



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103507274 A

(43) 申请公布日 2014. 01. 15

(21) 申请号 201310236257. 2

(22) 申请日 2013. 06. 14

(30) 优先权数据

13/523, 108 2012. 06. 14 US

(71) 申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 M·S·维纶斯基 M·P·库扎

(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 赵蓉民 张全信

(51) Int. Cl.

B29C 70/10 (2006. 01)

权利要求书1页 说明书10页 附图12页

(54) 发明名称

用于光学透明复合材料中的含纳米丝束的双组分纤维

(57) 摘要

本发明的名称是用于光学透明复合材料中的含纳米丝束的双组分纤维。用于复合制品的大纤维可包括多个内纤维。每一个内纤维可具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸。内纤维可被基体材料围绕。

1. 用于复合制品的大纤维,包括:
多个内纤维 (300),每个具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸;并且所述内纤维 (300) 被基体材料 (236) 围绕。
2. 权利要求 1 所述的大纤维,其中:
所述大纤维具有包括上表面 (202) 和下表面 (204) 的至少一个的横截面形状;并且所述上表面和下表面的至少一个是大体上平坦的。
3. 权利要求 1 和 2 所述的大纤维,其中:
所述横截面形状包括片 (242),其具有至少为约 10 的大纤维宽度与大纤维厚度的纵横比。
4. 权利要求 1-3 任一项所述的大纤维,其中:
所述基体材料 (236) 具有光学性质;并且
所述基体材料 (236) 的所述光学性质基本上等同于至少一个所述内纤维 (300) 的光学性质。
5. 权利要求 4 所述的大纤维,其中:
所述光学性质包括折射率。
6. 权利要求 1-5 任一项所述的大纤维,其中:
所述内纤维 (300) 由包括下述至少一种的材料形成:热塑性材料、热固性材料、无机材料和玻璃材料。
7. 权利要求 6 所述的大纤维,其中:
所述内纤维 (300) 由热塑性材料形成并且被拉伸。
8. 权利要求 1-7 任一项所述的大纤维,其中:
所述基体材料 (236) 包括热塑性材料和热固性材料的至少一种。
9. 权利要求 1-8 任一项所述的大纤维,其中:
所述内纤维 (300) 和所述基体材料 (236) 由基本上光学透明的材料构成。
10. 权利要求 1-9 任一项所述的大纤维,其中:
所述大纤维具有在约 3 微米至 5000 微米范围内的最大大纤维厚度。
11. 制造大纤维的方法,包括下述步骤:
形成多个内纤维 (300),每个具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸;
用基体材料 (236) 围绕所述内纤维 (300),以形成大纤维;和
以预定横截面形状形成所述大纤维。
12. 权利要求 11 所述的方法,其中所述以预定横截面形状形成大纤维的步骤包括:
形成具有上表面 (202) 和下表面 (204) 的至少一个的所述预定横截面形状;并且
所述上表面 (202) 和所述下表面 (204) 的至少一个是大体上平坦的。
13. 权利要求 11 和 12 所述的方法,其进一步包括下述步骤:
由光学性质基本上等同于至少一个所述内纤维 (300) 的光学性质的基体材料 (236) 形成大纤维。
14. 权利要求 11-13 任一项所述的方法,其进一步包括下述步骤:
拉伸所述内纤维 (300)。

用于光学透明复合材料中的含纳米丝束的双组分纤维

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 该申请涉及题目为选择性弱化拉伸膜并且于 2012 年 7 月 14 日提交的共同提交的申请系列号 13/523, 141, 以及题目为同时施加基体的情况下形成有形纤维的共同提交的申请系列号 13/523, 087。

技术领域

[0003] 本公开一般涉及复合材料, 并且更具体地涉及纤维增强的具有改善的弹道和光学性能的复合制品。

背景技术

[0004] 由于其卓越的光学性质, 在各种应用中玻璃广泛地用作透明物。例如, 玻璃通常用作建筑物的窗用玻璃材料或结构材料。玻璃也通常在交通工具应用中用作透明物。遗憾地, 玻璃是相对致密的材料并且也相对易碎, 从而需要相对大的厚度以提供足够的强度, 用于当玻璃被物体比如射弹冲击时抵抗粉碎。

[0005] 试图避免与玻璃相关的重量不利性 (penalty), 透明物可由聚合材料制造。例如, 透明物可由光学透明的整体聚合物比如丙烯酸类树脂 (acrylic) 形成, 其没有玻璃致密并且其具有合适的光学性质。遗憾地, 丙烯酸类树脂是相对低强度的材料, 使得其通常不适合许多需要高耐冲击性的应用。

[0006] 考虑与玻璃相关的重量不利性和与整体聚合物相关的强度限制, 制造商也已使用常规纤维比如嵌入基体的丝带形纤维制造复合材料透明物。遗憾地, 常规纤维在基体中通常彼此间隔开, 导致部分入射光穿过纤维之间的缝隙。当基体和纤维的折射率不匹配时, 由于取决于光线穿过纤维的主要部分还是光线穿过纤维的侧表面而光线的光程长度不同和光线的最后角度不同, 对透明物的光学有不利影响。光程长度和最后角度不同的结果是通过透明物看到的物体可能看上去是模糊的。

[0007] 可见, 对于高强度透明的复合制品——其具有提供改善的光性能和减小的光学畸变的纤维构造, 在本领域存在需要。

发明内容

[0008] 本公开具体解决和缓解了与复合制品相关的上述需要, 在一种实施方式中, 本公开提供了用于复合制品的大纤维。大纤维包括多个纳米丝束或内纤维, 其每个可具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸。内纤维可被基体材料围绕。

[0009] 在进一步的实施方式中, 公开了复合制品, 其可包括多个大纤维。大纤维的每一个可包括多个内纤维。内纤维的每一个可具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸。每个大纤维可包括围绕内纤维的基体材料。每个大纤维可具有预定横截面形状。

[0010] 也公开了制造大纤维的方法。该方法可包括形成多个内纤维的步骤, 其每个具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸 (例如, 最终直径)。方法可另外包括用基体材料

围绕内纤维以形成大纤维。方法也可包括形成预定横截面形状的大纤维。

[0011] 在进一步的实施方式中,公开了形成复合制品的方法。方法可包括提供多个大纤维的步骤。大纤维的每一个可包括被基体材料围绕的多个内纤维。内纤维的每一个可具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸。方法可包括减少基体材料的粘度以使多个大纤维之间的基体材料混合,和使基体材料固化和 / 或凝固以形成复合制品。

[0012] 也公开了使用复合制品的方法,其可包括提供具有多个大纤维的复合制品,其中大纤维的每一个包括被基体材料围绕的多个内纤维。内纤维的每一个可具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸。使用复合制品的方法可包括放置复合制品在非负荷状态下,和放置复合制品在负荷状态下。

[0013] 已经讨论的特征、功能和优势可在本公开的各种实施方式中独立地实现或可在其他实施方式中结合,参考下列说明和附图可理解其进一步的细节。

附图说明

[0014] 当参考附图时本公开的这些和其他特征将变得更加显而易见,其中遍及所有的附图相同的数值表示相同的部分,并且其中:

[0015] 图 1 是在包括多个层的一种实施方式中复合制品的实施方式的透视图,所述多个层包含嵌入基体材料的内纤维;

[0016] 图 2 是图 1 复合制品的部分的放大透视图,并且图解内纤维;

[0017] 图 3 是层叠构造的多个大纤维的透视图,并且其中每个大纤维包含多个内纤维;

[0018] 图 4 是加热和 / 或巩固之前以堆叠构造布置的图 3 多个大纤维的透视图;

[0019] 图 5 是包含多个内纤维的大纤维之一的实施方式的横截面视图;

[0020] 图 6 是具有由牺牲材料组成的外鞘的大纤维的横截面视图;

[0021] 图 7 是片构造的大纤维的横截面视图;

[0022] 图 8 是梯形构造的大纤维的横截面视图;

[0023] 图 9 是三角形构造的大纤维的横截面视图;

[0024] 图 10 是菱形构造的大纤维的横截面视图;

[0025] 图 11 是包括多个第一和第二结构层的层叠构造的复合制品的侧视图;

[0026] 图 12 是巩固构造的图 11 复合制品的侧视图;

[0027] 图 13 是复合制品的透视图,其图解部分切掉以图解交替的第一和第二结构层的拉伸方向的最上面第一和第二结构层;

[0028] 图 14 是图解制造大纤维的方法中可包括的一个或多个操作的流程图;

[0029] 图 15 是图解制造复合制品的方法中可包括的一个或多个操作的流程图;

[0030] 图 16 是图解使用复合制品的方法中可包括的一个或多个操作的流程图;和

[0031] 图 17 是在一个或多个实施方式中可并入复合制品的飞行器的透视性图解。

具体实施方式

[0032] 现参考附图,其中显示是为了图解本公开优选的和各种实施方式的目的,图 1 中显示的是复合制品 100 的实施方式。复合制品 100 配置为具有上侧和下侧 108、110 的复合面板 104。复合制品 100 可使用布置为堆叠形式 230 的多个结构层制造。例如,复合制品

可由多个结构层组成,比如图 1 中图解的第一和第二结构层 400、420。第一和第二结构层 400、420 的每一个可使用如图 5 中所示的多个大纤维 200 形成。大纤维 200 的每一个可由被基体材料 236(图 5) 围绕的多个基本上单向的内纤维 300(图 5) 构成,如下面更详细描述。内纤维 300 可具有与大纤维长度 222(图 3) 对齐的内纤维长度 310(图 3)。

[0033] 参考图 2,显示的是图 1 的复合制品 100 的一部分并且图解第一和第二结构层 400、420 中的内纤维 300。第一和第二结构层 400、420 的每一个具有拉伸方向 406、426。复合制品 100 可配置为使结构层的拉伸方向可定向为相对于复合制品 100 中任何其他结构层拉伸方向的任何方向。例如,图 2 中,每个偶联体 228 中第一结构层 400 的拉伸方向 406 定位为大体上垂直于偶联体 228 的第二结构层 420 的拉伸方向 426。通过定向偶联体 228 中第一结构层 400 的拉伸方向 406 大体上垂直于偶联体 228 中第二结构层 420 的拉伸方向 426,可改善复合制品的弹道性能,如下述。

[0034] 但是,第一结构层 400 的拉伸方向 406 可相对于第二结构层 420 的拉伸方向 426 定向为任何非垂直角度(未显示),并且相对于其中结构层的拉伸方向定向为大体上彼此平行的实施方式,其也可产生复合制品 100 的弹道性能和/或强度性质的改善。就此而言,复合制品 100 也可提供在其中一个或多个结构层的拉伸方向可定位为彼此大体上平行(未显示)的实施方式中。

[0035] 图 3-4 图解在复合制品 100 的制造期间层叠构造 232 的多个大纤维 200。每个大纤维 200 具有沿着大纤维长度 222 的拉伸方向 224。每个大纤维 200 可形成为预定横截面形状 208 以促进第一和第二结构层 400、420 中大纤维 200 的铺设。例如,每个大纤维 200 可形成横截面形状 208,其具有大纤维侧表面 206 和至少一个基本上平坦的大纤维上表面 202 和/或基本上平坦的大纤维下表面 204。图 3 中,每个大纤维 200 具有平行四边形 210 横截面形状 208,尽管大纤维 200 可形成为可促进大纤维 200 彼此相对密切接近定位的其他合适的横截面形状。大纤维上表面和下表面 202、204 可基本上平行并且平坦,其可促进与邻近的第一和第二结构层 400、420 的大纤维 200 紧密接触地放置大纤维 200。

[0036] 图 4 显示布置为堆叠形式 230 的偶联体 228 的第一和第二结构层 400、420。尽管显示 3 个偶联体 228,但是可包括任何数量的偶联体 228,以形成任何期望厚度的复合制品 100。大纤维侧表面 206 可彼此相对紧密靠近放置为并排布置 226。一旦第一和第二结构层 400、420 布置为堆叠形式 230,可施加热(未显示)和/或压力(未显示),以减少基体材料 236 的粘度。热的施加可减少基体材料 236 的粘度,导致邻近的大纤维 200 的基体材料 236 的混合。基体材料 236 的混合可消除邻近的大纤维 200 的大纤维侧表面 206 之间和/或大纤维上表面和下表面 202、204 之间的缝隙或空隙,如图 12 中所显示和下面更详细描述。压力的施加可有助于复合制品 100 的基体材料的巩固、固化和/或凝固。

[0037] 参考图 5,显示平行四边形 210 横截面形状 208 的大纤维 200 的实施方式。每个大纤维 200 可包括被基体材料 236 围绕的多个相对小的横截面尺寸(例如,小直径)纳米丝束或内纤维 300。可基本上与内纤维 300 形成同时地施加基体材料 236。有利地,通过基本上与周围基体材料 236 的施加同时一起形成内纤维 300,可减少或避免与在常规复合材料制造中单独施加树脂相关的时间、花费和复杂性。另外,与基体材料 236 一起形成内纤维 300 可导致复合制品 100 的最终尺寸(例如,总体高度或厚度)的更精确控制(图 3)和复合制品 100 的纤维体积分数的更精确控制。几何形状和纤维体积分数的更精确控制可导致

复合制品 100 改善的光学性能和 / 或改善的弹道性能。

[0038] 内纤维 300 和基体材料 236 可由在预定光谱内——比如可见光谱和 / 或红外光谱内或其他波长波段内——至少部分透光的材料形成。内纤维 300 的每一个可具有内纤维最终横截面尺寸 308。对于非圆形（未显示）内纤维 300 横截面形状，内纤维最终横截面尺寸 308 可定义为横跨内纤维 300 的横截面形状的最长距离。

[0039] 内纤维 300 最初可具有可大于它们内纤维最终横截面尺寸 308 的横截面尺寸。内纤维 300 的每一个在内纤维 300 的形成期间或之后可沿着纵向方向拉伸，其可使内纤维 300 的横截面尺寸减少至内纤维最终横截面尺寸 308。在一种实施方式中，内纤维最终横截面尺寸 308 可小于复合制品 100 可能暴露的预定范围的光下端波长的约 1/4。例如，对于打算在波长范围在约 400 纳米 (nm) 和 750nm 之间的可见光谱中基本上光学透明的复合制品 100，内纤维 300 的每一个可具有小于约 100nm 的内纤维最终横截面尺寸 308。对于配置为在波长范围在约 750nm 至 1.4 微米之间的近红外光谱中基本上光学透明的复合制品，内纤维 300 的每一个可具有小于约 190nm 的内纤维最终横截面尺寸 308。

[0040] 有利地，通过提供内纤维最终横截面尺寸（例如，最终直径）小于入射在复合制品上的光线的波长约 1/4 的内纤维 300，内纤维 300 和基体材料 236 的折射率可能是不可分的并且改为可由内纤维 300 和基体材料 236 组合的平均光学性质限定或表征。例如，内纤维 300 可由具有某些折射率和折射率的温度系数的材料形成。同样地，基体材料 236 可具有与内纤维 300 的折射率和折射率的温度系数可不同的折射率和折射率的温度系数。大纤维 200 的光学性质（例如，折射率）可定义为基体材料 236 和内纤维 300 材料的加权平均的光学性质（例如，折射率）。

[0041] 图 5 中，内纤维 300 显示为具有不同内纤维最终横截面尺寸 308（例如，直径）并且彼此之间以非均匀间隔布置。就此而言，内纤维 300 可以布置为伪随机间隔，以使内纤维 300 的均匀间隔可能出现的潜在不利光学影响最小化。但是，一个或多个大纤维 200 可形成具有这样的内纤维 300，其直径基本上均匀和 / 或其中内纤维 300 布置为基本上均匀（未显示）的间隔。尽管内纤维 300 显示为具有大体上圆形横截面形状 304，但一个或多个内纤维 300 可提供为特定的、非圆形（未显示）横截面形状，以改善复合制品 100（图 1）的光学性能。例如，一个或多个内纤维 300 可提供为具有一个或多个基本上平坦表面（未显示）的横截面形状，其可减少穿过复合制品 100 的光的光学畸变。

[0042] 在大纤维 200 的形成期间和 / 或大纤维 200 的形成之后，每个大纤维 200（图 5）可沿着拉伸方向 224 拉伸（图 3）。如图 3-4 中所显示，第一和第二结构层 400、420（图 3）中大纤维 200 的拉伸方向 224 限定第一和第二结构层 400、420 中各自的拉伸方向 406、426，如图 1-2 中所显示。每个大纤维 200 的拉伸可包括内纤维 300（图 5）的拉伸和基体材料 236（图 5）的拉伸。内纤维 300 可拉伸至预定拉伸比，以获得期望强度性质，比如内纤维 300 的期望最终拉伸强度。内纤维 300 可在形成大纤维 200 之前拉伸或内纤维 300 可与大纤维 200 的形成基本上同时拉伸。有利地，内纤维 300 的拉伸可显著增加内纤维 300 的拉伸强度和 / 或拉伸模量。由于内纤维 300 的拉伸，内纤维 300 强度性质的改善可导致复合制品 100 总体强度性质比如复合制品 100（图 1）的比强度和 / 或比劲度的改善。

[0043] 图 5 中，大纤维 200 的平行四边形 210 横截面形状 208 包括大纤维上表面和下表面 202、204 和大纤维侧表面 206。大纤维侧表面 206 可相对于大纤维上表面和下表面 202、

204 非垂直地定向。大纤维侧表面 206 的非垂直定向可促使彼此并排布置 226 的邻近大纤维 200 对齐,如图 3-4 中所显示。当基体材料 236 的粘度减小时,比如在第一和第二结构层 400、420(图 3) 巩固期间通过加热和/或施加压力过程中,大纤维侧表面 206 的非垂直定向也可促使基体材料 236 在大纤维侧表面 206 的混合。大纤维上表面和下表面 202、204 可定向为基本上彼此平行,其可促使多个大纤维 200 基本上彼此靠近或紧密接触地铺设。

[0044] 图 5 中,每个大纤维 200 具有可由基体材料 236 组成或限定的大纤维横截面形状 208。在该布置中,大纤维 200 中的每一个内纤维 300 可设置在大纤维横截面形状 208 周边表面背面或与其间隔开,以使每一个内纤维 300 被基体材料 236 充分围绕。但是,大纤维横截面形状 208 可由基体材料 236 的组合和由一个或多个内纤维 300 的部分内纤维表面 302 限定。

[0045] 仍参考图 5,每个大纤维 200 具有大纤维宽度 218 和大纤维厚度 220。在一种实施方式中,大纤维 200 可提供范围为从约 3 微米至 5000 微米的最大大纤维厚度 220。但是,大纤维 200 可提供任何大纤维宽度 218 或任何大纤维厚度 220,而不受限。大纤维 200 可具有大体上伸长的横截面形状 208,其优选地以相对高的纵横比形成,以最小化在大纤维 200 的铺设期间横跨第一结构层 400(图 3) 或第二结构层 420(图 3) 或其他结构层(未显示)的期望宽度需要的单个大纤维 200 的数量。大纤维 200 纵横比可定义为大纤维宽度 218 与大纤维厚度 220 的比。在一种实施方式中,纵横比的范围可为从约 3 至约 500,尽管大纤维 200 可形成为任何纵横比。

[0046] 尽管图 5 显示平行四边形 210 形状的大纤维 200,大纤维 200 可提供为各种可选的形状和构造的任何一种,而不受限。例如,大纤维 200 可提供为片 242(图 7)、梯形 212 形状(图 8)、三角形 214 形状(图 9)、菱形形状 216(图 10)、或为其他形状。另外,大纤维 200 不限于基本上平坦的横截面形状 208,而是也可包括至少部分弯曲的横截面形状 208。例如,大纤维 200 横截面形状 208 可包括圆形 306、部分圆形形状、闭合半圆形、肾形、卵形、椭圆形和各种其他形状的任何一种。

[0047] 图 6 显示大纤维 200 的实施方式,其具有施加至大纤维 200 的外鞘 238。外鞘 238 可包括施加至大纤维 200 的牺牲材料 240,以在形成期间保持大纤维 200 的横截面形状 208。牺牲材料 240 可基本上与内纤维 300 和基体材料 236 的形成同时施加至大纤维 200。外鞘 238 的牺牲材料 240 可由补充内纤维 300 和基体材料 236 的聚合物材料形成。牺牲材料 240 可包括通常可溶解的材料,其可在大纤维 200 的形成之后被冲洗掉或以其他方式去除。例如,牺牲材料 240 可在水或在溶剂中可溶解或牺牲材料 240 可通过其他化学方式或通过机械方式去除。有利地,通过最小化由于大纤维 200 的横截面形状 208 的表面能作用引起的大纤维 200 表面和大纤维 200 角部的变圆,牺牲材料 240 可改善在形成期间大纤维 200 的尺寸控制。

[0048] 图 7 显示片 242 横截面形状 208 的大纤维 200 的实施方式。片 242 可被提供相对高的大纤维宽度 218 与大纤维厚度 220 的纵横比。在一种实施方式中,片 242 的大纤维宽度 218 与大纤维厚度 220 的纵横比可至少为约 10。通过形成片 242 实施方式的大纤维 200,可减少形成结构层需要的大纤维 200 的总数量,其可导致铺设复合制品 100(图 1) 需要的时间量减少。

[0049] 图 8 图解梯形 212 横截面形状 208 的大纤维 200,其具有可基本上彼此平行的大体

上平坦的大纤维上表面和下表面 202、204。大纤维侧表面 206 可定向为彼此非平行关系。大纤维 200 的梯形 212 横截面形状 208 可提供为相对高纵横比,其可减少复合制品 100(图 1) 的制造时间。在复合制品的铺设期间,多个梯形 212 大纤维 200 可放置为第一和第二结构层 400、420(图 3) 中的并排布置 226(图 4)。多个第一和第二结构层 400、420 和另外的结构层(未显示)可布置为堆叠形式 230(图 3-4) 并且可被加热以降低基体材料 236 的粘度并且使得邻近大纤维 200 的基体材料 236 混合。可固化和 / 或凝固该铺设件以形成复合制品 100。

[0050] 图 9 图解三角形 214 横截面形状 208 的大纤维 200,其具有大纤维下表面 204 和一对大纤维侧表面 206。优选大的三角大纤维 200 的纵横比以减少形成结构层需要的大纤维 200 的总数量。当铺设复合制品 100 时,三角大纤维 200 可促使第一和第二结构层 400、420(图 3) 中大纤维 200 相对于彼此对齐或排列。例如,三角 214 大纤维 200 的第一结构层 400(图 3) 可布置为正立定向并且彼此并排布置(未显示)。倒(未显示)三角 214 大纤维 200 的第二结构层 420(图 3) 可嵌套在正立三角 214 大纤维 200 之间。每对第一和第二结构层 400、420 可构成偶联体 228(图 3)。多个偶联体 228 可布置为堆叠形式 230(图 3) (未显示) 并且可以以上述方式加工以形成复合制品 100。

[0051] 图 10 图解菱形 216 横截面形状 208 的大纤维 200,其具有两对大纤维侧表面 206。以类似于上述关于三角 214(图 9) 大纤维 200 的方式,多个菱形 216 大纤维 200 可布置在第一和第二结构层 400、420(图 3) 或更多的结构层中。可施加热和 / 或压力,以减小基体材料 236 的粘度和 / 或巩固第一和第二结构层 400、420,随后固化和 / 或凝固,以形成复合制品 100(图 1)。

[0052] 图 11 是层叠构造 232 的复合制品 100 的侧视图。复合制品 100 包括形成多个偶联体 228 的多个第一和第二结构层 400、420。第一和第二结构层 400、420 的每一个包括大纤维 200。第一结构层 400 的拉伸方向 406 相对于第二结构层 420 的拉伸方向 426 可垂直定向。但是,结构层的拉伸方向可定向为相对于其他结构层的拉伸方向的任何方向,以实现复合制品 100 期望的强度性质和 / 或期望的弹道性质。例如,一个或多个结构层的拉伸方向可定向为相对于复合制品中一个或多个其他结构层的拉伸方向的任何非垂直角度(例如,以 15° 、 22.5° 、 45° 、 60° 、 75° 等)。在一种实施方式中,可考虑复合制品 100 中的主结构负荷路线(未显示)来定向拉伸方向。

[0053] 图 11 中,复合制品 100 可提供为这样的实施方式,其中大纤维侧表面 206 可彼此相对密切靠近或彼此接触定位,以最小化或防止最终复合制品 100 中出现空隙。最小化空隙的出现可改善复合制品 100 的强度性质和光学性质。大纤维上表面和下表面 202、204 也可放置为基本上彼此紧密接触,以最小化空隙的出现。热和 / 或压力可施加至复合制品 100 以降低基体材料 236 的粘度并且允许其混合。

[0054] 图 12 是巩固的构造 234 的复合制品 100 的侧视图。基体材料 236 的加热和粘度的最终减少可使邻近的大纤维 200(图 11) 之间的基体材料 236 混合。以该方式,可避免或消除最终复合制品 100 中大纤维侧表面 206 之间的缝隙(图 11)。防止或避免复合制品 100 中的缝隙可最小化或消除否则由穿过常规纤维(未显示)之间的缝隙的光线引起的光学畸变的出现。在基体材料 236 的加热期间,压力可施加至复合制品 100 铺设件,以巩固复合制品 100 和消除复合制品 100 中的空隙。另外,巩固可改善基体材料 236 遍布复合制品

100 的混合和灌注。

[0055] 图 13 是在一种实施方式中复合制品 100 的透视图,其中最上第一和第二结构层 400、420 被部分切掉以说明交替的第一和第二结构层 400、420 的拉伸方向 406、426。如上所示,内纤维 300 的拉伸可显著增加内纤维 300 的拉伸强度或拉伸模量。内纤维 300 的拉伸强度或拉伸模量的增加可改善复合制品 100 的比强度和 / 或比劲度。

[0056] 在本文公开的任何实施方式中,内纤维 300(图 13)可由任何合适的热塑性材料、热固性材料、无机材料和 / 或玻璃材料形成,而不受限。例如,内纤维 300 可由包括下述至少一种的热塑性材料形成:丙烯酸酯类、尼龙、碳氟化合物、聚酰胺、聚乙烯、聚酯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚氨酯、聚醚醚酮、聚醚酮酮、聚醚酰亚胺、拉伸的聚合物和任何其他合适的热塑性材料。同样地,内纤维 300 可由可包括下述任何一种的热固性材料形成:聚氨酯、酚醛树脂、聚酰亚胺、双马来酰亚胺、聚酯、环氧树脂、倍半硅氧烷和任何其他合适的热固性材料。另外,内纤维 300 可由无机材料形成,包括碳、碳化硅、硼或其他无机材料。更进一步,内纤维 300 可由玻璃材料形成,比如 E-玻璃(铝-硼硅酸盐玻璃)、S-玻璃(铝硅酸盐玻璃)、纯二氧化硅、硼硅酸盐玻璃、光学玻璃和任何其他玻璃材料,而不受限。对于拉伸内纤维 300 的实施方式,内纤维 300 可由热塑性材料形成。

[0057] 在本文公开的任何实施方式中,基体材料 236(图 13)可包括任何合适的热塑性材料或热固性材料,包括但不限于,可形成内纤维 300 的上面提到的任何热塑性或热固性材料。而且,在本文公开的任何实施方式中,基体材料 236(图 13)可包括任何合适的金属材料。尽管如上面提到的,基体材料 236 和形成内纤维 300 的材料可以是基本上光学透明的,但是基体材料 236 和 / 或内纤维 300 可由基本上非透明的材料或不透光的材料形成。

[0058] 在一种实施方式中,基体材料 236(图 13)可由不同于内纤维 300(图 13)材料材料形成。但是,基体材料 236 和内纤维 300 可由基本上相同的或类似的材料形成。在一种实施方式中,基体材料 236 和内纤维 300 可由基本上相同的材料形成,但是其中内纤维 300 材料的分子量可高于基体材料 236 的分子量。高分子量的内纤维 300 材料可改善复合制品 100 的强度性质和弹道性能。通过由相同的材料形成基体材料 236 和内纤维 300,基体材料 236 和内纤维 300 材料可具有基本上相同的折射率和 / 或折射率的温度系数,其相对于其中基体材料 236 和内纤维 300 由不同的材料形成的布置可改善复合制品 100 的光学性能。在一种实施方式中,内纤维 300 和 / 或基体材料 236 可由聚乙烯形成,由于其有利地高的弹性模量。例如,内纤维 300 可由超高分子量聚乙烯比如 SPECTRA™ 或 DYNEEMA™ 商标高密度聚乙烯形成。

[0059] 复合制品 100 可配置为各种不同形状、尺寸和构造的任何一种,而限于图 1 中显示的复合面板 104。而且,复合制品 100 可配置为用于任何交通工具或非交通工具应用。例如,复合制品 100 可配置为交通工具比如飞行器的透明物。复合制品 100 也可构成飞行器的风挡或座舱罩。另外,复合制品 100 可配置用作任何交通工具或非交通工具应用中的窗户。更进一步,复合制品 100 可实施为膜、装甲板、结构面板、建筑面板、非结构面板或制品,或用于复合制品的任何其他实施中,而不受限。

[0060] 图 14 是制造大纤维 200 的方法 500 的实施方式的流程图图解。图 14 的方法 500 的步骤 502 可包括形成多个内纤维 300(图 5),其每个具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸 308(图 5)。在一种实施方式中,方法最初可包括选择复合制品 100(图 3)在使

用时可暴露的感兴趣的波长波段。内纤维 300 最初可具有大于它们内纤维最终横截面尺寸 308 的横截面尺寸并且可在形成期间或在形成之后沿着纵向方向拉伸,这可减少最初直径至内纤维 300 的内纤维最终横截面尺寸 308。在一种实施方式中,每一个内纤维 300 可具有可小于感兴趣波长波段下端的波长的约 1/4 的内纤维最终横截面尺寸 308。例如,可见光谱的下端是约 400nm,从而内纤维 300 可形成为小于约 100nm 的内纤维最终横截面尺寸 308。

[0061] 图 14 方法 500 的步骤 504 可包括用基体材料 236(图 3) 围绕内纤维 300(图 4),以形成大纤维 200(图 3)。内纤维 300 可定向为大体上平行于大纤维长度 222(图 3)。内纤维 300 可基本上与基体材料 236 同时形成。有利地,通过与基体材料 236 一起形成内纤维 300,相对于常规制造的复合制品,复合制品 100(图 3) 的纤维体积分数可被更精确地控制。另外,与内纤维 300 一起形成基体材料 236 可减少用于制造复合制品 100 需要的时间量。而且,与内纤维 300 一起形成基体材料 236 可消除对专用树脂灌注装置的需要,在常规复合材料制造中,可能需要该装置以使用树脂(未显示)灌注干燥纤维预制件(未显示)。

[0062] 图 14 方法 500 的步骤 506 可包括拉伸内纤维 300 和基体材料 236。例如,内纤维 300 和基体材料 236 可在内纤维 300 和基体材料 236 从喷嘴(未显示)拉引时进行拉伸。但是,内纤维 300 可在形成大纤维 200 之前拉伸。在一种实施方式中,内纤维 300 可在形成内纤维 300 之后和形成大纤维 200 之前拉伸。有利地,可通过控制内纤维 300 的拉伸比,控制内纤维 300 强度性质的增加。

[0063] 图 14 方法 500 的步骤 508 可包括以预定横截面形状 208(图 6) 形成大纤维 200(图 6)。例如,大纤维 200 可形成具有大纤维上表面 202(图 6)、大纤维下表面 204(图 6) 和一个或多个大纤维侧表面 206(图 6)。可控制大纤维 200 的横截面形状 208,使得大纤维上表面 202 和大纤维下表面 204 可基本上是平坦的和平行的。但是,大纤维 200 可形成为可促使铺设大纤维 200 以形成结构层的任何合适的横截面形状 208。大纤维 200 可形成为横截面形状 208,其包括片 242(图 7)、多边形、平行四边形 210(图 6)、梯形 212(图 8) 和各种其他横截面形状 208 的任何一种。

[0064] 图 15 是图解方法 600 的流程图,所述方法 600 具有可包括在形成复合制品 100(图 1) 的实施方式中的一个或多个操作。方法 600 的步骤 602 可包括提供多个大纤维 200(图 5),其中每一个大纤维 200 包括被基体材料 236(图 5) 围绕的多个内纤维 300(图 5)。在复合制品 100 可暴露于可见光谱中光的实施方式中,每一个内纤维 300 可提供为小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸 308。就此而言,内纤维可拉伸至小于复合制品 100 可暴露的预定范围的光下端波长的约 1/4 的内纤维最终横截面尺寸 308。但是,基于复合制品 100 可暴露的光波长波段下端的波长,内纤维 300 可形成为任何内纤维最终横截面尺寸,而不受限。

[0065] 图 15 方法 600 的步骤 604 可包括在结构层中以彼此并排布置 226(图 11) 排列大纤维 200(图 11)。例如,在一种实施方式中,多个大纤维 200 可布置在第一结构层 400 中和多个大纤维 200 可布置在第二结构层 420 中。多个结构层可布置为堆叠形式。例如,在图 11 显示的实施方式中,第一和第二结构层 400、420 可定位为彼此相对密切靠近,比如基本上彼此紧密接触。

[0066] 图 15 方法 600 的步骤 606 可包括以期望的相对于彼此的定向排列结构层。例如,在图 3-4 显示的实施方式中,复合制品 100 可由多个第一和第二结构层 400、420 形成。可

排列第二结构层 420,使得第二结构层 420 的拉伸方向 426 定向为大体上垂直于第一结构层 400 的拉伸方向 406,如图 3 中所显示。但是,可排列第一和第二结构层 400、420,使得各自的拉伸方向 406、426 彼此非垂直定向任何量,包括拉伸方向的平行定向。在一种实施方式中,一个或多个结构层的拉伸方向可相对于彼此以特定的角度排列,以实现复合制品 100 中期望的强度、弹道和 / 或光学性能。

[0067] 图 15 方法 600 的步骤 608 可包括施加热至结构层的大纤维 200(图 11)。可通过任何合适的方式施加热。例如,可通过一个或多个加热元件(未显示)施加热。也可通过辐射加热或通过升高基体材料 236(图 11)温度的任何其他方式施加热。

[0068] 图 15 方法 600 的步骤 610 可包括降低基体材料 236(图 12)的粘度,比如由于施加热。粘度的减少可使大纤维 200(图 12)之间的基体材料 236 混合。就此而言,每个大纤维 200 的基体材料 236 可与邻近大纤维 200 的基体材料 236 混合,从而结构层可形成为在横跨结构层宽度上基本上没有缝隙。通过形成没有空隙的复合制品 100(图 12),相对于纤维之间具有缝隙的常规复合制品(未显示),可显著改善光学性能。在施加热期间可任选地施加压力,以促进结构层的巩固。

[0069] 图 15 方法 600 的步骤 612 可包括使基体材料 236(图 13)固化和 / 或凝固,以形成复合制品 100(图 13)。如上所示,复合制品 100 可形成为各种不同形状、尺寸和构造的任何一种,而不受限。而且,复合制品 100 可在各种交通工具和非交通工具应用的任何一种中实施。复合制品 100 构造的非限制性例子包括风挡、座舱罩、窗户、膜、装甲板、结构面板、建筑面板、和非结构制品。

[0070] 有利地,相对于使用常规纤维的常规复合制品,上述的大纤维 200(图 11)可促使复合制品 100(图 11)光学性能的显著改善。另外,大纤维 200 可导致复合制品 100 纤维体积分数的更精确控制,这可改善复合制品 100 的比强度和复合制品 100 的弹道性能。

[0071] 图 16 是使用复合制品 100 的方法 700 的流程图。方法 700 的步骤 702 可包括提供具有多个大纤维 200 的复合制品 100。每一个大纤维 200 可包括被基体材料 236 围绕的多个内纤维 300。每一个内纤维 300 可具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸 308。

[0072] 图 16 方法 700 的步骤 704 可包括放置或维持复合制品 100(图 1)在非负荷状态下。非负荷状态可包括复合制品 100 的静态条件。例如,复合制品 100 可构成静态的或基本上不移动的交通工具 801(图 17)的一部分。在一种实施方式中,交通工具 801 可包括飞行器 800(图 17)。

[0073] 参考图 17,显示的是飞行器 800 的透视图,其可结合本文公开的复合制品 100(图 1)的一个或多个实施方式。飞行器 800 可包括机身 802,其具有一对机翼 804 和尾部 808,其可包括垂直安定面 812 和水平安定面 810。飞行器 800 可进一步包括操纵面 806 和推进单元 814。飞行器 800 可一般性代表可并入如本文所述一个或多个复合制品 100 的各种交通工具的一种。

[0074] 在一种实施方式中,复合制品 100(图 1)可包括复合面板 104(图 1)。在非负荷状态下,复合面板 104 的负荷可限于静负荷,比如由于作用于复合面板 104 质量上的地心引力引起,或作用在飞行器 800(图 17)上的其他静负荷。非负荷状态的例子可包括非承压的飞行器 800 机身 802,比如当飞行器 800 停在机场停机坪上时。

[0075] 图 16 方法 700 的步骤 706 可包括布置复合制品 100(图 1)在负荷状态下,其中交

通工具 801(图 17) 可处于运动中和 / 或复合面板 104 可受到动负荷。例如,交通工具可包括起飞期间在跑道上运动的飞行器 800(图 17)。负荷状态也可包括承压的飞行器 800 机身 802。在负荷状态下,复合制品 100 上的负荷可包括压缩负荷、拉伸负荷、剪切负荷、扭转负荷的任何一种,或其任何组合。

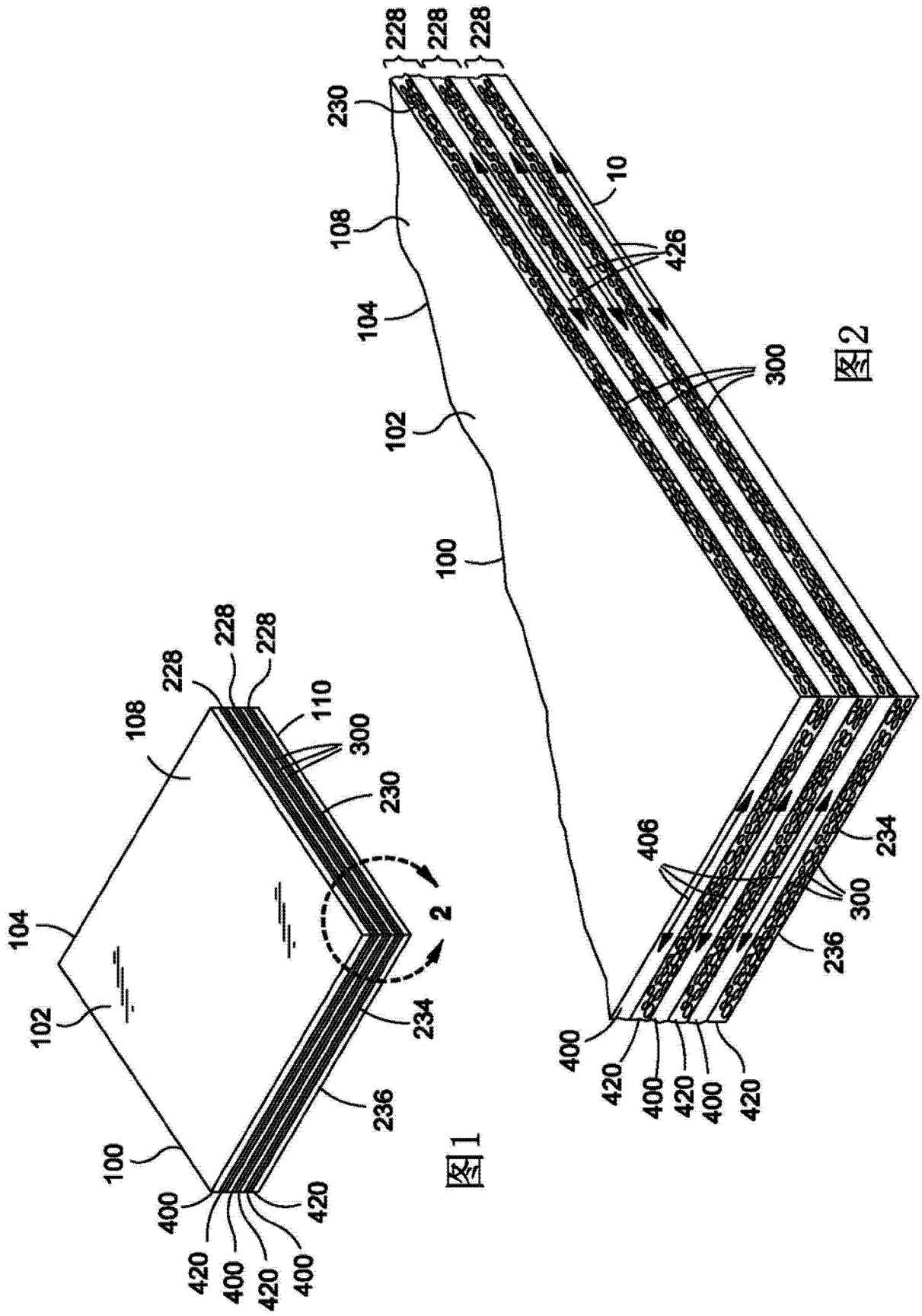
[0076] 根据本公开的一个方面,提供使用复合制品的方法,包括以下步骤:提供具有多个大纤维的复合制品,每一个大纤维包括被基体材料围绕的多个内纤维,每一个内纤维具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸,放置复合制品在非负荷状态下,和放置复合制品在负荷状态下。有利地,非负荷状态与基本上不移动的交通工具有关,并且负荷状态与运动的交通工具相关。

[0077] 根据本公开的一个方面,提供形成复合制品的方法,包括,提供多个大纤维,每一个大纤维包括被基体材料围绕的多个内纤维,每一个内纤维具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸,减少基体材料的粘度以使多个大纤维之间的基体材料混合,和进行固化和凝固基体材料的至少一种,以形成复合制品。有利地,另外,多个大纤维包括以并排布置排列大纤维,以形成结构层。有利地,包括以堆叠形式排列多个结构层的进一步步骤。有利地,大纤维具有拉伸方向,该方法进一步包括下述步骤:定向至少一个结构层,使得一个结构层中大纤维的拉伸方向定向为大体上非平行于邻近一个结构层中大纤维的拉伸方向。

[0078] 根据本公开的一个方面,提供制造大纤维的方法,包括形成多个内纤维的步骤,每个内纤维具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸,用基体材料围绕内纤维,以形成大纤维,和以预定横截面形状形成大纤维。有利地,包括基本上同时形成内纤维和基体材料的进一步步骤。

[0079] 根据本公开的一个方面,提供复合制品,其包括多个大纤维,每一个大纤维包括多个内纤维,其具有小于约 100 纳米的内纤维最终横截面尺寸并且具有拉伸方向,和围绕内纤维的基体材料,并且大纤维具有预定横截面形状。有利地,大纤维具有横截面形状,其包括上表面和下表面的至少一个;并且上表面和下表面的至少一个大体上是平坦的。有利地,大纤维排列在结构层中并且多个结构层排列为堆叠形式。有利地,每一个大纤维具有拉伸方向;并且至少一对结构层排列为使得结构层对的结构层之一中的大纤维的拉伸方向定向为相对于结构层对的邻近一个结构层中的大纤维的拉伸方向基本上垂直。有利地复合制品构成下述至少一种:风挡、座舱罩、窗户、膜、装甲板、结构面板、建筑面板、和非结构制品。

[0080] 本公开另外的改变和改善对本领域技术人员可以是明显的。因此,本文描述的和图解的部件的具体组合意欲仅代表本公开的某些实施方式并且不期望用作本公开精神和范围内的可选实施方式或设备的限制。



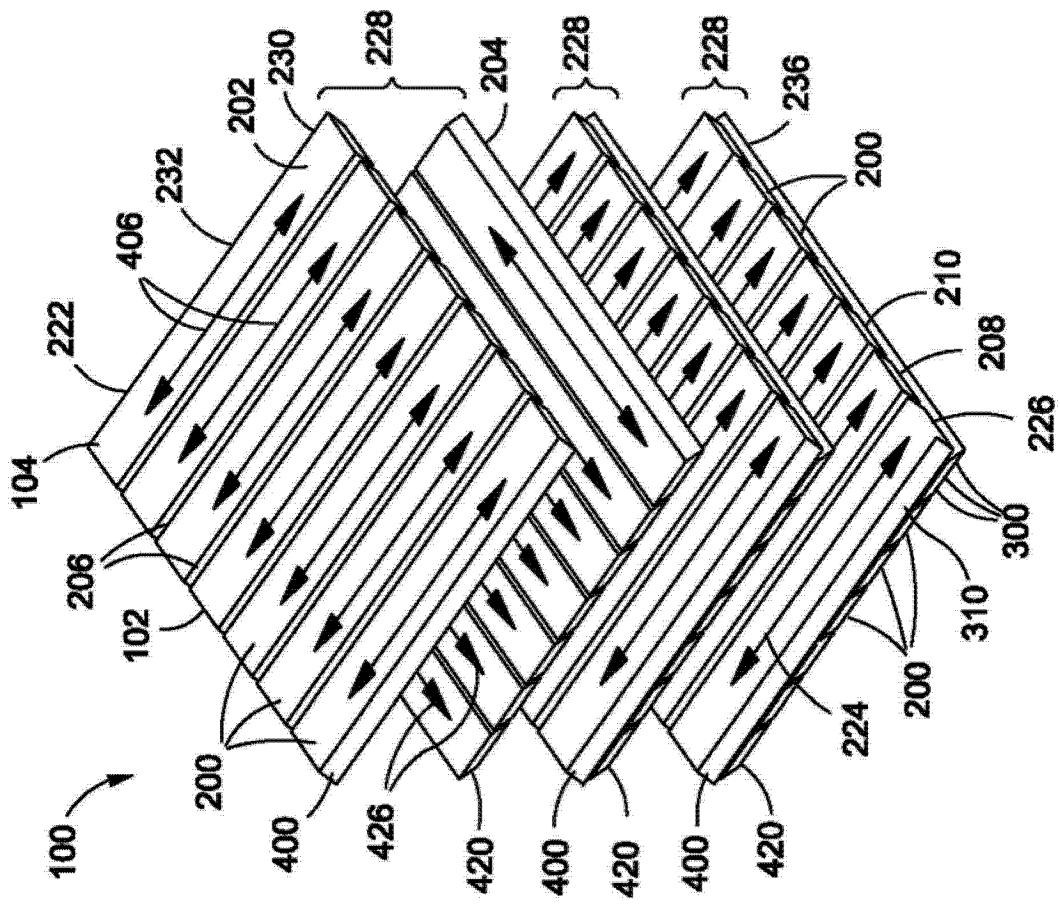


图 3

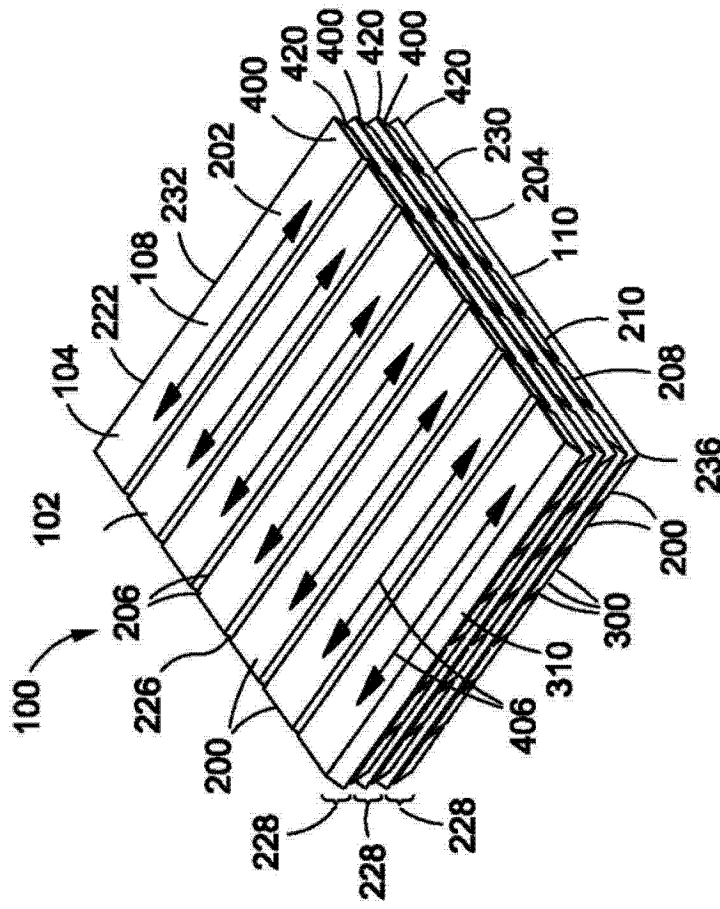


图 4

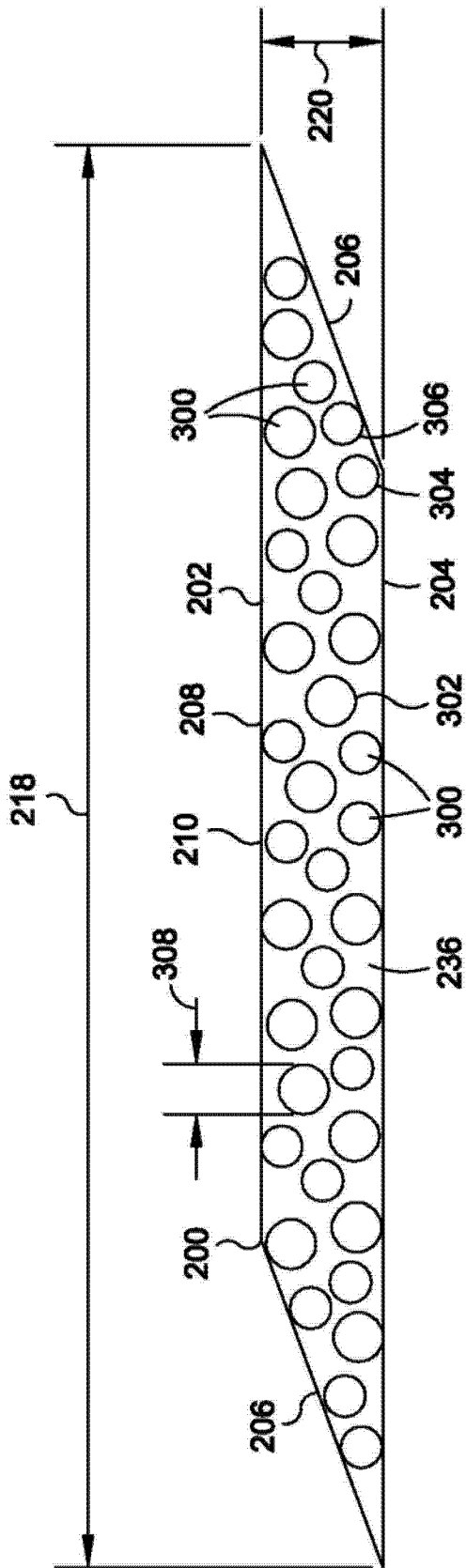


图 5

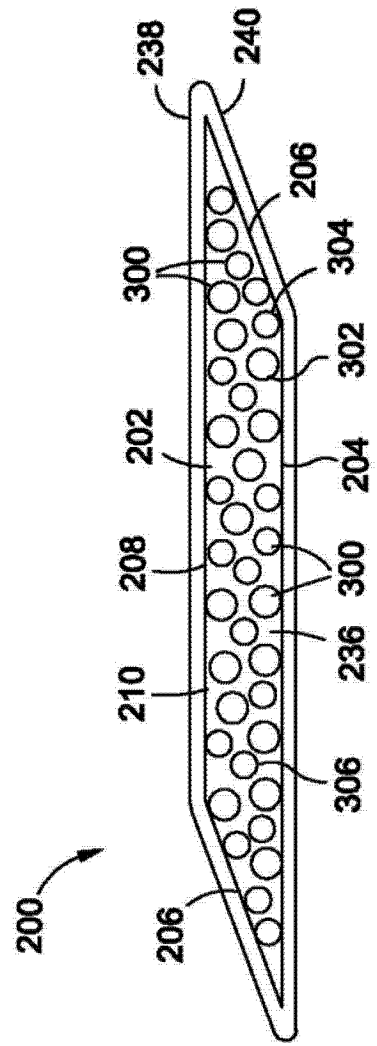


图 6

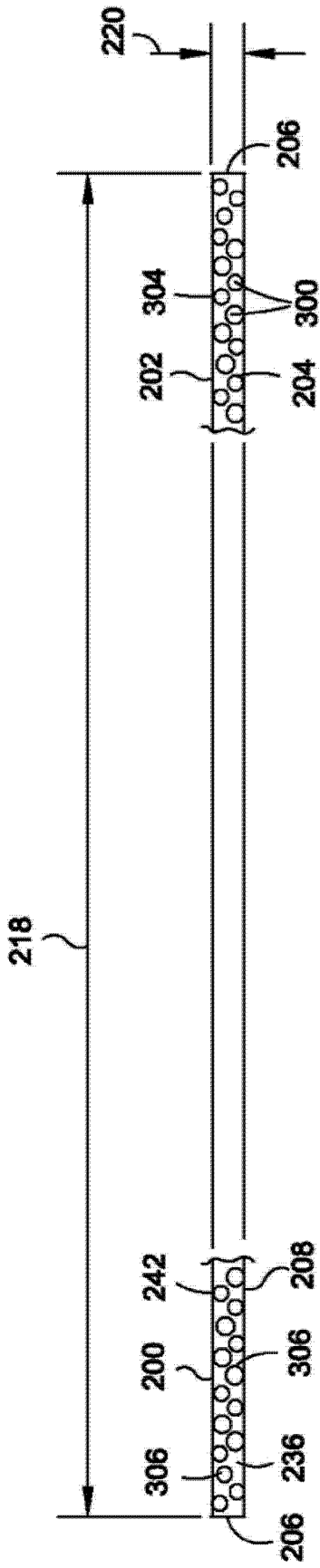


图 7

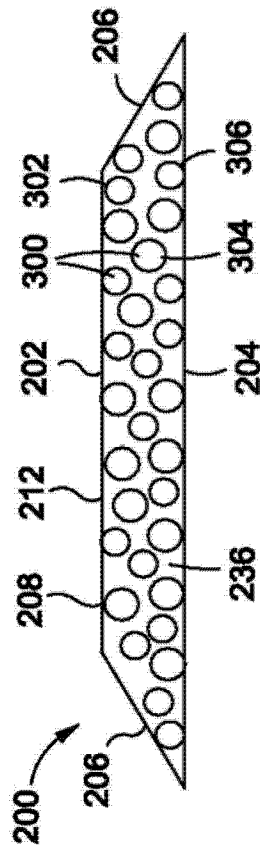


图 8

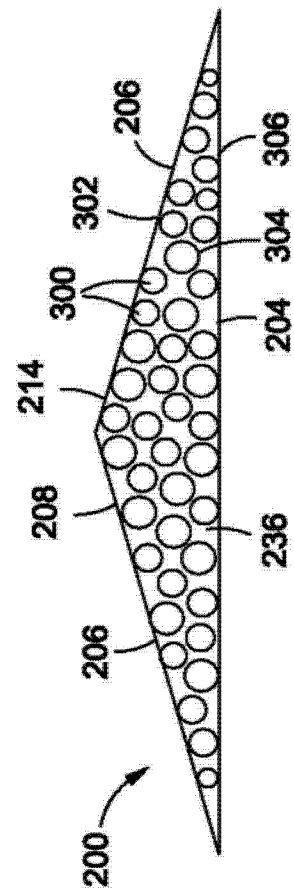


图 9

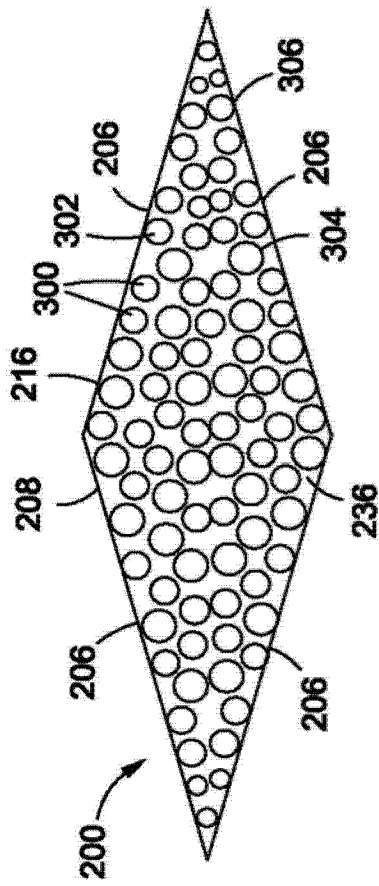


图 10

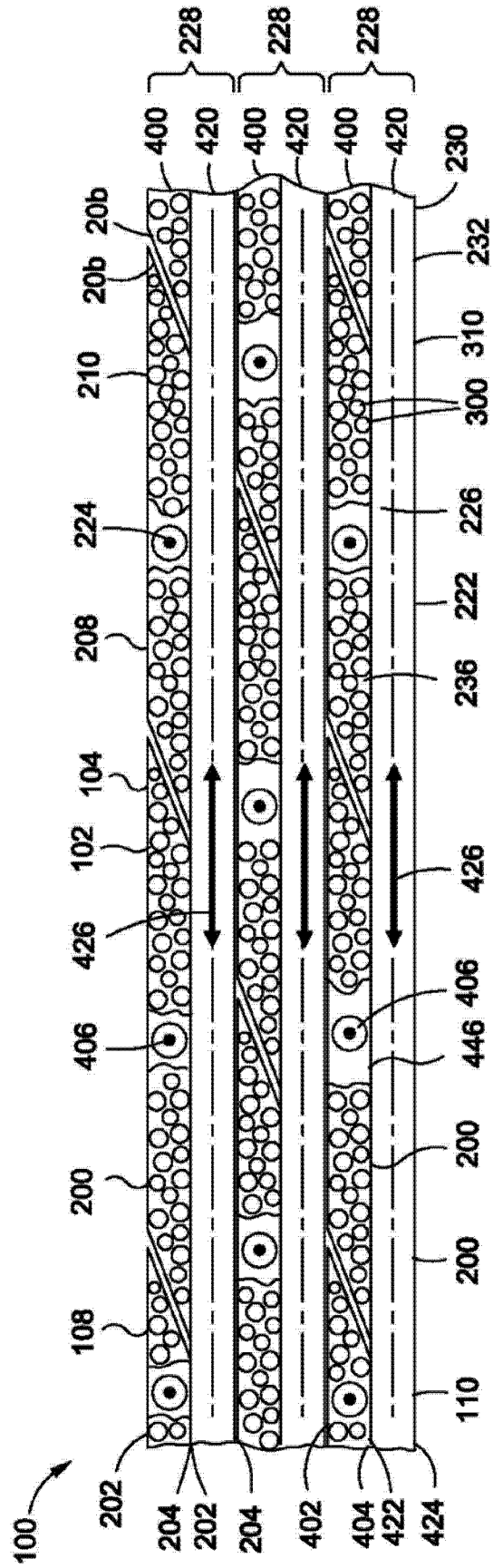


图 11

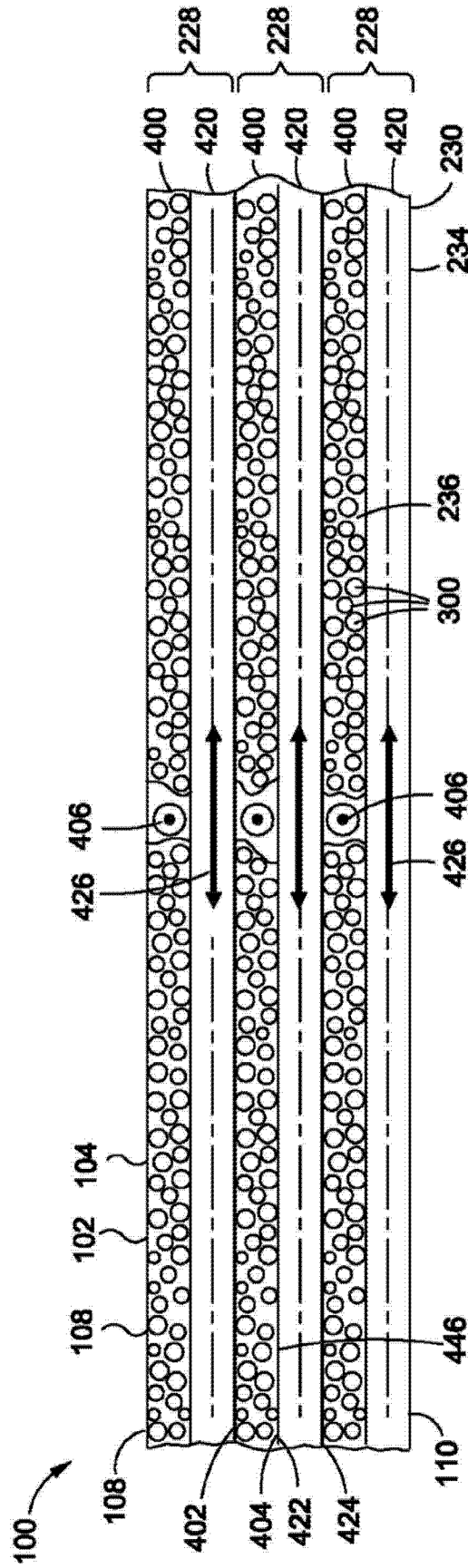


图 12

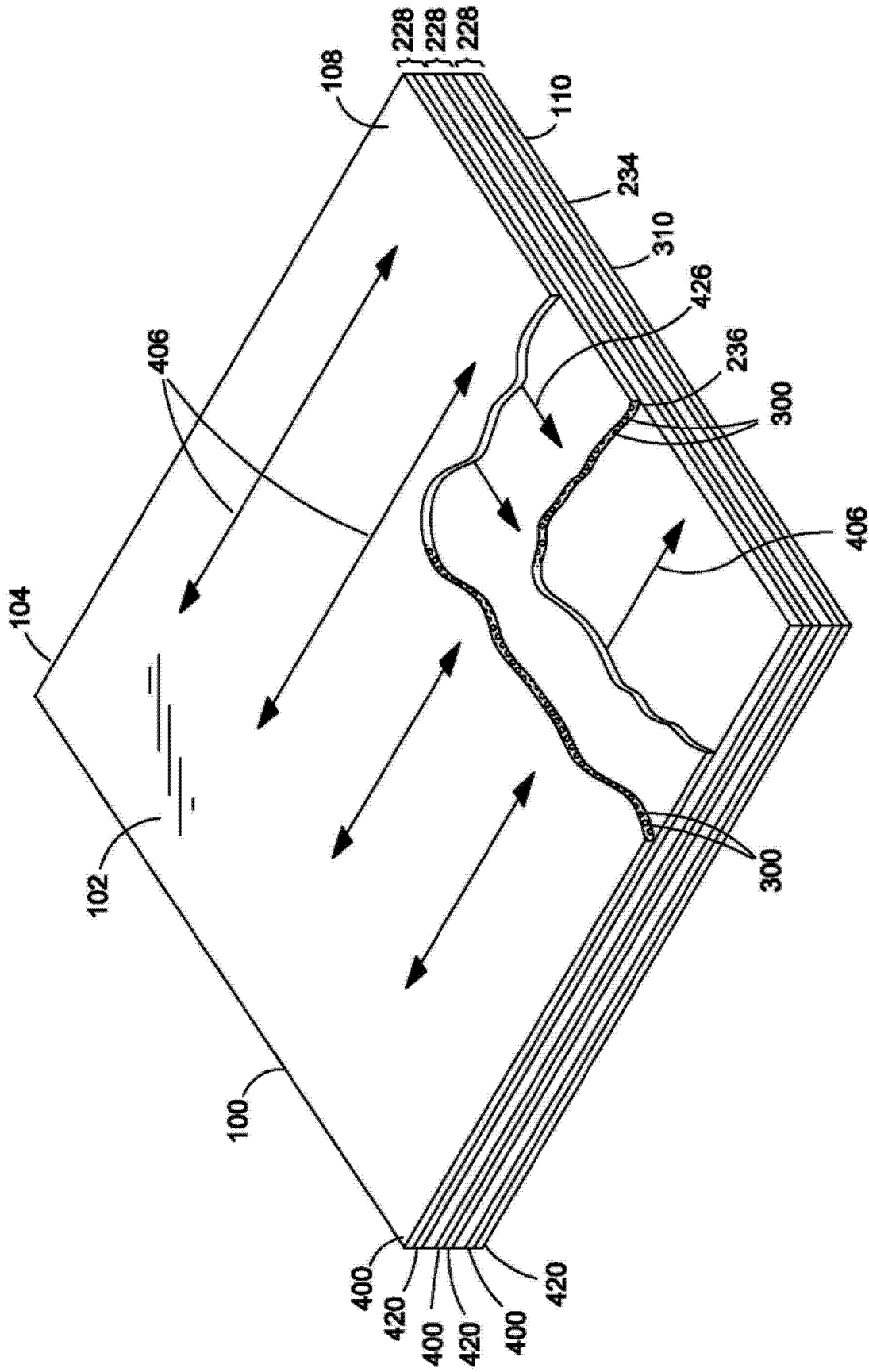


图 13

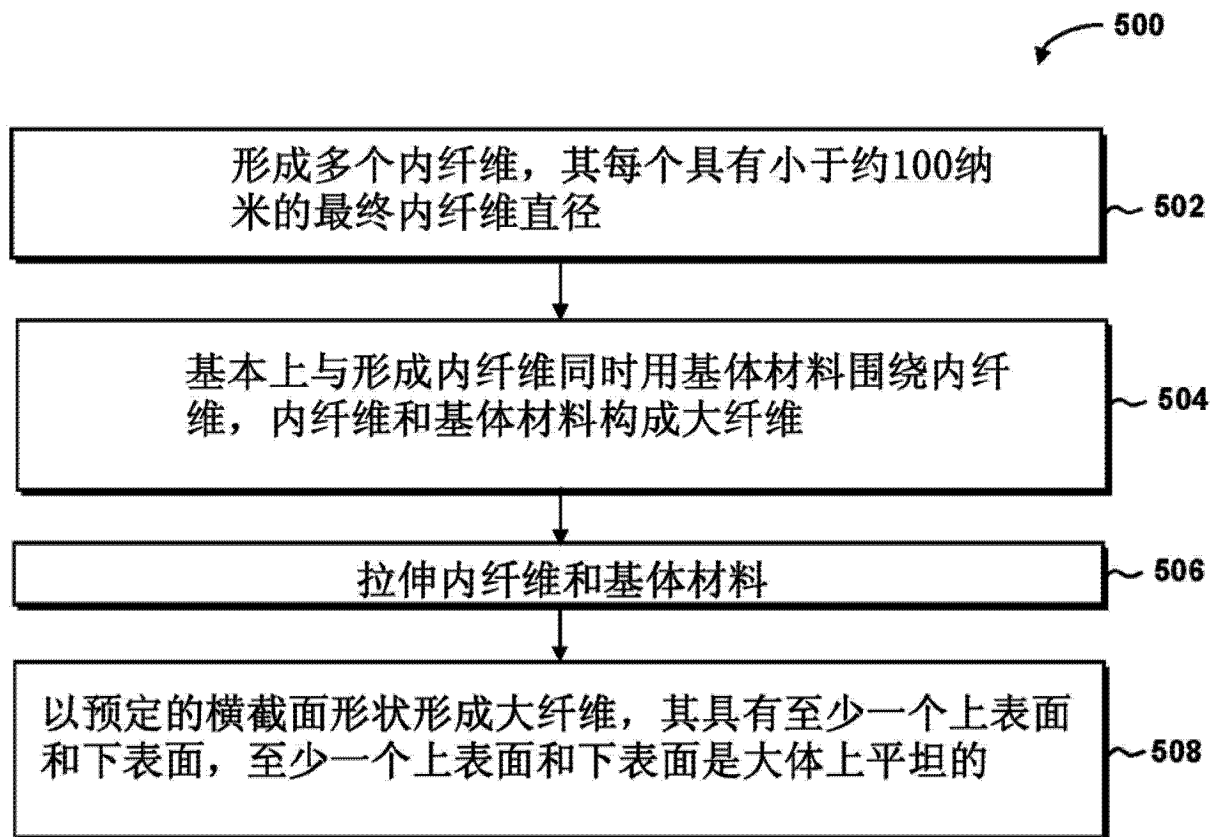


图 14

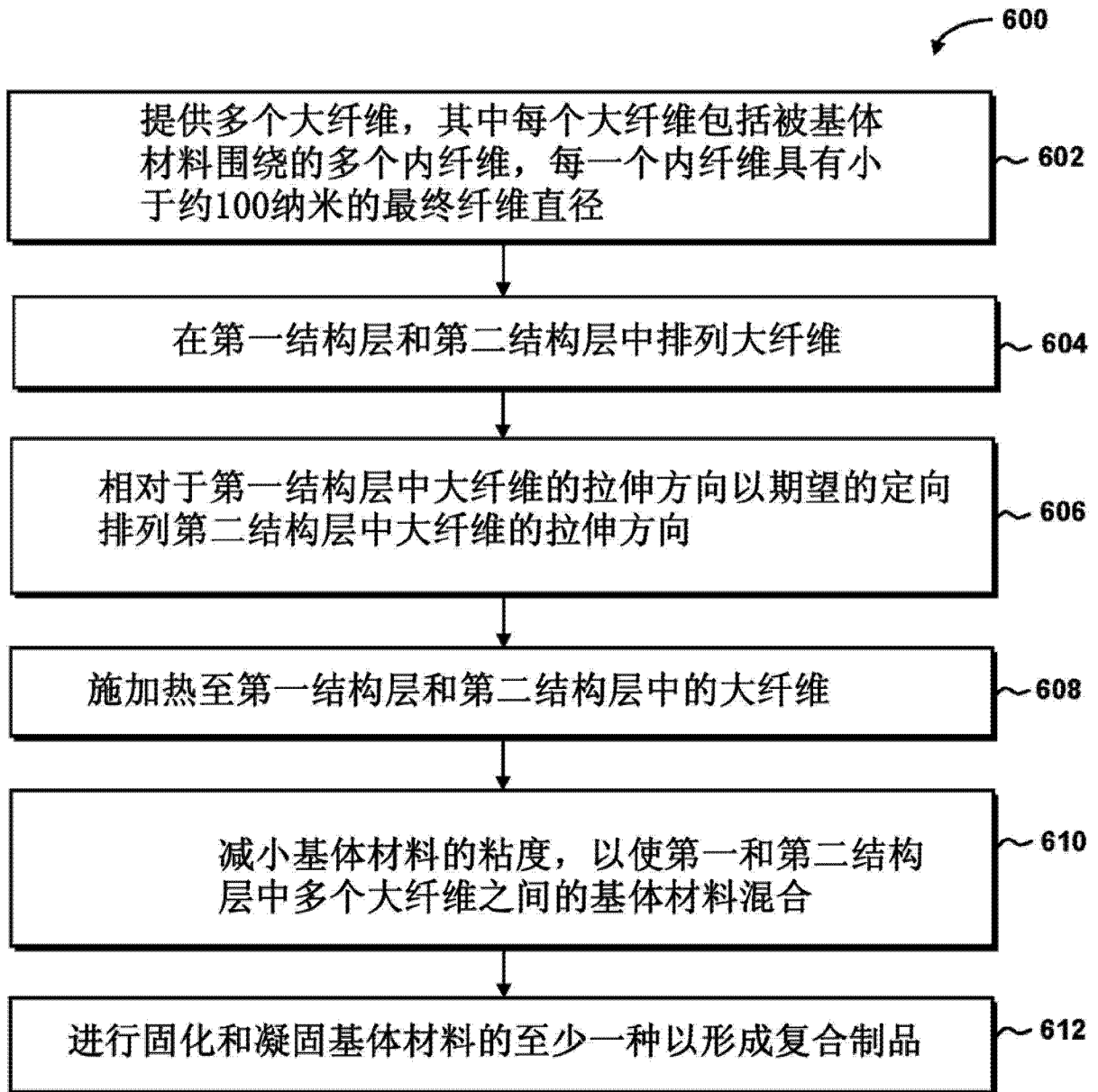


图 15

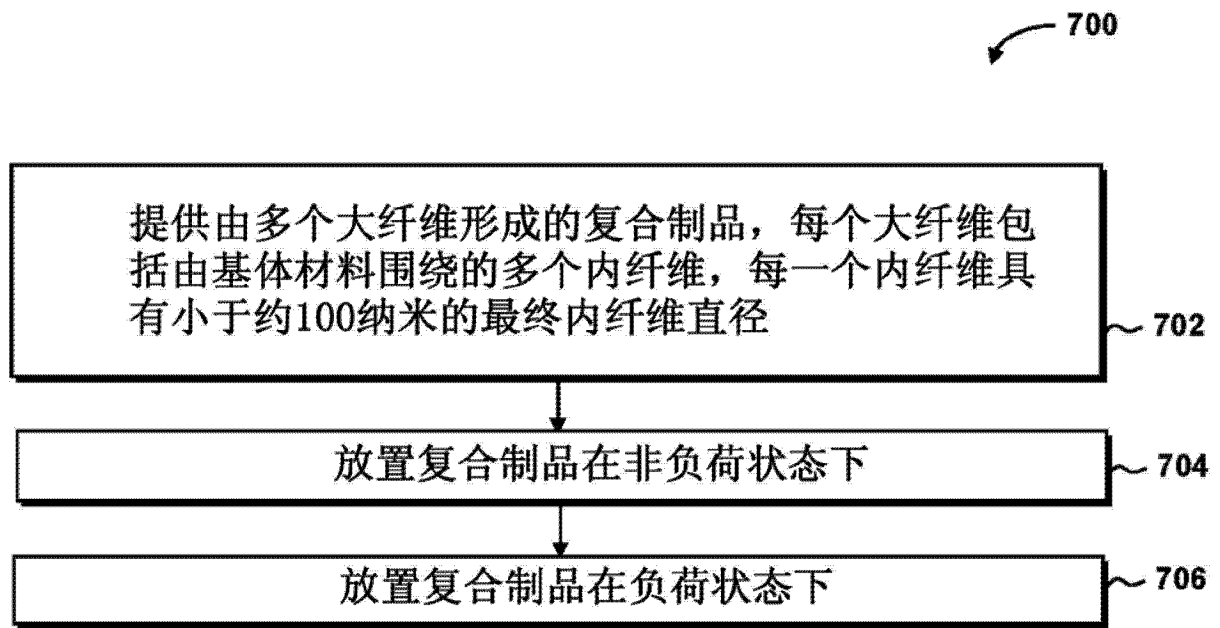


图 16

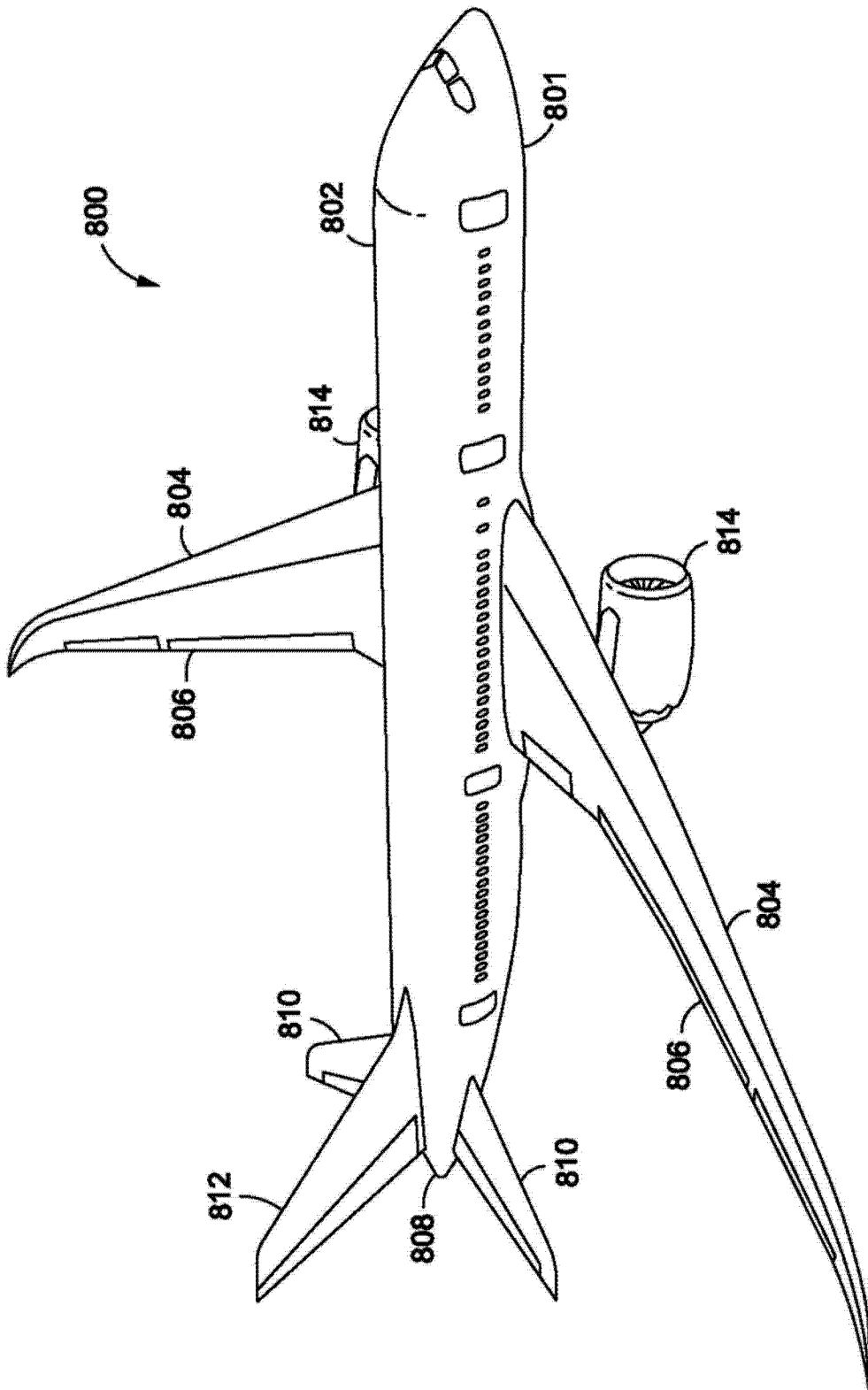


图 17