

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101506472 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 12

(21) 申请号 200780031622. 9

(22) 申请日 2007. 08. 01

(30) 优先权数据

60/834, 919 2006. 08. 02 US

60/900, 182 2007. 02. 08 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 02. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/074980 2007. 08. 01

(87) PCT申请的公布数据

W02008/016979 EN 2008. 02. 07

(73) 专利权人 流体活塞有限公司

地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 亚历山大·C·什科尼克

尼古拉·什科尼克

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 党晓林

(51) Int. Cl.

F01C 11/00(2006. 01)

F02B 53/02(2006. 01)

(56) 对比文件

DE 4432688 A1, 1995. 03. 30, 说明书第 2-3 栏、附图 1-5.

FR 1153857 A, 1958. 03. 28, 附图 1-4.

CN 1034687 C, 1997. 04. 23, 全文.

WO 2005071230 A, 2005. 08. 04, 全文.

审查员 霍登武

权利要求书 4 页 说明书 21 页 附图 29 页

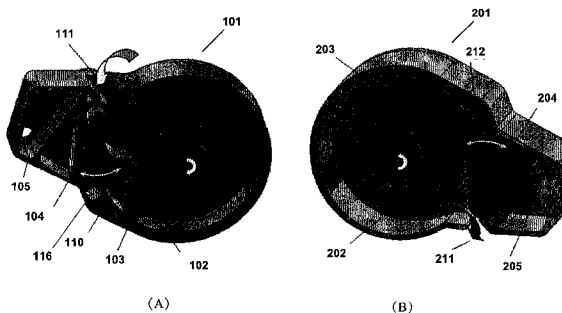
(54) 发明名称

混合循环旋转发动机

(57) 摘要

一种内燃机一方面包括一个加压工作介质源以及一个膨胀器。该膨胀器具有一个壳体和一个活塞，该活塞相对于该壳体可移动地安装于该壳体内，以执行旋转运动和往复运动中的一种，每个完整的旋转或往复运动限定该发动机的一个循环的至少一部分。该膨胀器进一步包括一个隔板，该隔板安装在该壳体内并相对于该壳体可移动，以便与它们相结合在该循环的第一和第二角度范围上限定一个工作室，该工作室与一个进气口和一个排气口隔离。至少在该循环的第一角度范围上发生燃烧，以便向该工作介质提供热量并以此增加它的压力。当该活塞从该工作介质作为其压力增加的结果而受到一个相对于该壳体的、致使该活塞相对于该壳体运动的力时，在该循环的一个第二角度范围上该工作室在体积上膨胀。

CN 101506472 B



1. 一种发动机,包括:

一种加压工作介质的一个源;

一个膨胀器,该膨胀器包括:

一个壳体;

一个活塞,该活塞相对于该壳体可移动地安装于该壳体内,以执行旋转运动和往复运动中的一种,每个完整的旋转或往复运动限定该发动机的一个循环,所述活塞和所述壳体在所述循环的一部分形成燃烧室;

一个进气口,该进气口在该源与该壳体之间联接,以允许该工作介质进入该壳体,

一个排气口,该排气口联接到该壳体,以允许已消耗的工作介质从该壳体内排出;

一个隔板,该隔板安装在该壳体内并相对于该壳体以及该活塞可移动,以此与它们相结合在该循环的第一和第二角度范围上限定一个工作室,该工作室与该进气口和该排气口隔离;

高压燃料喷射器,该高压燃料喷射器将燃料注入到所述燃烧室中;以及

一个热量输入,该热量输入至少在该循环的第一角度范围上与该工作介质联接,以便向该工作介质提供热量并以此增加其压力;

其中,当该活塞从该工作介质作为其压力增加的结果而接受一个相对于该壳体的、致使该活塞相对于该壳体运动的力时,在该循环的一个第二角度范围上该工作室在体积上膨胀。

2. 根据权利要求1所述的一种发动机,其中该活塞以及该隔板至少在该循环的第一和第二角度范围上同时限定一个排气室,该排气室与该进气口隔离,但与该排气口联接。

3. 根据权利要求1所述的一种发动机,其中,该源包括一个泵。

4. 根据权利要求1所述的一种发动机,进一步包括与该膨胀器联接的一个燃料源,并且其中:

该工作介质包括以下之一:(i)一种含氧气体,来自该燃料源的燃料在该循环的过程中被分别地加入该含氧气体中,和(ii)一种含氧气体,来自该燃料源的燃料在该循环过程之外与该含氧气体混合,并且

该热量输入是至少在第一角度范围之上来自该燃料的氧化的能量释放,

由此该发动机是一种内燃式发动机。

5. 根据权利要求4所述的一种发动机,其中,该工作室具有在该第一角度范围上的一个体积,该体积基本上是恒定的。

6. 根据权利要求5所述的一种发动机,进一步包括一个诱发紊流的结构,该结构布置在该加压工作介质源与该工作室之间的一个流体通道内,以增强在该工作介质中紊流的形成。

7. 根据权利要求5所述的一种发动机,进一步包括:

一个燃料阀组件,该燃料阀组件联接在该燃料源与该膨胀器之间;

一个控制器,该控制器联接到该燃料阀组件,这样的控制器还联接为以便获得发动机循环位置信息,在不需要燃料添加的该循环的一部分中,该控制器操作该燃料阀组件以切断通向该膨胀器的燃料流。

8. 根据权利要求5所述的一种发动机,进一步包括:

一个空气阀组件,该空气阀组件联接在该加压工作介质源与该膨胀器之间;

一个控制器,该控制器联接到该空气阀组件,这样的控制器还联接为以便获得发动机循环位置信息,在不需要工作介质添加的该循环的一部分中,该控制器操作该阀组件以切断通向该膨胀器的工作介质流。

9. 根据权利要求 8 所述的一种发动机,其中,该空气阀组件包括一个单向阀。

10. 根据权利要求 4 所述的一种发动机,其中,在连续地增加该工作室内工作介质压力的条件下,该加压工作介质通过该进气口引入该工作室内致使了该工作介质压力的临时下降以及该工作介质与引入到该工作室内的燃料的有效混合,直至燃料-工作介质混合物的温度达到一个点火温度而造成该混合物的燃烧。

11. 根据权利要求 9 所述的一种发动机,其中,在连续地增加该工作室内工作介质压力的条件下,该加压工作介质通过该进气口引入该工作室内致使该工作介质压力的临时下降并且该工作介质与引入到该工作室内的燃料的有效混合,直至该燃料-工作介质混合物的温度达到点火温度而造成混合物的燃烧,这种燃烧致使该工作介质内压力的升高,压力升高反过来致使该单向阀自动关闭。

12. 根据权利要求 9 所述的一种发动机,其中,该空气阀组件还包括联接到该控制器的一个第二阀门。

13. 根据权利要求 9 所述的一种发动机,其中,该空气阀组件进一步包括在该单向阀上的一个闩扣,该闩扣与该控制器联接以便在受到该控制器指引时将该单向阀维持在一个关闭位置。

14. 根据权利要求 7 所述的一种发动机,其中,该控制器被配置成在该发动机的某些循环中致使通向该膨胀器的燃料流的切断,这样使该发动机在小于 100% 的负载循环下运行。

15. 根据权利要求 14 所述的一种发动机,其中,该控制器的在该发动机的某些循环中致使通向该膨胀器的燃料流的切断的操作实现了通向该膨胀器的工作介质供应无本质性减少,这样当通向该膨胀器的燃料流被切断时供应给该膨胀器的工作介质用来冷却该发动机,并且该控制器被配置成在小于 100% 负载循环的正常条件下操作该发动机,从而为该发动机提供冷却。

16. 根据权利要求 5 所述的一种发动机,其中,该活塞是一个凸轮,并且该隔板是一个跟随凸轮的摇杆,可与该凸轮接合。

17. 根据权利要求 4 所述的一种发动机,进一步包括用于将该源联接到该进气口的一个容器,这样的容器包括用来存储加压工作介质的一个体积。

18. 根据权利要求 17 所述的一种发动机,其中,该容器包括安置在该壳体外部的一个位置的一空气罐。

19. 根据权利要求 4 所述的一种发动机,其中,该第一和第二角度范围是至少部分地重叠的。

20. 根据权利要求 4 所述的一种发动机,其中,该第一和第二角度范围是不重叠的。

21. 根据权利要求 5 所述的一种发动机,这样的发动机是一种改进的轴向叶片旋转发动机,其中:

该隔板是一个定子环,

该活塞是安装用于在该定子环内轴向往复运动的一个叶片,并且

该外壳是一个旋转凸轮环,该旋转凸轮环相对于该定子环旋转并包括一个扁平区域,该扁平区域限定在第一角度范围上的一个停止期间,在该停止期间的过程中该叶片相对于定子环是静止的。

22. 根据权利要求 5 所述的一种发动机,其中:

该活塞是一个往复式叶片,

该隔板是一个具有圆形截面的轮毂,该活塞可滑动地安装在该圆形截面内,并且

该外壳同心地围绕该轮毂安置并相对于该轮毂旋转,并且包括一个第一圆形内壁部分,该第一圆弧内壁部分在该壳体围绕该轮毂旋转过程中保持与该轮毂的密封接触,以及与该第一内壁部分邻近的一个第二壁部分,这些壁部分与该叶片和该轮毂一起限定了在该第一和第二角度范围上的一个工作室。

23. 一种操作内燃式发动机的方法,该方法包括:

使用可旋转地安装在一个壳体内的一个凸轮以在发动机循环的第一角度范围与所述壳体形成燃烧室,该燃烧室在该第一角度范围具有基本上恒定的体积,并使用安装在该壳体内并相对于该壳体可移动的一个凸轮跟随件在所述发动机循环的第二角度范围上限定一个工作室,该工作室与一个进气口和一个排气口隔离;

通过高压燃料喷射器的把燃料引入该燃烧室内;

在连续地增加该燃烧室内工作介质压力的条件下,在一个流体通道上通过该进气口把加压工作介质从一个加压工作介质源引入该燃烧室之内,以此致使该工作介质压力的一种临时下降以及该工作介质与引入该燃烧室内的燃料的有效混合,直至该燃料-工作介质混合物的温度达到了一个点火温度而造成该混合物的燃烧,这种燃烧致使该工作介质内压力的升高,其中压力升高导致该凸轮的旋转,这种燃烧在该第一角度范围内开始。

24. 根据权利要求 23 所述的一种方法,该方法进一步包括:

当该工作室中的压力超过该加压工作介质源的压力时,关闭该加压工作介质源和该工作室之间的流体通道之一阀门。

25. 根据权利要求 23 所述的一种方法,进一步包括:

至少在该循环的第一和第二角度范围上同时操作该凸轮和该凸轮跟随器,以便限定一个排气室,该排气室与该进气口隔离但与该排气口联接。

26. 一种内燃式发动机,包括:

一个加压工作介质源;

一个膨胀器,该膨胀器包括:

一个壳体;

一个凸轮,该凸轮相对于该壳体可旋转地安装于该壳体内,该凸轮的每次完整的旋转限定该发动机的一个循环;

一个进气口,该进气口联接在该源和该壳体之间以允许一种工作介质进入该壳体,

一个排气口,该排气口联接到该壳体上以允许已消耗的工作介质从该壳体内排出;

一个跟随凸轮的摇杆,该摇杆安装在该壳体内并相对于该壳体以及该凸轮可移动,以便与它们相结合地在该循环的第二角度范围上限定一个工作室,该工作室与该进气口以及该排气口隔离;

高压燃料喷射器,该高压燃料喷射器将燃料注入到恒定体积的燃烧室中,该燃烧室在

所述循环的第一角度范围在所述凸轮和所述壳体之间形成；

其中：

该工作介质包括一种含氧气体，在该循环过程中燃料被添加到该含氧气体中，并且至少在该第一角度范围上，发生该燃料的氧化；这种氧化为该工作介质提供热量以此增加它的压力；并且

当该凸轮从该工作介质处作为其压力增加的结果而接受一个相对于该壳体的、致使该凸轮旋转的力时，在该循环的一个第二角度范围上该工作室在体积上膨胀。

27. 根据权利要求 26 所述的一种发动机，其中，该凸轮和该摇杆至少在该循环的第一和第二角度范围上同时限定一个排气室，该排气室与该进气口隔离但与该排气口联接。

28. 一种内燃式发动机，包括：

一个外壳，该外壳具有一个内部区域，该内部区域具有由该壳体的一个内表面限定的、总体上圆形的截面，其中这个总体上圆形的截面由一个摇杆安装区域中断，该壳体也具有一对侧面；

一个可旋转地安装在该壳体内部的凸轮，该凸轮在该内部区域内扫过一个圆形路径，该凸轮与该壳体的这些侧面密封接触，并且同时，当该凸轮的一个前缘不与该摇杆安装区域邻近时，该凸轮与该壳体的内表面密封接触；

一个安装在该摇杆安装区域内的跟随凸轮运动的摇杆，该摇杆与该壳体的这些侧面密封接触，并且，至少当该凸轮的该前缘不与该摇杆安装区域邻近时，该摇杆与该凸轮密封接触，该摇杆具有一个座入位置，当该凸轮的一个前缘与该摇杆安装区域邻近时，该座入位置总体上限定该壳体的圆形截面的一个延长段，该摇杆枢接在一个枢轴端上，以便在一个自由端上总体上径向地相对于该凸轮的圆形路径运动，这样该枢轴的自由端在该座入位置和一个最大的未座入位置之间往复运动，当该凸轮完成了围绕该工作区域的一次回转时完成一个完整的往复循环；

一个燃烧室，该燃烧室形成于所述凸轮和所述壳体之间邻近该摇杆的自由端的该摇杆安装区域附近，并具有一个开口，这样的开口在该凸轮的一个第一旋转角度范围上被封闭；

一个进气口，该进气口联接到该燃烧室上用来提供加压工作介质，该工作介质包括一种含氧气体，在第一角度范围内或在其之前燃料被添加到该含氧气体中；

高压燃料喷射器，该高压燃料喷射器将燃料注入到燃烧室中；

其中燃烧发生在第一角度范围内，以此在该燃烧室内提供基本上恒定体积的燃烧；

该凸轮和该摇杆被配置成当弧形开口未封闭时在一个第二角度范围上提供一个膨胀区域；以及

一个排气口，该排气口形成于该壳体内邻近该摇杆的自由端的该摇杆安装区域的附近，用于排除已消耗的工作介质。

## 混合循环旋转发动机

[0001] 本申请要求于 2006 年 8 月 2 日提交的美国临时专利申请 60/834, 919 以及于 2007 年 2 月 8 日提交的美国临时专利申请 60/900, 182 的优先权, 这两份申请的内容通过引用结合在此。

### 发明领域

[0002] 本发明涉及发动机, 并且确切地说, 涉及混合循环旋转发动机。

### 背景技术

[0003] 除了非常大的船舶柴油机之外, 现代内燃式发动机 (ICE) 的典型的最大效率仅为约 30-35%。由于这种效率仅能在一个较窄的负载范围 (通常接近满负载) 内获得, 并且由于绝大多数车辆典型地是在约 70% 到 90% 的时间内以部分负载运行, 不足为奇的是, 对于典型的中型车辆来讲, 城市驾驶时总体上的或“油井到车轮”的效率仅为 12.6% 而对高速路驾驶仅为 20.2%。

[0004] 存在一种现有技术, 其中一种均质压缩引燃 (HCCI) 循环提供了对内燃式发动机效率的提高。然而, 尽管提供了超越现有发动机的某些优势, 它们也无法提供高的最大效率。此外, HCCI 循环发动机也有污染 (颗粒物), 并且难以控制并且昂贵, 因为点火事件是自然发生的而且是很多变量的函数, 如压力、温度、排气浓度、水蒸汽含量、等等。

### 发明内容

[0005] 在一个实施方案中, 本发明提供了一种发动机。本实施方案的发动机包括一个加压工作介质源和一个膨胀器。该膨胀器包括一个壳体、一个活塞、一个进气口、一个排气口、一个隔板和热量输入。该活塞相对于该壳体可移动地安装于该壳体内, 以执行旋转运动和往复运动中的一种。每个完整的旋转或往复运动限定该发动机的一个循环的至少一部分。该进气口联接在该源和该壳体之间, 以允许该工作介质进入该壳体。该排气口联接到该壳体, 以允许已消耗的工作介质从该壳体内排出。该隔板安装在该壳体内并可以相对于该壳体以及该活塞移动, 以便与该壳体以及该活塞相结合地在该循环的第一和第二角度范围上限定一个工作室, 该工作室与该进气口和该排气口隔离。该热量输入至少在该循环的该第一角度范围上联接到该工作介质, 以向该工作介质提供热, 并且增加该工作介质的压力。在这个实施方案中, 当该活塞由于该工作介质的增加的压力而从该工作介质接受一个相对于该壳体的、引起该活塞相对于该壳体的运动的力时, 在该循环的一个第二角度范围之上的工作室的体积膨胀。

[0006] 在另一个相关的实施方案中, 该活塞和该隔板至少在该循环的该第一和第二角度范围上同时限定一个排气室, 该排气室与该进气口隔离, 但联接到该排气口。可替代地或除此之外, 该源包括一个泵。可替代地或除此之外, 该发动机还包括一个燃料源, 该燃料源联接到该膨胀器; 在这个实施方案中, 该工作介质包括以下介质中的一种: (i) 一种含氧气体, 来自该燃料源的燃料在该循环过程中被单独加入该含氧气体中, 和 (ii) 一种含氧气体。

体,来自该燃料源的燃料在该循环过程之外与该含氧气体混合,并且该热量输入是至少跨过该第一角度范围的、来自该燃料的氧化的能量释放,这样,该发动机就是一种内燃式发动机。作为另一个相关的实施方案,该工作室具有跨过该第一角度范围的一个体积,该体积基本上是恒定的。任选地,该发动机还包括一种诱发紊流的几何结构,该几何结构布置在该加压工作介质源与该工作室之间的一个流体通道内,以增强该工作介质中紊流的形成。任选地,该发动机还包括联接在该燃料源与该膨胀器之间的一个燃料阀组件以及联接到该燃料阀组件的一个控制器。还将该控制器联接以便获得发动机循环位置信息,并且在不需要燃料添加时的该循环的一部分的过程中,该控制器操作该燃料阀组件以切断通向该膨胀器的燃料流。同样任选地,该发动机还包括联接在该加压工作介质源与该膨胀器之间的一个空气阀组件以及联接到该空气阀组件的一个控制器。还将该控制器联接以便获得发动机循环位置信息,在不需要工作介质添加时的该循环的一部分的过程中,该控制器操作该阀组件以切断通向该膨胀器的工作介质流。在另一个相关的实施方案中,该空气阀组件包括一个止回阀。

[0007] 在另一个相关的实施方案中,在连续地增加该工作室内工作介质压力的条件下,通过该进气口到该工作室内的该加压工作介质的引入引起该工作介质压力的临时下降以及该工作介质与引入到该工作室内的燃料的有效混合,直到燃料与工作介质混合物的温度达到了点火温度而造成混合物的燃烧为止。任选地,这样的燃烧引起该工作介质中压力的升高,这种压力升高进而致使该止回阀自动关闭。

[0008] 在另一个相关的实施方案中,该空气阀组件还包括联接到该控制器的一个第二阀门。任选地,该空气阀组件还包括该止回阀上的一个闩扣,该闩扣联接到该控制器以在受到该控制器的指引时将该止回阀维持在关闭位置。任选地,将该控制器构造成在该发动机的某些循环过程中导致切断通向该膨胀器的燃料流,以使该发动机以小于 100% 的负载循环运行。任选地,该控制器的运行在该发动机的某些循环过程中致使通向该膨胀器的燃料流的切断实现了通向该膨胀器的工作介质供应无本质上的减少,这样当通向该膨胀器的燃料流被切断时,供应到该膨胀器的工作介质用于使该发动机冷却,并且将该控制器构造成在小于 100% 负载循环的正常条件下运行该发动机,以向该发动机提供冷却。

[0009] 而且,在另一个相关的实施方案中,该活塞是一个凸轮,并且该隔板是一个跟随凸轮的摇杆,该摇杆可接合在该凸轮上。任选地,该发动机包括一个用于将该源联接到进气口的容器;该容器包括一个用于存储加压工作介质的体积。任选地,该容器包括布置在该壳体外部的一个位置之一空气罐。同样任选地,该第一和第二角度范围至少部分地重叠。可替代地,该第一和第二角度范围不重叠。任选地,该工作介质是一种含氧气体,并且该发动机进一步包括一个燃料喷射器,该燃料喷射器布置在从该源到该壳体内一个区域的一个流体通道内。任选地,该燃料喷射器布置在该进气口内。

[0010] 而且,在另一个相关的实施方案中,该发动机是一种改进的轴向叶片旋转发动机,其中,该隔板是一个定子环,该活塞是安装在该定子环内用于轴向往复运动的一个叶片,并且该壳体是一个旋转凸轮环,该旋转凸轮环相对于该定子环旋转并且包括一个扁平区域,该扁平区域限定跨过该第一角度范围的一个停止期间,在该停止期间的过程中,该叶片相对于该定子环是静止的。

[0011] 在根据本发明的一种发动机的又一个相关的实施方案中,

[0012] 该活塞是一种往复式叶片,隔板是具有圆形截面的一个轮毂,该活塞可滑动地安装在该圆形截面内。该壳体同心地布置在该轮毂周围、并相对于该轮毂旋转并且包括一个第一圆形内壁部分以及一个第二壁部分,该第一圆形内壁部分在该壳体围绕该轮毂的旋转过程中保持与该轮毂的密封接触,并且该第二壁部分与该第一圆形内壁部分邻接。这些壁部分与该叶片以及轮毂一起限定了在跨过该第一和第二角度范围的一个工作室。

[0013] 本发明的另一个实施方案提供了操作一台内燃式发动机的一种方法。该实施方案的方法包括使用可旋转地安装在一个壳体内一个凸轮、以及安装在该壳体内并且可相对于该壳体移动的一个凸轮跟随件,以便在一个发动机循环的第一和第二角度范围上限定一个工作室,该工作室与一个进气口和一个排气口隔离。在这个实施方案中,该工作室具有在该第一角度范围上的基本上恒定的体积。该方法还包括将燃料引入该工作室;在连续地增加该工作室工作介质压力的条件下,通过一个流体通道将加压工作介质从一个加压工作介质源穿过该进气口引入该工作室之内,以致使该工作介质压力临时下降以及该工作介质与引入到该工作室内的燃料的有效混合。这种加压工作介质的引入一直进行到燃料与工作介质混合物的温度达到了一个点火温度而造成混合物的燃烧为止。这种燃烧致使该工作介质内压力的升高,其中压力升高引起该凸轮的旋转。这种燃烧在该第一角度范围内开始。

[0014] 在另一个相关的实施方案中,该方法还包括当该工作室中的压力超过该加压工作介质源的压力时关闭该加压工作介质源与该工作室之间的一个流体通道之内的一个阀门。任选地,该方法还包括至少在该循环的该第一和第二角度范围上同时操作该凸轮和该凸轮跟随器以限定一个排气室,该排气室与该进气口隔离但联接到该排气口。

[0015] 在另一个实施方案中,本发明提供一个内燃式发动机,该发动机包括一个加压工作介质源和一个膨胀器。该膨胀器包括一个壳体、一个凸轮、一个进气口、一个排气口、以及一个跟随凸轮的摇杆。该凸轮可旋转地相对于该壳体安装于该壳体内。该凸轮的每个完整的旋转运动限定该发动机的一个循环的至少一部分。该进气口联接在该源与该壳体之间,以允许一种工作介质进入该壳体。该排气口联接到该壳体,以允许已消耗的工作介质从该壳体内排出。该跟随凸轮的摇杆安装在该壳体内并可以相对于该壳体 and 该凸轮移动,以便与它们相结合地在该循环的第一和第二角度范围上限定一个工作室,该工作室与该进气口和该排气口隔离。该工作介质包括以下介质中的一种:(i)一种含氧气体,在该循环过程中燃料被添加到该含氧气体中,以及(ii)一种含氧气体与燃料混合物。至少跨过该第一角度范围发生该燃料的氧化,并且该工作室具有一个基本上恒定的体积。这样的氧化为该工作介质提供热量,以增加它的压力。当该凸轮从该工作介质由于其增加的压力而接受一个相对于该壳体的、致使该凸轮旋转的力时,该工作室的体积在该循环的一个第二角度范围上膨胀。

[0016] 在另一个相关的实施方案中,该凸轮和该摇杆至少在该循环的第一和第二角度范围上同时限定一个排气室,该排气室与该进气口隔离但联接到该排气口。

[0017] 在另一个实施方案中,本发明提供了一种内燃式发动机,该发动机包括一个壳体、一个凸轮、一个跟随凸轮的摇杆、一个形成于该壳体内的燃烧室、一个进气口以及一个排气口。该壳体具有一个内部区域,该内部区域带有由该壳体的一个内表面限定的、总体上呈圆形的截面,其中该总体上呈圆形的截面由一个摇杆安装区域阻断。该壳体还有一对侧面。该凸轮可旋转地安装在该壳体内,并扫过在该内部区域内的一个圆形路径。该凸轮与该壳体

的这些侧面密封接触,并且在该凸轮的一个前缘不与该摇杆安装区域邻接时,该凸轮与该壳体的内表面密封接触。该跟随凸轮的摇杆安装在该摇杆安装区域内、与该壳体的这些侧面密封接触并且至少在该凸轮的前缘不与该摇杆安装区域邻接时,该摇杆与该凸轮密封接触。该摇杆具有一个座入位置,当该凸轮的一个前缘与该摇杆安装区域邻接时,该座入位置总体上限定该壳体的圆形截面的一个延续。该摇杆枢接在一个枢轴端以在一个自由端总体上径向地相对于该凸轮的圆形路径运动,以使该枢轴的自由端在该座入位置与一个最大的未座入位置之间往复运动。当该凸轮完成了围绕该工作区域的一次回转时,该摇杆完成一个完整的往复循环。该燃烧室形成于该壳体内并邻近于该摇杆的自由端附近的该摇杆安装区域,并且具有一个开口。该开口在该凸轮的一个第一旋转角度范围上被封闭。该进气口联接到该燃烧室上以提供加压工作介质。该工作介质包括以下介质中的一种:(i)一种含氧气体,在该第一角度范围之内或之前,燃料被添加到该含氧气体中,和(ii)一种含氧气体与燃料混合物。燃烧在该第一角度范围内发生,以在该燃烧室内提供基本上恒定体积的燃烧。将该凸轮和该摇杆构造成当该弧形开口未被封闭时提供在一个第二角度范围上的一个膨胀区域。该排气口形成于该壳体内并邻近于该摇杆的自由端附近的该摇杆安装区域中,用于去除已消耗的工作介质。

[0018] 在又一个实施方案中,本发明提供了一种内燃式发动机,该发动机包括一个壳体、一个活塞、一进气口、一个排气口以及一个凸轮。该活塞可往复地相对于该壳体安装于该壳体内。该活塞的每次完整的往复运动限定该发动机的一个循环的至少一部分,并且该活塞的每个冲程限定它在该壳体的一个工作室内的位移。该进气口联接在该泵与该工作室之间,以便允许该工作介质进入该工作室。该工作介质包括以下介质中的一种:(i)一种含氧气体,在该循环过程中燃料被添加到该含氧气体中,和(ii)一种含氧气体与燃料混合物。该排气口联接到该工作室,以允许已消耗的工作介质从该工作室排出。该凸轮联接到该活塞上,并将该活塞的位移限定为该循环的角范围的一个函数。在这个实施方案中,至少在该循环的一个第一角度范围上发生该燃料的氧化,并且该凸轮具有一个使该活塞基本上无位移的形状,以使该工作室具有一个本质上恒定的体积。这样的氧化为该工作介质提供热量,以增加它的压力。当该活塞由于其增加的压力从该工作介质接受一个相对于该壳体的、致使该活塞位移的力时,该工作室的体积在该循环的一个第二角度范围上膨胀。

[0019] 在另一个实施方案中,本发明提供一个虚拟活塞组件,该虚拟活塞组件包括一个本体和一个构件,该本体包括至少一个射流二极管并且该构件可旋转地安装在该本体内。该构件包括至少一个射流二极管。该构件与该本体相关地布置,且该本体具有一个相应地成型的内部以形成一个虚拟腔室,该虚拟腔室具有一个随该构件的旋转而改变的体积。

[0020] 在另一个相关的实施方案中,该构件是一个盘。在另一个相关的实施方案中,该构件呈圆柱形。在又一个相关的实施方案中,该构件是圆锥形的。

[0021] 在另一个实施方案中,本发明提供了一个泵,该泵包括一个壳体、一个凸轮、一个进气口、一个排气口和一个跟随凸轮的摇杆。该凸轮可旋转地相对于该壳体安装于该壳体内。该凸轮的每个完整的旋转运动限定一个泵送循环的至少一部分。该进气口联接在该泵与该壳体之间,以允许一种流体的进入。该排气口联接到该壳体,以允许已泵出的流体从该壳体内排出。该跟随凸轮的摇杆安装在该壳体内并可以相对于该壳体和该凸轮移动以与它们相结合限定一个工作室,该工作室在该循环的一个第一角度范围上与该进气口和该排气

口隔离。

[0022] 在另一个相关的实施方案中,该泵是一个压缩机,并且该工作室是一个压缩室。任选地,该压缩室在一个第二角度范围上保持与该进气口隔离但联接到该排气口上。任选地,该摇杆与该凸轮至少在该第一角度范围上同时限定一个进气室,该进气室与该排气口隔离并联接到该进气口上。

[0023] 在又一个实施方案中,本发明提供了一个内燃式发动机,该发动机包括一个加压工作介质源、一个燃料源、以及一个膨胀器。该燃料源任选是一个泵。该膨胀器包括一个壳体、一个活塞、一个进气口、一个排气口以及一个隔板。该活塞相对于壳体可移动地安装于壳体内,并执行旋转运动和往复运动中的一种。每个完整的旋转或往复运动限定该发动机的一个循环的至少一部分。该进气口联接在该源与该壳体之间,以允许该工作介质进入该壳体。任选地,一个诱发紊流的结构布置在该加压工作介质源与该工作室之间的一个流体通道内,以增强该工作介质中紊流的形成。该排气口联接到该壳体上,以允许已消耗的工作介质从该壳体内排出。该隔板安装在该壳体内并可相对于该壳体 and 该活塞移动,以与它们相结合地在该循环的第一和第二角度范围上限定一个工作室,该工作室与该进气口和该排气口隔离。同样,该工作室跨过该第一角度范围具有一个基本上恒定的体积,该活塞和该隔板至少在该循环的该第一和第二角度范围上同时限定一个排气室,该排气室与该进气口隔离,但联接到该排气口。该工作介质包括以下介质中的一种:(i)一种含氧气体,来自该燃料源的燃料在该循环过程中被单独地加入该含氧气体中,和(ii)一种含氧气体,来自该燃料源的燃料在该循环过程之外与该含氧气体混合。该燃料至少在该第一角度范围上于该工作室经历燃烧过程。该燃烧为该工作介质提供热量,以增加它的压力。当该活塞从该工作介质由于其增加的压力的原因而接受一个相对于该壳体的、致使该活塞相对于该壳体运动的力时,该工作室的体积在该循环的一个第二角度范围上膨胀。任选地,该实施方案包括一个燃料阀组件,该燃料阀组件在该燃料源与该膨胀器之间联接。同样任选地,该实施方案包括一个空气阀组件,该空气阀组件联接在该燃料源与该膨胀器之间。该空气阀组件任选地包括一个止回阀。任选地,该实施方案包括一个控制器,该控制器联接到该任选的燃料阀组件并且联接到该任选的空气阀组件上。还将该控制器联接以便获得发动机循环位置信息,在不需要工作介质添加的该循环的一部分中,该控制器操作该任选的空气阀组件以切断通向该膨胀器的工作介质流,在不需要燃料添加的该循环的一部分中,该控制器操作该任选的燃料阀组件,以切断通向该膨胀器的燃料流。同样任选地,将该控制器构造成在该发动机的某些循环中使通向该膨胀器的燃料流切断,以使该发动机在小于100%的负载循环下运行。同样任选地,该控制器的在该发动机的某些循环中致使通向该膨胀器的燃料流的切断的操作实现了通向该膨胀器的工作介质供应无本质上的减少,以使当通向该膨胀器的燃料流被切断时,供应到该膨胀器的工作介质用来冷却该发动机;在这种情况下,该控制器被构造成在小于100%负载循环的正常条件下操作该发动机,以向该发动机提供冷却。任选地,该活塞是一个凸轮,该隔板是一个跟随凸轮的摇杆,可与该凸轮接合。任选地,在连续地增加该工作室工作介质压力的条件下,该加压工作介质通过该进气口引入到该工作室之内致使该工作介质压力的临时下降以及该工作介质与引入到该工作室内的燃料的有效混合,直到燃料与工作介质混合物的温度达到了点火温度而造成混合物的燃烧为止;这种燃烧致使该工作介质内压力的升高,这种压力升高反过来使该止回阀自动关闭。

- [0024] 附图简要说明
- [0025] 图 1 示出了一种混合循环旋转发动机 (HCRE) 的示例性原理图。
- [0026] 图 2 是根据一个具体实施方案的一种 HCRE 的三维表示。
- [0027] 图 3 示出了一种 HCRE 的内部结构的不同细节。
- [0028] 图 4 示出了一种 HCRE 中的压缩机和膨胀器的内部组件和功能的不同方面。
- [0029] 图 5A 至 5I 示出了一种压缩机在该凸轮的一个完整回转上的运行。
- [0030] 图 6A 至 6I 示出了一种膨胀器在该凸轮的一个完整回转上的运行。
- [0031] 图 7 示出了经过摇杆的边缘的一个凸轮。
- [0032] 图 8 示出了一个沟槽凸轮, 在一个替代实施方案中, 该沟槽凸轮能够用于调整一个摇杆的动作。
- [0033] 图 9 给出了一个双侧凸轮的布置图, 该双侧凸轮能够用在一个替代实施方案中。
- [0034] 图 10 给出了一个双摇杆安排的布置图, 该双摇杆安排能够用在一个替代实施方案中。
- [0035] 图 11 是根据采用滑动叶片的一个替代实施方案的 HCRE 的三维表示。
- [0036] 图 12 示出了根据采用滑动叶片的一个替代实施方案的 HCRE 内的一个膨胀器的内部结构。
- [0037] 图 13A 至 13C 示出了根据采用滑动叶片的一个替代实施方案的 HCRE 内一个膨胀器的功能布置。
- [0038] 图 14A 至 14H 示出了根据采用滑动叶片的一个替代实施方案在该轮毂的一个完整的回转上的 HCRE 内一个膨胀器的运行。
- [0039] 图 15A 至 15E 示出了根据几个替代实施方案的膨胀器。
- [0040] 图 16A 至 16B 示出了根据带有枢接叶片的一个替代实施方案的一种膨胀器。
- [0041] 图 17 示出了根据基于轴向叶片概念的一个替代实施方案的一个膨胀器。
- [0042] 图 18A 至 18F 示出了根据基于轴向叶片概念的一个替代实施方案的膨胀器在一个完整循环上的运行。
- [0043] 图 19 示出了根据基于隐形叶片技术的一个替代实施方案的 HCRE。
- [0044] 图 20A 至 20E 示出了在不同的实施方案中实施的几种密封模式。
- [0045] 图 21A 至 21F 示出了在使用滑动叶片的一个替代实施方案中实施的一种水密封实现方式。
- [0046] 图 22A 至 22C 示出了在替代实施方案中实施的密封技术的实现方式。
- [0047] 图 23A 至 23C 示出了用于压缩机的一种替代设计的几种变体。
- [0048] 图 24 示出了采用两个叶片和一个腔室的一种压缩机的替代设计。
- [0049] 图 25 示出了用于实现该 HCRE 循环的一种替代设计。
- [0050] 图 26 示出了根据一种替代实施方案一种用于从排气中回收热量技术。
- [0051] 图 27A 至 27B 示出了根据采用滑动叶片的一个替代实施方案的密封安排。
- [0052] 图 28 是一个曲线图, 该曲线图对高效混合循环与奥托循环以及狄塞尔循环的压力 - 体积特性进行了比较。
- [0053] 图 29 是一个曲线图, 该曲线图对均质增压激励的点燃循环与奥托循环以及狄塞尔循环的压力 - 体积特性进行了比较。

[0054] 具体实施方案的详细说明

[0055] 定义。如本说明书和所附的权利要求中所使用，以下术语应具有所指明的含义，除非在上以下有另有要求：

[0056] 两个构件的“密封接触”是指这些构件直接地或经由一个或多个密封部件具有充分的邻近性，以此在这两个构件之间具有可接受的少量泄漏。当这些构件并不总是彼此邻近时，一个密封接触可以是断续的。

[0057] 在一个循环过程中的至少某些时间内一个气口是与一个腔室相连通时，该气口就是“联接”到该腔室。

[0058] 在座入位置与一个最大的未座入位置之间往复运动的一个摇杆的一个完整的“往复循环”包括该主轴 360° 的行程，其中，从这些位置之一到这些位置中的另一个的行程总计为该主轴的 180° 的行程。

[0059] “工作介质”描述了可以有用地注入该工作室的不同的物质。在内燃式发动机的情况下，“工作介质”包括一种含氧气体自身（在这种情况下，燃料是在一个循环的过程中加入）或者在一个循环的过程之外与燃料混合的一种含氧气体。该含氧气体可以包括单独空气或氧气，或者，例如，与水、过热水和氮气中的一种或多种相混合。

[0060] 一台发动机的“工作室”整体地涉及它的多个部分，(i) 其中接收一个热量输入（在内燃式发动机的情况下是一个燃烧室）和 (ii) 其中由热量传递造成的压力升高所导致的膨胀被用于驱动一个活塞，该活塞在该发动机内往复运动或旋转运动。

[0061] 图 1 是根据本发明的一个实施方案的混合循环旋转发动机 (HCRE) 1000 的示意性表示。一个压缩空气模块 (CAM) 100 吸入环境空气 303、将其压缩到相对较高的压力、（任选地）将其储存在一个外部空气罐 107 内、对它进行调节（即在一个组合式分配器 / 调节器 109 内调整它的压力和 / 或温度）、并经由空气阀组件 118 将其传送到一个动力生成模块 (PGM) 200。该空气阀组件包括一个单向止回阀，以防止燃烧过程中的空气回流。控制器 319 被联接到该空气阀组件上以便在不需要空气添加的该循环的一部分的过程中将空气供应保持在一个关闭位置。该控制器通过一个第二阀门或通过将该止回阀锁闭在一个关闭位置上作用在该组件上。

[0062] PGM 200 从 CAM 100 接收压缩空气 305，并且从燃料源 304 接收燃料。PGM 200 在本质上恒定体积的条件下燃烧燃料，并且在一个膨胀器 201（在图 2 中示出）中膨胀燃烧产物，由此将燃烧产物的热能转化成机械功 308。这种机械功 308 首先用于驱动 CAM 100，并且余下的功 308 由一个外部负载 309 使用。有一种选择是使水 306 进入 PGM 200 并冷却、密封和润滑 PGM 200，并且抑制 NO<sub>x</sub> 的形成。一个任选的冷凝单元 300 使排气 307 中所含的蒸汽冷凝，并将冷凝水 306 返回到水回路 317。我们示出了令燃料由燃料源 304 进入的多个任选的路径。该燃料可以在一个循环的过程中与压缩空气 305 相分离地直接注入燃烧室内，在这种情况下，左侧的虚箭头适用于该燃料路径。可替代地，在被引入到该燃烧室之前，该燃料可以在一个循环的过程之外与压缩空气 305 混合，在这种情况下，右侧的虚箭头适用于该燃料路径。还有可能使用上述两种方法，这是通过容许一种预混合空气与燃料混合物进入该燃烧室而且将相同的或不同的燃料直接注入该燃烧室内。

[0063] 燃料从燃料源 304 的进入是由燃料阀组件 318 来把关。如果燃料采取上述的左侧虚线路径，那么可将燃料阀组件 318 实现为一个喷射器阀。此外，控制器 319 使燃料阀组件

318 运行,以在不需要燃料添加的该循环的一部分中在一个关闭位置维持燃料供应。另外,控制器 319 用来在下面结合“数字模式的运行”描述的“关机循环”过程中保持燃料的切断。控制器 319 具有多种发动机参数和用户输入。它从一个位置(例如该发动机的输出轴)获得循环位置信息,并使用该位置信息来控制燃料阀组件 318。进一步来讲,该控制器获得与希望功率(在该发动机用于汽车的情况下,希望功率与加速器踏板位置相对应)、发动机速度、发动机壁温度以及其他任选参数有关的用户输入,以决定该循环是否应点火(开)或被跳过(关)以及是否仅切断燃料还是将燃料和空气均切断。可替代地或除此之外,将该控制器构造成确定要在每个循环中要供应的燃料量。

[0064] 该控制器可以完全机械地操作(例如,早期的柴油发动机中采用完全的机械控制实现了燃料喷射控制),并且在这种不同的背景下可以使用类似的技术以实现必要的控制。可替代地,该控制器可以用现有技术中已知的方式来使用一个微处理器,该微处理器利用一个适当的程序来操作,以提供该阀门组件的电子控制,且在这种情况下阀门组件可以包括如一个由螺线管操作的阀门,该阀门对该控制器做出响应。

[0065] 现在参考图 2 至图 4 来说明发动机 1000 的结构。CAM 100 由一个压缩机 101 组成,该压缩机吸入环境空气 303、将其压缩到相对较高的压力并通过一个三通阀 108 将其传送到一个较小的任选的空气缓冲器 105 或一个任选的外部空气罐 107。如果不使用任选的空气缓冲器 105,则空气被直接传送到 PGM 200。空气缓冲器 105 的体积典型地是一个对应的 PGM 燃烧室 212(在以下进行描述)的体积的 10 到 30 倍,即具有足够大的体积来支持向 PGM 燃烧室 212 提供大致恒定的压力。CAM 100 和 PGM 200 在实体上可位于或可不位于相同的发动机壳体壁之内。CAM100 和 / 或 PGM 200 可以根据需要来断开,以回收制动能量或增加瞬时可用功率。

[0066] 图 2 示出了用于压缩机 101 和膨胀器 201 的一个单一本体。从外部空气罐 107 排出的压缩空气 305 任选地由一个调节器 106 来调节,该调节器能够将压力减小到最优值并提高 / 降低压缩空气 305 的温度。这种温度升高可以通过使用一个热交换器、通过交换来自 PGM 的排气的热或者通过特别的加热器来实现。压缩机 101 可以是旋转式、活塞式、螺旋式或其他任何类型,只要是它有效率并能够提供较高的压缩比,这种压缩比约为 15 到 30 或更高,优选为单级形式。这种发动机的示例性实施方案将包括压缩机 101,该压缩机以与膨胀器 201 相同的原理工作。

[0067] 压缩机 101 是 CAM 100 的主要元件并且由图 3 和图 4 中示出的以下部件组成:一个压缩机壳体 102、一个活塞式压缩机凸轮(C 凸轮)103、一个用作隔板的压缩机摇杆(C 摇杆)104、一个主轴 250 和多个轴承 207。壳体 102 包含一个进气口 111 和一个排气口 116。可将轴承 207 实现为“液膜”(流体静力的、流体动力的或空气的)轴承,或者实现为永久润滑的陶瓷轴承或常规轴承。壳体 102、一个分离板 301(图 3 至图 4)、C 凸轮 103 和 C 摇杆 104 之间的这些空间限定多个压缩机室。

[0068] 在压缩机 101 内有两种类型的室,现在参考图 5 描述这两种室。进气室 112 被限定在 C 摇杆 104、C 凸轮 103 与进气口 111 之间(参看图 5A)。压缩室 110 被限定在 C 摇杆 104、C 凸轮 103 和排气口 116 之间(参看图 5A)。在这种情况下,PGM 200 仅仅是膨胀器 201,并且由以下部件组成:一个膨胀器壳体 202、一个膨胀器凸轮(E 凸轮)203、一个膨胀器摇杆(E 摇杆)204、一个主轴 250、多个轴承 207、以及阀门(未示出),这些阀门容许来自压

压缩机 101、空气缓冲器 105 或外部空气罐 107 的空氣的进入。

[0069] 壳体 202、分离板 301(图 3 至图 4)、E 凸轮 203 与 E 摇杆 204 之间的这些空间限定不同的膨胀器腔室。(在下述的实施方案中,该 E 摇杆是一个凸轮跟随件,并且安装在枢轴上。可替代地,该摇杆可滑动地安装。)在压缩机 1000 内有三种类型的室,现在参考图 6 描述这三种室。燃烧室 (CbC) 212 被限定为一个封闭的、最小的恒定体积的室空间(参见图 6A 至 6B)。膨胀室 210 被限定为一个封闭的膨胀体积的室空间。最小的膨胀体积等于燃烧室体积,而最大的膨胀体积发生在膨胀室 210 内压力大约降至环境(大气)压力的时刻(图 6H)。排气室 213 被限定为向环境空气开放,并且是一个收缩体积的室空间。

[0070] 现在参考图 4 和图 5 来说明压缩机 101 的运行。在循环开始时,压缩室 110 形成于 C 凸轮 103 与 C 摇杆 104(以及图 3 中的壳体 102 和分离板 301)之间(图 5A)。(在下述的实施方案中,C 摇杆是一个凸轮跟随件,并且安装在枢轴上。可替代地,该摇杆可滑动地安装。)C 凸轮 103 在壳体 102 内旋转,以使压缩室 110 的尺寸减小(图 5B 至 5C)。一旦压缩室 110 内的空气已经达到了一个特定的压缩程度,空气开始通过排气口 116 传递到空气缓冲器 105、外部空气罐 107 或膨胀器 201 内(图 5D)。随着 C 凸轮 103 继续旋转,它经过排气口 116,且空气的传递完成(图 5E)。从这一点起,没有空气留在压缩室 110 内,直到该循环结束并形成一个新的压缩室 110 为止(图 5G 至 5I)。还要注意,在压缩的同时,进气发生在进气室 112 内。这有助于使发动机 1000 非常紧凑。

[0071] 现在参考图 6 来说明膨胀器 201 的运行。燃烧室 212 形成于 E 凸轮 203 与壳体 202(以及分离板 301)之间。旋转的 E 凸轮 203 继续限定以本质上恒定的体积的燃烧室 212(图 6A 至 6B)。工作介质如压缩空气 305 和来自燃料源 304 的燃料被注入燃烧室 212 内、发生自然点火、燃烧开始并在燃烧室 212 存在的过程中持续直到基本上完成。在某些实施方案中,可以在膨胀阶段过程中继续一定量的燃烧,但有一些效率损失。主轴 RPM 和 E 凸轮 203 上的大直径圆形段的长度限定了燃烧室 212 存在多长时间。在图 6B 所示的时刻,燃烧室 212 转换成膨胀室 210。随着 E 凸轮 203 响应由燃尽气体施加的力而旋转,膨胀室 210 膨胀,从而冷却这些气体并降低膨胀室 210 内的压力(图 6C 至 H)。一旦 E 凸轮 203 经过排气口 211 的开口,则膨胀结束,且排气开始,因为燃气在这个循环中燃烧。注意,在膨胀冲程的同时,来自之前的膨胀冲程的燃尽气体在一个排气室 213 中,它联接到排气口 211 以允许这些燃尽气体排出。同样,如同具有与压缩机 101 类似的特性,这也对发动机 1000 的紧凑性有所帮助。

[0072] 当空气 305 从空气缓冲器 105 被注入燃烧室 212 内时,它首先被减压(并冷却),然后,当燃烧室 212 内的压力达到空气缓冲器 105 内的压力时,空气被再次压缩(并再加热)。由于空气缓冲器 005 与压缩室 212(最初处于环境压力)之间较大的压差,所以进入燃烧室 212 的空气 305 形成了一个超音速涡流,该涡流以较高的 rpm 旋转。通过使用置入该燃烧室的适当结构,可以增强紊流的形成。对于一种用于汽化器设计的 Hilsch 涡流管的说明出现在美国专利 2650582 中,该专利通过引用结合在此。例如,已知具有与燃烧室 212 的几何结构大致相同的几何结构的涡流管用于支持高达 1,000,000rpm 的漩涡,并且与一台 HCRC 的 800-900psi 的压力相比,到一个涡流管之内的输入压力仅为 100psi。涡流的形成提高了紊流度并增强了混合。与压缩空气 305 同时注入一个低压环境的来自燃料源 304 的燃料将被该空气涡流拖入压缩室 212 之内、与该空气充分地混合并非常迅速地挥发。当

温度和压力达到自燃点时,燃料 304 将在整个体积内点火(类似于一种 HCCI 发动机)。在该点,压缩空气 305 的工作介质和来自燃料源 304 的燃料的进气停止。

[0073] 如上所述,在壳体 102 和 202、分离板 301、凸轮 103 和 203 与摇杆 104 和 204 之间形成了不同的室。对于发动机 1000 的有效的运行而言,有利的是在所有这些部件之间具有严密的密封件。如图 7 中的运行所示,Wanckel 式的面和顶点密封件 310 可以用在凸轮 103 和 203 以及摇杆 104 和 204 上,而流体型和液体密封同样也是可行的。应注意,当暴露于高压气体时,作用在摇杆 104 和 204 的表面的净力经过摇杆 104 和 204 的旋转中心,并因此而不影响摇杆 104 和 204 的运动。所以,应将摇杆 104 和 204 恒定地压到凸轮 103 和 203 上,以便消除气体从这些室的泄漏。最简单的对摇杆 104 和 204 施加压力的方法是通过一个适当的扭力或恒力弹簧。或者,如果使用 Wanckel 式的顶点密封,则应保持摇杆 104、204 与凸轮 103、203 的相对较小的分离,这种分离约为 0.001" 到 0.003"。可替代地,也可以使用摇杆 104 和 204 的相对侧面上的受控的空气压力或者通过一个单独的电螺线管或发动机或外部凸轮的摇杆 104 和 204 的受控运动。这可以提供一个机会使摇杆 104 和 204 在凸轮 103 和 203 上施加非常小的压力,从而减少或消除磨损。

[0074] 可以通过常规方式来冷却发动机 1000,即使水 306 流经一个水套内的静止部件以及空气冷壳壁 102 和 202。可替代地,能够通过使水 306 流经形成于发动机 1000 的不同部件之间的通道来冷却发动机 1000,这些部件有大量的热。最后,如以下结合“数字模式的运行”所说明的那样,通过在小于 100% 的负载循环下运行可以全部地或部分地实现冷却。

[0075] 本发明的实施方案中的一种 HCRE 发动机以多种实质性方式不同于一台常规的 HCCI 循环发动机。例如,现代 HCCI 发动机在实现发动机的动态运行时遇到问题。该控制系统必须改变引起燃烧的条件。目前,使用了非常复杂、昂贵而且并非总是可靠的控制方法来达到发动机性能的边际变化,以响应于变化的负载条件。受控用来引起燃烧的这些变量包括压缩比、引入气体的温度、引入气体压力和保留的或重新引入的排气的量。

[0076] 在 HCRE 中存在额外的控制手段,这些控制手段不要求复杂的控制机构,将这些控制方式称为燃烧激励手段(CSM)。CSM 是激励或引起燃烧室 212 内的空气和燃料的一种已调节的工作介质的燃烧所采取的措施,这些措施包括但不限于以下的一种或多种:该已调节的工作介质的压力、该已调节工作介质的温度、该已调节工作介质内排气再循环(EGR)的浓度、该已调节工作介质内水蒸汽的浓度、燃烧室 212 内的催化剂表面(即覆盖有一种催化剂的壁或置于燃烧室 212 内的一种催化剂)、置于燃烧室 212 内的一个催化剂燃烧器(例如镍网或泡沫陶瓷)、高燃烧室壁温度、燃烧室 212 内的一个钨丝加热器、重新引入的排气 307(该排气单独地或者与水蒸汽混合作为一种热化学的热回收器在来自燃料源 304 的燃料内部可能引起一种水转移反应)以及注入或引入燃烧室 212 的额外的燃料。这种额外的燃料可以是(但并非必需是)与来自燃料源 304 的燃料相同,即,在存在一种催化剂时并且可能在产生氢和氧的一种电火花放电的帮助下通过水(蒸汽)分子的离解生成的燃料。这可以利用发动机 1000 的热量由水(或蒸汽)在燃烧室 212 自身的界线内的电解而生成。在空气/燃料混合压缩过程中产生的热量可以提供这种离解所需的大部分能量。离解过程中产生的氢在燃烧期间得到利用。因此,该过程的净效应是压缩热的部分回收。

[0077] 如上所述,难以控制在 HCCI 循环下运行的发动机是众所周知的,尤其是在部分负载下运行时。尽管仍然可以使用标准的控制方式,例如调节燃料的量、压力、温度,EGR 量等,

但是有一种更得体的控制 HCRE 的方法（将被称为“数字模式的运行”）可以使用：在满负载下运行每个循环，但有时跳过几个循环。例如，每八个循环中跳过三个循环将允许在满功率的 5/8 下运行，每八个循环中跳过六个循环将允许在满功率的 1/4 下运行，等等。

[0078] 为了以数字模式运行，特别是为了跳过一个或多个循环，有可能将压缩空气 305 和燃料源 304 均切断或者仅切断燃料源 304。如前面结合图 1 所说明的那样，来自燃料源 304 的燃料由燃料阀组件 318 掌控，该燃料阀组件由控制器 319 控制，以此致使该燃料源的切断。类似地，来自压缩空气模块 100 的空气由空气阀组件 118 掌控，该空气阀组件也由控制器 319 控制。还可以额外地联接该控制器以接收一个发动机负载信号。这种信号可以通过多种方法得出：在一种方法中，与燃料消耗相关联地监视发动机速度，或者与一个发动机速度指令（例如一辆汽车中的加速器踏板位置）相关联地监视发动机速度。在低负载条件下（由该发动机负载信号证明），可将该控制器配置为在小于 100% 的负载循环下操作该发动机，以使在正常数量的循环之后，该发动机跳过该循环的燃烧部分。因此，到达控制器的发动机负载信号使该控制器在一个正常数量的循环之后切断至膨胀器的燃料。作为一个实例，在一种模式中，该发动机可以在每一第四循环切断通向该膨胀器的燃料的方式下运行，以减少约 25% 的功率和燃料消耗。在另一种模式中，该发动机可以在每隔一个循环切断通向该膨胀器的燃料的方式下运行，以减少约 50% 的功率和燃料消耗。在来自该膨胀器的燃料被切断的情况下，由压缩机 101 供给的压缩空气 305 将会在膨胀器 201 内膨胀而没有太多的能量损失，因为在燃烧室 212 内的空转时间内，压缩空气 305 将被这些燃烧室壁加热。与空气和燃料二者被传送且燃烧事件发生时的“工作循环”相反，当燃料源 304 被切断时，在后一种情况下工作的发动机的循环将被称为“关机循环”。这种操作的另外一个效果是，它会将燃烧室 212 的壁和整个发动机 1000 冷却。由于对于一台发动机而言，仅以峰值负载运行其工作寿命的一小部分是常见的，这个特征将使之有可能在根本没有冷却的情况下运行这种发动机，即在这些“关机循环”过程中，冷却会自然地发生。为了以最大功率（此时，这些“关机循环”降至 0）运行这种发动机，可在最初使发动机 1000 为过大尺寸，并且不允许该发动机在大于某个最大预设功率水平时正常地工作，该最大预设功率水平如 80%（即 80% 的负载循环）。剩余的 20% 的功率负载周期用于冷却。这种方法会略微增加膨胀器 201 的尺寸，但大型冷却系统部件的去除能够造成发动机尺寸的整体减小。在另一个实施方案中，使用这种方法，该控制器可以接收一个发动机温度信号并使用这种信号来设置一个最大负载循环的极限值；使用温度来限制最大负载循环可以允许在一个临时的高需求的条件下瞬时地把一个更大的负载循环用于峰值发动机功率。如果在关机循环的过程中将空气切断，那么通常有必要通过一个通风阀或其他适当的安排来使该工作室通风。

[0079] 在一个相关的实施方案中，可以使用多个膨胀器。在此情形中，对于每个膨胀器可以使用一个单独的阀门组件 318，但这些阀门组件可能由一个共用的控制器 319 来控制。可按照不同的角度定向将这些膨胀器安装在一个共用轴上，以使它们彼此以不同相位运行，以便在一个主轴旋转的过程中使功率生成变得平滑。可替代地，例如，可按照一个共用的角度定向安装一对膨胀器，但是用交替的关机循环来运行这对膨胀器，在任何给定的时间一个膨胀器产生功，而另一个膨胀器具有一个关机循环，这样，整个发动机就会呈现一种总体上平衡的操作模式。还可以使用一个飞轮来使发动机的运行变得平滑。

[0080] 如果发动机 1000 配备了外部罐 107 和多个离合器 261（参见图 11），可将压缩机

101 断开一小段时间,从而允许约 25%的动力增强,因为发动机 1000 将不会消耗这些能量用于空气 303 的压缩。可替代地,通过断开发动机 1000 和把车辆的动量用于转动多个轮,可以部分地回收制动能量,这些轮将进而转动压缩机 101,该压缩机进而会将空气 303 压缩并通过阀门将空气推入外部空气罐 107 中。此外,由于压缩机 101 和膨胀器 201 二者的小尺寸,所以往往有可能把它们部分地或者甚至全部地定位于轮舱之内。所以,这些前轮舱可以包含膨胀器,这些后轮舱可以包含压缩机。在这些实施方案中,往往并不需要一个主轴连接的膨胀器和压缩机,这种功能通常由道路来执行。这既可以为车辆设计创造非常紧凑而灵活的安排,而且又允许一定的冗余度。

[0081] 外部罐 107 也能够代替一个电启动器或与一个电启动器一起启动发动机 1000,或者膨胀器 201 可以用作以压缩空气 305 或液氮运行的一个空气马达。

[0082] 根据热力学第一定律可知,向环境排出的热越少,能够转换成有用功的热就越多。热通过两种机理从一个内燃式发动机排入环境中。一种是热排气造成的热力学损失,另一种是需求冷却发动机部件所造成的工程损失。低热排放(LHR)发动机采用高温部件来应对这两种情况中的第二种。

[0083] 从理论上讲,LHR 发动机应展示出较高的热力学效率。然而,实际上的结果在最好的情况下并不确定,在最差的情况下是与期望值相反。这是因为由于较高的发动机温度迫使燃料没有来得及与空气混合之前提起点火而使燃烧不充分。而且,较高的燃烧温度造成了较高的排气温度。因此,实现工程损失的降低是以热力学损失的增加为代价。

[0084] 发动机 1000 的设计可以为我们提供一个机会来一次性地处理损失的两个组成部分。该方法包括但不限于以下措施中的一些或全部。

[0085] 一种选择是通过使用陶瓷部件、不同的涂覆层或其他隔热材料将该发动机与环境热绝缘。另一个选择是通过把多余的热量从这些部件(壳体 102 和 202、轴承 207、盖 216 和叶片 214)去除来抑制这些部件的温升。不同于常规的发动机,它们是从这些壁去除热量并通过散热剂和一个热交换器(散热器)将这种热传递到环境中,发动机 1000 可以通过在这些部件之间喷射水 306 来进行冷却。作为图 1 示出的水 306 如何喷射形成一个水密封件的例子,参看图 20B,其中用附图标记 311 表示该水密封件。以非常高的压力提供给这些部件的水 306 将转化成蒸汽,这些蒸汽将逸入膨胀室 210 并在膨胀过程中协助燃烧产物,从而提高发动机 1000 的效率。因此,我们实现了热冷却损失的部分回收,而同时降低了排气 307 的温度。这些水蒸汽可以通过常规的冷凝器 300 回收,如图 1 所示。然而,这可能要求较大的空间和相关的成本(例如,由于冷凝器必须是耐腐蚀的)。可替代地,冷凝可经由一个离心式冷凝器来完成。另一个选择是进一步延长该膨胀过程,直至达到了大气压力为止,如图 28 至图 29 所示。我们进一步降低了排气 307 的温度,从而减小了这些损失中的热力学部分。净结果是我们期望发动机 1000 展示出比常规的发动机高得多的效率。

[0086] 对于本领域中熟练的技术人员来讲,本示例性实施方案的设计的多种变体是有可能的和明显的。本发明的不同实施方案的实例在以下说明。

[0087] 可以根据多个替代方案来实现凸轮 103、203。凸轮 103、203 可以实现为多种形状,该圆柱形表面可以用圆锥形、半球形或曲面来代替。凸轮 103、203 的功能可以通过使用多种变体来完成,例如图 8 所示的沟槽凸轮 114,其中一个凸轮跟随件 113 跟踪一个沟槽凸轮 114 内的一条槽道的路径,由此调节一个主轴的动作。同样,单一凸轮的设计可用一个双凸

轮的设计来替代,例如图 9 所示的双凸轮设计。图 9 示出的设计变体采用了一个双侧凸轮 115 和一个单摇杆 104。这种设置的多种变体也是有可能的,这些变体也包括多个摇杆。

[0088] 根据一个示例性实施方案中使用的工作原理,有可能建造一个组合式压缩机/膨胀器 302(见图 10),以使两种功能都存在于一个单独实体中而不是两个分立的实体中。这种设计的一种可能的变体在图 10 示出,该设计变体使用一个单旋转凸轮 203 和两个摇杆 204。其他的设计可以包括三个摇杆、多个凸轮或这些变体的一种组合。

[0089] 可以证明,与压缩机 101 不同,如果在压缩过程期间将空气 303 加热而不是冷却,则提高发动机 1000 的效率。因此,为了提高效率,来自排气 307 的热量的一部分可以传递到正在被压缩的空气 303。这必须从凸轮 103 关闭进气口 111 的时间点到由于压缩而导致的温度达到排气 307 的最大温度(减去大约 20°C)的空间点间歇地进行(见图 26)。此外,排气 307(温度约 800° K)可以用于冷却燃烧室 212,这里在燃烧过程中的温度可能高于 2600° K(这就是为什么燃烧室 212 内应该使用陶瓷壁或覆层的原因)。这个温度必须被降低,以允许发动机的长时间运行。这可以通过将排气 307 用作一种冷却介质并通过一个常规的水幕、通过到燃烧室 212 和/或膨胀室 210 内的注水或者通过气体冷却来实现。排气 307 会将温度升高到约 1200° -1300° K。这会使在压缩冲程过程中使用排气的热量来将空气 303 加热变得更有吸引力。可替代地或除此之外,冷却也可以通过使用上述“关机循环”工作介质的膨胀来完成。使用数字模式运行的冷却的额外的效果是通过在“关机循环”过程中使用这种热量会降低工程热损失(即由于为了结构的目的而需要冷却部件所造成的损失)。

[0090] 在燃烧室 212 所感受到的极端热的情况下,可以在燃烧室 212 附近进行更多的冷却工作,并且在膨胀末端采取更少的冷却。类似地,由于在燃烧室 212 附近存在着高得多的压力,所以这里是这些壁应最厚的位置。其他可能的变体还包括带有偏心盘状凸轮的一个滑动摇杆以及一个固定并静止的燃烧室。另一种变体是将这些燃烧室定位于分离板或摇杆内,或者它们的某种组合之内。

[0091] 展示出能够实施这些设计理念的多种方法的该发动机基本设计的一种变体是利用一个滑动叶片 214(见图 14)来取代标准的旋转凸轮。图 11 示出了这种设计在完全组装后可能是什么样子。在这种构造中,压缩机 101 经由一个任选的离合器 261 受一个皮带传动装置 251 驱动。可替代地,它可以由齿轮、链条传动装置或其他任何适当的装置来驱动,包括直接由 PGM 200 驱动。如果使用离合器 261,可以根据需要开启和关闭压缩机 101。例如,如果发动机 1000 正用在车辆上,那么为了回收该车辆的制动能量,可以通过离合器 261 关闭 PGM 200,并且仅由该车的转动车轮或飞轮来运行压缩机 101。由压缩机 101 压缩的空气 303 将经由三通阀 108 被引向外部罐 107。可替代地,当使用此处的一个实施方案的汽车要求更大的功率时,压缩机 101 经由离合器 261 被完全地关闭,并且存储在外部罐 107 中的压缩空气 305 被用于 PGM 200 的运行。这会为车辆提供最大的灵活性和动力管理。

[0092] 现在参考图 12 和图 13 来说明根据一个滑动叶片实施方案的一个 PGM 200 的实现方式。在所示出的实现方式中,一个膨胀器 222 的壳体壁 221 围绕一个静止的内部轮毂 220 旋转。可替代地,其他构造可以使用一个旋转轮毂和静止壳体。PGM 200 包括壳体 221、一个盖 216、轮毂 220(由两个半圆柱形引导件 215 和两个轴承 207 组成)、一个滑动叶片组件 214、一个空气进气口 217(用作一个进气口)、一个进水配件 218、以及一个出水配件 219。

[0093] 轮毂 220、壳体壁 221、滑动叶片组件 214、轴承 207 和盖 216 之间的空间限定了多个发动机室。如图 13 所示,有三种类型的室。如在该示例性实施方案中,这些室是燃烧室 206、膨胀室 208 和排气室 209。(一个未示出的排气口联接到排气室 209 上。)在该图中可以看出,该壳体包括一个第一内部圆形壁部分,将该部分标记为 131,该部分通常位于与附图标记 131 相关联的参考线所标识的两个位置之间;该部分在该壳体围绕该轮毂旋转过程中与该轮毂保持密封接触。该壳体还包括与该第一内壁部分邻接的一个第二内部部分。这些部分与该叶片和该轮毂相结合限定一个工作室(即一个燃烧室 206 和一个膨胀室 208),该工作室在该发动机循环的相关的部分与该进气口和一个排气口隔离,如图 13(A) 和 13(B) 以及图 14 所示。

[0094] 现在参考图 14 来说明这个实施方案中的膨胀器 222 的运行。当通过旋转壳体壁 221 来形成一个封闭空间以形成燃烧室 206 时,该循环在图 14A 中开始。在图 14B 至 14D 中,已经形成了燃烧室 206。在滑动叶片组件 214 相对于这些半圆柱引导件 215 保持静止的时限期间,燃烧室 206 存在,该滑动叶片组件同时在这些壳体壁 221 内的两个恒定半径的节段上伸展,这些半圆柱引导件与这些壳体壁 221 的该圆柱段以及这些轴承 207 一起限定燃烧室 206 的体积。参看图 12,当滑动叶片组件 214 的左侧退出恒定半径的节段时,形成膨胀室 208。在图 14E 至 14G 中,在膨胀室 208 中开始膨胀冲程,同时,在排气室 209 中开始排气冲程。

[0095] 容许一种工作介质(WM)(例如空气 305)通过位于轴承 207 内的一个电子控制阀(未示出,但对应于空气阀组件 118 的一部分)进入燃烧室 206。可替代地,或者除电子控制阀之外,WM 通过位于轴承 207 内的一个单向阀(未示出,但对应于空气阀组件 118 的一部分)到达燃烧室 206。当燃烧开始且压力迅速升高时,该单向阀关闭,使空气 305 关闭在燃烧室 206 内部。

[0096] 如果使用已调节的空气,来自燃料源 304 的燃料通过位于轴承 207 内的多个燃料喷射器进行喷射。如果使用已调节的空气或空气/燃料混合物,则该燃烧由一个燃烧激励装置触发而在燃烧室 206 内自然地发生。如果使用一种已调节的空气/燃料混合物,则由于该空气/燃料混合物在任何的均质压燃(HCCI)循环中都是稀燃态的,所以来自燃料源 304 的燃料量在某种程度上可以控制发动机 1000 的功率水平。然而,这种控制既不可靠又非常复杂。所有的运行 HCCI 循环的现代发动机都受这个问题的困扰。在另一个实施方案中,除了上面的控制方案或者替代上面的控制方案,在每个循环过程中以全功率运行发动机 1000,即,在一个恒定的空气/燃料混合下运行。然而,发动机 1000 的功率水平将通过跳过某些循环来控制,例如,通过执行数字模式的运行。

[0097] 根据这些壳体壁 221 的温度、水蒸汽含量以及来自前一循环的留在燃烧室 206 内的排气 207 的量等,燃烧事件可以发生在滑动叶片组件 214 相对于这些壳体壁 221 的不同的位置上,但总是会在燃烧室 206 内开始。由于事实上燃烧事件非常迅速,因为来自燃料源 304 的燃料在燃烧室 206 内被充分地预混,并且燃烧同时在燃烧室 206 内所有点开始,所以该事件非常迅速并且在气体开始膨胀之前在恒定体积内发生燃烧。

[0098] 在此处说明的本发明的大多数(如果不是全部的话)实施方案中的发动机可以使用不同的循环来运行,这些循环包括 HEHC、改进的 HEHC(此时燃烧首先发生在等体积条件下,然后发生在等压条件下)和/或在下面所说明的均质激励点燃(HCSI)。此外,如果使用

高压燃料喷射器,有可能在该发动机运行过程中在这些“飞行”循环之间进行切换。

[0099] 因此,在本发明的另一个实施方案中,发动机 1000 被构造成执行 HEHC, HEHC 在我们的公开的专利申请 WO 2005/071230 中进行了说明,该申请通过引用结合在此。这种压缩的工作介质能够以约 50 至 70bar 或更大的压力被存储在一个中间缓冲器内,并且被容许进入一个完全封闭的恒定容积工作室,该工作室在该循环的第一角度范围过程中形成,并包含处于环境压力的来自前面的循环的排气。工作介质被容许通过图 1 中的空气阀组件 118 进入这个燃烧室,例如,这种工作介质可以是空气,该空气阀组件包含一个止回阀和一个第二阀门或一个锁闭止回阀。之后,这些高压燃料喷射器可将燃料注入该燃烧室内,而且除了燃烧发生在恒定体积空间内之外,燃烧以一种类似于常规的柴油发动机的方式继续进行。当点火发生时,通过空气阀组件 118 来中止空气供应,该空气阀组件可以包括一个止回阀和电子控制的阀门或锁闭止回阀,这样就防止进入该中间缓冲器的流动。在图 28 中示出这个循环的性能特征。

[0100] 燃料喷射可以通过第二角度范围(膨胀阶段)而继续进行,即,在膨胀室 208 内继续进行。在这个阶段,除了一个较高的膨胀比(阿特金森循环)之外,该发动机将表现出类似于柴油机的性能,为此原因,我们将这个循环称为改进的 HEHC。

[0101] 除了 HEHC 或改进的 HEHC 循环之外,这里说明的本发明的绝大多数(如果不是全部的话)的实施方案可以运行我们所说的均质增压激励点燃(HCSI),该 HCSI 是已知的均质增压压缩点燃(HCCI)的一种变体。

[0102] 在 HCCI 发动机中,一种稀燃的燃料/空气混合物在该发动机的气缸中被压缩到较高的压比(约 18 到 20)。在 HCCI 发动机中,由于燃料早已在燃烧室内充分预混,它形成了一种均质充气,然后,均质充气由于压缩造成的温升而点火,所以将其称为是 HCCI(均质压燃)。与奥托发动机不同,由于使用一种非常稀燃的燃料/空气混合物,工作介质在这里可以压缩到这样一个高比率。另一方面,与狄塞尔发动机不同,燃烧非常迅速,几乎是瞬时的,并且因此以几乎恒定的体积发生。这些发动机具有高效率并且可以在任何燃料上运行。对于这些发动机(和任何往复式发动机一样确定的是)的一种基本的要求是点火必须发生在上止点(TDC)或其附近,这是在控制确切的点火时刻方面带来了棘手问题的一个指标,因为点火时刻取决于很多参数,例如燃料/空气比、压缩比、空气温度和湿度、EGR 率、气缸壁温度、等等。由于这个原因,这种设计的发动机并未商业化。同时,由于该稀燃混合物的原因,功率密度较低。(该混合物中的空气未被完全使用,因此对于相同的功率需要一个更大的气缸体积。)

[0103] 相比之下,可根据在此说明的本发明的实施方案的发动机可以被视为以 HCCI 原理的一种变体运行,但是特别的发动机几何形状的使用使得点火时间远不再那么重要,这一点将在以下说明。当压缩的工作介质(空气)从该中间缓冲器被注入燃烧室内时,它首先被减压(并冷却),然后,当燃烧室内的压力达到中间缓冲器的压力时,工作介质被再次压缩(并再加热)。由于中间缓冲器和燃烧室之间非常大的压差(该压差最初为大气压力),所以由进入该燃烧室的空气形成了一种旋转空气的超音速涡流或漩涡,该超音速涡流或漩涡以非常高的速率旋转(1,000,000RPM 或更高)。与空气同时注入一个低压环境的燃料将被该空气涡流拖入该室之内与空气非常充分地混合,并非常迅速地挥发(如果它是液体燃料的话)。然后燃料阀组件 318 根据控制器 319 生成的信号切断燃料源,而空气继续填

充燃烧室并持续增加压力。因此,与通过移动一个活塞来压缩空气的一种常规的往复式发动机不同,HCRE 发动机通过空气自身来压缩空气 / 燃料混合物。当温度和压力达到自燃点时,该燃料将以一种类似于 HCCI 发动机的方式在整个体积内点火。在这个时间点,燃烧室内的压力升高致使空气阀组件 118 的止回阀关闭,随后作为控制器 319 致动的一个结果,关闭一个第二空气阀。因此,与进入该燃烧室的空气的减压和再压缩相关联的能量损失被转换到一个高效燃料 / 空气混合器内,顺便提及,根据我们的计算,这种能量损失仅占约 0.5%。这种情况使得有可能运行一种以高 RPM 速率运行在 HCSI 循环下的 HCRE,这种性能是狄塞尔发动机无法实现的。

[0104] 进一步讲,有可能通过使用与用在 HCCI 发动机中的方式相同的所有方式来加速这种点火事件,例如燃料空气比、压缩比、空气温度以及湿度、EGR 速率、气缸壁温、等等,并且还可以通过增加额外的控制方式,例如空气和燃料喷射的相对定时、燃烧室内的催化剂存在等。

[0105] 此外,从这种说明中可以看出,该止回阀自动地使空气供应在燃烧室内压力恰好超过该压缩空气供气压力时被切断。这种情况与一种发动机的几何形状相结合消除了对于燃烧点的复杂计算的需求,该发动机的几何形状无需(在一个常规活塞发动机中)活塞上止点燃烧的严格同步。此外,在本发明的实施方案中,该燃料 / 空气混合物是在空气引入该工作室时形成,并处于低于自动点火点的温度。因此,与其中的燃烧定时严格地取决于气缸中活塞位置的 HCCI 发动机不同,在本发明的实施方案中,发动机的几何形状并不重要,所以燃烧可以发生在空气和燃料射入点或在其附近,这些射入点总是在我们的控制之下,处于该循环中其他条件已最优化时的一个点上。

[0106] 该循环的性能特征在图 29 中示出。这个循环和上面的 HEHC 循环之间的区别是,该系统不是使用已调节的空气而是使用一种已调节的空气 / 燃料混合物,因此,燃料 / 空气比处于稀燃一侧,且点火并不因为上述的燃料喷射而发生,而是由燃烧激励装置触发。这与 HCCI 循环类似,目前,HCCI 循环正由众多科学家和工程师团队开发,但是,与 HCCI 循环不同的是,HCSI 发动机不要求复杂的计算机控制,因为事实上通过具有一个单向阀,燃烧事件可以发生在燃烧室 206 存在的期间(轮毂 220 转动  $90^{\circ}$  到  $180^{\circ}$ ) 的任何时刻,该单向阀将在燃烧事件的时刻将燃烧室 206 与该空气 / 燃料源分开,并且向前直到燃烧室 206 之内的压力超过该空气 / 燃料源的压力,或者替代的机械或机电阀切断该燃料供应。

[0107] 现在参考图 15 说明 PGM 200 的设计的几种可能的其他变体。图 15A 示出了 PGM 200 如何能够被构造成带有两个共线叶片 255。这些叶片 255 的工作通常类似于上述滑动叶片组件 214,但是在这种构造中,轮毂 220 能够提供一个中心孔,从而允许(例如)来自供应 304 的燃料以及空气 305 通过。在这种设计中,这些壳体壁 221 保持静止,而轮毂 220 和这些叶片 255 围绕一个固定轴旋转,该固定轴穿过轮毂 220 的中心和该孔。

[0108] 在另一种变体中,能够使用两个叶片 256,这两个叶片互相平行但并不共线,如图 15B 至图 15C 所示。在这种构造中,与平行叶片 255 的情况相比,可以使用更长的叶片 256,这意味着该膨胀区域将会大于共线的情况,这样就增强了动力。在图 15B 中,这是通过采用这些叶片 256 的顶端上的多个滚轮 224 来实现的,以减小摩擦。图 15C 示出了一种构造,其中没有滚轮,而是采用任意数量的替代方式来减小摩擦,如在下面的与密封和润滑问题有关的段落中所讨论的替代方式。

[0109] 一种变体（未示出）采用独立式燃烧室 225，这些独立式燃烧室类似于我们的公开的申请 WO 2005/071230 中所使用的那些，该申请通过引用结合在此。这种方式的一种可能的优点是可以采用两个、三个或更多燃烧腔 225 来延长燃烧时间。这些燃烧腔 225 之一在结合到下室内一个切开视图中示出。

[0110] 图 15E 和图 16 示出了一种变体，这种变体使用一个枢接叶片 226 而不是一个滑动叶片。叶片 226 在一个枢接点连接到一个旋转轮毂 227 上。一个燃烧室 228 位于轮毂 227 内并且与叶片 226 密封，而叶片 226 在相对于轮毂 227 固定的（闲置的）一个位置中。在这个叶片闲置过程中，该已调节的空气 / 燃料混合物通过单向阀（未示出）从空气缓冲器 205 进入燃烧室 228（允许该已调节的空气 / 燃料混合物进入燃烧室 228 的这个阀门也未示出），并且在一个 CSM 事件过程中被点燃。轮毂 227 内的中心孔可以用作一个空气缓冲器。叶片 226 可以具有任意的滚轮 224，该滚轮在壳体 221 的这些壁上运行并提供该密封。可替代地，它可以使用 Wankel 式顶点密封而不是滚轮，或者，如果它是用耐磨材料和护套制成的话，根本不使用密封。

[0111] 发动机 1000 的一个完全不同的变体在图 17 至图 18 中示出。它是基于轴向叶片旋转发动机（AVRE）构造，这种构造在美国专利 4,401,070 以及较早的现有技术中进行了介绍，该专利通过引用结合在此。这种构造可以实施为在 HEHC 下运行。

[0112] HEHC-AVRE 的膨胀器 235 构造在图 17 至图 18 中示出。尽管是在一个平面图中示出，但应认识到我们实际上看的是未展开的圆柱体。尽管在结构上与现有技术相似，但发动机 1000 的运行是非常不同的。空气 303 被一个分离的压缩机压缩。和 HEHC 发动机的任何其他构造一样确定的是，该压缩机部分可以是基本上相同的设计，或者是本发明提到的任何其他设计或者是商业可获得的设计，只要是这种设计能够将空气 303 压缩到较高的压比（15 至 40）。而且，该压缩机的进口体积应约为膨胀器 235 的膨胀室体积的一半，以利用该循环的阿特金森（Atkinson）部分。

[0113] 膨胀器 235 由一个定子环 236 以及多个保持叶片 237 组成，该膨胀器以轴向滑动。它可以具有多个滚轮 238，这些滚轮抑制这些叶片和环 236 之间的摩擦。定子环 236 还容纳了多个燃烧室 240，它们在以下讨论。此外，定子环 236 容纳了排气口 239，这些排气口排出已膨胀的燃烧气体。这些气体通过一个旋转凸轮环（RCR）241 的运动和形状被推出，这在以下说明（见图 17）。

[0114] 由膨胀的燃烧气体驱动的 RCR 241 围绕该轴旋转，并且驱动该输出轴（还有可能驱动该压缩机）。它还将该间歇往复轴向运动传给这些叶片 237。RCR 241 的关键特征是它向这些叶片 237 提供了一个停留时间段，在该时间段期间，这些叶片 237 相对于定子环 236 静止，从而形成一个恒定体积的燃烧室 240。在这个静止时间段期间，容许压缩空气 305 通过适当控制的阀门（未示出）进入燃烧室 240，此时，该燃烧室处于大气压力。或者与空气 305 同时，或者在一定的延时之后，来自燃料 304 的燃料被注入燃烧室 240。由于非常紊乱的涡流的原因，来自燃料源 304 的燃料与空气 305 充分地相互混合。该混合物自发地点火，并且燃烧直到燃尽，整个时间段仍然处于该停留时间段期间、或者处于恒定体积燃烧的条件下。

[0115] 叶片 237 在定子环 236 内部滑动。这些叶片 237 唯一的功能是阻止燃烧气体逸出该膨胀室。这些叶片 237 应具有某种密封机构以实现这种功能。该密封机构可以应用

Wanke1 型顶点和面密封件或者本文件中和之前的专利申请中由这些作者讨论的其他密封方法。

[0116] 应当注意,对于本领域中的熟练技术人员来讲,上述构造的多种变体是可能的和明显的。例如,定子环 236 可以是旋转的,而凸轮环 241 可以是静止的。燃烧室 240 可以由叶片 237 内而不是环 236 内的一个切去部分形成。排气口 239 可以位于凸轮环 241 内。将这些图中的叶片 237 表示为一个单体,但是可以由两个或多个滑动部件组成,这些滑动部件由弹簧、滑动叶片密封件、等来支撑。

[0117] 与上面所有的变体全然不同的另一种变体是隐式叶片技术 (CBT) 发动机。如图 19 中的附图标记 249 所示,CBT 身后的理念是将前面的构造中的部分或全部叶片和 / 或活塞替换成一个虚拟室,该虚拟室由射流二极管 242 或径向布置的槽来实现,这些二极管或槽阻止一个方向上的流动而允许另一个方向上的流动。该射流二极管作为一个止回阀在我们的美国专利 7,191,738 中披露,该专利通过引用结合在此。参看第 8 栏第 45 至 50 行,以及该专利的图 3(a)。它作为一个密封机构还在我们的公开的申请 W0 2005/071230 中披露,该申请通过引用结合在此。(见第 46 页第 157 段到第 47 页第 163 段的内容以及附图。)Nikola Tesla 发明的一个射流二极管是一种物理结构,该物理结构允许一个第一方向上的稳定流动,但是对于相反方向上流动的情况,使用一个或多个内置适当结构的斜槽创建了一个或多个漩涡,这些漩涡阻止了流动。同样地参见 Tesla 的美国专利 1,329,559,该专利通过引用结合在此。在本申请的这些实施方案中,可将每个二极管实现为具有少至一个斜槽,如我们的美国专利 7,191,738 中的图 3(a) 和我们的 W0 2005/071230 中的图 43(a)、(b)、(c) 和 (d) 所示,但 Tesla 的专利示出了同时使用的大量斜槽。特别地,我们在这里使用径向布置在一个盘中的相对于一个本体旋转的一个或多个射流二极管,该本体也包括一个或多个射流二极管。这些二极管被构造成彼此相关,这样,在这两个二极管彼此靠近时,该盘相对于该本体的旋转在两个二极管之间吸入空气。该空气被吸入我们所称的一个“虚拟室”,该虚拟室形成于该本体、该盘和这两个二极管之间。因此,这种安排建立了一个虚拟活塞,该虚拟活塞可以用于建立一个压缩机。可替代地,该虚拟活塞能够用于建立一个膨胀器以调控来自燃烧的压力。正如我们提到的那样,尽管在这个实例中的盘是相对于该本体旋转的构件,但是也可以使用其他形状。例如,该旋转构件可以是一个圆柱,或者它可以是圆锥形的,在每种情况下该本体的内部与该旋转构件的形状相符。

[0118] 仍参看图 19,该燃烧室是在旋转的转子的射流二极管 242(隐式叶片)的后面或者在静止的转子的前面。可将这个实施方案视为 Tesla 盘或 Tesla 涡轮机的一种改进,但是在这里转换成了一个内燃式发动机。因此,图 19 示出了一个机械设计的涡轮机、一个利用热力学循环的活塞发动机以及体积膨胀发动机的定义。该发动机采用由附图标记 257 表示的一个转盘,该转盘可旋转地安装在本体 247 内。该盘和该本体均装有射流二极管 242。因此,这种吸入的效果是压缩,并且用于一个径向带内,该径向带与该发动机的一个压缩机区域相关联。然后,来自该压缩机区域的工作介质(可以包括空气或其他含氧气体)经过同样含有单向止回阀的一个阀门组件从一个压缩机排气口 245 被送入布置在本体 247 内的一个缓冲区域。然后该工作介质从该缓冲区域被移动到一个基本上固定体积的燃烧室,该燃烧室形成于本体 247 内并被该转盘的一个区域覆盖。在循环中的这个点上,如果它之前还不是该工作介质的一部分,那么燃料被引入,且发生点火和燃烧,从而产生热并因此而

产生该工作介质的压力增加。在该循环的这个部分之后,该盘的进一步的旋转允许这种压力增加的工作介质进入一个膨胀器室,该膨胀器室与该发动机的一个独特的径向带相关联并且导致该盘相对于该发动机的本体的旋转。进一步地在这个循环中,现在已经消耗掉该工作介质被允许经由一个排气口离开发动机,当工作介质在该膨胀器室内时,工作介质可从接触该排气口。如图 19 所示,除了射流二极管 242 之外的是压缩机节段 243、膨胀器节段 244、进气口 246、排气口 245、本体 247、盖 248 和外部主轴 250。从以上说明可明显地看出,在彼此可旋转地安装的构件之内使用的射流二极管能够用来提供一个压缩机或一个膨胀器。实际上,对于使用射流二极管的一个压缩机或一个膨胀器来讲,其构造是类似的。该构造的可能的变体包括增加外部独立圆柱燃烧室、使用一个独立的压缩机和独立的膨胀器(即一种双盘配置)、压缩机位于一侧而膨胀器位于另一侧的一种双侧配置、使用多个堆叠盘、射流二极管位于外“管”内径和内“管”外径上的盘-圆柱-圆锥构造(“管套管”)、“管内管内管”构造以及盘式构造与管内管构造的组合(圆锥型或直线型)。

[0119] 根据此处说明的本发明的不同实施方案,在一个 HCRC 发动机中,叶片相对于这些壳体壁、这些轴承、该盖子和该轮毂而运动。这个带有轴承的轮毂相对于这些壳体壁和该盖子而运动。为了允许低成本制造,在考虑到了热膨胀以允许这些发动机气体的窜漏之后,一台 HCRC 的设计应允许不同运动部件之间的约为 0.001”至 0.003”的公差间隙。如果窜漏量小,则这是可以接受的,因为它将为发动机叶片和壳体提供气体润滑和一些冷却。然而,为了该发动机的更好的性能,可能希望该燃烧室和该膨胀室尽可能无泄漏,而仍然提供润滑和冷却。由于该发动机内的运动部件具有一个总体上是矩形的截面,所以需要特别注意这些发动机部件的密封和摩擦。

[0120] 有多种方法来密封燃烧室和膨胀室。这些方法包括可研磨的热喷涂层、顶点和面密封、水密封件、射流二极管密封、以及带密封。将会发现一种实用的解决方案,该解决方案具有下面讨论的一种或多种密封安排。可研磨的热喷涂层代表与密封涡轮机叶片所用技术相同的技术。这些涂层耐受高达 1200°C 的温度,并且能够用于 2mm 的厚度。叶片/轮毂运动将在该壳体或该叶片或该轮毂内的该涂层内凿出一条路径。结果是可将这些部件之间 0.001”至 0.003”的制造间隙减小到几乎为零,由此减少从该燃烧室和该膨胀室的泄漏。

[0121] 如图 20A 和图 20C 至 20D 所示,另一种使泄漏最小化的方法是使用一种顶点密封件 310。这可以位于滑动叶片 214 的边缘上和/或用作面密封件。顶点密封件 310 使用弹簧加载的一个滑动叶,该滑动叶关闭叶片 214 和这些壳体壁 221 之间的小间隙(约 0.001”至 0.003”)。弹簧在该图中未示出。滑动叶片通常用高耐磨材料制成,例如陶瓷、氮化硼等。还有可能安装用不同形式的碳或石墨材料制成的密封件,例如单片膨胀的石墨片或“绳”(丝),将这些材料实现为一种填装密封件。这种顶点密封件的概念适用于带有或不带有滚轮 224 的叶片 214,如图 20D 所示。

[0122] 再另外一种可替代的密封安排可以通过使用水密封概念来实现,这个水密封概念在我们的公开的申请 WO 2005/071230 中进行了说明,并且参考图 20B、图 20E 和图 21 在 HCRC 1000 的背景下对这种水密封概念进行详细说明。根据这个水密封概念,高压水 311 进入图 20B 所示的一个运动部件的通道并且填充部件之间一个非常小的间隙(约为 0.001”到 0.003”)。水 311 被该运动部件吸入并作为一层薄膜展开、占据该间隙并阻止该层之前的气体进入该间隙。该运动部件的靠近该输水通道的表面是锯齿状的,以形成该间隙内水

膜的平滑流动的障碍。在发动机 1000 中,这些部件非常热,一些水会蒸发形成液压锁并防止水 311 吹出该间隙。蒸发冷却提供了一种非常有效的方法来冷却发动机部件,因为与常规的水流冷却相比,需要较少量的水用来蒸发。这是因为水的蒸发热比流动水的对应的热容量要高得多。然而,应该指出的是这种蒸发冷却并不妨碍我们使用常规水流冷却方式,如果这被证明有用和必要的话。

[0123] 水密封件 311 可以用在带有或不带有滚轮的枢接叶片组件 226 上或者用在壳体 221 上,在这种情况下,它可以直接用在壳体 221 与轮毂 227 之间,或者壳体 221 与壳体 221 内的滚轮 224 之间,如图 20E 所示。于是滚轮 224 将密封与壳体的间隙。

[0124] 在图 12 的膨胀器 222 中,水 306(参看图 1)通过水入口配件 218 进入、穿过轴承 207、两个半圆柱引导件 215 和滑动叶片组件 214 内的多个策略性布置的水通道并且通过水出口配件 219 流出。水 306 还进入这些轴承 207 的轴承表面,这些轴承提供用于流体膜的流体静力学 / 流体动力学轴承,从而消除了对常规轴承的需求。但是该应用中仍可使用常规轴承。

[0125] 图 21 给出了这个水密封概念应用到发动机 1000 上的更多的细节。图 21A 至 21C 示出了该膨胀器的不同元件内形成的这些通道内部的水过道。这些通道还在图 21D 的轴承 207、图 21E 的滑动叶片 214、以及图 21F 的轴承 207 中示出。图 21C 中的箭头指明了流入和流出的方向。

[0126] 因此,发动机 1000 内的水具有密封、冷却、润滑和降低 NO<sub>x</sub>(因为它降低了燃烧室温度)的功能。此外,如上所述,水将提高发动机 1000 的效率,因为通常由于冷却损失而丢失的一些能量以过热的高压蒸汽的形式被返回该系统中。

[0127] 一种有趣的可能性是用柴油或类似柴油的燃料替代上述概念中的水,这些燃料具有更好的润滑性、无腐蚀性并且不要求冷凝单元。由于有待封闭的间隙非常小,所以消耗应不大。此外,膨胀阶段过程中的消耗是有用的,因为已蒸发的燃料将在燃烧室和膨胀室内燃烧。另外一种替代方案是向水混合物中添加甲醇,甲醇将防止水冻结。甲醇在进入燃烧室时会燃烧。

[0128] 我们还能与液体导管相结合使用一种液体。水、油、液体燃料等可以用作一种液体,而制成管或绳形式并置于通道内的小直径(2 至 5mm)的碳 / 石墨或金属网可以用作液体导管,类似于图 21A 至 21C 所示的通道。将通过这些管道泵送高压液体,这些管道甚至不必是不漏水的,因为通过它们泄漏的水将蒸发并有助于冷却、密封和润滑。

[0129] 另一个可应用的密封概念是射流二极管密封。这个概念在我们的公开的专利申请 WO 2005/071230 中进行了详细的讨论,并且该申请通过引用结合在此。

[0130] 可在轮毂和 / 或叶片上均使用一种带式密封件 316。如图 22A 至 22C 所示,它由一条金属带组成,并且,与叶片顶点密封类似,它被设计成方式是使由带 316 上的压力造成的净力很小并且指向壳体壁 221。具有一个小的净力将保证带 316 和这些壁 221 二者上的磨损将会非常小。这种力的方向将保证带 316 与这些壁 221 恒定地接触,而保持与轮毂 220 或叶片 256 的无泄漏接触。

[0131] 图 22C 中的箭头表示由于燃烧产物造成的压力。将叶片 256 设计成使由叶片 256 上的压力造成的净力很小并指向这些壳体壁 221,无论是否使用滚轮。具有一个小的净力将保证叶片 256 和这些壁 221 上的磨损均将会非常小。该力的方向将保证叶片 256 与这些壁

221 恒定地接触,因此至少在这个特别的界面中确保无泄漏运行。

[0132] 发动机 1000 的设计所依据的基本概念也同样可以用于其他的发动机构造。图 23 示出了压缩机 101 的多种替代设计。在图 23A 中,一个叶片-活塞 214 位于一个中心轮毂 220 中,并且彼此相对旋转的轮毂 220 或壳体 221 将在每个循环的两个冲程中产生压缩。在图 23B 中通过将第二个叶片-活塞 214 与第一个叶片-活塞平行地放入轮毂 220 内来改进这种设计。同样地,为了说明的目的,我们看到在叶片 224 的顶点上使用滚轮 224 来实施的设计。这种构造将为每个叶片带来每个循环的两个压缩冲程,总共四个,如果构造成单级的话;或者带来每个循环的两个压缩脉冲,如果使用一个两级构造的话。在图 23C 中我们看到设计再次被改进成具有四个叶片 214,这四个叶片由两组平行叶片组成,这两组平行叶片布置在相互垂直的轴上。这种构造会导致每个循环的四个或八个压缩脉冲,这同样取决于该压缩机是构造成用于单级运行还是两级运行。

[0133] 在图 24 中,我们看出在一个单独的单元内带有一个活塞型压缩机 253 的一个旋转叶片膨胀器 252 的实例。活塞 214 进入轮毂 220 内导致了压缩,而叶片 214 穿过该膨胀区域的运动限定了该膨胀室。

[0134] 常规的活塞也可以适配为在一个旋转发动机中实施 HEHC 热力学循环,如图 25 所示。随着轮毂 220 和 / 或壳体 221 彼此相对旋转,这些活塞 254 移行了进入和退出轮毂 220 的一个循环。在没有曲轴的运行中,该发动机是由一个凸轮环(未示出)驱动,并且该凸轮的轮廓与 Atkinson 循环相对应。

[0135] 尽管已披露了本发明的不同的示例性实施方案,但对于本领域中熟练的技术人员会明白,可以做出不同变化和修改,这些变化和修改在无需背离本发明的真正范围的情况下将实现本发明的某些优点。

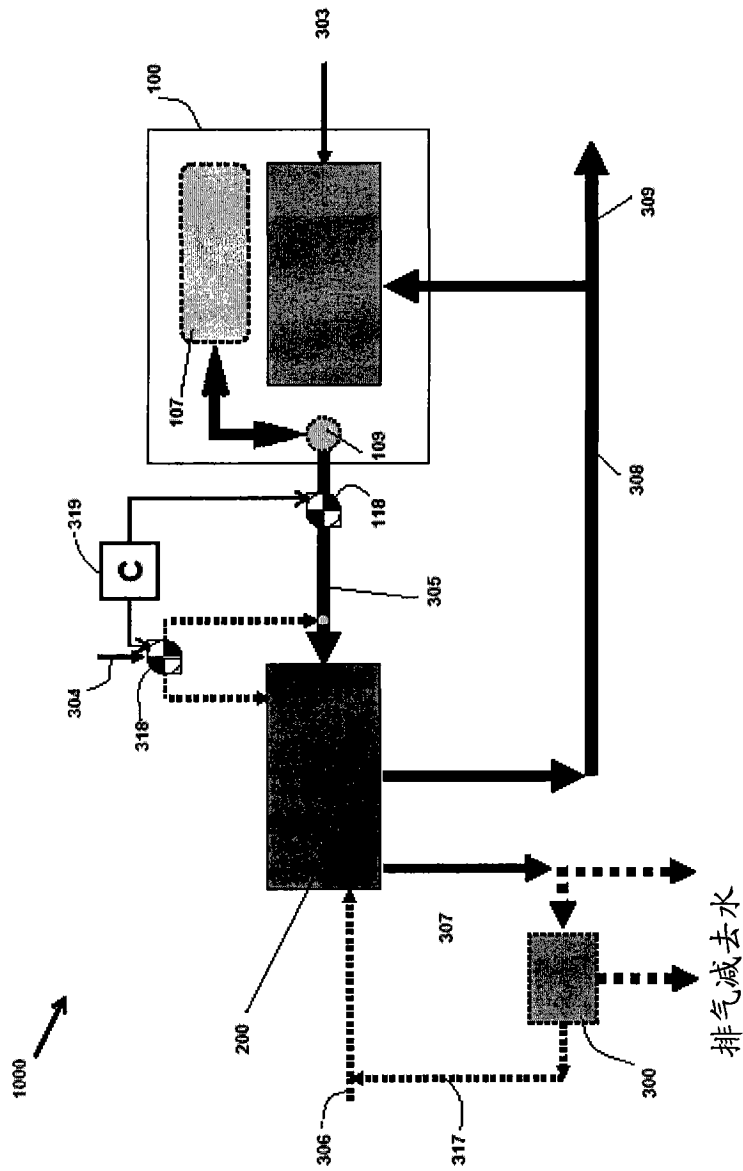


图1

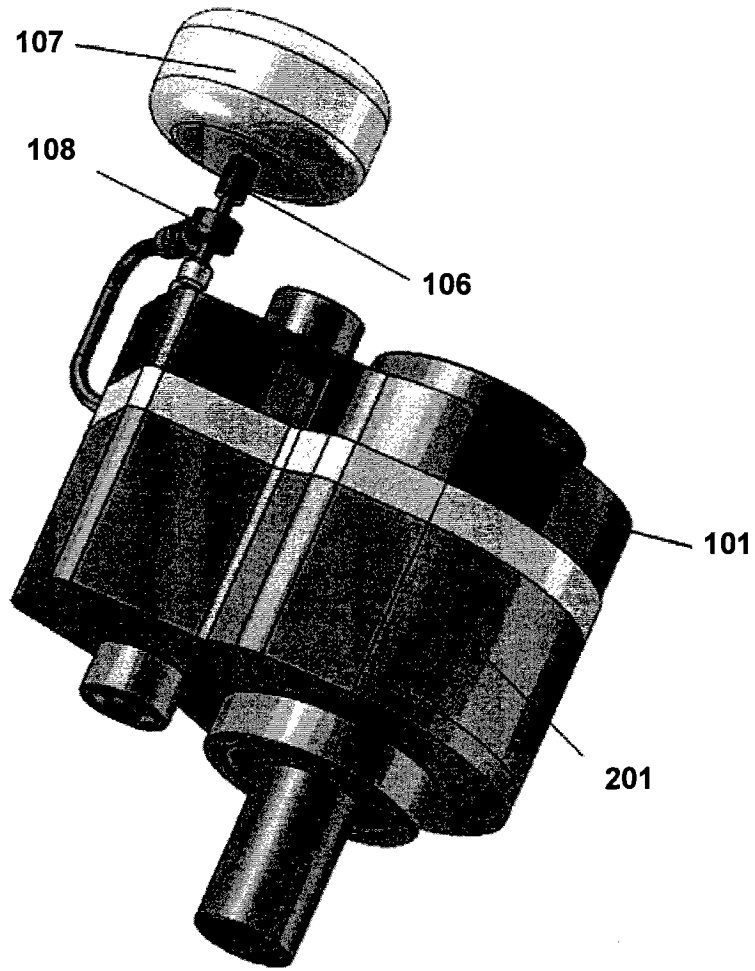


图2

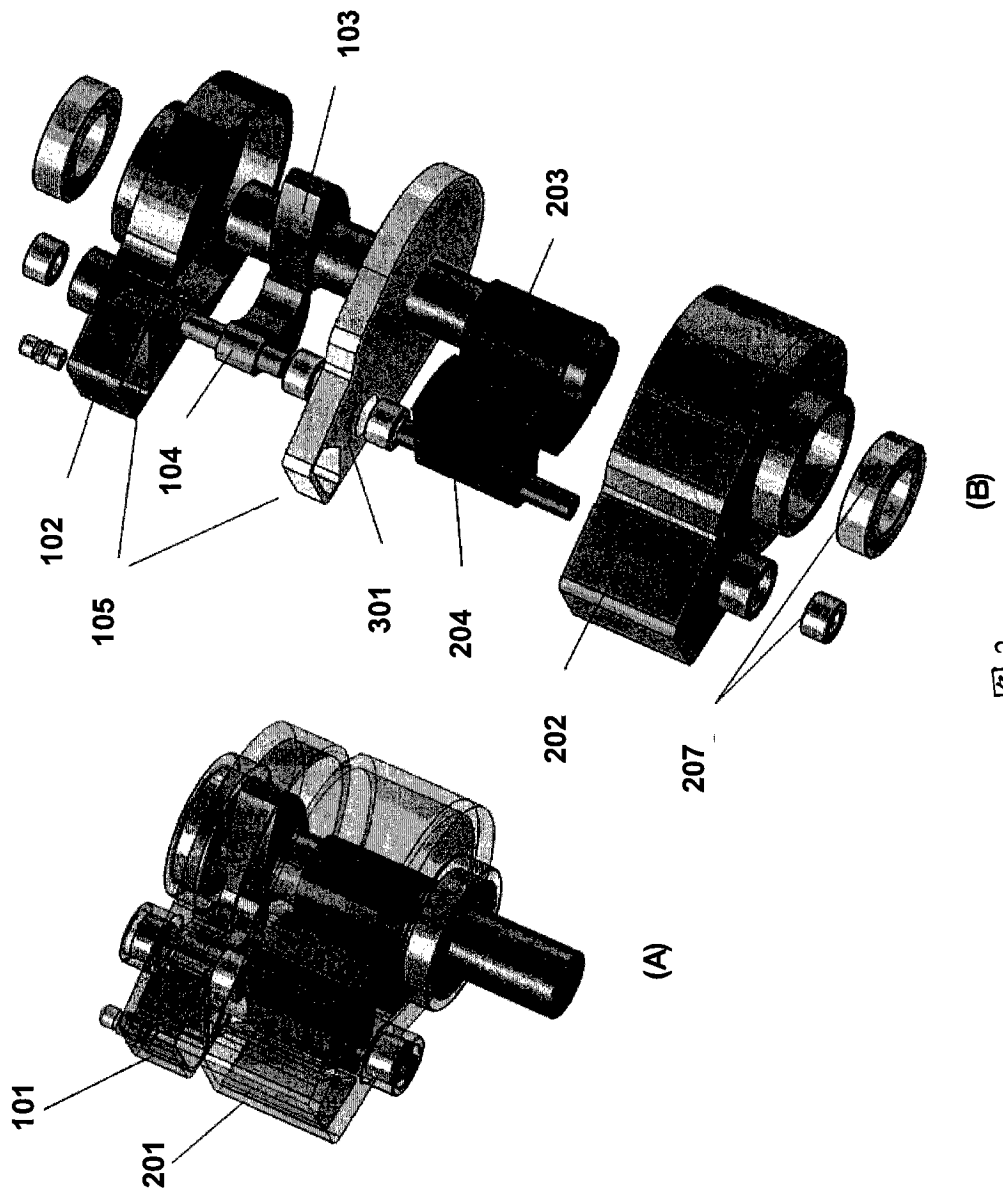
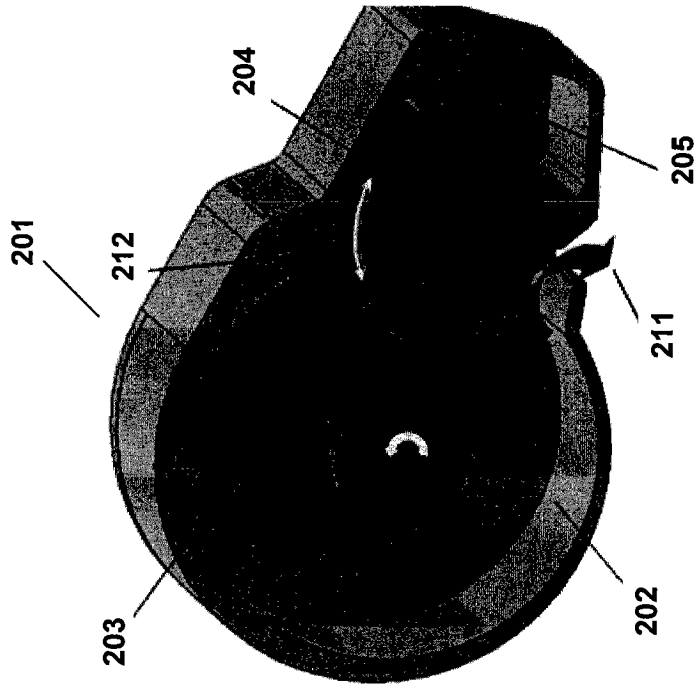
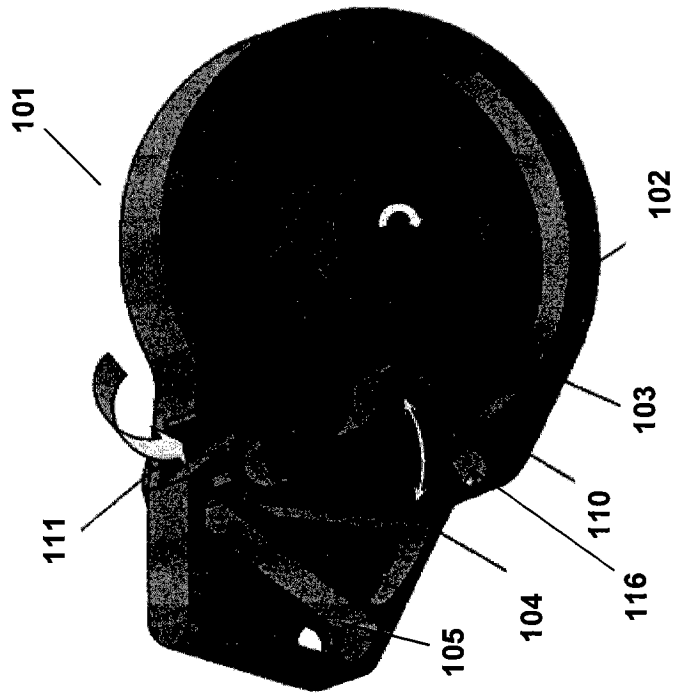


图 3



(B)



(A)

图 4

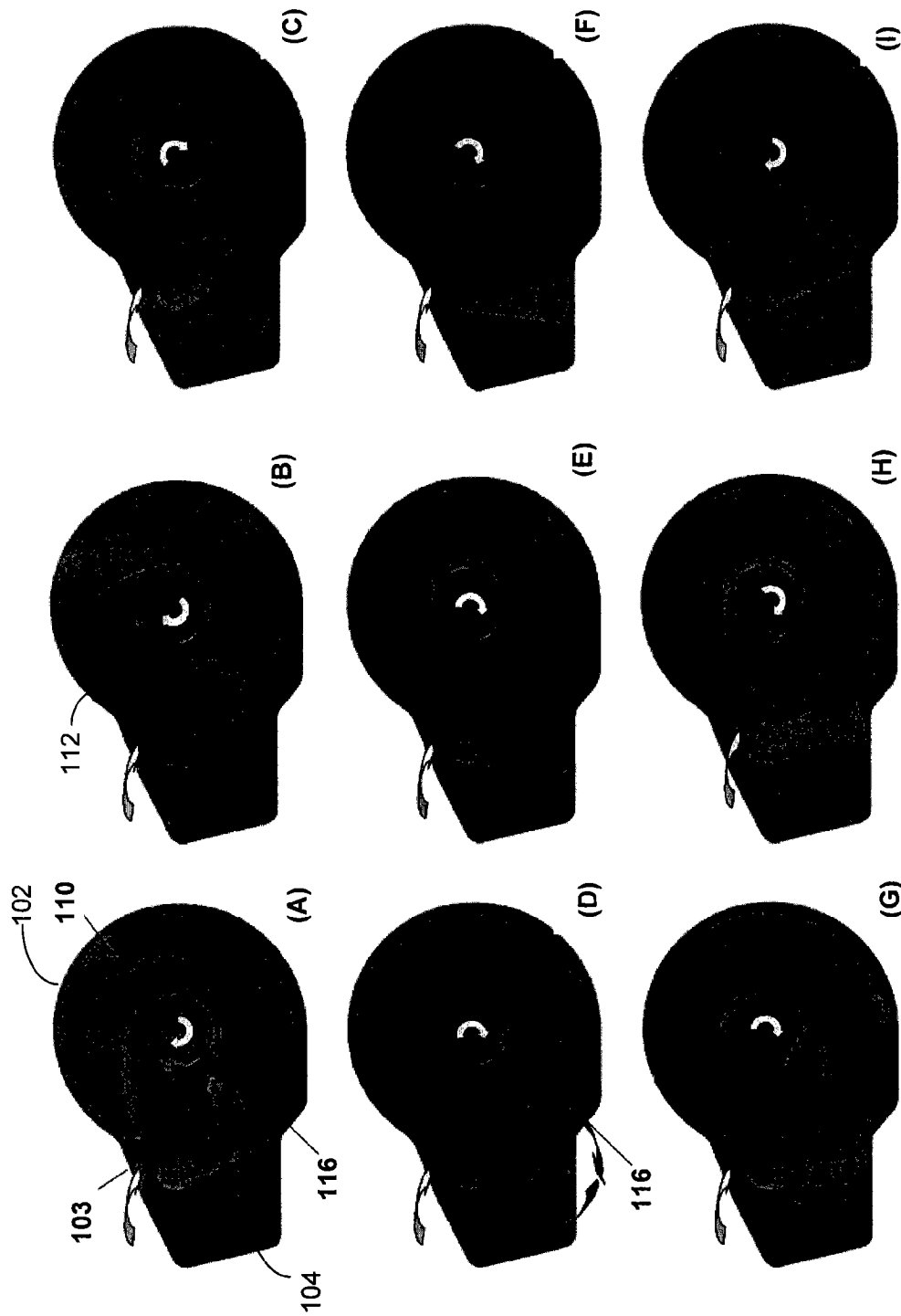


图5

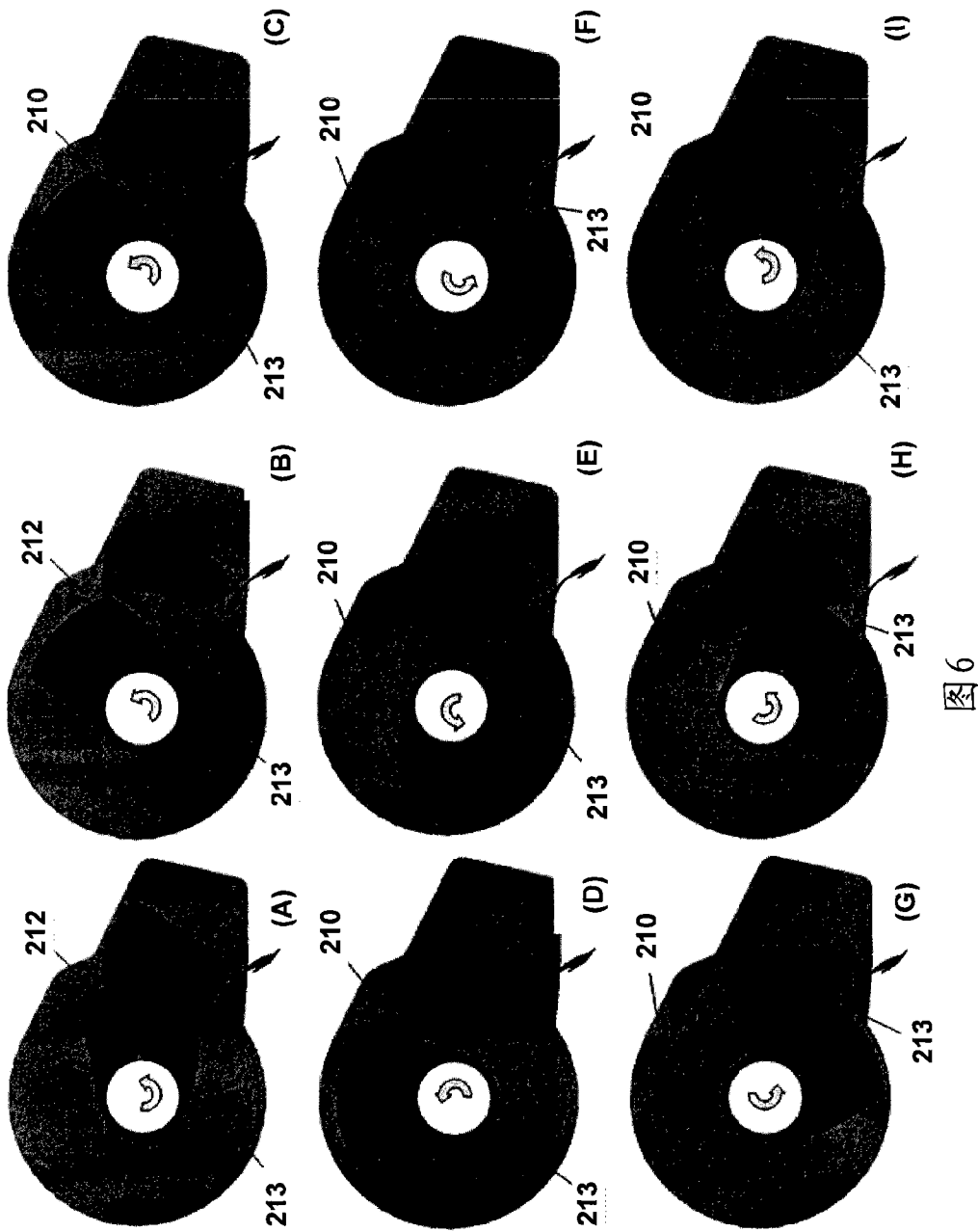
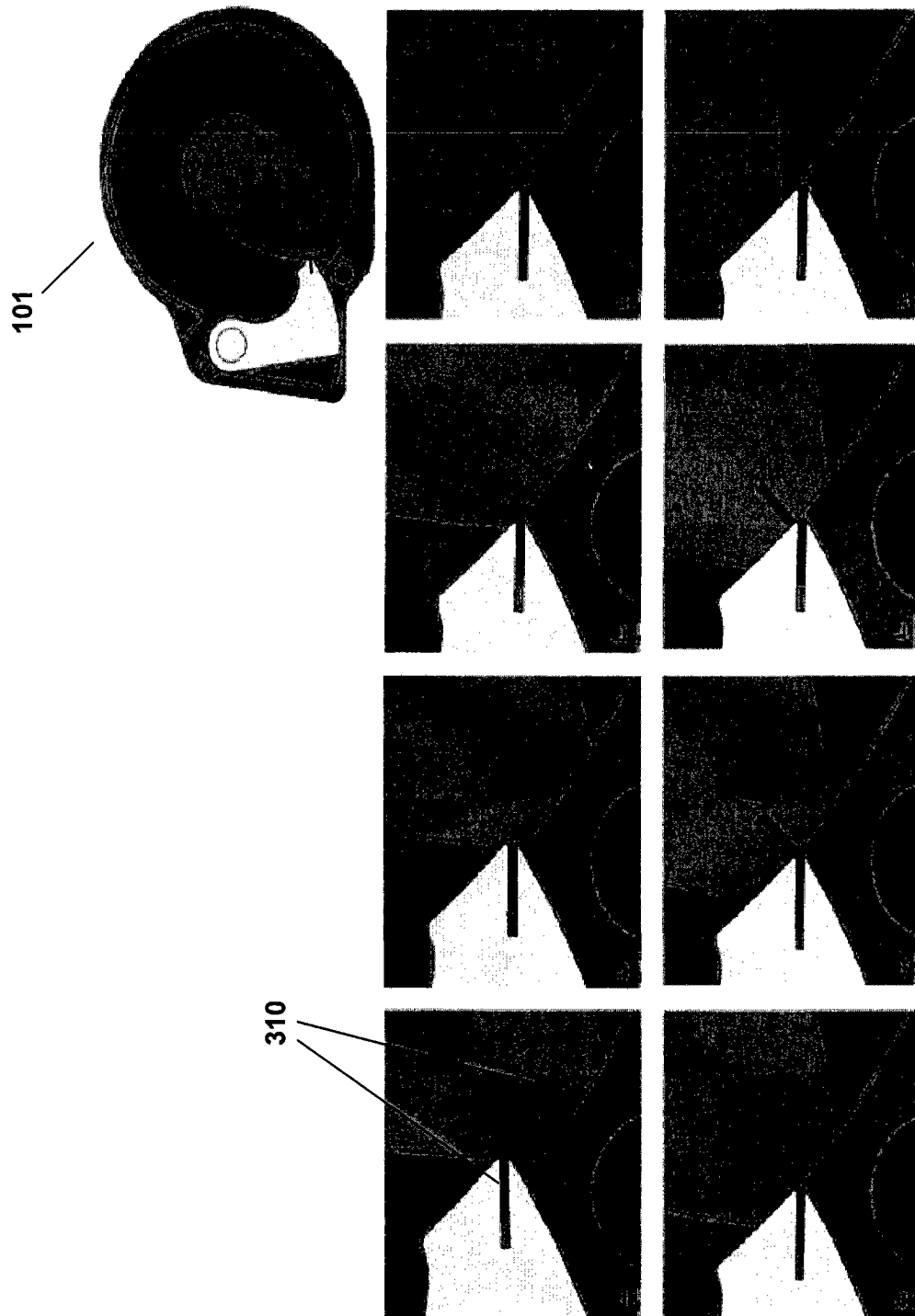


图6



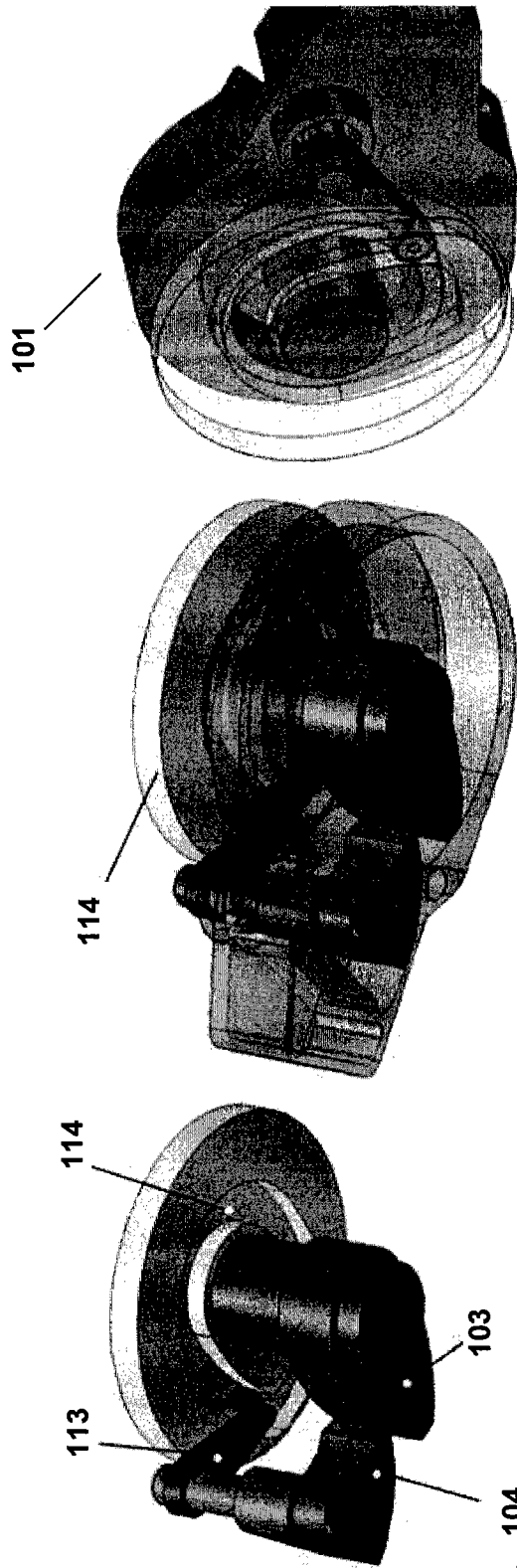


图 8

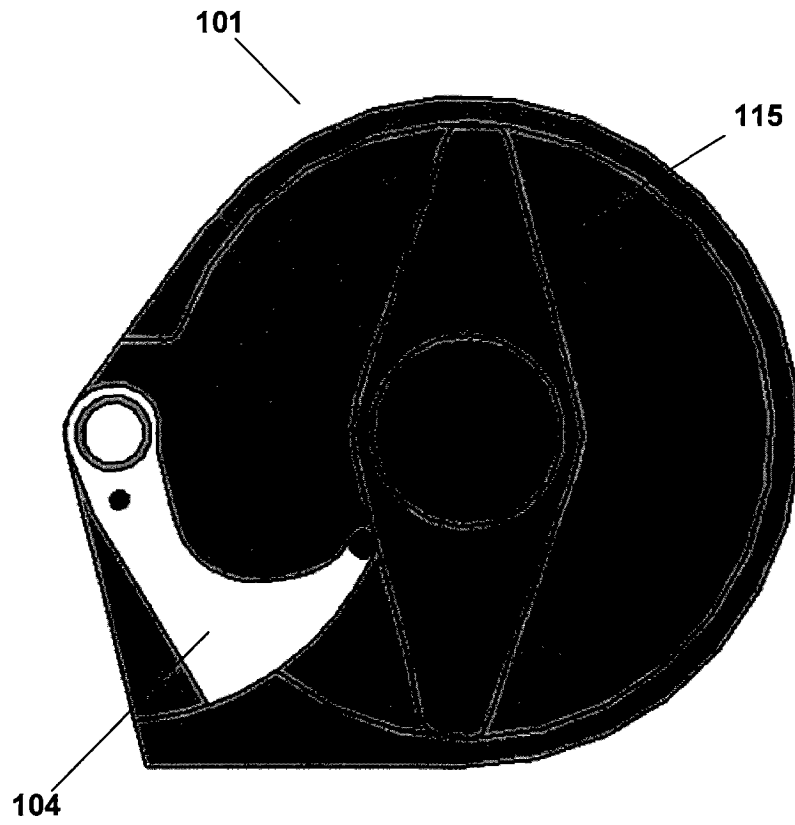


图9

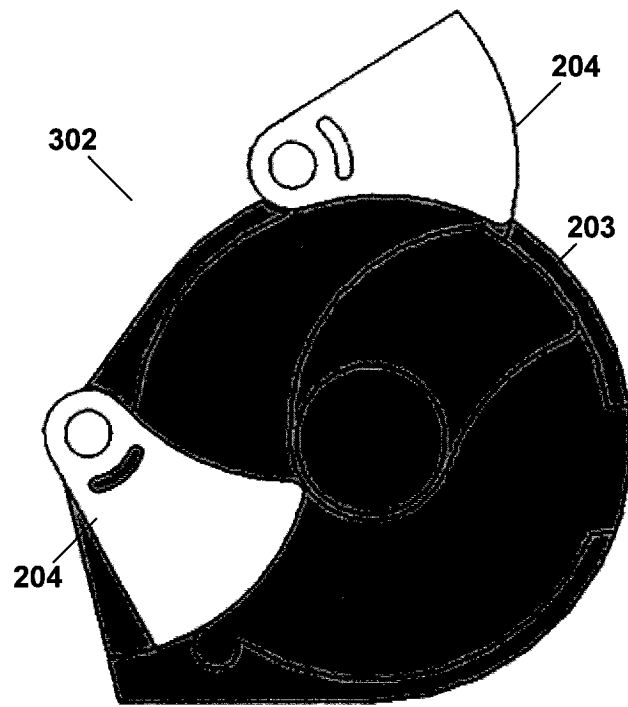
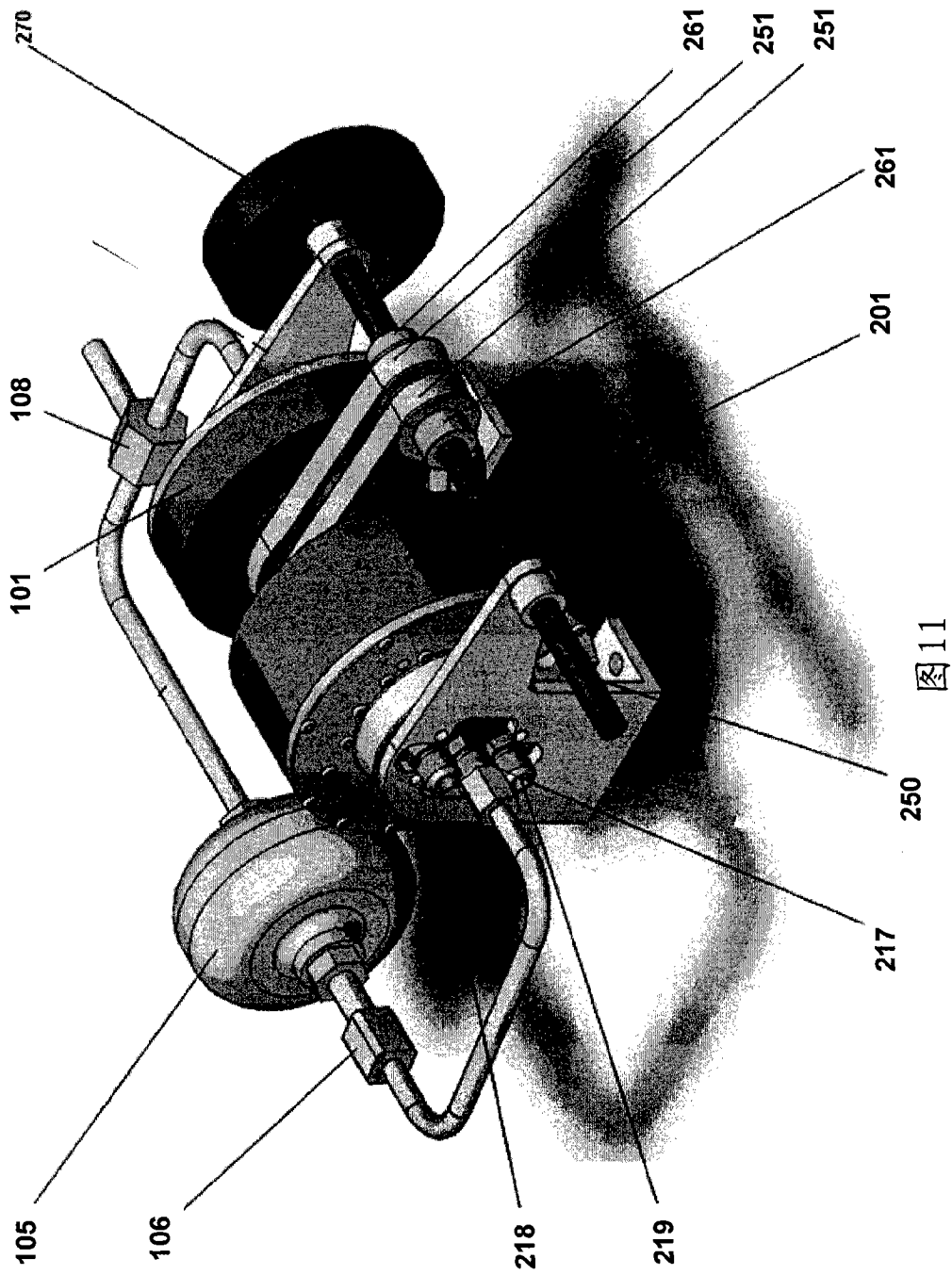


图10



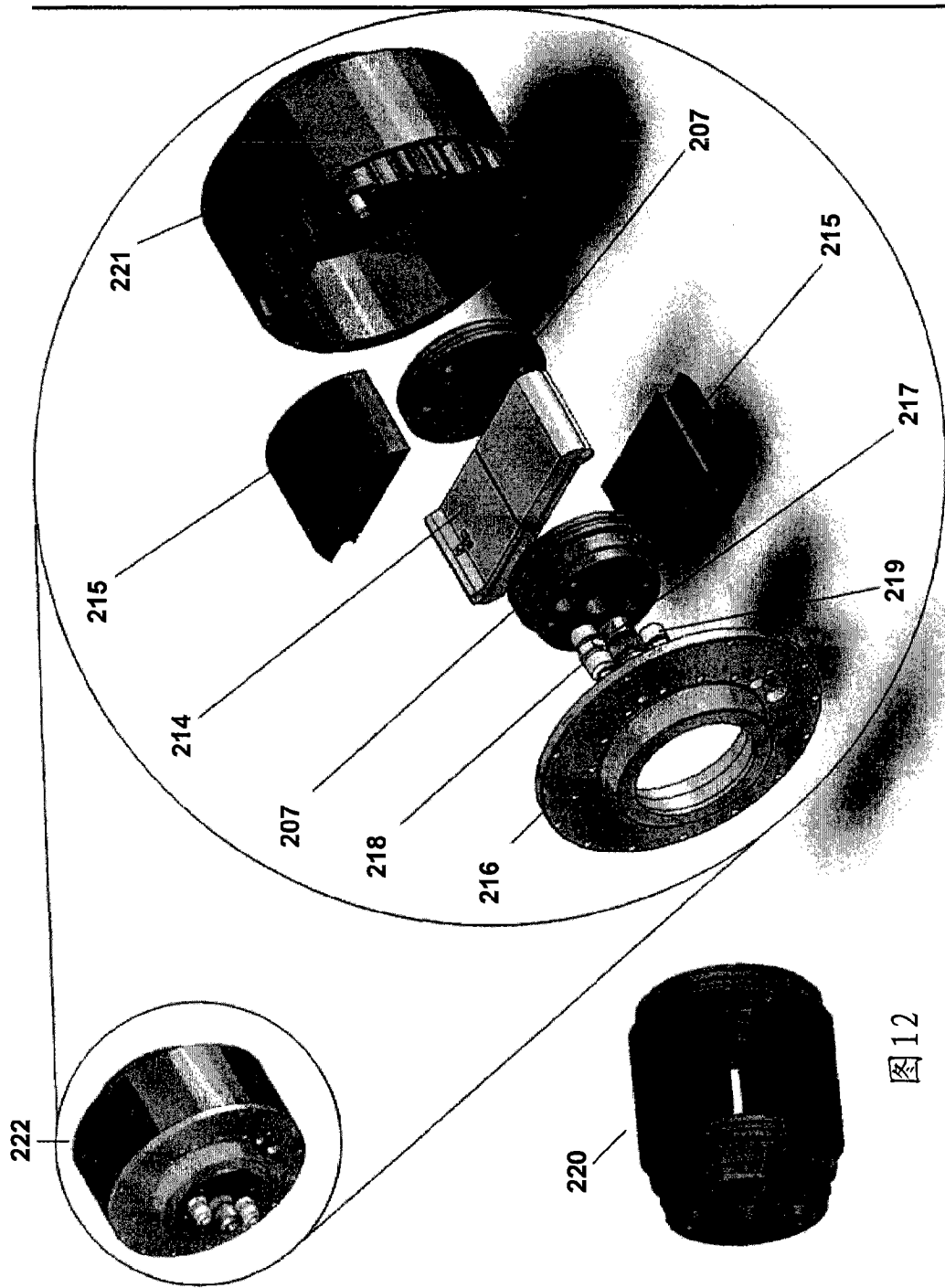


图12

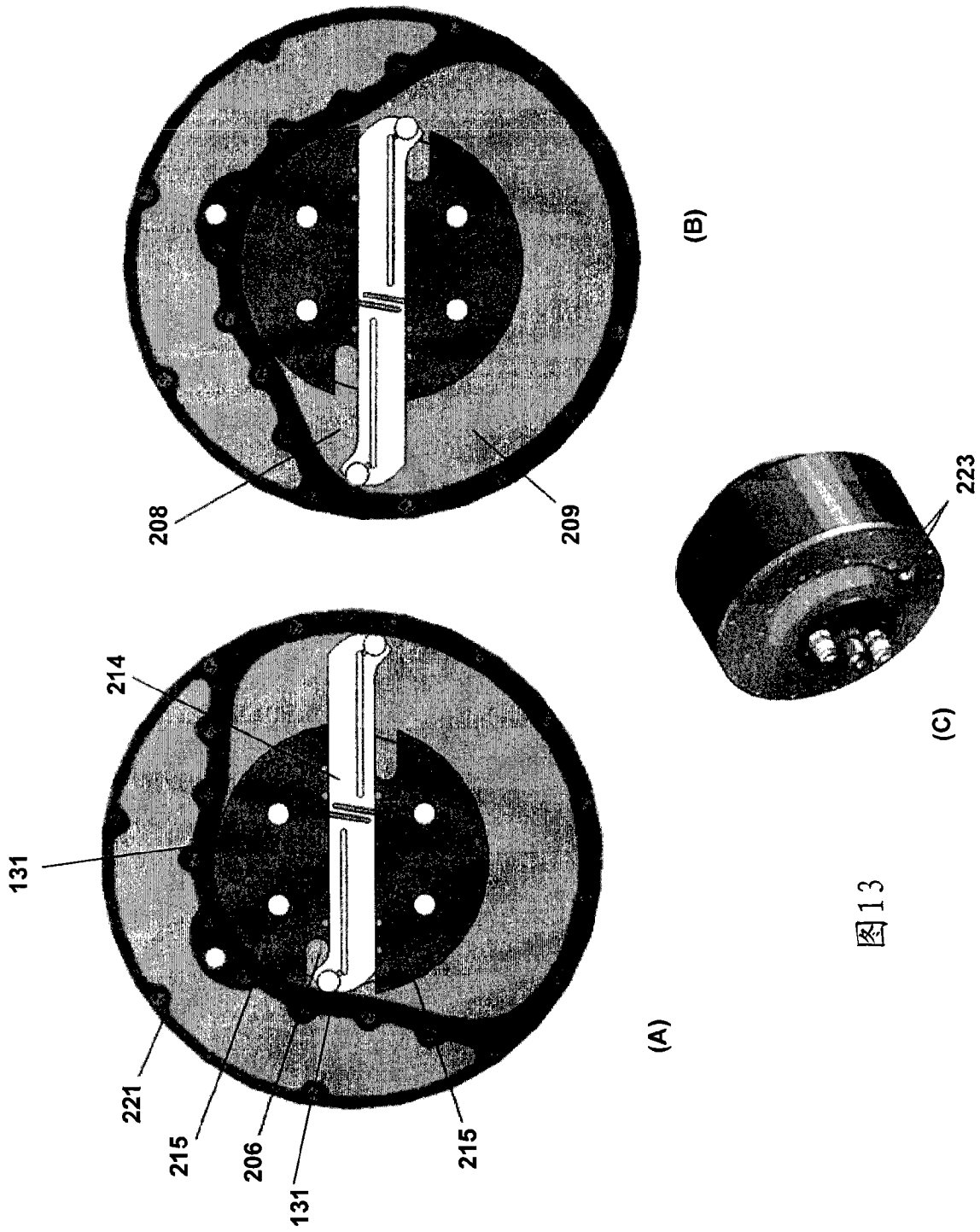


图13

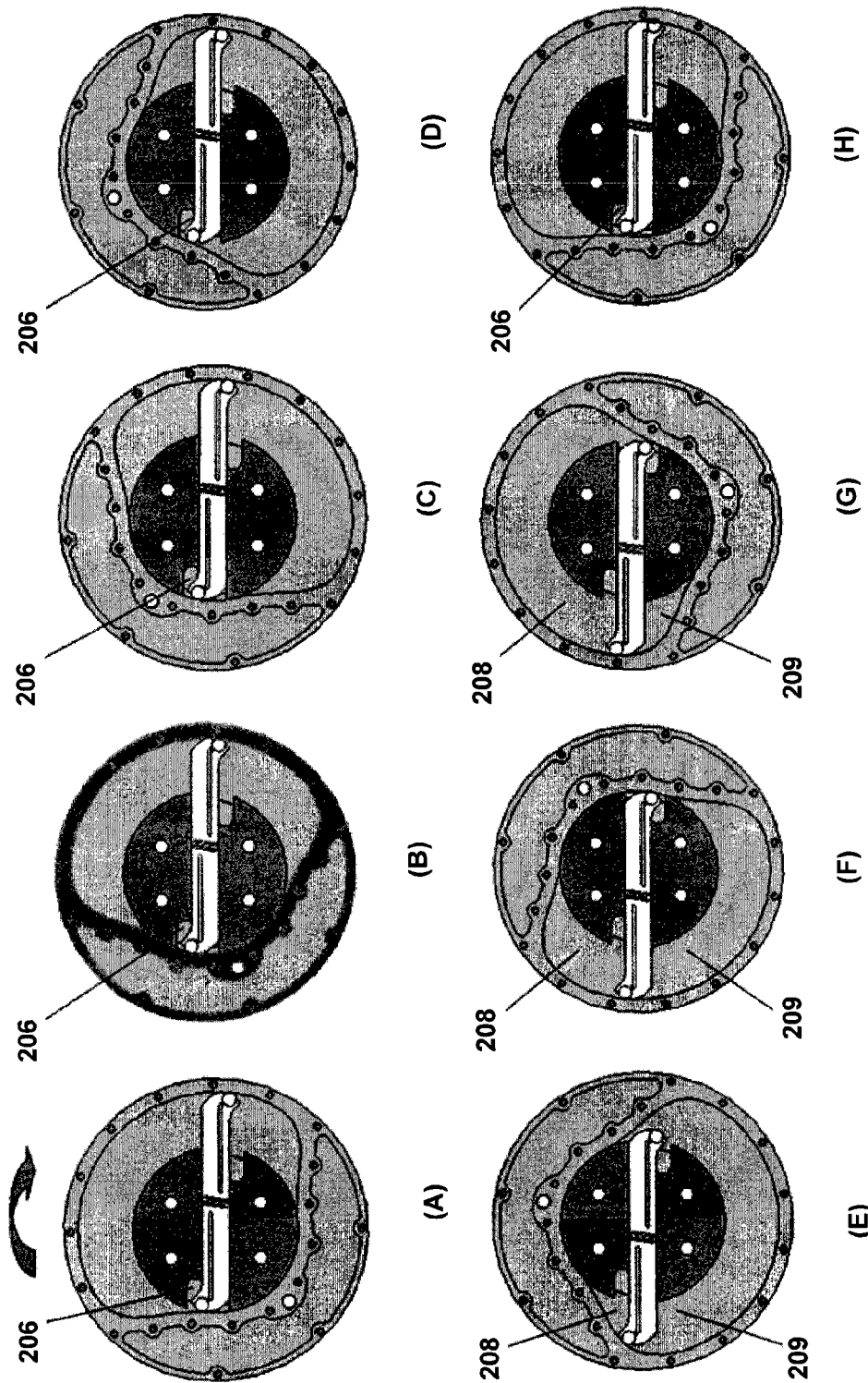


图14

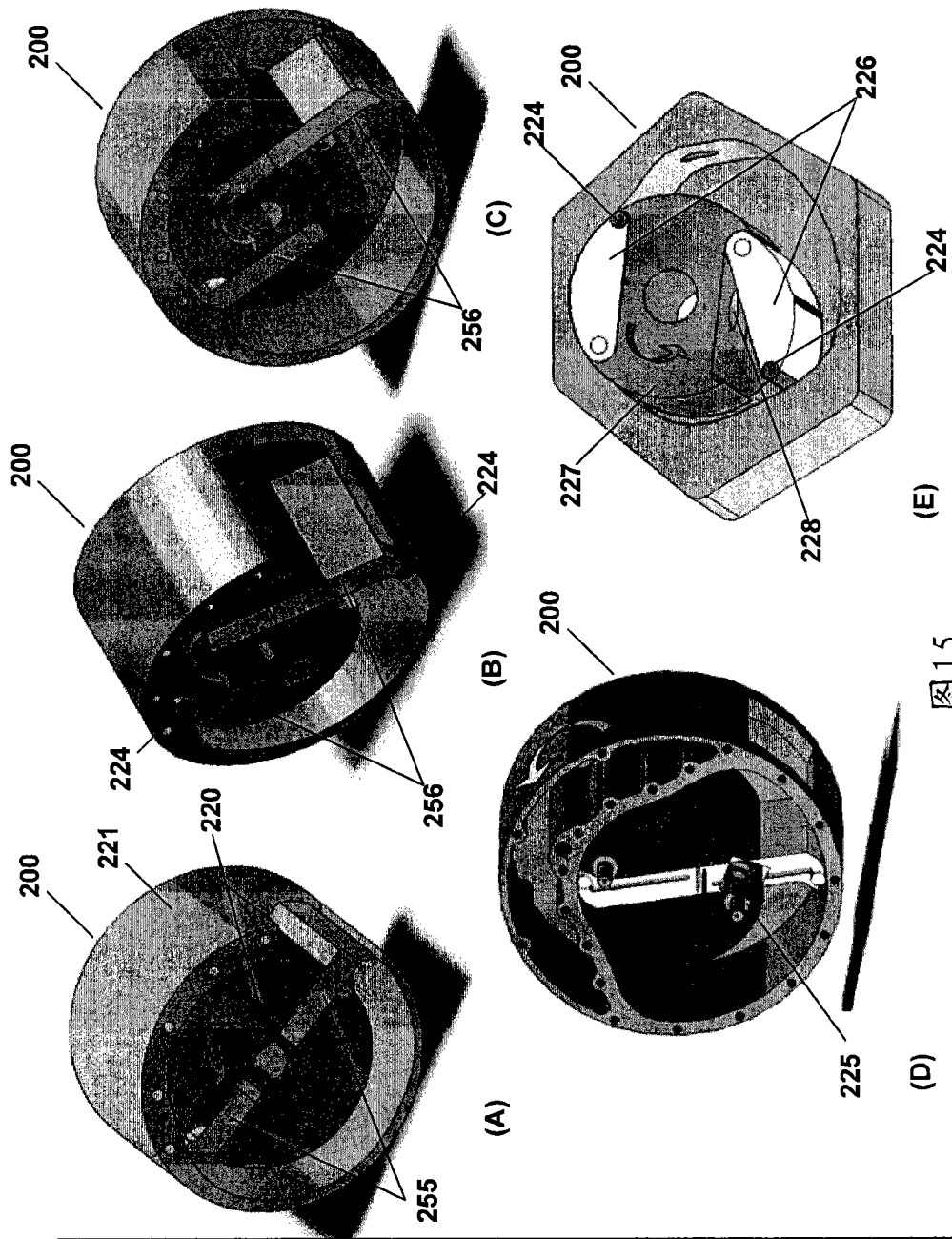


图15

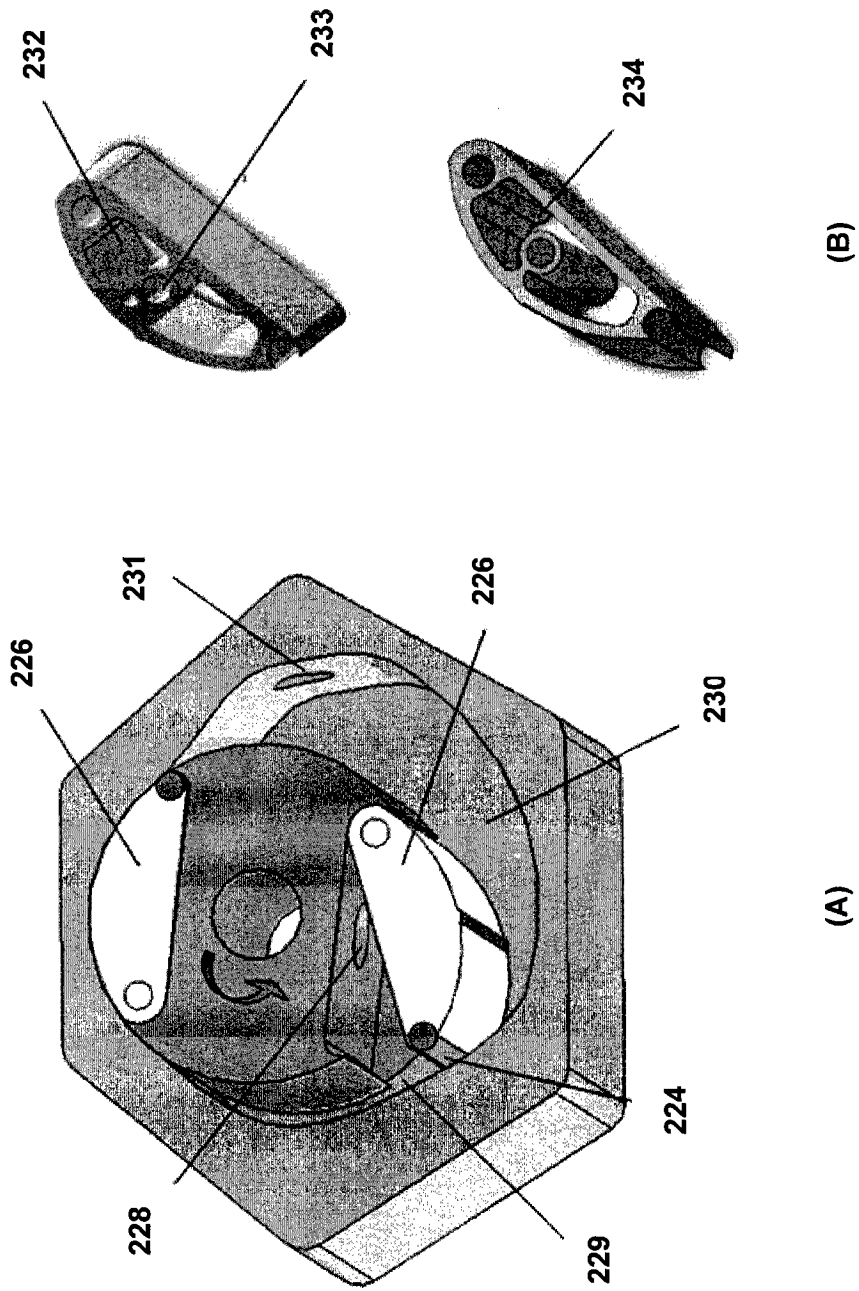


图16

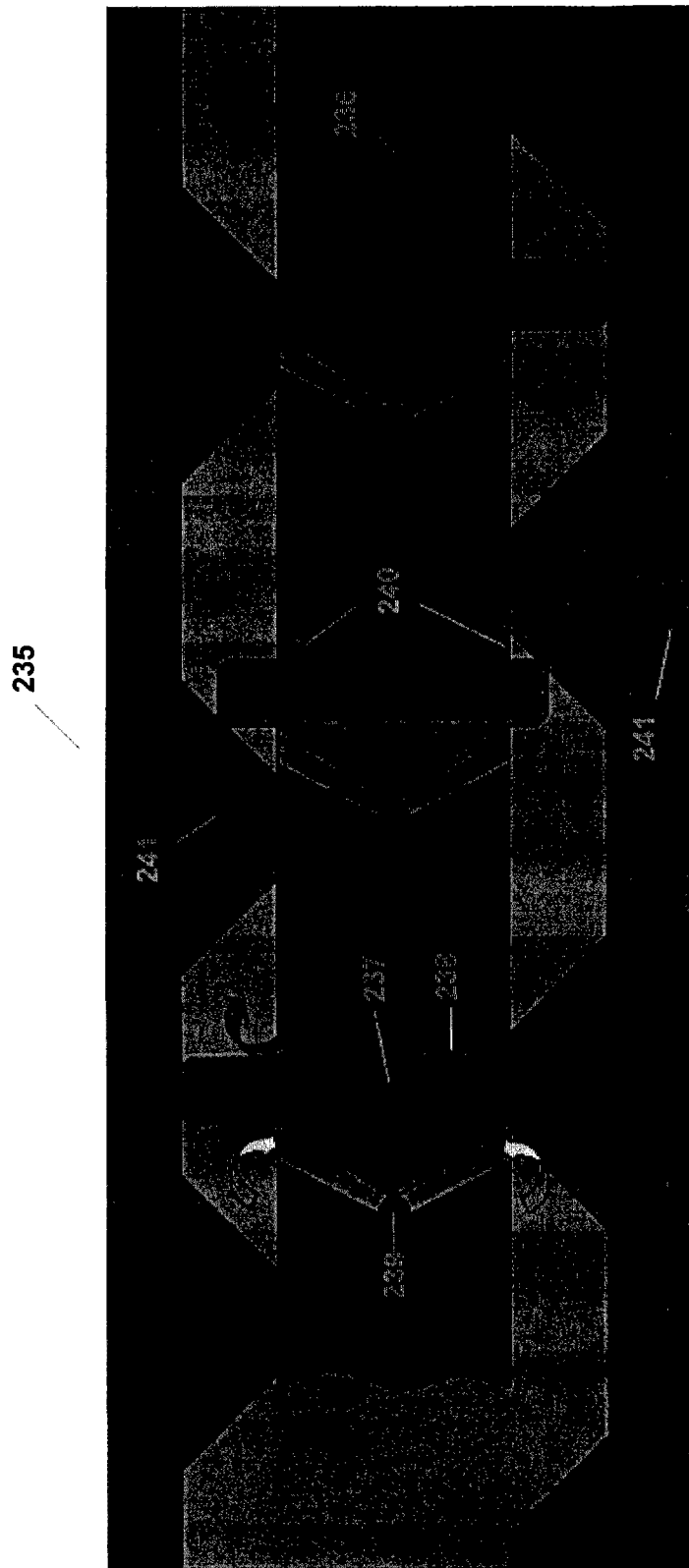


图17

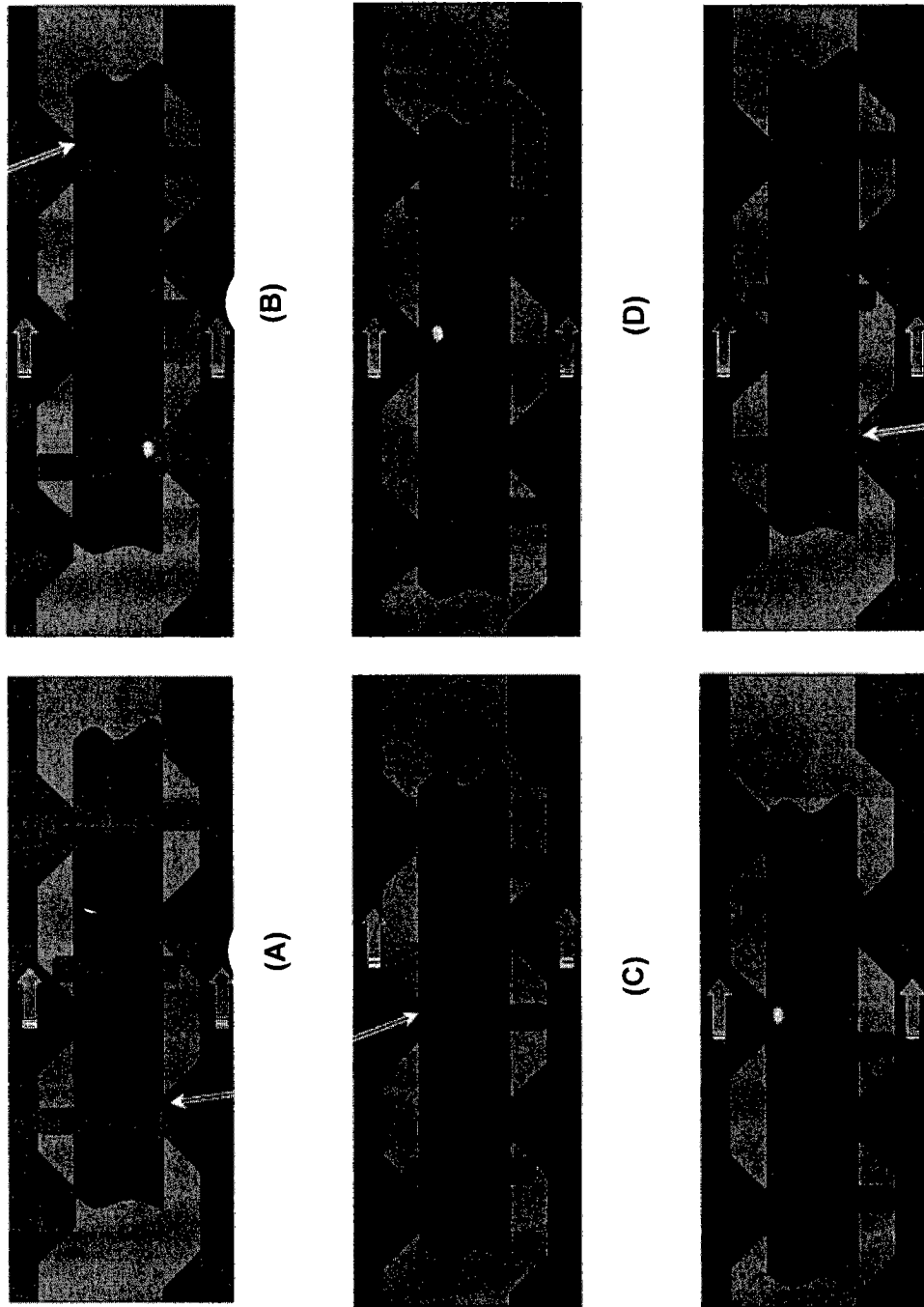


图18

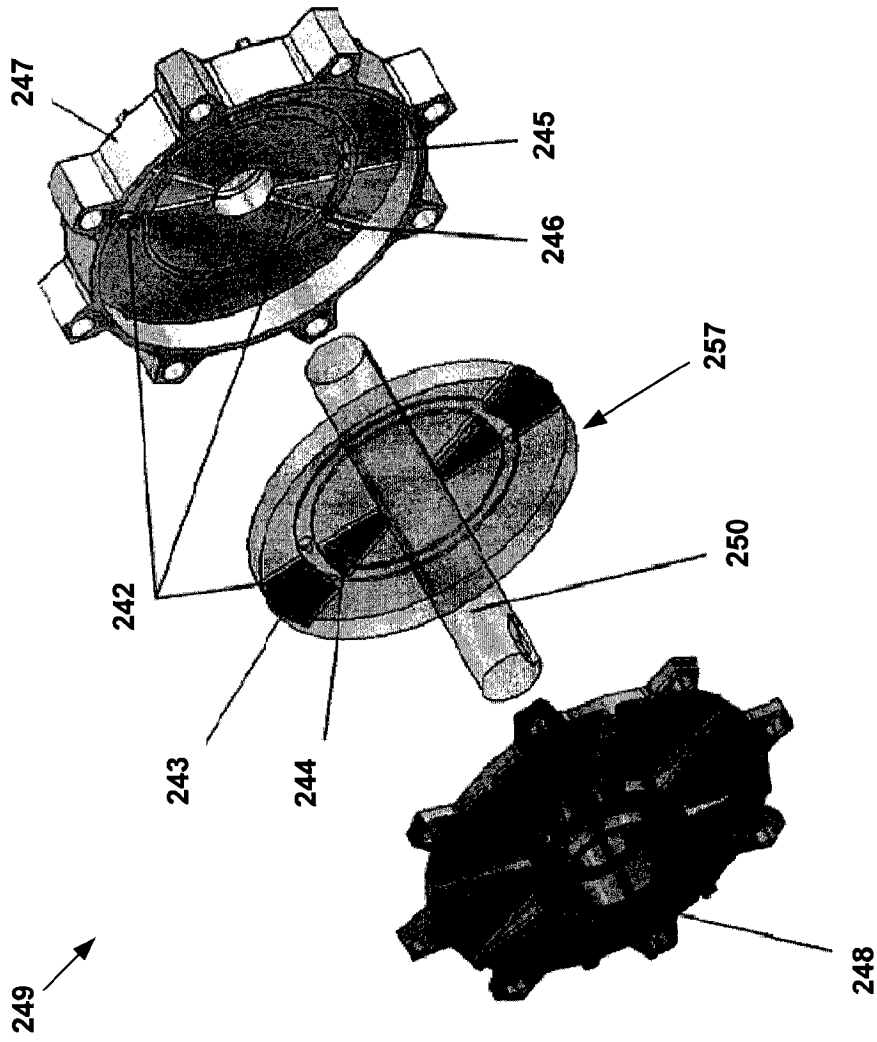


图19

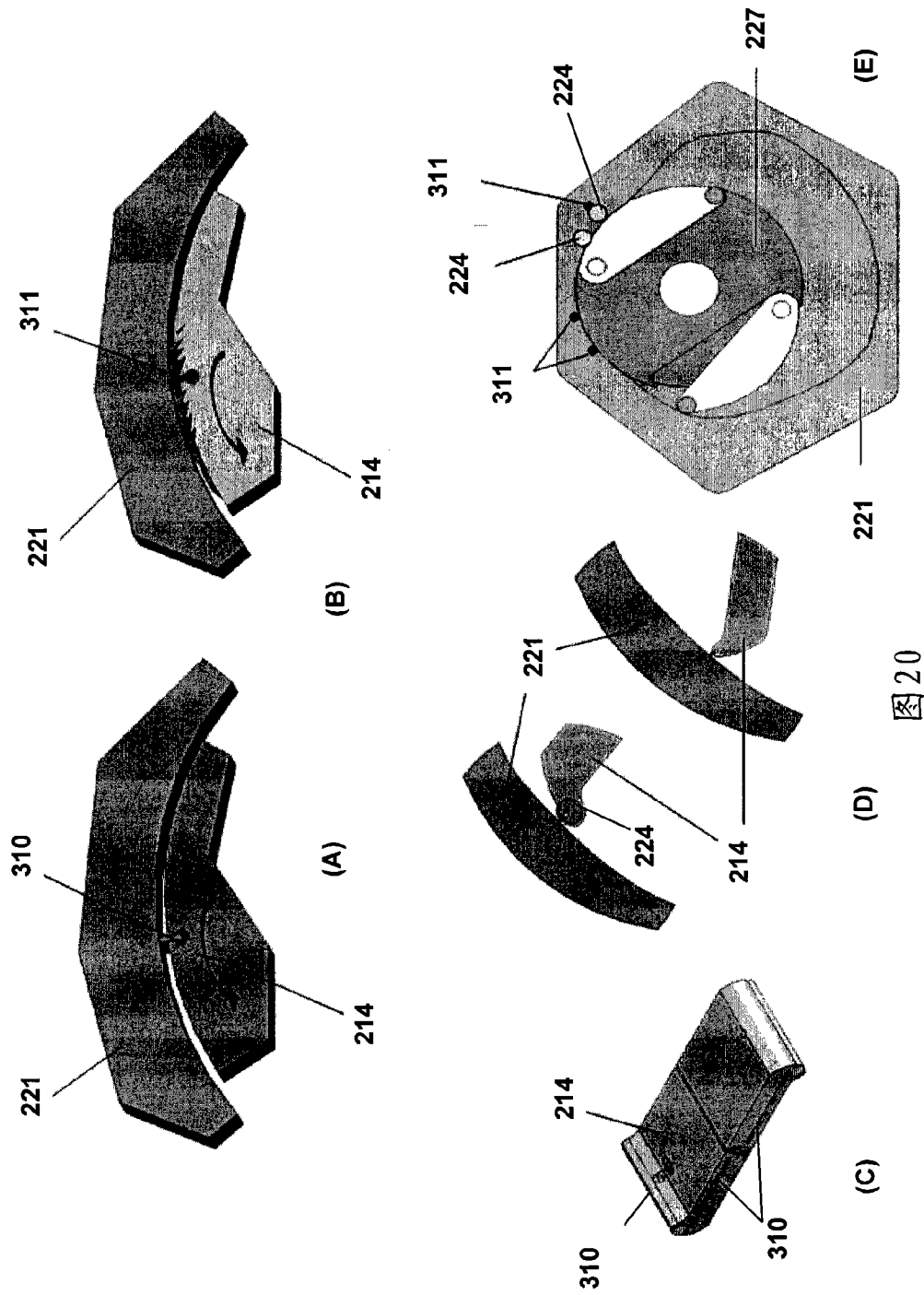


图 20

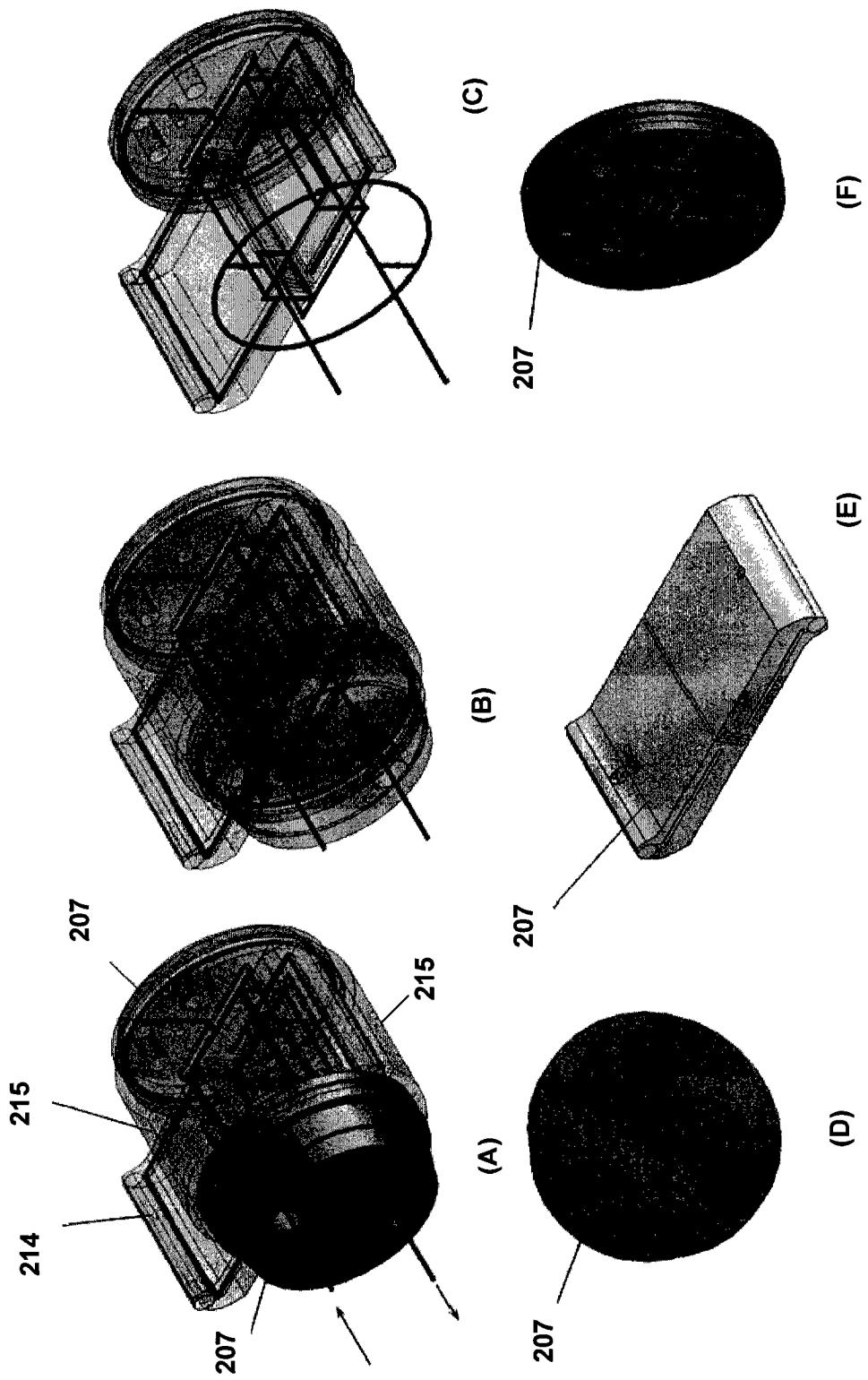


图21

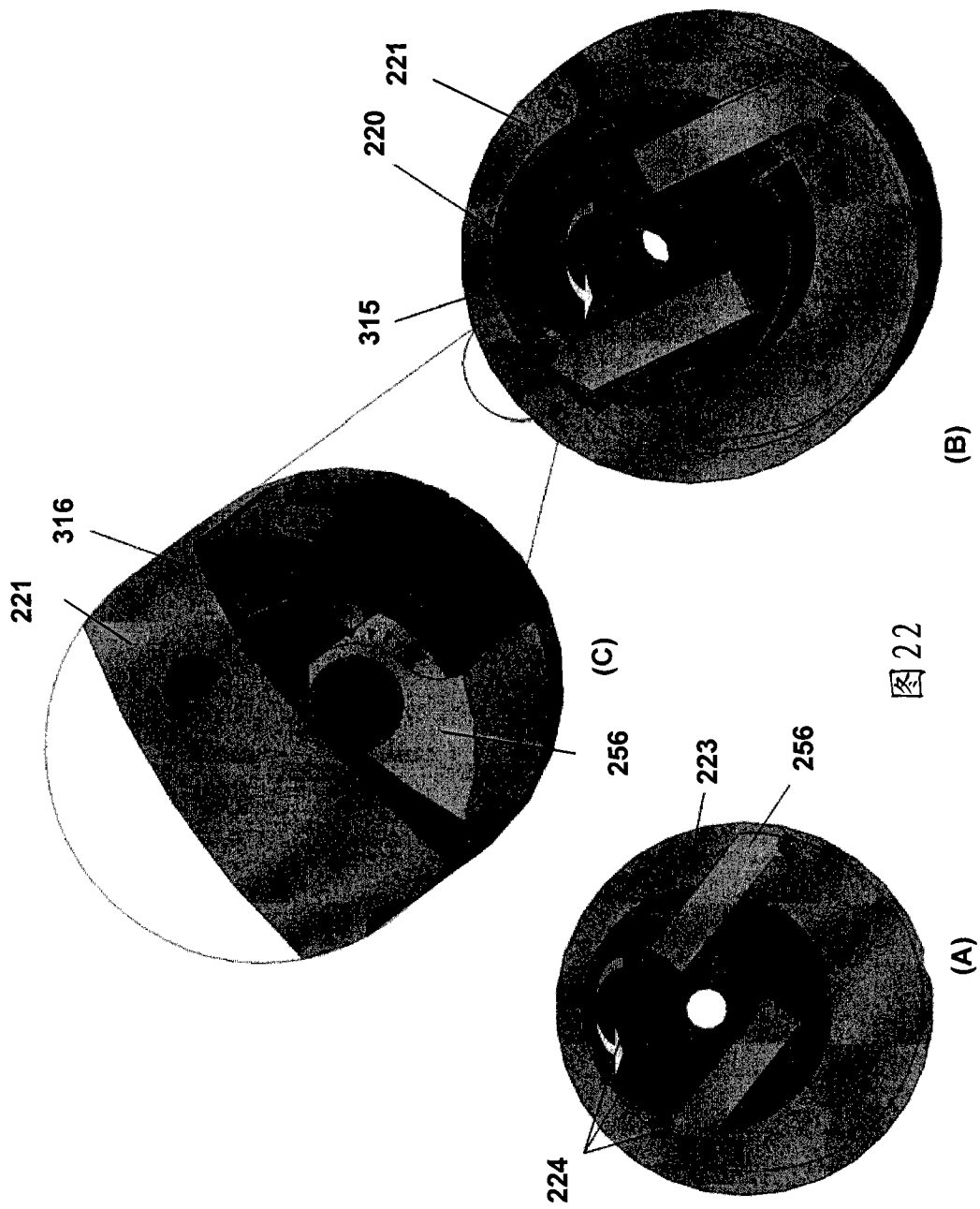


图 22

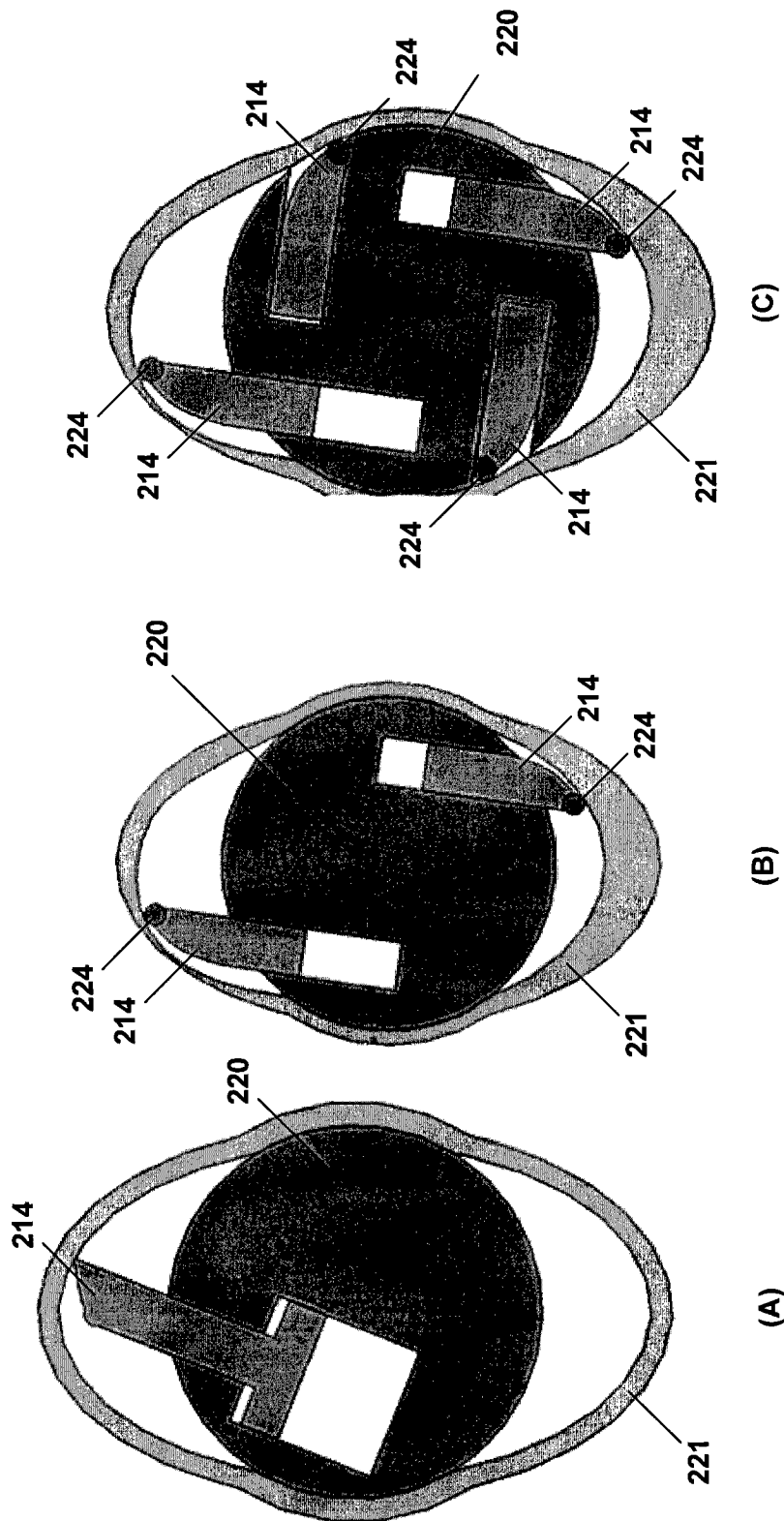


图 23

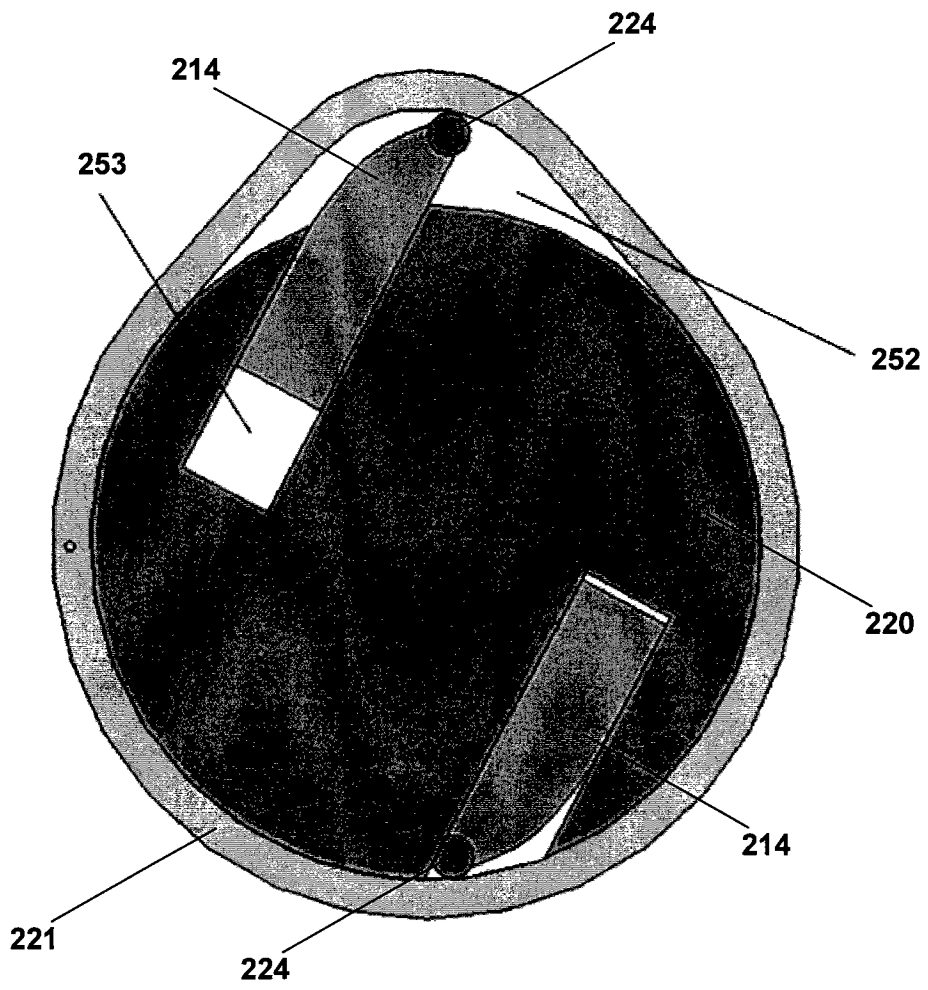


图 24

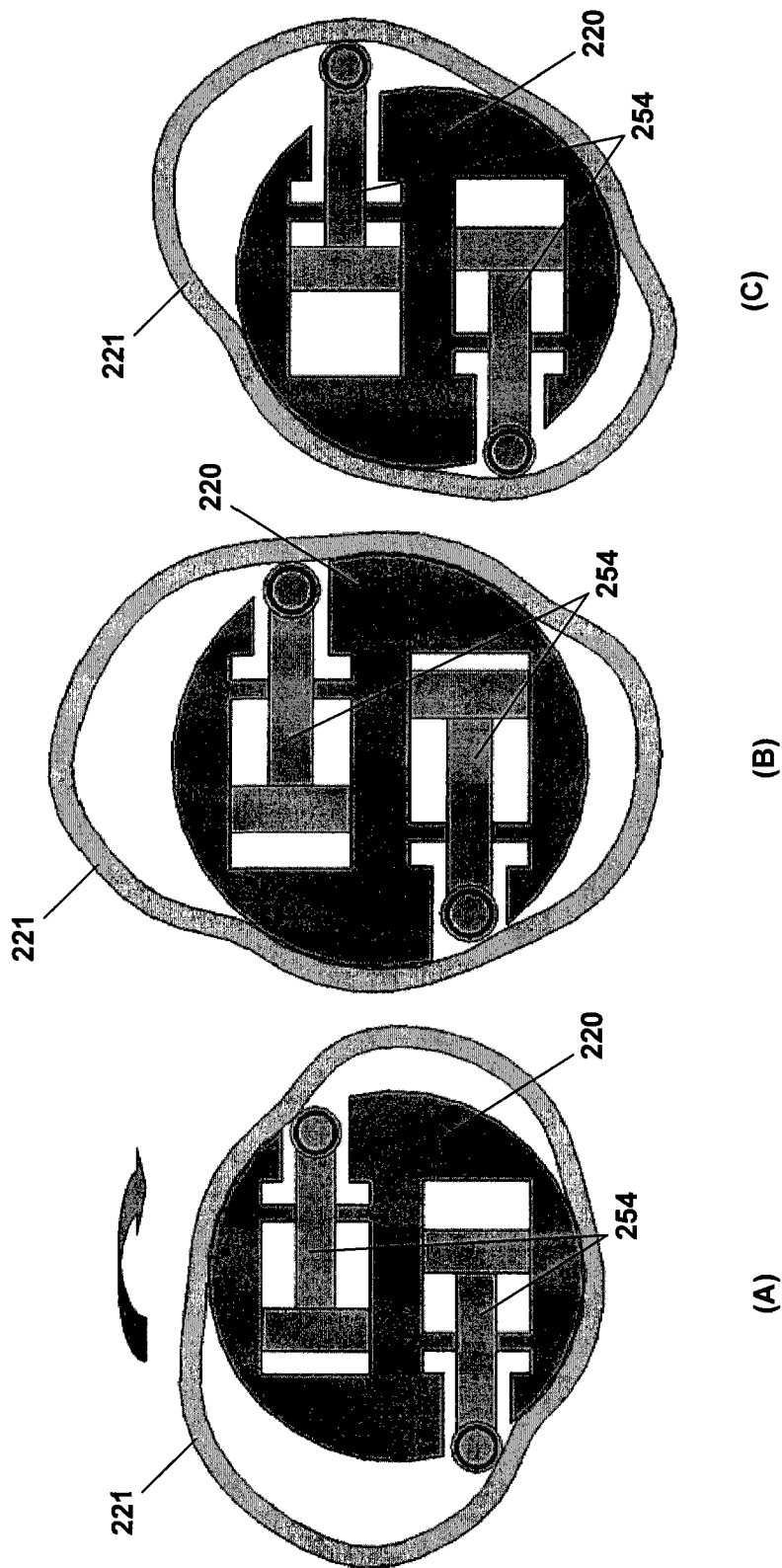


图 25

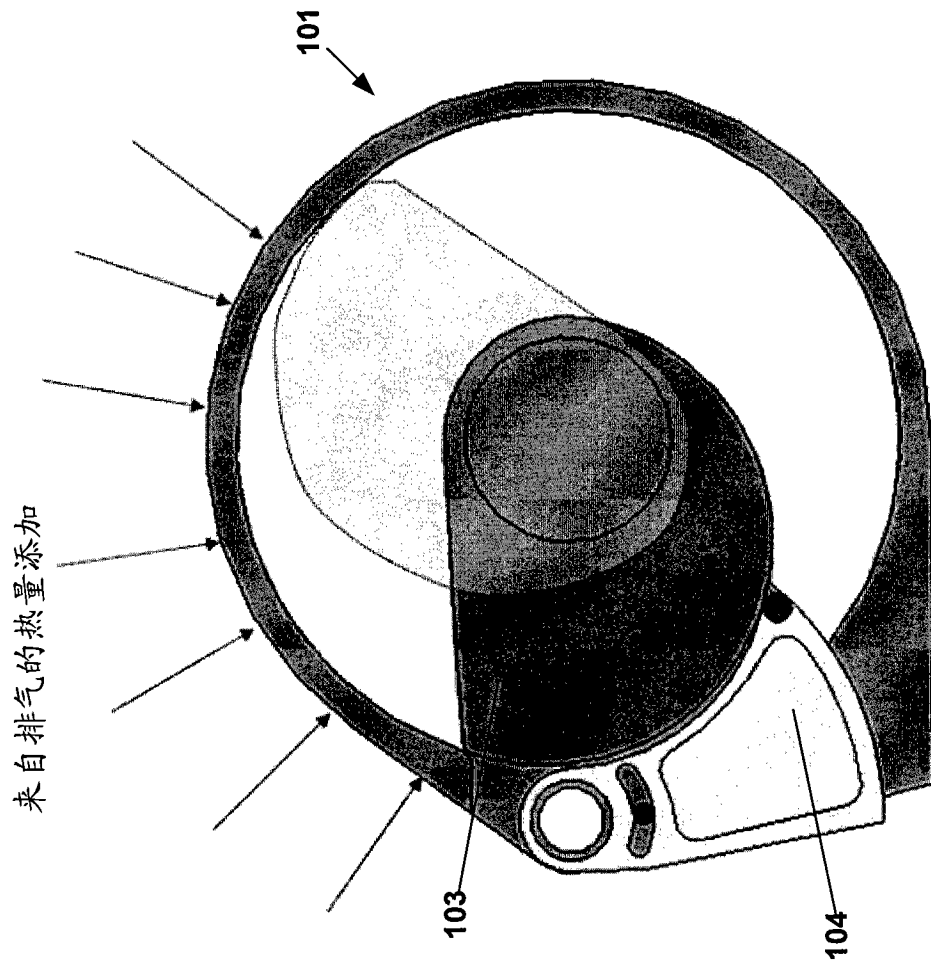
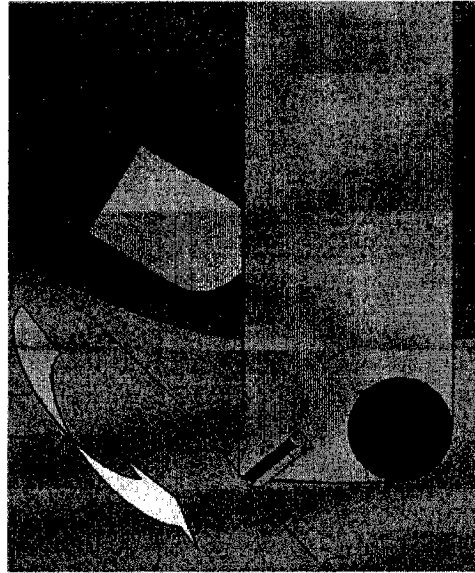
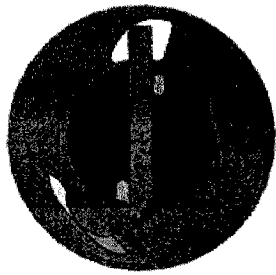
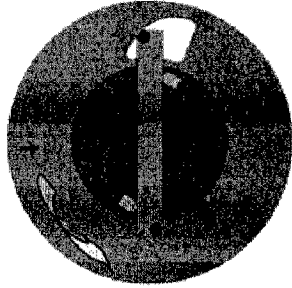
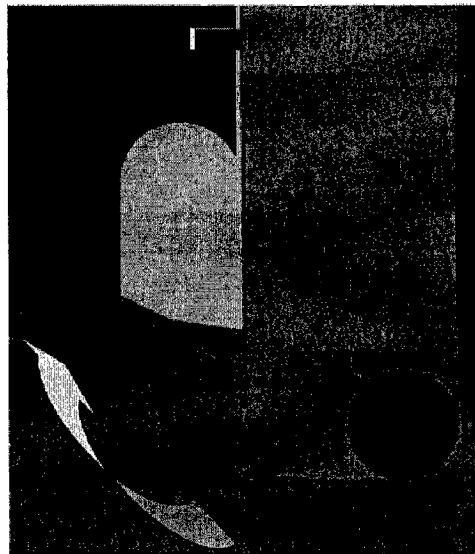


图26



压缩机

(B)



膨胀器

(A)

图27

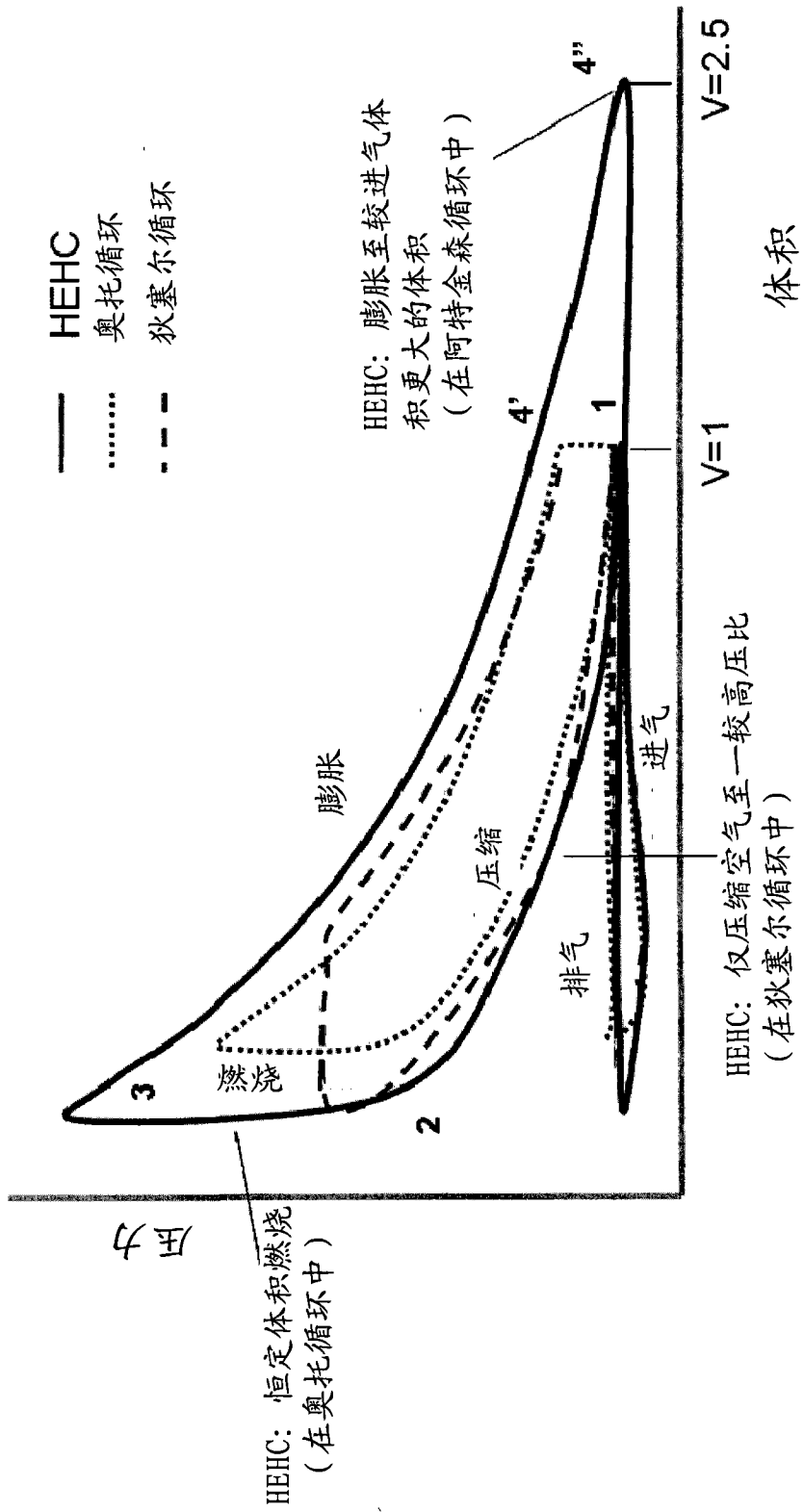


图 28

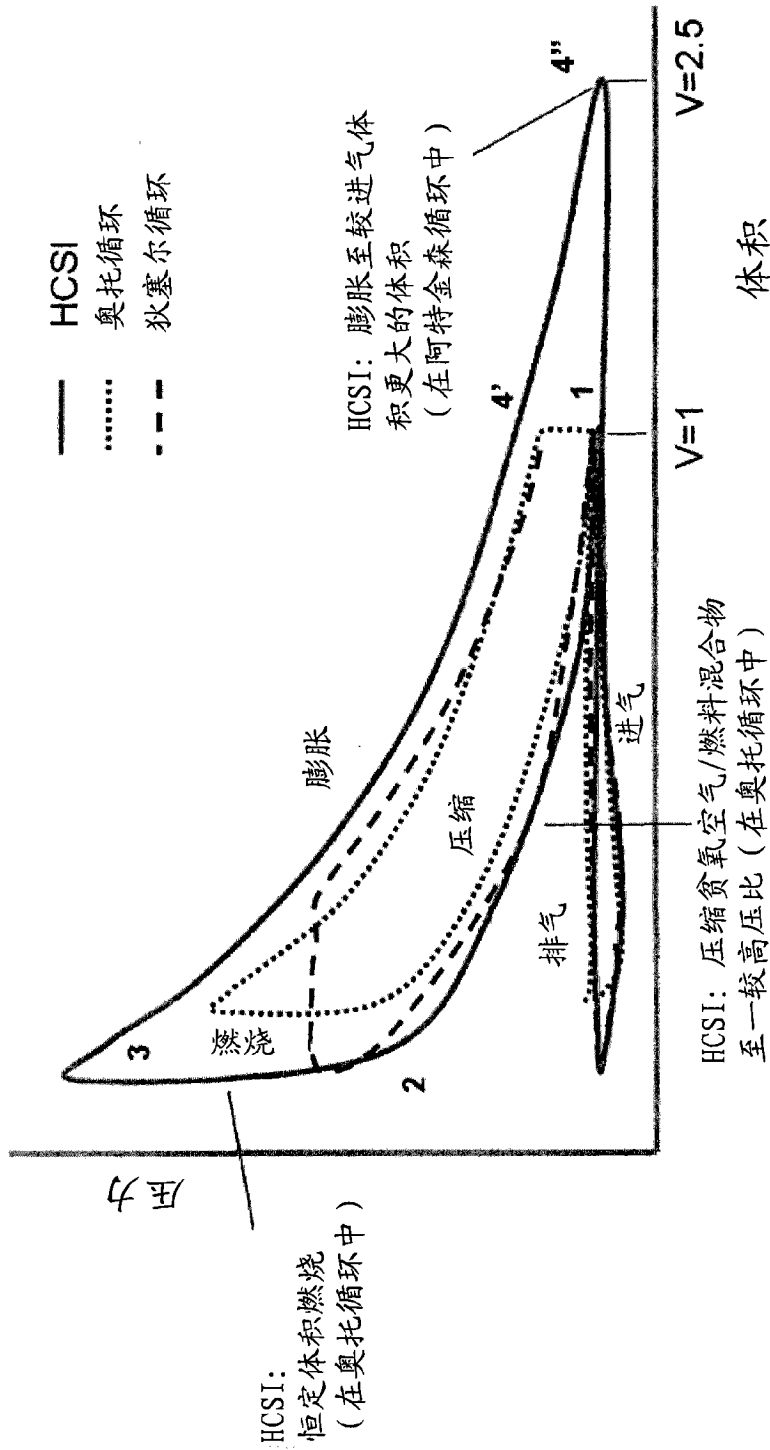


图29