

# 大气压脉冲氮分子激光器研究

陆同兴 赵献章 翟林华 卢秉嵩

(安徽师范大学物理系)

## Investigation on atmospheric pulsed $N_2$ laser

Lu Tongxin Zhao Xianzhang Zhai Linhua Lu Binson

(Department of Physics, Anhui Teachers University)

### Abstract

A simple high repetition rate molecular  $N_2$  laser is described. Experimental results for the laser operated at 1 atm. are given. The dependence of electrode spacing on the threshold charging voltage were measured. It was found by the experimental investigation on relations between the output power and the charging voltage with different electrode spacing (0.8~2.2mm) that a certain output power can be obtained at low operation voltage with narrow spacings. Many kinds of dyes were pumped to produce laser output at the voltage of 8kV.

工作于1个大气压下的氮分子激光器, 由于不需要抽真空系统, 以及能从小的激光腔体中给出较大的功率输出<sup>[1]</sup>而受到人们的重视。此外, 它的光脉冲宽度很窄(小于1毫微秒)<sup>[1~5]</sup>, 为泵浦染料、进行荧光寿命测定、超高速照相、光化学反应等的研究提供了一个合适的, 波长在3371埃的脉冲紫外激光光源。近年来, 在改进大气压氮分子激光器的器件结构、小型化、提高重复频率和输出功率等方面已发表了一些文章<sup>[1~8]</sup>。本文报导我们在大气压氮分子激光器方面进行的一系列实验研究, 为设计稳定可靠、简单易行、小型方便的大气压氮分子激光器提供参考。

### 实验装置

我们的大气压氮分子激光器的实验装置

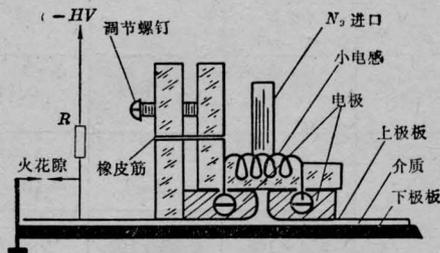


图1 大气压  $N_2$  激光器实验装置结构示意图

比较简单, 如图1所示。它采用典型的Blumlein脉冲形成电路。激光器的电极是一对长200毫米、截面为15毫米×6毫米的矩形铜棒。电极之间的空间构成激光腔体。为了改善腔体内电场分布的不均匀性, 将电极有关的几个棱磨成圆弧。电极间距由装在电极支架上的两只螺钉调节。电极底面分别与作为传输线的两块薄铜皮直接压接。储能

收稿日期: 1979年1月18日。

传输线极板的铜皮尺寸为  $200 \times 300$  平方毫米, 脉冲形成传输线的铜皮尺寸为  $200 \times 120$  平方毫米。传输线的下极板为一块厚 3 毫米的铝板。用七层厚为 0.04 毫米的聚脂薄膜做介质。经用电桥测定, 储能线电容量为 2200 微微法, 脉冲形成线电容量为 1200 微微法。激光器运转时, 氮气从腔体中部流入, 然后由腔体两端自然流出。激光器使用普通火花隙自触发工作。实验测量一般在每秒 10~20 次的重复频率下进行。

激光器正常运转的一个重要问题是抑制弧光放电。Bauer 等人<sup>[2]</sup>提出在激光腔底部引入金属丝来改变腔中电场结构的方法; 而 Bergmann 等人<sup>[1, 6, 9, 10]</sup>把传输线极板延伸进激光腔以产生辉光预电离的办法。我们的实验证明, 采用图 2 所示的综合措施, 即在激光腔底部引入一根孤立漆包铜线, 同时储能传输线极板稍伸进激光腔, 可获得较佳效果, 而脉冲形成线的极板不能伸进光腔, 否则, 将引起输出功率明显下降。

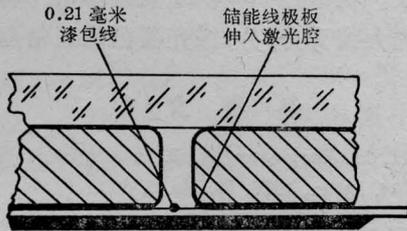


图 2 激光腔横截面图

## 性能研究

激光器可以在纯超辐射下运转, 也可以在腔体的一端置一反射镜下工作。我们的实验测量一般都是在带有反射镜的条件下进行的。鉴于目前对紫外脉冲激光参数的测量存在一定的困难, 我们尝试采用国产 GD-5 型光电管配合脉冲示波器来作波形的观测和输出功率相对幅度的测量。光电管与示波器置于离激光器 2.5 米以外的地方, 以减少激光器工作时产生的种种干扰。

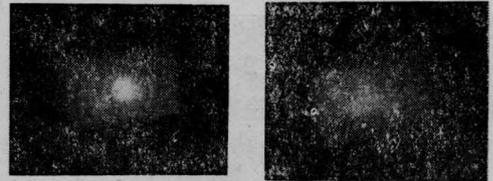
在进行波形观测时, 光电管对激光束作少量取样。光电管的负载电阻取 75 欧姆, 与示波器的输入阻抗相匹配。这时, 在荧光屏上观测到总宽度  $t_u \approx 5$  毫微秒的脉冲。由于示波器本身的上升时间  $t_s \approx 2.5$  毫微秒, 这样,  $t_s \approx t_u/2$ , 所以被测脉冲宽度

$$\tau = 2\sqrt{(t_u/2)^2 - t_s^2} \ll 5 \text{ 毫微秒,}$$

符合一般文献报导的小于 1 毫微秒的脉冲宽度<sup>[1~5]</sup>。在进行脉冲功率相对幅度测量时, 取光电管的负载为一个积分电路, 测量光电脉冲积分后的尖峰电压峰值<sup>[11, 12]</sup>。

激光器在纯超辐射下工作时, 腔体两端都有激光输出。二电极平行, 两端输出相等。当二电极稍不平行时, 间距大的一端输出较强。在二电极约有 0.2 毫弧度张角时两端输出相差最大。

激光器一端置一镀铝全反射镜时, 对输出脉冲的发散度和激光的强度有较大影响。图 3 是当电极间距 1 毫米, 充电电压 10 千伏, 在离激光器输出端 30 厘米处拍摄下来的两张光斑对比照片。可以看出, 加了反射镜后, 输出光增强, 光束发散角减小, 特别是沿水平方向发散角大大压缩, 从原来的约 25 毫弧度压缩到约 8 毫弧度。



(a) 有反射镜

(b) 无反射镜

图 3 在离激光器 30 厘米处拍摄的两张光斑照片

激光器可以在电极间距较大的变化范围内运转。我们使电极间距在 0.8~2.2 毫米范围内变化, 都获得了正常的功率输出。最小的间距在 0.78 毫米处, 在更小间距下, 由于出现强烈弧光而无激光输出。这个事实表明, 要在更小的电极间距下获得出光, 必须合理设计电极形状并进行精密加工, 采取更合

适的预电离措施等。实验中发现，对于每一个电极间距  $d$ ，都有一个对应的出光阈值充电电压  $V_0$ 。电极间距小，阈值小；间距大，阈值大。图 4 就是  $V_0-d$  关系的实验曲线。它们之间大约呈  $V_0=kd^{3/2}$  的关系。当取  $V_0$  单位为伏特， $d$  单位为 0.01 毫米时， $k$  的值在 3.5 附近。

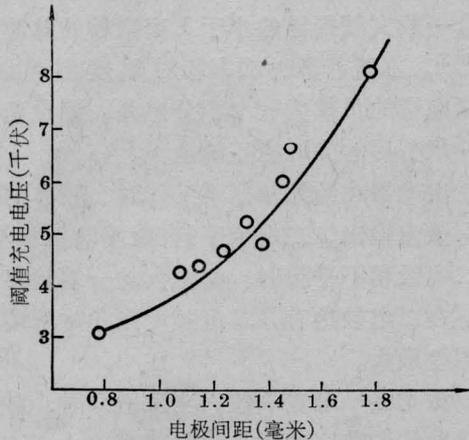


图 4 阈值充电电压与电极间距关系图

典型的充电电压与输出功率相对幅度之间的关系曲线如图 5 所示。不同的电极间距，曲线形状相似。但是，由于阈值不同，它们在图上的位置有一个向左或向右的移动。根据图 5 的曲线形状可以看出，在激光器经一定的阈值电压出光之后，输出功率相对幅度随充电电压的增加而上升。开始上升很快，而在电压增加了 2~3 千伏之后，相对幅度上升变慢，曲线渐趋平缓。因此，激光器的工作电压可选取在曲线上变化渐趋平缓的区段为宜。

由于电极间距变化时激光腔内的激活体积也在变化，因而输出光斑的大小也要变化。但是，从光斑亮度来看，其功率密度没有明显变化。这样，在满足一定输出功率密度的要求下，可减小电极间距，使工作电压降低。我们取电极间距为 1 毫米，工作电压为 8~10 千伏时，已得到一个较高的功率输出，将激光束聚焦打在金属表面上，观察到火花飞溅现象，并且在金属表面上留下了烧灼的

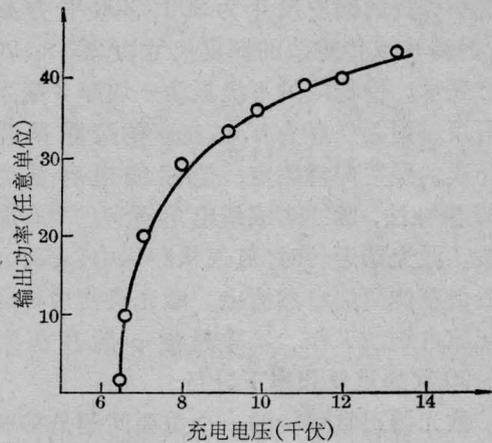


图 5 典型的输出功率相对幅度与充电电压关系曲线  
(电极间距  $d=1.5$  毫米)

斑痕。在 8 千伏工作电压下已能泵浦多种染料出光。

值得指出的是这种结构的激光器耗氮量较低。在每秒 20 次的重复频率下，氮气流量为 0.1 升/分。这是因为采用了腔体中部进气，再由腔体两端自然流出腔外的更换工作气体的方法。在每秒 150 次重复频率下，将氮气流量加大到 1 升/分，激光器已能正常运转。

### 参 考 文 献

- [1] H. M. Bergmann, A. J. Penederis; *J. Phys. E: Sci. Instr.*, 1977, **10**, No. 6, 602.
- [2] P. K. Bauer, A. Kowalczyk; *Opt. Commun.*, 1977, **23**, No. 2, 169.
- [3] W. Herden; *Phys. Lett.*, 1975, **54A**, No. 1, 96.
- [4] H. Strohwalld, B. Salzmann; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, No. 5, 272.
- [5] G. Veith, A. J. Shmidt; *J. Phys. E: Sci. Instr.*, 1978, **11**, No. 8, 833.
- [6] E. E. Bergmann; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, 84.
- [7] E. E. Bergmann; *Rev. Scient. Instr.*, 1977, **48**, No. 5, 545.
- [8] 《激光》，1978, **5**, No. 5~6, 70.
- [9] V. Hasson, H. M. Bergmann; *J. Phys. E: Sci. Instr.*, 1976, **9**, 73.
- [10] H. M. Bergmann, V. Hasson, J. Brink; *Opt. Commun.*, 1976, **18**, No. 1, 180.
- [11] H. G. Heard; "Laser Parameter Measurements Hand Book", p. 156~158.
- [12] 《激光》，1979, **6**, No. 1, 42.