

用于横向放电气体激光器的多通道开关

楼祺洪 刘波 曹弘敏 丁爱臻 魏运荣 郑承恩

(中国科学院上海光机所)

提要: 研制了用于横向放电气体激光器的多通道开关,研究了触发电压特性、触发电极结构对通道开关特性的影响,得到了每米29个通道的结果。

Experimental research on the multichannel rail gap for transverse discharge gas lasers

Lou Qihong, Liu Bo, Cao Hongming, Ding Aizheng, Wei Yunrong, Zheng Chengen

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: The multichannel rail gap for transverse discharge gas laser has been developed. The effects of trigger voltage and trigger electrode configuration on the characteristics of the rail gap were studied, and 29 channels per meter in a rail gap of 38 cm long was obtained.

一、引言

放电型准分子激光器要求泵浦电脉冲有很快的上升前沿,为了达到这一要求,不仅要减小放电回路中电容器和传输线的电感,而且要求开关元件的电感尽量减小。对于大电流放电的激光器,一般采用球隙作为开关元件。为了减小回路的总电感,可以将几只球隙并联运转。但这种方式不仅引入了同步触发问题,而且大大增加了整体实验装置的体积。为此人们开始研制由两个平行电极组成的多通道开关。

通道开关按其工作方式可分为被动式和

主动式两种,前者由一个刀口状的电极和一个圆柱形电极组成,当脉冲电压加在刀口状电极上时,产生很高的场强,不但使电压脉冲上升前沿变陡,而且由于多通道放电减小了回路的电感。这种开关已用于X光预电离脉冲雪崩放电准分子激光器^[1,2],但是这种开关的抖动时间较大,不容易精确控制时间,多次运转以后刀口很容易损坏。主动触发式开关可以避免较大的时间抖动,Neil和Post^[3]采用金属刀片做触发电极,置于二个圆柱形电极的中心平面上,在35.6 cm的电极上获得4~6个通道,后来Taylor^[4]等用激光束触发,得到每米30个通道。我们研制了主动

收稿日期:1984年5月30日。

触发的通道开关, 采用多个触发针和触发丝作为触发电极。在电触发情况下每米获得 29 个通道。

二、多个钨针触发电极的通道开关

开关剖面结构由图 1 给出, 整个电极长为 40 cm, 放电区长度为 38 cm。电极间距为 1 cm, 间距为 2.5 cm 左右的一排钨针置于二个电极之间的中心平面上。每个触发针串接一只 200 Ω 左右的限流电阻。实验线路由图 2 给出, 电阻 R_3 使触发针处于二个电极之间的中心电位上。为了获得脉冲前沿上升较快的触发脉冲, 采用电容 C_1 对二根同轴电缆并联脉冲充电。采用这个触发线路可以达到的

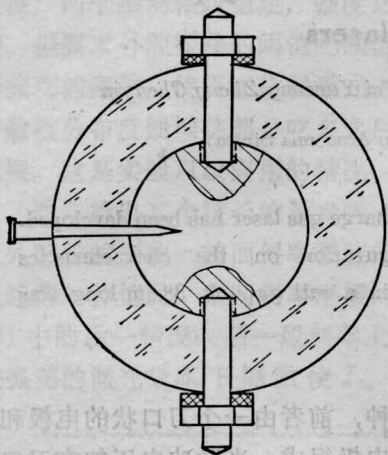


图 1 用钨针触发电极的轨道开关剖面结构

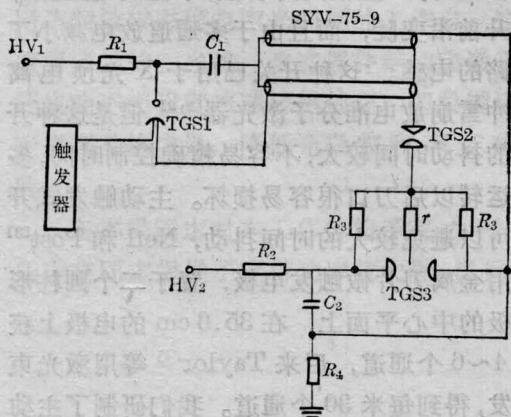


图 2 用钨针做触发电极的通道开关实验线路图

最短脉冲上升时间为 7 ns, 其电压上升速率为 8~9 kV/ns。触发脉冲的上升前沿对触发针火花的个数影响很大, 当触发电压上升时间由 3 kV/ns 上升到 8~9 kV/ns 时, 触发火花的个数提高五至六倍。

三、用细丝作触发电极

将一排触发针改为一根平行于二个电极的触发丝, 其工作线路如图 3 所示, 触发脉冲讯号的产生与图 2 完全一样。在工作过程中, 首先在触发丝和阴极之间产生一个预电离电晕放电, 经过一个 Δt 的时间延迟后 STG 打开, 在通道开关的二个平行电极之间产生多通道放电。

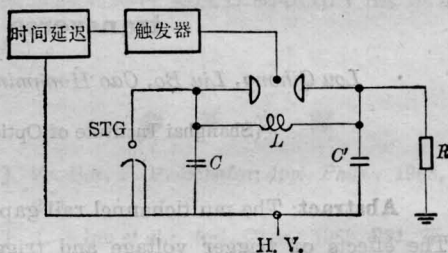


图 3 用触发丝触发的轨道开关线路图

由于主放电电流部分流经触发丝, 所以触发信号波形上可以同时检测到主放电的电压波形。这二个波形之间的间隔代表主放电和触发讯号之间的时间延迟 (图 5(a))。本实验范围内延迟时间愈小通道数愈多 (见图 4)。

当我们从主放电引出讯号来触发通道开

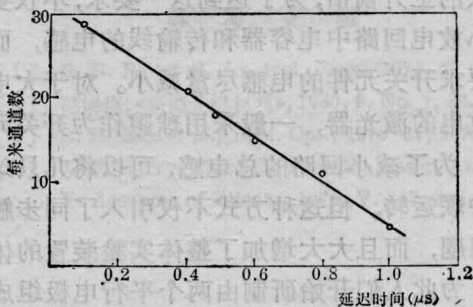


图 4 延迟时间对丝状触发电极通道开关通道数的影响

关时, 可以将延迟时间减小到 100 ns 以内, 从而得每米 29 个通道的结果。在实验过程中曾对以下几方面的因素作了定性的研究:

1) 触发丝的位置对于触发均匀性有较大影响, 采用二个五维调正系统经过细致的调正, 可以基本上保证均匀的预电离触发。

2) 触发丝的直径要选择恰当, 比较了 $\phi=0.012\text{ mm}$ 到 $\phi=1\text{ mm}$ 的情况, 发现 $\phi=0.39\text{ mm}$ 的触发丝能获得比较好的结果。

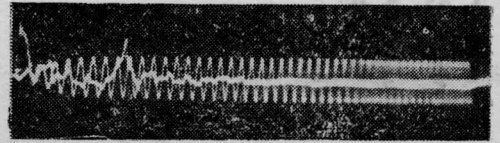
3) 触发丝的材料应选择电阻率较小的金属, 比较铜丝、镍丝和钨丝, 发现前二者性能较好, 钨丝由于电阻率太大而使电位在触发丝上分布不均匀。

一般而言, 球隙开关的导通时间由电感部分和电阻部分组成^[5]。根据我们实验中得到的结果, 在 38 cm 长的电极上有 11 个通道, 可求得多通道开关的导通时间 τ' 为:

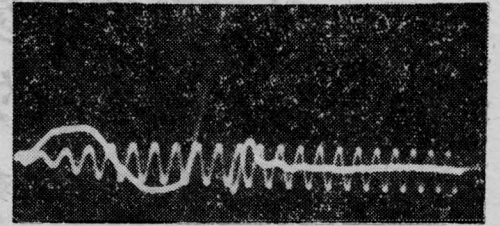
$$\tau' = \tau'_L + \tau'_R \cong (4.5 + 6) \text{ ns} = 10.5 \text{ ns}$$

而单通道球隙的导通时间接近 64 ns, 即把电压导通时间将近缩短了六倍。图 5(b) 给出了多通道开关的电压下降时间为 9 ns 左右, 与估计的数值十分接近。

为了验证多通道开关对激光器特性的改进, 我们将本文研制的丝状触发多通道开关用于横向放电准分子激光器。激光器是一台放电体积为 0.2 立升的 X 光预电离准分子激光器, 采用电容量为 50 nf 的布鲁姆林线路。作为对比, 我们分别用单通道球隙和多通道球隙作为开关元件, 实验测量了放电的



(a)



(b)

图 5 用触发丝触发的轨道开关特性
(a) 触发讯号; (b) 轨道的导通电压波形。
(时标: 100 MHz)

电压波形和激光输出能量。实验结果表明, 在相同的工作气压相同的混合比及工作电压下, 多通道开关时激光输出能量为单通道开关时的 1.55 倍。

王润文同志阅读了本文手稿, 并提出宝贵意见, 作者表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] S. C. Lin, J. I. Levatter; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **34**, 505.
- [2] 林绍基等;《电子学报》, 1981, **9**, 70.
- [3] G. R. Neil, R. S. Post; *Rev. Sci. Instrum.*, 1978, **49**, No. 3, 401.
- [4] R. S. Taylor et al.; "14th Pulse Power Modulator Symp.", Orland, 1980, p. 32.
- [5] J. C. Martin; *Switching Notes*, 1970, No. 10, AWRE.

此时激光输出的稳定性和再现性较佳。

参 考 文 献

- [1] H. W. Kogelnik et al.; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1972, **QE-8**, 373.
- [2] K. K. Li et al.; *Appl. Opt.*, 1981, **20**, 407.
- [3] K. K. Li; *Appl. Opt.*, 1982, **21**, 967.
- [4] H. W. Kogelnik, T. Li; *Appl. Opt.*, 1966, **5**, 1550.
- [5] 朱如曾等编译;《激光物理》, 国防工业出版社, 1975 年。

(上接第 369 页)

乙二醇溶液中, 浓度为 $\sim 1.5 \times 10^{-3} \text{ M/l}$ 时, 染料激光的最佳输出为:

三镜腔:

泵浦功率 3.9 W

染料激光输出: 930 mW

四镜环形腔:

泵浦功率: 2.5 W

染料激光输出: 500 mW