



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119678024 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 21

(21) 申请号 202380058140.1

(22) 申请日 2023.08.08

(30) 优先权数据

000935/2022 2022.08.08 CH

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.02.07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2023/071914 2023.08.08

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2024/033350 EN 2024.02.15

(71) 申请人 英福康有限公司

地址 列支敦士登巴尔斯

(72) 发明人 U·韦尔奇利 S·凯瑟尔

B·安德烈奥斯 M·威斯特

A·瓦尔德纳 M·特雷夫泽

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 李强

(51) Int.Cl.

G01L 21/30 (2006.01)

H01J 41/02 (2006.01)

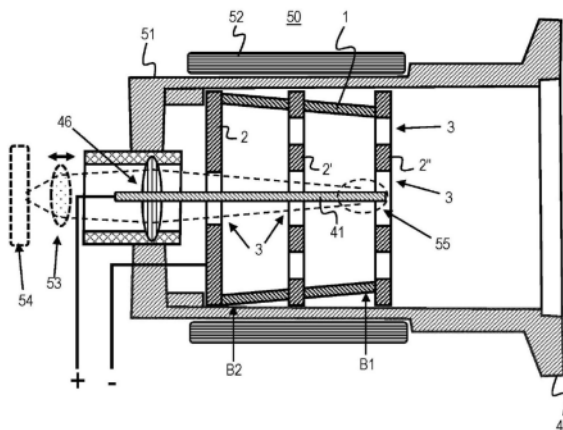
权利要求书1页 说明书7页 附图10页

(54) 发明名称

用于电离真空计的腔室

(57) 摘要

用于界定真空压力传感器(40)中的等离子体生成区(42)的腔室(11,12,13),其中,该腔室包括相对于中心轴线径向地位于外部上的导电壳体元件(1,1',1''),其中,该腔室包括基本上垂直于中心轴线布置并连接到壳体元件的导电壁元件(2,2',2''),其中,壁元件中的至少一个具有第一开口(3),中心轴线延伸通过该第一开口,其中,壳体元件至少包括第一区域(B1)和第二区域(B2),其中,第一区域比第二区域更靠近中心轴线定位。本发明还涉及一种包括腔室的真空压力传感器。



1. 用于界定真空压力传感器(40)中的等离子体生成区(42)的腔室(11,12,13),其中,所述腔室包括相对于中心轴线(A)径向地位于外部上的导电壳体元件(1,1',1''),其中,所述腔室包括基本上垂直于所述中心轴线布置并连接到所述壳体元件的导电壁元件(2,2',2''),其中,所述壁元件中的至少一个具有第一开口(3),所述中心轴线(A)延伸通过所述第一开口,其中,所述壳体元件至少包括第一区域(B1)和第二区域(B2),其中,所述第一区域比所述第二区域更靠近所述中心轴线定位。

2. 根据权利要求1所述的腔室(11),其中,通过所述壳体元件的截面在垂直于所述中心轴线的平面中具有多边形的形状。

3. 根据权利要求1或2所述的腔室(12,13),其中,所述壳体元件至少部分地为圆锥形的。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的腔室(13),其中,所述壳体元件的所述第一区域相对于所述中心轴线的轴向方向位于所述腔室的中间。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的腔室(11,12,13),其中,所述腔室包括三个相互平行的壁元件,其中,所有三个壁元件都具有中心开口,所述中心轴线延伸通过所述中心开口。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的腔室(11,12,13),其中,所述壁元件中的至少一个具有第二开口。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的腔室(11,12,13),其中,所述第一开口(3)由所述至少一个壁元件的内边沿环绕,其中,所述内边沿至少具有朝向所述中心轴线(A)突出的第一部位(S1)和比所述第一部位更远离所述中心轴线的第二部位(S2)。

8. 真空压力传感器(40),包括作为阴极的根据权利要求1至7中任一项所述的腔室(11,12,13)、沿着所述腔室的所述中心轴线布置的阳极(41)、以及径向地布置在所述腔室外部的用于在所述腔室的内部中生成磁场的装置(44)。

9. 真空压力传感器,包括作为阳极或阴极的部分的根据权利要求1至7中任一项所述的腔室(11,12,13)、至少部分地沿着所述腔室的所述中心轴线布置的阴极、以及径向地布置在所述腔室外部的用于在所述腔室的内部中生成磁场的装置。

10. 根据权利要求8或9所述的真空压力传感器(40),所述真空压力传感器还包括外壳,所述外壳具有环绕孔口的凸缘(45),所述孔口用于在所述真空压力传感器内部的所述等离子体生成区(42)和所述真空压力传感器外部的测量空间之间建立流体连接,其中,辐射可透过元件以这样方式布置在所述外壳的壁中,即使得从所述等离子体生成区发射的电磁辐射能够通过所述辐射可透过元件到达所述外壳的外部,其中,所述腔室位于所述外壳内部,其中,所述第一区域(B1)位于所述腔室的朝向所述凸缘(45)定向的第一侧部上,并且其中,所述第二区域(B2)位于所述腔室的朝向所述辐射可透过元件(46)定向的第二侧部上,特别地,其中,所述腔室的所述导电壳体元件具有朝向所述凸缘渐缩的截头圆锥形形状。

11. 根据权利要求10所述的真空压力传感器(40),其中,光学元件(53)和分光计(54)布置在所述外壳的外侧上,其中,所述辐射可透过元件(46)和所述光学元件(53)协作以收集和聚焦从所述阳极周围的区域(55)发射到所述分光计的光学敏感元件的电磁辐射,特别地,其中,所述光学元件(53)适应于补偿所述辐射发射区域(55)的轴向位移。

用于电离真空计的腔室

技术领域

[0001] 本发明涉及真空压力传感器的技术领域。特别地,本发明涉及一种用于呈电离真空计(gauge,规管)形式的真空压力传感器的腔室,并且涉及一种包括根据本发明的腔室的真空压力传感器。

背景技术

[0002] 真空压力传感器或真空计是已知的,通过它们可确定显著低于正常压力的压力。在已知的真空压力传感器中,所谓的电离真空计具有特别宽的测量范围。在电离真空计中,残余气体被电离并生成等离子体。电离气体所需的电子由热阴极(热阴极电离真空计)生成或在冷电极之间的自持气体放电(冷阴极真空计)中生成。例如,从阳极到阴极的电流被测量为用于确定压力的参数。阳极和阴极与生成的等离子体接触。通过适当地组合电场和磁场,可延长真空压力传感器内的电子的轨迹,并且因此可增加离子产额。生成的等离子体发射辐射,除了测量的电流之外,该辐射也可被分析,并且可用来确定压力或者也用来确定残余气体的成分。举例来说,文献W02021/052599A1公开了一种用于确定真空系统中的压力的方法,以及一种真空压力传感器,其被设计成评估由等离子体发射的辐射。

[0003] 在这样的真空压力传感器中,待分析的电磁辐射穿过至少在电磁波谱的范围内可透过的窗口或透镜到达与在其中生成等离子体的区分开布置的检测器上。由于等离子体并且可能地由于阴极上的等离子体相关溅射效应,可能发生的是,例如由于薄金属层积聚在窗口或透镜上,窗口或透镜的等离子体侧在更长的操作时间内变得越来越不可透过辐射。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种用于在真空压力传感器中生成等离子体的备选设备的部件。特别地,本发明的目的是提供一种使在真空压力传感器中生成等离子体的前述副作用最小化的设备。

[0005] 根据本发明,该目的通过根据权利要求1所述的腔室来实现。

[0006] 根据本发明的腔室被设计成界定真空压力传感器中的等离子体生成区。腔室包括相对于中心轴线径向地位于外部上的导电壳体元件。腔室还包括导电壁元件,该导电壁元件基本上垂直于中心轴线布置并且连接到壳体元件。壁元件中的至少一个具有第一开口,中心轴线延伸通过该第一开口。壳体元件至少包括第一区域和第二区域,其中,第一区域比第二区域更靠近中心轴线定位。

[0007] 由于壁元件中的开口,腔室适合于沿着腔室的中心轴线接纳电离真空计的阳极棒。腔室可起到阴极的作用。

[0008] 因为壳体元件的第一区域和第二区域在距轴线的不同距离处,所以壳体元件不是圆柱形的。举例来说,第一区域和第二区域可位于不同的轴向位置处,或者它们可位于相对于轴线的方位角方向上的不同位置处。当在中心阳极和壳体元件之间施加电压时,在中心轴线和壳体元件的第一区域之间生成比在壳体元件的第二区域和中心阳极之间更高的电

场。如发明人已经认识到的,这种差异对于物理上接近腔室布置的光学元件的使用寿命可能是有利的。

[0009] 壳体元件可形成为一件,或者它可由多个部分构成。

[0010] 壁元件可包括例如铁磁材料。铁磁壁元件可例如与布置在腔室外部的电离真空计的永磁体的布置相互作用,以影响腔室的内部中的磁场特性。

[0011] 根据本发明的腔室的示例性实施例将从从属权利要求2至7的特征变得显而易见。

[0012] 在一个实施例中,通过壳体元件的截面在垂直于中心轴线的平面中具有多边形的形状。

[0013] 多边形可为例如六边形或十二边形。这样的多边形截面很好地配合到基本上柱形的环境中,但确保存在位于距中心轴线较小和较大距离处的区域。因此,中心轴线和壳体元件之间的距离取决于方位角方向而变化。

[0014] 在一个实施例中,壳体元件至少部分地为圆锥形的。

[0015] 壳体元件可具有例如截头圆锥体的侧表面的形状。在这种情况下,位于更靠近中心轴线处的上述第一区域位于具有较小半径的截头圆锥体的端部处。

[0016] 在一个实施例中,壳体元件的第一区域相对于中心轴线的轴向方向位于腔室的中间。

[0017] 例如,壳体元件可由两个部分形成,其中,每个部分具有截头圆锥体的侧表面和具有较小半径但在腔室的中间彼此抵靠或紧固到中间壁元件的侧部的形状。

[0018] 在一个实施例中,腔室包括三个相互平行的壁元件,其中,所有三个壁元件具有中心开口,中心轴线延伸通过该中心开口。

[0019] 该实施例适合于接纳电离真空计的阳极棒,该阳极棒穿过所有壁元件伸出。

[0020] 在一个实施例中,壁元件中的至少一个具有第二开口。

[0021] 第二或甚至另外的开口可用于更好地流体动力学连接到其中要测量压力的空间。第二或甚至另外的开口还可为等离子体中生成的电磁辐射提供多个连续辐射路径。第二或另外的开口是从中心轴线径向偏移地定位的开口。

[0022] 在另外的实施例中,所述第一开口由至少一个壁元件的内边沿环绕。内边沿至少具有朝向中心轴线突出的第一部段。内边沿具有比第一部段更远离中心轴线的第二部段。

[0023] 发明人已经认识到,当腔室用于界定真空压力传感器中的等离子体生成区时,壁元件的内边沿和中心轴线之间的距离的这样的变化将导致壁元件的内边沿和阳极之间的距离的变化,有助于在不利条件下(诸如在真空压力传感器的较低操作范围处的压力下)点燃等离子体。

[0024] 例如,这样的点火辅助可通过从圆形内边沿向内突出的一个或若干个小尖部、通过在方位角方向上平滑地变化的内边沿的轮廓来实现。在要分析从等离子体发射的辐射的情况下,到中心轴线的距离较大的部段阻挡较少的辐射。该实施例在真空压力计中特别有用,该真空压力计具有附接到其的分光计。备选地或与上述组合,内边沿的表面可相对于中心轴线倾斜地定向,使得朝向中心轴线突出的部段与更远离中心轴线的部段处于不同的轴向位置。作为示例,可通过借助于圆锥形钻头钻出所述开口来形成围绕第一开口的渐缩边沿。这样,在第一开口周围可产生相对锋利的边缘。在具有包括铁磁材料的壁元件的实施例中,第一开口的内边沿之间的距离的变化不仅导致电场的成形,而且另外有助于将磁场集

中在沿着中心轴线的某些区域中或在某些方位角位置中。

[0025] 本发明还涉及根据权利要求8所述的真空压力传感器。根据本发明的真空压力传感器包括根据本发明的腔室。真空压力传感器还包括沿着腔室的中心轴线布置的阳极和径向地布置在腔室外部的用于在腔室的内部中生成磁场的装置。

[0026] 腔室适合于用作呈电离真空计形式的真空压力传感器的阴极或阴极的部分。更具体地,上文所描述的真空压力传感器是倒置磁控管类型的电离真空计。

[0027] 在倒置磁控管类型的备选方案中,本发明还涉及根据权利要求9所述的真空压力传感器。

[0028] 根据本发明的该真空压力传感器包括具有阳极的作用的根据本发明的腔室。真空压力传感器还包括至少部分地沿着腔室的中心轴线布置的阴极和径向地布置在腔室外部的用于在腔室的内部中生成磁场的装置。

[0029] 腔室适合于用作呈电离真空计形式的真空压力传感器的阳极或阳极的部分。由于阳极和阴极的作用相对于先前描述的倒置磁控管类型的真空压力传感器互换,该备选真空压力传感器是磁控管类型的电离真空计。

[0030] 真空压力传感器的实施例将从权利要求10和11的特征变得显而易见。

[0031] 真空压力传感器的实施例还包括外壳。外壳具有环绕孔口的凸缘,该孔口用于在真空压力传感器内部的等离子体生成区和真空压力传感器外部的测量空间之间建立流体连接。辐射可透过元件以这样的方式布置在外壳的壁中,即使得从等离子体生成区发射的电磁辐射可通过所述辐射可透过元件到达外壳的外部。根据本发明的腔室位于外壳内部。腔室的壳体元件的第一区域位于腔室的第一侧上,该第一侧朝向凸缘定向。腔室的壳体元件的第二区域位于腔室的第二侧上,该第二侧朝向所述辐射可透过元件定向。

[0032] 在该实施例的具体实现中,腔室的导电壳体元件具有朝向所述凸缘渐缩的截头圆锥形形状。

[0033] 令人惊讶的是,对应于中心轴线和圆锥形壳体元件上的表面线之间约 3° 的角度的相对轻微的渐缩导致在低压力环境中从等离子体发射的辐射的增加的输出。这是令人惊讶的,因为对于这种构造,等离子体生成区预期被定位成更远离辐射可透过元件,乍一看,这可能预期导致在外壳的外部上接收到的更低辐射强度。

[0034] 在真空压力传感器的另外的实施例中,光学元件(诸如例如透镜或反射镜)和分光计布置在所述外壳的外侧上。辐射可透过元件和光学元件协作以收集和聚焦从阳极周围的区域发射到分光计的光学敏感元件的电磁辐射。

[0035] 这种类型的真空压力传感器受益于使用时间的增加以及到达分光计的光学敏感元件上的辐射强度的增加。

[0036] 在实施例的特定变体中,光学元件适应于补偿辐射发射区域的轴向位移。该变体可具体地与上文讨论的实施例组合,其中,腔室的导电壳体元件具有朝向所述凸缘渐缩的截头圆锥形形状。在该实施例中,具有最高辐射发射的等离子体区域的中心和轴向延伸可取决于压力而变化。可适应的光学元件(例如,在中心轴线的方向上可移动的透镜)有助于调节由分光计、光学元件和外壳的壁中的辐射可透过元件形成的整个构造的焦点。控制回路可用来连续地调节光学元件的位置以使在分光计中接收到的辐射强度最大。特别地,辐射可透过元件本身可成形为透镜的形式。

附图说明

- [0037] 下文将参考附图更详细地解释本发明的示例性实施例,其中:
- [0038] 图1在子图1.a)至1.c)中示出腔室的第一实施例的不同视图;
- [0039] 图2在子图2.a)至2.d)中示出腔室的第二实施例的不同视图;
- [0040] 图3在子图3.a)至3.d)中示出腔室的第三实施例的不同视图;
- [0041] 图4示出通过具有示意性地图示的腔室的真空压力传感器的纵向截面;
- [0042] 图5示出通过真空压力传感器的实施例的纵向截面;
- [0043] 图6在子图6.a)至6.c)中示出第一开口的变体在轴向方向上的剖视图,并且在子图6.d)中示出通过第一开口的变体的纵向截面;
- [0044] 图7在子图7.a)至7.e)中示出具有特定尺寸的第一开口的轮廓的变体;
- [0045] 图8在子图8.a)至8.d)中以透视图示出具有第一开口的变体的壁元件。

具体实施方式

[0046] 图1.a)和图1.b)从两个视角方向示出腔室的第一实施例11的两个透视图。在该实施例中,腔室具有壳体元件1,该壳体元件1呈具有十二边形基部的棱柱的侧表面的形状。三个壁元件2、2'、2''分别在腔室的两个端部(2,2'')和中间壁2'处形成封闭件。在中间壁2'的外周缘上的六个突出部通过壳体元件中的矩形狭槽伸出到壳体元件的外表面之外。第一开口3居中地位于壁2''中,使得腔室的中心轴线A延伸通过该开口。这里不可见的是两个壁2和2'中的中心开口,中心轴线同样延伸通过这些中心开口,使得电离真空计的中心阳极棒可穿过所有三个中心开口。

[0047] 图1.c)示出壁元件2的平面视图。除了居中地布置的第一开口3之外,壁元件在较大半径上具有总共六个另外的开口4。位于壁元件的外周缘上的向外伸出的突出部之间的是紧固区域5,在该紧固区域处,壁元件例如通过点焊连接到壳体元件。

[0048] 图2.a)和图2.b)从两个视角方向示出腔室的第二实施例12的两个透视图。在该实施例中,壳体元件1具有截头圆锥体的形状。

[0049] 图2.c)示出相同的第二实施例12的平面视图。

[0050] 图2.d)示出相同的第二实施例12的侧视图。举例来说,截头圆锥体的半张角可为 3° ,如在该侧视图所示出的。举例来说,腔室的长度L可在从20mm至30mm的范围内。腔室的该实施例还具有三个壁元件2、2'、2''。

[0051] 图3.a)和图3.b)从两个视角方向示出腔室的第三实施例13的两个透视图。在该实施例中,壳体元件由两个部分形成,其中,壳体元件的每个部分1'和1''具有截头圆锥体的侧表面的形状,并且其中,在每种情况下,截头圆锥体的具有较小半径的侧部紧固到中间壁元件2'。以这种方式,壳体元件的第一区域(其为径向地更靠近中心轴线定位的区域)位于腔室的中间。

[0052] 图3.c)示出相同的第三实施例13的平面视图。

[0053] 图3.d)示出相同的第三实施例13的侧视图。在该视图中可清楚地看到两个截头圆锥体,这两个截头圆锥体各自具有 3° 的圆锥体的半张角。

[0054] 图4示出沿着中心轴线A延伸通过呈电离真空计形式的真空压力传感器40的纵向截面,该电离真空计具有阳极41和作为阴极的根据本发明的腔室。腔室具有壁元件2、2'、

2”。壳体元件1的形状和位置在这里由作为位置标志的以虚线勾勒的区示意性地指示。这里可设想壳体元件1的各种几何形状,即腔室的上述实施例11、12和13的壳体元件中的任一个在这里是可能的选项。对于腔室的这些实施例中的任一个,腔室是一种推入腔室,其可从真空压力传感器的凸缘侧45推入腔室的图示位置中。位于腔室的径向外部的的是永磁体布置44,其用作用于在腔室内生成磁场的装置。永磁体布置围绕轴线环形地延伸。根据一个可能的实施例,该永磁体布置有利地与由铁磁材料制成的壁元件相互作用。在真空压力传感器的操作期间,即当在阳极和阴极之间施加高电压时,并且当腔室中存在压力传感器的测量范围内的压力时,在阳极周围的等离子体生成区42中生成等离子体。等离子体发射电磁辐射43,该电磁辐射43可通过辐射可透过元件46(例如窗口或透镜)到达外部,如由对应箭头所图示的。

[0055] 图5示出通过真空压力传感器的实施例的纵向截面,该实施例部分地比图4中所示出的实施例更一般化,部分地具有特定的细节。这里示出的真空压力传感器50具有外壳51,该外壳51具有将连接到测量空间的凸缘45。在其相对端部处,在这种情况下形成为透镜的辐射可透过元件46允许从辐射发射区域55发射的电磁辐射传输到外壳的外部。辐射路径可例如跨可选的光学元件53通入分光计54中。指示辐射路径的辐射发射区域55、呈透镜形式的光学元件53和以符号指示的分光计54以虚线示出,以指示这些特征不是真空压力传感器50的部分,但对于理解其功能并且进一步示出具体实施例是有用的。位于外壳内部的腔室具有朝向凸缘45渐缩的截头圆锥体形状的壳体元件1。这样,比第二区域B2更靠近中心轴线的的第一区域B1在更靠近凸缘的侧部上,而第二区域B2更靠近辐射可透过元件46的侧部。阳极棒41布置在外壳和腔室的公共中心轴线上。表示为“+”和“-”的电触点指示真空压力传感器操作的方式。这里示出的变体具有与“+”触点导电连接的中心阳极棒41,使得产生倒置磁控管的真空压力计。如上文所讨论的,在阳极和阴极的角色切换的情况下,即主要通过将“+”和“-”互换,可通过仅对图5中显示的压力传感器进行小的修改来实施磁控管型规管。外壳51和插入的腔室一起形成传感器的阴极。在外壳的径向外部分布有用于在外壳的内部中生成磁场的装置52。腔室具有由2、2'和2"表示的三个壁元件,壁元件中的每个具有中心轴线延伸跨过的开口。光学元件53可以可选地在轴向方向上可移动,如由双侧箭头所指示得,以便在辐射发射区域55沿着阳极移位的情况下或者在辐射发射区域55取决于压力在其轴向延伸中延伸或收缩时调节焦点。

[0056] 图6示出在壁元件的中心处的第一开口的形状的变体。仅示出相应壁元件的一小部分。这里示出的所有变体具有的共同之处是,第一开口3由壁元件的内边沿环绕,其中,内边沿至少具有朝向中心轴线A突出的第一部段S1(在图6.a)至图6.c)中未标记)和比第一部段更远离所述中心轴线的第二部段S2。多个突出部段S1是可能的,例如,在图6.a)和图6.b)中存在三个第一部段S1,并且在图6.c)中存在六个第一部段S1。图6.d)示出由内边沿的圆锥形表面形成的突出区域S1。这里示出的所有变体都可用作点火辅助,即,用于帮助等离子体可被点燃并使其维持在处于相对于真空压力计的测量范围的相对低的压力。突出部段可形成为尖锐的尖部,如在图6.b)和图6.d)中,或者它们可形成为具有大半径(图6.a)或者在其中部段S2的对应凹部形成在其附近的情况下甚至是平坦的(图6.d)。

[0057] 图7.a)至图7.e)示出壁元件中的第一开口的轮廓的变体,所有变体都基于开口的5mm的近似直径。突出部段(S1)和凹进部段(S2)分别沿着开口的周缘重复三次(图7.a)和图

7.b)、六次(图7.c)、四次(图7.d)或八次(图7.e)。突出部段可被限制于周缘的一小部分(图7.a)或覆盖周缘的一大部分(图7.b、图7.c、图7.d),由在其间的更多限制的凹部分开。

[0058] 图8.a)至图8.d)示出完整的壁元件的透视图,该壁元件可具有上述图之一中的壁元件2、2'或2"中的一个的作用,并且具有第一开口3,该第一开口3具有如图7的对应子图中所示出的轮廓。即,作为示例,图8.a)中的第一开口的轮廓具有图7.a)中显示的几何形状。图8中示出的壁元件的厚度可为大约1.5mm,以匹配如图7的对应子图中指示的尺寸。这些壁元件可例如由铁磁材料制成。除了这里示出的第一开口3之外,壁元件可进一步修改为具有在其它径向位置处的附加开口,如例如图1.c)中所示出的。图8中所示出的所有壁元件的第一开口的形式可用作点火辅助,使得等离子体在相对低的压力下被点燃。

[0059] 返回到本发明的所有实施例的技术效果,发明人已经认识到,本发明还使得有可能以几何方式实现场强变化,而不是将电极之间的电压设置到适当的值。相反,现在有可能寻找合适的空间位置。举例来说,在具有沿着阳极周围的圆的多边形截面的实施例中,可寻找具有最大光的位置并将其用于光学评估。如果过程条件变化,则可跟踪该几何位置。

[0060] 圆锥形和圆锥-多边形类型的实施例使得沿着轴线改变等离子体密度成为可能。这具有的优点是,有可能定位发光体积并将其与找到溅射最小值相结合,即,辐射可透过元件的长使用寿命是可能的。

[0061] 附图标记列表

- 1壳体元件
- 1',1"多部分壳体元件的部分
- 2,2',2"壁元件
- 3第一开口(在壁元件中)
- 4第二/另外的开口(在壁元件中)
- 5 壁元件上的紧固区域
- 6 壁元件上的标记
- 11,12,13腔室的实施例
- 40真空压力传感器
- 41阳极,例如阳极棒
- 42等离子体生成区
- 43辐射
- 44永磁体布置
- 45凸缘
- 46辐射可透过元件
- 50真空压力传感器
- 51外壳
- 52用于生成磁场的装置
- 53光学元件
- 54分光计
- 55辐射发射区域
- A中心轴线

B1第一区域(更靠近中心轴线)
B2第二区域(更远离中心轴线)
L(腔室的)长度
S1壁元件的内边沿的第一部段
S2壁元件的内边沿的第二部段。

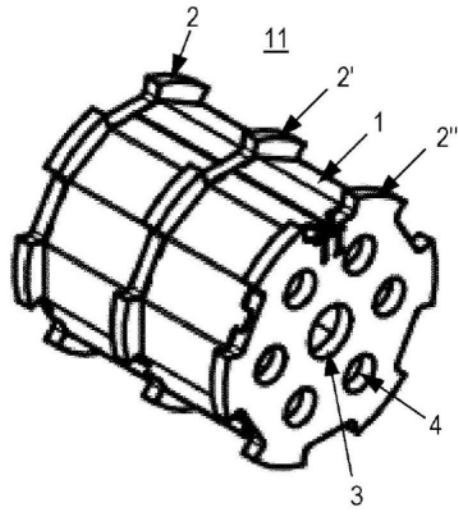


图1.a)

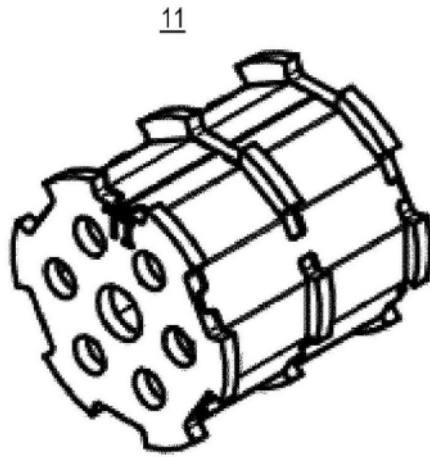


图1.b)

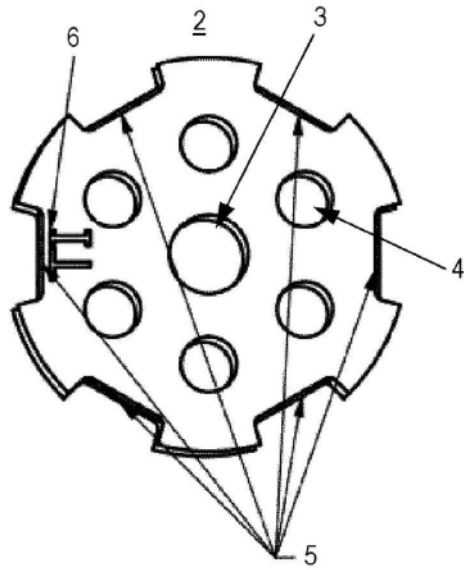


图1.c)

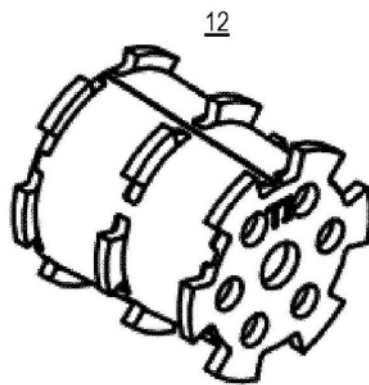


图2.a)

11

12



图2.b)

12

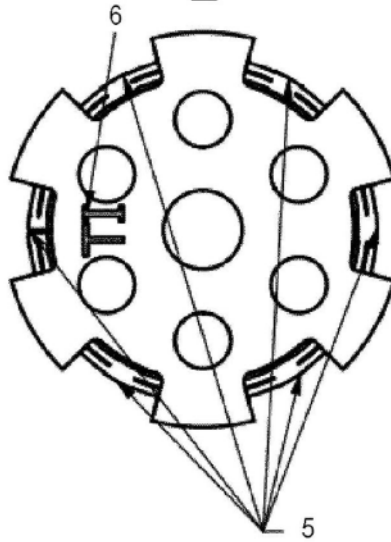


图2.c)

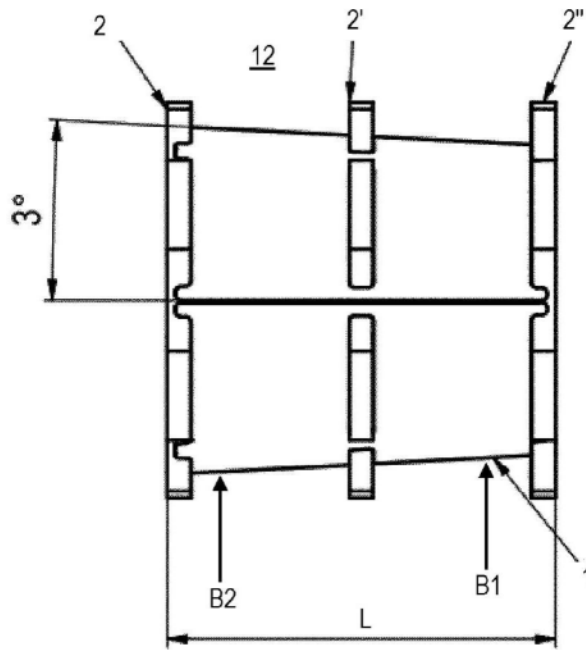


图2.d)

13

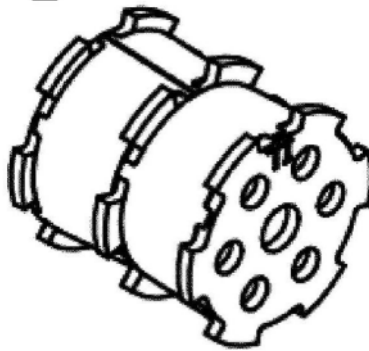


图3.a)

13

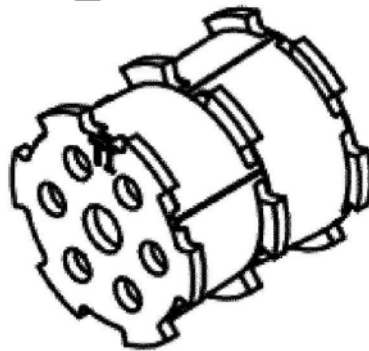


图3.b)

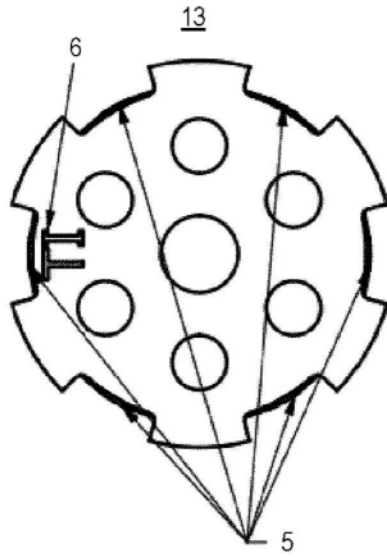


图3.c)

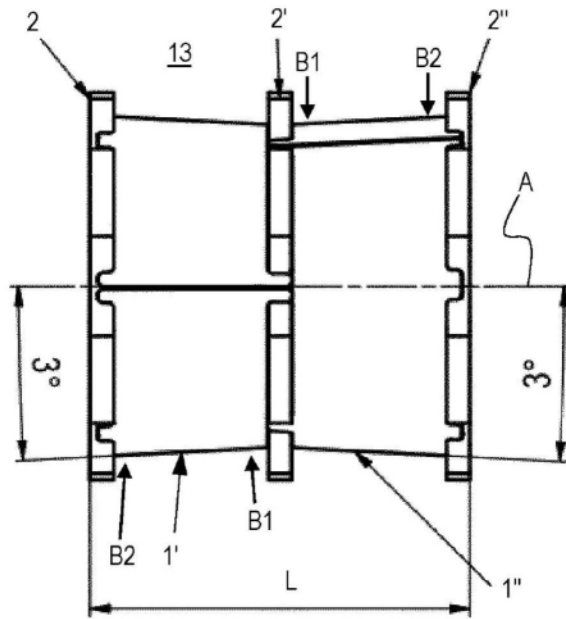


图3.d)

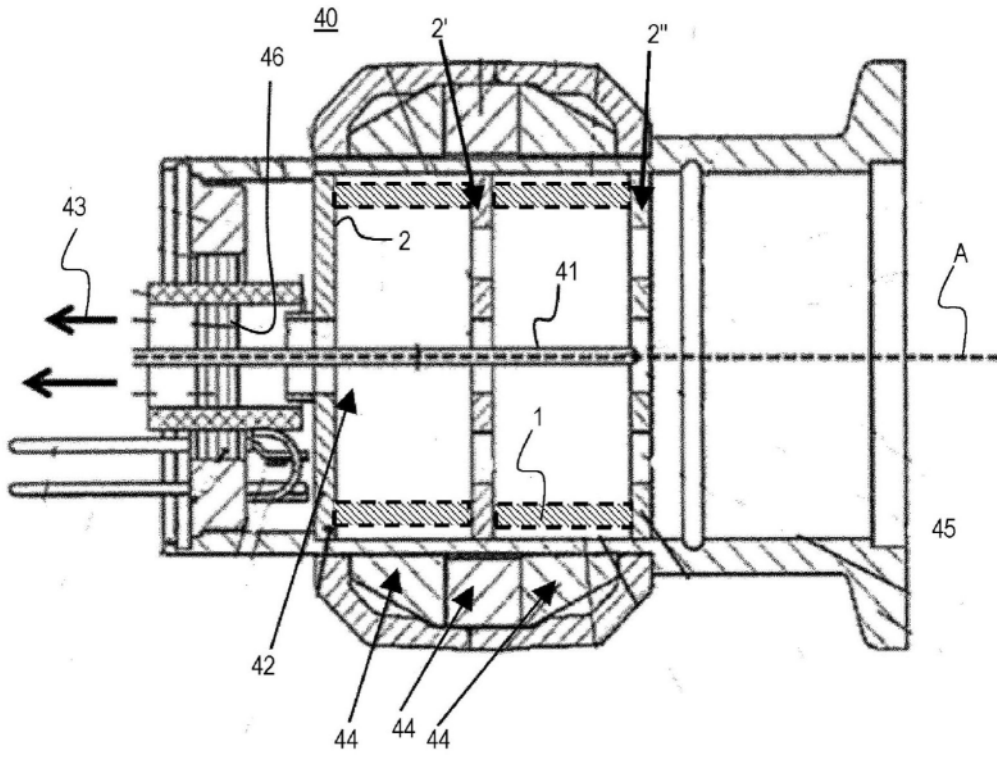


图4

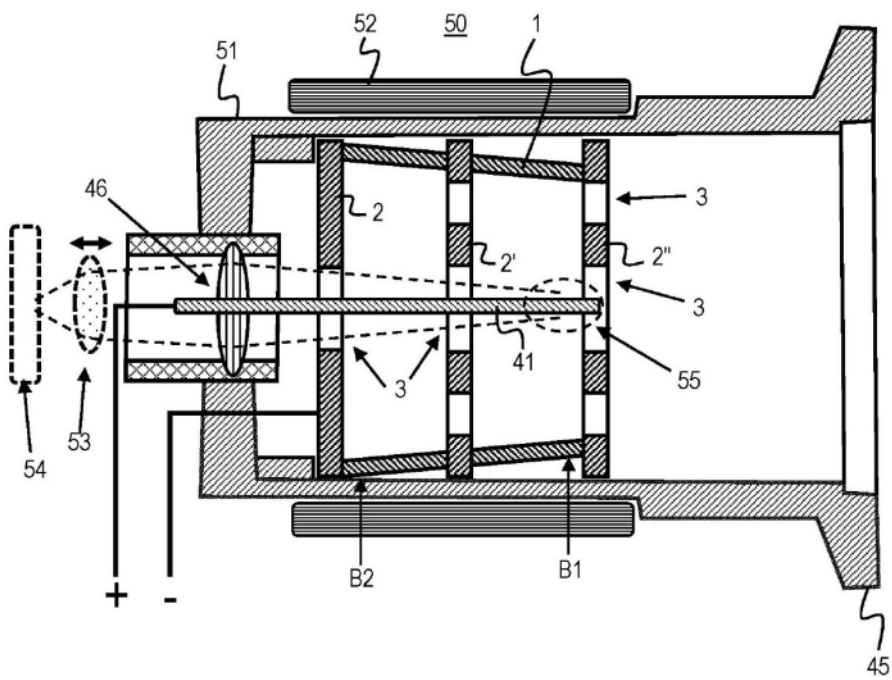


图5

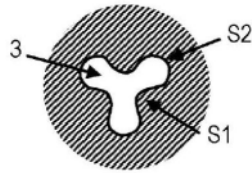


图6.a)

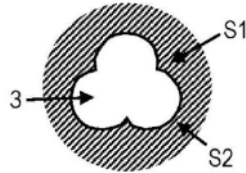


图6.b)

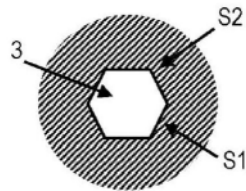


图6.c)

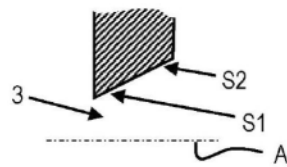


图6.d)

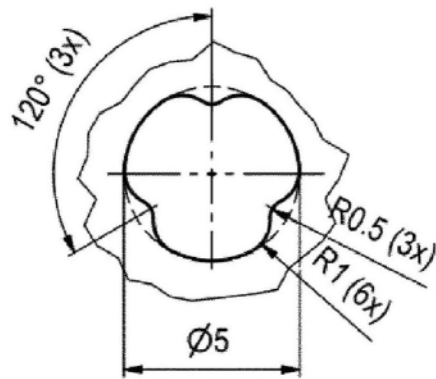


图7.a)

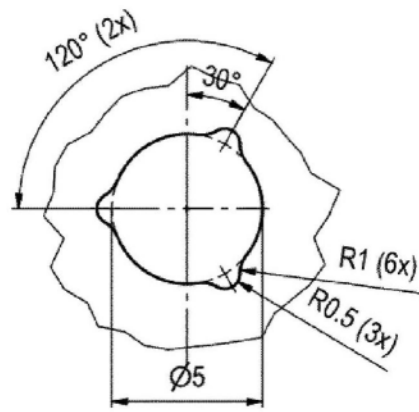


图7.b)

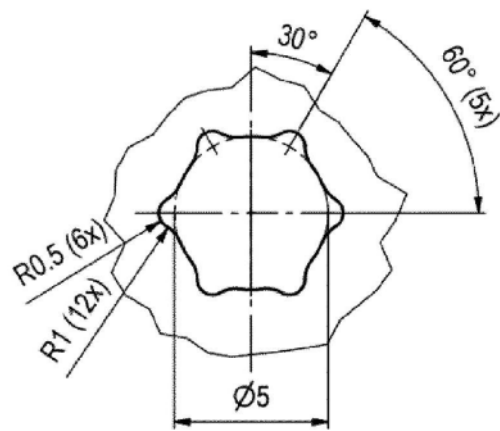


图7.c)

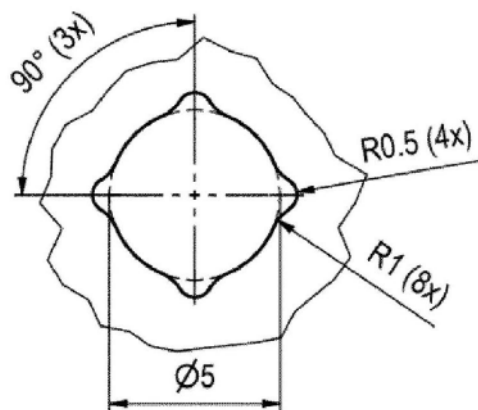


图7.d)

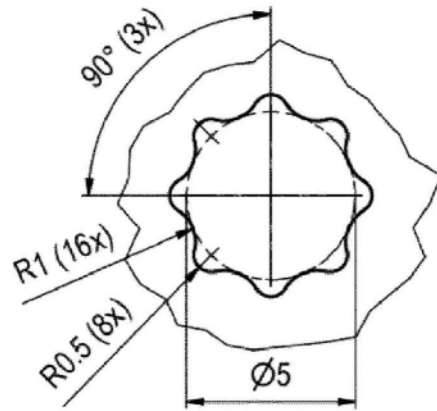


图7.e)

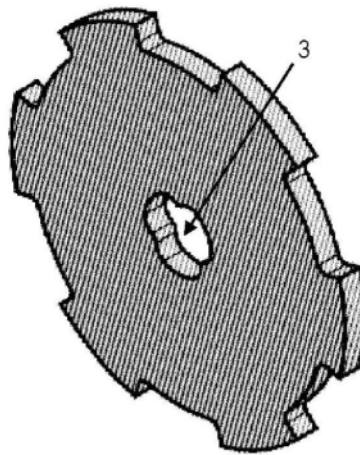


图8.a)

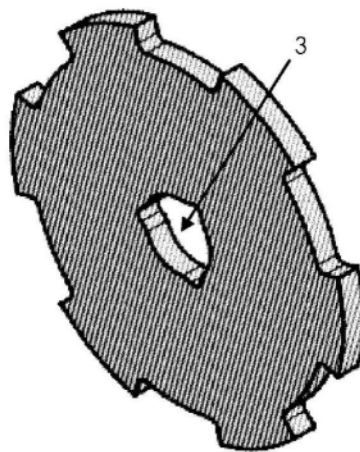


图8.b)

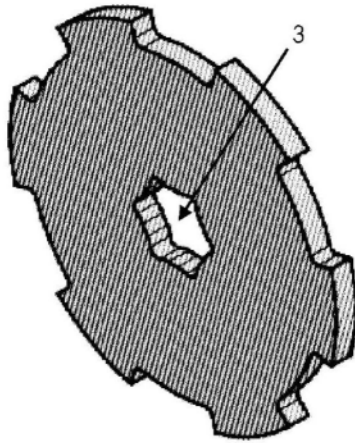


图8.c)

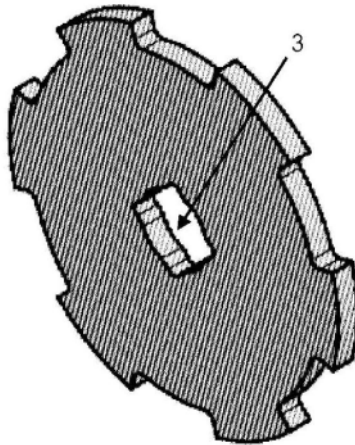


图8.d)