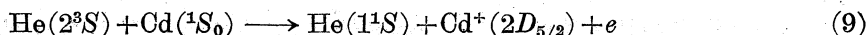


式中: N_0 为阿氏常数, ρ 为镉的比重(8.65克/厘米³), N_{cd} 为镉离子浓度, 约为 10^{12} 厘米⁻³, ω^+ 为镉离子迁移率, 为 1.08×10^4 厘米²/秒·伏。从上面计算得到 1 克镉可用 1600 小时, 我们的计算结果与[10]的实验结果基本一致。他们得到 1.5 克镉可用 1000 小时。

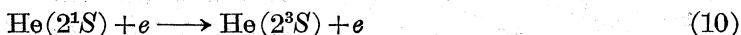
我们经过二百小时以上的寿命实验。从镉的重量减小数值来看, 以上计算结果与我们的实验情况是比较接近的。

四、讨 论

镉蒸汽激光的机理基于彭宁效应和电泳效应。彭宁电离过程主要由 $\text{He}(2^3S)$ 参加。



其实, 氦单重亚稳态 $\text{He}(2^1S)$ 也参加间接作用。当 $\text{He}(2^3S)$ 态被抽空后, $\text{He}(2^1S)$ 态通过与电子碰撞以很大截面产生 $\text{He}(2^3S)$



以上截面可达 3×10^{-14} 厘米² 之大^[11]。

总之, 从上述情况看来, 镉块结构与自加热低噪音结构的噪音比加热低噪音结构的噪音稍高, 但是去掉了镉炉, 在生产和使用上都是比较方便的, 所以是比较可取的结构。

参 考 资 料

- [1] G. J. Collins; *J. Appl. Phys.*, 1973, **44**, 4633.
- [2] K. G. Hernqvist; *Appl. Phys. Lett.*, 1970, **18**, 464.
- [3] W. T. Silfvast et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1971, **19**, 445.
- [4] K. G. Hernqvist; *IEEE, J. Quant. Electron.*, 1972, **8**, 740.
- [5] K. G. Herhqvist; *RCA, Rev.*, 1973, **34**, 401.
- [6] W. T. Silfvast; *Phys. Rev. Lett.*, 1971, **27**, 489.
- [7] M. Janossy et al.; *Acta-Physica*, 1972, **32**, 149.
- [8] M. Janossy; *Phys. Lett.*, 1974, **47A**, 409.
- [9] HandBuch. der. Physik, **21**.
- [10] J. P. Goldsborough; *Appl. Phys. Lett.*, 1969, **15**, 159.
- [11] C. K. Rhodes; *IEEE, J. Quant. Electron.*, 1974, **10**, 153.

氮 分 子 激 光 器

戚 霖

(复旦大学光学系)

随着我国激光新技术在工农业生产中日益广泛的应用, 对激光器件的研制提出了更高的要求, 产品的数量远远不能满足日益增长的需要, 品种更落后于生产的发展, 特别在全国人民大办农业的大好形势下, 广大科技人员与贫下中农相结合开展科学种田, 激光育种已初见成效, 同时要求更多品种、不同能量、不同波长的激光器件, 为育种提供更多实验条件。为此, 我

校根据工农业发展的需要于去年开始研制各种新型激光器件。

这里介绍的一种易于制作的高峰值功率紫外氮激光器，经我校生物系工农兵学员用于小麦辐照育种，取得了一定效果。

这种激光器除了应用于育种以外，在医学治疗、菌种诱变和检测污染等方面有着广泛的前途。由于这种激光器输出波长较短，脉冲宽度窄，可以高重复率运转等特点，还可作为可调谐染料激光器的泵浦源。

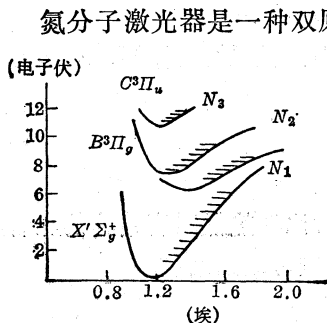


图1 氮分子势能曲线图

氮分子激光器是一种双原子分子激光器，输出波长为3371埃的紫外光。氮激光器是三能级系统(图1)，这是氮分子在第二正带 $C^3\Pi_u \rightarrow B^3\Pi_g$ 的电子跃迁。采用电激励的氮激光器，在电场中获得能量的粒子相互碰撞而交换能量，在一定的条件下优先激励到 $C^3\Pi_u$ 态。由于氮分子激光上能级 $C^3\Pi_u$ 态的自发辐射寿命较短(≈ 40 毫微秒)，需要快速激励即在相当短的时间内增加 $C^3\Pi_u$ 能级上的粒子数(约在10毫微秒以内)才能在能级 $C^3\Pi_u$ 和 $B^3\Pi_g$ 间建立粒子数反转而获得激光输出，所以整个激光器的设计思想是采用尽可能低阻抗的传输网络结构，尽可能降低火花

隙给回路带进的电感，实现快速上升脉冲放电。采用环氧树脂双面印刷线路板作为传输线制成氮激光器的脉冲形成网络和贮能电容的简单装置，一般都可以获得数十千瓦峰值功率的激光输出。

这种激光器由于氮分子 $C^3\Pi_u$ 态受激辐射效率甚高，不需要谐振腔即可获得激光，一般称这种不用谐振腔获得的激光为超辐射或放大的自发辐射。在我们的装置中，一般采用一端为全反射镜，另一端即为石英输出窗口。

氮激光器通常是由脉冲形成网络、贮能电容、激光管、火花隙以及供电电源组成。

上面我们已提到要获得一个上升速率很快的放电电流，关键要有一个低阻抗的传输网络，平板形传输线或同轴传输线的阻抗较低，我们选用平板形传输线作为脉冲形成网络和贮能电容(图2)，它是由一块1毫米厚，宽420毫米的环氧树脂介质的双面印刷板制成，电容量约3.8微法/厘米²。A是脉冲形成网络，长30厘米，B为贮能电容，长40厘米，中间被剥去一条宽5厘米的铜箔，背面的铜箔整块相连。A与B之间被任意绕制的20卷电感连接，电源可通过电感向贮能电容器充电。火花隙安装在边角上。当火花隙击穿时将在激光

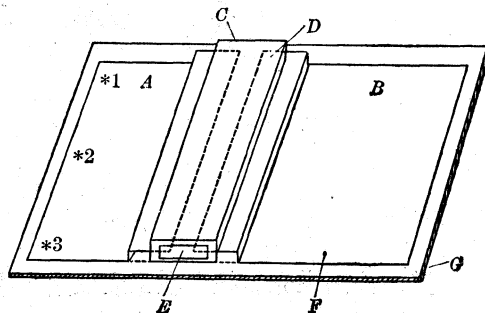


图2 氮分子激光器的结构

A—脉冲形成网络；B—贮能电容；C—激光管；D—电极；E—输出窗；F—铜箔；G—环氧树脂介质

管二极板间形成高压电位差而产生高压脉冲放电。激光管是由8毫米厚的有机玻璃用三氯甲烷粘合成中间空道为 30×20 毫米的长方形盒子，一端有石英输出窗(采用一般的光学玻璃也可以)，在另一端上紧贴一全反射镜，全反射镜可用镀铝或3371埃介质膜的平面镜。电极由黄铜制成，电极端面磨成尖角，可使能量密度大大集中。电极之间距离为17毫米，电极与有机玻璃用南京大学701硅橡胶密封。

火花隙起脉冲开关作用，它的电感直接影响放电电流的上升速度。在我们的装置中，使用二种火花隙，一种是空气火花隙(图3)，另一种是高压火花隙(图4)，里面充有高压(3~5大气压)氮气。火花隙加压以后，由于火花隙距离大大缩小，使它带给回路的电感大大减少，增加和改善了激光输出。火花隙的开关频率有触发器控制，触发器采用简单的可控硅触发线路(图5)。

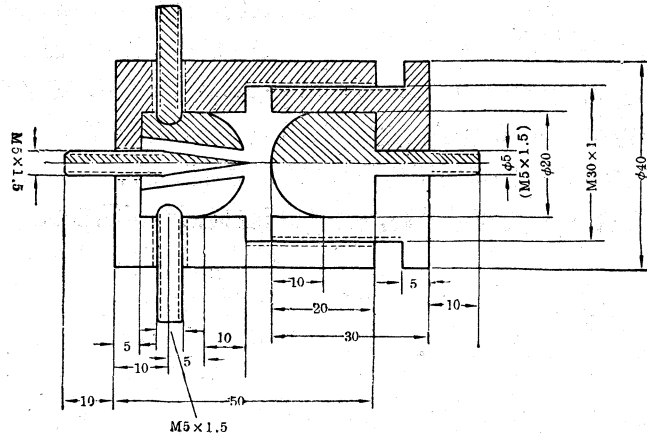


图3 空气火花隙

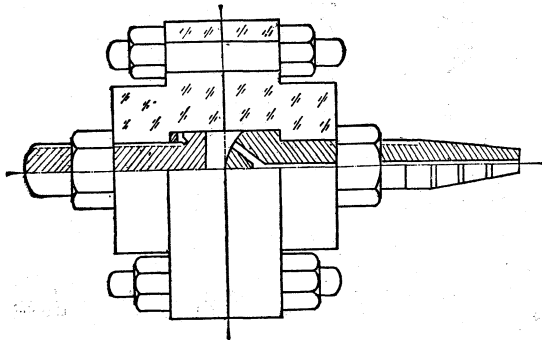


图4 高压火花隙

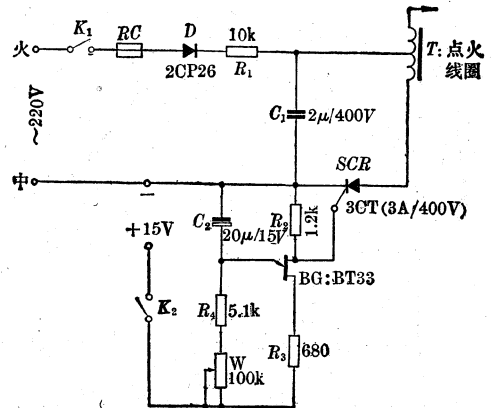


图5 可控硅触发原理图

激光管充以工业氮气，由机械泵连续抽运，调节针形阀可任意调节激光管内的气压，气压由标准压力表指示。

三

激光器的输出能量在外加电压约12千伏、气压为60托、触发器的重复频率为每秒10次

的条件下,我们用小炭斗测量激光器的单脉冲输出能量为 0.6 毫焦耳。采用同样方法,我们在固定的重复频率下测得了激光各种参数对激光输出的影响。

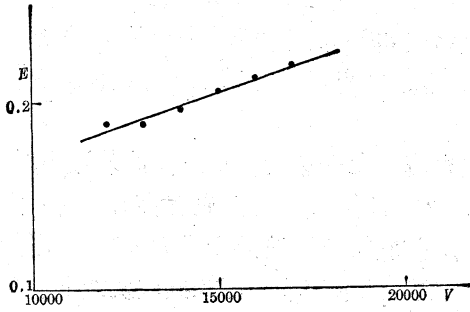


图 6 气压为 45 毛时,外加电压对激光输出的影响

1. 外加电压和 N_2 气压对激光输出的影响: 从实验结果可知,在一定气压下输出能量随外加电压的升高而线性增加(图 6)。在外加电压为 13 千伏时,输出能量开始随气压的升高而增加,在气压为 40~60 毛时达到最大,以后又随气压的升高而降低(图 7)。根据 N_2 各电子态总激励有效截面与电子能量关系可以看到,对应于 14~16 电子伏能量的电子对氮分子激励到 $C^3\Pi_u$ 态最为有效,即激发截面最大。所以在一定外加电压下,对应有一个最佳气压,即相应的电子平均能量约在 14~16 电子伏之间时,激光输出效率最高。气压偏低,电子获得的平均能量过高,气压过高,电子获得的平均能量偏低,均对激光输出不利。在不同的外加电压下,最佳气压亦不同,随着外加电压的升高,最佳气压也向高压气端移动。

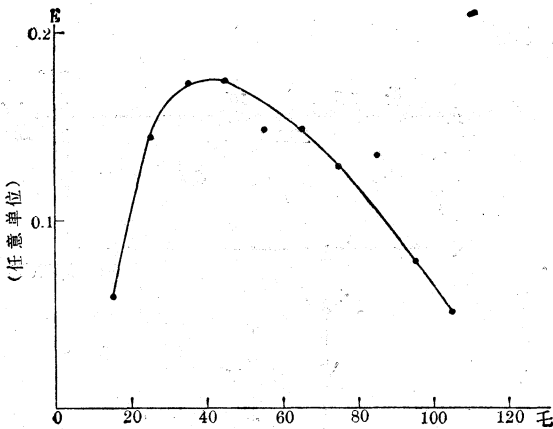


图 7 气压对激光输出的影响(外加电压: 13 千伏)

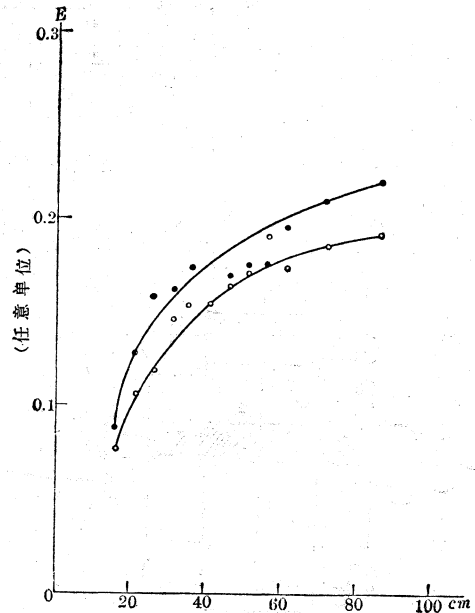


图 8 贮能电容对激光输出的影响

2. 贮能电容对输出的影响: 在我们的实验中,增加贮能电容是采用延长平板传输线的长度来实现的。在一定条件下,增加电容可以使输出增加,但事物总是一分为二的,增加传输线的长度,一方面增加了贮能电容,另一方面使放电电感也随之增加,所以开始增加传输线长度时,输出能量线性增加(图 8)。但长度增至 40 厘米以后,由于放电电感增加,使输出增长速率逐渐缓慢。我们也曾经作过这样的试验,把贮能电容器从半米增至 1.5 米,输出没有明显的增加,尽管贮能电容器增加了二倍,但传输线的延时特性使这部分能量对输出贡献不大。这个事实给了我们一个十分重要的启示,要提高激光器的输出,不能片面增加贮能电容器的长度,必

须同时注意阻抗的影响。增加腔长采用高介电常数的介质来代替环氧树脂介质,或用聚脂薄膜作为介质以减小介质厚度等方法,同样可以达到增加贮能电容,实现提高激光输出的要求。

3. 火花隙对输出的影响:上面已经提到,在整个装置中,火花隙的作用十分重要,它的位置、极间距离和连接导线都对激光输出有很大影响。

在相同的条件下,我们分别在不同位置安装火花隙(见图 2“*”位置),比较不同位置测得的激光输出,列于表 1。

表 1 火花隙位置不同时的激光相对输出能量

位 置	1	2	3
相 对 输 出 能 量	1	0.62	0.85

从上表可见:火花隙处在位置 1 时,激光器的效率最高,同样,火花隙延着 α 方面位置移动时,我们也可以找到一个最佳位置。在我们的实验中,发现靠近反射镜一端离开激光管约 30 厘米处安放火花隙,其输出激光最大。在相同外加电压下,分别使用空气火花隙和高压火花隙,同时改变高压火花隙的极间距离(相应调整火花隙的气压),结果表明:高压火花隙明显优于空气火花隙,电极距离减小,放电均匀性得到改善,激光输出增强。

另外,火花隙与脉冲形成网络的连接导线我们一般采用 25 毫米宽的紫铜皮,如换成 10 厘米长单股线,激光输出明显下降,换成 25 厘米长单股导线,则激光就没有输出。

从以上实验结果我们认为:(1)行波激励电脉冲与光速度匹配得如何对受激辐射的效率有一定的影响,火花隙在位置 1 时输出最佳说明此时匹配得最好。(2)因为火花隙在产生激光过程中起了脉冲开关作用,它(包括引线)的电感直接影响放电电流的上升时间,所以要设计一个高功率的氮激光器,必须重视火花隙给器件带来的电感。

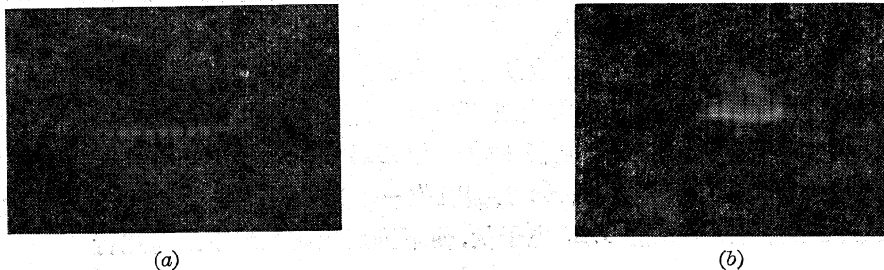


图 9 离输出反射镜 30 厘米处的激光光斑
(a) 超辐射输出; (b) 距激光管一端 15 厘米处安放大反射镜

4. 反射镜对激光方向性的影响:图 9 是我们在离激光器输出端 30 厘米处拍摄的二张激光打在荧光纸上产生的光斑照片,(a)是在没有反射镜的条件下拍摄的,(b)是在离激光管一端 15 厘米处放置一镀铝平面反射镜使激光方向性得到改善后拍摄的,反射镜距离镜面位置不同,对激光方向性的影响也不同,距离越远方向性越好。但过分远的反射镜亦会失去它的作用。

综上所述,氮分子激光器的输出不仅同输入能量(即外加电压和贮能电容)以及工作气体的气压有关,而且同激光器的回路特性有关,它直接影响放电脉冲的上升时间,关系到能否实现上能级粒子数的反转,这是在提高激光器输出能量(功率)时必须考虑的问题。