

用于冷阴极电子束源的低抖动 麦克斯发生器

楼祺洪 丁爱臻 丁泽安 魏运荣

(中国科学院上海光机所)

摘要: 研究了三电极球隙的延迟和抖动特性。把它安装在三级麦克斯发生器中, 采用同步信号触发每个球隙, 获得输出电压信号的上升时间小于 100 ns。整个麦克斯发生器的抖动范围可控制在 5~10 ns。

Low jitter Marx bank for cold cathode E-beam sources

Lou Qihong, Ding Aizhen, Ding Zean, Wei Yunrong

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

Abstract: The delay and jitter characteristics of the three electrode spark gap were studied in this paper. A three stage Marx bank was designed using synchronous trigger pulses for each spark gap. Rise-time of output voltage of the Marx bank can be controlled within less than 100 ns with the jitter time of less than 10 ns.

冷阴极电子束源已广泛应用于高功率 CO₂ 和准分子激光的泵浦源或预电离源^[1]。一般地电子束源的供电电源是由麦克斯发生器及传输线组成, 在实际应用中, 要求供电电压有较快的上升时间和较小的抖动时间。

我们研究了一台用麦克斯发生器直接供电的冷阴极电子束源。首先研究了所用的开关元件——三电极球隙的延迟和抖动特性。我们设计了一个由自击穿球隙组成的锐化脉冲线路, 使幅度为 50 kV 的触发脉冲信号上升时间减小了几十倍。在此基础上选择球隙

的工作电压为球隙的自击穿电压的 85% 时, 单球隙的抖动时间小于 10 ns。

将上述球隙安装于多级麦克斯发生器中, 如果只有末级球隙用触发信号触发, 让其余的球隙处于自击穿状态, 结果是麦克斯发生器输出信号上升时间比较缓慢, 抖动时间较大。我们设计了一个使每一个球隙用一个同步信号触发的线路, 从而使一个三级麦克斯发生器电压输出信号上升时间比原来缩短三倍, 整个麦克斯发生器的抖动范围可控制在 5~10 ns 之间。

收稿日期: 1985年4月29日。

一、三电极球隙特性的研究

我们使用的是2个球形电极之间加一个触发针的三电极球隙，三个电极全部密封在有机玻璃容器中。当中间电极处于二个球形电极中间中心位置时，使用均压电阻使触发针位于等位面上。图1给出不同氮气压力下球隙的自击穿电压。

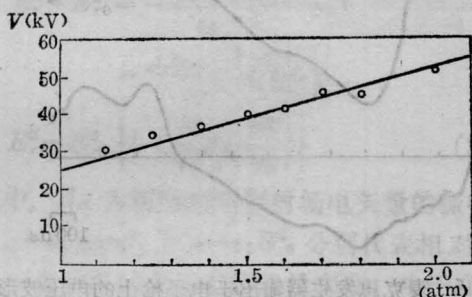


图1 不同氮气压力下球隙的自击穿电压

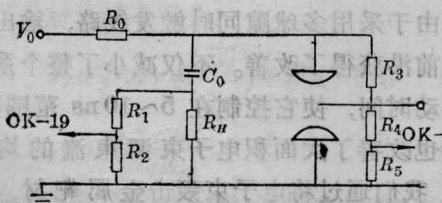


图2 测量球隙开启延迟时间和抖动时间随球隙工作电压变化的线路

测量球隙开启延迟时间和抖动时间的线路由图2给出。其中 $R_3 = R_4 + R_5$ 为三电极球隙的均压电阻，以保证触发电极位于球隙二电极之间的等位面上。而 R_4 和 R_5 又组成一个分压器，从 R_5 处测到的电压输入 OK-19 示波器用于监视球隙的触发信号。 R_H 为一个无感电阻，与它并联的是电阻 R_1 和 R_2 组成的一个分压器，其信号输入 OK-19 示波器的另一个示波管上。同时记录触发信号和 R_H 上的信号即可测得球隙的延迟时间 t_d (t_d 定义为触发脉冲起始点到放电脉冲最高峰点之间的时间差)，测量多个脉冲的信号可以求得球隙的抖动时间 t_j 。

在固定的氮气压力下，我们测量了球隙

工作电压 (V/V_{SB}) 与 t_d, t_j 的关系。这里 V_{SB} 是图1所示的球隙自击穿电压。实验结果表明， t_d 与 t_j 值不仅依赖于触发信号的幅度，而且与触发信号的上升前沿有很大的关系。在实验初始阶段触发信号的上升时间长达 800 ns，球隙的抖动时间很大。为此，我们设计了一个锐化脉冲线路，它是在触发回路中接入一个通道间隙，改变它的充气压力可改变它的击穿电压，使上升慢的触发信号(图3(a))变成前沿较陡的信号(图3(b))。其工作原理同在准分子激光放电中使用的通道开

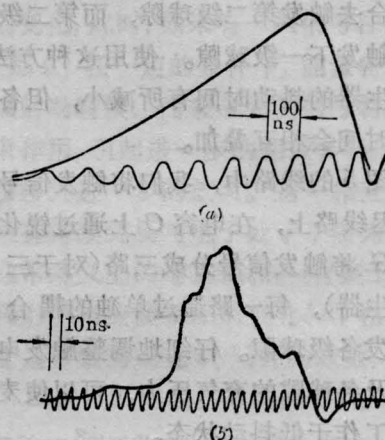


图3 用锐化线路使上升慢的触发信号(a)变成前沿较陡的信号(b)

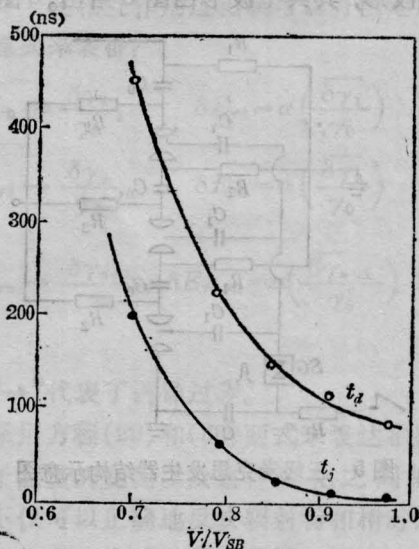


图4 球隙开启延迟时间 t_d 和抖动时间 t_j 随球隙工作电压的变化

关相同^[3]。从图3可知,经过锐化后的触发脉冲信号上升时间仅为几十毫微秒,改善了球隙的工作特性。

图4给出球隙开启时间 t_a 和抖动时间 t_j 随球隙工作电压的变化。从曲线可见,当 V/V_{SB} 大于0.85时, t_j 可控制在10ns左右。

二、麦克斯发生器特性的研究

在一般的高压脉冲技术中,曾采用将第一级球隙和电容器导通的放电信号由耦合电容器耦合去触发第二级球隙,而第二级的信号又去触发下一级球隙。使用这种方法,麦克斯发生器的抖动时间有所减小,但各球隙的抖动时间会相互叠加。

在图5的线路中,我们将触发信号加于RC延迟线路上,在电容C上通过锐化通道球隙SG将触发信号分成三路(对于三级麦克斯发生器),每一路通过单独的耦合电容 C_1 来触发各级球隙。仔细地调整触发电缆的长度以及各球隙的充气压力,可以使麦克斯发生器工作于低抖动状态。

用电阻分压器测量麦克斯发生器的输出电压波形,其典型波形由图6给出。图中同

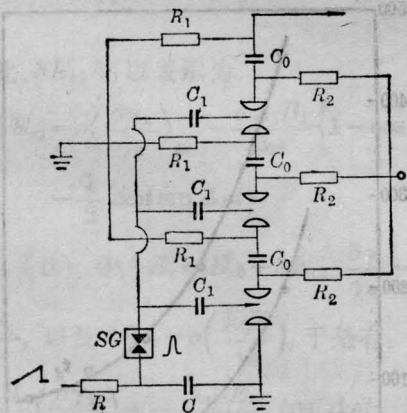


图5 三级麦克斯发生器结构示意图

时给出仅用一个球隙触发时的波形(下)和用三个球隙同时触发时的波形(上)。从波形可见,采用三个球隙使输出电压波形的上升时间从300ns下降到100ns左右。实验中采用的电子枪是一个阴极长度为60cm、宽度为0.5cm的大面积电子枪。电子枪阴极和阳极的间距约1.1cm。

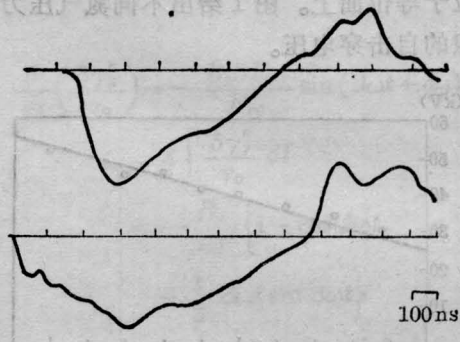


图6 麦克斯发生器输出于电子枪上的电压波形
(上)三个球隙同时触发;(下)仅用一个球隙触发

由于采用多球隙同时触发线路,输出波形的前沿获得了改善。不仅减小了整个系统的抖动时间,使它控制在5~10ns范围内,而且也改善了大面积电子束源束流的均匀性。我们将电子束轰击金属靶材,并测量其产生的X射线的分布,其均匀性在±20%以内。作为比较,在以上升前沿较差的电压脉冲激励时,X射线分布会有成倍的不均匀度。

作者对成序三、郑承恩同志的部分工作表示感谢。

参 考 文 献

- [1] J. J. Ewing, C. A. Brau; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **27**, 350.
- [2] S. C. Lin et al.; *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.*, 1984, **31**, 499.
- [3] S. C. Lin et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1981, **38**, 328.