



射频放电波导 CO 激光器

赵恒昌

(河北省科学院激光研究所
石家庄 050081)

H. J. Baker, D. R. Hall

(Optoelectronics and Laser Engineering Department of Physics,
Herriot-Watt University UK)

Radio frequency discharge CO waveguide laser

Zhao Hengchang

(Laser Institute, Hebei Academy of Sciences, Shijiazuang 050081)

H. J. Baker, D. R. Hall

(Optoelectronics and Laser Engineering Department of Physics,
Herriot-watt University. Edinburgh EB14 4AS UK)

Abstract A RF excited CO slab waveguide laser is described. There are two ways to increase the laser output power. A maximum output of 120 watts with an efficiency of 17% has been achieved from a sealed $2 \times 20 \times 386 \text{ mm}^3$ volume discharge at the electrode temperature down from $20 \text{ }^\circ\text{C}$ to $-30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Key words radio frequency discharge, envelope of voltage waveform, cluster

射频放电波导 CO 激光器的结构如图 1 所示,一对平行平板铝电极,中间以氧化铝陶瓷作为侧壁。放电区的长度为 386 mm,电极间距为 2 mm,放电宽度为 2~20 mm。电极温度的变化范围为 $20 \text{ }^\circ\text{C} \sim -30 \text{ }^\circ\text{C}$,由放在电极端口附近的热敏电阻进行监测。冷却的甲醇液体流经上下电极。射频电源频率为 125 MHz,经由一耦合回路馈入电极。为了使电极上的电压分布均匀以得到均匀的放电,若干谐振线卷等间距地跨接在上下电极两侧。对 $5.5 \mu\text{m}$ 波长反射率分别为 99.6% 和 90% 的两平面镜组成激光谐振腔。

电极间距固定为 2 mm,增加放电宽度和降低电极温度,测量在不同条件下激光器的输出特性。气体混合比均为 $\text{He} : \text{CO} : \text{Xe} : \text{O}_2 = 10 : 1 : 0.3 : 0.04$ 。图 2 给出了不同放电宽度时输出功率随电极温度的变化曲线。可以看出输出功率随温度的变化存在一负温度系数,约为 $0.19 \text{ kW/m}^\circ\text{C}$ 。激光器的最大连续输出为 120 W。这一结果是在放电宽度 20 mm,电极温度一

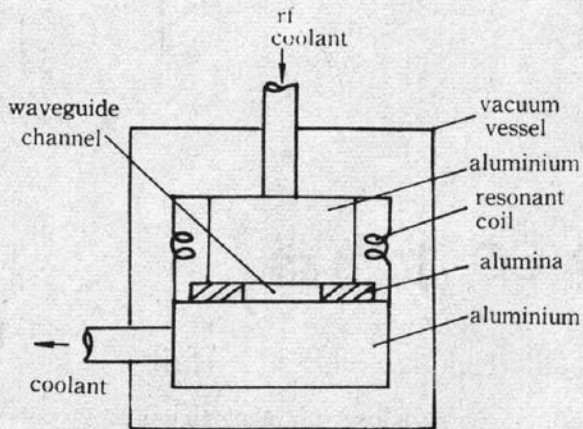


Fig. 1 Schematic of RF waveguide CO laser

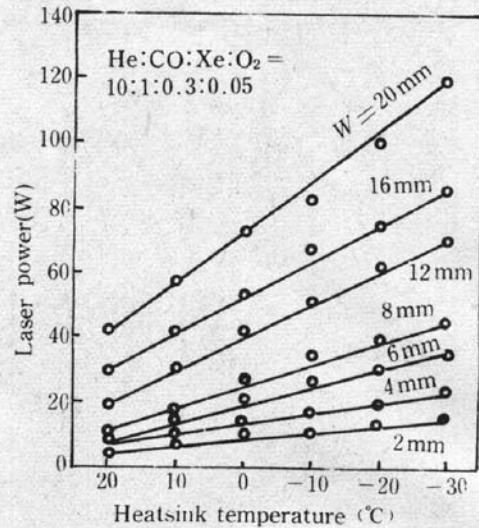


Fig. 2 Relationship between laser power and heatsink temperature for various discharge widths

30 °C 输入射频功率 700 W 时得到的。相应的激光功率密度为 15.5 kW/m²。图 3 为激光器输出光束截面的光强分布。当放电截面为 2×2 mm² 时激光器输出的模花样为典型的 EH₁₁ 模。随着放电宽度的增加在放电宽度增加的方向上呈现多模特性而在另一方向上仍保持单模, 在靠近侧壁处输出功率密度较高, 反映了此区域多维冷却的效果。

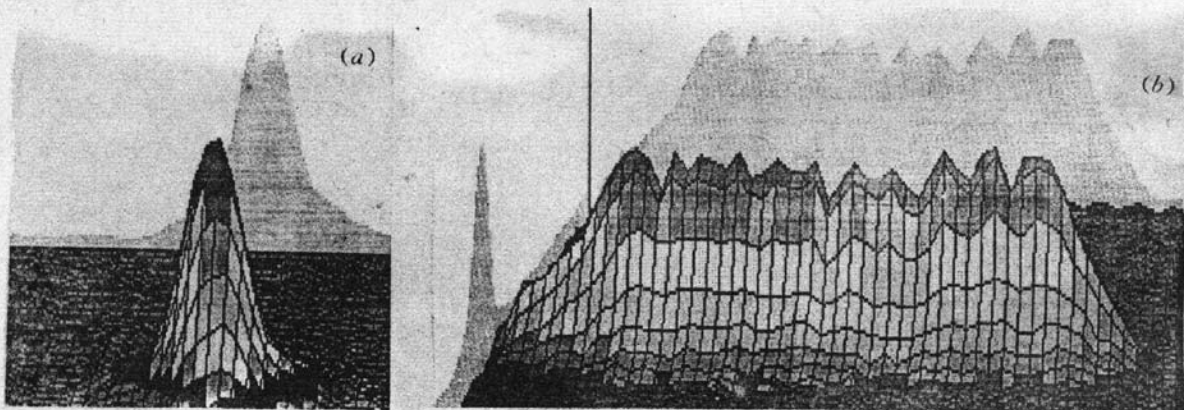
Fig. 3 Laser beam profiles for cross section of (a) 2×2 mm² and (b) 2×20 mm²

图 4 为放电截面为 2×2 mm 时低分辨率的激光光谱。光谱范围在 5.1~6.0 μm 之间。这相当于 CO 分子 X¹Σ⁺ 电子基态振动能级 6-5 到 15-14 之间的跃迁。比较图 4 中的 A 和 B, 我们可以看到光谱随着温度的下降不仅出现向短波方向的移动, 而且在长波方向上也出现向外延伸的现象。这与直流放电 CO 激光器的情况不尽相同。说明在射频放电激励条件下, 激光器在同样温度下有较宽的光谱范围。

O₂ 在射频放电 CO 激光器中起着极为重要的作用。如果混合气体中没有 O₂ 的存在, 放电则极不稳定。图 5 同时给出了在没有 O₂ 存在时电极电压波形包络线和放电产生的可见光强的变化。此时由于强烈的自调制而得不到稳定的正常放电, 同时由于 CO 的迅速分解而在电极端口处出现大量黑色碳粉。图 6 表示混合气体中氧的含量对输出功率的影响。从实验中可看出 O₂ 在总混合气体中所占的最佳比例为 0.4%~0.5% 之间。造成这种在没有氧的情况下放电不稳定、激光器不能正常工作的原因是在无 O₂ 时放电产生的正离子主要为 CO⁺ 及其聚合

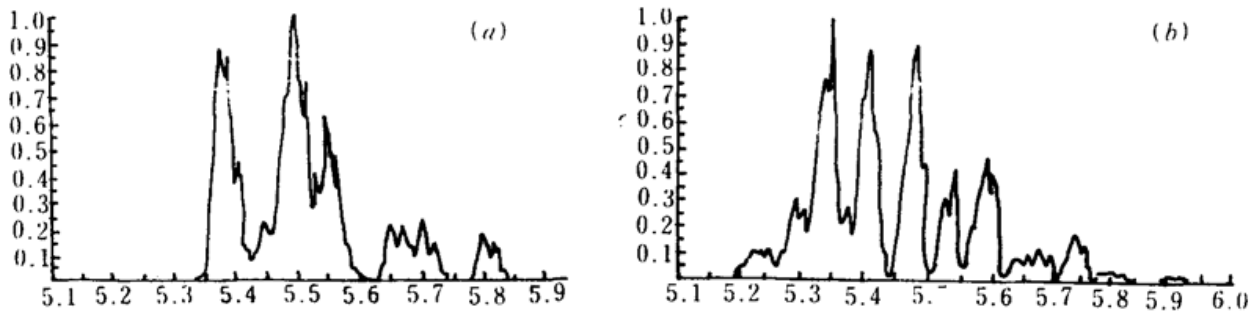


Fig. 4 Laser spectra for (a) 20 °C and (b) -30 °C

物,而在有微量 O_2 存在时正离子主要是 O_2^+ ^[1], CO^+ 及其聚合物比 O_2^+ 具有高得多的电子复合率^[2]。因此造成放电阻抗出现不稳定的变化。

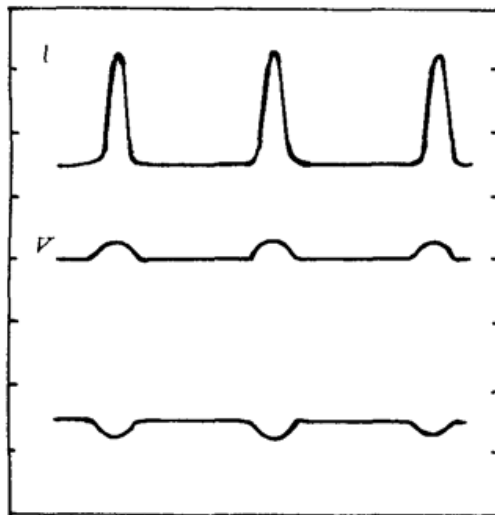


Fig. 5 Variations of discharge luminescence intensity and envelope of voltage waveform on electrode without O_2 in mixture

I : Luminescence intensity ;

V : Envelope of voltage waveform

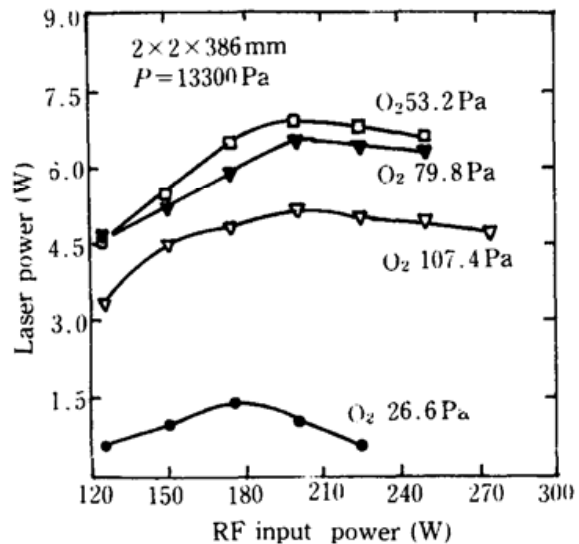


Fig. 6 Dependence of laser power on pressure of O_2

总之我们有两种方法可用来增加射频放电 CO 激光器的输出功率,一种是降低电极温度,另一种是增加放电的宽度。我们所得到的结果明显地超过先前所报道的同类射频 CO 激光器,其中一个重要原因是进一步缩短了放电的间距,改进了冷却条件,进一步降低了放电区域的温度从而提高了激光介质的增益,使激光器单位面积所萃取的光功率密度提高了大约 50%,使之更接近于射频放电 CO_2 激光器的功率水平。

参 考 文 献

- 1 H. Keren *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, QE-12, 58(1976)
- 2 W. Lowell Morgan, Edward R. Fisher, *Phys. Rev. A*, 16(3), 1186(1977)