

快速放电气体激光器用的 Blumlein 电路制备新工艺

刘殿友 郭 础

(中国科学院化学研究所)

提要: 本文介绍了一种用热压胶合法制备快放电气体激光器用的 Blumlein 电路新工艺。用此方法制备的层压板是可卷折的,并具有快速上升和稳定的放电特性。利用这种 Blumlein 电路板可制备出具有更好激光输出特性的激光器件,而且可使器件小型化。在文中同时给出了采用这种 Blumlein 电路板的 N_2 分子激光器的激光输出参数。

A novel method for manufacturing Blumlein circuit in fast discharge gas lasers

Liu Dianyou Guo Chu

(Institute of Chemistry, Academia Sinica)

Abstract: A novel method for manufacturing Blumlein circuit in fast discharge gas lasers by thermopress-adhesion is described. The laminated flat made by this method is flexible and has fast rise time and high stability in discharge. Thus it is suitable for a fast discharge gas laser with improved output characteristics and can be made portable. Typical output parameters of N_2 laser with this Blumlein circuit are given.

紫外激光技术的发展,使得它在光谱学、光化学和光生物学中的应用可能性日益受到人们的注意^[1,2]。但是在实际应用中,人们总希望激光器件体积小巧轻便、工作性能稳定。因此,研制实用化、小型化的紫外激光器件,便成了当前一个值得重视的课题。

众所周知,脉冲气体紫外激光器通常采用平板 Blumlein 传输线作为脉冲形成线和储能电容^[3]。但是一般用金属铝板或双面印刷电路板制成的 Blumlein 传输线,体积庞大而且移动不便。曾有人试图用印刷电路板

折迭,或用铜箔-聚酯薄膜夹层卷绕,以及油浸无感电容等措施,以使器件小型化^[4~6]。然而,这些措施往往难以保证器件长期稳定运转,或使器件成本高昂,此外,在批量生产中也会在工艺上造成种种限制。

我们试制了一种利用热压胶合法制备大面积 Blumlein 传输线的新工艺,其制成品具有优异的抗电压击穿性能,而且可以保证较大的容量,放电性能稳定,同时金属导电层和绝缘层介质层间结合牢固严密,质地柔韧

收稿日期: 1981年2月2日。

可任意折迭卷绕,从而显著缩小体积。利用这一新工艺制成的 Blumlein 传输线,已在氮分子激光器件中得到成功的应用。本文在简要介绍这一新工艺的同时,并介绍它在氮分子激光器件中应用的初步实验结果。

一、材料和工艺

热压胶合 Blumlein 传输线是用导电金属层和绝缘介质薄膜,在加压、高温条件下通过胶粘剂压合而制成的。

导电金属层一般选用厚度为 0.02~0.05 毫米的铜箔,绝缘介质一般用厚度为 0.06~0.1 毫米的聚酯薄膜。后者的层数可根据设计要求的抗电压击穿特性及容量大小,以及制成品的柔韧性等因素综合考虑而确定,通常为 4~10 层左右。导电金属层和绝缘介质层可以不同顺序交替层迭(图 1),其制成品的几何形状不受任何限制。

将铜箔和绝缘介质薄膜根据设计要求,裁剪成合适的尺寸和几何形状(为防止“爬

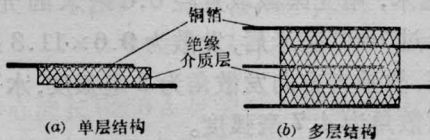


图 1 导电层和绝缘层的各种组合方式示意图

电”,除引线一边外,裁的绝缘介质薄膜尺寸应比相应的铜箔尺寸大 30~50 毫米左右)。用无水乙醇、汽油、丙酮等溶剂,将粘合的表面一一擦洗干净后,涂敷一层专门配制的 KH-105 胶粘剂溶液(涂层厚度为 0.01 毫米左右)^[7]。干燥后,将铜箔和绝缘介质薄膜按所选定的层迭方式,将它们依次迭放,然后在一定温度和压力下进行热压。保温 1.5~2.5 小时后迅速冷却,即可得到具有特定尺寸和几何形状而且质地柔韧的 Blumlein 传输线制成品。

二、性能参数

我们测量了用上述方法制备的传输线电学性能。典型的结果如表 1 所示。由表 1 所列数据可见,热压胶合 Blumlein 传输线制成品的抗电压击穿能力,随聚酯薄膜层数增加而提高,但不成线性关系。应指出:当有固体微粒或因胶合不严而在层间形成空气隙时,可使制成品的抗电压击穿能力明显降低。例如,当用 9 层聚酯薄膜热压胶合后,在粘合不紧而有空气隙存在处,在 100 千伏左右的直流电作用下被击穿,而在热压胶合紧密之处,则其抗击穿能力可大于 230 千伏。此外,制成品的电容量约为每平方厘米 6~7 微微法左右,如表 2。因此,它可满足一般脉冲放

表 1 电学性能参数

| 试样 | 聚酯薄膜层数 | 试样厚度(毫米) | 直流击穿电压(千伏) | 交流击穿电压(千伏) | 单位面积电容量(微微法/厘米 ²) | 损耗正切 | 介质常数 |
|---------|--------|----------|------------|------------|-------------------------------|-----------------------|------|
| 未进行热压胶合 | 6 | 0.295 | — | — | 7.0 (60 赫) | 1.74×10^{-3} | 2.33 |
| 热压胶合 | 6 | 0.315 | 145 | >23 | 7.23 (60 赫) | 1.06×10^{-3} | 2.57 |
| 热压胶合 | 9 | 0.715 | >230 | >35 | — | — | — |
| 热压胶合 | 5 | 0.315 | 128 | >23 | — | — | — |
| 聚酯薄膜 | 1 | 0.06 | 38 | — | — | — | — |

电气体激光器的储能要求。

为校验聚酯薄膜铜箔层之间结合紧密的程度,我们曾用万能材料试验机测量了它们之间的剥离强度,结果发现,当受力达到聚酯薄膜的撕裂强度(12.6公斤/厘米²)时,仍未能使薄膜-薄膜、薄膜-铜箔分开。也就是说,当用力可将聚酯薄膜拉断时,层与层之间也不出现剥离。因此可望对它进行任意卷折。

表2 WQJ-S1精密万用电桥测得的电感量

| 样品尺寸(毫米) | 30×30 | 50×50 | 100×100 |
|----------|-------|-------|---------|
| 电感量(毫亨) | 1.01 | 1.05 | 1.09 |

三、应用实例

黑龙江省鸡东激光器厂用这种制成品组装了几台卷筒式氮分子激光器。制成的激光器(包括脉冲形成线和储能电容)的尺寸为115×115×1140毫米。有效放电区长度为930毫米。测量了激光输出参数,其结果如下:

(1) 激光脉宽

用国产GD-44型强流二极管接收,脉冲信号用日本产SS-6300示波器和Tektronix 7904示波器显示,在激光器工作气压为130托,示波器扫描速度为10毫微秒/厘米的条件下,记录的激光脉冲波形如图2所示。由图可见,激光脉冲的上升和衰变均甚陡峭,在半峰值处的宽度为4.5毫微秒。

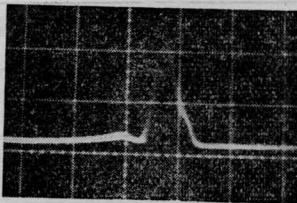


图 2

(2) 平均功率

用英国17a型激光功率指示器,17s型

表3 激光输出平均功率

| 激光器工作气压(托) | 放电电压(千伏) | 放电频率(次/秒) | 平均功率输出(毫瓦) |
|------------|----------|-----------|------------|
| 120 | 14.5 | 8 | 53 |
| 120 | 13.5 | 21 | 78 |
| 120 | 17 | 17.6 | 82 |
| 85 | 10 | 28 | 83 |

接收器测量所得结果如表3所示。

(3) 单脉冲能量

用英国172型指示器和17AN型接收器测量,在激光器工作气压为120托、放电电压15千伏、氮流量为1.8立升/分条件下,在不同时间抽测五次,所得结果如表4所示

表4 激光单脉冲能量

| 测量次数 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 能量输出(毫焦耳) | 9.8 | 9.5 | 9.6 | 9.6 | 9.5 | 9.58 |

(4) 光斑尺寸及发散角

在激光器出射窗口处的光斑尺寸为8×18毫米,用光阑截取直径0.6毫米的光束,在经过1000毫米后,发散为9.6×11.3毫米光斑,故垂直方向发散角为3毫弧度,水平方向发散角为4.7毫弧度。

(5) 稳定工作的寿命

在放电脉冲重复率为3次/秒和持续工作2小时以上条件下,进行寿命试验的结果表明,在累积工作时间为72小时后,激光输出特性未发现劣化迹象。

尤其应当指出的是,与用其它方法制作的Blumlein传输线装配具有同样结构尺寸的氮分子激光器相比较,可以清楚地看出:在其它参数相同的条件下,采用热压胶合的Blumlein传输线,可使激光输出的单脉冲能量提高15%到25%,激光输出的波动范围可低于5%或更低。此外,还可简化装机工艺,提高效率,保证组装质量。

(下转第33页)

$\eta(\theta)$ 如图 4 所示。最佳位相匹配角为

$$\theta_m = 26^\circ 30' \pm 10',$$

半宽度 $\sim 30'$ 。

测量了 η 随泵光功率密度 W_p 变化的曲线如图 5 所示，近于线性关系。由图 3(a) 与 3(c) 的相似可以很好地说明这一线性关系，但图 5 曲线为实测结果。

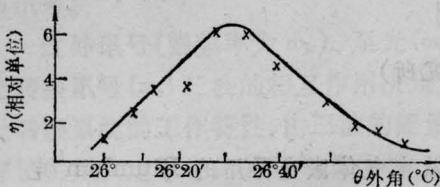


图 4 $\eta(\theta)$ 实验曲线

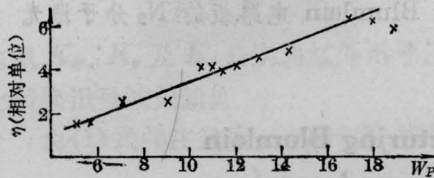


图 5 $\eta(W_p)$ 实验曲线

目前上转换探测尚未实用化，主要障碍在于转换率较低。文献[9, 12]中采用超短脉冲泵浦大大提高了转换率，但探测上存在不少困难，看来红外上转换探测的实用化还有待于进一步的研究工作，特别是非线性系数

更高的优质红外材料研制工作的进展。

曾试验使用脉冲 CO_2 激光与红宝石激光进行同步泵浦，以期产生 0.6516 微米和频激光输出，目前尚未获得结果。

实验工作受到周晋一副教授指导，刘新民同志参与了部分实验，晶体加工承吕梅同志大力协助，谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] J. A. Armstrong *et al.*; *Phys. Rev.*, 1962, **127**, 1918~1939.
- [2] F. M. Tohnson, J. A. Duardo; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1966, **QE-2**, 296.
- [3] N. I. Adams, P. B. Schoefer; *Proc. IEEE*, 1963, **51**, 1366~1367.
- [4] J. E. Midwinter, J. Warner; *J. Appl. Phys.*, 1967, **38**, 519~523.
- [5] J. R. Gurski; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **23**, 273.
- [6] J. Warner; *Appl. Phys. Lett.*, 1968, **12**, 222~224.
- [7] A. J. Alcock, A. C. Walker; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **23**, 467.
- [8] E. K. Pfitzer *et al.*; *Opt. Commun.*, 1971, **3**, 277.
- [9] D. N. Nirogosyan; *Sov. J. Q. E.*, 1975, **5**, No. 11, 1378~1379.
- [10] F. T. 阿雷克, E. O. 舒尔茨-杜波依斯主编; 《非线性光学和材料》, 激光手册, 四分册.
- [11] R. F. Lucy; *Appl. Opt.*, 1972, **11**, 1329.
- [12] P. G. Krywkov *et al.*; *Sov. J. Q. E.*, 1975, **5**, No. 10, 1236~1239.

(上接第 36 页)

参 考 文 献

- [1] S. R. Rockwood; *Laser Induced Processes in Molecules*, Ed. by K. L. Kompa, S. D. Smith, 1978, 2.
- [2] W. Ruderman; *Laser Focus*, 1979, **15**, No. 5, 68.
- [3] J. D. Shipman, Jr.; *Appl. Phys. Lett.*, 1967, **40**, 39. R. W. Waynat *et al.*; *Proc. IEEE*, 1971, **59**,

679. I. N. Knyazev *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1975, **11**, 805.
- [4] 北京光电技术研究所氮分子激光器研制组; 《激光与光学》, 1977, No. 2, 22.
- [5] 广东省 701 所 302 组; 《激光》, 1978, **5**, No. 2, 33.
- [6] 金耀根等; 《激光》, 1979, No. 2, 26.
- [7] 热压胶合 Blumlein 传输线制备工艺及配方技术资料 (中国科学院化学研究所内部资料), 1979.