水冷却部分的介质的增益系数,  $g'$ 是空气冷却部分介质的增益(或吸收)系数, 它决定于气体温度。

如果 $L_c$ 和 $L_a$ 都处在冷却水冷却下, 则 $g' = g$ , 且增益长度达最大, 此时激光器输出功率为最佳。而当 $L_c$ 和 $L_a$ 处在空气扩散冷却时, 由于 $CO$ 介质的温度效应, 显然 $g' < g$ , 并且, 随着放电电流的增大, 气体温度也升高,  $g'$ 从增益转向吸收, 这等价于缩短了器件的增益长度, 使得激光器输出功率减小, 这和上述实验结果是一致的。

从(1)式还可看到, 空气冷却段对整个激光器输出影响的程度主要取决于 $g'(L_c + L_a)/gL$ , 如果 $gL \gg g'(L_c + L_a)$ 时, 其作用可以忽略。例如在 $CO_2$ 激光器中, 小信号增益系数一般比 $CO$ 的大4~5倍, 且温度效应不及 $CO$ 显著, 实验表明, 在空气冷却的 $CO_2$ 放电介质中仍处在增益状态, 不过很弱而已, 因此, 对于 $CO_2$ 激光器来说, 这问题并不是很严重的, 在设计制作 $CO_2$ 激光器时就不必过于强调冷却问题。但是对于 $CO$ 激光器就不然,  $CO$ 激光介质的增益系数本身就低(约2%<sup>[3]</sup>), 若再加上因冷却不完全带来的吸收段, 其危害程度就不能忽视了。要减小其作用, 唯一的途径是缩短 $L_c$ 和 $L_a$ 的长度, 才能充分发挥激光器的潜力。对于已经定型的 $CO$ 激光器, 用风扇吹 $L_c$ 和 $L_a$ 段, 也能有效提高激光器输出功率。

#### 四、结 论

考虑到 $CO$ 激光器的温度效应, 在设计制作 $CO$ 激光器时, 应尽可能充分冷却激光腔内的放电区, 才能获得高的激光功率输出, 而采用旁轴阴极结构放电是缩短空气冷却区的一种方法。

#### 参 考 文 献

- (1) 张顺怡等, 《中国激光》, 1984年, 第11卷, 第1期, 第13页。
- (2) 赫光生, 雷仕湛编著, 《激光器设计基础》, 上海科学技术出版社, 1979年6月第1版, 第89页。
- (3) IEEE, J. Q. E., 1972, Vol. QE-8, No. 2, P. 150.

\* \* \*

作者简介: 归振兴, 男, 1947年10月出生。工程师。现从事气体激光器件和激光技术工作。

张顺怡, 女, 1942年10月出生。工程师。现从事气体激光器件和激光技术工作。

沈桂荣, 女, 1940年出生。工程师。现从事气体激光工作。

收稿日期: 1988年2月6日。