

模向激励大气压氮激光器

金耀根 李郁芬 吕城哉 董耕发

(复旦大学光学系)

提 要

本文介绍一种结构简单的横向激励大气压 (TEA) 氮分子激光器。氮气在腔内自由流动, 使用一个增压同轴火花隙, 当工作电压为 15 千伏时获得激光输出峰功率约为 0.4 兆瓦, 脉宽小于 2 毫微秒。激光波长为 3371 埃。本文还初步讨论传输线形状、激光腔与开关火花隙电感、劈形电极距离对激光输出的影响。

氮分子激光器作为染料激光器的泵浦光源特别吸引人的特点是它的波长合适又能在很高的重复频率下工作, 另外它输出激光脉宽窄, 可以避免染料三重态的影响, 因此已经被广泛应用。但是一般氮激光器的工作气压较低(仅几十托), 输出功率受到很大限制。一方面这是由于脉冲激光器的输出能量依赖于受激分子数, 而受激分子数又正比于气压。另一方面激光脉宽在很大程度上取决于受激分子的弛豫时间, 弛豫时间却反比于气压。因此对于脉冲激光器来说, 峰功率正比于气压的平方。研究高压下氮分子激光器的主要目的是期望获得一种高功率的短脉冲紫外激光器, 预期这种激光器除了用来泵浦染料激光外, 还将在相干辐射以及等离子体诊断的研究方面得到应用^[1]。

我们用具有一个简单的 Blumlein 放电装置的大气压下工作的氮激光器, 成功地获得第二正带 $C^3\Pi_u \rightarrow B^3\Pi_g$ 激光跃迁, 波长为 3371 埃。经初步测试, 当工作电压为 15 千伏, 重复率为每秒 2 次时, 激光输出峰功率约为 0.4 兆瓦。使用 GB-44 强光电二极管接收, 在 RS-13 300 兆周示波器上显示激光波形, 脉宽小于 2 毫微秒。虽然高压氮激光器

激光脉宽较窄, 但我们用它泵浦染料若丹明 6G, 获得了较强的激光输出。

一、实验装置

横向大气压氮激光器实验装置示于图 1, 它是由传输线、激光腔、火花隙以及一个简单的高压电源^[2]组成。激光腔在传输线中间, 它把传输线分为两部分, 腔左边为脉冲形成线, 右边为储能电容。传输线由一块厚 1 毫米、宽 420 毫米的双面复铜环氧树脂纤维板压制而成。在实验中我们使用两种形状的脉冲形成线, 一种为矩形结构(图 1 中虚线所示),

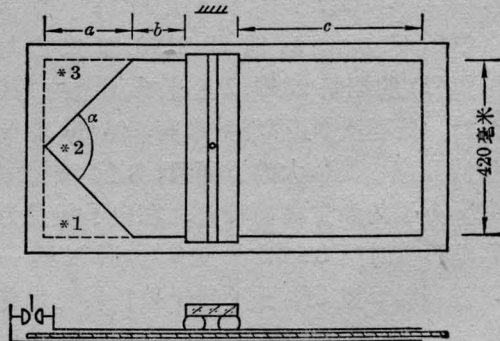


图 1 TEA 氮激光器的结构图

收稿日期: 1978 年 9 月 21 日。

另一种为三角形结构(图1中实线所示)。

放电电极是由二根直径为20毫米的铝圆棒上下各铣去3.5毫米后直接放在印刷板上,同铜箔紧密接触,板距为3~5毫米,电极上面紧压一块有机玻璃板,有机玻璃板中心位置开一个直径为10毫米孔,氮气由该孔流入腔内,随后沿光腔向两端自由流出。激光腔输出端没有任何窗片,一个涂铝的全反射镜放在腔外。

火花隙是一个同轴充压(2~3大气压)火花隙^[3],安装在传输线的不同位置1、2和3上。击穿电压由火花隙电极极距和充气压力来调节,重复频率由可控硅触发电路控制。

整个装置不需真空系统,设备比低气压氮激光器简单。

二、脉冲形成线形状对激光输出的影响

在同样条件下,火花隙的不同位置以及脉冲形成线的形状对输出的影响列于表1,结果表明,无论是输出能量还是放电特性,火花隙安装在中间位置比安装在两边好,改用三角形脉冲形成线,虽然电容量有所减少,但由于放电均匀性好输出反而增加。

表1 火花隙不同位置对输出和放电的影响

结 果	位 置	矩形脉冲形成线			三角形脉冲形成线
		1	2	3	2
相对能量		348	529	469	623
放电情况		弧光严重	有少许弧光	弧光严重	放电均匀,无弧光

对于三角形脉冲形成线,不同夹角 α 和平段 b (图1)对输出也有影响,实验发现当 b 为12厘米时, α 角从 60° 增加到 100° ,激光相对输出逐步增加,当再增加 α 角时,激光输出反而减小, α 角在 100° 左右为最佳。而当 $\alpha=100^\circ$ 时改变平段 b , b 小于2厘米时放电在

15~19千伏之间难以达到均匀放电,随 b 的增加放电均匀性得到改善,输出也相应增加,当平段 b 为12厘米时,放电电压在15~19千伏之间都能获得均匀放电。再增加 b 的长度对输出影响不大。

三、激光腔和火花隙电感对输出的影响

与一般氮分子激光器一样,激光腔电感和火花隙电感直接影响放电电流的上升速率。在我们的最初实验中使用一个黄铜的电极,由于这个电极比较厚(20毫米),放电均匀性较差,只能在一个较小的电压范围内获得均匀放电。后来改用13毫米厚铝电极,放电性能显著得到改善,在较大电压范围内能均匀放电,输出也明显增加。为了分析腔电感对输出的影响,我们曾试验将这个铝电极与传输线改用铜片连接(图2),使铝电极略微抬高1毫米左右,结果输出大大降低,放电弧光严重。由此可见对于高压氮激光器,由于粒子数反转被限制在更短的时间内,因此腔电感对输出的影响就特别明显。

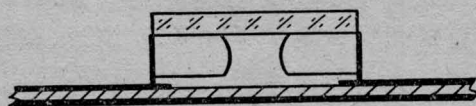


图2 电极与传输线由铜片连接

同样原因,使用充压同轴火花隙,球隙板距2~3毫米,使火花隙分布电感和等离子阻抗比较小,在我们实验中得到满意的结果。相反使用一般火花隙,由于它固有的分布电感使放电速率大大下降,不能使激光器获得激光输出。

四、劈形电极极距对输出的影响

大气压氮激光器要实现稳定而均匀放电,往往需要耐心细致地调整放电电极距离,

