



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105619905 B

(45)授权公告日 2019.08.13

(21)申请号 201510825045.7

(22)申请日 2015.11.24

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105619905 A

(43)申请公布日 2016.06.01

(30)优先权数据  
14/553,553 2014.11.25 US

(73)专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺斯州

(72)发明人 马克·斯图尔特·威伦斯基  
凯尔茜·玛丽·赫尔利

(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 梁丽超 王红艳

(51)Int.Cl.

B32B 5/02(2006.01)

B32B 7/04(2019.01)

B32B 37/14(2006.01)

(56)对比文件

EP 0327142 A2, 1989.08.09, 第3页20-40  
行, 第4页57行-第5页5行, 第7页53行-第8页25  
行, 第8页26行-50行.

US 2010/0086764 A1, 2010.04.08, 说明书  
全文.

US 2012/0156422 A1, 2012.06.21, 说明书  
全文.

US 2014/0163139 A1, 2014.06.12, 说明书  
全文.

审查员 马晨

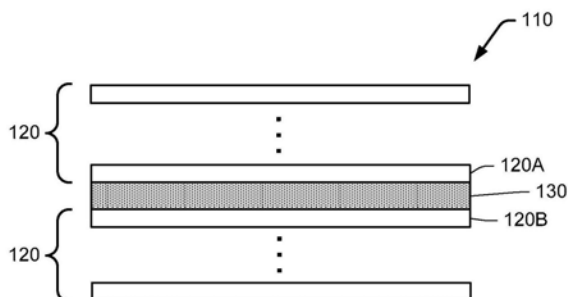
权利要求书2页 说明书5页 附图9页

(54)发明名称

包括具有融合于纤维层的贯穿面区域的夹层的复合层压体

(57)摘要

本发明涉及包括具有融合于纤维层的贯穿面区域的夹层的复合层压体。复合层压体包括第一和第二纤维层以及纤维层之间的夹层。夹层包括在纤维层之间延伸并且融合于纤维层的增韧区域。



1. 一种复合层压体,包括:

第一纤维层和第二纤维层;以及

所述第一纤维层和所述第二纤维层之间的夹层,所述夹层包括在所述第一纤维层和所述第二纤维层之间延伸并且融合于所述第一纤维层和所述第二纤维层的增韧区域,

其中,所述夹层包括第一部分和第二部分,并且所述第一部分被融合于所述第一纤维层,所述第二部分被融合于所述第二纤维层,

其中,所述第一部分和所述第二部分的每个部分包括不溶热塑性薄膜和在所述不溶热塑性薄膜上的可溶热塑性薄膜,其中,每个不溶热塑性薄膜被融合于其纤维层,其中,所述第一纤维层和所述第二纤维层包括经由所述不溶热塑性薄膜和所述可溶热塑性薄膜中的通孔被注入的基质树脂;并且其中,所述第一纤维层和所述第二纤维层使所述可溶热塑性薄膜接触而堆叠。

2. 根据权利要求1所述的层压体,其中,所述增韧区域沿贯穿面方向是连续的而沿面内方向是不连续的。

3. 根据权利要求1所述的层压体,其中,所述第一纤维层和所述第二纤维层包括嵌入基质树脂中的增强纤维;并且其中,所述增韧区域由比所述基质树脂抗裂纹扩展力更强的材料制成。

4. 根据权利要求3所述的层压体,其中,所述基质树脂的组分包括热固树脂。

5. 根据权利要求1所述的层压体,其中,所述增韧区域机械地互锁至所述第一纤维层和所述第二纤维层。

6. 根据权利要求1所述的层压体,其中,所述增韧区域键合至所述第一纤维层和所述第二纤维层。

7. 根据权利要求1所述的层压体,其中,所述夹层被图案化以提供具有不同的抗裂纹扩展等级的多个部分,不同部分具有增韧区域的不同空间密度和增韧区域的不同的组分中的至少一个。

8. 一种包括制造复合层压体的方法,包括将夹层的多个热塑性区域融合于相邻的干的第一纤维层和第二纤维层,

其中,所述夹层包括第一部分和第二部分,并且所述第一部分被融合于所述第一纤维层,所述第二部分被融合于所述第二纤维层,

其中,所述第一部分和所述第二部分的每个部分包括不溶热塑性薄膜和在所述不溶热塑性薄膜上的可溶热塑性薄膜,其中,每个不溶热塑性薄膜被融合于其纤维层,其中,基质树脂经由所述不溶热塑性薄膜和所述可溶热塑性薄膜中的通孔被注入到所述第一纤维层和所述第二纤维层中;并且其中,所述第一纤维层和所述第二纤维层使所述可溶热塑性薄膜接触而堆叠。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,制造所述复合层压体进一步包括在融合所述热塑性区域之后将基质树脂添加至所述纤维层,并且然后固化所述基质树脂。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述第一纤维层和所述第二纤维层在所述融合之后但是在所述堆叠之前浸渍基质树脂。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,制造所述复合层压体进一步包括固化叠层,从而所述夹层的所述第一部分和所述第二部分融合在一起。

12. 根据权利要求8所述的方法, 进一步包括固化叠层, 从而所述可溶热塑性薄膜与所述基质树脂共混。

13. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 所述第一部分包括融合于所述第一纤维层的第一热塑性粒子, 并且所述第二部分包括融合于所述第二纤维层的第二热塑性粒子; 并且其中, 当所述第一纤维层和所述第二纤维层堆叠时所述第一热塑性粒子和所述第二热塑性粒子中的至少一些接触。

14. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 所述第一部分包括融合于所述第一纤维层的第一热塑性细丝, 并且所述第二部分包括融合于所述第二纤维层的第二热塑性细丝; 并且其中, 当所述第一纤维层和所述第二纤维层堆叠时所述第一热塑性细丝和第二热塑性细丝接触。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中, 所述第一热塑性细丝和所述第一纤维层以第一角度定向, 并且所述第二热塑性细丝和所述第二纤维层以第二角度定向。

## 包括具有融合于纤维层的贯穿面区域的夹层的复合层压体

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种复合层压体和制造复合层压体的方法,更具体地,涉及包括具有融合于纤维层的贯穿面区域的夹层的复合层压体。

### 背景技术

[0002] 对复合层压体的冲击可以导致出现裂纹并且使裂纹在层压体的纤维层中或者纤维层之间扩展(propagate,传播)。该裂纹可由I型裂纹、II型裂纹和III型裂纹表征。

[0003] 纤维层之间的夹层可用于阻止I型裂纹、II型裂纹和III型裂纹的扩展。例如,该夹层可包括具有高热塑性含量(high thermoplastic content)的热塑性球体或者树脂。

### 发明内容

[0004] 根据本文中的实施方式,一种复合层压体,包括第一和第二纤维层以及纤维层之间的夹层。夹层包括在纤维层之间延伸并且融合于纤维层的增韧区域。

[0005] 根据本文中的另一实施方式,一种包括制造复合层压体的方法,包括将相邻的干的纤维层的夹层的多个热塑性区域融合。

[0006] 这些特征和功能可以在各种实施方式中独立地实现或者可组合在其他实施方式中。参考以下描述和附图可以了解实施方式的更多细节。

### 附图说明

[0007] 图1是包括第一和第二纤维层以及纤维层之间的夹层的复合层压体的示意图。

[0008] 图2A是具有机械地与相邻纤维层互锁的增韧区域的夹层的示意图。

[0009] 图2B是具有键合至相邻纤维层的增韧区域的夹层的示意图。

[0010] 图3A和图3B是关于I型裂纹和II型裂纹的夹层中的增韧区域的示意图。

[0011] 图4是制造包括具有增韧区域的夹层的复合层压体的一般方法的示意图。

[0012] 图5是制造包括具有增韧区域的夹层的复合层压体的方法的实例的示意图。

[0013] 图6是制造包括由部分可溶的热塑性薄膜和不溶热塑性薄膜形成的夹层的复合层压体的方法的示意图。

[0014] 图7是制造包括由热塑性材料的粒子形成的夹层的复合层压体的方法的示意图。

[0015] 图8是制造包括由热塑性材料的细丝形成的夹层的复合层压体的方法的示意图。

[0016] 图9A和图9B是包括以不同角度定向的细丝的第一和第二层的夹层的示意图。

[0017] 图10是具有被图案化用于选择性韧性的夹层的复合层压体的示意图。

### 具体实施方式

[0018] 参照图1,复合层压体110包括多个纤维层120(fiber bed)。纤维层120包含一行或多行纤维介质。作为第一实例,纤维层120包括一行或多行连续的单向增强纤维。作为第二实例,纤维层120包括具有不同定向的连续的增强纤维的织纹。作为第三实例,纤维层120包

括随机垫(簇团,mat),它的增强纤维是不连续的、随机定向的并且重叠的。

[0019] 在一些配置中,所有纤维层120中的所有增强纤维沿相同方向延伸。在其他配置中,一些纤维层120的增强纤维与其他纤维层120的增强纤维沿不同的方向延伸。例如,复合层压体110可包括具有相对于参考方向以零度定向的纤维的一个或多个纤维层120,并且一个或多个纤维层120具有相对于参考方向以非零度角度(例如,45度、90度)定向的纤维。

[0020] 复合层压体110的不同纤维层120可具有相同类型的纤维或者不同类型的纤维。纤维类型可根据大小、模数、组分等而不同。

[0021] 增强纤维被嵌入基质中。不同纤维层120可具有相同的基质组分或者不同的组分。

[0022] 复合层压体110进一步包括至少一个夹层130(尽管仅示出了一个夹层130,但是复合层压体110可包括至少一个另外的夹层130)。夹层130位于两个相邻的纤维层120之间,这两个相邻的纤维层120将称为第一纤维层120A和第二纤维层120B。

[0023] 另外参考图2A和图2B,这两个附图示出了第一纤维层120A和第二纤维层120B的细节。每个纤维层120A和纤维层120B均包括嵌入基质(matrix)124中的增强纤维122。

[0024] 图2A和图2B也示出了夹层130的细节。夹层130包括在相邻的第一纤维层120A和第二纤维层120B之间(即,桥)沿贯穿面(through-plane)方向延伸的增韧区域(toughened region)132。增韧区域132沿贯穿面方向是连续的。在一些配置中,增韧区域132沿面内方向是不连续的(图2A和图2B都示出了沿面内方向不连续的增韧区域132)。在以下描述的一些配置(例如,由熔融粒子形成的增韧区域132以及由重叠的细丝形成的增韧区域132)中,增韧区域132可具有大约几微米的大小至大约几毫米的大小。在以下描述的其他配置(例如,由薄膜形成的增韧区域132)中,增韧区域132可以是基本上较大并且它们甚至可以是连续的。

[0025] 增韧区域132表现为“增韧”的特征,因为它们由比基质124抗裂纹扩展力更强的材料制成。韧性是在抗裂纹扩展中可以被吸收的能量的度量。韧性可由GI和GII特性表征。作为第一实例,基质124的组分是热固树脂,并且增韧区域132的组分是热塑性材料。

[0026] 增韧区域132被融合于纤维层120A和120B。即,每个增韧区域132具有分别融合于第一纤维层120A和第二纤维层120B的第一端和第二端。

[0027] 图2A示出了其中通过机械互锁融合的增韧区域132的配置。增韧区域132的相对端与第一纤维层120A和第二纤维层120B机械互锁。增韧区域132可渗入纤维层120A和120B并且围绕增强纤维122移动。例如,增韧区域132的热塑性材料可填充纤维层120A和120B的增强纤维122之间的空间。

[0028] 图2B示出了其中通过键合融合的增韧区域132的构造。增韧区域132的相对端键合至第一纤维层120A和第二纤维层120B。该键合可以是共价或者非共价(例如,氢键合)。

[0029] 增韧区域132可阻止贯穿面裂纹通过夹层130扩展。增韧区域132可阻止面内I型裂纹和面内II型裂纹的扩展。面内I型裂纹和面内II型裂纹包括沿着纤维层120边缘的裂纹(即,夹层130处的纤维-基质界面),和穿过纤维层120的中心的裂纹。

[0030] 申请人发现,将增韧区域132融合于纤维层120改善了关于面内裂纹的I型和II型性能。融合的增韧区域132在阻止面内裂纹扩展方面似乎比未融合的增韧区域好。

[0031] 图3A示出了面内I型裂纹,其中,张应力(T)垂直于裂纹的平面。图3B示出了面内II型裂纹,其中,剪应力(S)平行于裂纹的平面并且垂直于裂纹前缘。增韧区域132吸收能量并

且从而阻止裂纹扩展,从而改善了复合层压体110的I型和II型性能。因此,增韧区域提高了层间韧性和冲击性能。

[0032] 增韧区域132不局限于任何特定的配置。以下将结合制造复合层压体110的不同方法描述一些配置。这些配置包括由粒子形成的增韧区域132、由细丝形成的增韧区域132以及由薄膜形成的增韧区域132。

[0033] 参考图4,示出了制造复合层压体的一般方法。在框410处,夹层的多个增韧区域融合于干纤维层。增韧区域键合至它们的纤维层和/或与它们的纤维层机械互锁。

[0034] 在框420处,在融合之后将基质树脂(matrix resin)添加至纤维层。即,纤维层浸渍基质树脂。

[0035] 在框430处,执行固化。由于固化,纤维层的增强纤维嵌入基质中。增韧区域比基质抗裂纹扩展力更强。

[0036] 申请人已经发现融合于树脂-浸渍的纤维层是无效的。因此,在干纤维层上执行融合,并且在融合之后干纤维层浸渍树脂。此外,在固化之前融合降低了纤维层变形。弯曲或者以其他方式使增强纤维变形可降低复合层压体的强度。在固化期间,由热塑性材料制成的增韧区域可变得柔软,并且因此,将不会推压纤维层而明显移动增强纤维。

[0037] 夹层的形成也可对纤维弯曲产生效果。例如,薄膜是平坦的并且将在固化期间施加均匀压力,导致最小的纤维层变形。

[0038] 图4的方法可通过形成干纤维层和夹层的叠层,将增韧区域融合于它们相邻的干纤维层,将叠层浸渍于基质树脂,并且固化该叠层来实现。然而,图5示出了不同的实现方式。

[0039] 参照图5,夹层由第一和第二部分形成。在框510处,第一部分融合于第一纤维层,并且第二部分融合于第二纤维层。在框520中,基质树脂添加至第一和第二纤维层。

[0040] 在框530处,形成具有第一和第二纤维层的叠层。第一和第二纤维层相邻,它们的融合部分接触。即,第一夹层部分与第二夹层部分接触。

[0041] 该叠层可包括多个另外的纤维层。该叠层也可包括另外的夹层。

[0042] 在框540处,固化该叠层。在固化期间,第一和第二夹层部分融合在一起。

[0043] 图6示出了由第一和第二部分形成的夹层的实例。每个夹层部分600包括至少一个部分可溶的热塑性薄膜614和不溶薄膜612。

[0044] 在框610处,夹层部分600位于纤维层120A上,不溶薄膜612在纤维层120A上,并且部分可溶的热塑性薄膜614在不溶薄膜612上。这两个薄膜612和614具有对齐的通孔616。

[0045] 在框620处,不溶薄膜612融合于其干纤维层120A。通过热轧辊或者其他源可施加热量和压力。通过红外线加热器或者其他源施加没有压力的热量。

[0046] 在框630处,纤维层120A浸渍基质树脂632。基质树脂632可置于部分可溶的薄膜614上并且迫使进入通孔616中并进入纤维层120A中。

[0047] 对第二纤维层120B重复框610至框630。

[0048] 在框640处,形成未固化的叠层642。第一纤维层120A和第二纤维层120B使部分可溶的热塑性薄膜614接触而堆叠在一起。另外的纤维层和夹层(未示出)可添加至叠层642。在该阶段,准备固化叠层642。

[0049] 在框650处,固化该叠层以产生复合层压体110。在固化期间,部分可溶的薄膜614

与基质树脂632共混。因此,每个不溶薄膜612形成高热塑性含量的区域,并且每个部分可溶的薄膜614形成较低的热塑性含量的周围区域。

[0050] 通过不溶薄膜612和部分可溶的薄膜614的厚度控制夹层厚度。部分可溶的薄膜614溶解得越多,夹层130将越薄。

[0051] 在另一实例中,可以省去部分可溶的薄膜。只有不溶薄膜形成在干纤维层上,不溶薄膜融合于它们的干纤维层,干纤维层浸渍基质树脂,形成叠层,并且固化该叠层。浸渍的基质树脂的薄层可形成两个不溶薄膜之间的键合,从而形成连续的增韧区域。

[0052] 参照图7,示出了包括热塑性材料的粒子的夹层的实例。在框710处,热塑性粒子被涂覆至第一和第二干纤维层的每一个的表面。可通过在溶剂中分散粒子,将溶剂涂覆至每个纤维层的两个表面,并且晾干溶剂来涂覆粒子。或者,可通过粉末喷涂法或者静电沉积来涂覆粒子。

[0053] 在框720处,粒子融合于它们的第一和第二纤维层。通过热轧辊可施加热量和压力。通过红外线加热器或者其他电源施加没有压力的热量。

[0054] 在框730处,基质树脂被涂覆至第一和第二纤维层。

[0055] 在框740处,形成未固化的叠层。第一和第二纤维层使融合于第一纤维层的至少一些粒子与融合于第二纤维层的粒子接触而堆叠在一起。

[0056] 该叠层可包括另外的纤维层。另外的纤维层可预浸渍基质树脂,或者基质树脂可在堆叠起来之后浸渍树脂。

[0057] 在框750处,固化该叠层。在固化期间,第一和第二纤维层的接触粒子融合在一起。

[0058] 参照图8,示出了包括热塑性材料的细丝的夹层的实例。在框810处,一层或多层热塑性细丝沉积在第一和第二干纤维层的每一个上。细丝可以纱的形式,或者它们可沉积为单丝。第一纤维层上的细丝的角度可与第二纤维层上的细丝不同。

[0059] 在框820处,细丝融合于它们相应的纤维层。在框830处,第一和第二纤维层浸渍基质树脂。基质树脂也可填充夹层中的细丝之间的空间。

[0060] 在框840处,形成叠层。第一和第二纤维层使第一纤维层上的细丝与第二纤维层上的细丝接触而堆叠。该叠层可包括另外的纤维层和夹层。

[0061] 在框850处,固化该叠层。在相对的第一和第二纤维层上的细丝在它们接触的点处融合在一起。

[0062] 图9A示出了其中第一纤维层120A上的细丝910以0度定向,以及第二纤维层120B上的细丝920以不同角度(例如,45度)定向的实例。图9B示出了细丝910和920在它们接触的点930处融合在一起。纤维层120A和120B可与它们的细丝910和920具有相同的定向。因此,在图9A的实例中,第一纤维层120A可以0度定向,并且第二纤维层120B可以不同角度定向。

[0063] 在另一实例中,单层热塑性纱可在纤维层之间融合。

[0064] 在上述每一个实例中,可调整夹层的特征。可根据大小和组分来调整夹层特征。由薄膜形成的增韧区域可根据不溶薄膜的厚度和组分以及部分可溶薄膜的溶解度进行调整。

[0065] 夹层特征也可根据增韧区域的空间密度(空间密度是指每单位面积的粒子或者细丝的数量)和/或增韧区域的不同组分进行调整。

[0066] 夹层可被图案化以提供不同程度的韧性。考虑图10中的实例。图10示出了夹层130的许多可能的图案中的一个:棋盘状图案。至于图10的夹层130,较暗部分1010表示高密度

的增韧区域,并且较亮部分1020表示低密度的增韧区域。较暗部分1010提供最大的韧性,而较亮部分1020提供较小的韧性。

[0067] 图10示出了具有矩形形状的部分1010和1020。其他形状包括但不限于正方形、菱形、圆形和矩形。

[0068] 图10示出了大约百分之五十的较暗(高密度)部分1010,以及百分之五十的较亮(低密度)部分1020。然而,该图案不限于相等比例的两个不同的密度。其他图案可具有不同相对百分比的密度。其他图案可具有多于两个不同的密度。其他图案可提供递进程度的密度。

[0069] 不同的增韧区域可通过使用不同材料的可溶涂层的由不同的组分制成。不同涂层可具有不同的固有韧性值。具有较高韧性的夹层部分可通过使用具有较坚韧的涂层的较高密度的细丝或者粒子形成。

[0070] 一些图案可具有也根据模量和/或强度调整的部分。例如,夹层可包括高强度部分、较低强度和高韧性部分的图案。

[0071] 在一些图案中,一部分可嵌入其他部分内。例如,高韧性部分可由可邻近于低强度部分的高强度部分围绕。



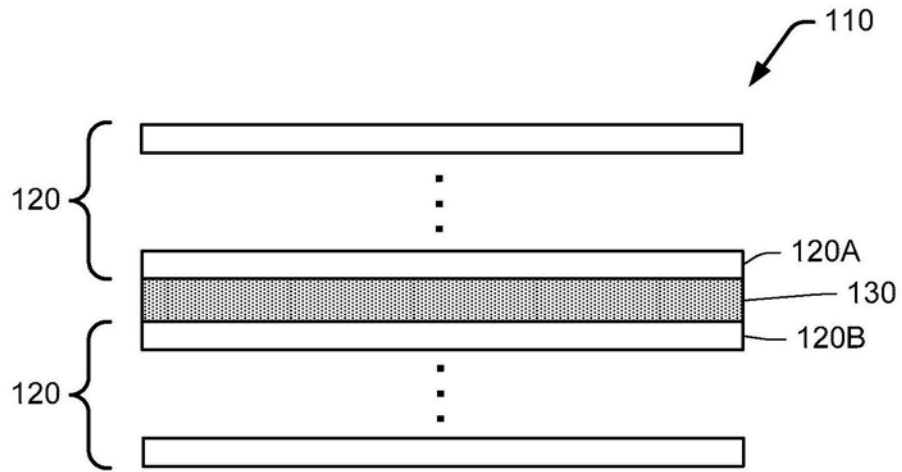


图1

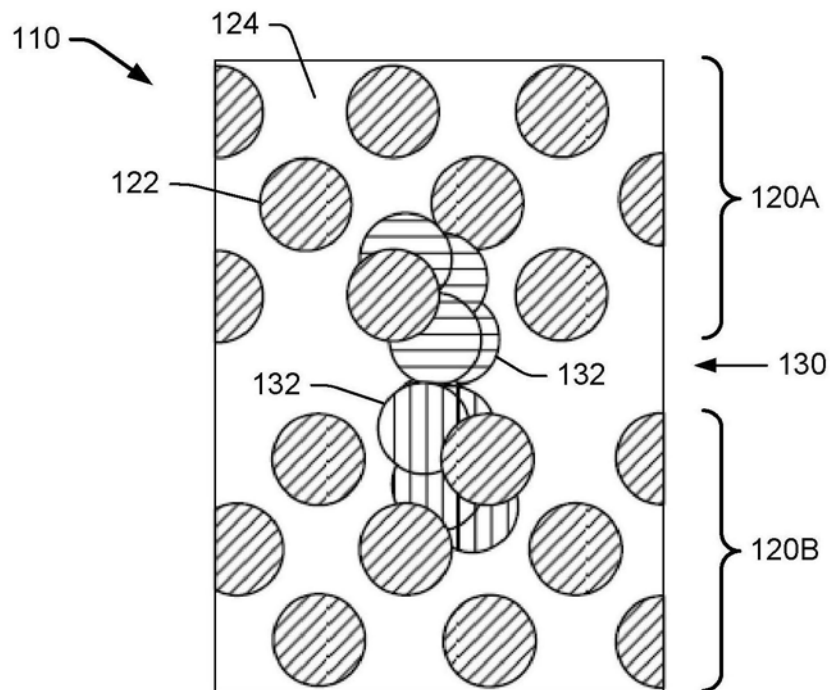


图2A

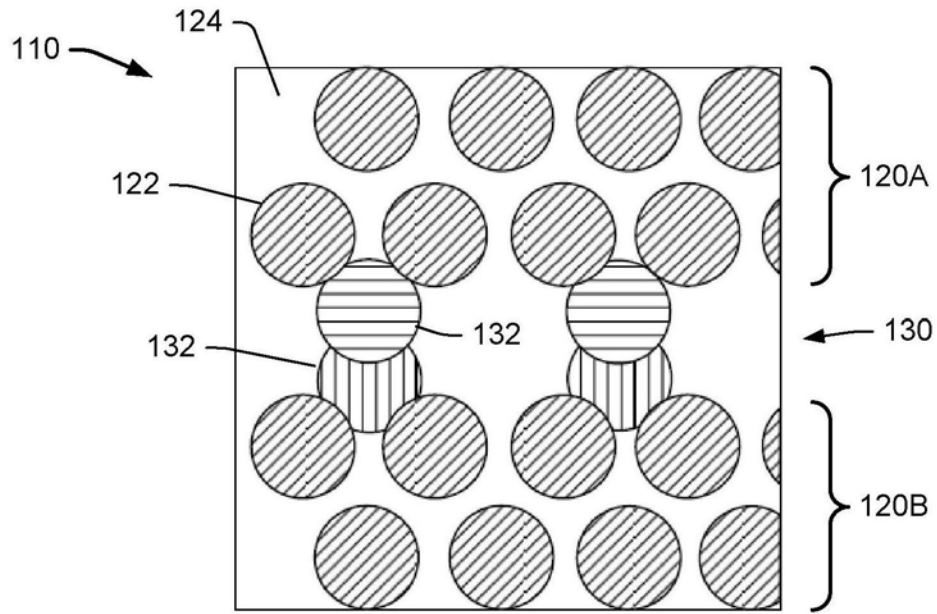


图2B

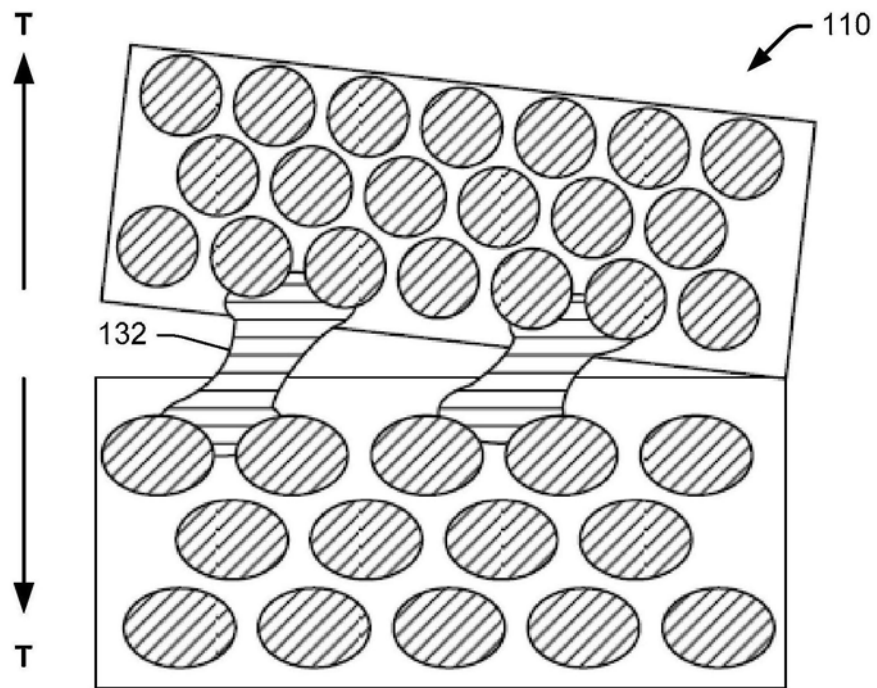


图3A

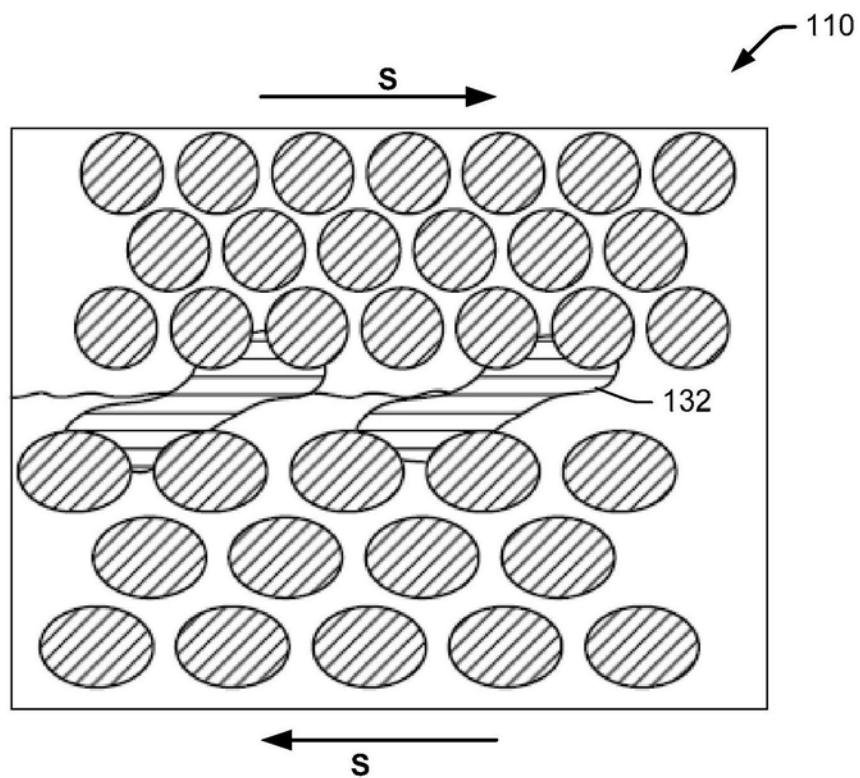


图3B

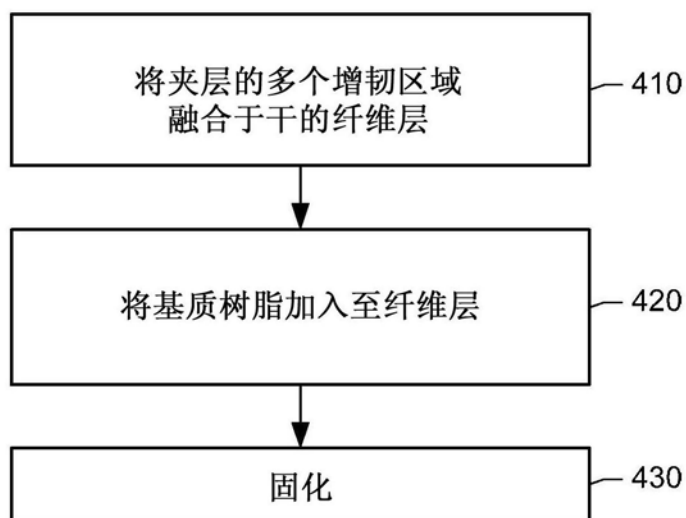


图4

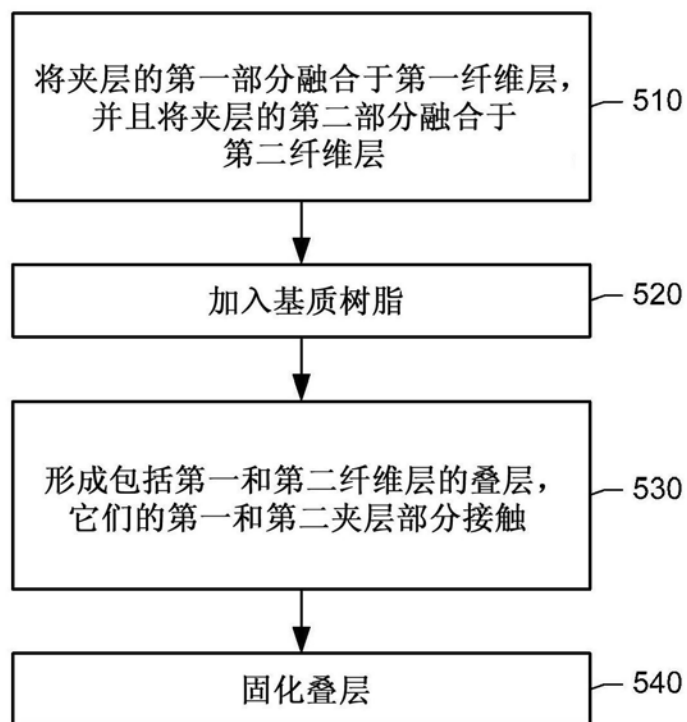


图5

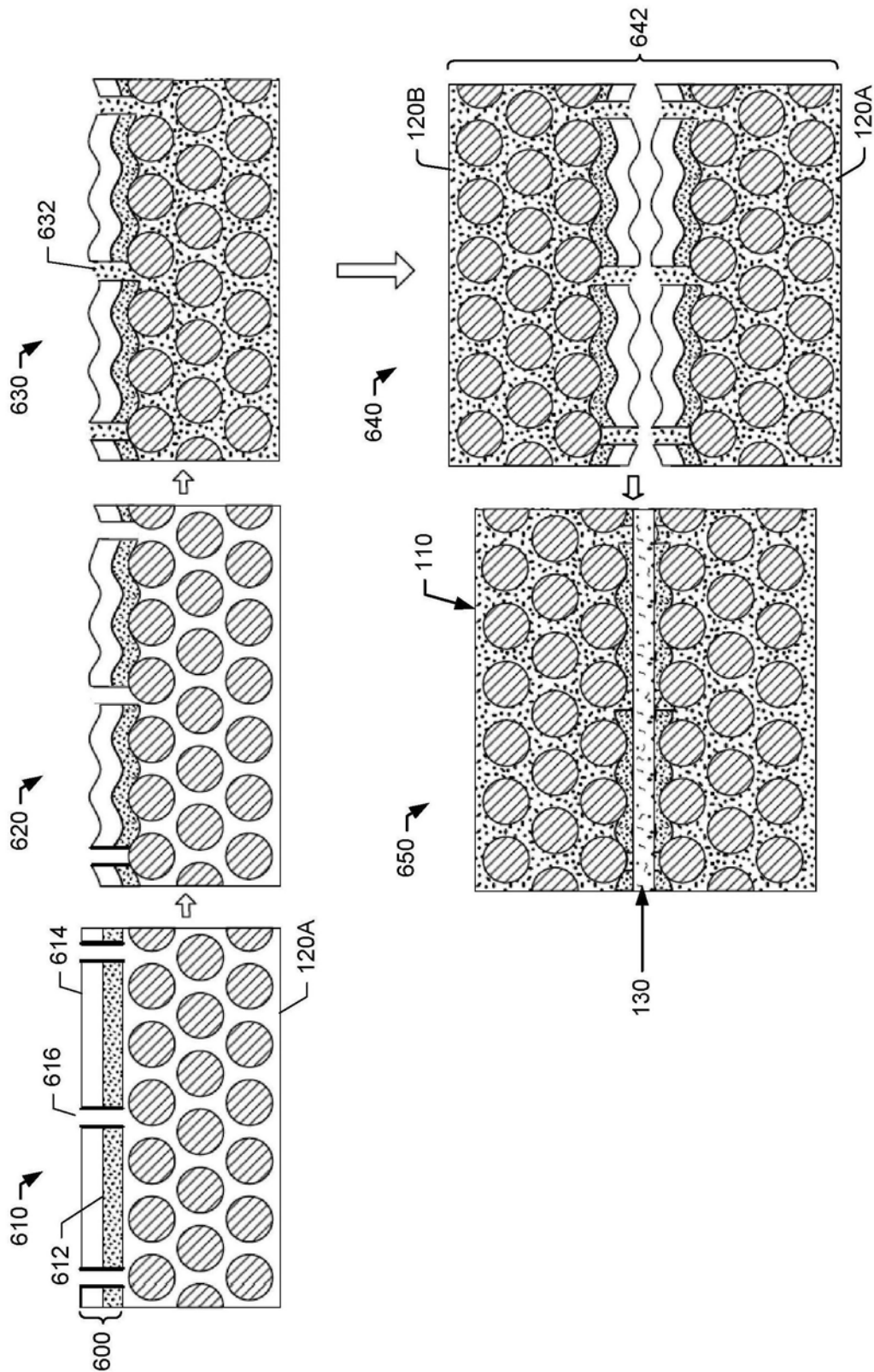


图6

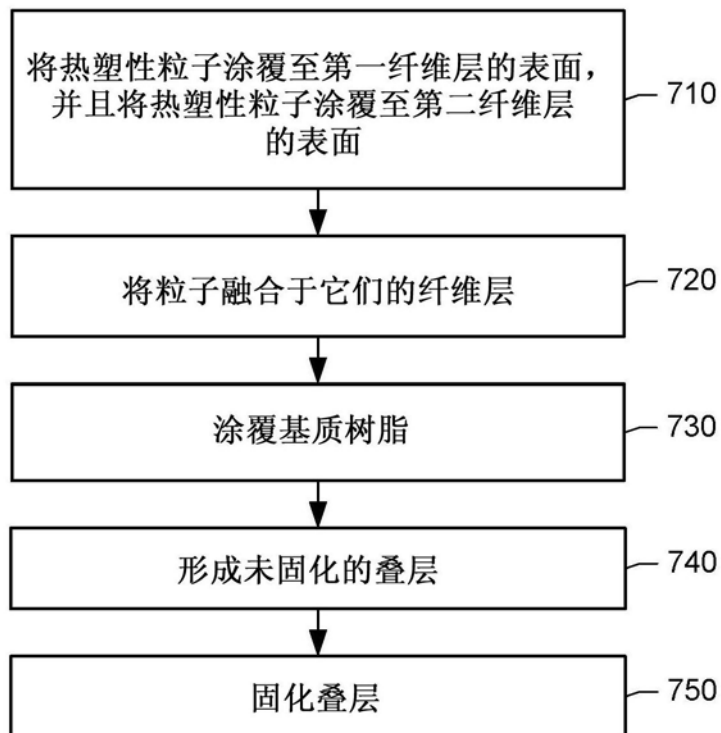


图7

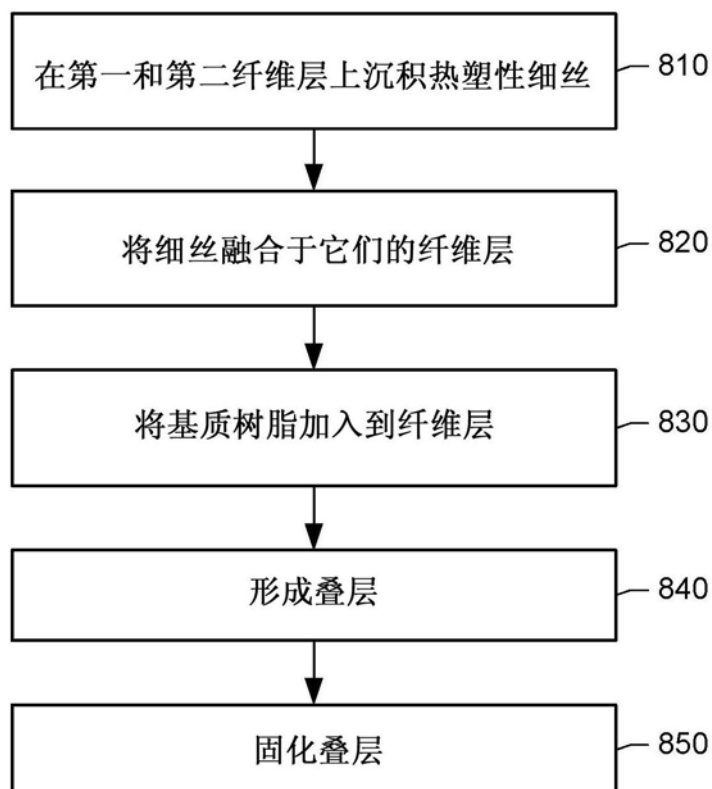


图8

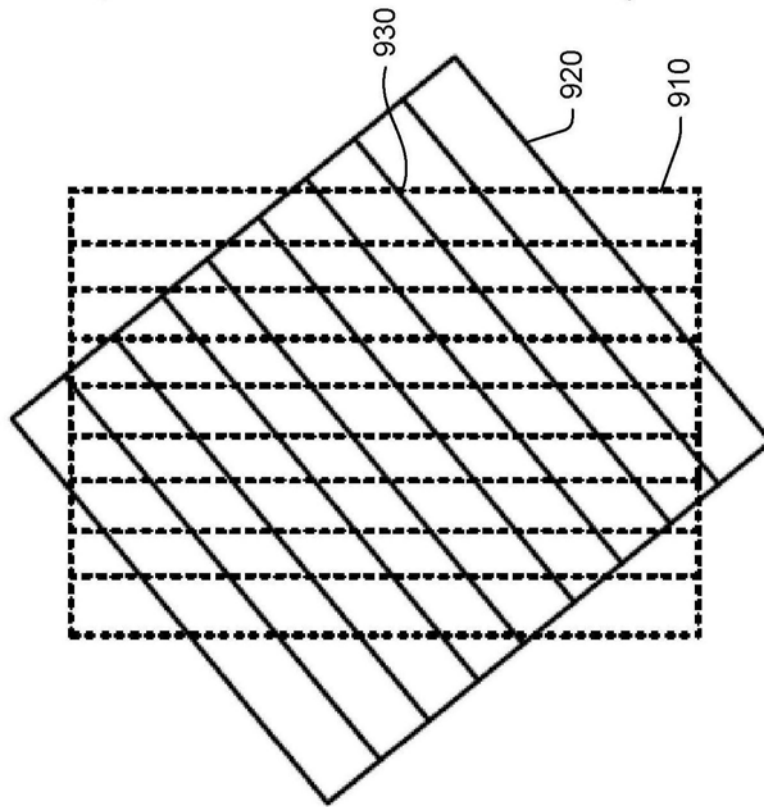


图9A

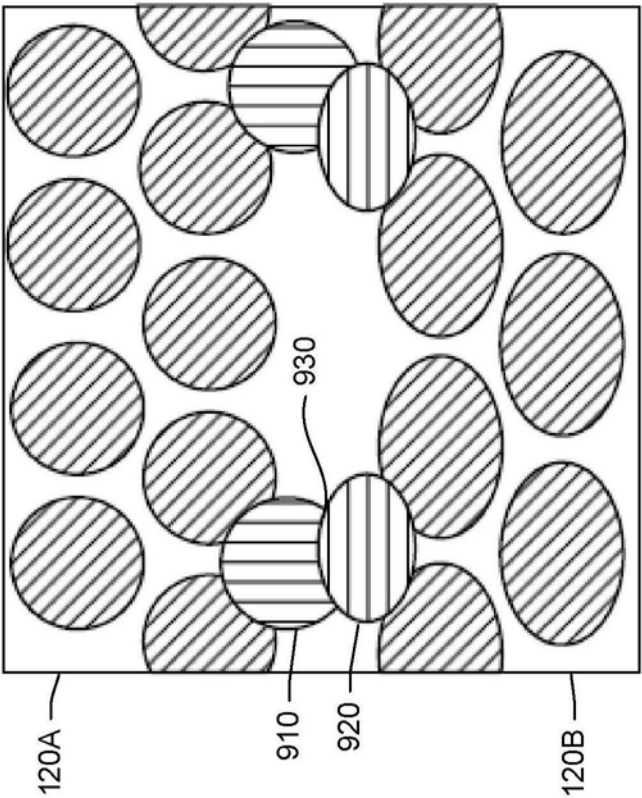


图9B



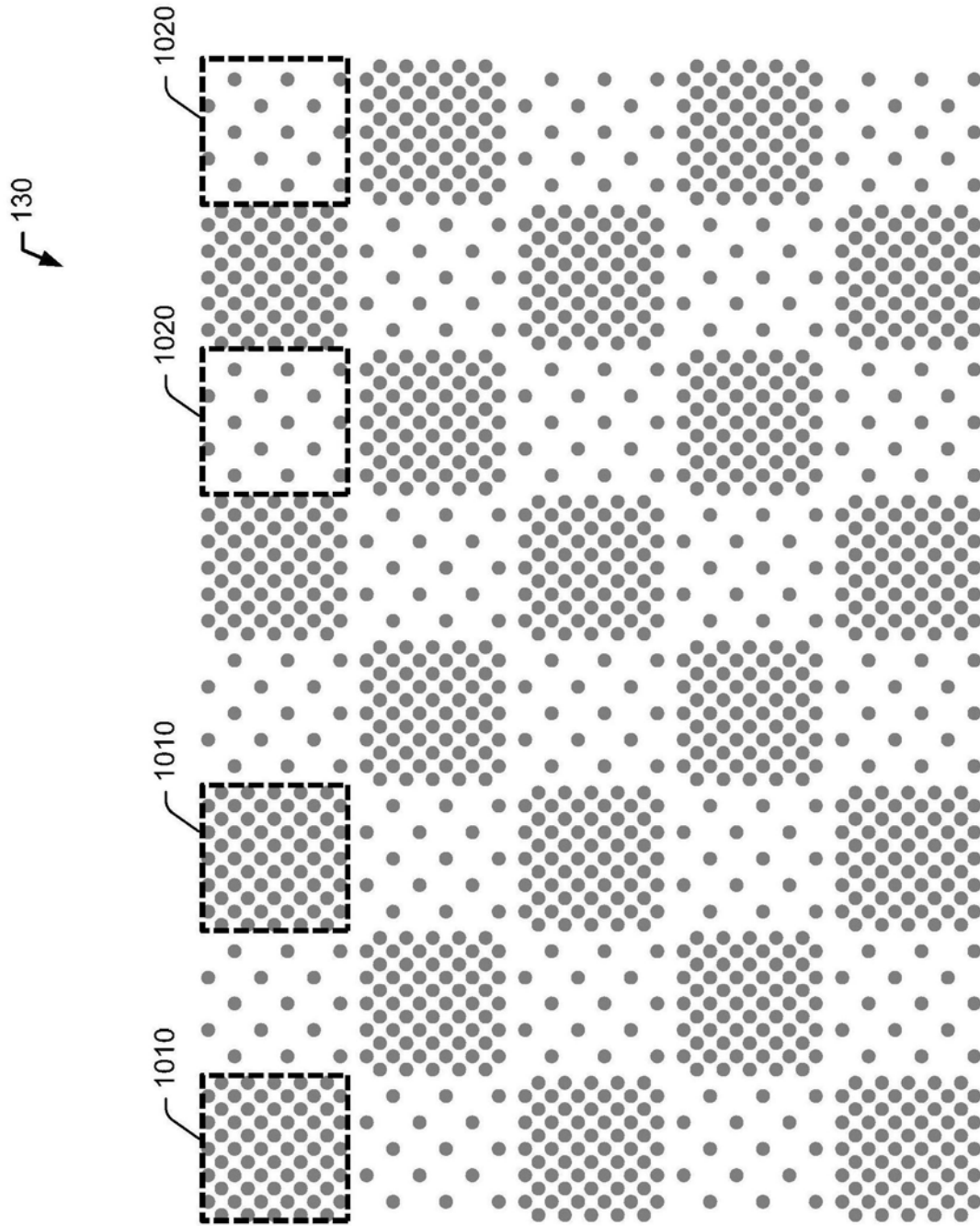


图10