



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103717971 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 09

(21) 申请号 201180072819. 3

(22) 申请日 2011. 08. 11

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2014. 02. 11

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/RU2011/000607 2011. 08. 11

(87) PCT国际申请的公布数据
W02013/022367 EN 2013. 02. 14

(71) 申请人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72) 发明人 S. A. 斯特里亚普宁

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001
代理人 李强 谭祐祥

(51) Int. Cl.
F23R 3/34(2006. 01)
F23R 3/28(2006. 01)
F23R 3/46(2006. 01)

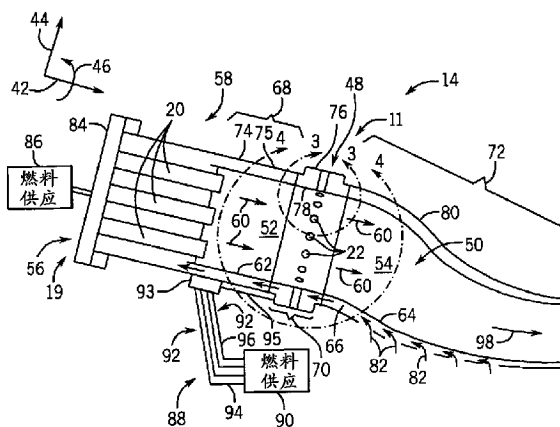
权利要求书2页 说明书11页 附图12页

(54) 发明名称

用于在燃气涡轮发动机中喷射燃料的系统

(57) 摘要

本公开的实施例提供一种涡轮燃烧器,其具有一级燃料喷射系统(19)、设置成围绕一级燃料喷射系统下游的一级燃烧区(52)的第一壁部分,以及设置在第一壁部分下游的第二壁部分。涡轮燃烧器还具有设置在第一壁部分和第二壁部分之间的二级燃料喷射系统(11),其中,可从第一壁部分和第二壁部分移除二级燃料喷射系统。



1. 一种系统,包括:
涡轮燃烧器,其包括:
一级燃料喷射系统;
设置成围绕所述一级燃料喷射系统下游的一级燃烧区的第一壁部分;
设置在所述第一壁部分下游的第二壁部分;以及
设置在所述第一壁部分和所述第二壁部分之间的二级燃料喷射系统,其中,可从所述第一壁部分和所述第二壁部分移除所述二级燃料喷射系统。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述第一壁部分包括衬套,并且所述第二壁部分包括过渡件。
3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述第一壁部分包括设置成围绕所述衬套的流动套管,并且所述第二壁部分包括设置成围绕所述过渡件的冲击套管。
4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,包括设置在所述第一壁部分和所述二级燃料喷射系统之间的第一密封件,其中,所述第一密封件构造成使得所述第一壁部分能够相对于所述二级燃料喷射系统移动。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,包括设置在所述第二壁部分和所述二级燃料喷射系统之间的第二密封件,其中,所述第二密封件构造成使得所述第二壁部分能够相对于所述二级燃料喷射系统移动。
6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述二级燃料喷射系统包括联接到支承结构上的多个燃料喷射器,其中,所述支承结构包括内壁、设置成围绕所述内壁的外壁,以及在所述内壁和所述外壁之间的空气通道。
7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,各个燃料喷射器延伸通过所述外壁、所述空气通道和所述内壁,其中,各个燃料喷射器具有与所述内壁基本齐平的周缘端。
8. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,各个燃料喷射器延伸通过所述外壁、所述空气通道和所述内壁,其中,各个燃料喷射器具有相对于所述内壁有偏移距离的周缘端。
9. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述二级燃料喷射系统包括联接到支承结构上的第一燃料喷射器和第二燃料喷射器、联接到所述第一燃料喷射器上的第一燃料供应管路,以及联接到所述第二燃料喷射器上的第二燃料供应管路,其中,所述第一燃料供应管路和所述第二燃料供应管路构造成独立地对所述第一燃料喷射器和所述第二燃料喷射器供应燃料。
10. 一种系统,包括:
二级燃料喷射系统,其包括:
支承结构;以及
联接到所述支承结构上的多个燃料喷射器,其中,所述支承结构构造成安装到一级燃料喷射系统下游的涡轮燃烧器上。
11. 根据权利要求10所述的系统,其特征在于,所述支承结构构造成安装在所述涡轮燃烧器的第一壁部分和第二壁部分之间,并且所述第一壁部分设置在所述第二壁部分上游。
12. 根据权利要求11所述的系统,其特征在于,包括构造成安装在所述第一壁部分和所述支承结构之间的第一密封件,以及构造成安装在所述第二壁部分和所述支承结构之间

的第二密封件,其中,所述第一密封件和所述第二密封件构造成使得所述第一壁部分和所述第二壁部分能够相对于彼此移动。

13. 根据权利要求 10 所述的系统,其特征在于,所述支承结构包括内壁、设置成围绕所述内壁的外壁,以及在所述内壁和所述外壁之间的空气通道。

14. 根据权利要求 13 所述的系统,其特征在于,各个燃料喷射器延伸通过所述外壁、所述空气通道和所述内壁,其中,各个燃料喷射器具有与所述内壁基本齐平的周缘端。

15. 根据权利要求 13 所述的系统,其特征在于,各个燃料喷射器延伸通过所述外壁、所述空气通道和所述内壁,其中,各个燃料喷射器具有相对于所述内壁有偏移距离的周缘端。

16. 根据权利要求 10 所述的系统,其特征在于,所述二级燃料喷射系统包括联接到所述多个燃料喷射器中的第一燃料喷射器上的第一燃料供应管路,以及联接到所述多个燃料喷射器中的所述第一燃料喷射器上的第二燃料供应管路,其中,所述第一燃料供应管路和所述第二燃料供应管路构造成独立地对所述第一燃料喷射器供应燃料。

17. 根据权利要求 10 所述的系统,其特征在于,各个燃料喷射器包括安装凸缘、从所述安装凸缘突出的空气管,以及通入所述空气管中的至少一个燃料喷射端口。

18. 一种系统,包括:

涡轮燃料喷射模块,其包括:

环形支承结构,其包括环形内壁、设置成围绕所述环形内壁的环形外壁,以及在所述环形内壁和所述环形外壁之间延伸的空气通道;

联接到所述环形支承结构上的多个燃料喷射器,其中,各个燃料喷射器延伸通过所述环形外壁、所述空气通道和所述环形内壁;以及

构造成将所述环形支承结构可移除地安装到涡轮燃烧器上的至少一个安装件。

19. 根据权利要求 18 所述的系统,其特征在于,所述至少一个安装件包括至少一个可移动密封件,所述至少一个可移动密封件构造成在所述环形支承结构和所述涡轮燃烧器之间进行密封,同时使得所述涡轮燃烧器能够相对于所述环形支承结构移动。

20. 根据权利要求 19 所述的系统,其特征在于,所述至少一个可移动密封件包括沿着所述环形内壁设置的至少一个呼拉密封件,以及沿着所述环形外壁设置的至少一个活塞环密封件。

用于在燃气涡轮发动机中喷射燃料的系统

技术领域

[0001] 本文公开的主题涉及燃气涡轮发动机,并且更特别地,涉及用于在燃气涡轮发动机中喷射燃料的系统。

背景技术

[0002] 燃气涡轮系统典型地包括至少一个燃气涡轮发动机,燃气涡轮发动机具有压缩机、燃烧器和涡轮。燃烧器可具有一级燃烧系统和在一级燃烧系统下游的二级燃烧系统。二级燃烧系统具有用于将燃料喷射到一级燃烧系统的燃烧产物流中的燃料喷射器。但是,安装和维护二级燃烧系统的燃料喷嘴可能较复杂。取决于应用,可能需要修正燃烧器的衬套和/或过渡件,以适应二级燃烧系统的燃料喷嘴。此外,修理和修正燃料喷嘴和二级燃烧系统可能是困难的。例如,在具有用于二级燃烧系统的燃料喷嘴的燃烧器中,在修理或拆卸期间可能难以定位或接近燃料喷嘴。

发明内容

[0003] 下面对在范围方面与原本声明的发明相当的某些实施例进行概述。这些实施例不意于限制声明的发明的范围,这些实施例而是仅意于提供本发明的可能形式的简要概述。实际上,本发明可包括可能类似于或不同于下面阐述的实施例的各种形式。

[0004] 在第一实施例中,一种系统包括涡轮燃烧器,涡轮燃烧器具有一级燃料喷射系统、设置成围绕一级燃料喷射系统下游的一级燃烧区的第一壁部分,以及设置在第一壁部分下游的第二壁部分。涡轮燃烧器进一步包括设置在第一壁部分和第二壁部分之间的二级燃料喷射系统,其中,可从第一壁部分和第二壁部分移除二级燃料喷射系统。

[0005] 在第二实施例中,一种系统包括二级燃料喷射系统,二级燃料喷射系统具有支承结构和联接到支承结构上的多个燃料喷嘴,其中,支承结构构造成安装到一级燃料喷射系统下游的涡轮燃烧器上。

[0006] 在第三实施例中,一种系统包括涡轮燃料喷射模块,涡轮燃料喷射模块具有环形支承结构,环形支承结构包括环形内壁、设置成围绕环形内壁的环形外壁,以及在环形内壁和环形外壁之间延伸的空气通道。涡轮燃料喷射模块还具有联接到环形支承结构上的多个燃料喷嘴,其中,各个燃料喷嘴延伸通过环形外壁、空气通道和环形内壁。涡轮燃料喷射模块进一步包括构造成将环形支承结构可移除地安装到涡轮燃烧器上的至少一个安装件。

附图说明

[0007] 当参照附图阅读以下详细描述时,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解,在附图中,相同符号在所有图中表示相同部件,其中:

图 1 是具有多个燃烧器的燃气涡轮系统的实施例的示意图,各个燃烧器具有单独模块式二级燃料喷射系统;

图 2 是具有单独模块式二级燃料喷射系统的、图 1 中示出的一个涡轮燃烧器的实施例

的横截面侧视图；

图 3 是图 2 中显示的涡轮燃烧器的实施例的沿着线 3-3 得到的局部横截面侧视图，其示出单独模块式二级燃料喷射系统可移除地联接在衬套和过渡件之间；

图 4 是图 2 中显示的涡轮燃烧器的实施例的沿着线 4-4 得到的分解局部横截面侧视图，其示出在衬套和过渡件之间分解的单独模块式燃料喷射系统；

图 5 是图 2-4 的单独模块式二级燃料喷射系统的实施例的透视图，其示出多个安装好的燃料喷嘴和相对于框架分解的单个燃料喷嘴；

图 6 是图 5 的单独模块式二级燃料喷射系统的实施例的透视图，其示出呼拉 (hula) 密封件；

图 7 是可用于图 2-6 的单独模块式二级燃料喷射系统的燃料喷嘴的实施例的局部剖面透视图；

图 8 是可用于图 2-6 的单独模块式二级燃料喷射系统的燃料喷嘴的实施例的局部剖面透视图；

图 9 是可用于图 2-6 的单独模块式二级燃料喷射系统的燃料喷嘴的实施例的局部剖面透视图；

图 10 是可以可移除地联接到涡轮燃烧器上的单独模块式二级燃料喷射系统的实施例的透视图；

图 11 是图 10 的单独模块式二级燃料喷射系统的一个燃料喷嘴的实施例的透视图；

图 12 是可移除地联接到涡轮燃烧器上的单独模块式二级燃料喷射系统的示意图，其示出燃料喷嘴相对于涡轮燃烧器内的燃烧产物流具有垂直定向；

图 13 是可移除地联接到涡轮燃烧器上的单独模块式二级燃料喷射系统的示意图，其示出燃料喷嘴相对于涡轮燃烧器内的燃烧产物流具有下游角度定向；以及

图 14 是可移除地联接到涡轮燃烧器上的单独模块式二级燃料喷射系统的示意图，其示出燃料喷嘴相对于涡轮燃烧器内的燃烧产物流具有下游定向和基本平行定向。

具体实施方式

[0008] 下面将对本发明的一个或多个具体实施例进行描述。为了致力于提供对这些实施例的简明描述，在说明书中可能不会对实际实现的所有特征进行描述。应当意识到的是，在任何这种实际实现的开发中，如在任何工程或设计项目中那样，必须作出许多特定于实现的决策来达到开发者的具体目的，诸如服从系统相关的约束及商业相关的约束，该具体目的可随不同的实现而改变。此外，应当意识到的是，这种开发工作可能是复杂和耗时的，但对受益于本公开的普通技术人员来说，这种开发工作将不过是设计、生产和制造的例行任务。

[0009] 当介绍本发明的多种实施例的要素时，冠词“一”、“该”和“所述”意于表示存在一个或多个该要素的意思。术语“包括”、“包含”和“具有”意于为包括性的，并且表示除了列出的要素之外可存在另外的要素的意思。

[0010] 公开的实施例涉及可以可移除地联接到涡轮燃烧器上的单独模块式二级燃料喷射系统。在继续之前，首先将定义在本公开中大量使用的若干用语，以便对声明的主题提供较好理解。如本文所用，用语“上游”和“下游”应理解为一般表示相对于燃烧器内部的燃

烧气体流的方向。也就是说,除非另有指示,用语“下游”可表示燃料-空气混合物燃烧且流离燃烧器的首端和流向涡轮所沿的方向。类似地,除非另有指示,用语“上游”应理解为表示与上面定义的“下游”方向相反的方向。

[0011] 如下面进一步详细论述的那样,公开的实施例提供可以可移除地联接到涡轮燃烧器上的一种单独模块式二级燃料喷射系统(例如联接到公共框架上的两个或更多个燃料喷嘴),而非将单独的燃料喷嘴直接安装到衬套、流动套管和/或涡轮燃烧器的过渡件上。例如,在一个实施例中,单独模块式二级燃料喷射系统在一级燃料喷射系统下游,并且可移除地联接到涡轮燃烧器上。特别地,单独模块式二级燃料喷射系统设置在涡轮燃烧器的衬套和过渡件之间,使得不需要特别修正衬套和过渡件来支承单独的燃料喷嘴。另外,密封件可设置在单独模块式二级燃料喷射系统和衬套之间,并且密封件可设置在单独模块式二级燃料喷射系统和过渡件之间。密封件使得衬套和过渡件能够相对于彼此移动,同时单独模块式二级燃料喷射系统可保持固定。单独模块式二级燃料喷射系统包括联接到支承结构或框架上的多个燃料喷嘴。更特别地,单独模块式二级燃料喷射系统的支承结构包括内壁、设置成围绕内壁的外壁,以及在内壁和外壁之间的空气通道。燃料喷嘴联接到支承结构上,使得它们穿过外壁、空气通道和内壁,以将燃料或空气/燃料混合物喷射到一级燃料喷射系统下游的涡轮燃烧器中。单独模块式二级燃料喷射系统进一步包括一个或多个安装件或凸缘,以将单独模块式二级燃料喷射系统可移除地安装到燃气涡轮系统的涡轮燃烧器上。因而,单独模块式二级燃料喷射系统的公开的实施例使得能够独立于涡轮燃烧器的衬套和过渡件来安装和移除二级燃料喷嘴。此外,单独模块支承任何数量的二级燃料喷嘴(例如2到50个),使得对于单独模块,安装和移除多个燃料喷嘴是可行的。

[0012] 现在转到附图,图1示出具有单独模块式二级燃料喷射系统11的燃气涡轮系统10的实施例的框图。燃气涡轮系统10包括压缩机12、涡轮燃烧器14和涡轮16。涡轮燃烧器14包括燃料喷嘴18,燃料喷嘴18将液体燃料和/或气体燃料(诸如天然气或合成气体)发送到涡轮燃烧器14中。如显示的那样,各个涡轮燃烧器14具有多个燃料喷嘴18。更特别地,涡轮燃烧器14各自包括具有一级燃料喷嘴20的一级燃料喷射系统19和具有二级燃料喷嘴22的二级燃料喷射系统11。如下面详细论述的那样,单独模块式二级燃料喷射系统11的实施例是可移除地联接到涡轮燃烧器14上的单独模块。例如,各个单独模块式二级燃料喷射系统11可包括联接到模块11的公共支承结构上的多个二级燃料喷嘴22(例如2到50个)。涡轮燃烧器14点燃和燃烧空气-燃料混合物,然后将热的加压燃烧气体24(例如排气)传送到涡轮16中。涡轮叶片联接到轴26上,轴26还联接到涡轮系统10中的若干其它构件上。随着燃烧气体24传送通过涡轮16的涡轮叶片,涡轮16被驱动旋转,这使轴26旋转。最终,燃烧气体24通过排气出口28离开涡轮系统10。另外,轴26联接到负载30上,通过轴26的旋转对负载30提供动力。负载30可为通过涡轮系统10的旋转输出来产生功率的任何适当的装置,诸如发电机、航空器的推进器或另一种负载。

[0013] 燃气涡轮系统10的压缩机12包括压缩机叶片。压缩机12内的压缩机叶片联接到轴26上,并且将在轴26被涡轮16驱动旋转时旋转,如上面论述的那样。随着压缩机叶片在压缩机12内旋转,压缩机12压缩接收自空气进口32的空气,以产生加压空气34。然后加压空气34馈送到燃烧器14的燃料喷嘴18中。燃料喷嘴18使加压空气34和燃料混合,以产生适于燃烧(例如,使燃料燃烧更完全的燃烧)的混合比,以便不浪费燃料或引起

过度排放。

[0014] 图 2 是图 1 中显示的一个涡轮燃烧器 14 的实施例的横截面侧视图,其示出单独模块式二级燃料喷射系统 11、48。如上面提到的那样,涡轮燃烧器 14 大体在流体方面联接到压缩机 12 和涡轮 16 上。在示出的实施例中,涡轮燃烧器 14 的燃烧室 50 具有一级燃烧区 52,以及在一级燃烧区 52 下游的二级燃烧区 54。更特别地,在涡轮燃烧器 14 的首端 58 附近的一级燃料喷射系统 19、56 喷射空气-燃料混合物,以使其在一级燃烧区 52 中燃烧,从而产生燃烧产物流 60。类似地,单独模块式二级燃料喷射系统 48 将二级空气-燃料混合物喷射到燃烧产物流 60 中,以在使其在二级燃烧区 54 中燃烧。例如,单独模块式二级燃料喷射系统 48 可为晚贫 (late lean) 喷射 (LLI) 二级燃料喷射系统。在示出的实施例中,单独模块式二级燃料喷射系统 48 沿轴向设置在涡轮燃烧器 14 的衬套 62 和过渡件 64 之间,并且是独立单元。如下面详细论述的那样,当组装、修正、修理或测试单独模块式二级燃料喷射系统 48 时,单独模块式二级燃料喷射系统 48 的独立设计可为有益的。例如,可在不完全移除衬套 62 和过渡件 64 的情况下,安装和移除系统 48,衬套 62 和过渡件 64 可大体保持安装在燃烧器 14 中。此外,系统 48 使得能够同时安装和移除多个二级燃料喷嘴 22 (例如 2 到 50 个),而非需要单独安装和移除各个二级燃料喷嘴 22。

[0015] 在示出的实施例中,涡轮燃烧器 14 具有构造成接收来自压缩机 12 的加压空气 34 的环带 66。特别地,环带 66 具有上游部分 68、中间部分 70 和下游部分 72。上游部分 68 由涡轮燃烧器 14 的衬套 62 和流动套管 74 限定,其中,流动套管 74 包围衬套 62 (例如同轴或同心)。另外,环带 66 的中间部分 70 由单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 和内壁 78 限定,其中,外壁 76 包围内壁 78 (例如同轴或同心)。而且另外,环带 66 的下游部分 72 由涡轮燃烧器 14 的过渡件 64 和冲击套管 80 限定,其中,冲击套管 80 包围过渡件 64 (例如同轴或同心)。如上面提到的那样,单独模块式二级燃料喷射系统 48 沿轴向在衬套 62 和过渡件 64 之间连接到涡轮燃烧器 14 上。如显示的那样,衬套 62、单独模块式二级燃料喷射系统 48 和过渡件 64 之间的连接使得环带 66 的上游部分 68、中间部分 70 和下游部分 72 在流体方面且在机械方面联接在一起。环带 66 从压缩机 12 中接收到的加压空气 34 被引导向涡轮燃烧器的首端 58,如箭头 82 显示的那样。

[0016] 涡轮燃烧器 14 的首端 58 具有可至少部分地支承一级燃料喷嘴 20 的盖板 84。盖板 84 进一步提供路径,加压空气 34 通过该路径从环带 66 被引导到一级燃料喷嘴 20。一级燃料喷射系统 52 还包括对一级燃料喷嘴 20 提供燃料的一级燃料供应 86。例如,由一级燃料供应 86 供应的燃料可为液体燃料或气态燃料。虽然示出的实施例仅显示了一个一级燃料供应 86,但燃烧器 14 的其它实施例可包括不止一个 (例如 2、3、4 个或更多个) 一级燃料供应 86。在具有多个一级燃料供应 86 的实施例中,一级燃料供应 86 可对一级燃料喷嘴 20 提供相同类型的燃料或不同类型的燃料。例如,一个一级燃料供应 86 可对多个一级燃料喷嘴 20 提供液体燃料,而另一个一级燃料供应 86 可对其它一级燃料喷嘴 20 提供气态燃料。一级燃料喷嘴 20 使来自一级燃料供应 86 的燃料和加压空气 34 结合,以产生空气/燃料混合物,空气/燃料混合物在一级燃烧区 52 中燃烧,以产生燃烧气体 60。

[0017] 在一级燃烧区 52 中产生的燃烧气体 60 从涡轮燃烧器 14 的首端 58 向下游流向单独模块式二级燃料喷射系统 48。如上面提到的那样,单独模块式二级燃料喷射系统 48 包括二级燃料喷嘴 22,二级燃料喷嘴 22 将额外的燃料喷射到燃烧气体流 60 中,以使其在二

级燃烧区 54 中燃烧。二级燃料系统 88 将燃料供应到单独模块式二级燃料喷射系统 48 中的二级燃料喷嘴 22, 二级燃料系统 88 包括二级燃料供应 90。虽然示出的实施例仅显示了一个二级燃料供应 90, 但其它实施例可包括不止一个 (例如 2、3、4 个或更多个) 二级燃料供应 90。在具有多个二级燃料供应 90 的实施例中, 二级燃料供应 90 可对二级燃料喷嘴 22 提供相同类型的燃料或不同类型的燃料。例如, 一个二级燃料供应 90 可对多个二级燃料喷嘴 22 提供液体燃料, 而另一个二级燃料供应 90 可对其它二级燃料喷嘴 22 提供气态燃料。另外, 来自多个相应的二级燃料供应 90 的多个燃料管路 92 可延伸到单个二级燃料喷嘴 22。照这样, 提供给各个二级燃料喷嘴 22 的燃料可在两个或更多个二级燃料供应 90 之间分担。类似地, 多个燃料管路 92 可从单个二级燃料供应 90 延伸到二级燃料喷嘴 22。例如, 在示出的实施例中, 第一燃料供应管路 94 和第二燃料供应管路 96 从二级燃料供应 90 延伸到二级燃料喷嘴 22。在某些实施例中, 二级燃料喷嘴 22 使二级燃料供应 90 接收到的燃料与来自环带 66 的加压空气 34 结合, 以产生用于在二级燃烧区 54 中燃烧的空气 / 燃料混合物。在其它实施例中, 二级燃料喷嘴 22 仅将来自二级燃料供应 90 的燃料喷射到燃烧产物流 60 中, 以使其在二级燃烧区 54 中燃烧。如下面论述的那样, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 的独立设计可对二级燃料喷嘴 22 提供改进且简化的接近, 以定制、修正、修理和 / 或更换二级燃料喷嘴 22。在二级燃烧区 54 中燃烧之后, 燃烧气体 60 继续如箭头 98 指示的那样向下游前往涡轮 16。

[0018] 图 3 是沿着图 2 的线 3-3 得到的单独模块式二级燃料喷射系统 48 的实施例的局部横截面侧视图, 其示出单独模块式二级燃料喷射系统 48 联接在涡轮燃烧器 14 的衬套 62 和过渡件 64 之间。如上面提到的那样, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 是可从涡轮燃烧器 14 单独移除的独立单元。单独模块式二级燃料喷射系统 48 的可分离式设计简化了对单独模块式二级燃料喷射系统 48 和二级燃料喷嘴 22 的接近和修正。

[0019] 如上面提到的那样, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 设置在涡轮燃烧器的衬套 62 和过渡件 64 之间。在某些实施例中, 衬套 62 在衬套 62 的端部 120 处可切短 (即, 长度减小), 以适应单独模块式二级燃料喷射系统 48。类似地, 涡轮燃烧器 14 的流动套管 74 在端部 122 处可切短, 以适应单独模块式二级燃料喷射系统 48。相比之下, 可能不需要修正过渡件 64 和 / 或冲击套管 80。在其它实施例中, 为了适应单独模块式二级燃料喷射系统 48, 可能需要修正衬套 62、流动套管 74、过渡件 64 和冲击套管 80 中的一些、全部或者不需要修正。

[0020] 在示出的实施例中, 涡轮燃烧器 14 的衬套 62 由单独模块式二级燃料喷射系统 48 接收。特别地, 衬套 62 贴靠单独模块式二级燃料喷射系统 48 的内壁 78 的内表面 124。如显示的那样, 衬套 62 包括第一呼拉密封件 126, 第一呼拉密封件 126 沿径向设置在单独模块式二级燃料喷射系统 48 的衬套 62 和内壁 78 之间。特别地, 第一呼拉密封件 126 被偏压向单独模块式二级燃料喷射系统 48 的内壁 78。如下面详细论述的那样, 第一呼拉密封件 126 受挤压, 并且在单独模块式二级燃料喷射系统 48 的衬套 62 和内壁 78 之间产生密封, 同时仍然允许衬套 62 和单独模块式二级燃料喷射系统 48 之间有相对移动。此外, 涡轮燃烧器 14 的流动套管 74 联接到单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 上。特别地, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 包括具有凹部 130 的凸缘 128。类似地, 流动套管 74 包括具有孔口 134 的凸缘 132, 孔口 134 与凸缘 128 的凹部 130 对齐。如显示的那样, 紧固件

136 设置成通过凸缘 132 的孔口 134, 并且由凸缘 128 的凹部 130 接收, 从而将流动套管 74 紧固到单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 上。例如, 紧固件 136 可为螺栓、螺柱、螺钉或销。在某些实施例中, 外壁 76 的凸缘 128 可具有多个凹部 130, 并且流动套管 74 的凸缘 132 可具有与凸缘 128 的相应的凹部 130 对齐的多个孔口 134。各个孔口 134 和相应的凹部 130 可接收紧固件 136, 以将流动套管 74 紧固到单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 上。

[0021] 涡轮燃烧器 14 的过渡件 64 接收单独模块式二级燃料喷射系统 48 的内壁 78。特别地, 内壁 78 的外表面 138 贴靠过渡件 64。另外, 内壁 78 包括第二呼拉密封件 140, 第二呼拉密封件 140 沿径向设置在内壁 78 和过渡件 64 之间。特别地, 第二呼拉密封件 140 被偏压向过渡件 64。如上面论述的那样, 第二呼拉密封件 140 受挤压, 并且在单独模块式二级燃料喷射系统 48 的内壁 78 和过渡件 64 之间产生密封, 同时仍然使得内壁 78 和过渡件 64 之间能够有相对移动。此外, 第一呼拉密封件 126 和第二呼拉密封件 140 使得衬套 62 和过渡件 64 能够相对于彼此移动。例如, 在某些实施例中, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 可安装或锚定到外部支承件 (例如压缩机排出壳体) 上, 使得单独模块式二级燃料喷射系统 48 固定。尽管单独模块式二级燃料喷射系统 48 可为固定的, 但第一呼拉密封件 126 和第二呼拉密封件 140 允许衬套 62 和过渡件 64 之间有自由移位。换句话说, 衬套 62 和过渡件 64 可相对于单独模块式二级燃料喷射系统 48 以及相对于彼此移动。在其中运行参数和燃烧动态使衬套 62 和过渡件 64 在物理上移位或波动的实施例中, 衬套 62 和过渡件 64 相对于彼此和相对于单独模块式二级燃料喷射系统 48 移动或移位的能力可为有益的。

[0022] 单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 还包括凸缘 142, 凸缘 142 贴靠冲击套管 80。凸缘 142 进一步包括凹部 144, 凹部 144 容纳活塞环密封件 146。类似于第一呼拉密封件 126 和第二呼拉密封件 140, 活塞环密封件 146 在冲击套管 80 和外壁 76 之间提供密封, 同时仍然使得冲击套管 80 和单独模块式二级燃料喷射系统 48 之间能够有相对移动。

[0023] 示出的实施例包括由单独模块式二级燃料喷射系统 48 容纳的二级燃料喷嘴 22。如下面详细论述的那样, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 可容纳多个二级燃料喷嘴 22 (例如 2 到 50 个)。在示出的实施例中, 二级燃料喷嘴 22 设置在轴 148 内, 轴 148 沿径向在单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 和内壁 78 之间延伸。如显示的那样, 二级燃料喷嘴 22 包括安装部分 150, 安装部分 150 贴靠单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76。安装部分 150 通过紧固件 152 而紧固到外壁 76 上。例如, 紧固件 152 可为螺栓、螺柱、销、螺钉等。二级燃料喷嘴 22 包括燃料端口 154, 燃料端口 154 将燃料从二级燃料供应 90 喷射到由二级燃料喷嘴 22 的轴 158 限定的通道 156 中。如箭头 160 指示的那样, 由燃料端口 154 喷出的燃料通过通道 156 流向涡轮燃烧器 14 的燃烧室 50。如下面论述的那样, 燃料可在通道 156 内部与空气混合, 以产生待在燃烧室 50 内喷到燃烧气体流 60 中的空气 / 燃料混合物。

[0024] 在示出的实施例中, 二级燃料喷嘴 22 的通道 156 具有出口 162 (例如周缘端), 出口 162 与内壁 78 的孔口 164 齐平。换句话说, 二级燃料喷嘴 22 的轴 158 延伸到内壁 78 的孔口 164。在出口 162 处, 由二级燃料喷嘴 22 供应的燃料或空气 / 燃料混合物喷射到燃烧气体流 60 中。在其它实施例中, 二级燃料喷嘴 22 的轴 158 可在燃烧室 50 内沿径向延伸或突出, 使得通道 156 的出口 162 相对于燃烧室 50 内的内壁 78 偏移。如将理解的那样, 由单

独模块式二级燃料喷射系统 48 容纳的各个二级燃料喷嘴 22 包括相应的轴 158, 轴 158 延伸到或延伸通过内壁 78 中的相应的孔口 164。此外, 在示出的实施例中, 二级燃料喷嘴 22 具有的定向使得被二级燃料喷嘴 22 喷到燃烧室 50 中的燃料流或空气 / 燃料混合物大体垂直于燃烧室 50 内的燃烧气体流 60。如下面详细论述的那样, 其它实施例可包括具有这样的定向的二级燃料喷嘴 22, 即其中, 由二级燃料喷嘴 22 供应的燃料流或空气 / 燃料混合物相对于燃烧室 50 内的燃烧气体流 60 处于下游角度, 或者大体平行。

[0025] 图 4 是图 3 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 的实施例的沿着图 2 的线 4-4 得到的分解横截面侧视图。示出的实施例包括与图 3 中显示的实施例相似的元件和元件标号。另外, 示出的实施例显示额外的二级燃料喷嘴 22 由单独模块式二级燃料喷射系统 48 容纳。内壁 78 包括多个孔口 164, 相应的二级燃料喷嘴 22 通过孔口 164 来喷燃料或空气 / 燃料混合物。

[0026] 示出的实施例显示单独模块式二级燃料喷射系统 48 可以可移除地联接到衬套 62 和过渡件 64 上的方式。如显示的那样, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 的独立设计允许单独模块式二级燃料喷射系统 48 完全和单独地从涡轮燃烧器 14 移除。照这样, 可简单且有效率地修理、修正和更换单独模块式二级燃料喷射系统 48 和二级燃料喷嘴 22。例如, 可从涡轮燃烧器 14 移除单独模块式二级燃料喷射系统 48, 以更换二级燃料喷嘴 22 中的一些或全部。

[0027] 图 5 是图 3 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 的实施例的透视图, 其示出多个安装燃料喷嘴 22 和一个移除的燃料喷嘴 22, 例如, 分解的二级燃料喷嘴 22、180。示出的实施例包括与图 4 中显示的实施例相似的元件和元件标号。如上面提到的那样, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 是独立单元, 当更换单独模块式二级燃料喷射系统 48 或其构件时, 这可为有益的。示出的实施例包括内壁 78, 内壁 78 接收涡轮燃烧器 14 的衬套 62。此外, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 的示出的实施例包括十六个二级燃料喷嘴 22。单独模块式二级燃料喷射系统 48 的其它实施例可包括其它数量的二级燃料喷嘴 22。例如, 单独模块式二级燃料喷射系统 48 可包括大约 1 至 50 个、1 至 20 个、1 至 15 个、1 至 10 个或 1 至 5 个二级燃料喷嘴 22。此外, 如上面提到的那样, 凸缘 128 包括与流动套管 74 的凸缘 132 中的相应的孔口 134 对齐的多个凹部 130。凸缘 132 中的各个孔口及凸缘 128 中的相应的凹部 130 接收紧固件 136, 以将流动套管 74 紧固到单独模块式二级燃料喷射系统 48 上。在示出的实施例中, 二级燃料喷嘴 22 具有大体环形形状。但是, 在其它实施例中, 二级燃料喷嘴 22 可具有其它形状 (例如椭圆形、多边形、正方形、长方形等)。

[0028] 在示出的实施例中, 从单独模块式二级燃料喷射系统 48 中分解出二级燃料喷嘴 22、180。如下面详细论述的那样, 二级燃料喷嘴 180 可具有多种构造。例如, 二级燃料喷嘴 180 可将燃料流喷射到燃烧气体流 60 中。备选地, 二级燃料喷嘴 180 可将空气 / 燃料混物流喷射到燃烧气体流 60 中。虽然示出的实施例显示了所有的二级燃料喷嘴 22 都具有相似构造, 但其它实施例可包括具有不同的构造的二级燃料喷嘴。如示出的那样, 使用四个紧固件 152 将二级燃料喷嘴 180 紧固到单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 上。特别地, 紧固件 152 由形成于二级燃料喷嘴 22 的安装部分 150 中的安装孔口 182 接收。其它实施例可使用其它数量的紧固件 152 将二级燃料喷嘴 22 紧固到外壁 76 上。例如, 可使用 1 到 10 个紧固件 152 将燃料喷嘴 180 紧固到单独模块式二级燃料喷射系统 48 上。如上面提

到的那样,紧固件 152 可为螺栓、螺钉、销等。

[0029] 图 6 是图 3 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 的实施例的透视图。示出的实施例包括与图 3 中显示的实施例相似的元件和元件标号。示出的实施例包括由过渡件 64 接收的呼拉密封件 140。如显示的那样,呼拉密封件 140 具有单件式环形构造,并且被偏压向过渡件 64。当内壁 78 由过渡件 64 接收时,呼拉密封件 140 受挤压,并且在内壁 78 和过渡件 64 之间以及围过渡件 64 的内周边产生密封,同时仍然容许内壁 78 和过渡件 64 之间有相对移动。另外,如上面提到的那样,外壁 76 的凸缘 142 包括设置在凸缘 142 的凹部 144 中的活塞环密封件 146。当内壁 78 由过渡件 64 接收时,凸缘 142 贴靠冲击套管 80,并且活塞环密封件 146 在外壁 76 的凸缘 142 和冲击套管 80 之间产生柔性密封。

[0030] 图 7 是可用于图 3 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 且由其容纳的二级燃料喷嘴 22 的实施例的横截面透视图。如上面论述的那样,二级燃料喷嘴 22 使燃料和空气混合,以产生空气/燃料混合物,空气/燃料混物流到二级燃烧区 54 中,以被点燃和燃烧。示出的实施例包括与图 3 中显示的二级燃料喷嘴 22 相似的元件和元件标号。

[0031] 在示出的实施例中,二级燃料喷嘴 22 的安装部分 50 包括构造成接收来自二级燃料供应 90 的燃料的燃料入口 200。在其它实施例中,二级燃料喷嘴 22 可包括两个或更多个燃料入口 200。另外,在具有两个或更多个燃料入口 200 的实施例中,二级燃料喷嘴 22 可构造成接收来自二级燃料供应 90 的两种或更多种不同的燃料。燃料入口 200 操作地联接到环形燃料通道 202 上,环形燃料通道 202 围绕通道 156 的开口 204 的周边延伸。环形燃料通道 202 进一步操作地联接燃料端口 154。特别地,由二级燃料供应 90 供应的燃料通过燃料端口 154 离开环形燃料通道 202,并且流到二级燃料喷嘴 22 的通道 156 中。此外,空气通过开口 204 流到通道 156 中,如箭头 206 指示的那样。在通道 156 内,燃料和空气混合,以形成空气/燃料混合物,然后空气/燃料混合物通过二级燃料喷嘴 22 的出口 162 喷射到涡轮燃烧器 14 的二级燃烧区 54 中。如上面提到的那样,在某些实施例中,二级燃料喷嘴 22 的出口 162 可与涡轮燃烧器 14 的衬套 62 中的孔口 164 齐平。在其它实施例中,二级燃料喷嘴 22 可延伸到二级燃烧区 54 中,使得二级燃料喷嘴的出口 162 悬在(例如突入)涡轮燃烧器 14 的二级燃烧区 54 内。

[0032] 图 8 是可用于图 3 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 且由其容纳的二级燃料喷嘴 22 的实施例的横截面透视图。示出的实施例包括与图 7 中显示的实施例相似的元件和元件标号。另外,示出的实施例包括设置在二级燃料喷嘴 22 的通道 156 内的燃料管道 220。如上面论述的那样,从二级燃料供应 90 发送出的燃料通过燃料入口 200 而进入二级燃料喷嘴 22。后续,燃料发送到环形燃料通道 202。在示出的实施例中,环形燃料通道 202 操作地联接到燃料管道 200 上。如箭头 222 指示的那样,燃料通过燃料路径 224 从环形燃料通道 202 流到燃料管道 220。二级燃料喷嘴 22 可包括 2、3、4、5、6 个或更多个燃料路径 224。如示出的那样,各个燃料路径 224 可为径向管或十字管,它朝燃料管道 220 沿径向向内延伸且支承燃料管道 220。例如,示出的燃料喷嘴包括四个均匀隔开的燃料路径 224(例如管),燃料路径 224 支承燃料管道 220。

[0033] 如箭头 226 的那样,燃料流过燃料管道 222,并且通过燃料管道出口 228 离开燃料管道 220。在示出的实施例中,燃料管道 220 具有圆柱形构造,并且大体与二级燃料喷嘴 22 的燃料通道 156 同轴和同心。此外,燃料管道出口 228 与二级燃料喷嘴 22 的出口 162 大体

齐平。因此,在其中燃料管道出口 228 和二级燃料喷嘴 22 的出口 162 与涡轮燃烧器 14 的衬套 62 中的孔口 164 齐平的实施例中,燃料管道 220 中的燃料流和通道 156 中的空气流可独立地(例如,燃料喷嘴 22 中的空气/燃料没有预混合)进入涡轮燃烧器 14 的二级燃烧区 54。此外,在某些实施例中,燃料管道出口 228 可与二级燃料喷嘴 22 的出口 162 不齐平。例如,燃料管道出口 228 可延伸或突出超过二级燃料喷嘴 22 的出口 162,或者燃料管道出口 228 可凹入二级燃料喷嘴 22 的通道 156 内。如果出口 162 凹入通道 156 的内部,则燃料喷嘴 22 在将燃料和空气喷射到二级燃烧区 54 中之前,使燃料和空气预混合。

[0034] 图 9 是可用于图 3 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 且由其容纳的二级燃料喷嘴 22 的实施例的横截面透视图。示出的实施例包括与图 7 中显示的实施例相似的元件和元件标号。示出的实施例进一步包括燃料管道 220,其中,燃料管道出口 228 凹入二级燃料喷嘴 22 的通道 156 内。换句话说,出口 228 沿出口 162 上游方向相对于出口 162 有偏移,从而使得空气/燃料能够在燃料喷嘴 22 中预混合。另外,燃料管道出口 228 具有渐缩构造。如上面提到的那样,通过二级燃料喷嘴 22 的燃料入口 200 接收来自二级燃料供应 90 的燃料。燃料从燃料入口 200 发送到环形燃料通道 202,然后发送到燃料路径 224(例如,管)。在示出的实施例中,环形燃料通道 202 和燃料路径 224 包括燃料端口 154,燃料可流过燃料端口 154 且进入二级燃料喷嘴的通道 156。类似地,燃料管道 220 还包括燃料端口 154。因此,燃料可通过形成于环形燃料通道 202、燃料路径 224 和燃料管道 220 中的燃料端口 154 进入二级燃料喷嘴 22 的通道 156。另外,燃料通过燃料管道 220 的燃料管道出口 228 进入通道 156。如上面论述的那样,进入通道 156 的燃料与通过二级燃料喷嘴 22 中的开口 204 进入通道 156 的空气混合,以形成空气-燃料混合物。空气-燃料混合物然后通过出口 162 离开二级燃料喷嘴 22,并且流到二级燃烧区 54 中,以在涡轮燃烧器 14 中被点燃。

[0035] 图 10 是图 5 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 的实施例的透视图,其示出二级燃料喷嘴 22 至少部分地从内壁 78 延伸到燃烧室 50 中。示出的实施例包括与图 5 中显示的实施例相似的元件和元件标号。如上面提到的那样,单独模块式二级燃料喷射系统 48 是独立单元,当更换单独模块式二级燃料喷射系统 48 或其构件(例如二级燃料喷嘴 22)时,这可为有益的。示出的实施例显示内壁 78,内壁 78 接收涡轮燃烧器的衬套 62。此外,单独模块式二级燃料喷射系统 48 的示出的实施例包括九个二级燃料喷嘴 22,二级燃料喷嘴 22 至少部分地延伸到燃烧室 50 中。单独模块式二级燃料喷射系统 48 的其它实施例可包括其它数量的二级燃料喷嘴 22。例如,单独模块式二级燃料喷射系统 48 可包括大约 1 至 50 个、1 至 20 个、1 至 15 个、1 至 10 个或 1 至 5 个二级燃料喷嘴 22。如显示的那样,二级燃料喷嘴 22 以不同的长度延伸到燃烧室 50 中。在其它实施例中,二级燃料喷嘴 22 可延伸到燃烧室 50 中达相同长度。可在多种应用(诸如在喷燃器发动机之后)中使用具有延伸到二级燃烧区 54 中的二级燃料喷嘴 22 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 的实施例。此外,如上面提到的那样,凸缘 128 包括多个凹部 130,凹部 130 与流动套管 74 的凸缘 132 中的相应的孔口 134 对齐。凸缘 132 中的各个孔口和凸缘 128 中的相应的凹部 130 接收紧固件 136,以将流动套管 74 紧固到单独模块式二级燃料喷射系统 48 上。

[0036] 图 11 是可联接到图 10 的单独模块式二级燃料喷射系统 48 上的二级燃料喷嘴 22 的实施例的透视图。示出的实施例包括安装部分 250、上部部分 252 和下部部分 254。安装部分 250 包括孔口 255,孔口 255 接收紧固件,紧固件将二级燃料喷嘴 22 紧固到单独模块式

二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 上。二级燃料喷嘴 22 的上部部分 252 构造成设置在单独模块式二级燃料喷射系统 48 的外壁 76 和内壁 78 之间的环带 66 的中间部分 70 中。特别地,上部部分 252 具有可与图 10 中显示的内壁 78 的孔口 164 齐平的边缘 256。此外,上部部分 252 为大体空心结构,其包括用以将空气和燃料喷射到燃烧器 14 的燃烧室 50 中的空气和燃料通道。

[0037] 下部部分 254 构造成从单独模块式二级燃料喷射系统 48 的内壁 78 突出到燃烧室 50 中。换句话说,二级燃料喷嘴 22 具有周缘端 257,周缘端 257 构造成从内壁 78 偏移到燃烧室 50 中。下部部分 254 为大体空心,并且具有翼型形状。下部部分 254 的翼型形状使得流过燃烧室 50 的燃烧产物 60 能够较高效地流动。此外,下部部分 254 包括燃料端口 258,燃料通过燃料端口 258 喷射到燃烧室 50 中。特别地,示出的实施例具有燃料入口 260,燃料入口 260 接收来自二级燃料供应 90 的燃料。燃料入口 260 使燃料流到燃料通道 262 中。燃料通道 262 使燃料通过二级燃料喷嘴 22 的安装部分 250 中的空气通道 264,流到二级燃料喷嘴 22 的上部部分 252 和下部部分 254 的空心内部中。然后燃料通过燃料端口 258 从燃料通道 262 喷射到燃烧室 50 中。此外,二级燃料喷嘴 22 的空气通道 264 使空气从涡轮燃烧器 14 的外部流到二级燃料喷嘴 22 的上部部分 252 和下部部分 254 中。然后空气流通过形成于二级燃料喷嘴 22 的下部部分 254 中的空气端口 266 进入燃烧室 50。如将理解的那样,通过空气端口 266 传送到燃烧室 50 中的空气可用于在燃烧室 50 内燃烧燃料。

[0038] 图 12-14 是示出单独模块式二级燃料喷射系统 48 中的二级燃料喷嘴 22 的各种构造的示意图。特别地,图 12-14 显示二级燃料喷嘴 22 相对于二级燃烧区 54 中的横向燃烧产物流 60 具有不同定向。图 12-14 中示出的实施例包括与图 3 中显示的单独模块式二级燃料喷射系统 48 的实施例相似的元件和元件标号。

[0039] 图 12 显示单独模块式二级燃料喷射系统 48,其中,二级燃料喷嘴 22 相对于燃烧产物流 60 以大约 90 度角度(即,垂直)喷射燃料 280 和空气 282。图 13 中显示的实施例示出二级燃料喷嘴 22 设置成相对于二级燃烧区 54 中的横向燃烧产物流 60 成下游角度 290。在示出的实施例中,角度 290 为大约 45 度。在其它实施例中,角度 290 可为大约 5 至 85 度、10 至 80 度、15 至 75 度、20 至 70 度、25 至 65 度、30 至 60 度、35 至 55 度或 40 至 50 度。图 14 示出二级燃料喷嘴 22 设置成相对于二级燃烧区 54 内的燃烧产物流 60 成大约零度角度(即,平行)。此外,图 12-14 中显示的实施例可以各种组合用于单独模块式二级燃烧系统 48 中的燃料喷嘴 22。

[0040] 如上面详细论述的那样,公开的实施例提供可以可移除地联接到涡轮燃烧器 14 上的单独模块式二级燃料喷射系统 48,而非将单独的二级燃料喷嘴 22 直接安装到涡轮燃烧器 14 的衬套 62、流动套管 74 和 / 或过渡件 64 上。单独模块式二级燃料喷射系统 48 使得能够独立于涡轮燃烧器 14 的衬套 62 和过渡件 64 来安装和移除二级燃料喷嘴 22。另外,可在不完全移除衬套 62 和过渡件 64 的情况下安装和移除单独模块式二级燃料喷射系统 48,衬套 62 和过渡件 64 可大体保持安装在涡轮燃烧器 14 中。实际上,单独模块式二级燃料喷射系统 48 使得能够同时安装和移除多个二级燃料喷嘴 22,而非需要独立地安装和移除各个二级燃料喷嘴 22。

[0041] 本书面描述使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统,以及实行任何结合的方法。本发明的

可取得专利的范围由权利要求限定,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具有不异于权利要求的字面语言的结构要素,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质性差异的等效结构要素,则它们意于处在权利要求的范围之内。

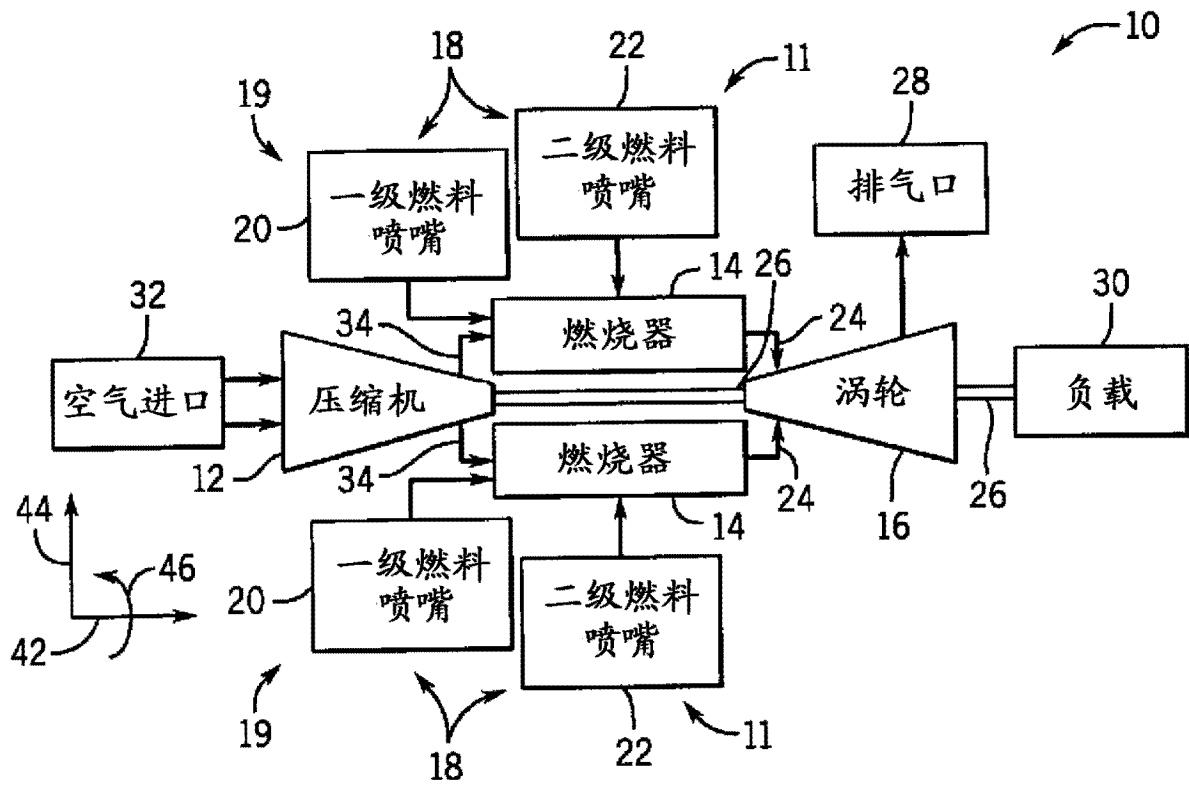


图 1

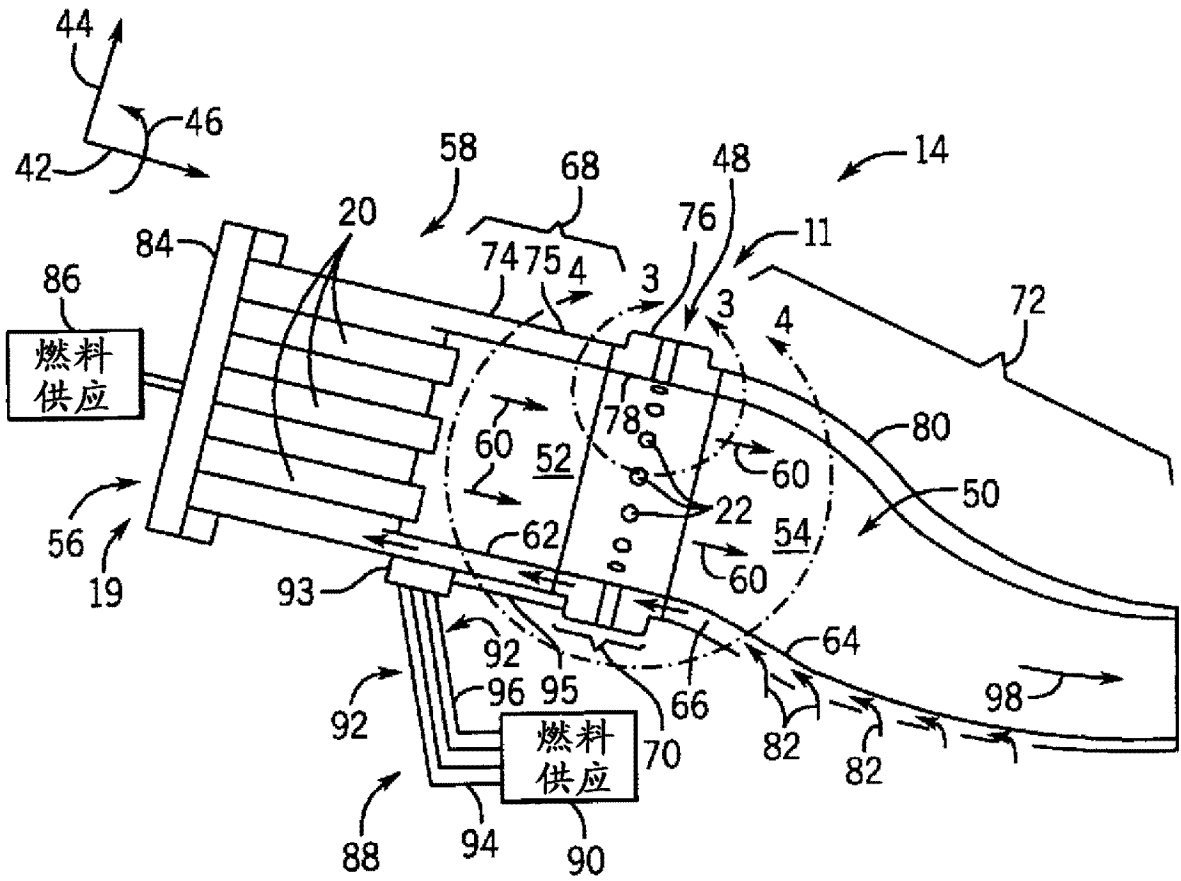


图 2

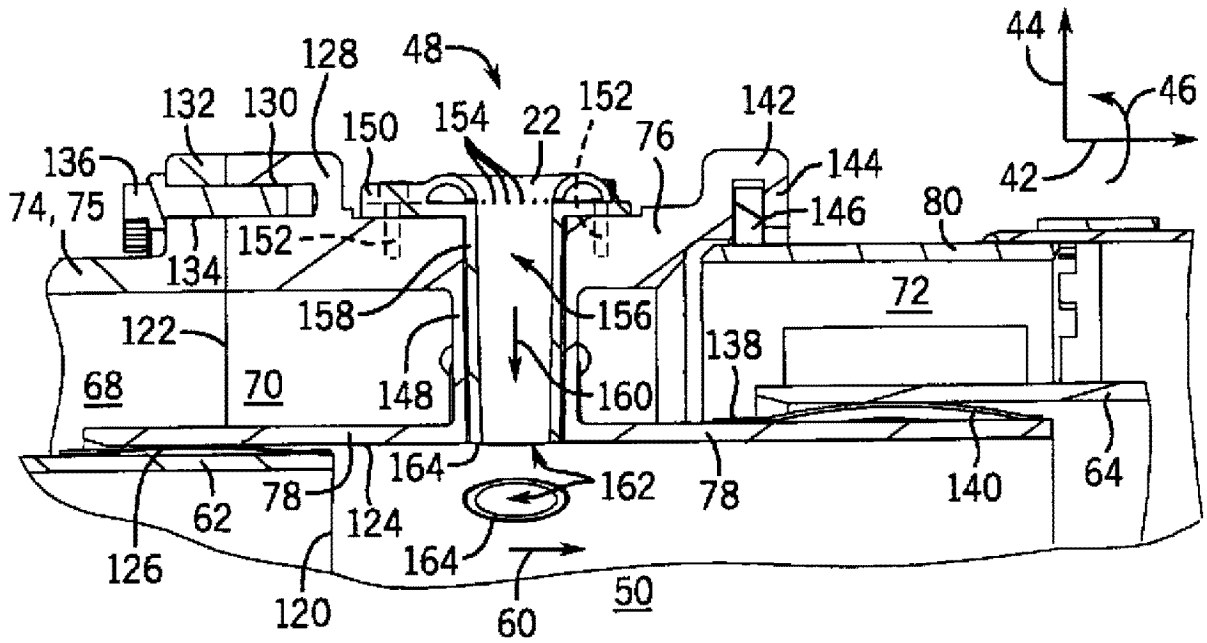


图 3

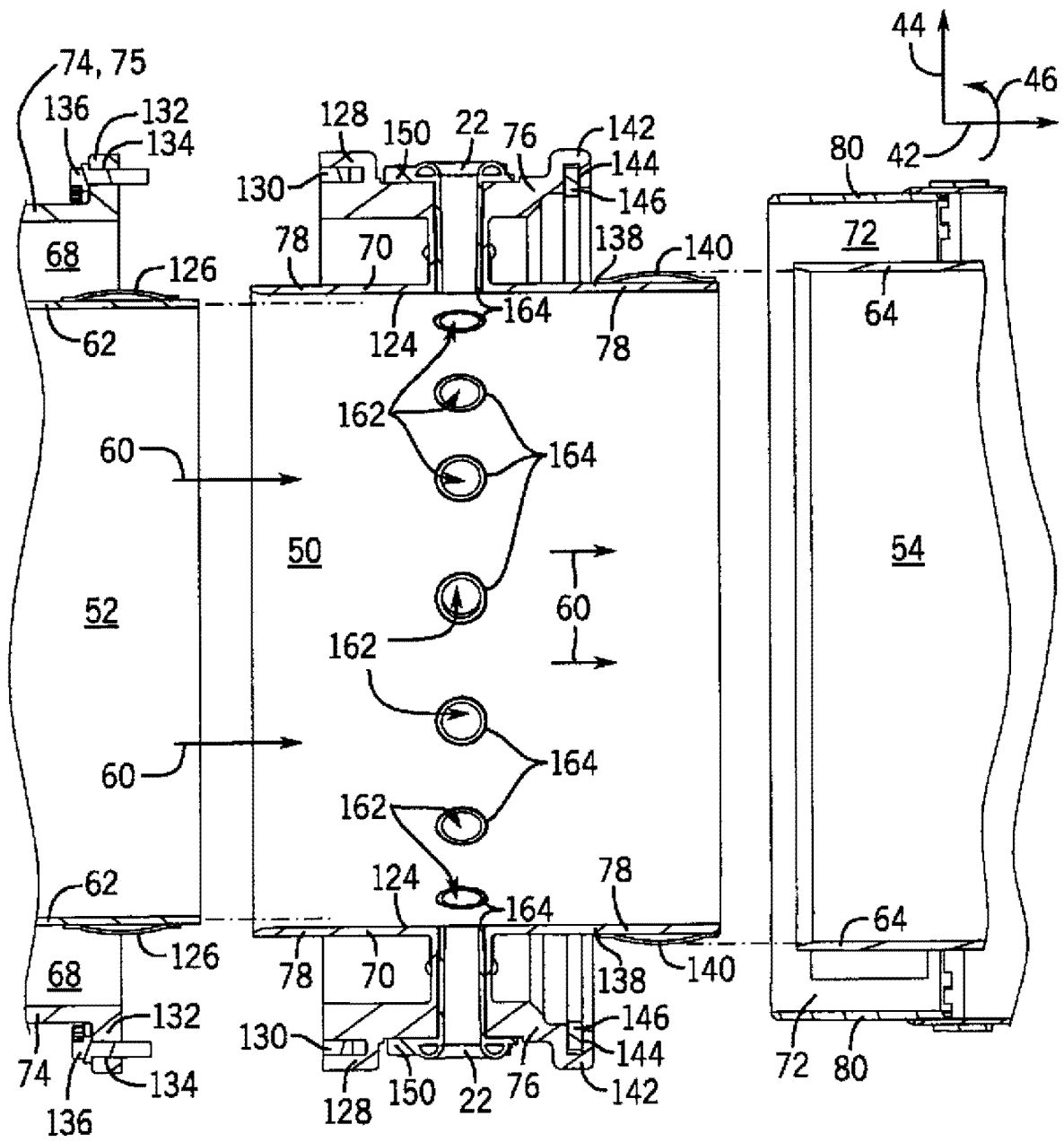


图 4

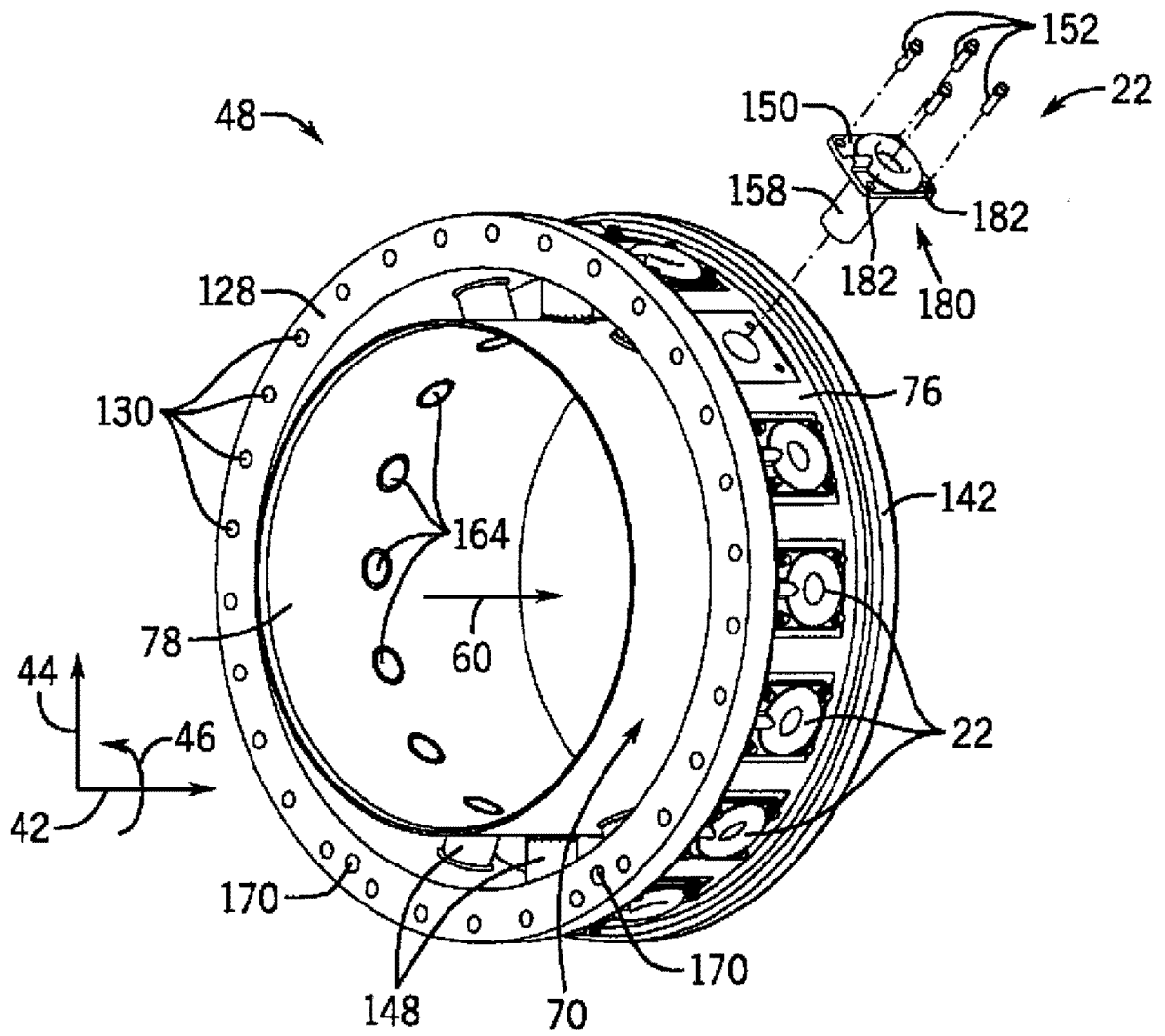


图 5

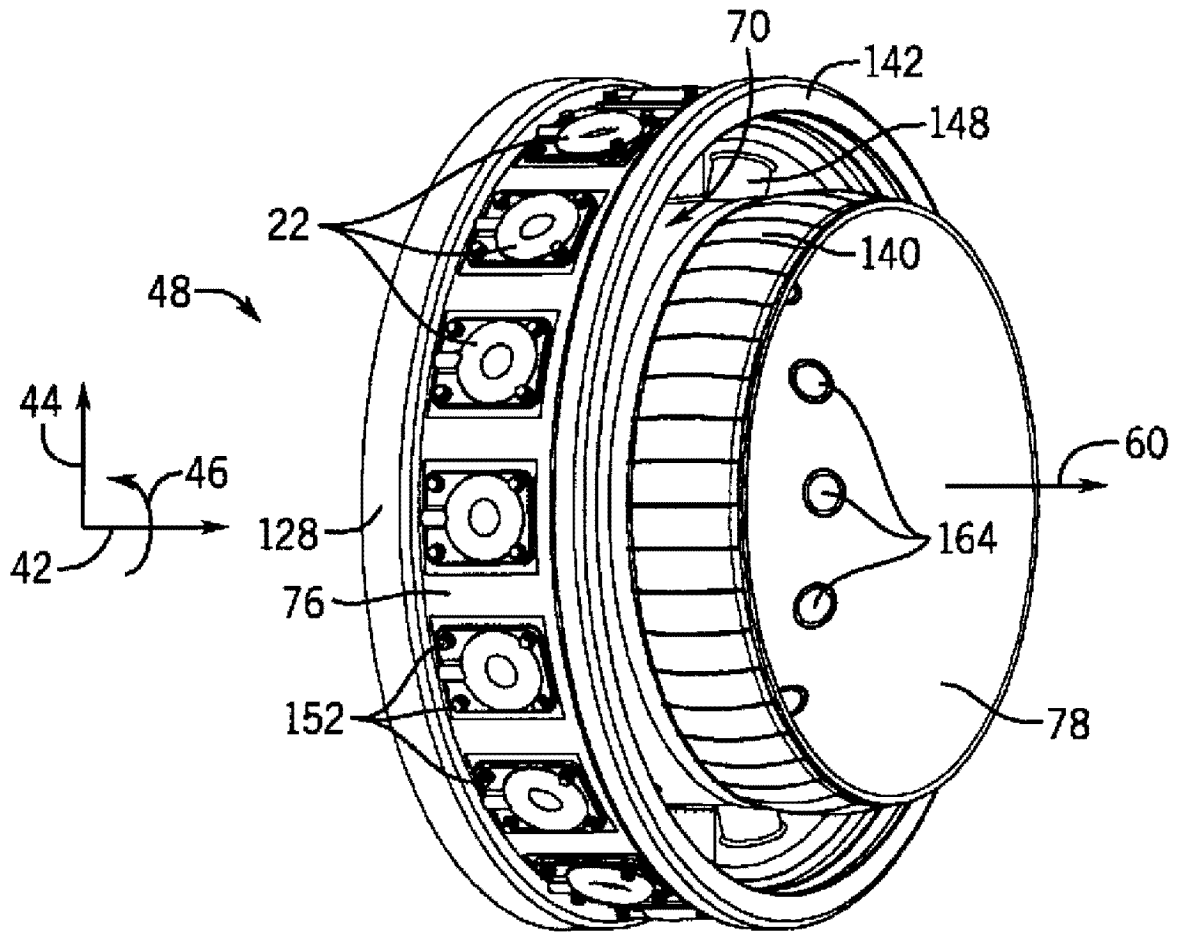


图 6

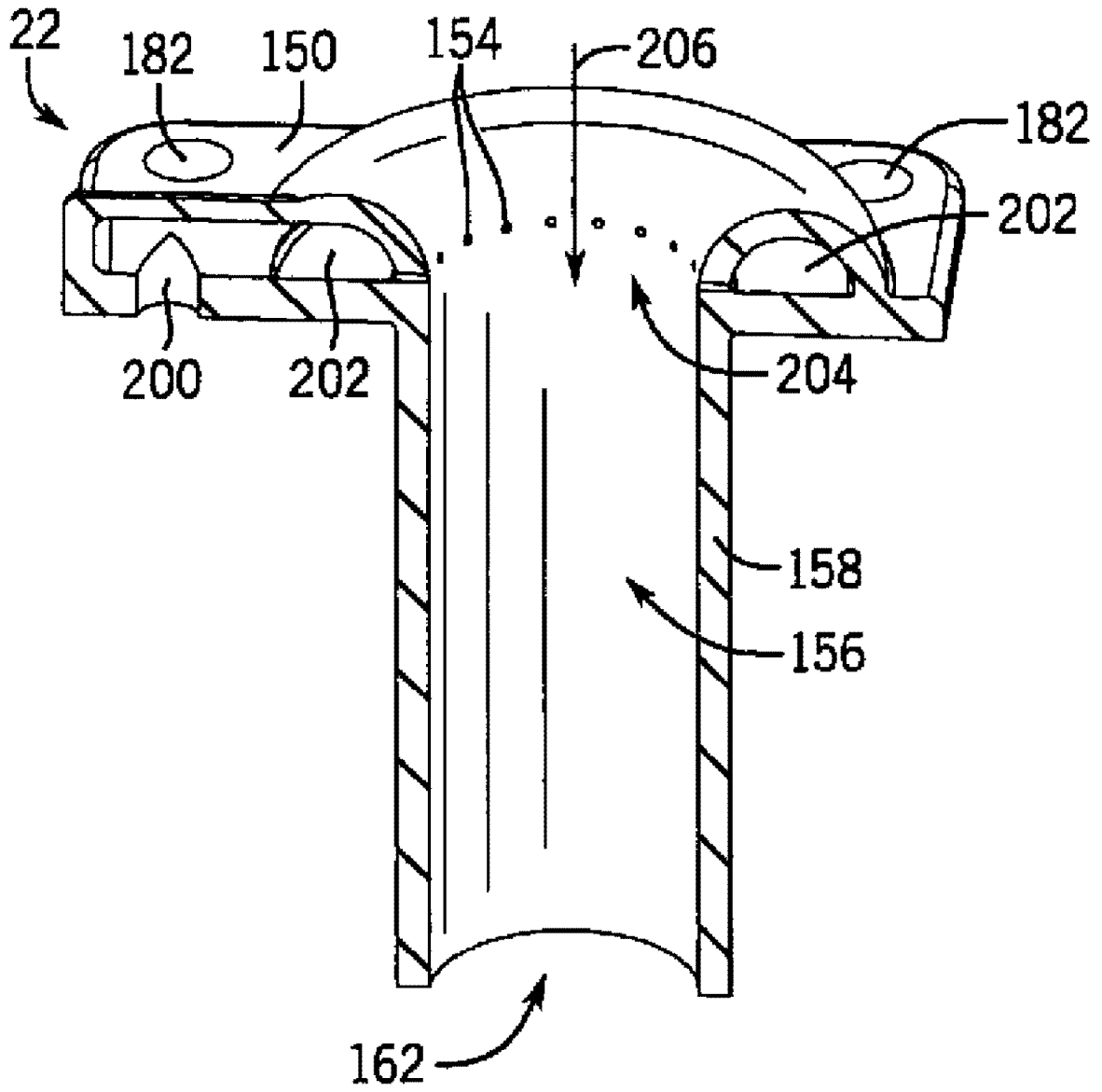


图 7

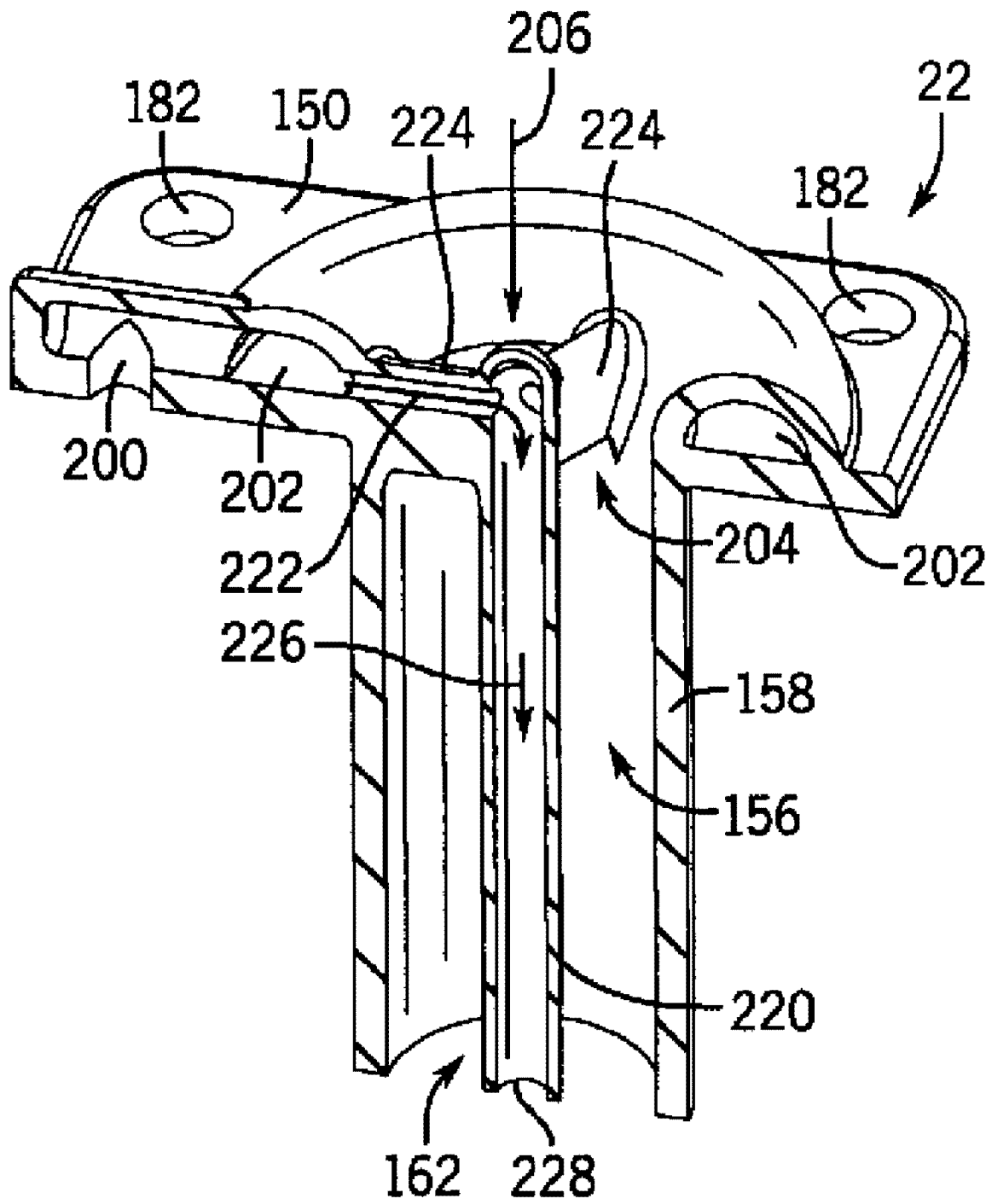


图 8

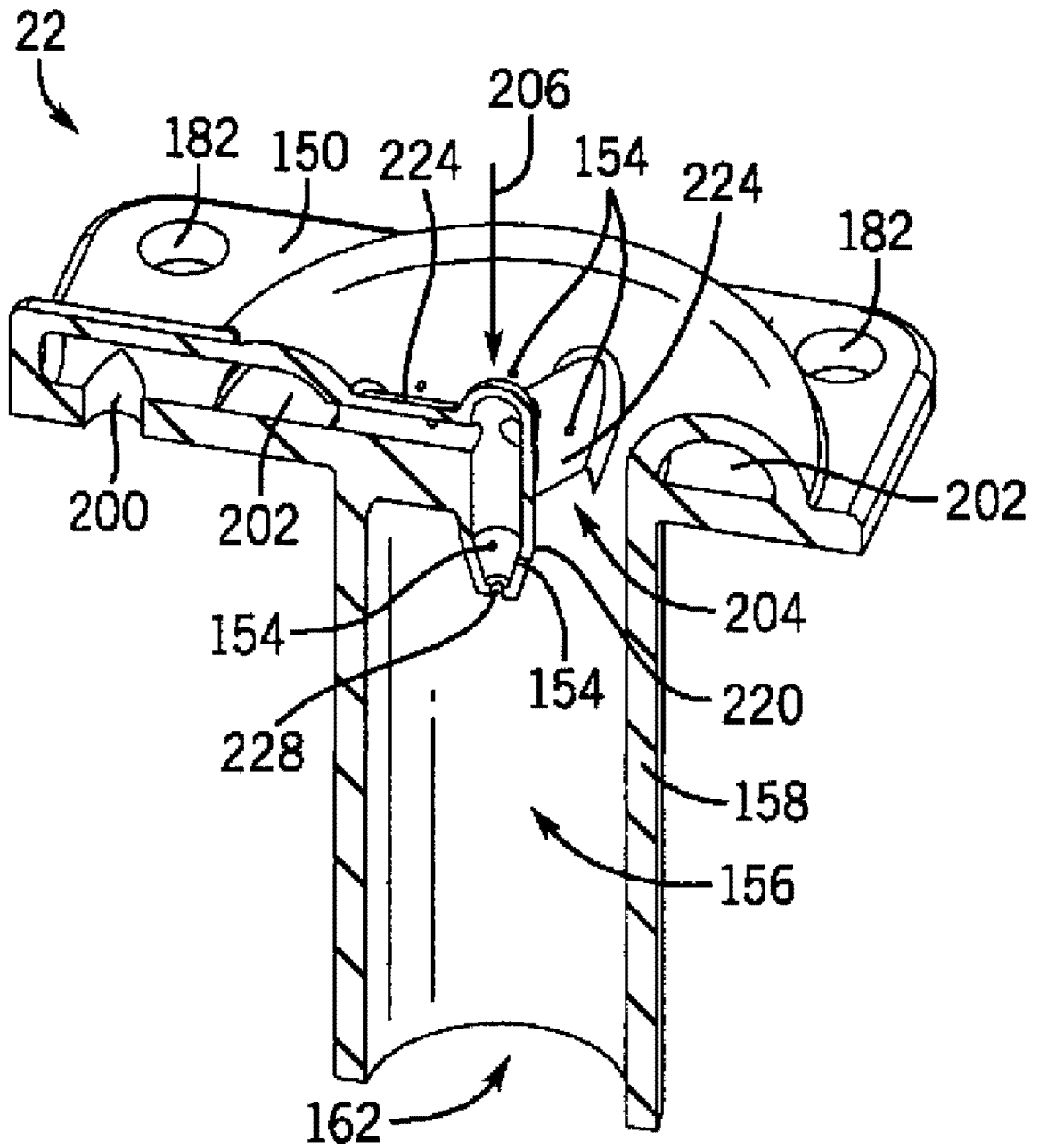


图 9

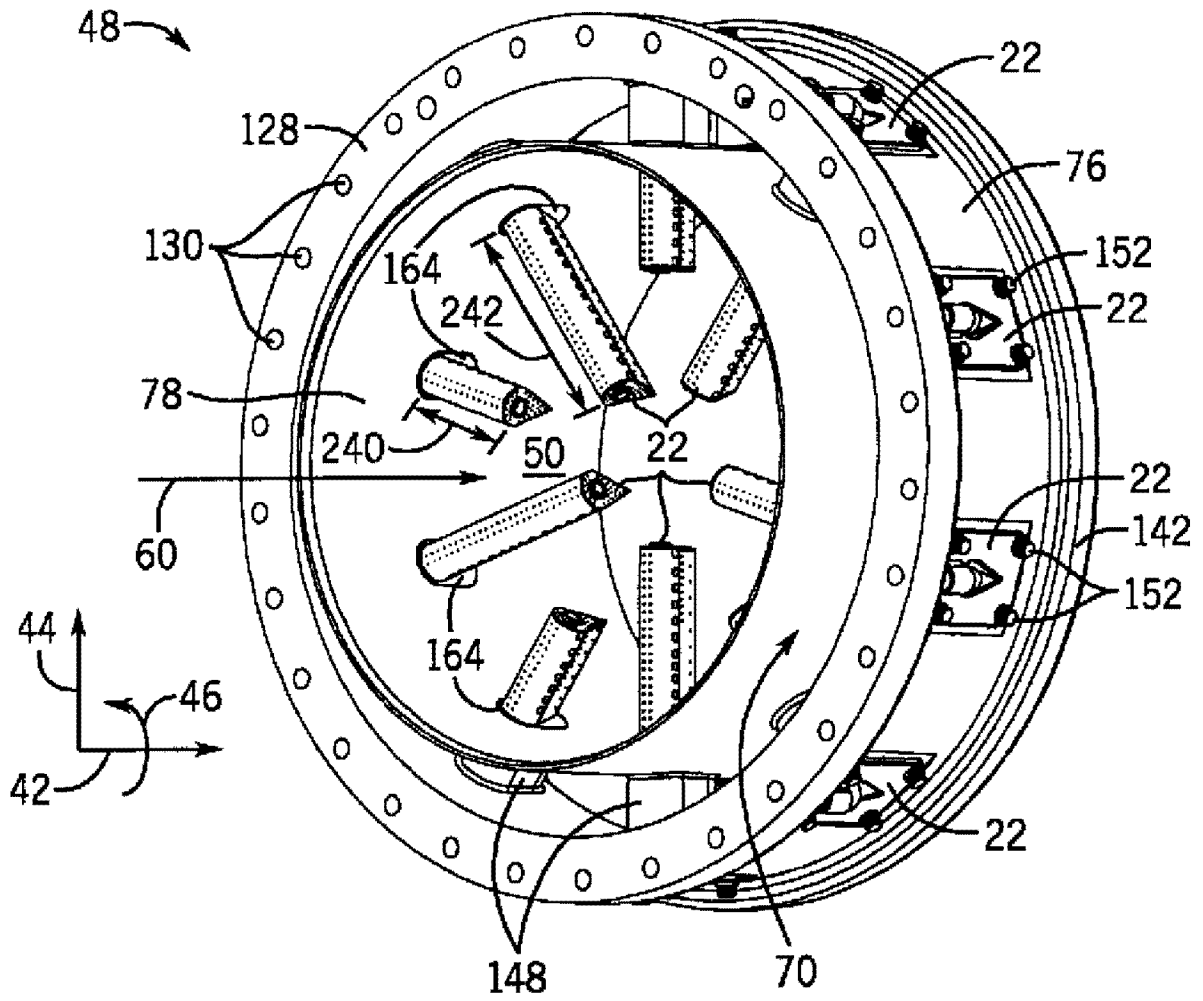


图 10

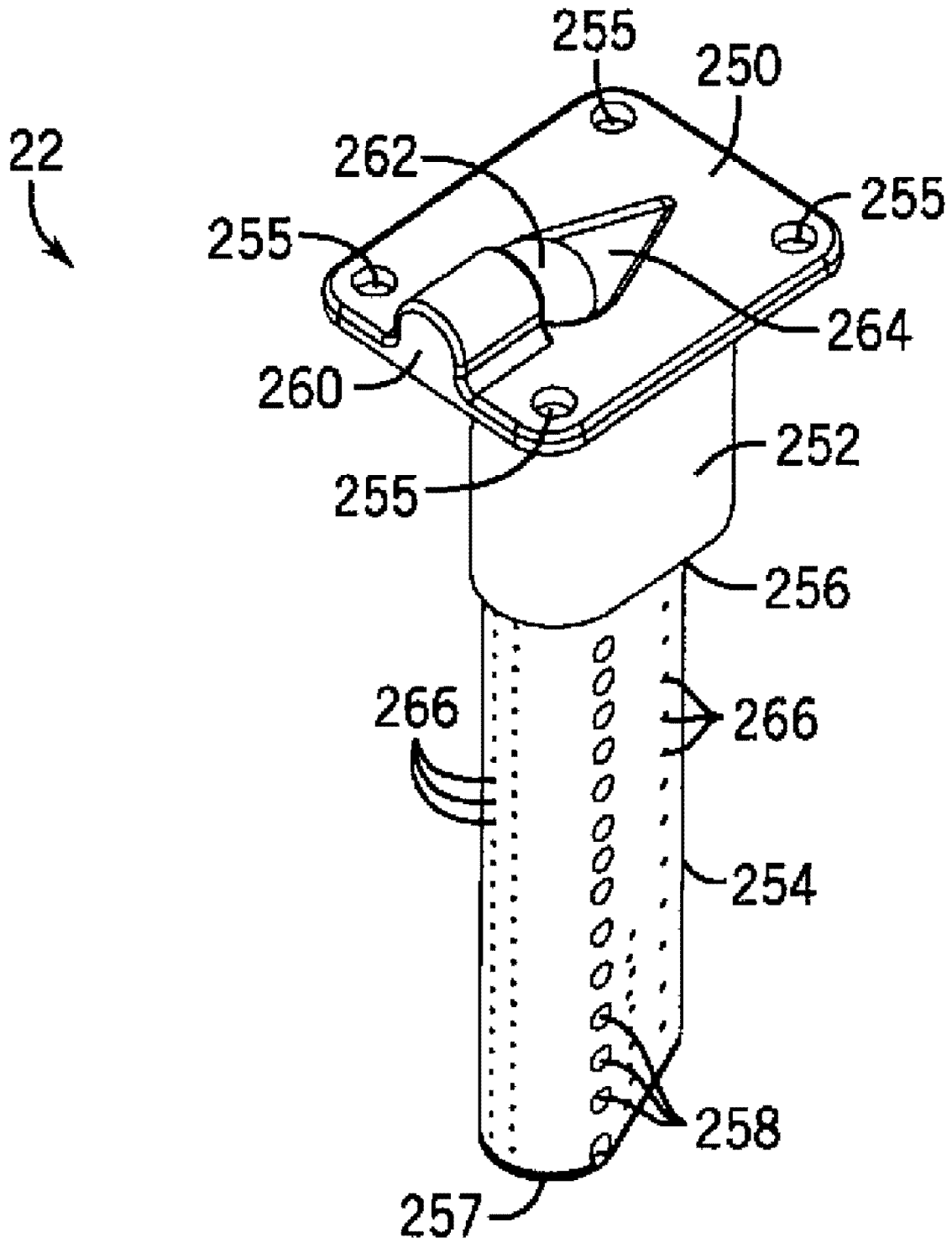


图 11

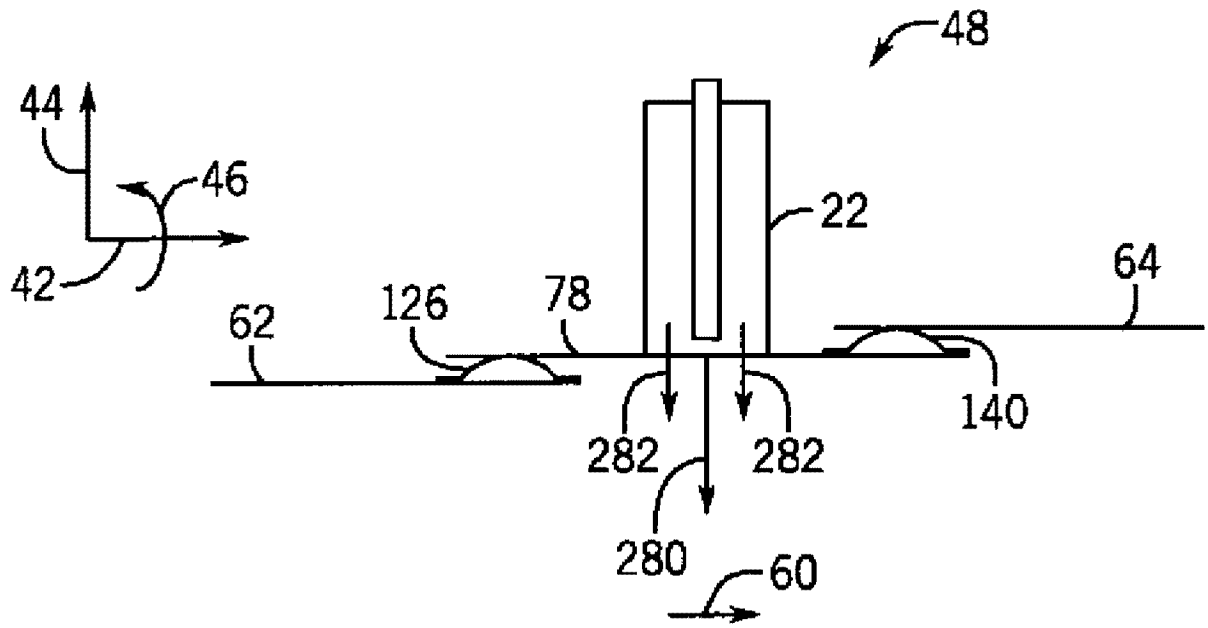


图 12

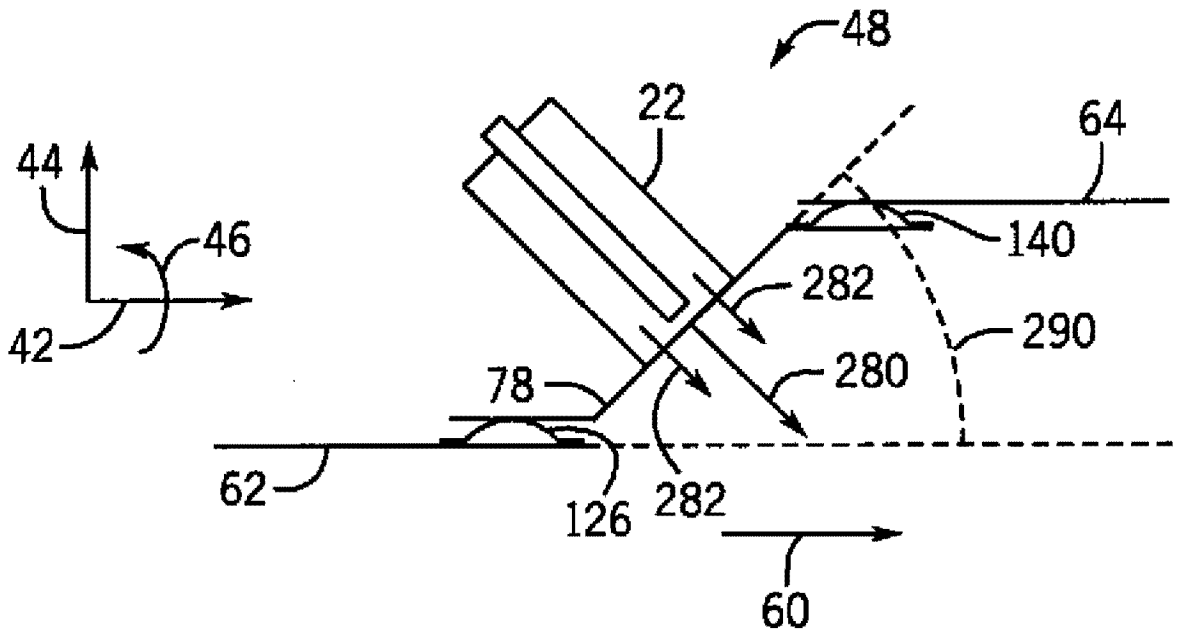


图 13

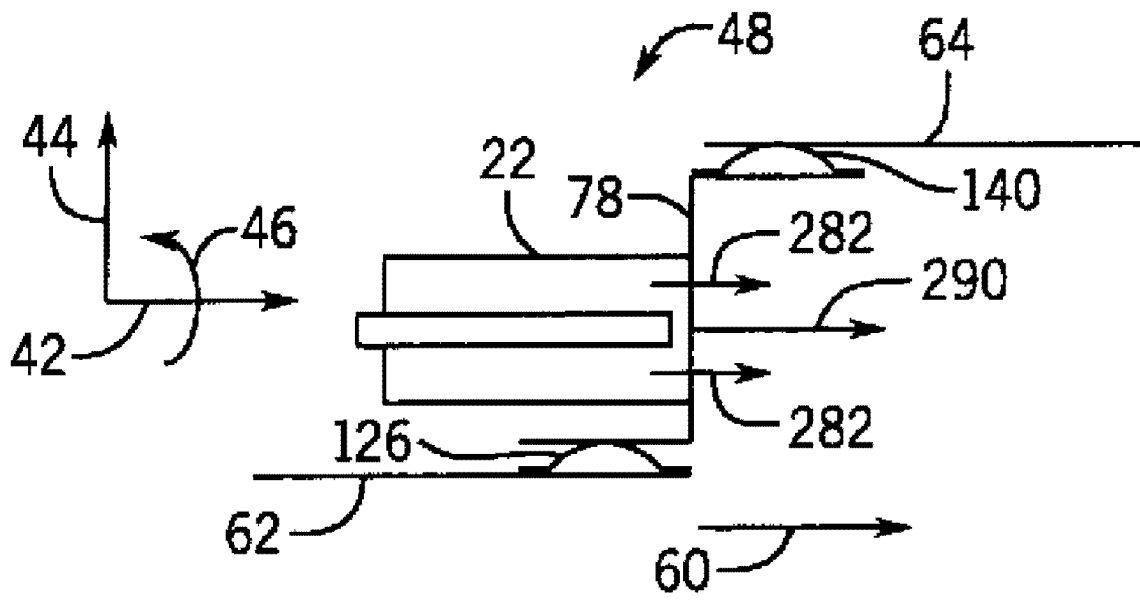


图 14