



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108271310 A

(43)申请公布日 2018.07.10

(21)申请号 201810042066.5

(22)申请日 2018.01.12

(71)申请人 中国科学院合肥物质科学研究院
地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖
路350号

(72)发明人 吴宜灿 王永峰 刘超 王志刚

(74)专利代理机构 合肥市上嘉专利代理事务所
(普通合伙) 34125

代理人 王伟

(51) Int. Cl.

H05H 7/00(2006.01)

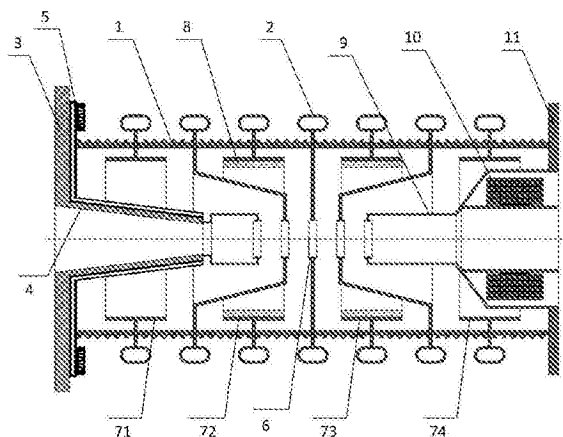
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种后置磁镜场强流离子加速系统

(57)摘要

本发明公开了一种后置磁镜场强流离子加速管,包括外部的绝缘磁环、均压环以及内部的入口法兰、入口限束锥筒、超薄热管、加速电极、屏蔽电极、弱校正磁铁、出口锥筒、磁镜装置、出口法兰;绝缘磁环外表面为波浪型且外表面镀釉;入口限束锥筒外围设置有超薄热管;中间两个屏蔽电极上分别安装有弱校正磁铁;出口法兰上安装有磁镜装置。本发明提供了一种后置磁镜场强流离子加速管,降低了加速管的高电压打火风险,提高了强流离子束加速时的稳定性。



1. 一种后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:加速管外表面由多个绝缘磁环通过均压环依次组装成形,绝缘磁环与均压环通过绝缘螺钉连接,绝缘磁环外表面为波浪型且外表面镀釉;

加速管内部沿着离子束流传输方向依次设置有入口法兰、入口限束锥筒、超薄热管、加速电极、屏蔽电极、弱校正磁铁、出口锥筒、磁镜装置、出口法兰;

所述均压环沿加速管外表面均匀布置,与加速管内部加速电极或屏蔽电极焊接为一体;

所述入口限束锥筒外表面平行设置有超薄热管;

至少一个所述屏蔽电极上安装有弱校正磁铁;

所述磁镜装置设置于出口锥筒和出口法兰之间,安装于出口法兰上。

2. 根据权利要求1所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述绝缘磁环材质为陶瓷或聚四氟乙烯或环氧树脂。

3. 根据权利要求1所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述均压环材质为不锈钢或铝,相邻两个所述均压环之间连接有均压电阻;所述均压电阻阻值为 $5M\Omega \sim 50M\Omega$ 。

4. 根据权利要求1或2或3所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述加速电极为延伸筒式结构,材质为不锈钢或铜;所述加速电极中心孔处镀钼;相邻两个所述加速电极中心孔处间距为 $30mm \sim 80mm$;所述屏蔽电极为筒式结构,材质为不锈钢或铜。

5. 根据权利要求1或2或3所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述入口限束锥筒夹角为 $5^\circ \sim 30^\circ$,材质为不锈钢或铜;所述超薄热管吸液芯为烧结粉末金属,冷却工质为水,工作压力为 $0.01MPa \sim 0.03MPa$,冷凝段工作工质为 $0^\circ C \sim 5^\circ C$ 的水。

6. 根据权利要求1或2或3所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述弱校正磁铁由上下左右四个永磁铁组成,所述四个永磁铁构成的长方体区域的中轴线与所述加速管中轴线重合;所述永磁铁的磁感应强度为 $10Gs \sim 100Gs$ 。

7. 根据权利要求1或2或3所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述磁镜装置由铜线包和铁轭组成;所述铜线包位于所述铁轭内部;所述铁轭内筒沿加速管中轴线由三部分组成,两侧为不锈钢,中间为DT4纯铁。

8. 一种后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:包括管体以及从前向后依次设置在所述管体内的入口限束锥筒、一个以上的加速电极、出口锥筒;所述管体内还设有两个以上的屏蔽电极,至少一个所述屏蔽电极的内表面设有弱校正磁铁。

9. 根据权利要求8所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述入口限束锥筒的前端焊接有入口法兰,所述入口法兰和入口限束锥筒上设有超薄热管。

10. 根据权利要求8或9所述的后置磁镜场强流离子加速管,其特征在于:所述出口锥筒的后端具有夹套,所述夹套内设有磁镜装置。

一种后置磁镜场强流离子加速系统

技术领域

[0001] 本发明涉及粒子加速器技术领域,更具体地说,尤其涉及一种后置磁镜场强流离子加速管。

背景技术

[0002] 粒子加速器是用人工方法产生高速带电粒子的装置,是探索原子核和粒子的性质、内部结构和相互作用的重要工具,在工农业生产、医疗卫生、科学技术等方面也都有重要而广泛的实际应用。日常生活中常见的粒子加速器有用于电视的阴极射线管及X光管等设施,科学研究中的粒子加速器有正负电子对撞机、重离子加速器、同步辐射光源、加速器中子源等。

[0003] 加速管是高压型粒子加速器的关键部件,用于加速带电粒子束流,提高带电粒子束流的能量。带电粒子束流从离子源或电子枪发射出来以后,进入加速管进行加速,然后传输到靶系统。现代大型静电加速器加速带电粒子束流能量的提高主要受到加速管耐电压水平的限制。通常要求加速管具有良好的真空性能,能维持较好的真空度;有足够的机械强度;有良好的耐高电压性能。

[0004] 随着科学技术的不断发展,人们对于强流离子束的需求越来越大。强流离子束在国防和国民经济领域中有着极其重要的广泛的应用和发展前景。特别是强流加速器驱动的放射性洁净核能系统,比常规核电更安全、更干净、更便宜,成为20世纪90年代以来国内外该领域的研究热点。

[0005] 传统技术中,离子加速管结构简单,通过强流离子束时高电压打火风险较高。随着离子束流强度的提高,离子束在加速时的非线性空间电荷效应变得很强,离子束流容易发散损失,造成加速管频繁高压打火。同时离子束加速时杂散离子打在加速管绝缘体壁上以及加速电极上会产生大量的次级电子,破坏加速管绝缘性能,容易导致加速管高电压击穿,从而限制了离子束流强度和能量的提高。

[0006] 因此,如何降低加速管的高电压打火风险,降低强流离子束在加速时的发散损失,是本领域技术人员亟需解决的技术问题。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种后置磁镜场强流离子加速管,降低加速管的高电压打火风险,降低强流离子束在加速时的发散损失。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0009] 一种后置磁镜场强流离子加速管,包括外部的绝缘磁环、均压环以及内部的入口法兰、入口限束锥筒、超薄热管、加速电极、屏蔽电极、弱校正磁铁、出口锥筒、磁镜装置、出口法兰;

[0010] 所述后置磁镜场强流离子加速管外表面由多个所述绝缘磁环通过所述均压环依次组装成形,所述绝缘磁环与所述均压环通过绝缘螺钉连接,所述绝缘磁环外表面为波浪

型且外表面镀釉;所述波浪型结构用于增大所述绝缘磁环表面的爬电距离,进而增大所述绝缘磁环耐高电压性能;

[0011] 所述后置磁镜场强流离子加速管内部沿着离子束流传输方向依次设置有所述入口法兰、所述入口限束锥筒、所述超薄热管、所述加速电极、所述屏蔽电极、所述弱校正磁铁、所述出口锥筒、所述磁镜装置、所述出口法兰;

[0012] 所述均压环沿加速管外表面均匀布置,与所述加速管内部所述加速电极或所述屏蔽电极焊接为一体;所述均压环起到均匀电压的作用,使电场比较均匀,减少加速管对空气的电晕放电;

[0013] 所述加速电极为延伸筒式结构,相邻所述加速电极中心位置的间距远小于延伸到所述均压环处的间距;所述延伸筒式结构用于提高加速电场梯度,减小离子束的加速距离,进而减少离子束在加速时的发散损失;

[0014] 所述屏蔽电极为筒式结构,用于防止离子束轰击加速电极产生的电子污染绝缘磁环内表面导致的绝缘磁环耐高电压性能降低;至少一个所述屏蔽电极上安装有弱校正磁铁;所述弱校正磁铁由上下左右四个永磁铁组成,所述四个永磁铁构成的长方体区域的中轴线与所述加速管中轴线重合;所述弱校正磁铁产生的弱磁场对质量较重的离子束流几乎不起作用,但可以将质量较轻的电子偏转,用于阻止电子反向加速引起的所述加速管高电压打火;

[0015] 所述入口限束锥筒外表面平行设置有超薄热管;所述超薄热管起到冷却所述入口限束锥筒的作用,带走杂散离子轰击到所述入口限束锥筒上产生的热量;所述超薄热管完全密封,降低了传统使用冷却水管带来的漏水引起的高电压打火风险;

[0016] 所述磁镜装置设置于出口锥筒和出口法兰之间,安装于出口法兰上;所述磁镜装置由铜线包和铁轭组成;所述铜线包位于所述铁轭内部;所述铁轭内筒沿加速管中轴线由三部分组成,两侧为不锈钢,中间为DT4纯铁;所述磁镜装置用于产生磁镜场,所述磁镜场在所述铁轭内筒两侧的不锈钢位置处磁场强度大,在所述铁轭内筒中间的DT4纯铁处磁场强度小,可以在轴向和径向上约束电子形成电子云,提高空间电荷中和度,抑制强流离子束的强空间电荷效应,减小强流离子束的发散损失。

[0017] 优选的,所述绝缘磁环材质为陶瓷或聚四氟乙烯或环氧树脂。

[0018] 优选的,所述均压环材质为不锈钢或铝,相邻两个所述均压环之间连接有均压电阻;

[0019] 优选的,所述均压电阻的电阻值为 $5M\Omega\sim 50M\Omega$;所述加速管运行时,通过所述均压电阻的电流为通过所述加速管的离子束流强度的 $1/10\sim 1/100$ 。

[0020] 优选的,所述加速电极材质为不锈钢或铜;所述加速电极中心孔处镀有金属钽,所述金属钽的熔点较高,二次电子发射率较低,可以提高加速电极耐高温性能,同时减少离子束轰击加速电极时产生的电子数,进而减小所述加速管高压打火风险;

[0021] 优选的,相邻两个所述加速电极中心孔处间距为 $30mm\sim 80mm$ 。

[0022] 优选的,所述屏蔽电极材质为不锈钢或铜。

[0023] 优选的,所述入口限束锥筒夹角为 $5^\circ\sim 30^\circ$,材质为不锈钢或铜。

[0024] 优选的,所述超薄热管吸液芯为烧结粉末金属,冷却工质为水,工作压力为 $0.01MPa\sim 0.03MPa$,冷凝段工作工质为 $0^\circ C\sim 5^\circ C$ 的水。

[0025] 优选的,所述弱校正磁铁的所述永磁铁的磁感应强度为10Gs~100Gs。

[0026] 通过上述描述可知,本发明提供了一种后置磁镜场强流离子加速管,包括外部的绝缘磁环、均压环以及内部的入口法兰、入口限束锥筒、超薄热管、加速电极、屏蔽电极、弱校正磁铁、出口锥筒、磁镜装置、出口法兰;所述加速管外表面由多个所述绝缘磁环通过所述均压环依次组装成形,所述绝缘磁环外表面为波浪型且外表面镀釉;所述波浪型结构用于增大绝缘磁环表面的爬电距离,进而增大绝缘磁环耐高电压性能;所述均压环沿加速管外表面均匀布置,与所述加速管内部所述加速电极或所述屏蔽电极焊接为一体;所述均压环起到均匀电压的作用,使电场比较均匀,减少加速管对空气的电晕放电;所述加速电极为延伸筒式结构,相邻所述加速电极中心位置的间距远小于延伸到所述均压环处的间距;所述延伸筒式结构用于提高加速电场梯度,减小离子束的加速距离,进而减少离子束在加速时的发散损失;所述屏蔽电极为筒式结构,用于防止离子束轰击加速电极产生的电子污染绝缘磁环内表面导致的绝缘磁环耐高电压性能降低;至少一个屏蔽电极上安装有弱校正磁铁;所述弱校正磁铁由上下左右四个永磁铁组成,所述四个永磁铁构成的长方体区域的中轴线与所述加速管中轴线重合;所述弱校正磁铁产生的弱磁场对质量较重的离子束流几乎不起作用,但可以将质量较轻的电子偏转,用于阻止电子反向加速引起的所述加速管高电压打火;所述入口限束锥筒外表面平行设置有超薄热管;所述超薄热管起到冷却所述入口限束锥筒的作用,带走杂散离子轰击到所述入口限束锥筒上产生的热量;所述超薄热管完全密封,降低了传统使用冷却水管带来的漏水引起的高电压打火风险;所述磁镜装置设置于出口锥筒和出口法兰之间,安装于出口法兰上;所述磁镜装置由铜线包和铁轭组成;所述铜线包位于所述铁轭内部;所述铁轭内筒沿加速管中轴线由三部分组成,两侧为不锈钢,中间为DT4纯铁;所述磁镜装置用于产生磁镜场,所述磁镜场在所述铁轭内筒两侧的不锈钢位置处磁场强度大,在所述铁轭内筒中间的DT4纯铁处磁场强度小,可以在轴向和径向上约束电子形成电子云,提高空间电荷中和度,抑制强流离子束的强空间电荷效应,减小强流离子束的发散损失。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果体现在:其一,本发明提供了一种后置磁镜场强流离子加速管,通过绝缘磁环外表面设置为波浪型,增大了绝缘磁环表面的爬电距离,进而增大了绝缘磁环耐高电压性能;其二,通过设置屏蔽电极保护绝缘磁环内表面免受离子束轰击加速电极产生的电子的污染,提高了绝缘磁环耐高电压性能;其三,通过在入口限束锥筒外围设置完全密封超薄热管代替传统的冷却水管,降低了冷却水管漏水引起的高电压打火风险;其四,通过在屏蔽电极上安装弱校正磁铁将电子偏转掉,降低了电子反向加速引起的高电压打火;其五,通过在出口法兰上设置磁镜装置产生磁镜场约束电子,抑制了强流离子束的强空间电荷效应,减小了强流离子束的发散损失。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,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,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0029] 图1为本发明一实施例提供的后置磁镜场强流离子加速管的结构示意图;

[0030] 图2为本发明一实施例提供的后置磁镜场强流离子加速管中超薄热管的结构示意图；

[0031] 图3为本发明一实施例提供的后置磁镜场强流离子加速管中磁镜装置的结构示意图。

具体实施方式

[0032] 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,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做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。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0033] 本发明一实施例提供了一种后置磁镜场强流离子加速管,参见图1,图1为本发明实施例提供的一种后置磁镜场强流离子加速管的结构示意图,该后置磁镜场强流离子加速管包括外部的绝缘磁环1、均压环2以及内部的入口法兰3、入口限束锥筒4、超薄热管5、加速电极6、屏蔽电极7、弱校正磁铁8、出口锥筒9、磁镜装置10及出口法兰11。

[0034] 在一实施例中,所述后置磁镜场强流离子加速管外表面由多个所述绝缘磁环1通过所述均压环2依次组装成形,所述绝缘磁环1与所述均压环2通过绝缘螺钉连接,所述绝缘磁环1外表面为波浪型且外表面镀釉;所述波浪型结构用于增大所述绝缘磁环1表面的爬电距离,进而增大所述绝缘磁环1耐高电压性能。

[0035] 在一实施例中,所述后置磁镜场强流离子加速管内部沿着离子束流传输方向依次设置有所述入口法兰3、所述入口限束锥筒4、所述超薄热管5、所述加速电极6、所述屏蔽电极7、所述弱校正磁铁8、所述出口锥筒9、所述磁镜装置10、所述出口法兰11。

[0036] 在一实施例中,所述均压环2沿所述后置磁镜场强流离子加速管外表面均匀布置,与所述后置磁镜场强流离子加速管内部所述加速电极6或所述屏蔽电极7焊接为一体;所述均压环2起到均匀电压的作用,使电场比较均匀,减少加速管对空气的电晕放电;

[0037] 在一实施例中,所述加速电极6为延伸筒式结构,相邻所述加速电极6中心位置的间距远小于延伸到所述均压环2处的间距;所述延伸筒式结构用于提高加速电场梯度,减小离子束的加速距离,进而减少离子束在加速时的发散损失;

[0038] 在一实施例中,所述屏蔽电极7为筒式结构,用于防止离子束轰击加速电极产生的电子污染绝缘磁环内表面导致的绝缘磁环耐高电压性能降低;所述屏蔽电极72和屏蔽电极73上分别安装有弱校正磁铁8;所述弱校正磁铁8由上下左右四个永磁铁组成,所述四个永磁铁构成的长方体区域的中轴线与所述加速管中轴线重合;所述弱校正磁铁8产生的弱磁场对质量较重的离子束流几乎不起作用,但可以将质量较轻的电子偏转,用于阻止电子反向加速引起的所述加速管高电压打火;

[0039] 在一实施例中,所述入口限束锥筒4外表面平行设置有超薄热管5;所述超薄热管5起到冷却所述入口限束锥筒的作用,带走杂散离子轰击到所述入口限束锥筒上产生的热量;所述超薄热管5完全密封,降低了传统使用冷却水管带来的漏水引起的高电压打火风险;

[0040] 参考图2,在一实施例中,所述超薄热管5由蒸发段51、绝热段52和冷凝段53组成,

所述超薄热管5工作时,蒸发段51与所述入口限束锥筒4接触,蒸发段51处的吸液芯54内的冷却工质蒸发吸热,将离子束轰击所述入口限束锥筒4产生的热量带走,产生的蒸气在压力梯度的作用下流向冷凝段53;冷凝段53与温度较低的热沉55接触,蒸气凝结放热,重新变为液态冷凝工质,并在吸液芯54毛细力的作用下返回蒸发段51。

[0041] 在一实施例中,所述磁镜装置10设置于出口锥筒9和出口法兰11之间,安装于出口法兰11上;

[0042] 参考图3,在一实施例中,所述磁镜装置10由铁轭101和铜线包102组成;所述铜线包102位于所述铁轭101内部;所述铁轭101内筒沿加速管中轴线由三部分组成,两侧为不锈钢103,中间为DT4纯铁104;所述磁镜装置10用于产生磁镜场,所述磁镜场在所述铁轭101内筒两侧的不锈钢103位置处磁场强度大,在所述铁轭内筒中间的DT4纯铁104位置处磁场强度小,可以在轴向和径向上约束电子形成电子云,提高空间电荷中和度,抑制强流离子束的强空间电荷效应,减小强流离子束的发散损失。

[0043] 在一实施例中,所述绝缘磁环1材质为陶瓷或聚四氟乙烯或环氧树脂。

[0044] 在一实施例中,所述均压环2材质为不锈钢或铝,相邻两个所述均压环之间连接有均压电阻;

[0045] 在一实施例中,所述均压电阻的电阻值为 $5\text{M}\Omega\sim 50\text{M}\Omega$;所述加速管运行时,通过所述均压电阻的电流为通过所述加速管的离子束流强度的 $1/10\sim 1/100$ 。

[0046] 在一实施例中,所述加速电极6材质为不锈钢或铜;所述加速电极中心孔处镀有金属钼,所述金属钼的熔点较高,二次电子发射率较低,可以提高加速电极耐高温性能,同时减少离子束轰击加速电极时产生的电子数,进而减小所述加速管高压打火风险;

[0047] 在一实施例中,相邻两个所述加速电极6中心孔处间距为 $30\text{mm}\sim 80\text{mm}$ 。

[0048] 在一实施例中,所述屏蔽电极7材质为不锈钢或铜。

[0049] 在一实施例中,所述入口限束锥筒4夹角为 $5^\circ\sim 30^\circ$,材质为不锈钢或铜。

[0050] 在一实施例中,所述超薄热管5吸液芯54为烧结粉末金属,冷却工质为水,工作压力为 $0.01\text{MPa}\sim 0.03\text{MPa}$,冷凝段51工作工质为 $0^\circ\text{C}\sim 5^\circ\text{C}$ 的水。

[0051] 在一实施例中,所述弱校正磁铁8的所述永磁铁的磁感应强度为 $10\text{Gs}\sim 100\text{Gs}$ 。

[0052] 本发明一实施例提供的后置磁镜场强流离子加速管,参见图1,包括管体以及从前向后依次设置在所述管体内的入口限束锥筒4、一个以上的加速电极6、出口锥筒9;所述管体内还设有两个以上的屏蔽电极(图中例示为四个,分别为屏蔽电极71、72、73、74),至少一个所述屏蔽电极的内表面设有弱校正磁铁8。弱校正磁铁可以阻止电子反向加速引起的所述加速管高电压打火。

[0053] 图中例示,加速电极6共有五个。优选地,中间两个屏蔽电极72、73分别位于前端两个和后端两个加速电极外围,中间两个屏蔽电极72、73的内表面均设有弱校正磁铁8,效果更好。

[0054] 在一实施例中,所述入口限束锥筒4的前端焊接有一圈环形安装板,即入口法兰3,所述入口法兰3的外缘伸出所述管体,且所述入口法兰3和入口限束锥筒4的外表面上设有超薄热管5。超薄热管能够降低传统使用冷却水管带来的漏水引起的高电压打火风险。

[0055] 在一实施例中,所述出口锥筒9的后端具有夹套,所述夹套内设有磁镜装置10。

[0056] 在一实施例中,所述管体由多个瓷环1依次对接构成,两个以上的所述屏蔽电极、

一个以上的所述加速电极6分别夹持在不同的相邻两个所述瓷环之间,以此实现固定和相互绝缘。

[0057] 在一实施例中,所述管体的前侧设有入口法兰3,所述入口法兰3和所述入口限束锥筒4连接;所述管体的后侧设有出口法兰11,所述出口法兰11与所述出口锥筒9连接。

[0058] 在一实施例中,一个以上的所述加速电极、两个以上的所述屏蔽电极的安装法兰的外侧均伸出所述管体并分别安装有均压环2。

[0059] 通过上述描述可知,本发明提供的一种后置磁镜场强流离子加速管,其一,本发明提供的一种后置磁镜场强流离子加速管,通过绝缘磁环外表面设置为波浪型,增大了绝缘磁环表面的爬电距离,进而增大了绝缘磁环耐高电压性能;其二,通过设置屏蔽电极保护绝缘磁环内表面免受离子束轰击加速电极产生的电子的污染,提高了绝缘磁环耐高电压性能;其三,通过在入口限束锥筒外围设置完全密封超薄热管代替传统的冷却水管,降低了冷却水管漏水引起的高电压打火风险;其四,通过在屏蔽电极上安装弱校正磁铁将电子偏转掉,降低了电子反向加速引起的高电压打火;其五,通过在出口法兰上设置磁镜装置产生磁镜场约束电子,抑制了强流离子束的强空间电荷效应,减小了强流离子束的发散损失。

[0060] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

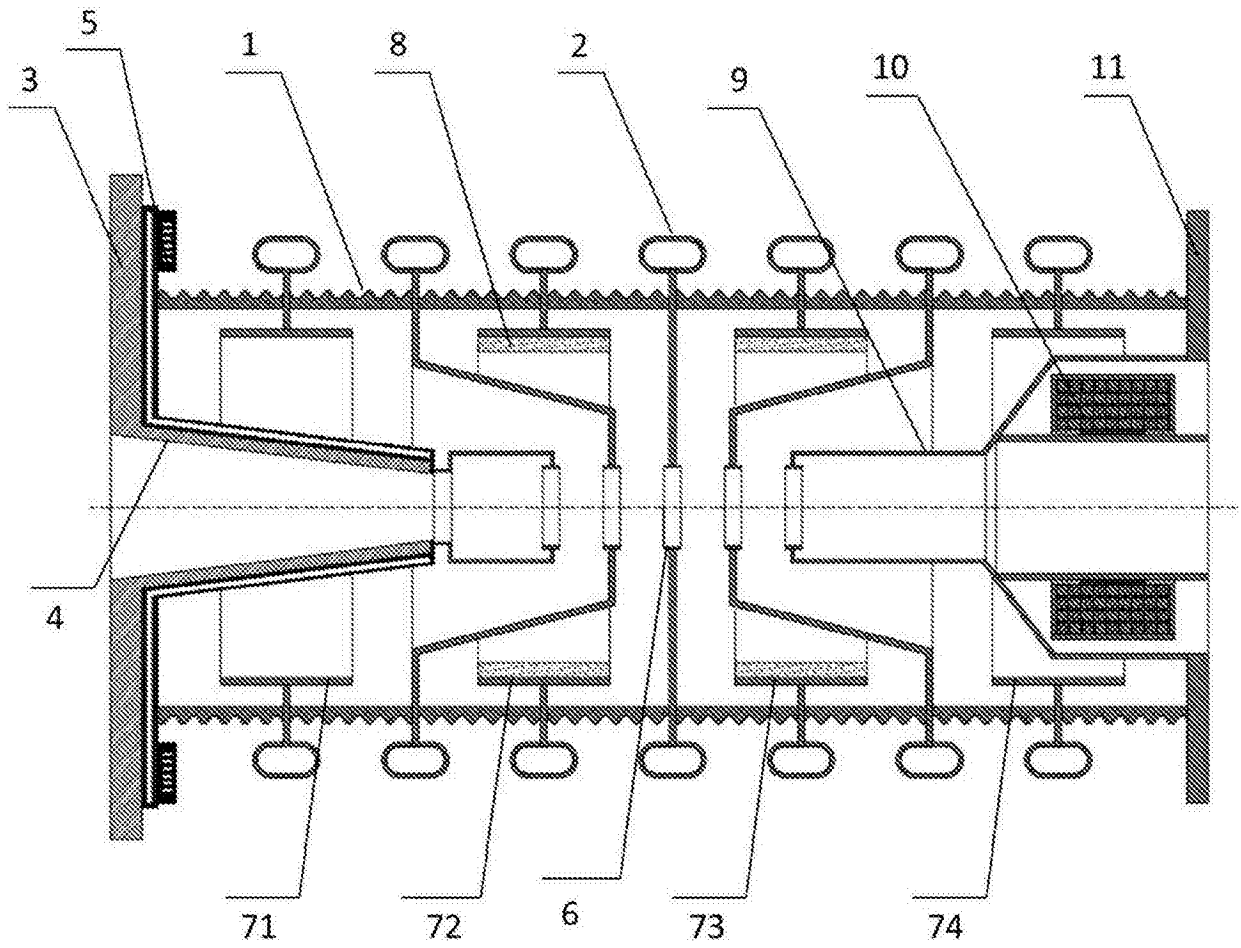


图1

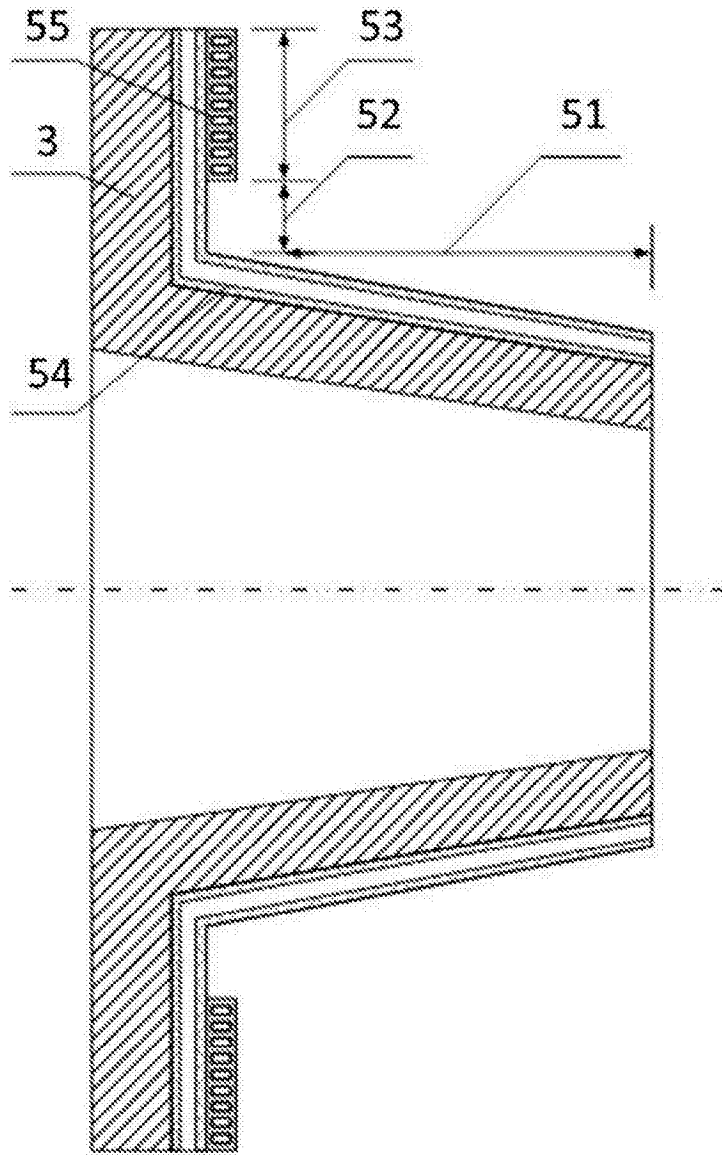


图2

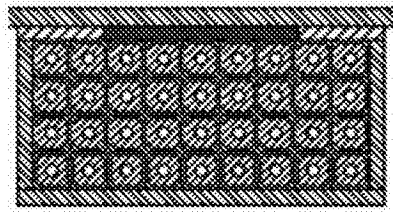
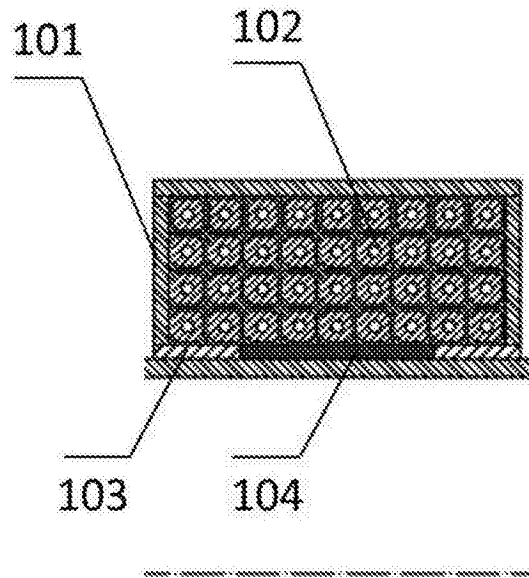


图3