

# 陶瓷储能小型氮分子激光器

广东省七〇一研究所 302 组

目前氮分子激光器的应用越来越广。但由于大多数采用面积较大的平板（如双面敷铜板）作为它的储能电容器，整机体积较大，而且输出光束不易在空间转动扫描，这对农业育种、临床医疗和野外萤光探测等方面的应用来说，使用和携带都不方便。

在英明领袖华主席提出的抓纲治国战略决策的指引下，在全国工业学大庆会议精神的鼓舞下，我组科研人员和广东化工学院陶瓷专业师生一道，共同协作，研制成功了一种用陶瓷材料作储能电容器的小型氮分子激光器。这种储能电容器的面积仅为双面敷铜板的十分之一时，电容量还比后者大几倍，这就使得氮分子激光器的整机体积大大缩小，并且激光输出也有所增强。

这种小型氮分子激光器（参看图 1 照片）已在中山医学院第二附属医院激光室作临床医疗用。与采用双面敷铜板储能的氮分子激光器相比，这种小型氮分子激光器的使用和携带都较方便。预期它不仅在农业育种、野外萤光探测和临床医疗等方面可推广应用，而且也有助于使采用氮分子激光器泵浦的染料激光器小型化等。

## 一、储能电容器的材料

我们采用高介电常数的陶瓷材料钛铋锶作为储能电容器材料。

实验表明，在一定范围内，氮分子激光器的输出能量随储能电容容量的增加而增加（参看图 5）。因电容量  $C$  与材料的介电常数  $\epsilon$  及

面积  $S$  成正比，而与间距（即材料厚度  $d$ ）成反比，所以在保证不降低激光输出的前提下，提高材料的介电常数  $\epsilon$  或减少厚度  $d$  均可减少电容器的面积  $S$ ，达到小型化的目的。但采用减少厚度的方法时必须相应地提高材料的电击穿强度。

目前，由于我们所采用的双面敷铜板，其介电常数  $\epsilon \approx 4.5$ ，电击穿强度为 10~15 千伏/毫米，厚度  $d$  约为 1 毫米左右，这样，若要获得一定的激光输出，就要求双面敷铜板保持足够大的面积，以保证有足够的电容量。为了有效地缩小储能电容器的面积，并使激光器的结构适应于实际应用的要求，必须寻找一种新的电容器材料，来弥补双面敷铜板作为储能电容器的这个弱点，以便在储能器面积减小时，提高或保持一定的电容量，以保证激光的正常输出。为此，我们着手以高介电常数和电击穿性能好的陶瓷材料进行试验，经过反复的实验，初步选用了钛铋锶陶瓷材料作为储能电容器，并得到较好的激光输出。钛铋锶陶瓷材料基本上满足了上述的两个要求：介电常数高， $\epsilon$  为 900，电击穿性能也较好，为 5~10 千伏/毫米。而且在脉冲情况下工作时介质损耗小，漏电电流小，是一种较理想的储能电容器材料。

## 二、结 构

我们所研制的陶瓷储能氮分子激光器具有体积小，结构紧凑，携带方便，造价低廉等优点。图 1 是我们和广东化工学院研制的

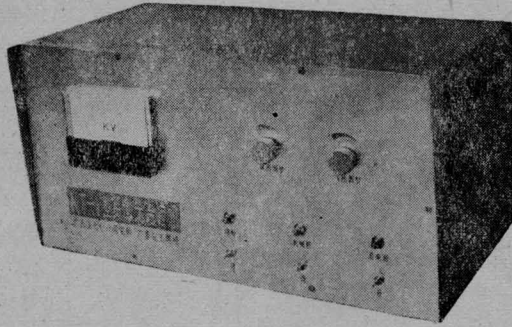


图1 NT-1型氮激光治疗机

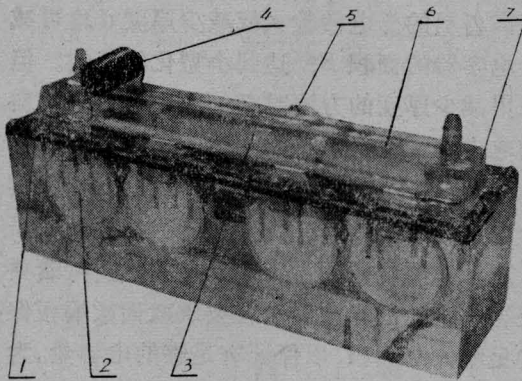


图2 陶瓷储能氮分子激光器

1—镀铝全反射镜；2—陶瓷储能器；3—放电管；4—电感线圈；5—火花隙；6—电极；7—石英输出窗

NT-1型激光治疗机。

如图2所示,我们采用8至12块圆盘陶瓷电容并联作为储能器。每块圆盘陶瓷电容直径70毫米,厚度5毫米,电容量4000微微法左右。采用分立式的圆盘陶瓷电容主要是考虑陶瓷电容器的制造工艺和在长期使用中置换方便。放电管截面为方形,放电长度300毫米,用有机玻璃制成。放电电极用黄铜材料,厚度0.5毫米,电极间距15毫米。电极和有机玻璃壁用普通乳胶粘接密封,中间通道为12×20毫米。放电管两端分别为镀铝全反射镜和石英输出窗。电感线圈15~20圈。采用单独火花隙,火花隙与电极间用25毫米宽黄铜片连接,减少附加电感,并用横向激励的方法获得较强的激光输出。为了减少电路电感,提高放电脉冲上升速率,从而提高

激光输出能量,我们将火花隙放在放电管的中间部位,实践证明这时激光器的输出最强。

因为采用了分立并联的圆盘陶瓷电容作为储能器,使得储能电容量大大增加,而激光器的激励电压却相应地降低了。目前这种激光器只需5千伏左右的激励电压即能保持正常工作,有较强的激光输出。这一激励电压仅为采用双面敷铜板作储能电容器的氮分子激光器工作电压的三分之一左右。由于在保证不降低激光输出的前提下降低了激励电压,这就可以相应地降低对高压变压器和整流元件等的要求,从而也有助于电源设计上的小型化。

### 三、工作条件的选择

我们初步测量了陶瓷储能小型氮分子激光器输出能量分别随工作电压、氮气压强和储能电容的变化曲线。

#### 1. 工作电压

如图3所示,在氮气压强 $P$ 和储能电容量 $C$ 不变的条件下,激光器的输出能量 $E$ 随工作电压 $V$ 的增加而增加。当电压超过某一范围时,激光器的输出能量上升缓慢,趋于饱和。由此可合理选择工作电压值。

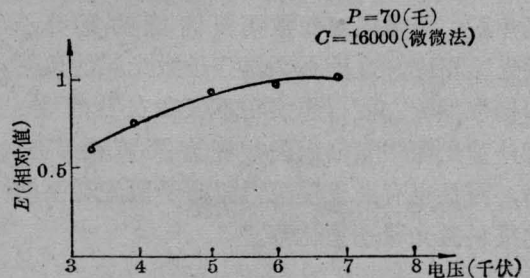


图3 激光器输出能量 $E$ 随工作电压 $V$ 的变化曲线

#### 2. 氮气压强

如图4所示,在工作电压 $V$ 和储能电容量 $C$ 不变的条件下,激光器的输出能量 $E$ 随氮气压强 $P$ 改变而改变,存在一个最佳的压强值,这时激光器输出最强。

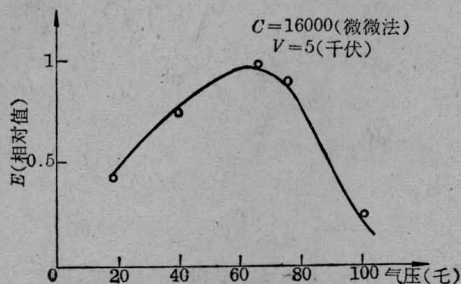


图4 激光器输出能量  $E$  随氮气压强  $P$  的变化曲线

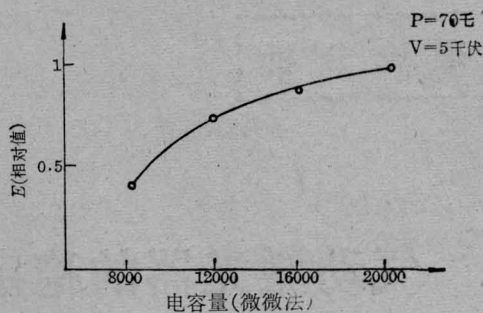


图5 激光器输出能量  $E$  随储能电容量  $C$  的变化曲线

### 3. 储能电容量

如图5所示,在一定的储能电容量范围内,激光器的能量  $E$  才随电容量  $C$  的增加而增加。当电容量超过某一范围时,输出能量也将趋于饱和。因此,选择合适的电容值,对于缩短放电管长度并提高储能器转换效率有重要的意义。

除了上述条件外,还要设计合适的电源,选择限流电阻和保持一定的火花隙电极距离,使激光器保持合适的脉冲重复频率,以保证激光器正常工作。

## 四、结 语

这种陶瓷储能的小型氮分子激光器目前还存在一些问题有待进一步解决。从陶瓷储能电容器来说,还存在转换效率较低,以及由于陶瓷圆盘面积较大,从而材料出现缺陷的几率也较大,以致造成电击穿性能较差等问题。更重要的是,还存在整个氮分子激光器整机的所有部件在保证不降低激光输出的前提下,全面实现小型化的问题。

(上接第45页)

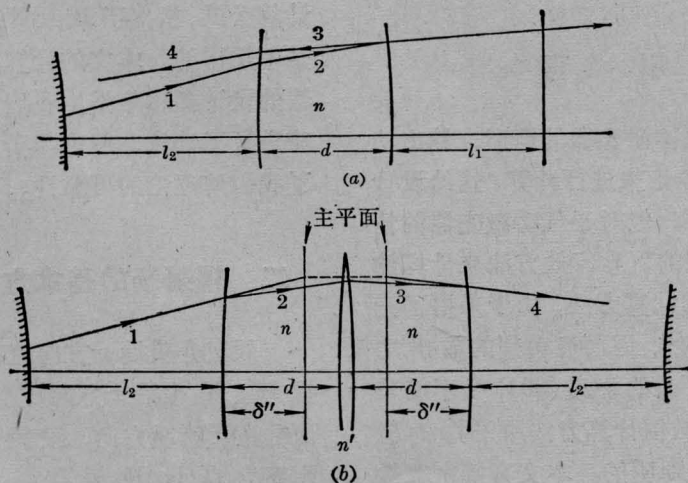


图5 情况二的等效光路图

输出激光会聚成准平行光束,这当然是我们所不希望的。尤其要指出,在情况一中是不稳定腔的时候,在情况二中有可能构成一个稳定腔(可以证明,情况二构成一个不稳定腔的条件是:  $2f'' > R + l_2 + \delta''$ ,近似地是:

$$0.6f > R + L_2,$$

所以有可能在条件(11)被满足时不满足这个条件),这当然更是我们要避免的了。

### 参 考 资 料

- [1] 国外激光, 1972年第10期(增刊), p. 1~20.
- [2] M. Born and E. Wolf, Principles of Optics, 2nd ed. (1964), Chap. IV, p. 151~163.