



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103390787 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 13

(21) 申请号 201310295720. 0

(22) 申请日 2013. 07. 15

(71) 申请人 中国科学院高能物理研究所
地址 100049 北京市石景山区玉泉路 19 号
(乙)

(72) 发明人 黄彤明 马强 潘卫民 孟繁博
陈旭 林海英 赵光远

(74) 专利代理机构 北京君尚知识产权代理事务
所(普通合伙) 11200
代理人 余长江

(51) Int. Cl.
H01P 7/04(2006. 01)
G01R 31/00(2006. 01)

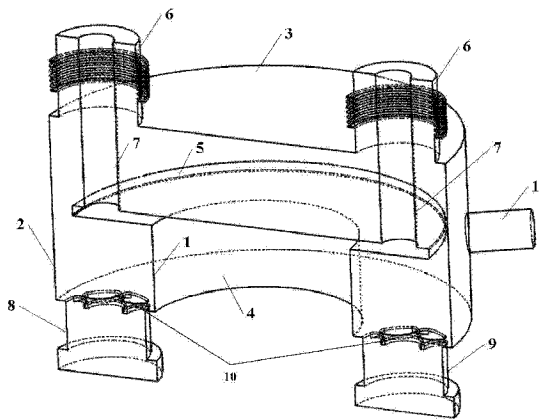
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种高功率微波测试平台

(57) 摘要

本发明公开了一种高功率微波测试平台, 本测试平台包括一管状外导体(2), 位于该外导体(2) 内的管状内导体(1), 该外导体(2) 上端口与一上端盖(3) 密封连接; 该内导体(1) 的上端口与一平板(5) 密封连接, 该内导体(1) 的下端口和外导体(2) 的下端口与一下端盖(4) 密封连接; 其中, 所述内导体(1)、外导体(2)、上端盖(3) 和下端盖(4) 形成同轴线谐振腔, 所述平板(5) 与所述上端盖(3) 之间构成一个平行板电容; 该上端盖(3) 上设有两个待测器件连接端口。通过调整平台参数可实现对于低频、中频、高频器件的测试, 该测试平台具有体积小、工作频带宽且易调节的优点。



1. 一种高功率微波测试平台,其特征在于包括一管状外导体(2),位于该外导体(2)内的管状内导体(1),该外导体(2)上端口与一上端盖(3)密封连接;该内导体(1)的上端口与一平板(5)密封连接,该内导体(1)的下端口和外导体(2)的下端口与一下端盖(4)密封连接;其中,所述内导体(1)、外导体(2)、上端盖(3)和下端盖(4)形成同轴线谐振腔,所述平板(5)与所述上端盖(3)之间构成一个平行板电容;该上端盖(3)上设有两个待测器件连接端口。

2. 如权利要求1所述的测试平台,其特征在于所述平板(5)的中轴线与外导体(2)的轴线重合。

3. 如权利要求1或2所述的测试平台,其特征在于所述平板(5)为圆形平板。

4. 如权利要求3所述的测试平台,其特征在于所述圆形平板(5)的直径小于所述外导体(2)的内直径。

5. 如权利要求3所述的测试平台,其特征在于所述待测器件连接端口包括一直管(6)和位于该直管(6)内的直管(7),直管(7)的下端口与所述圆形平板(5)连接;直管(6)的下端口与上端盖(3)连接。

6. 如权利要求5所述的测试平台,其特征在于所述直管(7)的上端为与待测器件内导体连接的插塞结构。

7. 如权利要求5所述的测试平台,其特征在于所述直管(6)的上端设有一用于连接待测器件的法兰。

8. 如权利要求1或2所述的测试平台,其特征在于上端盖(3)与外导体(2)通过一法兰连接,并采用钢丝密封上端盖(3)与外导体(2)上端口之间的空隙。

9. 如权利要求1或2所述的测试平台,其特征在于还包括了下端盖(4)上设有两个用于对谐振腔抽真空的端口(8)和端口(9),其中每个抽真空端口与下端盖(4)分别通过一花瓣形栅栏结构(10)连接。

10. 如权利要求1或2所述的测试平台,其特征在于所述外导体(2)上设有两个用于真空预抽和测量的端口(11)。

一种高功率微波测试平台

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高功率微波测试平台,属于微波领域。

背景技术

[0002] 高功率微波测试是微波领域专业性极强的一门技术。在粒子加速器超导高频领域,常见的高功率微波器件包括高功率输入耦合器、高阶模吸收器、超导加速腔等,这些器件的高功率测试均具有高真空和高功率两大特点,因此需要一个特殊的测试平台。该平台需同时承担建立微波匹配传输通路、建立高真空环境和提供支撑等作用。

[0003] 目前,国内外加速器高频实验室的高功率测试平台通常采用矩形谐振腔 [文献 1, M. Stirbet., I. E. Campisi, G. K. Davis, M. Drury, T. Powers, G. Myneni et al. "HIGH POWER RF TESTS ON FUNDAMENTAL POWER COUPLERS FOR THE SNS PROJECT", Proceedings of EPAC2002, Paris, France] 和圆柱形谐振腔 [文献 2, E. N. Schmierer, K. C. D. Chan, D. C. Gautier, J. G. Gioia et al. "High-Power Testing of the APT Power coupler", XX International Linac Conference, Monterey, California], 其结构示意图分别见图 1 和图 2。由图可见,连接待测器件的端口分别位于矩形腔的波导宽边上端面和圆柱形腔的两侧端面。

[0004] 这种传统的测试平台在频率低于 500MHz 左右时具有一个致命的缺点,即测试平台体积庞大,这既增大了测试台本身的加工难度,又增大了安装和操作难度,使得在低频率下,传统的测试平台实际上无法再使用。

发明内容

[0005] 本发明的目的是克服低频率下传统测试平台体积庞大的缺点,提供一种适用于宽频率范围的高功率微波测试平台。

[0006] 本发明的技术方案为:

[0007] 本发明平台实际上是一个电容加载的同轴线谐振腔(见附图 3),其谐振频率 f 为:

$$[0008] \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

[0009] 公式(1)中 L 为谐振腔的等效电感, C 为谐振腔的等效电容。其中,等效电感 L 为:

$$[0010] \quad L = \frac{\mu l}{2\pi} \ln \frac{b}{a} \quad (2)$$

[0011] 其中,公式(2)中 μ 为腔内填充介质的磁导率。

[0012] 等效电容 C 为:

$$[0013] \quad C = \frac{\epsilon r^2}{t} \quad (3)$$

[0014] 其中,公式(3)中 ϵ 为腔内填充介质的介电常数。

[0015] 从公式(1)(2)(3)可以看出,通过增大腔长 l ,或者增大同轴线内导体上圆形平板的半径 r ,或者减小圆形平板与腔体端面之间的距离 t 等,均可使谐振腔的谐振频率 f 降低。因此,该测试平台具有体积小、工作频带宽且易调节的优点。

[0016] 该平台的物理结构如图 4 所示。主体结构包括:管状腔体内导体 1、管状腔体外导体 2、腔体上端盖 3、腔体下端盖 4 和圆形平板 5。其中内导体 1、外导体 2、上端盖 3 和下端盖 4 形成同轴线谐振腔。圆形平板 5 位于腔体内导体 1 的上方且与之连接,从而在圆形平板 5 与腔体上端盖 3 之间构成一个平行板电容。腔体上端盖 3 上设计了两个待测器件连接端口。每个连接端口由一段包含了波纹管的大直管 6 和一段小直管 7 构成。其中,大直管 6 上的波纹管结构实现加工误差补偿,小直管 7 与圆形平板 5 紧密连接以减少功率反射。此外,该测试平台还包括了两个位于腔体下端盖 4 上的抽真空端口 8 和 9,用于连接抽真空泵,进而为整个测试系统建立高真空环境。为了确保微波泄漏满足安全要求,在每个抽真空口与谐振腔下端盖 4 的连接处精心设计了一个花瓣形的栅栏结构 10。此外,在腔体外导体 2 上设计了两个端口 11 用于真空预抽和测量。

[0017] 我们通过电磁仿真计算程序,完成了测试平台的物理结构尺寸优化,使其在测试频率下实现匹配传输,在测试的功率水平下没有二次电子倍增效应,并且峰值电磁场远小于击穿场强。图 5 给出了一个 325MHz 高功率测试平台的功率传输系数扫频曲线。传输系数 S_{21} 在工作频率的值为 -52dB ,很好地实现了匹配传输,满足了测试要求。

[0018] 该测试平台的机械结构如图 6 和图 7 所示。待测器件连接端口的大直管 6 的下端与腔体上端盖 3 焊接,大直管 6 的上端的法兰用于连接待测器件,该法兰尺寸由待测器件决定,大直管 6 为导体材料。待测器件连接端口的小直管 7 的下端用螺钉与圆形平板 5 连接,小直管 7 的上端设计成插塞结构以实现与待测器件内导体的连接,小直管 7 为导体材料。腔体上端盖 3 与腔体外导体 2 通过法兰连接,并采用钢丝密封上端盖 3 与腔体外导体 2 上端口之间的空隙。腔体下端盖 4 与腔体外导体 2 通过焊接实现真空密封。圆形平板 5 与腔体内导体 1 通过焊接实现真空密封。

[0019] 与现有技术相比,本发明的积极效果为:

[0020] 本发明克服了低频率下传统测试平台体积庞大的缺点,本测试平台是一种适用于宽频率范围的高功率微波测试平台,通过调整平台参数可实现对于低频、中频、高频器件的测试,该测试平台具有体积小、工作频带宽且易调节的优点。

附图说明

[0021] 图 1 是矩形波导谐振腔型测试平台的结构示意图;

[0022] 图 2 是圆柱形谐振腔型测试平台的结构示意图;

[0023] 图 3 是电容加载的谐振腔原理图;

[0024] 图 4 是本发明高功率微波测试平台的物理结构图;

[0025] 图 5 是本发明 325MHz 高功率微波测试平台的功率传输系数扫频曲线图;

[0026] 图 6 是本发明高功率微波测试平台的整体机械结构图;

[0027] 图 7 是本发明高功率微波测试平台的剖面机械结构图;

[0028] 图 8 是本发明高功率测试平台的基本物理结构尺寸;

[0029] 图面说明:

- [0030] 1、腔体内导体
- [0031] 2、腔体外导体
- [0032] 3、腔体上端盖
- [0033] 4、腔体下端盖
- [0034] 5、圆形平板
- [0035] 6、待测器件连接端口的大直管
- [0036] 7、待测器件连接端口的小直管
- [0037] 8、9、抽真空端口
- [0038] 10、花瓣形的栅栏结构
- [0039] 11、真空预抽和测量端口
- [0040] a、谐振腔内导体外半径
- [0041] b、谐振腔外导体内半径
- [0042] h、谐振腔内导体高度
- [0043] l、谐振腔长度
- [0044] r、谐振腔圆形平板的半径
- [0045] t、谐振腔圆形平板与腔体端面的距离
- [0046] C、谐振腔等效电容
- [0047] Z_c 、谐振腔等效特性阻抗。

具体实施方式

[0048] 1、采用高频电磁场仿真计算程序，完成测试平台如附图 8 中的物理结构尺寸的设计和优化，使其在测试频率下实现功率的匹配传输；

[0049] 2、采用 ANSYS 程序，完成该测试平台的机械结构和水冷设计，确保在测试的功率水平下温升和形变满足使用要求；

[0050] 3、完成测试平台的 3D 机械结构图和工程图绘制，最终完成该测试平台的加工制造；

[0051] 4、应用测试平台完成微波器件的高功率测试。

[0052] 实施例 1162.5MHz 高功率输入耦合器的测试

[0053] 按照上述四点具体实施方式，设计并加工测试平台，完成了 162.5MHz 高功率输入耦合器的测试。该测试平台基本的物理结构尺寸如下： $a=100\text{mm}$ ； $b=200\text{mm}$ ； $r=180\text{mm}$ ； $l=180\text{mm}$ ； $h=145\text{mm}$ 。两只待测器件——“162.5MHz 高功率输入耦合器”的外导体与待测器件连接端口的大直管 6 通过法兰密封连接，内导体与待测器件连接端口的小直管 7 通过插塞结构紧配合连接。整个测试平台的实测驻波比小于 1.1，较好地满足了功率匹配传输的要求；功率测试水平达到连续波 20kW，满足待测器件的功率设计指标。

[0054] 实施例 2325MHz 高功率输入耦合器的测试

[0055] 按照上述四点具体实施方式，设计并加工测试平台，完成了 325MHz 高功率输入耦合器的测试。该测试平台基本的物理结构尺寸如下： $a=100\text{mm}$ ； $b=200\text{mm}$ ； $r=180\text{mm}$ ； $l=180\text{mm}$ ； $h=80\text{mm}$ 。两只待测器件——“325MHz 高功率输入耦合器”的外导体与待测器件连接端口的大直管 6 通过法兰密封连接，内导体与待测器件连接端口的小直管 7 通过插塞结构紧配合

连接。整个测试平台的实测驻波比小于 1.1,较好地满足了功率匹配传输的要求;功率测试水平达到连续波 10kW,满足待测器件的功率设计指标。

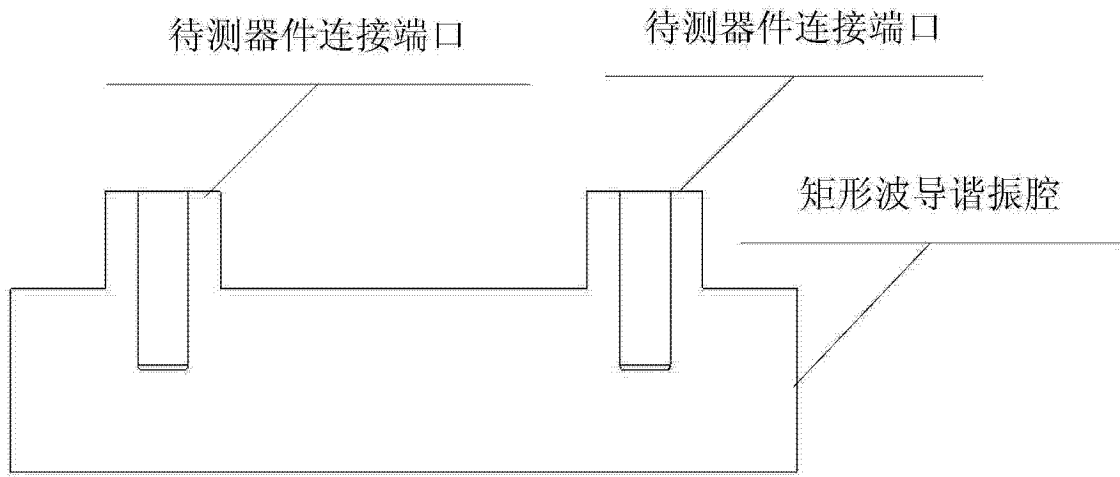


图 1

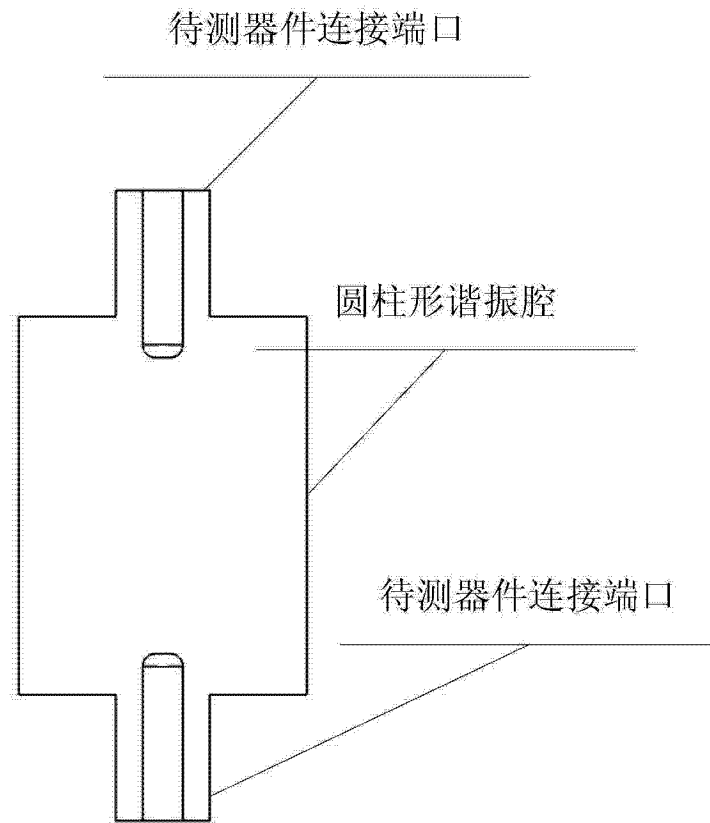


图 2

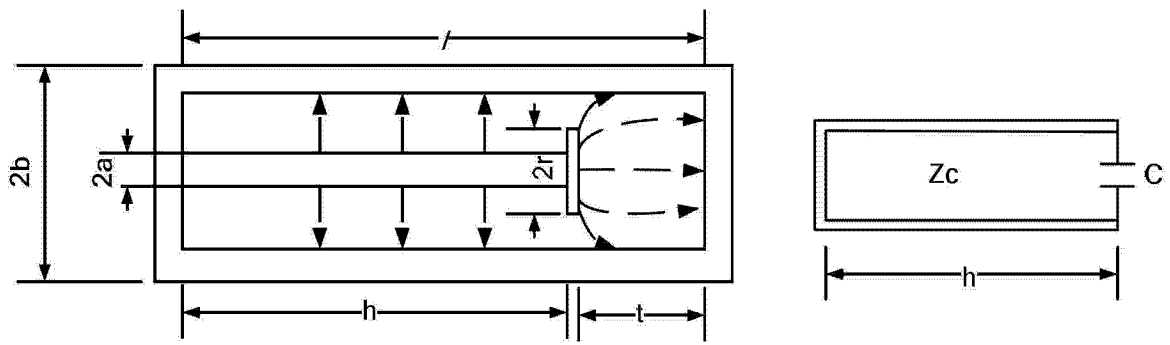


图 3

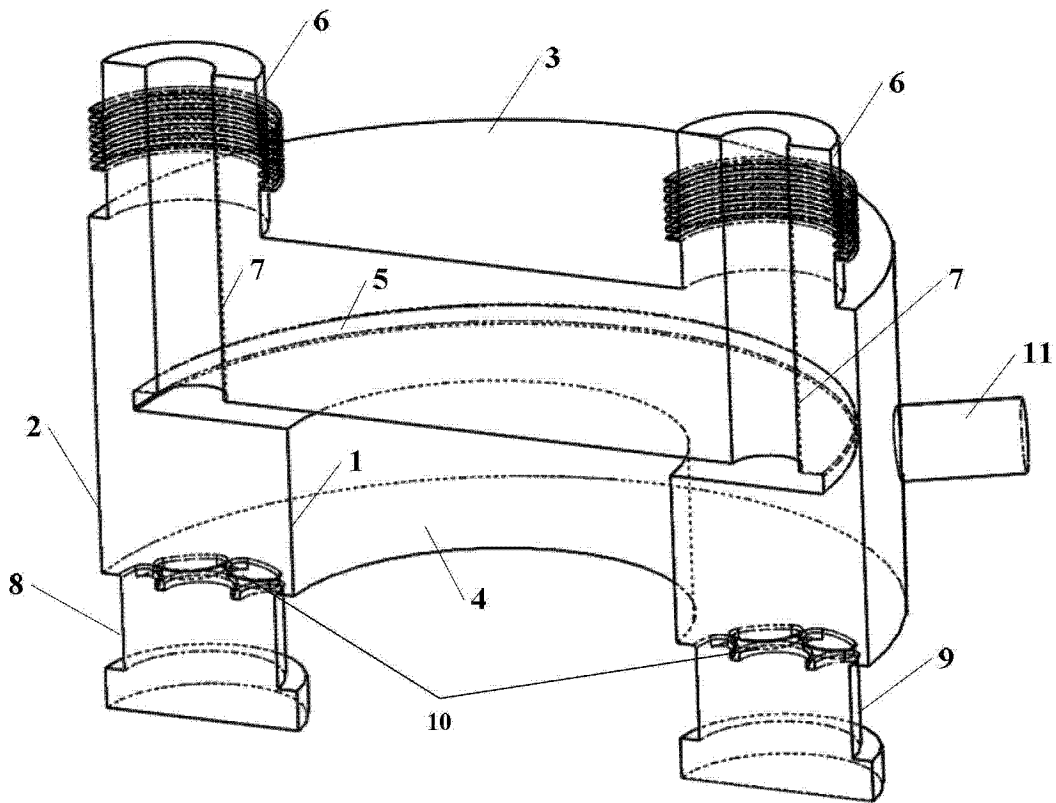


图 4

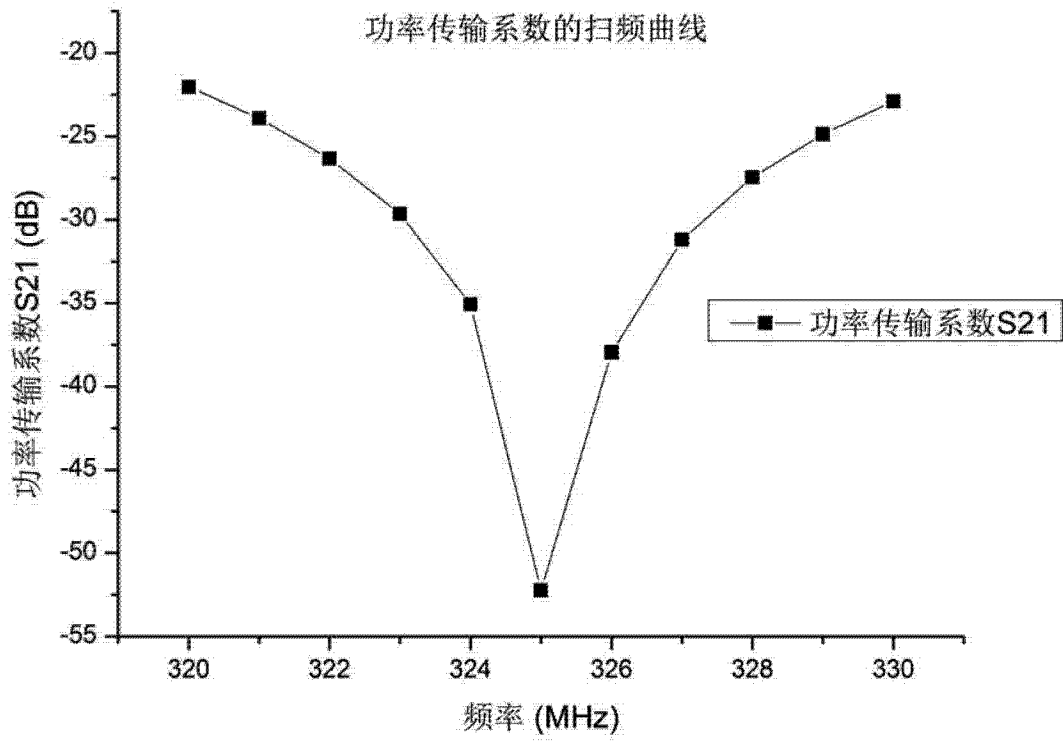


图 5

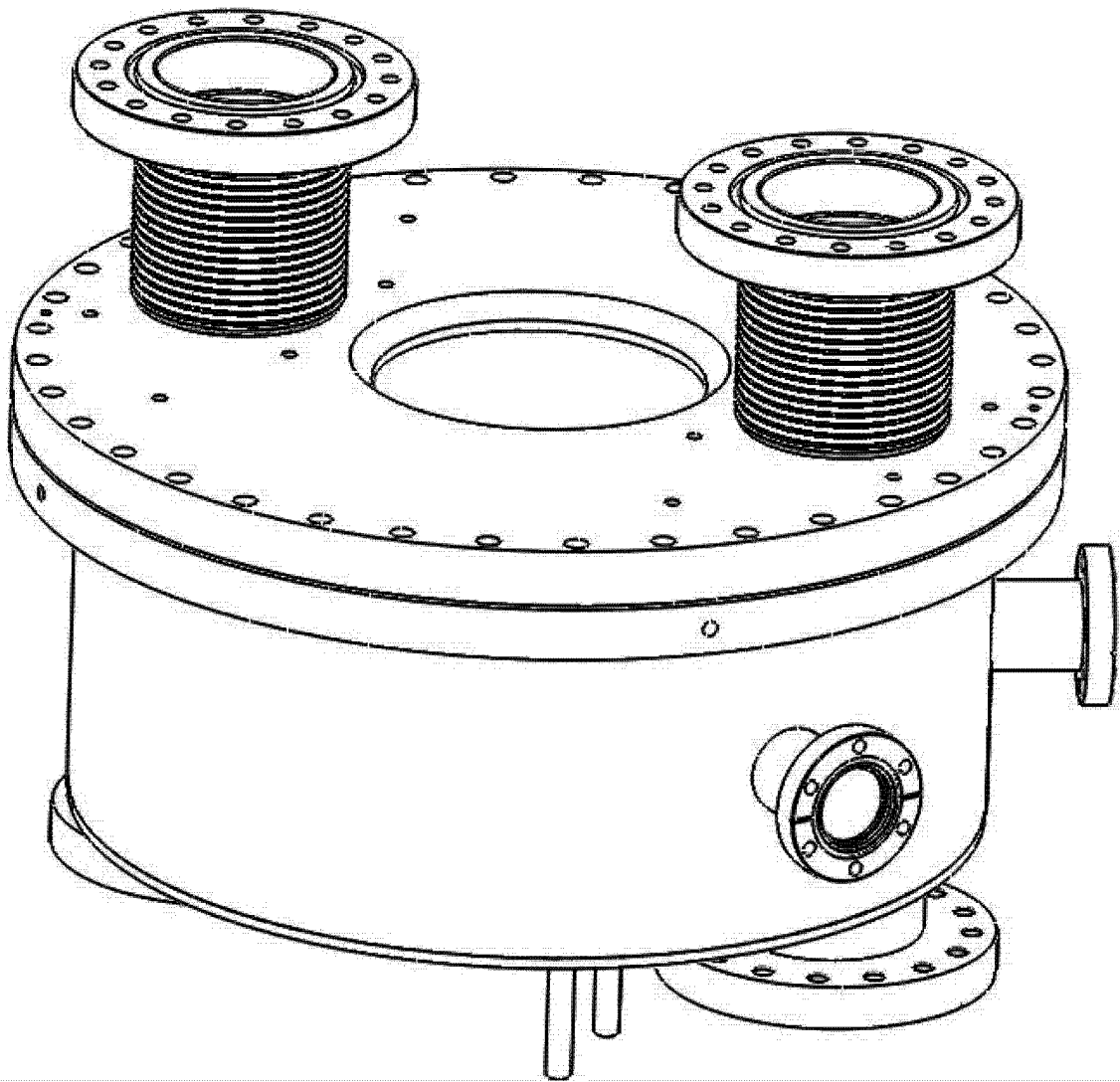


图 6

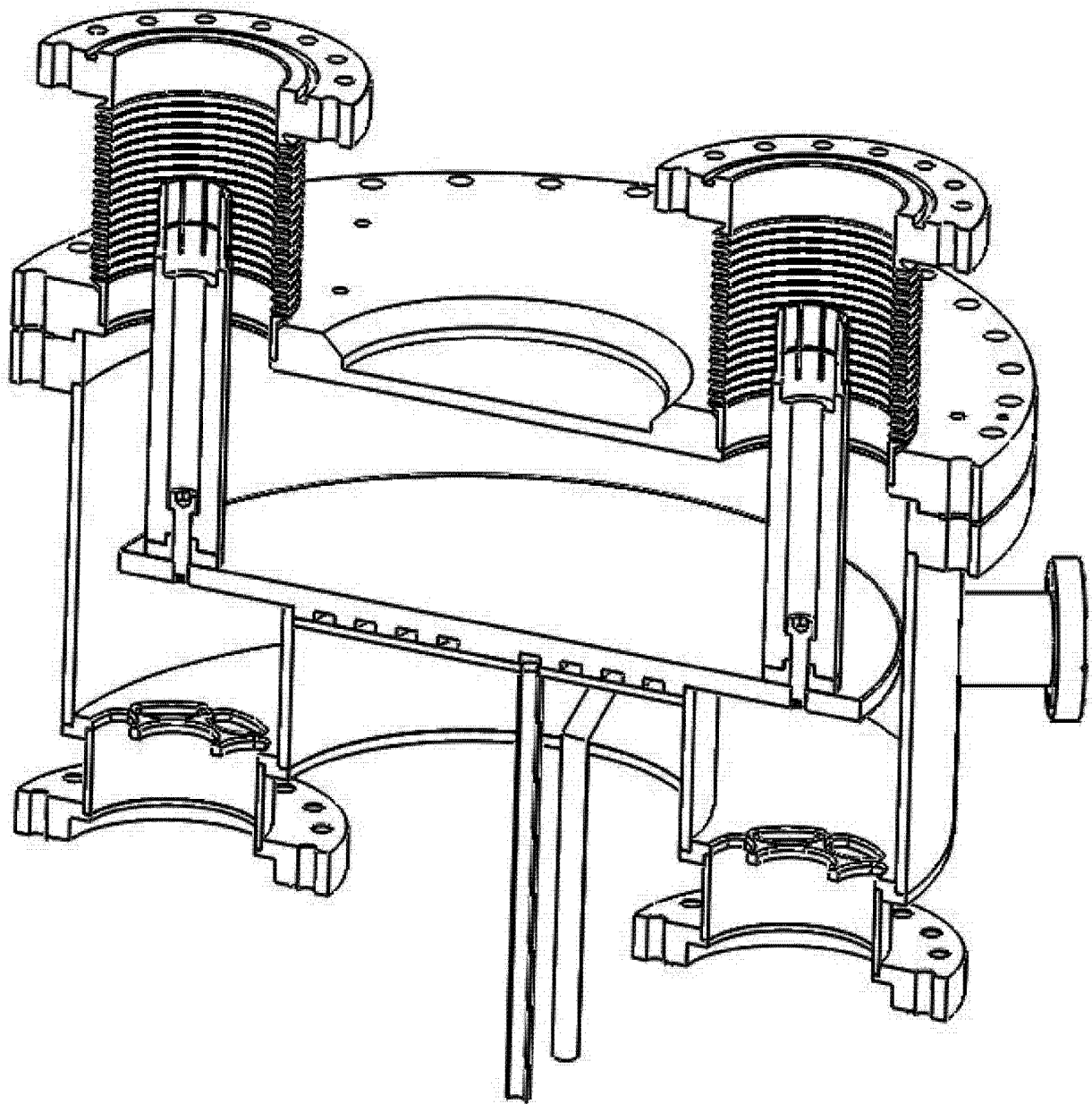


图 7

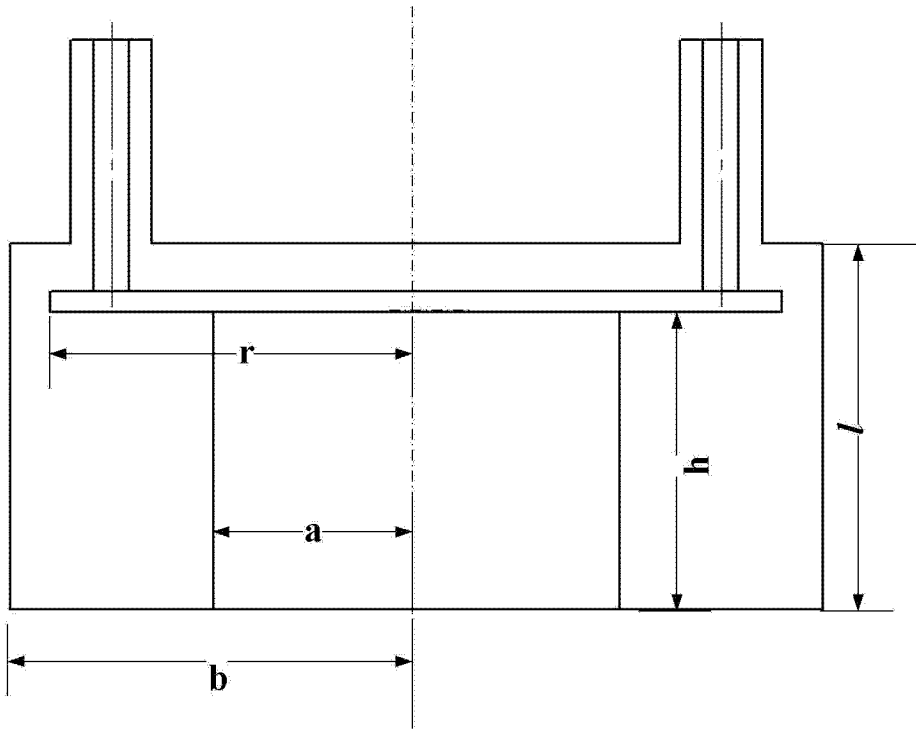


图 8