



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104254439 B

(45)授权公告日 2018.02.09

(21)申请号 201380022445.3

(22)申请日 2013.04.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104254439 A

(43)申请公布日 2014.12.31

(30)优先权数据

61/639900 2012.04.28 US

13/687117 2012.11.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.10.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/037095 2013.04.18

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/162989 EN 2013.10.31

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 M.谢 M.E.费尔米利

B.柯克帕特里克 M.H.博伊尔

E.K.舒尔特 B.费雷尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 严志军 谭祐祥

(51)Int.Cl.

B29C 70/30(2006.01)

(56)对比文件

CN 86104661 A,1986.12.31,

US 2009176066 A1,2009.07.09,

CN 1283149 A,2001.02.07,

FR 2718074 B1,1996.04.26,

审查员 贡东海

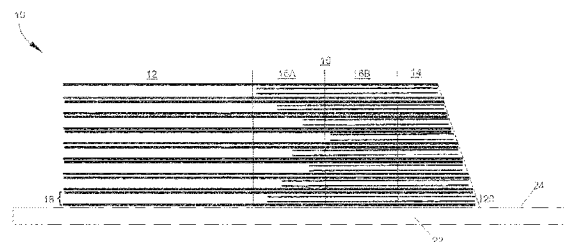
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

复合制品及其方法

(57)摘要

提供一种用于将复合制品形成为具有初级复合结构和整体的次级复合结构的方法,该次级复合结构从由初级复合结构所限定的平面延伸出来。该方法包括叠合第一层片以构造初级复合结构。第一层片包含连续强化材料且从将要限定初级复合结构的第一区延伸至将要限定次级复合结构的第二区中。在第一层片的叠合期间,额外层片与第一层片在第二区而不是在第一区内交错。额外层片源于在第一区和第二区之间的积聚区内,且从该积聚区延伸至第二区中。在使层片交错之后,积聚区变形以定向第二区且形成次级复合结构,次级复合结构从由第一层片的连续强化材料限定的平面延伸出来。



1. 一种将复合制品形成为具有初级复合结构和整体的次级复合结构的方法,所述次级复合结构从由所述初级复合结构内的连续强化材料限定的平面延伸出来,所述方法包括:

经由自动纤维放置机器来叠合由单独的非编织纤维或纤维束构成的第一层片以构造所述初级复合结构,所述第一层片包含所述连续强化材料且从将要限定所述初级复合结构的第一区延伸至将要限定所述次级复合结构的第二区中;

在所述第一层片的叠合期间,经由自动纤维放置机器来将由单独的非编织纤维或纤维束构成的额外的层片与第一层片在所述第二区内交错而不是在所述第一区内交错,以便所述第二区包含所述第一层片和额外层片两者,所述额外层片源于在所述第一区和第二区之间的积聚区内且从该积聚区延伸至所述第二区中,所述第一层片和额外层片两者以下述方式终止,也即所述第一层片和额外层片的端部限定端部表面;且然后

使所述积聚区和在其中交错的第一层片和额外层片在所述端部表面处变形,以定向所述第二区且使所述次级复合结构形成凸缘,所述凸缘从由所述第一层片的所述连续强化材料限定的所述平面延伸出来。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述连续强化材料包括单向纤维,且在所述第一层片的连续单独层片内的所述单向纤维具有不同的纤维定向角度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述额外层片包含第二连续强化材料。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述额外层片中的至少一个的所述第二连续强化材料具有与所述至少一个额外层片所交错的所述第一层片中的至少一个的所述连续强化材料不同的纤维定向角度。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述额外层片中的每一个在所述第一层片的单独层片内交错。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述额外层片包含第二连续强化材料,且所述额外层片中的至少一个的所述第二连续强化材料具有与所述至少一个额外层片所交错的所述第一层片中的一个的所述连续强化材料不同的纤维定向角度。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述额外层片相对于所述初级复合结构增加所述次级复合结构的厚度。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述额外层片源于所述积聚区内的不同位置,以便所述额外层片的端部在所述积聚区内交错,以最小化接合部区域中的应力集中,所述接合部区域由在所述初级复合结构和次级复合结构之间的所述积聚区限定。

9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一层片和额外层片具有终止在所述第二区内的不同位置处的端部,以便由所述第二区内的所述第一层片和额外层片限定的端部在叠合步骤之后斜切。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,由所述第二区内的所述第一层片和额外层片限定的端部限定端部表面,其大致平行于在所述变形步骤之后形成所述初级复合结构的所述第一层片。

11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述复合制品是聚合物基体复合制品。

12. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述复合制品是燃气涡轮发动机的风扇外壳,且所述整体的次级复合结构是所述风扇外壳的凸缘。

13. 一种复合制品,其具有通过根据权利要求1所述的方法形成的初级复合结构和整体

的次级复合结构。

14. 一种复合制品, 包括:

初级复合结构, 其包括连续强化材料; 以及

整体的次级复合结构, 其从由所述初级复合结构内的所述连续强化材料限定的平面延伸出来;

其中, 所述初级复合结构包括具有所述连续强化材料的由单独的非编织纤维或纤维束构成的第一层片, 且所述次级复合结构包括所述第一层片和由单独的非编织纤维或纤维束构成的额外层片, 所述额外层片源于在所述初级复合结构和所述次级复合结构之间的积聚区且从该积聚区延伸至所述次级复合结构中; 以及

其中, 所述第一层片和额外层片两者以下述方式终止, 也即所述第一层片和额外层片的端部限定端部表面, 以及所述次级复合结构形成从由所述第一层片的所述连续强化材料限定的所述平面延伸出来的凸缘。

15. 根据权利要求14所述的复合制品, 其特征在于, 所述连续强化材料包括单向纤维, 且在所述第一层片的连续单独层片内的所述单向纤维具有不同的纤维定向角度。

16. 根据权利要求14所述的复合制品, 其特征在于, 所述额外层片中的每一个在所述第一层片的单独层片内交错。

17. 根据权利要求16所述的复合制品, 其特征在于, 所述额外层片包含第二连续强化材料, 且所述额外层片中的至少一个的所述第二连续强化材料具有与所述至少一个额外层片所交错的所述第一层片中的一个的所述连续强化材料不同的纤维定向角度。

18. 根据权利要求14所述的复合制品, 其特征在于, 所述额外层片源于所述积聚区内的不同位置, 以便所述额外层片的端部在所述积聚区内交错, 以最小化接合部区域中的应力集中, 所述接合部区域由在所述初级复合结构和次级复合结构之间的所述积聚区限定。

19. 根据权利要求14所述的复合制品, 其特征在于, 所述复合制品是聚合物基体复合制品以及燃气涡轮发动机的风扇外壳, 且所述整体的次级复合结构是所述风扇外壳的凸缘。

20. 一种形成具有积聚区的复合制品的方法, 所述方法包括:

经由自动纤维放置机器来叠合由单独的非编织纤维或纤维束构成的第一层片以构造所述复合制品; 以及

在所述第一层片的叠合期间, 经由自动纤维放置机器来将由单独的非编织纤维或纤维束构成的额外层片与所述第一层片在所述积聚区交错, 以便所述积聚区包含所述第一层片和额外层片两者;

其中, 所述第一层片和额外层片两者以下述方式终止, 也即所述第一层片和额外层片的端部限定端部表面。

复合制品及其方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2012年4月28提交的美国临时专利No. 61/639,900的优先权,该申请的内容通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本申请大体涉及用于制作复合结构的方法。更具体地,本申请涉及将复合制品制作为具有整体复合次级结构,例如,用于涡轮机的复合外壳的整体凸缘。

背景技术

[0004] 复合材料大体包括嵌入基体材料的纤维状强化材料,其在聚合物复合材料的情形中为聚合物材料(聚合物基体复合物,或者PMC)。复合材料的纤维状强化物用作材料的次级成分,而基体材料保护强化物,维持其纤维的定向,且用于将载荷耗散至强化物。

[0005] 由于复合材料的耐用性和相对轻质,复合材料已在多种航空航天应用中使用得愈加普遍。具体但非限制的示例包括使用PMC材料用于飞行器燃气涡轮发动机的风扇外壳。虽然复合材料可提供出众的强度和重量特性,但是在由复合材料制作的结构上设计凸缘和其他次级特征提出了挑战。作为示例,由于连续强化纤维的存在,具有包含连续强化材料的层叠结构的复合结构能够表现出出众的面内(in-plane)强度。如本文中所用,连续强化材料指的是连续纤维或纤维束(丝束),其典型地在复合物的基体材料内定向为具有特定定向(单向),例如,平行于复合物上的载荷方向,相比之下,由短纤维制成的非连续纤维强化材料典型地随机分散在基体材料中。虽然包含连续纤维强化物的复合结构能够表现出出众的面内强度,但是从连续强化纤维的平面延伸出来的凸缘和其他次级结构在它们与初级复合结构的附接点或接合部处缺乏连续纤维。连续纤维的缺乏,以及由附接至凸缘所产生的显著面外载荷的可能性可导致相对较弱的附接接合部,其易于因增加的应力损害。虽然能够分离地制作凸缘,且然后利用补充强化结构(例如,额外的纤维或金属支架)将凸缘附接到初级复合结构,通过使用复合材料而可能实现的节约重量的利益可因此显著地减少。

[0006] 在燃气涡轮发动机的复合外壳的情形中,已经提出由纤维预成型设计构造的整体凸缘来解决在附接点处的结构弱点。然而,这种纤维预成型设计选项倾向于很受限制。在复合外壳的构造中使用的层片及复合外壳的整体凸缘典型地为限制纤维定向的编织或编结预成型物,且结果硬度和强度不容易优化。外壳内和凸缘本体内的纤维丝束之间交错的程度也典型地受限,从而导致对分层的有限抵抗。

[0007] 因此,需要改进的技术,通过该技术,复合结构可制作成具有整体的复合凸缘或其他次级复合结构,其中在其间的附接点处具有连续纤维。

发明内容

[0008] 本发明提供了一种用于制作复合制品的方法,该复合制品包括初级复合结构和至少一个整体的次级复合结构,例如,具有整体凸缘的复合外壳以及由其形成的复合制品,其

中,在初级复合结构和次级复合结构之间的附接区域内存在连续纤维。本发明还提供一种用于制作包括内部积聚区的复合制品的方法。

[0009] 根据本发明的第一方面,提供一种用于将复合制品形成具有初级复合结构和整体的次级复合结构的方法,该次级复合结构从由初级复合结构内的连续强化材料所限定的平面延伸出来。该方法包括叠合第一层片以构造初级复合结构。第一层片包含连续强化材料且从将要限定初级复合结构的第一区延伸至将要限定次级复合结构的第二区中。在第一层片的叠合期间,将额外层片与第一层片在第二区而不是在第一区内交错,以便第二区包含第一层片和额外层片两者。额外层片源于在第一区和第二区之间的积聚区内,且从该积聚区延伸至第二区中。在使层片交错之后,积聚区内交错的第一层片和额外层片变形以定向第二区且形成次级复合结构,该次级复合结构从由第一层片的连续强化材料所限定的平面延伸出来。

[0010] 根据本发明的第二方面,复合制品包括具有连续强化材料的初级复合结构和整体的次级复合结构,该次级复合结构从由初级复合结构内的连续强化材料限定的平面延伸出来。初级复合结构包括包含连续强化材料的第一层片,且次级复合结构包括第一层片和额外层片。额外层片源于在初级复合结构和次级复合结构之间的积聚区内,且从该积聚区延伸至次级复合结构中。

[0011] 根据本发明的第三方面,提供一种用于形成具有积聚区的复合制品的方法。该方法包括叠合第一层片以构造复合制品。在第一层片的叠合期间,将额外层片与第一层片在积聚区而不是在第一区内交错,以便积聚区包含第一层片和额外层片两者。

[0012] 本发明的技术效果是如下能力,即,将初级复合结构制作成具有整体的复合次级结构,其具有与初级复合结构相对较强的附接区域,而不会显著增加复合制品的重量。特别地,本文认为,通过提供带有初级复合结构内的连续强化材料的第一层片,将第一层片延续至次级复合结构中,且将额外层片与第一层片交错以形成次级复合结构,相比现有技术中已知的现有附接方法,所得的复合制品能够表现出在第一和第二复合结构之间增强的接合部强度。

[0013] 本发明的其他方面和优点将从以下详细描述中更好地理解。

附图说明

[0014] 图1是根据本发明的方面表示复合制品的单独层片的示意截面视图。

[0015] 图2是表示可合并到图1的预备复合制品的积聚和凸缘区的不同层片定向的示意视图。

[0016] 图3是根据本发明的方面表示复合制品的单独层片的示意截面视图。

具体实施方式

[0017] 将关于用于生成复合制品的过程来描述本发明,复合制品由纤维强化层叠材料形成包括初级复合结构,其合并至少一个整体的次级复合结构。次级复合结构从由初级复合结构内的连续强化材料限定的平面延伸出来。虽然各种应用是可预见且可能的,但是特别感兴趣的应用包括要求相对轻质构件的应用,例如,燃气涡轮构件,包括飞行器燃气涡轮发动机。特别感兴趣的是带有整体复合凸缘的复合制品,例如,飞行器燃气涡轮发动机的风

扇外壳。其他可能的次级结构可包括,但是不限于,外壳结构上的整体的加强环和结构隔板。

[0018] 虽然本发明的教导可延伸以应用于各种复合材料,但是特别感兴趣的是PMC材料。而且,虽然本发明可使用宽范围的纤维强化层叠材料,但是被认为是本发明特别感兴趣的层叠材料包含由以下一种或多种纤维所形成的连续强化材料:玻璃纤维、石墨纤维、碳纤维、陶瓷纤维、芳香族聚酰胺纤维,诸如聚对苯二甲酰对苯二胺纤维(即,KEVLAR®)。连续强化材料的纤维可呈现为单独纤维,或者更优选地,纤维束(丝束),其在本文中指连续强化纤维的未捻丝的束。

[0019] 为了制作PMC材料,层叠材料还包括液体树脂,其在树脂固化或凝固后,将形成用于最终复合制品内的强化材料的固体基体材料。树脂可大体分为热固性材料和热塑性材料。热塑性树脂大体归类为如下聚合物,其可由于物理变化而不是化学变化,重复地在加热时软化和流动,且当充分冷却时硬化。可用于本发明的热塑性树脂的显著示例类别包括尼龙、热塑性聚酯、聚芳基甲酮以及聚碳酸酯树脂。已考虑用于航空航天应用的高性能热塑性树脂的具体示例包括聚醚醚酮(PEEK)、聚醚酮酮(PEKK)、聚醚酰亚胺(PEI)以及聚苯硫(PPS)。相比之下,一旦完全固化成硬的刚性固体,当加热时,热固性树脂不再经历显著的软化,相反,当充分加热时热分解。已考虑用于航空航天应用的高性能热固性树脂的显著示例包括环氧树脂和聚酯树脂。

[0020] 根据本发明的优选方面,初级复合结构可制作成具有整体次级结构,其至少部分由源于初级复合结构的本体内的连续强化材料的连续纤维或纤维束(丝束)限定。包括多个预浸层片的纤维强化层叠材料(结构)可叠合以构造初级复合结构,预浸层片包含连续纤维或纤维束。如本文中所引用的,层片是包含连续强化材料的单独层,且其能够提供表面区域的完全覆盖,例如,层叠材料的底层层片。初级复合结构的连续层片内的连续强化材料具有不同的纤维定向角度。在叠合之后,在初级复合结构的一端处的层片形成为从层片(及其连续强化材料)的平面向外以限定次级结构。

[0021] 次级结构还构造为包含额外的预浸层片,其与来自初级复合结构的层片交错。次级结构的额外层片还包含连续强化材料。次级结构的额外层片可具有相对于邻近层片的相同纤维定向,邻近层片来自与额外层片交错的初级复合结构。为了提升次级结构和其到初级结构的附接的硬度和/或强度,第二结构的额外层片优选地具有相对于与额外层片交错的初级复合结构的每个邻近层片的不同的纤维定向角度。形成次级结构的额外层片的厚度还可定制以增加次级结构的厚度。这些额外层片还可相对于次级结构源于初级结构内的不同位置,从而导致额外层片的端部交错以最小化应力集中。初级复合结构和其次级复合结构的积聚可通过直接将单独纤维或纤维束的层片沉积到工具表面上而制作,例如,通过使用自动纤维放置机器以及绕丝机器。这些机器允许纤维束以各种纤维定向以及利用各种交错程度的经济放置。

[0022] 图1示意性地表示上文所述类型的预备复合结构10,其中,壳体层片18标识壳体区12内的第一组层片,其将要限定初级复合结构的至少一部分,且凸缘区14内的壳体层片18的部分将形成为从壳体层片18的平面出来,以限定次级复合结构,例如,凸缘。积聚区16限定在壳体区12与凸缘区14之间,在积聚区16内,壳体层片18将变形(未示出)以导致壳体层片18在凸缘区14内的部分定向为从平面出来,例如,垂直于壳体区12(且因此,壳体区12内

的初级复合结构)。图1表示叠合在工具22的表面24上的层片18。

[0023] 如图1中显而易见地,积聚区16包括渐缩区16A和均匀厚度区16B。凸缘区14和积聚区16包含额外的积聚层片(层)20,其与壳体层片18交错,在图1中可见,壳体层片18在壳体区12和凸缘区14的整个延伸部中是连续的。与本领域中已知的传统技术不同,一个或多个积聚层片20表示为优选地在每个单独壳体层片18内部而不是在两个相邻壳体层片18之间交错。积聚层片20在图1中表示为源于积聚区16的渐缩区16A内的不同位置,优选地为了获得积聚区16的均匀厚度区16B内以及凸缘区14内的大致均匀厚度。凸缘区14内的连续壳体层片18以及交错的积聚层片20的端部优选地斜切或另外以图1中所示的方式终止,以便,在从凸缘区14内的层片18和20形成次级复合结构后,形成次级复合结构的层片18和20的端部将要限定端部表面,其大致平行于工具22的表面24,预备复合结构10在表面24上制作。斜切凸缘区14内的层片18和20允许连续强化材料(纤维或纤维束)更靠近工具表面24,不管是壳体层片18或积聚层片20在变弯时具有更大的弯曲半径,且在更远离工具表面24时与层片18和20的端部齐平。

[0024] 图2示意性地表示不同的层片定向可通过交错壳体层片18和积聚层片20合并入凸缘区14和积聚区16、以促进次级复合结构(由凸缘区14限定)及其到初级复合结构(由壳体区12限定)的附接(由积聚区16限定)的强度的方式。在示例中,具有 β - β 纤维定向的积聚层片20在壳体层片18内在具有 θ - θ 和 α - α 纤维定向的纤维之间交错,以导致图2中在右手端处表示的纤维定向的组合。

[0025] 合适的纤维直径、束直径以及壳体层片18和积聚层片20的连续强化材料内的中心到中心纤维/束间隔将取决于具体应用、层片18和20的厚度以及其他因素。在本发明的具体实施例中,在壳体层片18和积聚层片20中每英寸使用大约一个到大约八个纤维束(大约2.5到20cm),以构造预备复合结构10,且每个纤维束可包括从大约6000到大约48000个纤维丝。虽然这些纤维丝可具有任意厚度,在具体实施例中,纤维丝的厚度可为从大约0.003到大约0.010英寸(大约0.075到大约0.25mm)的厚度。

[0026] 一旦层片18和20叠合在工具表面24上,次级复合结构可通过使在其中的积聚区16和层片18和20的部分变形而形成,以使得凸缘区14定向为从壳体区12和在其中的层片18的平面出来,之后预备复合结构10可压实和固化。本领域技术人员将理解如何基于如所使用的部分尺寸和树脂的这类因素来确定适宜的压实和最终固化参数。在最终固化的末尾处,工具22可移除以生成所得的PMC制品,包括如上所述的初级复合结构和次级复合结构。

[0027] 从上文中可见,应当理解以上文所述的方式制作的整体凸缘(或其他次级结构)能够比分离地形成且然后栓接或结合到复合外壳(或其他初级结构)上的凸缘在重量上更轻。凸缘内的纤维束的大部分可为连续纤维,其源于外壳内,从而比包含非连续纤维的构造提供更高的载荷承载能力。而且,由具有各种纤维定向和各种交错程度的单独纤维束构造的凸缘能够比如果使用织物预成型片(例如,编织或编结)所可能的提供更大的设计灵活性。额外的优点是单独纤维束可利用自动机器沉积,从而相比依赖于手动叠合的过程减少制作成本。

[0028] 根据本发明的备选实施例,具有壳体层片18的预备复合结构10可通过上述过程形成,以包括局部积聚(加厚)区16,在图3中表示。虽然预备复合结构10不像在先前实施例中形成次级结构,可预见在一些应用中,例如当结构要求开孔或需要改进的刚度时,仍可期望

具有积聚区16。局部积聚区16包括两个渐缩区16A和均匀厚度区16B。

[0029] 虽然已关于具体实施例描述了本发明,但是显而易见可由本领域技术人员采用其他形式。例如,初级和/或次级复合结构的物理构型可与所示的不同,且可使用不同于所记录的材料或过程的那些。因此,本发明的范围仅由所附权利要求限制。

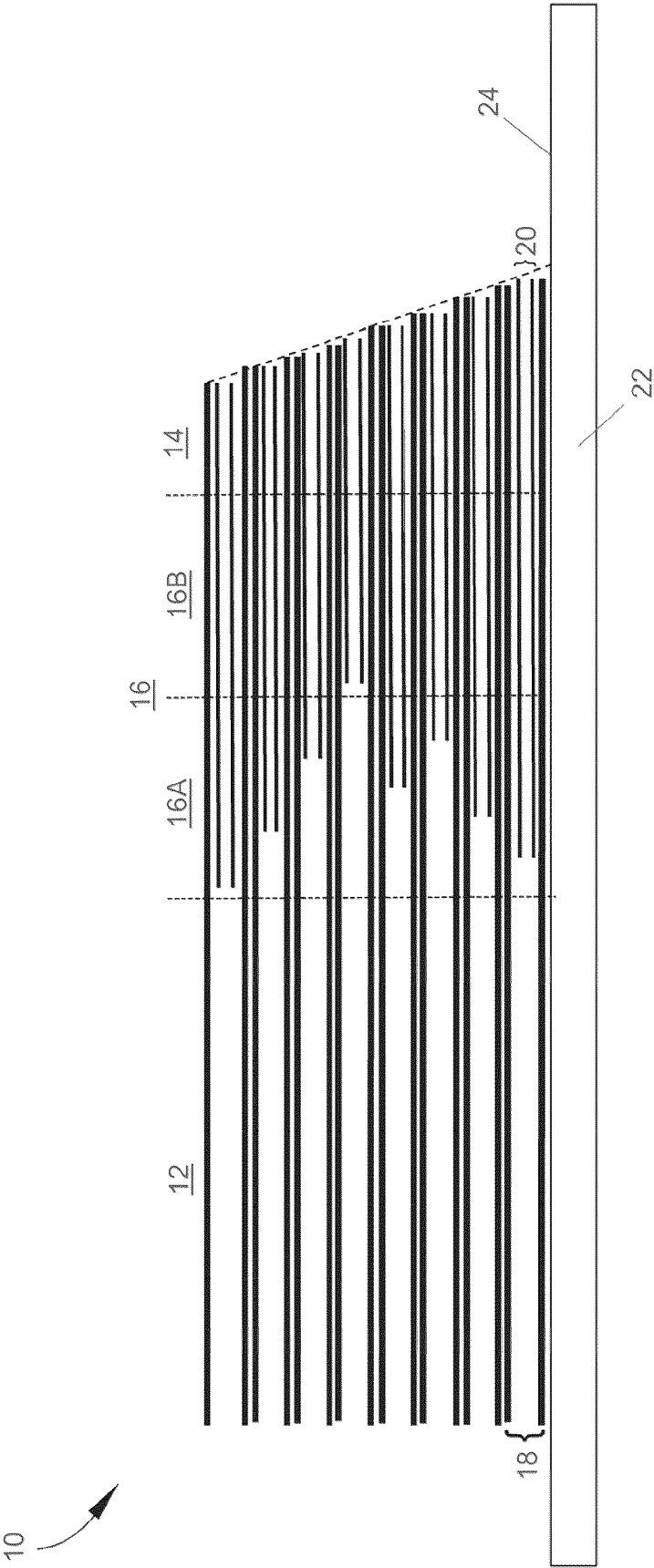


图 1

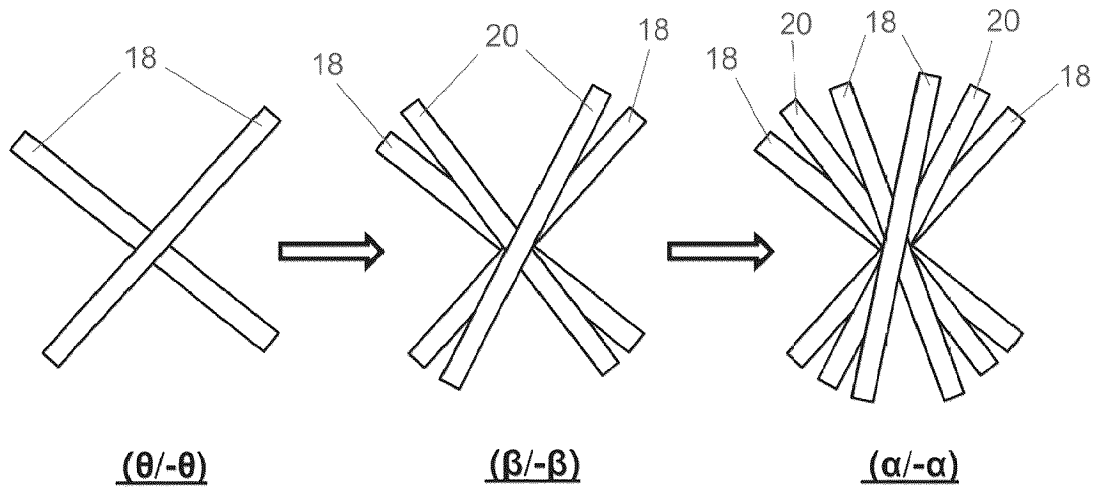


图 2

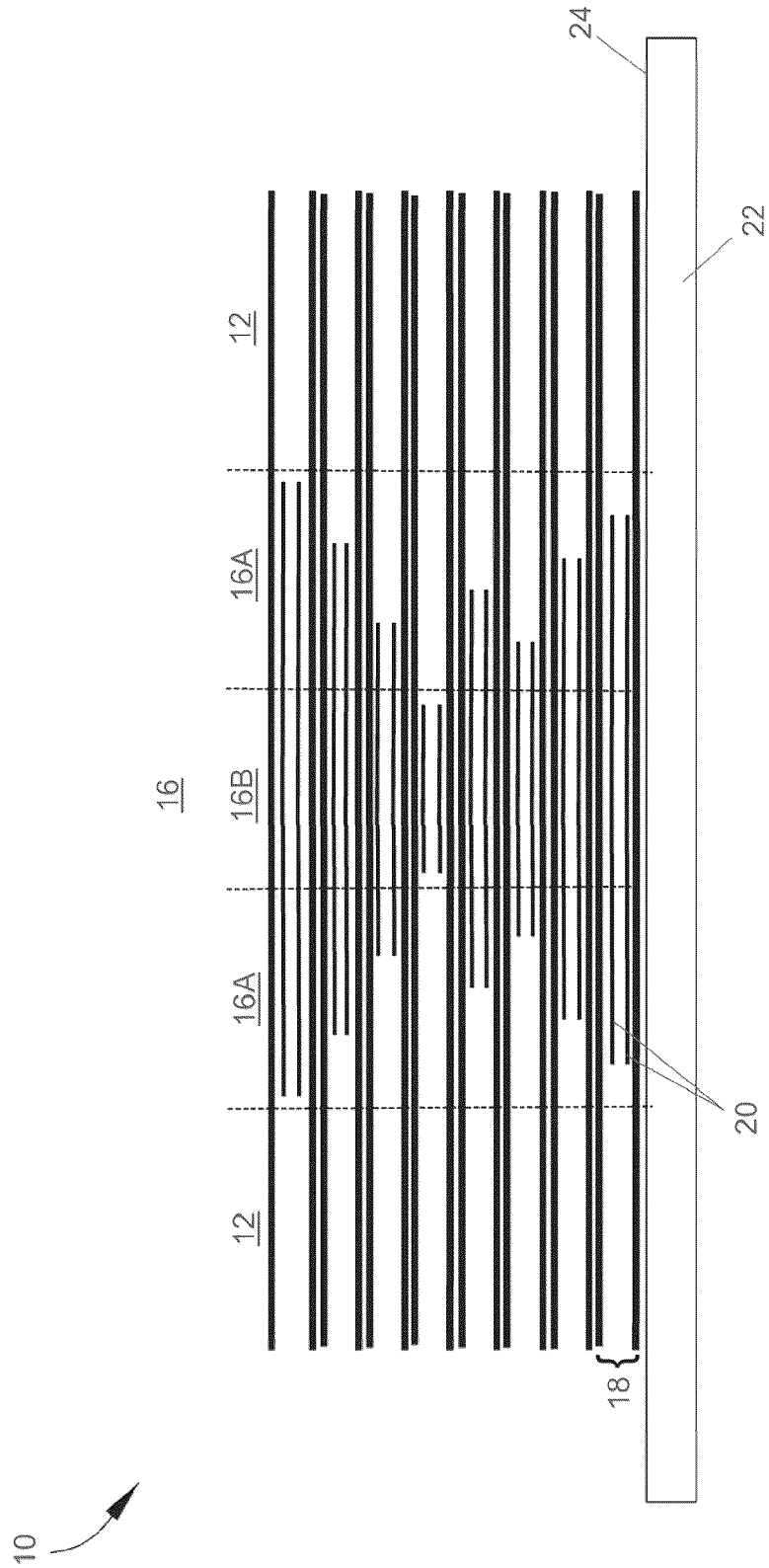


图 3