



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110259605 B

(45)授权公告日 2020.04.07

(21)申请号 201910513121.9

F02K 9/95(2006.01)

(22)申请日 2019.06.14

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110259605 A

CN 108612599 A, 2018.10.02, 全文.

CN 108482711 A, 2018.09.04, 全文.

US 2014290212 A1, 2014.10.02, 全文.

JP 2006037824 A, 2006.02.09, 全文.

EP 1477663 A2, 2004.11.17, 全文.

(43)申请公布日 2019.09.20

(73)专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

审查员 闵满满

(72)发明人 王方仪 张少华 余西龙 郭大华

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.

F02K 9/60(2006.01)

F02K 9/62(2006.01)

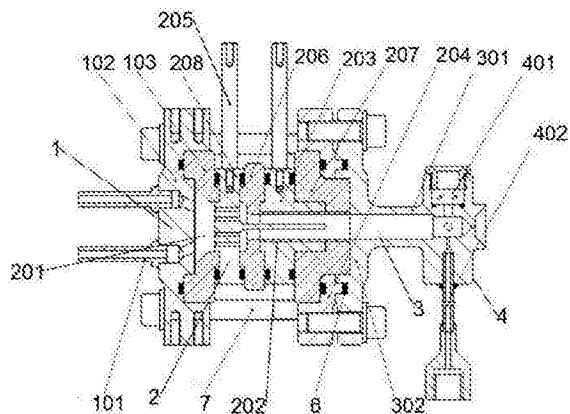
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器

(57)摘要

本发明实施例公开了一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,包括一体同轴顺次连接的喷注段、电离段、催化段、燃烧室;喷注段和电离段的两端通过前法兰盘和中法兰盘压紧;催化段和燃烧室形成的一体结构与电离段通过中法兰盘和后法兰盘压紧;喷注段包括前法兰盘、前绝缘体和阳极底盘以及分别用于提供ADN液体推进剂和气体的供气供液管;电离段包括与阳极底盘顺次连接的圆柱状阳极、中绝缘体、筒状阴极、后绝缘体和中法兰盘,中法兰盘和前法兰盘之间通过锁紧螺钉配合压紧;催化段包括后法兰盘和催化床;燃烧室包括光学测试窗口以及一面预留的传感器接座,本发明具有多样化的点火方式,对完全转变现有催化解离的点火方式有重要意义。



CN 110259605 B

1. 一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:包括一体同轴顺次连接的喷注段(1)、电离段(2)、催化段(3)、燃烧室(4)四段结构,所述喷注段(1)和电离段(2)的两端通过前法兰盘(102)和中法兰盘(204)压紧;所述催化段(3)和燃烧室(4)形成的一体结构与电离段(2)通过中法兰盘(204)和后法兰盘(302)压紧;

所述喷注段(1)包括顺次连接的前法兰盘(102)、前绝缘体(103)和阳极底盘(201)以及依次贯穿所述前法兰盘(102)、前绝缘体(103)和阳极底盘(201)分别用于提供ADN液体推进剂和气体的供气供液管(101),所述供气供液管(101)的尾端与阳极底盘(201)设置的通孔配合输送推进剂与气体;

所述电离段(2)包括与阳极底盘(201)顺次连接的圆柱状阳极(208)、中绝缘体(206)、筒状阴极(203)、后绝缘体(207)和中法兰盘(204),所述中法兰盘(204)和前法兰盘(102)之间通过锁紧螺钉(7)配合压紧,并且在所述筒状阴极(203)内表面配合设置有绝缘介质(202);电离段(2)还设置有电极接线柱(205);

所述催化段(3)包括后法兰盘(302)和催化床(301),所述后法兰盘(302)、催化床(301)和燃烧室(4)为一体结构,中法兰盘(204)和后法兰盘(302)之间亦通过锁紧螺钉(7)配合压紧;

所述燃烧室(4)包括分别开设于三面的光学测试窗口(401)以及一面预留的传感器接座(402)。

2. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:所述ADN液体推进剂为单组元推进剂,包括氧化剂、离子液体燃料和溶剂。

3. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:所述前法兰盘(102)内侧端面的内槽与前绝缘体(103)配合;圆柱状阳极(208)、中绝缘体(206)和筒状阴极(203)均为绕中心轴相互配合的阶梯轴状部件;筒状阴极(203)与阳极底盘(201)之间通过阶梯轴状中绝缘体(206)实现径向定位。

4. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:各部件端面均设计有内部设有柔性石墨垫圈(6)的环形槽,通过柔性石墨垫圈(6)实现轴向定位以及阴阳极和绝缘体之间的密封。

5. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:所述圆柱状阳极(208)与阳极底盘(201)为一体式设计,阳极底盘(201)上设置有连接供气供液管(101)的内侧管口的供气供液通孔,所述供气供液通孔为环形阵列双层结构,内层6个通孔,外层8个通孔,直径均为1.5mm。

6. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:所述绝缘介质(202)为石英管,石英管外表面与筒状阴极(203)内表面配合,实现是石英管径向定位;所述石英管通过中绝缘体(206)、后法兰盘(302)的间隙配合实现轴向定位,石英管外径为12mm,内径可调。

7. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:所述催化床(301)包括催化剂颗粒,所述催化剂颗粒为铈基催化剂及其他类型的贵金属基催化剂;所述催化床(301)的长度为0~33mm。

8. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:除所述供气供液管(101)、中法兰盘(204)和传感器接座(402)采用304不锈钢材料,电极

接线柱(205)采用黄铜材料外,其余金属部件均采用高温合金GH2520材料。

9. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:所述电离段(2)采用DBD(介质阻挡放电)的模式。

10. 根据权利要求1所述的一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,其特征在于:所述光学测试窗口(401)由石英材料制作,光学测试窗口(401)上设有闭合其开口的压盖,压盖与光学测试窗口(401)通过螺接紧固,压盖和传感器接座(402)均为304不锈钢材质。

## 一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及空间化学推进技术和电推力器设计技术领域,具体涉及一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器。

### 背景技术

[0002] 二硝酰胺铵(Ammonium Dinitramide,缩写为ADN)推力器是一种发展潜力巨大的推进技术,ADN基推进剂由二硝酰胺铵、燃料和水组成,具有毒性小、无污染、冰点低、稳定性高、挥发性小等优点,是空间技术的一个新的发展方向和研究热点,具有广泛的应用前景。相比于传统推进剂无水肼来说,ADN基推进剂独特的优势使其在研发过程中无需特殊的防护措施,并且能够实现空间动力系统的预包装,大幅提升系统的快速响应能力以及机动性。

[0003] 目前ADN基单组元推力器已经有了一定的空间在轨飞行经历,但无一例外,都是通过催化解离的方式。其发展瓶颈在于推进剂燃烧时的高温会导致催化床结构的坍塌烧结以及活性成分的失活,直接影响推力器的正常工作,以预热系统来点火需要额外输入加热功率,点火方式单一,开发新的点火方式是解决上述问题的有效手段。

### 发明内容

[0004] 为此,本发明实施例提供一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,以解决现有技术中推力器点火方式单一的问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明实施例提供如下技术方案:

[0006] 一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,包括一体同轴顺次连接的喷注段、电离段、催化段、燃烧室四段结构,所述喷注段和电离段的两端通过前法兰盘和中法兰盘压紧;所述催化段和燃烧室形成的一体结构与电离段通过中法兰盘和后法兰盘压紧;

[0007] 所述喷注段包括顺次连接的前法兰盘、前绝缘体和阳极底盘以及依次贯穿所述前法兰盘、前绝缘体和阳极底盘分别用于提供ADN液体推进剂和气体的供气供液管,所述供气供液管的尾端与阳极底盘设置的通孔配合输送推进剂与气体;

[0008] 所述电离段包括与阳极底盘顺次连接的圆柱状阳极、中绝缘体、筒状阴极、后绝缘体和中法兰盘,所述中法兰盘和前法兰盘之间通过锁紧螺钉配合压紧,并且在所述筒状阴极内表面配合设置有绝缘介质;电离段还设置有电极接线柱;

[0009] 所述催化段包括后法兰盘和催化床,所述后法兰盘、催化床和燃烧室为一体结构,中法兰盘和后法兰盘之间亦通过锁紧螺钉配合压紧;

[0010] 所述燃烧室包括分别开设于三面的光学测试窗口以及一面预留的传感器接座。

[0011] 本发明实施例的特征还在于,所述ADN液体推进剂为单组元推进剂,包括氧化剂(ADN)、离子液体燃料(甲醇)和溶剂(水)。

[0012] 本发明实施例的特征还在于,所述前法兰盘内侧端面的内槽与前绝缘体配合;圆柱状阳极、中绝缘体和筒状阴极均为绕中心轴相互配合的阶梯轴状部件;筒状阴极与阳极底盘之间通过阶梯轴状中绝缘体实现径向定位。

[0013] 本发明实施例的特征还在于,各部件端面均设计有内部设有柔性石墨垫圈的环形槽,通过柔性石墨垫圈实现轴向定位以及阴阳极和绝缘体之间的密封。

[0014] 本发明实施例的特征还在于,所述圆柱状阳极与阳极底盘为一体式设计,阳极底盘上设置有连接供气供液管的内侧管口的供气供液通孔,所述供气供液通孔为环形阵列双层结构,内层6个通孔,外层8个通孔,直径均为1.5mm。

[0015] 本发明实施例的特征还在于,所述绝缘介质为石英管,石英管外表面与筒状阴极内表面配合,实现是石英管径向定位;所述石英管通过中绝缘体、后法兰盘的间隙配合实现轴向定位,石英管外径为12mm,内径可调。

[0016] 本发明实施例的特征还在于,所述催化床包括催化剂颗粒,所述催化剂颗粒为铌基催化剂及其他类型的贵金属基催化剂;所述催化床的长度为0~33mm。

[0017] 本发明实施例的特征还在于,除所述供气供液管、中法兰盘和传感器接座采用304不锈钢材料,电极接线柱采用黄铜材料外,其余金属部件均采用高温合金GH2520材料。

[0018] 本发明实施例的特征还在于,所述电离段采用DBD(介质阻挡放电)的模式。

[0019] 本发明实施例的特征还在于,所述光学测试窗口由石英材料制作,光学测试窗口上设有闭合其开口的压盖。压盖与光学测试窗口通过螺接紧固,压盖和传感器接座均为304不锈钢材质。

[0020] 本发明实施例具有如下优点:

[0021] (1) 本发明使用氩气作为放电工质,有利于独立观察电离效果,同时也可作为吹除管路,发挥清除残留推进剂的作用;

[0022] (2) 本发明在电离段设计绝缘筒,保证阴极和阳极之间进行绝缘连接,采用高温陶瓷材料,具有耐高温的特点;且通过设计绝缘体合适的轴向尺寸保证阴、阳极绝缘可靠性;

[0023] (3) 本发明阴阳极、绝缘体均设计为阶梯轴状,通过阶梯轴和内部通孔,保证上述部分的同轴性;

[0024] (4) 本发明通过在关键部位安装柔性石墨垫片,实现密封,石墨垫片耐高温、密封性好、可靠性高,同时由于其具有较好的压缩率和回弹率,可以实现对绝缘块的保护,防止被压坏,提高绝缘设计的可靠性;

[0025] (5) 本发明使用法兰盘和锁紧螺钉实现电离段的轴向定位,可重复自由拆装,通过调整加工部件的轴向尺寸来调整有效电离段的长度,为实验研究提供便利,保证推力器整体美观整洁;

[0026] (6) 本发明通过介质阻挡放电的形式产生非平衡等离子体,保留催化段结构保证可以成功点火,同时可以通过光学窗口、接座等采集到有效数据,验证所述结构设计是否能够有效地提高推进剂的利用效率以及推力器的性能;

[0027] (7) 本发明催化段可拆卸,可自由调整催化床的长度,对后期仅采用非平衡等离子体点火的实验研究提供便利,同时对完全转变现有催化解离的点火方式有重要意义。

## 附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式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示例性的,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

提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0029] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。

[0030] 图1为本发明的整体结构的剖视图;

[0031] 图2为本发明的整体结构的侧视图;

[0032] 图3为本发明的圆柱状阳极的结构示意图;

[0033] 图4为本发明的阳极底盘的侧视图;

[0034] 图5为本发明的催化段和燃烧室的结构示意图;

[0035] 图6为本发明的燃烧室的侧面结构示意图;

[0036] 图中:

[0037] 1-喷注段;2-电离段;3-催化段;4-燃烧室;6-柔性石墨垫圈;7-锁紧螺钉;

[0038] 101-供气供液管;102-前法兰盘;103-前绝缘体;

[0039] 201-阳极底盘;202-绝缘介质;203-筒状阴极;204-中法兰盘;205-电极接线柱;206-中绝缘体;207-后绝缘体;208-圆柱状阳极;

[0040] 301-催化床;302-后法兰盘;

[0041] 401-光学测试窗口;402-传感器接座。

### 具体实施方式

[0042] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效,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。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。

[0043] 推进剂燃烧时的高温会导致催化床结构的坍塌烧结以及活性成分的失活,直接影响推力器的正常工作,常见的借助预热系统来点火则需要额外输入加热功率,因此点火方式较为单一。

[0044] 为了解决上述问题,本发明提供一种低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器,同常见推力器的工作过程一样,一般过程为:先注入气体,放电产生等离子体,然后注入推进剂,实现等离子体点火,使得推进剂燃烧产生大量气体,从喷管喷出产生推力。无需预热系统点火,使用氩气作为放电工质,通过DBD产生非平衡等离子体实现推进剂的点火,有效改善目前ADN基单组元推力器点火方式单一的缺点。具体的:

[0045] 如图1和图2的推力器整体结构的剖视图与侧视图所示:该推力器的整体为同轴圆柱状结构,推力器从喷注器到尾喷管方向(从左到右)包括一体同轴顺次连接的喷注段1、电离段2、催化段3、燃烧室4四段结构。喷注段1和电离段2的两端通过前法兰盘102和中法兰盘204压紧;催化段3和燃烧室4形成的一体结构与电离段2通过中法兰盘204和后法兰盘302压紧。本发明推力器整体结构紧凑,节省空间,且能够满足设计需要。其中:

[0046] 喷注段1包括分别用于提供ADN液体推进剂和气体的供气供液管101、前法兰盘102、前绝缘体103、阳极底盘201;供气供液管101依次穿过前法兰盘102、前绝缘体103和阳

极底盘201上的供气供液通孔。供气供液管101的尾端与阳极底盘201设置的通孔配合输送推进剂与气体。

[0047] ADN液体推进剂为单组元推进剂,包括氧化剂(ADN)、离子液体燃料(甲醇)和溶剂(水),其具有低冰点、低蒸汽压、绿色无毒等特点。气体优选氩气作为放电工质。有利于独立观察电离效果,同时也可作为吹除管路,发挥清除残留推进剂的作用。

[0048] 供气供液管1由氩弧焊接在前法兰盘102的外侧端面上,前法兰盘102内侧端面的内槽与前绝缘体103配合,实现径向定位。

[0049] 优选的,前绝缘体103的内部设有变截面设计的通孔,给推进剂注入提供了缓冲的空间。

[0050] 阳极底盘201上的供气供液通孔为环形阵列双层结构,优选的,内层6个通孔,外层8个通孔,直径均为1.5mm。供气供液管101的内侧管口连接在阳极底盘201的通孔上。

[0051] 如图1至图4所示,电离段2采用DBD(介质阻挡放电)的模式。电离段2包括与阳极底盘201顺次连接的圆柱状阳极208、中绝缘体206、筒状阴极203、后绝缘体207和中法兰盘204,中法兰盘204和前法兰盘102之间通过锁紧螺钉7配合压紧,并且在筒状阴极203内表面配合设置有绝缘介质202;电离段2还设置有电极接线柱205。优选的,圆柱状阳极208的直径为2mm。

[0052] 电离段2由内到外依次为:圆柱状阳极208、绝缘介质202、筒状阴极203、中法兰盘204、电极接线柱205;

[0053] 电离段2外层(从左到右)依次为:圆柱状阳极208、中绝缘体206、筒状阴极203、后绝缘体207;圆柱状阳极208与连接在阳极底盘201的内侧,且为一体式机构。圆柱状阳极208、中绝缘体206和筒状阴极203均为绕中心轴相互配合的阶梯轴状部件。中绝缘体206的中心设有供圆柱状阳极208插入的通孔。

[0054] 按前绝缘体103、圆柱状阳极208、中绝缘体206、筒状阴极203、后绝缘体207顺序安装,并通过前法兰盘102和中法兰盘204从两端配合压紧,通过各部分变截面间的配合实现径向定位,同时压缩端面石墨垫片实现轴向定位,并保证各部分之间的密封。具体的:各部件端面均设计有内部设有柔性石墨垫圈6的环形槽,通过柔性石墨垫圈6实现轴向定位以及阴阳极和绝缘体之间的密封。在关键部位安装柔性石墨垫圈6,实现密封,柔性石墨垫圈6耐高温、密封性好、可靠性高,同时由于其具有较好的压缩率和回弹率,可以实现对绝缘块的保护,防止被压坏,提高绝缘设计的可靠性。

[0055] 筒状阴极203与阳极底盘201之间通过阶梯轴状中绝缘体206实现径向定位。中法兰盘204与后绝缘体207之间也同理。

[0056] 绝缘介质202优选为石英管,石英管外表面与筒状阴极203内表面配合,实现是石英管径向定位;石英管通过中绝缘体206、后法兰盘302的间隙配合实现轴向定位,石英管外径为12mm,内径可调。

[0057] 如图1、图2、图5和图6所示,催化段3包括由圆形蜂窝状挡板、催化剂颗粒和金属丝网状挡板组成的催化床301以及与电离段2连接的后法兰盘302。后法兰盘302、催化床301和燃烧室4为一体结构。中法兰盘204和后法兰盘302通过锁紧螺钉7压紧实现催化床301和燃烧室4的定位。通过调节装填催化剂颗粒的长度来调节催化床301的长度,优选的,催化床301的长度范围为0~33mm。优选为19mm,设计推力为1N。

[0058] 由于不确定能否成功点火,保留催化段3以提高点火的可靠性,可拆卸的催化段3为之后完全转变点火方式提供便利,解决现有催化剂颗粒无法承受长时间高温致使推力器无法正常工作的问题。催化段3可拆卸,可自由调整催化床301的长度,对后期仅采用非平衡等离子体点火的实验研究提供便利,同时对完全转变现有催化解离的点火方式有重要意义。

[0059] 催化段3的催化剂优选为铱基催化剂及其他类型的贵金属基催化剂等。

[0060] 燃烧室4包括位于分别开设于三面的光学测试窗口401以及位于剩余一面预留的传感器接座402。传感器接座402优选的为圆柱状。便于压力、温度等传感器装置接入。通过光学测量窗口401可研究ADN基单组元推力器的燃烧效率等,便于指导之后推力器的尺寸调整。通过光学测试窗口401和传感器接座402连接的传感器采集到的有效数据,验证所述结构设计是否能够有效地提高推进剂的利用效率以及推力器的性能。优选的,光学测试窗口401与燃烧室4内腔采用氩弧焊接。

[0061] 光学测试窗口401的开口直径优选为3.5mm,光学测试窗口401由石英材料制作,优选为蓝宝石材料,厚度6mm,直径为13mm。光学测试窗口401上设有闭合其开口的压盖。压盖与光学测试窗口401通过螺接紧固。压盖和传感器接座402优选为304不锈钢材质。燃烧室4后接喷管,喷管的喉部直径为1.12mm。

[0062] 以上构件中除了供气供液管101、中法兰盘204和传感器接座402采用304不锈钢材料,与电源线螺接的电极接线柱205采用黄铜材料(黄铜具有良好的导电性,且耐高温,熔点高)外,其余金属部件均采用高温合金GH2520材料。前绝缘体103、中绝缘体206和后绝缘体207采用高温陶瓷材料,具有耐高温的特点;且通过设计绝缘体合适的轴向尺寸保证阴、阳极绝缘可靠性。

[0063] 同时,前法兰盘102、中法兰盘204通过锁紧螺钉7将部件按照前绝缘体103、圆柱状阳极208、中绝缘体206、筒状阴极203和后绝缘体207的顺序压紧。通过松开锁紧螺钉7,可以重复拆卸各部件,并适当调整其轴向相对位置,较为便利的调整推力器的尺寸参数,实验研究提供便利,保证推力器整体美观整洁。

[0064] ADN的燃烧反应过程大致可以分为两个阶段。第一阶段是ADN的热分解阶段,在这一阶段,ADN分解成为具有较小分子量的基团,其中一些具有氧化性,一些具有还原性,按照化学当量比计算,中间产物的氧化剂多于还原剂。第二阶段是燃烧阶段,在这一阶段,ADN分解产生的这些中间产物和添加的燃料共同反应,大量放热,完成燃烧的整个过程。

[0065] 本发明低温等离子体协同催化的ADN基单组元推力器工作过程为:

[0066] 电极接线柱205将圆柱状阳极208和筒状阴极203接通高压点火电源,通过供气供液管101的供气管向圆柱状阳极208和筒状阴极203内部通入氩气放电工质,在氩气到达放电室(圆柱状阳极208和筒状阴极203缘介质围城的空腔区域)时被击穿产生放电,形成非平衡等离子体;之后再通过供气供液管101的供液管通入ADN基液体推进剂,用等离子体中的高能电子轰击推进剂,使其分解为氧化剂、燃料组分并进行反应,从而实现点火,推进剂燃烧产生大量气体从尾部喷管喷出,产生推力。

[0067] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。



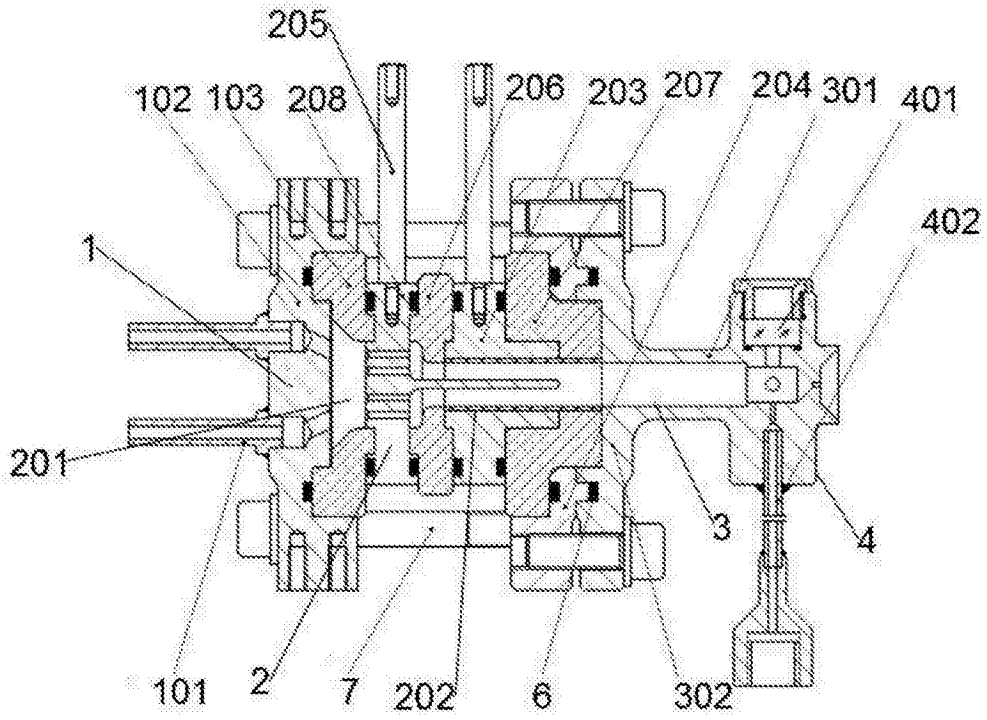


图1

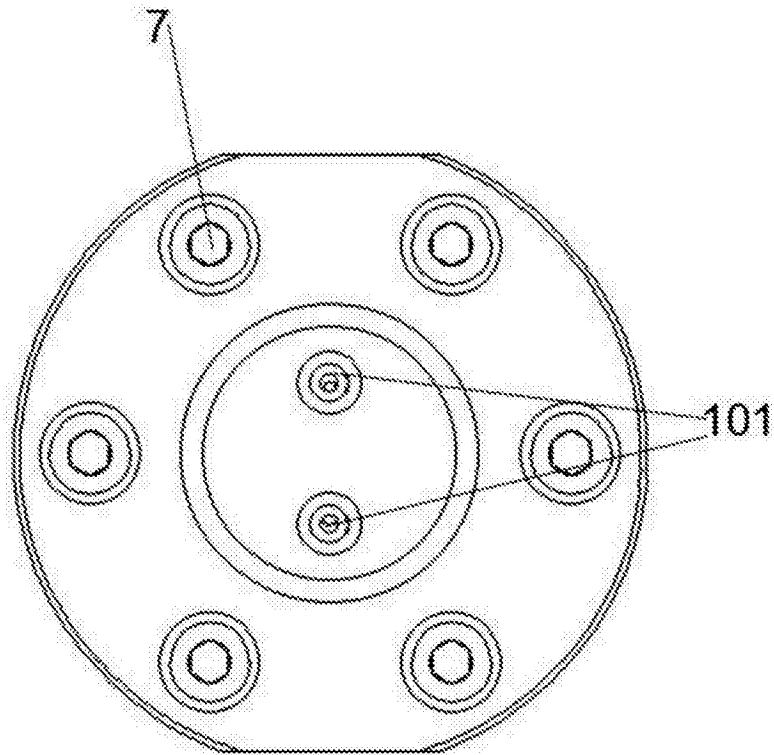


图2

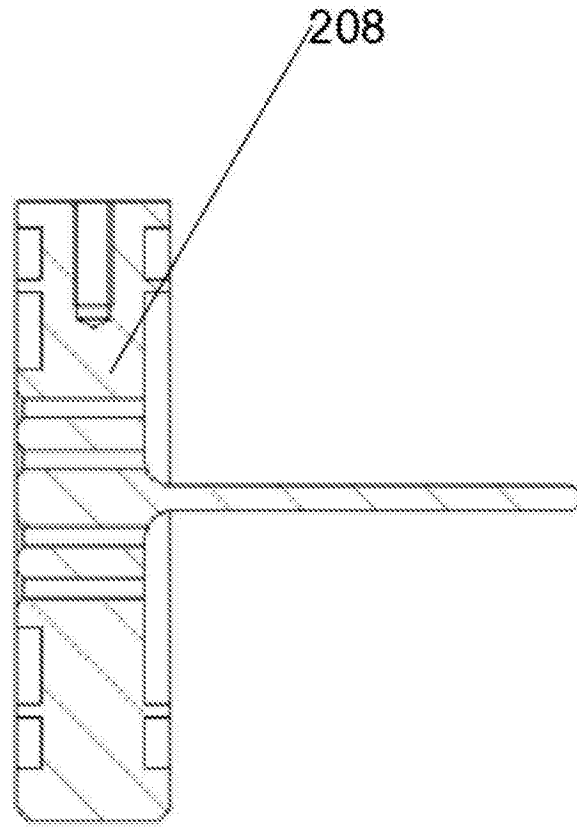


图3

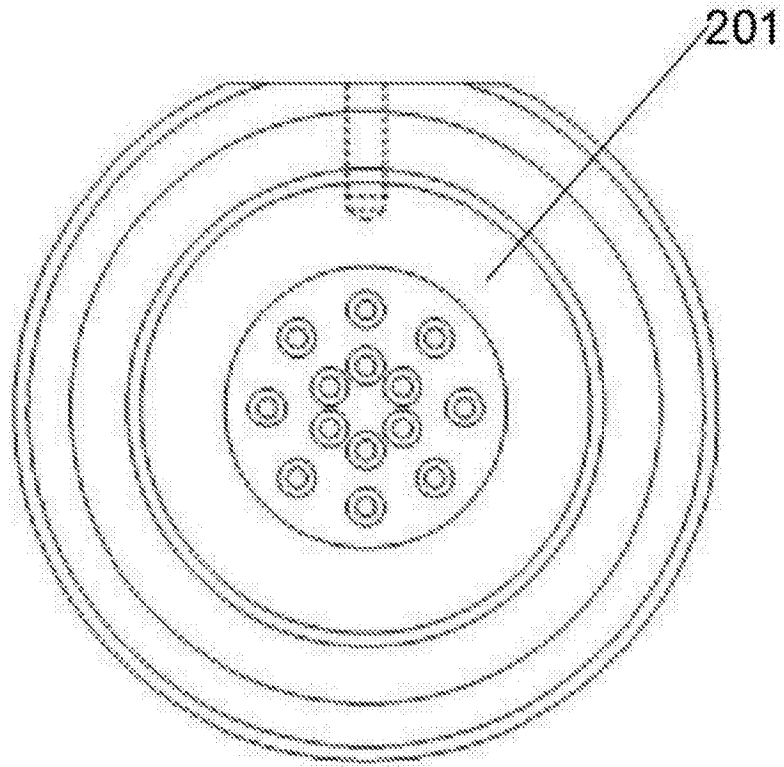


图4

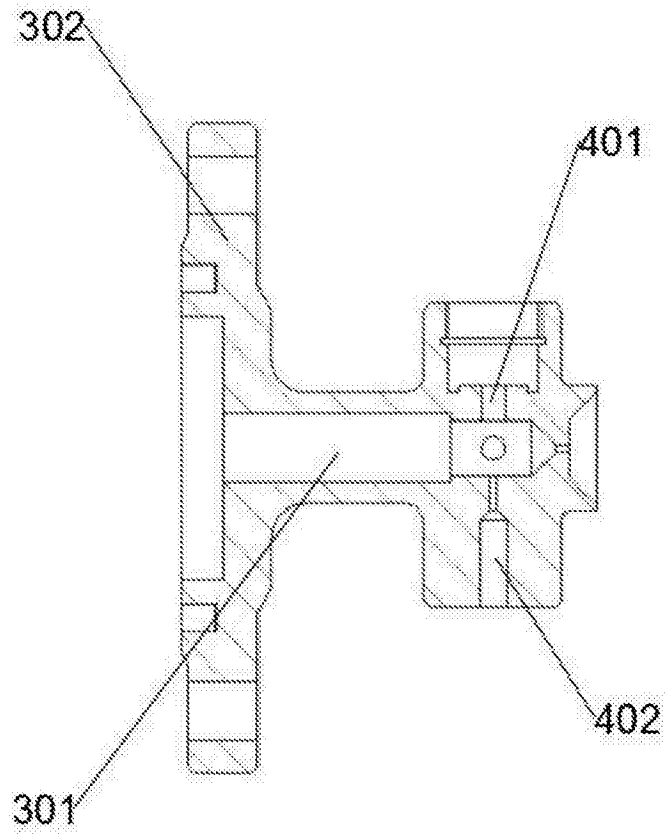


图5

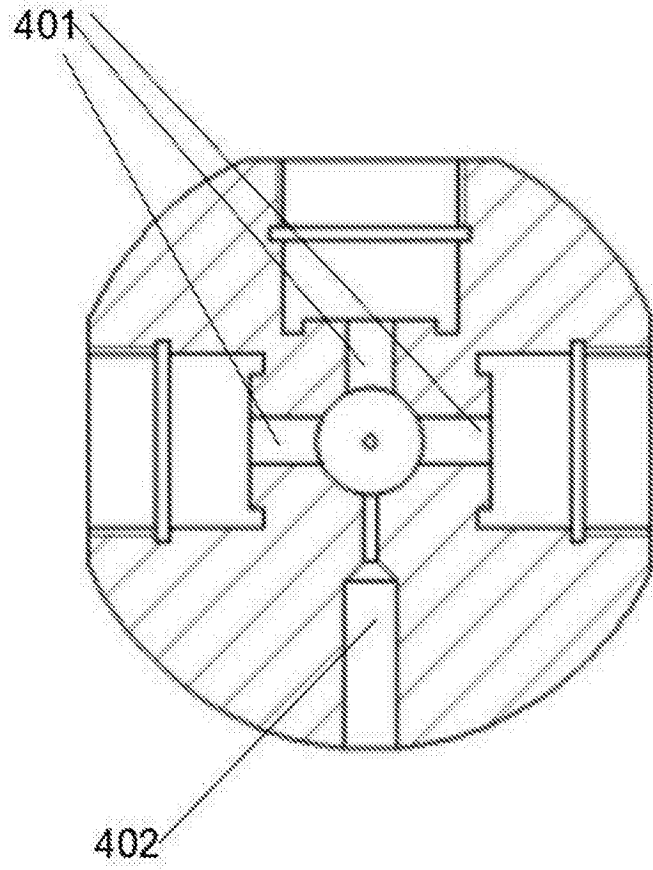


图6