



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112728585 B

(45) 授权公告日 2023.05.30

(21) 申请号 202011095488.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2020.10.14

F23R 7/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112728585 A

审查员 吕峰

(43) 申请公布日 2021.04.30

(30) 优先权数据
16/601012 2019.10.14 US

(73) 专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72) 发明人 K·K·辛赫 T·M·拉弗图
T·E·戴森 S·M·莫纳罕
V·E·坦吉拉拉 J·M·海恩斯

(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 石宏宇 金飞

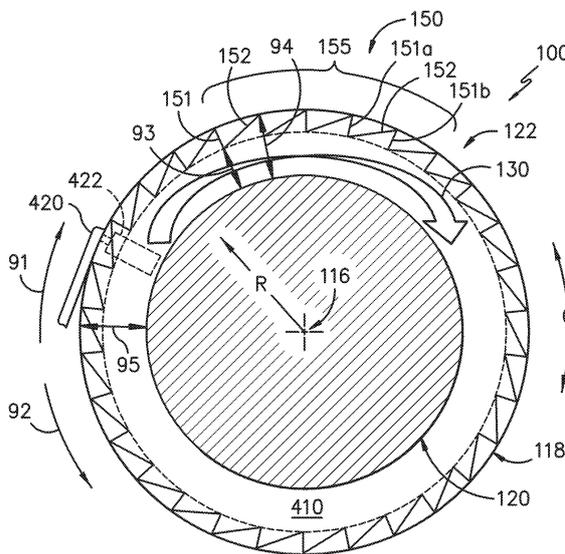
权利要求书2页 说明书22页 附图21页

(54) 发明名称

用于旋转爆震燃烧的系统

(57) 摘要

本发明涉及用于旋转爆震燃烧的系统。本文中提供了用于旋转爆震燃烧的系统。该系统包括:内壁和外壁,其各自围绕中心线轴线延伸,其中爆震室限定在内壁和外壁之间;以及迭代结构,其定位在内壁或外壁中的一者或两者处。迭代结构包括对应于第一压力波衰减的第一阈结构和对应于第二压力波衰减的第二阈结构。迭代结构提供在爆震室中沿着第一周向方向的压力波加强,或者提供沿着与第一周向方向相反的第二周向方向的压力波减弱。第一周向方向对应于爆震室中的压力波传播的期望方向。



1. 一种用于旋转爆震燃烧的系统,所述系统包括:

内壁和外壁,其各自围绕中心线轴线延伸,其中,爆震室限定在所述内壁和所述外壁之间;和

迭代结构,其定位在所述内壁或所述外壁中的一者或两者处,其中,所述迭代结构包括对应于第一压力波衰减的第一阈结构和对应于第二压力波衰减的第二阈结构,其中,所述迭代结构提供在所述爆震室中沿着第一周向方向的压力波加强或提供沿着与所述第一周向方向相反的第二周向方向的压力波减弱,并且其中,所述第一周向方向对应于所述爆震室中的压力波传播的期望方向;

其中,所述迭代结构进一步包括第一壁和第二壁,所述第一壁和所述第二壁一起限定在所述爆震室中沿着周向延伸的斜坡结构,所述第一壁朝向所述中心轴线沿径向延伸,且所述第二壁切向地从所述第一壁延伸到所述第一壁所连接到的所述内壁或所述外壁。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括弓形部分,其中,所述弓形部分包括所述第一阈结构和所述第二阈结构。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括从所述内壁或所述外壁中的一个或多个沿着径向方向延伸的波形。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述波形包括三角波、方波、锯齿波、正弦波或它们的组合中的一种或多种。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述第二壁从第一径向高度处的所述第一壁以凹形、凸形或正弦曲线的形式延伸到所述第一壁所连接到的所述内壁或所述外壁。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括在所述爆震室处的两个或更多个弓形部分,其中,所述迭代结构的各个弓形部分包括:径向壁,其从所述内壁或所述外壁中的一个或多个延伸到第一径向高度;以及第二壁,其从在所述径向壁处的所述第一径向高度延伸到所述径向壁所连接到的所述内壁或所述外壁。

7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述第二壁从所述径向壁沿着所述爆震室中的压力波传播的所述期望方向延伸。

8. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述第一径向高度在流动路径高度的3%和50%之间,其中,所述流动路径高度从所述内壁延伸到所述外壁。

9. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述第一径向高度在流动路径高度的3%和25%之间,其中,所述流动路径高度从所述内壁延伸到所述外壁。

10. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括在所述爆震室中呈周向布置的两个或更多个弓形部分。

11. 根据权利要求10所述的系统,其特征在于,所述系统包括在所述爆震室中呈周向布置的所述迭代结构的两个和两百个之间的弓形部分。

12. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述第一壁是第一径向壁,其从所述内壁或所述外壁中的一个或多个延伸到第一径向高度;且所述第二壁是第一斜坡壁,其从所述第一径向壁处的所述第一径向高度延伸到所述第一径向壁从其延伸的所述内壁或所述外壁,且其中,所述迭代结构还包括:

第二径向壁,其从所述内壁或所述外壁中的一个或多个延伸到小于所述第一径向高度的第二径向高度;以及

第二斜坡壁,其从所述第二径向壁处的所述第二径向高度延伸到所述第二径向壁从其延伸的所述内壁或所述外壁。

13.根据权利要求12所述的系统,其特征在于,所述第一斜坡壁和所述第二斜坡壁各自沿着压力波传播的所述期望方向延伸到所述内壁或所述外壁。

14.根据权利要求1所述的系统,其特征在于,进一步包括:

沿着纵向方向延伸的燃料喷射器,其中,燃料喷射器出口定位在所述第二壁和所述第一壁之间的区域中。

15.根据权利要求14所述的系统,其特征在于,所述燃料喷射器出口定位在所述第一壁从其延伸的所述内壁或所述外壁与所述第一壁的第一径向高度之间。

16.根据权利要求14所述的系统,其特征在于,所述燃料喷射器出口定位在所述斜坡结构的上游。

17.根据权利要求14所述的系统,其特征在于,所述燃料喷射器相对于所述爆震室中的爆震路径朝向压力波传播的所述期望方向以切向的角度定位。

用于旋转爆震燃烧的系统

技术领域

[0001] 本主题大体上涉及一种用于诸如推进系统的热力发动机中的连续爆震的系统。

背景技术

[0002] 诸如燃气涡轮发动机的许多推进系统基于布雷顿循环,在布雷顿循环中,空气被绝热压缩,热在恒定的压力下增加,所得到的热气体在涡轮中膨胀,并且热在恒定的压力下排出。超过驱动压缩系统所需能量的能量然后可用于推进或其它工作。这样的推进系统通常依靠爆燃燃烧来焚烧燃料/空气混合物,并产生在燃烧室内以相对慢的速率和恒定的压力行进的燃烧气体产物。虽然基于布雷顿循环的发动机已通过构件效率的稳定改善以及压力比和峰值温度的增加而达到高水平的热力学效率,但是进一步的改善仍然是受欢迎的。

[0003] 因此,已通过修改发动机架构使得燃烧作为呈连续模式的爆震发生来寻求发动机效率的改善。高能点火使燃料/空气混合物爆震,该混合物转变成爆震波(即紧密联接到反应区的快速移动激波)。相对于反应物的声速,爆震波在大于声速的马赫数范围内行进。燃烧产物以相对于爆震波的声速和显著升高的压力跟随爆震波。这样的燃烧产物然后可通过喷嘴离开,以产生推力或使涡轮旋转。

[0004] 然而,连续爆震系统面临大体上维持爆震或跨越多种操作条件维持爆震的挑战。在不维持燃料/空气混合物的爆震的情况下,爆震燃烧系统可能不能充分地操作以用于热力发动机中。照此,需要用于在爆震燃烧系统处维持燃料/空气混合物的爆震的方法和系统。

发明内容

[0005] 本发明的方面和优点将在以下描述中得到部分阐述,或可根据描述而为显然的,或可通过实践本发明而了解。

[0006] 本文中提供了用于旋转爆震燃烧的系统。该系统包括:内壁和外壁,其各自围绕中心线轴线延伸,其中爆震室限定在内壁和外壁之间;以及迭代结构,其定位在内壁或外壁中的一者或两者处。迭代结构包括对应于第一压力波衰减的第一阈结构和对应于第二压力波衰减的第二阈结构。迭代结构提供在爆震室中沿着第一周向方向的压力波加强,或者提供沿着与第一周向方向相反的第二周向方向的压力波减弱。第一周向方向对应于爆震室中的压力波传播的期望方向。

[0007] 技术方案1. 一种用于旋转爆震燃烧的系统,所述系统包括:

[0008] 内壁和外壁,其各自围绕中心线轴线延伸,其中,爆震室限定在所述内壁和所述外壁之间;

[0009] 迭代结构,其定位在所述内壁或所述外壁中的一者或两者处,其中,所述迭代结构包括对应于第一压力波衰减的第一阈结构和对应于第二压力波衰减的第二阈结构,其中,所述迭代结构提供在所述爆震室中沿着第一周向方向的压力波加强或提供沿着与所述第一周向方向相反的第二周向方向的压力波减弱,并且其中,所述第一周向方向对应于所述

爆震室中的压力波传播的期望方向。

[0010] 技术方案2. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括弓形部分,其中,所述弓形部分包括所述第一阈结构和所述第二阈结构。

[0011] 技术方案3. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括从所述内壁或所述外壁中的一个或多个沿着径向方向延伸的波形。

[0012] 技术方案4. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,包括波形的所述迭代结构进一步包括第一壁和第二壁,所述第一壁和所述第二壁一起限定在所述爆震室中沿着周向延伸的斜坡结构,所述斜坡结构从所述内壁或所述外壁中的一个或多个径向地延伸。

[0013] 技术方案5. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述波形包括三角波、方波、锯齿波、正弦波或它们的组合中的一种或多种。

[0014] 技术方案6. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述第二壁基本上切向地从所述第一壁延伸到所述第一壁所连接到的所述内壁或所述外壁。

[0015] 技术方案7. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述第二壁从第一径向高度处的所述第一壁以凹形、凸形或正弦曲线的形式延伸到所述第一壁所连接到的所述内壁或所述外壁。

[0016] 技术方案8. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括在所述爆震室处的两个或更多个弓形部分,其中,所述迭代结构的各个弓形部分包括:径向壁,其从所述内壁或所述外壁中的一个或多个延伸到第一径向高度;以及第二壁,其从在所述径向壁处的所述第一径向高度延伸到所述径向壁所连接到的所述内壁或所述外壁。

[0017] 技术方案9. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述第二壁从所述径向壁沿着所述爆震室中的压力波传播的所述期望方向延伸。

[0018] 技术方案10. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述第一径向高度在流动路径高度的3%和50%之间,其中,所述流动路径高度从所述内壁延伸到所述外壁。

[0019] 技术方案11. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述第一径向高度在流动路径高度的3%和25%之间,其中,所述流动路径高度从所述内壁延伸到所述外壁。

[0020] 技术方案12. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述第二壁至少部分地切向地从所述第一壁延伸到所述第一壁所连接到的所述内壁或所述外壁。

[0021] 技术方案13. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述系统迭代结构包括在所述爆震室中呈周向布置的两个或更多个弓形部分。

[0022] 技术方案14. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述系统包括在所述爆震室中呈周向布置的所述迭代结构的两个和两百个之间的弓形部分。

[0023] 技术方案15. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述迭代结构包括:

[0024] 第一径向壁,其从所述内壁或所述外壁中的一个或多个延伸到第一径向高度;

[0025] 第二径向壁,其从所述内壁或所述外壁中的一个或多个延伸到小于所述第一径向高度的第二径向高度;

[0026] 第一斜坡壁,其从所述第一径向壁处的所述第一径向高度延伸到所述第一径向壁从其延伸的所述内壁或所述外壁;以及

[0027] 第二斜坡壁,其从所述第二径向壁处的所述第二径向高度延伸到所述第二径向壁从其延伸的所述内壁或所述外壁。

[0028] 技术方案16. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述第一斜坡壁和所述第二斜坡壁各自沿着压力波传播的所述期望方向延伸到所述内壁或所述外壁。

[0029] 技术方案17. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,进一步包括:

[0030] 沿着纵向方向延伸的燃料喷射器,其中,燃料喷射器出口定位在所述第二壁和所述第一壁之间的区域中。

[0031] 技术方案18. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述燃料喷射器出口定位在所述第一壁从其延伸的所述内壁或所述外壁与所述第一壁的所述第一径向高度之间。

[0032] 技术方案19. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述燃料喷射器出口定位在所述斜坡结构的上游。

[0033] 技术方案20. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在于,所述燃料喷射器相对于所述爆震室中的爆震路径朝向压力波传播的所述期望方向以基本上切向的角度定位。

[0034] 参考以下描述和所附权利要求书,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解。并入本说明书中并构成其部分的附图图示了本发明的实施例,并与描述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0035] 在参考附图的说明书中阐述了本发明(包括其最佳模式)的针对本领域普通技术人员的完整且能够实现的公开,在附图中:

[0036] 图1是根据本公开的示例性实施例的包括旋转爆震燃烧系统的热力发动机的示意图;

[0037] 图2是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧系统的示例性实施例的示意图;

[0038] 图3是图2的示例性旋转爆震燃烧系统的爆震室的透视图;

[0039] 图4是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的从下游向上游看的视图;

[0040] 图5是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的另一个示例性实施例的从下游向上游看的视图;

[0041] 图6是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的又一个示例性实施例的从下游向上游看的视图;

[0042] 图7是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的另外的另一个示例性实施例的从下游向上游看的视图;

[0043] 图8是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的从下游向上游看的视图;

[0044] 图9是图8的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的部分的侧视图;

[0045] 图10是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的流动路径视图;

[0046] 图11是图10的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的部分的侧视图;

- [0047] 图12是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的另一个示例性实施例的流动路径视图；
- [0048] 图13是图12的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的部分的侧视图；
- [0049] 图14是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的流动路径视图；
- [0050] 图15是图14的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的部分的侧视图；
- [0051] 图16是描绘根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的排放系数与燃料喷射器位置的关系的曲线图；
- [0052] 图17是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的示例性实施例的流动路径视图；
- [0053] 图18是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的另一个示例性实施例的流动路径视图；
- [0054] 图19是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的又一个示例性实施例的流动路径视图；
- [0055] 图20是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的又一个示例性实施例的流动路径视图；
- [0056] 图21是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的又一个示例性实施例的流动路径视图；
- [0057] 图22是根据本公开的方面的旋转爆震燃烧组件的又一个示例性实施例的流动路径视图；
- [0058] 图23是根据本公开的方面的包括旋转爆震燃烧系统的运载工具的示例性实施例；以及
- [0059] 图24是根据本公开的方面的包括旋转爆震燃烧系统的推进系统的示例性实施例。
- [0060] 本说明书和附图中的参考字符的重复使用旨在表示本发明的相同或相似的特征或元件。

具体实施方式

[0061] 现在将详细地参考本发明的实施例,其一个或多个示例在附图中图示。各个示例通过本发明的解释而非本发明的限制的方式来提供。实际上,对于本领域技术人员来说将为明显的是,在不脱离本发明的范围或精神的情况下,可在本发明中作出多种修改和变型。例如,作为一个实施例的部分而图示或描述的特征可与另一个实施例一起使用以产生另外的其它实施例。因此,意图的是,本发明涵盖如归入所附权利要求书及其等同体的范围内的这样的修改和变型。

[0062] 如本文中所使用的,用语“第一”、“第二”和“第三”可能互换地使用,以将一个构件与另一个构件区分开,且不旨在表示单独构件的位置或重要性。

[0063] 用语“前”和“后”指代推进系统或运载工具内的相对位置,并且指代推进系统或运载工具的正常操作姿态。例如,关于推进系统,“前”指代较接近于推进系统入口的位置,并且“后”指代较接近于推进系统喷嘴或排气口的位置。

[0064] 用语“上游”和“下游”指代相对于流体通路中的流体流的相对方向。例如,“上游”指代流体所流自的方向,且“下游”指代流体所流至的方向。

[0065] 除非上下文另外清楚地规定,否则单数形式“一”、“一种”和“该”包括复数个引用

对象。

[0066] 如在本文中遍及说明书和权利要求书而使用的近似语言适用于修饰可容许变化的任何定量表示,而不会造成与其相关的基本功能的改变。因此,由诸如“约”、“近似地”和“基本上”的一个或多个用语修饰的值将不限于所指定的精确值。在至少一些情况下,近似语言可对应于用于测量该值的仪器的精度,或用于构造或制造构件和/或系统的方法或机器的精度。例如,近似语言可指代处于百分之10的裕度内。

[0067] 在此且遍及说明书和权利要求书,范围限制组合且互换,除非上下文或语言另外指示,否则这样的范围被标识且包括包含在其中的所有子范围。例如,本文中所公开的所有范围都包括端点,且端点可彼此独立地组合。

[0068] 本文中提供了旋转爆震燃烧(RDC)系统和用于操作RDC系统的方法的实施例。本文中所提供的系统和方法的实施例可跨越多个稳态和瞬态入口条件而维持燃料/氧化剂混合物的基本上单向的压力波爆震。维持燃料/氧化剂混合物的基本上单向的压力波爆震大体上可包括减轻或消除在与期望的单向压力波相反的方向(例如,周向方向)上传播的一个或多个压力波。反向旋转压力波大体上可降低连续爆震的可持续性,或者降低RDC系统跨越多种操作参数(例如,怠速条件、最大功率或起飞条件,或者两者中间的一个或多个稳态条件,或者两者中间的瞬态条件等)的可操作性。此外或备选地,反向旋转压力波可导致燃料/氧化剂混合物的较低质量的爆震,并且随后降低RDC系统的性能,本文中所提供的用于产生和/或保持基本上单向的压力波爆震的结构和方法可改善RDC系统的性能。这样的改善的性能可包括但不限于改善的稳态和/或瞬态可操作性、改善的爆震波维持、改善的功率输出或减少的排放。

[0069] 参考图1至图22,本文中提供了根据本公开的示例性实施例的旋转爆震燃烧系统100(下文中称为“RDC系统100”)和用于操作的方法1000(下文中称为“方法1000”)的实施例。RDC系统100和方法1000包括可在爆震室122处沿着周向方向C(图3)产生一个或多个基本上单向或同向的爆震压力波的结构和用于操作的方法。单个/单向或多个同向压力波可大体上改善爆震波的可持续性,或者更特别地改善爆震波跨越一个或多个操作参数或其之间的瞬态条件的可持续性。本文中所提供的结构和方法可进一步相对于多个基本上同向的压力波而减轻反向旋转压力波的形成,以便通过爆震室122相对于周向方向C(图3)而提供多个基本上同向的压力波。

[0070] RDC系统100大体上包括沿着径向方向R彼此间隔开的外壁118和内壁120。外壁118和内壁120一起部分地限定爆震室122、爆震室入口124和爆震室出口126。爆震室122沿着纵向中心线轴线116限定爆震室长度123。

[0071] 此外,RDC系统100包括位于爆震室入口124处的多个燃料喷射器128。燃料喷射器128向爆震室122提供氧化剂和燃料的流动混合物,在爆震室122中,这样的混合物燃烧或爆震以在其中产生燃烧产物,并且更具体地产生爆震波130,如下文将更详细地解释的。燃烧产物通过爆震室出口126离开,诸如到达诸如关于图1而描述的涡轮区段106或排气喷嘴。

[0072] 在诸如图4中所描绘的一个实施例中,外壁118和内壁120各自为大体上环形的,并且是围绕纵向中心线轴线116大体上同心的。在其它实施例中,外壁118和内壁120相对于中心线轴线116呈二维关系,以便限定宽度和高度,或者备选地距中心线轴线116的相对于角度114的可变距离115。外壁118和内壁120一起限定爆震室122内的爆震路径(例如,爆震路

径410)。RDC系统100包括围绕中心线轴线116彼此邻近布置(诸如相对于中心线轴线116定位成彼此接近的周向布置)的多个燃料喷射器128。尽管在本文中进一步描绘为周向流动路径布置,但是应当认识到,关于图4至图22而示出或描述的多种实施例、特征或元件可以以周向或二维关系布置。

[0073] 燃料喷射器128向爆震室122提供氧化剂和燃料的流动混合物,在爆震室122中,这样的混合物燃烧/爆震以在其中产生燃烧产物,并且更具体地产生爆震波130,如下文将更详细地解释的。燃烧产物通过爆震室出口126离开。尽管爆震室122被描绘为单个爆震室,但是在本公开的其它示例性实施例中,RDC系统100(通过外壁120和内壁118)可包括多个爆震室。

[0074] RDC系统100的多种实施例包括可沿着期望方向衰减或抑制压力波形成(即,抑制与期望的单向或同向压力波传播相反的方向上的压力波形成)的结构。本文中所提供的RDC系统100的实施例包括沿着周向方向C彼此不同的多个结构,以便相对于期望的周向方向C(即,第一方向91)而提供增加的压力波强度。沿着周向方向C相对于彼此变化的多个结构可另外或备选地相对于与加强方向相反的期望的周向方向(即,与第一方向91相反的第二方向92)而减轻压力波加强或减弱压力波强度。

[0075] 由于爆震室122大体上限定围绕纵向轴线中心线116延伸的环形空间或其它流动路径,故多个结构相对于初始位置而提供沿着第一方向91的压力波加强和/或沿着第二方向92的压力波减弱。应当认识到,在环形实施例中,初始位置是初始周向位置。应当进一步认识到,在二维实施例中,初始位置是相对于爆震室122及其流动路径的高度和宽度的初始位置。

[0076] 在多种实施例中,初始位置限定在延伸到爆震室122的预爆震设备420处。预爆震设备420在爆震室122处与燃料/氧化剂混合物132操作性地连通,诸如图3处所描绘的。在特定实施例中,预爆震设备420与限定在爆震室122内的爆震路径410基本上相切地延伸。预爆震设备420限定在爆震路径410处切向靠近预爆震设备420的预爆震区422。预爆震设备420在爆震室122处产生燃料/氧化剂混合物132的爆震波130,诸如关于图3而描绘的。爆震波130从预爆震区422沿着第一方向91传播。

[0077] 在一些实施例中,沿着周向方向C相对于彼此变化的多个结构提供了迭代结构150。迭代结构提供了从第一阈到第二阈的沿着第一方向91的压力波加强和/或沿着第二方向92的压力波减弱。第一阈对应于第一压力波衰减。第二阈对应于大于第一压力波衰减的第二压力波衰减。在多种实施例中,迭代结构对应于限定为大于第一阈且小于第二阈的一个或多个第三阈。迭代结构可限定波形,诸如三角波。在其它实施例中,迭代结构可限定另一波形,诸如但不限于锯齿波、方波、正弦波等。在另外的多种实施例中,波形可限定阶梯波,在该阶梯波处,结构在阶梯下降到减小的值或初始值之前振幅增加,诸如本文中进一步示出和描述的。在另外的多种实施例中,迭代结构可包括诸如本文中所示出和描述的结构的两到四十次之间的迭代,或者两到二十次之间的迭代,或者两到十次之间的迭代。

[0078] 在诸如关于图4而进一步示出和描述的一个实施例中,第一阈对应于爆震路径410的第一高度93和最小结构极限。第二阈对应于爆震路径410的大于第一高度93的第二高度94和最大结构极限。迭代结构150包括基本上朝向中心线轴线116径向地延伸的第一壁151。迭代结构150进一步包括第二壁152,第二壁152从在第一高度93处的一个第一壁151基本上

切向地(相对于爆震室122)延伸到在第二高度94处的邻近或接近(沿着第一方向91)的第一壁151。在一个实施例中,第二壁152在一个第一壁151(例如,第一壁151a)处的第一高度93和另一个第一壁151(例如,第一壁151b)处的第二高度94之间基本上线性地延伸。然而,在诸如关于图5至图6而描绘的其它实施例中,第二壁152在相应的第一壁151a、151b的第一高度93和第二高度94之间且从第一高度93到第二高度94可为弯曲的、曲线的、正弦曲线的、凹形的或凸形的。

[0079] 应当认识到,第二壁152从在一个第一壁151(例如,第一壁151a)处的第一高度93延伸到另一个第一壁151(例如,第一壁151b)的第二高度94。另外或备选地,第二壁152从第一壁151的第一高度93延伸到相应的内壁120或外壁118,第一壁151从内壁120或外壁118延伸。此外,迭代结构150的顺序布置定位成使得第二壁152从第二壁152附接到的第一壁151延伸且朝向相应的第一壁151附接到的相应内壁120或外壁118延伸。第二壁152照此且对应于期望的周向方向C(即,第一方向91)进一步延伸,压力波132合乎期望地围绕该周向方向C处于单向或多个同向取向。照此,包括第一壁151和第二壁152的迭代结构150的特定布置可为诸如本文中所描述连续爆震可持续性和可操作性提供益处。

[0080] 在另外的多种实施例中,第二壁152可在相应的成对的第一壁151之间不同。例如,参考图7,第二壁152可限定在第一对第一壁151c、151d之间的第一轮廓,以及在第二对第一壁151e、151f之间的不同于第一轮廓的第二轮廓。不同的轮廓可大体上对应于沿着第一方向91增加的压力波强度和/或沿着第二方向92的期望的压力波减弱。

[0081] 参考图4至图7,迭代结构150限定在各对第一壁151(例如,第一壁151a、151b)之间。在多种实施例中,迭代结构150进一步沿着爆震路径410的弧形区段或距离限定。参考图7,爆震室122的弓形部分155包括第二壁152,第二壁152限定对应于第一阈的第一轮廓、沿着第一方向91周向分开的对应于第二阈的第二轮廓以及在第一轮廓和第二轮廓之间的对应于第三阈的一个或多个第三轮廓。迭代结构150可提供弓形部分155沿着爆震路径410的两次或更多次迭代。

[0082] 在一个实施例中,弓形部分155对应于爆震流动路径410的180度弧(即,两个弓形部分)。在另一个实施例中,弓形部分155对应于爆震路径410的18度弧(即,20个弓形部分)。在又一个实施例中,弓形部分155对应于爆震路径410的9度弧(即,40个弓形部分)。在另外的另一个实施例中,弓形部分155对应于爆震路径410的近似1.8度的弧(即,两百个弓形部分)。在多种实施例中,弓形部分155中的两个或更多个可包括在不同于另一个弓形部分155(例如弓形部分155b)的一个弓形部分(例如弓形部分155a)处的不同的第一高度93、第二高度94、第二壁152的轮廓(即,弯曲的或曲线的、正弦曲线的、凹形的、凸形的等)中的一个或多个。

[0083] 参考图4至图7,应当认识到,在多种实施例中,第一壁151从外壁118、内壁120或两者延伸。爆震路径410限定在内壁120和外壁118之间延伸的流动路径高度95。在一个实施例中,第一壁151的第一高度93从任一壁118、120向爆震路径410中延伸流动路径高度95的3%和50%之间。在另一个实施例中,第一壁151的第一高度93从任一壁118、120向爆震路径410中延伸3%和25%之间。

[0084] 在特定实施例中,爆震路径410包括流动路径高度95的至少1%。照此,在第一壁151从内壁120和外壁118延伸的特定实施例中,第一壁151中的一个可比另一个第一壁151延伸

得更少,以便为燃料/氧化剂混合物和爆震波传播提供流动路径高度95的至少1%。在某些实施例中,流动路径高度95限定从内壁120到外壁118的跨度,诸如在0%和100%之间。在多种实施例中,第一壁151从内壁120和外壁118延伸到爆震路径410中。在一个实施例中,第一壁151从内壁120和外壁118延伸到第一高度93,其中爆震路径410的25%或更小的跨度和75%或更大的跨度不受第一壁151的阻碍。在另一个实施例中,第一壁151从内壁120和外壁118延伸到第一高度93,其中爆震路径410的20%或更小的跨度和80%或更大的跨度不受第一壁151的阻碍。在又一个实施例中,第一壁151从内壁120和外壁118延伸到第一高度93,其中爆震路径410的10%或更小的跨度和90%或更大的跨度不受第一壁151的阻碍。在另外的另一个实施例中,第一壁151从内壁120和外壁118延伸到第一高度93,其中爆震路径410的3%或更小的跨度和97%或更大的跨度不受第一壁151的阻碍。

[0085] 在另外的多种实施例中,第一壁151从内壁120延伸的程度相对于从外壁118延伸的第一壁151可为不均匀或不相等的。例如,第一壁151可从内壁120延伸到流动路径高度95的跨度的25%中,并且第一壁151可从外壁118延伸到流动路径高度95的跨度的95%中。

[0086] 在某些实施例中,围绕爆震路径410的至少部分的多个第一壁151和第二壁152呈轴对称布置。然而,在其它实施例中,多个第一壁151和第二壁152可构造成非轴对称布置。

[0087] 仍然参考图4至图7,应当认识到,提供了第一壁151和第二壁152的流动路径视图。第一壁151基本上相对于中心线轴线116沿着径向方向R延伸。第二壁152相对于爆震路径410、内壁120或外壁118至少部分地切向地延伸,或者相对于周向方向C为大体上切向的。

[0088] 现在参考图8,提供了RDC系统100的另一个流动路径视图。关于图8而提供的实施例构造成基本上类似于关于图1至图7而示出和描述的那样。RDC系统100进一步包括多个燃料喷射器128,其构造成向爆震室122提供液体和/或气体燃料的流。各个燃料喷射器128包括燃料喷射器出口129,燃料和/或燃料/氧化剂混合物的流通过燃料喷射器出口129进入爆震室122。在诸如图8中所描绘的一个实施例中,燃料喷射器出口129定位在从第一高度93到内壁120或外壁118的跨度内,使得燃料喷射器出口129定位在第一壁151和第二壁152之间的在爆震路径410中的凹穴或区域131内。在多种实施例中,燃料喷射器出口129定位在诸如上文所描述的第一高度的一个或多个范围内(即,沿着径向方向R在壁118、120和第一高度93之间)。将燃料喷射器出口129定位在区域131内可有益地改善燃料/氧化剂混合和爆震。燃料喷射器出口129可进一步或备选地改善爆震路径410中的基本上单向或同向压力波的形成。然而,应当认识到,其它实施例可将燃料喷射器出口129定位在从第一壁151径向地进入爆震路径410的流动路径高度95的跨度内(例如,在3%和97%跨度内,或10%和90%跨度内,或20%和80%跨度内,或25%和75%跨度内等,诸如上文所描述的)。

[0089] 现在参考图9,提供了结构150的纵向侧视图。图9中所描绘的RDC系统100的纵向侧视图可构造成基本上类似于图4至图8中所描绘的RDC系统100的流动路径视图。在图9中,第一壁151和第二壁152各自沿着纵向方向L延伸。第一壁151和第二壁152各自限定靠近爆震室出口126的下游端153。第一壁151和第二壁152各自进一步限定远离爆震室出口126和下游端153的上游端154。在多种实施例中,燃料喷射器出口129定位在壁151、152的下游端153的前方或上游。在一个实施例中,燃料喷射器出口129可定位在壁151、152的上游端154的前方或上游。

[0090] 现在参考图10至图11,提供了RDC系统100的另一个示例性实施例的流动路径视

图。关于图10而示出和描述的实施例可包括诸如关于图4至图9而示出和描述的第一壁151和第二壁152。为了清楚起见,图10至图11省略了第一壁151和第二壁152的实施例。在关于图10至图11而描绘的实施例中,多个燃料喷射器128可相对于环形爆震路径410以基本上切向的角度127定位在RDC系统100中,诸如经由参考中心线轴线90而描绘的。在某些实施例中,燃料喷射器128包括环绕燃料喷射器中心线轴线225的燃料喷射器外壁125。燃料喷射器中心线轴线225可大体上对应于燃料和/或氧化剂或燃料/氧化剂混合物可沿着其提供到爆震室122并延伸通过燃料喷射器128的方向。

[0091] 在多种实施例中,角度127在近似0度和近似90度之间。在特定实施例中,角度127在近似30度和近似60度之间。在另外的多种实施例中,各个燃料喷射器128的燃料喷射器出口129或其平面相对于爆震路径410的参考中心线轴线90特别地以角度127定位。在诸如关于图4至图9而描述的特定实施例中,燃料喷射器出口129朝向诸如沿着第一方向91的期望的单向或同向压力波传播成角度。角度127可向爆震波130提供期望的第一方向91。燃料喷射器128的角度127可进一步减轻爆震波130与燃料喷射器128及其燃料出口129的角度127相反地行进。

[0092] 现在参考图12,提供了RDC系统100的另一个示例性实施例的流动路径视图。图13提供了图12中所描绘的实施例的侧视图。关于图12至图13而提供的实施例构造成基本上类似于关于图4至图10而示出和描述的那样。照此,为了清楚起见,可在图12至图13中省略可应用于图1至图11中所描绘的RDC系统100的多种实施例的某些特征和描述。燃料喷射器128可进一步包括会聚-发散(C/D)喷嘴结构。C/D喷嘴结构可进一步限定文丘里喷嘴。C/D喷嘴或文丘里喷嘴可提供来自燃料喷射器128的燃料流沿着第一方向91的柯恩达效应。

[0093] 至少由燃料喷射器128的燃料喷射器外壁125提供的柯恩达效应可提供固体表面,该固体表面至少部分地环绕通过定位在燃料喷射器128的会聚区段221和发散区段223之间的喷嘴237喷出的燃料和/或氧化剂的射流。在燃料喷射器外壁125和来自喷嘴127的燃料和/或氧化剂的自由射流之间的大体上低压的区域可使自由射流粘附到燃料喷射器外壁125。限定C/D喷嘴的燃料喷射器128可大体上或进一步减轻爆震波130与燃料喷射器128和燃料出口129的角度127相反地行进。例如,诸如关于图12而描绘的,燃料/氧化剂混合物132可至少部分地沿着第一方向91外出到爆震室122中。燃料喷射器128的角度127和/或C/D喷嘴可减轻爆震波130沿着与第一方向91相反的第二方向92传播。

[0094] 现在参考图14,提供了RDC系统100的另一个示例性实施例的流动路径视图。图15提供了图14中所描绘的实施例的部分的侧视图。关于图14至图15而提供的实施例构造成基本上类似于关于图1至图13而示出和描述的那样。照此,为了清楚起见,可在图14至图15中省略可应用于图5至图13中所描绘的RDC系统100的多种实施例的某些特征和描述。在多种实施例中,RDC系统100提供诸如上文所描述的对应用于燃料喷射器128的第一排放系数的第一阈和对应用于另一个燃料喷射器128的大于第一排放系数的第二排放系数的第二阈。

[0095] 在诸如关于图15而描绘的某些实施例中,燃料喷射器外壁125包括限定燃料通道323的相对直的或纵向的部分。燃料喷射器外壁125进一步包括相对于燃料喷射器中心线轴线225成角度的壁329。限定成角度的壁329相对于燃料喷射器中心线轴线225的对应用于燃料孔的排放系数的角度327。在多种实施例中,对应用于排放系数的角度327在0度和90度之间变化。

[0096] 参考图16,提供了描绘排放系数相对于燃料喷射器的周向位置的变化了的曲线图。应当认识到,关于图16而描绘的曲线图可大体上应用于本文中关于图1至图15而示出和描述的迭代结构150。在多种实施例中,排放系数对应于成角度的壁329和燃料喷射器128的角度327。在一个实施例中,包括迭代结构的RDC系统100包括呈周向布置的两个或更多个燃料喷射器128。多个燃料喷射器128中的各个包括一定量的燃料喷射器,其限定沿着压力波传播的期望方向(例如,第一方向91)增加的排放系数(Cd)。例如,参考图14至图16,迭代结构包括多个燃料喷射器128的两次或更多次迭代,诸如描绘为燃料喷射器228、328、428、528、628、728。最小Cd的燃料喷射器228可大体上限定燃料喷射器的迭代的最小排放系数(Cd)。最大Cd的燃料喷射器728可大体上限定燃料喷射器的迭代的最大Cd。如图16中进一步描绘的,最大燃料喷射器728之后的周向顺序燃料喷射器(即,相对于压力波传播的期望方向是顺序的)可包括最小Cd的燃料喷射器228。在多种实施例中,RDC系统100可包括一个或多个中间Cd的燃料喷射器328、428、528、628,其周向地定位在最小Cd的燃料喷射器228和最大Cd的燃料喷射器728之间。中间Cd的燃料喷射器限定最小Cd和最大Cd之间的一个或多个排放系数。在一个实施例中,多个中间Cd的燃料喷射器(例如,328、428、528、628等)在最小Cd的燃料喷射器228和最大Cd的燃料喷射器728之间以周向顺序限定相等或增加的Cd。

[0097] 在一个实施例中,Cd从最小Cd的燃料喷射器228到最大Cd的燃料喷射器728的改变在2倍和3倍之间。在一个实施例中,最大Cd的燃料喷射器728限定为最小Cd的燃料喷射器228的三倍的排放系数。在另一个实施例中,最大Cd的燃料喷射器728限定为最小Cd的燃料喷射器228的2.5倍的排放系数。在又一个实施例中,最大Cd的燃料喷射器728限定为最小Cd的燃料喷射器228的两倍的排放系数。

[0098] 在另外的多种实施例中,诸如先前所陈述的,RDC系统100可包括两个和四十个之间的迭代结构150。在一个实施例中,RDC系统100包括以180度线段或弧重复的两个迭代结构150。在另外的另一个实施例中,RDC系统100包括以90度线段或弧重复的四个迭代结构150。在另一个实施例中,RDC系统100包括以45度线段或弧重复的八个迭代结构150。在又一个实施例中,RDC系统100包括以18度线段或弧重复的二十个迭代结构150。在另外的又一个实施例中,RDC系统100包括以9度线段或弧重复的四十个迭代结构150。

[0099] 现在参考图17至图22,进一步提供了RDC系统100的示例性实施例的流动路径视图。关于图17至图22而提供的实施例构造成基本上类似于关于图1至图16而示出和描述的那样。照此,为了清楚起见,可在图17至图22中省略可应用于图5至图16中所描绘的RDC系统100的多种实施例的某些特征和描述。在图17至图22中,提供了包括阻尼器300的RDC系统100的多种实施例。在某些实施例中,阻尼器300限定亥姆霍兹共振器,该共振器限定具有与爆震室122流体连通的开口305的流体容器。限定亥姆霍兹阻尼器的阻尼器300构造成目标频率或其范围对应于可沿着不期望的方向(即,与期望的方向相反,诸如第二方向92)产生的压力或压力波。阻尼器300可由以下等式限定:

$$[0100] \quad f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{VL'}}$$

[0101] 其中, f 是要衰减的压力振荡的频率或其范围; c 是在流体(即,氧化剂或爆震气体)中的声速; A 是通向气室307的阻尼器通道306的开口305的横截面面积; V 是阻尼器通道306、

气室307或两者的体积;并且 L' 是阻尼器通道306的有效长度。在多种实施例中,有效长度是阻尼器通道306的长度加上本领域通常理解的校正因子与阻尼器通道306的区域的直径的乘积。

[0102] 在多种实施例中,阻尼器300包括多个阻尼器,这些阻尼器至少限定最小衰减目标(例如,在阻尼器301处)和最大衰减目标(例如,在阻尼器303处)。多个阻尼器可进一步包括中间衰减目标(例如,在阻尼器302处)中的一个或多个,其目标是在阻尼器301处的最小衰减目标和在阻尼器303处的最大衰减目标之间的一个或多个频率。多个阻尼器301、302、303构造成基本上类似于关于图16中的曲线图而示出和描述的那样。照此,多个阻尼器沿着周向方向以增加或减小的顺序布置来布置,以减轻沿着不期望的方向(例如,第二方向92)的压力波传播。在另外的多种实施例中,RDC系统100包括诸如上文关于图1至图16而描述的那样布置的两个或更多个阻尼器301、302、303。

[0103] 参考图18至图20,在某些实施例中,阻尼器300限定燃料腔体400,液体和/或气体燃料流从燃料腔体400提供到燃料喷射器128。在多种实施例中,限定燃料腔体400的阻尼器300以顺序的周向布置向一个或多个燃料喷射器128提供燃料。阻尼器300可向一定量的燃料喷射器128提供燃料,诸如阻尼器301、302、303处所描绘的。限定燃料腔体400的阻尼器300构造成诸如关于图1至图17示出和描述的那样。

[0104] 仍然参考图18至图20,多个阻尼器300的多种实施例从预爆震设备420或预爆震区422以周向布置定位。在某些实施例中,多个阻尼器300按照对应于压力波传播的期望方向(例如,沿着第一方向91)目标频率增加的顺序从预爆震设备420或预爆震区422以周向布置定位。参考图18至图20,多个阻尼器300包括最小衰减目标阻尼器301,其沿着压力波传播的期望方向(例如,第一方向91)邻近或接近预爆震设备420定位。

[0105] 在诸如关于图19而描绘的某些实施例中,多个阻尼器300沿着周向方向C布置在包括迭代结构150的弓形部分155中。弓形部分155包括最小衰减目标阻尼器301和最大衰减目标阻尼器303,诸如关于图19而描绘的。在一些实施例中,弓形部分155进一步包括中间衰减目标阻尼器302中的一个或多个,其周向地定位在最小衰减目标阻尼器301和最大衰减目标阻尼器303之间,诸如关于图20而描绘的。在另外的一些实施例中,多个阻尼器300按照沿着压力波传播的期望方向(例如,第一方向91)目标衰减频率增加的顺序定位。在图20中所描绘的示例性实施例中,最小衰减目标阻尼器301沿着压力波传播的期望方向(例如,第一方向91)紧接或紧邻预爆震设备420或预爆震区422定位。最大衰减目标阻尼器303可沿着第二方向92或与压力波传播的期望方向相反地紧接或紧邻预爆震设备420或预爆震区422定位。在某些实施例中,一个或多个随后的中间衰减目标阻尼器302可周向地放置在最小衰减目标阻尼器301和最大衰减目标阻尼器303之间。

[0106] 参考图21,在多种实施例中,多个阻尼器300构造为具有多个燃料喷嘴128的流体二极管。在多种实施例中,各个阻尼器300经由燃料回路190流体连接到燃料喷嘴128。系统100包括第一燃料回路191,其构造成向第一燃料喷嘴(例如,燃料喷嘴196)提供流体连通的燃料流。系统100进一步包括第二燃料回路192,其构造成向周向地邻近第一燃料喷嘴196的第二燃料喷嘴(例如,燃料喷嘴197)提供流体连通的燃料流。此外,多个阻尼器300包括第一阻尼器,其经由第二燃料回路192流体联接到第一燃料喷嘴196并且经由第一燃料回路191流体联接到第二燃料喷嘴197。在某些实施例中,第一燃料喷嘴196定位成紧邻或紧接预爆

震设备420。

[0107] 在诸如关于图17至图20或者更一般地关于图4至图20而示出和描述的多种实施例中,多个阻尼器300按照沿着压力波传播的期望方向(例如,第一方向91)压力频率衰减增加或减小的顺序布置。在示例性实施例中,燃料喷嘴128接收来自第一燃料回路191和来自第一阻尼器的燃料流,并进一步接收来自第二燃料回路192和来自第二阻尼器的燃料,其中第二阻尼器沿着压力波传播的期望方向(例如,第一方向91)周向地接近第一阻尼器定位。

[0108] 在一个实施例中,多个阻尼器300包括最小衰减目标阻尼器301和最大衰减目标阻尼器303。多个阻尼器300按照沿着压力波传播的期望方向(例如,第一方向91)压力波目标频率增加的顺序定位。在某些实施例中,多个阻尼器300包括第一阻尼器或最小衰减目标阻尼器301,其沿着压力波传播的期望方向紧邻预爆震设备420定位。第二阻尼器或最大衰减目标阻尼器303沿着与压力波传播的期望方向相反的方向或期望的压力波衰减方向(例如,第二方向92)紧邻预爆震设备420定位。在多种实施例中,一个或多个中间衰减目标阻尼器302周向地定位在阻尼器301、303之间。在多种实施例中,第一阻尼器构造成压力频率衰减小于第二阻尼器。例如,第一阻尼器通常是最小衰减目标阻尼器301或中间衰减目标阻尼器302,并且第二阻尼器通常是中间衰减目标阻尼器302(即,大于最小衰减目标阻尼器301或大于或等于另一中间目标阻尼器302)或最大衰减目标阻尼器303。

[0109] 在另一个实施例中,多个阻尼器300构造成诸如关于图4至图21而示出和描述的那样。在诸如图22中所描绘的一些实施例中,多个阻尼器300沿着周向方向C布置在弓形部分155中。各个弓形部分155包括最小衰减目标阻尼器301和最大衰减目标阻尼器302。在另外的实施例中,各个弓形部分155包括周向地在阻尼器301、303之间的中间衰减目标阻尼器302中的一个或多个。应当认识到,在所提供的实施例中,各个阻尼器300构造成与至少成对的燃料喷嘴128流体连通。

[0110] 返回参考图17至图22,在多种实施例中,多个阻尼器300包括最小衰减目标阻尼器301和最大衰减目标阻尼器303,其中最小衰减目标阻尼器301周向顺序地(例如,沿着第一方向91)定位到最大衰减目标阻尼器303之后。在某些实施例中,最小衰减目标阻尼器301进一步沿着周向方向C紧邻或紧接预爆震设备420定位。在另外的多种实施例中,一个或多个中间衰减目标阻尼器302周向地定位在阻尼器301、303之间。

[0111] 返回参考图1,发动机大体上构造为推进系统或热力发动机102。更具体地,热力发动机102大体上包括入口或压缩机区段104和出口或涡轮区段106。在多种实施例中,RDC系统100定位在压缩机区段104的下游。在诸如关于图1而描绘的一些实施例中,RDC系统100定位在涡轮区段106的上游。在诸如关于图24而进一步示出和描述的其它实施例中,RDC系统100定位在涡轮区段106的上游和/或下游。在操作期间,空气流可被提供到压缩机区段104的入口108,其中这样的空气流通过一个或多个压缩机而被压缩,压缩机中的各个可包括压缩机转子叶片和压缩机定子静叶的一个或多个交替级。然而,在多种实施例中,压缩机区段104可限定喷嘴,当空气流流到RDC系统100时,空气流通过该喷嘴而被压缩。

[0112] 如下文将更详细讨论的,来自压缩机区段104的压缩空气然后可被提供到RDC系统100,在RDC系统100中,压缩空气可与燃料混合并爆震以产生燃烧产物。燃烧产物然后可流到涡轮区段106,在涡轮区段106中,一个或多个涡轮可从燃烧产物中提取动能/旋转能。如同压缩机区段104内的(一个或多个)压缩机一样,涡轮区段106内的(一个或多个)涡轮中的

各个可包括涡轮转子叶片和涡轮定子静叶的一个或多个交替级。然而,在多种实施例中,涡轮区段106可限定膨胀区段,爆震气体通过该膨胀区段膨胀并从RDC系统100提供推进推力。在另外的多种实施例中,燃烧气体或产物然后可从涡轮区段106流过例如排气喷嘴,以为热力发动机102产生推力。

[0113] 如将认识到的,由燃烧产物产生的涡轮区段106内的(一个或多个)涡轮的旋转通过一个或多个轴或转轴110传递,以驱动压缩机区段104内的(一个或多个)压缩机。在多种实施例中,压缩机区段104可进一步限定诸如用于涡轮风扇发动机构造的风扇区段,以便推进空气跨越RDC系统100和涡轮区段106外部的旁路流动路径。

[0114] 将认识到,图1中示意性地描绘的热力发动机102仅通过示例的方式提供。在某些示例性实施例中,热力发动机102可包括压缩机区段104内的任何合适数量的压缩机、涡轮区段106内的任何合适数量的涡轮,并且可进一步包括适合于机械地连结(一个或多个)压缩机、(一个或多个)涡轮和/或风扇的任何数量的轴或转轴110。类似地,在其它示例性实施例中,热力发动机102可包括任何合适的风扇区段,其中风扇区段的风扇由涡轮区段106以任何合适的方式驱动。例如,在某些实施例中,风扇可直接连结到涡轮区段106内的涡轮,或者备选地,可由涡轮区段106内的涡轮跨越减速齿轮箱驱动。另外,风扇可为可变桨距风扇、固定桨距风扇、涵道风扇(即,热力发动机102可包括环绕风扇区段的外机舱)、无涵道风扇,或者可具有任何其它合适的构造。

[0115] 此外,还应当认识到,RDC系统100可进一步并入到任何其它合适的航空推进系统中,诸如超音速推进系统、高超音速推进系统、涡轮风扇发动机、涡轮轴发动机、涡轮螺旋桨发动机、涡轮喷气发动机、冲压喷气发动机、超音速燃烧冲压发动机等或它们的组合,诸如联合循环推进系统。此外,在某些实施例中,RDC系统100可并入到非航空推进系统中,诸如陆基发电推进系统、航改推进系统等。此外,另外,在某些实施例中,RDC系统100可并入到任何其它合适的推进系统或运载工具中,诸如有人驾驶或无人驾驶飞行器、火箭、导弹、运载火箭等。在后面的实施例中的一个或多个的情况下,推进系统可不包括压缩机区段104或涡轮区段106,而是改为可仅包括分别通向和来自RDC系统100的会聚和/或发散流动路径。例如,涡轮区段106可大体上限定喷嘴135,燃烧产物通过喷嘴135流动以产生推力。

[0116] 现在参考图2,提供了如可并入到图1的示例性实施例中的示例性RDC系统100的侧视示意图。如所示出的,RDC系统100大体上限定可与热力发动机102共有的纵向中心线轴线116、相对于纵向中心线轴线116的径向方向R、相对于纵向中心线轴线116的周向方向C(例如参见图3)和纵向方向L(图1中示出)。

[0117] 简要参考图3,提供了爆震室122(没有燃料喷射器128)的透视图,将认识到,在操作期间,RDC系统100产生爆震波130。爆震波130在RDC系统100的周向方向C上行进,从而消耗引入的燃料/氧化剂混合物132,并在燃烧的膨胀区域136内提供高压区域134。焚烧后的燃料/氧化剂混合物138(即爆震气体)离开爆震室122并排出。

[0118] 更特别地,将认识到,RDC系统100是爆震型燃烧器,其从爆震的连续波130获得能量。对于诸如本文中所公开的RDC系统100的爆震燃烧器,与如在传统爆燃型燃烧器中典型的焚烧相比,燃料/氧化剂混合物132的燃烧实际上是爆震。因此,爆燃和爆震之间的主要区别与火焰传播的机制有关。在爆燃中,火焰传播随着大体上通过传导从反应区到新鲜混合物的热传递而变化。相比之下,在爆震燃烧器的情况下,爆震是激波诱导的火焰,其造成反

应区和激波的联接。激波压缩并加热新鲜混合物132,从而将这样的混合物132升温成高于自燃点。另一方面,由爆震释放的能量有助于爆震激波130的传播。此外,在连续爆震的情况下,爆震波130以连续的方式围绕爆震室122传播,以相对高的频率操作。另外,爆震波130可使得爆震室122内部的平均压力高于典型燃烧系统(即爆燃燃烧系统)内的平均压力。

[0119] 因此,爆震波130后面的区域134具有非常高的压力。如从下文的讨论中将认识到,RDC系统100的燃料喷射器128被设计成防止爆震波130后面的区域134内的高压在上游方向上流动,即进入燃料/氧化剂混合物132的引入流中。

[0120] 结合图2至图22返回参考图1,RDC系统100进一步包括控制器,该控制器配置成单独地或与两个或更多个燃料喷嘴结合来通过燃料喷嘴调节、调制或以其它方式合乎期望地提供燃料或燃料/氧化剂混合物。大体上,控制器210可对应于任何合适的基于处理器的设备,包括一个或多个计算设备。例如,图1图示了可包括在控制器210内的合适构件的一个实施例。如图1中所示出的,控制器210可包括处理器212和相关联的存储器214,其配置成执行多种计算机实施的功能(例如,执行本文中所公开的方法、步骤、计算等)。如本文中所使用的,用语“处理器”不仅指代在本领域中被称为包括在计算机中的集成电路,还指代控制器、微控制器、微型计算机、可编程逻辑控制器(PLC)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)和其它可编程电路。另外,存储器214可大体上包括(一个或多个)存储器元件,包括但不限于计算机可读介质(例如,随机存取存储器(RAM))、计算机可读非易失性介质(例如,闪速存储器)、致密盘-只读存储器(CD-ROM)、磁光盘(MOD)、数字多功能盘(DVD)和/或其它合适的存储器元件或它们的组合。在多种实施例中,控制器210可限定全权数字发动机控制器(FADEC)、螺旋桨控制单元(PCU)、发动机控制单元(ECU)或电子发动机控制(EEC)中的一个或多个。

[0121] 如所示出的,控制器210可包括存储在存储器214中的控制逻辑216。控制逻辑216可包括指令,当由一个或多个处理器212执行时,该指令使一个或多个处理器212执行操作,诸如用于提供燃料和/或氧化剂以操作基本上单向的压力波RDC系统100的步骤。

[0122] 另外,如图1中所示出的,控制器210还可包括通信接口模块230。在若干实施例中,通信接口模块230可包括用于发送和接收数据的相关联的电子电路。照此,控制器210的通信接口模块230可用于向发动机102和RDC系统100发送数据和/或从发动机102和RDC系统100接收数据。另外,通信接口模块230还可用于与发动机102的任何其它合适的构件通信,这些构件包括任何数量的传感器、阀、流控制设备、孔口等,其构造成确定、计算、修改、替换、铰接、调节或以其它方式向爆震室122提供期望的燃料特性和/或氧化剂特性,包括但不限于流体流速、流体压力、流体温度、流体密度、流体雾化等。应当认识到,通信接口模块230可为合适的有线和/或无线通信接口的任何组合,并且因此可经由有线和/或无线连接通信地联接到RDC系统100和发动机102的一个或多个构件。照此,控制器210可在发动机102、发动机102附接到的装置(例如,飞行器)、或与发动机102通信的基于地面、空中或卫星的装置(例如,分布式网络)处获得、确定、存储、产生、传输或操作方法1000的任何一个或多个步骤。

[0123] 现在参考图23,提供了根据本公开的示例性方面的高超音速运载工具或高超音速飞行器700的透视图。图1的示例性高超音速飞行器700大体上限定竖直方向V、横向方向(未标记)和纵向方向L。此外,高超音速飞行器700大体上沿着纵向方向L在前端702和后端704

之间延伸。对于所示出的实施例,高超音速飞行器700包括机身706、从机身706的左舷侧延伸的第一机翼708、从机身706的右舷侧延伸的第二机翼710和竖直稳定器。高超音速飞行器700包括推进系统,对于所示出的实施例,该推进系统包括成对的高超音速推进发动机102,其中这样的发动机102中的第一发动机安装在第一机翼708下方,并且这样的发动机102中的第二发动机安装在第二机翼710下方。如将认识到的,推进系统可构造成用于将高超音速飞行器700从起飞(例如,每小时0英里至大约每小时250英里)向上推进至高超音速飞行。将认识到,如本文中所使用的,用语“高超音速”大体上指代约4马赫直至约10马赫(诸如5马赫及以上)的空气速度。

[0124] 值得注意的是,图23中所描绘的示例性高超音速飞行器700仅通过示例的方式提供,并且在其它实施例中可具有任何其它合适的构造。例如,在其它实施例中,机身706可具有任何其它合适的形状(诸如更尖的空气动力学形状、不同的稳定器形状和取向等),推进系统可具有任何其它合适的发动机布置(例如,并入到竖直稳定器中的发动机)、任何其它合适的构造等。

[0125] 现在参考图24,提供了根据本公开的示例性方面的高超音速推进发动机200的横截面视图。关于图24而提供的发动机200构造成基本上类似于关于图1而示出和描述的那样。应当认识到,关于图24而示出和描述的发动机200的多种实施例可构造成包括诸如关于图1至图22而示出和描述的RDC系统100。

[0126] 如将认识到的,所描绘的示例性高超音速推进发动机200大体上包括涡轮发动机202和涵道组件204。图24提供了涡轮发动机202的整个长度的横截面视图(示出了涵道组件204的全部)。值得注意的是,高超音速推进发动机200可并入到高超音速飞行器(诸如作为发动机102而并入到图23的高超音速飞行器700)中。

[0127] 所描绘的示例性高超音速推进发动机200大体上限定沿着纵向方向L在前端211处的发动机入口208和沿着纵向方向L在后端215处的发动机排气口213。参考示例性涡轮发动机202,将认识到,所描绘的示例性涡轮发动机202限定涡轮发动机入口217,其诸如可根据图1的入口108来构造。涡轮发动机202进一步包括涡轮发动机排气口218,其诸如可根据图1的排气喷嘴135来构造。此外,示例性涡轮发动机202包括诸如可关于图1的压缩机区段104而构造的压缩机区段、燃烧区段205和诸如可关于图1的涡轮区段106而构造的涡轮区段。压缩机区段、燃烧区段205和涡轮区段各自相对于彼此以串行流顺序布置。在多种实施例中,燃烧区段205可包括诸如关于图1至图22而示出和描述的RDC系统100的实施例。备选地,燃烧区段205可包括爆燃燃烧系统。

[0128] 关于涡轮发动机202,压缩机区段可包括第一压缩机220,第一压缩机220具有压缩机转子叶片的多个顺序级(包括压缩机转子叶片的最前级)。类似地,涡轮区段包括第一涡轮224,并且进一步包括第二涡轮227。第一涡轮224是通过第一发动机轴229联接到第一压缩机220的高速涡轮。以这样的方式,第一涡轮224可驱动压缩机区段的第一压缩机220。第二涡轮227是联接到第二发动机轴231的低速涡轮。

[0129] 如还将认识到的,对于所示出的实施例,高超音速推进发动机200进一步包括风扇232。风扇232位于涡轮发动机入口217的前方(和上游)。此外,风扇232包括风扇轴234,对于所示出的实施例,风扇轴234联接到第二发动机轴231或与第二发动机轴231一体地形成,使得涡轮发动机202的涡轮区段的第二涡轮227可在高超音速推进发动机200的操作期间驱动

风扇232。发动机200进一步包括多个出口导向静叶233,对于所描绘的实施例,出口导向静叶233是可变的出口导向静叶(其构造成围绕旋转变桨轴线(以虚线示出)枢转)。可变出口导向静叶可进一步充当支柱。无论如何,可变出口导向静叶233都可使风扇232能够以可变速运行,并且仍然排出相对直的空气流。在其它实施例中,出口导向静叶233可改为固定桨距导向静叶。

[0130] 仍然参考图24,涵道组件204大体上包括外壳236,并限定旁通涵道238,外壳236和旁通涵道238围绕涡轮发动机202延伸。旁通涵道238可具有围绕涡轮发动机202延伸的基本上环形的形状,诸如围绕涡轮发动机202基本上360度。另外或备选地,外壳236和/或旁通涵道238可至少部分地限定二维横截面(例如,矩形横截面),该横截面限定高度和宽度。外壳236和/或旁通涵道238的多种实施例可对应于作为环形或二维构造的RDC系统100。应当认识到,在多种实施例中,外壳236和/或旁通涵道238可限定环形部分和二维部分。

[0131] 对于关于图24而示出的实施例,旁通涵道238在旁通涵道入口240和旁通涵道排气口242之间延伸。旁通涵道入口240对于所示出的实施例与涡轮发动机入口217对齐,并且旁通涵道排气口242对于所示出的实施例与涡轮发动机排气口218对齐。

[0132] 此外,对于所示出的实施例,涵道组件204进一步限定至少部分地位于旁通涵道238前方的入口区段244和位于旁通涵道238下游且至少部分地位于涡轮发动机排气口218后方的后燃室246。特别地参考入口区段244,对于所示出的实施例,入口区段244位于旁通涵道入口240和涡轮发动机入口217的前方。此外,对于所示出的实施例,入口区段244从高超音速推进发动机入口208延伸到涡轮发动机入口217和旁通涵道入口240。相比之下,后燃室246从旁通涵道排气口242和涡轮发动机排气口218延伸到高超音速推进发动机排气口213(图24)。

[0133] 仍然参考图24,所描绘的高超音速推进发动机200可进一步包括入口预冷器248,该预冷器至少部分地定位在涵道组件204的入口区段244内和涡轮发动机入口217、旁通涵道238或两者的上游(并且更特别地,对于所示出的实施例,在两者的上游)。入口预冷器248大体上被提供用于冷却通过涵道组件204的入口区段244到涡轮发动机入口217、旁通涵道238或两者的空气流。

[0134] 在高超音速推进发动机200的操作期间,通过高超音速推进发动机入口208接收入口空气流。入口空气流穿过入口预冷器248,从而降低入口空气流的温度。入口空气流然后流入风扇232。如将认识到的,风扇232大体上包括可由风扇轴234(和第二发动机轴231)旋转的多个风扇叶片250。风扇232的风扇叶片250的旋转增加了入口空气流的压力。对于所示出的实施例,高超音速推进发动机200进一步包括位于风扇232的多个风扇叶片250的下游和涡轮发动机入口217(和旁通涵道入口240)的上游的一级导向静叶252。对于所示出的实施例,该级导向静叶252是一级可变导向静叶,各个导向静叶可围绕其相应的轴线旋转。导向静叶252可改变来自风扇232的多个风扇叶片250的入口空气流的方向。入口空气流的第一部分从该级导向静叶252流过涡轮发动机入口217并沿着涡轮发动机202的核心空气流动路径254流动,并且入口空气流的第二部分流过涵道组件204的旁通涵道238,如下文将更详细地解释的。简要地,将认识到,示例性高超音速推进发动机200包括前框架,前框架包括前框架支柱256(并且更具体地,多个周向隔开的前框架支柱256),前框架支柱256延伸通过靠近旁通涵道入口240的旁通涵道238并通过靠近涡轮发动机入口217的涡轮发动机202的核

心空气流动路径254。

[0135] 大体上,第一部分空气穿过第一压缩机220,在第一压缩机220中,这样的第一部分空气的温度和压力增加并被提供到燃烧区段205。燃烧区段205包括沿着周向方向C隔开的多个燃料喷嘴258,其用于向燃烧区段205的燃烧室(例如,爆震室122)提供诸如压缩空气的氧化剂和液体和/或气体燃料的混合物。在多种实施例中,发动机200的多个燃料喷嘴258根据本文中所示出和描述的RDC系统100的多个燃料喷射器128的一个或多个实施例来布置和构造。

[0136] 压缩空气和燃料混合物燃烧以产生燃烧气体,燃烧气体通过涡轮区段提供。燃烧气体跨越第一涡轮224和第二涡轮227膨胀,从而驱动第一涡轮224(以及通过第一发动机轴229驱动第一压缩机220)和第二涡轮227(以及通过第二发动机轴231驱动风扇232)。燃烧气体然后通过涡轮发动机排气口218排出,并被提供到涵道组件204的后燃室246。

[0137] 如示意性地描绘的,高超音速推进发动机200并且特别是涡轮发动机202包括多个轴承260,其用于支承高超音速推进发动机200的一个或多个旋转构件。例如,所描绘的示例性高超音速推进发动机200/涡轮发动机202包括支承第一发动机轴229和第二发动机轴231的一个或多个轴承260。对于所示出的实施例,一个或多个轴承260构造为空气轴承。然而,将认识到,在其它示例性实施例中,一个或多个轴承260可以以任何其它合适的方式形成。例如,在其它实施例中,轴承260中的一个或多个可为滚柱轴承、滚珠轴承等。

[0138] 仍然参考图24,如上文所注意到的,入口空气流的第二部分通过旁通涵道238提供。值得注意的是,对于所示出的实施例,旁通涵道238包括双流区段。双流区段包括内旁通流262和外旁通流264。内旁通流262和外旁通流264处于平行流构造,并且对于所示出的实施例,至少部分地在涡轮发动机202的压缩机区段的第一压缩机220的外侧延伸。值得注意的是,对于所示出的实施例,涵道组件204包括位于外旁通涵道流264的上游端处的外旁通流门266。外旁通涵道流门266可在关闭位置(示出)和打开位置(以虚线描绘)之间移动。当处于关闭位置时,外旁通流门266基本上完全阻挡外旁通流264,使得通过旁通涵道238接收的入口空气流的第二部分的基本上全部流过内旁通流262。相比之下,当处于打开位置时,外旁通流门266允许空气流通过外旁通流264。值得注意的是,涵道组件204被空气动力学地设计成使得当外旁通流门266在高超音速飞行操作条件下处于打开位置时,通过外旁通涵道流264的空气流的量与通过内旁通涵道流262的空气流的量的比率大于1:1,诸如大于约2:1,诸如大于约4:1,并且小于约100:1,诸如小于约10:1。

[0139] 仍然参考双流区段,并且更特别地参考内旁通流262,将认识到,对于所示出的实施例,涵道组件204进一步包括至少部分地定位在内旁通流262内的一级翼型件268。更特别地,对于所示出的实施例,涡轮发动机202的第一压缩机220的最前级的压缩机转子叶片222中的各个压缩机转子叶片限定径向外端。涵道组件204的该级翼型件268在径向外端处联接到最前级的压缩机转子叶片222。以这样的方式,该级翼型件268构造成在至少某些操作期间由第一压缩机220驱动并随其一起旋转。对于所示出的实施例,涵道组件204的该级翼型件268是一级压缩翼型件,其构造成压缩流过内旁通涵道流262的的第二部分,从而增加这样的空气流的压力和/或流速。

[0140] 在旁通涵道238的双流区段的下游,入口空气流的第二部分重新合并在一起,并且大体上沿着纵向方向L流到旁通涵道排气口242。对于所示出的实施例,通过旁通涵道238的

空气流与涡轮发动机202的排出气体在后燃室246处合并。所描绘的示例性高超音速推进发动机200包括位于涡轮发动机排气口218和旁通涵道排气口242处的旁通空气流门270。旁通空气流门270可在打开位置(示出)和关闭位置(以虚线示出)之间移动,在打开位置,通过涡轮发动机202的核心空气流动路径254的空气流可自由流入后燃室246,在关闭位置,来自旁通涵道238的空气流可自由流入后燃室246。值得注意的是,旁通空气流门270可进一步能够在打开位置和关闭位置之间的多种位置之间移动,以允许从涡轮发动机202进入后燃室246的空气流与从旁通涵道238进入后燃室246的空气流有期望比率。

[0141] 在某些操作期间,诸如在高超音速飞行操作期间,可从进入并通过后燃室246的空气流中实现进一步的推力。更具体地,对于所示出的实施例,高超音速推进发动机200进一步包括至少部分地定位在后燃室246内的增强器272。特别地,对于所示出的实施例,增强器272定位在后燃室246的上游端处,并且更特别地,紧接地定位在旁通涵道排气口242和涡轮发动机排气口218的下游。

[0142] 值得注意的是,对于所示出的实施例,后燃室246构造为超燃室,并且增强器272将旋转爆震燃烧器274(诸如关于图1至图22而示出和描述的RDC系统100的实施例)并入。在特定实施例中,增强器272包括多个燃料喷射器128,这些燃料喷射器128构造成诸如关于图1至图6而示出和描述的那样。应当进一步认识到,后燃室246的实施例可至少部分地对应于诸如关于图1至图6而示出和描述的那样构造的爆震室122。

[0143] 此外,返回参考图24,将认识到,后燃室246大体上延伸到高超音速推进发动机排气口213,从而在高超音速推进发动机排气口213处限定喷嘴出口282。此外,后燃室246限定在涡轮发动机排气口218和高超音速推进发动机排气口213之间的后燃室轴向长度284。在多种实施例中,后燃室轴向长度284对应于关于图1至图22而示出和描述的RDC系统100的爆震室长度123。在特定实施例中,高超音速推进发动机排气口213对应于诸如本文中所示出和描述的爆震室出口126。类似地,涡轮发动机202限定在涡轮发动机入口217和涡轮发动机排气口218之间的涡轮发动机轴向长度286。对于所描绘的实施例,后燃室轴向长度284是涡轮发动机轴向长度286的至少约百分之五十且高达涡轮发动机轴向长度286的约百分之五百。更特别地,对于所示出的实施例,后燃室轴向长度284大于涡轮发动机轴向长度286。例如,在某些实施例中,后燃室246可限定后燃室轴向长度284,后燃室轴向长度284是涡轮发动机轴向长度286的至少约125%,诸如涡轮发动机202的至少约150%。然而,在其它实施例(诸如将旋转爆震燃烧器274并入的实施例)中,后燃室轴向长度284可小于涡轮发动机轴向长度286。

[0144] 此外,将认识到,在至少某些示例性实施例中,高超音速推进发动机200可包括用于改变喷嘴出口282的横截面面积的一个或多个构件。照此,喷嘴出口282可为可变几何形状的喷嘴出口,其构造成基于例如一个或多个飞行操作、环境条件或RDC系统100的操作模式(例如,以维持燃料/氧化剂混合物的旋转爆震)等来改变横截面面积。

[0145] 对于所示出的实施例,将认识到,示例性高超音速推进发动机200进一步包括燃料输送系统288。燃料输送系统288构造成用于向涡轮发动机202的燃烧区段205提供流动燃料,并且对于所示出的实施例,增强器272至少部分地定位在后燃室246内。发动机200的实施例包括诸如关于图1而示出和描述的控制单元210。所描绘的示例性燃料输送系统288大体上包括燃料罐290和燃料氧减少单元292。燃料氧减少单元292可构造成减少来自燃料罐290

并通过燃料输送系统288的燃料流的氧含量。

[0146] 燃料输送系统288进一步包括燃料泵264,燃料泵264构造成增加通过燃料输送系统288的燃料流的压力。此外,对于所示出的实施例,入口预冷器248是热联接到燃料输送系统288的燃料-空气热交换器。更具体地,对于所示出的实施例,入口预冷器248构造成直接利用燃料作为热交换流体,使得通过涵道组件204的入口区段244从入口空气流提取的热被传递到通过燃料输送系统288的燃料流。对于所示出的实施例,经加热的燃料(如上文所讨论的,其温度可增加对应于入口空气流温度被入口预冷器248降低的量的量)然后被提供到燃烧区段205和/或增强器272。值得注意的是,除了充当相对高效的散热器之外,在燃烧之前增加燃料的温度可进一步增加高超音速推进发动机200的效率。

[0147] 在多种实施例中,燃料输送系统288与控制器210可操作地通信,以在彼此之间接收和/或发送数据、指令或反馈。燃料输送系统288、控制器210和诸如定位在燃烧区段202和/或后燃室236处的RDC系统100可彼此通信并可操作地联接。在特定实施例中,燃料输送系统288构造成向对应于来自燃料喷射器128的期望燃料/氧化剂混合物的燃料流提供流速、压力、温度、密度或其它燃料流特性。燃料输送系统288可进一步与控制器210可操作地通信,以向RDC系统100提供相应的液体和/或气体燃料流,RDC系统100诸如可定位在燃烧区段202和/或后燃室236处。在特定实施例中,燃料输送系统288可至少部分地基于对应于维持爆震波130的期望单向压力波传播来提供与入口预冷器248热连通的燃料流。

[0148] 关于图1至图24而示出和描述的实施例可包括关于一个附图示出或描述而不一定关于另一个附图示出或描述的元件、特征、参考数字、细节或操作方法。应当进一步认识到,为了清楚起见,一个或多个附图可省略某些特征。此外,为了清楚起见,元件、特征、参考数字、细节或操作方法的描述或描绘可跨越两个或更多个附图分布。应当认识到,关于一个附图而示出或描述的元件、特征、参考数字、细节或方法可适用于本文中所提供的任何或所有其它附图,除非另外陈述。照此,本文中关于两个或更多个附图而示出或描述的元件、特征、参考数字、细节或方法的组合可构成本公开的范围内的实施例,如同在单个附图中一起描绘一样。

[0149] 本书面描述使用示例来公开本发明(包括最佳模式),并且还使本领域中的任何技术人员能够实践本发明(包括制作和使用任何设备或系统,以及执行任何并入的方法)。本发明的可专利性范围由权利要求书限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例包括不异于权利要求书的字面语言的结构元件,或如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质性差异的等同结构元件,则这样的其它示例旨在处于权利要求书的范围内。

[0150] 本发明的另外的方面由以下条款的主题提供:

[0151] 1. 一种用于旋转爆震燃烧的系统,该系统包括各自围绕中心线轴线延伸的内壁和外壁,其中爆震室限定在内壁和外壁之间。该系统包括定位在内壁或外壁中的一者或两者处的迭代结构,其中,迭代结构包括对应于第一压力波衰减的第一阈结构和对应于第二压力波衰减的第二阈结构。迭代结构提供在爆震室中沿着第一周向方向的压力波加强,或者提供沿着与第一周向方向相反的第二周向方向的压力波减弱。第一周向方向对应于爆震室中的压力波传播的期望方向。

[0152] 2. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括弓形部分,弓形部分包括第一

阈结构和第二阈结构。

[0153] 3. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括从内壁或外壁中的一个或多个沿着径向方向延伸的波形。

[0154] 4. 根据任何前述条款的系统,其中,包括波形的迭代结构进一步包括第一壁和第二壁,第一壁和第二壁一起限定在爆震室中沿着周向延伸的斜坡结构,斜坡结构从内壁或外壁中的一个或多个径向地延伸。

[0155] 5. 根据任何前述条款的系统,其中,波形包括三角波、方波、锯齿波、正弦波或它们的组合中的一种或多种。

[0156] 6. 根据任何前述条款的系统,其中,第二壁至少部分地切向地或基本上切向地从第一壁延伸到第一壁所连接到的内壁或外壁。

[0157] 7. 根据任何前述条款的系统,其中,第二壁从第一径向高度处的第一壁以凹形、凸形或正弦曲线的形式延伸到第一壁所连接到的内壁或外壁。

[0158] 8. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括在爆震室处的两个或更多个弓形部分,其中,迭代结构的各个弓形部分包括:径向壁,其从内壁或外壁中的一个或多个延伸到第一径向高度;以及第二壁,其从径向壁处的第一径向高度延伸到径向壁所连接到的内壁或外壁。

[0159] 9. 根据任何前述条款的系统,其中,第二壁从径向壁沿着爆震室中的压力波传播的期望方向延伸。

[0160] 10. 根据任何前述条款的系统,其中,第一径向高度在流动路径高度的3%和50%之间,其中,流动路径高度从内壁延伸到外壁。

[0161] 11. 根据任何前述条款的系统,其中,第一径向高度在流动路径高度的3%和25%之间,其中,流动路径高度从内壁延伸到外壁。

[0162] 12. 根据任何前述条款的系统,其中,第二壁至少部分地切向地从第一壁延伸到第一壁所连接到的内壁或外壁。

[0163] 13. 根据任何前述条款的系统,其中,系统迭代结构包括在爆震室中呈周向布置的两个或更多个弓形部分。

[0164] 14. 根据任何前述条款的系统,其中,系统包括在爆震室中呈周向布置的迭代结构的两个和两百个之间的弓形部分。

[0165] 15. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括:第一径向壁,其从内壁或外壁中的一个或多个延伸到第一径向高度;第二径向壁,其从内壁或外壁中的一个或多个延伸到小于第一径向高度的第二径向高度;第一斜坡壁,其从第一径向壁处的第一径向高度延伸到第一径向壁从其延伸的内壁或外壁;以及第二斜坡壁,其从第二径向壁处的第二径向高度延伸到第二径向壁从其延伸的内壁或外壁。

[0166] 16. 根据任何前述条款的系统,其中,第一斜坡壁和第二斜坡壁各自沿着压力波传播的期望方向延伸到内壁或外壁。

[0167] 17. 根据任何前述条款的系统,进一步包括沿着纵向方向延伸的燃料喷射器,其中,燃料喷射器出口定位在第二壁和第一壁之间的区域中。

[0168] 18. 根据任何前述条款的系统,其中,燃料喷射器出口定位在第一壁从其延伸的内壁或外壁与第一壁的第一径向高度之间。

- [0169] 19. 根据任何前述条款的系统,其中,燃料喷射器出口定位在斜坡结构的上游。
- [0170] 20. 根据任何前述条款的系统,其中,燃料喷射器相对于爆震室中的爆震路径以基本上切向的角度定位。
- [0171] 21. 根据任何前述条款的系统,其中,该角度朝向压力波传播的期望方向在0度和90度之间。
- [0172] 22. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括各自沿着纵向方向延伸的多个燃料喷射器。
- [0173] 23. 根据任何前述条款的系统,其中,多个燃料喷射器各自沿着切向方向朝向压力波传播的期望方向延伸。
- [0174] 24. 根据任何前述条款的系统,其中,多个燃料喷射器各自包括会聚-发散喷嘴。
- [0175] 25. 根据任何前述条款的系统,其中,多个燃料喷射器各自包括燃料喷射器外壁,燃料喷射器外壁构造成产生从会聚-发散喷嘴到爆震室的燃料流的柯恩达效应。
- [0176] 26. 根据任何前述条款的系统,其中,多个燃料喷射器各自包括燃料喷射器外壁,燃料喷射器外壁包括限定燃料通道的纵向部分和相对于燃料喷射器中心线轴线成角度的壁,其中,成角度的壁的角度对应于排放系数。
- [0177] 27. 根据任何前述条款的系统,其中,成角度的壁的角度在0度和90度之间。
- [0178] 28. 根据任何前述条款的系统,其中,多个燃料喷射器按照沿着压力波传播的期望方向排放系数增加的顺序布置。
- [0179] 29. 根据任何前述条款的系统,其中,多个燃料喷射器包括最小排放系数的燃料喷射器和最大排放系数的燃料喷射器,其中,最小排放系数的燃料喷射器周向地顺序地定位在最大排放系数的燃料喷射器之后。
- [0180] 30. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括两个或更多个燃料喷射器,其中,多个燃料喷射器中的各个包括沿着压力波传播的期望方向顺序地在最小排放系数的燃料喷射器之后的最大排放系数的燃料喷射器。
- [0181] 31. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构进一步包括定位在最小排放系数的燃料喷射器和最大排放系数的燃料喷射器之间的一个或多个中间排放系数的燃料喷射器。
- [0182] 32. 根据任何前述条款的系统,其中,从最小排放系数的燃料喷射器到最大排放系数的燃料喷射器的排放系数的改变在2的倍数和3的倍数之间。
- [0183] 33. 根据任何前述条款的系统,其中,系统包括呈周向布置的两个和四十个之间的迭代结构,其中,迭代结构沿着压力传播的期望方向以重复弧布置。
- [0184] 34. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构的重复弧在9度弧和180度弧之间。
- [0185] 35. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括按照目标压力衰减频率增加或减小的顺序布置的多个阻尼器。
- [0186] 36. 根据任何前述条款的系统,其中,多个阻尼器包括最小衰减目标阻尼器和最大衰减目标阻尼器,其中,最小衰减目标阻尼器周向地顺序地定位在最大衰减目标阻尼器之后。
- [0187] 37. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括两个或更多个阻尼器,其中,多个阻尼器中的各个包括沿着压力波传播的期望方向顺序地在最小衰减目标阻尼器之后

的最大衰减目标阻尼器。

[0188] 38. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构进一步包括定位在最小衰减目标阻尼器和最大衰减目标阻尼器之间的一个或多个中间衰减目标阻尼器。

[0189] 39. 根据任何前述条款的系统,其中,系统包括呈周向布置的迭代结构的两个和四十个之间的弓形部分,其中,迭代结构沿着压力传播的期望方向以重复弧布置。

[0190] 40. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构的重复弧在9度弧和180度弧之间。

[0191] 41. 根据任何前述条款的系统,其中,多个阻尼器各自限定亥姆霍兹适配器,亥姆霍兹适配器构造成至少基于相对于压力波传播的期望方向的期望压力波衰减来确定目标频率。

[0192] 42. 根据任何前述条款的系统,包括多个燃料喷射器,其中,阻尼器包括燃料腔体,燃料流从燃料腔体提供到多个燃料喷射器中的两个或更多个燃料喷射器。

[0193] 43. 根据任何前述条款的系统,其中,多个阻尼器以顺序布置的方式布置,并且构造成相对于压力波传播的期望方向增加压力频率衰减。

[0194] 44. 根据任何前述条款的系统,其中,最小衰减阻尼器相对于压力波传播的期望方向周向地邻近预爆震设备定位。

[0195] 45. 根据任何前述条款的系统,包括构造成向第一燃料喷嘴提供燃料流的第一燃料回路,其中,第一燃料回路流体联接到第一阻尼器,并且其中,系统包括构造成向第二燃料喷嘴提供燃料流的第二燃料回路,其中,第二燃料喷嘴沿着压力传播的期望方向周向地邻近第一燃料喷嘴,并且其中,第二燃料回路流体联接到第二阻尼器。

[0196] 46. 根据任何前述条款的系统,其中,第一阻尼器构造成压力频率衰减小于第二阻尼器。

[0197] 47. 根据任何前述条款的系统,其中,迭代结构包括燃料喷嘴、燃料喷射器、阻尼器、斜坡结构或燃料回路或它们的组合中的一个或多个。

[0198] 48. 一种包括根据任何前述条款的系统的热力发动机。

[0199] 49. 一种包括根据任何前述条款的系统的涡轮机。

[0200] 50. 一种包括根据任何前述条款的系统的高超音速推进系统。

[0201] 51. 一种包括根据任何前述条款的系统的运载工具。

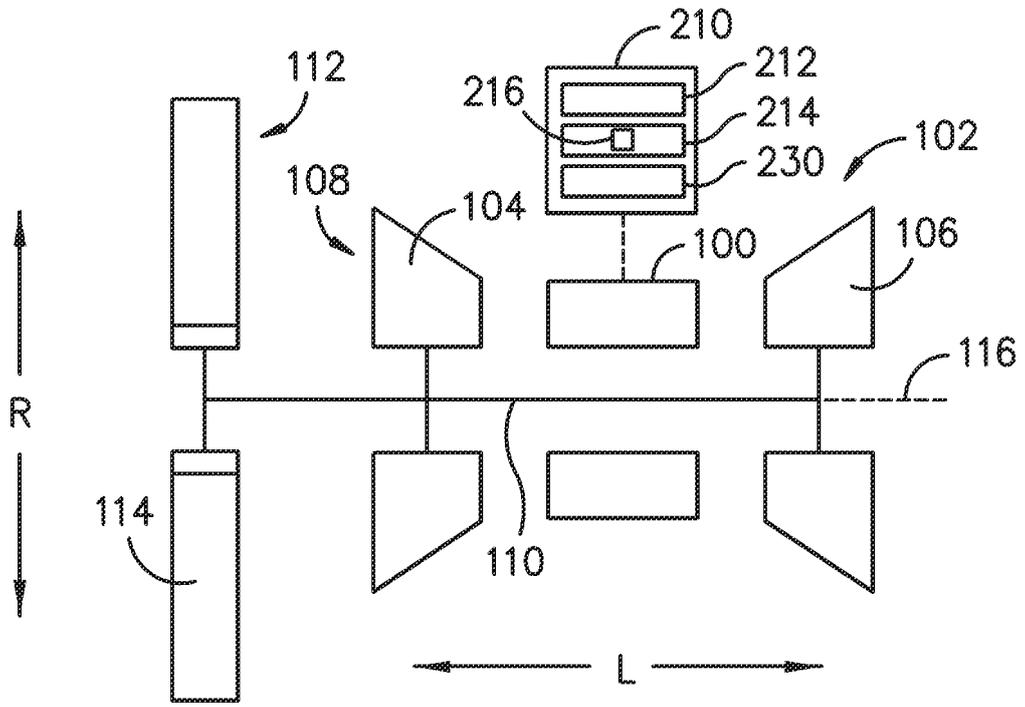


图 1

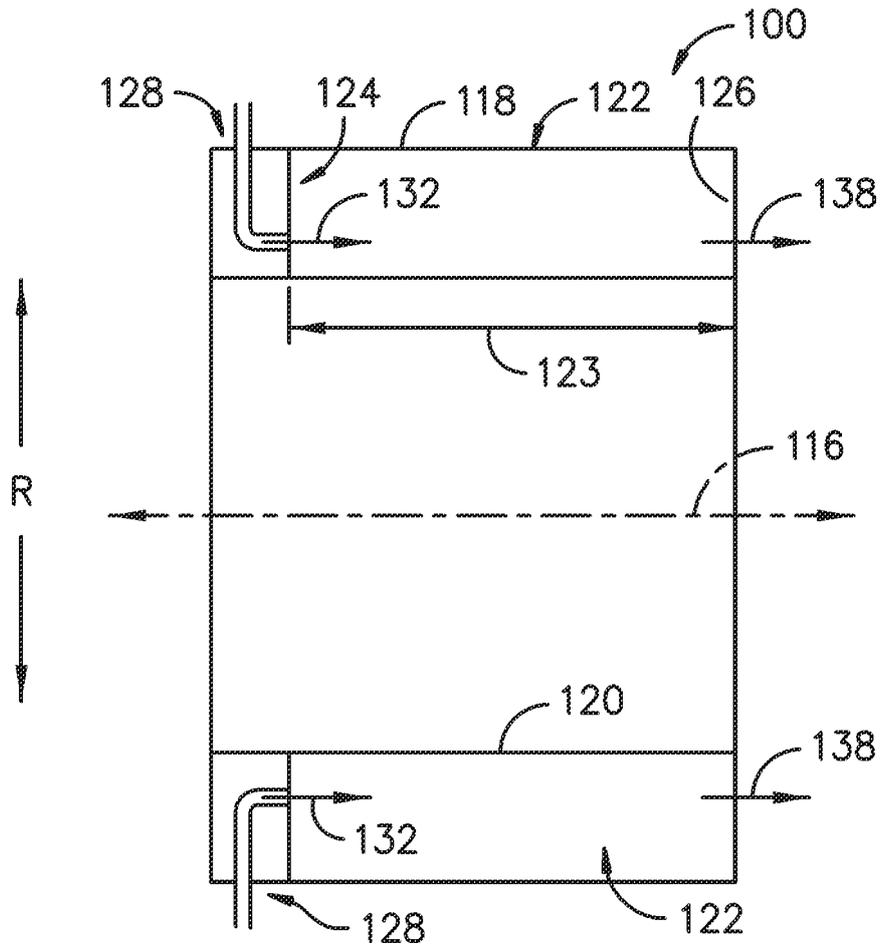


图 2

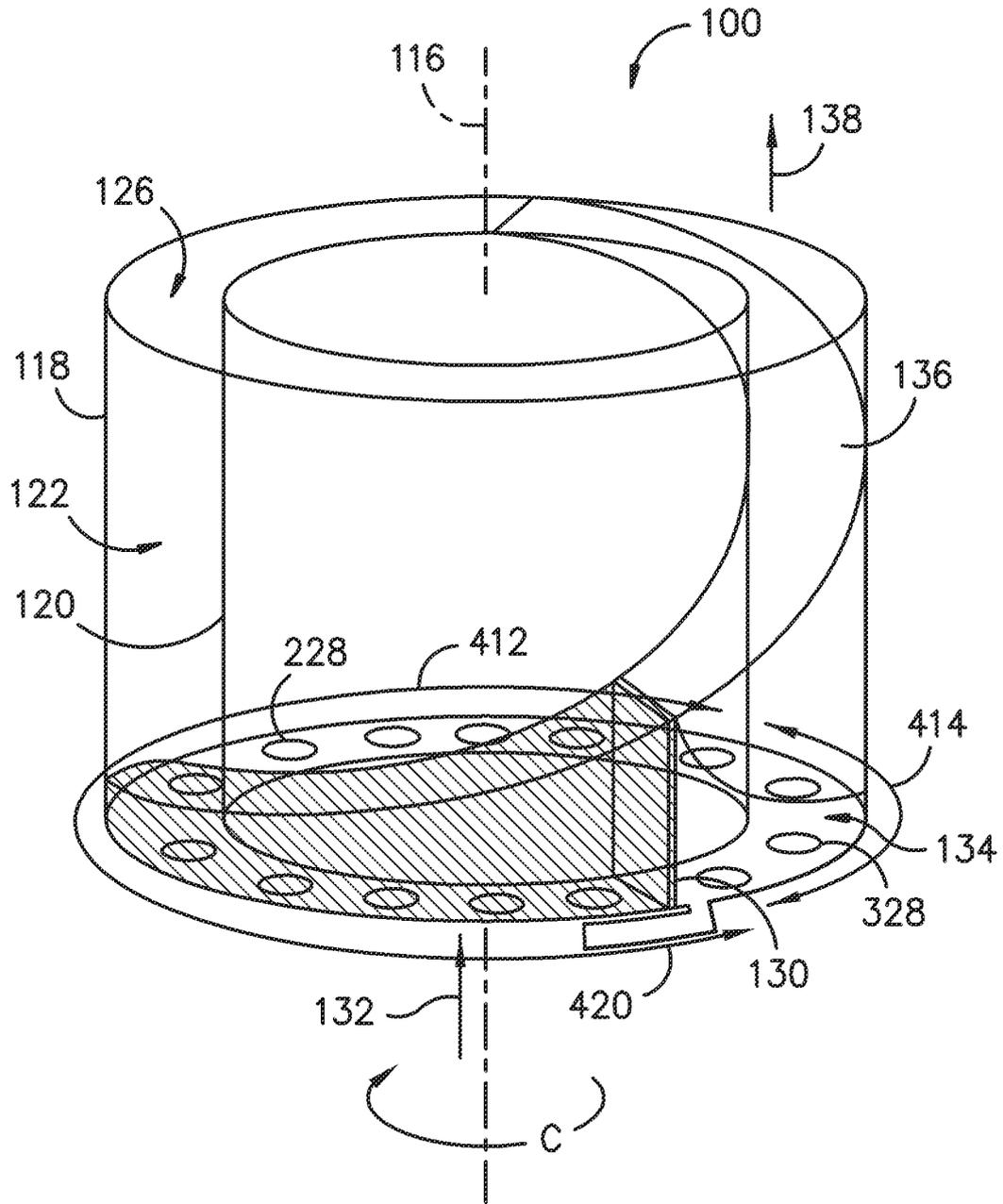


图 3

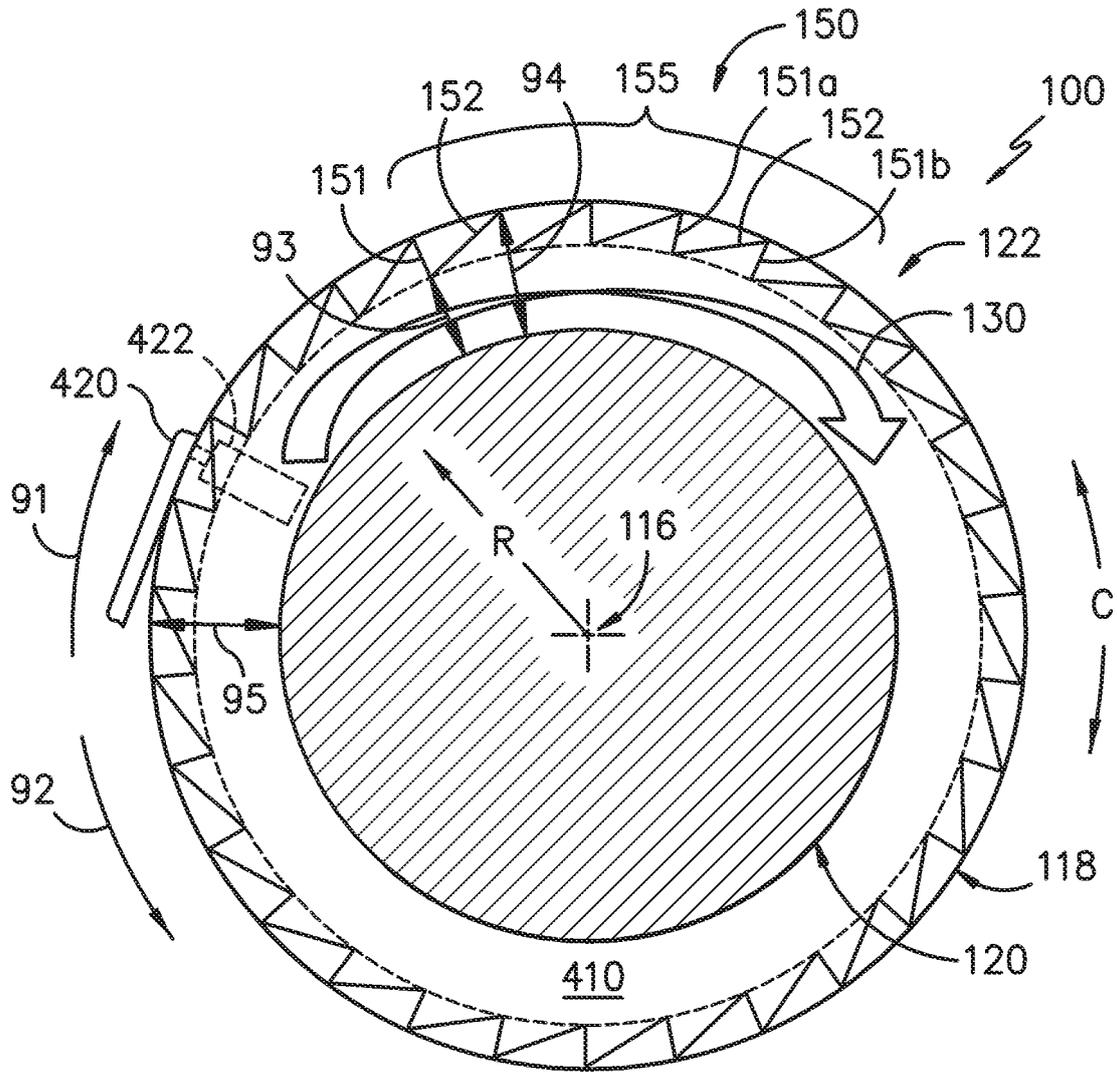


图 4

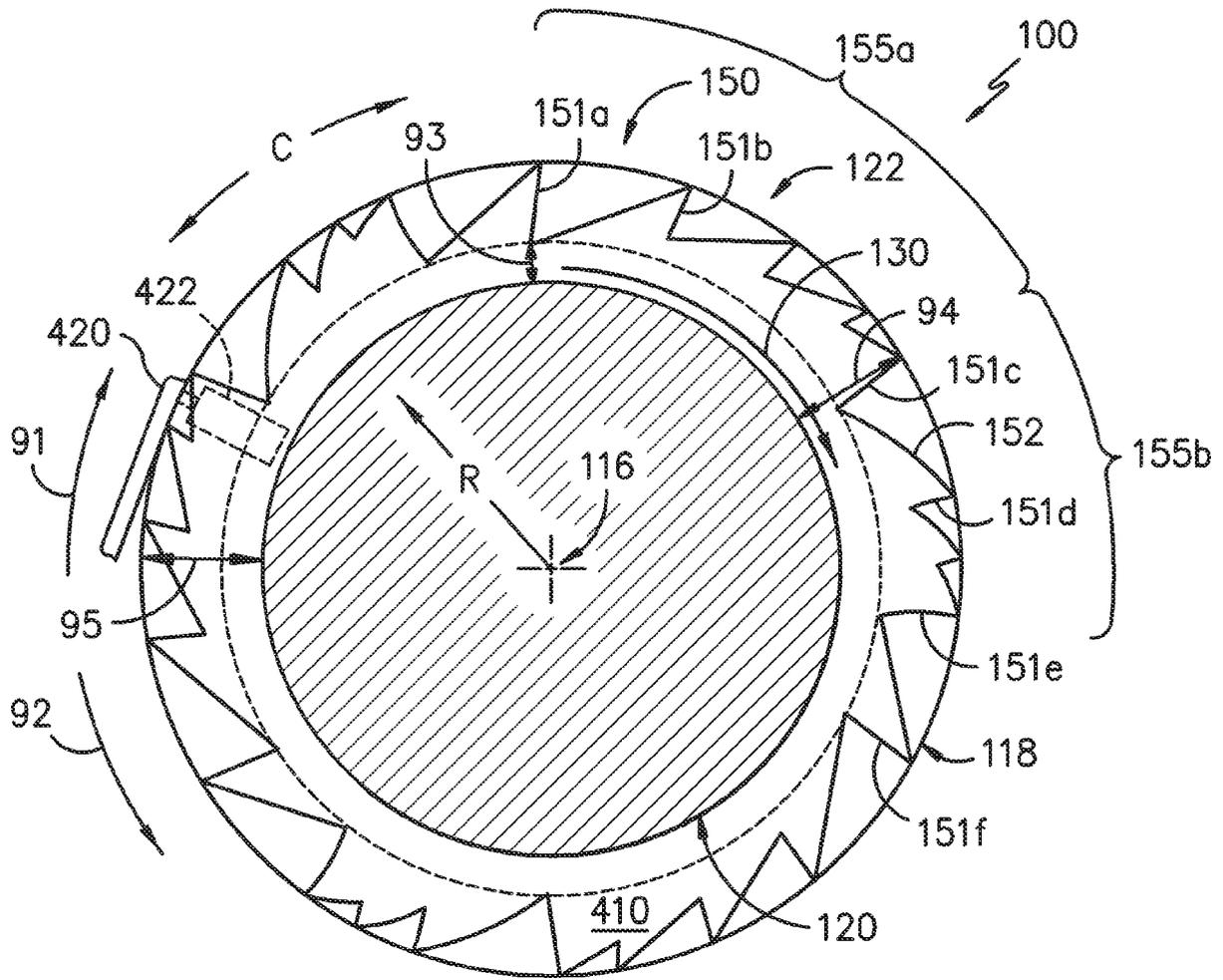


图 6

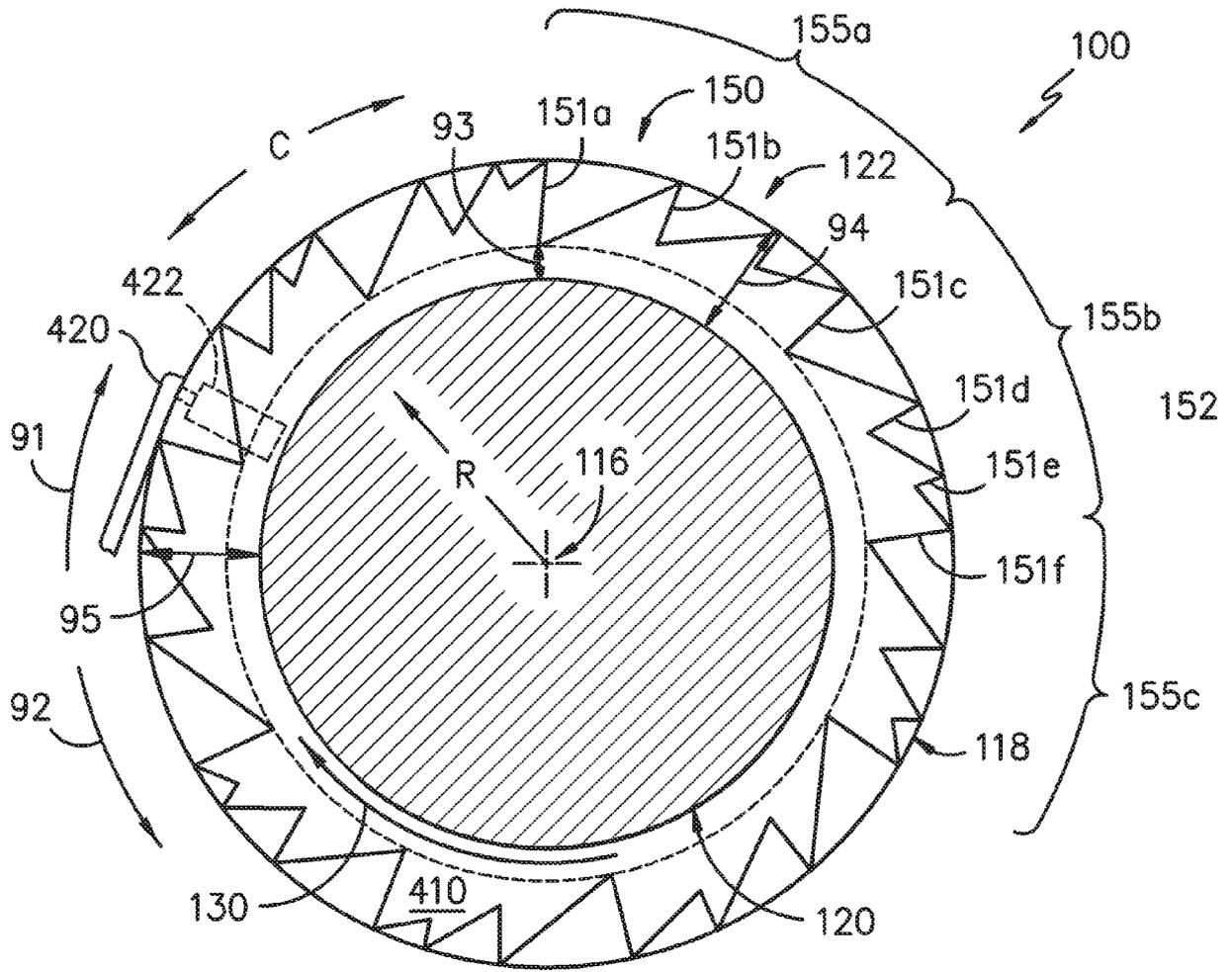


图 7

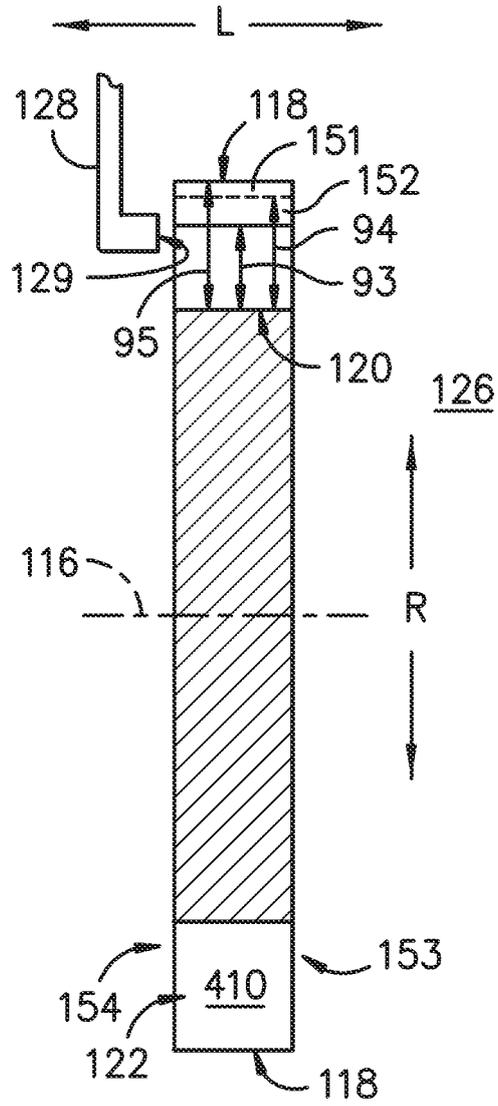


图 9

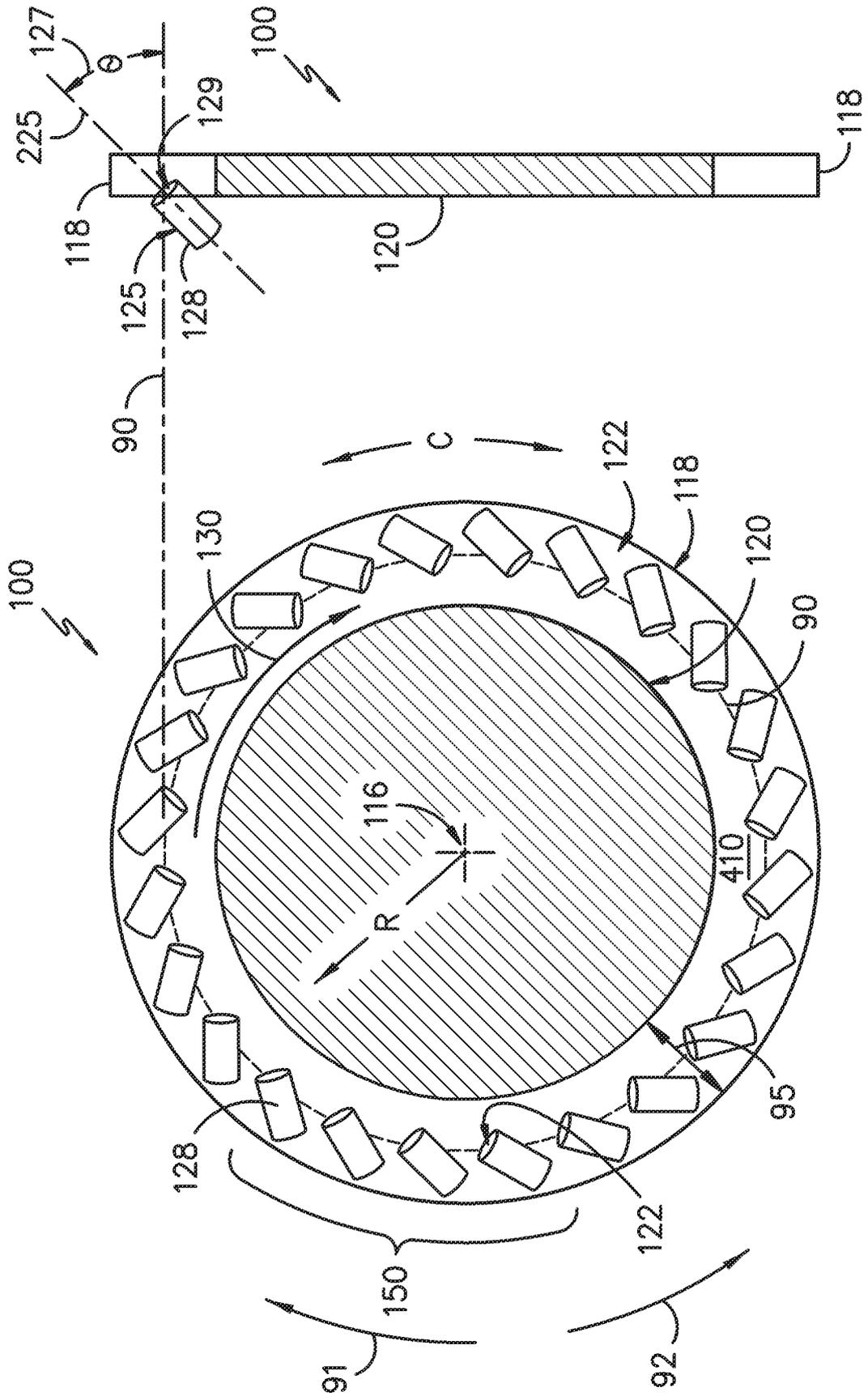


图 10

图 11

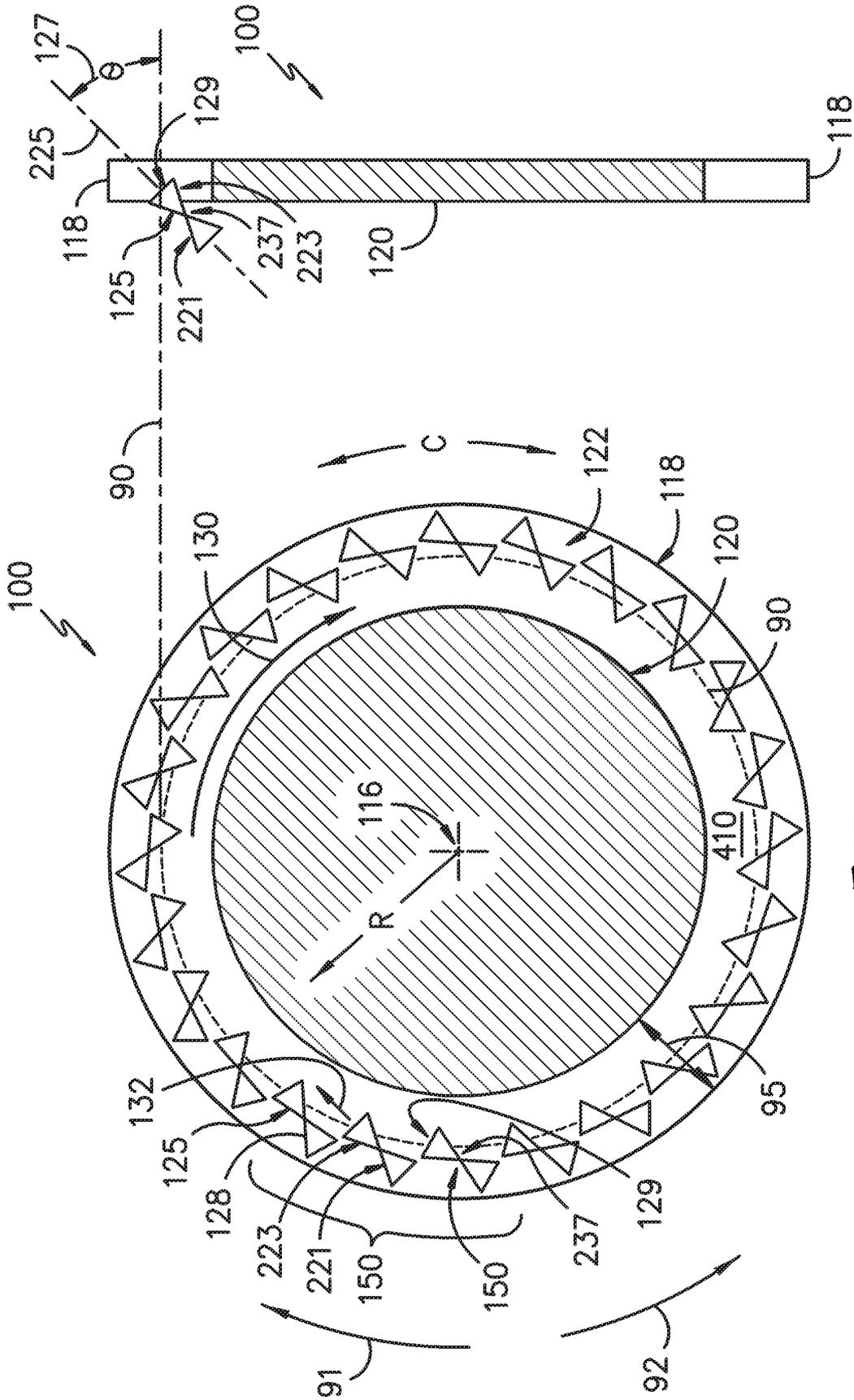


图 13

图 12

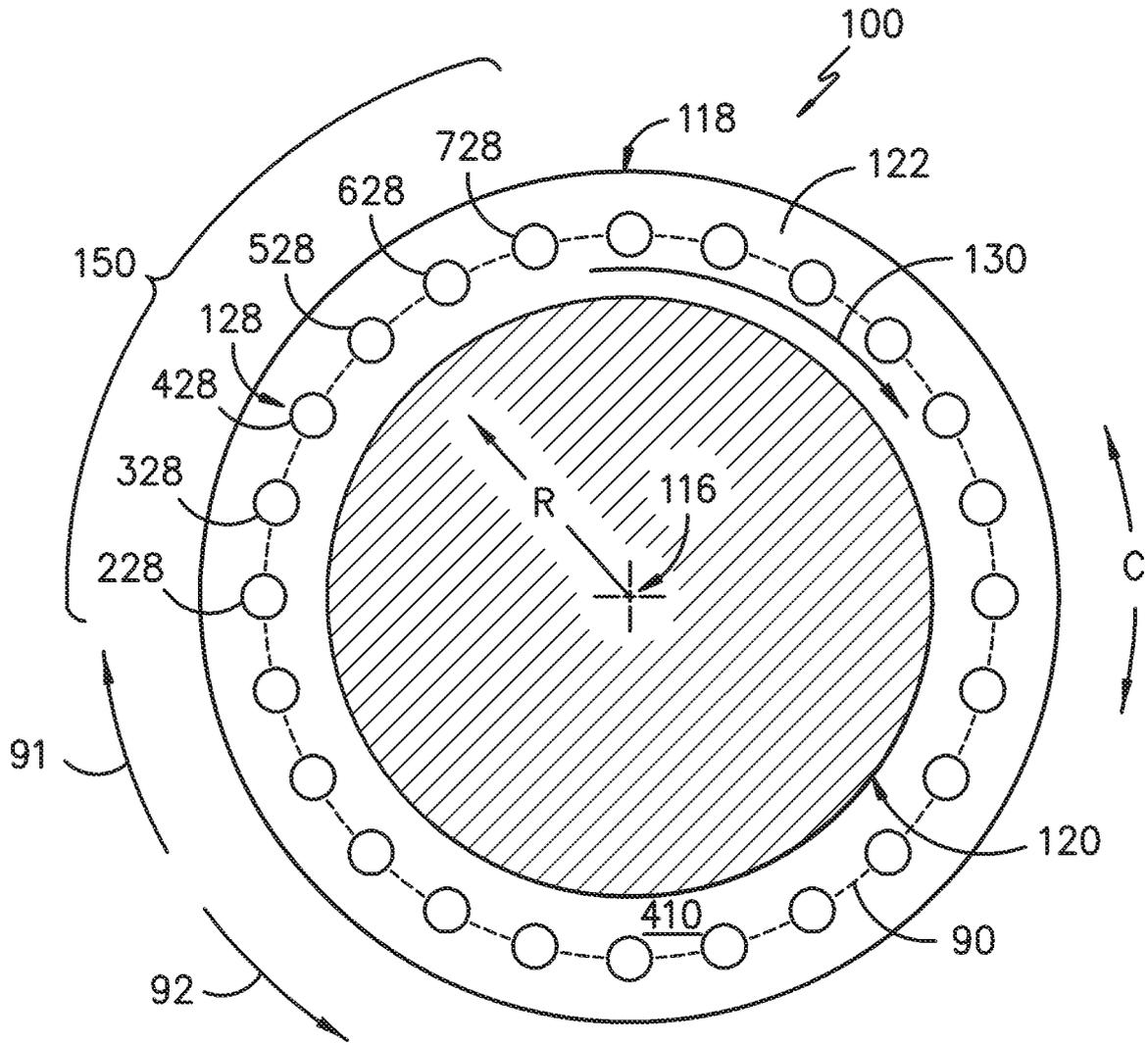


图 14

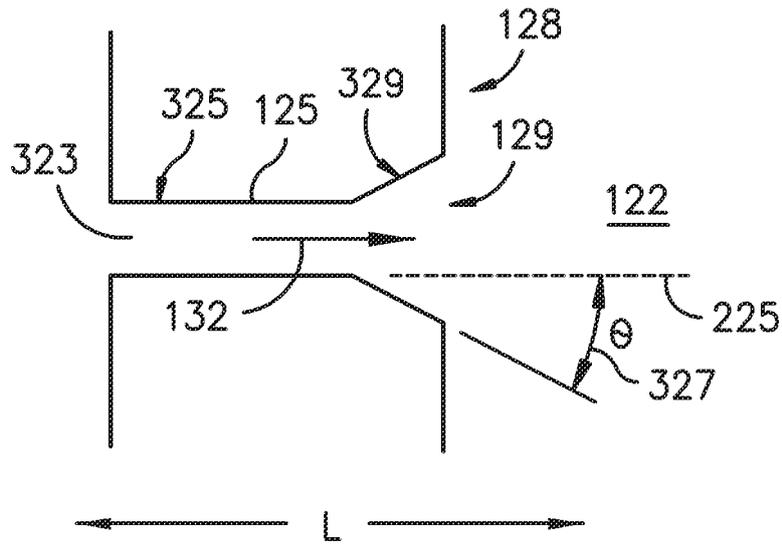


图 15

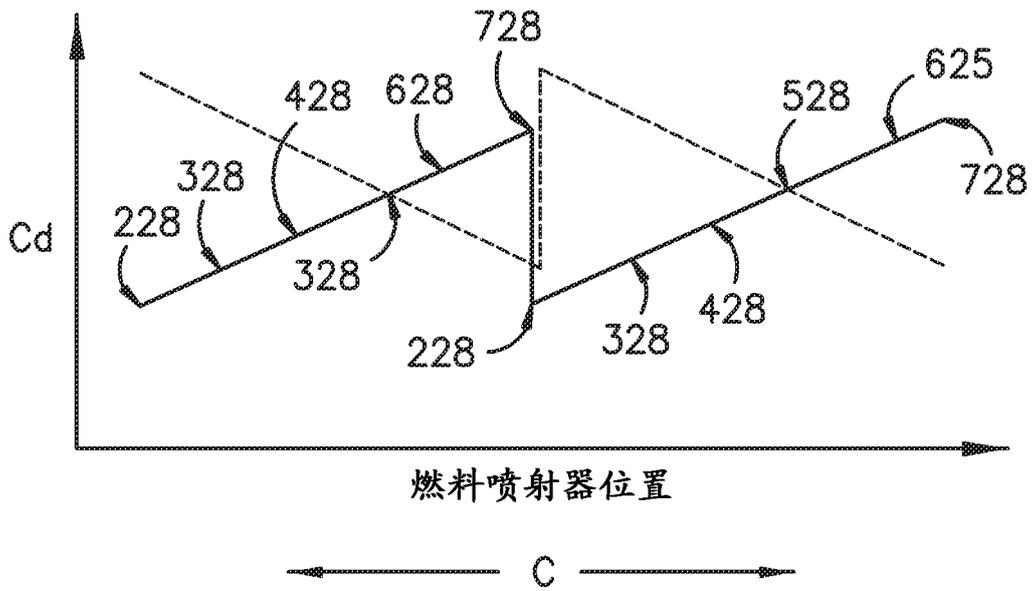


图 16

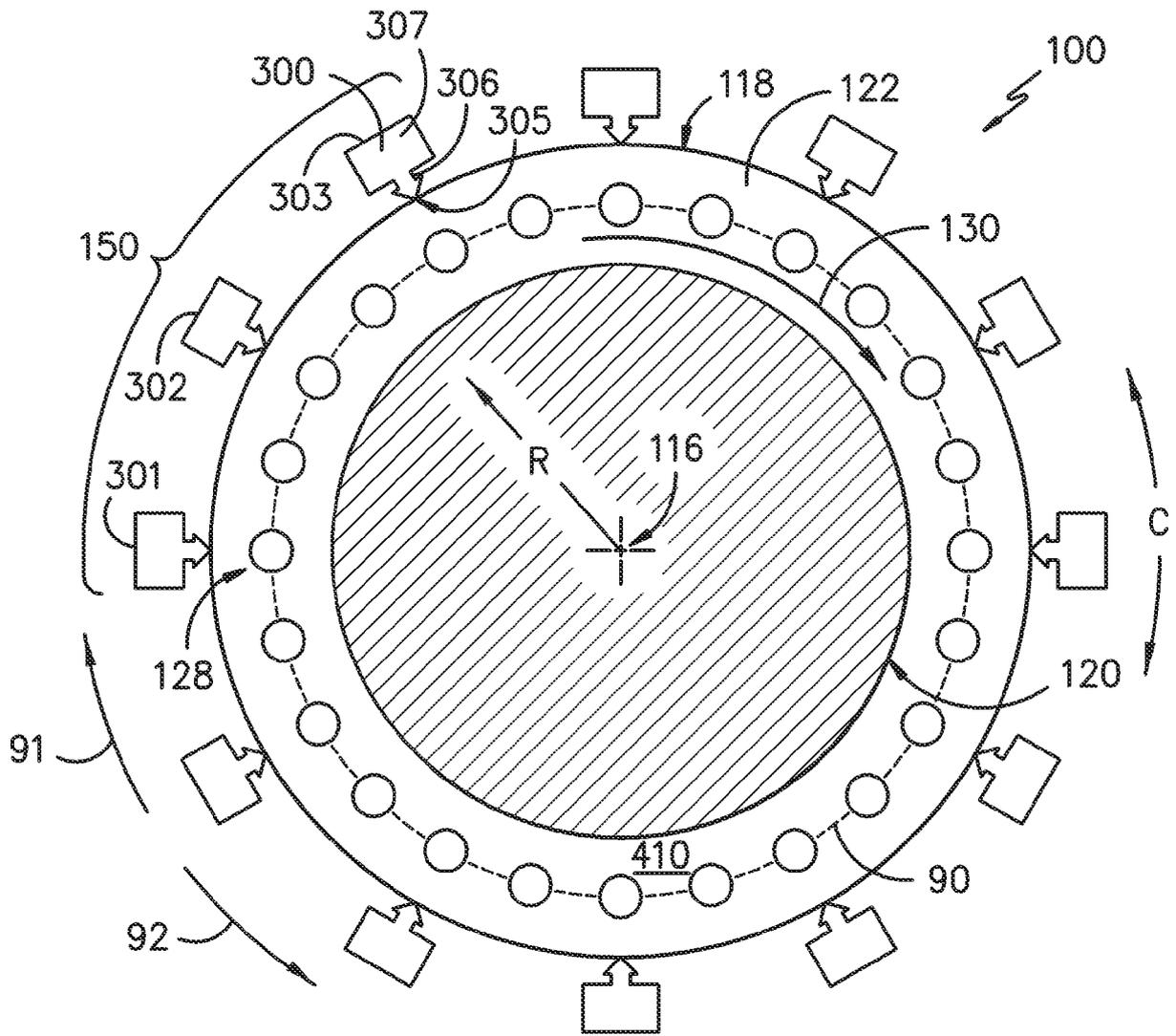


图 17

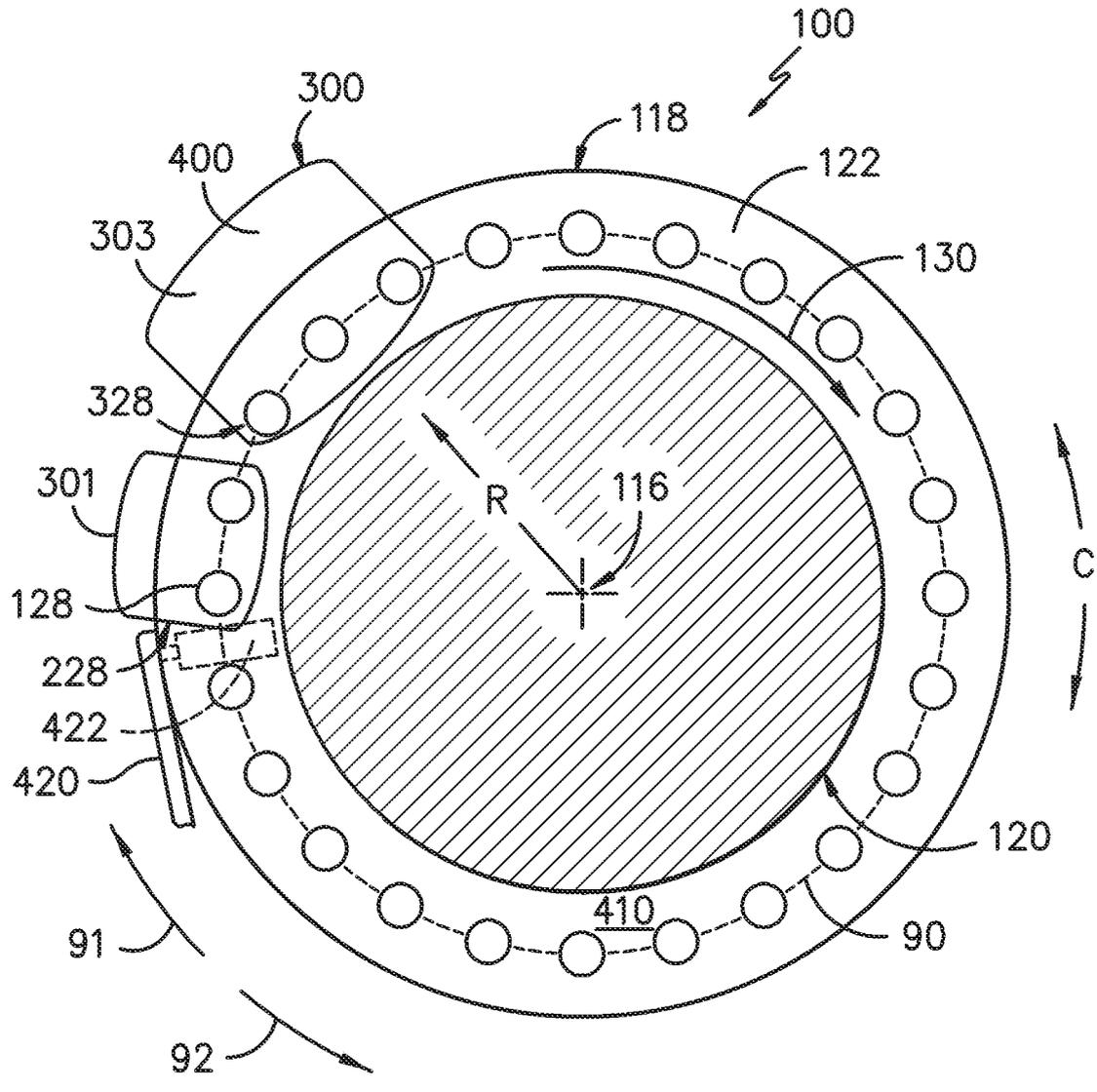


图 18

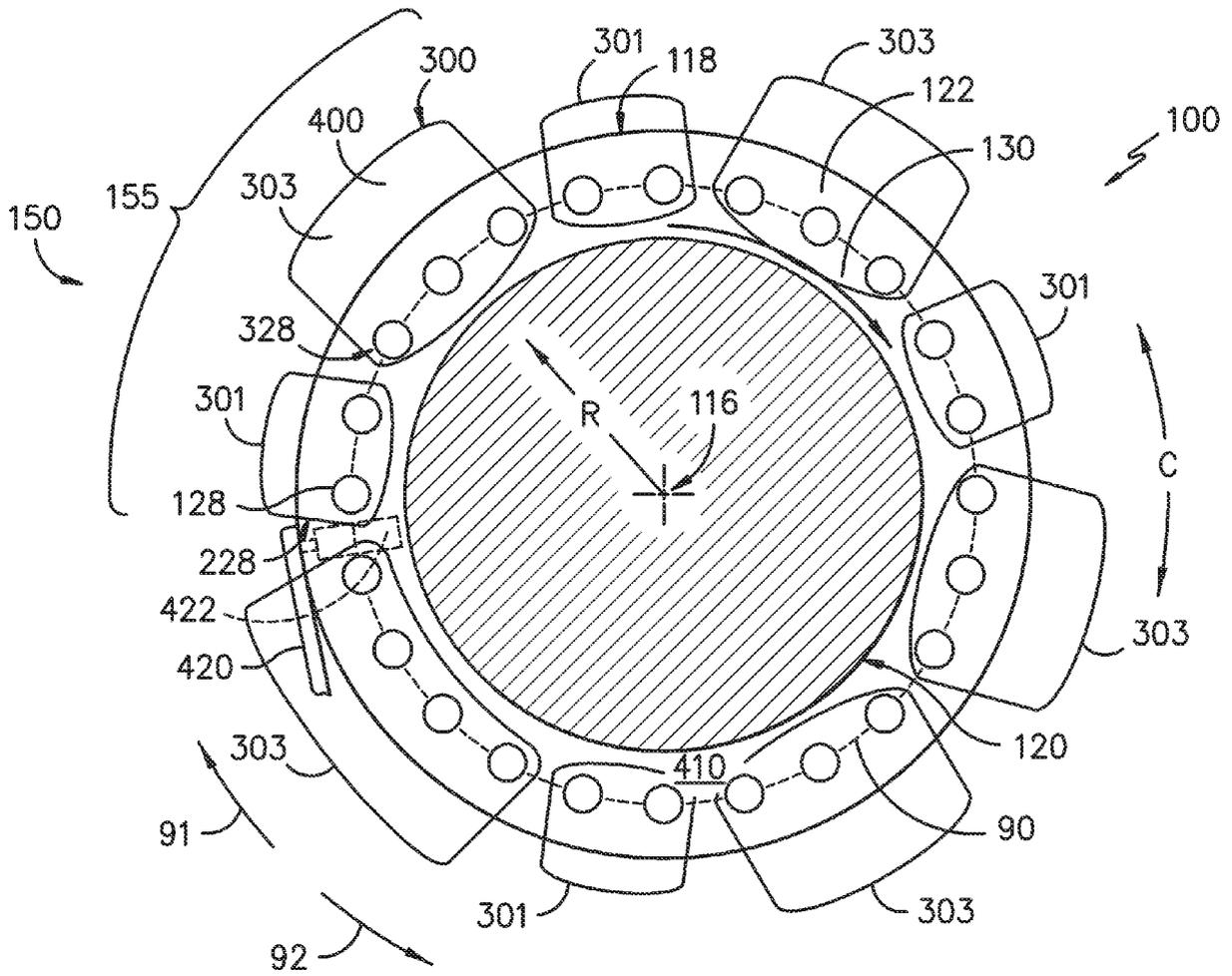


图 19

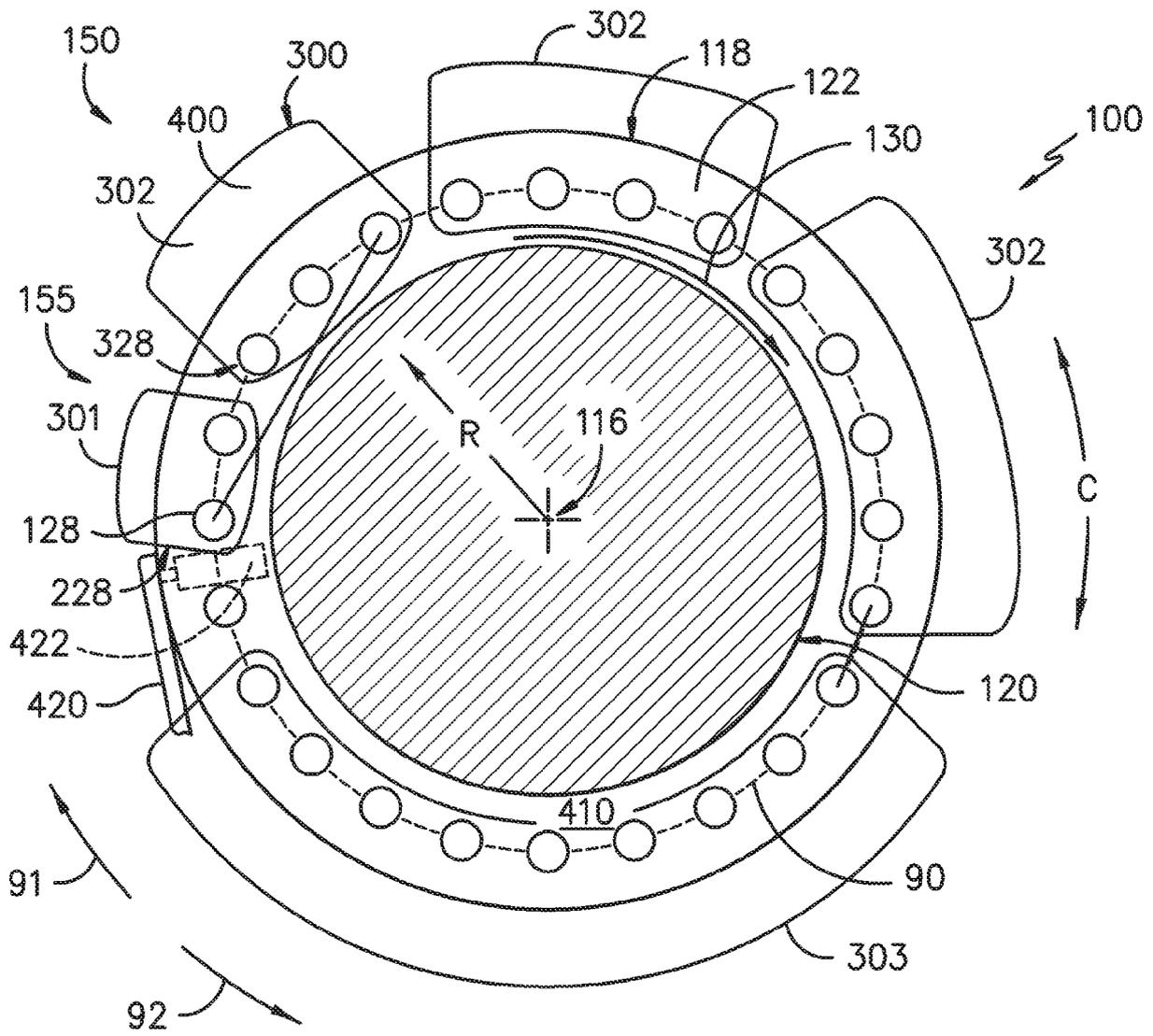


图 20

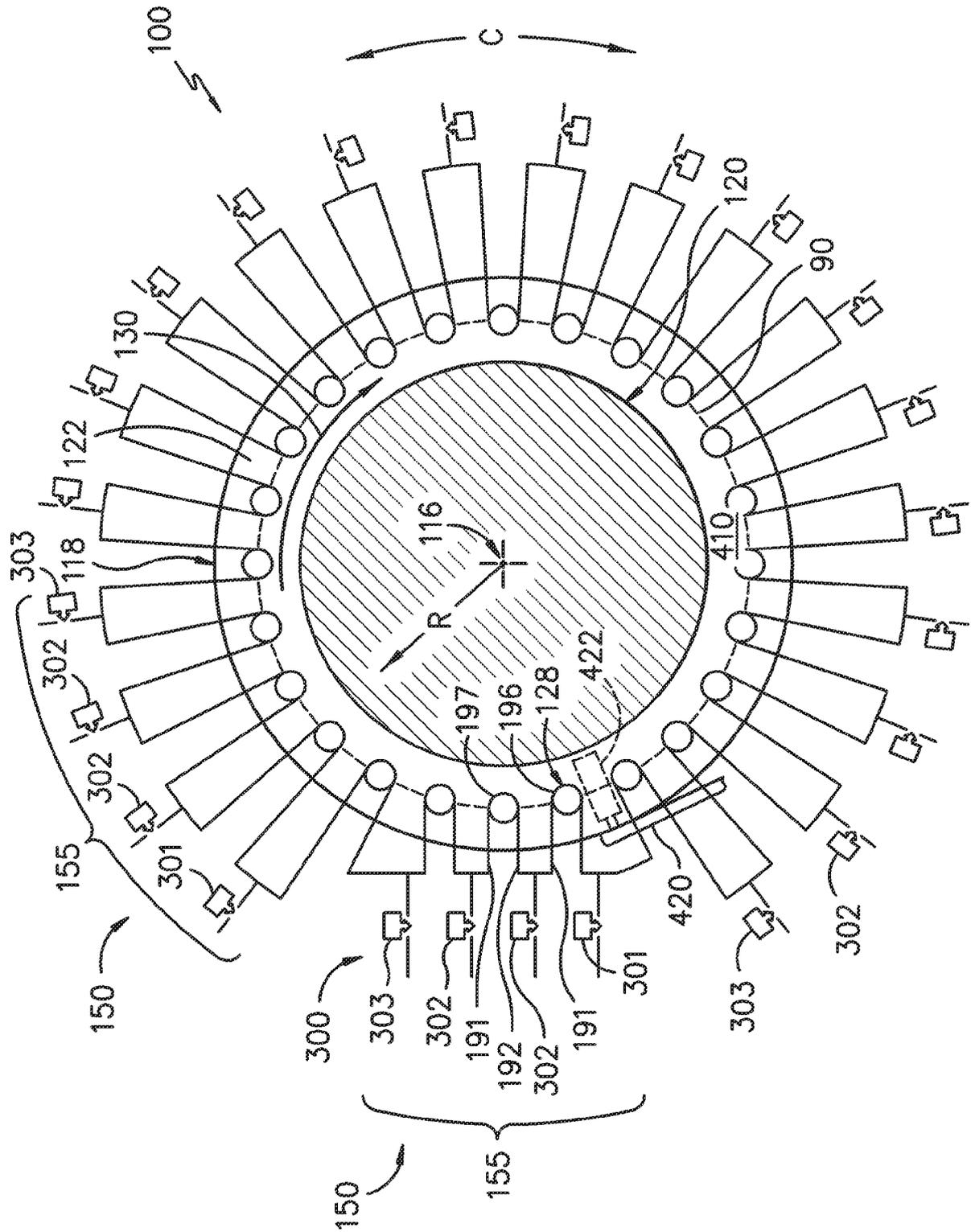


图 22

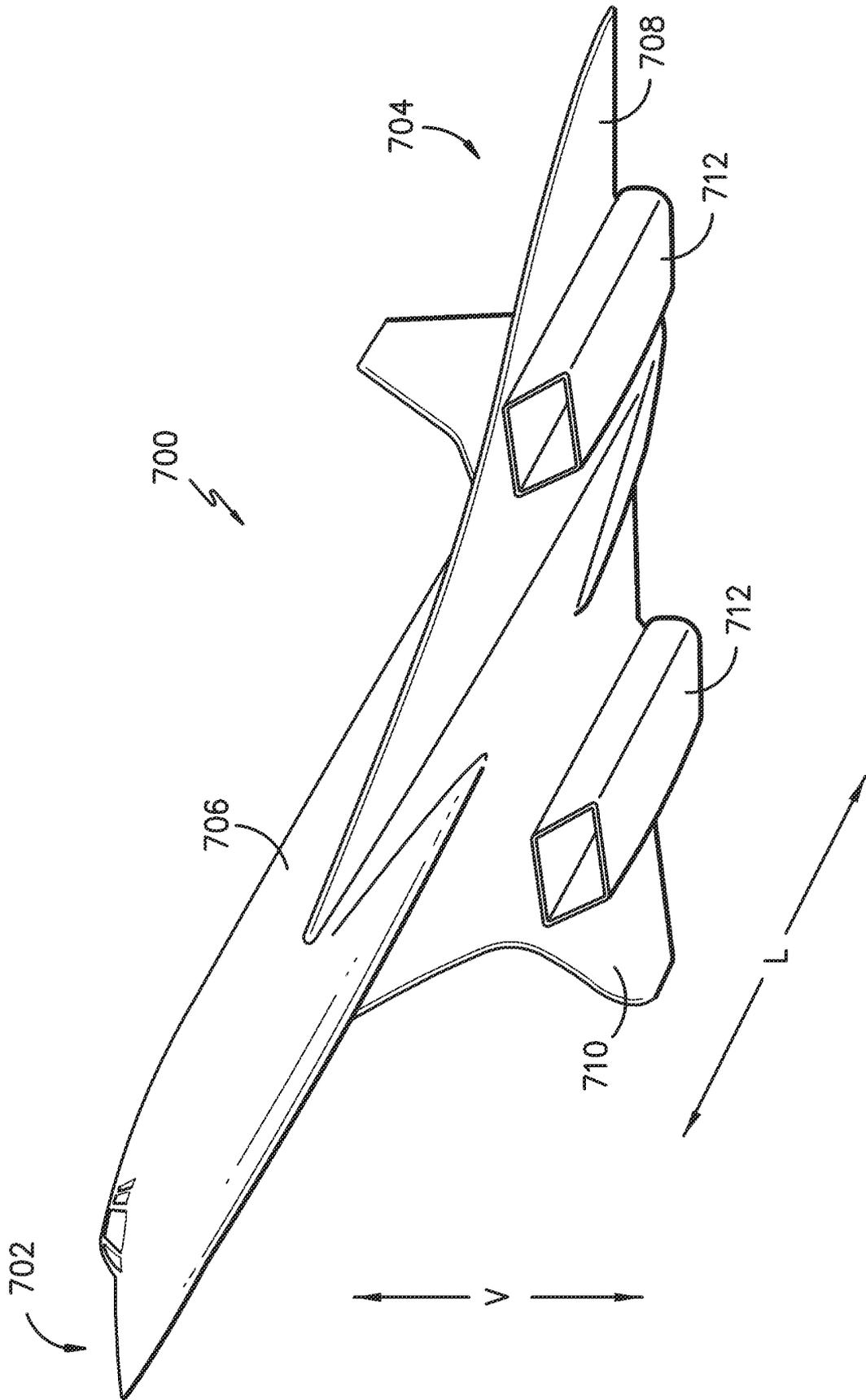


图 23

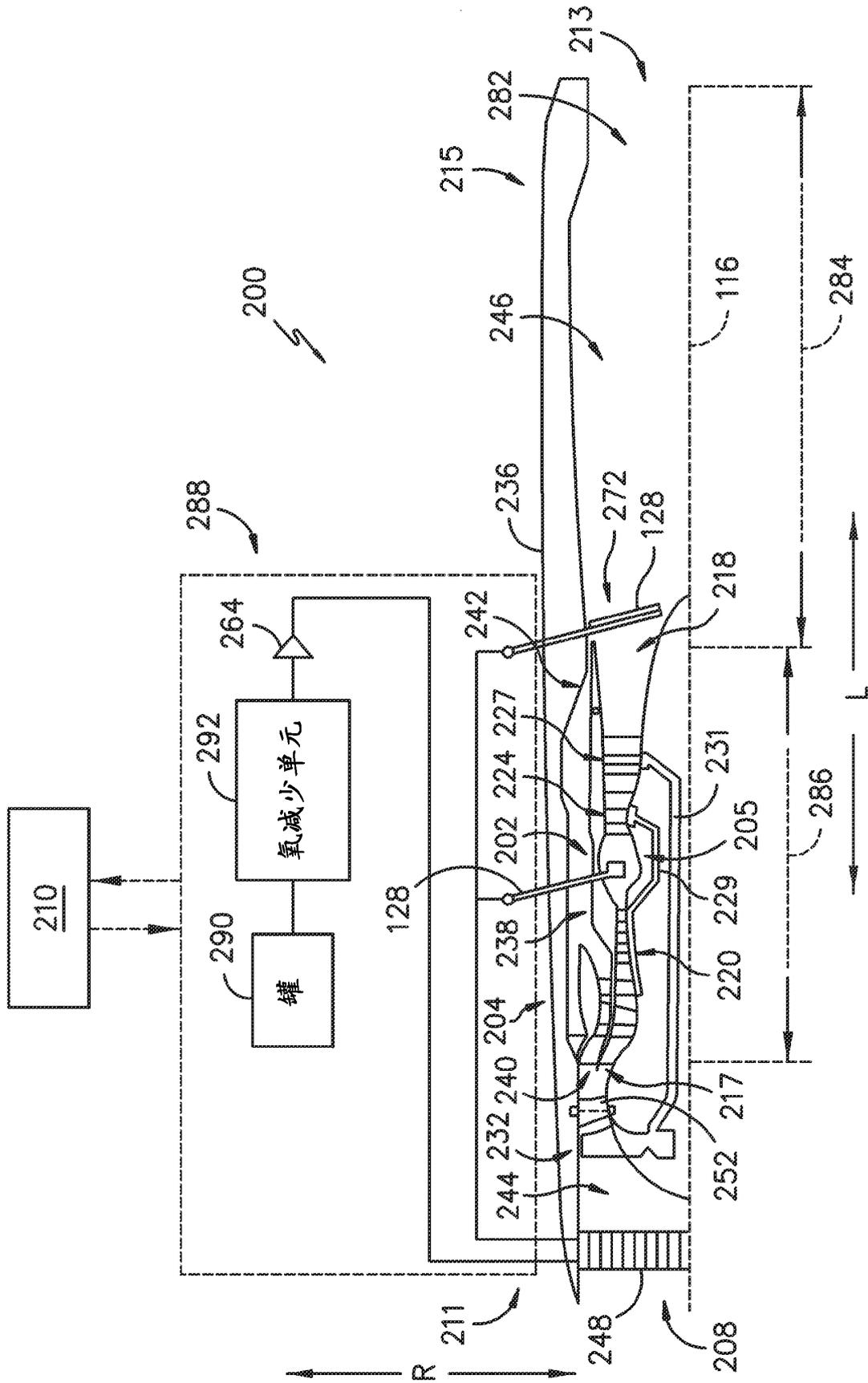


图 24