



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107482948 A

(43)申请公布日 2017. 12. 15

(21)申请号 201710627112.3

(22)申请日 2017.07.28

(71)申请人 西安空间无线电技术研究所
地址 710100 陕西省西安市长安区西街150号

(72)发明人 朱鹏 张颖军 彭凯 古松
董玉财 方进勇

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 武莹

(51)Int.Cl.
H02M 9/04(2006.01)

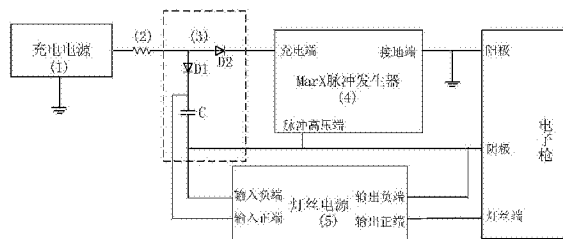
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统

(57)摘要

本发明公开一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,包括充电电源,充电隔离电阻,灯丝电源供电网络,MarX脉冲发生器,灯丝电源,充电电源通过充电隔离电阻给灯丝电源供电网络中电容、MarX脉冲发生器中电容充电;灯丝电源供电网络为灯丝电源供电,灯丝电源为电子枪加热灯丝供电,MarX脉冲发生器的脉冲高压端接电子枪阴极,接地端连接电子枪阳极。本发明电源系统的脉冲高压部分采用MarX脉冲发生器结构,全部使用固态器件,并采用模块化设计,每个模块包含多级MarX电路单元,多个模块之间串联以达到总级数要求,储能级数方便调节,具有很好的实用价值。



1. 一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,其特征在于包括充电电源(1),充电隔离电阻(2),灯丝电源供电网络(3),MarX脉冲发生器(4),灯丝电源(5),其中:

充电电源(1)通过充电隔离电阻(2)给灯丝电源供电网络(3)中电容、MarX脉冲发生器(4)中电容充电;灯丝电源供电网络(3)为灯丝电源(5)供电,灯丝电源(5)为电子枪加热灯丝、阴极供电,MarX脉冲发生器(4)的脉冲高压端接电子枪阴极,接地端连接电子枪阳极。

2. 如权利要求1所述的一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,其特征在于:所述的灯丝电源供电网络(3)包括隔离二极管D1、隔离二极管D2、灯丝供电电容C;隔离二极管D1与灯丝供电电容C串联后通过隔离二极管D2并联到MarX脉冲发生器,灯丝供电电容C为灯丝电源(5)供电。

3. 如权利要求1或2所述的一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,其特征在于:所述的灯丝供电电容C的电压为灯丝供电电容C的70%正常工作电压时,灯丝电源(5)开始工作。

4. 如权利要求1或2所述的一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,其特征在于:所述的MarX脉冲发生器(4)包括至少两个结构功能完全相同的储能单元,储能单元包括储能电容 C_i 、二极管 V_{Di} 、半导体充电开关 Q_i 、半导体放电开关 S_i ;半导体充电开关 Q_i 与储能电容 C_i 、二极管 V_{Di} 串联,半导体放电开关 S_i 并联在储能电容 C_i 、二极管 V_{Di} 两端;半导体充电开关 Q_i 的控制极接充电开关驱动电路,半导体放电开关 S_i 的控制极接放电开关驱动电路;充电时,半导体充电开关 Q_i 导通,半导体放电开关 S_i 断开,充电电源(1)通过隔离二极管D2、半导体充电开关 Q_i 给储能电容 C_i 充电,二极管 V_{Di} 接地;放电时,半导体充电开关 Q_i 断开,半导体放电开关 S_i 导通,储能电容 C_i 串联放电,在脉冲高压端形成脉冲高压,并输出至电子枪的阴极。

5. 如权利要求1或2所述的一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,其特征在于:所述的灯丝电源包含变压器、半导体开关、控制电路、整流滤波电路、反馈保护电路;变压器的初级线圈与半导体开关串联后接在灯丝电源输入正端、输入负端,变压器的次级线圈经整流滤波电路后连接到灯丝电源输出正端、输出负端,控制电路连接到半导体开关控制端,反馈保护电路连接在输出正端和控制电路之间;当对灯丝进行供电时,控制电路控制半导体开关,使得变压器初级形成交流电压,经变压器磁芯耦合到变压器次级,通过整流滤波电路形成直流电压,为加热灯丝提供功率,反馈保护电路采样灯丝电源输出的电压电流信号,在采样值异常时停止灯丝电源工作,形成负反馈,稳定灯丝电源输出电压。

一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统

技术领域

[0001] 本发明涉及真空电子及电源领域,尤其涉及一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统。

背景技术

[0002] 电子束源在微波、加速器、X射线照相和电子束辐照等领域有广泛的应用。电子枪是电子束源最为核心的部分,基本上决定了电子束源的绝大多数参数。热阴极脉冲高压电子枪是电子枪的一种,需要一定的加热功率和合理的加热结构给阴极加热,一般采用灯丝来加热,灯丝连接在阴极和灯丝端之间;受热的阴极在表面不断聚集电子,在阳极电场的作用下,电子逸出形成具有一定速度的电子流。因此,热阴极脉冲高压电子枪的正常工作需要脉冲高压电源及阴极灯丝电源的共同配合。

[0003] MarX发生器作为一种脉冲高压电源,是一种不需要脉冲变压器和高压输入的脉冲功率电源,其结构简单,容易控制,固态开关的使用使得MarX发生器结构更加紧凑、重量更加轻便、可控性更好。近年来,MarX发生器被广泛应用于高功率微波、高功率激光、电磁发射等领域。

[0004] 灯丝电源为灯丝提供加热功率,直接浮动工作在阴极的脉冲高压电位上。灯丝电源一般采用线性稳压电路或开关转换电路来实现,大多采用稳压限流方式,具有过压保护、过流保护、软启动等功能。在没有脉冲变压器的脉冲高压电源中,灯丝电源的供电需要一个隔离高压的变压器,从前级给灯丝电源隔离供电;隔离变压器的隔离电压为阴极的脉冲电压值。脉冲电压值越高,隔离变压器的隔离电压也越高,这将造成隔离变压器的体积和重量成比例增大。

[0005] 在热阴极脉冲高压电子枪的应用中,采用MarX发生器作为脉冲高压源能提高工作频率、集成度和可控性,但是灯丝电源的供电需要高压隔离变压器,即使小功率的灯丝电源也需要较大体积和重量的隔离变压器,这不利于减小系统总体积和重量,且增加MarX发生器的级数就需要对隔离变压器进行更改。因此,需要一种新型的MarX固态脉冲发生器和灯丝电源配合供电的电源系统,不需要隔离变压器即可正常工作,且MarX发生器的级数方便调节,利于系统的小型化。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是:针对热阴极脉冲高压电子枪,提出一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,通过采用MarX脉冲发生器作为脉冲高压源,在MarX脉冲发生器的第一级脉冲储能单元上并联灯丝电源供电网络作为电子枪灯丝电源供电的电源系统结构,省去了隔离供电变压器,同时MarX脉冲发生器采用多模块结构,利于电子枪电源系统的小型化和轻量化,具有很好的使用效果。

[0007] 本发明包括如下技术方案:一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,包括充电电源,充电隔离电阻,灯丝电源供电网络,MarX脉冲发生器,灯丝电源,其中:

[0008] 充电电源通过充电隔离电阻给灯丝电源供电网络中电容、MarX脉冲发生器中电容充电；灯丝电源供电网络为灯丝电源供电，灯丝电源为电子枪加热灯丝、阴极供电，MarX脉冲发生器的脉冲高压端接电子枪阴极，接地端连接电子枪阳极。

[0009] 所述的灯丝电源供电网络包括隔离二极管D1、隔离二极管D2、灯丝供电电容C；隔离二极管D1与灯丝供电电容C串联后通过隔离二极管D2并联到MarX脉冲发生器，灯丝供电电容C为灯丝电源供电。

[0010] 所述的灯丝供电电容C的电压为灯丝供电电容C的70%正常工作电压时，灯丝电源开始工作。

[0011] 所述的MarX脉冲发生器包括至少两个结构功能完全相同的储能单元，储能单元包括储能电容 C_i 、二极管 V_{Di} 、半导体充电开关 Q_i 、半导体放电开关 S_i ；半导体充电开关 Q_i 与储能电容 C_i 、二极管 V_{Di} 串联，半导体放电开关 S_i 并联在储能电容 C_i 、二极管 V_{Di} 两端；半导体充电开关 Q_i 的控制极接充电开关驱动电路，半导体放电开关 S_i 的控制极接放电开关驱动电路；充电时，半导体充电开关 Q_i 导通，半导体放电开关 Q_i 断开，充电电源通过隔离二极管D2、半导体充电开关 Q_i 给储能电容 C_i 充电，二极管 V_{Di} 接地；放电时，半导体充电开关 Q_i 断开，半导体放电开关 S_i 导通，储能电容 C_i 串联放电，在脉冲高压端形成脉冲高压，并输出至电子枪的阴极。

[0012] 所述的灯丝电源包含变压器、半导体开关、控制电路、整流滤波电路、反馈保护电路；变压器的初级线圈与半导体开关串联后接在灯丝电源输入正端、输入负端，变压器的次级线圈经整流滤波电路后连接到灯丝电源输出正端、输出负端，控制电路连接到半导体开关控制端，反馈保护电路连接在输出正端和控制电路之间；当对灯丝进行供电时，控制电路控制半导体开关开关，使得变压器初级形成交流电压，经变压器磁芯耦合到变压器次级，通过整流滤波电路形成直流电压，为加热灯丝提供功率，反馈保护电路采样灯丝电源输出的电压电流信号，在采样值异常时停止灯丝电源工作，形成负反馈，稳定灯丝电源输出电压。

[0013] 本发明与现有技术相比具有如下优点：

[0014] (1) 本发明提出的一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统，脉冲高压部分采用MarX脉冲发生器结构，全部使用固态器件；MarX脉冲发生器采用模块化设计，每一个模块包含多级MarX电路单元，多个模块之间串联以达到总级数要求，储能级数方便调节；

[0015] (2) 通过在MarX脉冲发生器第一级储能单元上并联灯丝电源供电网络的方式给灯丝电源供电，灯丝电源所有部分都连接在高压端，省去了高压隔离变压器，结构更加紧凑，利于小型化、轻量化；

[0016] (3) 灯丝电源采用开关电源的形式进行变换，能够提高降压比，可将上千伏的电压变换成几伏给灯丝供电，且可以集成过压保护、过流保护等功能。

附图说明

[0017] 图1为本发明电路原理示意图；

[0018] 图2为灯丝电源供电网络的原理框图；

[0019] 图3为MarX脉冲发生器的原理框图；

[0020] 图4为灯丝电源原理框图。

具体实施方式

[0021] 本发明针对现有技术的不足,提出一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,包括充电电源、MarX脉冲发生器、灯丝电源供电网络和灯丝电源。灯丝电源供电网络并联在MarX脉冲发生器第一级脉冲储能单元上,充电电源给MarX脉冲发生器的电容充电时,同时给灯丝电源供电网络充电;灯丝电源从灯丝电源供电网络中的电容两端取电,能量经过变换后给灯丝供电;灯丝电源供电网络中的二极管将MarX脉冲发生器和灯丝供电电容进行隔离,避免高压脉冲放电时两者之间相互干扰;MarX脉冲发生器的电容并联充电,串联放电,实现电压倍增,其脉冲高压端连接电子枪阴极,接地端连接电子枪阳极,为电子枪提供脉冲负高压。与现有技术相比,本发明电源系统将灯丝电源直接接在脉冲高压端,不需要高压隔离变压器,易于小型化集成,另外,MarX脉冲发生器采用多模块级联的方式,方便更改级数。本发明电源系统可满足热阴极电子枪对脉冲高压和灯丝电压的要求,具有很好的使用效果,下面结合附图和具体实施对本发明电源系统做进一步介绍。

[0022] 如图1所示为本发明电路原理示意图,本发明一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,主要包括充电电源1、充电隔离电阻2、灯丝电源供电网络3、MarX脉冲发生器4、灯丝电源5。充电电源1通过充电隔离电阻2与灯丝电源供电网络3和MarX脉冲发生器4连接,灯丝电源5的输入连接在灯丝供电网络3的电容两端,输出连接在电子枪阴极和灯丝端,MarX脉冲发生器4的脉冲高压端连接电子枪阴极,接地端连接电子枪阳极,电路中的所有接地端互连,形成回路。充电电源1通过充电隔离电阻2给灯丝电源供电网络3的电容充电,同时给MarX脉冲发生器4的电容并联充电;灯丝电源供电网络3的电容上的电压达到正常工作电压的70%后,灯丝电源5开始工作,给电子枪加热灯丝提供加热电压和电流;工作过程中高压充电电源始终给灯丝电源供电网络3补充电能;在灯丝加热一定时间以后,MarX脉冲发生器的电容串联放电,实现电压倍增,在电子枪阴极产生脉冲负高压。

[0023] 如图2所示为灯丝电源供电网络的原理框图,灯丝电源供电网络3包括充电隔离二极管D1、D2与灯丝供电电容C。隔离二极管D1与灯丝供电电容C串联后通过隔离二极管D2并联到MarX脉冲发生器第一级储能单元上;灯丝加热能量取自灯丝供电电容C上的电能,隔离二极管D1防止MarX脉冲发生器工作时对灯丝供电电容C电压的干扰;隔离二极管D2防止MarX脉冲发生器第一级电容通过充电隔离二极管D1给供电电容C反向充电。

[0024] 如图3所示为MarX脉冲发生器的原理框图,MarX脉冲发生器4采用全固态器件,包括n个结构功能完全相同的储能单元以及充放电开关驱动电路;n个储能单元之间串联,每个储能单元由一个储能电容 C_i 、一个二极管 V_{di} 和一个半导体充电开关 Q_i 、一个半导体放电开关 S_i 组成,其中, $i=1,2,3,\dots,n$;半导体充电开关 Q_i 与储能电容 C_i 、二极管 V_{di} 串联,半导体放电开关 S_i 并联在储能电容 C_n 和二极管 V_{Dn} 两端;半导体充电开关的控制极连接到充电开关驱动电路,所有半导体放电开关的控制极连接到放电开关驱动电路。MarX脉冲发生器4采用模块化结构,每一个模块包含多级MarX电路单元(储能单元),单个模块包含的级数根据需求进行设计,便于扩展,多个模块之间串联以达到总级数要求;MarX脉冲发生器的总级数根据输出电压和充电电压确定,单级充电电压需要保留充足的裕量以保护电容器和半导体开关器件,一般每个单元充电电压最大不超过单个半导体开关器件和电容器额定电压的70%。充电时,充电开关驱动电路驱动半导体充电开关 Q_1, Q_2, \dots, Q_n 导通,所有半导体放电

开关断开,电流经过充电电源(1)、充电隔离电阻(2)、灯丝电源供电网络3的隔离二极管D2、半导体充电开关给所有储能电容C1、C2……Cn并联充电,然后经过二极管VD1、VD2……VDn流到接地端形成充电回路;放电时,所有半导体充电开关断开,放电开关驱动电路驱动半导体放电开关S1、S2……Sn导通,储能电容C1、C2……Cn通过半导体放电开关串联放电,在脉冲高压端形成脉冲高压,输出到电子枪的阴极。放电结束后,所有半导体放电开关断开,充电开关驱动电路驱动半导体充电开关导通,进入下一个充电周期。

[0025] 如图4所示,为本发明灯丝电源原理框图。灯丝电源的能量取自灯丝供电电容,将高电压转换成给灯丝供电的低电压;灯丝电源采用开关电源的方式,电源的工作频率在几十kHz到几百kHz之间,频率越高,需要的变压器和滤波电容体积越小;灯丝电源包含变压器、半导体开关、控制电路、整流滤波电路、反馈保护电路几个部分;灯丝电源在供电电容上的电压达到正常工作电压的70%后才开始工作,提高给灯丝供电电压的稳定性。灯丝电源的输入正端连接到灯丝电源供电网络3的储能电容正端,输入负端连接到灯丝电源供电网络3的储能电容负端,输出正端连接到电子枪的灯丝端,输出负端连接到电子枪的阴极,输入负端与输出负端直接连接,作为灯丝电源工作的悬浮地电位,工作时连接到电子枪阴极。当供电电容上的电压达到正常工作电压的70%后,灯丝电源控制电路开始工作,控制半导体开关按一定频率开关,在变压器初级形成交流电压,经变压器磁芯耦合到变压器次级,通过整流滤波形成直流电压,供给灯丝加热;反馈保护电路采样输出电压电流信号,在采样值异常时停止灯丝电源工作,防止损坏电子枪,在采样值正常时送入到控制电路控制开关工作的脉冲宽度,形成负反馈,从而稳定输出电压。

[0026] 综上所述,本发明提出的一种热阴极脉冲高压电子枪的电源系统,采用MarX脉冲发生器作为脉冲高压源,以及在MarX脉冲发生器第一级脉冲储能单元上并联一个灯丝电源供电网络作为电子枪灯丝电源供电的电源系统结构,省去了高压隔离变压器,减少了高压端和低压端之间的连接,结构更加紧凑,利于小型化、轻量化,且随着MarX固态脉冲发生器级数的增加,无需对灯丝电源进行更改,简化了设计流程。

[0027] 本发明提出的灯丝电源结构,对MarX固态脉冲发生器的级数没有要求,只要求每级充电电压不能太高(小于1000V),否则灯丝电源设计难度将加大;同时,灯丝电源的功率也不能太大,否则将大大增加对储能电容的要求。因此,该结构适用的脉冲发生器输出电压在数百伏特到数十千伏特之间,灯丝电源功率在百瓦以内,适用性较强。

[0028] 本发明未详细说明部分属本领域技术人员公知常识。

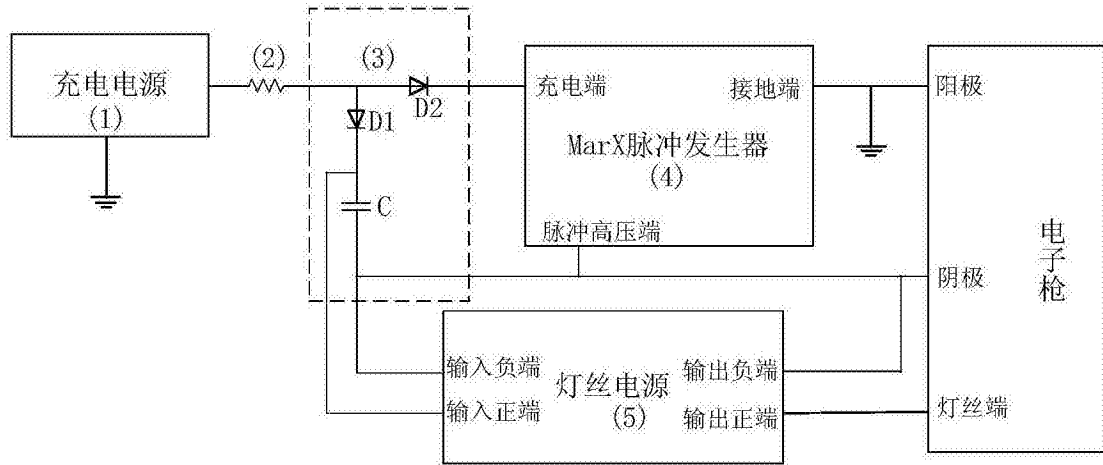


图1

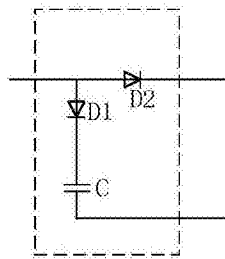


图2

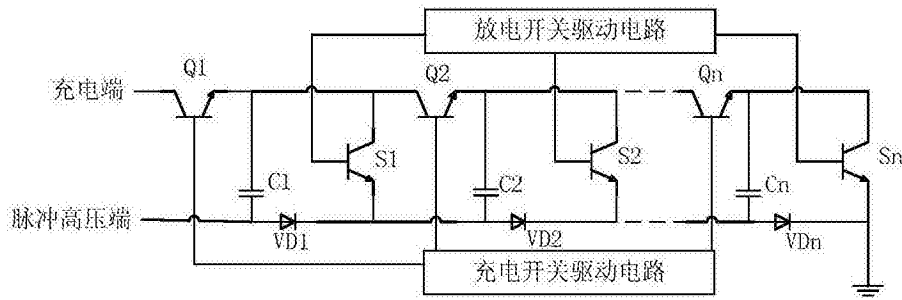


图3

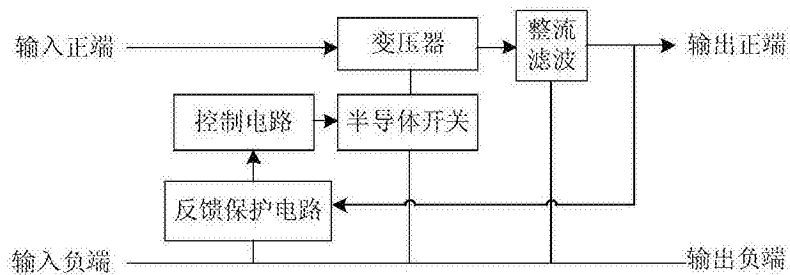


图4