



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106735910 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201611050058.2

(22)申请日 2016.11.22

(30)优先权数据

14/948,836 2015.11.23 US

(71)申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 W·宋

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐东升 赵蓉民

(51)Int.Cl.

B23K 26/352(2014.01)

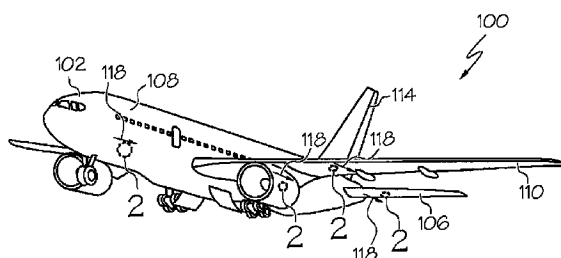
权利要求书2页 说明书15页 附图9页

(54)发明名称

用于制备流体流动表面的系统和方法

(57)摘要

本申请涉及一种用于制备流体流动表面的系统和方法,其可包括下列步骤:(1)产生激光束,(2)移动激光束跨过工件的表面,以及(3)通过从表面移除材料加工表面中的凸肋,其中凸肋包括一对脊部,其中一对脊部彼此近似平行,并且脊部中的每一个包括相对的侧面,以及在侧面中面对的侧面之间形成并且分离脊部的凹槽。



1. 一种用于制备流体流动表面的方法,所述方法包括:
产生激光束;
移动所述激光束跨过工件的表面;以及
通过从所述表面移除材料,加工所述表面中的凸肋。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述凸肋包括:
一对脊部,其中所述一对脊部近似平行,并且所述一对脊部中的每一个包括相对的侧面;以及
凹槽,其在所述侧面中面对的侧面之间形成,并且分离所述脊部。
3. 根据权利要求2所述的方法,还包括:
定位所述激光束,从而部分地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的一个;以及
随后重新定位所述激光束,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的另一个。
4. 根据权利要求2所述的方法,还包括:
定位所述激光束,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个。
5. 根据权利要求2所述的方法,还包括:
产生至少两个激光束;
同时定位所述激光束,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个;
移动所述激光束跨过所述工件的所述表面;以及
借助所述激光束加工所述表面中的多个近似平行的凸肋。
6. 根据权利要求2所述的方法,其中所述激光加工所述凹槽,所述凹槽具有近似颠倒的下列各项中的至少一个:(a)梯形的横截面形状,从而形成具有近似三角形的横截面形状的所述脊部中的每一个,以及(b)三角形的横截面形状,从而形成具有近似三角形的横截面形状的所述脊部中的每一个。
7. 根据权利要求2所述的方法,其中所述激光加工具有近似U形的横截面形状的所述凹槽,从而形成具有近似三角形的横截面形状的所述脊部中的每一个,其中所述侧面具有弯曲形状。
8. 根据权利要求2所述的方法,其中所述激光加工具有近似矩形的横截面形状的所述凹槽,从而形成具有近似矩形的横截面形状的所述脊部中的每一个。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中所述工件包括:
结构层;以及
表面涂层,其被施加到所述结构层,
其中所述凸肋在所述表面涂层中被加工。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中:
所述工件是交通工具的一部分,
所述表面是所述交通工具的外表面,所述流体在所述外表面上方流动,并且
所述交通工具是空中交通工具、陆上交通工具和海上交通工具中的一个。

11. 一种用于制备流体流动表面的系统,所述系统包括:
激光器,其产生激光束,其中:
所述激光束可移动跨过工件的表面,从而加工所述表面中的凸肋,并且
所述凸肋被配置成减小在所述表面上方流动的流体的阻力,并且
所述凸肋包括:
一对脊部,其中所述一对脊部彼此近似平行,并且所述脊部中的每一个包括相对的侧面;以及
凹槽,其在所述侧面中面对的侧面之间形成,并且分离所述脊部。
12. 根据权利要求11所述的系统,其中所述激光束被定位以部分地加工所述表面中的所述凹槽,以及形成所述侧面中所述面对的侧面中的一个,并且随后被重新定位以完全地加工所述表面中的所述凹槽,以及形成所述侧面中所述面对的侧面中的另一个。
13. 根据权利要求11所述的系统,其中所述激光束被定位,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个。
14. 根据权利要求11所述的系统,其中:
所述激光器产生至少两个激光束,
所述激光束被同时定位,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个;并且
所述激光束可移动跨过所述表面,从而加工所述表面中的所述凸肋。
15. 根据权利要求11所述的系统,还包括:
激光器的阵列,其产生多个激光束,其中所述多个激光束可移动跨过所述表面,从而加工所述表面中的多个近似平行的凸肋。

用于制备流体流动表面的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开总体涉及表面上的流体流动性能,并且更具体地涉及用于通过加工表面中的凸肋(riblet)来制备流体流动表面以减小表面上方流动的流体的阻力的系统和方法。

背景技术

[0002] 增加现代交通工具(诸如飞行器)的燃料效率的一种方法是通过空气动力性能的改进。作为一个示例,微观结构可在流体流动表面上形成,以减小交通工具的表面上的阻力。这种微观结构可使用在可存在湍流区域的地区上,以限制引起流体流动表面附近的湍流区域中的漩涡的破裂的循环,从而减小阻力。

[0003] 制备流体流动表面以减小阻力的一种当前方法是将具有形成的微观结构的薄膜应用到交通工具的一个或多个表面。然而,这种薄膜可增加相当多的处理时间以应用和/或移除、增加不需要的附加重量,并且不是成本有效的。此外,这种薄膜可能缺少用于长期使用的足够的耐久性。例如,环境影响和/或与各种化学品(诸如燃料、液压流体等)的相互作用可劣化微观结构,从而可能需要替换薄膜。

[0004] 因此,本领域技术人员在制备流体流动表面以提高流体流动性能的领域中继续研发努力。

发明内容

[0005] 在一个示例中,用于制备流体流动表面的所公开的方法可包括下列步骤:(1)产生激光束;(2)移动激光束跨过工件的表面;以及(3)通过从表面移除材料来加工表面中的凸肋,其中凸肋包括一对脊部,其中一对脊部彼此近似平行,并且脊部中的每一个包括相对的侧面,以及在侧面中面对的侧面之间形成并且分离脊部的凹槽。

[0006] 在另一示例中,用于制备流体流动表面的所公开的系统可包括激光器以产生激光束,其中激光束可移动跨过工件的表面以加工表面中的凸肋,并且凸肋被配置成减小表面上方流动的流体的阻力,并且其中一对脊部彼此近似平行,并且脊部中的每一个包括相对的侧面,以及在侧面中面对的侧面之间形成并且分离脊部的凹槽。

[0007] 在又一示例中,具有提高的流动流动性能的所公开的装置可包括结构层;施加到结构层的表面涂层,该表面涂层限定装置的流体流动表面;以及表面涂层中形成的多个近似平行的凸肋,其中凸肋中的每一个包括一对近似平行的脊部,以及分离脊部的凹槽。

[0008] 所公开的系统和方法的其它示例从下面的具体实施方式、附图以及随附权利要求将变得显而易见。

附图说明

[0009] 图1是所公开的交通工具的一个示例的示意性透视图;

[0010] 图2是图1的交通工具的所公开的流体流动表面的一个示例的放大的示意性平面图;

- [0011] 图3是流体流动表面上形成的所公开的凸肋的一个示例的示意性透视图；
- [0012] 图4是所公开的凸肋的一个示例的示意性剖视图；
- [0013] 图5是所公开的凸肋的一个示例的示意性剖视图；
- [0014] 图6是所公开的凸肋的一个示例的示意性剖视图；
- [0015] 图7是所公开的凸肋的一个示例的示意性剖视图；
- [0016] 图8是用于制备流体流动表面的所公开的系统的一个示例的示意性方框图；
- [0017] 图9是激光微加工流体流动表面上的图7的凸肋的一个示例的示意性剖视图；
- [0018] 图10是激光微加工流体流动表面上的图5的凸肋的一个示例的示意性剖视图；
- [0019] 图11是激光微加工流体流动表面上的图4的凸肋的一个示例的示意性剖视图；
- [0020] 图12是用于制备流体流动表面的所公开的方法的一个示例的流程图；
- [0021] 图13是用于制备流体流动表面的所公开的方法的一个示例的流程图；
- [0022] 图14是用于制备流体流动表面的所公开的方法的一个示例的流程图；
- [0023] 图15是用于制备流体流动表面的所公开的方法的一个示例的流程图；
- [0024] 图16是飞行器生产和服务方法的方框图；以及
- [0025] 图17是飞行器的示意图。

具体实施方式

[0026] 下面的详细描述参考图示说明本公开的具体示例的附图。具有不同结构和操作的其它示例不偏离本公开的范围。类似的附图标号可指不同的附图中相同的元件或部件。

[0027] 在图8和图17中,参考上面,如果有的话,连接各种元件和/或部件的实线可表示机械、电气、流体、光、电磁和其它耦接和/或它们的组合。如本文所使用的,“耦接”意味着直接地以及间接地相关联。例如,构件A可与构件B直接地相关联,或者可与其间接地相关联,例如,经由另一个构件C。应当理解,不必要表示各种公开的元件之间的所有关系。因此,除了方框图中描绘的耦接之外的耦接也可存在。如果有的话,连接指定各种元件和/或部件的方框的虚线表示在功能和目的上类似于由实线表示的耦接的耦接;然而,由虚线表示的耦接可被选择性地提供,或者可涉及本公开的替代示例。同样,如果有的话,用虚线表示的元件和/或部件指示本公开的替代示例。在不偏离本公开的范围的情况下,可从特定示例省略以实线和/或虚线示出的一个或多个元件。如果有的话,点线表示环境元件。为了清楚起见,也可示出虚拟(假象)元件。本领域技术人员应当理解,图8和图17图示说明的特征中的一些可以各种方式组合,而不需要包括图8和图17、其它附图和/或随附的公开中描述的其它特征,即使这个组合或这些组合在本文中没有被明确地图示说明。类似地,附加特征不限于呈现的示例,可与本文中示出和描述的特征中的一些或所有组合。

[0028] 在图12-16中,参考上面,方框可表示其操作和/或部分,并且连接各个方框的线不暗示其操作或部分的任何特定次序或依赖性。由虚线表示的方框指示其替代的操作和/或部分。如果有的话,连接各个方框的虚线表示其操作或部分的替代依赖性。应当理解,不必要表示各个公开的操作之间的所有依赖性。图12-16和描述本文阐述的(多种)方法的操作的随附的公开不应当被解释为必须确定操作将要被执行的顺序。相反,虽然指示一个说明性次序,但是应当理解,适当时可修改操作的顺序。因此,可以不同的次序或同时执行某些操作。另外,本领域技术人员应当理解,不需要执行所描述的所有操作。

[0029] 参考本文，“示例”意味着结合示例描述的一个或多个特征、结构或特性包括在至少一个实施例或实施方式中。说明书中各个地方的短语“一个示例”或“另一示例”可或可不指相同的示例。

[0030] 除非另外指明，否则本文所使用的术语“第一”、“第二”等仅作为标签，并且不旨在强加对这些术语所指的项目的次序、位置或分层要求。此外，对“第二”项目的参考不需要或排除较低编号的项目（例如，“第一”项目）和/或较高编号的项目（例如，“第三”项目）的存在。

[0031] 如本文所使用的，当与一系列项目使用时，短语“…中的至少一个”意味着可使用所列出的项目中的一个或多个的不同组合，并且可能需要列表中的项目中的仅一个。项目可以是特定对象、事物或类别。换句话说，“…中的至少一个”意味着可根据列表使用项目或许多项目的任何组合，但是可能不需要列表中的所有项目。例如，“项目A、项目B和项目C中的至少一个”可意味着项目A；项目A和项目B；项目B；项目A、项目B和项目C；或项目B和项目C。在一些情况下，“项目A、项目B和项目C中的至少一个”可意味着（例如但不限于）项目A中的两个、项目B中的一个以及项目C中的十个；项目B中的四个和项目C中的七个；或一些其它合适的组合。

[0032] 参考本文，“示例”、“一个示例”、“另一示例”或类似语言意味着结合示例描述的一个或多个特征、结构或特性包括在至少一个实施例或实施方式中。因此，贯穿本公开的短语“在一个示例中”，“作为一个示例”以及类似语言可（但不是必要地）指相同的示例。此外，特征在于任何一个示例的主题可（但不是必要的）包括特征在于任何其它示例的主题。

[0033] 下面提供了说明性、非排他性的示例，其可以是（但不是必要的）根据本公开的所要求保护的主体。

[0034] 参考图1，其公开交通工具100的一个示例。交通工具100包括具有流体流动表面106的交通工具结构104（例如，交通工具主体）。流体流动表面106可包括交通工具的任何外表面或其部分，流体（例如，气态流体或液态流体）在外表面上方流动。

[0035] 作为一个示例，交通工具100可以是飞行器102。飞行器102可以是任何类型的有人驾驶的或无人驾驶的空中交通工具，包括但不限于固定翼飞行器、旋翼飞行器、无人驾驶飞行器（“UAV”）、航天器、导弹、火箭等。在其它事物中，飞行器102的交通工具结构104通常可包括机身108、机翼110、推进系统，诸如发动机，其具有发动机短舱（没有明确地指示）、一个或多个稳定器114（例如，竖直稳定器和/或水平稳定器）、控制表面（没有明确地指示说明）等。流体流动表面106可以是暴露于空气和/或在空气中移动的平坦的或弯曲的表面。作为一个示例，流体流动表面106可以是但不限于飞行器102的外蒙皮的任何部分（没有明确地指示），诸如机身108、机翼110、稳定器114、发动机短舱、控制表面或交通工具结构104的其它合适的表面的一部分。

[0036] 虽然本文关于空中交通工具（例如，飞行器102）描述和图形说明流体流动表面106，但是本文公开的示例可同样适用于其它类型的交通工具中的阻力减小，诸如暴露于气态流体（例如，空气）和/或在气态流体中移动的陆上交通工具（例如，汽车、卡车、公共汽车、火车等），或暴露于液态流体（例如，水）和/或移动通过液态流体的海上交通工具（例如，船、潜水艇、水翼艇、流体流动管道等）。

[0037] 参考图2和图3，并且参考图1，公开了流体流动表面106的一个示例。交通工具100

(图1)的流体流动表面106上的一个或多个地区或区域可包括凸肋116(例如,多个凸肋116)。凸肋116可彼此近似或基本平行。凸肋116可平行于如箭头118表示的流体流动的方向被布置。流体流动的方向118可近似平行于坐标系126(或在X方向)的X轴线。

[0038] 贯穿本公开,关于三维坐标系126(例如,XYZ坐标系)可描述流体流动表面106和凸肋116。例如,可参考各个特征、元件或部件之间的空间关系和/或关于坐标系126的特征、元件或部件的各个方面的空间取向或相对关系,如附图中描绘的。然而,如本领域技术人员在阅读本公开之后将认识到的,可以任何期望的取向定位本文描述的各种示例的特征、元件或部件。

[0039] 凸肋116可覆盖飞行器102的结构104的整个区段(例如,整个机头、整个机翼等),或者可覆盖区段的仅一部分。特定放置和由凸肋116覆盖的地区可随特定飞行器应用而变化。通常,最大化流体流动表面116上的凸肋116的覆盖地区、最优化凸肋116的尺寸和/或几何形状和/或最优化流体流动表面106上的凸肋116的放置可实现阻力的更大程度的减小。换句话说,凸肋116的高覆盖百分比可引起空气动力效率的高的整体改进。

[0040] 通常,凸肋116(例如,形成流体流动表面106)覆盖的结构104的外表面的总的表面地区可没有限制。根据所公开的系统和方法制备流体流动表面106可提供一个灵活的解决方案,该解决方案实现凸肋116的最大可能的覆盖,并且实现以其它方式可能难以制备的地方的覆盖。然而,本领域技术人员应当认识到,交通工具(例如,飞行器102)的某些部分可不适于凸肋116的应用。作为示例,易于污染的地区或流体在近似法线的方向上接触表面的前缘可以是不适于凸肋覆盖的地区。

[0041] 通常并且不限于任何特定的理论,相比于没有凸肋的相同的光滑表面,凸肋116与在流体流动表面106上方流动的流体的湍流边界层的结构的相互作用减小流体中移动的流体流动表面106上的摩擦力、抵抗力或阻力(例如,阻力系数("Cd"))。该减小发生,尽管光滑表面上方的凸肋覆盖的表面的“受潮面积”(暴露于流体流动的表面面积)增加。作为一个示例,借助所公开的凸肋116,飞行器102的大约百分之八十的覆盖可引起阻力减小大约2%到大约10%。

[0042] 参考图3,并且参考图1和图2,图肋116大体形成流体流动表面106(图2)上的微观结构或显微纹理。作为一个示例,凸肋116可包括彼此近似平行对准的非常小的交替脊部120(例如,脊状微观结构)和凹槽122(例如,槽状微观结构)的图案或系列。脊部120可从流体流动表面106向外延伸或突出。凹槽122可在相邻的脊部120之间形成。脊部120和凹槽122可沿坐标系126(或在X方向)的X轴线延伸,并且近似平行于经过交通工具100(图1)的流体流动表面106上方的流体流动的方向118。因此,通过由凹槽122(在本文也称为凹槽122)中的一个分开的一对相邻且近似平行的脊部120可限定凸肋116(在本文也称为凸肋116)中的每一个。替代地,通过脊部120(在本文也称为脊部120)中的一个分开的一对相邻的凹槽122可限定每个凸肋116。

[0043] 参考图3-图7,作为一个示例,脊部120中的每一个可包括相对的侧面124、峰部128和基部130。作为一个示例,通过相邻的脊部120之间连续延伸的相邻的脊部120的面对的侧面124和底板132(例如,之间)可形成每个凹槽122。作为一个示例,凹槽122的底板132可以是在相邻的脊部120的面对的侧面124的基部130之间延伸的流体流动表面106的部分或区段。

[0044] 参考图4-图7,并且参考图3,作为一个示例,每个脊部120可具有高度H(在Z方向的尺寸)和宽度W(在Y方向的尺寸)。通过中心到中心距离D(在Y方向的尺寸)可分开两个相邻的脊部120。作为一个示例,凸肋116的高度H、宽度W和中心到中心距离D沿流体流动表面106可以是相等的。例如,Y-Z平面中的凸肋的几何形状和/或横截面形状在X方向上可以是不变的。作为一个示例,凸肋116的高度H、宽度W和/或中心到中心距离D中的一个或多个沿流体流动表面106可变化。例如,Y-Z平面中的凸肋116的几何形状和/或横截面形状沿X方向可变化。

[0045] 凸肋116可具有在Y-Z平面中的任何合适的几何形状和/或横截面形状。作为示例,脊部120和/或凹槽122可具有在Y-Z平面中的任何合适的几何形状和/或横截面形状。凸肋116的不同几何形状和/或横截面形状可改变流体流动表面106的空气动力性质,例如,以进一步减小阻力。可选择凸肋116的特定几何形状和/或横截面形状以适应特定应用。

[0046] 参考图4,作为所公开的凸肋116的一个具体的非限制性示例,每个脊部120可在Y-Z平面中具有大体上或近似三角形的横截面形状,并且每个凹槽122可在Y-Z平面中具有大体上或近似倒梯形的横截面形状。例如,凸肋116的脊部120和凹槽122可大体上形成跳齿图案。每个脊部120的侧面124可在Y-Z平面中具有近似平坦的形状。底板132可在Y-Z平面中具有近似平坦的形状。脊部120的高度H可以从基部130到峰部128的尺寸。脊部120的宽度W可以是例如在基部130处的脊部120的最大宽度。例如,在脊部120的侧面124之间测量的脊部120的宽度可从基部130到峰部128变化(例如,减小)。每个脊部120的侧面124可被设置成相对于彼此成非零的第一(例如,内峰)角A1。每个脊部120的侧面124可以相对于X-Z平面(例如,与流体流动表面106正交)以非零的第二(例如,侧倾斜)角A2倾斜。峰部128可在由每个脊部120的倾斜的侧面124的相交形成的点处终止。第一角A1可限定第二角A2,例如,第二角A2可以是第一角A1的大约一半。凸肋116的高度H、宽度W、中心到中心距离D和/或第一角A1可以被预选(例如,优化),以适应特定应用。

[0047] 作为图4中图示说明的示例的具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,脊部120)的高度H可从大约0.0015英寸(38.1微米)到大约0.0016英寸(40.64微米)的范围变化。作为图4中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,脊部120)的宽度W可以是大约0.0008英寸(20.32微米)。作为图4中图示说明的示例的具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,相邻的脊部120之间)的中心到中心距离D可从大约0.0029英寸(73.66微米)到大约0.003英寸(76.2微米)的范围变化。作为图4中图示说明的示例的具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,在脊部120的侧面124之间)的第一角A1可从大约30度到大约53度的范围变化。因此,作为图4中图示说明的示例的具体的非限制性实施方式,脊部120的侧面124(例如,在脊部120的侧面124和X-Z平面之间)的第二角A2可从大约15度到大约26.5度的范围变化。

[0048] 上述示例尺寸可以针对被优化用于特定类型的交通工具、特定速度、特定流体等(例如,用于具有从大约0.7马赫到大约0.85马赫的巡航速度的飞行器)的凸肋轮廓。对于其它类型的交通工具、在流体流动表面上流动的其他类型的流体、速度等,凸肋116的尺寸(例如,高度H、宽度W、中心到中心距离D和/或凸肋116的第一角A1)可广泛地变化。

[0049] 参考图5,作为所公开的凸肋116的一个具体的非限制性示例,每个脊部120可在Y-Z平面中具有大体上或近似三角形的横截面形状,并且每个凹槽122可在Y-Z平面中具有大

体上或近似倒三角形的横截面形状。例如,凸肋116的脊部120和凹槽122可大体上形成锯齿图案。每个脊部120的侧面124可在Y-Z平面中具有近似平坦的形状。脊部120的高度H可以是从基部130到峰部128的尺寸。脊部120的宽度W可以是例如在基部130处的脊部120的最大宽度。例如,在脊部120的侧面124之间测量的脊部120的宽度可从基部130到峰部128变化(例如,减小)。每个脊部120的侧面124可被设置为相对于彼此成非零的第一角A1。每个脊部120的侧面124可被设置为相对于X-Z平面以非零的第二角A2倾斜。峰部128可在由每个脊部120的倾斜的侧面124的相交形成的点处终止。底板132可在基部130处在相邻的脊部120的面对的倾斜侧面124的相交处形成点。第一角A1可限定第二角A2,例如,第二角A2可以是第一角A1的大约一半。凸肋116的高度H、宽度W、中心到中心距离D和/或第一角A1可以被预选(例如,优化),以适应特定应用。

[0050] 作为图5中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,脊部120)的高度H可以是大约0.0023英寸(58.42微米)。作为图5中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,脊部120)的宽度W可以是大约0.0023英寸(58.42微米)。作为图5中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,在相邻的脊部120之间)的中心到中心距离D可以是大约0.0024英寸(60.96微米)。作为图5中图示说明的示例的具体的非限制性实施方式,凸肋116(例如,在脊部120的侧面124之间)的第一角A1可从大约53度到大约90度的范围变化。因此,作为图5中图示说明的示例的具体的非限制性实施方式,脊部120的侧面124(例如,在脊部120的侧面124和X-Z平面之间)的第二角A2可从大约26.5度到大约45度的范围变化。作为图5中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,高度H和中心到中心距离D之间的比率(H与D比率或H/D)可从大约0.5到大约0.98的范围变化。例如,H/D可以是大约0.5、大约0.86或大约0.98。

[0051] 上述示例尺寸可以针对被优化用于特定类型的交通工具、特定速度、特定流体等的凸肋轮廓。对于其它类型的交通工具、在流体流动表面上流动的其它类型的流体、速度等,凸肋116的尺寸(例如,高度H、宽度W、中心到中心距离D和/或凸肋116的第一角A1)可广泛地变化。

[0052] 参考图6,作为所公开的凸肋116的一个具体的非限制性示例,每个脊部120可在Y-Z平面中具有大体上或近似三角形的横截面形状,并且每个凹槽122可在Y-Z平面中具有大体上或近似U形的横截面形状。替代地(没有明确地图示说明),每个凹槽122在Y-Z平面中可具有大体上或近似半圆形或半卵形的横截面形状。每个脊部120的侧面124可在Y-Z平面中具有近似弯曲的形状。底板132可在Y-Z平面中具有近似弯曲的形状。替代地(没有明确地图示说明),底板132可在Y-Z平面中具有近似平坦的形状。脊部120的高度H可以是从基部130到峰部128的尺寸。脊部120的宽度W可以是例如在峰部128处的脊部120的最小宽度。例如,在脊部120的侧面124之间测量的脊部120的宽度可从峰部128到基部130变化(例如,增加)。每个脊部120的侧面124可具有半径R。峰部128可在在Y-Z平面中具有近似平坦的形状。替代地(没有明确地图示说明),峰部128可在Y-Z平面中具有近似弯曲的或圆形的形状。凸肋116的高度H、宽度W、中心到中心距离D和/或半径R可以被预选(例如,优化),以适应特定应用。

[0053] 作为图6中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,高度H和中心到中心距离D之间的比率(H与D比率或H/D)可从大约0.5到大约1.0的范围变化。例如,H/D可以是大约0.5、大约0.7或大约1.0。作为图6中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,宽

度W和中心到中心距离D之间的比率(W与D比率或W/D)可从大约0.02到大约0.04的范围变化。

[0054] 参考图7,作为所公开的凸肋116的一个具体的非限制性示例,每个脊部120可在Y-Z平面中具有大体上或近似矩形的横截面形状,并且每个凹槽122可在Y-Z平面中具有大体上或近似矩形的横截面形状。替代地,(没有明确地图示说明),每个凹槽122在Y-Z平面中可具有大体上或近似正方形的横截面形状。每个脊部120的侧面124可在Y-Z平面中具有近似平坦的形状。底板132可在Y-Z平面中具有近似平坦的形状。脊部120的高度H可以从基部130到峰部128的尺寸。脊部120的宽度W从基部130到峰部128可以是不变的。凸肋116的高度H、宽度W和/或中心到中心距离D可以被预选(例如,优化),以适应特定应用。

[0055] 作为图7中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,高度H和中心到中心距离D之间的比率(H与D比率或H/D)可从大约0.2到大约0.8的范围变化。作为图7中图示说明的示例的一个具体的非限制性实施方式,宽度W和中心到中心距离D之间的比率(W与D比率或W/D)可从大约0.02到大约0.04的范围变化。

[0056] 参考图8,其公开用于制备流体流动表面106的系统200的一个示例。系统200用来将凸肋116形成或加工到或进入流体流动表面106,以提高流体流动表面106的流体流动性能(例如,减小在流体流动表面106上方流动的流体上的阻力)。通常,系统200可用于流体流动表面106的激光改性或激光微加工以具有凸肋116,而不是流体流动表面106是光滑的。

[0057] 系统200包括至少一个激光器202。激光器202产生激光束218。系统200将从激光器202发射的激光束218的光定位在工件220的表面214上,从而在表面214中加工凸肋116。当工件220用于特定应用时,工件220的表面214通常是流体将在其上流动的光滑表面。因此,表面214也可称为流体流动表面,其中凸肋116通过系统200加工。

[0058] 激光器202可以是配置以发射脉冲激光束218的脉冲激光器。因此,激光束218可包括激光脉冲204。作为一个示例,激光器202可以是二极管泵浦固体激光器,其借助可调整的重复或脉冲速率、脉冲能量和脉冲持续时间操作。例如,基于凸肋116的几何形状,激光束218可具有适于特定的微加工任务的各种脉冲宽度、波长、脉冲重复率和脉冲能量。

[0059] 作为一个示例,激光器202可以是提供超快脉冲的超快或超快脉冲(“USP”)激光器。如本文所使用的,术语“超快激光器”指纳秒激光器、飞秒激光器和皮秒激光器。激光的具体类型可取决于各种因素,诸如在其上形成凸肋116的材料类型(例如,工件220的材料类型)。飞秒激光器和皮秒激光器在用于较高质量的加工的某些应用中可以是优选的。作为一个示例,激光器202可提供具有以皮秒测量的脉冲持续时间的超快激光脉冲204(例如,脉冲激光束218),例如,小于大约10皮秒(例如,皮秒脉冲)或飞秒(例如,飞秒脉冲)。例如,激光器202可提供激光脉冲204(例如,发射脉冲激光束),其具有在1-999飞秒范围中测量的脉冲持续时间。因此,激光器202可以是飞秒激光器,其用于微加工在流体流动表面中的凹槽122,以形成凸肋116。

[0060] 发射器202发射的光的超快脉冲(例如,激光脉冲204)以不同于传统激光器的方式与例如工件220的表面214上的目标材料相互作用。(诸如连续波激光器或具有以纳秒或更精确地方式测量的脉冲持续时间的激光脉冲与相同的材料相互作用)通常,超快激光脉冲204(例如,脉冲激光束218)以高速度在目标材料中沉积能量,使得能量不具有时间以借助像热传导的机构漏出。激光器202通过脉冲激光束218在目标材料中快速地(例如,以飞秒)

引导和沉积大量的能量(例如,在大约1nJ到大约1mJ之间,或者在大约1千兆瓦到大约峰值功率的10千兆瓦之间),使得在脉冲激光束218的焦点(在本文也称为脉冲激光束218的光点212)处,目标材料(例如,工件220的表面214的一部分)被迫进入等离子状态。然后,等离子体作为高能量气体膨胀离开工件220,从而带走其具有的几乎所有的产生的热量。换句话说,位于工件220上的光点212处的目标材料在没有首先经过熔融阶段的情况下基本上从固体转化成气体。因此,非常少的热量留下来损坏接近光点212(在光点212处,或靠近光点212)的工件220,并且在工件220的表面214上,或者至少部分地通过工件220可加工非常精确的微观结构(例如,凸肋116)。对工件材料减小的热冲击也消除材料降解,并且因此保留了原始材料性能。

[0061] 作为一个具体的非限制性示例,激光器202可以是二氧化碳(“CO₂”)激光器。作为一个具体的非限制性示例,激光器202可以是紫外线(“UV”)激光器。作为一个具体的非限制性示例,激光器202可以是红外线(“IR”)激光器。作为一个具体的非限制性示例,激光器202可以是掺钛蓝宝石(“钛蓝宝石”)激光器。

[0062] 作为一个示例,激光器202可以是具有增益介质的脉冲固态激光器,包括但不限于掺钛蓝宝石(“Ti:蓝宝石”) (例如,Ti:蓝宝石激光器)、掺镱钇铝石榴石(“Yb:YAG”) (例如,Yb:YAG激光器)、掺镱钨酸钪钾(“Yb:KGW”) (例如,Yb:KGW激光器)或掺镱钨酸钪钾(“Yb:KYW”) (例如,Yb:KYW激光器)。

[0063] 参考图8,并且参考图1-图3,作为一个示例,工件220可以是交通工具100(例如,飞行器102)或交通工具100的部分或区段(例如,飞行器102的机翼110、机身108等),并且工件220的表面214可以是交通工具100(图1)的流体流动表面106。作为一个示例,工件220可以用来形成交通工具结构104的外蒙皮面板(没有明确地图示说明)(例如,用来形成机翼110、机身108等的蒙皮面板),并且工件220的表面214可以是外蒙皮面板的流体流动表面106。换句话说,工件220可相对较小,诸如较大结构的部件(例如,蒙层面板),或者可相对较大,诸如整个交通工具100。在特定应用期间暴露于流体流动或在流体中移动的工件220的表面214的一部分是流体流动表面106。

[0064] 参考图8,当激光束218离开激光器202时,其沿光路222行进,并且被传送到工件220的表面214。在一个示例中,沿着光路222,激光束218可穿过光学器件224。光学器件224可扩展激光束218、聚焦激光束218或者以其它方式修改激光束218。光学器件224可包括一个或多个透镜,或其它合适的激光光学器件或机构。作为一个示例,光学器件224可用来改变入射到工件220的表面214上的激光束218的光点212的尺寸(例如,增大或减小光点尺寸S)(图9)。可选地,系统200也可包括一个或多个镜子(没有明确地图示说明),以沿光路222引导激光束218。

[0065] 参考图8,并且参考图3-图7和图9-图11,通常,系统200被配置成将激光束218引导到工件220的表面214,并且移动激光束218跨过表面214,以形成工件220上的凸肋116(图3),例如,从而制备流体流动表面106(图3)。作为一个示例,系统200可利用单个激光器202和单个激光束218以形成凸肋116。作为一个示例,系统200可利用单个激光器202和多个激光束218以形成凸肋116。例如,光学器件225也可包括分束器(没有明确地图示说明),其被配置成将激光束218分成多个子光束(没有明确地图示说明)。作为一个示例,系统200可利用多个激光器202,例如,形成激光器216的阵列,以形成凸肋116。

[0066] 在一个示例实施方式中,例如,通过来自单个激光器202的单个激光束218,可逐个且连续地加工凸肋116中的每一个。在一个示例实施方式中,例如,通过来自单个激光器202的多个激光束218或来自多个激光器202(例如,激光器216的阵列)的多个激光束218,可同时加工多个凸肋116。

[0067] 参考图9-11,并且参考图8,系统200可利用各种机构,以沿工件220的表面214引导和/或操纵激光束218。作为一个示例,系统200可例如相对于工件220在X方向、Y方向和/或Z方向上平移激光束218,以形成凸肋116。作为一个示例,系统200也可将激光束218(例如,激光束218的中心线234)定位(例如,旋转)成相对于X-Z平面(例如,与流体流动表面106正交)的各种非零的第三(例如,入射)角 A_3 (图9-11)。

[0068] 激光束218将凸肋116的凹槽122形成或加工(例如,激光加工或激光雕刻)到工件220的表面214中,以制备流体流动表面106。加工的凹槽122从而形成或限定凸肋116的脊部120。作为一个示例,通过激光束218的单次通过或运行,可完全地形成凸肋116(例如,一对相邻的脊部120和凹槽122)。作为一个示例,通过单次通过或运行可仅部分地形成凸肋116,因此可能需要激光束218的多次通过或运行以完全地形成凸肋116。完全地形成凸肋116所需要的激光束218的运行的数量可取决于各种因素,包括但不限于凸肋116的(例如,脊部120和凹槽122的)几何形状和/或横截面形状、激光束218的光点212的光点尺寸 S (例如,横截面尺寸或直径)(图9)、激光器202的类型、激光器202的频率、激光器202的强度、工件220暴露于激光束218的持续时间等。

[0069] 参考图9,并且参考图7,作为一个示例,激光束218可被定位以入射到与流体流动表面106近似正交的工件220的表面214(例如,使得第三角 A_3 大约是0度),以便至少部分地加工在Y-Z平面中具有近似矩形或正方形的横截面形状的凹槽122,并且在Y-Z平面中形成具有近似平坦形状的脊部120的侧面124,诸如图7中图示说明的示例凸肋116。通过中心到中心距离 D 可指示凹槽122的宽度(图7)。作为一个示例,增加光点尺寸 S 可增加凹槽122的宽度,例如,以根据需要完成凹槽122的加工。作为一个示例,在Y方向上移动或重新定位激光束218可增加凹槽122的宽度,例如,以根据需要完成凹槽122的加工。在X方向上移动激光束218完成凸肋116的长度。

[0070] 参考图10,并且参考图5,作为一个示例,激光束218可被定位成以第三角 A_3 入射到工件220的表面214,以便部分地加工在Y-Z平面中具有近似倒三角形的横截面形状的凹槽122,并且在Y-Z平面中形成具有近似平坦形状并且以第二角 A_2 倾斜的脊部120的一个侧面124,诸如图5中图示说明的示例凸肋116。通过第二角 A_2 指示第三角 A_3 ,例如,第三角 A_3 近似等于第二角 A_2 。作为一个示例,增加光点尺寸 S 可完成凹槽122的加工,并且形成相邻的脊部120的面对的侧面124。作为一个示例,在Y方向和Z方向上移动或重新定位激光束218可完成凹槽122的加工,并且形成相邻的脊部120的面对的侧面124。作为一个示例,如图10所示,在Y方向上的适当位置处且以互补的第三角 A_3 重新定位的激光束218'的至少一个附加运行可完成凹槽122的加工,并且形成相邻的脊部120的面对的侧面124。作为一个示例(没有明确地图示说明),两个激光束218(例如,激光束218和218')可同时且完全地加工凹槽122,并且形成相邻的脊部120的两个面对的侧面124。

[0071] 参考图11,并且参考图4,作为一个示例,激光束218可被定位成以第三角 A_3 入射到工件220的表面214,以便部分地加工在Y-Z平面中具有近似倒梯形的横截面形状的凹槽

122,并且在Y-Z平面中形成具有近似平坦形状并且以第二角A2倾斜的脊部120的一个侧面124,诸如图4中图示说明的示例凸肋116。通过第二角A2指示第三角A3,例如,第三角A3近似等于第二角A2。作为一个示例,增加光点尺寸S可完成凹槽122的加工,并且形成相邻的脊部120的面对的侧面124。作为一个示例,在Y方向和Z方向上移动或重新定位激光束218可完成凹槽122的加工,并且形成相邻的脊部120的面对的侧面124。作为一个示例(没有明确地图示说明),在Y方向上的适当位置处且以互补的第三角A3重新定位的激光束218的至少一个附加运行可完成凹槽122的加工,并且形成相邻的脊部120的面对的侧面124。作为一个示例,并且如图11所示,两个激光束218(例如,激光束218和激光束218'')可同时且完全地加工凹槽122,并且形成相邻的脊部120的两个面对的侧面124。

[0072] 在其它示例中,激光束218或两个或更多个激光束218可被适当地定位入射到工件220的表面214,以便部分地或完全地加工在Y-Z平面中具有其它横截面形状(例如,U形、半圆形、半卵形等)的凹槽122,并且在Y-Z平面中形成具有近似弯曲形状的相邻的脊部120的一个或两个面对的侧面124,诸如图6中图示说明的示例凸肋116。

[0073] 因此,在一个示例实施方式中,并且如图9所示,单个激光束218可以适当的第三(例如,入射)角A3(未在图9中图示说明)且在Y方向上的适当方位处被重新定位,从而完全地加工具有预选的几何形状的凹槽122,并且形成具有预选的几何形状的侧面中面对的侧面124(例如,第一面对的侧面124a和第二面对的侧面124b)。激光束218可在X方向上移动跨过表面214,从而延伸凹槽122并且纵向地形成凸肋116。激光束218可在Y方向上移动跨过表面214,从而加工附加的近似平行的凹槽122,并且形成附加的近似平行的凸肋116。

[0074] 在另一示例实施方式中,并且如图10所图示说明的,单个激光束218可以适当的第三角A3且在Y方向的适当方位处被定位,从而部分地加工具有预选的几何形状的凹槽122,并且形成具有预选的几何形状的侧面中面对的侧面124中的一个(例如,第一面对的侧面124a)。激光束218随后可以适当的第三角A3且在Y方向的适当方位处被重新定位(在图10中标识为重新定位的激光束218'),从而完全地加工凹槽122,并且形成侧面中面对的侧面124中的另一个(例如,第二面对的侧面124b)。激光束218可在X方向上移动跨过表面214,从而延伸凹槽122,并且纵向地形成凸肋116。激光束218可在Y方向上移动跨过表面214,从而加工附加的近似平行的凹槽122,并且形成附加的近似平行的凸肋116。

[0075] 在又一示例实施方式中,并且如图11所图示说明的,多个(例如,两个)激光束218(例如,第一激光束218和第二激光束218'')可以适当的第三角A3且在Y方向上的适当方位处被同时定位,从而完全地加工具有预选的几何形状的凹槽122,并且形成具有预选的几何形状的侧面中面对的侧面124(例如,第一面对的侧面124a和第二面对的侧面124b)。激光束218和218''可在X方向上移动跨过表面214,从而延伸凹槽122,并且纵向地形成凸肋116。激光束218和218''可在Y方向上移动跨过表面214,从而加工附加的近似平行的凹槽122,并且形成附加的近似平行的凸肋116。

[0076] 参考图8,并且参考图9-图11,作为一个示例,系统200可包括扫描器228。当沿着光路222行进时,激光束218可进入并且穿过扫描器228。扫描器228可以是适于提供激光束218的受控偏转、方向和/或操纵的任何设备。扫描器228可在X方向和/或Y方向上平移激光束218,以形成凸肋116。扫描器228也可将激光束218定位(例如,引导)成相对于X-Y平面的预定的第三角A3(图9-11),以形成凸肋116。在其中系统200包括产生多个激光束218的多个激

激光器202(例如,激光器216的阵列)或者其中来自单个激光器202的激光束218被分成多个激光束218(例如,子光束)的示例中,通过一个或多个相关联的扫描器228可引导和/或操纵多个激光束218中的所有激光束。

[0077] 作为一个示例,系统200可包括平移台226。平移台226可操作地耦接到激光器202以移动激光器202,并且因此在X方向、Y方向和/或Z方向上相对于工件220移动激光束218和/或定位激光器202以第三角A3引导激光束218。类似地,平移台226可操作地耦接到多个激光器202(例如,激光器216的阵列)中的每一个,以移动多个激光器202,并且因此在X方向、Y方向和/或Z方向上相对于工件220移动多个激光束218和/或定位多个激光器202以适当的第三角A3引导多个激光束218。替代地或附加地,平移台226可操作地耦接到工件220,从而在X方向、Y方向和/或Z方向上相对于激光束218移动工件220和/或以第三角A3相对于激光束218定位工件220。

[0078] 参考图8,作为一个示例,系统200也可包括用于驱动和控制激光器202的计算机208。控制器206可提供驱动激光器202的计算机208之间的控制和反馈。本领域技术人员应当理解,电子反馈回路可允许激光器202的自动操作。计算机208也可借助控制器206控制平移台226的移动。计算机208也可借助控制器206控制扫描器228以引导和/或操纵激光束218。计算机208还根据需要借助控制器206通过打开和关闭计算机208来控制激光器202。

[0079] 参考图4-图7,作为一个示例,工件220可包括多层材料。作为一个示例,工件220可包括至少一个结构层230和至少一个表面涂层232。作为一个具体的非限制性示例,诸如当工件220是飞行器102(图1)的外表面的一部分时,结构层230可以是碳纤维增强聚合物(“CFRP”),并且表面涂层232可以是施加到结构层230的表面的保护涂层、油漆涂层、顶涂层等。虽然工件220在图4-7中被图示说明具有仅一个结构层230和一个表面涂层232,但是工件220也可包括附加结构层230和/或设置在结构层230和表面涂层232之间附加中间层(没有明确地图示说明)。

[0080] 在一个示例实施方式中,凸肋116可以是仅在表面涂层232中微加工的激光器。作为一个示例,表面涂层232可具有厚度T。通过从表面涂层232的厚度T的一部分移除(例如,蒸发、压裂和/或剥落)目标材料,激光器202可用来微加工(例如,形成)表面涂层232中的凹槽122,以形成脊部120。在一个示例中,工件220可包括多个表面涂层232(没有明确地图示说明)。在一个示例实施方式中,凸肋116可在多个表面涂层232中最外面的一个涂层中加工。

[0081] 因此,系统200可用来以非常高的处理速度在工件220的表面214中(例如表面涂层232中)形成非常精细的微观结构(例如,凸肋116)。例如,系统200可利用一个或多个激光器202,从而通过在工件220的表面中激光加工或激光雕刻凸肋116来制备流体流动表面106,以便减小流体流动表面106上的阻力,例如,当交通工具100以高速行驶时。多个激光器202(例如,激光器216的阵列)的使用可允许非常快速地制备非常大的表面地区。例如,激光器216的阵列可在整个飞行器102的外表面的适当部分上形成凸肋116。

[0082] 参考图12,并且参考图8和图9,公开了方法300的一个示例。方法300是用于利用系统200来制备流体流动表面106的所公开的方法的一个示例实施方式。在不偏离本公开的范围的情况下,可对方法300作出修改、添加或省略。方法300可包括更多、更少或其它的步骤。另外,可以任何合适的次序执行步骤。

[0083] 如在方框302处所示,方法300可包括产生激光束218的步骤。如在方框304所示,激光束218被定位,从而在工件220的表面214中完全地加工凹槽122,并且形成脊部120的侧面中面对的侧面124中的两个。如在方框306所示,激光束218被移动跨过表面214。如在方框308所示,通过借助激光束218从表面214移除材料,凸肋116在表面214中被加工。

[0084] 参考图13,并且参考图8和图10,公开了方法400的一个示例。方法400是用于利用系统200来制备流体流动表面106的所公开的方法的一个示例实施方式。在不偏离本公开的范围的情况下,可对方法400作出修改、添加或省略。方法400可包括更多、更少或其它的步骤。另外,可以任何合适的次序执行步骤。

[0085] 如在方框402处所示,方法400可包括产生激光束218的步骤。如在方框404所示,激光束218被定位,从而在工件220的表面214中部分地加工凹槽122,并且形成脊部120的侧面中面对的侧面124中的一个。如在方框406所示,激光束218随后被重新定位,从而在工件220的表面214中完全地加工凹槽122,并且形成脊部120的侧面中面对的侧面124中的另一个。如在方框408所示,激光束218被移动跨过表面214。如在方框410所示,通过借助激光束218从表面214移除材料,凸肋116在表面214中被加工。

[0086] 参考图13,并且参考图8和图11,公开了方法500的一个示例。方法500是用于利用系统200来制备流体流动表面106的所公开的方法的一个示例实施方式。在不偏离本公开的范围的情况下,可对方法500作出修改、添加或省略。方法500可包括更多、更少或其它的步骤。另外,可以任何合适的次序执行步骤。

[0087] 如在方框502处所示,方法500可包括产生两个激光束218的步骤。如在方框504所示,激光束218被定位,从而在工件220的表面214中完全地加工凹槽122,并且形成脊部120的侧面中面对的侧面124中的两个。如在方框506所示,激光束218被移动跨过表面214。如在方框508所示,通过借助激光束218从表面214移除材料,凸肋116在表面214中被加工。

[0088] 参考图14,并且参考图8-图11,公开了方法600的一个示例。方法600是用于利用系统200来制备流体流动表面106的所公开的方法的一个示例实施方式。在不偏离本公开的范围的情况下,可对方法600作出修改、添加或省略。方法600可包括更多、更少或其它的步骤。另外,可以任何合适的次序执行步骤。

[0089] 如在方框602所示,方法600可包括产生多个激光束218的步骤,例如,通过激光器216的阵列或者通过将一个激光束分成多个子光束。如在方框604所示,激光束218被定位,从而在工件220的表面214中加工凹槽122,并且形成脊部120的侧面中面对的侧面124中的两个。作为一个示例,多个激光束218中的每一个可完全地加工凹槽122,例如,如方法300中并且参考图12所述。作为一个示例,多个激光束218中的每一个可部分地加工凹槽122,然后随后完全地加工凹槽122,例如,如方法400中并且参考图13所述。作为一个示例,多个激光束218中的几对激光束可完全地加工凹槽122,例如,如方法500中并且参考图13所述。如在方框606所示,激光束218被移动跨过表面214。如在方框608所示,通过借助激光束218从表面214移除材料,多个凸肋116在表面214中被加工。

[0090] 在所公开的方法的一个示例实施方式中,在流体流动表面106的制备和凸肋116的形成期间,当激光器202(或激光器216的阵列)被移动跨过工件220的表面214时,激光器202(例如,激光器202的头部)和表面214(没有明确地图示说明)之间的距离被保持为不变的距离,从而确保表面214上的激光束218的焦点保持一致。可需要确保激光束218的一致和不变

的光点212,用于处理凸肋116的弯曲的轮廓表面。

[0091] 在所公开的方法的一个示例实施方式中,该方法也可包括在凸肋116的形成之后后处理流体流动表面106的步骤。作为示例,后处理步骤可包括抛光、抽真空、清洗中的一个或多个,或者以其它方式从流体流动表面106移除碎片。

[0092] 可在如图16中所示的飞行器制造和服务方法1100以及如图17中所示的飞行器1200的背景下描述本文所公开的在流体流动表面106上形成的凸肋116、用于借助凸肋116制备流体流动表面106的系统200以及用于借助凸肋116制备流体流动表面106的方法300的示例。飞行器1200可以是图1中图示说明的交通工具100的一个示例(例如,飞行器102)。

[0093] 在预生产期间,说明性方法1100可包括如在方框1102处所示的飞行器1200的规格和设计以及如在方框1104处所示的材料采购,所述规格和设计可包括凸肋116的设计(例如,几何形状和/或放置的优化)。在生产期间,如在方框1106处所示的部件和子组件制造以及如在方框1108处所示的飞行器1200的系统集成可发生。如本文所描述的流体流动表面106上的凸肋116和关于凸肋116的形成过程可实现为生产、部件和子组件制造步骤的一部分(方框1106)和/或系统集成(方框1108)的一部分。随后,飞行器1200可经历如方框1110所示的认证和交付,从而如在方框1112所示投入使用。当在使用时,飞行器1200可按计划进行日常维护和服务,如在方框1114处所示。日常维护和服务可包括飞行器1200的一个或多个系统的修改、重新配置、翻新等。凸肋116也可形成日常维护和服务(方框1114)的一部分。

[0094] 通过系统集成商、第三方和/或操作者(例如,客户)可执行或实施说明性方法1100的过程中的每一个。为了本说明书的目的,系统集成商可包括但不限于任何数量的飞行器制造商和主系统分包商;第三方可包括但不限于任何数量的销售商、分包商和供应商;并且操作者可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务组织等。

[0095] 如图17所示,通过说明性方法1100生产的飞行器1200可包括如关于图1和图2所描述的具有流体流动表面106的飞行器机体1202,以及多个高级别系统1204和内部1206。高级别系统1204的示例包括推进系统1208、电气系统1210、液压系统1212和环境系统1214中的一个或多个。可包括任何数量的其它系统。虽然示出航空航天示例,但是本文公开的原理可应用到其它行业,诸如汽车产业、海洋产业等。

[0096] 在制造和服务方法1100的阶段中的任何一个或多个期间,可采用本文示出和描述的系统、装置和方法。例如,对应于部件和子组件制造(方框1106)的部件或子组件可以类似于当飞行器1200投入使用时(方框1112)生产部件或子组件的方式进行制作或制造。另外,在生产阶段期间(方框1108和1110),通过在流体流动表面106上形成凸肋116以减小阻力,可利用系统、装置和方法或它们的组合一个或多个示例,例如,以大大地加速飞行器1200的装配或减小飞行器1200的成本。类似地,例如但不是限制的,当飞行器1200投入使用时(方框1112)以及在维护和服务阶段期间(方框1114),可利用系统、装置和方法或它们的组合的一个或多个示例。

[0097] 此外,本公开包括根据下列条款的实施例:

[0098] 条款1.一种用于制备流体流动表面的方法,所述方法包括:

[0099] 产生激光束;

[0100] 移动所述激光束跨过工件的表面;以及

[0101] 通过从所述表面移除材料,加工所述表面中的凸肋。

- [0102] 条款2.根据条款1所述的方法,其中所述凸肋包括:
- [0103] 一对脊部,其中所述一对脊部近似平行,并且所述一对脊部中的每一个包括相对的侧面;以及
- [0104] 凹槽,其在所述侧面中面对的侧面之间形成,并且分离所述脊部。
- [0105] 条款3.根据条款2所述的方法,还包括:
- [0106] 定位所述激光束,从而部分地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的一个。
- [0107] 条款4.根据条款3所述的方法,还包括:
- [0108] 随后重新定位所述激光束,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的另一个。
- [0109] 条款5.根据条款2所述的方法,还包括:
- [0110] 定位所述激光束,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个。
- [0111] 条款6.根据条款2所述的方法,还包括:
- [0112] 产生两个激光束;
- [0113] 同时定位所述激光束,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个;以及
- [0114] 移动所述激光束跨过所述工件的所述表面。
- [0115] 条款7.根据条款2所述的方法,还包括:
- [0116] 产生多个激光束;
- [0117] 移动所述激光束跨过所述表面;以及
- [0118] 加工所述平面中的多个近似平行的凸肋。
- [0119] 条款8.根据条款2所述的方法,其中所述激光器加工具有近似倒梯形的横截面形状的所述凹槽,从而形成具有近似三角形的横截面形状的所述脊部中的每一个。
- [0120] 条款9.根据条款2所述的方法,其中所述激光器加工具有近似倒三角形的横截面形状的所述凹槽,从而形成具有近似三角形的横截面形状的所述脊部中的每一个。
- [0121] 条款10.根据条款2所述的方法,其中所述激光器加工具有近似U形的横截面形状的所述凹槽,从而形成具有近似三角形的横截面形状的所述脊部中的每一个,其中所述侧面具有弯曲形状。
- [0122] 条款11.根据条款2所述的方法,其中所述激光器加工具有近似矩形的横截面形状的所述凹槽,从而形成具有近似矩形的横截面形状的所述脊部中的每一个。
- [0123] 条款12.根据条款1所述的方法,其中所述工件包括:
- [0124] 结构层;以及
- [0125] 表面涂层,其被施加到所述结构层,
- [0126] 其中所述凸肋在所述表面涂层中被加工。
- [0127] 条款13.根据条款1所述的方法,其中:
- [0128] 所述工件是交通工具的一部分,
- [0129] 所述表面是所述交通工具的外表面,所述流体在所述外表面上方流动,并且
- [0130] 所述交通工具是空中交通工具、陆上交通工具和海上交通工具中的一个。

- [0131] 条款14.一种用于制备流体流动表面的系统,所述系统包括:
- [0132] 激光器,其产生激光束,其中:
- [0133] 所述激光束可移动跨过工件的表面,从而加工所述表面中的凸肋,以及
- [0134] 所述凸肋被配置成减小在所述表面上方流动的流体的阻力,并且
- [0135] 所述凸肋包括:
- [0136] 一对脊部,其中所述一对脊部彼此近似平行,并且所述一对脊部中的每一个包括相对的侧面;以及
- [0137] 凹槽,其在所述侧面中面对的侧面之间形成,并且分离所述脊部。
- [0138] 条款15.根据条款14所述的系统,其中所述激光束被定位以部分地加工所述表面中的所述凹槽,以及形成所述侧面中所述面对的侧面中的一个,并且随后被重新定位以完全地加工所述表面中的所述凹槽,以及形成所述侧面中所述面对的侧面中的另一个。
- [0139] 条款16.根据条款14所述的系统,其中所述激光束被定位,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个。
- [0140] 条款17.根据条款14所述的系统,其中:
- [0141] 所述激光器产生两个激光束,
- [0142] 所述激光束被同时定位,从而完全地加工所述表面中的所述凹槽,并且形成所述侧面中所述面对的侧面中的两个;并且
- [0143] 所述激光束可移动跨过所述表面,从而加工所述表面中的所述凸肋。
- [0144] 条款18.根据条款14所述的系统,其还包括:
- [0145] 激光器的阵列,其产生多个激光束,其中所述多个激光束可移动跨过所述表面,从而加工所述表面中的多个近似平行的凸肋。
- [0146] 条款19.一种具有提高的流体流动性能的装置,所述装置包括:
- [0147] 结构层;
- [0148] 施加到所述结构层的至少一个表面涂层,所述表面涂层限定所述装置的流体流动表面;以及
- [0149] 在所述表面涂层中形成的多个近似平行的凸肋,其中所述凸肋中的每一个包括:
- [0150] 一对近似平行的脊部;以及
- [0151] 分离所述脊部的凹槽。
- [0152] 条款20.根据条款19所述的装置,其中:
- [0153] 所述凹槽具有近似倒梯形的横截面形状、近似倒三角形的横截面形状、近似U形的横截面形状或近似矩形的横截面形状中的一个,并且
- [0154] 所述脊部中的每一个具有近似三角形的横截面形状或近似矩形的横截面形状中的一个。
- [0155] 虽然已经示出和描述所公开的系统、装置和方法的实施例和实施方式的各种示例,但是本领域技术人员在阅读本说明书后可做出修改。本申请包括仅由权利要求的范围限定的修改。

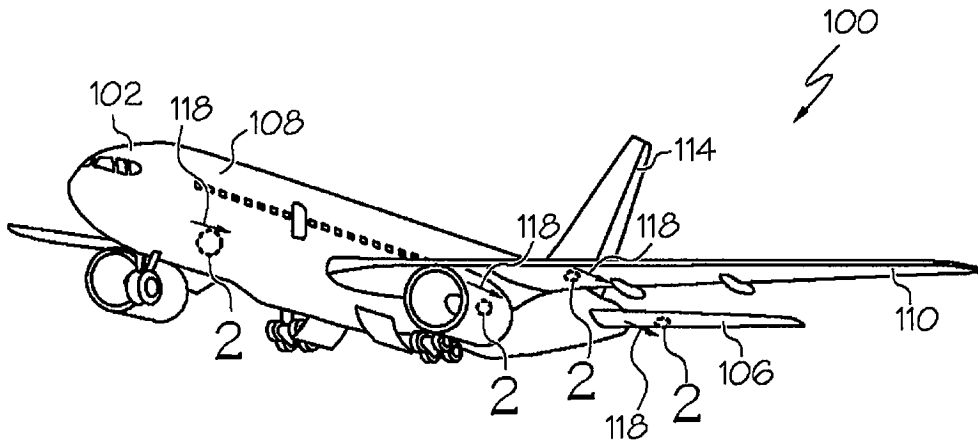


图1

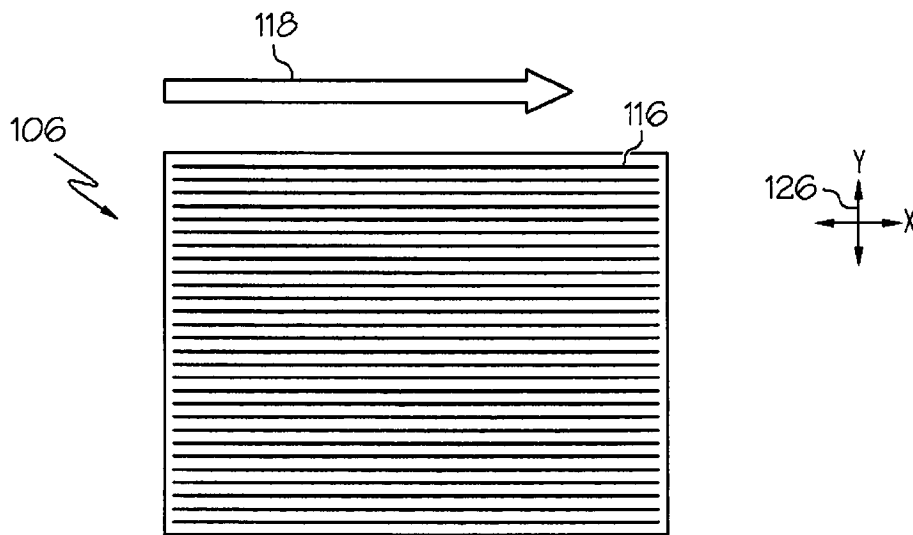


图2

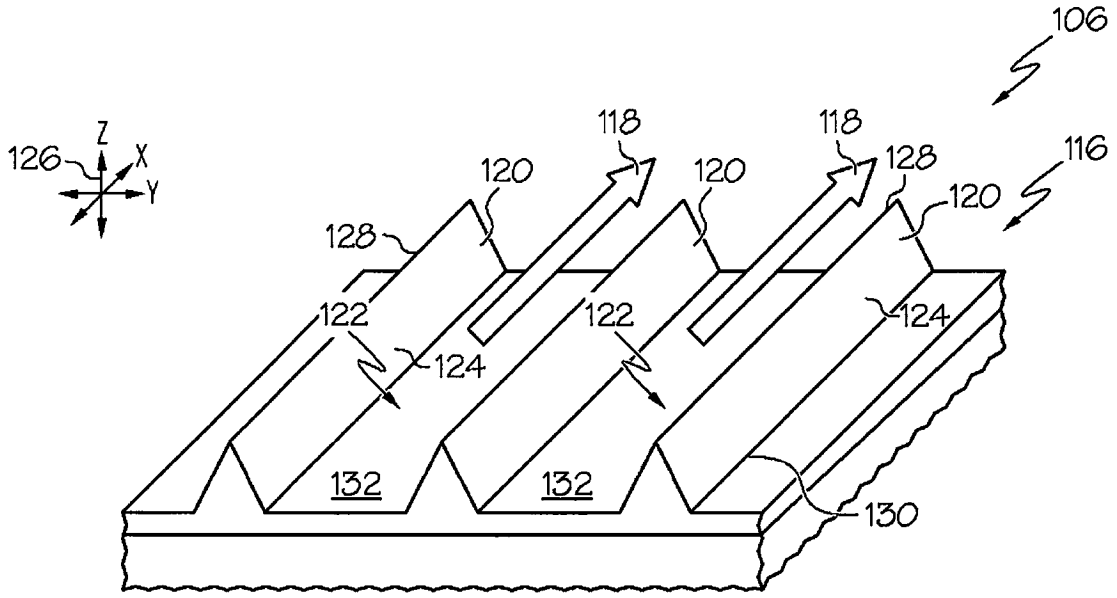


图3

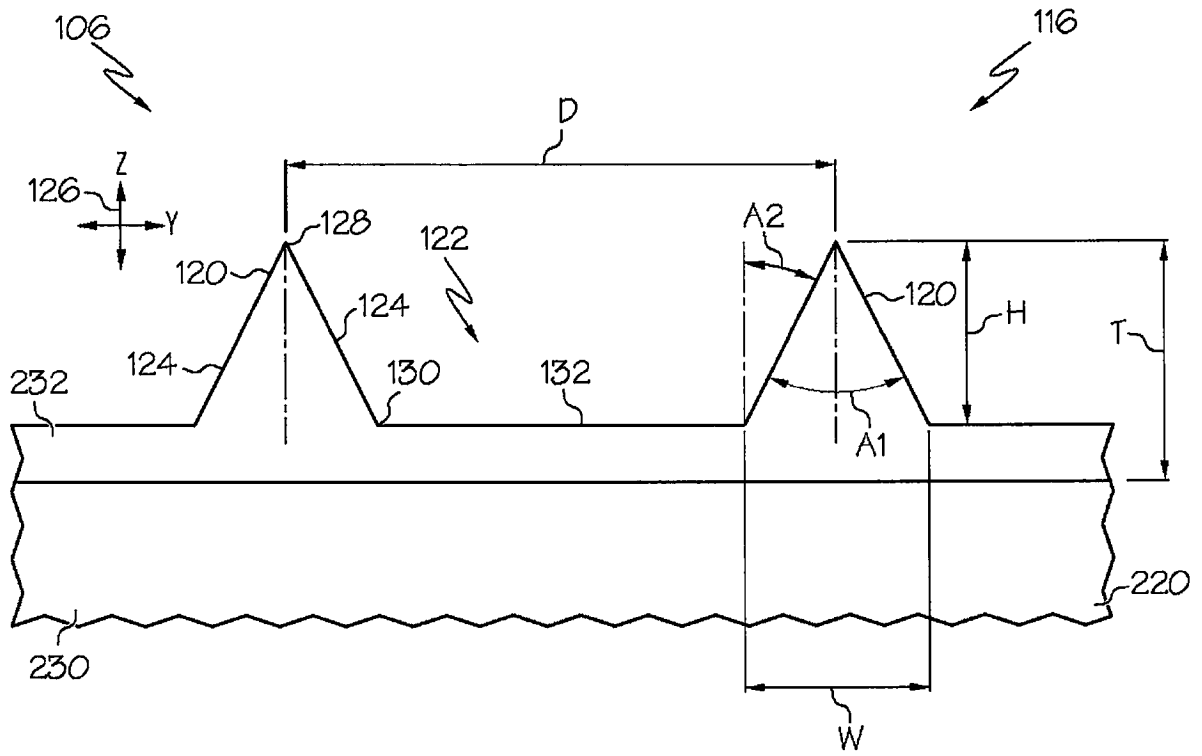


图4

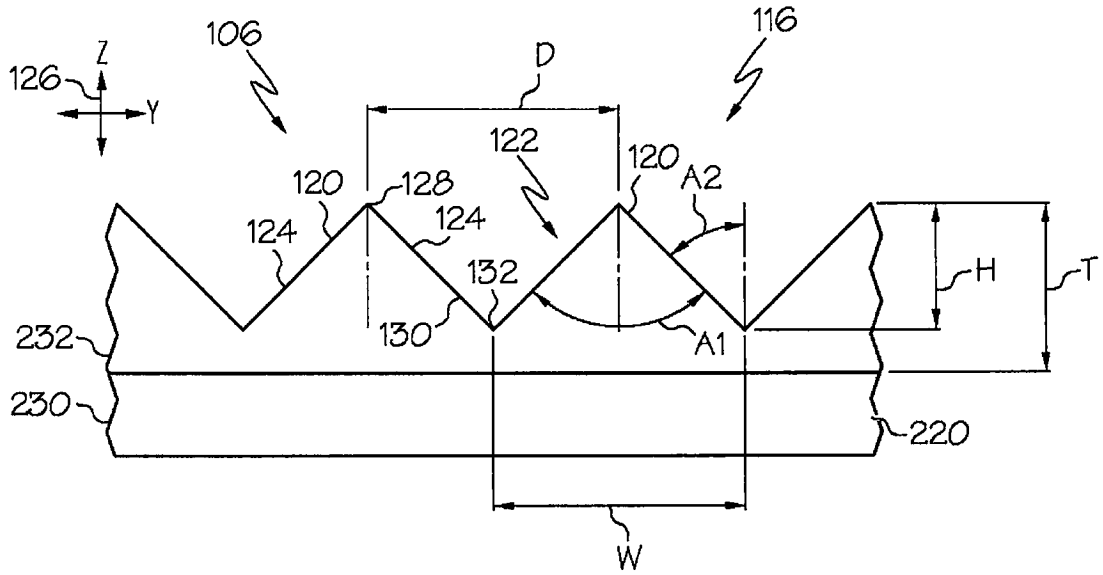


图5

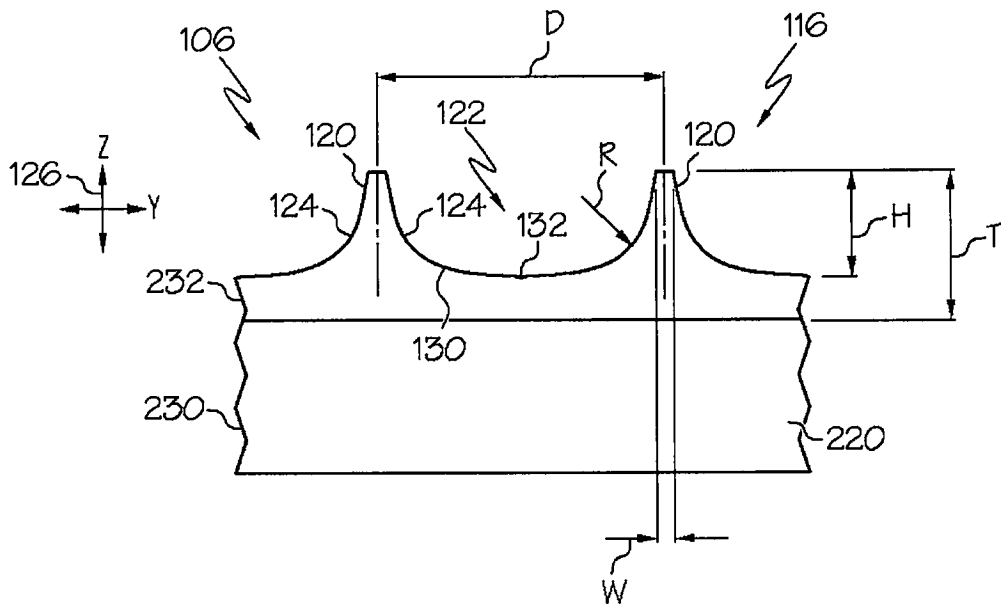


图6

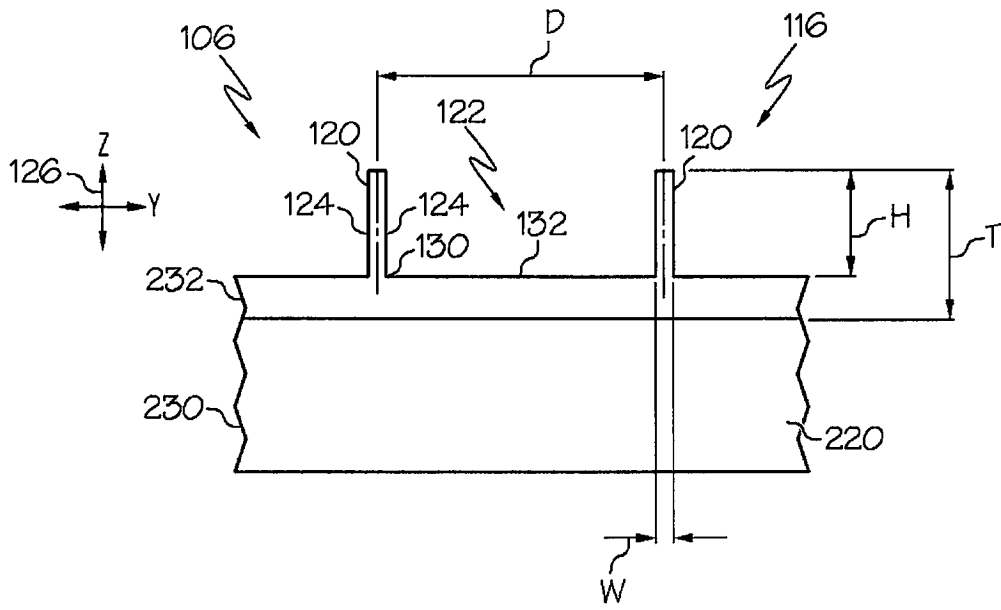


图7

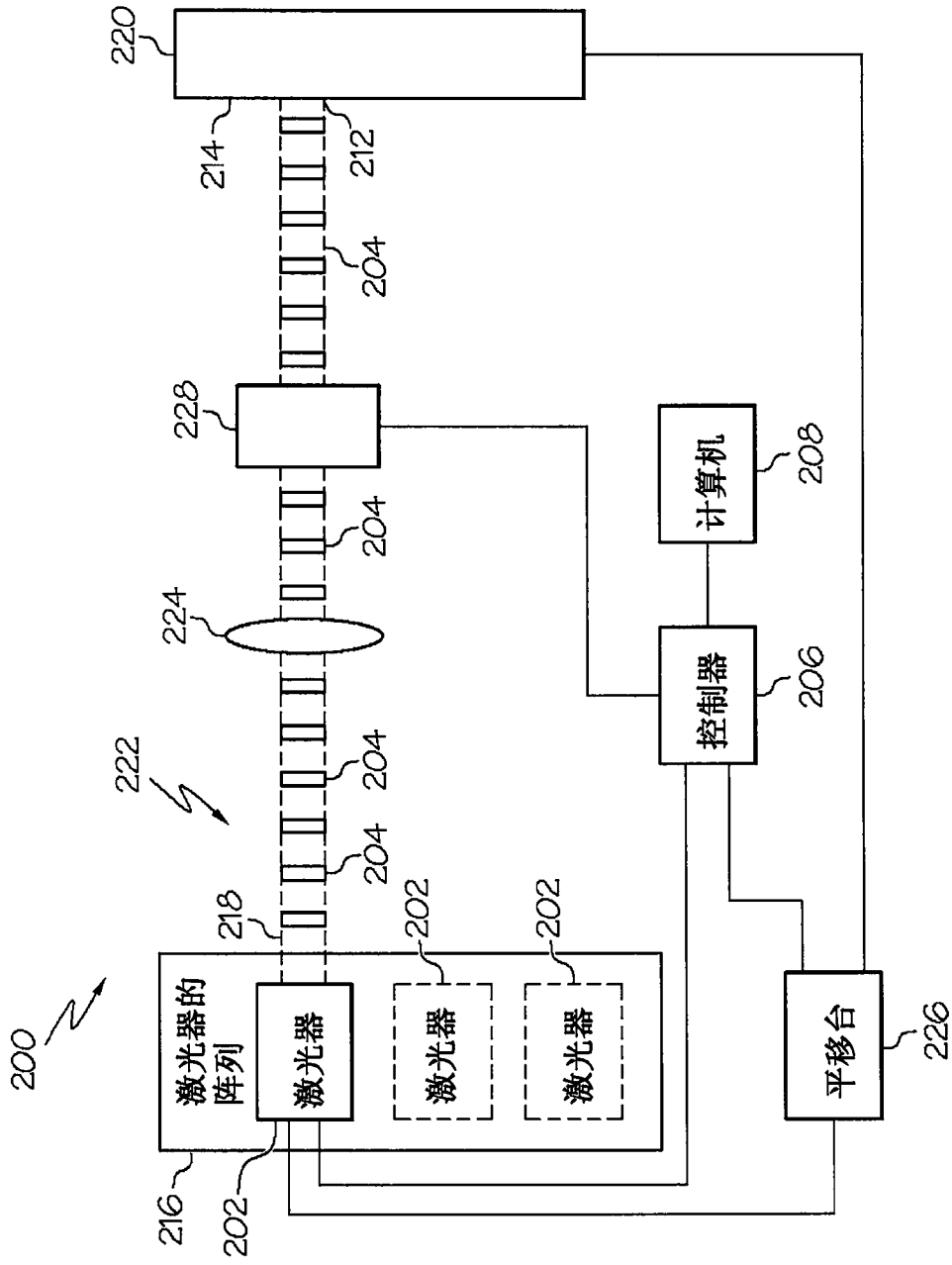


图8

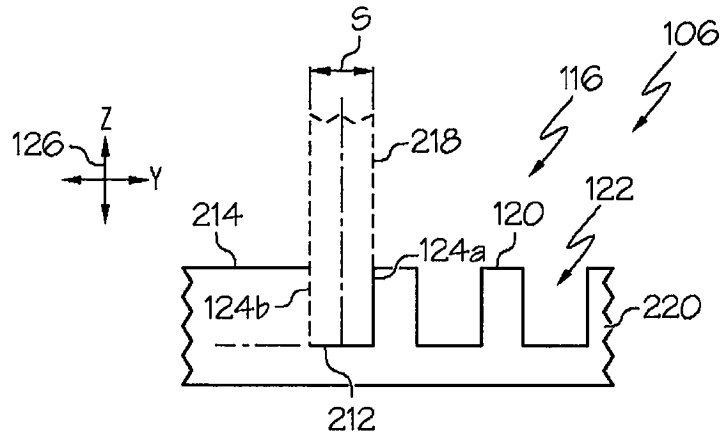


图9

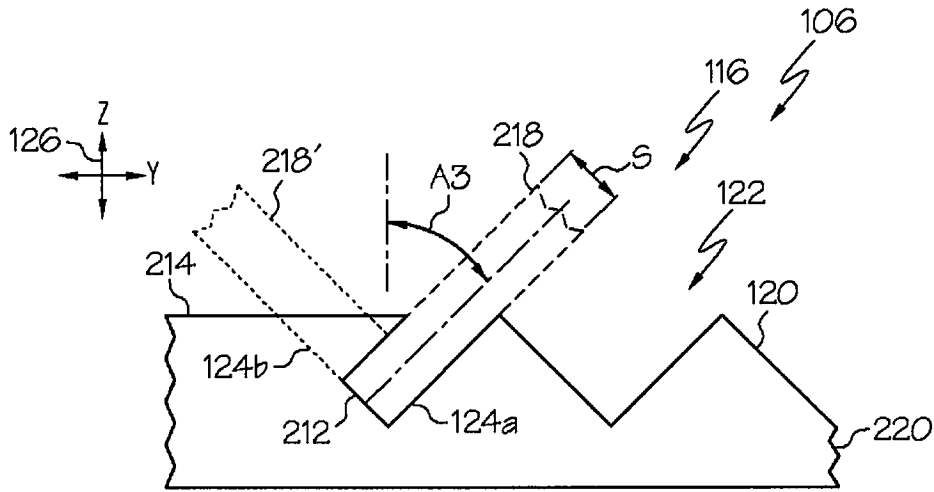


图10

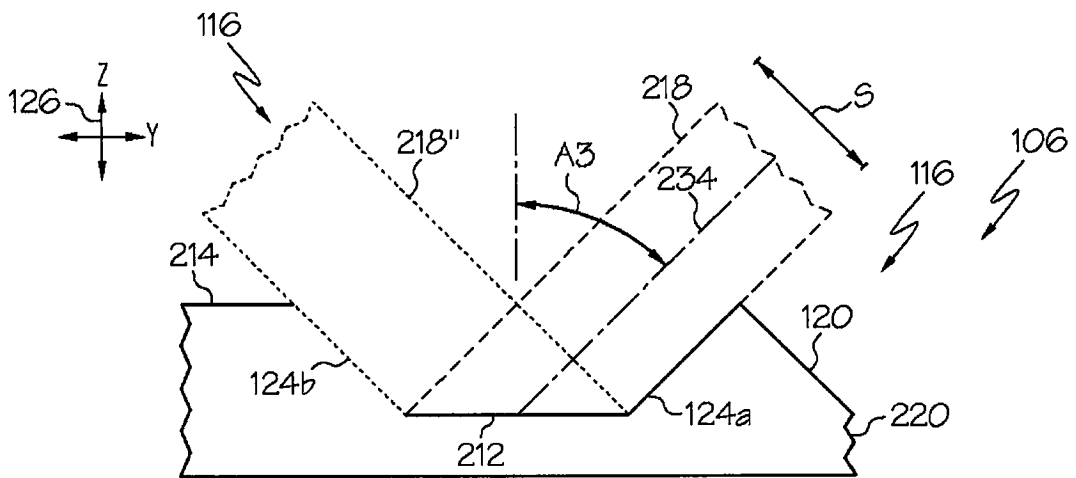


图11

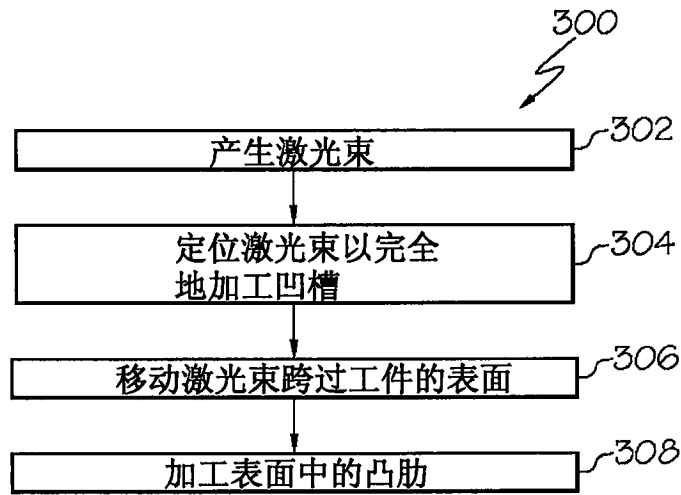


图12

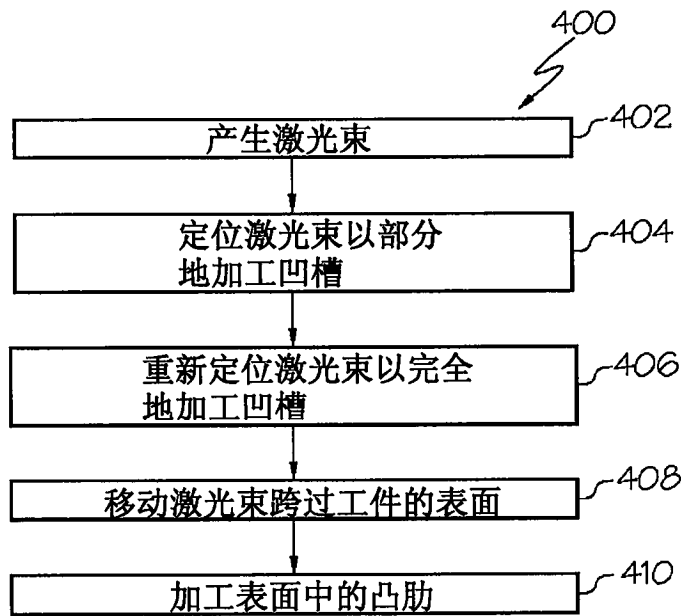


图13

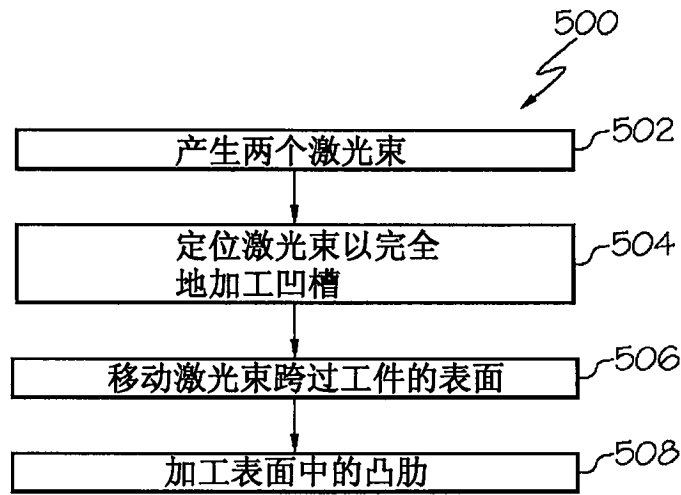


图14

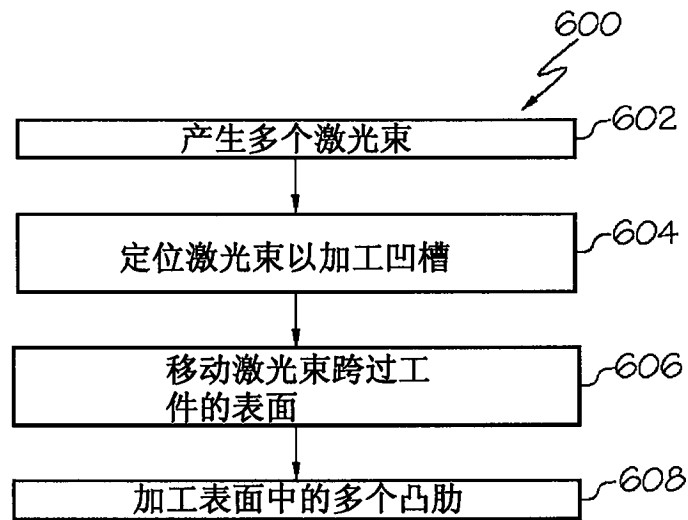


图15

1100 ↘

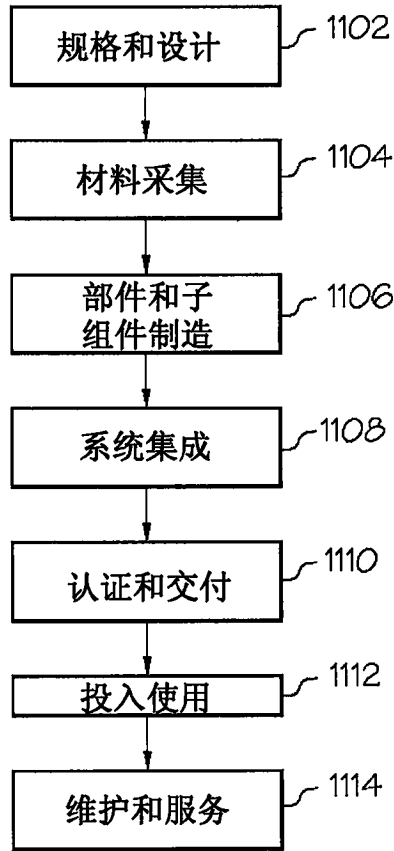


图16

1200 ↘

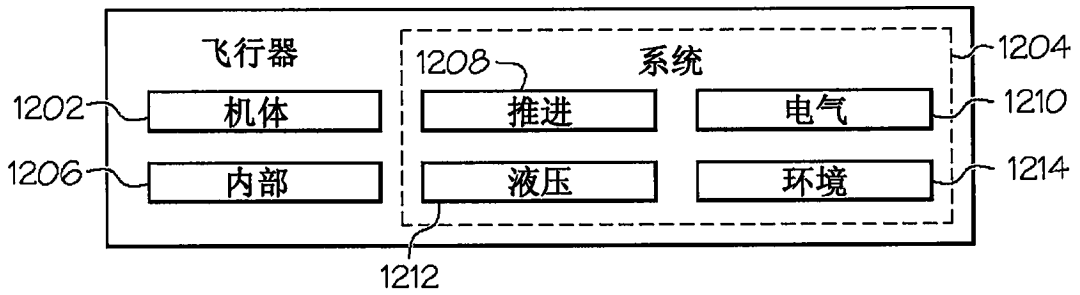


图17