

长寿命 CO₂ 激光器

蔡莉娟 俞林秀 张克念

(上海市激光技术研究所)

提 要

实验证明,要获得长寿命的 CO₂ 激光器的主要措施有:(1)杜绝慢性漏气;(2)电极材料的选择及氧化处理;(3)减少 CO₂ 分子的分解。我们的做法是:激光管不经烘烤,并附加水蒸气,电极材料均经真空除气且充氧氧化,在采用纯银电极、气体组分分别为(1)CO₂-N₂-He-Xe-H₂O;(2)CO₂-CO-He-Xe-H₂O;(3)CO₂-N₂-CO-He-Xe-H₂O 时,运转寿命分别达(1)10476 小时;(2)9185 小时(仍在运转);(3)9207 小时(仍在运转)。而采用纯镍电极,气体组分为 CO₂-N₂-He-Xe-H₂O,运转寿命达 1644 小时。

A long life-time CO₂ laser

Cai Lijuan Yu Linxiu Zhang Kenian

(Institute of Laser Technology, Shanghai)

Abstract

It is shown experimentally that three major factors must be considered to obtain a CO₂ laser with long life-time. They are: 1) elimination of slow gas leakage, 2) selection and oxidation of electrode material, 3) decreasing the decomposition of CO₂ molecules. We have done in the following ways: laser tube is not dried but filled with water vapor, the electrode material must be degassed in vacuum and oxidized by filling oxygen gas. When pure silver electrode is employed, gas mixtures constitutions of 1) CO₂-N₂-He-Xe-H₂O, 2) CO₂-CO-He-Xe-H₂O, 3) CO₂-N₂-CO-He-Xe-H₂O, the operation life-times are respectively 1) 10, 476 hours, 2) 9185 hours (still in operation), 3) 9207 hours (still in operation); while pure nickel electrode is used with CO₂-N₂-He-Xe-H₂O gas mixture, operation life-time is only 1644 hours.

对于封闭型 CO₂ 激光器的运转寿命是当前急需解决的问题。近十几年来国内外对于封闭型 CO₂ 激光器的工作寿命做了大量的试验,也取得了显著的成绩。国外曾报导在 CO₂-CO-He-Xe 混合气体中,电极材料采用银-铜(内部氧化)合金,这样一个输出功率为 1 瓦的 CO₂ 激光器,寿命达 12,000 小时。

我们吸取了国外的一些经验,同时根据实验室现有条件及使用 CO₂ 激光器的实际情况,在放电长度为 800 毫米、输出功率为 25~30 瓦的激光器上做了寿命试验,取得了上万小时的工作寿命。

收稿日期:1979 年 11 月 15 日。

一、实验条件

编号为 A、B、C、D、E、F、G。有效放电长度均为 800 毫米，放电管内径为 8 毫米，腔体结构为平面-球面腔，全反射镜曲率半径为 3 米，输出窗片为锗平片，不镀膜均匀输出。CO₂ 激光器的结构如图 1 所示，材料采用 GG 17 硬质玻璃。

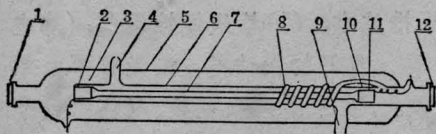


图 1 CO₂ 激光器结构

1—输出窗口(锗平片); 2—阴极; 3—阴极罩; 4—出水口; 5—储气管; 6—水冷管; 7—放电管(内径 8 毫米), 8—回气管; 9—进水口; 10—阳极罩; 11—阳极极; 12—反射镜片(R 为 3 米, 镀黄金膜)

电极材料为镍、银空心圆筒两种, 均经真空除气并充氧氧化。激光器的制作工艺均相同, 激光管均未经烘烤, 仅充二次 He 气放电除气, 并附加 H₂O, 真空度在 5×10^{-5} 托, 这七根激光器的气体组分列于表 1。

表 1

编号	电极材料	气体比例					总气压(托)	
		CO ₂	N ₂	CO	He	Xe(托)		H ₂ O(托)
A	镍	1	2	7		0.5	0.2	25
B	银	1		1.5	7			24
C	银	1	2		7		0.2	25
D	银	1		1.5	7		0.2	27
E	银	1	1	1	7		0.2	28
F	银	1		1.5	7			24
G	镍	1		1.5	7			24

放电形式: 直流放电(全波整流), 做寿命工作时在混合气体中含有 N₂ 的放电电流为 18 至 20 毫安, 在含有 CO(无 N₂ 时)放电电流在 16 毫安左右。工作方式: 每天 24 小时连续工作, 水冷却温度为常温(即室温), 反射镜片及输出窗口均用水冷却, 激光器工作时

装有断水断电控制器。所谓激光器寿命, 就是指器件的输出功率随运转时间的变化, 当激光器的输出功率下降到初始功率的 70%, 工作寿命为终止。

二、实验结果

各种材料作电极的封闭型 CO₂ 激光器的寿命实验结果见表 2。输出功率随时间的变化如图 2 所示。

表 2

编号	电极材料	工作寿命(小时)	备注
A	镍	1,644	寿命终止(1978.3.18→5.31)
B	银	5,514	因断水控制器失灵而炸裂(1977.12.9→1978.8.8)
C	银	10,476	寿命终止(1978.3.22→1979.6.23)
D	银	9,185	仍在运转(1978.8.31→现在)
E	银	9,207	仍在运转(1978.8.29→现在)
F	银	1,200	银电极与钨棒的连线为镍丝(1977.5.26→1977.9.21)
G	镍	43	因 CO 与 Ni 起化学反应的结果

三、讨论

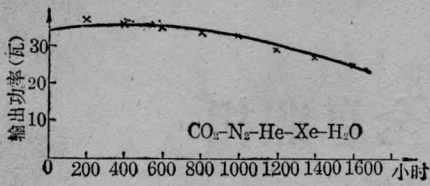
由图 2 输出功率随时间变化所示可以看出, 在不同的电极材料, 不同的气体组分下, 运转寿命不相同。根据实验结果, 我们认为使封闭型 CO₂ 激光器长寿命主要有以下三点。

1. 杜绝慢性漏气

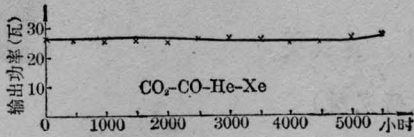
对于封闭型 CO₂ 激光器的制作工艺要严格, 包括玻璃毛坯的制作不能有薄弱环节, 钨棒的烧结、贴膜片时的技术等方面保证的话, 就能杜绝慢性漏气。

2. 电极材料的选择及氧化处理

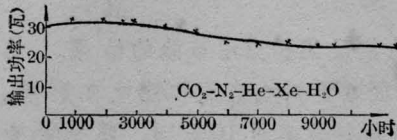
对于 CO₂ 激光器的冷阴极, 选择一个具有很低溅射率的材料作为阴极, 这种材料又不因为溅射而分离气体及避免通过化学反应



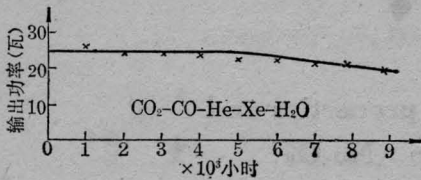
(A) 镍电极



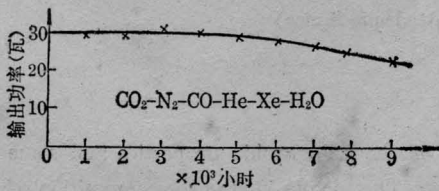
(B) 银电极



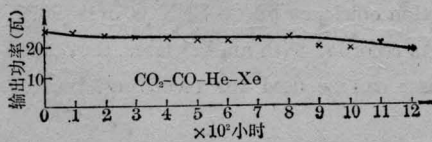
(C) 银电极



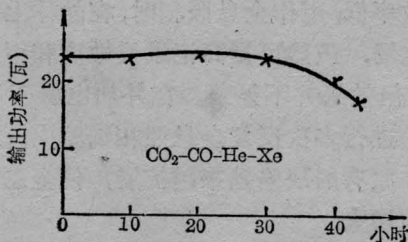
(D) 银电极



(E) 银电极



(F) 银电极



(G) 镍电极

图2 输出功率随时间的变化

而消耗任何气体混合物,这是非常重要的。

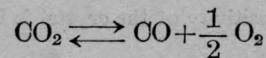
镍是封闭型 CO_2 激光器中使用较广泛的阴极材料,虽然溅射较其它材料的金属小,但它与 CO_2 分子分解出的 CO 反应生成的羰基镍 ($\text{Ni}(\text{CO})_5$) 会毒化电极,而且由于连续消耗了 CO_2 分子的分解物 O ,使 CO 不能复合成 CO_2 ,因此采用镍电极时,要使封闭型 CO_2 激光器达到长寿命是比较困难的。

改用纯银做电极材料时,由于银与 CO 不起反应,而 O 与银的化合物又很活泼,在 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 时,银的氧化物即可还原成纯银,因此,使用银电极可使封闭型 CO_2 激光器达到长寿命。由于银的溅射比较厉害,可以适当加长窗口至阴极的距离,这样就可以减少或消除窗片上的溅射物。

另外,电极的氧化处理是十分重要的。同是镍电极,没有经过氧化处理的运转寿命只达 $500\sim 600$ 小时,而经过氧化处理的运转寿命达 $1,644$ 小时。因此我们将电极先进行真空除气,并充氧氧化,使在电极的表面先形成均匀的氧化层,目的使在放电过程中,尽量少消耗氧,同时又可使分解生成物复合成 CO_2 。此外,经过氧化的电极,电子的逸出功小了,溅射也减少,因溅射而吸附的气体也少了,提高了工作寿命。

3. 减少 CO_2 分子的分解

在放电过程中,一部分 CO_2 分子发生分解:



就可使激光猝灭。因此在用纯银电极下,用 CO 代替 N_2 ,气体组分是 $\text{CO}_2\text{-CO-He-Xe-H}_2\text{O}$ 。

我们的实验证明,用 CO 代替 N_2 后,其电流电压比附加 N_2 的混合气体的电流电压低,从而电子温度也较低,减少了 CO_2 分子的分解,有益于延长寿命。以 CO 代替 N_2 后运转寿命分别超过 $5,514$ 小时,目前一根已达

(下转第 31 页)

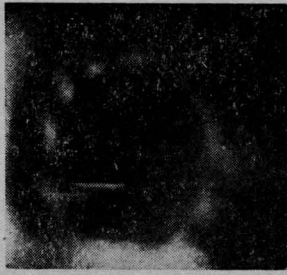


图 11 二次曝光全息干涉再现图
(橡皮圈的振型)



图 12 用 He-Ne 激光记录的全息再现图

理,能实时记录和读出,使用简便,二次曝光重合性好,这对应用于快速多次曝光无损探伤和流场显示是极为有利的。

Ce-SBN 晶体对 He-Ne 激光也相当敏感,因此可用 He-Ne 激光进行记录和读出,曾作透光物体的全息照相试验,获得清晰的再现图象,示于图 12。

参 考 文 献

- [1] J. B. Thaxter *et al.*; *Appl. Opt.*, 1974, **13**, No. 4, 913~924.
- [2] K. Megumi *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **30**, No. 12, 631~633.
- [3] F. S. Chen; *J. Appl. Phys.*, 1969, **40**, 3389~3396.
- [4] J. J. Amodei *et al.*; *BCA Reviv*, 1972, **33**, 71~93.
- [5] J. P. Huigmand *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **26**, No. 5, 265.

(上接第 25 页)

9,185 小时,仍在正常运转。输出功率随时间变化可见图 2 中(B)、(D)所示。

为了既能做到长寿命又不使输出功率下降,采用纯银电极,气体组分中既有 CO,也有 N₂,即为 CO₂-N₂-CO-He-Xe-H₂O,气体比例见表 1,运转寿命已达 9,207 小时,目前仍在正常运转。

同时,用纯银电极,气体组分为 CO₂-N₂-He-Xe-H₂O 的混合气体也获得了长的工作寿命,达到 10,476 小时,输出功率随时间的变化见图 2 中(B)所示。这根附加 N₂ 的 CO₂ 激光器初始功率为 30 瓦,经运转 10,476 小

时后,输出功率仍有 21 瓦。我们不但用 CO 代替 N₂ 后,工作寿命获得近 10,000 小时(目前仍在运转),而用 N₂ 后工作寿命也获得一万多小时,说明到目前为止,在采用银电极中,氮的氧化物对寿命的影响还不是主要的。

我们在制作 CO₂ 激光器时,管子均不进行烘烤,而是附加 H₂O。附加水蒸气的作用,除了在放电成分上有催化效应外,在输出功率上也有显著的效应,这是因为 H₂O 有利于 CO₂ 激光能级间的粒子数反转。此外,由于 H₂O 加快了分解物的复合,降低了放电中 CO₂ 的分解量,因而对封闭型 CO₂ 激光器的寿命也有贡献