



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104512548 A

(43) 申请公布日 2015.04.15

(21) 申请号 201410456956.2

(22) 申请日 2014.09.09

(30) 优先权数据

14/042,443 2013.09.30 US

(71) 申请人 波音公司

地址 美国伊利诺斯州

(72) 发明人 丹·约翰·克林曼

埃斯特·什夫拉·兹多夫特茨基  
兰迪·李·马卡莱格·马利亚里

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

B64C 21/00(2006.01)

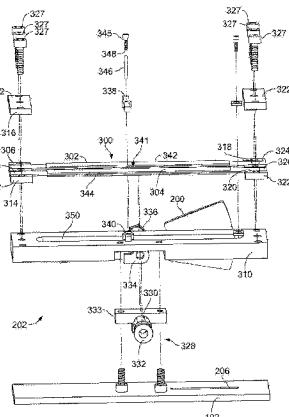
权利要求书1页 说明书8页 附图11页

(54) 发明名称

涡流发生器

(57) 摘要

本文中公开了一种涡流发生器。示例装置包括：壳体，包括表面。示例装置还包括设置在壳体中的双压电晶片致动器。该双压电晶片致动器包括具有相对于表面固定的第一部分的第一双压电晶片横梁。叶片被可旋转地耦接至双压电晶片致动器，并且双压电晶片致动器被用于旋转叶片以将叶片的一部分延伸穿过表面，以在流过表面的流体中产生涡流。



1. 一种装置，包括：

壳体，包括表面；

双压电晶片致动器，被设置在所述壳体中，所述双压电晶片致动器包括具有相对于所述表面固定的第一部分的第一双压电晶片横梁；以及

叶片，能够旋转地耦接至所述双压电晶片致动器，所述双压电晶片致动器用于旋转所述叶片以使所述叶片的一部分延伸穿过所述表面以在流过所述表面的流体中产生涡流。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，其中，所述双压电晶片致动器包括所述第一双压电晶片横梁和与所述第一双压电晶片横梁分隔的第二双压电晶片横梁。

3. 根据权利要求 2 所述的装置，其中，当所述叶片内缩时，所述叶片被设置在所述第一双压电晶片横梁与所述第二双压电晶片横梁之间的间隔中。

4. 根据权利要求 3 所述的装置，进一步包括连接件，所述连接件耦接至所述第一双压电晶片横梁和所述第二双压电晶片横梁，所述第一双压电晶片横梁和所述第二双压电晶片横梁的偏移用于移动所述连接件。

5. 根据权利要求 4 所述的装置，进一步包括臂，所述臂耦接至所述连接件和所述叶片，其中，所述连接件的移动驱动所述臂以旋转所述叶片。

6. 根据权利要求 5 所述的装置，进一步包括曲柄，所述曲柄操作性地耦接至所述臂和所述叶片，其中，所述臂的移动使所述曲柄和所述叶片旋转。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的装置，其中，所述双压电晶片致动器的所述第一部分被固定地耦接至底座，并且所述双压电晶片致动器的第二部分能够滑动耦接至所述底座。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的装置，其中，所述叶片基本上填满延伸穿过所述表面的狭槽。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的装置，其中，当所述叶片处于内缩位置时，所述叶片的边缘与所述表面基本上齐平。

## 涡流发生器

### 技术领域

[0001] 本公开总体上涉及控制邻近于表面的流体流，并且更具体地，涉及涡流发生器 (vortex generator)。

### 背景技术

[0002] 邻近于表面的流体流可与表面分离并产生阻力。传统上，叶片被固定到表面上并延伸入流体流的边界层以在流体流中产生涡流。涡流将流体流的边界层外的流体向着表面拖拽。因此，分离的流体流被再次附着到表面和 / 或流体流的分离被减少和 / 或延迟。

### 发明内容

[0003] 一种示例装置包括具有表面的壳体。该示例装置还包括设置在壳体中的双压电晶片致动器 (bimorph actuator)。该双压电晶片致动器包括具有相对于表面固定的第一部分的第一双压电晶片横梁 (bimorph beam)。叶片被可旋转地耦接至双压电晶片致动器，并且双压电晶片致动器旋转叶片以将叶片的一部分延伸穿过表面，以在流过表面的流体中产生涡流。

[0004] 另一个示例装置包括叶片和可操作地耦接至叶片的双压电晶片致动器。双压电晶片致动器包括固定部分和可移动部分以使双压电晶片致动器能够偏移 (deflection) 从而旋转叶片。处于第一位置的叶片限定表面的一部分，并且处于第二位置的叶片在邻近表面的流体中产生涡流。

[0005] 另一个示例装置包括被设置在限定表面的壳体中的双压电晶片致动器。双压电晶片致动器具有相对于表面基本上固定的第一部分。示例装置还包括可操作地耦接至双压电晶片致动器的叶片。双压电晶片致动器的偏移使叶片相对于表面延伸或者内缩。当叶片内缩时，叶片边缘处于相对于表面的第一方向上，以及当叶片展开时，叶片边缘处于相对于表面的第二方向上。

[0006] 参照以下说明和附图可以看出已经论述的特征、功能及优点可以在各种示例中独立地或者可以结合其它示例实现的更多细节。

### 附图说明

[0007] 图 1 是可被用来实施本文中公开的示例涡流发生器的示例飞行器的透视图。

[0008] 图 2 是图 1 的示例飞行器的机翼的俯视图，示出了本文中公开的示例涡流发生器的叶片。

[0009] 图 3 是图 2 的示例涡流发生器的分解图。

[0010] 图 4 是图 2- 图 3 的示例涡流发生器的另一个分解图。

[0011] 图 5 是图 2- 图 4 的示例涡流发生器的另一个分解图。

[0012] 图 6 是图 2- 图 5 的示例涡流发生器的透视、剖面图。

[0013] 图 7 是图 6 的示例涡流发生器的俯视图。

- [0014] 图 8 是图 2- 图 6 的示例涡流发生器的侧视图, 示出了处于展开位置的叶片。
- [0015] 图 9 是图 2- 图 8 的示例涡流发生器的透视图。
- [0016] 图 10 是图 2- 图 9 的示例涡流发生器的示例叶片的侧视图。
- [0017] 图 11 是根据本公开内容的教导构造的示例双压电晶片横梁的分解图。

## 具体实施方式

[0018] 附图没有按比例进行绘制。相反,为了使多个层和区域明晰,可以在附图中扩大层的厚度。只要可能,相同的参考数字会贯穿附图使用并且伴随提到的相同或者类似的部件写入说明。例如在本专利中使用的,陈述的任何部件(例如,层、膜、区域或者板)以任意方式放置在(例如,放置在、位于、设置在或形成于等)另一个部件上,意味着参考的部件是与另一个部件接触,或者参考的部件在另一个部件上方并且在其间具有一个或多个中间部件。所陈述的任何部件与另一个部件接触意味着在两个部件之间不存在中间部件。

[0019] 本文中公开了一种示例涡流发生器,该涡流发生器包括可操作地耦接至叶片的双压电晶片致动器。双压电晶片致动器可以布置在限定机翼的表面的壳体中。当双压电晶片致动器通电时,双压电晶片致动器将叶片从内缩位置移动至展开位置。当叶片处于展开位置时,叶片伸入和/或穿过流过和/或邻近于表面的流体的边界层从而在流体中产生涡流。因此,示例涡流发生器防止、减少和/或延迟流体流与表面的分离,并且因此,通过例如减少阻力、缓和迟延现象(stall phenomena)和/或在其他方面改善表面的空气动力性能来改善表面的空气动力性能。

[0020] 在一些示例中,当叶片处于内缩位置时,叶片处于第一方向上,并且当叶片处于展开位置时,叶片处于第二方向上。例如,当叶片处于内缩位置时,叶片的边缘可以与表面基本上齐平,并且当叶片处于展开位置时该边缘成角度地远离该表面。在一些示例中,当叶片处于内缩位置时、当叶片处于展开位置时以及当叶片被定位于和/或在内缩位置与展开位置之间移动时,叶片基本上填满由表面限定的狭槽。

[0021] 在一些示例中,双压电晶片致动器包括第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁。在一些示例中,叶片经由曲柄组件可旋转地耦接至第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁。当双压电晶片致动器通电时,第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁弯曲或者偏移以驱动曲柄组件旋转叶片往返于内缩位置和/或展开位置。在一些示例中,第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁均包括固定部分和可移动部分。固定部分可以相对表面基本上是固定的,以及可移动部分可以相对表面是可移动的以便当双压电晶片致动器通电时允许第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁的偏移(例如,使弯曲)。

[0022] 图 1 是其中可以实施本公开的方面的示例飞行器 100 的透视图。图 1 的示例飞行器 100 包括第一机翼 102、第二机翼 104 以及机身 106。示例飞行器 100 还包括具有水平尾翼(horizontal stabilizer)110 和垂直尾翼(vertical stabilizer)112 的尾翼(empennage)108。在示出的示例中,飞行器 100 包括第一发动机 114 和第二发动机 116。如以下结合图 2- 图 10 所描述的更多细节,示例飞行器 100 采用本文中公开的示例涡流发生器,该示例涡流发生器邻近于飞行器 100 的一个或多个空气动力学或者机翼表面产生涡流。然而,图 1 的飞行器 100 仅为示例,并且因此,可以在不偏离本公开的范围的情况下使用其它飞行器。此外,当结合图 1 的示例 100 对下面的示例进行描述时,本文中公开的示例

涡流发生器可被用来在流过邻近任意表面的流体中产生涡流。例如，涡流发生器可被用来在邻近涡轮叶片、船舶、汽车和 / 或卡车、旋翼等的表面产生涡流。

[0023] 图 2 是图 1 的飞行器 100 的示例第一机翼 102 的俯视图，示出了示例涡流发生器 202 的叶片 200 和第一机翼 102 的空气动力面 204（例如，蒙皮（skin））。图 2 的示例叶片 200 基本上平行于邻近表面 204 的流体（例如，空气）流动 205 的方向。尽管示例第一机翼 102 被示出为具有一个示例涡流发生器 202 和 / 或叶片 200，但其它示例包括多个涡流发生器和 / 或叶片。例如，第一机翼 102 可以包括一排叶片、对称和 / 或不对称的叶片阵列和 / 或以任何其它样式设置的叶片，以在流过邻近表面 204 的任意部分的流体中产生涡流。

[0024] 在示出的示例中，叶片 200 处于内缩位置。当示例叶片 200 处于内缩位置时，叶片 200 具有第一方向并且基本上填满由表面 204 限定的缝隙或者第一狭槽 206。在示出的示例中，处于内缩位置的叶片 200 的第一边缘 208 基本上与表面 204 齐平和 / 或同水平。在一些示例中，第一边缘 208 的形状对应于表面 204 的形状。例如在一些示例中，表面 204 基本上是平面的并且第一边缘 208 基本上是平面。在一些示例中，表面 204 和第一边缘 208 是弯曲的并且具有基本上相同的曲率。因此，当示例叶片 200 处于内缩位置时，第一边缘 208 基本上形成表面 204 的一部分，并且因此，限定第一机翼 102 的机翼的一部分。在一些示例中，当示例叶片 200 处于内缩位置时，由涡流发生器 202 产生的阻力可忽略不计。如下面更加详细的描述，叶片 200 可以在内缩位置与展开位置之间摆动以使涡流发生器 202 能够在流过邻近表面的流体中产生涡流。

[0025] 在一些示例中，叶片 200 基本上填满第一狭槽 206，使得当叶片 200 处于内缩位置时，等于或小于五毫米的间隙 210 存在于叶片 200 与表面 204 之间。因此，示例叶片 200 基本上阻隔第一狭槽 206，并且例如防止诸如冰块、污垢等垃圾经由第一狭槽 206 进入第一机翼 102。以上提及的第一狭槽 206 的尺寸仅作为示例，并且因此，可以在不偏离本公开的范围的前提下使用其它尺寸。

[0026] 在一些示例中，第一狭槽 206 的尺寸是基于实验确定的狭槽。例如，在一些示例中，例如，将叶片 200 挤压和 / 或冲压通过诸如环氧树脂墙的可固化结构。然后移除示例叶片 200，并且测量在该结构中所制成的开口的尺寸以确定第一狭槽 206 的尺寸。在一些示例中，在示例第一机翼 102 上采用固化结构，而不是使用可固化结构来确定测量。例如，第一机翼 102 可以被构造具有大于第一狭槽 206 的缝隙。例如，示例缝隙基本上被诸如环氧树脂的可固化材料填满，并且叶片 200 被冲压通过该材料以形成第一狭槽 206。

[0027] 在示出的示例中，第一机翼 102 收纳示例涡流发生器 202。然而，第一机翼 102 仅为示例。在其它示例中，例如，示例涡流发生器 202 被设置在诸如涡轮叶片、交通工具壁（例如，卡车的拖车的车顶）的其它壳体中，和 / 或限定至少一部分空气动力面和 / 或机翼的任意结构。

[0028] 图 3- 图 5 是图 2 的示例涡流发生器的分解图。在示出的示例中，涡流发生器 202 包括具有第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 的双压电晶片致动器 300。在示出的示例中，当双压电晶片致动器 300 通电时，第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 弯曲或者偏移。在示出的示例中，具有第一末端 306、308 的第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 经由第一支撑件 312 固定耦接至底座 310。更具体地说，在示出的示例中，第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 的第一末端 306、

308 被夹持在第一支撑件 312 的第一部分 314 和第二部分 316 之间，并且第一部分 314 耦接至底座 310。在其它示例中，第一末端 306、308 以其他方式被固定耦接至底座 310。在一些示例中，底座 310 被固定耦接至第一机翼 102，并且因此，第一双压电晶片横梁 302 以及第二双压电晶片横梁 304 的第一末端 306、308 被固定到或者基本上固定到第一机翼 102 和 / 或表面 204。

[0029] 示例第一双压电晶片横梁 302 和示例第二双压电晶片横梁 304 的第二末端 318、320 被第二支撑件 322 支撑并且经由该第二支撑件 322 可滑动地耦接至底座 310。在示出的示例中，第二支撑件 322 限定第一通道 324 和第二通道 326。在示出的示例中，第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 的第二末端 318、320 分别被设置在第一通道 324 和第二通道 326 中。示例第一通道 324 和示例第二通道 326 使第二末端 318、320 能够相对第二支撑件 322 进行平移运动。在一些示例中，第一通道 324 和第二通道 326 引导第二末端 318、320 的平移运动并且便于使第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 弯曲。在一些示例中，第一通道 324 和第二通道 326 分别减少了和 / 或基本上防止了第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 的扭曲。因此，示例第一双压电晶片横梁 302 和示例第二双压电晶片横梁 304 可以弯曲。在示出的示例中，第一支撑件 312 和第二支撑件 322 经由紧固件 327 耦接至底座 310。图 3- 图 5 的示例紧固件 327 是螺钉。在其它示例中，例如，采用诸如螺丝钉、粘合剂、焊接剂等的其它类型的紧固件。

[0030] 当示例双压电晶片致动器 300 经由第一电信号通电时，示例第一双压电晶片横梁 302 和示例第二双压电晶片横梁 304 将第一机翼 102 从未致动位置弯曲或者偏移到致动位置。如果示例双压电晶片横梁 300 断电 (de-energized) (例如，如果第一电信号的传输终止)，示例第一双压电晶片横梁 302 和示例第二双压电晶片横梁 304 返回到未致动位置。如果第二电信号被提供给示例双压电晶片致动器 300，第一双压电晶片横梁 302 和示例第二双压电晶片横梁 304 向着第一机翼 102 弯曲或者偏移。在其它示例中，以其它方式致动该双压电晶片致动器 300。

[0031] 在示出的示例中，第一支撑件 312 与第二支撑件 322 分离，并且第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 桥接第一支撑件 312 和第二支撑件 322。示例第一双压电晶片横梁 302 和示例第二双压电晶片横梁 304 经由第一支撑件 312 和第二支撑件 322 与底座 310 分离。因此，当致动双压电晶片致动器 300 时，第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 在不接触底座 310 情况下弯曲或者偏移。

[0032] 在示出的示例中，叶片 200 经由曲柄组件 328 被可旋转地耦接至双压电晶片致动器 300。在示出的示例中，曲柄组件 328 包括经由设置在轴承箱 333 中的轴承 332 支撑的轴 330。示例轴承箱 333 被耦接至底座 310。示例轴 330 被耦接至钟形曲柄 334 和叶片 200。图 3- 图 5 的示例叶片 200 经由螺母 336 被固定到曲柄组件 328。在一些示例中，位置传感器被可操作第耦接至曲柄组件 328 以监测叶片 200 的位置。

[0033] 在示出的示例中，第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 的第一末端 306、308 和第二末端 318、320 之间的第一连接件 338 和第二连接件 340 被耦接至双压电晶片致动器 300。在一些示例中，第一连接件 338 和第二连接件 340 被耦接至双压电晶片致动器 300 的中间部分 341。双压电晶片致动器 300 的示例中间部分基本上与第一末端 306、308 和第二末端 318、320 等间距。在其它示例中，第一连接件 338 和第二连接件 340 被耦接

至双压电晶片致动器 300 的其它部分。在示出的示例中,第一连接件 338 被设置在双压电晶片致动器 300 的第一侧 342 上,并且第二连接件 340 被设置在双压电晶片致动器 300 的第二侧 344 上。在示出的示例中,将第一连接件 338 经由紧固件 345(例如,螺钉)耦接至第二连接件 340,从而将双压电晶片致动器 300 夹持在第一连接件 338 和第二连接件 340 之间。因此,当示例第一双压电晶片横梁 302 和示例第二双压电晶片横梁 304 弯曲或者偏移时,第一连接件 338 和第二连接件 340 随着第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 而移动。

[0034] 示例钟形曲柄 334 经由臂 346 耦接至第一连接件 338 和 / 或第二连接件 340。在一些示例中,臂 346 是配线或者电缆。在示出的示例中,臂 346 通过从紧固件 345 的一端 348 经由由底座 310 限定的第二狭槽 350 延伸至钟形曲柄 334 来将钟形曲柄 334 耦接至第一连接件 338 和 / 或第二连接件 340。在其它示例中,以其它方式实施臂 346。

[0035] 图 6-图 7 示出了图 2-图 5 的示例涡流发生器 202。图 6 是示出相对在图 3-图 5 中的涡流发生器 202 的方向反向的示例涡流发生器 202 的透视图。图 7 是图 6 的示例涡流发生器 202 的底视图。在示出的示例中,第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 被隔开,以在第一双压电晶片横梁 302 与第二双压电晶片横梁 304 之间限定间隔或者第三狭槽 600。在示出的示例中,第一连接件 338 和第二连接件 340 在第三狭槽 600 两端延伸和 / 或跨越第三狭槽 600。在示出的示例中,叶片 200 的一部分被设置在第三狭槽 600 中。

[0036] 在示出的示例中,当双压电晶片致动器 300 通电时,双压电晶片致动器 300 的中间部分 341 弯曲或者偏移远离钟形曲柄 334 和第一机翼 102(图 1-图 5)。在一些示例中,第一双压电晶片横梁 302 和 / 或第二双压电晶片横梁 304 的最大偏移量为两毫米。在其它示例中,双压电晶片致动器 300 具有其它弯曲或者偏移其它量值。第一连接件 338 和第二连接件 340 随着双压电晶片致动器 300 移动,并且驱动臂 346 以围绕由轴 330 限定的旋转轴 602 旋转钟形曲柄 334。因此,示例叶片 200 围绕旋转轴 602 从内缩位置(图 2)旋转到展开位置(图 7)。在示出的示例中,当双压电晶片致动器 300 弯曲或者偏移时,第一双压电晶片横梁 302 和第二双压电晶片横梁 304 的第二末端 318、320 分别在第一通道 324 和第二通道 326 内滑动。在展开位置中的示例叶片 200 在流过邻近表面 204 的流体中产生涡流。在一些示例中,致动双压电晶片致动器 300 以在内缩位置与展开位置之间以预定的频率移动,以便在流过邻近的第一机翼 102 的表面 204 的流体的边界层中产生涡流的振荡流( oscillatory stream)。

[0037] 图 8-图 9 示出了具有在展开位置中的示例叶片 200 的图 2-图 7 的示例涡流发生器 202。图 8 是示例涡流发生器 202 的侧、剖面图。图 9 是示例涡流发生器 202 的透视图。在展开位置中的示例叶片 200 基本上填满第一狭槽 206。在示出的示例中,当叶片 200 处于展开位置时,叶片的第一边缘 208 在第二方向上。在示出的示例中,叶片 200 以近似十五度的角度远离邻近表面 204 的流体流动方向。在其它示例中,以其它方式定向叶片 200 和 / 或第一边缘 208。图 8-图 9 的示例叶片 200 伸入和 / 或穿过流过邻近的第一机翼 102 的表面 204 的流体的边界层,以便在流体中产生涡流。当示例叶片 200 产生涡流时,涡流将流体从流体的边界层向表面 204 吸引。因此,分离的流动被再次附着和 / 或流动分离被减少和 / 或延迟,由此改善了飞行器 100 的空气动力性能。例如,可降低飞行器 100 的阻力,可缓和影响飞行器 100 的失速现象,和 / 或可以以其它方式改善飞行器 100 的空气动力性能。

[0038] 图 10 是图 2- 图 9 的示例叶片 200 的侧视图。在示出的示例中，叶片 200 包括凸缘 (flange) 1000。示例叶片 200 经由凸缘 1000 耦接至曲柄组件 328。在示出的示例中，第一边缘 208 以相对凸缘 1000 成角度 (例如，十五度) 地被设置。图 10 的示例第一边缘 208 基本上为平面。在其它示例中，第一边缘 208 不是平面。例如，第一边缘 208 可以是弯曲的。在示出的示例中，叶片包括限定叶片 200 的末端 1004 的第二边缘 1002。在示出的示例中，第二边缘 1002 是弯曲的。在其它示例中，第二边缘 1002 是其它形状 (例如，平面)。以上提及的叶片 200 的形状仅为示例。在其它示例中，叶片 200 是其它形状。例如，叶片可以是在 2007 年 11 月 14 日提交的题为 “Apparatus and Method for Generating Vortices in Fluid Flow Adjacent to a Surface” 美国专利 8,047,233 中描述的形状，通过引用将其全部内容结合于本文中，和 / 或任何其它形状。

[0039] 图 11 示出了示例双压电晶片横梁 1100，其可被用来实施图 3- 图 9 的示例双压电晶片致动器 300 的示例第一双压电晶片横梁 302 和 / 或示例第二双压电晶片横梁 304。在示出的示例中，双压电晶片横梁 1100 包括具有第一长度的柔性基片 1102。在一些示例中，基片 1102 为单轴半固化碳片 (uniaxial prepreg carbon sheet)。第一压电晶片 1104 耦接至示例基片 1102 的第一侧 1106。第二压电晶片 1108 耦接至示例基片 1102 的第二侧 1110。在一些示例中，第一压电晶片 1104 和 / 或第二压电晶片 1108 的厚度在 0.13 毫米和 0.5 毫米之间。在其它示例中，第一压电晶片 1104 和 / 或第二压电晶片 1108 具有其它厚度。在示出的示例中，第一压电晶片 1104 和第二压电晶片 1108 具有短于第一长度的第二长度并且基本上定位于基片 1102 的中央。因此，基片 1102 的第一末端 1112 和第二末端 1114 没有被第一压电晶片 1104 和 / 或第二压电晶片 1108 覆盖。在一些示例中，经由基片 1102 的第一末端 1112 和第二末端 1114 支撑双压电晶片横梁 1100。因此，当示例双压电晶片横梁 1100 弯曲时，第一末端 1112 和 / 或第二末端 1114 可以旋转，并且因此，起到枢轴点和 / 或铰链的作用。

[0040] 当将电信号提供给示例双压电晶片横梁 1100 时，双压电晶片横梁 1100 弯曲或者偏移。在一些示例中，具有第一极性的第一电压被施加于第一压电晶片 1104 并且具有第二极性的第二电压被施加于第二压电晶片 1108。因此，第一压电晶片 1104 延长，以及第二压电晶片 1108 缩短。当第一压电晶片 1104 被伸长并且第二压电晶片 1108 被缩短时，示例双压电晶片横梁 1100 弯曲或者偏移。在一些示例中，双压电晶片横梁 1100 的最大偏移量为两毫米。在其它示例中，双压电晶片横梁 1100 具有其它偏移量。在一些示例中，第一电压和第二电压的极性循环的交替或切换，以使得双压电晶片横梁 1100 在第一位置与第二位置之间振荡。在一些示例中，双压电晶片横梁 1100 根据于 2006 年 10 月 20 日提交的题为 “Piezoelectric Bimorph Beam Manufacturing Method” 的美国专利 7,681,290 中的教导来构造和 / 或操作，通过引用将其全部内容结合于本文中。在其它示例中，以其它方式构造和 / 或操作双压电晶片横梁 1100。

[0041] 从前述中应理解的是，以上公开的涡流发生器在流过邻近于表面的流体中产生涡流。本文中公开的示例涡流发生器包括叶片，该叶片通过在表面中狭槽而被展开，以便延伸至和 / 或通过流体的边界层。当不希望在流体中产生涡流时，本文中公开的示例涡流发生器的叶片可以内缩以与表面基本上齐平，使得示例涡流发生器在表面基本上不产生额外和 / 或间接的阻力。当叶片处于内缩位置时、当叶片处于展开位置时、并且当叶片被放置到和

/ 或移动到内缩位置与展开位置之间时,示例叶片基本上填满狭槽。因此,本文中公开的示例涡流发生器比传统的动态涡流发生器较少受到诸如冰块、污垢等的垃圾侵入的影响。

[0042] 尽管本文中已经公开了制造的某些示例方法、装置和设备 (articles), 本专利的覆盖范围不限于此。反之,本专利覆盖清楚地落入本专利的权利要求范围内的所有的制造方法、装置和设备。

[0043] 根据本公开的一个方面,提供了一种装置,该装置包括具有表面的壳体;设置在壳体中的双压电晶片致动器,该双压电晶片致动器包括第一双压电晶片横梁,该第一双压电晶片横梁具有相对于表面固定的第一部分;以及叶片,可旋转地耦接至双压电晶片致动器,双压电晶片致动器旋转叶片以使叶片的一部分延伸穿过表面,从而在流过表面的流体中产生涡流。

[0044] 根据所公开的装置,其中,双压电晶片致动器包括第一双压电晶片横梁以及与第一双压电晶片横梁分隔的第二双压电晶片横梁。

[0045] 根据所公开的装置,其中,当叶片内缩时,叶片被设置在第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁之间的间隔中。

[0046] 根据所公开的装置进一步包括连接件,该连接件耦接至第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁,第一双压电晶片横梁和第二双压电晶片横梁的偏移用于移动该连接件。

[0047] 根据所公开的装置进一步包括耦接至连接件和叶片的臂,其中,该连接件的移动被用于致动臂以旋转该叶片。

[0048] 根据所公开的装置进一步包括曲柄,可操作地耦接至臂和叶片,其中,臂的移动被用于旋转曲柄和叶片。

[0049] 根据所公开的装置,其中,双压电晶片致动器的第一部分被固定地耦接至底座,并且双压电晶片致动器的第二部分被可滑动地耦接至底座。

[0050] 根据所公开的装置,其中,叶片基本上填满延伸通过表面的狭槽。

[0051] 根据所公开的装置,其中,当叶片处于内缩位置时,叶片的边缘与表面基本上齐平。

[0052] 根据本公开的另一方面提供了一种装置,包括叶片;以及双压电晶片致动器,可操作地耦接至叶片,包括固定部分和可移动部分的双压电晶片致动器使双压电晶片致动器的偏移能够旋转叶片,处于第一位置的叶片用于限定表面的一部分,处于第二位置的叶片用于在邻近表面的流体中产生涡流。

[0053] 在所公开的装置中,双压电晶片致动器的可移动部分被设置在由底座限定的狭槽中,狭槽用于引导双压电晶片致动器的可移动部分的平移运动。

[0054] 在所公开的装置中,双压电晶片致动器的固定部分被固定地耦接至底座。

[0055] 在所公开的装置中,表面限定缝隙,当叶片处于第一位置和第二位置时叶片被设置在缝隙中。

[0056] 在所公开的装置中,叶片的边缘形状对应于表面的形状。

[0057] 在所公开的装置中,当双压电晶片致动器偏移远离表面时,叶片延伸穿过表面至第二位置。

[0058] 根据本公开的另一个方面,提供了一种装置,包括被设置在限定表面的壳体中的

双压电晶片致动器，该双压电晶片致动器具有相对于表面基本上固定的第一部分；以及叶片，可操作地耦接至双压电晶片致动器，双压电晶片致动器的偏移用于使叶片相对表面延伸或者内缩，当叶片内缩时，叶片的边缘处于相对于表面的第一方向上，当叶片展开时，叶片的边缘处于相对于表面的第二方向上。

[0059] 在所公开的装置中，处于第一方向上的边缘与表面基本上齐平。

[0060] 在所公开的装置中，处于第二方向上的边缘成角度地远离表面。

[0061] 在所公开的装置中，双压电晶片致动器偏移的最大值出现在双压电晶片致动器的中间部分上。

[0062] 在所公开的装置中，叶片相对于表面旋转以使叶片延伸或者内缩。

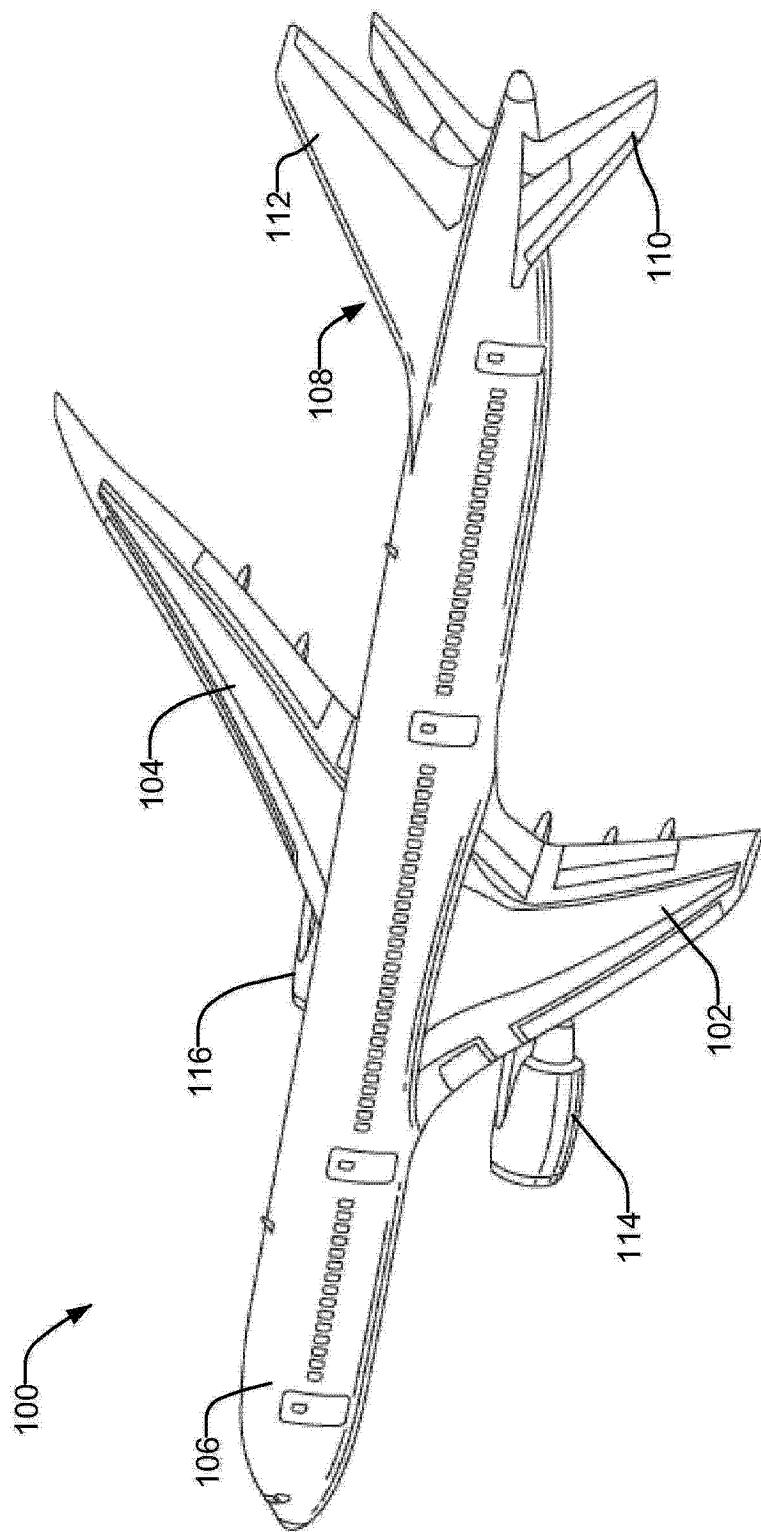


图 1

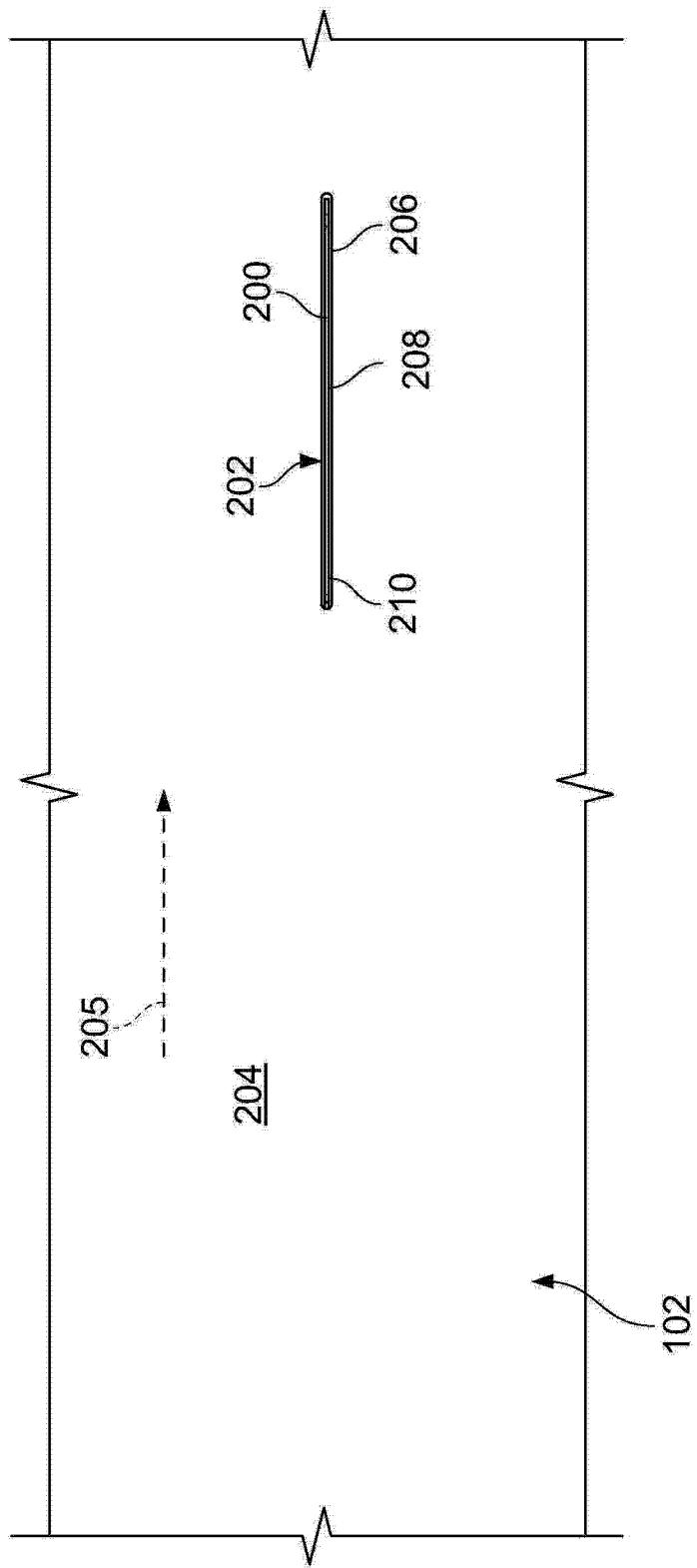


图 2

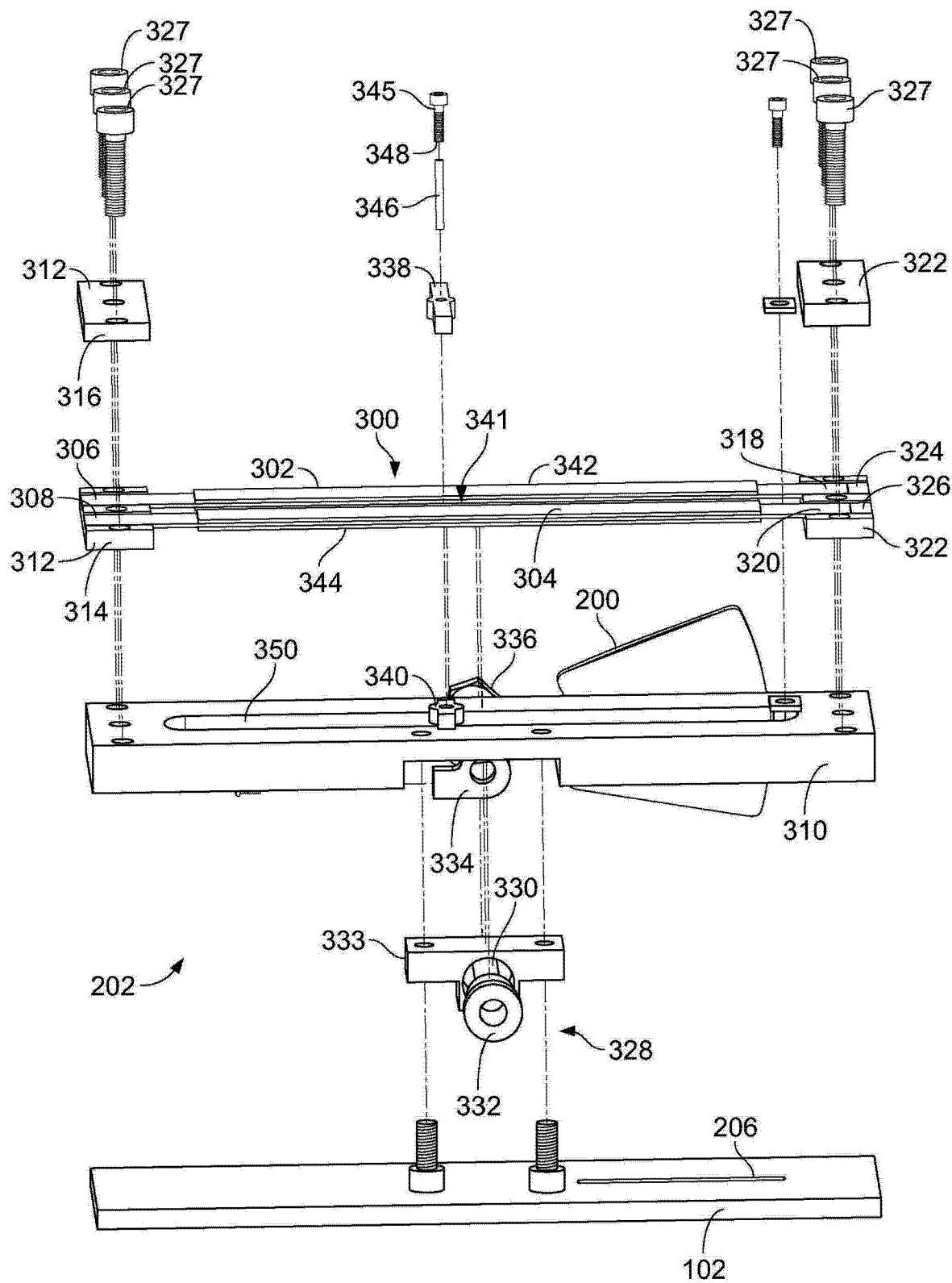


图 3

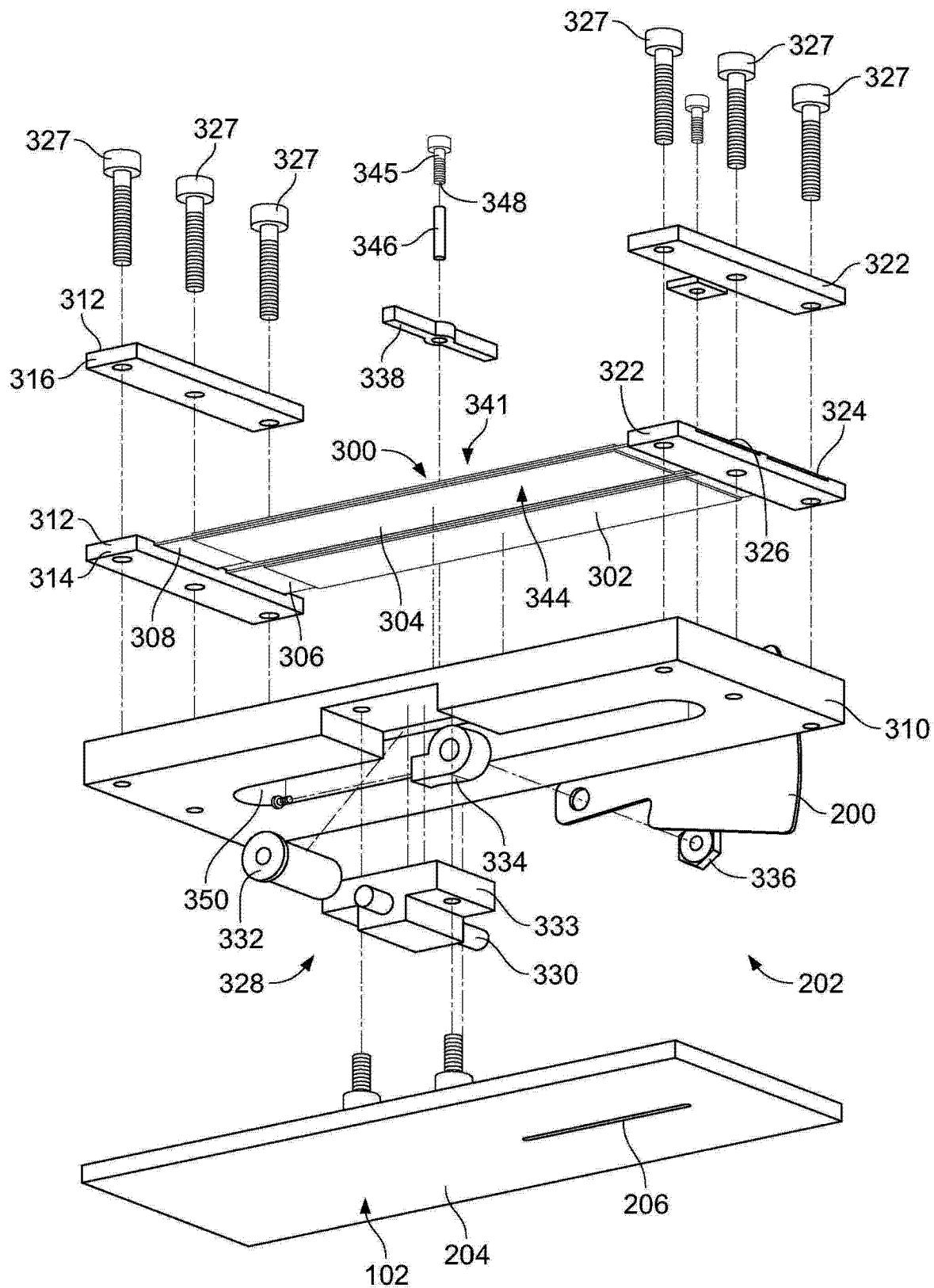


图 4

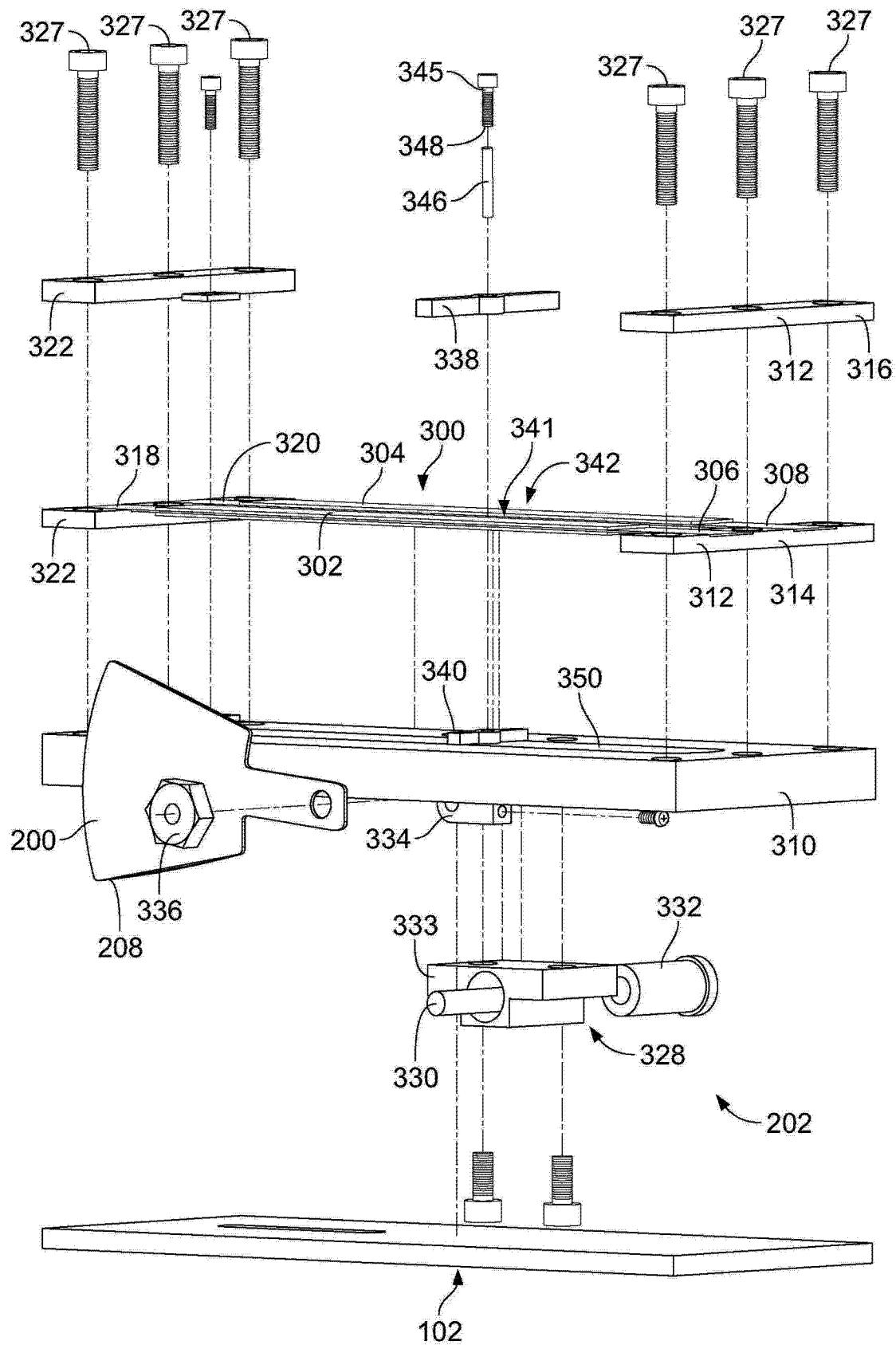


图 5

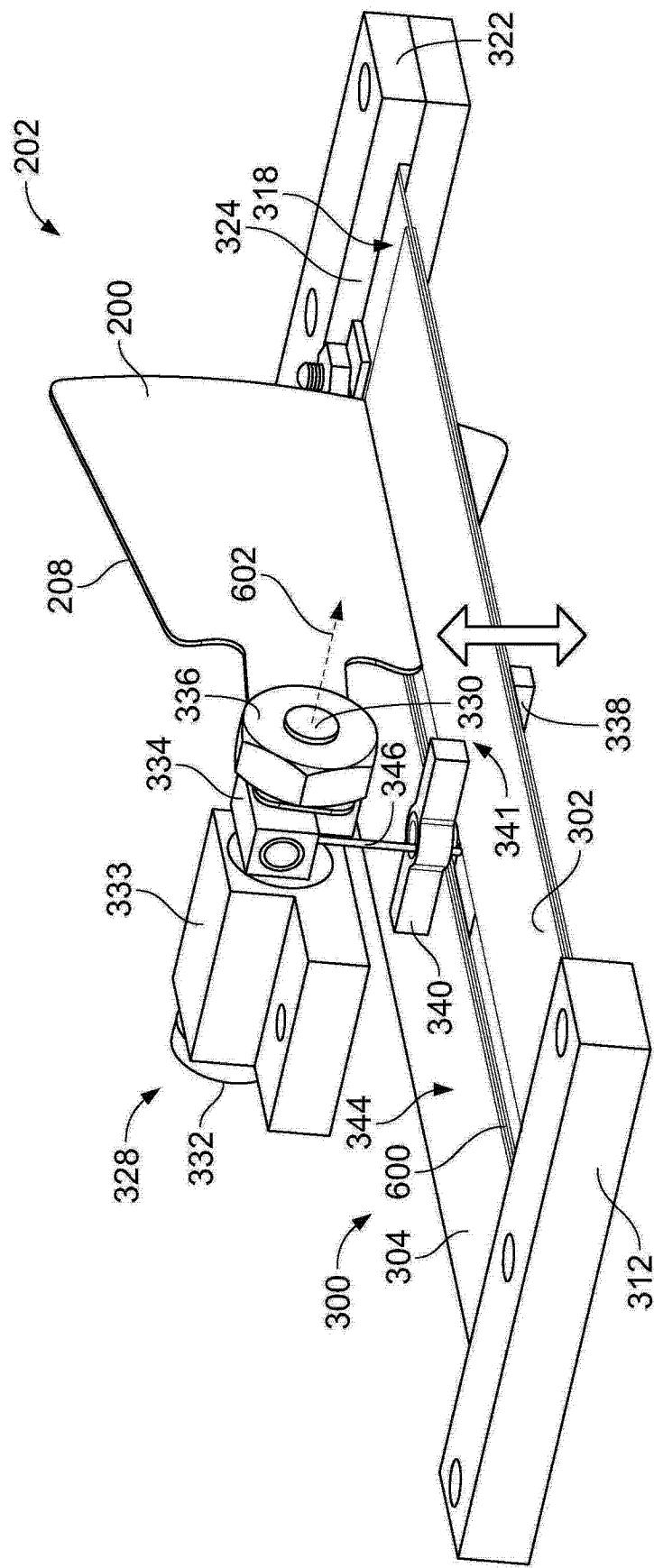


图 6

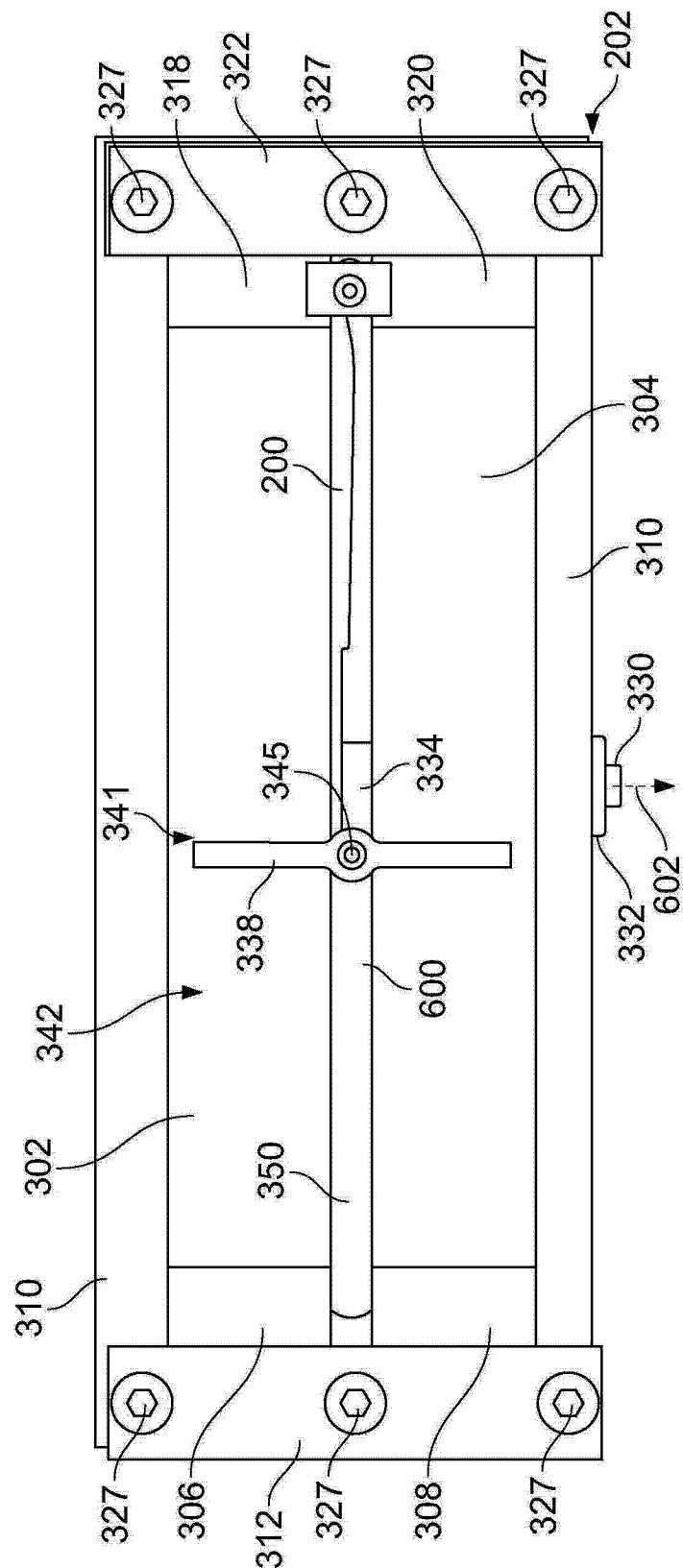


图 7

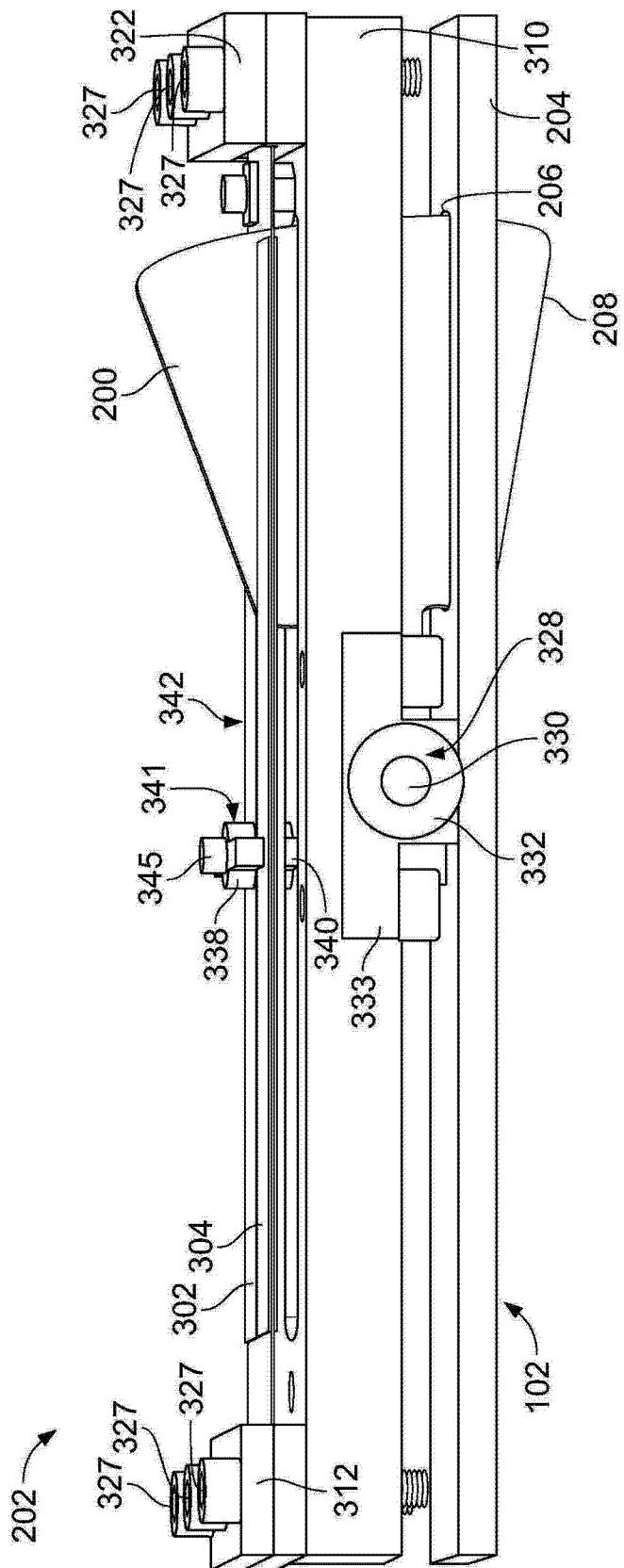


图 8

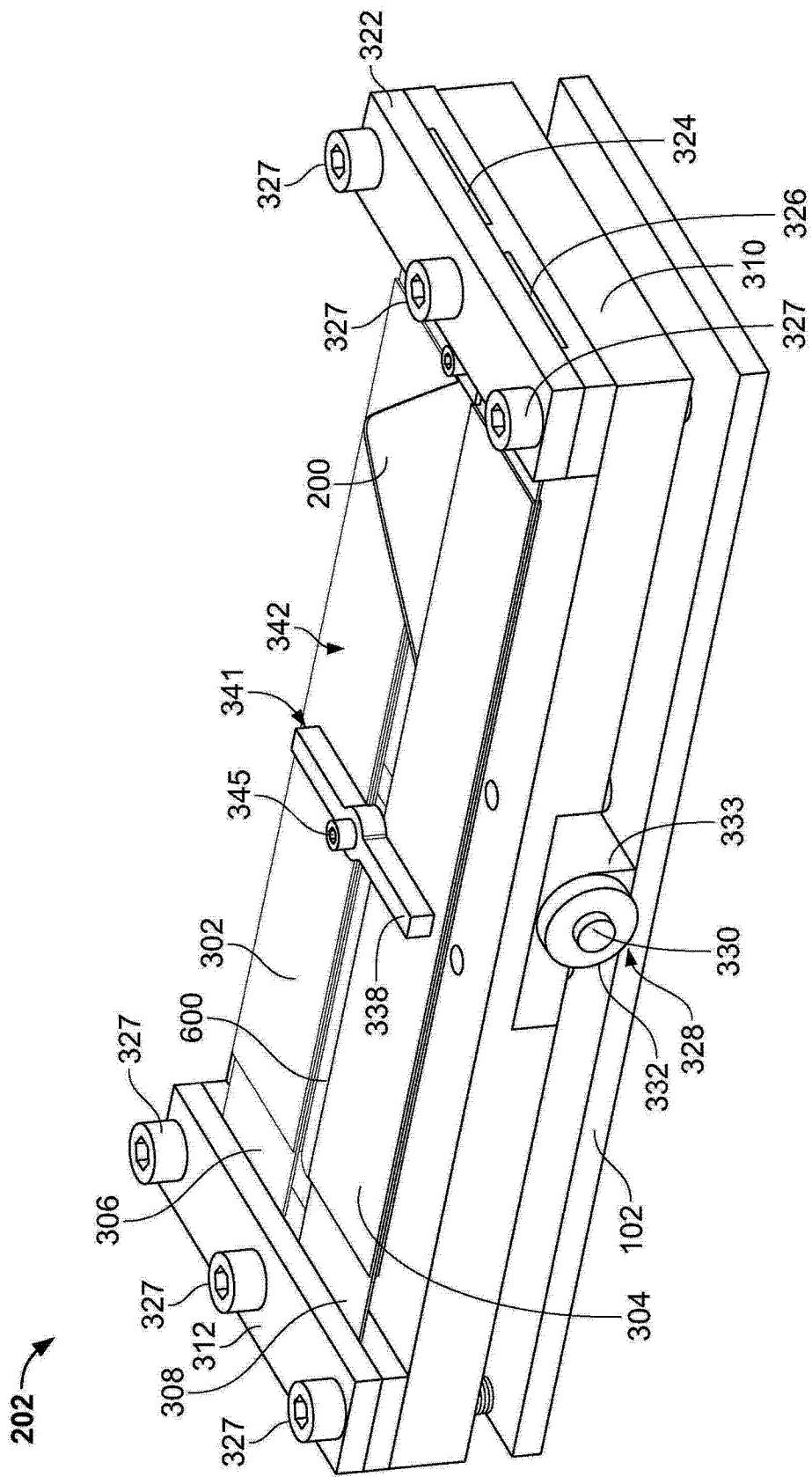


图 9

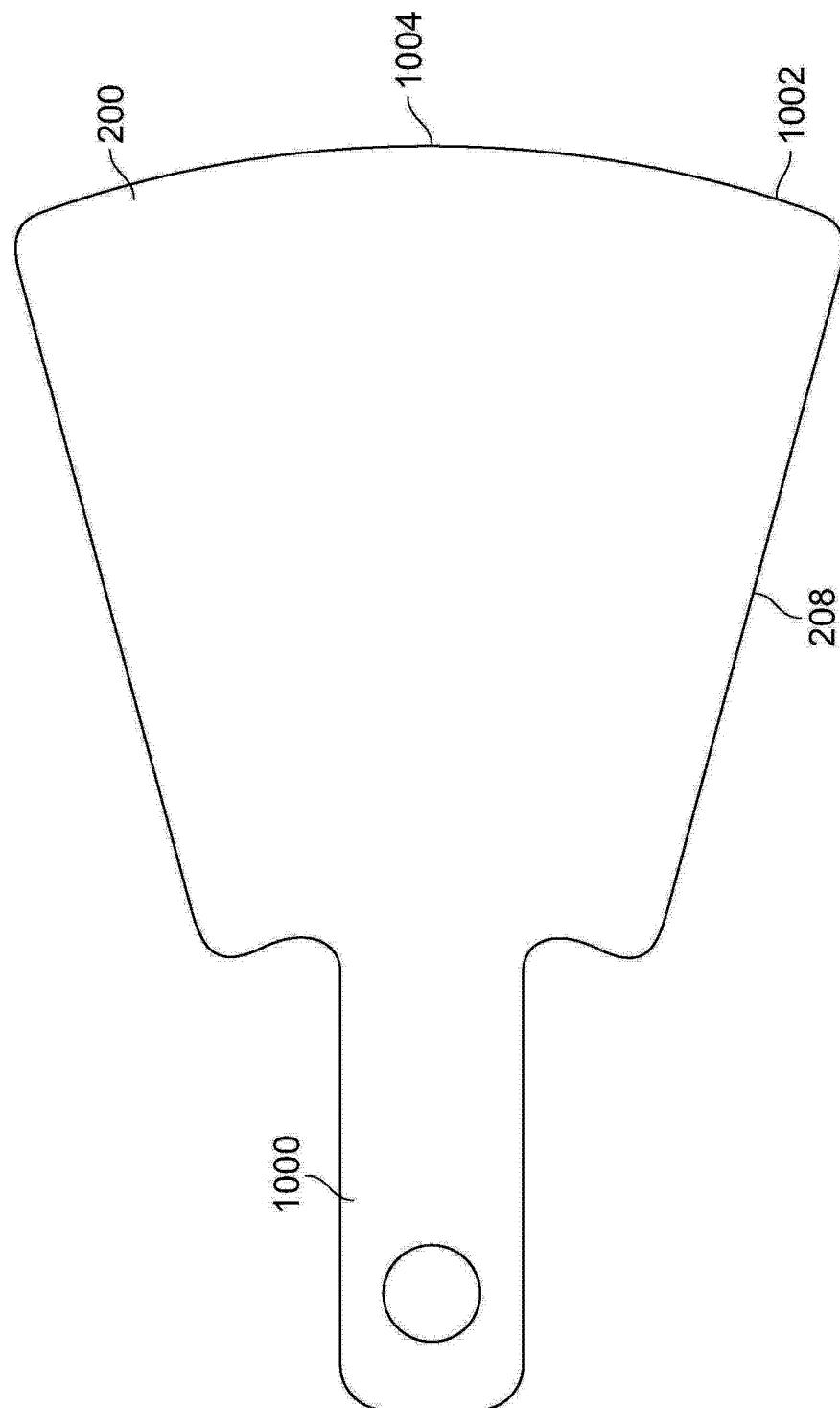


图 10

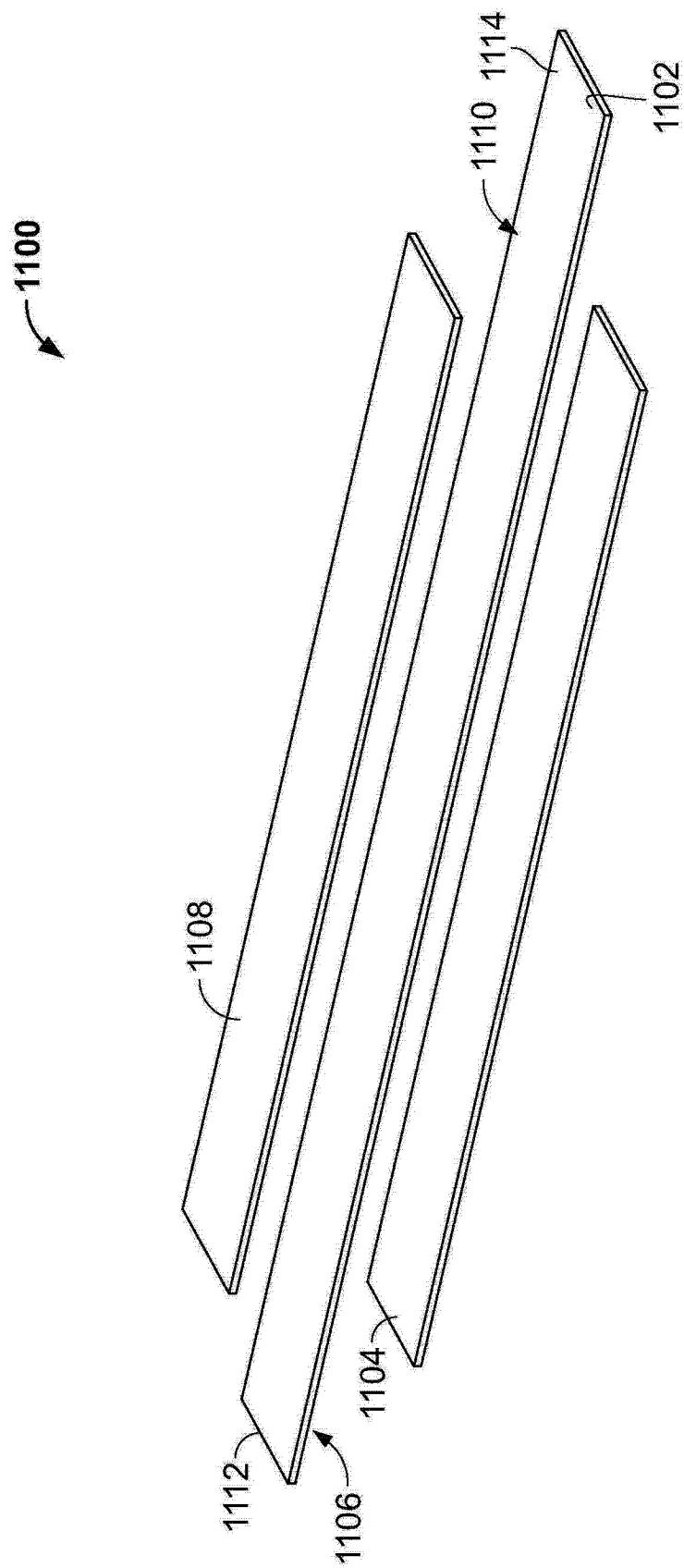


图 11