

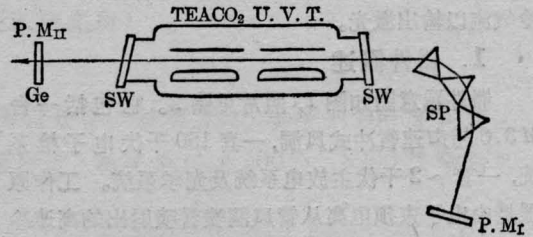
TEA CO₂ 腔内棱镜调谐激光器

Abstract: We report here the branch-selected oscillation of a pulsed TEA CO₂ laser by placing three NaCl prisms as dispersive elements within the cavity and 60 laser lines have been obtained.

采用两级同步运转的紫外光预电离脉冲 TEA CO₂ 激光器。预电离是用不锈钢片制成的表面火花阵列，放在网状电极的后部。主放电和预电离使用单独的电源，并由可控的延迟触发器控制它们之间的时间延迟。为获得稳定均匀的无弧放电，在激光气体中掺杂了低离化电位的正三丙胺种子气体。放电体积为 $7 \times 7 \times 100$ 厘米³，每级主放电储能电容 0.047 微法，预电离电容 0.07 微法。为保证器件长时间稳定无弧运转，以便于调谐，工作气体比分选为 CO₂:N₂:He=3:2:6，总气压为 560 托，输入能量控制在每立升 100 焦耳。主放电对预电离延迟 1 微秒。这时器件单脉冲运转，每分钟 3~4 个脉冲。

激光振荡腔为平行平面腔。腔的一端为镀金的全反射平面镜，另一端为未镀膜的错平面输出镜。腔长 2.5 米。在腔内放置三块 NaCl 棱镜作为色散元件，三块 NaCl 棱镜的顶角分别为 56°、66°、67°。三块 NaCl 棱镜的放置方法是使 $\lambda=10.6$ 微米波长的光束以最小偏向角射入棱镜，这时光束在棱镜中平行于底边传播。通过腔内的三块 NaCl 棱镜光束偏转 62.5°。图中这样的安排易于用 He-Ne 激光调整，且与布儒斯特角偏离也不大，故腔内损耗较小。

转动全反射平面镜，使被棱镜色散开的不同波长的谱线逐步处于平行平面腔的高增益区而形成振荡。当全反射平面镜转动 3°23' 时，获得了 CO₂



脉冲 TEA CO₂ 腔内棱镜调谐激光器

U. V. T.—两级同步运转紫外光预电离 TEA CO₂ 激光器；SW—NaCl 窗口；SP—NaCl 棱镜；P. M₁—镀金全反射平面镜；P. M₂—错平面输出镜

10.4 微米带的 P 支和 R 支、9.4 微米带的 P 支和 R 支共四个谱带的激光跃迁，从而实现了脉冲 TEA CO₂ 激光器的选支振荡。使用 1 米光栅光谱仪（光栅尺寸 100×100，100 线/毫米，闪耀波长 11.5 微米），用 He-Ne 6328 Å 定标红外显示板显示，测量 CO₂ 激光波长，共获得 60 条激光振荡谱线。把炭斗直接对准输出光束，记录了不同波长上激光能量的相对值。在放电体积为 $5 \times 2.5 \times 100$ 厘米³，CO₂:N₂:He=3:2:5，总气压为 660 托时，测得 10.4 微米带 P(18) 支输出能量为 7.5 焦耳/脉冲，峰值功率 75 兆瓦。

（中国科学院上海光机所 于澍生 杜龙龙

丁爱臻 楼祺洪 1980 年 5 月 29

日收稿）

CO 电激励气动激光器的初步实验研究

Abstract: An electron-beam preionized, electrically excited gasdynamic CO laser has been developed, and preliminary experimental research on its performances has been made.

CO 激光器中起主导作用的动力学机理是：被电子振动激发的 CO 分子通过迅速的 VVT 交换碰撞形成振动能级粒子数高度激活的非玻尔兹曼分布，

以致在一定的振级之间形成部分反转。分析表明^[1]，振级 v 的稳态粒子数 n_v 为

$$n_v = n_0 \exp\left(-\frac{vE_1}{k\theta_1}\right) \exp\left(\frac{vE_1 - E_v}{kT_g}\right)$$

其中 n_0 为基态粒子数密度, E_1 、 E_v 分别为振级 1、振级 v 的能量, θ_1 为振级 1 的特征振动温度, T_g 为气体平动温度。由该式看出, 为增大 n_0 以增加反转, 可以降低气温 T_g ; 也可增大 θ_1 (即增大馈入能量)。

我们采用了使气体作超声速流动的方式以降低 T_g , 到约 60K, 然后用电子束预电离控制主放电激励冷气流以输出激光。

1. 器件概述

器件示意图如图 1, 照片见图 2。它包括一台 M3.6 超声速冲击式风洞, 一套 150 千伏电子枪系统, 一套 ~2 千伏主放电系统及光学系统。工作原理是由电子束预电离从管风洞喷管喷射出的高速冷冻气流, 引发主放电激励气体分子, 再由光腔获得激光振荡^[2,3]。

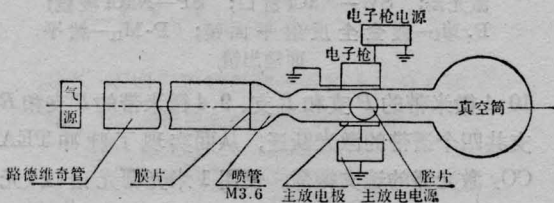


图 1 CO 电激励气动激光器示意图

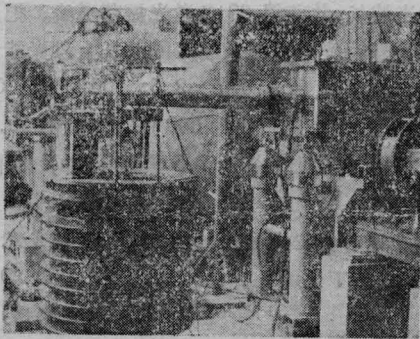


图 2 器件照片

右方为路德维奇管; 右上方为电子枪; 电子枪下为光腔区; 左前方为电子枪灯丝电源; 左后方为电子枪真空系统; 中后方为真空筒

风洞: 滞止区为 5 米长路德维奇管。充入典型工作气体 CO:Ar=5:95, 压力 4.4 大气压。在马赫数为 3.6 的两维超声速喷管^[4]后的腔区可获得压力 0.06 大气压、温度 60K、时间 15 毫秒的稳定流动。由 0.1 微法 (150 千伏) 电容器供电的热阴极电子枪可激励体积 2.4 升。但在目前初步实验中, 仅利用了该体积的 1/5 输出激光, 主放电由充电 2 千伏的

900 微法电容器组供电。光、机、电各系统由同步控制装置联动。

2. 调试及初步实验结果

由压电陶瓷换能器测出滞止压力及腔区压力波形, 调试风洞达到了设计值。由分压器测量电子枪电压波形, 并用互感线圈测出打入腔区的总束流, 调试电子枪初步达到: 总束流最大值 480 毫安, 在 ~1 毫秒内降为零。

保持上述风洞及电子枪的参数基本不变, 变更气体比分、主放电电压、光腔参数, 作了一系列初步实验。用混合气体 CO/Ar/N₂=2.5/72.5/25 获得 80 毫焦耳(时间约 0.2 毫秒, 平均功率 400 瓦)的激光输出。随后, 采用提纯了的 CO 气体获得输出能量 0.2 焦耳(主放电时间 0.1 毫秒, 平均功率 2 千瓦)。初步参数研究的结果是: 1) 气体成分的影响: 输出功率从 400 瓦提高到 2 千瓦的原因是采用液氮冷冻对原来严重不纯 (CO/CO₂/N₂=93.6/1.4/1) 的 CO 气体作了初步提纯 (CO₂ 含量降为 0.3%)。一系列重复性实验表明, 采用较纯 CO 气体可提高输出功率近半个量级, 这是由于不纯气体中的 Fe(CO)₅ 及 CO₂ 会严重降低激光输出^[2]。在改变 CO 比分时输出激光变化见图 3。看出激光在 CO 含量为 2.5% 时最大。这可能是由于 CO 仍未达到 ppm 量级的高纯度^[2], 故随着 CO 的增加有害杂质亦增加, 正反两种作用竞争的结果造成了峰值的出现。此外, 我们还发现, 当 N₂ 含量从 25% 增加到 47% 时, 激光时间从 0.1 毫秒拉长一倍为 0.2 毫秒, 能量从 140 毫焦耳上升为 170 毫焦耳。而在不

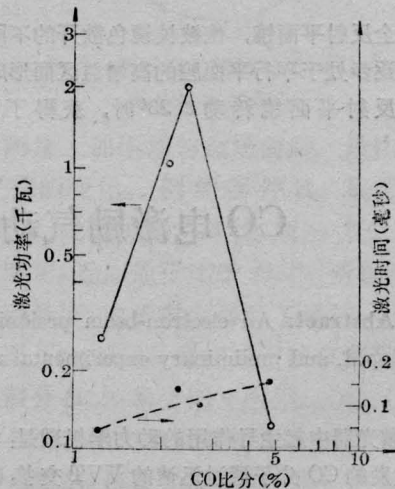


图 3 改变 CO 比分时输出激光的变化

加 N_2 , 将 Ar 含量从 72.5% 提高到约 95~98% 时, 放电即起弧而无激光输出。我们还在混合气中作了添加 1% H_2 的试验, 发现对激光输出无甚影响。2) 放电参数的影响: 增大主放电电压到 2.4 千伏, 发现起弧迅速, 激光输出很小 (~12.5 毫焦耳, 250 瓦)。另外, 还作了倒置主放电电极的试验, 即将下方电极改为阴极, 发现电压电流波形趋于平坦, 在 $CO/Ar/N_2=2.5/72.5/25$ 的条件下获得了 1400 瓦的输出。3) 气压的影响: 将滞止区气压降为 3 大气压, 输出功率有所下降, 但不严重。4) 光腔影响: 曾将一般使用的 $\phi 4$ 毫米输出耦合孔改为 $\phi 8$, 发现激光

下降一倍以上, 证明器件目前增益系数还相当低。

参 考 文 献

- [1] W. B. Lacina; AD-729235.
- [2] R. E. Center; "High-power, efficient electrically-excited CO lasers", in "Laser Handbook", 3, ed. M. L. Stitch, North-Holland, 1979.
- [3] J. G. Jones *et al.*; AIAA, 74-562.
- [4] 褚成;《激光》, 1978, 5, No. 5~6, 52.
(中国科学院上海光机所 电激励激光气动
光器研究小组 1980年5月27日收稿)

空心阴极限制性放电的氦-氖激光器

Abstract: The discharging behaviour of flute-type hollow cathode in limited discharge is investigated. He-Ne laser output at 6328 Å is obtained at limited discharge. It is about 10 times higher than that in ordinary hollow cathode discharge.

空心阴极放电是一种新的激励技术, 用低电压就可放电, 激活区为空心阴极中的阴极位降区与负辉区。由于这两个区域中存在高能电子, 使氦原子激发产生足够多的亚稳态, 故也可以获得氦-氖激光^[1,2]。本文报导了通过外部触发能实现低气压下的空心阴极放电, 激光输出功率有几倍的增加。

本文采用笛子形空心阴极, 它是内径为 4 毫米、长度为 55 厘米的无氧铜管, 每隔 5 厘米开一个孔, 对准孔的位置上面安装上阳极, 共有十个阳极, 如图 1 所示。

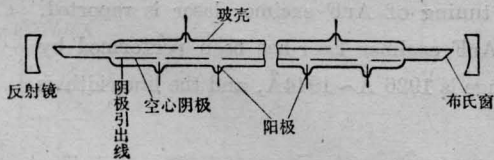


图 1 空心阴极氦-氖激光器结构

图 2 为伏安特性曲线, 曲线 *a* 气压较高, $PD > 14$ 托·毫米, 为正常放电, 阴极位降随放电电流变化不大。而曲线 *b* 的气压较低, $PD < 14$ 托·毫米, 最大放电电流成倍增加, 阴极位降也增加很多。

两种空心阴极放电特性的差异主要在于阴极位降区结构上的差别。在一般空心阴极中, 阴极位降区的厚度小于空心阴极筒的半径, 在管轴上存在负

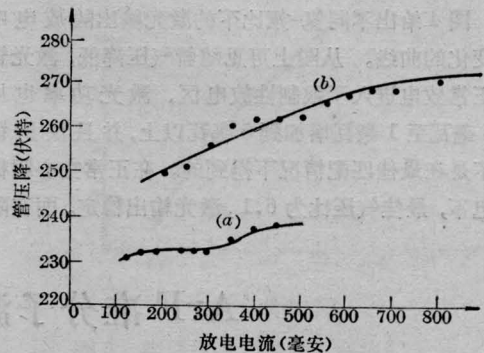


图 2 正常与限制性地空心阴极放电伏安特性
He:Ne=4.4:1; a—4.1 托; b—3.2 托

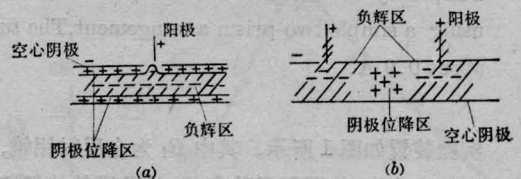


图 3 两种空心阴极的放电结构

辉区, 如图 3(a) 所示。由于位降区厚度和负辉区长度都反比于气压, 在低气压下阴极位降区厚度已超过空心阴极筒的半径, 径向已容纳不下阴极位降区, 从而转向轴向分布, 称为限制性地空心阴极放电; 如图 3(b) 所示, 这时负辉区也散开比较大。