

氮分子紫外脉冲激光器(下)

宗占国 陈五高

(吉林师范大学物理系)

2. 横向激励型氮激光器

如前文所述,纵向氮激光器的优点是方向性好,结构紧凑,体积小。缺点是峰值功率不大,其主要原因是用同轴电缆馈电,阻抗较大;放电管孔径较细;充气压力较低;放电管长度受到限制,一般不超过氮气的击穿速度与激光上能级辐射寿命之乘积。

但是,横向氮激光器基本上可以克服纵向器件的上述一些缺点。

横向氮激光器早在1965年就出现了。十年多来,这种结构不断完善、不断革新。

1967年出现了平板传输线结构的低阻抗脉冲形成电路^[9],即布鲁林(Blumlein)脉冲发生器,它是由中间夹有电介质的金属板(平板电容)构成的结构。由于这种结构把馈电线和储能电容器合为一体,并与放电管直接连接,所以,电路阻抗很低。获得的激光很强,达到了2.5兆瓦。

1973年出现了抛物线型平板传输线结构。下边以我们在实验中所作的为例来说明,结构如图4所示。它是由中间夹有聚脂薄膜的抛物线型铝板构成,抛物线方程是 $y^2=10.6x$ 。上面

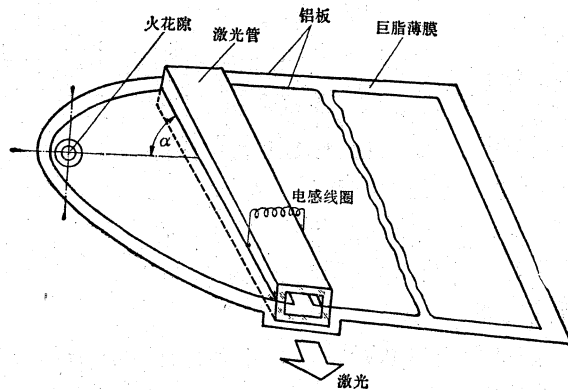


图4 抛物线型氮激光器

两块铝板相对地插入激光管内,兼作电极,电极间距1厘米,由一个电感线圈联接,起自动开关作用:对直流充电来说是短路,对快速放电来说是开路的。激光管由有机玻璃制成,与抛物线型铝板的轴线大约成 56° 角。(对于不同的介质,因 ϵ_r 不同,夹角 α 不同)。火花隙放在抛物线的焦点上,目的是为了产生一个完整的行波,实现放电激励速度和激光传播速度相匹配,从而获得最大激光输出。它的工作过程可用图5说明。

当接通电源时, C_2 、 C_3 被充电,即平板电容被充电(C_2 、 C_3 表示上下金属板构成的电容),当充到火花隙 G 的击穿电压时,电容器 C_3 通过火花隙迅速放电,电感线圈 L 处于开路,造成

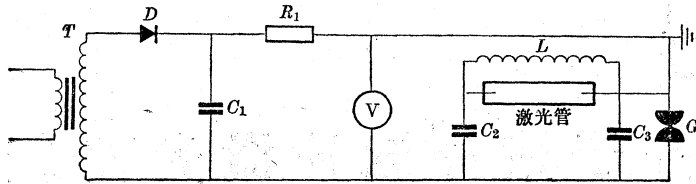


图5 工作过程示意图

上面两块铝极间放电，激励氮气，形成急骤的粒子数反转，产生 3371 埃的紫外激光。

这种抛物线型结构简单，容易成功，一般可获得百千瓦和兆瓦量级的峰值功率。

平板传输线横向氮激光器已有人作出了双层结构型。仅长 30 厘米的放电管就获得了 1.2 兆瓦的峰值功率，所加电压 2 万伏左右。这种结构与单层结构相比，电路阻抗降低一半，并能实现所有外部金属导体接地，因此，可减小快速激发等离子体时产生的电磁干扰，也增加了操作者的安全。下面再介绍两种紧凑高功率的氮激光器。

水电容结构。断面图如图 6 所示。储能电容器的容量是 50 毫微法，它由中间充满蒸馏水的三块 16×60 厘米的金属板构成，中间的接放电管阴极，两侧的接地。放电管由长 80 厘米，直径 7.5 厘米的有机玻璃管制成。铝电极长 60 厘米，间隔 5 厘米，为了放电均匀，在铝阴极均匀镶嵌 600 根钨丝，高出阴极表面 2 毫米。由于蒸馏水的电介质常数高达 80，所以，电路阻抗很低，器件结构紧凑。这种结构获得了 500 千瓦的输出。

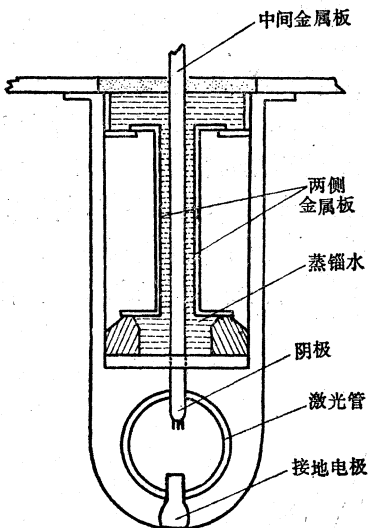


图6 水容器型氮激光器断面图

陶瓷电容型^[10]。在这里，电容量为 650 毫微法的 20 个陶瓷电容均匀地安置在放电管的两侧。每个电容的直径为 20 毫米，高为 8 毫米。两端接头焊在铜板传输线上。放电管长 50 厘米，由有机玻璃做成。放电电极由长 30 厘米、直径为 0.25 厘米的不锈钢棒做成，也焊在铜板传输线上。由于陶瓷有效电介质常数高达 2500，所以器件结构紧凑，电路阻抗很低，单位长度的特征阻抗为 0.060 欧姆/米左右，这与大面积平板电容的特征阻抗相比属于同一数量级。上述结构获得了 1 兆瓦、7 毫微秒的输出。所加电压为 18 千伏。

上述结构获得了 1 兆瓦、7 毫微秒的输出。所加电压为 18 千伏。

3. 电子束激励型氮激光器

图 7 就是电子束激励的氮激光器装置图。电子束发生器产生约为 10^4 安培/厘米²、脉冲宽度为 3 毫微秒、动能为 40 千电子伏的强电子束。电子束射进内径约 1 厘米、长为 175 厘米的不锈钢管，管内充以约 20 托的氮气。为了防止电子束发散，钢管外用脉冲螺线管产生 1 万

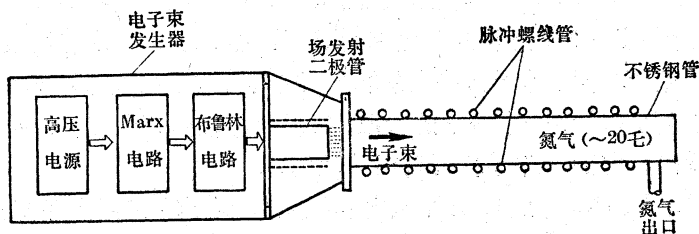


图7 电子束激励型氮激光器

高斯的轴向磁场束缚。从这样的装置可获得 60 千瓦、2 毫微秒的输出。

4. 预电离体放电型氮激光器

这种结构可以产生较高的平均功率,有报导^[11],已经获得了 150 毫瓦的平均功率。

提高平均功率的有效途径是提高重复工作频率。有人^[12]应用气动技术,用抽气机以 500 立方呎/分的速率抽空氮气,使氮气以二倍声速流动,获得了高达 1300 次/秒的重复工作频率,平均功率达 1.5 瓦。文章中声称,重复工作频率可以进一步提高到 2000 次/秒,平均功率可提高到 20 瓦。

三、氮激光器的应用

氮激光器的应用来源于它的高峰值功率、窄脉冲宽度、紫外波长的特点。下边叙其主要应用。

1. 泵浦可调谐染料激光器

目前泵浦染料激光器的光泵,主要有氮激光器、红宝石和钕玻璃倍频激光器、闪光灯。氮激光器与倍频激光器比较,结构简单,峰值功率大,重复频率高;与闪光灯比较,调谐波段宽,能从近紫外到红外这样宽的波段实现调谐,而闪光灯不能在短波段上进行调谐。

有人用峰值功率 120 千瓦、脉冲宽度 10 毫微秒、重复频率 100 次/秒的氮激光器泵浦若丹明 6G、荧光素钠等染料。装置如图 8 所示。氮激光被柱面透镜聚焦在染料盒上,染料盒一端为部分反射,另一端是衍射光栅,通过转动光栅,即可调谐输出波长。氮激光器可以泵浦许多种染料,如若丹明 B、氯化铝酞花青、DTTC 等等,实现不同波段的调谐。

2. 在集成光学上的应用

集成光学发展迅速,已成为光学信息处理十分活跃的部分。激光激励薄膜激光器,实现光放大是研究集成光学的一个重要方面。在这方面应用氮激光器已获得了可喜的成果。有人用若丹明 B 掺聚氨基甲酸酯做成了光波导薄膜激光器,其浓度为 3.3×10^{-2} 克分子/升,折射率 $n_f = 1.55$ 。薄膜的基底是玻璃,折射率 $n_g = 1.51$ 。如图 9 所示,用棱镜耦进和耦出激光。如果只将氮-氮激光器的 6328 埃激光耦进光波导薄膜,那么只发现薄膜出现荧光,而没有放大;如果用氮激光器激励光波导薄膜,则发现薄膜对 6328 埃激光产生了超辐射放大,测得非饱和增益达 13/厘米。所用的氮激光器功率为 43 千瓦,脉冲宽度 6.6 毫微秒。

3. 在喇曼雷达上的应用

激光喇曼雷达的灵敏度与频率的四次方成正比,因此,频率较高的氮激光器就成了合适的光源。图 10 就是用氮激光器所探测的工厂烟囱附近的污染记录。使用的氮激光器峰值功率为 20 千瓦,脉冲宽度 10 毫微秒,重复工作频率 50 次/秒。接收天线是孔径 30 厘米、焦距 150 厘米的牛顿反射式望远镜。探测到的最小浓度达几 ppm,在几百米范围内,分辨率为 10 米。

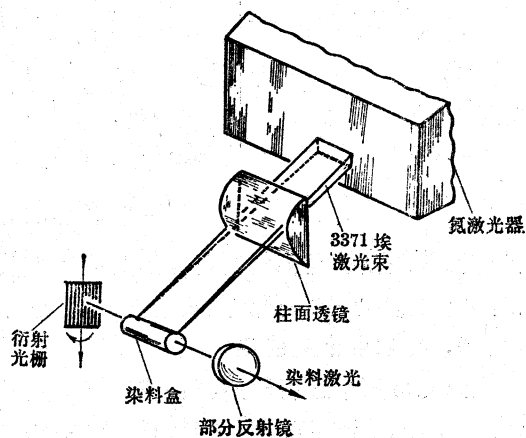


图 8 可调谐染料激光器装置图

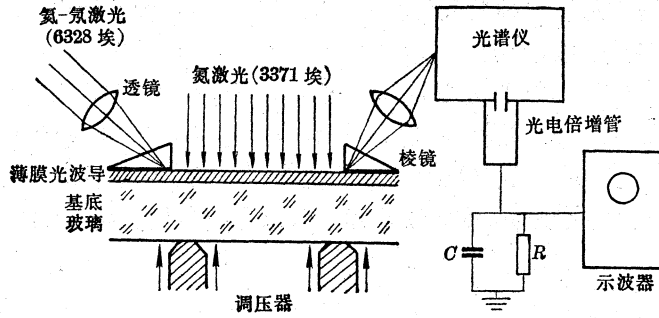


图9 实验装置图

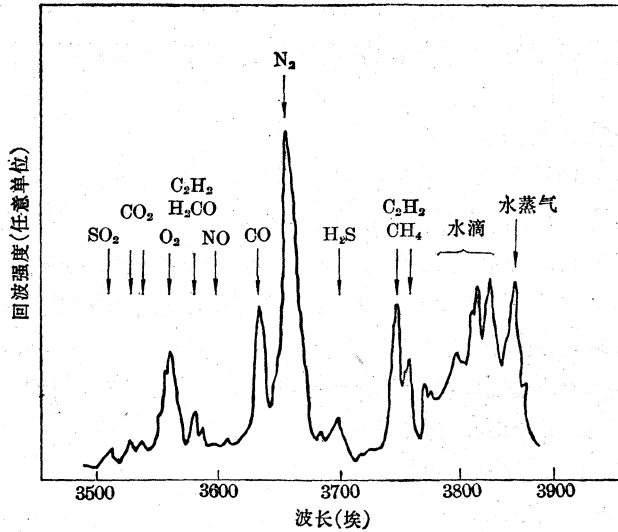


图10 烟囱附近的污染记录

图中回波最强的是氮气所对应的共振喇曼散射。欲对各种被探测的气体都获得这样强的回波,就得应用喇曼共振放大技术,采用氮激光器泵浦的可调谐染料激光器作为探测光源。

4. 在农业上的应用

激光用来进行辐射育种或田间辐照,可使种子发芽率增高、禾苗抗倒伏、作物成熟期缩短、产量提高,改良品种。据报导,紫外光效果较好。初步实验发现氮激光器辐照的大豆、小麦都有变异。因此,氮激光器有希望成为培育良种的激光器。

5. 在石油勘探上的应用

石油在氮激光照射下能发出很强的荧光。因此,我们可用氮激光器进行石油勘探。可以用船载来进行巡逻式的海洋石油勘探,也可以把氮激光器固定在海岸上,进行遥测。根据接收到的荧光波长可确定石油的组成,根据接收到的荧光强度可确定其含量。这对于军事侦查和海洋开发都是很有益处的。

6. 在医学上的应用

有希望诊断和治疗癌症。癌细胞被荧光材料着色后,在氮紫外激光照射下,可发出绿色光。据此可诊断癌症。激光诊断可在一秒钟内显现几百个细胞,比化验法快得多,同时能分辨出正常细胞和恶性细胞。据报导,紫外光还有杀伤癌细胞的能力。

(下转第25页)

后,方可进行测定; 2. 从光路中拿开挡板, 让激光全部进入辐射计上的光阑孔而射入接收面上, 待接收器输出达到恒定时, 测出热电堆的输出讯号 u_1 ; 3. 把挡板放入光路, 遮住激光束, 待热电堆输出稳定后读出接收器的背景输出 u_0 , 则测得光源的净输出 $u_{\text{光}} = u_1 - u_0$ 。2、3 两步反复进行数次, 得到热电堆在该辐射场中输出的平均电压值 $\bar{u}_{\text{光}}$; 4. 电加热校准, 其校准回路如图 6 所示, 将开关 K_1 、 K_2 同时向一方向合上, 仔细调节电阻 R_2 , 使接收器在电加热时的输出讯号 u_2 与光加热时的输出讯号 $u_{\text{光}}$ 近似相同, 且同时测出加热电流 I 和加热器上的电压降 V_0 。然后将 K_1 、 K_2 断开, 测定背景输出 u'_0 , 则电加热之净输出为 $u_{\text{电}} = u_2 - u'_0$, 这样亦反复几次分别测出平均值 \bar{I} 、 \bar{V} 和 $\bar{u}_{\text{电}}$, 由此得出激光束的功率 W 为:

$$W_{\phi} = \left(\bar{I} \bar{V} \times \frac{\bar{u}_{\text{光}}}{\bar{u}_{\text{电}}} \right) / \varepsilon$$

式中 ε 为接收器有效吸收系数。

以电加热对光进行校准时, 加热器的电流负载因通有电流被加热, 这与光照时所处的状态不同, 为此须对电流负载因电加热产生的影响加以修正。

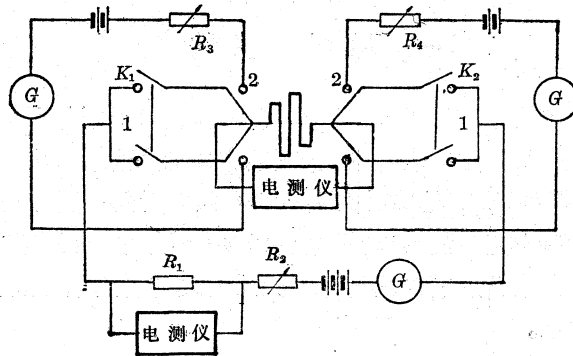


图 6 电加热器校准回路

* * * * *

(上接第 44 页)

7. 在激光光谱学上的应用

氮激光脉冲宽度很窄, 因此, 它可以用来进行分子、原子光谱的高分光; 可以用来研究分子、原子的能级寿命、荧光光谱等等。例如, 有人^[13]用 10 千瓦、3 毫微秒、50 次/秒的氮激光器研究了四氯青苯的荧光光谱, 测出了荧光的上升和衰减曲线。

氮激光器还可以应用在快速摄影上, 也能在工业和科研的其他方面得到应用。

参 考 资 料

- [9] *Appl. Phys. Lett.*, 1967, 10, 3.
- [10] *J. Phys. E.Sci. Instr.*, 1973, 6, No. 12, 1193.
- [11] *OMI*, 1974, № 3, 32~34.
- [12] *Appl. Phys. Lett.*, 1966, 8, 159.
- [13] *Chem. Phys. Lett.*, 1971, 8, 108.