



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112513402 A

(43) 申请公布日 2021.03.16

(21) 申请号 201980050505.X

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
司 31100

(22) 申请日 2019.07.26

代理人 张佳鑫 王颖

(30) 优先权数据

16/049,608 2018.07.30 US

(51) Int.Cl.

E21B 4/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.01.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/043741 2019.07.26

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/028186 EN 2020.02.06

(71) 申请人 XR井下有限责任公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 D·P·梅西 G·普利弗斯特

M·V·威廉姆斯 E·C·斯帕茨

M·R·利斯 W·W·金

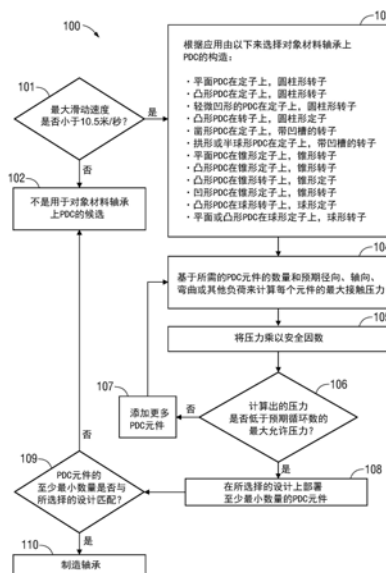
权利要求书3页 说明书18页 附图25页

(54) 发明名称

多晶金刚石向心轴承

(57) 摘要

本发明提供一种向心轴承组件。向心轴承组件包括多晶金刚石元件,其分别具有与相对接合表面滑动接合的接合表面。相对接合表面包括金刚石反应性材料。向心轴承组件可以被部署于各种组件和应用中,包括于转子和定子组件中。还提供向心轴承组件的使用方法以及设计向心轴承组件的方法。





21. 如权利要求16所述的向心轴承组件,其中,转子包括界定相对接合表面的锥形表面,其中,多晶金刚石元件的接合表面与锥形表面接触,并且其中,多晶金刚石元件限制转子的横向和向上轴向移动并允许转子的旋转。

22. 如权利要求16所述的向心轴承组件,其中,相对接合表面是转子上的凸表面,其中,多晶金刚石元件的接合表面与凸表面接触,并且其中,多晶金刚石元件限制转子的横向和向上轴向移动并允许转子的旋转。

23. 如权利要求16所述的向心轴承组件,其进一步包含布置于定子上的环中的多个多晶金刚石元件。

24. 如权利要求15所述的向心轴承组件,其中,多晶金刚石元件定位并布置于转子上并与定子滑动接触,并且其中,定子包括至少一些金刚石反应性材料并在其上包括相对接合表面。

25. 如权利要求24所述的向心轴承组件,其中,多晶金刚石元件定位于转子中的套筒中。

26. 如权利要求24所述的向心轴承组件,其中,多晶金刚石元件限制转子的横向移动并允许转子的旋转。

27. 如权利要求24所述的向心轴承组件,其中,定子包括界定相对接合表面的锥形表面,其中,多晶金刚石元件的接合表面与锥形表面接触,并且其中,多晶金刚石元件限制转子的横向和向上轴向移动并允许转子的旋转。

28. 如权利要求24所述的向心轴承组件,其中,相对接合表面是定子上的凹表面,其中,多晶金刚石元件的接合表面是凸形的并与定子的凹表面接触,并且其中,凸形多晶金刚石元件限制转子的横向和向上轴向移动并允许转子的旋转。

29. 如权利要求1所述的向心轴承组件,其进一步包含相对接合表面上的固态润滑剂。

30. 一种方法,包括:

提供向心轴承组件,该向心轴承组件包括多晶金刚石元件,其中,各个多晶金刚石元件包括接合表面;以及

通过多晶金刚石元件在转子与定子之间对接而形成接合,使得接合表面与相对接合表面滑动接合,其中,相对接合表面包括至少一些金刚石反应性材料。

31. 如权利要求30所述的方法,其中,提供向心轴承组件包括高度磨光、抛光或高度抛光接合表面。

32. 如权利要求31所述的方法,其中,抛光接合表面,使得表面光洁度小于或等于 $20\mu\text{in}$ 。

33. 如权利要求30所述的方法,其中,在转子和定子之间对接而形成接合包括避免多晶金刚石元件和相对接合表面之间的边接触和点接触。

34. 如权利要求30所述的方法,其进一步包含在对接之前使相对接合表面被碳饱和。

35. 如权利要求30所述的方法,其中,金刚石反应性材料包含:铁或其合金、钴或其合金、镍或其合金、钨或其合金、钼或其合金、铌或其合金、钽或其合金、铬或其合金、锰或其合金、铜或其合金;钛或其合金;或钽或其合金;或者

其中,金刚石反应性材料包含铁基、钴基或镍基超合金。

36. 如权利要求30所述的方法,其包含使向心轴承组件承受轴向和径向负荷。

37. 如权利要求30所述的方法,其中,将多晶金刚石元件提供于定子上,并且其中,相对接合表面在转子上。

38. 如权利要求30所述的方法,其中,将多晶金刚石元件提供于转子上,并且其中,相对接合表面在定子上。

39. 如权利要求30所述的方法,其进一步包含在相对接合表面上提供固态润滑剂。

40. 一种设计转子和定子的向心轴承组件的方法,其中,向心轴承组件包括多晶金刚石元件,各个多晶金刚石元件包括与相对接合表面滑动接合的接合表面,相对接合表面包括至少一些金刚石反应性材料,该方法包含:

判断转子和定子的最大滑动速度是否小于预设限值;

如果最大滑动速度小于预设限值,选择转子和定子中的向心轴承组件的构造;

基于所选择的转子和定子中的向心轴承组件的构造中所选择的多晶金刚石元件的数量,并且基于预期负荷,计算每个多晶金刚石元件的最大接触压力,其中,任选地,将计算出的最大接触压力除以安全因数;

确定计算出的任选地除以安全因数的最大接触压力是否低于预设的最大允许压力;

其中,如果确定计算出的最大接触压力低于预设的最大允许压力,在所选择的转子和定子中的向心轴承组件的构造上部署至少最小数量的多晶金刚石元件,并且,如果多晶金刚石元件的数量与所选择的转子和定子中的向心轴承组件的构造相匹配,制造转子和定子的向心轴承组件。

## 多晶金刚石向心轴承

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2018年7月30日提交的美国专利申请号16/049,608(在审)的权益,其全部内容通过引用纳入本文。

[0003] 本申请涉及2017年2月10日提交的题为钻孔机(原文:Drilling Machine)的美国专利申请号15/430,254,该专利申请被转让给与本申请相同的受让人,并且通过引用将其全文纳入本文。本申请还涉及:同时提交的题为“具有超硬元件的滚珠组件(原文:Roller Ball Assembly with Superhard Elements)”的美国专利申请;同时提交的题为“具有多晶金刚石接合元件的凸轮从动件(原文:Cam Follower with Polycrystalline Diamond Engagement Element)”的美国专利申请;以及同时提交的题为“多晶金刚石推力轴承及其元件(原文:Polycrystalline Diamond Thrust Bearing and Element Thereof)”的美国专利申请,其每一者都被转让给与本申请相同的受让人,并且通过引用将其全文纳入本文。

[0004] 关于联邦资助开发研究的声明

[0005] 无。

### 技术领域

[0006] 本公开涉及向心轴承、包括向心轴承的装置和系统、及其使用方法。

### 背景技术

[0007] 向心轴承用于在工具、机械和组件中承受负荷。热稳定多晶金刚石(TSP)(有或无碳化钨支承)和多晶金刚石复合物(PDC或PCD)被认为不适用于机械加工金刚石反应性材料,包括铁类金属和含痕量以上的金刚石催化剂或溶剂元素(包括钴、镍、钨、铈、钼、铜、钛或钽)的其他金属、金属合金、复合物、硬面、涂层或镀层。此外,上述不适用多晶金刚石的情况还扩展到所谓的“超合金”,包括含痕量以上的金刚石催化剂或溶剂元素的铁基、钴基和镍基超合金。通常用于机械加工此类材料的表面速度通常在约0.2m/s~约5m/s。虽然该表面速度并不是特别高,但是所产生的负荷以及伴随的温度(例如在切割尖端处)经常会超过金刚石的石墨化温度(即约700°C),其可能在金刚石催化剂或溶剂元素的存在下导致组件的快速磨损和故障。不受理论的束缚,具体的故障机理被认为由含碳的金刚石与被机械加工的亲碳的材料之间的化学相互作用所导致。关于多晶金刚石不适用于含金刚石催化剂或溶剂的金属或合金的机械加工的示例性参考文献是美国专利号3,745,623,其全部内容通过引用纳入本文。多晶金刚石不适用于机械加工含金刚石催化剂或金刚石溶剂的材料,导致了长期以来在所有与此类材料接触的应用中均不使用多晶金刚石。

[0008] 已开发出多晶金刚石向心轴承,其具有多晶金刚石轴承表面,该多晶金刚石轴承表面与非铁类超硬材料匹配,或更常见的是与紧密相配的互补的多晶金刚石表面匹配。本文中,“超硬材料”是至少与碳化钨(例如碳化钨水泥或碳化钨砖)一样硬的材料。关于与超硬材料或与相配的多晶金刚石接触的多晶金刚石向心轴承的示例性参考文献是授予McPherson并转让给史密斯国际公司(原文:Smith International Inc.)的美国专利号4,



## 发明内容

[0012] 本公开的一些方面包括向心轴承组件,其包括多晶金刚石元件。各个多晶金刚石元件包括与相对接合表面滑动接合的接合表面。相对接合表面由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。

[0013] 本公开的其他方面包括在组件之间(包括在转子和定子之间)对接而形成接合的方法。该方法包括提供一种向心轴承组件,其包括多晶金刚石元件,各个多晶金刚石元件具有接合表面。该方法包括通过多晶金刚石元件在转子与定子之间对接而形成接合,使得接合表面与相对接合表面滑动接合,该相对接合表面包括至少一些金刚石反应性材料。

[0014] 本公开的其他方面包括设计转子和定子的向心轴承组件的方法。向心轴承组件包括多晶金刚石元件,各个多晶金刚石元件包括与相对接合表面滑动接合的接合表面,该相对接合表面由至少一些金刚石反应性材料形成或含有至少一些金刚石反应性材料。该方法包括确定转子和定子的最大滑动速度是否小于预设限值(例如10.5m/s)。如果最大滑动速度小于预设限值,该方法包括选择定子和转子中的向心轴承组件的构造。该方法包括基于所选择的定子和转子中的向心轴承组件的构造中所选择的多晶金刚石元件的数量,并且基于预期负荷,计算每个多晶金刚石元件的最大接触压力。任选地,将计算出的最大接触压力除以安全因数。该方法包括确定计算出的任选地除以安全因数的最大接触压力是否低于预设的最大允许压力。如果确定计算出的最大接触压力低于预设的最大允许压力,该方法包括在所选择的定子和转子中的向心轴承组件的构造上部署至少最小数量的多晶金刚石元件。如果多晶金刚石元件的数量与所选择的定子和转子中的向心轴承组件的构造相匹配,该方法包括制造向心轴承组件、转子和定子的组件。

[0015] 附图简要说明

[0016] 为了可以更详细地理解本公开的系统、装置和/或方法的特征和优点,可以参考形成本说明书的一个部分的附图中所示的实施方式,来对上述简要概述进行更具体的描述。但是,应当注意的是,附图仅示出各种示例性实施方式,因此不应视为对所公开概念的限制,因为其也可以包括其他有效实施方式。

[0017] 图1所示为显示本公开技术的使用的通用评价标准的流程图。

[0018] 图2A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。

[0019] 图2B所示为图2A的转子和定子向心轴承组件沿着线A-A的剖视图。

[0020] 图3A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。

[0021] 图3B所示为图3A的组件沿着线B-B的剖视图。

[0022] 图4A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。

[0023] 图4B所示为图4A的组件沿着线C-C的剖视图。

[0024] 图5A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。

[0025] 图5B所示为图5A的组件沿着线D-D的剖视图。

[0026] 图6A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。

[0027] 图6B所示为图6A的组件沿着线E-E的剖视图。

[0028] 图7A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。

[0029] 图7B所示为图7A的组件沿着线F-F的剖视图。

[0030] 图8A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。

- [0031] 图8B所示为图8A的组件沿着线G-G的剖视图。
- [0032] 图9A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。
- [0033] 图9B所示为图9A的组件沿着线H-H的剖视图。
- [0034] 图10A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。
- [0035] 图10B所示为图10A的组件沿着线I-I的顶部剖视图。
- [0036] 图11A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。
- [0037] 图11B所示为图11A的组件沿着线J-J的剖视图。
- [0038] 图12A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。
- [0039] 图12B所示为图12A的组件沿着线K-K的剖视图。
- [0040] 图13A所示为本申请的技术的实施方式的转子和定子向心轴承组件的部分侧视图。
- [0041] 图13B所示为图13A的组件沿着线L-L的剖视图。
- [0042] 现在将参照示出了各种示例性实施方式的附图,来更全面地描述本公开的系统、装置和方法。但是,本公开的概念可以以许多不同的形式来实施,并且不应被解读成受本文所提出的实施方式的限制。相反,提供这些实施方式使得本公开彻底且完整,并向本领域技术人员充分传达各种概念的范围以及最佳和优选的实施方式。

### 具体实施方式

[0043] 本公开的某些方面包括向心轴承和向心轴承组件、以及包括该向心轴承和向心轴承组件的装置和系统、以及其使用方法。为方便起见,以下描述给出了外部定子组件和内部转子组件。但是,本领域技术人员应理解,在本公开的各个示例性实施方式中,内部组件可以保持静止而外部组件可以旋转。另外,本领域技术人员应理解,尽管本公开的描述针对转子和定子构造,但是本文公开的技术不限于此类应用,并且可以应用于包括带有内圈和外圈的分立轴承的各种其他应用中,其中外圈和内圈都旋转,或者外圈和内圈中的一个或另一个保持静止。

[0044] 金刚石反应性材料

[0045] 本文中,“金刚石反应性材料”是一种含痕量以上的金刚石催化剂或金刚石溶剂的材料。本文中,含“痕量”以上的金刚石催化剂或金刚石溶剂的金刚石反应性材料中,含有至少2重量百分比(重量%)的金刚石反应性材料。在一些方面中,本公开的金刚石反应性材料含有2~100重量%、或5~95重量%、或10~90重量%、或15~85重量%、或20~80重量%、或25~75重量%、或25~70重量%、或30~65重量%、或35~60重量%、或40~55重量%、或45~50重量%的金刚石催化剂或金刚石溶剂。本文中,“金刚石催化剂”是例如在负荷下并在达到或超过金刚石的石墨化温度的温度下(即约700℃),能够催化多晶金刚石石墨化的化学元素、化合物或材料。本文中,“金刚石溶剂”是例如在负荷下并在达到或超过金刚石的石墨化温度的温度下,能够使多晶金刚石增溶的化学元素、化合物或材料。因此,金刚石反应性材料包括这样的材料,其在负荷下并在达到或超过金刚石的石墨化温度的温度下,可

以导致由多晶金刚石形成或包括其的组件(例如金刚石尖头工具)磨损、有时快速磨损、以及故障。

[0046] 金刚石反应性材料包括但不限于含痕量以上的金刚石催化剂或溶剂元素的金属、金属合金和复合材料。在一些方面中,金刚石反应性材料为硬面、涂层或镀层的形态。例如但不限于,金刚石反应性材料可以是铁、钴、镍、钨、铈、钼、铬、锰、铜、钛、钽、或其合金。在一些方面中,金刚石反应性材料为超合金,包括但不限于铁基、钴基和镍基超合金。在某些方面中,金刚石反应性材料不是和/或不包括(即明确排除)所谓的“超硬材料”。本领域技术人员应理解,“超硬材料”是由材料的硬度所定义的一类材料,其可以根据布氏、洛氏、努氏和/或维氏标度来确定。例如,超硬材料包括当通过维氏硬度测试进行测量时硬度值超过40吉帕斯卡(GPa)的材料。本文中,超硬材料包括至少与碳化钨砖和/或碳化钨水泥一样硬的材料,例如根据这些硬度标度之一(例如布氏标度)确定。本领域技术人员应理解,布氏硬度测试例如可以根据ASTM E10-14实施;维氏硬度测试例如可以根据ASTM E384实施;洛氏硬度测试例如可以根据ASTM E18实施;以及努氏硬度测试例如可以根据ASTM E384实施。本公开的“超硬材料”包括但不限于:碳化钨(例如砖或水泥)、渗透的碳化钨基质、碳化硅、氮化硅、立方氮化硼和多晶金刚石。因此,在一些方面中,“金刚石反应性材料”部分地或完全地由比超硬材料更软(不更硬)的材料(例如金属、金属合金、复合物)构成,该材料例如与碳化钨(例如砖或水泥)相比不更硬,例如根据这些硬度测试之一(例如布氏标度)确定。

[0047] 使多晶金刚石与金刚石反应性材料对接

[0048] 在一些方面中,本公开提供通过与金刚石反应性材料接触的多晶金刚石元件在转子和定子之间对接而形成接合。例如,多晶金刚石元件可以定位并布置于定子上从而与转子滑动接触,其中转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。或者,多晶金刚石元件可以定位并布置于转子上从而与定子滑动接触,其中定子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件可以具有接合表面,其用于与金刚石反应性材料的相对接合表面接合。本文中,“接合表面”是指定位并布置于轴承组件中的材料(例如多晶金刚石或金刚石反应性材料)的表面,从而使得在轴承组件运行中,接合表面在两个组件之间(例如在定子和转子之间)对接而形成接触。“接合表面”在本文中也可以指“轴承表面”。

[0049] 在一些方面中,相对接合表面包括至少2重量%的金刚石反应性材料或由其构成,或包括2~100重量%、或5~95重量%、或10~90重量%、或15~85重量%、或20~80重量%、或25~75重量%、或25~70重量%、或30~65重量%、或35~60重量%、或40~55重量%、或45~50重量%的金刚石反应性材料或由其构成。

[0050] 在某些应用中,多晶金刚石元件(或至少其接合表面)是磨光的或抛光的,任选为高度磨光的或高度抛光的。虽然在至少一些应用中优选高度抛光的多晶金刚石元件,但是本公开的范围不限于高度抛光的多晶金刚石元件,并且包括高度磨光的或抛光的多晶金刚石元件。本文中,如果表面的表面光洁度为 $20\mu\text{in}$ 或约 $20\mu\text{in}$ (例如表面光洁度在约 $18\sim$ 约 $22\mu\text{in}$ ),则定义该表面为“高度磨光的”。本文中,如果表面的表面光洁度小于约 $10\mu\text{in}$ ,或在约 $2\sim$ 约 $10\mu\text{in}$ ,则定义该表面为“抛光的”。本文中,如果表面的表面光洁度小于约 $2\mu\text{in}$ ,或在约 $0.5\mu\text{in}\sim$ 小于约 $2\mu\text{in}$ ,则定义该表面为“高度抛光的”。在一些方面中,接合表面101的表面光洁度在 $0.5\mu\text{in}\sim 40\mu\text{in}$ ,或在 $2\mu\text{in}\sim 30\mu\text{in}$ ,或在 $5\mu\text{in}\sim 20\mu\text{in}$ ,或在 $8\mu\text{in}\sim 15\mu\text{in}$ ,或小

于 $20\mu\text{in}$ ,或小于 $10\mu\text{in}$ ,或小于 $2\mu\text{in}$ ,或为其间的任意范围。被抛光至表面光洁度为 $0.5\mu\text{in}$ 的多晶金刚石的摩擦系数约为标准磨光的表面光洁度为 $20-40\mu\text{in}$ 的多晶金刚石的一半。Lund等人的美国专利号5,447,208和5,653,300(其全部内容通过引用纳入本文)提供了与多晶金刚石的抛光相关的公开。本领域技术人员应理解,表面光洁度可以通过表面光度仪或通过原子力显微镜测量。

[0051] 下面的表1中汇总了各种材料(包括抛光的多晶金刚石)在干燥的静止状态下以及在润滑的静止状态下的摩擦系数,其中“第一材料”为相对于“第二材料”被移动来确定第一材料的CoF的材料。

[0052] 表1\*

第一材料	第二材料	干燥状态	润滑状态
硬钢	硬钢	0.78	0.05-0.11
碳化钨	碳化钨	0.2-0.25	0.12
金刚石	金属	0.1-0.15	0.1
金刚石	金刚石	0.1	0.05-0.1
抛光的PDC	抛光的PDC	估计0.08-1	估计0.05-0.08
抛光的PDC	硬钢	估计0.08-0.12	估计0.08-0.1

[0054] \*参考资料包括《机械手册(原文:Machinery's Handbook)》;Sexton TN,Cooley CH;用于井下石油和天然气钻井工具的多晶金刚石推力轴承;Wear2009;267:1041-5。

[0055] 评价标准

[0056] 图1描述了在干燥的、非润滑的环境中使用本申请技术的一套代表性的通用评价标准的流程图100。如方框101所示,首先评价应用中的最大滑动速度是否小于 $10.5\text{m/s}$ 。本文中,“滑动速度”,也被称为“滑动界面速度”,是指相接触的两个组件相对于彼此移动的速度(例如与定子接触的转子相对于定子移动的速度)。

[0057] 如果确定最大滑动速度不小于 $10.5\text{m/s}$ ,则如方框102所示,确定所评价的应用不是用作与金刚石反应性材料滑动接合的多晶金刚石元件的候选应用,因为滑动速度过高。本领域技术人员应理解,滑动界面速度在润滑的或湿润的环境中可以比在干燥的、非润滑的环境中显著更高(如本文中评价的)。

[0058] 如果确定最大滑动速度小于 $10.5\text{m/s}$ ,则如方框103所示,根据当前的特定应用选择多晶金刚石元件的构造(例如形状、尺寸和布置)。方框103列出用于在各种轴承构造中与金刚石反应性材料滑动接合的各种非限制性多晶金刚石元件构造。例如,可以选择平面多晶金刚石元件用在与圆柱形转子接合的定子上,该圆柱形转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择凸形多晶金刚石元件用在与圆柱形转子接合的定子上,该圆柱形转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择具有凹形的、或至少轻微凹形的表面的多晶金刚石元件用在与圆柱形转子接合的定子上,该圆柱形转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择具有凸形的、或至少轻微凸形的表面的多晶金刚石元件用在与圆柱形定子接合的转子上,该圆柱形定子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择凿形多晶金刚石元件用在与带凹槽的转子接合的定子上,该带凹槽的转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可

以选择拱形或半球形多晶金刚石元件用在与带凹槽的转子接合的定子上,该带凹槽的转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择平面多晶金刚石元件用在与锥形转子接合的锥形定子上,该锥形转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择具有凸形的、或至少轻微凸形的表面的多晶金刚石元件用在与锥形转子接合的锥形定子上,该锥形转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择具有凸形的、或至少轻微凸形的表面的多晶金刚石元件用在与锥形定子接合的锥形转子上,该锥形定子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择具有凹形的、或至少轻微凹形的表面的多晶金刚石元件用在与锥形转子接合的锥形定子上,该锥形转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;可以选择具有凸形的、或至少轻微凸形的表面的多晶金刚石元件用在与球形定子接合的球形转子上,该球形定子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料;或者,可以选择具有平面的、凸形的、或至少轻微凸形的表面的多晶金刚石元件用在与球形转子接合的球形定子上,该球形转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。本领域技术人员应理解,本公开不限于这些特别选定的形状和轮廓,转子、定子、多晶金刚石元件和其他应用特异性组件的形状(包括表面轮廓)可以根据特定应用而变化。

[0059] 在选择构造后,如方框103中所列出的,计算每个多晶金刚石元件的最大接触压力。如方框104中所列出的,每个多晶金刚石元件的最大接触压力是基于多晶金刚石元件的数量和预期负荷(包括径向、轴向、弯曲或其他负荷)来计算的。最大接触压力可以通过本领域技术人员已知的方法确定。

[0060] 在计算出每个多晶金刚石元件的最大接触压力后,如方框105中所列出的,将计算出的每个多晶金刚石元件的最大压力除以安全因数。在方框104中所确定的最大压力之上的安全因数的应用,例如可以由设计者酌情设置和应用。因此,如果应用安全因数,其相对于每个多晶金刚石元件的最大接触压力提供每个多晶金刚石元件的降低的压力。

[0061] 方框106中,确定计算出的最大压力是否低于装置的预期循环数的最大允许压力。本领域技术人员应理解,金刚石反应性材料上的疲劳是限制因素。负荷存在于金刚石/金刚石反应性材料(例如金属)界面。组件中PDC元件越多,金属上的瞬间负荷越低。S-N曲线(接触应力对循环数)可用于帮助在方框106中进行确定。

[0062] 如果通过方框106确定计算出的压力不低于最大允许压力,则如方框107中所示,在方框103中选择的设计构造中部署额外的多晶金刚石元件。在部署这些额外的多晶金刚石元件后,在再次按照方框106的标准对这样修改的设计构造进行评估之前,先按照方框104和105对其进行评价。

[0063] 如果通过方框106确定计算出的压力低于最大允许压力,则如方框108中所示,通过在方框103所选择的设计构造的组件上部署上述方框101-106所要求的至少最小数量的多晶金刚石元件(例如将最小数量的多晶金刚石元件附加于定子或转子上)来建立目标设计构造。

[0064] 在方框109确定方框108的多晶金刚石元件的最小数量是否与方框103所选择的构造相匹配。如果确定多晶金刚石元件的最小数量与方框103所选择的构造相匹配,则如方框110所示,制得转子和定子中的轴承组件。如果确定多晶金刚石元件的最小数量与方框103

所选择的构造不匹配,则通过方框102,确定方框103所选择的构造不是用作与金刚石反应性材料滑动接合的多晶金刚石元件的候选构造。

[0065] 当要求的多晶金刚石元件的最小数量与最初选择的设计构造不匹配时,轴承构造的设计者还有由方框103选择替代性轴承构造的选择(未示出)。或者,可以降低安全因数以减少所需要的多晶金刚石元件的最小数量。本领域技术人员应理解,图1所列出的标准仅为示例性的,可以根据特定应用评价其他标准,并且对于至少一些应用,图1中所列出的一些标准可以被省略而不脱离本公开的范围。

[0066] 现参照图2A-13B对各种示例性转子和定子向心轴承组件进行说明。图2A-13B中,相同的参考数字表示相同的元件。例如,在图2A和2B中以参考数字“200”表示示例性组件,在图3A和3B中以参考数字“300”表示示例性组件。

[0067] 具有平面多晶金刚石元件的定子

[0068] 图2A所示为转子和定子向心轴承组件的部分侧视图,并且图2B所示为图2A的转子和定子向心轴承组件沿着线A-A的剖视图。参照图2A和2B对转子和定子向心轴承组件200进行描述。

[0069] 转子和定子向心轴承组件200包括与转子203接合的定子202。四个平面多晶金刚石元件201被配置于定子202中,以在定子202和转子203之间提供滑动接合,其中转子203由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件201被部署(例如机械配置)于定子202中的负载位点204中,该负载位点为形成于和/或定位于定子本体211中的位点。例如但不限于,各个多晶金刚石元件201可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装于定子202上(或在其他应用中于转子上)。本领域技术人员应理解,本公开不限于这些特定的附加方法或位点在定子本体内部的应用,并且多晶金刚石元件可以通过多种方法中的任意一种附加于定子或转子。此外,虽然显示为包括间距相同的平面多晶金刚石元件,本领域技术人员应理解,多晶金刚石元件的数量、间距、装备、形状和尺寸可以根据包括但不限于图1中列出的标准的任意数量的各种设计标准而变化。在一些方面中,多晶金刚石元件由热稳定多晶金刚石(有或无碳化钨支撑)或多晶金刚石复合物构成。

[0070] 各个多晶金刚石元件201包括接合表面213(这里作为平面表面显示),并且转子203包括相对接合表面215。多晶金刚石元件201定位于定子202上并与转子203牢固接触,从而在运行中限制转子203的横向移动,并允许转子203的自由滑动旋转。定位并布置多晶金刚石元件201,使得接合表面213与相对接合表面215接触(例如滑动接触)。因此,接合表面213和相对接合表面215在转子203和定子202之间对接而形成滑动接触。

[0071] 图2A和2B描述了例如可以用于井下泵或电机中的转子和定子。但是,本领域技术人员应理解,用于其他应用的向心轴承以及分立向心轴承可以通过根据本公开相同或相似的方法进行设计和制造。此类分立轴承的非限制性近端和远端尺寸如图2A中的虚线205所示。如图2B所示,任选地,在转子203中提供通孔207,其例如可以被应用于分立轴承中。如图2B所示,多晶金刚石元件201被部署于定子202中,以径向支承转子203并提供与转子203的滑动接合。

[0072] 虽然图2A和2B描述了包括四个多晶金刚石元件201的组件,但是本领域技术人员应理解,根据特定应用和构造(例如定子或转子上此类多晶金刚石元件的可用空间),可以

使用小于四个多晶金刚石元件(例如三个多晶金刚石元件)或大于四个多晶金刚石元件。此外,虽然图2A和2B显示了多晶金刚石元件201的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子(或转子)中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向支承和横向负载能力。

[0073] 具有凸形多晶金刚石元件的定子

[0074] 图3A和3B描述了转子和定子向心轴承组件300,其除了多晶金刚石元件301具有凸形接合表面313而不是图2A和2B的平整的平面接合表面以外,与图2A和2B所示的基本相似。

[0075] 参照图3A和3B,转子和定子向心轴承300包括凸形多晶金刚石元件301,其配置于定子302的定子本体311中,以提供与转子303的滑动接合,该转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件301通过负载位点304被部署于定子302中,并且可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。多晶金刚石元件301被放置于与转子303牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子303的横向移动,并允许转子303的自由滑动旋转。如图3B所示,多晶金刚石元件301被部署于定子302中,以径向支承转子303并提供与转子303的滑动接合。图3B还显示了例如可以用于分立轴承中的任意的通孔307。

[0076] 虽然图3A和3B描述了例如可以用于井下泵或电机中的转子和定子,但是可以通过相同或基本相同的方式设计和制造其他组件,包括分立向心轴承组件。此类分立轴承的非限制性近端和远端尺寸如虚线305所示。此外,虽然图3A和3B显示了四个多晶金刚石元件301,但是本领域技术人员应理解,可以在定子302中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。另外,虽然图3A和3B显示了多晶金刚石元件301的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向支承和横向负载能力。

[0077] 与组件200相同,在运行中,接合表面313与相对接合表面315对接,以承受转子303和定子302之间的负荷。

[0078] 具有凹形多晶金刚石元件的定子

[0079] 图4A和4B描述了转子和定子向心轴承组件400,其除了多晶金刚石元件401具有凹形的、或至少轻微凹形的接合表面413而不是图2A和2B的平整的平面接合表面或图3A和3B的凸形接合表面以外,与图2A-3B所示的基本相似。

[0080] 轻微凹形的多晶金刚石元件401被配置于定子402的定子本体411中,以提供与转子403的滑动接合。多晶金刚石元件401通过负载位点404被部署于定子402中。多晶金刚石元件401可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。多晶金刚石元件401被放置于与转子403牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子403的横向移动,并允许转子403的自由滑动旋转。

[0081] 与组件300相同,在运行中,接合表面413与相对接合表面415对接,以承受转子403和定子402之间的负荷。各个多晶金刚石元件401的至少轻微的凹腔以凹腔的轴取向,与转子403的圆周旋转吻合;因此确保多晶金刚石元件401和转子403之间没有边接触,并提供多晶金刚石元件401和转子403之间(通常是与凹腔的最深部位)的线性区域接触。即,多晶金刚石元件401和转子403之间的接合完全通过接合表面413和相对接合表面415对接而形成,从而使得多晶金刚石元件401的边或点417不与转子403发生接触。因此,在多晶金刚石元件

401和转子403之间,仅发生线性区域接触,不发生边接触或点接触。如图4B所示,多晶金刚石元件401被部署于定子402中,以径向支承转子403并提供与转子403的滑动接合。图4B还显示了例如可以用于分立轴承中的任意的通孔407。

[0082] 虽然图4A和4B描述了例如可以用于井下泵或电机中的转子和定子,但是可以通过相同或基本相同的方式设计和制造包括分立向心轴承组件的组件。此类分立轴承的非限制性近端和远端尺寸如虚线405所示。此外,虽然图4A和4B显示了四个多晶金刚石元件401,但是本领域技术人员应理解,可以在定子402中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。另外,虽然图4A和4B显示了多晶金刚石元件401的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向支承和横向负载能力。

[0083] 具有凸形多晶金刚石元件的转子

[0084] 图5A和5B描述了转子和定子向心轴承组件500,其除了具有凸形的、拱形的接合表面513的多晶金刚石元件501被安装于转子503上而不是于定子上以外,与图3A和3B所示的基本相似。

[0085] 凸形多晶金刚石元件501被配置于转子503的转子本体523中,以提供与定子502的滑动接合,该定子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件501被部署于转子503中,在形成和/或定位于转子本体523中的套筒504中。多晶金刚石元件501可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。多晶金刚石元件501被放置于与定子502牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子503的横向移动,并允许转子503的自由滑动旋转。如图5B所示,多晶金刚石元件501被部署于转子503中,以径向支承定子502并提供与定子502的滑动接合。图5B还显示了例如可以用于分立轴承中的任意的通孔507。

[0086] 虽然图5A和5B描述了例如可以用于井下泵或电机中的转子和定子,但是可以通过相同或相似的方式设计和制造其他组件,包括分立向心轴承组件。此类分立轴承的非限制性近端和远端尺寸如虚线505所示。此外,虽然图5A和5B显示了四个多晶金刚石元件501,但是本领域技术人员应理解,可以在转子503中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。另外,虽然图5A和5B显示了多晶金刚石元件501的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在转子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向支承和横向负载能力。

[0087] 因此,与图2A-4B所示的实施方式相反,在图5A和5B所示的实施方式中,接合表面513在转子503上,并且相对接合表面515在定子502上。

[0088] 具有凿形多晶金刚石元件的定子

[0089] 图6A和6B描述了转子和定子向心轴承组件600,其具有凿形多晶金刚石元件601,其配置于定子602的定子本体611中,以提供与转子603的滑动接合,该转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件601通过负载位点604被部署于定子602中,该负载位点形成于和/或定位于定子本体611中。多晶金刚石元件601可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。

[0090] 多晶金刚石元件601被放置于与转子603的向心/推力表面凹槽606牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子603的横向和轴向移动,并允许转子603的自由滑动旋转。将凿

形多晶金刚石元件601定位、布置、成形、控制尺寸并取向,从而使其与匹配的转子603的向心/推力表面凹槽606滑动接合。凿形多晶金刚石元件601包括接合表面(由凿形多晶金刚石元件601界定),其与相对接合表面(此处为向心/推力表面凹槽606的表面)对接而形成接触。如图6B所示,凿形多晶金刚石元件601被部署于定子602中,以径向和轴向支承转子603并提供与转子603的滑动接合。图6B还显示了例如可以用于分立轴承中的任意的通孔607。图6A和6B所示的实施方式可以进一步起到转子锁扣的作用。

[0091] 虽然图6A和6B描述了例如可以用于井下泵或电机中的转子和定子,但是可以通过相同或相似的方式设计和制造其他组件,包括分立向心轴承组件。此类分立轴承的非限制性近端和远端尺寸如虚线605所示。此外,虽然图6A和6B显示了四个多晶金刚石元件601,但是本领域技术人员应理解,可以在定子602中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件601。另外,虽然图6A和6B显示了多晶金刚石元件601的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0092] 具有拱形或半球形多晶金刚石元件的定子

[0093] 图7A和7B描述了转子和定子向心轴承组件700,其除了多晶金刚石元件701具有拱形或半球形接合表面713而不是凿形多晶金刚石元件以外,与图6A和6B所示的基本相似。

[0094] 拱形或半球形多晶金刚石元件701被配置于定子702的定子壳体711中,以提供与转子703的滑动接合。多晶金刚石元件701通过负载位点704被部署于定子702中,该负载位点形成于和/或定位于定子本体711中。多晶金刚石元件701可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。多晶金刚石元件701被放置于与转子703的向心/推力表面凹槽706牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子703的横向和轴向移动,并允许转子703的自由滑动旋转。拱形或半球形多晶金刚石元件701与匹配的转子703的向心/推力表面凹槽706滑动接合。拱形或半球形多晶金刚石元件701界定接合表面,其与相对接合表面(此处为向心/推力表面凹槽706的表面)对接而形成接触。如图7B所示,拱形或半球形多晶金刚石元件701被部署于定子702中,以径向和轴向支承转子703并提供与转子703的滑动接合。图7B还显示了例如可以用于分立轴承中的任意的通孔707。图7A和7B所示的实施方式可以进一步起到转子锁扣的作用。

[0095] 虽然图7A和7B描述了例如可以用于井下泵或电机中的转子和定子,但是可以通过相同或相似的方式设计和制造其他组件,包括分立向心轴承组件。此类分立轴承的非限制性近端和远端尺寸如虚线705所示。此外,虽然图7A和7B显示了四个多晶金刚石元件701,但是本领域技术人员应理解,可以在定子702中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。另外,虽然图7A和7B显示了多晶金刚石元件的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0096] 具有平面多晶金刚石元件的定子

[0097] 图8A和8B描述了转子和定子向心轴承组件800,其包括平面多晶金刚石元件801,其配置于定子802的定子本体811中,以提供与转子803的滑动接合,该转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件801通过负载位点804被部署于定子802中,该负载位点形成于和/或定位于定子本体811中。多晶金刚石元件

801可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。

[0098] 多晶金刚石元件801被放置于与转子803的向心/推力锥形表面806牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子803的横向和向上轴向移动,并允许转子803的自由滑动旋转。

[0099] 平面多晶金刚石元件801与匹配的转子803的向心/推力锥形表面滑动接合,从而使得接合表面813与相对接合表面806接触并对接。如图8B所示,多晶金刚石元件801被部署于定子802中,以径向和轴向支承转子803并提供与转子803的滑动接合。

[0100] 虽然图8A和8B显示了四个多晶金刚石元件801,但是本领域技术人员应理解,可以在定子802中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。此外,虽然图8A和8B显示了多晶金刚石元件801的单个圆周排布,但是应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0101] 具有凸形多晶金刚石元件的定子

[0102] 图9A和9B描述了转子和定子向心轴承组件900,其除了多晶金刚石元件901具有凸形接合表面913而不是平面接合表面以外,与图8A和8B所示的基本相似。

[0103] 凸形多晶金刚石元件901被配置于定子902的定子本体911中,以提供与转子903的滑动接合。多晶金刚石元件901通过负载位点904被部署于定子902中,该负载位点形成于和/或定位于定子本体911中。多晶金刚石元件901可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。

[0104] 凸形多晶金刚石元件901被放置于与转子903的向心/推力锥形表面906牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子903的横向和向上轴向移动,并允许转子903的自由滑动旋转。多晶金刚石元件901与匹配的转子903的向心/推力锥形表面滑动接合,从而使得接合表面913与相对接合表面906接触并对接。

[0105] 如图9B所示,凸形多晶金刚石元件901被部署于定子902中,以径向和轴向支承转子903并提供与转子903的滑动接合。

[0106] 虽然图9A和9B显示了四个多晶金刚石元件901,但是本领域技术人员应理解,可以在定子902中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。此外,虽然图9A和9B显示了多晶金刚石元件901的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0107] 具有凸形多晶金刚石元件的转子

[0108] 图10A和10B描述了转子和定子向心和推力轴承组件1000,其包括凸形多晶金刚石元件1001,其配置于转子1003的转子本体1023中,以提供与定子1002的滑动接合,该定子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件1001被部署于转子1003中,在形成和/或定位于转子本体1023中的套筒1004中。多晶金刚石元件1001可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。

[0109] 凸形多晶金刚石元件1001被放置于与定子1002的向心/推力锥形表面1006牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子1003的横向和向上轴向移动,并允许转子1003的自由滑动旋转。凸形多晶金刚石元件1001与匹配的定子1002的向心/推力锥形表面滑动接合,从而使得接合表面1013与相对接合表面1006接触并对接。如图10B所示,凸形多晶金刚石元件1001被部署于转子1003中,以径向和轴向支承主体材料定子1002并提供与定子1002的滑动

接合。

[0110] 虽然图10A和10B显示了四个多晶金刚石元件1001,但是本领域技术人员应理解,可以在转子1003中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。此外,虽然图10A和10B显示了多晶金刚石元件1001的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在转子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0111] 具有平面多晶金刚石元件的定子

[0112] 图11A和11B描述了转子和定子向心和推力轴承组件1100,其包括凹形的、或至少轻微凹形的多晶金刚石元件1101,其配置于定子1102的定子本体1111中,以提供与转子1103的滑动接合,该转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件1101通过负载位点1104被部署于定子1102中,该负载位点形成于和/或定位于其中。多晶金刚石元件1101可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。

[0113] 多晶金刚石元件1101被放置于与转子1103的向心/推力锥形表面1106牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子1103的横向和向上轴向移动,并允许转子1103的自由滑动旋转。多晶金刚石元件1101以凹腔的轴取向,与转子1103的圆周旋转吻合,以确保没有边接触或点接触,并因此确保仅存在(通常与凹腔的最深部位的)线性区域接触。轻微凹形的多晶金刚石元件1101与转子1103的向心/推力锥形表面滑动接合,从而使得接合表面1113与相对接合表面1106接触并对接。

[0114] 如图11B所示,轻微凹形的多晶金刚石元件1101被部署于定子1102中,以径向和轴向支承转子1103并提供与转子1103的滑动接合。

[0115] 虽然图11A和11B显示了四个多晶金刚石元件1101,但是本领域技术人员应理解,可以在定子1102中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。此外,虽然图11A和11B显示了多晶金刚石元件1101的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0116] 具有凸形多晶金刚石元件的转子

[0117] 图12A和12B描述了转子和定子向心和推力轴承组件1200,其包括凸形多晶金刚石元件1201,其配置于转子1203的转子本体1223中,以提供与定子1202的滑动接合。多晶金刚石元件1201被部署于转子1203中,在形成和/或定位于转子本体1223中的套筒1204中。多晶金刚石元件1201可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。

[0118] 凸形多晶金刚石元件1201被放置于与定子1202的向心/推力凹曲表面1206牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子1203的横向和向上轴向移动,并允许转子1203的自由滑动旋转。凸形多晶金刚石元件1201与匹配的定子1202的向心/推力凹曲表面滑动接合,从而使得接合表面1213与向心/推力凹曲表面1206接合。在图12A和121B所示的实施方式中,向心/推力凹曲表面1206为相对接合表面或形成相对接合表面。在组件1200中,与凸形多晶金刚石元件1201的接触区域通常为圆形。但是,本领域技术人员应理解,多晶金刚石元件不限于具有这样的接触区域。

[0119] 如图12B所示,凸形多晶金刚石元件1201被部署于转子1203中,以径向和轴向支承定子1202并提供与定子1202的滑动接合。

[0120] 虽然图12A和12B显示了四个多晶金刚石元件1201,但是本领域技术人员应理解,可以在转子1203中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。此外,虽然图12A和12B显示了多晶金刚石元件1201的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在转子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0121] 具有平面多晶金刚石元件的定子

[0122] 图13A和13B所示为转子和定子向心和推力轴承组件1300的部分侧视图,其包括平面(或拱形,未示出)多晶金刚石元件1301,其配置于定子1302的定子本体1311中,以提供与转子1303的滑动接合,该转子由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。多晶金刚石元件1301通过负载位点1304被部署于定子1302中,该负载位点形成于和/或定位于定子本体1311中。多晶金刚石元件1301可以通过本领域技术人员已知的方法压配、胶合、钎焊、螺纹、或以其他方式安装。

[0123] 多晶金刚石元件1301被放置于与转子1303的向心/推力凸曲表面1306牢固接触的位置上,从而在运行中限制转子1303的横向和向上轴向移动,并允许转子1303的自由滑动旋转。向心/推力凸曲表面1306为相对接合表面或形成相对接合表面。多晶金刚石元件1301与转子1403的向心/推力凸曲表面1306滑动接合,从而使得接合表面1313与相对接合表面(即向心/推力凸曲表面1306)接合。在组件1300中,与平面或拱形多晶金刚石元件的接触区域通常为圆形。但是,本领域技术人员应理解,多晶金刚石元件可以具有不同的接触区域。

[0124] 如图13B所示,平面多晶金刚石元件1301被部署于定子1302中,以径向和轴向支承转子1303并提供与转子1303的滑动接合。

[0125] 虽然图13A和13B显示了四个多晶金刚石元件1301,但是本领域技术人员应理解,可以在定子1302中部署更少的(例如三个)或更多的多晶金刚石元件。此外,虽然图13A和13B显示了多晶金刚石元件1301的单个圆周排布,但是本领域技术人员应理解,可以在定子中部署多晶金刚石元件的一个或多个额外的圆周排布,以增加轴承组件的横向和轴向支承以及横向和轴向负载能力。

[0126] 如图2A-13B所示,本公开的一些方面包括高性能的向心轴承,其结合有与弯曲的或圆柱形的表面滑动接合的多晶金刚石元件,该表面由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料。这些方面中的一些包括高性能向心轴承,其中含有金刚石反应性材料的转子与优选三个或更多个安装于定子上的多晶金刚石元件滑动接触。定子的多晶金刚石元件优选为平面,但是也可以是轻微凹形、凸形或以上三者的任意组合。定子的多晶金刚石元件的表面轮廓不需要(并且优选不)与定子的圆周曲线吻合。虽然优选三个或更多个多晶金刚石元件,本申请的技术也可以以一个或两个多晶金刚石元件实施,例如其中多晶金刚石元件被用于降低水平取向的正置换泵中定子的地势较低侧或相对于定向钻孔组件的划线侧的磨损和摩擦。

[0127] 在某些应用中,本公开的轴承组件被构造用于抵抗推力负荷。本公开的轴承组件的至少一些实施方式能够同时处理向心和推力负荷的组件。

[0128] 本公开的轴承组件的至少一些实施方式在经济上是可行的并具有相对大的直径。

[0129] 边缘弧度处理

[0130] 在一些方面中,对多晶金刚石元件实施边缘弧度处理。多晶金刚石元件的边缘弧度处理在本领域中是已知的。在本申请的技术的一些采用平面或凸形多晶金刚石元件的实施方式中,优选实施这种多晶金刚石元件的边缘弧度处理。实施边缘弧度处理的一个目的为,降低或避免外边缘在给定的多晶金刚石元件与相对接合表面(例如曲面)的线性接合区域的外缘发生切割或划刻的可能性。

[0131] 多晶金刚石元件

[0132] 在某些应用中,本公开的多晶金刚石元件在外侧多晶金刚石表面与支承的碳化钨团块之间具有钴含量增加的过渡层,这是本领域已知的。

[0133] 多晶金刚石元件可以被碳化钨支承,或不被支承,为直接安装于轴承组件的“独立的”多晶金刚石元件。

[0134] 多晶金刚石元件可以通过非浸提、浸提、浸提并回填、热稳定、通过化学气相沉积(CVD)涂覆、或本领域已知的各种方式进行处理。

[0135] 多晶金刚石元件-形状、尺寸和布置

[0136] 多晶金刚石元件的直径可以小到3mm(约1/8”)或大到75mm(约3”),这取决于轴承的应用、构造和直径。通常,多晶金刚石元件的直径在8mm(约5/16”)与25mm(约1”)之间。

[0137] 虽然多晶金刚石元件最常见的是圆柱形,但是应理解,本申请的技术可以用正方形、矩形、椭圆形、本文中参照附图描述的任何形状、或本领域已知的任何其他合适的形状来实施。在一些应用中,向心轴承具有一个或多个安装在转子(定子)上并与定子(或转子)滑动接触的凸形的、轮廓化的多晶金刚石元件。

[0138] 在一些应用中,在沿着轴承组件的环中部署多晶金刚石元件。一个非限制性示例为,五个平面多晶金刚石元件的环被部署在定子的远端,而另外五个平面多晶金刚石元件的环被部署在定子的近端。因此,可以部署高性能多晶金刚石元件轴承组件来确保沿着定子/转子界面的长度稳定运行,同时所需要的多晶金刚石元件总量比前述的现有组件中所使用的要少。

[0139] 多晶金刚石元件可以以任何模式、布局、间距或交错布置于轴承组件内来提供所需的支承,而不必担心需要与相对轴承组件上多晶金刚石元件接合表面的重叠接触。

[0140] 多晶金刚石元件-接合表面的接触区域

[0141] 本公开的多晶金刚石元件在一些实施方式中不形成与相对接合表面精确吻合。在某些实施方式中,多晶金刚石元件的接合表面的滑动对接接触区域小于多晶金刚石元件的总表面积的80%,或小于75%,或小于70%,或小于60%。本文中,接合表面的“接触区域”是指与相对接合表面接触的接合表面的表面积。

[0142] 一个关键的性能标准是,多晶金刚石元件被以这样的方式构造和定位,即避免与相对接合表面或组件的任何边接触或点接触。对于放置于定子上的平面多晶金刚石元件,这样的多晶金刚石元件与转子的接触通常小于整个面的接触。即,当转子相对于多晶金刚石元件旋转时,接合表面接触区域小于整个面。对于安装在转子或定子上的、至少轻微拱形的或凸形的多晶金刚石元件,这样的多晶金刚石元件展现出小的、一般为圆形的接合表面接触区域。如果安装在转子或定子上的凸形多晶金刚石元件为鞍形的,则多晶金刚石元件展现出小的线性区域接合表面接触区域。对于部署在定子上的轻微凹形的多晶金刚石元

件,在各个多晶金刚石元件上展现出较窄的线性接合表面接触区域。

#### [0143] 多晶金刚石元件-安装

[0144] 如上文所述,多晶金刚石元件可以通过本领域已知的方法直接安装于轴承元件(例如定子或转子)上,包括但不限于钎焊、胶合、压配、收缩配合或螺纹。另外,多晶金刚石元件可以安装于单独的一个或多个环中。一个或多个环可以通过本领域已知的方法部署于轴承元件(转子或定子)上,包括但不限于胶合、压配、螺纹锁固或钎焊。

[0145] 平面的或拱形的多晶金刚石元件可以以这样的方式安装,即使其围绕其自身的轴旋转。参考授予Shen等人的美国专利号8,881,849,作为一种非限制性示例,该方法允许多晶金刚石元件在与对象材料面接触时围绕其自身的轴旋转。

#### [0146] 相对接合表面的处理

[0147] 在一些方面中,金刚石反应性材料的相对接合表面被碳预饱和(例如在与接合表面接合之前)。这样的预饱和降低金刚石反应性材料通过多晶金刚石的表面石墨化而吸引碳的能力。金刚石反应性材料表面接触区域的预饱和可以通过本领域已知的方法实现。

#### [0148] 固态润滑剂源

[0149] 在某些应用中,通电或不通电的固态润滑剂源(例如石墨或六方氮化硼棒或内含物)与由至少一些金刚石反应性材料形成或包括至少一些金刚石反应性材料的相对接合表面接触。

#### [0150] 应用

[0151] 本公开的轴承组件可以形成机器或其他装置或系统的一部分。在一些这样的方面中,定子的近端可以通过螺纹连接、焊接、或本领域已知的其他连接方式与其他组件(例如钻柱或电机壳体)连接。在一些方面中,如果轴承组件被用于井下应用,则转子的远端可以由推力轴承增强,并且可以带有用于连接钻头的螺纹连接,或者转子的远端可以是直接形成于和/或定位于转子的芯轴端部上的钻头。组件连接不限于井下应用,并且可以应用于其他应用中,例如风力发电机或海洋应用。

[0152] 此外,本文所述的轴承组件的分立形态可用于其他各种应用,包括但不限于重型设备、汽车、涡轮机、变速器、轨道车、计算机硬盘驱动器、离心机、医疗设备、泵和马达。

[0153] 在某些方面中,本公开的轴承组件适合于部署并应用于严酷环境中(例如井下)。在一些这样的方面中,该轴承组件比多晶金刚石接合表面与另一多晶金刚石接合表面接合的轴承组件更不易破裂。在某些方面中,与包括与另一多晶金刚石接合表面接合的多晶金刚石接合表面的轴承组件相比,此类适合于严酷环境的向心轴承提供更高的服务价值。此外,与使用包括与另一多晶金刚石接合表面接合的多晶金刚石接合表面的轴承组件时所需要的间距相比,本公开的轴承组件可能能够以更大的间距隔开。

[0154] 在某些应用中,本公开的轴承组件可以起到转子锁扣的作用,例如在井下应用中。

[0155] 在润滑的环境中,轴承组件可能会受益于润滑剂的流体动力作用,在轴承组件的移动和固定元件之间产生间隙。

#### [0156] 示例性测试

[0157] 为了开发一种坚固的凸轮从动件接口,以供申请人先前引用的美国专利申请第15/430,254号(“254号申请”)中的“钻孔机”使用,申请人设计并建造了一个先进的试验台。试验台采用200RPM齿轮电动机,在硬面铁质定子壳体内驱动硬面铁质转子芯轴。芯轴在其

长度的中途装有非硬面偏置凸轮圆柱体。通过使用正置换泵向转子/定子组件输送循环流体。候选凸轮从动件界面机构与转子芯轴的凸轮圆柱体密封接触并承受负荷。使用测试台，在清水或含砂钻井液中，在500~3000lbf的负荷下测试候选界面机构的耐受能力和磨损。

[0158] 申请人对与抛光的多晶金刚石表面滑动接触的铁制凸轮圆柱体进行了测试，没有有害作用或明显的化学相互作用。与所谓的超硬材料相比，铁质材料因其易于获得、易于成形和机械加工、较高的弹性以及较低的成本，因而对轴承应用具有吸引力。

[0159] 申请人进行的测试程序已经确定，即使在相对较高的负荷和较高的RPM速度下，也可以成功地在轴承应用中采用多晶金刚石和金刚石反应性材料之间的负荷界面。

[0160] 一个关键的发现是，只要不使多晶金刚石元件与金刚石反应性材料发生边接触或点接触(其被认为可以导致机械作用和化学相互作用)，那么多晶金刚石就可以以许多应用中所要求的典型的轴承负荷和速度与金刚石反应性材料发生滑动接触。申请人的测试出乎意料且令人惊讶的成功令新型高性能向心轴承的开发得以实现。

[0161] 测试程序包括在旋转条件下与平面多晶金刚石接触的高负荷表面线性区域内的弯曲铁质表面的测试。该测试在PDC的表面上沿多晶金刚石的整个1/2”宽面产生了轻微变色的宽度约为0.250”的赫兹接触区域。接触区域的宽度可以通过凸轮偏移、系统中的振动以及负荷下铁类金属的轻微变形来解释。据估计，在任何给定的时间点，在1/2”多晶金刚石元件表面上的总接触区域约为多晶金刚石元件表面的总面积的7%或更少。测试中使用的构造表明，即使多晶金刚石元件表面上的小的表面积也能承受很大的负荷。

[0162] 球形铁质球在负荷下以及相对于平面多晶金刚石表面旋转的情况下进行的额外测试在多晶金刚石元件的中心产生了一个较小的、直径约0.030的变色赫兹接触区域。如上述接触的解释中所述，可以相信，在不受理论限制的情况下，变色的直径是由于测试设备中的轻微振动和负荷下铁类金属的轻微变形所导致的结果。

[0163] 下表2列出了总结申请人对滑动界面的各种构造进行的测试的数据。

	测试的机械-合金钢杯中的钢球轴承对于旋转的钢凸轮表面	RPM	表面速度	负荷	结果
	测试1 1.50 球座	200	1.13 m/s	1200 lb	二分钟后停止，球不滚动，球和杯发生严重磨损
	测试2 1.25 球座	200	1.13 m/s	500 lb	三分钟后停止，球不滚动，球和杯发生严重磨损
	测试3 单个抛光的 PDC 1.50 球	200	1.13 m/s	700 lb	球滚动，45分钟后在杯侧壁上发生钢的磨损
	测试4 三个抛光的 PDC 1.50 球	200	1.13 m/s	700 lb	测试20小时，球上几乎没有磨损，PDC上轻微的赫兹痕迹
[0164]	测试的机械-平面PDC旋转的钢凸轮表面				
	测试5 单个抛光的 PDC滑动件	200	1.13 m/s	900 lb	运行20小时，在水中PDC直接在钢凸轮上。PDC上有轻微的、小的赫兹痕迹
	测试6 单个抛光的 PDC滑动件	200	1.13 m/s	900 lb	从零开始变化的负荷，4小时，在水中良好的结果。PDC上有轻微的、小的赫兹痕迹
	测试7 单个抛光的 PDC滑动件	200	1.13 m/s	2000 lb	从零开始变化的负荷，20小时，在水中良好的结果。PDC上有轻微的、小的赫兹痕迹
	测试8 单个抛光的 PDC滑动件	200	1.13 m/s	2000 lb	钻井液和沙子测试，32小时，良好的结果。PDC上有轻微的、小的赫兹痕迹
	测试9 单个抛光的 PDC滑动件	200	1.13 m/s	3000 lb	3000lbf下的泥浆测试，10小时，良好的结果。PDC上有轻微的、小的赫兹痕迹
	测试10 单个抛光的 vs单个未抛光的	200	1.13 m/s	1100 lb	泥浆测试，各2小时，未抛光的摩擦系数至少高出50%

[0165] 测试1和2总结了单个钢球在负荷下在钢杯中滚动的失败的测试。测试3总结了由钢杯中单个抛光的PDC元件支承钢球的更成功的测试结果。测试4总结了由钢杯中三个抛光

的多晶金刚石元件的阵列支承单个钢球的非常成功的测试。测试5到9总结了越来越严格的测试,每个测试都是与旋转的铁质金属凸轮表面滑动接触的单个抛光的多晶金刚石元件。测试10总结了单个抛光的多晶金刚石元件与单个未抛光的多晶金刚石元件的对比测试,每个元件都与旋转的铁质金属凸轮表面滑动接触。最终测试显示,当使用未抛光的多晶金刚石元件时,摩擦系数显著增加。表2所列出的条件和结果象征着多晶金刚石在金刚石反应性材料上的潜在用途,不应被视为限制或完全涵盖本申请的技术。

[0166] 测试总结

[0167] 已发现,多晶金刚石元件在向心轴承中的应用可以采用远少于元件的整个表面,并且仍然承受很大的负荷。该发现意味着可以设计和制造有效的含多晶金刚石元件的向心轴承,而不需要使得多晶金刚石元件与相对表面整面接触。采用本申请的技术中这一发现意味着有可能制造向心轴承,而对所用的多晶金刚石元件的加工要少得多,并且大大减少边缘碰撞的风险,或者减少对金刚石反应性材料相对表面的产生机械作用的风险。

[0168] 不受理论的束缚,在操作中,在液体冷却的、润滑的环境中运行凸轮和凸轮从动件,可以实现更高的速度和负荷,而不会发生热化学反应。此外,已被抛光的多晶金刚石表面尤其提供更低的热化学响应。

[0169] 根据上面提供的描述和附图,可以容易地理解,本申请的轴承组件技术可以用于广泛的应用中,包括在井下环境中的那些。本文提供的技术另外还广泛地应用于其他工业应用。

[0170] 此外,尽管相对于向心轴承组件中的表面之间的接合进行了显示和描述,但是本领域技术人员应理解,本公开不限于该特定应用,并且本文公开的概念可以应用于与金刚石材料的表面接合的任何金刚石反应性材料表面之间的接合。

[0171] 尽管已经详细描述了本发明的实施例和优点,但是应当理解,在不脱离本公开的精神和范围的情况下,可以在本文中进行各种改变、替换和变更。而且,本申请的范围不旨在限于说明书中描述的过程、机器、制造、物质组成、手段、方法和步骤的特定实施方式。本领域的普通技术人应从公开内容中容易地理解,目前存在或今后将要开发的、执行与本文相应实施方式基本相同的功能或实现基本相同的结果的过程、机器、制造、物质组成、手段、方法或步骤可以根据本公开来使用。因此,所附权利要求旨在将这样的过程、机器、制造、物质组成、手段、方法或步骤包括在其范围内。

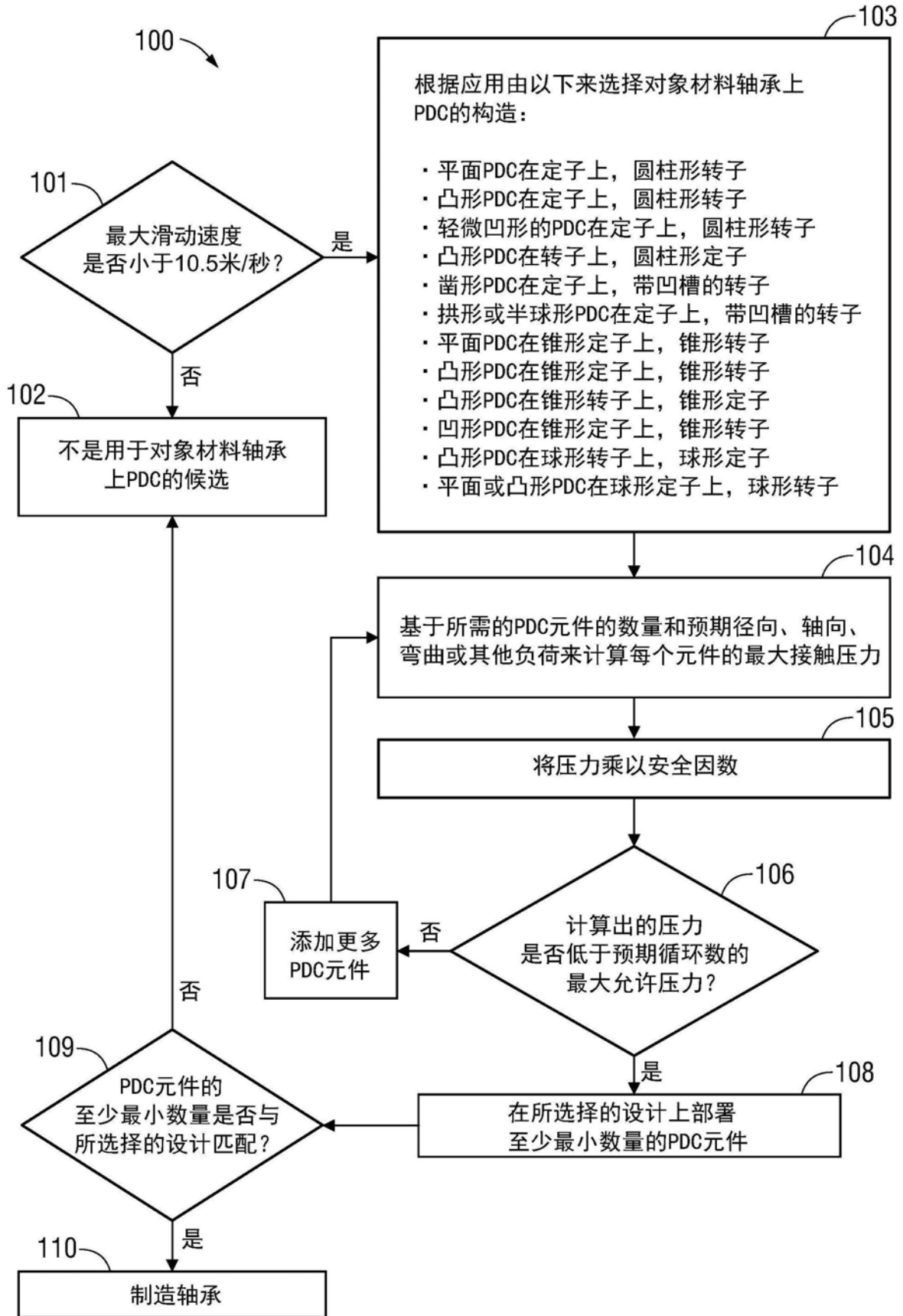


图1

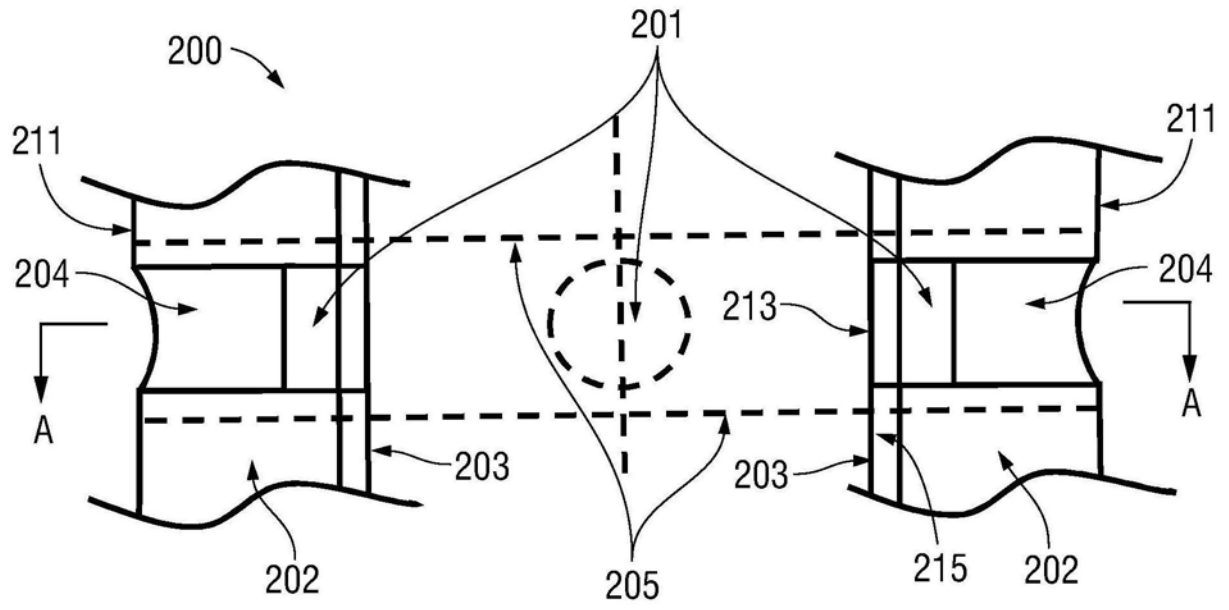


图2A

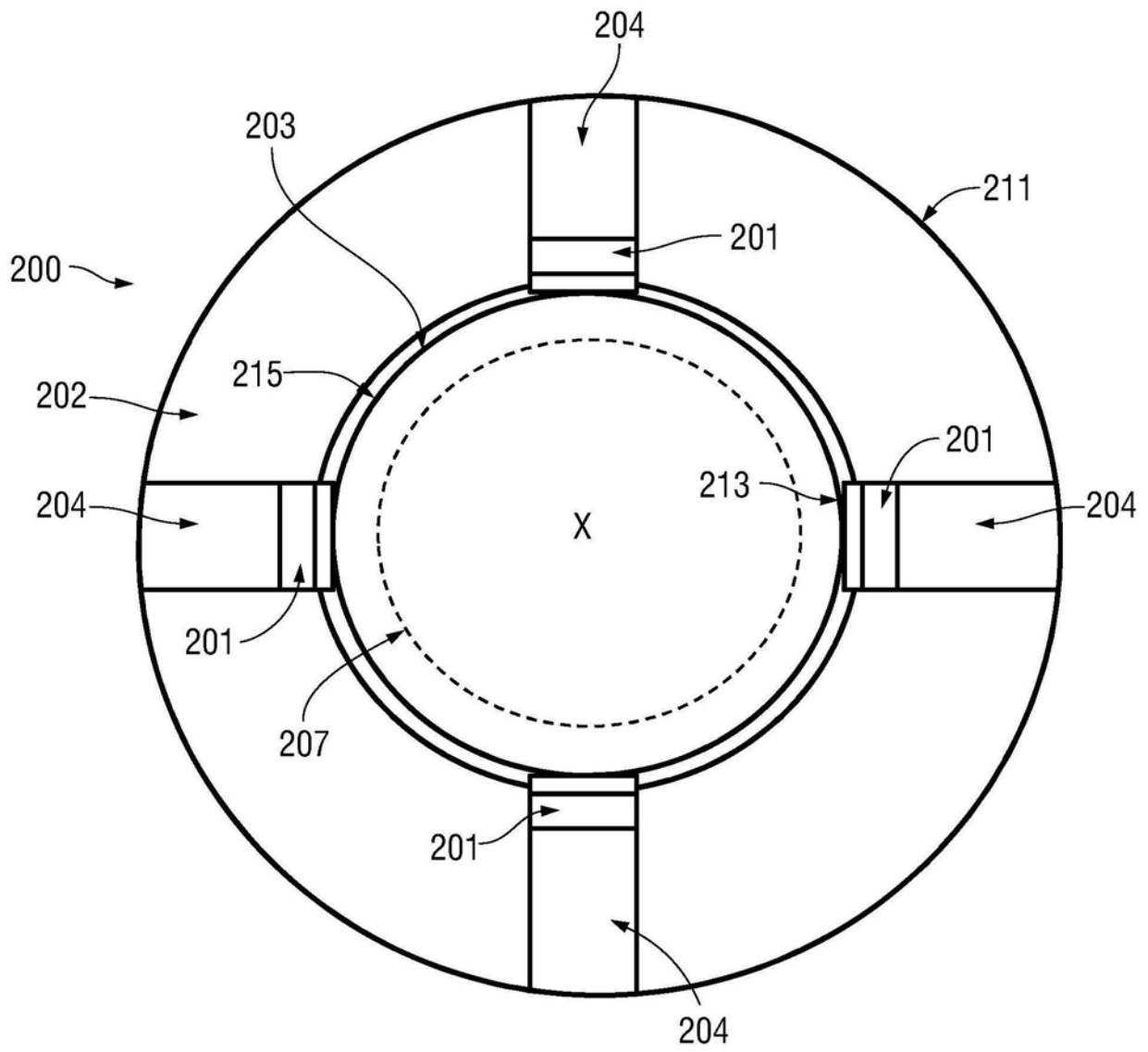


图2B

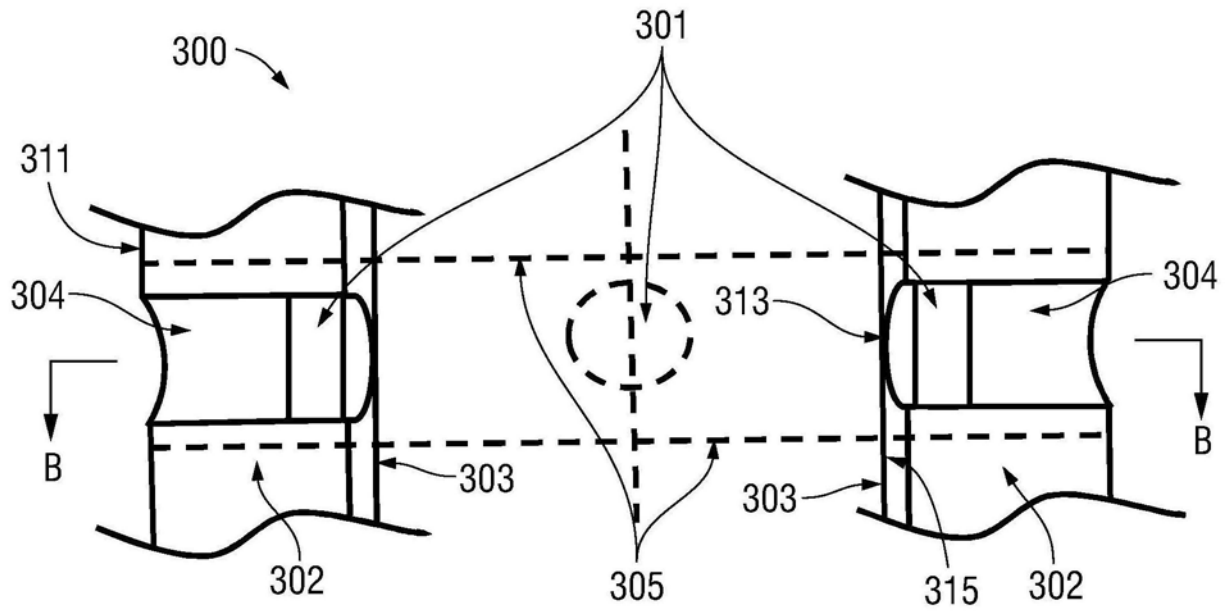


图3A

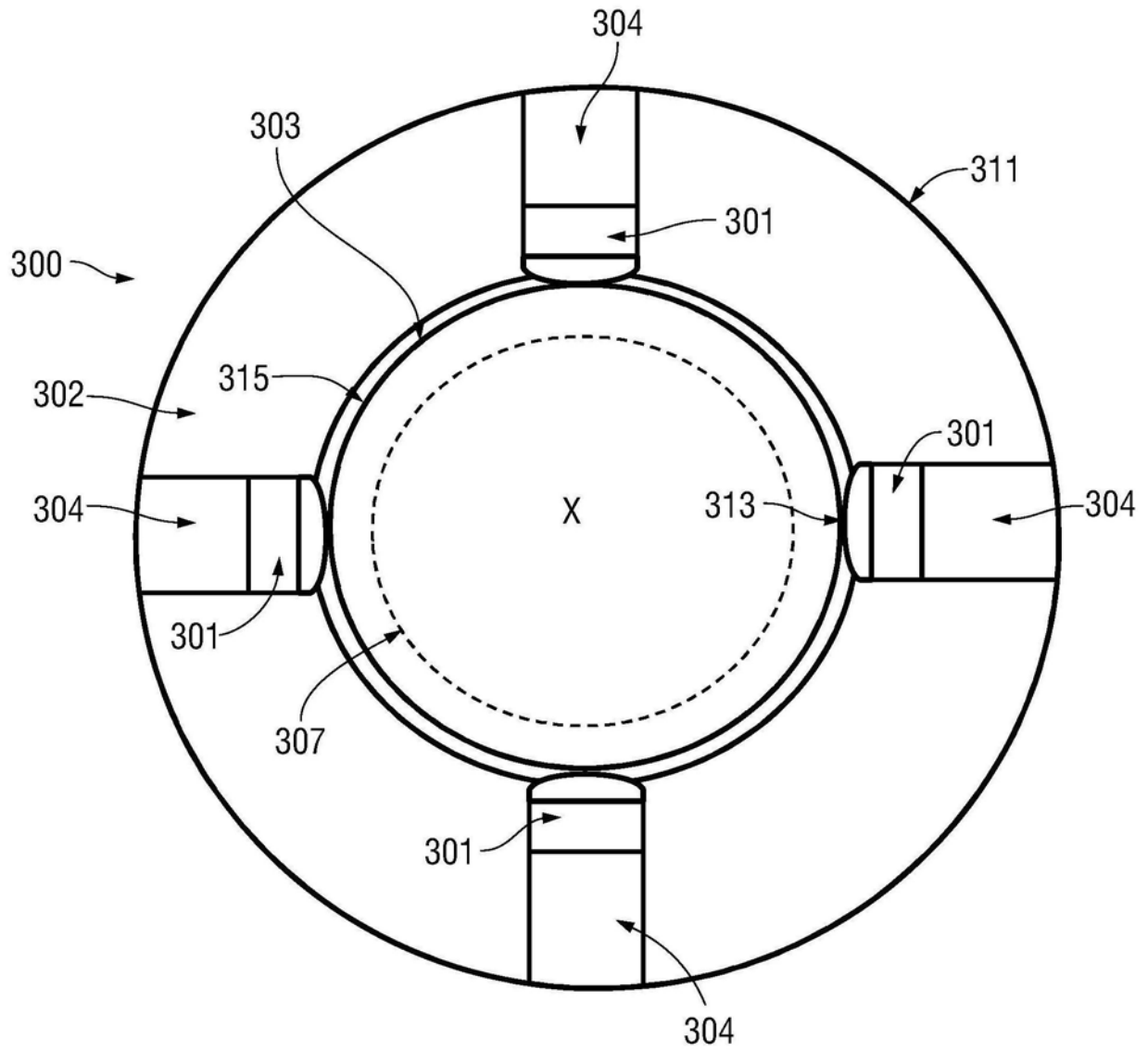


图3B

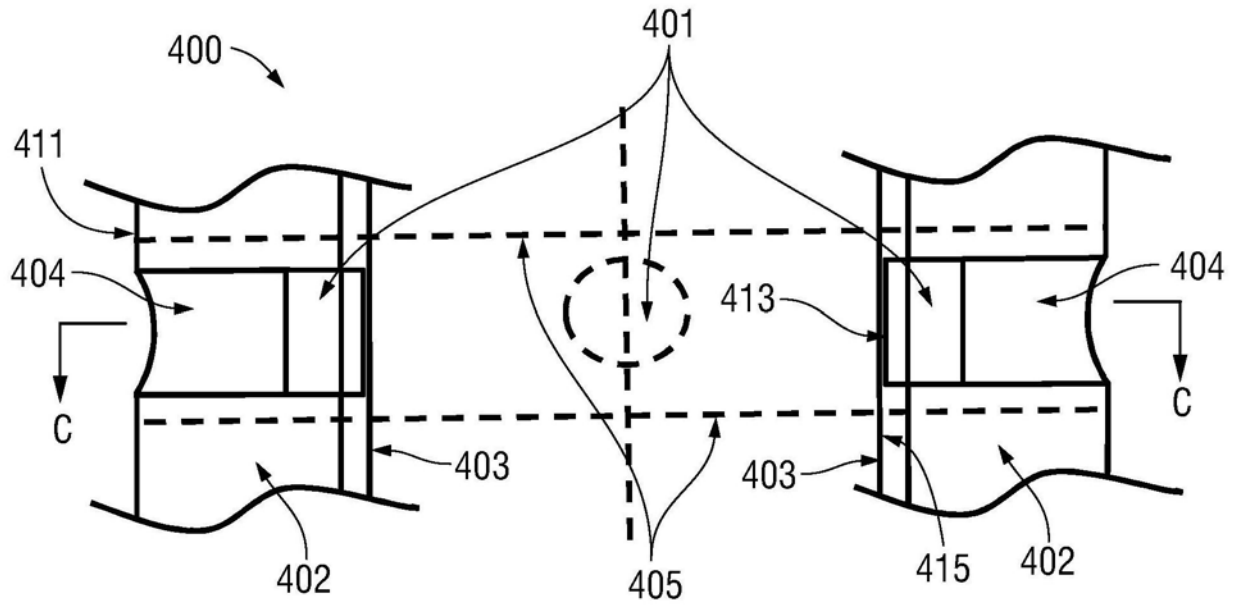


图4A

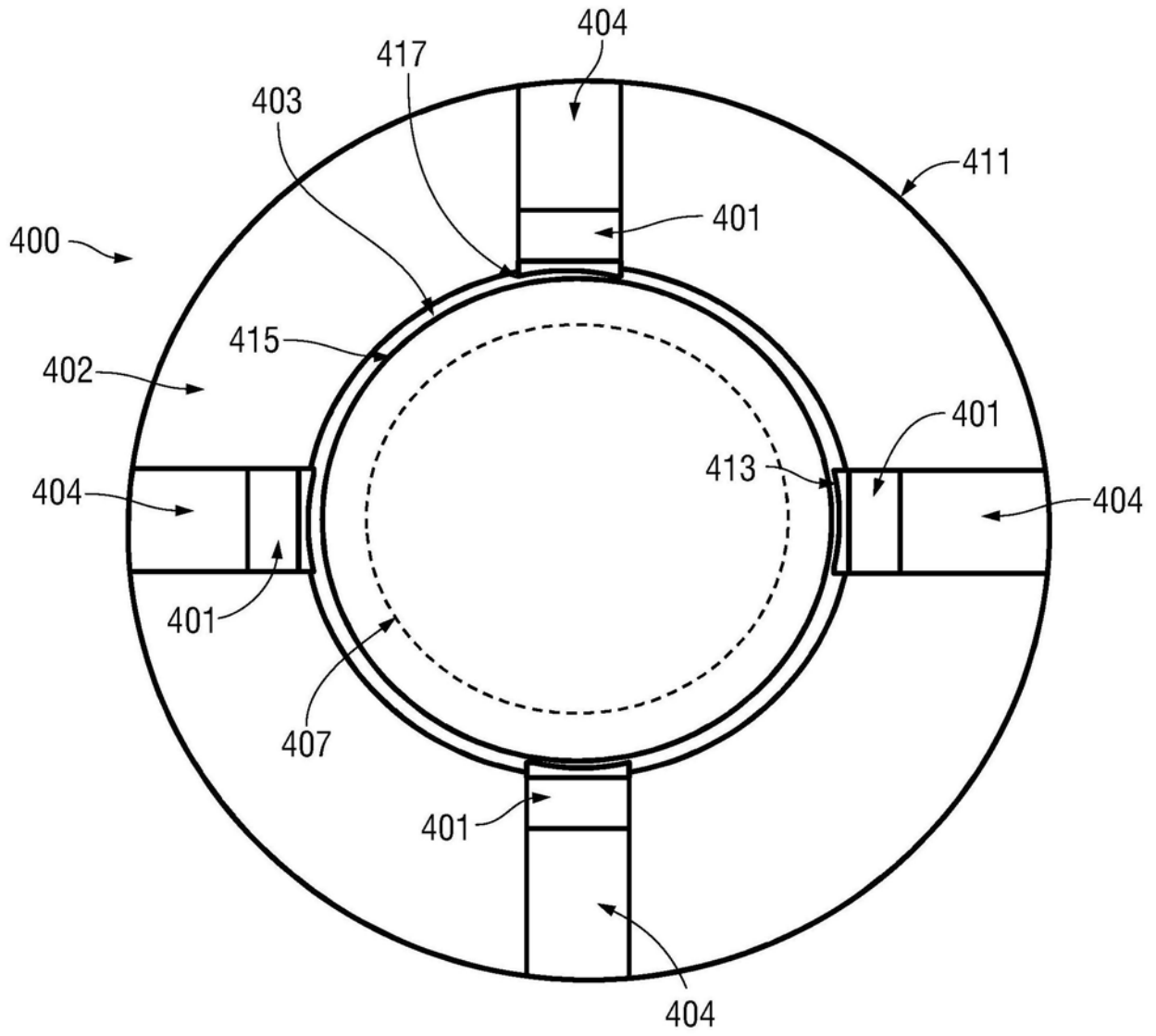


图4B

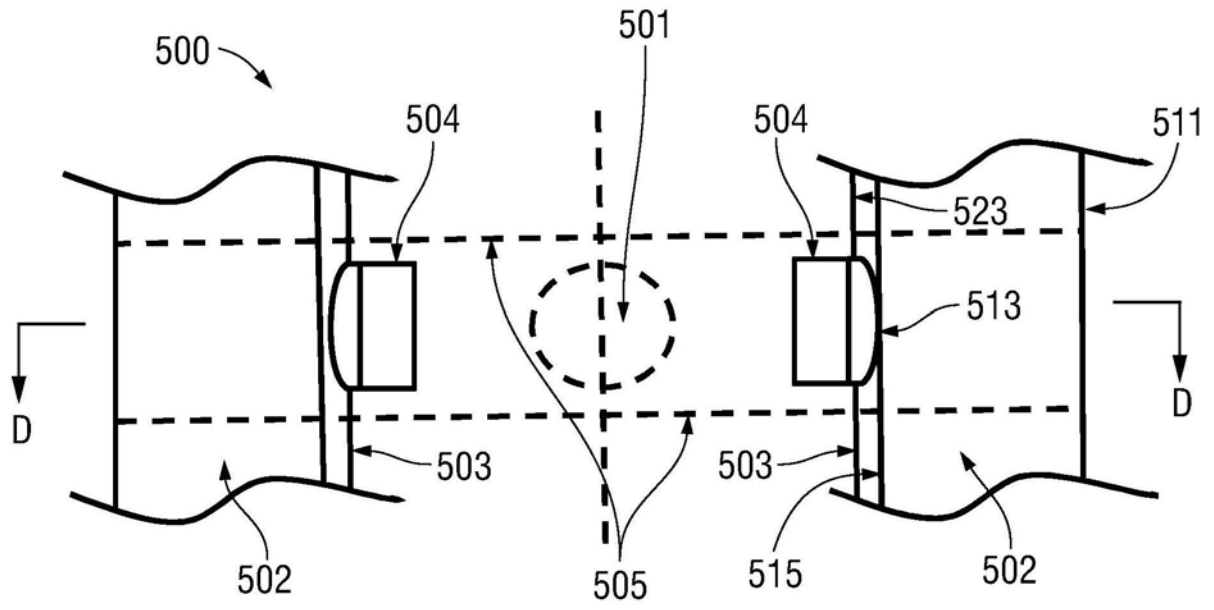


图5A

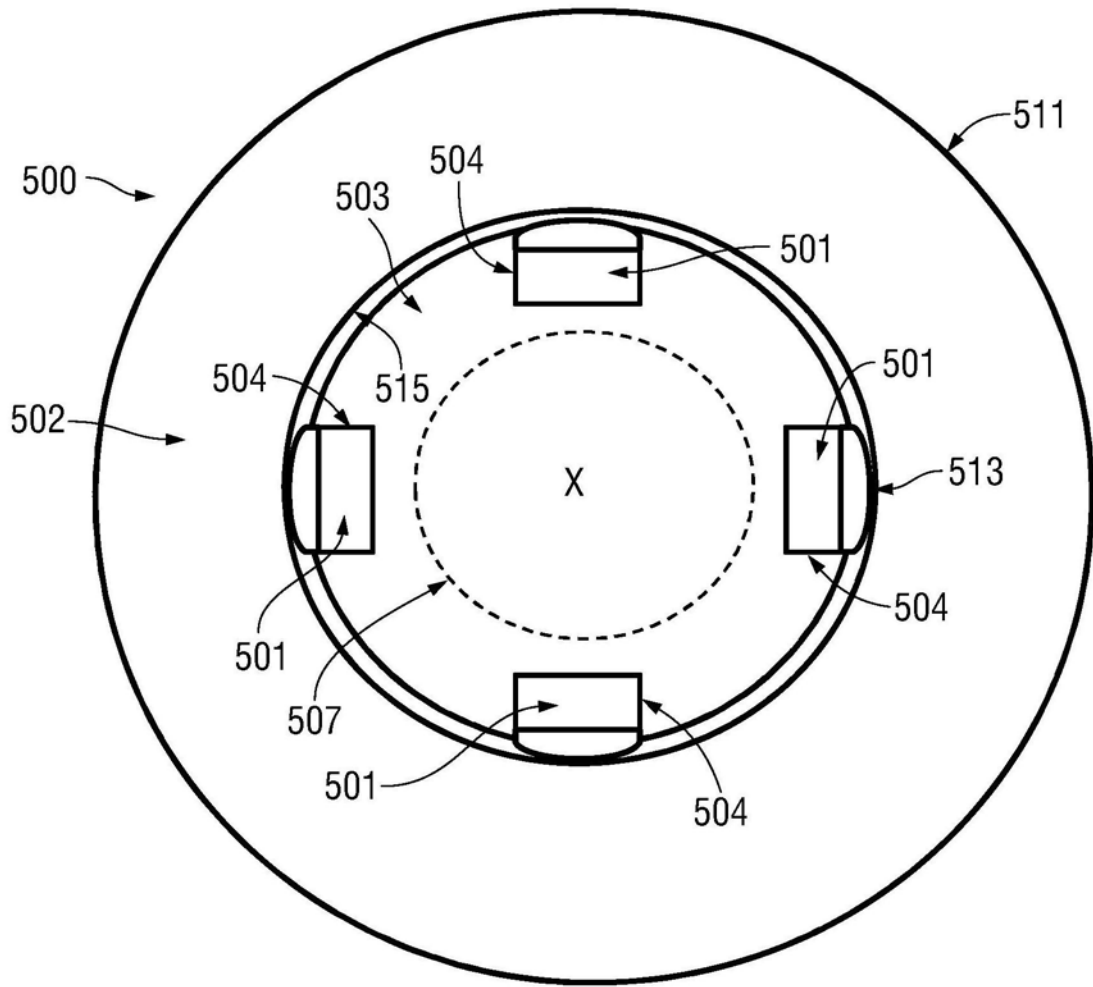


图5B

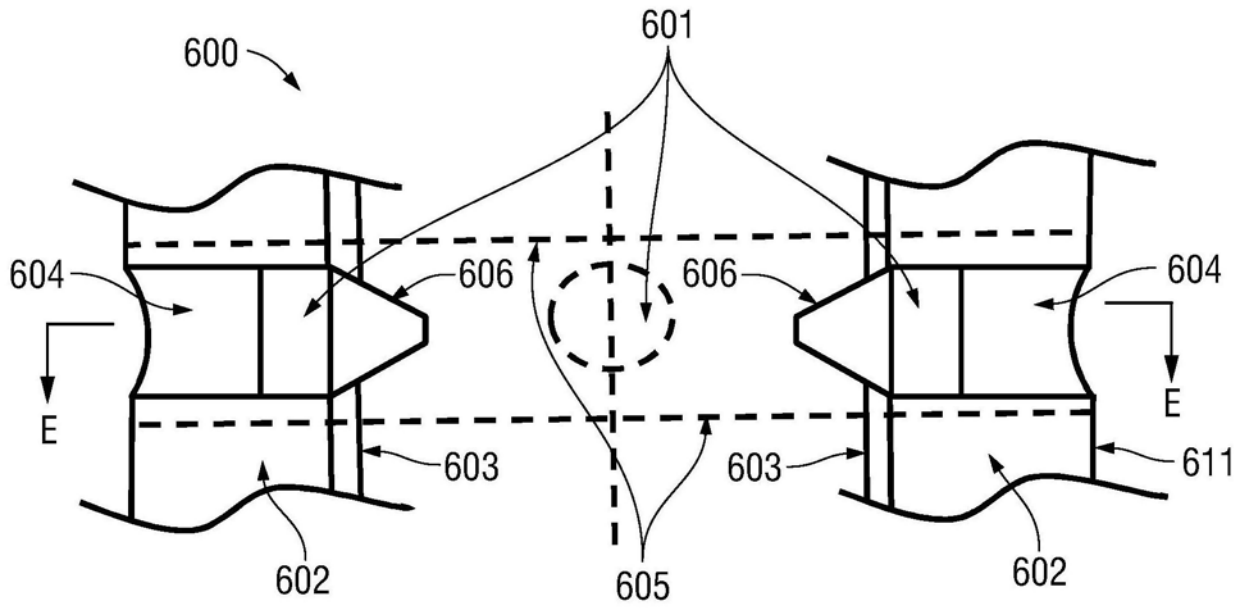


图6A

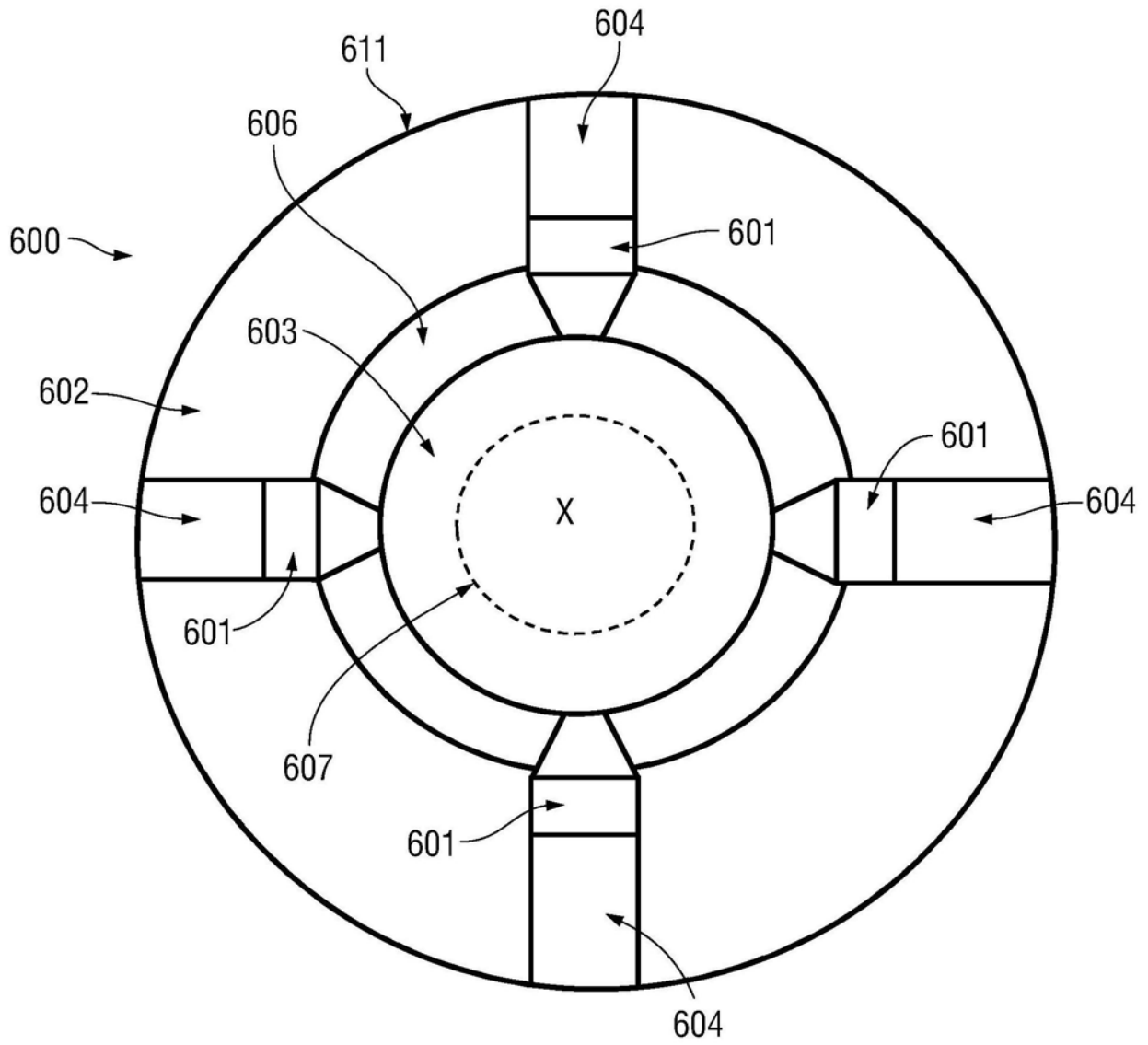


图6B

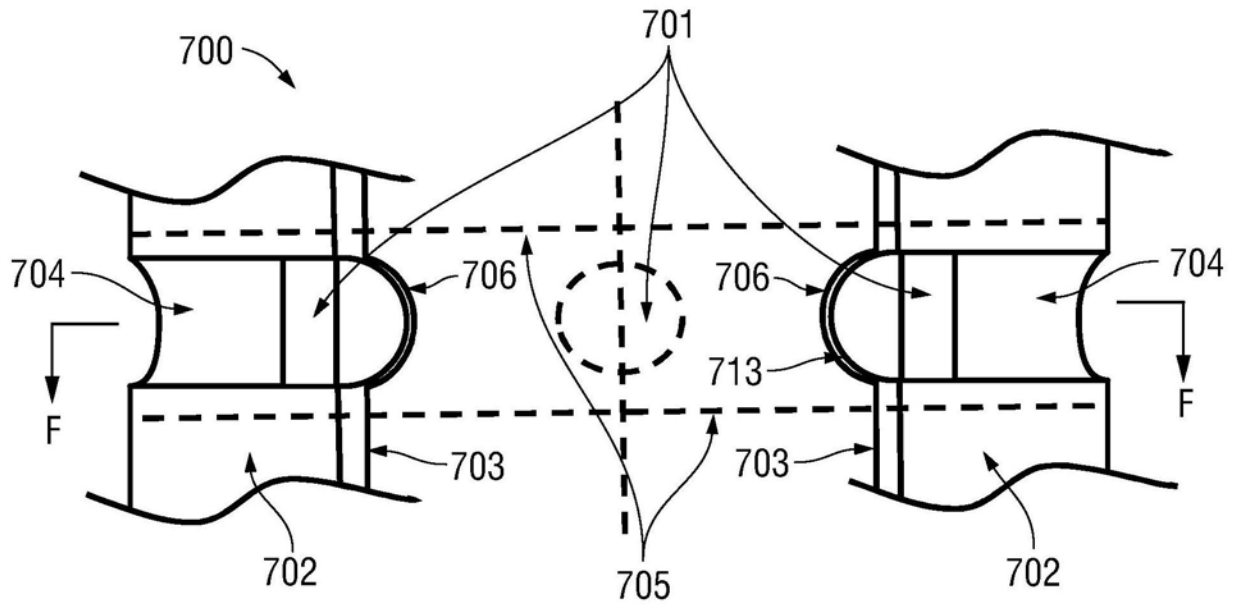


图7A

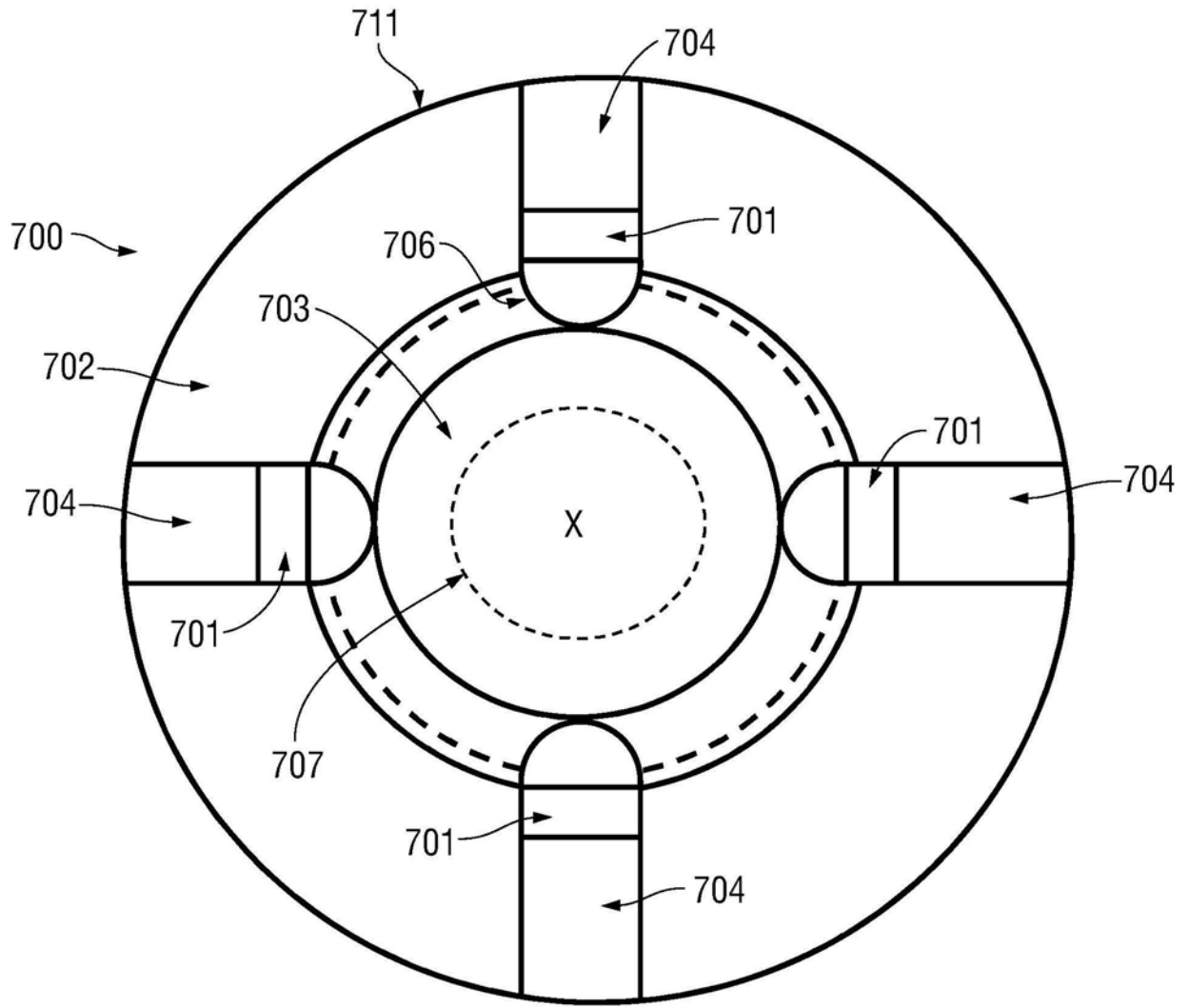


图7B

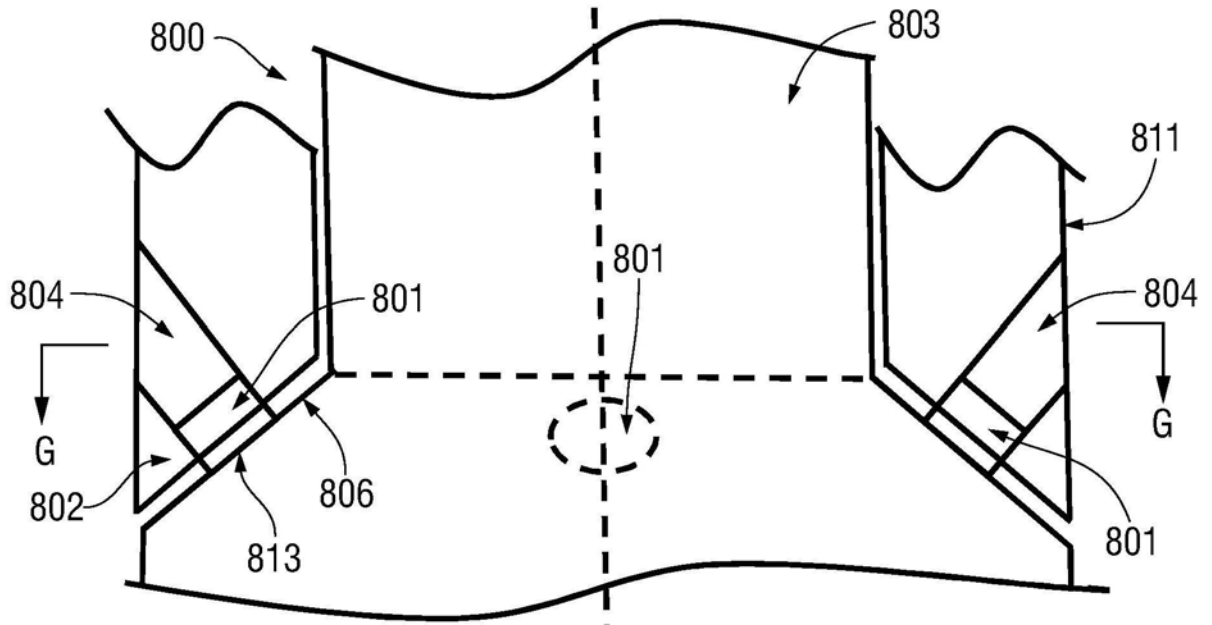


图8A

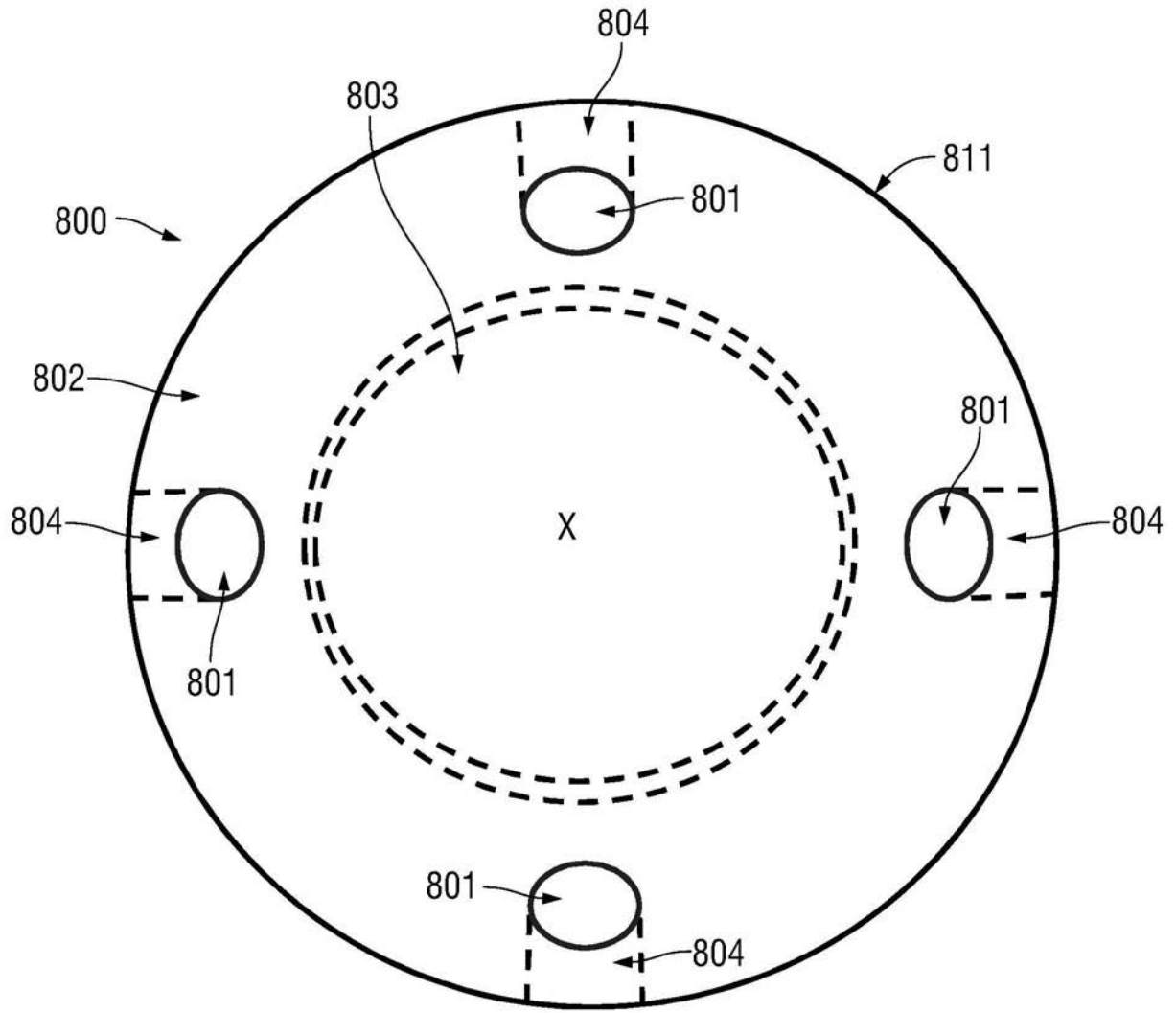


图8B

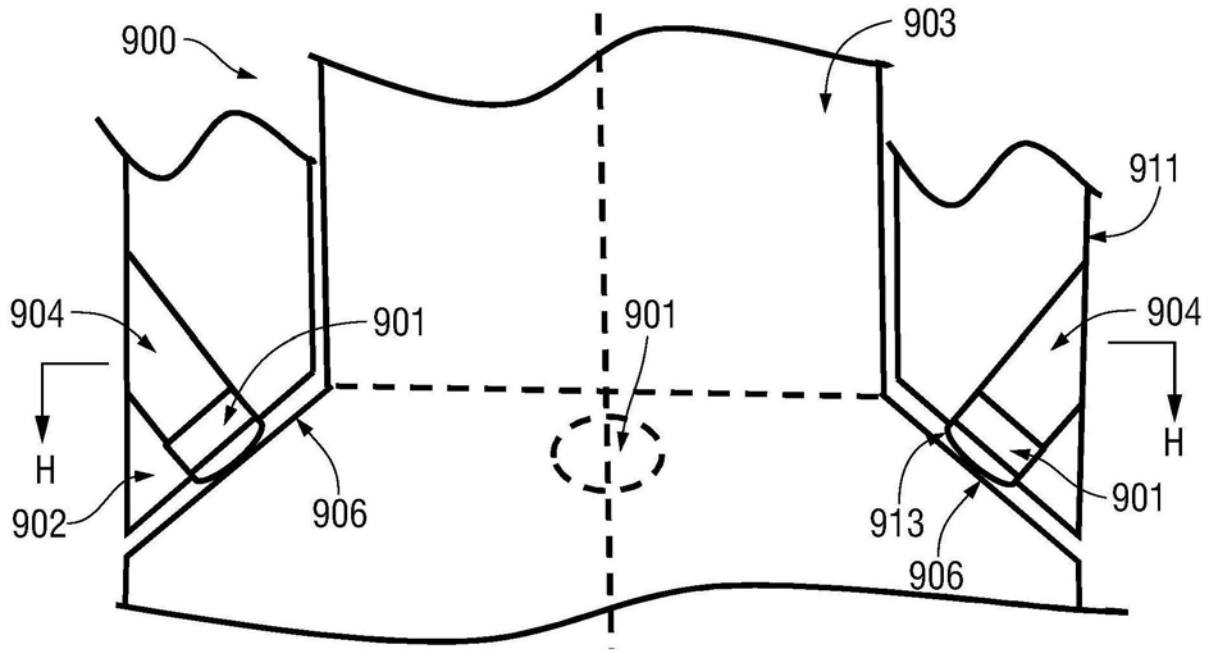


图9A

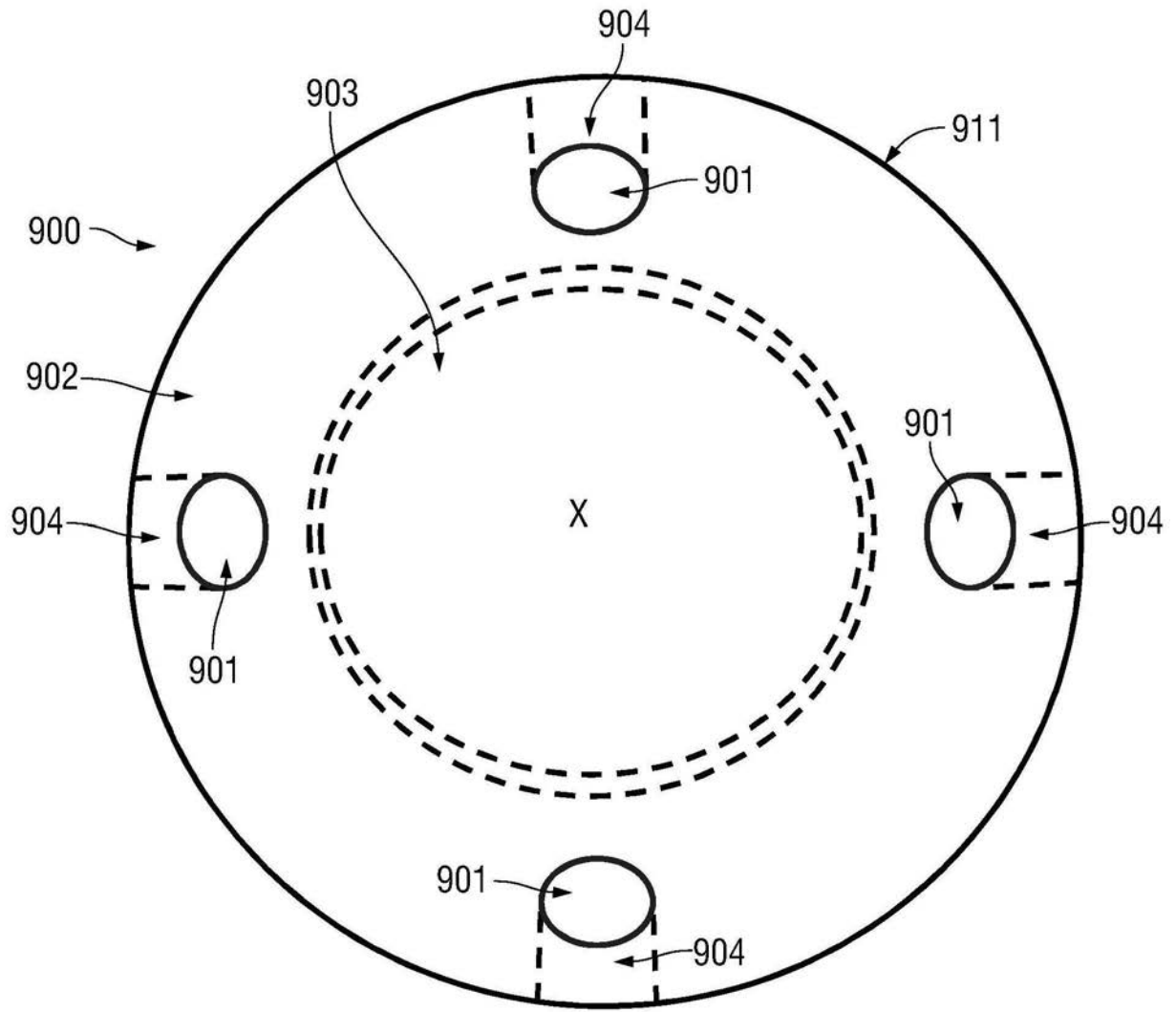


图9B

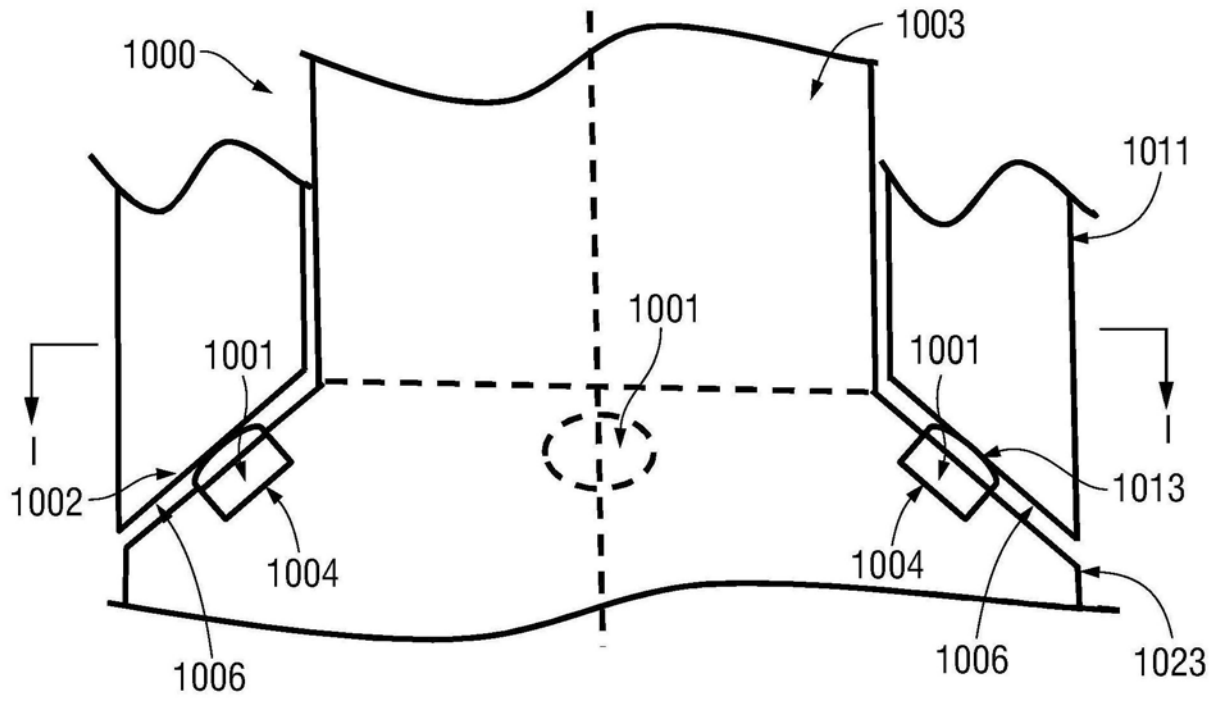


图10A

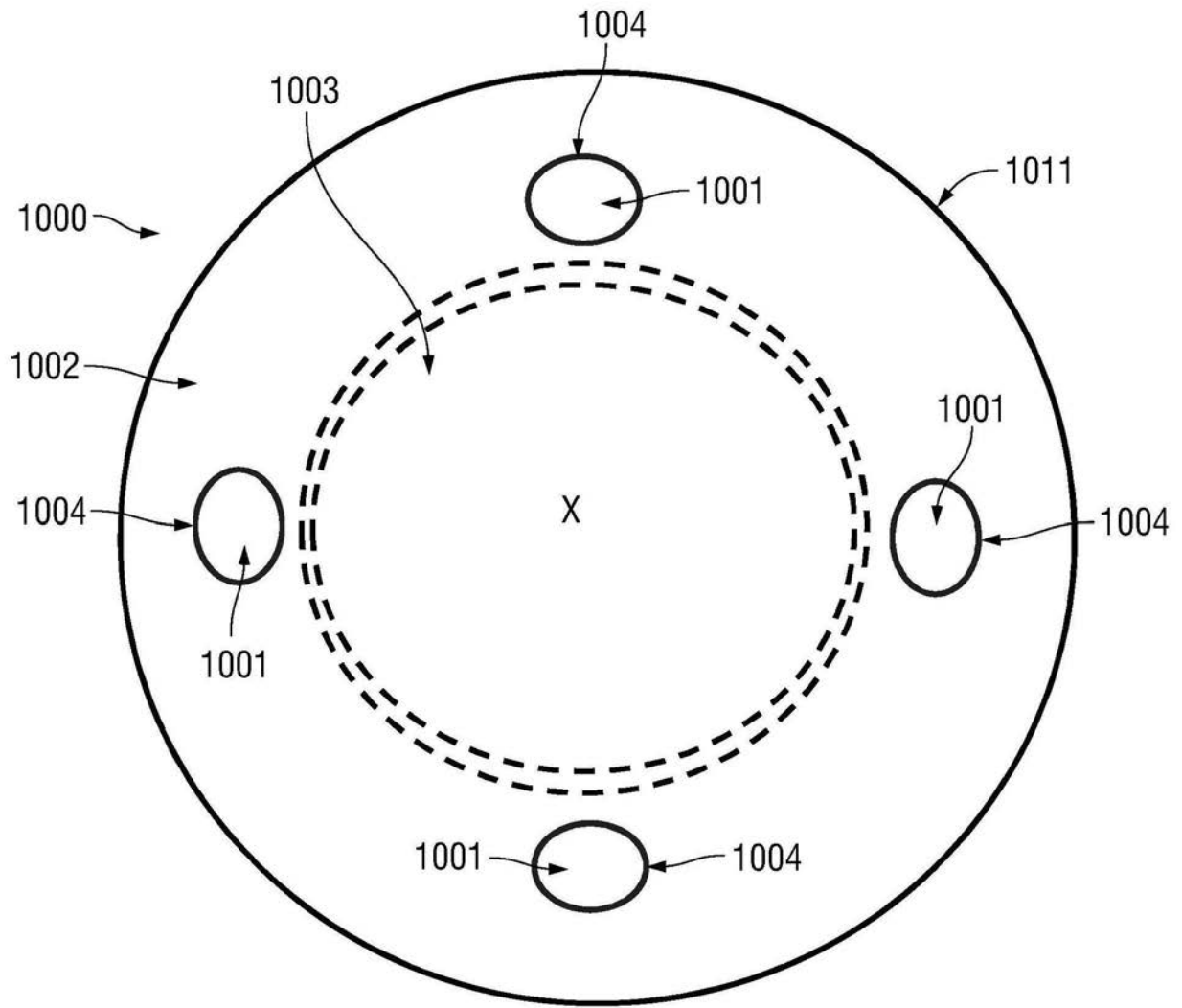


图10B

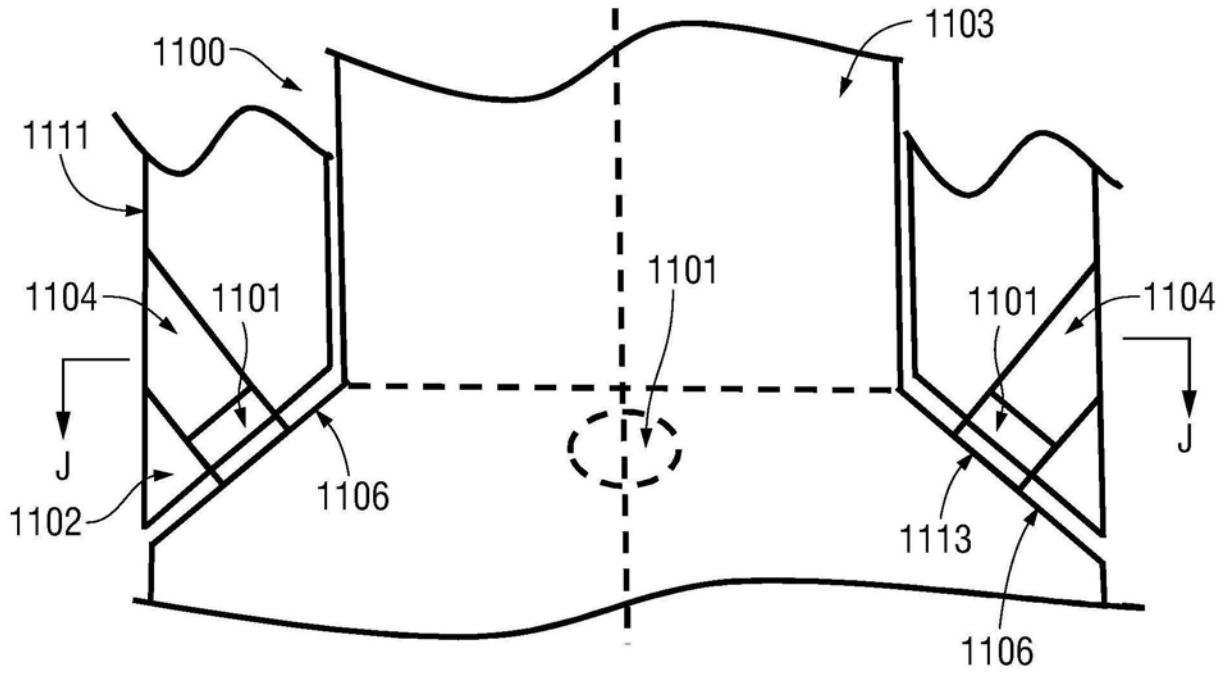


图11A

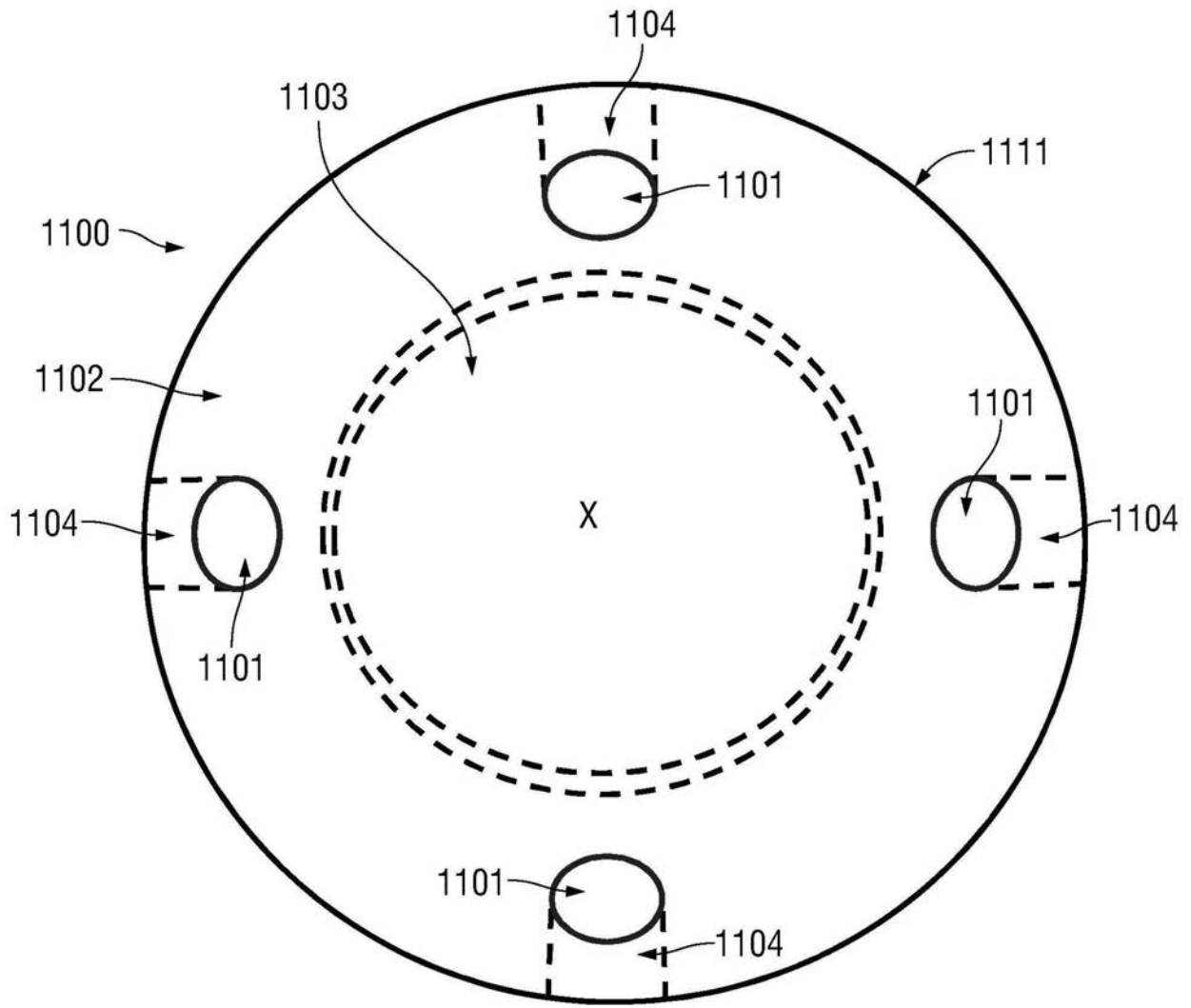


图11B

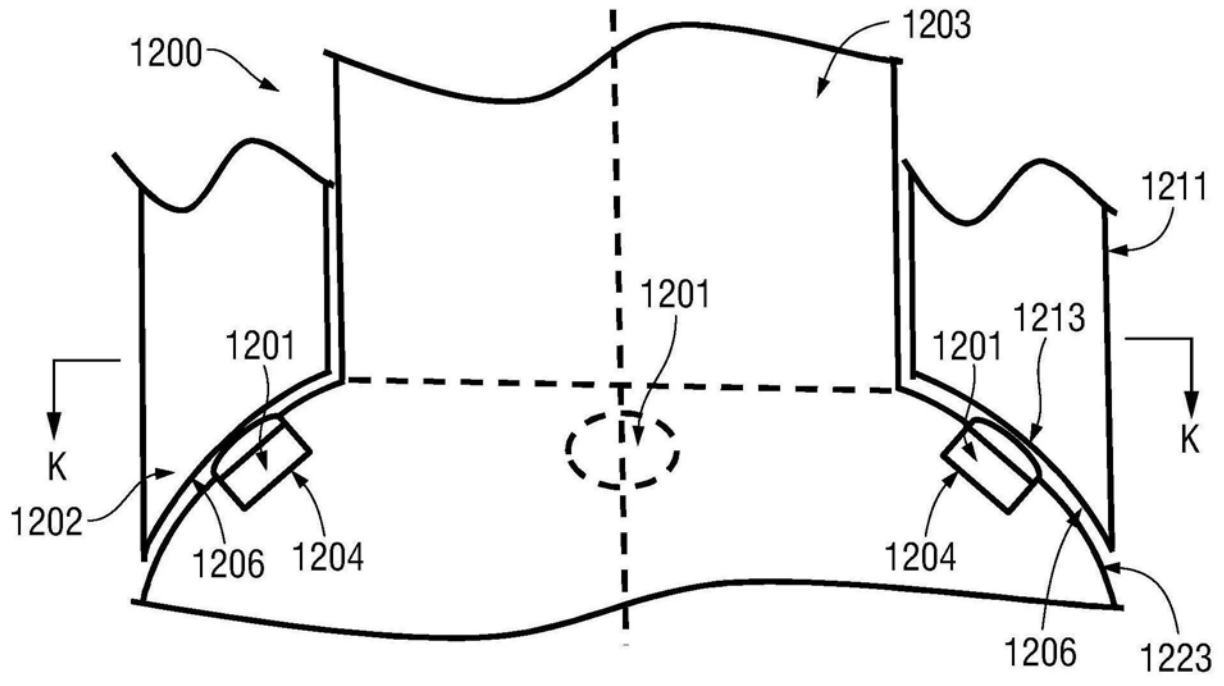


图12A

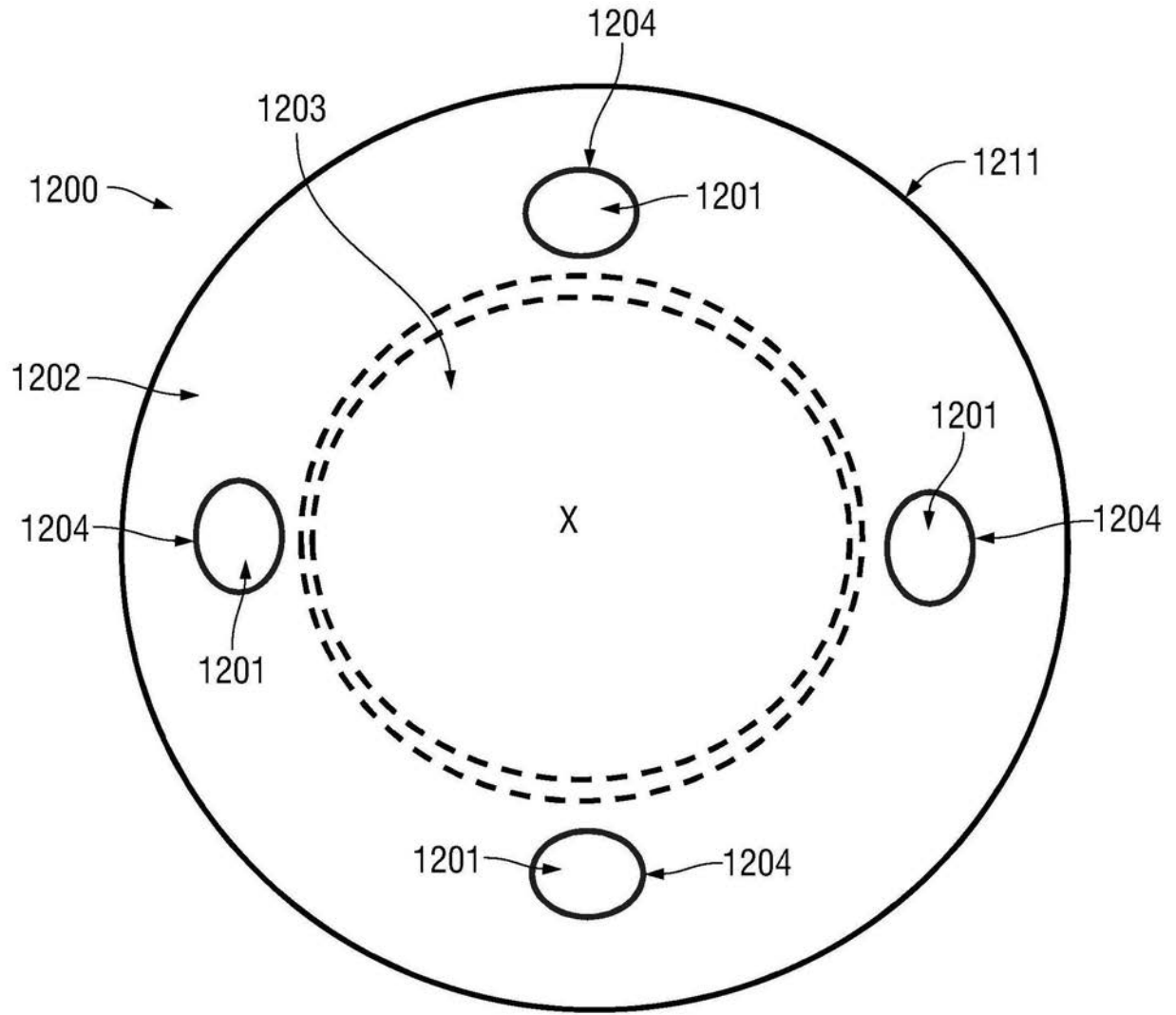


图12B

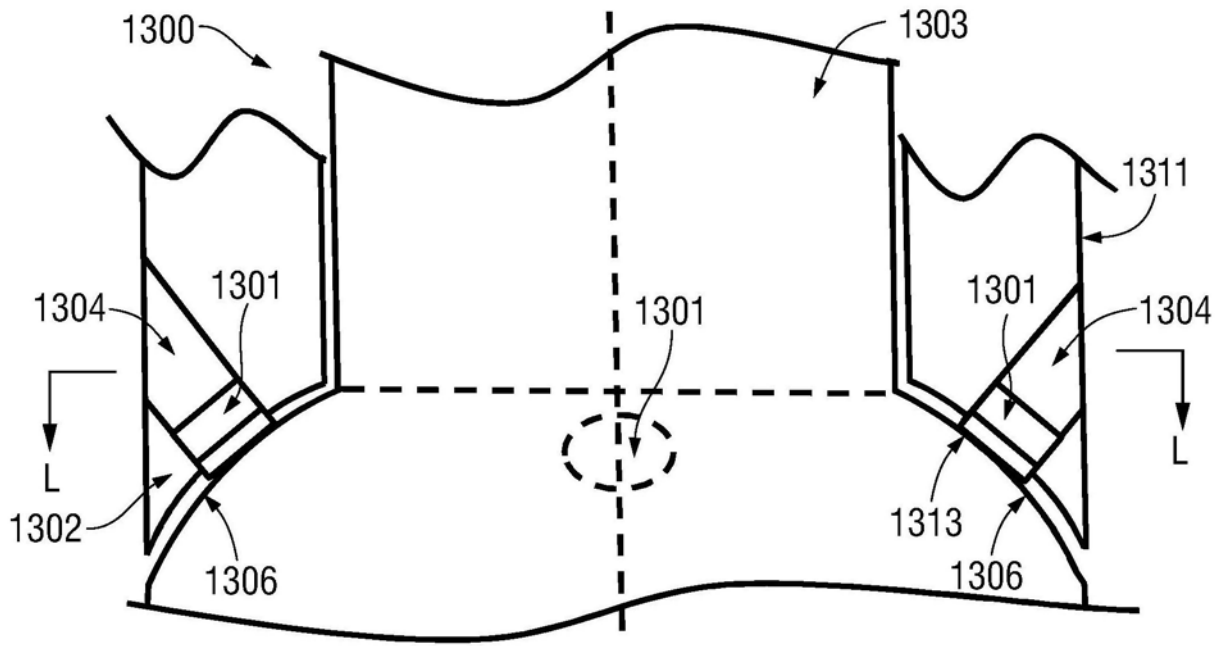


图13A

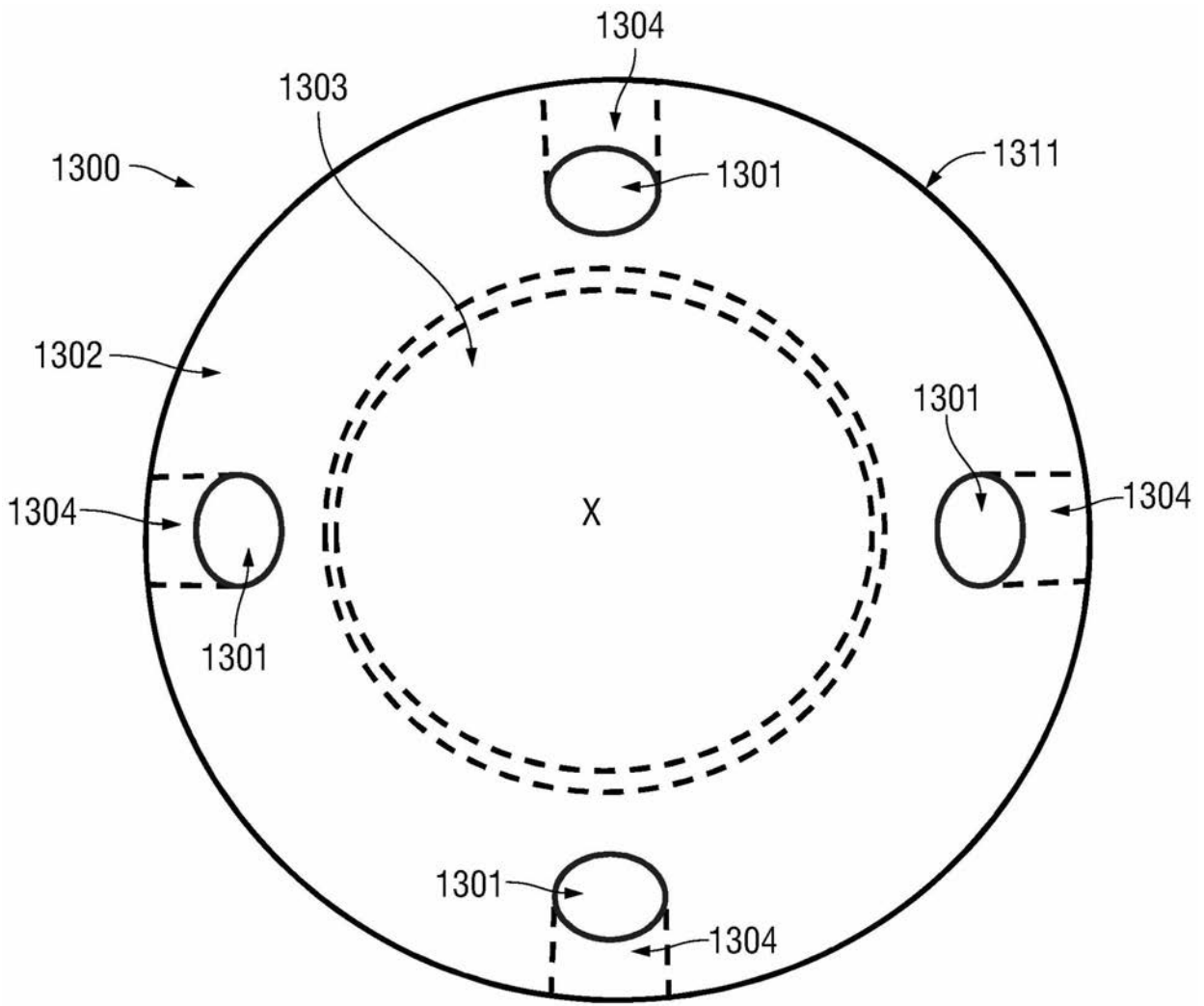


图13B