



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112829923 B

(45) 授权公告日 2025. 06. 17

(21) 申请号 202011266103.4

(22) 申请日 2020.11.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112829923 A

(43) 申请公布日 2021.05.25

(30) 优先权数据
16/692,704 2019.11.22 US

(73) 专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 P·M·维根 A·P·马拉乔斯基
C·A·科宁斯 B·E·吉勃特

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
专利代理师 董巍

(51) Int.Cl.

B64C 3/58 (2006.01)

B64C 3/28 (2006.01)

B64C 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2750132 A, 1956.06.12

US 2017259908 A1, 2017.09.14

审查员 郑师晨

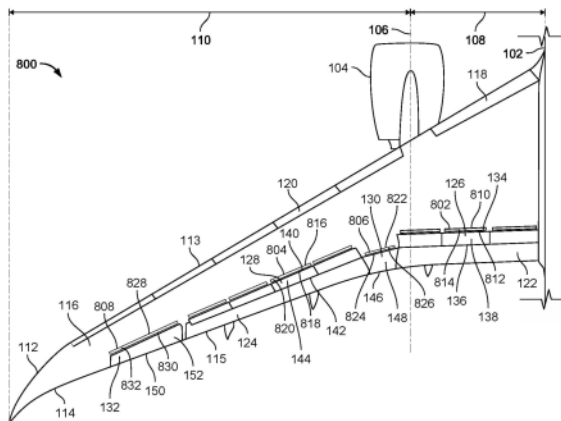
权利要求书1页 说明书38页 附图26页

(54) 发明名称

用于增强飞机机翼的侧向操纵面的效能的
微型扰流翼

(57) 摘要

描述了用于增强飞机机翼的侧向操纵面的效能的微型扰流翼。示例飞机包括机翼、侧向操纵面和微型扰流翼。侧向操纵面可移动地联接至机翼。侧向操纵面可在中立位置、第一向上偏转位置和延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置之间移动。微型扰流翼位于侧向操纵面上或前方。微型扰流翼可在缩回位置和展开位置之间移动。微型扰流翼被配置为基于侧向操纵面从中立位置移动至第一向上偏转位置或朝向第一向上偏转位置移动而从缩回位置移动至展开位置。



1. 一种飞机,包括:

机翼;

侧向操纵面,所述侧向操纵面可移动地联接至所述机翼,所述侧向操纵面可在中立位置、第一向上偏转位置和延伸超过所述第一向上偏转位置的第二向上偏转位置之间移动;以及

位于所述侧向操纵面上或前方的微型扰流翼,所述微型扰流翼可在缩回位置和展开位置之间移动,所述微型扰流翼被配置为基于所述侧向操纵面从所述中立位置移动至所述第一向上偏转位置或朝向所述第一向上偏转位置移动而从所述缩回位置移动至所述展开位置,并且所述微型扰流翼进一步被配置为基于所述侧向操纵面从所述第一向上偏转位置移动至所述第二向上偏转位置或朝向所述第二向上偏转位置移动而从所述展开位置移动至所述缩回位置。

2. 根据权利要求1所述的飞机,其中,所述微型扰流翼包括上表面,当所述微型扰流翼处于所述缩回位置时所述上表面具有在局部翼弦的百分之一至百分之五之间的弦向尺寸,其中,所述局部翼弦是在所述微型扰流翼局部的位置处从所述机翼的前缘到所述机翼的后缘测量的。

3. 根据权利要求1所述的飞机,其中,所述微型扰流翼可移动地联接至所述机翼并且位于所述侧向操纵面的前方。

4. 根据权利要求1所述的飞机,其中,所述微型扰流翼可移动地联接至所述侧向操纵面。

5. 根据权利要求1所述的飞机,其中,所述第一向上偏转位置与所述中立位置成五度角,并且其中,所述第二向上偏转位置与所述中立位置成十五度角。

6. 根据权利要求1所述的飞机,进一步包括:

第一致动机构,所述第一致动机构可操作地联接至所述侧向操纵面,所述第一致动机构被配置为使所述侧向操纵面移动;

第二致动机构,所述第二致动机构可操作地联接至所述微型扰流翼,所述第二致动机构被配置为独立于正由所述第一致动机构移动所述侧向操纵面而使所述微型扰流翼移动;以及

控制器,所述控制器可操作地联接至所述第一致动机构和第二致动机构,所述控制器被配置为独立地控制所述第一致动机构和第二致动机构。

7. 根据权利要求6所述的飞机,其中,所述控制器被配置为命令所述第一致动机构和第二致动机构同时地将所述侧向操纵面从所述中立位置朝向所述第一向上偏转位置移动并将所述微型扰流翼从所述缩回位置朝向所述展开位置移动。

8. 根据权利要求1所述的飞机,进一步包括:

致动机构,所述致动机构可操作地联接至所述侧向操纵面,所述致动机构被配置为使所述侧向操纵面移动并且使所述微型扰流翼机械地从动于所述侧向操纵面,使得所述微型扰流翼基于所述致动机构使所述侧向操纵面移动而移动;以及

控制器,所述控制器可操作地联接至所述致动机构,所述控制器被配置为控制所述致动机构。

9. 根据权利要求1所述的飞机,其中,所述侧向操纵面为扰流翼。

用于增强飞机机翼的侧向操纵面的效能的微型扰流翼

技术领域

[0001] 本公开大体上涉及飞机机翼的侧向操纵面,并且更具体地,涉及用于增强飞机机翼的侧向操纵面的效能的微型扰流翼。

背景技术

[0002] 飞机的每个机翼通常包括一个或多个侧向操纵面(例如,一个或多个副翼,一个或多个襟副翼,一个或多个扰流翼等),该侧向操纵面被配置为控制飞行期间飞机的侧倾和/或偏航。每个侧向操纵面通常可从中立(例如,未偏转)位置移动一定范围的偏转位置(例如,向上和/或向下偏转位置的范围),从而使侧向操纵面能够提供所需的与控制飞机的侧倾和/或偏航有关的空气动力学效应。

[0003] 虽然侧向操纵面通常对于控制飞机的侧倾和/或偏航是有效的,但是在某些情况下,侧向操纵面可能会经受其预期的空气动力学效应的不利逆转。例如,在以高亚音速马赫数掠过机翼上的局部超音速流动特征超过巡航速度的飞行条件下,会产生导致流分离的强烈冲击波。以较小的向上偏转(例如,向上五度(5°))展开的侧向操纵面可以改变局部流分离和/或重新附接,使得发生不利的侧向操纵面的空气动力学效应。不利的空气动力学效应可包括死区的形成,或者甚至是相对于在较低马赫数下获得的相反的侧倾和/或偏航控制响应,预期的侧向操纵面效应的逆转。

发明内容

[0004] 本文公开了用于增强飞机机翼的侧向操纵面的效能的微型扰流翼。在一些示例中,公开了一种飞机。在一些公开的示例中,飞机包括机翼,侧向操纵面和微型扰流翼。在一些公开的示例中,侧向操纵面可移动地联接至机翼。在一些公开的示例中,侧向操纵面可在中立位置、第一向上偏转位置和延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置之间移动。在一些公开的示例中,微型扰流翼位于侧向操纵面上或前方。在一些公开的示例中,微型扰流翼可在缩回位置和展开位置之间移动。在一些公开的示例中,微型扰流翼被配置为基于侧向操纵面从中立位置移动至第一向上偏转位置或朝向第一向上偏转位置移动而从缩回位置移动至展开位置。

[0005] 在一些示例中,公开了一种方法。在一些公开的示例中,该方法包括将联接至飞机机翼的侧向操纵面从中立位置移动至第一向上偏转位置,并且从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置。在一些公开的示例中,该方法进一步包括基于侧向操纵面从中立位置移动至第一向上偏转位置或朝向第一向上偏转位置移动而将位于侧向操纵面上或前方的微型扰流翼从缩回位置移动至展开位置。

附图说明

[0006] 图1为已知飞机机翼的平面图。

[0007] 图2为图1的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于中立(例如,未偏转)位置的

图1的副翼。

[0008] 图3为图1和2的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第一向上偏转位置的图1和2的副翼。

[0009] 图4为图1-3的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第二向上偏转位置的图1和2的副翼。

[0010] 图5为图1的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于中立(例如,未偏转)位置的图1的舷外扰流翼。

[0011] 图6为图1和5的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第一向上偏转位置的图1和5的舷外扰流翼。

[0012] 图7为图1、5和6的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第二向上偏转位置的图1、5和6的舷外扰流翼。

[0013] 图8为包括根据本公开的教导构造的示例微型扰流翼的示例飞机机翼的平面图。

[0014] 图9为图8的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置的图8的副翼,并且示出了处于示例缩回位置的图8的第四微型扰流翼。

[0015] 图10为图8和9的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置的图8和9的副翼,并且示出了处于示例展开位置的图8和9的第四微型扰流翼。

[0016] 图11为图8-10的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏转位置的图8-10的副翼,并且示出了处于图9的缩回位置的图8-10的第四微型扰流翼。

[0017] 图12为图8的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置的图8的舷外扰流翼,并且示出了处于示例缩回位置的图8的第二微型扰流翼。

[0018] 图13为图8和12的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置的图8和12的舷外扰流翼,并且示出了处于示例展开位置的图8和12的第二微型扰流翼。

[0019] 图14为图8、12和13的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏转位置的图8、12和13的舷外扰流翼,并且示出了处于图12的缩回位置的图8、12和13的第二微型扰流翼。

[0020] 图15为包括根据本公开的教导构造的示例微型扰流翼的另一示例飞机机翼的平面图。

[0021] 图16为图15的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置的图15的副翼,并且示出了处于示例缩回位置的图15的第四微型扰流翼。

[0022] 图17为图15和16的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置的图15和16的副翼,并且示出了处于示例展开位置的图15和16的第四微型扰流翼。

[0023] 图18为图15-17的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏转位置的图15-17的副翼,并且示出了处于图16的缩回位置的图15-17的第四微型扰流翼。

[0024] 图19为图15的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置的图15的舷外扰流翼,并且示出了处于示例缩回位置的图15的第二微型扰流翼。

[0025] 图20为图15和19的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置的图15和19的舷外扰流翼,并且示出了处于示例展开位置的图15和19的第二微型扰流翼。

[0026] 图21为图15、19和20的飞机机翼的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏

转位置的图15、19和20的舷外扰流翼,并且示出了处于图19的缩回位置的图15、19和20的第二微型扰流翼。

[0027] 图22为升力系数(CL)作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的迎角(AOA)的函数的示例曲线图。

[0028] 图23为升力系数(ΔCL)的变化作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的迎角(AOA)的函数的示例曲线图。

[0029] 图24为侧倾力矩系数(ΔCRM)的变化作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的迎角(AOA)的函数的示例曲线图。

[0030] 图25为侧倾力矩系数(CRM)作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的偏转角(AOD)的函数的示例曲线图。

[0031] 图26为第一示例控制系统的框图,该第一示例控制系统被配置为控制与飞机机翼的侧向操纵面相关联的微型扰流翼的移动。

[0032] 图27为第二示例控制系统的框图,该第二示例控制系统被配置为控制与飞机机翼的侧向操纵面相关联的微型扰流翼的移动。

[0033] 某些示例在以上标识的附图中示出并在下面详细描述。在描述这些示例时,使用类似或相同的附图标记来标识相同或相似的元件。附图不一定按比例绘制,并且为了清楚和/或简明,附图的某些特征和某些视图可能在比例上或在示意图中被夸大地示出。

[0034] 当标识可被分别引用的多个元件或部件时,在本文中使用描述符“第一”、“第二”、“第三”等。除非基于使用上下文另外指定或理解,否则此类描述符无意于赋予优先级、时间顺序的任何含义,而是为了易于理解所公开的示例,仅用作分别引用多个元件或部件的标签。在一些示例中,描述符“第一”可以用于指代详细描述中的元件,而在权利要求中可以使用诸如“第二”或“第三”的不同描述符来引用相同的元件。应该理解,在这种情况下,仅仅为了易于引用多个元件或部件而使用这样的描述符。

具体实施方式

[0035] 图1为已知飞机机翼100的平面图。图1的飞机机翼100联接至飞机的机身102,并且相对于其向后掠过。在其他示例中,飞机机翼100可以替代地在向前方向上掠过,或者可以替代地可以以直翼配置来实施。飞机的机舱104联接至飞机机翼100。机舱104的纵向轴线106通常将飞机机翼100分为舷内部分108(例如,位于机身102和机舱104的纵向轴线106之间)和舷外部分110(例如,位于机舱104的纵向轴线106的舷外)。飞机机翼100进一步包括:固定前缘112,与固定前缘112相对定位和/或相对于固定前缘112向后定位的固定后缘114,以及在固定前缘112和固定后缘114之间延伸的固定上表面116。另外,飞机机翼包括:前缘113和后缘115,后缘115相对于前缘113相对定位和/或相对于前缘113向后定位。前缘113为飞机机翼100的真实前缘,当飞机机翼100的任何一个或多个可展开和/或可移动的前缘装置定位在它们各自的一个或多个收起和/或中立位置时获取相对于飞机机翼100的固定前缘112。后缘115为飞机机翼100的真实后缘,当飞机机翼100的任何一个或多个可展开和/或可移动的后缘装置定位在它们各自的一个或多个收起和/或中立位置时获取相对于飞机机翼100的固定后缘114。

[0036] 图1的飞机机翼100包括几种不同类型的飞行操纵面和/或装置,包括升力操纵面。

图1的飞机机翼100的升力操纵面包括舷内板条118、舷外板条120、舷内襟翼122和舷外襟翼124。升力操纵面为实现图1的飞机机翼100的飞机单独和/或共同提供飞行中升力控制(例如,通过调节由飞机机翼100产生的升力相对于局部气流的系数)。如图1所示,舷内板条118和舷内襟翼122通常位于机舱104的纵向轴线106的舷内(例如,在飞机机翼100的舷内部分108内),而舷外板条120和舷外襟翼124通常位于机舱104的纵向轴线106的舷外(例如,在飞机机翼100的舷外部分110内)。

[0037] 除了上述升力操纵面之外,图1的飞机机翼100还包括飞行操纵面和/或配置为侧向操纵面的装置。图1的飞机机翼100的侧向操纵面包括舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130和副翼132。仅列出的某些侧向控制装置可以安装在机翼上(例如,某些飞机不需要副翼)。另外,某些飞机有多个副翼。侧向操纵面单独地和/或共同地为实施图1的飞机机翼100的飞机提供飞行中侧向控制(例如,侧倾控制和/或偏航控制)。如图1所示,舷内扰流翼126通常位于机舱104的纵向轴线106的舷内(例如,在飞机机翼100的舷内部分108之内),而舷外扰流翼128、襟副翼130和副翼132通常位于机舱104的纵向轴线106的舷外(例如,在飞机机翼100的舷外部分110内)。

[0038] 舷内扰流翼126可移动地联接至飞机机翼100,并且位于飞机机翼100的舷内襟翼122的前方并与其相邻。舷内扰流翼126包括:前缘134,与前缘134相对定位和/或相对于前缘134向后定位的后缘136,以及在前缘134和后缘136之间延伸的上表面138。舷内扰流翼126相对于飞机机翼100的固定上表面116可在中立(例如,未偏转)位置和偏转位置的范围之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该中立位置,舷内扰流翼126的上表面138通常与飞机机翼100的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼100的固定上表面116平行和/或共面),在该偏转位置范围,舷内扰流翼126的上表面138相对于飞机机翼100的固定上表面116向上偏转(例如,围绕靠近舷内扰流翼126的前缘134定位和/或位于舷内扰流翼126的后缘136前方的铰链线)。舷内扰流翼126的移动是经由一个或多个致动机构发生的,该致动机构联接至飞机机翼100的舷内扰流翼126,并经由实施飞机机翼100的飞机的一个或多个控制系统进行控制。

[0039] 舷外扰流翼128可移动地联接至飞机机翼100,并且位于飞机机翼100的舷外襟翼124的前方并与其相邻。舷外扰流翼128包括:前缘140,与前缘140相对定位和/或相对于前缘140向后定位的后缘142,以及在前缘134和后缘142之间延伸的上表面144。舷外扰流翼128相对于飞机机翼100的固定上表面116可在中立(例如,未偏转)位置和偏转位置的范围之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该中立位置,舷外扰流翼128的上表面144通常与飞机机翼100的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼100的固定上表面116平行和/或共面),在该偏转位置范围,舷外扰流翼128的上表面144相对于飞机机翼100的固定上表面116向上偏转(例如,围绕靠近舷外扰流翼128的前缘140定位和/或位于舷外扰流翼128的后缘142前方的铰链线)。舷外扰流翼128的移动是经由一个或多个致动机构发生的,该致动机构联接至飞机机翼100的舷外扰流翼128,并经由实施飞机机翼100的飞机的一个或多个控制系统进行控制。

[0040] 襟副翼130可移动地联接至飞机机翼100,并位于飞机机翼100的舷内襟翼122和舷外襟翼124之间。襟副翼130包括:前缘(在图1中不可见),与前缘相对定位和/或相对于前缘向后定位的后缘146,以及在前缘和后缘146之间延伸的上表面148。襟副翼130相对于飞机

机翼100的固定上表面116可在中立(例如,未偏转)位置和偏转位置的范围之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该中立位置,襟副翼130的上表面148通常与飞机机翼100的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼100的固定上表面116平行和/或共面),在该偏转位置范围,襟副翼130的上表面148相对于飞机机翼100的固定上表面116向上或向下偏转(例如,围绕靠近襟副翼130的前缘定位和/或位于襟副翼130的后缘146前方的铰链线)。襟副翼130的移动是经由一个或多个致动机构发生的,该致动机构联接至飞机机翼100的襟副翼130,并经由实施飞机机翼100的飞机的一个或多个控制系统进行控制。

[0041] 副翼132可移动地联接至飞机机翼100,并且位于飞机机翼的舷外襟翼124的舷外和/或舷外扰流翼128的舷外。副翼132包括:前缘(在图1中不可见),与前缘相对定位和/或相对于前缘向后定位的后缘150,以及在前缘和后缘150之间延伸的上表面152。副翼132相对于飞机机翼100的固定上表面116可在中立(例如,未偏转)位置和偏转位置的范围之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该中立位置,副翼132的上表面152通常与飞机机翼100的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼100的固定上表面116平行和/或共面),在该偏转位置范围,副翼132的上表面152相对于飞机机翼100的固定上表面116向上或向下偏转(例如,围绕靠近副翼132的前缘定位和/或位于副翼132的后缘150前方的铰链线)。副翼132的移动是经由一个或多个致动机构发生的,该致动机构联接至飞机机翼100的副翼132,并经由实施飞机机翼100的飞机的一个或多个控制系统进行控制。

[0042] 飞机机翼100的侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126,舷外扰流翼128,襟副翼130和/或副翼132)相对于图1的飞机机翼100的固定上表面116的移动使得侧向操纵面能够单独地和/或共同地提供与控制实现飞机机翼100的飞机的侧倾和/或偏航相关的期望的空气动力学效应。虽然侧向操纵面通常对于控制飞机的侧倾和/或偏航是有效的,但是在某些情况下,一个或多个侧向操纵面会经受其/它们的预期空气动力学效应的不利逆转。

[0043] 例如,在以高亚音速马赫数掠过机翼上的局部超音速流动特征超过巡航速度的飞行条件下,可能会产生强烈的冲击波,从而在飞机机翼100的侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130或副翼132)前面产生流分离。当以较小的向上偏转(例如,向上五度(5°))展开侧向操纵面时,可以改变局部流分离和/或重新附接,使得发生不利的侧向操纵面的空气动力学效应。在这样的示例中,不利的空气动力学效应可以包括死区的形成,或者甚至副翼侧向操纵面的预期空气动力学效应的逆转,其相对于以较低的马赫数实现的侧倾和/或偏航控制响应具有相反的侧倾和/或偏航控制响应。

[0044] 如下面进一步描述的,图2-4示出了与飞机机翼100的副翼132有关的不利的空气动力学效应的形成和解决。下面结合图2-4提供的图1的飞机机翼100的副翼132的流场的描述也适用于图1的飞机机翼100的襟副翼130的流场。

[0045] 图2为图1的飞机机翼100的局部剖视图,该图示出了处于中立(例如,未偏转)位置200的图1的副翼132。副翼132可移动地联接至飞机机翼100,并且可绕着靠近副翼132的前缘204定位和/或位于后缘150前方的铰链线202移动(例如,相对于中立位置200可旋转和/或可偏转)。当副翼132处于中立位置200时,副翼132的上表面152通常与飞机机翼100的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。

[0046] 图2进一步示出了当实现飞机机翼100的飞机以高马赫数行进且副翼132处于中立位置200时,副翼132局部的第一气流206。第一气流206包括沿着副翼132的上表面152定位

的第一流分离区域208。图2的第一气流206的第一流分离区域208减小了飞机机翼100的升力势。

[0047] 图3为图1和2的飞机机翼100的局部剖视图,该图示出了处于第一向上偏转位置300的图1和图2的副翼132。副翼132可以围绕铰链线202从图2的中立位置200偏转和/或旋转到图3的第一向上偏转位置300。当副翼132处于第一向上偏转位置300时,副翼132的上表面152相对于飞机机翼100的固定上表面116以第一偏转角302定向。在图3所示的示例中,第一偏转角302约为五度(5°)。

[0048] 图3进一步示出了当实现飞机机翼100的飞机以高马赫数行进且副翼132处于第一向上偏转位置300时,副翼132局部的第二气流304。图3的第二气流304不同于图2的第一气流206。更具体地,从图3的第二气流304中去除和/或不包括在图2的第一气流206中包括的第一流分离区域208。此外,图3的第二气流304包括沿着副翼132的下表面308定位的第二流分离区域306。虽然消除第一流分离区域208改善了飞机机翼100的升力势,但是这种改善被第二流分离区域306的引入所抵消,这减小了飞机机翼100的升力势。净空气动力学效应为当副翼132从图2的中立位置200移动至图3的第一向上偏转位置300时,飞机机翼100经受微不足道的升力变化,这构成了使副翼132向上偏转的预期空气动力学效应的不利逆转。

[0049] 图4为图1-3的飞机机翼100的局部剖视图,该图示出了处于第二向上偏转位置400的图1和2的副翼132。副翼132可以围绕铰链线202从图3的第一向上偏转位置300偏转和/或旋转到图4的第二向上偏转位置400。当副翼132处于第二向上偏转位置400时,副翼132的上表面152相对于飞机机翼100的固定上表面116以第二偏转角402定向。与图4的第二向上偏转位置400相关联的第二偏转角402大于与图3的第一向上偏转位置300相关联的第一偏转角302。在图4所示的示例中,第二偏转角402约为十五度(15°)。

[0050] 图4进一步示出了当实现飞机机翼100的飞机以高马赫数行进且副翼132处于第二向上偏转位置400时,副翼132局部的第三气流404。图4的第三气流404不同于图3的第二气流304。更具体地,图4的第三气流404包括沿着副翼132的上表面152定位和/或沿着在副翼132前方的飞机机翼100的固定上表面116定位的增压区域406。图4的第三气流404进一步包括第三流分离区域408,其沿着副翼132的下表面308定位并且具有相对于图3的第二气流304的第二流分离区域306的大小和/或面积增加的大小和/或面积。响应于图4的增加的增压区域406和第三流分离区域408,飞机机翼100经受明显的(例如,可测量的)升力降低,这对应于使副翼132向上偏转的预期的空气动力学效应。因此,当副翼132位于较大的向上偏转(例如,如图4所示)时,解决了在副翼132的较小的向上偏转(例如,如图3所示)时发生的预期的空气动力学效应的不利逆转。

[0051] 如下面进一步描述的,图5-7示出了与飞机机翼100的舷外扰流翼128有关的不利的空气动力学效应的形成和解决。下面结合图5-7提供的图1的飞机机翼100的舷外扰流翼128的流场的描述也适用于图1的飞机机翼100的舷内扰流翼126的流场。

[0052] 图5为图1的飞机机翼100的局部剖视图,该图示出了处于中立(例如,未偏转)位置500的图1的舷外扰流翼128。舷外扰流翼128可移动地联接至飞机机翼100,并且可绕着靠近舷外扰流翼128的前缘140定位和/或位于后缘142前方的铰链线502移动(例如,相对于中立位置500可旋转和/或可偏转)。当舷外扰流翼128处于中立位置500时,舷外扰流翼128的上表面144通常与飞机机翼100的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。

[0053] 图5进一步示出了当实现飞机机翼100的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于中立位置500时,舷外扰流翼128局部的第一气流504。第一气流504包括第一流分离区域506,该第一流分离区域506沿着舷外扰流翼128的上表面144并且沿着舷外襟翼124的上表面508定位。图5的第一气流504的第一流分离区域506减小了飞机机翼100的升力势。

[0054] 图6为图1和5的飞机机翼100的局部剖视图,该图示出了处于第一向上偏转位置600的图1和图5的舷外扰流翼128。舷外扰流翼128可以围绕铰链线502从图5的中立位置500偏转和/或旋转到图6的第一向上偏转位置600。当舷外扰流翼128处于第一向上偏转位置600时,舷外扰流翼128的上表面144相对于飞机机翼100的固定上表面116以第一偏转角602定向。在图6所示的示例中,第一偏转角602约为五度(5°)。

[0055] 图6进一步示出了当实现飞机机翼100的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于第一向上偏转位置600时,舷外扰流翼128局部的第二气流604。图6的第二气流604不同于图5的第一气流504。更具体地,图6的第二气流604包括沿着舷外扰流翼128的上表面144定位的流重新附接区域606,以及沿着舷外襟翼124的上表面508定位的第二流分离区域608。虽然流重新附接区域606改善了飞机机翼100的升力势,但是这种改善被第二流分离区域608抵消,这减小了飞机机翼100的升力势。净空气动力学效应为当舷外扰流翼128从图5的中立位置500移动至图6的第一向上偏转位置600时,飞机机翼100经受微不足道的升力变化,这构成了使舷外扰流翼128向上偏转的预期空气动力学效应的不利逆转。

[0056] 图7为图1、5和6的飞机机翼100的局部剖视图,该图示出了处于第二向上偏转位置700的图1、5和6的舷外扰流翼128。舷外扰流翼128可以围绕铰链线502从图6的第一向上偏转位置600偏转和/或旋转到图7的第二向上偏转位置700。当舷外扰流翼128处于第二向上偏转位置700时,舷外扰流翼128的上表面144相对于飞机机翼100的固定上表面116以第二偏转角702定向。与图7的第二向上偏转位置700相关联的第二偏转角702大于与图6的第一向上偏转位置600相关联的第一偏转角602。在图7所示的示例中,第二偏转角702约为十五度(15°)。

[0057] 图7进一步示出了当实现飞机机翼100的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于第二向上偏转位置700时,舷外扰流翼128局部的第三气流704。图7的第三气流704不同于图6的第二气流604。更具体地,图7的第三气流704包括沿着舷外扰流翼128的上表面144定位和/或沿着在舷外扰流翼128前方的飞机机翼100的固定上表面116定位的增压区域706。图7的第三气流704进一步包括第三流分离区域708,其沿着舷外襟翼124的上表面508定位并且具有相对于图6的第二气流604的第二流分离区域608的大小和/或面积增加的大小和/或面积。响应于图7的增加了的压力区域706和第三流分离区域708,飞机机翼100经受明显的(例如,可测量的)升力降低,这对应于使舷外扰流翼128向上偏转的预期的空气动力学效应。因此,当舷外扰流翼128位于较大的向上偏转(例如,如图7所示)时,解决了在舷外扰流翼128的较小的向上偏转(例如,如图6所示)时发生的预期的空气动力学效应的不利逆转。

[0058] 尽管现有的解决方案可以减少或消除与飞机的侧向操纵面的效能相关的潜在死区,但是这样的解决方案具有缺陷、缺点和/或负面后果,这些缺陷、缺点和/或负面后果通常使得这种解决方案是不希望的和/或不适合实施的。例如,最小化或消除预期的侧向操纵面效应的不利逆转的第一解决方案包括加厚侧向操纵面的后缘,以侧向操纵面偏转改变冲击波位置。然而,该第一解决方案带来了产生不利的空气动力学阻力的负面后果。作为另一

示例,最小化或消除预期的侧向操纵面效应的逆转的第二解决方案包括改变机翼的轮廓以在高马赫数下急剧地改变冲击位置和/或强度。然而,第二解决方案带来了负面后果,即用于巡航的次优化的形状,同时巡航燃料的消耗也相对较大。作为另一示例,最小化或消除预期的侧向操纵面效应的逆转的第三解决方案包括改变侧向操纵面的铰链线相对于机翼的固定后缘的位置和/或取向。然而,该第三解决方案带来了需要重大系统集成修改和/或产生重大重量损失的负面后果。

[0059] 与上述图1-7的已知飞机机翼100不同,本文公开的示例飞机机翼包括示例微型扰流翼,该微型扰流翼被配置为增强飞机机翼的示例侧向操纵面的效能。本文公开了用于增强飞机机翼的侧向操纵面的效能的示例微型扰流翼。在一些公开的示例中,侧向操纵面可移动地联接至飞机机翼,并且微型扰流翼位于侧向操纵面上或前方。微型扰流翼可相对于飞机机翼和/或相对于侧向操纵面在缩回位置和展开位置之间移动,并被配置为基于侧向操纵面相对于侧向操纵面的中立(例如,未偏转)位置以较小的向上偏转(例如,向上五度(5°))定位而从缩回位置移动至展开位置。当侧向操纵面以较小的向上偏转定位时,将微型扰流翼从缩回位置移动至展开位置有利地防止了侧向操纵面上的流重新附接。在高超音速马赫数的情况下,通过将微型扰流翼展开而产生的这种有利的流场变化可以最大程度地减小或完全消除当侧向操纵面以较小的向上偏转定位时预期的侧向操纵面效应的不利减小或逆转。

[0060] 在一些公开的示例中,侧向操纵面经由被配置为使侧向操纵面移动的第一致动器来致动,并且微型扰流翼经由被配置为使微型扰流翼移动的第二致动器来分别和/或独立地致动。在其他公开的示例中,侧向操纵面经由被配置为使侧向操纵面移动的致动器来致动,并且微型扰流翼被机械地从动(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合的机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)于侧向操纵面和/或从动于被配置为使侧向操纵面移动的致动器,使得微型扰流翼的移动和/或位置在机械上取决于侧向操纵面的移动和/或位置。如本文所用,术语“机械地从动”是指第一物体由与第一物体与其机械地联接和/或机械地链接的第二物体以机械相关的方式驱动。例如,对于机械地从动于由致动器驱动的侧向控制装置的微型扰流翼,这意味着微型扰流翼由侧向控制装置和/或由微型扰流翼与其机械地联接和/或机械地链接的侧向控制装置的致动器以机械相关的方式驱动。

[0061] 图8为包括根据本公开的教导构造的示例微型扰流翼的示例飞机机翼800的平面图。在图8所示的示例中,图8的飞机机翼800包括机身102、机舱104(包括纵向轴线106)、舷内部分108、舷外部分110、固定前缘112、前缘113、固定后缘114、后缘115、固定上表面116、升力操纵面(包括舷内板条118、舷外板条120、舷内襟翼122和舷外襟翼124)以及上述图1-7的飞机机翼100的侧向操纵面(包括舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130和副翼132)。在其他示例中,相对于以上结合图1-7所描述的那些,图8的飞机机翼800可替代地包括另外的升力操纵面和/或另外的侧向操纵面。在其他一些示例中,相对于以上结合图1-7所描述的那些,图8的飞机机翼800可替代地包括更少的升力操纵面和/或更少的侧向操纵面。

[0062] 在图8所示的示例中,飞机机翼800的微型扰流翼包括:与飞机机翼800的舷内扰流翼126相关联的第一示例微型扰流翼802,与飞机机翼800的舷外扰流翼128相关联的第二示

例微型扰流翼804,与飞机机翼800的襟副翼130相关联的第三示例微型扰流翼806,以及与飞机机翼800的副翼132相关联的第四示例微型扰流翼808。因此,如图8所示,图8的飞机机翼800的每个侧向操纵面与飞机机翼800的相应的一个微型扰流翼相关联。在其他示例中,侧向操纵面与微型扰流翼的比率可以不同于图8所示的一对一比率。例如,图8的飞机机翼800可替代地包括比侧向操纵面更少的微型扰流翼,其中单个微型扰流翼与多个侧向操纵面相关联(例如,跨越和/或沿着)。作为另一示例,图8的飞机机翼800可替代地包括比侧向操纵面更少的微型扰流翼,其中一个或多个侧向操纵面没有相关联的微型扰流翼。

[0063] 在图8所示的示例中,第一微型扰流翼802可移动地联接至飞机机翼800,并且沿着飞机机翼800的固定上表面116位于飞机机翼800的舷内扰流翼126的前方并与其相邻。第一微型扰流翼802包括:示例前缘810,与前缘810相对定位和/或相对于前缘810向后定位的示例后缘812以及示例上表面814,该示例上表面814在前缘810和后缘812之间延伸。第一微型扰流翼802相对于飞机机翼800的固定上表面116可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第一微型扰流翼802的上表面814通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼800的固定上表面116平行和/或共面),在该展开位置,第一微型扰流翼802的上表面814相对于飞机机翼800的固定上表面116向上偏转(例如,围绕靠近第一微型扰流翼802的前缘810定位和/或位于第一微型扰流翼802的后缘812前方的铰链线)。

[0064] 第一微型扰流翼802被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第一微型扰流翼802处于其缩回位置时所测量的第一微型扰流翼802的上表面814的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当舷内扰流翼126处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的舷内扰流翼126的上表面138的弦向尺寸。在一些示例中,图8的第一微型扰流翼802的上表面814的测量的弦向尺寸在舷内扰流翼126的上表面138的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图8的第一微型扰流翼802的上表面814的测量的弦向尺寸在第一微型扰流翼802局部/本地(local to)(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼800的前缘113到飞机机翼800的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,舷内板条118)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,舷内襟翼122)。

[0065] 在图8所示的示例中,第一微型扰流翼802具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着飞机机翼800的固定上表面116延伸。如图8所示,第一微型扰流翼802的翼展方向范围约等于舷内扰流翼126的前缘134的翼展方向范围。在其他示例中,第一微型扰流翼802的翼展方向范围可以基本上小于舷内扰流翼126的前缘134的翼展方向范围。

[0066] 在一些示例中,第一微型扰流翼802的移动经由联接至飞机机翼800的第一微型扰流翼802的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼800的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于舷内扰流翼126的移动和/或位置控制联接至第一微型扰流翼802的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第一微型扰流翼802可以被配置和/或控制为(A)当舷内扰流翼126朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷内扰流翼126朝向其第一向上偏转

位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷内扰流翼126朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷内扰流翼126朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第一微型扰流翼802可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0067] 在其他示例中,第一微型扰流翼802机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)一个或多个与舷内扰流翼126联接的一个或多个致动机构,使得第一微型扰流翼802的移动和/或位置在机械上取决于舷内扰流翼126的移动和/或位置。例如,第一微型扰流翼802可以机械从动于(A)当舷内扰流翼126朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷内扰流翼126朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷内扰流翼126朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷内扰流翼126朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第一微型扰流翼802可以可替代地机械从动于保持在其展开位置中。

[0068] 在图8所示的示例中,第二微型扰流翼804可移动地联接至飞机机翼800,并且沿着飞机机翼800的固定上表面116位于飞机机翼800的舷外扰流翼128的前方并与其相邻。第二微型扰流翼804包括:示例前缘816,与前缘816相对定位和/或相对于前缘816向后定位的示例后缘818以及示例上表面820,该示例上表面820在前缘816和后缘818之间延伸。第二微型扰流翼804相对于飞机机翼800的固定上表面116可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第二微型扰流翼804的上表面820通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼800的固定上表面116平行和/或共面),在该展开位置,第二微型扰流翼804的上表面820相对于飞机机翼800的固定上表面116向上偏转(例如,围绕靠近第二微型扰流翼804的前缘816定位和/或位于第二微型扰流翼804的后缘818前方的铰链线)。

[0069] 第二微型扰流翼804被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第二微型扰流翼804处于其缩回位置时所测量的第二微型扰流翼804的上表面820的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当舷外扰流翼128处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的舷外扰流翼128的上表面144的弦向尺寸。在一些示例中,图8的第二微型扰流翼804的上表面820的测量的弦向尺寸在舷外扰流翼128的上表面144的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图8的第二微型扰流翼804的上表面820的测量的弦向尺寸在第二微型扰流翼804局部(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼800的前缘113到飞机机翼800的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,一个或多个舷外板条120)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,舷外襟翼124)。

[0070] 在图8所示的示例中,第二微型扰流翼804具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着飞机机翼800的固定上表面116延伸。如图8所示,第二微型扰流翼804的翼展方向范围约等于舷外扰流翼128的前缘140的翼展方向范围。在其他示例中,第二微型扰流翼804的翼展方向范围可以基本上小于舷外扰流翼128的前缘140的翼展方向范围。

[0071] 在一些示例中,第二微型扰流翼804的移动经由联接至飞机机翼800的第二微型扰流翼804的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼800的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于舷外扰流翼128的移动和/或位置控制联接至第二微型扰流翼804的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第二微型扰流翼804可以被配置和/或控制为(A)当舷外扰流翼128朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷外扰流翼128朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷外扰流翼128朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷外扰流翼128朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第二微型扰流翼804可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0072] 在其他示例中,第二微型扰流翼804机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)一个或多个与舷外扰流翼128联接的一个或多个致动机构,使得第二微型扰流翼804的移动和/或位置在机械上取决于舷外扰流翼128的移动和/或位置。例如,第二微型扰流翼804可以机械地从动于(A)当舷外扰流翼128朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷外扰流翼128朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷外扰流翼128朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷外扰流翼128朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第二微型扰流翼804可以可替代地机械从动于保持在其展开位置中。

[0073] 在图8所示的示例中,第三微型扰流翼806可移动地联接至飞机机翼800,并且沿着飞机机翼800的固定上表面116位于飞机机翼800的襟副翼130的前方并与其相邻。第三微型扰流翼806包括:示例前缘822,与前缘822相对定位和/或相对于前缘822向后定位的示例后缘824以及示例上表面826,该示例上表面826在前缘822和后缘824之间延伸。第三微型扰流翼806相对于飞机机翼800的固定上表面116可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第三微型扰流翼806的上表面826通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼800的固定上表面116平行和/或共面),在该展开位置,第三微型扰流翼806的上表面826相对于飞机机翼800的固定上表面116向上偏转(例如,围绕靠近第三微型扰流翼806的前缘822定位和/或位于第三微型扰流翼806的后缘824前方的铰链线)。

[0074] 第三微型扰流翼806被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第三微型扰流翼806处于其缩回位置时所测量的第三微型扰流翼806的上表面826的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当襟副翼130处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的襟副翼130的上表面148的弦向尺寸。在一些示例中,图8的第三微型扰流翼806的上表面826的测量的弦向尺寸在襟副翼130的上表面148的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图8的第三微型扰流翼806的上表面826的测量的弦向尺寸在第三微型扰流翼806局部(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼800的前缘113到飞机机翼800的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,一个或多个舷外板条120)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,襟副翼130)。

[0075] 在图8所示的示例中,第三微型扰流翼806具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着飞机机翼800的固定上表面116延伸。如图8所示,第三微型扰流翼806的翼展方向范围约等于襟副翼130的前缘的翼展方向范围。在其他示例中,第三微型扰流翼806的翼展方向范围可以基本上小于襟副翼130的前缘的翼展方向范围。

[0076] 在一些示例中,第三微型扰流翼806的移动经由联接至飞机机翼800的第三微型扰流翼806的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼800的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于襟副翼130的移动和/或位置控制联接至第三微型扰流翼806的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第三微型扰流翼806可以被配置和/或控制为(A)当襟副翼130朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当襟副翼130朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当襟副翼130朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当襟副翼130朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第三微型扰流翼806可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0077] 在其他示例中,第三微型扰流翼806机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)一个或多个与襟副翼130联接的一个或多个致动机构,使得第三微型扰流翼806的移动和/或位置在机械上取决于襟副翼130的移动和/或位置。例如,第三微型扰流翼806可以机械地从动于(A)当襟副翼130朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当襟副翼130朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当襟副翼130朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当襟副翼130朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第三微型扰流翼806可以可替代地机械从动于保持在其展开位置中。

[0078] 在图8所示的示例中,第四微型扰流翼808可移动地联接至飞机机翼800,并且沿着飞机机翼800的固定上表面116位于飞机机翼800的副翼132的前方并与其相邻。第四微型扰流翼808包括:示例前缘828,与前缘828相对定位和/或相对于前缘828向后定位的示例后缘830以及示例上表面832,该示例上表面832在前缘828和后缘830之间延伸。第四微型扰流翼808相对于飞机机翼800的固定上表面116可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第四微型扰流翼808的上表面832通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,与飞机机翼800的固定上表面116平行和/或共面),在该展开位置,第四微型扰流翼808的上表面832相对于飞机机翼800的固定上表面116向上偏转(例如,围绕靠近第四微型扰流翼808的前缘828定位和/或位于第四微型扰流翼808的后缘830前方的铰链线)。

[0079] 第四微型扰流翼808被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第四微型扰流翼808处于其缩回位置时所测量的第四微型扰流翼808的上表面832的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当副翼132处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的副翼132的上表面152的弦向尺寸。在一些示例中,图8的第四微型扰流翼808的上表面832的测量的弦向尺寸在副翼132的上表面152的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图8的第四微型扰流翼808的上表面832的测量的弦向尺寸在第四微型扰流翼808局部(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼800的前缘113到飞机机翼800的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,一个或多个舷外板条120)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,副翼132)。

[0080] 在图8所示的示例中,第四微型扰流翼808具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着飞机机翼800的固定上表面116延伸。如图8所示,第四微型扰流翼808的翼展方向范围约等于副翼132的前缘的翼展方向范围。在其他示例中,第四微型扰流翼808的翼展方向范围可以基本上小于副翼132的前缘的翼展方向范围。

[0081] 在一些示例中,第四微型扰流翼808的移动经由联接至飞机机翼800的第四微型扰流翼808的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼800的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于副翼132的移动和/或位置控制联接至第四微型扰流翼808的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第四微型扰流翼808可以被配置和/或控制为(A)当副翼132朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当副翼132朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当副翼132朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当副翼132朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第四微型扰流翼808可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0082] 在其他示例中,第四微型扰流翼808机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏

置元件、紧固件等)一个或多个与副翼132联接的一个或多个致动机构,使得第四微型扰流翼808的移动和/或位置在机械上取决于副翼132的移动和/或位置。例如,第四微型扰流翼808可以机械地从动于(A)当副翼132朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当副翼132朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当副翼132朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当副翼132朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第四微型扰流翼808可以可替代地机械地从动于保持在其展开位置中。

[0083] 如下面进一步描述的,图9-11示出了图8的飞机机翼800的第四微型扰流翼808,当副翼132从中立位置移动至第一向上偏转位置并且从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,该第四微型扰流翼808增强了图8的飞机机翼800的副翼132的效能。下面结合图9-11提供的图8的飞机机翼800的副翼132和第四微型扰流翼808的流场的描述也适用于图8的飞机机翼800的襟副翼130和第三微型扰流翼806的流场。

[0084] 图9为图8的飞机机翼800的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置900的图8的副翼132,并且示出了处于示例缩回位置902的图8的第四微型扰流翼808。副翼132可移动地联接至飞机机翼800,并且可绕着靠近副翼132的示例前缘906定位和/或位于后缘150前方的第一示例铰链线904移动(例如,相对于中立位置900可旋转和/或可偏转)。当副翼132处于中立位置900时,副翼132的上表面152通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。第四微型扰流翼808也可移动地联接至飞机机翼800,并且可绕着靠近第四微型扰流翼808的前缘828定位和/或位于后缘830前方的第二示例铰链线908移动(例如,相对于缩回位置902可旋转和/或可偏转)。当第四微型扰流翼808处于缩回位置902时,第四微型扰流翼808的上表面832通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。

[0085] 图9进一步示出了当实现飞机机翼800的飞机以高马赫数行进且副翼132处于中立位置900并且第四微型扰流翼808处于缩回位置902时,副翼132局部的第一示例气流910。第一气流910包括沿着副翼132的上表面152定位的第一示例流分离区域912。图9的第一气流910的第一流分离区域912减小了飞机机翼800的升力势。图9所示的第一气流910与以上描述的图2所示的第一气流206基本上相同。

[0086] 图10为图8和9的飞机机翼800的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置1000的图8和9的副翼132,并且示出了处于示例展开位置1002的图8和9的第四微型扰流翼。副翼132可以围绕第一铰链线904从图9的中立位置900偏转和/或旋转到图10的第一向上偏转位置1000。当副翼132处于第一向上偏转位置1000时,副翼132的上表面152相对于飞机机翼800的固定上表面116以第一示例偏转角1004定向。在图10所示的示例中,第一偏转角1004约为五度(5°)。第四微型扰流翼808可以围绕第二铰链线908从图9的缩回位置902偏转和/或旋转到图10的展开位置1002。当第四微型扰流翼808处于展开位置1002时,第四微型扰流翼808的上表面832相对于飞机机翼800的固定上表面116以示例展开角1006定向。在一些示例中,展开角1006在三十度(30°)至九十度(90°)之间,并且优选地在三十度(30°)至六十度(60°)之间。在图10的所示示例中,展开角1006约为四十五度(45°)。

[0087] 图10进一步示出了当实现飞机机翼800的飞机以高马赫数行进且副翼132处于第一向上偏转位置1000并且第四微型扰流翼808处于展开位置1002时,副翼132局部的第二示例气流1008。图10的第二气流1008不同于图9的第一气流910。更具体地,图10的第二气流1008包括沿着第四微型扰流翼808的上表面832定位和/或沿着在第四微型扰流翼808前方的飞机机翼800的固定上表面116定位的第一示例增压区域1010。图10的第二气流1008进一步包括沿着副翼132的示例下表面1014定位的第二示例流分离区域1012。图10的第二气流1008进一步包括第三示例流分离区域1016,其沿着副翼132的上表面152定位,并且其大小和/或面积大于图9的第一气流910的第一流分离区域912的大小和/或面积。响应于第一增加的压力区域1010、第二流分离区域1012和第三流分离区域1016,飞机机翼800经受明显的(例如,可测量的)升力降低,这对应于使副翼132向上偏转的预期的空气动力学效应。

[0088] 当副翼132以较小的向上偏转定位(例如,如图10所示)时,第四微型扰流翼808的展开有利地消除了预期的空气动力学效应的不利逆转,否则该不利的逆转将在缺少第四微型扰流翼808的情况下,当副翼132以较小的向上偏转定位时发生(例如,如上述图3所示)。通过消除与将副翼132以较小的向上偏转定位相关联的死区,第四微型扰流翼808有利地增强了副翼132的效能。

[0089] 图11为图8-10的飞机机翼800的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏转位置1100的图8-10的副翼132,并且示出了处于图9的缩回位置902的图8-10的第四微型扰流翼808。副翼132可以围绕第一铰链线904从图10的第一向上偏转位置1000偏转和/或旋转到图11的第二向上偏转位置1100。当副翼132处于第二向上偏转位置1100时,副翼132的上表面152相对于飞机机翼800的固定上表面116以第二示例偏转角1102定向。与图11的第二向上偏转位置1100相关联的第二偏转角1102大于与图10的第一向上偏转位置1000相关联的第一偏转角1004。在图11所示的示例中,第二偏转角1102约为十五度(15°)。第四微型扰流翼808可以围绕第二铰链线908从图10的展开位置1002偏转和/或旋转到图9和11的缩回位置902。

[0090] 图11进一步示出了当实现飞机机翼800的飞机以高马赫数行进且副翼132处于第二向上偏转位置1100并且第四微型扰流翼808处于缩回位置902时,副翼132局部的第三示例气流1104。图11的第三气流1104不同于图10的第二气流1008。更具体地,从图11的第三气流1104中去除和/或不包括在图10的第二气流1008中包括的第二流分离区域1012。此外,图11的第三气流1104包括第二示例增压区域1106,其沿着副翼132的上表面152、沿着第四微型扰流翼808的上表面832和/或沿着副翼132前方的飞机机翼800的固定上表面116定位,并且大小和/或面积大于图10的第二气流1008的第一增压区域1010的大小和/或面积。图11的第三气流1104进一步包括第四示例流分离区域1108,其沿着副翼132的下表面1014定位,并且其大小和/或面积大于图10的第二气流1008的第二流分离区域1012的大小和/或面积。响应于第二增加的压力区域1106和第四流分离区域1108,飞机机翼800保持明显的(例如,可测量的)升力降低。

[0091] 如下面进一步描述的,图12-14示出了图8的飞机机翼800的第二微型扰流翼804,当舷外扰流翼128从中立位置移动至第一向上偏转位置并且从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,该第二微型扰流翼804增强了图8的飞机机翼800的舷外扰流翼128的效能。下面结合图12-14提供的图8的飞机机翼800的舷外扰流

翼128和第二微型扰流翼804的流场的描述也适用于图8的飞机机翼800的舷内扰流翼126和第一微型扰流翼802的流场。

[0092] 图12为图8的飞机机翼800的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置1200的图8的舷外扰流翼128,并且示出了处于示例缩回位置1202的图8的第二微型扰流翼804。舷外扰流翼128可移动地联接至飞机机翼800,并且可绕着靠近舷外扰流翼128的示例前缘140定位和/或位于后缘142前方的第一示例铰链线1204移动(例如,相对于中立位置1200可旋转和/或可偏转)。当舷外扰流翼128处于中立位置1200时,舷外扰流翼128的上表面144通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。第二微型扰流翼804也可移动地联接至飞机机翼800,并且可绕着靠近第二微型扰流翼804的前缘816定位和/或位于后缘818前方的第二示例铰链线1206移动(例如,相对于缩回位置1202可旋转和/或可偏转)。当第二微型扰流翼804处于缩回位置1202时,第二微型扰流翼804的上表面820通常与飞机机翼800的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。

[0093] 图12进一步示出了当实现飞机机翼800的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于中立位置1200并且第二微型扰流翼804处于缩回位置1202时,舷外扰流翼128局部的第一示例气流1208。第一气流1208包括第一示例流分离区域1210,该第一流分离区域506沿着舷外扰流翼128的上表面144并且沿着舷外襟翼124的上表面1212定位。图12的第一气流1208的第一流分离区域1210减小了飞机机翼800的升力势。图12所示的第一气流1208与以上描述的图5所示的第一气流504基本上相同。

[0094] 图13为图8和图12的飞机机翼800的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置1300的图8和图12的舷外扰流翼128,并且示出了处于示例展开位置1302的图8和图12的第二微型扰流翼804。舷外扰流翼128可以围绕第一铰链线1204从图12的中立位置1200偏转和/或旋转到图13的第一向上偏转位置1300。当舷外扰流翼128处于第一向上偏转位置1300时,舷外扰流翼128的上表面144相对于飞机机翼800的固定上表面116以第一示例偏转角1304定向。在图13所示的示例中,第一偏转角1304约为五度(5°)。第二微型扰流翼804可以围绕第二铰链线1206从图12的缩回位置1202偏转和/或旋转到图13的展开位置1302。当第二微型扰流翼804处于展开位置1302时,第二微型扰流翼804的上表面820相对于飞机机翼800的固定上表面116以示例展开角1306定向。在一些示例中,展开角1306在三十度(30°)至九十度(90°)之间,并且优选地在三十度(30°)至六十度(60°)之间。在图13所示的示例中,展开角1306约为四十五度(45°)。

[0095] 图13进一步示出了当实现飞机机翼800的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于第一向上偏转位置1300并且第二微型扰流翼804处于展开位置1302时,舷外扰流翼128局部的第二示例气流1308。图13的第二气流1308不同于图12的第一气流1208。更具体地,图13的第二气流1308包括沿着第二微型扰流翼804的上表面820定位和/或沿着在第二微型扰流翼804前方的飞机机翼800的固定上表面116定位的第一示例增压区域1310。图13的第二气流1308进一步包括第二示例流分离区域1312,该第二示例流分离区域1312沿着舷外扰流翼128的上表面144定位并且沿着舷外襟翼124的上表面1212定位,并且其大小和/或面积大于图12的第一气流1208的第一流分离区域1210的大小和/或面积。响应于第一增加的压力区域1310和第二流分离区域1312,飞机机翼800经受明显的(例如,可测量的)升力降低,这对应于使舷外扰流翼128向上偏转的预期的空气动力学效应。

[0096] 当舷外扰流翼128以较小的向上偏转定位(例如,如图13所示)时,第二微型扰流翼804的展开有利地消除了预期的空气动力学效应的不利逆转,否则该不利的逆转将在缺少第二微型扰流翼804的情况下,当舷外扰流翼128以较小的向上偏转定位时发生(例如,如上述图6所示)。通过消除与将舷外扰流翼128以较小的向上偏转定位相关联的死区,第二微型扰流翼804有利地增强了舷外扰流翼128的效能。

[0097] 图14为图8、图12和图13的飞机机翼800的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏转位置1400的图8、图12和图13的舷外扰流翼128,并且示出了处于图12的缩回位置1202的图8、图12和图13的第二微型扰流翼804。舷外扰流翼128可以围绕第一铰链线1204从图13的第一向上偏转位置1300偏转和/或旋转到图14的第二向上偏转位置1400。当舷外扰流翼128处于第二向上偏转位置1400时,舷外扰流翼128的上表面144相对于飞机机翼800的固定上表面116以第二示例偏转角1402定向。与图14的第二向上偏转位置1400相关联的第二偏转角1402大于与图13的第一向上偏转位置1300相关联的第一偏转角1304。在图14所示的示例中,第二偏转角1402约为十五度(15°)。第二微型扰流翼804可以围绕第二铰链线1206从图13的展开位置1302偏转和/或旋转到图12和14的缩回位置1202。

[0098] 图14进一步示出了当实现飞机机翼800的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于第二向上偏转位置1400并且第二微型扰流翼804处于缩回位置1202时,舷外扰流翼128局部的第三示例气流1404。图14的第三气流1404不同于图13的第二气流1308。更具体地,第三气流1404包括第二示例增压区域1406,其沿着舷外扰流翼128的上表面144、沿着第二微型扰流翼804的上表面820和/或沿着舷外扰流翼128前方的飞机机翼800的固定上表面116定位,并且大小和/或面积大于图13的第二气流1308的第一增压区域1310的大小和/或面积。图14的第三气流1404进一步包括沿着舷外扰流翼128的上表面144定位的示例流重新附接区域1408。图14的第三气流1404进一步包括第三示例流分离区域1410,其沿着舷外襟翼124的上表面1212定位,并且其大小和/或面积大于图13的第二气流1308的第二流分离区域1312的大小和/或面积。响应于第二增加压力区域1406、流重新附接区域1408和第三流分离区域1410,飞机机翼800保持明显的(例如,可测量的)升力降低。

[0099] 图15为包括根据本公开的教导构造的示例微型扰流翼的另一示例飞机机翼1500的平面图。在图15所示的示例中,图15的飞机机翼1500包括机身102、机舱104(包括纵向轴线106)、舷内部分108、舷外部分110、固定前缘112、前缘113、固定后缘114、后缘115、固定上表面116、升力操纵面(包括舷内板条118、舷外板条120、舷内襟翼122和舷外襟翼124)以及上述图1-7的飞机机翼100的侧向操纵面(包括舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130和副翼132)。在其他示例中,相对于以上结合图1-7所描述的那些,图15的飞机机翼1500可替代地包括另外的升力操纵面和/或另外的侧向操纵面。在其他一些示例中,相对于以上结合图1-7所描述的那些,图15的飞机机翼1500可替代地包括更少的升力操纵面和/或更少的侧向操纵面。

[0100] 在图15所示的示例中,飞机机翼1500的微型扰流翼包括:与飞机机翼1500的舷内扰流翼126相关联的第一示例微型扰流翼1502,与飞机机翼1500的舷外扰流翼128相关联的第二示例微型扰流翼1504,与飞机机翼1500的襟副翼130相关联的第三示例微型扰流翼1506,以及与飞机机翼1500的副翼132相关联的第四示例微型扰流翼1508。因此,如图15所示,图15的飞机机翼1500的每个侧向操纵面与飞机机翼1500的相应的一个微型扰流翼相关

联。在其他示例中,侧向操纵面与微型扰流翼的比率可以不同于图15所示的一对一比率。例如,图15的飞机机翼1500可替代地包括比侧向操纵面更少的微型扰流翼,其中一个或多个侧向操纵面没有相关联的微型扰流翼。

[0101] 在图15所示的示例中,第一微型扰流翼1502可移动地联接至飞机机翼1500的舷内扰流翼126,并且沿着舷内扰流翼126的上表面138靠近舷内扰流翼126的前缘134定位和/或位于后缘136的前方。第一微型扰流翼1502包括示例前缘1510,与前缘1510相对定位和/或相对于前缘1510向后定位的示例后缘1512以及示例上表面1514,该示例上表面1514在前缘1510和后缘1512之间延伸。第一微型扰流翼1502相对于舷内扰流翼126的上表面138可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第一微型扰流翼1502的上表面1514通常与舷内扰流翼126的上表面138对准(例如,与舷内扰流翼126的上表面138平行和/或共面),在该展开位置,第一微型扰流翼1502的上表面1514相对于舷内扰流翼126的上表面138向上偏转(例如,围绕靠近第一微型扰流翼1502的前缘1510定位和/或位于第一微型扰流翼1502的后缘1512前方的铰链线)。

[0102] 第一微型扰流翼1502被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第一微型扰流翼1502处于其缩回位置时所测量的第一微型扰流翼1502的上表面1514的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当舷内扰流翼126处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的舷内扰流翼126的上表面138的弦向尺寸。在一些示例中,图15的第一微型扰流翼1502的上表面1514的测量的弦向尺寸在舷内扰流翼126的上表面138的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图15的第一微型扰流翼1502的上表面1514的测量的弦向尺寸在第一微型扰流翼1502局部(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼1500的前缘113到飞机机翼1500的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,舷内板条118)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,舷内襟翼122)。

[0103] 在图15所示的示例中,第一微型扰流翼1502具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着舷内扰流翼126的上表面138延伸。如图15所示,第一微型扰流翼1502的翼展方向范围约等于舷内扰流翼126的前缘134的翼展方向范围。在其他示例中,第一微型扰流翼1502的翼展方向范围可以基本上小于舷内扰流翼126的前缘134的翼展方向范围。

[0104] 在一些示例中,第一微型扰流翼1502的移动经由联接至飞机机翼1500的第一微型扰流翼1502的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼1500的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于舷内扰流翼126的移动和/或位置控制联接至第一微型扰流翼1502的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第一微型扰流翼1502可以被配置和/或控制为(A)当舷内扰流翼126朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷内扰流翼126朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷内扰流翼126朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷内扰流翼126朝向第二向上偏转位置移动和/或定位

在第二向上偏转位置中时,第一微型扰流翼1502可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0105] 在其他示例中,第一微型扰流翼1502机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)一个或多个与舷内扰流翼126联接的一个或多个致动机构,使得第一微型扰流翼1502的移动和/或位置在机械上取决于舷内扰流翼126的移动和/或位置。例如,第一微型扰流翼1502可以机械从动于(A)当舷内扰流翼126朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷内扰流翼126朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷内扰流翼126朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷内扰流翼126朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第一微型扰流翼1502可以可替代地机械从动于保持在其展开位置中。

[0106] 在图15所示的示例中,第二微型扰流翼1504可移动地联接至飞机机翼1500的舷外扰流翼128,并且沿着舷外扰流翼128的上表面144靠近舷外扰流翼128的前缘140定位和/或位于后缘142的前方。第二微型扰流翼1504包括示例前缘1516,与前缘1516相对定位和/或相对于前缘1516向后定位的示例后缘1518以及示例上表面1520,该示例上表面1520在前缘1516和后缘1518之间延伸。第二微型扰流翼1504相对于舷外扰流翼128的上表面144可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第二微型扰流翼1504的上表面1520通常与舷外扰流翼128的上表面144对准(例如,与舷外扰流翼128的上表面144平行和/或共面),在该展开位置,第二微型扰流翼1504的上表面1520相对于舷外扰流翼128的上表面144向上偏转(例如,围绕靠近第二微型扰流翼1504的前缘1516定位和/或位于第二微型扰流翼1504的后缘1518前方的铰链线)。

[0107] 第二微型扰流翼1504被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第二微型扰流翼1504处于其缩回位置时所测量的第二微型扰流翼1504的上表面1520的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当舷外扰流翼128处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的舷外扰流翼128的上表面144的弦向尺寸。在一些示例中,图15的第二微型扰流翼1504的上表面1520的测量的弦向尺寸在舷外扰流翼128的上表面144的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图15的第二微型扰流翼1504的上表面1520的测量的弦向尺寸在第二微型扰流翼1504局部(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼1500的前缘113到飞机机翼1500的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,一个或多个舷外板条120)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,舷外襟翼124)。

[0108] 在图15所示的示例中,第二微型扰流翼1504具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着舷外扰流翼128的上表面144延伸。如图15所示,第二微型扰流翼1504的翼展方向范围约等于舷外扰流翼128的前缘140的翼展方向范围。在其他示例中,第二微型扰流翼1504的翼展方向范围可以基本上小于舷外扰流翼128的前缘140的翼展方向范围。

[0109] 在一些示例中,第二微型扰流翼1504的移动经由联接至飞机机翼1500的第二微型扰流翼1504的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼1500的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于舷外扰流翼128的移动和/或位置控制联接至第二微型扰流翼1504的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第二微型扰流翼1504可以被配置和/或控制为(A)当舷外扰流翼128朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷外扰流翼128朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷外扰流翼128朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷外扰流翼128朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第二微型扰流翼1504可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0110] 在其他示例中,第二微型扰流翼1504机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)一个或多个与舷外扰流翼128联接的一个或多个致动机构,使得第二微型扰流翼1504的移动和/或位置在机械上取决于舷外扰流翼128的移动和/或位置。例如,第二微型扰流翼1504可以机械地从动于(A)当舷外扰流翼128朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当舷外扰流翼128朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当舷外扰流翼128朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当舷外扰流翼128朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第二微型扰流翼1504可以可替代地机械从动于保持在其展开位置中。

[0111] 在图15所示的示例中,第三微型扰流翼1506可移动地联接至飞机机翼1500的襟副翼130,并且沿着襟副翼130的上表面148靠近襟副翼130的前缘定位和/或位于后缘146的前方。第三微型扰流翼1506包括示例前缘1522,与前缘1522相对定位和/或相对于前缘1522向后定位的示例后缘1524以及示例上表面1526,该示例上表面1526在前缘1522和后缘1524之间延伸。第三微型扰流翼1506相对于襟副翼130的上表面148可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第三微型扰流翼1506的上表面1526通常与襟副翼130的上表面148对准(例如,与襟副翼130的上表面148平行和/或共面),在该展开位置,第三微型扰流翼1506的上表面1526相对于襟副翼130的上表面148向上偏转(例如,围绕靠近第三微型扰流翼1506的前缘1522定位和/或位于第三微型扰流翼1506的后缘1524前方的铰链线)。

[0112] 第三微型扰流翼1506被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第三微型扰流翼1506处于其缩回位置时所测量的第三微型扰流翼1506的上表面1526的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当襟副翼130处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的襟副翼130的上表面148的弦向尺寸。在一些示例中,图15的第三微型扰

流翼1506的上表面1526的测量的弦向尺寸在襟副翼130的上表面148的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图15的第三微型扰流翼1506的上表面1526的测量的弦向尺寸在第三微型扰流翼1506局部(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼1500的前缘113到飞机机翼1500的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,一个或多个舷外板条120)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,襟副翼襟翼130)。

[0113] 在图15所示的示例中,第三微型扰流翼1506具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着襟副翼130的上表面148延伸。如图15所示,第三微型扰流翼1506的翼展方向范围约等于襟副翼130的前缘的翼展方向范围。在其他示例中,第三微型扰流翼1506的翼展方向范围可以基本上小于襟副翼130的前缘的翼展方向范围。

[0114] 在一些示例中,第三微型扰流翼1506的移动经由联接至飞机机翼1500的第三微型扰流翼1506的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼1500的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于襟副翼130的移动和/或位置控制联接至第三微型扰流翼1506的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第三微型扰流翼1506可以被配置和/或控制为(A)当襟副翼130朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当襟副翼130朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当襟副翼130朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当襟副翼130朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第三微型扰流翼1506可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0115] 在其他示例中,第三微型扰流翼1506机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)一个或多个与襟副翼130联接的一个或多个致动机构,使得第三微型扰流翼1506的移动和/或位置在机械上取决于襟副翼130的移动和/或位置。例如,第三微型扰流翼1506可以机械地从动于(A)当襟副翼130朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当襟副翼130朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当襟副翼130朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当襟副翼130朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第三微型扰流翼1506可以可替代地机械从动于保持在其展开位置中。

[0116] 在图15所示的示例中,第四微型扰流翼1508可移动地联接至飞机机翼1500的副翼132,并且沿着副翼132的上表面152靠近副翼132的前缘定位和/或位于后缘150的前方。第四微型扰流翼1508包括示例前缘1528,与前缘1528相对定位和/或相对于前缘1528向后定位的示例后缘1530以及示例上表面1532,该示例上表面1532在前缘1528和后缘1530之间延

伸。第四微型扰流翼1508相对于副翼132的上表面152可在缩回位置和展开位置之间移动(例如,可旋转和/或可偏转),在该缩回位置,第四微型扰流翼1508的上表面1532通常与副翼132的上表面152对准(例如,与副翼132的上表面152平行和/或共面),在该展开位置,第四微型扰流翼1508的上表面1532相对于副翼132的上表面152向上偏转(例如,围绕靠近第四微型扰流翼1508的前缘1528定位和/或位于第四微型扰流翼1508的后缘1530前方的铰链线)。

[0117] 第四微型扰流翼1508被配置为(例如,大小和/或形状)为使得当第四微型扰流翼1508处于其缩回位置时所测量的第四微型扰流翼1508的上表面1532的弦向尺寸(例如,在基本上平行于纵向轴线106的前后方向上)基本上小于当副翼132处于其中立(例如,未偏转)位置时所测量的副翼132的上表面152的弦向尺寸。在一些示例中,图15的第四微型扰流翼1508的上表面1532的测量的弦向尺寸在副翼132的上表面152的测量的弦向尺寸的约百分之五(5%)至约百分之六十(60%)之间。在一些示例中,图15的第四微型扰流翼1508的上表面1532的测量的弦向尺寸在第四微型扰流翼1508局部(例如,与其相邻和/或与其重叠)的位置处在从飞机机翼1500的前缘113到飞机机翼1500的后缘115测量的局部翼弦的约百分之一(1%)至约百分之五(5%)之间,并且具有任何一个或多个局部前缘装置(例如,一个或多个舷外板条120)和/或位于其/它们各自的一个或多个收起和/或中立位置的一个或多个局部后缘装置(例如,副翼132)。

[0118] 在图15所示的示例中,第四微型扰流翼1508具有基本上平面的形状,该形状沿侧向和/或翼展方向沿着副翼132的上表面152延伸。如图15所示,第四微型扰流翼1508的翼展方向范围约等于副翼132的前缘的翼展方向范围。在其他示例中,第四微型扰流翼1508的翼展方向范围可以基本上小于副翼132的前缘的翼展方向范围。

[0119] 在一些示例中,第四微型扰流翼1508的移动经由联接至飞机机翼1500的第四微型扰流翼1508的一个或多个致动机构发生,并且经由实施飞机机翼1500的飞机的一个或多个控制系统进行控制。在这样的示例中,可以基于副翼132的移动和/或位置控制联接至第四微型扰流翼1508的一个或多个致动机构(例如,经由专用控制器生成的一个或多个信号,一个或多个命令和/或一个或多个指令)。例如,第四微型扰流翼1508可以被配置和/或控制为(A)当副翼132朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当副翼132朝向其第一向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当副翼132朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当副翼132朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第四微型扰流翼1508可以可替代地被配置和/或控制为保持在其展开位置中。

[0120] 在其他示例中,第四微型扰流翼1508机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)一个或多个与副翼132联接的一个或多个致动机构,使得第四微型扰流翼1508的移动和/或位置在机械上取决于副翼132的移动和/或位置。例如,第四微型扰流翼1508可以机械地从动于(A)当副翼132朝向其中立(例如,未偏转)位置移动和/或定位在其中立位置时朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中,(B)当副翼132朝向其第一

向上偏转位置移动和/或定位在其第一向上偏转位置时朝向其展开位置移动和/或定位在其展开位置中,以及(C)当副翼132朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动和/或定位在延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,朝向其缩回位置移动和/或定位在其缩回位置中。当副翼132朝向第二向上偏转位置移动和/或定位在第二向上偏转位置中时,第四微型扰流翼1508可以可替代地机械从动于保持在其展开位置中。

[0121] 如下面进一步描述的,图16-18示出了图15的飞机机翼1500的第四微型扰流翼1508,当副翼132从中立位置移动至第一向上偏转位置并且从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,该第四微型扰流翼808增强了图15的飞机机翼1500的副翼132的效能。下面结合图16-18提供的图15的飞机机翼1500的副翼132和第四微型扰流翼1508的流场的描述也适用于图15的飞机机翼1500的襟副翼130和第三微型扰流翼1506的流场。

[0122] 图16为图15的飞机机翼1500的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置1600的图15的副翼132,并且示出了处于示例缩回位置1602的图15的第四微型扰流翼1508。副翼132可移动地联接至飞机机翼1500,并且可绕着靠近副翼132的示例前缘1606定位和/或位于后缘150前方的第一示例铰链线1604移动(例如,相对于中立位置1600可旋转和/或可偏转)。当副翼132处于中立位置1600时,副翼132的上表面152通常与飞机机翼1500的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。第四微型扰流翼1508可移动地联接至副翼132,并且可绕着靠近第四微型扰流翼1508的前缘1528定位和/或位于后缘1530前方的第二示例铰链线1608移动(例如,相对于缩回位置1602可旋转和/或可偏转)。当第四微型扰流翼1508处于缩回位置1602时,第四微型扰流翼1508的上表面1532通常与副翼132的上表面152对准(例如,平行和/或共面)。

[0123] 图16进一步示出了当实现飞机机翼1500的飞机以高马赫数行进且副翼132处于中立位置1600并且第四微型扰流翼1508处于缩回位置1602时,副翼132局部的第一示例气流1610。第一气流1610包括沿着副翼132的上表面152定位的第一示例流分离区域1612。图16的第一气流1610的第一流分离区域1612减小了飞机机翼1500的升力势。图16所示的第一气流1610与以上描述的图2所示的第一气流206基本上相同。

[0124] 图17为图15和图16的飞机机翼1500的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置1700的图15和图16的副翼132,并且示出了处于示例展开位置1702的图15和16的第四微型扰流翼1508。副翼132可以围绕第一铰链线1604从图16的中立位置1600偏转和/或旋转到图17的第一向上偏转位置1700。当副翼132处于第一向上偏转位置1700时,副翼132的上表面152相对于飞机机翼1500的固定上表面116以第一示例偏转角1704定向。在图17所示的示例中,第一偏转角1704约为五度(5°)。第四微型扰流翼1508可以围绕第二铰链线1608从图16的缩回位置1602偏转和/或旋转到图17的展开位置1702。当第四微型扰流翼1508处于展开位置1702时,第四微型扰流翼1508的上表面1532相对于副翼132的上表面152以示例展开角1706定向。在一些示例中,展开角1706在三十度(30°)至九十度(90°)之间,并且优选地在三十度(30°)至六十度(60°)之间。在图17所示的示例中,展开角1706约为四十五度(45°)。

[0125] 图17进一步示出了当实现飞机机翼1500的飞机以高马赫数行进且副翼132处于第一向上偏转位置1700并且第四微型扰流翼1508处于展开位置1702时,副翼132局部的第二

示例气流1708。图17的第二气流1708不同于图16的第一气流1610。更具体地,图17的第二气流1708包括沿着第四微型扰流翼1508的上表面1532定位和/或沿着在第四微型扰流翼1508前方的飞机机翼1500的固定上表面116定位的第一示例增压区域1710。图17的第二气流1708进一步包括沿着副翼132的示例下表面1714定位的第二示例流分离区域1712。图17的第二气流1708进一步包括第三示例流分离区域1716,其沿着副翼132的上表面152定位,并且其大小和/或面积大于图16的第一气流1610的第一流分离区域1612的大小和/或面积。响应于第一增加的压力区域1710、第二流分离区域1712和第三流分离区域1716,飞机机翼1500经受明显的(例如,可测量的)升力降低,这对应于使副翼132向上偏转的预期的空气动力学效应。

[0126] 当副翼132以较小的向上偏转定位(例如,如图17所示)时,第四微型扰流翼1508的展开有利地消除了预期的空气动力学效应的不利逆转,否则该不利的逆转将在缺少第四微型扰流翼1508的情况下,当副翼132以较小的向上偏转定位时发生(例如,如上述图3所示)。通过消除与将副翼132以较小的向上偏转定位相关联的死区,第四微型扰流翼1508有利地增强了副翼132的效能。

[0127] 图18为图15-17的飞机机翼1500的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏转位置1800的图15-17的副翼132,并且示出了处于图16的缩回位置1602的图15-17的第四微型扰流翼1508。副翼132可以围绕第一铰链线1604从图17的第一向上偏转位置1700偏转和/或旋转到图18的第二向上偏转位置1800。当副翼132处于第二向上偏转位置1800时,副翼132的上表面152相对于飞机机翼1500的固定上表面116以第二示例偏转角1802定向。与图18的第二向上偏转位置1800相关联的第二偏转角1802大于与图17的第一向上偏转位置1700相关联的第一偏转角1704。在图18所示的示例中,第二偏转角1802约为十五度(15°)。第四微型扰流翼1508可以围绕第二铰链线1608从图17的展开位置1702偏转和/或旋转到图16和18的缩回位置1602。

[0128] 图18进一步示出了当实现飞机机翼1500的飞机以高马赫数行进且副翼132处于第二向上偏转位置1800并且第四微型扰流翼1508处于缩回位置1602时,副翼132局部的第三示例气流1804。图18的第三气流1804不同于图17的第二气流1708。更具体地,从图18的第三气流1804中去除和/或不包括在图17的第二气流1708中包括的第二流分离区域1712。此外,图18的第三气流1804包括第二示例增压区域1806,其沿着副翼132的上表面152、沿着第四微型扰流翼1508的上表面1532和/或沿着副翼132前方的飞机机翼1500的固定上表面116定位,并且大小和/或面积大于图17的第二气流1708的第一增压区域1710的大小和/或面积。图18的第三气流1804进一步包括第四示例流分离区域1808,其沿着副翼132的下表面1714定位,并且其大小和/或面积大于图17的第二气流1708的第二流分离区域1712的大小和/或面积。响应于第二增加的压力区域1806和第四流分离区域1808,飞机机翼1500保持明显的(例如,可测量的)升力降低。

[0129] 如下面进一步描述的,图19-21示出了图15的飞机机翼1500的第二微型扰流翼1504,当舷外扰流翼128从中立位置移动至第一向上偏转位置并且从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置时,该第二微型扰流翼804增强了图15的飞机机翼1500的舷外扰流翼128的效能。下面结合图19-21提供的图15的飞机机翼1500的舷外扰流翼128和第二微型扰流翼1504的流场的描述也适用于图15的飞机机翼1500的舷

内扰流翼126和第一微型扰流翼1502的流场。

[0130] 图19为图15的飞机机翼1500的局部剖视图,该图示出了处于示例中立(例如,未偏转)位置1900的图15的舷外扰流翼,并且示出了处于示例缩回位置1902的图15的第二微型扰流翼1504。舷外扰流翼128可移动地联接至飞机机翼1500,并且可绕着靠近舷外扰流翼128的示例前缘140定位和/或位于后缘142前方的第一示例铰链线1904移动(例如,相对于中立位置1900可旋转和/或可偏转)。当舷外扰流翼128处于中立位置1900时,舷外扰流翼128的上表面144通常与飞机机翼1500的固定上表面116对准(例如,平行和/或共面)。第二微型扰流翼1504也可移动地联接至舷外扰流翼128,并且可绕着靠近第二微型扰流翼1504的前缘1516定位和/或位于后缘1518前方的第二示例铰链线1906移动(例如,相对于缩回位置1902可旋转和/或可偏转)。当第二微型扰流翼1504处于缩回位置1902时,第二微型扰流翼1504的上表面1520通常与舷外扰流翼128的上表面144对准(例如,平行和/或共面)。

[0131] 图19进一步示出了当实现飞机机翼1500的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于中立位置1900并且第二微型扰流翼1504处于缩回位置1902时,舷外扰流翼128局部的第一示例气流1908。第一气流1908包括第一示例流分离区域1910,该第一流分离区域506沿着舷外扰流翼128的上表面144并且沿着舷外襟翼124的上表面1912定位。图19的第一气流1908的第一流分离区域1910减小了飞机机翼1500的升力势。图19所示的第一气流1908与以上描述的图5所示的第一气流504基本上相同。

[0132] 图20为图15和图19的飞机机翼1500的局部剖视图,该图示出了处于第一示例向上偏转位置2000的图15和图19的舷外扰流翼128,并且示出了处于示例展开位置2002的图15和图19的第二微型扰流翼804。舷外扰流翼128可以围绕第一铰链线1904从图19的中立位置1900偏转和/或旋转到图20的第一向上偏转位置2000。当舷外扰流翼128处于第一向上偏转位置2000时,舷外扰流翼128的上表面144相对于飞机机翼1500的固定上表面116以第一示例偏转角2004定向。在图20所示的示例中,第一偏转角2004约为五度(5°)。第二微型扰流翼1504可以围绕第二铰链线1906从图19的缩回位置1902偏转和/或旋转到图20的展开位置2002。当第二微型扰流翼1504处于展开位置2002时,第二微型扰流翼1504的上表面1520相对于舷外扰流翼128的上表面144以示例展开角2006定向。在一些示例中,展开角2006在三十度(30°)至九十度(90°)之间,并且优选地在三十度(30°)至六十度(60°)之间。在图20所示的示例中,展开角2006约为四十五度(45°)。

[0133] 图20进一步示出了当实现飞机机翼1500的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于第一向上偏转位置2000并且第二微型扰流翼1504处于展开位置2002时,舷外扰流翼128局部的第二示例气流2008。图20的第二气流2008不同于图19的第一气流1908。更具体地,图20的第二气流2008包括沿着第二微型扰流翼1504的上表面1520定位和/或沿着在第二微型扰流翼1504前方的飞机机翼1500的固定上表面116定位的第一示例增压区域2010。图20的第二气流2008进一步包括第二示例流分离区域2012,该第二示例流分离区域1312沿着舷外扰流翼128的上表面144定位并且沿着舷外襟翼124的上表面1912定位,并且其大小和/或面积大于图19的第一气流1908的第一流分离区域1910的大小和/或面积。响应于第一增加的压力区域2010和第二流分离区域2012,飞机机翼1500经受明显的(例如,可测量的)升力降低,这对应于使舷外扰流翼128向上偏转的预期的空气动力学效应。

[0134] 当舷外扰流翼128以较小的向上偏转定位(例如,如图20所示)时,第二微型扰流翼

1504的展开有利地消除了预期的空气动力学效应的不利逆转,否则该不利的逆转将在缺少第二微型扰流翼1504的情况下,当舷外扰流翼128以较小的向上偏转定位时发生(例如,如上述图6所示)。通过消除与将舷外扰流翼128以较小的向上偏转定位相关联的死区,第二微型扰流翼1504有利地增强了舷外扰流翼128的效能。

[0135] 图21为图15、图19和图20的飞机机翼1500的局部剖视图,该图示出了处于第二示例向上偏转位置2100的图15、图19和图20的舷外扰流翼128,并且示出了处于图19的缩回位置1902的图15、图19和图20的第二微型扰流翼1504。舷外扰流翼128可以围绕第一铰链线1904从图20的第一向上偏转位置2000偏转和/或旋转到图21的第二向上偏转位置2100。当舷外扰流翼128处于第二向上偏转位置2100时,舷外扰流翼128的上表面144相对于飞机机翼1500的固定上表面116以第二示例偏转角2102定向。与图21的第二向上偏转位置2100相关联的第二偏转角2102大于与图20的第一向上偏转位置2000相关联的第一偏转角2004。在图21所示的示例中,第二偏转角2102约为十五度(15°)。第二微型扰流翼1504可以围绕第二铰链线1906从图20的展开位置2002偏转和/或旋转到图19和21的缩回位置1902。

[0136] 图21进一步示出了当实现飞机机翼1500的飞机以高马赫数行进且舷外扰流翼128处于第二向上偏转位置2100并且第二微型扰流翼1504处于缩回位置1902时,舷外扰流翼128局部的第三示例气流2104。图21的第三气流2104不同于图20的第二气流2008。更具体地,第三气流2104包括第二示例增压区域2106,其沿着舷外扰流翼128的上表面144、沿着第二微型扰流翼1504的上表面1520和/或沿着舷外扰流翼128前方的飞机机翼1500的固定上表面116定位,并且大小和/或面积大于图20的第二气流2008的第一增压区域2010的大小和/或面积。图21的第三气流2104进一步包括沿着舷外扰流翼128的上表面144定位的示例流重新附接区域2108。图21的第三气流2104进一步包括第三示例流分离区域2110,其沿着舷外襟翼124的上表面1912定位,并且其大小和/或面积大于图20的第二气流2008的第二流分离区域2012的大小和/或面积。响应于第二增加压力区域2106、流重新附接区域2108和第三流分离区域2110,飞机机翼1500保持明显的(例如,可测量的)升力降低。

[0137] 图22为升力系数(CL)作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的迎角(AOA)的函数的示例曲线图2200。曲线图2200的第一示例曲线2202是为定位在中立(例如,未偏转)位置的副翼提供的,其中副翼缺少相关联的微型扰流翼。曲线图2200的第二示例曲线2204是为以五度的小向上偏转定位的副翼提供的,其中副翼缺少相关联的微型扰流翼。曲线图2200的第三示例曲线2206是为以五度的小向上偏转定位的副翼提供的,其中副翼具有相关联的位于展开位置的微型扰流翼。

[0138] 在图22所示的示例中,第二曲线2204包括示例死区区域2208(例如,针对给定的迎角,与第二曲线2204相关联的升力系数等于或接近与第一曲线2202相关联的升力系数的区域),示例死区区域2208对应于使副翼以较小的向上偏转偏转时的预期的空气动力学效应的不利逆转。相反,第三曲线2206缺少这样的死区区域。因此,在副翼以较小的向上偏转定位时,微型扰流翼的展开消除了预期的空气动力学效应的不利逆转,否则,该不利逆转将在缺少微型扰流翼的情况下,当副翼以较小的向上偏转定位时发生。通过消除与以较小的向上偏转定位的副翼相关联的死区区域2208,微型扰流翼有利地增强了副翼的效能。

[0139] 图23为升力系数(ΔCL)的变化作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的迎角(AOA)的函数的示例曲线图2300。曲线图2300的第一示例曲线2302是为以五度的小向上偏转定位

的副翼提供的,其中副翼缺少相关联的微型扰流翼。曲线图2300的第二示例曲线2304是为以五度的小向上偏转定位的副翼提供的,其中副翼具有相关联的位于展开位置的微型扰流翼。从上述的图22的曲线图2200的第二曲线2204和第一曲线2202之间的差得出图23的曲线图2300的第一曲线2302。从上述的图22的曲线图2200的第三曲线2206和第一曲线2202之间的差得出图23的曲线图2300的第二曲线2304。

[0140] 在图23所示的示例中,第一曲线2302包括示例死区区域2306(例如,与第一曲线2302相关联的升力系数的变化等于或接近零的区域),示例死区区域2306对应于使副翼以较小的向上偏转偏转时的预期的空气动力学效应的不利逆转。相反,第二曲线2304缺少这样的死区区域。因此,在副翼以较小的向上偏转定位时,微型扰流翼的展开消除了预期的空气动力学效应的不利逆转,否则,该不利逆转将在缺少微型扰流翼的情况下,当副翼以较小的向上偏转定位时发生。通过消除与以较小的向上偏转定位的副翼相关联的死区区域2306,微型扰流翼有利地增强了副翼的效能。

[0141] 图24为侧倾力矩系数(ΔCRM)的变化作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的迎角(AOA)的函数的示例曲线图2400。曲线图2400的第一示例曲线2402是为以五度的小向上偏转定位的副翼提供的,其中副翼缺少相关联的微型扰流翼。曲线图2400的第二示例曲线2404是为以五度的小向上偏转定位的副翼提供的,其中副翼具有相关联的位于展开位置的微型扰流翼。

[0142] 在图24所示的示例中,与第一曲线2402相关联的侧倾力矩系数的变化随着与第一曲线2402相关联的迎角的增加而减小。相反,随着与第二曲线2404相关联的迎角增加,与第二曲线2404相关联的侧倾力矩系数的变化基本上保持恒定。因此,当副翼以较小的向上偏转定位时,微型扰流翼的展开减小了在一定迎角范围内侧倾力矩系数的变化和/或使其稳定,从而增强了副翼的效能。

[0143] 图25为侧倾力矩系数(CRM)作为副翼所位于的飞机机翼的一部分的偏转角(AOD)的函数的示例曲线图2500。曲线图2500的第一示例曲线2502被提供给缺少相关联的微型扰流翼的副翼。曲线图2500的第二示例曲线2504被提供给具有定位在展开位置的相关联的微型扰流翼的副翼。

[0144] 在图25所示的示例中,与第一曲线2502相关联的侧倾力矩系数在副翼的小偏转角的范围内是非线性的,并且在副翼的超过小偏转角的范围的相对较大的偏转角时变为线性。相反,与第二曲线2504相关联的侧倾力矩系数在副翼的较小和相对较大的偏转角内保持基本线性。因此,当副翼以小偏转角定位时,微型扰流翼的展开减小了在副翼的偏转角范围内的侧倾力矩系数的变化和/或使其稳定,从而增强了副翼的效能。

[0145] 图26为第一示例控制系统2600的框图,该第一示例控制系统被配置为控制与飞机机翼的侧向操纵面相关联的微型扰流翼的移动。图26的控制系统2600包括示例侧向操纵面2602,示例侧向操纵面致动机构2604,示例微型扰流翼2606,示例微型扰流翼致动机构2608,示例控制器2610,示例侧向操纵面传感器2612和示例微型扰流翼传感器2614。图26的控制系统2600还可包括一个或多个示例其他传感器2616,包括例如一个或多个升力操纵面传感器(例如,舷内板条传感器、舷外板条传感器、舷内襟翼传感器、舷外襟翼传感器等)、迎角传感器、姿态传感器、高度传感器、空速传感器、马赫数传感器等。

[0146] 在图26所示的示例中,侧向操纵面致动机构2604可操作地联接至侧向操纵面

2602。微型扰流翼致动机构2608可操作地联接至微型扰流翼2606。控制器2610可操作地联接至侧向操纵面致动机构2604以及微型扰流翼致动机构2608。侧向操纵面传感器2612、微型扰流翼传感器2614和一个或多个其他传感器2616分别可操作地联接至控制器2610。在图26所示的示例中,侧向操纵面致动机构2604和微型扰流翼致动机构2608被配置为使得侧向操纵面致动机构2604和微型扰流翼致动机构2608的各自操作可以彼此独立地执行,并且经由控制系统2600的控制器2610独立地控制这样的操作。

[0147] 可以在包括图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机中实现图26的控制系统2600。例如,控制系统2600的侧向操纵面2602可以由图8-14的飞机机翼800的任何侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130或副翼132)实现和/或实现为该侧向操纵面,或由图15-21的飞机机翼1500的任何侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130或副翼132)实现和/或实现为该侧向操纵面。作为另一示例,控制系统2600的微型扰流翼2606可以由图8-14的飞机机翼800的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼802、第二微型扰流翼804、第三微型扰流翼806或第四微型扰流翼808)实现和/或实现为该微型扰流翼,或由图15-21的飞机机翼1500的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼1502、第二微型扰流翼1504、第三微型扰流翼1506或第四微型扰流翼1508)实现和/或实现为该微型扰流翼。

[0148] 优选地,图26的控制系统2600的侧向操纵面2602和微型扰流翼2606由彼此相关联的侧向操纵面和微型扰流翼实现(例如,位置和/或功能上相关联的)和/或实现为该侧向操纵面和微型扰流翼。例如,图26的侧向操纵面2602可以由图8-14的飞机机翼800的舷内扰流翼126实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的舷内扰流翼126,以及图26的微型扰流翼2606可以由图8-14的飞机机翼800的位于舷内扰流翼126前方的一个第一微型扰流翼802实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于舷内扰流翼126前方的一个第一微型扰流翼802。作为另一示例,图26的侧向操纵面2602可以由图8-14的飞机机翼800的舷外扰流翼128实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的舷外扰流翼128,以及图26的微型扰流翼2606可以由图8-14的飞机机翼800的位于舷外扰流翼128前方的第二微型扰流翼804实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于舷外扰流翼128前方的第二微型扰流翼804。作为另一示例,图26的侧向操纵面2602可以由图8-14的飞机机翼800的襟副翼130实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的襟副翼130,以及图26的微型扰流翼2606可以由图8-14的飞机机翼800的位于襟副翼130前方的第三微型扰流翼806实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于襟副翼130前方的第三微型扰流翼806。作为另一示例,图26的侧向操纵面2602可以由图8-14的飞机机翼800的副翼132实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的副翼132,以及图26的微型扰流翼2606可以由图8-14的飞机机翼800的位于副翼132前方的第四微型扰流翼808实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于副翼132前方的第四微型扰流翼808。

[0149] 作为另一示例,图26的侧向操纵面2602可以由图15-21的飞机机翼1500的舷内扰流翼126实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的舷内扰流翼126,以及图26的微型扰流翼2606可以由图15-21的飞机机翼1500的位于舷内扰流翼126上的第一微型扰流翼1502实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于舷内扰流翼126上的第一微型扰流翼1502。作为另一示例,图26的侧向操纵面2602可以由图15-21的飞机机翼1500的舷外扰流翼128实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的舷外扰流翼128,以及图26的微型扰流翼2606可

以由图15-21的飞机机翼1500的位于舷外扰流翼128上的第二微型扰流翼1504实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于舷外扰流翼128上的第二微型扰流翼1504。作为另一示例,图26的侧向操纵面2602可以由图15-21的飞机机翼1500的襟副翼130实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的襟副翼130,以及图26的微型扰流翼2606可以由图15-21的飞机机翼1500的位于襟副翼130上的第三微型扰流翼1506实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于襟副翼130上的第三微型扰流翼1506。作为另一示例,图26的侧向操纵面2602可以由图15-21的飞机机翼1500的副翼132实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的副翼132,以及图26的微型扰流翼2606可以由图15-21的飞机机翼1500的位于副翼132上的第四微型扰流翼1508实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于副翼132上的第四微型扰流翼1508。

[0150] 图26的控制系统2600的侧向操纵面致动机构2604可以位于(例如,部分地或全部地位于)图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500之内和/或之上,并且可以包括位于实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的机身之内和/或之上的部分和/或部件。图26的侧向操纵面致动机构2604可以由能够配置为部分和/或完全装配在图26的侧向操纵面2602与其可移动地联接的飞机机翼(例如,图8-14的飞机机翼800,图15-21的飞机机翼1500等)之内或之上以及能够配置为在期望的和/或指定的位置范围内移动(例如,旋转和/或偏转)图26的侧向操纵面2602的任何数量和/或类型的致动机构实现和/或实现为该任何数量和/或类型的致动机构。

[0151] 在一些示例中,图26的侧向操纵面致动机构2604可以由包括一个或多个电子部件的机电致动系统实现和/或实现为该机电致动系统。在其他示例中,图26的侧向操纵面致动机构2604可以由包括一个或多个液压部件的液压机械致动系统实现和/或实现为该液压机械致动系统。在另外的其他示例中,图26的侧向操纵面致动机构2604可以由包括一个或多个气动部件的气动机械致动系统实现和/或实现为该气动机械致动系统。图26的侧向操纵面致动机构2604可以包括任何数量和/或类型的机械部件,包括例如任何数量和/或类型的致动器、马达、阀、齿轮、离合器、门锁、活塞、杆、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、形状记忆合金等。

[0152] 图26的控制系统2600的微型扰流翼致动机构2608可以位于(例如,部分地或全部地位于)图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500之内和/或之上,并且可以包括位于实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的机身之内和/或之上的部分和/或部件。图26的微型扰流翼致动机构2608可以由能够配置为部分和/或完全装配在图26的微型扰流翼2606与其可移动地联接的飞机机翼(例如,图8-14的飞机机翼800,图15-21的飞机机翼1500等)之内或之上以及能够配置为在期望的和/或指定的位置范围内移动(例如,旋转和/或偏转)图26的微型扰流翼2606的任何数量和/或任何类型的致动机构实现和/或实现为该任何数量和/或任何类型的致动机构。

[0153] 在一些示例中,图26的控制系统2600的微型扰流翼2606可移动地联接至图26的控制系统2600的侧向操纵面2602。在这样的示例中,图26的控制系统2600的微型扰流翼致动机构2608可以位于(例如,部分或全部地)图26的控制系统2600的侧向操纵面2602之内和/或之上。在这样的示例中,图26的微型扰流翼致动机构2608可以由能够配置为部分和/或完全装配在图26的微型扰流翼2606与其可移动地联接的图26的侧向操纵面2602之内或之上

以及能够配置为在期望的和/或指定的位置范围内移动(例如,旋转和/或偏转)图26的微型扰流翼2606的任何数量的致动机构和/或致动机构实现和/或实现为该任何数量的致动机构和/或致动机构。

[0154] 在一些示例中,图26的微型扰流翼致动机构2608可以由包括一个或多个电子部件的机电致动系统实现和/或实现为该机电致动系统。在其他示例中,图26的微型扰流翼致动机构2608可以由包括一个或多个液压部件的液压机械致动系统实现和/或实现为该液压机械致动系统。在其他示例中,图26的微型扰流翼致动机构2608可以由包括一个或多个气动部件的气动机械致动系统和/或实现为该气动机械致动系统。图26的微型扰流翼致动机构2608可以包括任何数量和/或类型的机械部件,包括例如任何数量和/或类型的致动器、马达、阀、齿轮、离合器、门锁、活塞、杆、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、形状记忆合金等。

[0155] 图26的控制系统2600的控制器2610可以位于(例如,部分地或全部地位于)图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500之内和/或之上,或可以位于实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的机身之内和/或之上。图26的控制器2610可以由能够配置为控制图26的控制系统2600的侧向操纵面致动机构2604和/或微型扰流翼致动机构2608和/或能够配置为接收和/或处理由图26的控制系统2600的侧向操纵面传感器2612、微型扰流翼传感器2614和/或一个或多个其他传感器2616感测、测量和/或检测的数据的任意数量和/或类型的硬件元件实现和/或实现为该任意数量和/或类型的硬件元件。图26的控制器2610可以由一个或多个控制器、一个或多个处理器、一个或多个微控制器、一个或多个微处理器和/或一个或多个电路来实现。在一些示例中,控制器2610可以包括:第一控制器,其专用于控制图26的控制系统2600的侧向操纵面致动机构2604;以及第二专用控制器,其被配置为独立地控制图26的控制系统2600的微型扰流翼致动机构2608。

[0156] 图26的控制系统2600的侧向操纵面传感器2612可以位于图26的侧向操纵面2602上。例如,图26的侧向操纵面传感器2612可以位于图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的任何侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126,舷外扰流翼128,襟副翼130或副翼132)上。图26的侧向操纵面传感器2612被配置为感测、测量和/或检测图26的侧向操纵面2602的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。例如,图26的侧向操纵面传感器2612可以被配置为感测、测量和/或检测图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的一个侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126,舷外扰流翼128,襟副翼130或副翼132)的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。

[0157] 图26的控制系统2600的微型扰流翼传感器2614可以位于图26的微型扰流翼2606上。例如,微型扰流翼传感器2614可以位于图8-14的飞机机翼800的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼802、第二微型扰流翼804、第三微型扰流翼806或第四微型扰流翼808)上,或位于图15-21的飞机机翼1500的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼1502、第二微型扰流翼1504、第三微型扰流翼1506或第四微型扰流翼1508)上。图26的微型扰流翼传感器2614被配置为感测、测量和/或检测图26的微型扰流翼2606的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。例如,图26的微型扰流翼传感器2614可被配置为感测、测量和/或检测图8-14的飞机机翼800的一个微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼802、第二微型扰流翼804、第三微型扰流翼806或第四微型扰流翼808)或图15-21的飞机机翼1500的一个微型扰

流翼(例如,第一微型扰流翼1502、第二微型扰流翼1504、第三微型扰流翼1506或第四微型扰流翼1508)的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。

[0158] 图26的控制系统2600的一个或多个其他传感器2616可以位于图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500之内和/或之上,和/或可以包括位于实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的机身之内和/或之上的部分和/或部件。例如,图26的一个或多个其他传感器2616可包括位于图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的任何升力操纵面(例如,舷内板条118、舷外板条120、舷内襟翼122或舷外襟翼124)上的一个或多个升力操纵面传感器。在这样的示例中,一个或多个升力操纵面传感器可以被配置为感测、测量和/或检测图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的一个或多个升力操纵面(例如,舷内板条118、舷外板条120、舷内襟翼122或舷外襟翼124)的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。图26的其他传感器2616可以附加地或可替代地包括一个或多个迎角传感器、一个或多个姿态传感器、一个或多个高度传感器、一个或多个空速传感器和/或一个或多个马赫数传感器,其被分别配置为感测、测量和/或检测与实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机相关的一个或多个其他参数。这样的—个或多个其他参数可以包括例如图8-14的飞机机翼800的迎角(例如,飞机机翼的弦线和相对于飞机机翼的气流的相对方向之间的角度)或图15-21的飞机机翼1500的迎角(例如,飞机机翼的弦线和相对于飞机机翼的气流的相对方向之间的角度)和/或实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的姿态、高度、空速或马赫数中的任一者。

[0159] 可以以受控的方式将图26的侧向操纵面2602移动(例如,旋转和/或偏转)至侧向操纵面2602的可能位置范围内的任意数量的位置。侧向操纵面2602的一个或多个受控移动经由图26的控制系统2600的侧向操纵面致动机构2604发生,其中侧向操纵面致动机构2604经由控制系统2600的控制器2610进行管理和/或控制。控制器2610产生和/或发送一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令和/或指令使侧向操纵面致动机构2604将侧向操纵面2602移动至由一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令指定、指示和/或导出的一个或多个位置(例如,中立位置、第一向上偏转位置、延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置等)。

[0160] 在一些示例中,控制器2610被配置为产生一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令、指令使侧向操纵面致动机构2604响应于控制器2610确定和/或检测到与侧向操纵面2602的位置、微型扰流翼2606的位置相关联的阈值参数,和/或更一般地,实现图26的控制系统2600的飞机的操作已由图26的控制系统2600的侧向操纵面传感器2612、微型扰流翼传感器2614和/或一个或多个其他传感器2616中的一者或多者感测、测量和/或检测到而将侧向操纵面2602移动至指定位置。

[0161] 可以以受控的方式将图26的微型扰流翼2606移动(例如,旋转和/或偏转)至微型扰流翼2606的可能位置范围内的任意数量的位置。微型扰流翼2606的一个或多个受控移动经由图26的控制系统2600的微型扰流翼致动机构2608发生,其中微型扰流翼致动机构2608经由控制系统2600的控制器2610进行管理和/或控制。控制器2610产生和/或发送一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令、指令使微型扰流翼致动机构2608将微型扰流翼2606移动至由一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令指定、指示和/或导出的一个或多个位置(例如,缩回位置,展开位置等)。

[0162] 在一些示例中,控制器2610被配置为产生一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令、指令使微型扰流翼致动机构2608响应于控制器2610确定和/或检测到图26的侧向操纵面2602正在从一个位置移动至另一位置或朝向另一位置移动而移动微型扰流翼2606。例如,控制器2610可被配置为产生一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令、指令使微型扰流翼致动机构2608响应于控制器2610确定和/或检测到图26的侧向操纵面2602正在从中立位置移动至第一向上偏转位置或朝向第一向上偏转位置移动而将微型扰流翼2606从缩回位置移动至展开位置。控制器2610可进一步被配置为产生一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令、指令使微型扰流翼致动机构2608响应于控制器2610确定和/或检测到图26的侧向操纵面2602正在从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置或朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动而将微型扰流翼2606从展开位置移动至缩回位置。控制器2610可替代地被配置为产生一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令、指令使微型扰流翼致动机构2608响应于控制器2610确定和/或检测到图26的侧向操纵面2602正在从第一向上偏转位置移动至第二向上偏转位置或朝向第二向上偏转位置移动而将微型扰流翼2606保持在其展开位置中。

[0163] 图27为第二示例控制系统2700的框图,该第二示例控制系统被配置为控制与飞机机翼的侧向操纵面相关联的微型扰流翼的移动。图27的控制系统2700包括示例侧向操纵面2702,示例侧向操纵面致动机构2704,示例微型扰流翼2706,示例控制器2708,示例侧向操纵面传感器2710和示例微型扰流翼传感器2712。图27的控制系统2700还可包括一个或多个示例其他传感器2714,包括例如一个或多个升力操纵面传感器(例如,舷内板条传感器、舷外板条传感器、舷内襟翼传感器、舷外襟翼传感器等)、迎角传感器、姿态传感器、高度传感器、空速传感器、马赫数传感器等。

[0164] 在图27所示的示例中,侧向操纵面致动机构2704可操作地联接至侧向操纵面2702。微型扰流翼2706机械从动于(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合机械联轴器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)侧向操纵面致动机构2704,使得微型扰流翼2706的移动和/或位置在机械上取决于侧向操纵面2702的移动和/或位置。控制器2708可操作地联接至侧向操纵面致动机构2704。侧向操纵面传感器2710、微型扰流翼传感器2712和一个或多个其他传感器2714分别可操作地联接至控制器2708。

[0165] 可以在包括图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机中实现图27的控制系统2700。例如,控制系统2700的侧向操纵面2702可以由图8-14的飞机机翼800的任何侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130或副翼132)实现和/或实现为该侧向操纵面,或由图15-21的飞机机翼1500的任何侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130或副翼132)实现和/或实现为该侧向操纵面。作为另一示例,控制系统2700的微型扰流翼2706可以由图8-14的飞机机翼800的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼802、第二微型扰流翼804、第三微型扰流翼806或第四微型扰流翼808)实现和/或实现为该微型扰流翼,或由图15-21的飞机机翼1500的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼1502,第二微型扰流翼1504,第三微型扰流翼1506或第四微型扰流翼1508)实现和/或实现为该微型扰流翼。

[0166] 优选地,图27的控制系统2700的侧向操纵面2702和微型扰流翼2706由彼此相关联的侧向操纵面和微型扰流翼实现(例如,位置和/或功能上相关联的)和/或实现为该侧向操纵面和微型扰流翼。例如,图27的侧向操纵面2702可以由图8-14的飞机机翼800的舷内扰流翼126实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的舷内扰流翼126,以及图27的微型扰流翼2706可以由图8-14的飞机机翼800的位于舷内扰流翼126前方的第一微型扰流翼802实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于舷内扰流翼126前方的第一微型扰流翼802。作为另一示例,图27的侧向操纵面2702可以由图8-14的飞机机翼800的舷外扰流翼128实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的舷外扰流翼128,以及图27的微型扰流翼2706可以由图8-14的飞机机翼800的位于舷外扰流翼128前方的第二微型扰流翼804实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于舷外扰流翼128前方的第二微型扰流翼804。作为另一示例,图27的侧向操纵面2702可以由图8-14的飞机机翼800的襟副翼130实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的襟副翼130,以及图27的微型扰流翼2706可以由图8-14的飞机机翼800的位于襟副翼130前方的第三微型扰流翼806实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于襟副翼130前方的第三微型扰流翼806。作为另一示例,图27的侧向操纵面2702可以由图8-14的飞机机翼800的副翼132实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的副翼132,以及图27的微型扰流翼2706可以由图8-14的飞机机翼800的位于副翼132前方的第四微型扰流翼808实现和/或实现为图8-14的飞机机翼800的位于副翼132前方的第四微型扰流翼808。

[0167] 作为另一示例,图27的侧向操纵面2702可以由图15-21的飞机机翼1500的舷内扰流翼126实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的舷内扰流翼126,以及图27的微型扰流翼2706可以由图15-21的飞机机翼1500的位于舷内扰流翼126上的第一微型扰流翼1502实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于舷内扰流翼126上的第一微型扰流翼1502。作为另一示例,图27的侧向操纵面2702可以由图15-21的飞机机翼1500的舷外扰流翼128实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的舷外扰流翼128,以及图27的微型扰流翼2706可以由图15-21的飞机机翼1500的位于一个舷外扰流翼128前方的第二微型扰流翼1504实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于一个舷外扰流翼128前方的第二微型扰流翼1504。作为另一示例,图27的侧向操纵面2702可以由图15-21的飞机机翼1500的襟副翼130实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的襟副翼130,以及图27的微型扰流翼2706可以由图15-21的飞机机翼1500的位于襟副翼130上的第三微型扰流翼1506实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于襟副翼130上的第三微型扰流翼1506。作为另一示例,图27的侧向操纵面2702可以由图15-21的飞机机翼1500的副翼132实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的副翼132,以及图27的微型扰流翼2706可以由图15-21的飞机机翼1500的位于副翼132上的第四微型扰流翼1508实现和/或实现为图15-21的飞机机翼1500的位于副翼132上的第四微型扰流翼1508。

[0168] 图27的控制系统2700的侧向操纵面致动机构2704可以位于(例如,部分地或全部地位于)图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼之内和/或之上,并且可以包括位于实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的机身之内和/或之上的部分和/或部件。图27的侧向操纵面致动机构2704可以由能够配置为部分和/或完全装配在图27的侧向操纵面2702与其可移动地联接的飞机机翼(例如,图8-14的飞机机翼800,图15-21的飞机机翼1500等)之内或之上以及能够配置为在期望的和/或指定的位置范围内移动(例

如,旋转和/或偏转)图27的侧向操纵面2702的任何数量和/或类型的致动机构实现和/或实现为该任何数量和/或类型的致动机构。

[0169] 在一些示例中,图27的侧向操纵面致动机构2704可以由包括一个或多个电子部件的机电致动系统实现和/或实现为该机电致动系统。在其他示例中,图27的侧向操纵面致动机构2704可以由包括一个或多个液压部件的液压机械致动系统实现和/或实现为该液压机械致动系统。在另外的其他示例中,图27的侧向操纵面致动机构2704可以由包括一个或多个气动部件的气动机械致动系统实现和/或实现为该气动机械致动系统。图27的侧向操纵面致动机构2704可以包括任何数量和/或类型的机械部件,包括例如任何数量和/或类型的致动器、马达、阀、齿轮、离合器、门锁、活塞、杆、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、形状记忆合金等。

[0170] 图27的控制系统2700的控制器2708可以位于(例如,部分地或全部地位于)图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼之内和/或之上,或可以位于实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的机身之内和/或之上。图27的控制器2708可以由能够配置为控制图27的控制系统2700的侧向操纵面致动机构2704和/或能够配置为接收和/或处理由图27的控制系统2700的侧向操纵面传感器2710、微型扰流翼传感器2712和/或一个或多个其他传感器2714感测、测量和/或检测的数据的任意数量和/或类型的硬件元件实现和/或实现为该任意数量和/或类型的硬件元件。图27的控制器2708可以由一个或多个控制器、一个或多个处理器、一个或多个微控制器、一个或多个微处理器和/或一个或多个电路来实现。

[0171] 图27的控制系统2700的侧向操纵面传感器2710可以位于图27的侧向操纵面2702上。例如,图27的侧向操纵面传感器2710可以位于图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的任何侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130或副翼132)上。图27的侧向操纵面传感器2710被配置为感测、测量和/或检测图27的侧向操纵面2702的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。例如,图27的侧向操纵面传感器2710可以被配置为感测、测量和/或检测图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的一个侧向操纵面(例如,舷内扰流翼126、舷外扰流翼128、襟副翼130或副翼132)的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。

[0172] 图27的控制系统2700的微型扰流翼传感器2712可以位于图27的微型扰流翼2706上。例如,微型扰流翼传感器2712可以位于图8-14的飞机机翼800的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼802、第二微型扰流翼804、第三微型扰流翼806或第四微型扰流翼808)上,或位于图15-21的飞机机翼1500的任何微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼1502、第二微型扰流翼1504、第三微型扰流翼1506或第四微型扰流翼1508)上。图27的微型扰流翼传感器2712被配置为感测、测量和/或检测图27的微型扰流翼2706的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。例如,图27的微型扰流翼传感器2712可被配置为感测、测量和/或检测图8-14的飞机机翼800的一个微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼802、第二微型扰流翼804、第三微型扰流翼806或第四微型扰流翼808)或图15-21的飞机机翼1500的一个微型扰流翼(例如,第一微型扰流翼1502、第二微型扰流翼1504、第三微型扰流翼1506或第四微型扰流翼1508)的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。

[0173] 图27的控制系统2700的一个或多个其他传感器2714可以位于图8-14的飞机机翼

800或图15-21的飞机机翼1500之内和/或之上,和/或可以包括位于实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的机身之内和/或之上的部分和/或部件。例如,图27的一个或多个其他传感器2714可包括位于图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的任何升力操纵面(例如,舷内板条118、舷外板条120、舷内襟翼122和/或舷外襟翼124)上的一个或多个升力操纵面传感器。在这样的示例中,一个或多个升力操纵面传感器可以被配置为感测、测量和/或检测图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的一个或多个升力操纵面(例如,舷内板条118、舷外板条120、舷内襟翼122或舷外襟翼124)的位置和/或角度(例如,相对于参考位置和/或取向)。图27的其他传感器2714可以附加地或可替代地包括一个或多个迎角传感器、一个或多个姿态传感器、一个或多个高度传感器、一个或多个空速传感器和/或一个或多个马赫数传感器,其被分别配置为感测、测量和/或检测与实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机相关的一个或多个其他参数。这样的—个或多个其他参数可以包括例如图8-14的飞机机翼800的迎角(例如,飞机机翼的弦线和相对于飞机机翼的气流的相对方向之间的角度)或图15-21的飞机机翼1500的迎角(例如,飞机机翼的弦线和相对于飞机机翼的气流的相对方向之间的角度)和/或实现图8-14的飞机机翼800或图15-21的飞机机翼1500的飞机的姿态、高度、空速或马赫数中的任一者。

[0174] 可以以受控的方式将图27的侧向操纵面2702移动(例如,旋转和/或偏转)至侧向操纵面2702的可能位置范围内的任意数量的位置。侧向操纵面2702的一个或多个受控移动经由图27的控制系统2700的侧向操纵面致动机构2704发生,其中侧向操纵面致动机构2704经由控制系统2700的控制器2708进行管理和/或控制。控制器2708产生和/或发送一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令和/或指令使侧向操纵面致动机构2704将侧向操纵面2702移动至由一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令指定、指示和/或导出的一个或多个位置(例如,中立位置、第一向上偏转位置、延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置等)。

[0175] 在一些示例中,控制器2708被配置为产生一个或多个信号、一个或多个命令和/或一个或多个指令,这些信号、命令、指令使侧向操纵面致动机构2704响应于控制器2708确定和/或检测到与侧向操纵面2702的位置、微型扰流翼2706的位置相关联的阈值参数,和/或更一般地,实现图27的控制系统2700的飞机的操作已由图27的控制系统2700的侧向操纵面传感器2710、微型扰流翼传感器2712和/或一个或多个其他传感器2714中的一者或多者感测、测量和/或检测到而将侧向操纵面2702移动至指定位置。

[0176] 可以以受控的方式将图27的微型扰流翼2706移动(例如,旋转和/或偏转)至微型扰流翼2706的可能位置范围内的任意数量的位置。微型扰流翼2706的一个或多个受控移动经由图27的侧向操纵面致动机构2704机械地从动于如上面图27所述的侧向操纵面2702的一个或多个受控移动。在一些示例中,机械从动的微型扰流翼2706被配置为响应于侧向操纵面致动机构2704将侧向操纵面2702从中立位置移动至第一向上偏转位置或朝向第一向上偏转位置移动而从缩回位置移动至展开位置。机械从动的微型扰流翼2706可进一步被配置为响应于侧向操纵面致动机构2704将侧向操纵面2702从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置或朝向延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置移动而从展开位置移动至缩回位置。机械从动的微型扰流翼2706可以可替代地

被配置为响应于侧向操纵面致动机构2704将侧向操纵面2702从第一向上偏转位置移动至第二向上偏转位置或朝向第二向上偏转位置移动而保持其展开位置。

[0177] 根据前述内容,将理解,以上公开的具有被配置为增强飞机机翼的示例侧向操纵面的效能的示例微型扰流翼的飞机机翼相对于缺少此类微型扰流翼的已知飞机机翼是有利的。在一些公开的示例中,侧向操纵面可移动地联接至飞机机翼,并且微型扰流翼位于侧向操纵面上或前方。微型扰流翼可相对于飞机机翼和/或相对于侧向操纵面在缩回位置和展开位置之间移动,并被配置为基于侧向操纵面相对于侧向操纵面的中立(例如,未偏转)位置以较小的向上偏转(例如,向上五度(5°))定位而从缩回位置移动至展开位置。当侧向操纵面以较小的向上偏转定位时,将微型扰流翼从缩回位置移动至展开位置有利地防止了侧向操纵面上的流重新附接。在高超音速马赫数的情况下,通过将微型扰流翼展开而产生的这种有利的流场变化可以最大程度地减小或完全消除当侧向操纵面以较小的向上偏转定位时预期的侧向操纵面效应的不利减小或逆转。

[0178] 在一些公开的示例中,侧向操纵面经由被配置为使侧向操纵面移动的第一致动器来致动,并且微型扰流翼经由被配置为使微型扰流翼移动的第二致动器来分别和/或独立地致动。在其他公开的示例中,侧向操纵面经由被配置为使侧向操纵面移动的致动器来致动,并且微型扰流翼被机械地从动(例如,经由任何类型和/或任何数量的接合的机械连接器,包括齿轮、离合器、杆、活塞、轴、连杆、滑轮、链条、皮带、铰链、销、偏置元件、紧固件等)于侧向操纵面和/或从动于被配置为使侧向操纵面移动的致动器,使得微型扰流翼的移动和/或位置在机械上取决于侧向操纵面的移动和/或位置。

[0179] 以下段落提供了本文公开的示例的各种示例。

[0180] 示例1包括一种飞机,该飞机包括机翼、侧向操纵面和微型扰流翼。示例1的侧向操纵面可移动地联接至机翼。侧向操纵面可在中立位置、第一向上偏转位置和延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置之间移动。示例1的微型扰流翼位于侧向操纵面上或前方。微型扰流翼可在缩回位置和展开位置之间移动。微型扰流翼被配置为基于侧向操纵面从中立位置移动至第一向上偏转位置或朝向第一向上偏转位置移动而从缩回位置移动至展开位置。

[0181] 示例2包括示例1所述的飞机,其中,微型扰流翼包括上表面,当微型扰流翼处于缩回位置时该上表面具有在局部翼弦的约百分之一至约百分之五之间的弦向尺寸,其中,局部翼弦是在微型扰流翼局部的位置处从机翼的前缘到机翼的后缘测量的。

[0182] 示例3包括示例1-2中的任一项所述的飞机,其中,微型扰流翼可移动地联接至机翼并且位于侧向操纵面的前方。

[0183] 示例4包括示例1-2中的任一项所述的飞机,其中,微型扰流翼可移动地联接至侧向操纵面。

[0184] 示例5包括示例1-4中的任一项所述的飞机,其中,第一向上偏转位置与中立位置成约五度角,并且第二向上偏转位置与中立位置成约十五度角。

[0185] 示例6包括示例1-5中的任一项所述的飞机,其中,微型扰流翼进一步被配置为基于侧向操纵面从第一向上偏转位置移动至第二向上偏转位置或朝向第二向上偏转位置移动而从展开位置移动至缩回位置。

[0186] 示例7包括示例1-6中的任一项所述的飞机,其中,飞机进一步包括第一致动机构、

第二致动机构和控制器。示例7的第一致动机构可操作地联接至侧向操纵面并且被配置为使侧向操纵面移动。示例7的第二致动机构可操作地联接至微型扰流翼,并且被配置为独立于由第一致动机构移动侧向操纵面来移动微型扰流翼。示例7的控制器可操作地联接至第一和第二致动机构,并且被配置为独立地控制第一和第二致动机构。

[0187] 示例8包括示例7所述的飞机,其中,控制器被配置为命令第一致动机构和第二致动机构同时地将侧向操纵面从中立位置朝向第一向上偏转位置移动并将微型扰流翼从缩回位置朝向展开位置移动。

[0188] 示例9包括示例1-6中的任一项所述的飞机,其中,该飞机进一步包括致动机构和控制器。示例9的致动机构可操作地联接至侧向操纵面并且被配置为使侧向操纵面移动。致动机构被配置为使微型扰流翼机械地从动于侧向操纵面,使得微型扰流翼基于致动机构使侧向操纵面移动而移动。示例9的控制器可操作地联接至致动机构并且被配置为控制致动机构。

[0189] 示例10包括示例1-9中的任一项所述的飞机,其中,侧向操纵面为扰流翼。

[0190] 示例11包括示例1-9中的任一项所述的飞机,其中,侧向操纵面为襟副翼。

[0191] 示例12包括示例1-9中的任一项所述的飞机,其中,侧向操纵面为副翼。

[0192] 示例13包括一种方法,该方法包括将联接至飞机机翼的侧向操纵面从中立位置移动至第一向上偏转位置,并且从第一向上偏转位置移动至延伸超过第一向上偏转位置的第二向上偏转位置。示例13的方法进一步包括基于侧向操纵面从中立位置移动至第一向上偏转位置或朝向第一向上偏转位置移动而将位于侧向操纵面上或前方的微型扰流翼从缩回位置移动至展开位置。

[0193] 示例14包括示例13所述的方法,其中,微型扰流翼包括上表面,当微型扰流翼处于缩回位置时该上表面具有在局部翼弦的约百分之一至约百分之五之间的弦向尺寸,其中,局部翼弦是在微型扰流翼局部的位置处从机翼的前缘到机翼的后缘测量的。

[0194] 示例15包括示例13-14中的任一项所述的方法,其中,微型扰流翼可移动地联接至机翼并且位于侧向操纵面的前方。

[0195] 示例16包括示例13-14中的任一项所述的方法,其中,微型扰流翼可移动地联接至侧向操纵面。

[0196] 示例17包括示例13-16中的任一项所述的方法,其中,第一向上偏转位置与中立位置成约五度角,并且其中,第二向上偏转位置与中立位置成约十五度角。

[0197] 示例18包括示例13-17中的任一项所述的方法,其中,该方法进一步包括基于侧向操纵面从第一向上偏转位置移动至第二向上偏转位置或朝向第二向上偏转位置移动而将微型扰流翼从展开位置移动至缩回位置。

[0198] 示例19包括示例13-18中的任一项所述的方法,其中,该方法进一步包括独立地控制可操作地联接至侧向操纵面的第一致动机构和可操作地联接至微型扰流翼的第二致动机构,并且其中,第一致动机构被配置为使侧向操纵面移动,并且第二致动机构被配置为使微型扰流翼移动。

[0199] 示例20包括示例13-18中的任一项所述的方法,并且进一步包括控制可操作地联接至侧向操纵面的致动机构,其中,该致动机构被配置为使侧向操纵面移动并使微型扰流翼机械地从动于侧向操纵面,使得微型扰流翼的移动机械地取决于侧向操纵面的移动。

[0200] 尽管本文已经公开了某些示例方法、装置和制品,但是本专利的覆盖范围不限于此。相反,本专利涵盖了完全落入本专利权利要求范围内的所有方法、装置和制品。

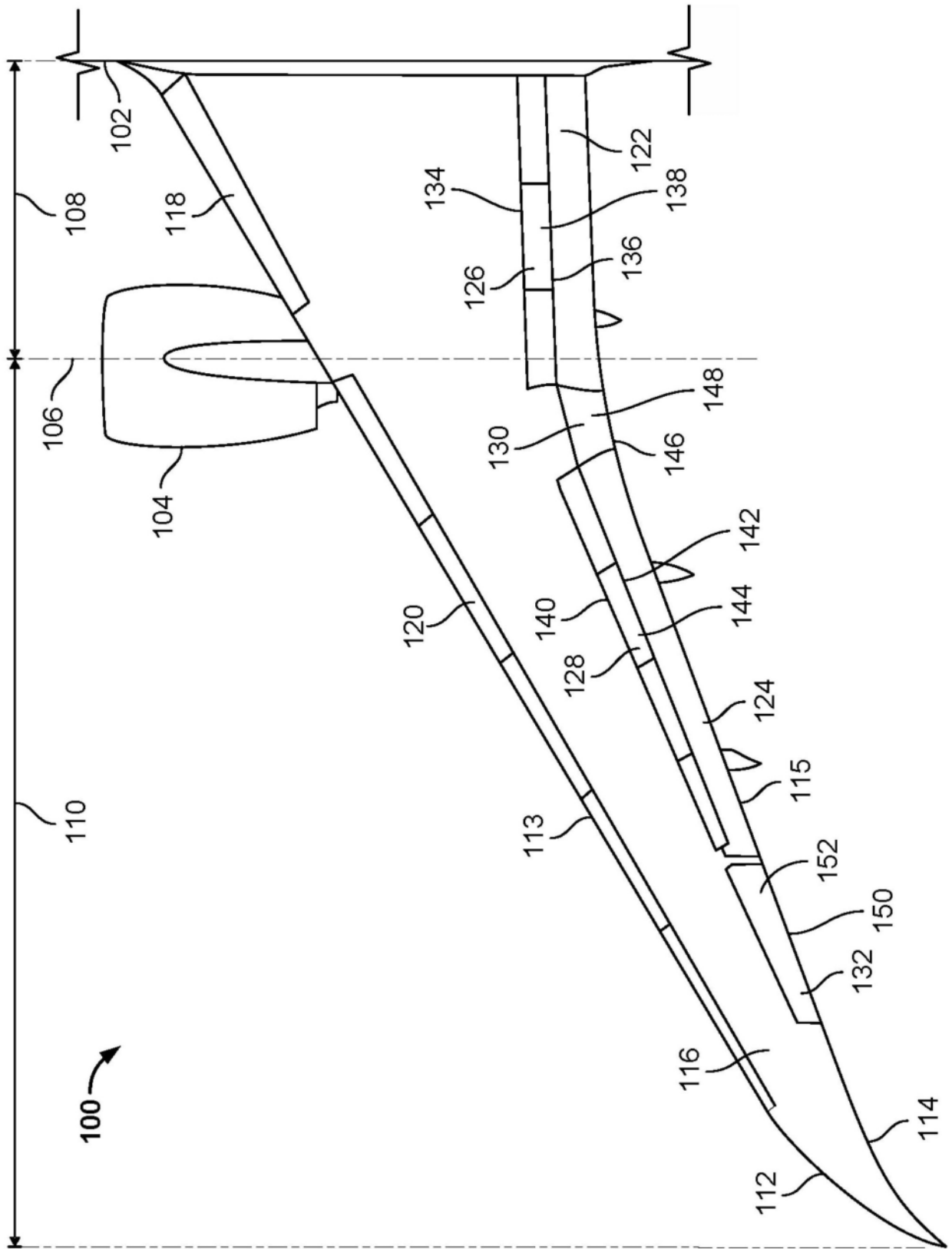


图1 (现有技术)

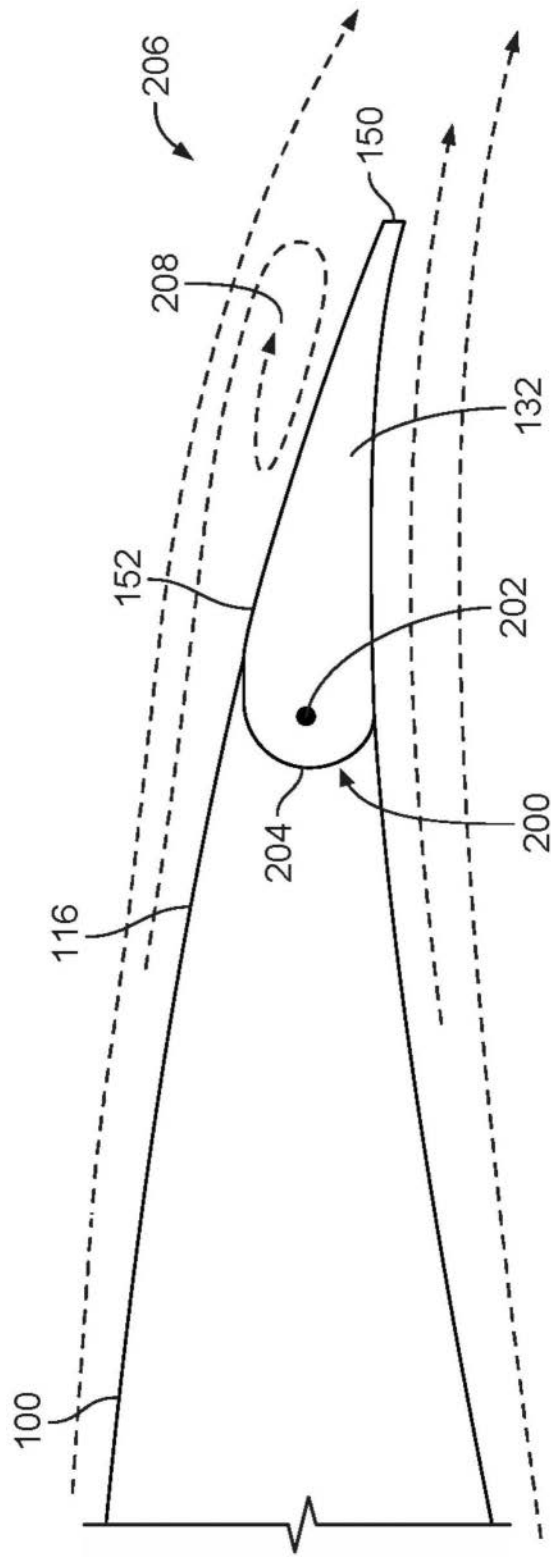


图2 (现有技术)

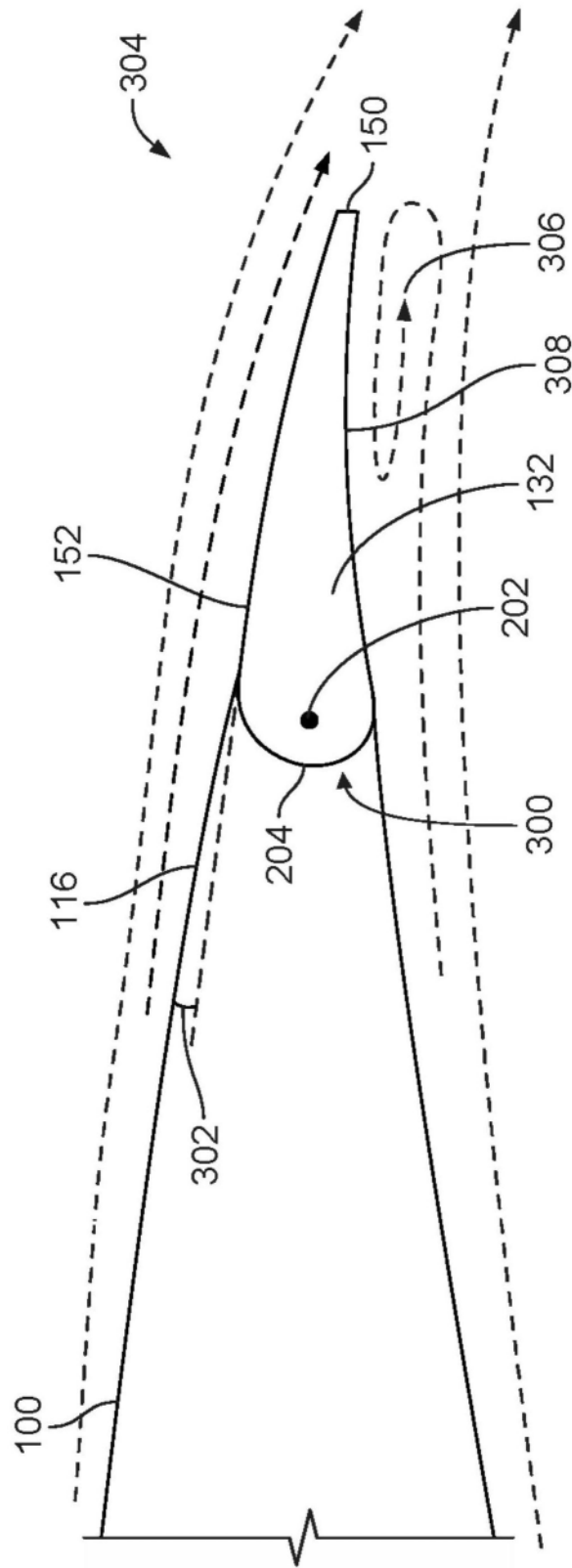


图3 (现有技术)

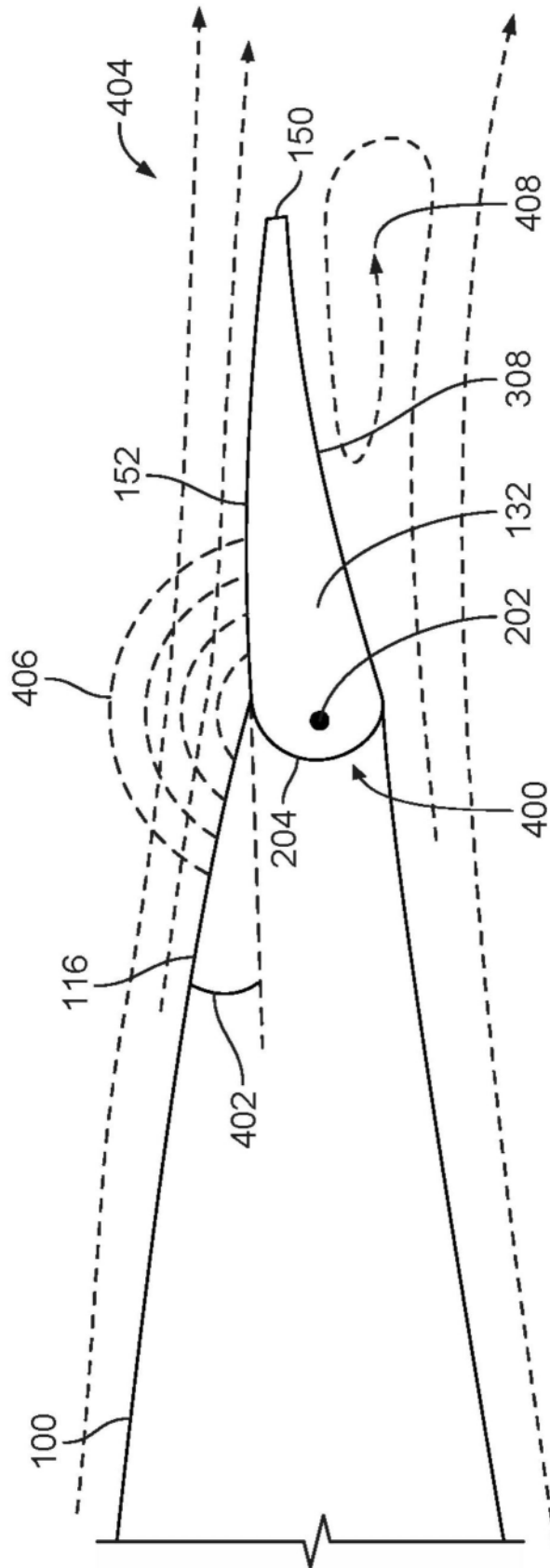


图4 (现有技术)

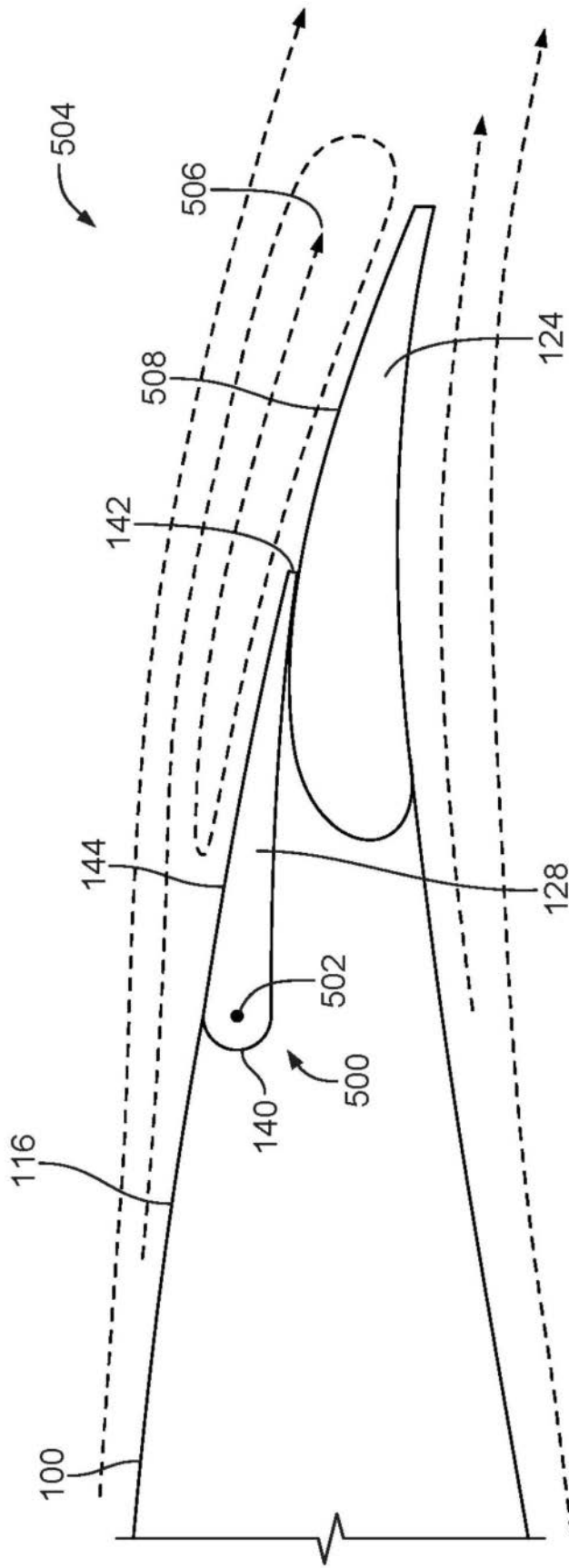


图5 (现有技术)

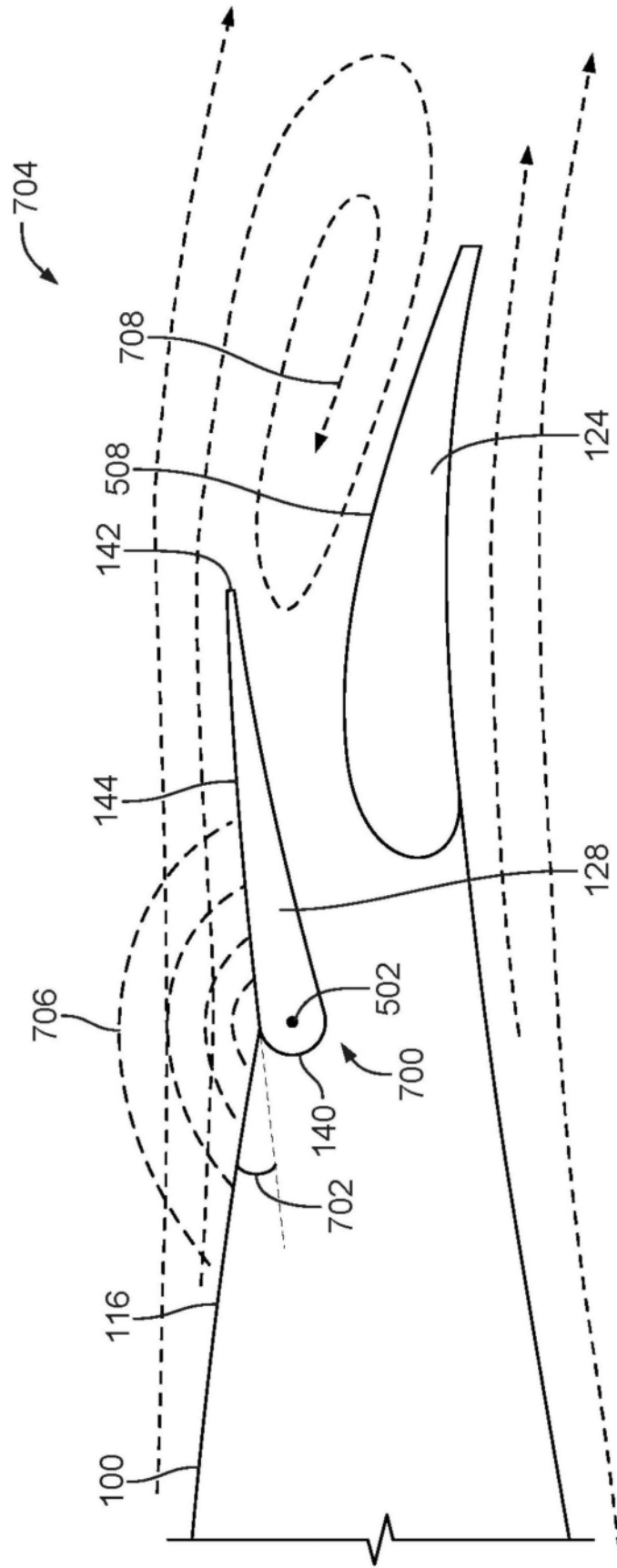


图7 (现有技术)

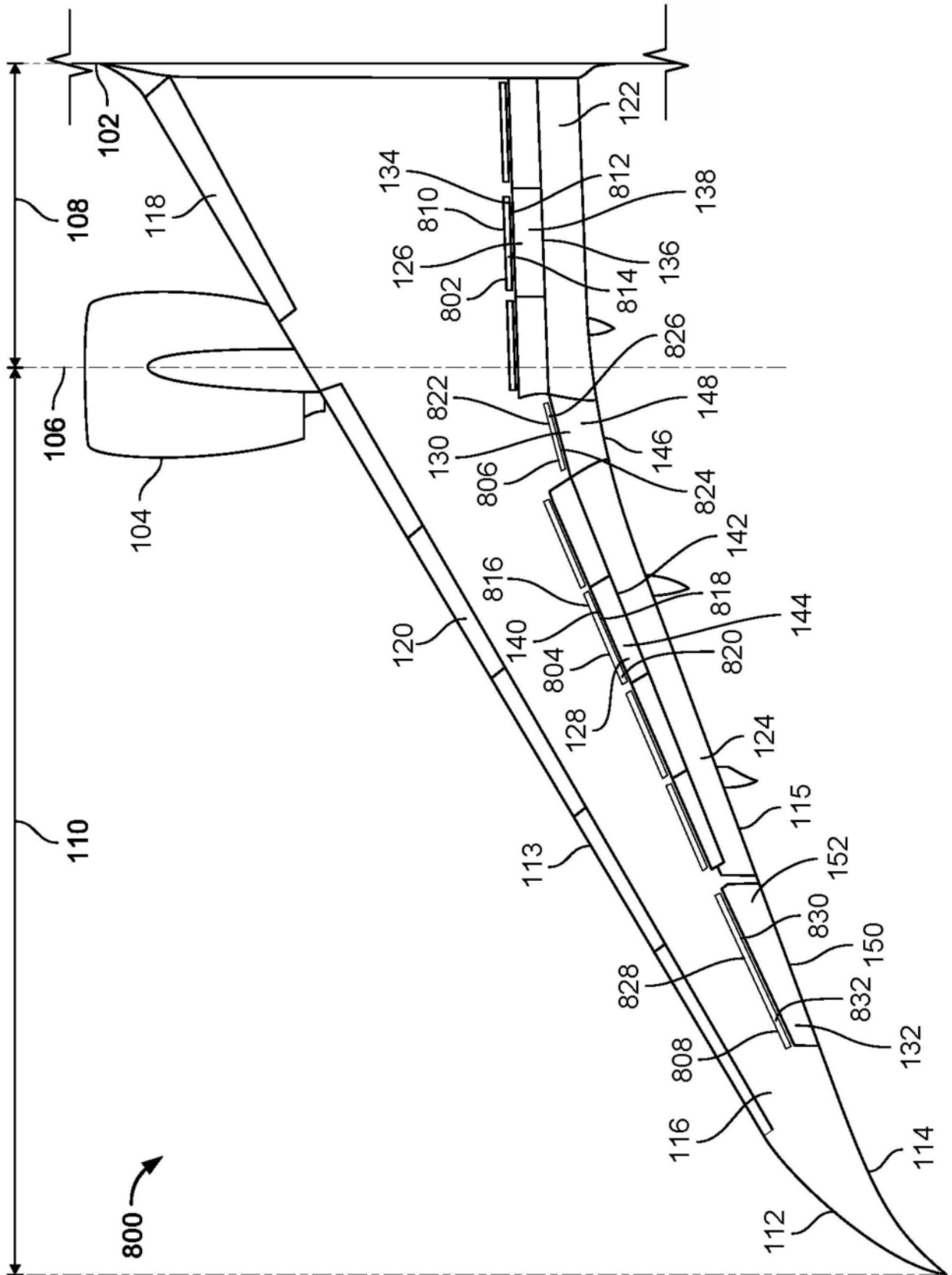


图8

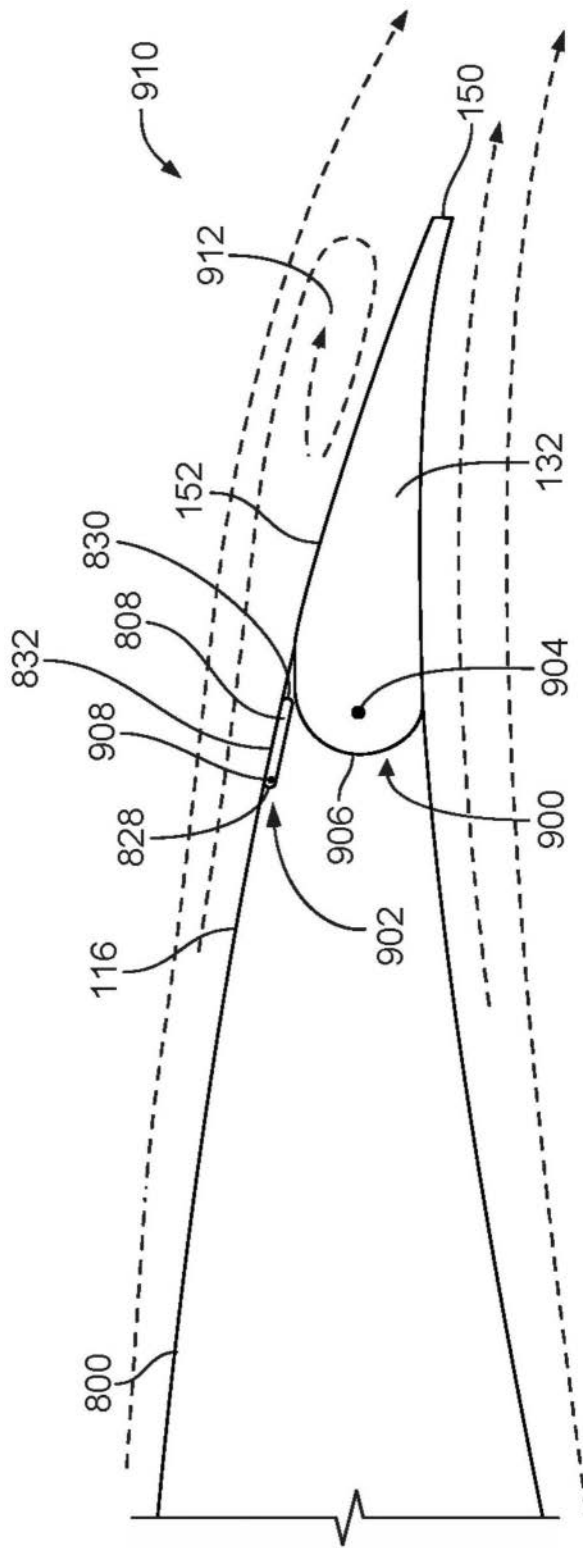


图9

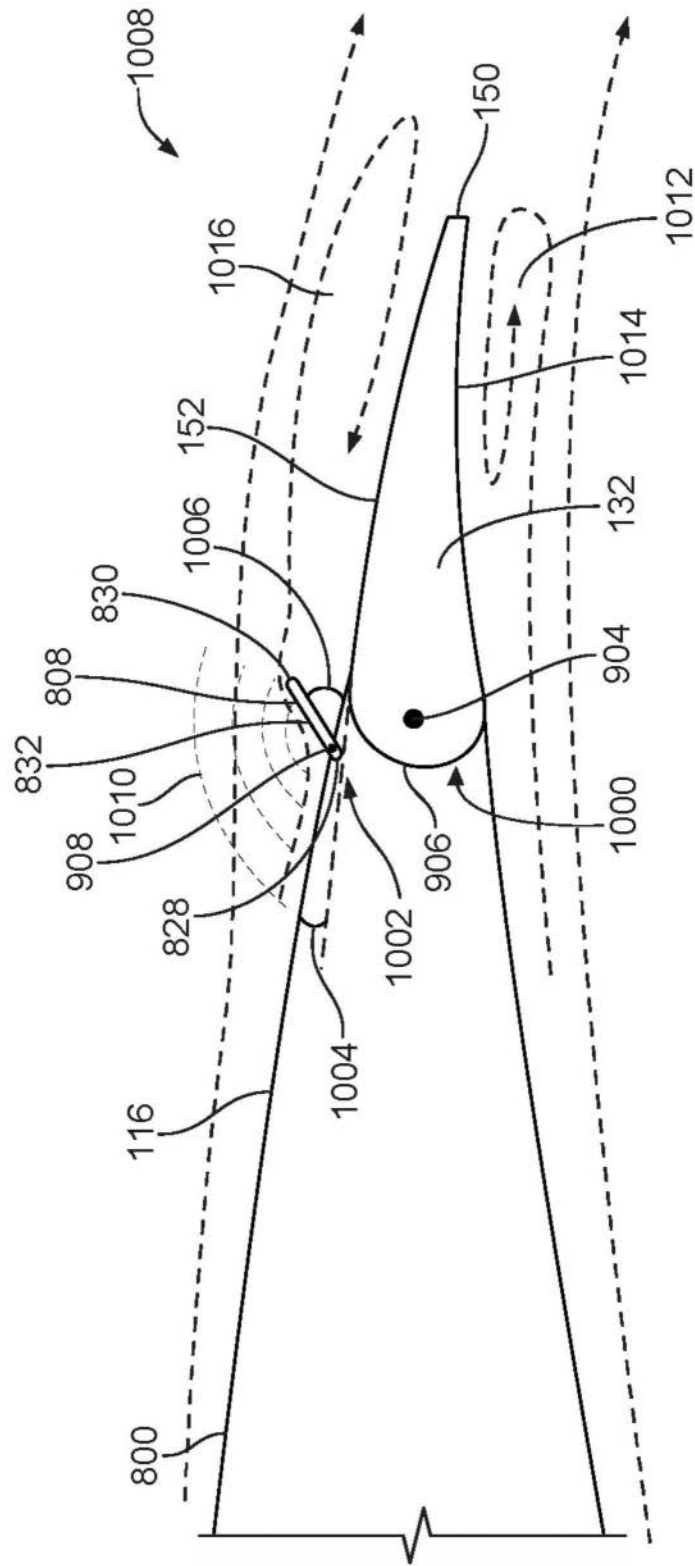


图10

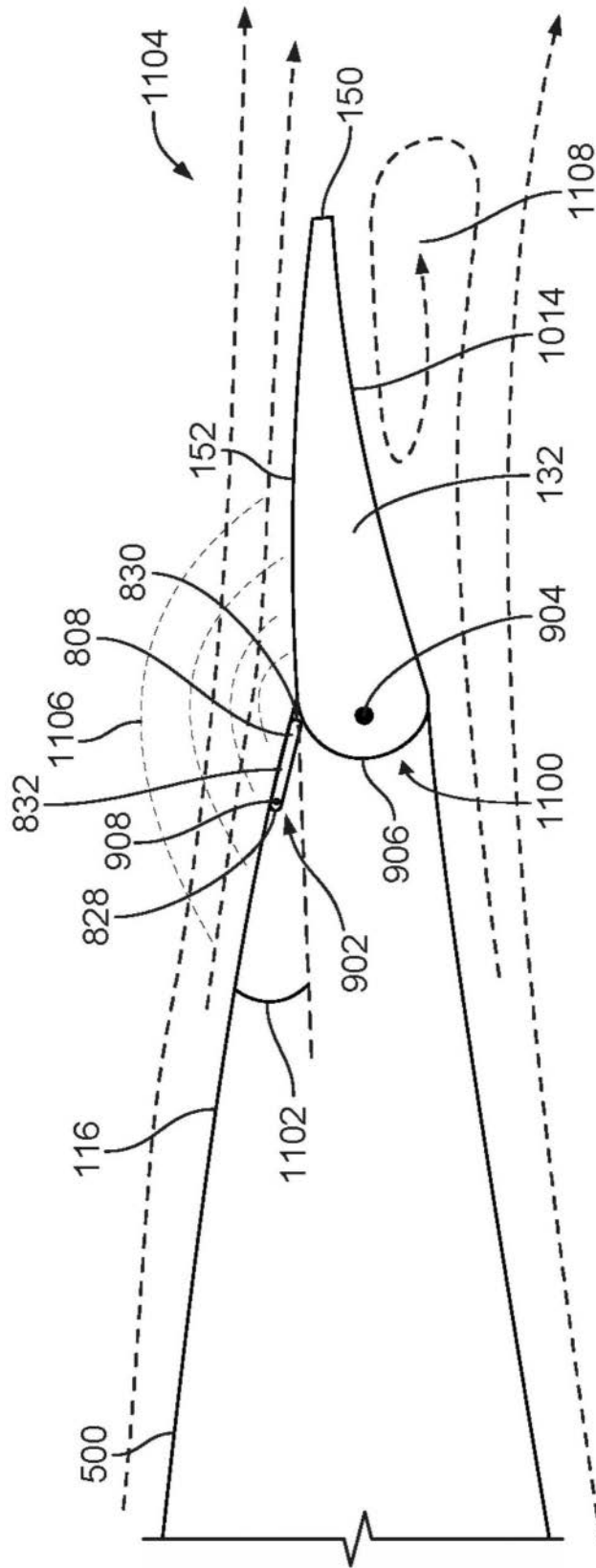


图11

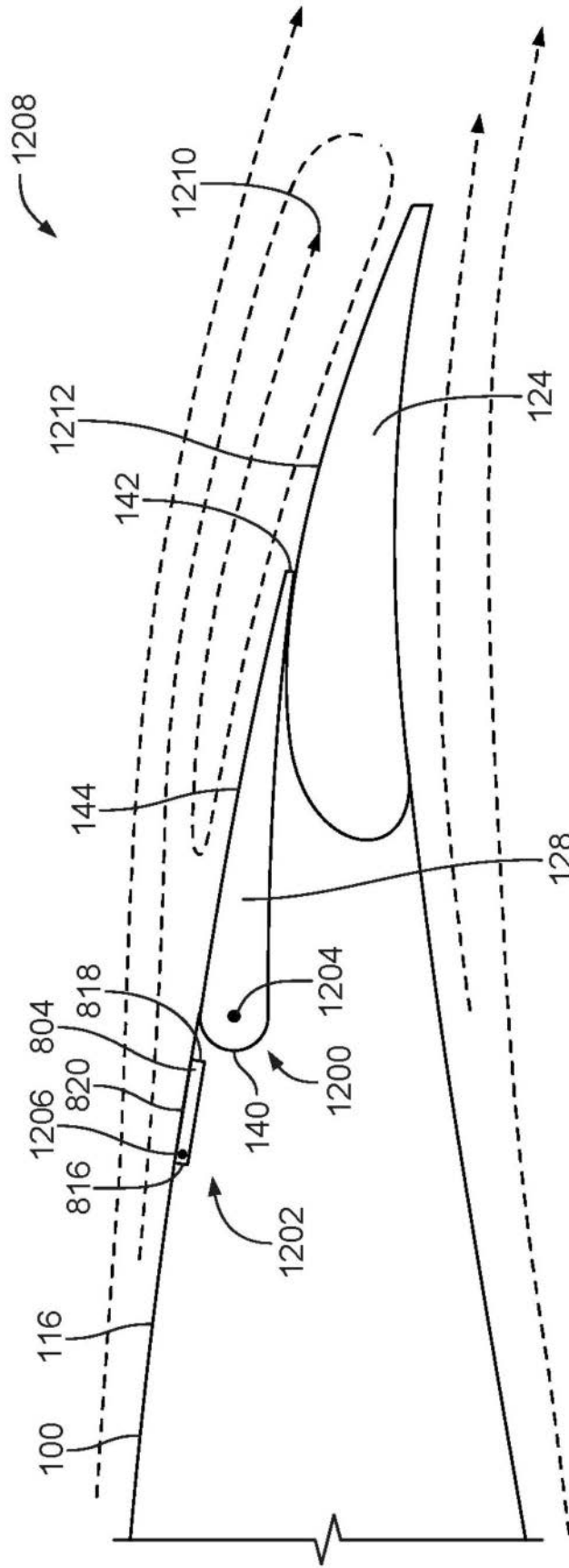


图12

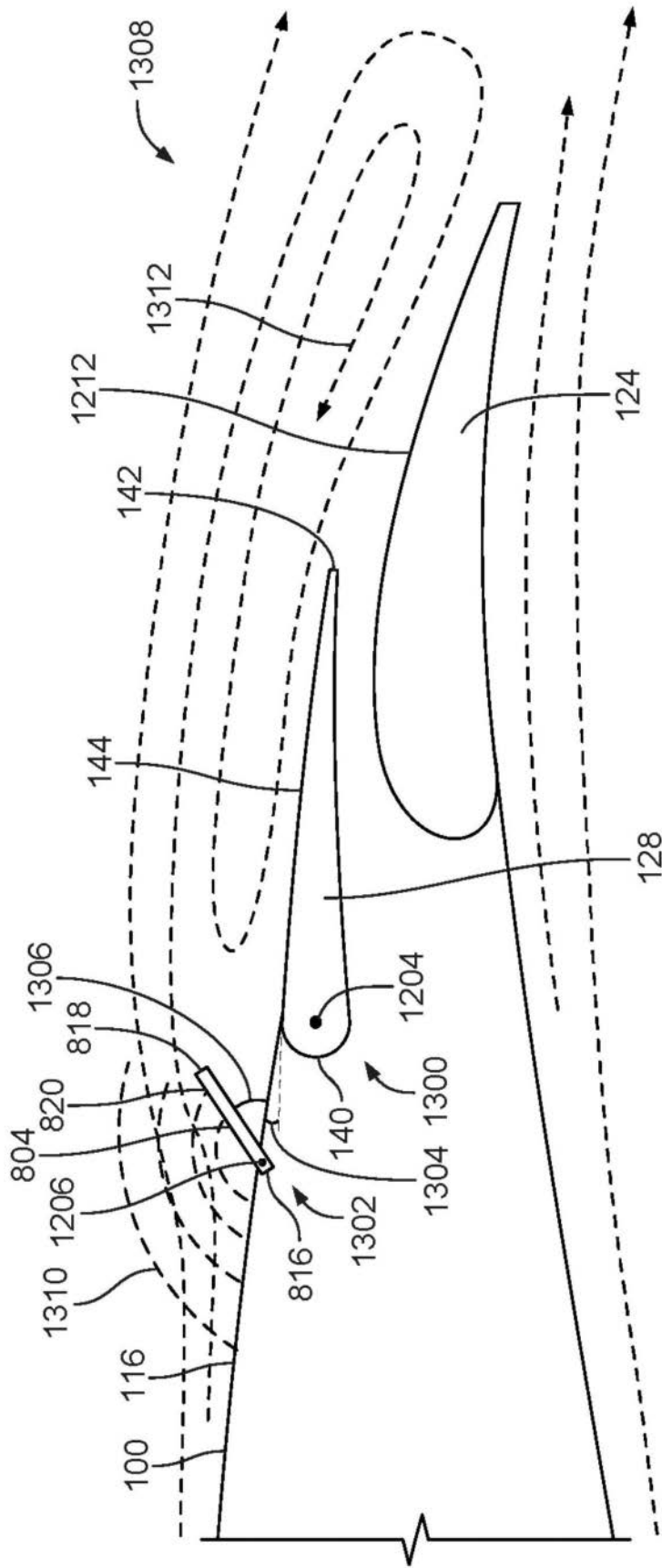


图13

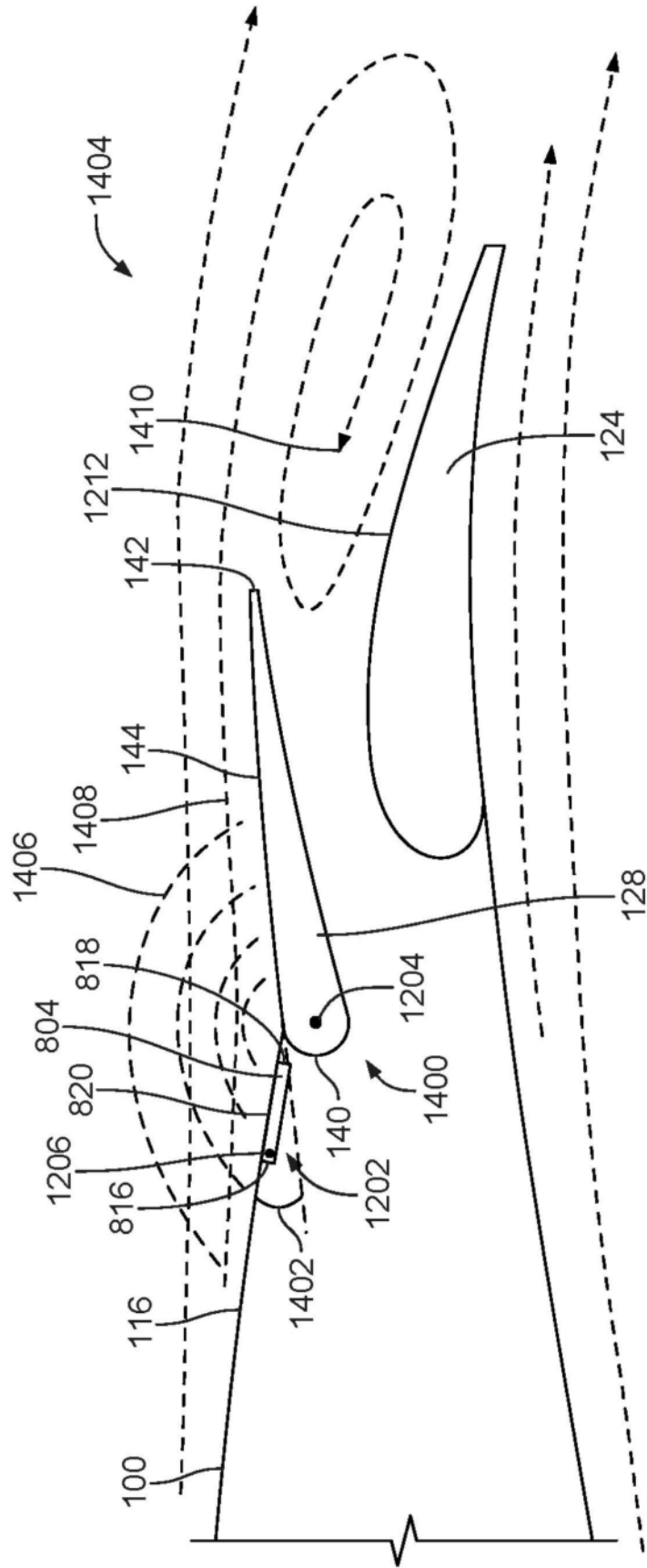


图14

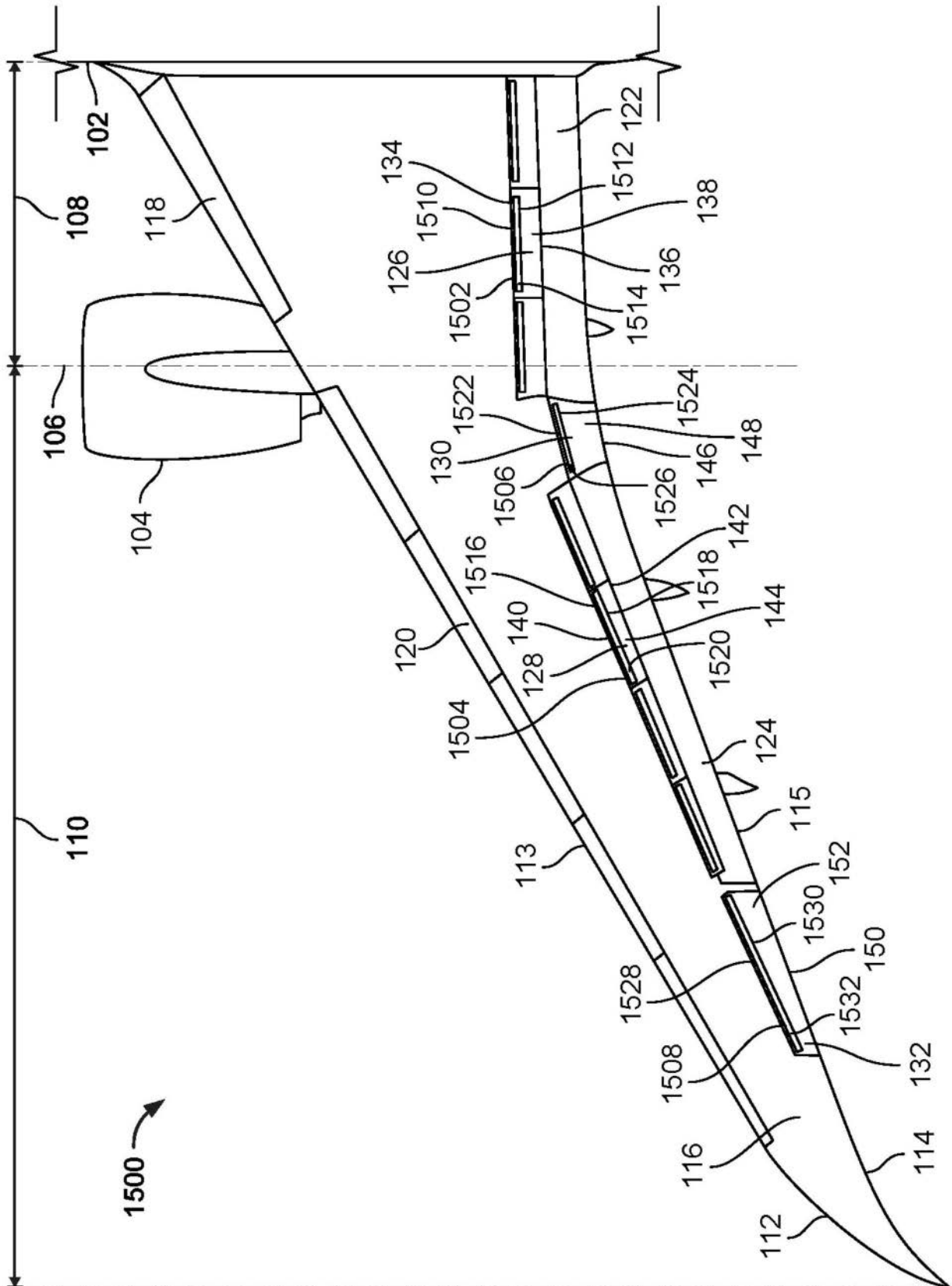


图15

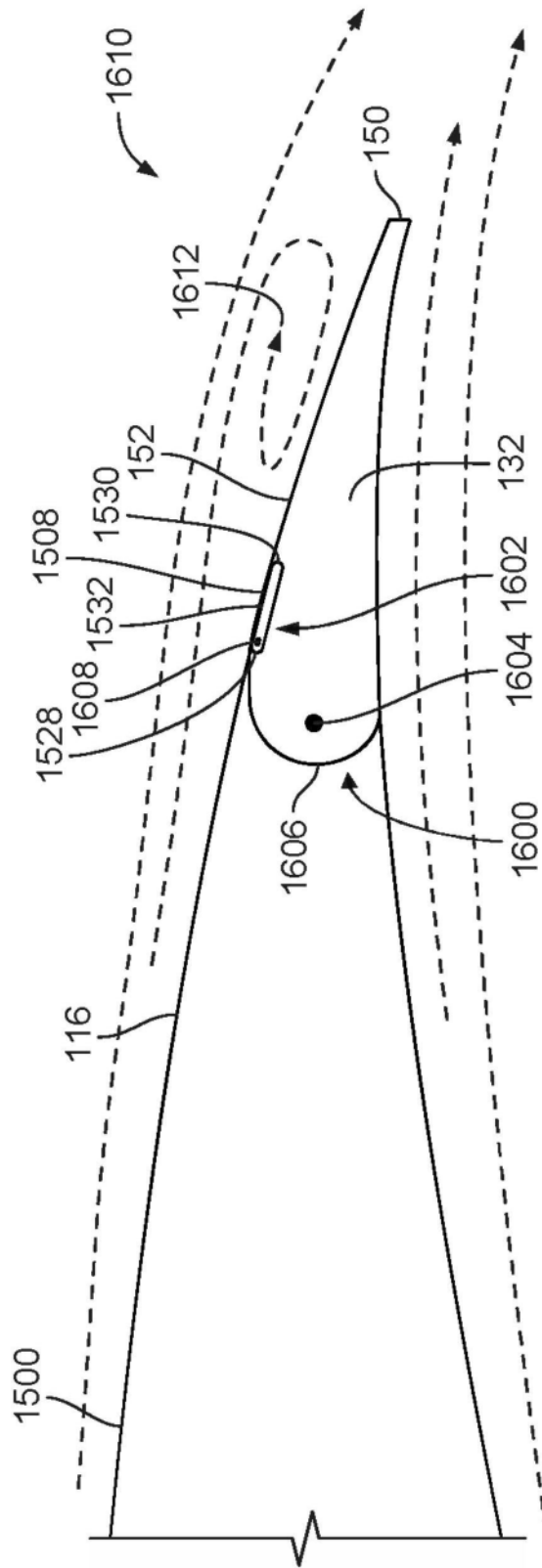


图16

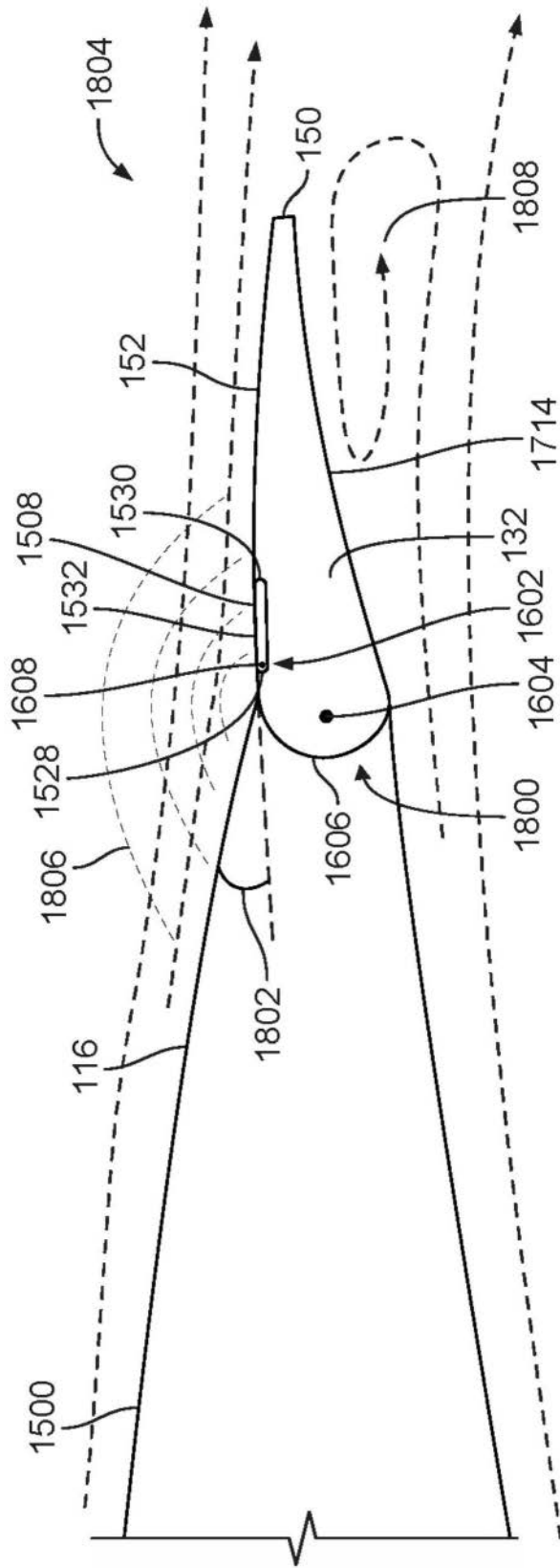


图18

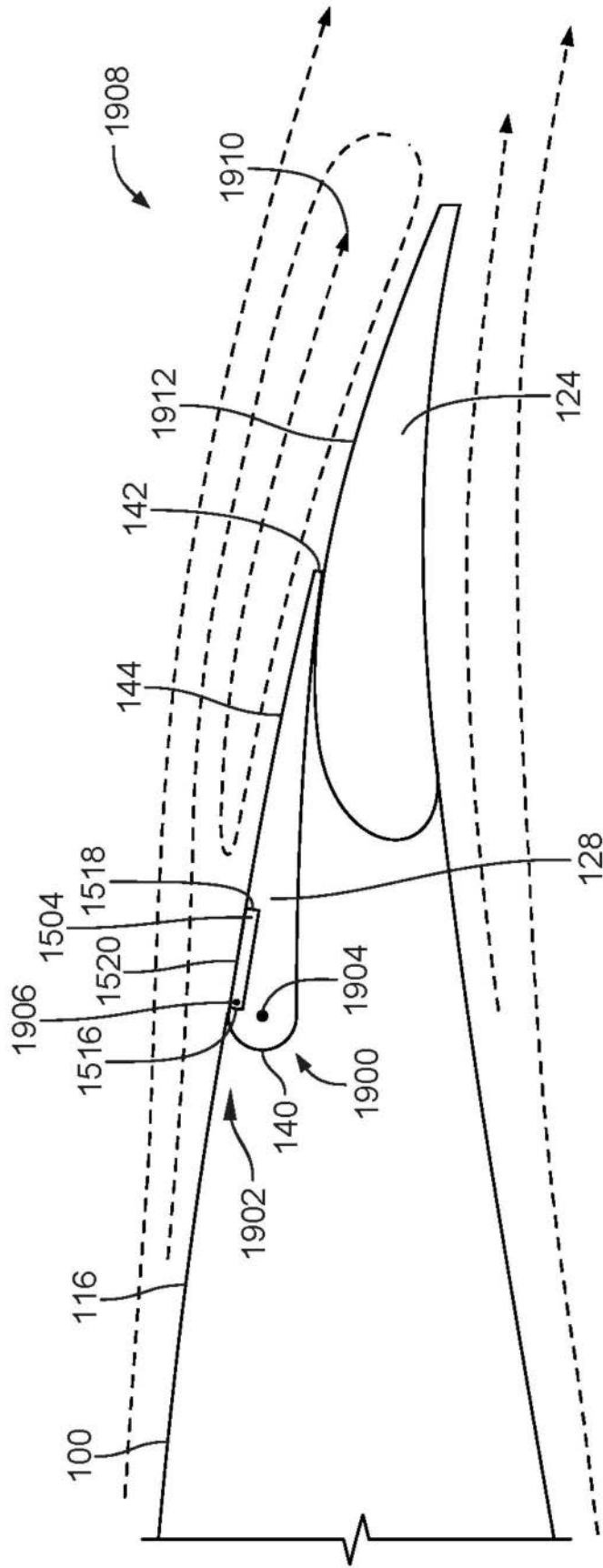


图19

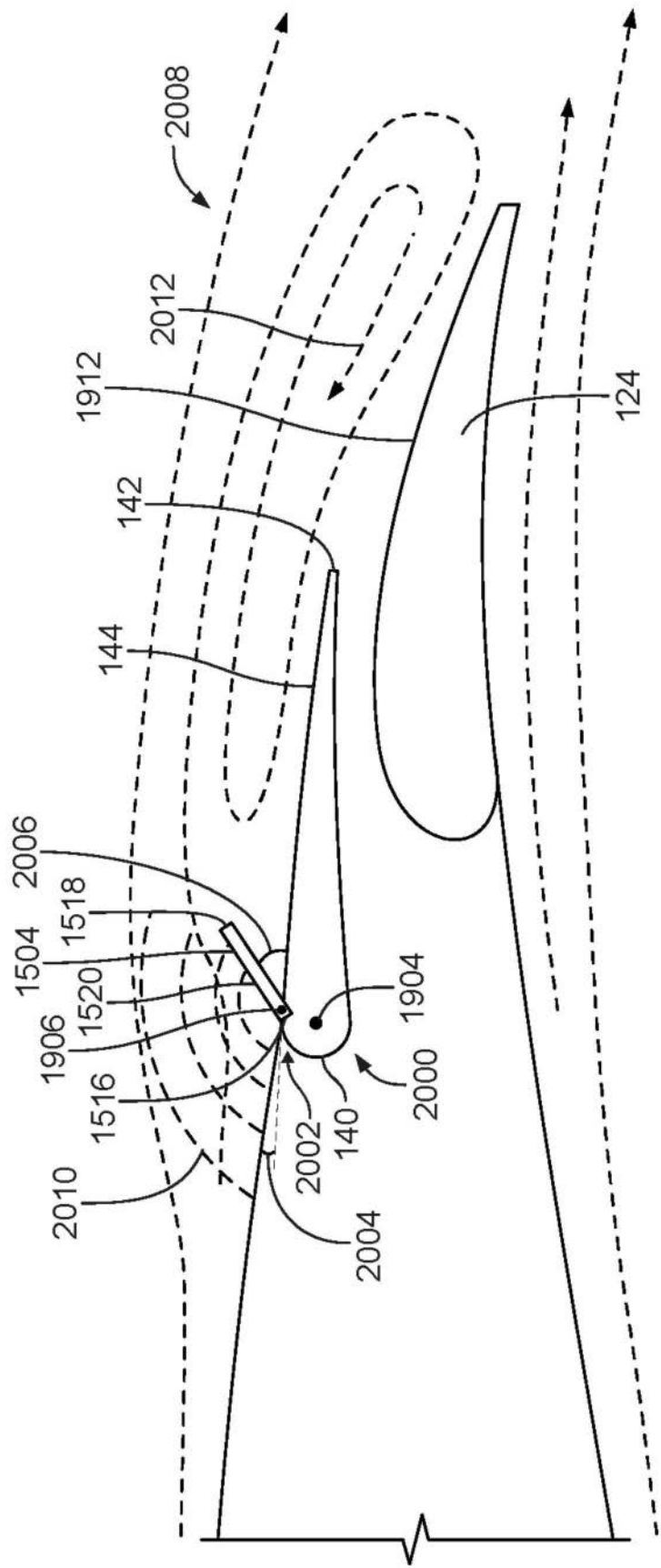


图20

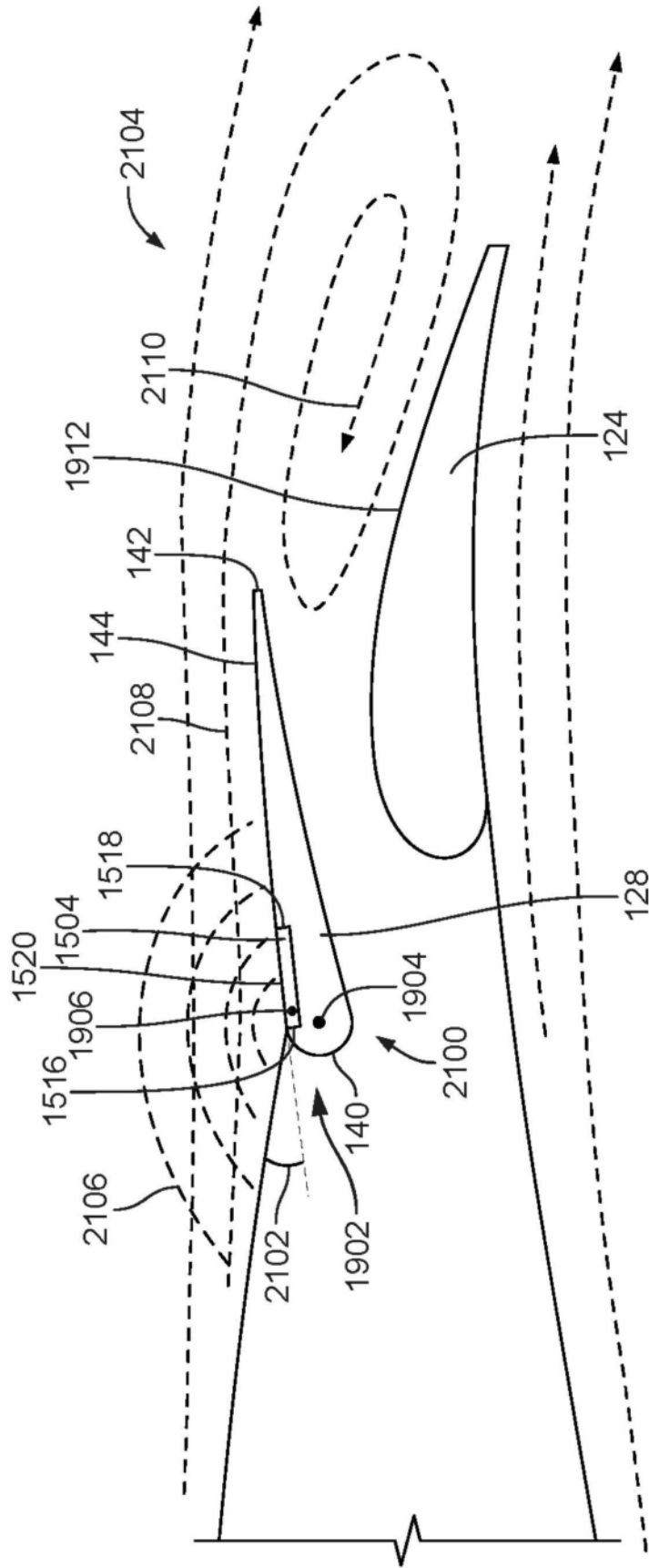


图21

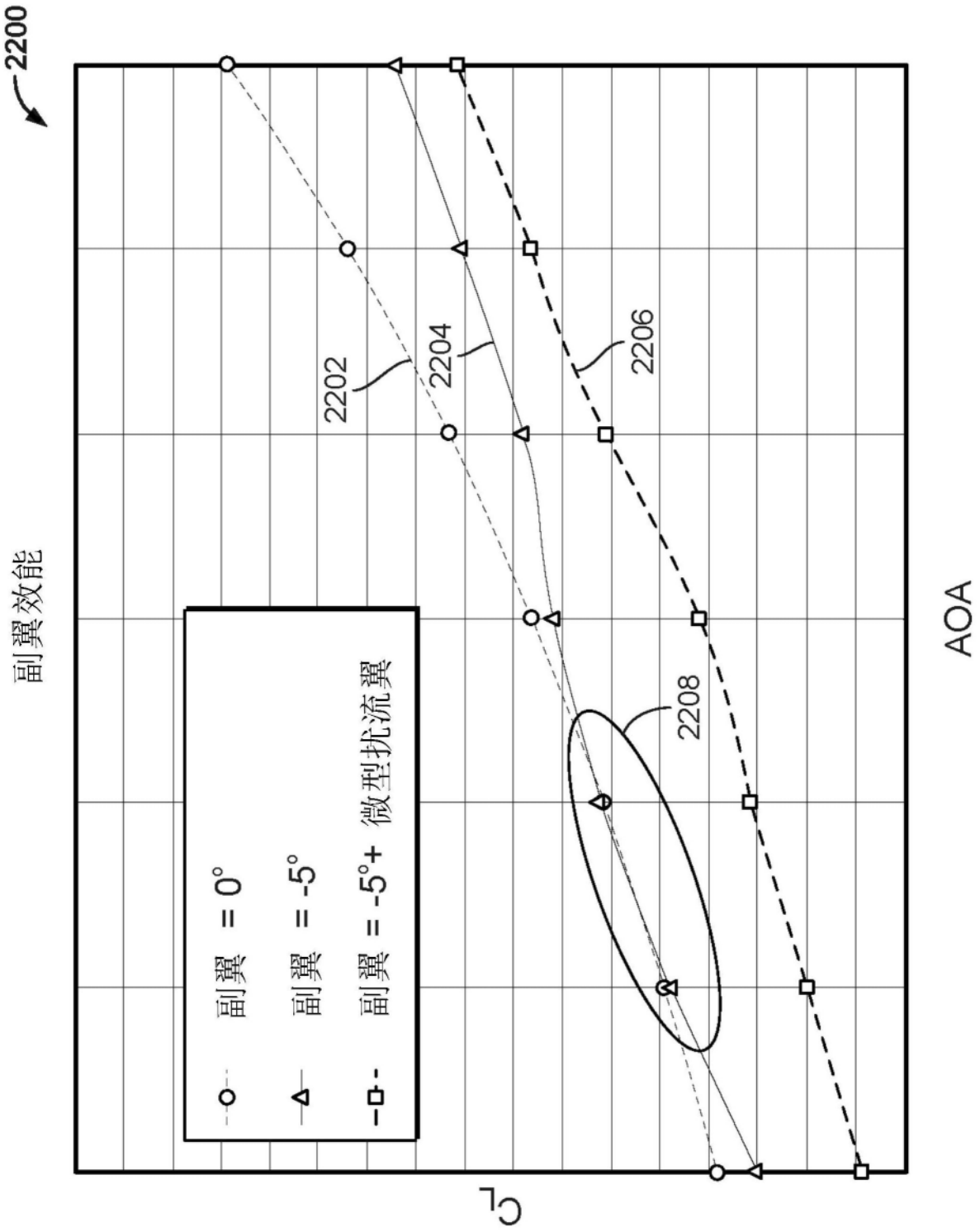


图22

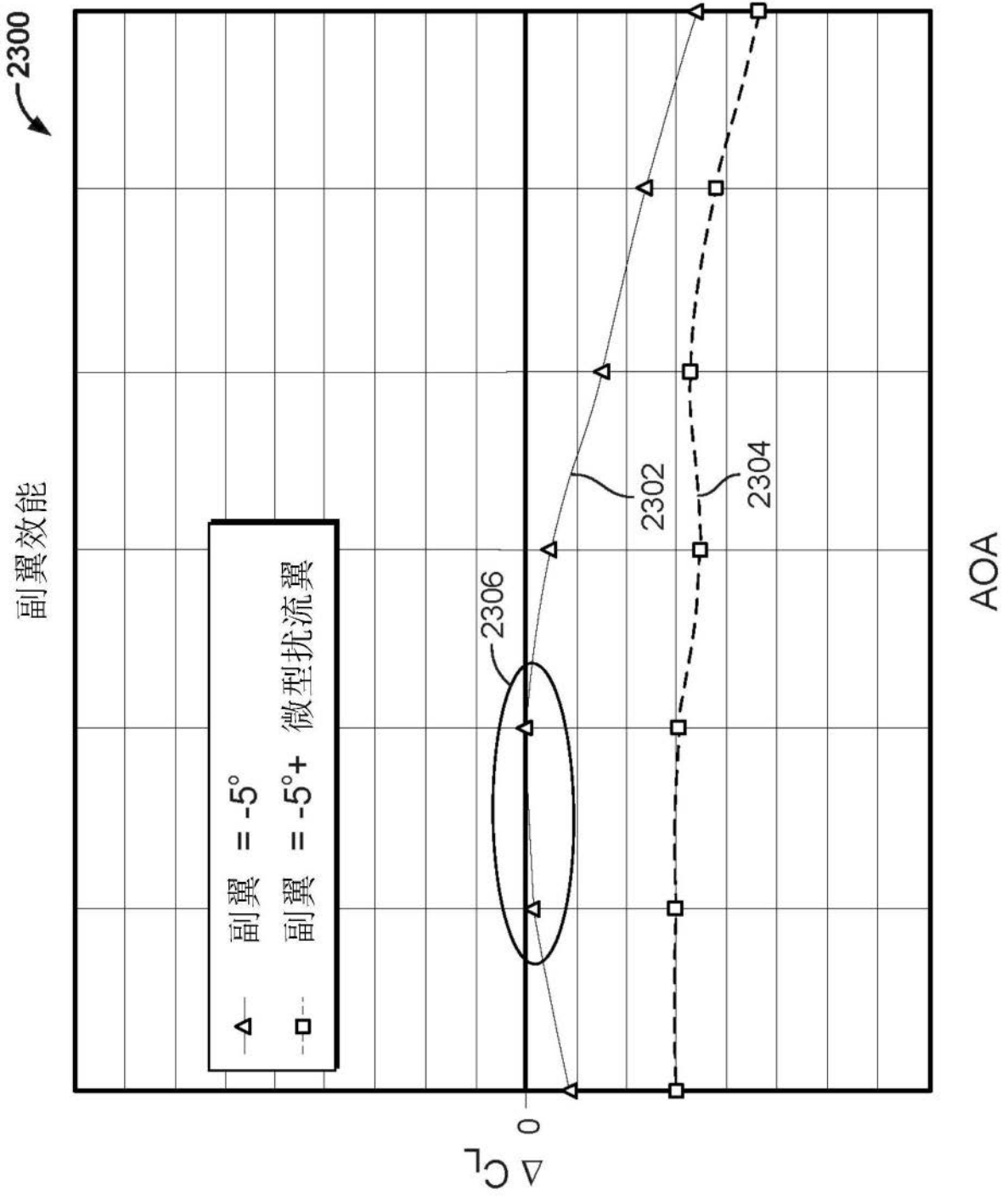


图23

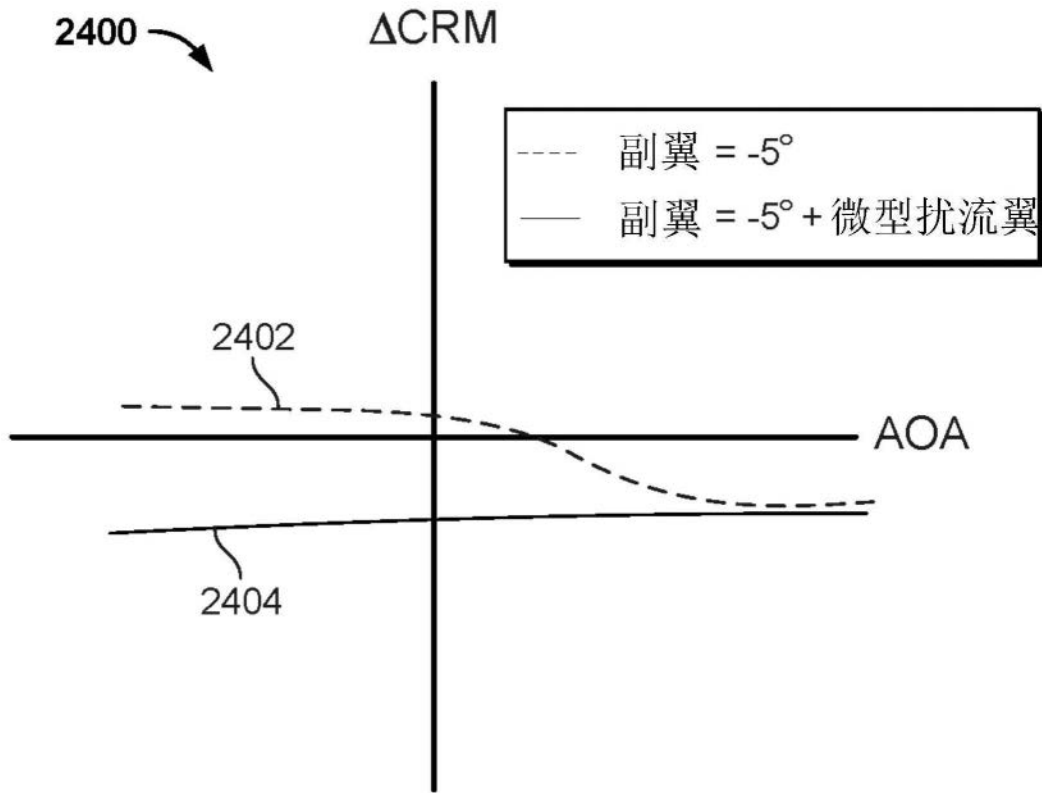


图24

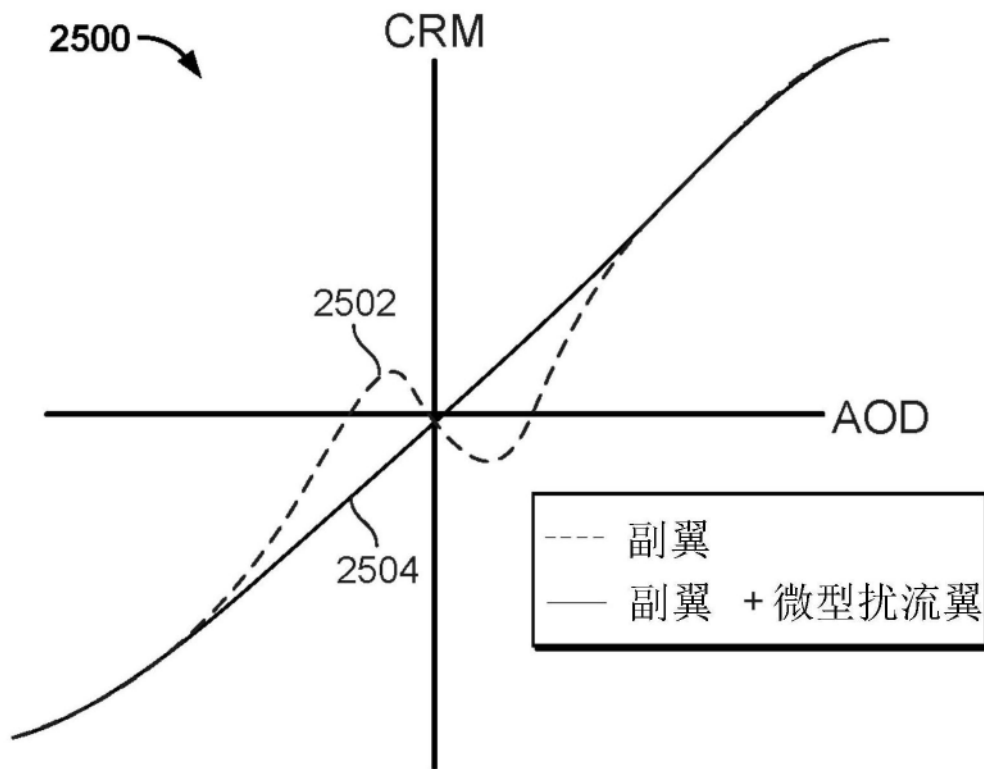


图25

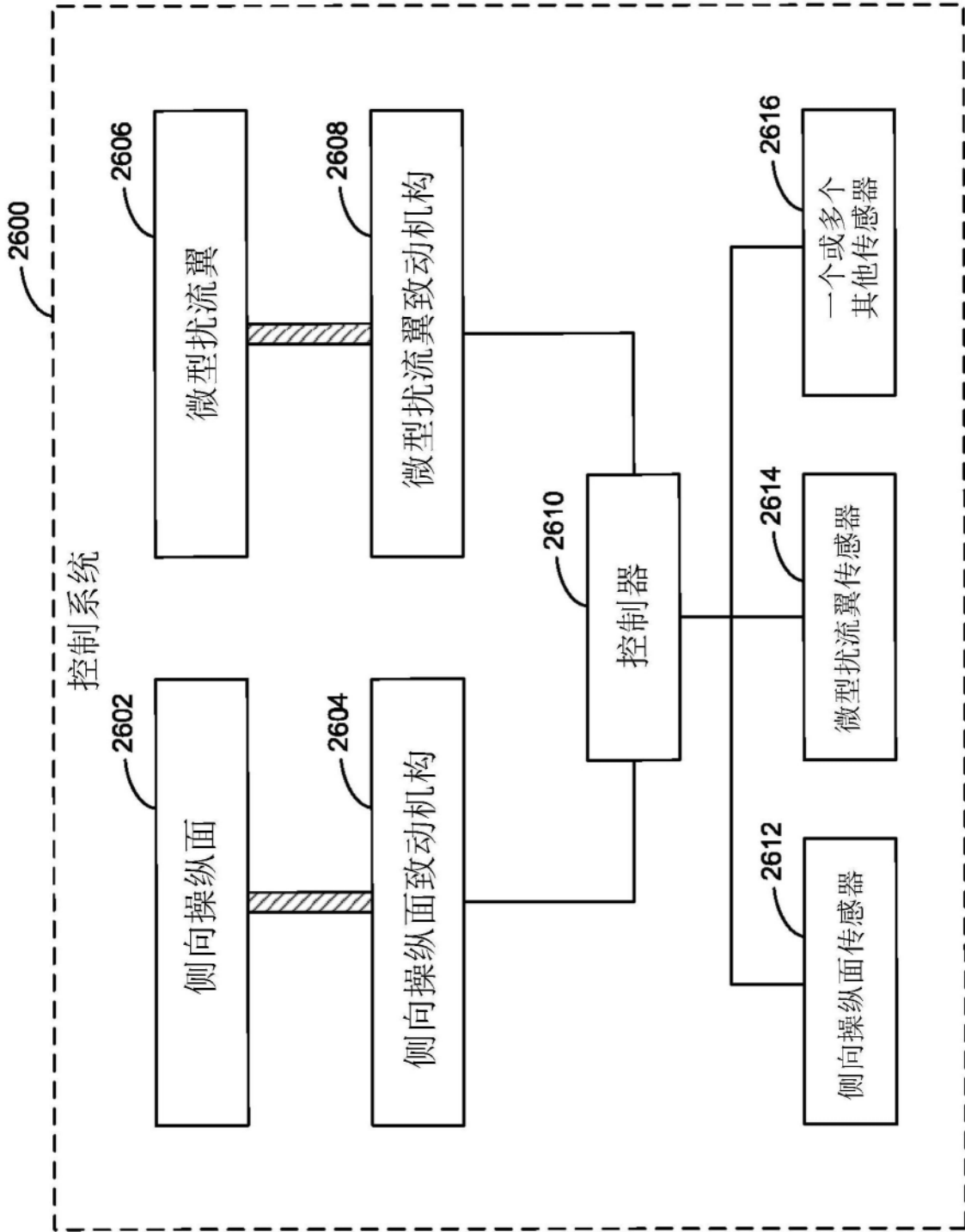


图26

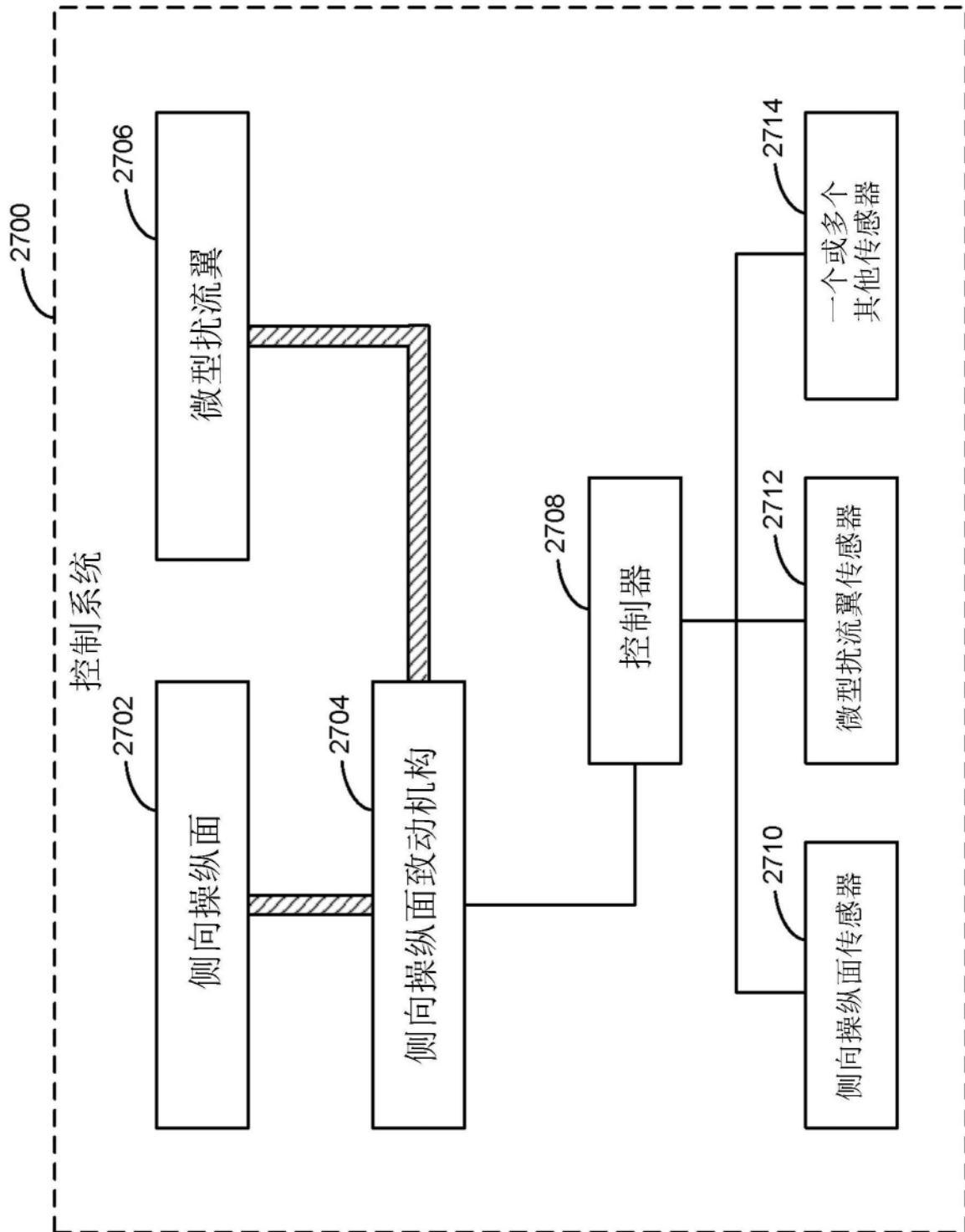


图27