



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102678583 B

(45)授权公告日 2016.10.05

(21)申请号 201210116100.1

(22)申请日 2012.03.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 102678583 A

(43)申请公布日 2012.09.19

(30)优先权数据
13/037675 2011.03.01 US

(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 D·C·霍弗 D·戈塔普

(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.

F04D 21/00(2006.01)

F04D 29/28(2006.01)

(56)对比文件

CN 101936306 A, 2011.01.05, 说明书第29, 36段、附图1, 5.

CN 101936306 A, 2011.01.05, 说明书第29, 36段、附图1, 5.

US 2003/0210980 A1, 2003.11.13, 说明书第56段、附图12, 16.

CN 1771397 A, 2006.05.10, 全文.

GB 1522594 A, 1978.08.23, 全文.

US 2853227 A, 1958.09.23, 全文.

US 3118277 A, 1964.01.21, 全文.

审查员 何娟

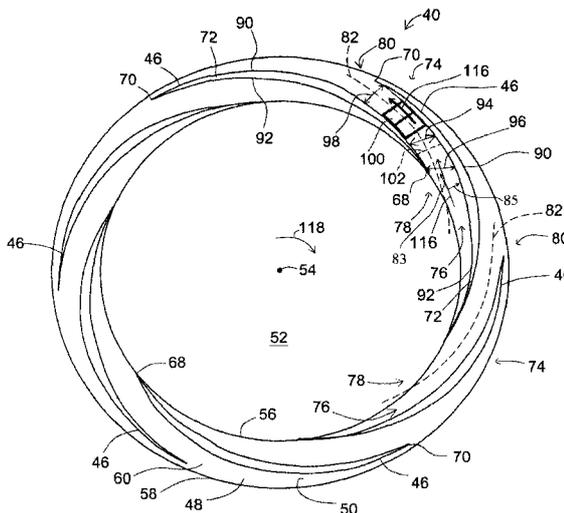
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54)发明名称

组装包括径向流动通道的超音速压缩机转子的系统和方法

(57)摘要

本发明涉及组装包括径向流动通道的超音速压缩机转子的系统和方法。一种超音速压缩机转子包括：转子盘(48)，其包括基本圆柱形的端壁(60)、径向内表面(56)以及径向外表面(58)，端壁在径向内表面和径向外表面之间延伸；联接至端壁的多个叶片(46)，叶片从端壁向外延伸，相邻叶片形成一对(74)并间隔开一定周向距离，使得流动通道被限定在各对沿周向相邻的叶片之间，流动通道在入口开口(78)和出口开口(80)之间大体沿径向延伸；以及联接至端壁的第一超音速压缩坡道(102)，第一超音速压缩坡道定位于流动通道内，以促进在流动通道内形成至少一个压缩波(102)。



1. 一种超音速压缩机转子,包括:

转子盘(48),其包括基本圆柱形的端壁(60)、径向内表面(56)以及径向外表面(58),所述端壁在所述径向内表面和所述径向外表面之间延伸;

联接至所述端壁的多个叶片(46),所述叶片从所述端壁向外延伸,相邻叶片形成一对(74)并间隔开一定周向距离,使得流动通道(76)被限定在各个所述一对的沿周向相邻的叶片之间,所述流动通道在入口开口(78)和出口开口(80)之间大体沿径向延伸;

联接至所述端壁的第一超音速压缩坡道,所述第一超音速压缩坡道定位于所述流动通道内,以促进在所述流动通道内形成至少一个压缩波(102);

联接至所述叶片(46)的罩组件(104),所述叶片在所述罩组件的内表面(114)和所述端壁(60)之间延伸;以及

联接至所述罩组件的内表面(114)的第二超音速压缩坡道(204),所述第二超音速压缩坡道从所述罩组件的内表面向着所述端壁延伸,其中,所述第二超音速压缩坡道(204)相对于所述第一超音速压缩坡道定位成使得所述流动通道的喉部区域(128)被限定在所述第一超音速压缩坡道和所述第二超音速压缩坡道之间。

2. 根据权利要求1所述的超音速压缩机转子,其特征在于,所述第一超音速压缩坡道包括从所述端壁(60)以倾斜角度向外延伸且延伸到所述流动通道(76)中的压缩表面(130),所述压缩表面包括前缘(134)和后缘(136),所述后缘定位成比所述前缘更靠近所述出口开口(80),所述后缘限定了所述流动通道的喉部区域,所述喉部区域(128)具有所述流动通道的最小的横截面积。

3. 根据权利要求2所述的超音速压缩机转子,其特征在于,所述压缩表面(130)是基本平面的。

4. 根据权利要求2所述的超音速压缩机转子,其特征在于,所述压缩表面(130)是基本弧形的。

5. 根据权利要求2所述的超音速压缩机转子,其特征在于,所述压缩表面(130)相对于所述端壁(60)以2度至10度之间的角度定向。

6. 根据权利要求2所述的超音速压缩机转子,其特征在于,所述第一超音速压缩坡道的所述后缘定位成邻近所述流动通道(76)的所述出口开口(80)。

7. 根据权利要求2所述的超音速压缩机转子,其特征在于,所述第一超音速压缩坡道包括联接至所述压缩表面(130)的所述后缘(136)的扩张表面(208),所述扩张表面(208)从所述后缘向着所述端壁(60)以倾斜角度向内延伸。

8. 一种超音速压缩机系统(10),包括:

壳体(24),其包括限定了腔室(32)的内表面(114),所述腔室在流体入口和流体出口之间延伸;

定位于所述壳体内的转子轴,所述转子轴可旋转地联接至驱动组件(18);以及

联接至所述转子轴的超音速压缩机转子,所述超音速压缩机转子定位于所述流体入口和所述流体出口之间,用于将流体从所述流体入口引导至所述流体出口,所述超音速压缩机转子包括:

转子盘(48),其包括基本圆柱形的端壁(60)、径向内表面(56)以及径向外表面(58),所述端壁在所述径向内表面和所述径向外表面之间延伸;

联接至所述端壁的多个叶片(46),所述叶片从所述端壁向外延伸,相邻叶片形成一对(74)并间隔开一定周向距离,使得流动通道(76)被限定在各个所述一对的沿周向相邻的叶片之间,所述流动通道在入口开口(78)和出口开口(80)之间大体沿径向延伸;以及

联接至所述端壁的第一超音速压缩坡道,所述第一超音速压缩坡道定位于所述流动通道内,以促进在所述流动通道内形成至少一个压缩波(102);

联接至所述叶片(46)的罩组件(104),所述叶片在所述罩组件的内表面(114)和所述端壁(60)之间延伸;以及

联接至所述罩组件的内表面(114)的第二超音速压缩坡道(204),所述第二超音速压缩坡道从所述罩组件的内表面向着所述端壁延伸,其中,所述第二超音速压缩坡道(204)相对于所述第一超音速压缩坡道定位成使得所述流动通道的喉部区域(128)被限定在所述第一超音速压缩坡道和所述第二超音速压缩坡道之间。

组装包括径向流动通道的超音速压缩机转子的系统和方法

技术领域

[0001] 本文中描述的主题大体涉及超音速压缩机系统,并且更特别地涉及用于与超音速压缩机系统一起使用的超音速压缩机转子。

背景技术

[0002] 至少一些已知的超音速压缩机系统包括驱动组件、传动轴以及至少一个用于压缩流体的超音速压缩机转子。用传动轴将驱动组件联接至超音速压缩机转子而使传动轴和超音速压缩机转子旋转。

[0003] 已知的超音速压缩机转子包括多个联接至转子盘的列板(strake)。各个列板在转子盘周围沿周向定向并在相邻的列板之间限定轴向流动通道。至少一些已知的超音速压缩机转子包括联接至转子盘的超音速压缩坡道(ramp)。已知的超音速压缩坡道定位于轴向流径内并且构造成在该流径内形成压缩波。

[0004] 在已知的超音速压缩机系统的运转期间,驱动组件使超音速压缩机转子以高转速旋转。流体被引导至超音速压缩机转子,使得该流体的特征为在流动通道处相对于超音速压缩机转子的速度为超音速的。至少一些已知的超音速压缩机转子沿轴向方向从流动通道排出流体。由于流体被沿轴向方向引导,因而超音速压缩机转子的下游的超音速压缩机系统构件需要设计成接收轴向流。这样,已知的超音速压缩机系统需要另外的部件来沿径向方向排出流体。已知的超音速压缩机系统例如在分别于2005年3月28日和2005年3月23日提交的美国专利No.7,334,990和No.7293955以及于2009年1月16日提交的美国专利申请2009/0196731中进行了描述。

发明内容

[0005] 在一个实施例中,提供了一种超音速压缩机转子。该超音速压缩机转子包括转子盘,转子盘包括基本圆柱形的端壁、径向内表面以及径向外表面。端壁在径向内表面和径向外表面之间延伸。多个叶片联接至端壁。叶片从端壁向外延伸。相邻叶片形成一对并间隔开一定周向距离,使得流动通道被限定在各对沿周向相邻的叶片之间。流动通道在入口开口和出口开口之间大体沿径向延伸。第一超音速压缩坡道联接至端壁。第一超音速压缩坡道定位于流动通道内,以促进在流动通道内形成至少一个压缩波。

[0006] 在另一实施例中,提供了一种超音速压缩机系统。该超音速压缩机系统包括壳体,该壳体包括限定了在流体入口和流体出口之间延伸的腔室的内表面。转子轴定位于壳体内。转子轴可旋转地联接至驱动组件。超音速压缩机转子联接至转子轴。超音速压缩机转子定位于流体入口和流体出口之间,用于将流体从流体入口引导至流体出口。超音速压缩机转子包括转子盘,该转子盘包括基本圆柱形的端壁、径向内表面以及径向外表面。端壁在径向内表面和径向外表面之间延伸。多个叶片联接至端壁。叶片从端壁向外延伸。相邻叶片形成一对并间隔开一定周向距离,使得流动通道被限定在各对沿周向相邻的叶片之间。流动通道在入口开口和出口开口之间大体沿径向延伸。第一超音速压缩坡道联接至端壁。第一

超音速压缩坡道定位于流动通道内,以促进在流动通道内形成至少一个压缩波。

[0007] 在又一实施例中,提供了一种组装超音速压缩机转子的方法。该方法包括提供包括端壁、径向内表面以及径向外表面的转子盘。端壁在径向内表面和径向外表面之间延伸。多个叶片联接至端壁。相邻叶片形成一对并间隔开一定周向距离,使得流动通道被限定在各对沿周向相邻的叶片之间。流动通道在入口开口和出口开口之间大体沿径向延伸。第一超音速压缩坡道联接至端壁。第一超音速压缩坡道构造成使至少一个压缩波能够形成于流动通道内。

附图说明

[0008] 当参考附图阅读下面的详细描述时,本发明的这些及其它的特征、方面以及优点将变得更好理解,在附图中,相同的字符在所有图中代表相同的部件,其中:

[0009] 图1是示例性的超音速压缩机系统的示意图;

[0010] 图2是可以与图1所示的超音速压缩机系统一起使用的示例性的超音速压缩机转子的分解透视图;

[0011] 图3是图2所示的超音速压缩机转子的剖视图;

[0012] 图4是图2所示的超音速压缩机转子的另一剖视图;

[0013] 图5是图4所示的超音速压缩机转子的备选实施例的剖视图;

[0014] 图6是图4所示的超音速压缩机转子的另一个备选实施例的剖视图。

[0015] 除非有其它规定,否则在本文提供的附图意图表示本发明的关键的创造性特征。相信这些关键的创造性特征可以应用于包括本发明的一个或多个实施例的各种各样的系统中。这样,附图并不意图包括本领域普通技术人员已知的实践本发明所需要的所有常规特征。

[0016] 部件列表

[0017] 10超音速压缩机系统

[0018] 12进口区段

[0019] 14压缩机区段

[0020] 16排出区段

[0021] 18驱动组件

[0022] 20转子组件

[0023] 22传动轴

[0024] 24压缩机壳体

[0025] 26流体入口

[0026] 28流体出口

[0027] 30内表面

[0028] 32腔室

[0029] 34流体源

[0030] 36入口导向叶片组件

[0031] 38入口导向叶片

[0032] 40超音速压缩机转子

- [0033] 42出口导向叶片组件
- [0034] 44输出系统
- [0035] 46叶片
- [0036] 48转子盘
- [0037] 50盘本体
- [0038] 52内部圆柱形腔室
- [0039] 54中心线轴线
- [0040] 56径向内表面
- [0041] 58径向外表面
- [0042] 60端壁
- [0043] 62宽度
- [0044] 64径向方向
- [0045] 66轴向方向
- [0046] 68入口边缘
- [0047] 70出口边缘
- [0048] 72侧壁
- [0049] 74对
- [0050] 76流动通道
- [0051] 78入口开口
- [0052] 80出口开口
- [0053] 82流径
- [0054] 83箭头
- [0055] 84外表面
- [0056] 85箭头
- [0057] 86内表面
- [0058] 88轴向高度
- [0059] 90压力侧
- [0060] 92吸力侧
- [0061] 94宽度
- [0062] 96第一周向宽度
- [0063] 98第二周向宽度
- [0064] 100超音速压缩坡道
- [0065] 102压缩波
- [0066] 104罩组件
- [0067] 106内边缘
- [0068] 108外边缘
- [0069] 110罩板
- [0070] 112圆柱形开口
- [0071] 114内表面

- [0072] 116流体
- [0073] 118箭头
- [0074] 120横截面积
- [0075] 122横截面积
- [0076] 124横截面积
- [0077] 126横截面积
- [0078] 128喉部区域
- [0079] 130压缩表面
- [0080] 132扩张表面
- [0081] 134前缘
- [0082] 136后缘
- [0083] 138平面表面
- [0084] 140弧形表面
- [0085] 142第二超音速压缩区域
- [0086] 144横截面积
- [0087] 146第一端
- [0088] 148第二端
- [0089] 150扩张区域
- [0090] 152横截面积
- [0091] 154系统
- [0092] 156第一斜向冲击波
- [0093] 158第二斜向冲击波
- [0094] 160法向冲击波
- [0095] 200超音速压缩坡道
- [0096] 202第一超音速压缩坡道
- [0097] 204第二超音速压缩坡道
- [0098] 206第一压缩表面
- [0099] 208第一扩张表面
- [0100] 210第二压缩表面
- [0101] 212第二扩张表面
- [0102] 214第一系统
- [0103] 216第二系统
- [0104] 218第一斜向冲击波
- [0105] 220第二斜向冲击波
- [0106] 222第三斜向冲击波
- [0107] 224第四斜向冲击波

具体实施方式

- [0108] 在下面的说明书和所附的权利要求中,将对许多用语作出参照,这些用语应当被

限定为具有下面的含义。

[0109] 除非上下文清楚地有其它指示,否则单数形式“一”、“一个”及“该”包括复数个指示物。

[0110] “可选的”或者“可选地”意指随后描述的事情或情况可以发生或不发生,并且该描述包括事情发生的情况和事情不发生的情况。

[0111] 如本文在整个说明书和权利要求中所使用的,近似性语言可以用于修饰任何定量的表示,这些定量的表示可以在未导致其所涉及的基本功能改变的情况下获准有变化。因此,由诸如“大约”和“基本”的一个用语或多个用语修饰的值,并不限于指定的精确值。在至少一些情况下,近似性语言可以与用于测量该值的仪器的精度相对应。在此以及在整个说明书和权利要求中,范围限制可进行组合和/或互换,除非上下文或语言有其它指示,这些范围可被确定并包括包含在其内的所有子范围。

[0112] 如本文中使用的,用语“超音速压缩机转子”是指一种压缩机转子,其包括设置在该超音速压缩机转子的流体流动通道内的超音速压缩坡道。超音速压缩机转子之所以称作“超音速”,是因为它们被设计成在高速下围绕旋转轴线旋转,使得在设置在该转子的流动通道内的超音速压缩坡道处冲击旋转的超音速压缩机转子的移动流体(例如移动气体)被认为具有为超音速的相对流体速度。该相对流体速度可在超音速压缩坡道处的转子速度和在刚刚冲击该超音速压缩坡道之前的流体速度的矢量和的方面进行限定。该相对流体速度有时称作“局部超音速入口速度”,在某些实施例中,其为入口气体速度和设置在超音速压缩机转子的流动通道内的超音速压缩坡道的切向速度的组合。该超音速压缩机转子设计成在很高的切向速度下工作,例如300m/s至800m/s的范围中的切向速度。

[0113] 本文中描述的示例性的系统和方法通过提供一种超音速压缩机转子来克服已知的超音速压缩机组件的缺点,该超音速压缩机转子促进通过大体径向的流径引导流体。更具体地,本文中描述的实施例包括联接至转子盘的端壁而限定径向流动通道的超音速压缩坡道。此外,提供具有径向流动通道的超音速压缩机转子使得超音速压缩机系统能够设计成具有径向流排放。

[0114] 图1是示例性的超音速压缩机系统10的示意图。在该示例性的实施例中,超音速压缩机系统10包括进口区段12、在进口区段12的下游联接的压缩机区段14、在压缩机区段14的下游联接的排出区段16以及驱动组件18。压缩机区段14通过包括传动轴22的转子组件20联接至驱动组件18。在该示例性实施例中,进口区段12、压缩机区段14及排出区段16中的各个均定位于压缩机壳体24内。更具体地,压缩机壳体24包括流体入口26、流体出口28以及限定腔室32的内表面30。腔室32在流体入口26和流体出口28之间延伸,并构造成将流体从流体入口26引导至流体出口28。进口区段12、压缩机区段14及排出区段16中的各个均定位于腔室32内。备选地,进口区段12和/或排出区段16可以不定位于压缩机壳体24内。

[0115] 在该示例性实施例中,流体入口26构造成将流体流从流体源34引导至进口区段12。该流体例如可以是诸如液体、气体、气体混合物以及/或者液体-气体混合物的任何流体。进口区段12与压缩机区段14以流连通的方式联接,用于将流体从流体入口26引导至压缩机区段14。进口区段12构造成调节具有一个或多个预定参数的流体流,预定参数例如速度、质量流率、压力、温度以及/或者任何适合的流参数。在该示例性实施例中,进口区段12包括入口导向叶片组件36,该入口导向叶片组件36联接在流体入口26和压缩机区段14之

间,用于将流体从流体入口26引导至压缩机区段14。入口导向叶片组件36包括联接至压缩机壳体24且相对于压缩机区段14静止的一个或多个入口导向叶片38。

[0116] 压缩机区段14联接在进口区段12和排出区段16之间,用于将至少一部分流体从进口区段12引导至排出区段16。压缩机区段14包括至少一个可旋转地联接至传动轴22的超音速压缩机转子40。超音速压缩机转子40构造成增加正被引导至排出区段16的流体的压力,减小流体的体积,且/或提高流体的温度。排出区段16包括出口导向叶片组件42,该出口导向叶片组件42联接在超音速压缩机转子40和流体出口28之间,用于将流体从超音速压缩机转子40引导至流体出口28。流体出口28构造成将流体从出口导向叶片组件42和/或超音速压缩机转子40引导至输出系统44,诸如例如涡轮发动机系统、流体处理系统以及/或者流体储存系统。

[0117] 在运转期间,进口区段12将流体从流体源34引导向压缩机区段14。压缩机区段14压缩流体并将压缩流体引导向排出区段16。排出区段16将压缩流体从压缩机区段14通过流体出口28而引导至输出系统44。

[0118] 图2是超音速压缩机转子40的分解透视图。图3是超音速压缩机转子40的剖视图。图4是超音速压缩机转子40的另一剖视图。在该示例性实施例中,超音速压缩机转子40包括多个联接至转子盘48的叶片46。转子盘48包括限定了内部圆柱形腔室52的环形盘本体50,该圆柱形腔室52沿着中心线轴线54大体沿轴向延伸通过盘本体50。盘本体50包括径向内表面56、径向外表面58以及端壁60。径向内表面56限定内部圆柱形腔室52。内部圆柱形腔室52具有基本圆柱形形状,并且环绕中心线轴线54而定向。内部圆柱形腔室52大小设置为接收穿过其中的传动轴22(显示在图1中)。端壁60从内部圆柱形腔室52沿径向向外延伸,并且在径向内表面56和径向外表面58之间延伸。端壁60包括沿径向方向64限定的宽度62,该径向方向64定向成垂直于中心线轴线54。

[0119] 在该示例性实施例中,各个叶片46联接至端壁60并沿大体平行于中心线轴线54的轴向方向66从端壁60向外延伸。各个叶片46包括入口边缘68、出口边缘70以及在入口边缘68和出口边缘70之间延伸的侧壁72。入口边缘68定位成邻近径向内表面56。出口边缘70定位成邻近径向外表面58。在该示例性实施例中,相邻的叶片46形成一对74叶片46。各对74定向成在相邻叶片46之间限定流动通道76、入口开口78以及出口开口80。流动通道76在入口开口78和出口开口80之间延伸,并且限定了从入口开口78到出口开口80之间的流径82(显示在图3中)。流径82定向成大体平行于侧壁72。在该示例性实施例中,流径82包括径向矢量分量和切向矢量分量。流动通道76的大小、形状及定向设置为沿着流径82沿径向方向64将流体从入口开口78引导至出口开口80,使得通过流径82的流体的特征为具有由箭头83表示的切向流动矢量和由箭头85表示的径向流动矢量。入口开口78限定在相邻叶片46的相邻入口边缘68之间。出口开口80限定在相邻叶片46的相邻出口边缘70之间。侧壁72在入口边缘68和出口边缘70之间沿径向延伸,使得叶片46在径向内表面56和径向外表面58之间延伸。侧壁72包括外表面84和相反的内表面86。侧壁72在外表面84和内表面86之间延伸,以从外表面84至内表面86限定流动通道76的轴向高度88。

[0120] 各个侧壁72包括第一侧(即压力侧90)和相反的第二侧(即吸力侧92)。各个压力侧90和吸力侧92在入口边缘68和出口边缘70之间延伸。各个叶片46在内部圆柱形腔室52周围沿周向间隔开,使得流动通道76在入口开口78和出口开口80之间大体沿径向定向。各个入

口开口78在入口边缘68处在叶片46的压力侧90和相邻的吸力侧92之间延伸。各个出口开口80在出口边缘70处在压力侧90和相邻的吸力侧92之间延伸,使得流径82沿径向方向64从径向内表面56到径向外表面58被限定成沿径向向外。备选地,相邻叶片46可以定向成使得入口开口78被限定于径向外表面58处,并且出口开口80被限定于径向内表面56处,使得流径82从径向外表面58到径向内表面56被限定成沿径向向内。

[0121] 在该示例性实施例中,流动通道76包括限定于压力侧90和相邻吸力侧92之间的宽度94,并且垂直于流径82。入口开口78具有第一周向宽度96,其大于出口开口80的第二周向宽度98。备选地,入口开口78的第一周向宽度96可以小于或等于出口开口80的第二周向宽度98。

[0122] 在该示例性实施例中,至少一个超音速压缩坡道100联接至端壁60,并在轴向方向66上从端壁60向外延伸。超音速压缩坡道100位于入口开口78和出口开口80之间,并从端壁60至少部分地延伸至流动通道76中。超音速压缩坡道100的大小、形状和定向构造为使得一个或多个压缩波102形成于流动通道76内。

[0123] 罩组件104联接至各个叶片46的外表面84,使得流动通道76限定在罩组件104和端壁60之间。罩组件104包括内边缘106、外边缘108以及在内边缘106和外边缘108之间沿径向延伸的罩板110。内边缘106限定了基本圆柱形的开口112。罩组件104定向成关于转子盘48同轴,使得内部圆柱形腔室52与开口112共心。罩组件104联接至各个叶片46,使得叶片46的入口边缘68定位成邻近罩组件104的内边缘106,并且叶片46的出口边缘70定位成邻近罩组件104的外边缘108。各个叶片46在罩板110的内表面114和端壁60之间沿轴向延伸。备选地,超音速压缩机转子40不包括罩组件104。在这种实施例中,隔膜组件(未显示)定位成邻近叶片46的各个外表面84,使得该隔膜组件至少部分地限定流动通道76。

[0124] 在超音速压缩机转子40的运转期间,进口区段12(显示在图1中)将流体116引导向流动通道76的入口开口78。流体116在刚刚进入入口开口78之前具有第一速度,即接近速度。超音速压缩机转子40围绕中心线轴线54以由箭头118表示的第二速度(即旋转速度)旋转,使得进入流动通道76的流体116包括第三速度,即入口开口78处的相对于叶片46为超音速的入口速度。由于流体116以超音速速度被引导通过流动通道76,因而超音速压缩坡道100导致压缩波102形成于流动通道76内而促进压缩流体116,使得流体116在出口开口80处包括升高的压力和温度并且/或者包括减小的体积。

[0125] 在该示例性实施例中,超音速压缩坡道100联接至端壁60,以限定出具有沿流径82变化的横截面积120的流动通道76。流动通道76的横截面积120被限定成垂直于流径82且等于流动通道76的宽度94和流动通道76的轴向高度88的乘积。流动通道76包括第一面积(即入口开口78处的入口横截面积122)、第二面积(即出口开口80处的出口横截面积124),以及第三面积(即限定在入口开口78和出口开口80之间的最小横截面积126)。在该示例性实施例中,超音速压缩坡道100限定了流动通道76的喉部区域128。喉部区域128包括流动通道76的最小横截面积126。最小横截面积126小于入口横截面积122和出口横截面积124。在一个实施例中,最小横截面积126等于出口横截面积124,其中出口横截面积124和最小横截面积126中的各个均小于入口横截面积122。

[0126] 在该示例性实施例中,超音速压缩坡道100包括压缩表面130和扩张表面132。压缩表面130包括第一边缘(即前缘134)和第二边缘(即后缘136)。前缘134比后缘136定位成更

靠近入口开口78。压缩表面130在前缘134和后缘136之间延伸,并且从端壁60到流动通道76中以倾斜角度 α_1 定向。在该示例性实施例中,压缩表面130从端壁60向外延伸且延伸到流动通道76中,使得当在端壁60和压缩表面130之间测量时,角度 α_1 限定在大约 2° 和大约 10° 之间。备选地,压缩表面130可以相对于端壁60定向成使得角度 α_1 可以是足以使超音速压缩坡道100如本文所述的那样发挥作用的任何适当的角度。在该示例性实施例中,压缩表面130包括在前缘134和后缘136之间延伸的基本平面的表面138。在一个备选实施例中,压缩表面130包括在前缘134和后缘136之间延伸的弧形表面140(以虚线表示)。

[0127] 在该示例性实施例中,压缩表面130向着罩板110会聚,使得压缩区域142被限定在前缘134和后缘136之间。压缩区域142包括流动通道76的横截面积144,该横截面积144沿着流径82从前缘134向后缘136减小。压缩表面130的后缘136限定了喉部区域128。扩张表面132联接至压缩表面130并从压缩表面130向着出口开口80向下游延伸。扩张表面132包括第一端部146和比第一端部146更靠近出口开口80的第二端部148。扩张表面132的第一端部146联接至压缩表面130的后缘136。扩张表面132在第一端部146和第二端部148之间延伸,并且相对于端壁60以倾斜角度 α_2 定向。扩张表面132限定了扩张区域150,该扩张区域150包括从压缩表面130的后缘136向出口开口80增大的扩张横截面积152。扩张区域150从喉部区域128延伸至出口开口80。

[0128] 在超音速压缩机转子40的运转期间,流体116以相对于转子盘48为超音速的速度从内部圆柱形腔室52被引导至入口开口78中。从内部圆柱形腔室52进入流动通道76的流体116被引导通过压缩区域142并与超音速压缩坡道100接触。超音速压缩坡道100的大小、形状及定向设置为导致压缩波102的系统154形成于流动通道76内。系统154包括随着流体116被引导穿过超音速压缩坡道100并通过压缩区域142而形成的第一斜向冲击波156。压缩表面130导致第一斜向冲击波156形成于压缩表面130的前缘134处。第一斜向冲击波156从前缘134穿过流径82延伸至罩板110,并相对于流径82以倾斜的角度进行定向。第一斜向冲击波156与罩板110接触,并形成从罩板110相对于流径82以倾斜的角度向着压缩表面130的后缘136反射的第二斜向冲击波158。超音速压缩坡道100构造成导致第一斜向冲击波156和第二斜向冲击波158中的各个均形成于压缩区域142内。随着流体通过喉部区域128被引导向出口开口80,在扩张区域150内形成法向冲击波160。法向冲击波160定向成垂直于流径82并延伸穿过流径82。

[0129] 在流体116穿过压缩区域142时,随着流体116穿过第一斜向冲击波156和第二斜向冲击波158中的各个,流体116的速度减小。此外,流体116的压力增大,并且流体116的体积减小。随着流体116穿过喉部区域128,流体116的速度在喉部区域128的下游增加至法向冲击波160。随着流体穿过法向冲击波160,流体116的速度相对于叶片46减小至亚音速。

[0130] 图5是包括备选超音速压缩坡道200的超音速压缩机转子40的备选实施例的剖视图。在一个备选实施例中,超音速压缩坡道200构造成防止法向冲击波160(显示在图4中)形成于流动通道76内。超音速压缩坡道200包括压缩表面130,该压缩表面130定位于流动通道76内,使得喉部区域128被限定成邻近出口开口80。另外,压缩表面130的后缘136定位成邻近出口开口80,使得超音速压缩坡道200不包括扩张表面132。在运转期间,随着流体116被引导通过流动通道76,超音速压缩坡道200调节正被引导通过喉部区域128的流体116,以使其在出口开口80处包括相对于转子盘48为超音速的速度。

[0131] 图6是超音速压缩转子40的另一备选实施例的剖视图。在该备选实施例中,超音速压缩转子40包括第一超音速压缩坡道202和第二超音速压缩坡道204。第一超音速压缩坡道202联接至端壁60,并定位于流动通道76内,并且定位于入口开口78和出口开口80之间。第二超音速压缩坡道204联接至罩板110的内表面114,并从罩板110向着端壁60延伸且延伸到流动通道76中。第二超音速压缩坡道204相对于第一超音速压缩坡道202定位成使得喉部区域128被限定在第一超音速压缩坡道202和第二超音速压缩坡道204之间。第一超音速压缩坡道202包括第一压缩表面206和第一扩张表面208。第二超音速压缩坡道204包括第二压缩表面210和第二扩张表面212。第一压缩表面206和第二压缩表面210中的各个均包括前缘134和后缘136。喉部区域128限定在各个后缘136之间。压缩区域142被限定在第一压缩表面206和第二压缩表面210之间。扩张区域150被限定在第一扩张表面208和第二扩张表面212之间。

[0132] 在该备选实施例中,在运转期间,随着流体116被引导通过流动通道76,第一超音速压缩坡道202导致压缩波102的第一系统214形成于流动通道76的压缩区域142内。第二超音速压缩区域142导致基本与第一系统214相反的压缩波102的第二系统216形成于压缩区域142内。第一系统214包括在前缘134处从第一压缩表面206穿过流径82延伸至第二压缩表面210的第一斜向冲击波218。第一斜向冲击波218与第二压缩表面210接触,并形成从第二压缩表面210向着第一压缩表面206的后缘136反射的第二斜向冲击波220。第二系统216包括从第二压缩表面210的前缘134穿过流径82延伸至第一压缩表面206的第三斜向冲击波222。第一压缩表面206反射第三斜向冲击波222而形成从第一压缩表面206向着第二压缩表面210的后缘136延伸的第四斜向冲击波224。第一超音速压缩坡道202和第二超音速压缩坡道204中的各个均构造成导致法向冲击波160形成于喉部区域128的下游并形成在扩张区域150内。

[0133] 上述的超音速压缩机转子提供了一种用于沿径向引导流体通过超音速压缩机系统的成本有效且可靠的方法。更具体地,本文中描述的超音速压缩机转子包括联接至转子盘的端壁而限定该径向流动通道的超音速压缩坡道。通过提供具有径向流动通道的超音速压缩机转子,超音速压缩机系统可设计为具有径向流排放。因此,超音速压缩机转子减小了在已知的超音速压缩机组件中将轴向流方向调整为径向流方向所需要的构件的数量。这样,可以降低维护超音速压缩机系统的成本。

[0134] 上面详细地描述了用于组装超音速压缩机转子的系统和方法的示例性实施例。系统和方法并不限于本文中描述的具体实施例,而是相反,系统的构件和/或方法的步骤可以独立地并且与本文中描述的其它构件和/或步骤分开来使用。例如,系统和方法还可以与其它旋转式发动机系统和方法结合使用,并不局限于仅仅与如本文中描述的超音速压缩机系统一起实践。相反,示例性实施例可以与许多其它旋转式系统应用结合实现和利用。

[0135] 尽管本发明的多种实施例的具体特征可能在一些附图中显示而在其它附图中显示,但这仅仅是为了方便。此外,在上面的描述中对“一个实施例”的参照并不意图被解释为排除同样结合所叙述的特征的另外的实施例的存在。根据本发明的原理,附图的任何特征均可与任何其它附图的任何特征结合起来参照和/或声明。

[0136] 本书面描述使用实施例来公开本发明,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执行任何结合的方法。本发明

的可专利性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实例。如果这样的其它实施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文字语言无实质性差异的等同结构要素,那么这种其它实施例意图落在权利要求的范围内。

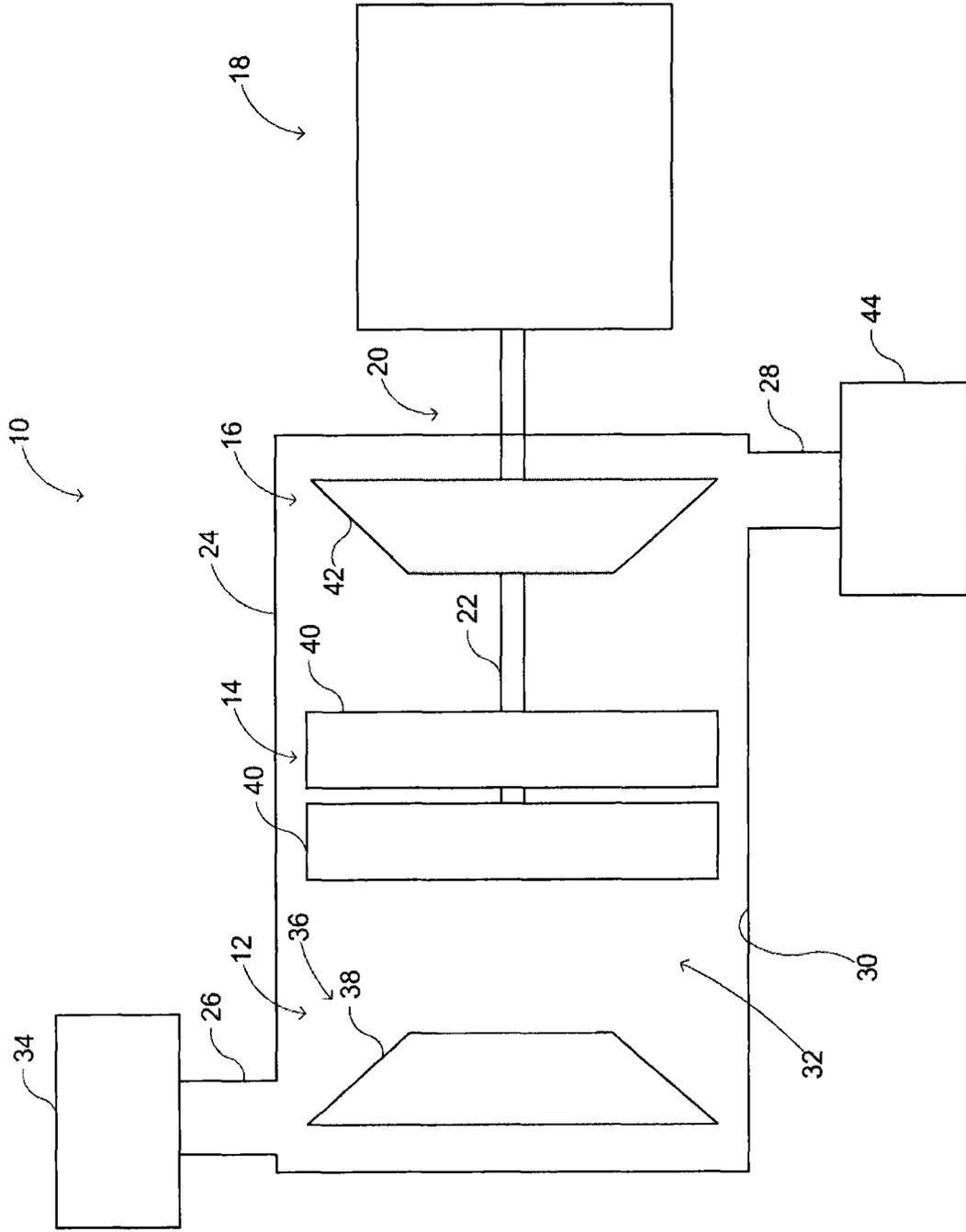


图1

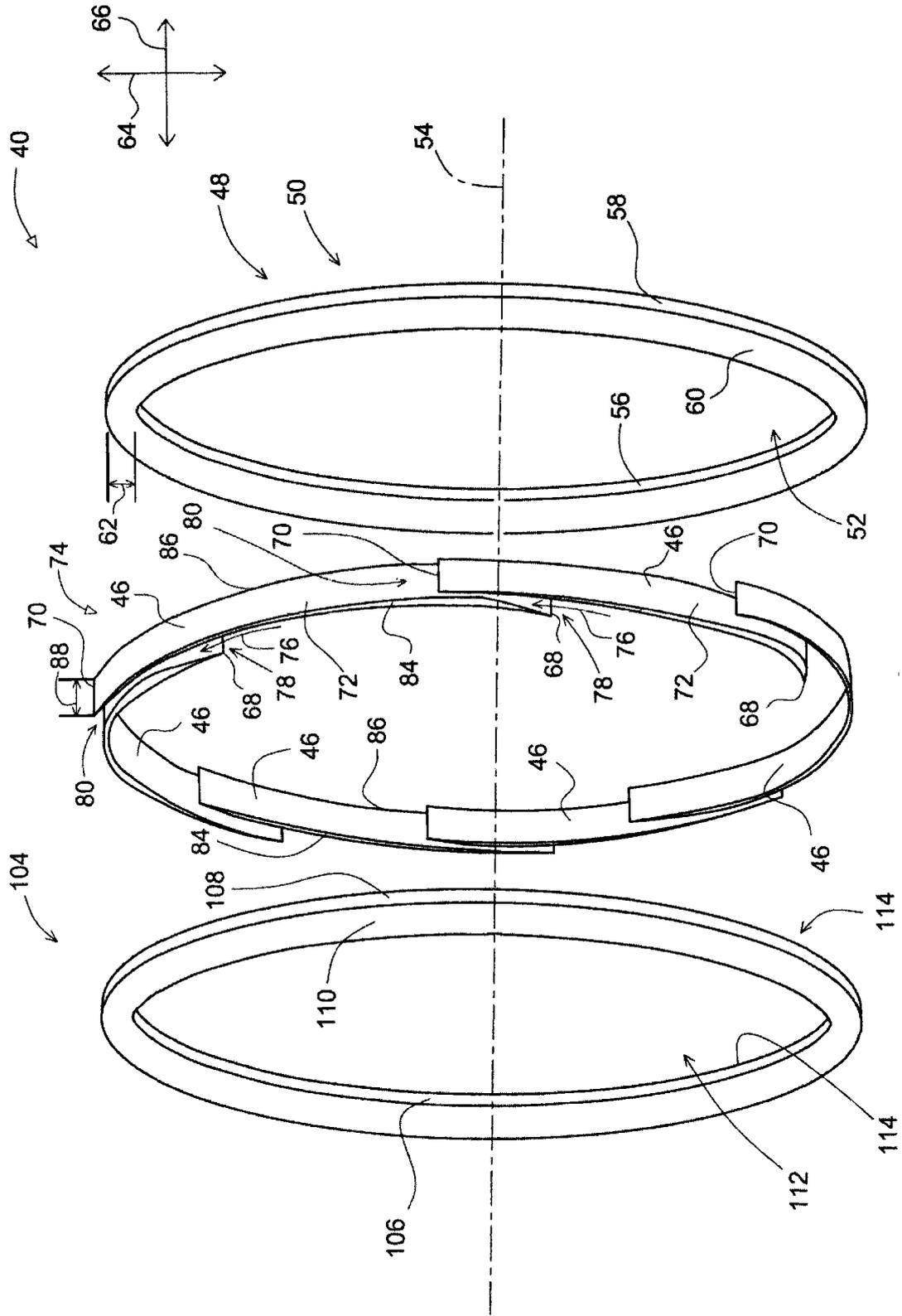


图2

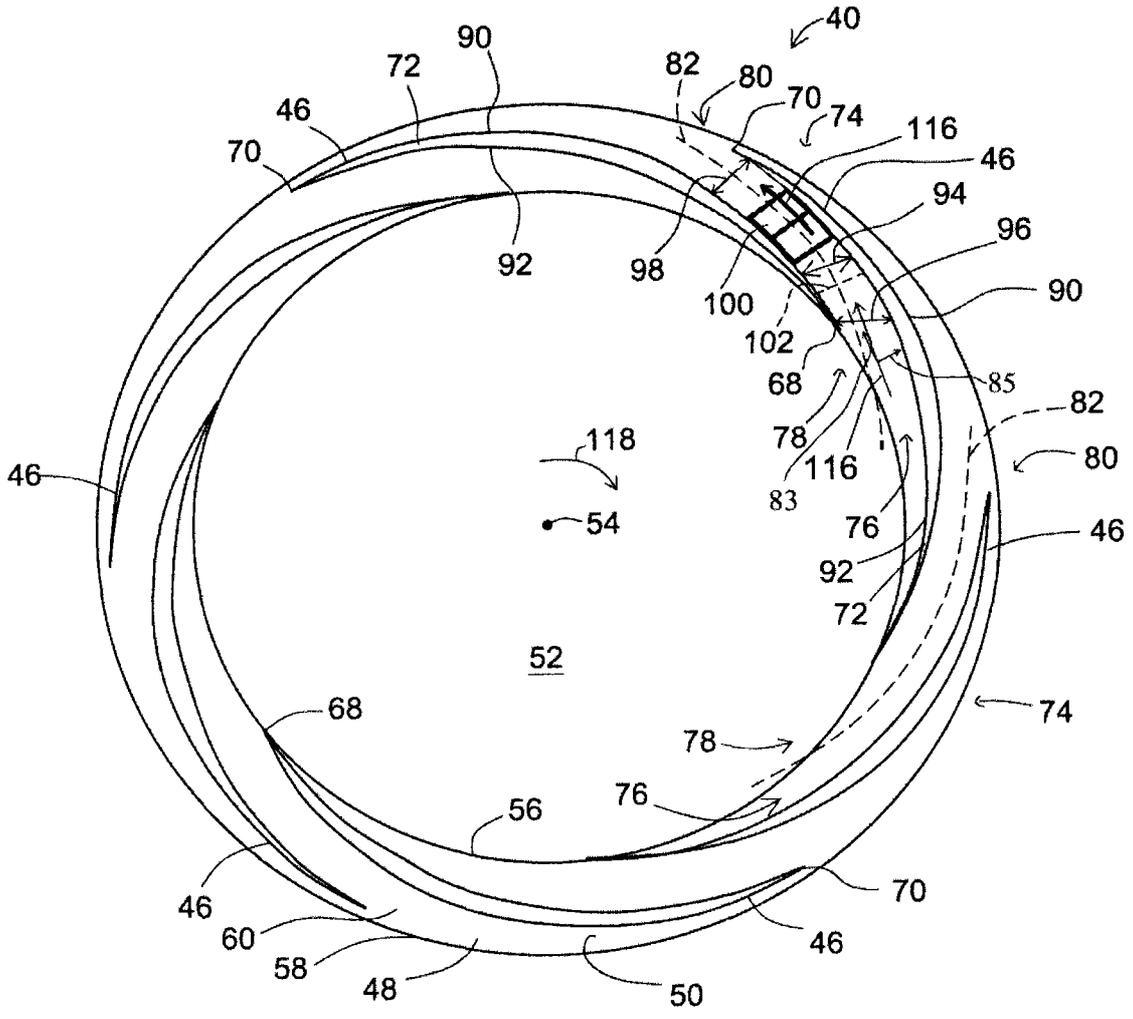


图3

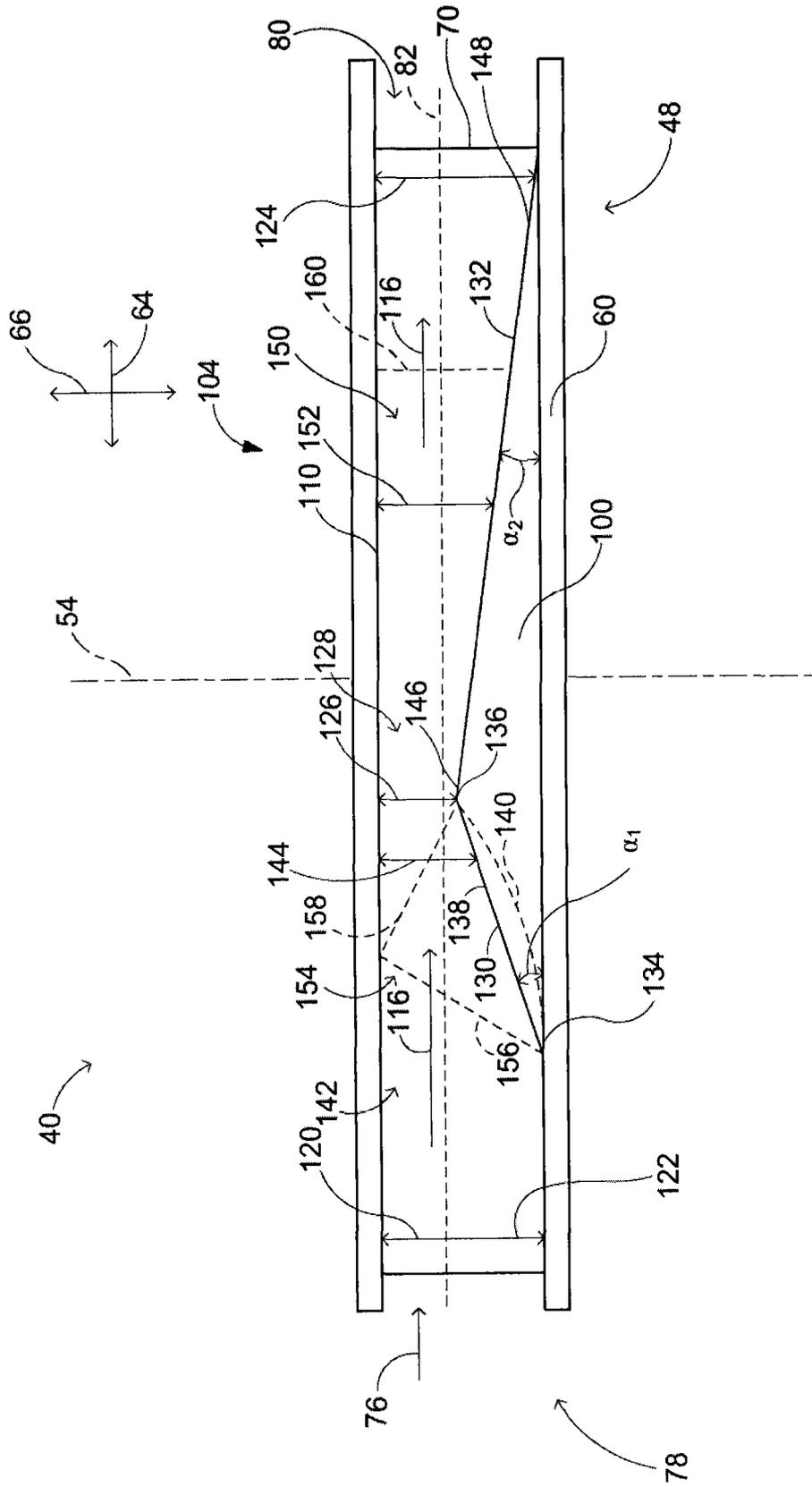


图4

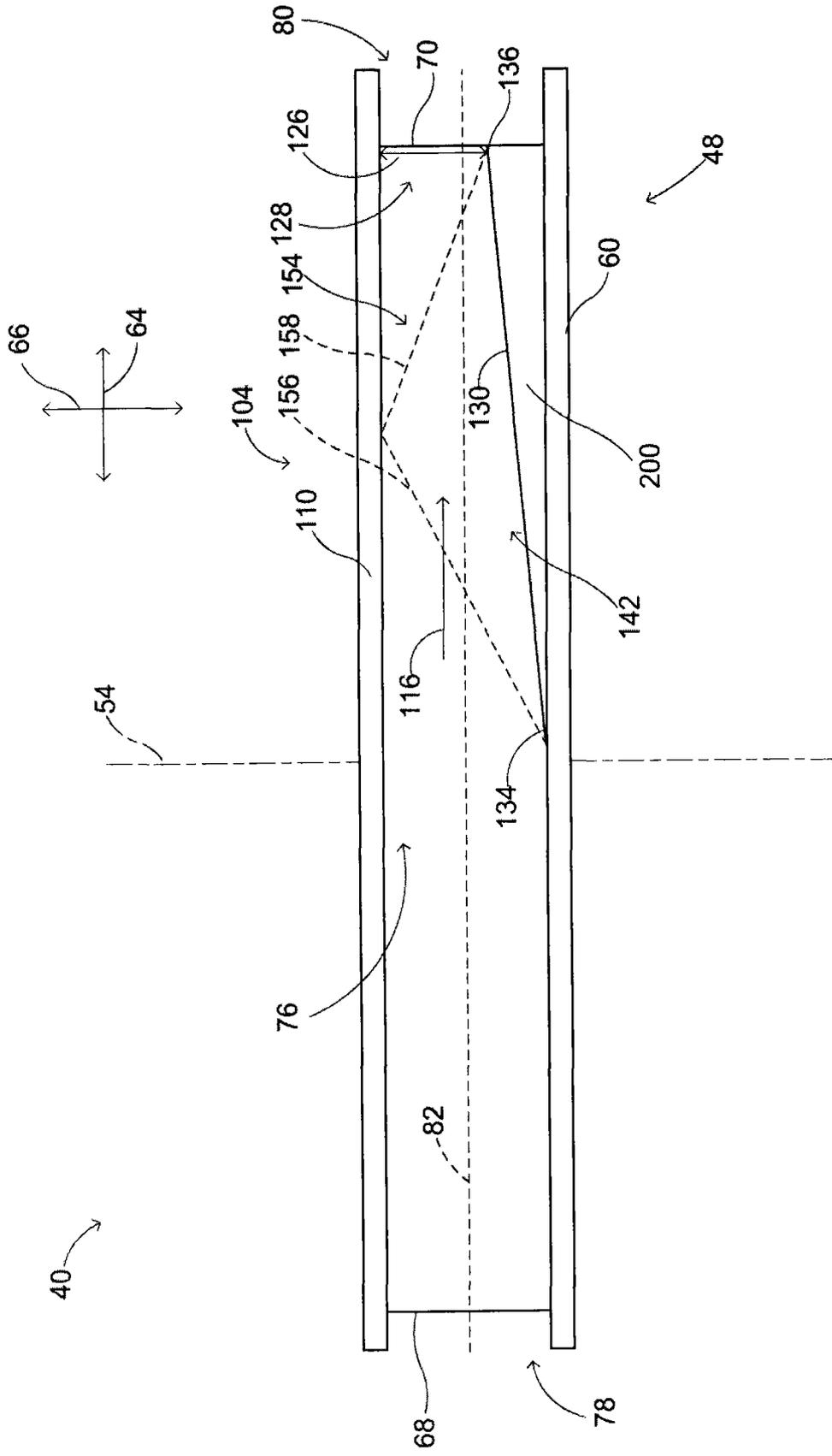


图5

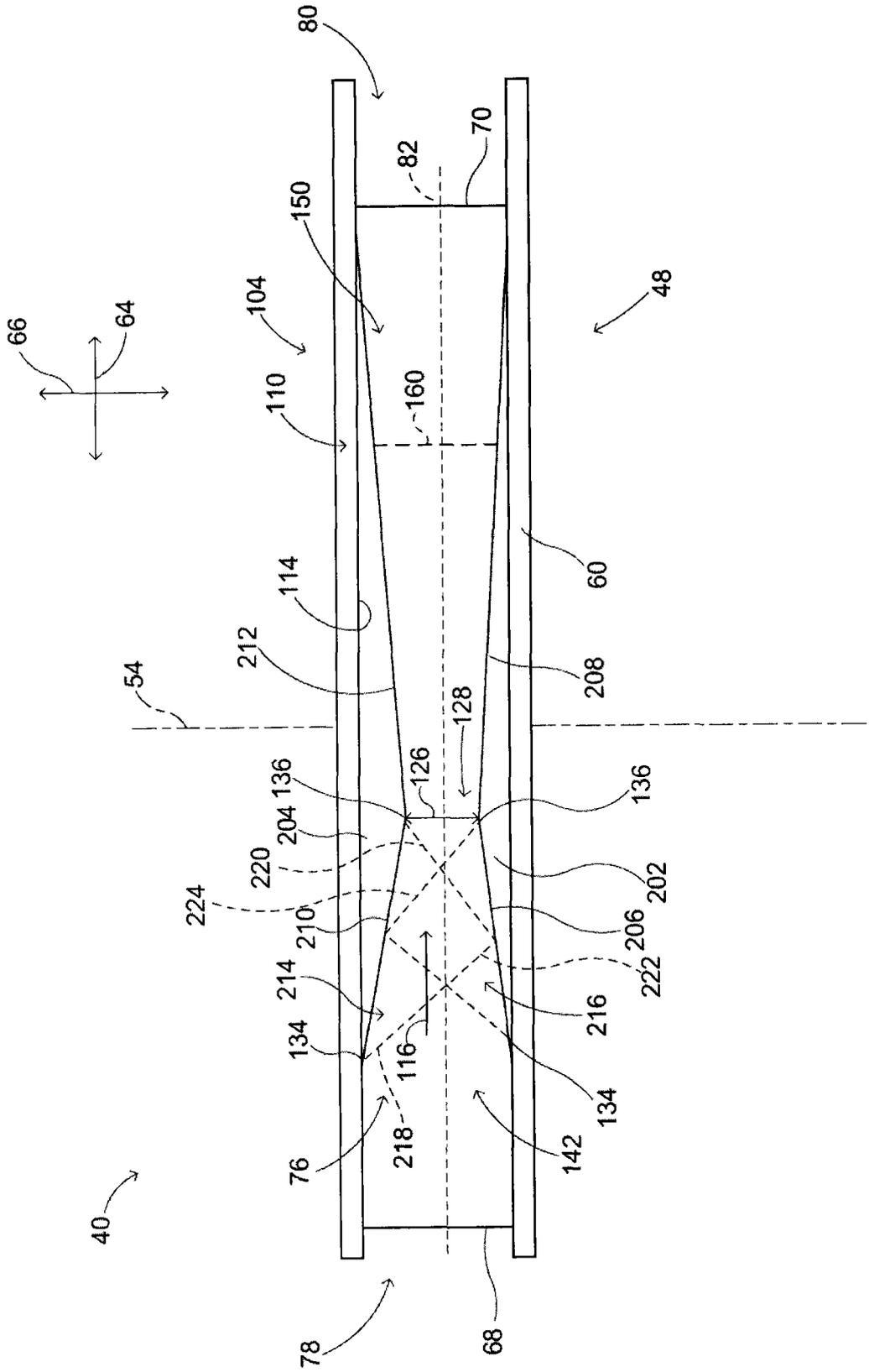


图6