



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116321663 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 21

(21) 申请号 202310339598.6

A61B 6/00 (2006.01)

(22) 申请日 2023.03.31

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116321663 A

CN 103595386 A, 2014.02.19

CN 103780119 A, 2014.05.07

CN 106329982 A, 2017.01.11

(43) 申请公布日 2023.06.23

CN 107257209 A, 2017.10.17

CN 112953469 A, 2021.06.11

CN 208063169 U, 2018.11.06

(73) 专利权人 中国工程物理研究院流体物理研究所

地址 621000 四川省绵阳市绵山路64号

黄子平等.MHz 重频双极性脉冲感应加速组元研.《强激光与粒子束》.2022,第34卷(第7期), 074003.

(72) 发明人 谌怡 黄子平 张篁 夏连胜  
刘毅 杨治勇 丁明军

李玺钦等.低抖动快前沿重复频率高压脉冲触发源研制.《强激光与粒子束》.2014,第26卷(第9期), 095001.

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理有限公司  
51220

专利代理师 伍旭伟

李玺钦等.基于冷阴极触发管的重频高压脉冲源设计.《电源学报》.2016,第15卷(第5期), 33-42.

(51) Int. Cl.

H05H 7/02 (2006.01)

H05H 7/22 (2006.01)

H05H 9/00 (2006.01)

G03B 42/02 (2021.01)

G03B 42/00 (2021.01)

G03B 15/03 (2021.01)

黄子平等.MHz 重频双极性脉冲感应加速组元研.《强激光与粒子束》.2022,第34卷(第7期), 074003.

审查员 吴小云

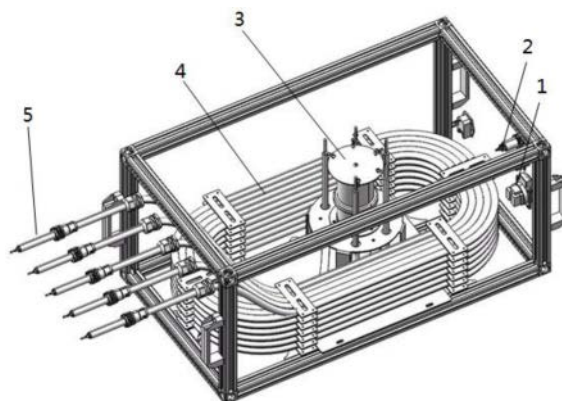
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

## (54) 发明名称

一种重频感应加速单元及其工作方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种重频感应加速单元及其工作方法,涉及高功率强流加速器技术领域,该加速单元包括重频方波脉冲功率源和重频感应加速腔,重频方波脉冲功率源作用于重频感应加速腔,并在该重频感应加速腔的间隙上产生连续或准连续的重频达10kHz、幅值数十kV的方波高压脉冲,该工作方法依赖该加速单元实现。受益于重频感应加速单元强大的脉冲峰值功率和极高的重复频率,在进行多个重频感应加速单元串接后即可形成重频直线感应加速器,进而能够产生超高瞬时剂量率和超高平均剂量率的短脉冲X光,有望实现闪光X光摄影。



CN 116321663 B

1. 一种重频感应加速单元,其特征在于,包括重频方波脉冲功率源和重频感应加速腔,所述重频方波脉冲功率源作用于所述重频感应加速腔并在该重频感应加速腔的间隙上产生重频方波高压脉冲;

所述重频方波脉冲功率源包括脉冲形成系统、重频充电系统和重频触发控制系统,所述脉冲形成系统用于脉冲整形产生高压脉冲,所述重频充电系统用于为所述脉冲形成系统充电,所述重频触发控制系统用于控制所述重频充电系统对所述脉冲形成系统进行充电以及用于控制所述脉冲形成系统在充电完成后进行放电,从而形成所述高压脉冲;

所述脉冲形成系统包括氢闸流管和三同轴电缆脉冲形成线,所述三同轴电缆脉冲形成线的中间导体在开关端与氢闸流管的阳极连接,所述三同轴电缆脉冲形成线的外导体在开关端与氢闸流管的阴极连接,所述三同轴电缆脉冲形成线的内导体在负载端与所述重频感应加速腔的高压端连接,所述三同轴电缆脉冲形成线的外导体还与所述重频感应加速腔的地端连接;所述氢闸流管的栅极与所述重频触发控制系统连接,所述重频充电系统的高压输出与所述三同轴电缆脉冲形成线的中间导体连接,所述重频充电系统的接地输出与所述三同轴电缆脉冲形成线的外导体连接;

所述重频触发控制系统包括控制模块、信号发生器模块、光电隔离模块、氢闸流管栅极触发模块和氢闸流管加热模块,所述氢闸流管加热模块的输出与所述氢闸流管的热阴极和氢储存器连接,用于实现对所述氢闸流管的预热;所述氢闸流管栅极触发模块的输出与所述氢闸流管栅极连接,用于实现对所述氢闸流管的触发导通;所述控制模块生成三路信号,其中第一路信号与所述氢闸流管加热模块连接,用于控制氢闸流管的预热;第二路信号与所述重频充电系统连接,用于控制重频充电系统充电输出;第三路信号通过所述信号发生器模块和所述光电隔离模块与所述氢闸流管栅极触发模块连接,用于控制所述氢闸流管栅极触发模块输出。

2. 根据权利要求1所述的重频感应加速单元,其特征在于,所述重频充电系统包括直流电源、直流充电限流电阻、高压储能电容、可关断开关以及充电限流和放电隔离模块,所述直流电源与重频触发控制系统连接,所述直流电源通过所述直流充电限流电阻对所述高压储能电容直流充电,所述高压储能电容通过所述充电限流和放电隔离模块实现所述脉冲形成系统的脉冲充电,所述可关断开关用于实现所述高压储能电容与所述脉冲形成系统之间的开、关连接,且所述可关断开关与所述重频触发控制系统连接。

3. 根据权利要求2所述的重频感应加速单元,其特征在于,在所述可关断开关之后连接所述充电限流和放电隔离模块,用于实现在充电时该充电限流和放电隔离模块起限流作用,在放电时该充电限流和放电隔离模块起隔离保护作用。

4. 根据权利要求1所述的重频感应加速单元,其特征在于,所述重频感应加速腔包括由外到内依次套设连接的壳体、磁芯和绝缘环,所述壳体周向配置有多个电阻接口和电缆接口,所述电缆接口通过电缆与所述重频方波脉冲功率源连接,所述电阻接口用于连接匹配电阻,所述绝缘环上形成所述重频感应加速腔的间隙。

5. 根据权利要求4所述的重频感应加速单元,其特征在于,所述电阻接口有四个,所述电缆接口有八个。

6. 根据权利要求1所述的重频感应加速单元,其特征在于,重频方波高压脉冲的参数为:重频0.1~10000Hz、脉宽10~500ns、电压10~50kV。

7.一种重频感应加速单元的工作方法,其特征在于,应用如权利要求1所述的重频感应加速单元,所述控制模块控制所述氢闸流管加热模块对所述氢闸流管进行预热;所述控制模块控制所述重频充电系统对所述三同轴电缆脉冲形成线进行充电;当所述三同轴电缆脉冲形成线充电完成后,所述控制模块通过所述信号发生器模块和所述光电隔离模块发出两路信号,一路控制所述重频充电系统的开关断开,另一路延时控制所述氢闸流管栅极触发模块,使所述氢闸流管栅极的触发模块产生脉冲信号并使所述氢闸流管导通,经所述三同轴电缆脉冲形成线整形后,输出高压脉冲,驱动所述重频感应加速腔。

## 一种重频感应加速单元及其工作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高功率强流加速器技术领域,具体而言,涉及一种重频感应加速单元及其工作方法。

### 背景技术

[0002] 直线感应加速器(Linear Induction Accelerator,LIA)作为一种高功率粒子加速器,具有“强流”和“脉冲”的特性,“强流”伴随大剂量的特征,而“脉冲”可实现瞬态诊断。因此,LIA在爆炸等瞬态过程诊断中具有独特优势,被应用于国防科技、科学研究以及工业应用等领域。LIA的典型应用是闪光X光照相,利用LIA输出的数kA、20MeV脉冲电子束轰击靶材产生数百伦琴的强脉冲X射线,对高速运动客体某一时刻的运动状态进行照相,当X射线的脉冲宽度缩短到可以忽略脉冲期间高速运动客体产生的位移,则可以获得该时刻的准静态闪光X射线图像。

[0003] LIA依靠强大的脉冲峰值功率,容易获得某一确定时刻的X射线图像,但针对一些特殊物理过程,需要诊断不确定某时刻的瞬态过程,这就要求LIA以连续重复频率运行,实现脉冲X光的连续录像摄影,以解决对不可预测的瞬态过程的诊断。例如,炸药在慢加载过程中的安全性、飞机发动机叶片动态特性、高速轴承动态特性、大功率IGBT半导体器件在过流过压等情况下瞬态损坏以及汽车动力电池在针刺和火烧实验中的安全性,分析这些过程或特性需要清晰记录连续多个时刻的瞬态图像或者需要持续观测,以清晰记录某一不确定时刻的瞬态内部图像。

[0004] 由于大多数LIA或者中低能脉冲X光机仅能以单次或者猝发多脉冲的工作模式运行,无法对不可预见的过程进行X光摄影,因此,发展一种连续或准连续的重频感应加速单元,受益于重频感应加速单元强大的脉冲峰值功率和极高的重复频率,在进行多个重频感应加速单元串接后即可形成重频直线感应加速器,进而能够产生超高瞬时剂量率和超高平均剂量率的短脉冲X光,有望实现重频闪光X光摄影。

[0005] 有鉴于此,特提出本申请。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种重频感应加速单元及其工作方法,该加速单元及其工作方法可进一步被应用,发展成重频直线感应加速器,进而被应用于重频闪光X光摄影。该加速单元及其工作方法通过重频方波脉冲功率源作用于重频感应加速腔,可产生一定数量的重频达10kHz、幅值数十kV、脉宽数十至数百ns量级的方波高压脉冲,进而驱动重频感应加速腔,用于加速通过感应加速间隙的电子束团。

[0007] 本发明的实施例是这样实现的:

[0008] 第一方面,一种重频感应加速单元,包括重频方波脉冲功率源和重频感应加速腔,重频方波脉冲功率源作用于重频感应加速腔并在该重频感应加速腔的间隙上产生重频方波高压脉冲。

[0009] 在可选地实施方式中,重频方波脉冲功率源包括脉冲形成系统、重频充电系统和重频触发控制系统,脉冲形成系统用于脉冲整形产生高压脉冲,重频充电系统用于为脉冲形成系统充电,重频触发控制系统用于控制重频充电系统对脉冲形成系统进行充电以及用于控制脉冲形成系统在充电完成后进行放电,从而形成高压脉冲。

[0010] 在可选地实施方式中,脉冲形成系统包括氢闸流管和三同轴电缆脉冲形成线,三同轴电缆脉冲形成线的中间导体在开关端与氢闸流管的阳极连接,三同轴电缆脉冲形成线的外导体在开关端与氢闸流管的阴极连接,三同轴电缆脉冲形成线的内导体在负载端与重频感应加速腔的高压端连接,三同轴电缆脉冲形成线的外导体还与重频感应加速腔的地端连接;氢闸流管的栅极与重频触发控制系统连接,重频充电系统的高压输出与三同轴电缆脉冲形成线的中间导体连接,重频充电系统的接地输出与三同轴电缆脉冲形成线的外导体连接。

[0011] 在可选地实施方式中,重频充电系统包括直流电源、直流充电限流电阻、高压储能电容、可关断开关以及充电限流和放电隔离模块,直流电源与重频触发控制系统连接,直流电源通过直流充电限流电阻对高压储能电容直流充电,高压储能电容通过充电限流和放电隔离模块实现脉冲形成系统的脉冲充电,可关断开关用于实现高压储能电容与脉冲形成系统之间的开、关连接,且可关断开关与重频触发控制系统连接。

[0012] 在可选地实施方式中,在可关断开关之后连接充电限流和放电隔离模块,用于实现在充电时该充电限流和放电隔离模块起限流作用,在放电时该充电限流和放电隔离模块起隔离保护作用。

[0013] 在可选地实施方式中,重频触发控制系统包括控制模块、信号发生器模块、光电隔离模块、氢闸流管栅极触发模块和氢闸流管加热模块,氢闸流管加热模块的输出与氢闸流管的热阴极和氢储存器连接,用于实现对氢闸流管的预热;氢闸流管栅极触发模块的输出与氢闸流管栅极连接,用于实现对氢闸流管的触发导通;控制模块生成三路信号,其中第一路信号与氢闸流管加热模块连接,用于控制氢闸流管的预热;第二路信号与重频充电系统连接,用于控制重频充电系统充电输出;第三路信号通过信号发生器模块和光电隔离模块与氢闸流管栅极触发模块连接,用于控制氢闸流管栅极触发模块输出。

[0014] 在可选地实施方式中,重频感应加速腔包括由外到内依次套设连接的壳体、磁芯和绝缘环,壳体周向配置有多个电阻接口和电缆接口,电缆接口通过电缆与重频方波脉冲功率源连接,电阻接口用于连接匹配电阻,绝缘环上形成重频感应加速腔的间隙。

[0015] 在可选地实施方式中,电阻接口有四个,电缆接口有八个。

[0016] 在可选地实施方式中,重频方波高压脉冲的参数为:重频0.1~10000Hz、脉宽10~500ns、电压10~50kV。

[0017] 第二方面,一种重频感应加速单元的工作方法,应用上述的重频感应加速单元,控制模块控制氢闸流管加热模块对氢闸流管进行预热;控制模块控制重频充电系统对三同轴电缆脉冲形成线进行充电;当三同轴电缆脉冲形成线充电完成后,控制模块通过信号发生器模块和光电隔离模块发出两路信号,一路控制重频充电系统的开关断开,另一路延时控制氢闸流管栅极触发模块,使氢闸流管栅极的触发模块产生脉冲信号并使氢闸流管导通,经三同轴脉冲形成线整形后,输出高压脉冲,驱动重频感应加速腔。

[0018] 本发明实施例的有益效果是:

[0019] 本发明实施例提供的重频感应加速单元可进一步被应用,通过数十至数百个相同的该加速单元的积木式累加,能够构成重频直线感应加速器,由于重频感应加速单元主要由重频方波脉冲功率源和重频感应加速腔构成,当重频方波脉冲功率源产生重频方波高压脉冲进而驱动重频感应加速腔时,能够在感应腔间隙上产生重频脉冲高压电场,进而对通过感应腔的电子束进行加速,被加速的电子束进一步轰击至辐射转换靶,能够产生超高剂量率和超高平均剂量率的重频短脉冲X光,进行闪光X光摄影。

[0020] 本发明实施例提供的重频感应加速单元的工作方法采用的脉冲形成系统、重频充电系统、重频触发控制系统,当重频充电系统输出数十kV的高压时,该重频方波脉冲功率源可猝发输出一定数量的重频达10kHz、幅值数十kV、脉宽达数百ns量级的方波高压脉冲,具备连续输出重频10kHz、幅值数十kV、脉宽达数百ns量级的方波脉冲高压的能力。

[0021] 总体而言,本发明实施例提供的重频感应加速单元及其工作方法可进一步被应用,发展成重频直线感应加速器,进而被应用于重频闪光X光摄影,这种X光摄影技术路线具有独到优势。该加速单元及其工作方法通过重频方波脉冲功率源作用于重频感应加速腔,可产生一定数量的重频达10kHz、幅值数十kV、脉宽数十至数百ns量级的方波高压脉冲,进而驱动重频感应加速腔,用于加速通过感应加速间隙的电子束团。

## 附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0023] 图1为本发明实施例提供的重频方波脉冲功率源的结构示意图;

[0024] 图2为本发明实施例提供的重频感应加速腔的结构示意图;

[0025] 图3为本发明实施例提供的重频方波脉冲功率源的连接框图;

[0026] 图4为本发明实施例提供的重频方波脉冲功率源输出的典型波形图。

[0027] 图标:1-重频触发控制系统与脉冲形成系统的接口;2-重频充电系统与脉冲形成系统的接口;3-氢闸流管;4-三同轴电缆脉冲形成线;5-脉冲形成系统输出接口;11-电阻接口;12-电缆接口;13-壳体;14-磁芯;15-绝缘环。

## 具体实施方式

[0028] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0029] 因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0030] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一

个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0031] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0032] 此外,术语“平行”、“垂直”等并不表示要求部件绝对平行或垂直,而是可以稍微倾斜。如“平行”仅仅是指其方向相对“垂直”而言更加平行,并不是表示该结构一定要完全平行,而是可以稍微倾斜。

[0033] “大致”、“基本”等用语旨在说明相关内容并不是要求绝对的精确,而是可以有一定的偏差。例如:“大致等于”并不仅仅表示绝对的相等,由于实际生产、操作过程中,难以做到绝对的“相等”,一般都存在一定的偏差。因此,除了绝对相等之外,“大致等于”还包括上述的存在一定偏差的情况。以此为例,其他情况下,除非有特别说明,“大致”、“基本”等用语均为与上述类似的含义。

[0034] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0035] 实施例

[0036] 具体请参阅图1和图3,本实施例提供的一种重频感应加速单元包括包括重频方波脉冲功率源和重频感应加速腔,所述重频方波脉冲功率源作用于所述重频感应加速腔并在该重频感应加速腔的间隙上产生重频方波高压脉冲。

[0037] 通过以上技术方案,例如由数十至数百个相同的加速单元的积木式累加可以将该加速单元进一步构成重频LIA,所述重频方波脉冲功率源为10kHz级重频方波脉冲功率源,在本实施例中,例如重频方波高压脉冲的参数为:重频0.1~10000Hz、脉宽10~500ns、电压10~50kV。

[0038] 以此构成的重频直线感应加速器能够对通过该感应腔的电子束进行加速,其中,该加速单元主要由重频方波脉冲功率源和重频感应加速腔构成,重频方波脉冲功率源能够产生一定数量的重频达10kHz、幅值数十kV、脉宽达数百ns量级的方波高压脉冲,进而驱动重频感应加速腔,在感应腔间隙上产生相应数量的重频达10kHz、幅值数十kV、脉宽达数百ns量级的方波高压脉冲。相较于目前以单脉冲或猝发多脉冲运行的强流脉冲LIA而言,能够使得LIA以重复频率运行,得益于得益于重频感应加速单元其强大的脉冲峰值功率和高重复频率,从而容易产生超高瞬时剂量率和超高平均剂量率的脉冲X光。

[0039] 在具体的实施方式中,所述重频方波脉冲功率源包括脉冲形成系统、重频充电系统和重频触发控制系统,所述脉冲形成系统用于脉冲整形产生高压脉冲(在实际产品中可通过脉冲形成系统输出接口5实现),所述重频充电系统用于为所述脉冲形成系统充电(在实际产品中可通过重频充电系统与脉冲形成系统的接口2实现),所述重频触发控制系统用于控制所述重频充电系统对所述脉冲形成系统进行充电以及用于控制所述脉冲形成系统(在实际产品中可通过重频触发控制系统与脉冲形成系统的接口1实现)在充电完成后进行

放电,从而形成所述高压脉冲。以上方案即表示重频方波脉冲功率源主要由脉冲形成系统、重频充电系统、重频触发控制系统等构成,通过以上信号连接与作用关系,可猝发输出一定数量的重频10kHz、幅值数十kV的方波高压脉冲串,具备连续输出重频达10kHz、幅值数十kV的方波高压脉冲的能力。

[0040] 请再次参阅图1和图3,在一些实施方式中,所述脉冲形成系统包括氢闸流管3和三同轴电缆脉冲形成线4(例如可卷绕三同轴Blumlein脉冲形成线),所述三同轴电缆脉冲形成线4(可以参见我们此前的公开技术:CN114373570A)的中间导体在开关端与氢闸流管3的阳极连接,所述三同轴电缆脉冲形成线4的外导体在开关端与氢闸流管3的阴极连接,所述三同轴电缆脉冲形成线4的内导体在负载端与所述重频感应加速腔的高压端连接,所述三同轴电缆脉冲形成线4的外导体还与所述重频感应加速腔的地端连接;所述氢闸流管3的栅极与所述重频触发控制系统连接,所述氢闸流管3的栅极与所述重频触发控制系统连接,所述重频充电系统的高压输出与所述三同轴电缆脉冲形成线4的中间导体连接,所述重频充电系统的接地输出与所述三同轴电缆脉冲形成线4的外导体连接,通过以上技术方案能够在三同轴电缆脉冲形成线4输出高压脉冲。

[0041] 在以上方案的基础上,所述重频充电系统包括直流电源、直流充电限流电阻、高压储能电容、可关断开关以及充电限流和放电隔离模块,所述直流电源与重频触发控制系统连接,所述直流电源通过所述直流充电限流电阻对所述高压储能电容直流充电,所述高压储能电容通过所述充电限流和放电隔离模块实现所述脉冲形成系统的脉冲充电,所述可关断开关用于实现所述高压储能电容与所述脉冲形成系统之间的开、关连接,且所述可关断开关与所述重频触发控制系统连接。在所述可关断开关之后连接所述充电限流和放电隔离模块,用于实现在充电时该充电限流和放电隔离模块起限流作用,在放电时该充电限流和放电隔离模块起隔离保护作用。

[0042] 此外,所述重频触发控制系统包括控制模块、信号发生器模块、光电隔离模块、氢闸流管栅极触发模块和氢闸流管加热模块,所述氢闸流管加热模块的输出与所述氢闸流管3的热阴极和氢储存器连接,用于实现对所述氢闸流管3的预热;所述氢闸流管栅极触发模块的输出与所述氢闸流管3栅极连接,用于实现对所述氢闸流管3的触发导通;所述控制模块生成三路信号,其中第一路信号与所述氢闸流管加热模块连接,用于控制氢闸流管3的预热;第二路信号与所述重频充电系统连接,用于控制重频充电系统充电输出;第三路信号通过所述信号发生器模块和所述光电隔离模块与所述氢闸流管栅极触发模块连接,用于控制所述氢闸流管栅极触发模块输出。具体而言,所述控制模块使直流电源通过充电限流电阻对高压储能电容充电,然后控制模块使信号发生器产生两路触发信号,两路触发信号经光电隔离模块的“电光+光电”转换后,一路信号触发可关断开关导通,此时高压储能电容开始通过充电限流和放电隔离模块对三同轴电缆脉冲形成线4进行充电,当充电至电压最大幅值时,控制模块使可关断开关断开充电回路,与此同时,信号发生器产生的另外一路信号使氢闸流管栅极触发模块工作,并触发氢闸流管3导通。

[0043] 在一些实施方式中,请参阅图2,所述重频感应加速腔包括由外到内依次套设连接的壳体13、磁芯14(例如铁氧体磁芯、非晶磁芯和纳米晶磁芯等常见磁性材料)和绝缘环15,所述壳体周向配置有多个电阻接口11和电缆接口12,本实施例中,例如4个电阻接口11和8个电缆接口12,所述电缆接口12通过电缆与所述重频方波脉冲功率源连接,所述电阻接口

11用于连接匹配电阻,所述绝缘环15上形成所述重频感应加速腔的间隙。

[0044] 本实施例还提供了一种重频感应加速单元的工作方法,应用上述的重频感应加速单元,所述控制模块控制所述氢闸流管加热模块对所述氢闸流管3进行预热;所述控制模块控制所述重频充电系统对三同轴电缆脉冲形成线4进行充电,从而对所述三同轴电缆脉冲形成线4充电;当所述三同轴电缆脉冲形成线4充电完成后,所述控制模块通过所述信号发生器模块和所述光电隔离模块发出两路信号,一路控制所述重频充电系统的开关断开,另一路延时控制所述氢闸流管栅极触发模块,使所述氢闸流管栅极触发模块产生脉冲信号并使所述氢闸流管3导通,经所述三同轴电缆脉冲形成线4整形后,输出高压脉冲,驱动所述重频感应加速腔。

[0045] 该加速方法中,控制系统控制氢闸流管加热模块对氢闸流管3进行预热,控制模块控制直流电源通过充电限流电阻对高压储能电容充电,到达设定值后,可关断开关导通,高压储能电容通过充电限流和放电隔离模块对三同轴电缆脉冲形成线4充电。当脉冲形成线充电完成后,控制模块又发出两路信号,一路控制可关断开关断开高压储能电容和脉冲形成线之间的连接,一路延时控制氢闸流管栅极触发模块产生脉冲信号使氢闸流管3导通,经脉冲形成线整形后,输出高压脉冲,从而在感应加速间隙上产生重频0.1~10000Hz、脉宽10~500ns、电压10~50kV的脉冲高压。

[0046] 总体而言,上述的加速单元及其工作方法在具体的实施方式中可以采用以下配置,重频方波脉冲功率源由脉冲形成系统1套、重频充电系统1套、重频触发控制系统1套构成,其中脉冲形成系统由氢闸流管3开关1个、可卷绕三同轴Blumlein脉冲形成线若干和匹配负载构成;重频充电系统由直流电源1台、高压储能电容1个、可关断开关1个及充电限流和放电隔离模块1个等构成;重频触发控制系统由氢闸流管栅极触发模块1个、氢闸流管加热模块1个、控制模块1个、信号发生器模块和光电隔离模块1套构成。

[0047] 工作原理如下:1、控制模块使氢闸流管加热模块对氢闸流管3进行预热;2、控制模块使直流电源通过充电限流电阻对高压储能电容充电;3、控制模块使信号发生器模块产生两路触发信号,两路触发信号经光电隔离模块的“电光+光电”转换后,一路信号触发可关断开关导通,此时高压储能电容开始通过充电限流和放电隔离模块对三同轴电缆脉冲形成线4进行充电。当充电至电压最大幅值时,可关断开关断开充电回路,与此同时,信号发生器模块产生的另外一路信号使氢闸流管栅极触发模块工作,并触发氢闸流管3导通;4、当氢闸流管3导通后,氢闸流管3驱动三同轴电缆脉冲形成线4工作,在负载上产生需要的脉冲方波高压。由于脉冲形成系统、充电系统、触发和控制系统均具有10kHz重频功能,因此,当直流电源输出数十kV的高压时,该重频方波脉冲功率源可猝发输出一定数量的重频达10kHz、幅值数十kV的方波高压脉冲串,具备连续输出重频达10kHz、幅值数十kV的方波脉冲高压的能力,kHz重频方波脉冲功率源输出的典型波形见图4。

[0048] 请再次参阅图2,重频感应加速腔由感应腔的壳体12一个、磁芯14一块、绝缘环15一个、电阻接口11四个、电缆接口12八个,工作原理如下:1、来自于重频方波脉冲功率源的脉冲高压,从顺时针1时、2时、4时、5时、7时、8时、10时和11时共八个方向的电缆接口12接入;2、脉冲电压通过电磁感应原理对感应腔内的磁芯14进行激励,并在绝缘环15间隙上产生次级感应电压;4、感应电压加速通过加速腔中心孔的电子束。

[0049] 其中,1、顺时针12时、3时、6时和9时四个方向设计有匹配电阻的电阻接口11;2、绝

缘环15用于隔绝内部真空和外部绝缘介质。因此,当重频方波脉冲功率源猝发输出一定数量的重频达10kHz、幅值数十kV的方波高压脉冲串,则可在感应腔间隙上产生相应数量的重频达10kHz、幅值数十kV的方波高压脉冲串。

[0050] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。应当注意,在附图中所图示的结构或部件不一定按比例绘制,同时本发明省略了对公知组件和处理技术及工艺的描述,以避免不必要地限制本发明。

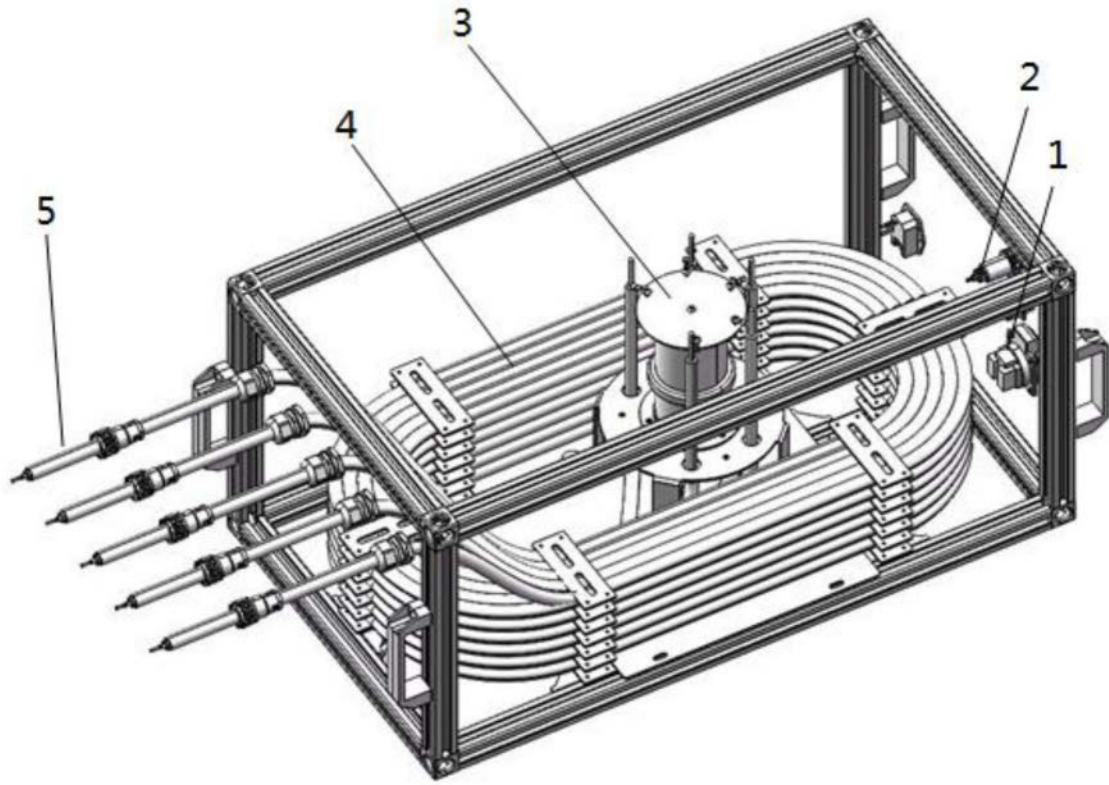


图1

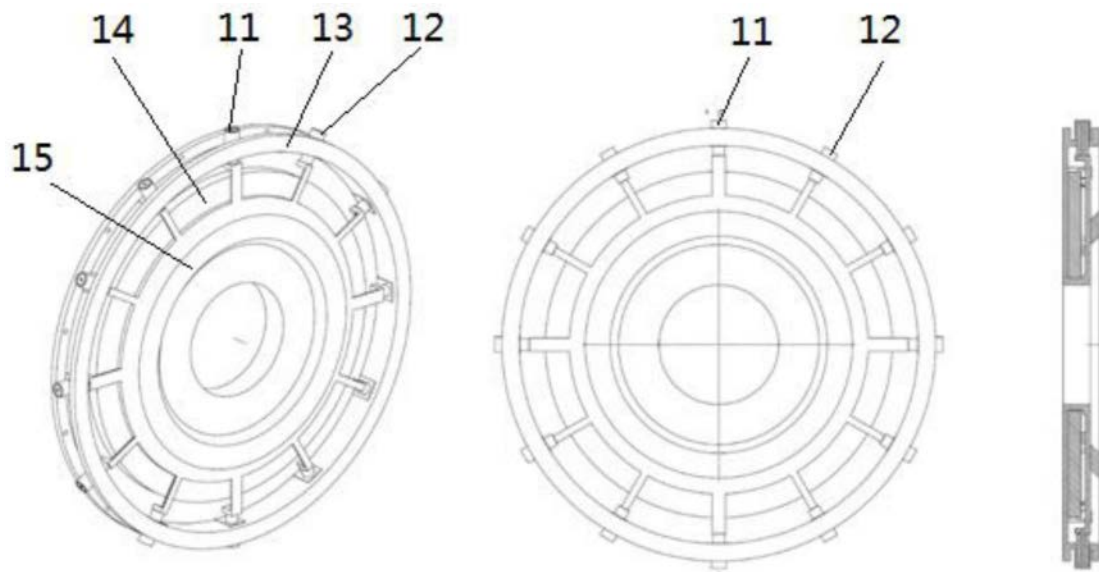


图2

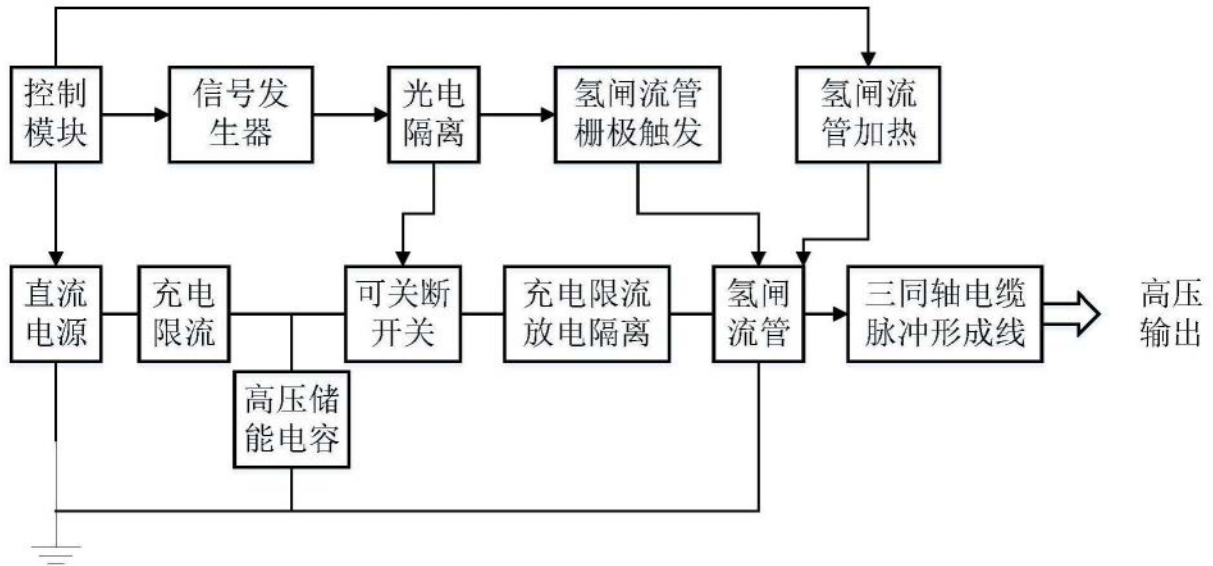


图3

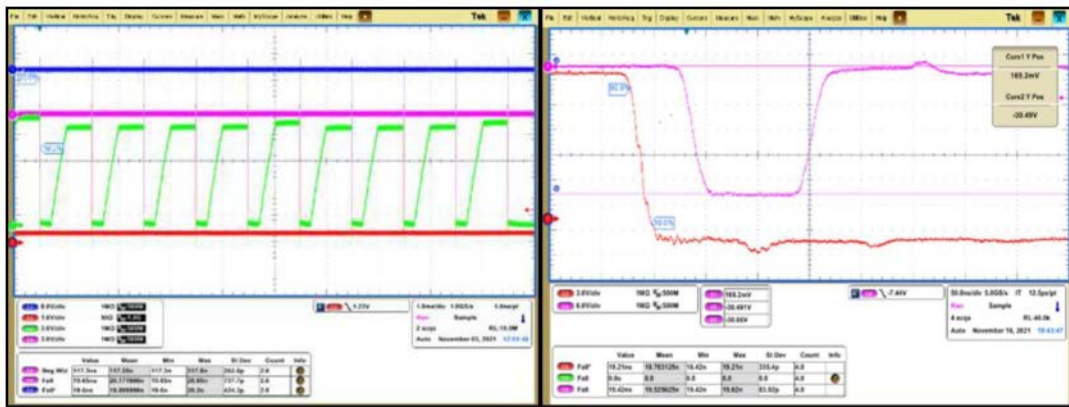


图4