

长寿命重复频率 TEA CO₂ 激光器

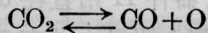
周岳亮 朱文森 尹燕生 宋瑞舟

(中国科学院物理研究所)

提 要

本文报导同时采用光预电离和电晕放电预电离方法, 实现了 TEA CO₂ 激光器无 He 一个大气压下的正常运转。进行了寿命实验, 在两种不同情况下工作气体使用寿命大于 1×10^6 脉冲。用内部循环并冷却工作气体的方法使器件可以在 20 脉冲/秒的重复频率下工作。

影响 TEA CO₂ 激光器使用寿命的主要因素是气体成分变坏, 即有利于激光作用的成分减少, 或者有害于激光作用的成分增加, 而气体成分变坏的主要过程是 CO₂ 在电子、离子或短波长光子碰撞下的分解:



为了延长工作气体使用寿命, 就必须设法维持各种气体成分的比例不变, 或者使其变坏速度减至最小。其方法有以下几种:

1. 扩大储气体积与放电体积的比。此方法不能阻止气体成分变坏, 但是每次放电所产生的有害气体的分压与总气压的比或者每次放电所减少的工作气体与总气压的比就相对地降低, 从而在一定程度上延长了器件的使用寿命。

2. 降低放电电压, 减少放电储能电容器的容量, 但是降低放电电压是受 E/P 值限制的, 如果偏离最佳 E/P 值较多, 激光器的激励效率就要降低, 而减少储能电容的容量也将使激光输出能量降低。

3. 加入一定数量的具有加速 CO 与 O 以及 O₂ 再生成 CO₂ 反应的气体来维持工作气体成分不变。具有这种作用的气体有

H₂、CO₂、O₂ 虽然也有类似的作用, 但是对于 TEA CO₂ 激光器它是十分有害的, 所以不能采用。

4. 具有一定温度的 Ni、Pt 等材料的表面可以加速 CO 和 O₂ 再生成 CO₂ 的反应^[3], 但是加热这些物质的装置是必不可少的。

我们对前三种方法进行了实验, 在一个储气体积约 70 升、放电体积 0.67 升的器件上采用电晕放电预电离获得激光器发射 1×10^6 脉冲之后, 输出激光脉冲能量仍大于起始输出能量的 80%。另外我们在同一器件上采用紫外光与电晕放电两种预电离方法, 在工作气体中加入少量 CO, 发现气体使用寿命有明显的延长。当 CO 与 N₂ 之比为 2 时激光器发射几万次, 仍观察不到脉冲输出能量有任何下降现象。最后我们用 CO 完全取代 N₂, 激光器以 5 脉冲/秒、1 焦耳/脉冲工作超过 2×10^6 脉冲而激光脉冲能量并不降低。

将风扇、马达和水冷器安装于主体外壳内部的方式使工作气体内部横向循环, 获得了重复频率 20 脉冲/秒的结果。

收稿日期: 1979 年 5 月 7 日。

装置及驱动线路

激光器主体示于图1及图2。外径29厘米、壁厚1厘米、全长100厘米的有机玻璃圆筒为激光器外壳，两端用法兰盘密封，法兰盘与外壳之间加有密封橡皮圈，因为有机玻璃粘接往往出现漏气现象，尤其在承受作用力

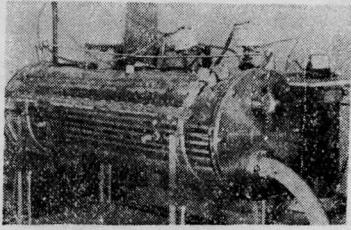


图1 激光器主体外形

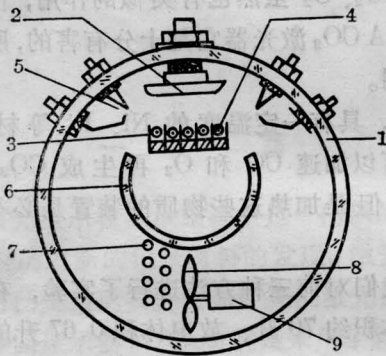


图2 激光器主体结构剖面示意图

- 1—外壳；2—阳极；3—阴极；4—触发极；
5—紫外预电离火花；6—导流板；7—水冷却器；8—风扇；9—小马达

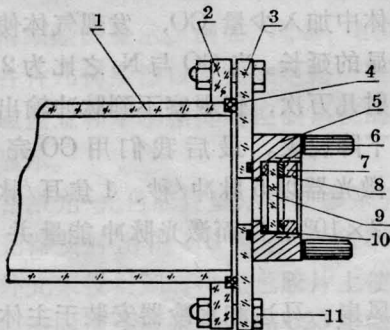


图3 激光器密封及腔片安装

- 1—外壳；2—连接法兰；3—法兰盘；4—橡皮圈；5—腔片盒；6—调节螺钉；7—压丝；
8—垫圈；9—腔片

的情况下接缝更易漏气，所以我们采用图3的法兰盘、橡皮圈密封方式，这样粘缝就不必要求气密封。谐振腔由直径50毫米、曲率半径10米的镀金全反射镜和透过率50%的Ge平面窗构成，它们分别装于外壳两端的法兰盘上，其安装方式示于图3，此种安装法较波纹管结构简单，调节亦方便稳定。

阳极用铝合金制成，横截面为儒柯夫斯基型，用螺栓固定于激光器外壳上，并且可以从外部对阳极与阴极之间的距离进行微调，阳极全长90厘米，厚1.2厘米，横截面中间平坦部分宽3厘米。

阴极由6根75厘米长的带状锯条组成，每两条之间插入一个75厘米长、5毫米宽的铝制垫块，并用螺栓将锯条与垫块固定成一个整体，阴极与阳极之间的距离为3厘米。

在两锯条之间，铝制垫块之上放入外径为4.5毫米的硬质玻璃管，并将其一端烧封，从另一端插入直径2.5毫米的铜丝作为电晕预电离触发极，器件II用直径0.5毫米的镍丝做触发极。整个阴极上共有5根触发极，这些触发极露在外面的一段铜丝或镍丝焊在一起，并通过2000微微法的耐高压陶瓷电容与阳极相联。

在距离主放电中心9厘米处每侧装有20个紫外光预电离火花隙，每个火花隙由两个针状电极组成，它们的尖端距离为7毫米，并且可以在2~10毫米之间从外面调节。每个针状电极的另一端各自通过一个510微微法的耐高压陶瓷电容分别与阳极和阴极相联。如果用纸介电容或是涤纶电容，在重复频率情况下，常常被电压击穿。

阴极下面装有导流板，它是一个有机玻璃半圆筒，导流板下装有5个电动小风扇用来使工作气体作横向内部循环流动。正对风扇装有两排紫铜水冷管，作为冷却器，总面积为4500厘米²，在一个大气压下气体流速可达40~50厘米/秒。激光器工作的重复频率大于3脉冲/秒时要启动风扇，并接入冷却

水, 否则, 可以不用循环与冷却系统。

激光器 II 的结构和激光器 I 不同的地方是:

(1) 用 0.5 毫米的镍丝做触发极, 由于直径较小即曲率半径小, 则触发极和阴极间的电场强度较大, 从而形成较强的电晕放电。

(2) 仅采用电晕预电离。

(3) 驱动线路采用图 4 所示的电路, 使用了 L 、 C_s 脉冲成形延迟网路, 并且将预电离耦合电容器 C_p 由 B 点改接到 A 点, 使得主放电和预电离之间有 1~2 微秒的滞后。

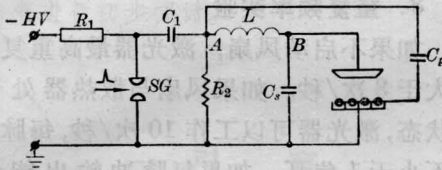
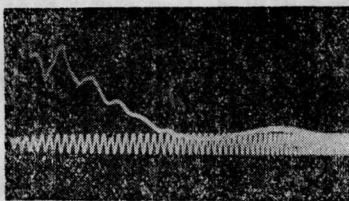
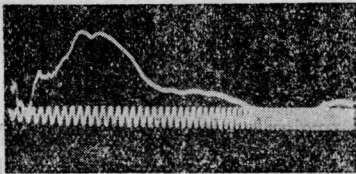


图 4 激光器 II 的驱动电路

- C_1 ——储能脉冲电容器, 0.2 微法/50 千伏;
- C_s 、 L ——主放电延迟成形网络, 0.03 微法/50 千伏, 6~7 微亨;
- C_p ——电晕放电预电离耦合电容器 3000, 微法/60 千伏;
- R_1 ——充电限流电阻, 250 千欧/500 瓦;
- R_2 ——充电电阻, 200 欧姆/100 瓦;
- S_G ——触发火花隙间距 10~25 毫米可调;
- $-HV$ ——负高压输入。



(a)



(b)

图 5 激光器 II 的放电电压波形

(a) A 点的电压波形; (b) B 点的电压波形 (频率标为 10 兆赫, 即每 10 个波峰间的时间为 1 微秒)

在图 4 中 A 点和 B 点的放电电压波形如图 5 所示。

由于各器件的气压、气体组分, 电极结构、电极间距、电路参数条件的不同, L 、 C_s 的数值需要在实验中进行调整 and 选择, 以在尽可能高的气压、尽可能大的注入能量下实现均匀辉光放电并获得最大激光输出为原则来选择 L 、 C_s 。

由图 5 可以看出整个放电时间约为 2 微秒, 由图 5(b) 可以看出 L 、 C_s 对脉冲波形进行了成形并有一定的延迟 (因为不是同时照的, 延迟时间不能确定), 使得 A 点电压达到很大时, 即预电离达到很强时, 主放电才开始放电。

实验结果

1. 无 He 情况下的工作

器件 I 曾经在下面几种条件下进行实验

(1) 紫外光预电离

实验表明在总气压不大于 300 托, CO_2 与 N_2 各占 50% 的混合气中可以进行均匀的辉光放电, 并且产生激光输出, 而气压继续升高就要产生电弧。

(2) 仅用电晕放电预电离

实验表明激光器可以在总气压小于 400 托的 CO_2 与 N_2 的混合气中均匀放电, 并产生激光脉冲输出, 气压高于 400 托时同样出现电弧。

(3) 两种预电离同时使用

当两种预电离同时使用时, 工作气压有了大幅度提高, 直至 760 托仍能进行比较均匀的辉光放电, 并且产生激光, 但是仍然有一定的出弧率, 于是我们在总气压为 760 托, CO_2 与 N_2 各占 50% 的工作气体中加入 1 托左右的二甲苯来进一步提高预电离程度。果然达到了完全消除电弧的目的, 实现了无 He 条件下 TEA CO_2 激光器在 760 托的正常运转。

2. 工作气体使用寿命实验

(1) N_2 的含量及工作电压对寿命的影响

图 6 表示不同气体成分下的寿命实验结果, 图中实线所示的寿命曲线全部是在器件 I 上两种预电离情况下进行实验的。可以看出, N_2 的比例较大时, 起始的激光脉冲能量也比较大, 但是使用寿命却很短, 往往工作数千次之后, 虽然还是辉光放电, 但没有激光输出了。这可能是因为产生了相当浓度的 N_2O 所造成的结果。 N_2 的比例比较低时, 在比较低的激励电压下使用, 将有较长的寿命。

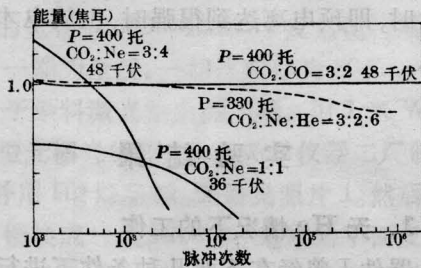


图 6 不同工作气体的寿命曲线

实线表示激光器 I 的寿命; 虚线表示激光器 II 的寿命

(2) 预电离与寿命的关系

因为紫外光会分解 CO_2 , 所以在器件 II 中我们去掉紫外光预电离部分, 只用电晕放电预电离, 并且把线路稍许变化, 以提高激

光器的效率, 激光器充气成份为 $N_2:CO_2:He = 1:1.5:3$, 总气压为 330 托, 激光器工作 1×10^6 脉冲后输出仅由起始时的 1 焦耳/脉冲下降至 0.8 焦耳/脉冲, 如图 6 的虚线所示。

(3) 用 CO 代替 N_2 的实验

我们在总气压为 400 托, 气体成份为 $CO_2:CO = 3:2$ 情况下进行实验, 激光器发射 2×10^6 脉冲(每个激光脉冲 1 焦耳)之后, 其输出能量并无降低趋势。但此时能量转换效率比用 N_2 时低, 相当于后者一半多些, 输出激光脉冲宽度略大一些。

3. 重复频率实验

如果不启动风扇, 激光器最高重复频率不大于 3 次/秒。如果风扇与散热器处于工作状态, 激光器可以工作 10 次/秒, 每脉冲能量不小于 1 焦耳。如果每脉冲输出能量为 0.1 焦耳, 激光器的重复频率可达 20 次/秒。

参 考 文 献

- [1] B. S. Patel; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, No. 12, 1160.
- [2] Y. Nagayama, K. Shimoda; *Japan. J. Appl. Phys.*, 1976, **15**, No. 8, 1611~1612.
- [3] Wi Back; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, No. 2, 84~86.

A repetition frequency TEA CO_2 laser with long life-time

Zhou Yuebiang Zhu Wunshen Yun Yanshen
Song Ruizhon

(Institute of Physics, Academia Sinica)

Abstract

By using photo-preionization and corona discharge preionization simultaneously, TEA CO_2 laser of 1 atm. was operated normally without additive He gas. Experiments on life-time were made, operating lifetime of over 1×10^6 pulses for the active gases was obtained under two different conditions. The device can be operated at a repetition rate of 20 pps with internal circulation and cooling of active gases.