

陶瓷储能小型氮分子激光器的研究

郑用武 陈绍辉

(中国科学院广州电子技术研究所)

提要: 本文介绍一种使用陶瓷电容作储能器的小型氮分子激光器。激光器的输出稳定性为 $\pm 6\%$ 。

Study of the small-size N_2 laser with ceramic capacitor as energy source

Zheng Yongwu, Chen Shaohui

(Guangzhou Institute of Electronic Technology, Academia Sinica)

Abstract: This paper describes a small size N_2 laser with compact structure using ceramic capacitor as energy source. The stability of laser output is $\pm 6\%$.

一、前言

氮分子激光器的小型化和输出稳定性,对于它的实际应用来说,是两个十分重要的问题。这也是目前国内外从事氮分子激光器研究的工作者所致力要解决的两个重要课题。1976年C. L. Sam制成了一种分立的陶瓷电容小型氮分子激光器,在5.5毫微秒脉冲宽度内得到能量0.94毫焦耳^[1]。1978年我们也曾报导过另一种结构的陶瓷电容储能小型氮分子激光器^[2]。其后,我们在改进放电电路提高其传输性能的基础上,通过实验研制了结构更为紧凑、传输性能好的陶瓷电容作储能器的小型氮分子激光器(图1),从而提高了输出能量并改善其输出稳定性。下面将介绍这些工作和主要结果。

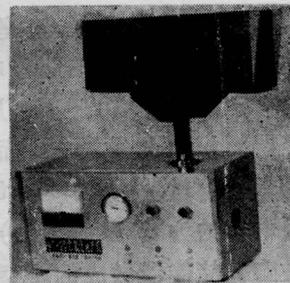


图1 陶瓷储能小型氮分子激光器

二、氮分子激光器的小型化

氮分子激光器开始是用双面敷铜板作储能电容器,但在实际应用中,由于双面敷铜板面积大而深感不便。于是我们开始从寻找新储能材料入手,希望通过缩小储能电容器

收稿日期:1981年7月20日。

的体积,实现氮分子激光器小型化。我们先后用薄膜材料(聚脂薄膜和聚四氟乙烯薄膜等)和高介电常数的陶瓷材料作为储能电容介质。但由于其介电常数低(聚脂薄膜 ϵ 为3~3.2,聚四氟乙烯薄膜为1.8~2.2),介质损耗比较大,并且和双面敷铜板一样,在激光器高压脉冲放电情况下工作易于击穿。

用高介电常数的陶瓷材料做成的高压电容器,实际上是一种相当理想的储能器,只要选择得好,就既能适应我们在高压脉冲放电情况下使用的要求,又能以比双面敷铜板小得多的面积而获得大的电容量。我们同华南工学院一道,研制出可用于氮分子激光器作储能器的高压陶瓷电容。这种电容器采用高介电常数的钛铋锶陶瓷材料,其介电常数高达980以上,并有一定的击穿强度,为5千伏/毫米左右。介质损耗比较小, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$ 是一种较为理想的储能电容器材料。而且陶瓷材料成型方便,可以将储能器做成若干个电容并联的紧凑结构,从而有利于氮分子激光器的小型化。目前我们采用的陶瓷储能器的总面积(我们使用十块直径65毫米,每块电容器为3000微微法左右的陶瓷电容,其总容量为30000微微法左右)还不到原来双面敷铜板电容器面积的十分之一,而其容量却为双面敷铜板电容量(每块 1000×500 毫米²,双面敷铜板电容约为8000微微法)的四倍左右。用这种陶瓷储能器做成的小型氮分子激光器,其体积约为原来采用双面敷铜板作储能器的整机体积的四分之一左右(见图2的对比)。

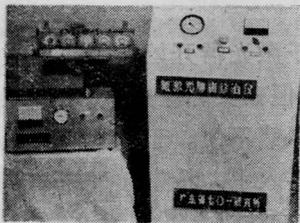


图2 两种样机对照图

三、激光器的结构

我们知道,脉冲氮分子激光器的放电电路,是一个高能量的毫微秒脉冲电路。在毫微秒脉冲技术中,电路的电感和特性阻抗对脉冲上升速率影响极大。所以我们在激光器设计时,一定要使其结构和传输电路的附加电感及特性阻抗尽可能减少,以提高其电压的上升速率。

激光器放电管和储能器是一个整体,如图3。上部为储能器的油箱,下部为激光放电管。陶瓷储能器和放电管电极之间由磷青铜做成的弹簧片连接,要求弹簧片有一定宽度(25毫米),并尽量短,以减少电路的附加电感和特性阻抗。采用十块圆盘陶瓷电容并联作为储能器,储能电容和脉冲形成电容各五块,每块电容量为3000微微法左右。采用弹簧片夹紧的办法进行电连接,既保证电路传输性能好,还使得陶瓷电容的置换方便,在工作中若有某块陶瓷电容击穿时,只需将该电容取出,再换上新电容器,就能继续工作,从而维持整机的长时间使用和寿命。此外,为了保证陶瓷电容器的工作稳定,消除放电噪音,提高耐压和更好地散热,我们把整个储能器置于高压变压器油中,对放电管也有冷却作用。

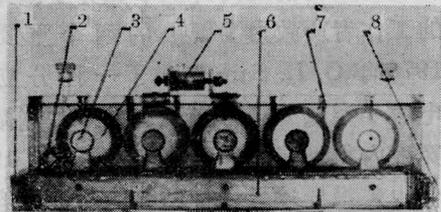


图3 氮激光器的放电管和储能器

- 1—石英输出窗; 2—电感线圈; 3—连接弹簧;
- 4—陶瓷电容器; 5—火花隙; 6—放电管;
- 7—油箱; 8—全反射镜

放电管的中间通道为 $400 \times 30 \times 20$ 毫米,极间距离10毫米,采用管状(黄铜)-刀口(黄铜)作电极,长340毫米。我们曾对几种

形状的电极进行试验,如管状电极,刀口和管状电极,刀口电极,双尖刀口电极,薄板电极等(图4)。



图4 激光器的各种不同电极形状

我们看到,就放电的稳定和输出的强弱来说,以刀口-管状电极输出最好,放电比较稳定,放电时出现弧光的几率也比较小。在氮激光器的工作中,弧光是影响输出的一个重要因素,若放电中出现弧光,不但导致其输出不稳定,而且输出还将明显下降,甚至造成局部发热烧出缺陷,故在放电过程中一定要尽量避免。

在结构上除了采用刀口-管状电极外,一定要把电极表面抛光,两端磨成圆角,这也是工艺上所要注意的问题。设计时我们还有意让氮气从电极管内流过,借助气体的流动,对电极起散热作用。放电管两端所用的石英输出窗和全反射镜均采用耐油橡胶圈密封,便于拆卸进行清洁处理,整个放电管用环氧树脂粘合密封,保持真空气密性,并保证油箱不漏油,电感线圈20圈左右,为了紧凑也置于油箱中。

在电路中,由于火花隙的附加电感对输出的影响也很大,所以,我们将它与传输线连接的铜片做得尽量宽而短,并把火花隙置于中间部位,以降低附加电感,减少传输损耗,提高放电脉冲的上升速率,从而提高激光的输出。实验表明,火花隙在这一位置时输出最好。激光器采用横向激励的方法。

四、影响输出的几个因素

为了使陶瓷储能小型氮分子激光器有较理想的输出,我们不单对不同电极形状和不同的电极间距进行试验,还对同一管形在不同的条件下进行试验,以找出它的最佳工作

状态和最佳工作点。在这个状态下,我们又选用若干不同的火花隙(图5)进行试验,从而选出在我们的激光器的具体情况下使用的火花隙,并通过试验确定了火花隙的位置。

下面就是我们使用中国计量科学院提供

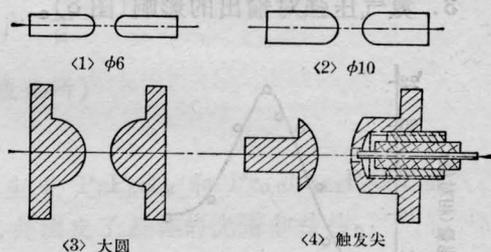


图5 各种不同的火花隙

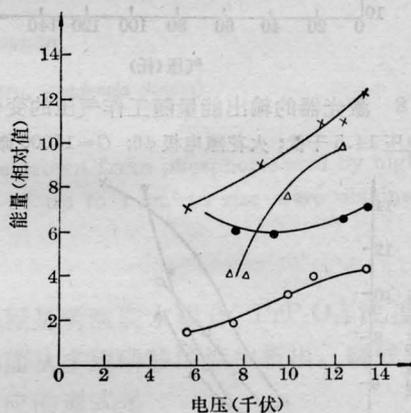


图6 激光器在不同放电电极时能量随电压的变化

$C=15000$ 微微法; 火花隙电极 $\phi 6$; $P=30$ 托; ×-刀口-管; △-双刀; ●-刀-管; ○-管-管

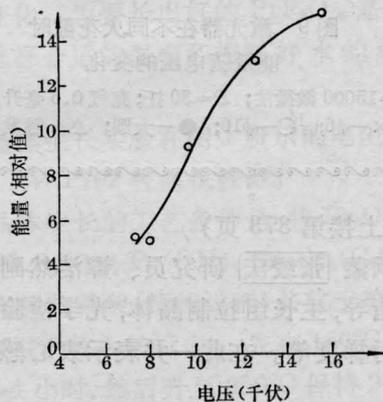


图7 激光器的输出能量随工作电压的变化
 $C=15000$ 微微法; $P=30$ 托; 火花隙电极 $\phi 6$

的热量堆所测得的激光器输出能量在不同条件下的结果。

1. 不同放电电极形状对输出的影响(图6)。
2. 工作电压对输出能量的影响(图7)。
3. 氮气压强对输出的影响(图8)。

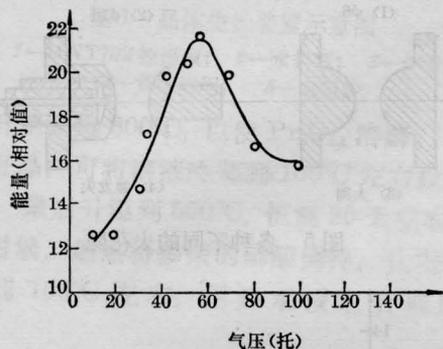


图8 激光器的输出能量随工作气压的变化
工作电压 14.5 千伏; 火花隙电极 $\phi 6$; $C=15000$ 微微法

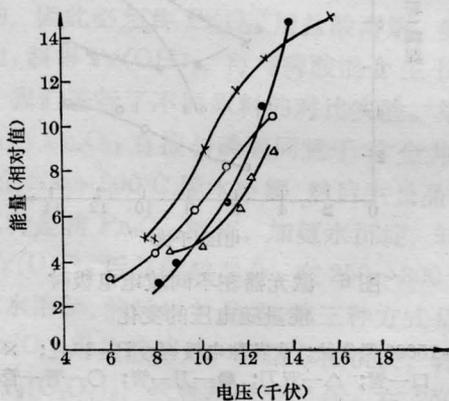


图9 激光器在不同火花隙时
能量随电压的变化

$C=15000$ 微微法; $P=30$ 托; 充气 0.5 毫升/分;
×— $\phi 6$; ○— $\phi 10$; ●—大圆; △—触发尖

4. 不同火花隙形状对输出的影响(图9)。

五、结 束 语

实验表明, 陶瓷储能小型氮分子激光器的输出能量并没有因为储能器体积的缩小而下降。相反, 由于它的结构紧凑, 电路传输性能好和储能器电容量的增加, 不单使其输出能量优于用双面敷铜板作储能器的器件^[3], 而且输出稳定性得以提高。我们用中国计量科学院提供并标定的辐射计和日本制造的 SS6300 示波器, 对一台刀口-管状电极, 间距 10 毫米, 采用普通 $\phi 6$ 火花隙的激光管进行实测, 在工作电压 12.5 千伏下, 氮气压强 50 托时测得激光器脉冲宽度为 4.5 毫微秒, 单脉冲平均能量 1.39 毫焦耳, 脉冲平均峰值功率 309 千瓦, 输出稳定性 $\pm 6\%$ 。这与自 1976 年以来, C. L. Sam 等人先后报导的工作^[4]相比, 不但结构不同, 而且各项指标均优于其测得的结果。

参加本实验工作的还有姚甸洪、陈坚斌、麦若青等。

参 考 文 献

- [1] C. L. Sam; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, No. 8, 505.
- [2] 《激光》, 1978, **5**, No. 2, 33.
- [3] 戚霖; 《激光》, 1976, **3**, No. 4, 29.
- [4] A. Fried *et al.*; *Appl. Opt.*, 1977, **16**, No. 12, 3077.

(上接第 373 页)

承蒙 张绥庆 研究员、谭浩然副研究员多方指导, 生长组控制晶体, 光学检验组测量双折射梯度等。在此一并表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 吴惠法, 徐惠德等; 《新型无机材料》, 1980, **8**, No. 3,

1.

- [2] 吉川省吾地; 《应用物理》, 1971, **40**, No. 10, 1102.
- [3] F. R. Nash; *J. Appl. Phys.*, 1970, **41**, No. 6, 2564.