

无氦重复频率长寿命可调谐 TEA CO₂ 激光器

TEA CO₂ 激光器研制组*

(中国科学院物理研究所)

提要: 实验研究了无氦重复频率长寿命 TEA CO₂ 激光器的输出特性, 一次充气寿命大于 10⁶ 次脉冲, 激光总效率为 14%。实验表明, 氦气对 TEA CO₂ 激光器的输出特性影响不大。

A heliumless long lifetime repetitive tunable TEA CO₂ laser

Research Group of TEA CO₂ Laser

(Institute of Physics, Academia Sinica)

Abstract. The output characteristics of the heliumless long lifetime repetitive TEA CO₂ laser are given. One gas fill lifetime exceeds 10⁶ shots and the overall efficiency is about 14%. The experiment indicates that the output characteristics of TEA CO₂ laser are not affected by helium.

自从 TEA CO₂ 激光器出现以来, 人们研制出各种类型的 TEA CO₂ 激光器。在这些器件中氦气是必不可少的。我们研制了无氦 TEA CO₂ 激光器, 一次充气寿命为 10⁶ 次脉冲, 输出能量 9.5 焦耳。本文叙述该激光器的设计考虑、结构特点和实验结果。

一、预电离方法及激光器结构的考虑

我们选用结构简单的电晕预电离双放电激励方式, 虽然预电离强度低些, 但它可以减少 CO₂ 分子在紫外辐射下的分解, 减少有害气体(例如 O₃、O₂、NO、CN、N₂O 等)的形

成。扩大储气体积和放电体积的比例, 虽不能阻止气体成分的变坏, 但每次放电所产生的有害气体的分压与总气压之比, 或者每次放电所减少的工作气体与总气压之比则相对地降低, 从而延长了器件的使用寿命。提高放电管的气密封性能, 工作气体的循环和冷却也是延长工作气体寿命和提高重复频率所不可缺少的措施。

我们所研制的激光管是外径 30 厘米、长 100 厘米的有机玻璃圆管, 两端有铝法兰, 用橡皮圈密封, 其上分别装锗平面输出镜和曲率半径 8 米的镀金全反射镜, 或 100~120

收稿日期: 1983 年 7 月 29 日。

* 朱文森、周岳亮执笔。

线/毫米的衍射光栅,构成谐振腔。光栅为准内腔式安装,采用气密封式结构,并用 KCl 窗片将它与工作气体隔开。激光管内由上往下依次安装阳极、阴极、导流板、水冷式散热片和风扇。

阳极和阴极均用合金铝制作。阳极长 80 厘米,宽 3.8 厘米,截面为儒可夫斯基形。阴极比阳极稍短稍窄,沿纵向铣有 8 条 3 毫米宽的槽,槽内放入硬质玻璃管,其一端烧封,另一端插入直径 0.8 毫米铜丝,8 根铜丝并接,作为预电离电极,它通过 2000 微微法高压电容器与阳极相联。阳极与阴极间距 3.5 厘米。放电体积与储气体积之比为 1:65。

导流板是一块弧形有机玻璃板。导流板下装有 5 个电动小风扇,使工作气体做横向内循环流动。正对风扇装有一排冷却水管,其上焊有冷却叶片做为冷却器,总面积为 8751 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 次/秒时,要启动风扇并通入冷却水。

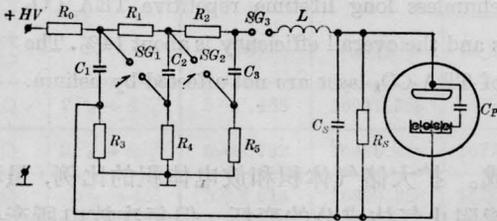


图1 激光器激励电路

如图 1 所示,激光电源采用带高压隔离电阻(主要是 R_3)的三级 Marx 高压发生器,并加了脉冲延迟成形网路 LC_s 和阻抗匹配电阻 R_s ,以改善放电的均匀性。激光器的重复频率由触发器控制,由单次到 10 次/秒可调。触发器产生的触发脉冲分两路(没有时延)分别加到两个火花隙 SG_1 和 SG_2 ,即所谓双针触发,以增加触发的可靠性和放电的稳定性。工作时直流高压加在 $C_1 \sim C_3$,触发脉冲使 SG_1 和 SG_2 导通,接着 SG_3 导通,这时脉冲高压通过 LC_s 后加到阳极和阴极,由

于预电离耦合电容 C_p 的容量和电感较小,而且预电离电极和阴极靠得很近,先在预电离电极和阴极间产生电晕放电。在阴极附近形成足够的电子,而后使阳极-阴极间产生均匀的辉光放电。储能电容器 $C_1 \sim C_3$ 的电感对放电性能及激光输出影响很大,我们采用自制的聚酯薄膜介质平板式低感脉冲电容器^[1],可使放电电流脉冲的前沿变陡,提高放电均匀性和激光输出效率。

此外,为使激光器有广泛的适用性,我们研制了简单的气体发生炉,激光器可以用空气做为气源,获得较强的 CO_2 激光输出。气体发生炉用石英管制作,管子两端有进、出气口,出气口处加有气体冷却装置,管内放入纯净石墨,管外绕有电热丝及隔热保温材料。当空气通入加热的炉子,炉内高温石墨与空气中的氧和水发生反应,生成 CO_2 、 CO 和 H_2 ,与空气中的 N_2 一起作为工作物质送入激光管。控制炉温及空气的流量,就可控制 CO_2 、 CO 等气体成分的比例。

二、激光器的性能

实验结果完全是在无氦气的情况下测量的。当用曲率半径 8 米的镀金全反射镜和锗平面镜为谐振腔,气体比例为 $CO_2:N_2=180$ 托:180 托时,单次脉冲能量为 9.5 焦耳,总效率为 14%。如果充入的 CO_2 气先通过气体发生炉,则激光输出有所增加,如图 2 所示。以空气为气源时的输出能量为 6 焦耳。

无氦 TEA CO_2 激光器的调谐特性,各谱带的强线分布和包络线型,与充 He 气时的情况相同^[2]。我们在 9.2 微米到 10.9 微米之间获得 80 多条激光谱线,测得 10P(20) 线单脉冲能量为 4.7 焦耳。

图 3(a)是该激光器的脉冲波形,和充有 He 气的激光器一样,主峰脉宽(FWHM)约 80 毫微秒,在主峰之后有约 1 微秒的拖尾^[3],即氦气并不影响激光的脉冲宽度。以

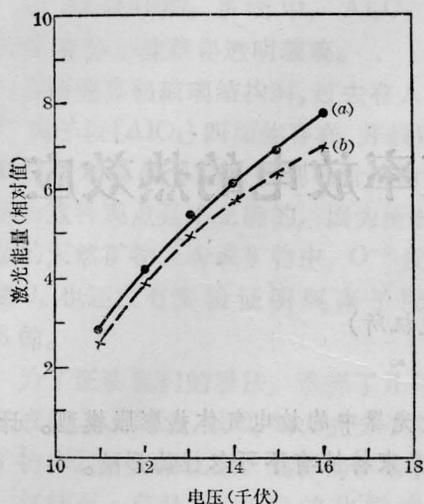
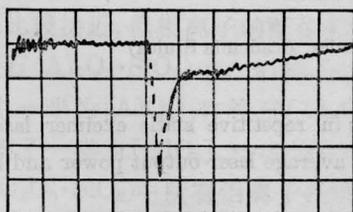


图2 激光能量与电压的关系
(a) CO_2 通过气体发生炉; (b) CO_2 未通过气体发生炉



(a) 200 毫微秒/格



(b) 1 微秒/格

图3 无氦 TEA CO_2 激光脉冲波形

(a) $\text{CO}_2:\text{N}_2=180$ 托:180 托;
(b) 以空气为气源, $\text{CO}_2:\text{N}_2=1:4$

空气为气源时, 脉冲宽度约 1.5 微秒, 如图 3(b) 所示。这主要是由于 N_2 比例增加所引起的, 这时的气体比例是 $\text{CO}_2:\text{N}_2 \approx 1:4$, 氮气大大超过了通常使用的比例范围。

通常的 TEA CO_2 激光器也可以在无氦情况下运转, 但如没有特殊措施, 一次充气寿命只有数千次或数百次脉冲。关于无氦 TEA CO_2 激光器的一次充气寿命, 我们曾对四台器件做过试验, 见图 4。第一台器件加

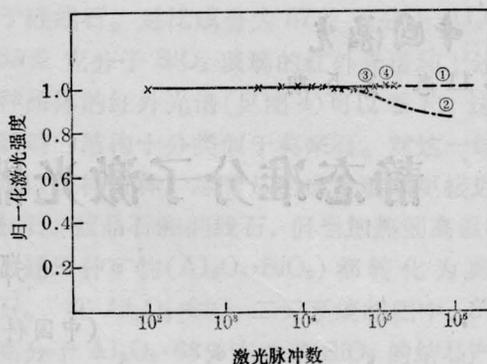


图4 无氦 TEA CO_2 激光器的一次充气寿命试验曲线(共四台器件)

了少量 CO 气体, 输出 2×10^6 脉冲后激光能量不变; 第二台器件连续输出 1×10^6 脉冲后, 激光能量约下降 20%, 这以后又趋于稳定; 第三、四台器件连续输出 1.2×10^5 脉冲后, 激光能量不变, 如图中的 \times 号所示, 它们与第一台器件的变化趋势相同。

三、结 论

我们研制的无氦 TEA CO_2 激光器的性能如下:

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1. 输出能量(多线多模) | 9.5 焦耳 |
| 2. 单线输出能量(10P(20)线) | 4.7 焦耳 |
| 3. 最高重复频率 | 10 次/秒 |
| 4. 脉冲宽度(FWHM) | 80 毫微秒 |
| 5. 调谐范围 | 9.2~10.9 微米 |
| 6. 输出稳定性 | $\pm 1.6\%$ |
| 7. 气体寿命(一次充气) | 10^6 脉冲 |
| 8. 平均输出功率 | 35 瓦 |
| 9. 总效率 | 14% |

该激光器的特点是高峰值功率、长气体寿命、可调谐、重复频率工作、好的稳定性以及很低的运转费用。它现在已被应用于激光化学、激光光谱学和激光物理等方面的研究, 以及其它方面的工作。

参 考 文 献

- [1] 吕惠宾等;《激光》, 1982, 9, No. 1, 52.
[2] 朱沛然等;《四川激光》, 1981, 2, No. 2, 17.
[3] 朱文森等;《激光》, 1980, 7, No. 11, 61.