



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103413738 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201310309530. X

US 5270483 A, 1993. 12. 14, 全文.

(22) 申请日 2013. 07. 22

审查员 吴朦朦

(73) 专利权人 西北核技术研究所

地址 710024 陕西省西安市 69 信箱

(72) 发明人 杨莉 来定国 任书庆 张玉英

杨实 姚伟博 程亮 张永民

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限

公司 61211

代理人 王少文

(51) Int. Cl.

H01J 1/88(2006. 01)

H01J 35/04(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1409865 A, 2003. 04. 09, 全文.

US 4518365 A, 1985. 05. 21, 全文.

US 5125360 A, 1992. 06. 30, 全文.

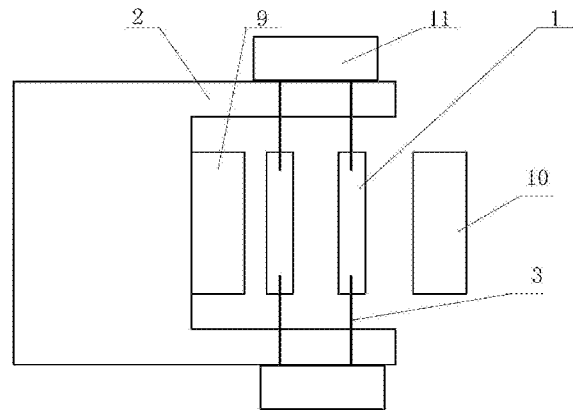
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置及其驱动电路

(57) 摘要

本发明涉及串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置及其驱动电路,支撑装置包括三个支撑单元,支撑单元包括支撑针、壳体、弹簧、铁芯和电磁线圈,壳体筒壁外部安装有电磁线圈,壳体内部安装有弹簧,弹簧的前端设置有铁芯,铁芯的中心为通孔,并与支撑针固为一体;支撑针可在电磁线圈产生的电磁力和弹簧的作用下前后移动,将悬浮电极固定及松开;本发明实现了高压电极的悬浮工作,从而克服了固定支撑在高电压作用下绝缘性能不够,且对电场分布产生影响的不足。



1. 一种串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置,其特征在于:

包括三个支撑单元(11),其分别位于串级式电子束二极管悬浮电极(1)的正上方、正左方和正右方;

所述支撑单元(11)包括支撑针(3)、壳体(4)、弹簧(5)、铁芯(6)、电磁线圈(7)和限位筒(8),所述壳体(4)为筒状结构,其开口端固定在电子束二极管外壳(2)上且正对外壳(2)的通孔,其非开口端设置中心孔,所述限位筒(8)扣在壳体(4)的中心孔上;所述电磁线圈(7)安装在壳体(4)的筒壁外部,所述弹簧(5)安装在壳体(4)内部,所述弹簧(5)的一端顶在铁芯(6)上,其另一端顶在壳体(4)的非开口端,所述支撑针(3)的中部固定在铁芯(6)上,其内端穿过电子束二极管外壳(2)上的通孔后插入悬浮电极(1)外圈上设置的支撑孔内,其外端穿过弹簧(5)和壳体(4)非开口端的中心孔后伸入限位筒(8)内;所述铁芯(6)可在电磁线圈(7)产生的电磁力和弹簧(5)的作用下沿壳体(4)轴线方向移动。

2. 根据权利要求1所述的串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置,其特征在于:所述壳体(4)的非开口端设置有多个与限位筒(8)相通的气体流通孔。

3. 根据权利要求1或2所述的串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置,其特征在于:所述弹簧(5)为塔形弹簧,所述铁芯(6)设置在塔形弹簧的大径处。

4. 根据权利要求3所述的串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置,其特征在于:所述铁芯(6)采用软磁材料纯铁制成,所述支撑针(3)采用铝材制成。

5. 根据权利要求4所述的串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置,其特征在于:所述壳体(4)中心孔与电子束二极管外壳(2)通孔之间同轴度小于0.04mm,壳体(4)中心孔直径以及电子束二极管外壳(2)通孔直径与支撑针直径偏差 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

6. 权利要求1至5之任一权利要求所述串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置的驱动电路,其特征在于:包括储能电容(C1)、闸流管(U1)、分压电阻单元和延时器(T1),其中储能电容(C1)、闸流管(U1)和电磁线圈(7)串联构成回路,且储能电容(C1)和电磁线圈(7)的连接点接地;分压电阻单元并联在电磁线圈(7)的两端,所述分压电阻单元包括两个串联工作的分压电阻(R1、R2),所述延时器(T1)的输入端电联接在两个分压电阻之间,输出端与电子束二极管的前级触发单元联接。

串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置及其驱动电路

技术领域

[0001] 本发明涉及脉冲功率技术领域,尤其涉及一种多间隙串级工作的电子束串级式二极管悬浮电极的支撑装置及其驱动电路。

背景技术

[0002] 开展系统电磁脉冲效应研究需要建立高能注量且能谱分布在 20 ~ 120keV 之间的硬 X 射线源,硬 X 射线的能谱取决于韧致辐射电子束的能量,而采用串级二极管,通过二级或多级分压降低电子束能量,能够产生大面积、能谱逼真、高能注量硬 X 射线。美国的 double Eagle 已经开展了两级和三级串级二极管,取得较好的实验数据。

[0003] 在脉冲功率技术中,真空二极管作为传输线的负载,其作用是将传输线形成的高功率脉冲能量转化成粒子束或内爆等离子体。真空二极管主要由阴极和阳极组成,串级二极管即在电子束二极管的阴极和阳极之间再增加新电极,类似于电容极板之间的串联作用,新增加电极的一面作为第一个间隙的阳极,另一面作为第二个间隙的阴极,在高压脉冲作用下,实现二极管的串联工作。

[0004] 这种将单间隙二极管通过增加电极分为多个间隙技术,使得电极环在电子束发射方向上不重叠,由于电容串联分压,主脉冲加载到二极管时,各间隙获得相应的电压,悬浮电极即作为第一个间隙的阳极,阻挡主阴极(第一个阴极)发射的电子并转换为 X 射线,同时作为第二个间隙的阴极发射电子在距离二极管 X 射线窗口较近的一个平面上形成大面积的均匀辐照面。每一个二极管间隙电子的加速电压由于分压而降低,使得电子束能谱降低,韧致辐射 X 能谱降低,产生新的 X 射线能谱,并实现功率匹配传输或准匹配传输,提高能量传输效率和二极管能量转换效率;此外通过间隙分压,还可以提高脉冲功率源的电压,从而提高总储能,产生大面积高能注量的 X 射线。

[0005] 在串级二极管研究中,悬浮电极的支撑是实现串级二极管的前提。在低阻抗二极管腔室中,目前常采用绝缘固定支架支撑中间的电极,当采用固定绝缘子支撑时,由于固体绝缘子之撑的引入,会影响电极间电场分布。同时在引入绝缘子支撑时,在绝缘子,电极和空间介质的三结合点处电场成为最弱的地方,因此引入绝缘子,首先考虑绝缘子是否满足沿面闪络的要求,同时考虑电极间的电场分布。当绝缘子的不能满足沿面闪络的要求时,必须增大绝缘子的尺寸,这样又会影响到二极管的电感分布,降低脉冲前沿。尤其对于当数百千伏的电子束作用到一个多间隙的同轴电极上时,常规的支撑件很难满足电气绝缘要求,影响到串级二极管的实现。

发明内容

[0006] 本发明针对在二极管串级中存在的悬浮电极支撑结构在高电压作用下绝缘性能不够,且对电场分布产生影响的不足,提出了一种基于活动支撑结构的串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置及其驱动电路,在二极管工作前的瞬间,通过外力作用,支撑针撤除,悬浮电极在重力的作用下自由落体,利用物体的惯性实现中间电极的悬浮,实现瞬间的

多间隙二极管串级工作。

[0007] 本发明的技术解决方案如下：

[0008] 一种串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置，其特殊之处是：包括三个支撑单元，其分别位于串级式电子束二极管悬浮电极 1 的正上方、正左方和正右方；所述支撑单元包括支撑针 3、壳体 4、弹簧 5、铁芯 6、电磁线圈 7 和限位筒 8，所述壳体 4 为筒状结构，其开口端固定在电子束二极管外壳 2 上且正对外壳 2 的通孔，其非开口端设置中心孔，所述限位筒 8 扣在壳体 4 的中心孔上；所述电磁线圈 7 安装在壳体 4 的筒壁外部，所述弹簧 5 安装在壳体 4 内部，所述弹簧 5 的一端顶在铁芯 6 上，其另一端顶在壳体 4 的非开口端，所述支撑针 3 的中部固定在铁芯 6 上，其内端穿过电子束二极管外壳 2 上的通孔后插入悬浮电极 1 外圈上设置的支撑孔内，其外端穿过弹簧 5 和壳体 4 非开口端的中心孔后伸入限位筒 8 内；所述铁芯 6 可在电磁线圈 7 产生的电磁力和弹簧 5 的作用下沿壳体 4 轴线方向移动。

[0009] 上述外壳 4 的非开口端设置有多个与限位筒 8 相通的气体流通孔。

[0010] 上述弹簧 5 为塔形弹簧，所述铁芯 6 设置在塔形弹簧的大径处。

[0011] 上述铁芯 6 采用软磁材料纯铁制成，所述支撑针 3 采用铝材制成。

[0012] 上述壳体 4 中心孔与电子束二极管外壳 2 通孔之间同轴度小于 0.04mm，壳体 4 中心孔直径以及电子束二极管外壳 2 通孔直径与支撑针直径偏差 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

[0013] 上述串级式电子束二极管悬浮电极的支撑装置的驱动电路，包括储能电容 C1、闸流管 U1、分压电阻单元和延时器 T1，其中储能电容 C1、闸流管 U1 和电磁线圈 7 串联构成回路，且储能电容 C1 和电磁线圈 7 的连接点接地；分压电阻单元并联在电磁线圈 7 的两端，所述分压电阻单元包括两个串联工作的分压电阻 R1、R2，所述延时器 T1 的输入端电联接在两个分压电阻之间，输出端与电子束二极管的前级触发单元联接。

[0014] 本发明具有的技术效果如下：

[0015] 1、本发明通过对悬浮电极的控制，可以实现多个二极管间隙串级工作，降低单间隙二极管电压，产生能谱较低的脉冲 X 射线源。

[0016] 2、本发明采用活动支撑结构，在脉冲电子束二极管工作前的瞬间快速撤除支撑，实现高压电极的悬浮工作，从而克服了固定支撑在高电压作用下绝缘性能不够，且对电场分布产生影响的不足。

[0017] 3、本发明的支撑控制系统能够使支撑针快速撤离支撑，撤离支撑的时间内中间高压电极自由落体距离小于 0.15mm，瞬间处于悬浮状态，基本不影响高压电极间电场分布。

[0018] 4、本发明研制的基于高速螺旋电磁铁工作原理的支撑结构，体积小，结构简单，运动速度快，能够实现对悬浮电极的有效定位支撑，并且能够快速撤离支撑，保证悬浮电极的悬浮工作。

[0019] 5、本发明的悬浮电极通过三个支撑单元进行支撑，其中两个在水平方向左右对称，另一个在正上方垂直方向，避免了支撑针设置在下方时由于悬浮电极的重力作用而导致的撤离不畅问题。

[0020] 6、本发明的支撑控制系统驱动电路能使支撑结构的电磁线圈在瞬间产生较大的电磁力，带动支撑针能够在 5ms 时间内撤离出对悬浮电极的支撑，撤离距离不小于 30mm，此外采用同步延时的方法，实现了支撑控制系统与串级二极管的同步工作。

[0021] 7、本发明的悬浮电极及其支撑结构还可以用于其他高压电极支撑研究中。

附图说明：

[0022] 图 1 为本发明支撑装置与串级二极管结构位置示意图；

[0023] 图 2 为本发明支撑单元结构示意图；

[0024] 图 3 为本发明三个支撑针对悬浮电极支撑示意图；

[0025] 图 4 为本发明支撑装置驱动电路原理示意图；

[0026] 图 5 为本发明支撑装置驱动电路与二极管的延时同步工作流程图。

[0027] 附图标记为：1- 悬浮电极；2- 二极管外壳；3- 支撑针；4- 壳体；5- 弹簧；6- 铁芯；7- 电磁线圈；8- 限位筒；9- 二极管阴极；10- 二极管阳极；11- 支撑单元；C1- 储能电容；U1- 闸流管；R1、R2- 分压电阻；T1- 延时器。

具体实施方式

[0028] 图 1 为本发明支撑装置与串级二极管的结构位置示意图，在常规电子束二极管的阴极 9 和阳极 10 之间同轴线间隔设置有不少于一个的悬浮电极 1，悬浮电极 1 通常为环状平板，工作面平行于二极管阳极 10 和二极管阴极 9 的工作面，且悬浮电极 1、二极管阳极 10 和二极管阴极 9 的中心在一条直线上；悬浮电极 1 通过若干个固定在电子束二极管外壳上的支撑单元 11 支撑，支撑单元 11 的壳体 4 固定在电子束二极管的外壳 2 上，通过支撑针 3 的支撑和撤离，实现多组高压悬浮电极 1 的瞬间悬浮工作。

[0029] 悬浮电极之间以及与二极管阳极 10 和阴极 9 之间的间距要合理，为保证多间隙之间电子发射的一致性，以一个悬浮电极为例，悬浮电极 1 和二极管阴极 9 之间的间隙为 6.4 ~ 6.8mm，悬浮电极 1 和二极管阳极 10 之间的间隙为 8.6 ~ 8.8mm。

[0030] 如图 2 所示，本发明的支撑单元 11 包括支撑针 3、壳体 4、弹簧 5、铁芯 6、电磁线圈 7 和限位筒 8，壳体 4 为开口向前，也就是朝着二极管方向的筒状结构，壳体 4 前端法兰固定在二极管外壳 2 上，壳体 4 筒体的底部固定有限位筒 8，限位筒 8 的筒口向前，壳体 4 筒体底部的中心以及所对应的二极管外壳 2 上开有通孔，为保证支撑针的顺利插拔和精确定位，要求壳体筒底中心孔与二极管外壳的支撑针通孔的同轴度不大于 0.04mm。

[0031] 壳体 4 外筒壁安装有电磁线圈 7，壳体 4 内部安装有弹簧 5，弹簧 5 的前端设置有铁芯 6，铁芯 6 的中心为通孔，并与穿过铁芯通孔的支撑针 3 中部固为一体，两者固定成一体，避免采用螺纹连接引起同轴度的偏差；支撑针 3 的两端穿过壳体 4 筒体中心孔与二极管外壳 2 通孔，并可以在电磁线圈 7 产生的电磁力和弹簧 5 的作用下前后移动，当支撑针 3 处于收缩状态时，支撑针 3 的后端可伸入至限位筒 8 的筒体；当支撑针 3 处于伸出状态时，支撑针 3 的前端可穿过二极管外壳 2 通孔并插入悬浮电极 1 外圈上设置的支撑孔，这样在二极管不工作时，支撑针 3 可对悬浮电极 1 支撑，二极管工作时，支撑针 3 可瞬间从悬浮电极 1 的支撑孔中抽出，悬浮电极 1 自由落体，由于脉冲二极管的工作时间很短，可以实现电子束二极管与悬浮电极 1 的瞬间串联工作，满足串级二极管的科研试验要求。

[0032] 如图 3 所示，采用三个支撑针 3 及相应的支撑单元 11 对悬浮电极 1 进行了支撑，其中两个支撑针 3 在水平方向对称设置，另一个支撑针 3 在正上方垂直方向设置，支撑针不在悬浮电极 1 的下方设置，可避免由于悬浮电极 1 的重力作用而导致的撤离不畅问题。当高压二极管工作时，依靠电磁力，三个支撑针 3 同时撤离，高压电极在瞬间实现悬浮工作。

[0033] 图4为本发明支撑装置驱动电路示意图,驱动电路包括储能电容C1, 闸流管U1, 电磁线圈7、延时器T1和分压电阻单元。其中储能电容C1、闸流管U1和电磁线圈7串联构成回路,储能电容C1的一个极板接地;分压电阻单元并联在电磁线圈7的两端,所述的分压电阻单元包括两个串联工作的分压电阻R1、R2,所述延时器T1的输入端电联接在两个分压电阻之间,输出端与电子束二极管的前级触发单元联接。通过提取分压电阻单元中的低压臂电阻信号,作为监测和同步控制信号。

[0034] 工作时首先对储能电容C1充电,待电容器充电到设定电压,由前级触发单元触发闸流管U1,电磁线圈7通过电流产生电磁力驱动支撑装置的铁芯带动支撑针一起工作;当采用三路支撑针或多路支撑针工作时,要采用多路并联输出的高压直流电源同时对多个回路中的电容器充电,充电结束后,由前级触发单元同时触发多路驱动回路中的闸流管U1,驱动各自放电回路中的电磁线圈7,多个支撑针3同步工作,同步撤离,同时提取电磁线圈7的同步信号,并经过延时后输出至电子束二极管前级触发源。

[0035] 在图5的支撑装置驱动电路与二极管的延时同步工作流程图中,当储能电容C1充电完成,且电子束二极管工作管准备完毕后,首先采用前级手动触发接通闸流管U1,驱动电路开始工作,在电磁力的作用下,支撑针3撤离,由于工作行程的缘故,支撑针撤离需要大约数毫秒的时间;在驱动电路对电磁线圈7放电同时,通过分压电阻提取电磁线圈的信号,以该信号触发延时器DG535,DG535的输出信号延时5ms后,其延迟时间等于支撑针撤离时间,然后自动触发电子束二极管的前级脉冲源,在5ms时间内,支撑装置完全撤离出二极管高压悬浮电极支撑范围,悬浮电极自由落体,同时脉冲二极管和悬浮电极工作,实现串级二极管的串联工作。由于电子束二极管的前级脉冲源工作时间很短大约 $2\mu\text{s}$,故其工作时间相对于驱动电路支撑针的运动时间可以忽略。

[0036] 下面给出具体应用实例:“闪光二号”从前级脉冲源到二极管工作时间为 $2\mu\text{s}$,悬浮电极在撤去支撑过程中的5ms时间内自由落体 $125\mu\text{m}$,驱动电路可在5ms的工作时间内驱动支撑针行程30mm,限位筒的深度大于40mm,便于容纳支撑针在内部的移动,储能电容采用 $1\text{mF}/2\text{kV}$ 的大容量电容器,电磁线圈采用1mm粗的漆包线绕制在一个工形尼龙架上,匝数200匝,尼龙架固定在壳体的筒壁上。该装置已经实现了单个悬浮电极的工作,并可进一步推广应用到多悬浮电极工作中。

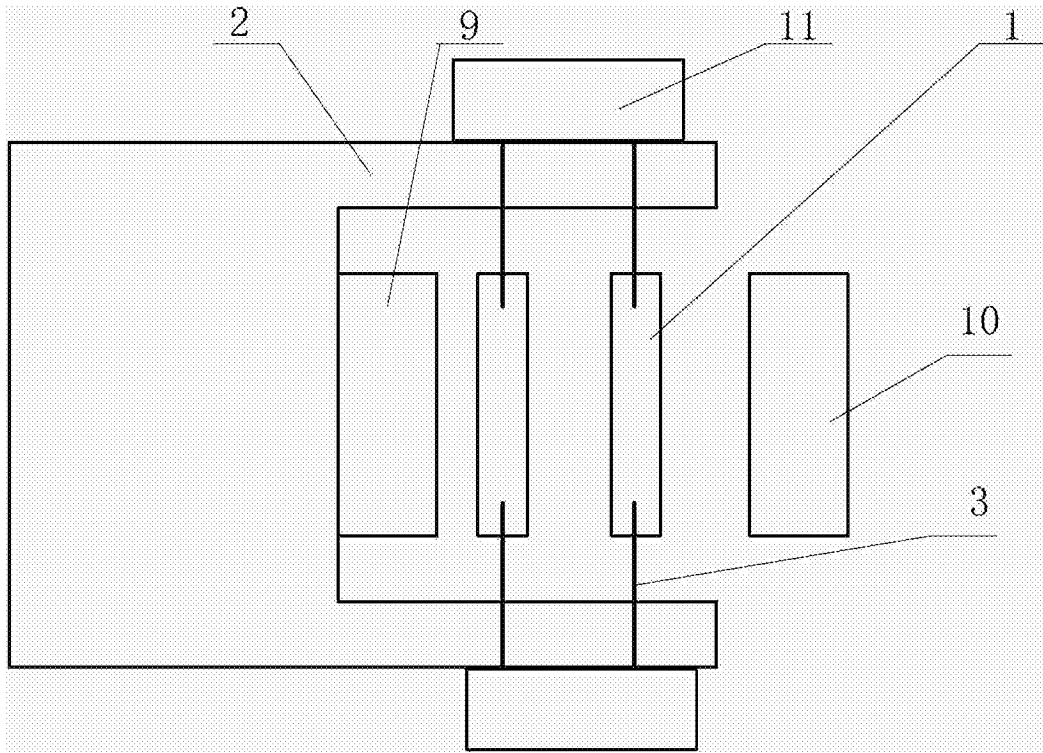


图 1

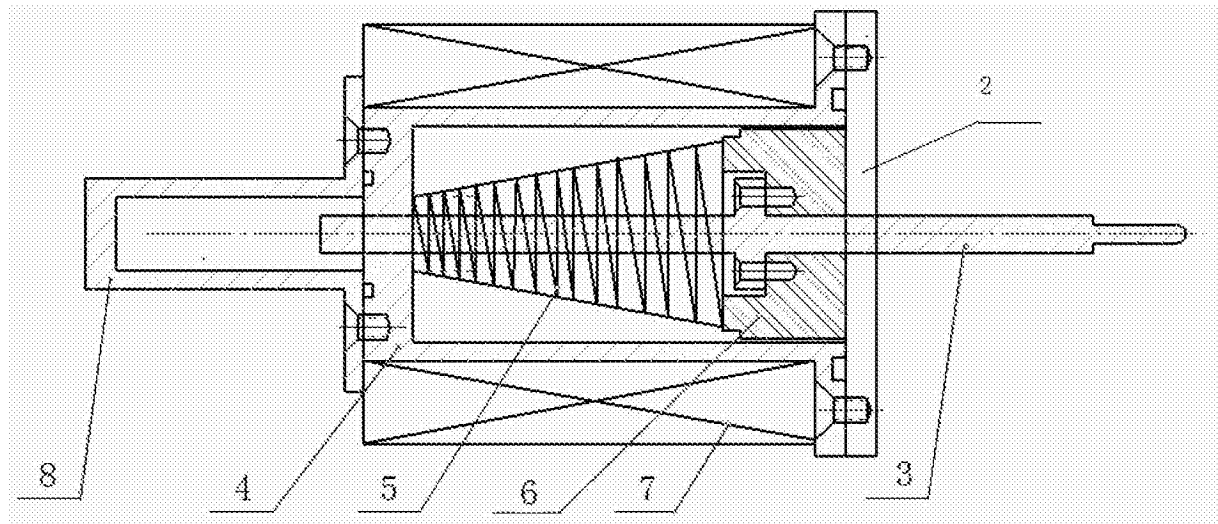


图 2

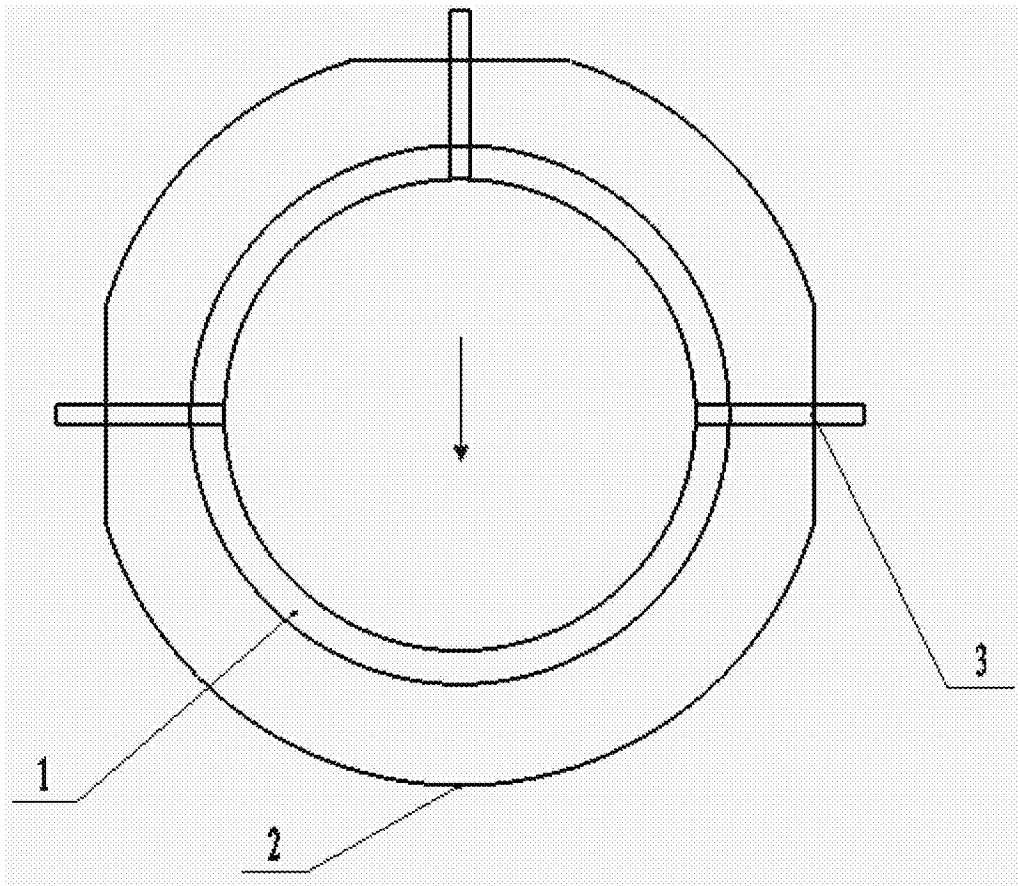


图 3

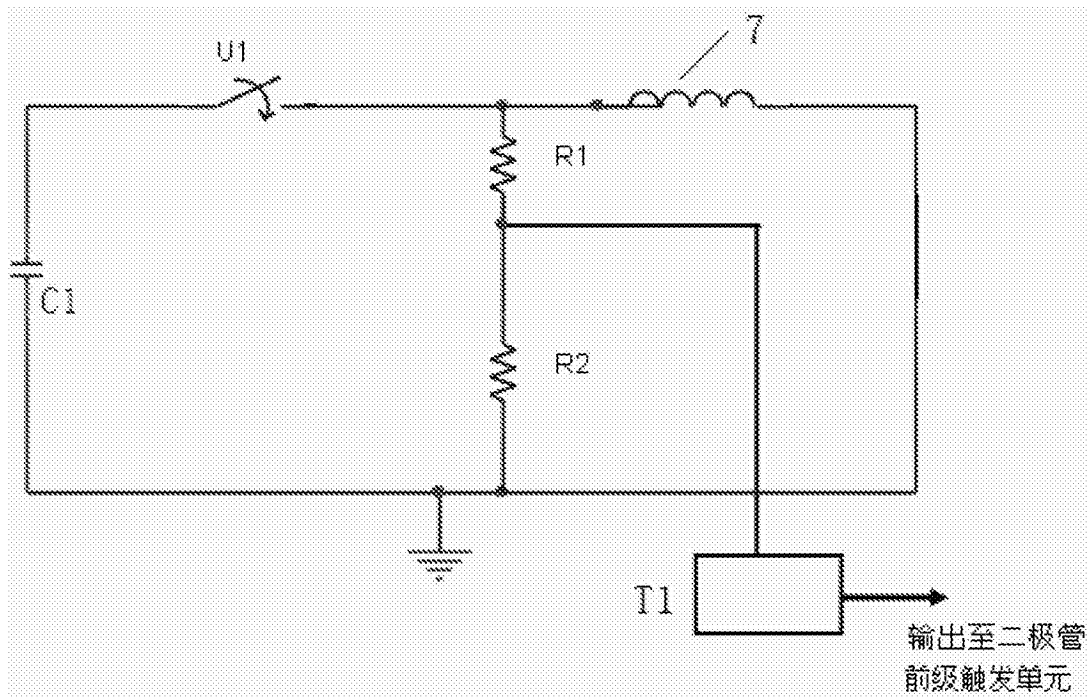


图 4

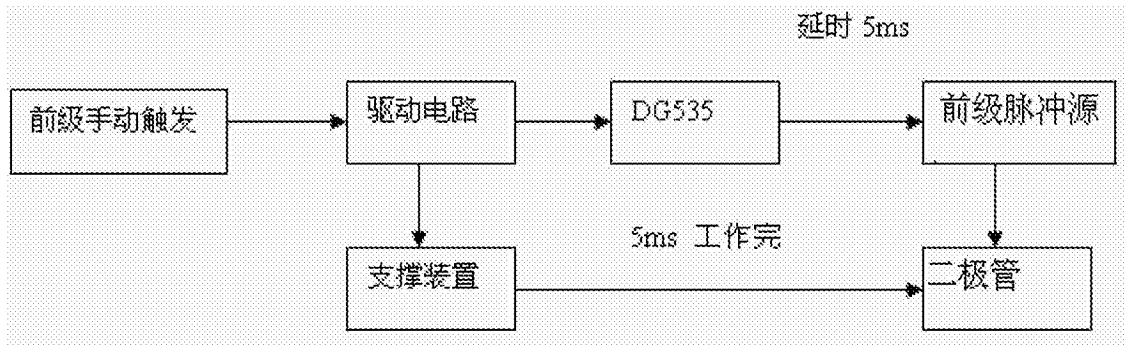


图 5