

# 大气压横向激励 N<sub>2</sub> 激光器

邝缙枢 李庆行 源永安  
(物理学系)

由于瞬态激光光谱学、荧光寿命、光化学及光生物学效应等的研究发展,需要稳定可靠的超短脉冲强光光源。而输出谱线为3371埃的大气压 N<sub>2</sub> 激光器,其结构简单,不需要真空密封和真空泵,容易获得高输出功率(兆瓦级以上),窄脉冲宽度(可达亚毫微秒级)和高脉冲重复率(可达1千赫以上)的紫外相干辐射,且稳定可靠,因此受到人们的普遍重视。横向激励的高气压氮分子激光器已成为目前氮激光器件研究中的一个新的动向。

几十兆压力的低气压 N<sub>2</sub> 激光器,其脉冲宽度一般为数毫微秒,对一些瞬态过程的研究和其他多种用途是不能满足要求的。在工作气压为 p (单位为兆)时,上激光能级的寿命  $\tau$  (单位为毫微秒)由下式给出<sup>[1]</sup>:

$$\tau = \frac{36}{1 + p/58} \cdot$$

因此,在一个大气压时,寿命  $\tau \approx 2.55$  毫微秒。要获得激光输出,必须在短于上能级寿命的时间内,进行快速放电激励,而激光脉冲比这还短得多。据报导<sup>[2]</sup>已获得0.3毫微秒的激光脉冲。若以这种激光束抽运染料激光器,很容易获得微微秒的超短脉冲激光<sup>[3]</sup>。

## 激光器装置

激光器利用一个普通的平行板脉冲发生器进行横向激励。图1(a)为激光器的横截面图,图1(b)为俯视图。激光通道由两块宽的铝电极组成,这两块铝电极兼作电容器的上极板,激光通道的宽度可通过机械装置进行任意调节。两电极靠通道的侧边经过精细打磨、抛光,刀口的形状为平面,使有较大的放电体积。电容器的下极板可以是铝板或铜板,厚度1毫米。以两层0.1毫米厚的聚酯薄膜作为电容器的介质,经测定介电常数  $\epsilon = 1.93$ 。脉冲形成电容和储能电容的尺寸相等,均为  $550 \times 190$  (毫米)<sup>2</sup>,激光通道长  $L = 550$  毫米,电容器的宽度  $l$  按公式

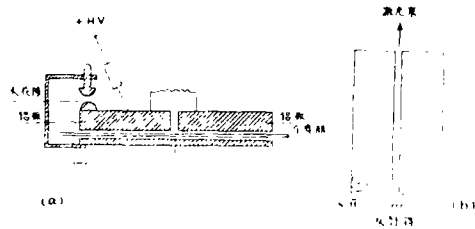
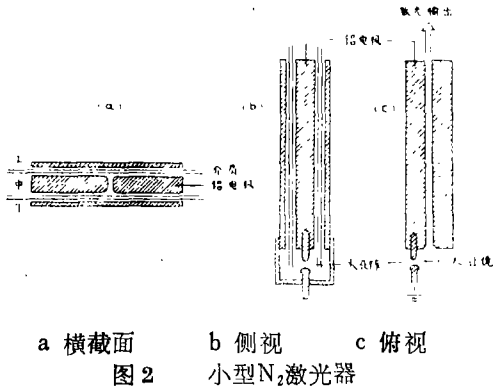


图1 激光器装置

$$\frac{l}{L} = \frac{\epsilon - 1}{2\sqrt{\epsilon}}$$

计算，以便激励电压波与光波同时到达输出端，使激励波与光波在通道的始末两端“同步”。火花隙放在脉冲形成电容板外侧的一端上，火花隙由两块  $R = 10$  毫米的半球形铝电极做成，间距可调节，使能改变击穿电压。激光通道、电容器及火花隙等全部封装在一个有机玻璃盒里。全部另件靠螺栓或压紧接触，能方便地更换介质薄膜。从靠火花隙的一端通入工业纯氮气，让其由输出端自由流出，这样，腔内气压略高于 1 个大气压。当充电电压为 17.5 千伏时，最大输出单脉冲能量约 350 微焦耳。



我们做了一台小型激光器，结构形式与上述基本相同，如图 2 所示。两块铝电极尺寸各为  $50 \times 50 \times 6$  (毫米)<sup>3</sup>，整个激光器封装在一个  $40 \times 110 \times 600$  (毫米)<sup>3</sup> 的有机玻璃盒子里，总储能电容量  $C = 1700 \text{ pf}$ 。用 8 千伏充电电压，可得到单脉冲能量 100 微焦耳。这小型激光器的电极经过精工打磨、抛光，不需任何预电离措施，在改变电压和电容量情况下，都能获得均匀放电，沿整个激光通

道闪耀一片紫兰色的辉光，输出能量稳定。

以上两种尺寸激光器，用石英透镜把输出光束聚焦在金属表面上，都可打出闪亮的火花，并在金属表面留下溅射斑痕。

### 结果与讨论

#### 1. 激光通道间距对输出脉冲能量的影响

我们采用物理所研制的 NJ—II 型辐射能量计测量单脉冲能量。把火花隙间距固定在 4.1 毫米，充电电压为 11.5 千伏时，改变放电通道间距，得到如图 3 所示的曲线，间距为 3.2 毫米时输出能量最大。实验中发现，充电电压改变时，最佳通道间距亦不相同。

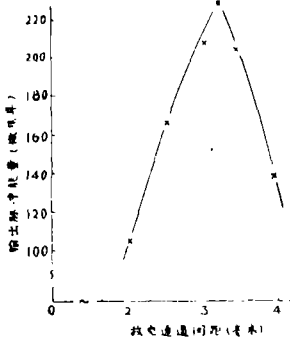


图 3 输出脉冲能量与放电通道间距的关系

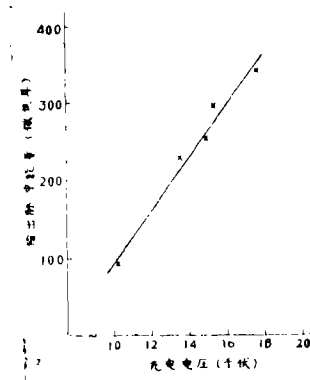


图 4 输出脉冲能量与充电电压的关系

这是因为  $E/p \approx \text{常数}$ 。E 为电场强度，单位为伏/厘米，p 为工作气体的压力，单位为托。

### 2. 充电电压对输出能量的影响

把放电通道间距固定在3.2毫米,通过改变火花隙间距来改变充电电压值,得到如图4所示的曲线。由图可见,输出脉冲能量随充电电压的升高而增加。本来,每次改变电压值时,应同时调整放电通道间距到最佳值,才能真正反映充电电压对输出能量的定量关系,而本文中固定了放电通道间距,所以得到的只是定性的关系。

### 3. 储能电容量对输出能量的影响

实验得出,当把介质膜增加两层,使电容量减小一半时,输出单脉冲能量也减小一半。当在激光器电极的上面多加一个电容,使电容量增加一倍时(如图2a),输出单脉冲能量也增加一倍。但要注意,只有电容器的长宽尺寸不改变的情况下,才能得到这个结果,如果采用增加电容的宽度来增大电容量,则由于放电线路增长,阻抗增大,放电脉冲的上升时间变缓,输出单脉冲能量就不会随电容量成比例的增加。

大气压 $N_2$ 激光器由于放电通道间隙小,容易实现均匀放电,因而输出功率较稳定;又由于脉冲宽度窄,用较小的激励能量就可获得高的功率输出,因而不需要特殊的材料作介质就能做到小型化;且结构简单,容易制作。因此,成为激光光谱研究工作及其他多种应用的很好工具。

## 参 考 文 献

- [1] K.H.Wagner, Z.Naturforschung, 19A, 716 (1964).
- [2] W.Herden, Phys. Lett., 54A, 96 (1975), 1.
- [3] F.Aussenegg and A.Lcitner, Opt. commun., 121 (1980), 1, 32.