

氮分子激光器及其在医学中的应用*

氮分子激光器组

(中国科学院物理研究所,北京市工农兵医院)

引言

氮分子激光器是一种毫微秒脉冲紫外激光器,输出波长为 3371 \AA 。本装置采用平行平板传输线激励,横向放电。火花隙为同轴型充气结构。输出峰值功率可达1兆瓦,重复频率连续可调达50次/秒。近期北京市工农兵医院和中医研究院西苑医院将氮分子激光器应用于临床治疗耳鼻喉科和皮肤科中的疑难症,多发病,对不同的病情得到不同程度的明显疗效。如治疗慢性咽炎,在58个病例中,治愈和好转者共41人,有效率达71%。现简介如下。

一、氮分子激光器装置和主要性能

氮分子激光器是由氮分子的第二正带系($C^3\pi_u \rightarrow B^3\pi_g$)之间的跃迁(如图1所示),输出波长为 3371 \AA (如图2所示)。由于激光上能级 $C^3\pi_u$ 寿命特别短(≈ 40 毫微秒),所以要形成适当的反转分布,通过速率方程

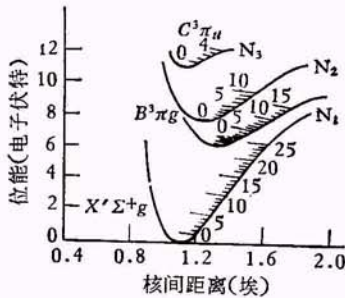


图1 氮分子第一和第二正带系的能级图
计算要求激励时间 t 满足以下关系^[1,2]:

$$t < \frac{1}{\gamma_{32} + \tau_{32}^{-1}}$$

其中 γ_{32} 是由激光上能级到激光下能级电子碰撞的退激发速率, τ_{32} 是由激光上能级到激光下能级的辐射

寿命。

当碰撞混合效应可以勿略不计时,要求 $t < 40 \text{ ns}$ 。当电子密度大于 $6 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 时, γ_{32} 必须考虑,则要求 $t \ll 40 \text{ ns}$,即要求在毫微秒量级的时间内进行快

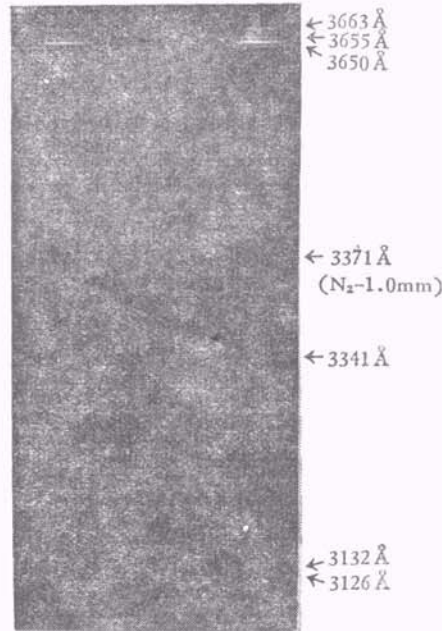


图2 氮激光光谱与汞灯光谱(中间为氮激光光谱,两边为汞灯光谱)

速高效率激励,才可能形成有效的反分布。

由于氮分子的增益较高,所以一般不加谐振腔就可以得到较强的自发辐射的放大。

本装置的主要结构,如图3所示。中间为放电管,放电管的一端是镀铝反射镜,另一端是石英窗口,放电管的长度 L 是50cm。放电管的两侧是两个平行的黄

* 1977年7月26日收到。

铜电极,电极间距是 1cm,电极形状可采用刀口形或圆弧形,上、下两面用有机玻璃板密封。放电过程是在二电极间横向放电。当二电极间是均匀的辉光放电时激光输出较强,要设法避免弧光放电的出现,否则损耗太大。

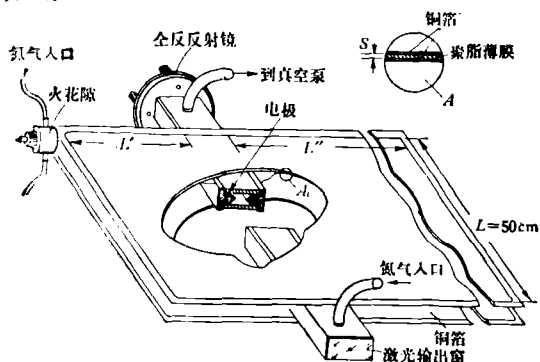


图3 氮分子激光器装置

在放电管的两边为双层平行平板传输线,传输线由两层铜箔中间夹聚脂薄膜构成。我们之所以采用双层平行平板传输线,是由于可使特征阻抗减半,同时由于整个外层接地,可起电屏蔽作用^[3]。

火花隙采用同轴型充气结构,轴心有二主电极,阴极中间装有触发针,可主动控制在单次或重复频率情况下工作。火花隙内充以氮气,在高于大气压下工作,其作用可减小二电极间距,从而减小电感。采用同轴形结构外壳接地,亦可减小电感,并起电屏蔽作用。火花隙放在平行平板传输线的一个端点,夹在双层平行平板传输线中间。

放电管内的氮气保持一定的充气压,同时氮气以一定流速沿放电管纵向流动,处于动态平衡。随着重复频率的增加,流速可不断加大。在一定电压下,气压有一最佳值,此最佳值随电压的增加而增加。我们观测了光脉冲波形随气压的变化,得到当气压 < 120 托时,输出光脉冲宽度随气压的增加而变窄^[4];当气压 > 120 托后,光脉冲宽度基本保持不变。

对于行波激发方式,为使激励波在放电管内传播的速度与光传播的速度更好地匹配,得到高效率的行波激发, Basting 和 Schäfer^[5] 等人采用三角形平行平板传输线结构, Godard^[1] 等人采用抛物线型平行平板传输线结构,可达到一定效果。本装置采用矩形结构,当放电管长度 L 与脉冲形成部份长度 L' 为固定值时,单次脉冲输出能量随储能部份长度 L'' 的增加而增加,但梯度逐渐减小,当 $L'' = L$ 时,梯度趋近于零,也就是说 L'' 继续增加对输出已无贡献。对于改变脉冲形成部份的长度 L' 时,亦有完全对称的类似结果。所以,我们认为对脉冲形成部份,除要求其使激励波在放电管内传播的速度与光传播的速度更好地匹配外,还

要求此部份的特征阻抗、电容量^[1]与储能部份相互匹配,才能使总的效率达到最高。

本装置的主要性能指标,峰值功率可达 1 兆瓦,重复频率连续可调,并可达 50 次/秒。

下面扼要给出输出能量随电压和气压的变化:当气压固定为 130 托时,单次脉冲输出能量随电压的变化曲线(如图 4 所示);当电压固定为 18kV 时,单次脉冲输出能量随气压的变化曲线(如图 5 所示)。

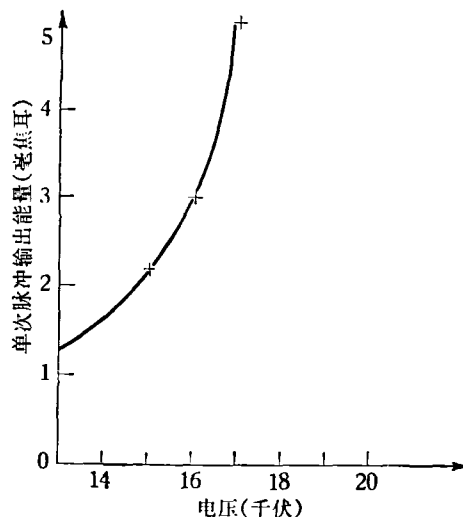


图4 单次脉冲输出能量随电压的变化曲线(气压为130托)

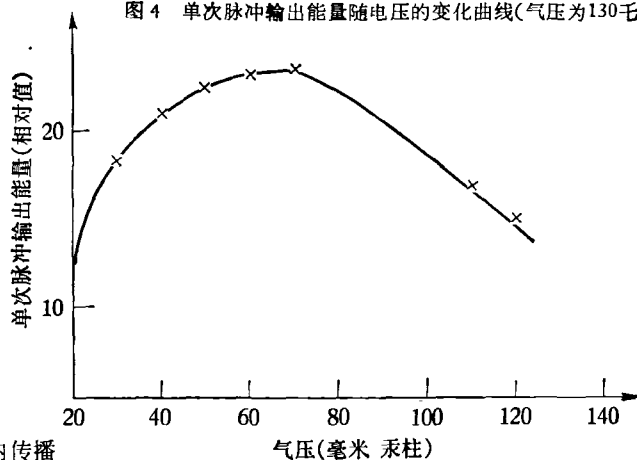


图5 单次脉冲输出能量随气压的变化曲线(电压为18kV)

二、氮分子激光器在医学方面的初步应用

由于激光的时间相干性和空间相干性均很好,可将能量在非常短的时间内集中到非常小的体积内,且单色性很好,这些特点是其它光源所无法比拟的。所以,在各个领域,包括医学和生物学方面,应用的潜力均很大。如眼科、外科、皮肤科、耳鼻喉科、牙科、妇科,直

(下转第 268 页)