

用于重复频率准分子激光器的火花隙开关

江英英 唐士清

(中国科学院上海光机所)

提要: 研制了工作在 60 千伏, 重复频率每秒 50 次的火花隙开关, 在静态气压下, 重复率每秒 20 次, 正常工作寿命可达 20 分钟。

A spark gap switch for repetitive excimer lasers

Jiang Yingying, Tang Shiqing

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

Abstract: A spark gap switch operating at 60 kV and 50 pps has been developed. At steady-state gas fill and 20 pps, it has a lifetime of about 20 min.

引 言

重复频率运转的开关是准分子激光器的关键元件。火花隙开关虽然在开关时间及重复频率方面不如闸流管, 但它结构简单, 加工方便, 体积小, 容易安装, 成本也低。目前国内用于同样目的的火花隙开关能正常工作的重复频率为每秒 10 次。为了提高准分子激光器输出功率, 也就要提高开关重复率及它的工作稳定性。我们研制了 SG-2、SG-3 型火花隙开关。当极距为 16 毫米, 气压 2.6 大气压时最高承受电压为 60 千伏。正常工作重复率可达每秒 50 次, 在静态(内部气体不流动、不交换)气压下, 以 20 次/秒重复率工作时的时间分散性最小可小于 10 毫微秒, 寿命可达 20 分钟。

实 验 装 置

我们研制而成的 SG-2、SG-3 型火花隙开关结构简图详见图 1、图 2。图 1 中 A_1 、 A_2 是电极板; B 是触发针; C 是触发极的绝缘衬套; D 是电极之间的绝缘隔板。 A_1 、 A_2 和 B 均用黄铜制成。 C 、 D 以及开关外壳(图中没有画出)均为聚四氟乙烯。火花隙开关内充氮气。电极距离的调节是靠调换不同规格的极板 A_2 来达到的。

图 2 中 A'_1 、 A'_2 是电极板; B' 是触发针; C' 是触发极绝缘外套; D' 是火花隙开关内绝缘杯。 A'_1 、 A'_2 和 B' 也是用黄铜制成。 C' 与开关外壳材料均用聚四氟乙烯。 D' 用石英玻璃精心加工而成。

收稿日期: 1983 年 3 月 24 日。

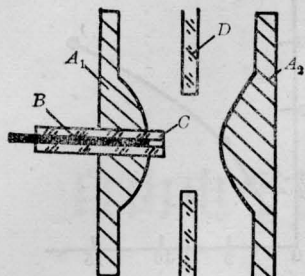


图1 SG-2型开关结构图

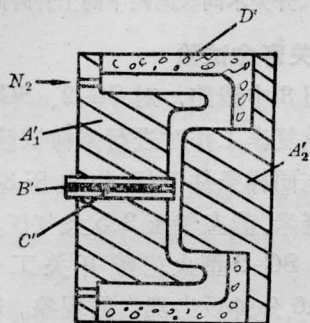


图2 SG-3型开关结构图

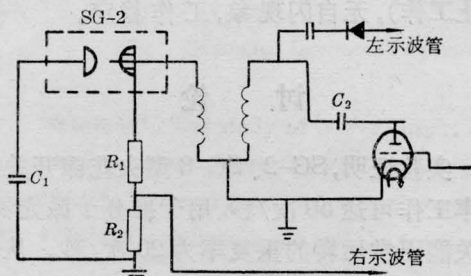


图3 开关特性测量线路

图3所示电路是用来研究火花隙开关特性的。回路中各参数的选择，尽量模拟激光器主放电回路的参数。 C_1 容量为0.024微法，直流电阻 R_1 为15欧姆，火花隙内充氮气(静态)。回路的放电波形用仿OK-19高压示波器实时拍照。

实验结果

1. 在不同重复率下的时间分散性

借助图3中所示的线路对火花隙开关在给定极间距(1、2、3.5及16毫米)的条件下对不同重复率工作时的时间分散性进行了

测量，典型曲线如图4所示。其中的曲线I是开关极间距16毫米、工作电压45千伏、开关内充了1.05大气压氮气时得到的。曲线II是开关极间距为2毫米、工作电压35千伏、开关内充氮3.5大气压时得到的。从测量结果可以看到，开关工作在重复率20次/秒时的时间分散性小于10毫微秒。

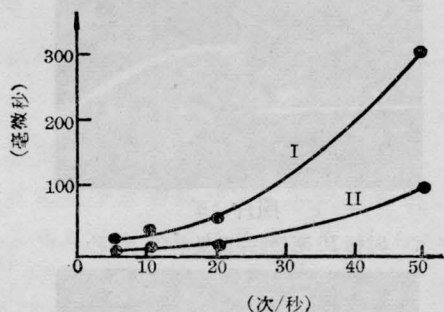
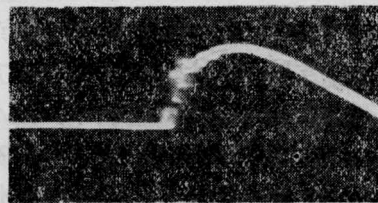


图4 开关在不同重复率下的时间分散性

照片1~4为SG-2型开关在重复率下工作时的回路放电波形。其中照片1、2是火花隙开关极间距为16毫米时的结果。从照片中可明显看到波形上升比较缓慢，但重复率工作稳定性好，无自闪现象。照片3、4是开关极间距为2毫米时的结果。从照片中可以看到波形上升比较陡，但重复率工作稳定性差，有自闪现象。自闪时回路放电波形从原点开始，开关在高压下自击穿，无需触发。



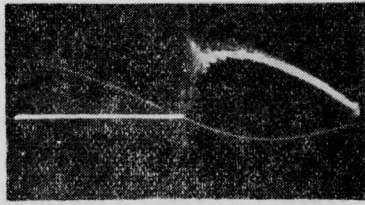
照片 1

时标10毫微，秒重复率10次/秒



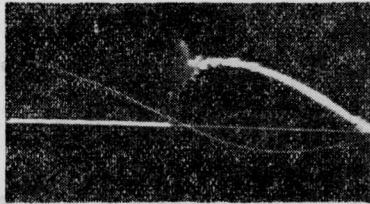
照片 2

时标10毫微秒。重复率20次/秒



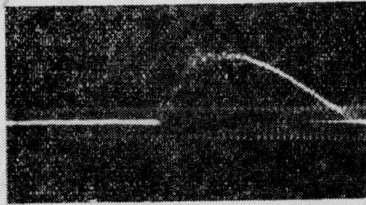
照片 3

时标 10 毫微秒, 重复率 10 次/秒



照片 4

时标 10 毫微秒, 重复率 20 次/秒



照片 5

时标 10 毫微秒, 重复率 20 次/秒, 极间距 2 毫米

照片 5 是 SG-3 型开关重复率工作时的回路放电波形。由于开关内壁用石英玻璃制作, 开关重复率工作时比较稳定; 无自闪现象; 开关寿命也长。

2. 开关上升时间与极间距的关系

文献[1]中提及改善开关速度的方法, 一方面提高触发脉冲的上升前沿, 另一方面使火花隙开关工作在给定的电压下, 减小它的极间距, 增加它的内部气压来不断提高开关速度, 使开关上升时间波形变陡。我们用图 3 中所示线对 SG-2 型开关进行了测试。火花隙开关时, 在回路各参数确定的情况下, 影响开关时间主要部分是开关上升时间。图 5 中曲线是 SG-2 型开关在主电容电压充至 40 千伏, 触发电容为 4.7 毫微法, 极间距从 1、3、5、10、16 毫米变化时开关的上升时间。从曲线中可以看到, 极间距变小, 开关上升时间随之变短。

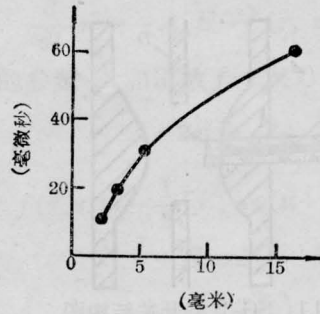


图 5 开关不同极间距下的上升时间

3. 开关寿命试验

采用图 3 中线路, 对 SG-2、SG-3 型火花隙开关重复率工作时进行寿命试验。两种开关工作在同样条件下(工作电压 35 千伏, 极间距 2 毫米, 静态气压 3.5 大气压, 重复率 20 次/秒), SG-2 型火花隙开关工作 20 分钟, 其中 10 分钟后出现自闪现象。SG-3 型开关正常工作 20 分钟(后因石英玻璃炸裂, 停止工作), 无自闪现象, 工作稳定。

讨 论

实验证明, SG-2、SG-3 型火花隙开关重复率工作可达 50 次/秒。用于准分子激光器, 开关能正常运转的重复率为 20 次/秒。从实验中看到, SG-2 型开关, 由于内壁绝缘材料选用聚四氟乙烯, 工作 20 分钟后, 内部产生一层灰黑色的溅射物, 可能是聚四氟乙烯材料在电子、离子的轰击下产生的。SG-3 型开关内壁材料选用石英玻璃, 工作 20 分钟后, 内部无灰黑色物质。由此可见, 灰黑色物质是开关工作不稳定的主要因素。实验证明, 必须进一步改进开关结构, 选择良好的内壁绝缘材料, 内部气体也快速流动起来, 这样开关不仅能稳定而正常工作, 寿命也会延长。

参 考 文 献

- [1] Journal of Physics E Scientific Instruments, 1979, 12, No. 1~6, 541~544.
- [2] 清华大学电子系高电压技术专业编著;《冲击大电流技术》, 科学出版社出版, 1978 年, p. 35.