



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104541303 B

(45)授权公告日 2017.04.05

(21)申请号 201380041214.7

(22)申请日 2013.08.01

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104541303 A

(43)申请公布日 2015.04.22

(30)优先权数据

1257613 2012.08.03 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.02.03

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2013/051868 2013.08.01

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/020288 FR 2014.02.06

(73)专利权人 斯奈克玛

地址 法国巴黎

(72)发明人 飞利浦·马普尔

伯特兰·皮埃尔·马丁·勒瑞尔

克劳德·雷尼蒂

(74)专利代理机构 中国商标专利事务所有限公
司 11234

代理人 宋义兴 周伟明

(51)Int.Cl.

G06T 7/00(2017.01)

(56)对比文件

CN 102308201 A, 2012.01.04,

CN 102231170 A, 2011.11.02,

CN 102779356 A, 2012.11.14,

CN 102135236 A, 2011.07.27,

Liang Xinhe等.A Rapid Inspection
Method for Large Water Turbine Blade.

《Proceedings of the 2010 IEEE

International Conference on Mechatronics
and Automation 》.2010,

Yong-Kai Zhu等.A Review of Optical
NDT Technologies.《Sensors》.2011,第11卷(第
12期),

审查员 宿渊源

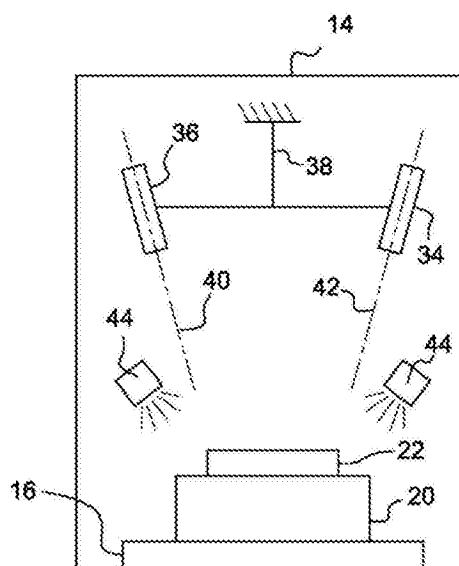
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

用于对叶片预成形件进行非破坏性试验的
方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于自动地对经编织的预
形成件(22)进行非破坏性试验的方法,所述预形
成件(22)用于制造涡轮引擎零件,并包括多个第
一标记线(30),所述第一标记线(30)与第二标记
线(32)相互缠绕,第一和第二标记线(30,32)具
有与预成形件的线不同的光反射特性,并与预成
形件的线编织,以在该预成形件(22)的一给定区
域上形成一表面网格。该方法包括利用多个连续
步骤来确定在第一与第二标记线(30,32)之间的
交叉点的空间坐标。



1. 一种用于自动地对经编织的预成形件 (22) 进行非破坏性试验的方法, 该预成形件 (22) 用于制造涡轮引擎零件, 并包括多个第一标记线 (30), 所述第一标记线 (30) 与第二标记线 (32) 互相缠绕, 所述第一和第二线 (30, 32) 具有与所述预成形件的线不同的光反射特性, 并与该预成形件的线编织, 以在该预成形件 (22) 的一给定区域上形成一表面网格, 所述方法连续地包括以下步骤:

a) 将所述预成形件 (22) 放置在一预定位置, 以使所述第一和第二标记线 (30, 32) 的网格定位在至少两个图像传感器 (34, 36) 的相对处, 所述图像传感器 (34, 36) 瞄准所述网格, 并具有相互形成一角度的光轴 (40, 42);

b) 照亮所述预成形件 (22) 的给定区域, 并通过各图像传感器 (34, 36) 来获取所述第一和第二标记线 (30, 32) 的网格的图像;

c) 针对每个图像确定所述第一和第二标记线 (30, 32) 的交叉点的图像在参考坐标系中的坐标;

d) 使用在由所述图像传感器 (34, 36) 所获得的每个所述图像中的所讨论的交叉点的坐标, 以及利用所述传感器 (34, 36) 在空间中的实际位置和它们在空间中的各轴线 (40, 42) 的取向, 通过三角测量计算来推断在所述预成形件 (22) 上的所述第一和第二标记线 (30, 32) 的每个交叉点在空间中的实际位置;

e) 将所述第一和第二标记线 (30, 32) 的交叉点的实际位置与这些相同交叉点的三维理论位置进行比较。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述步骤c包括以下步骤:

确定在每个图像上对应于所述第一和第二标记线 (30, 32) 的可见部分的区域的轮廓 (57, 59);

对于每个图像, 确定包括在所述第一标记线 (30) 上对正的上述区域的区 (64, 66), 以及包括在所述第二标记线 (32) 上对正的上述区域的区;

确定在每个上述图像区 (64, 66) 中的不同区域的重心的坐标 (x_i, y_i), 所述不同区域对应于所述第一和第二标记线 (30, 32) 的可见部分, 并产生一数学曲线 (70, 72);

确定在沿着所述第一标记线 (30) 延伸的数学曲线 (70) 与沿着所述第二标记线 (32) 延伸的曲线 (72) 之间的交叉点的坐标。

3. 根据权利要求2所述的方法, 其特征在于, 对应于所述第一和第二标记线的可视部分 (60, 62) 的所述区域的轮廓 (57, 59) 根据它们的形式和与该图像的其余部分相比较的光反射水平, 通过动态阈值化来确定。

4. 根据权利要求2或3所述的方法, 其特征在于, 所述第一和第二标记线 (30, 32) 的每个可见部分区域 (60, 62) 的中心通过使每个区域与一椭圆相似来确定。

5. 根据权利要求1-3中任何一项所述的方法, 其特征在于, 所述步骤b和c重复n次, 步骤d、e根据每个交叉点的坐标的所要求的测量精度标准的计算而开始。

6. 根据权利要求5所述的方法, 其特征在于, 所述精度标准包括在每个图像中的每个交叉点的坐标的标准偏差计算, 在步骤b和c后的步骤针对低于一给定阈值的标准偏差而开始。

7. 根据权利要求5所述的方法, 其特征在于, 数量n大于10。

8. 根据权利要求1-3中任何一项所述的方法, 其特征在于, 所述预成形件 (22) 是风扇叶

片预成形件,所述第一和第二标记线(30,32)的网格在所述叶片的凸表面或凹表面上形成。

9.根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述预成形件以碳线编织,所述标记线(30,32)由玻璃线和碳线的组件制成,所述玻璃线的颜色比所述碳线的颜色浅。

10.根据权利要求1-3中任何一项所述的方法,其特征在于,所述预成形件(22)安装在一适合的支撑件(20)上,以将该预成形件(22)支撑在一预定位置,随后与在一具有吸收光线的壁并容纳用于照亮该预成形件的装置(44)的室内侧的所述图像传感器(34,36)相对地移动。

11.根据权利要求1-3中任何一项所述的方法,其特征在于,所述图像传感器(34,36)是具有CCD或CMOS型的光电探测器的矩阵的照相机。

用于对叶片预成形件进行非破坏性试验的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于对经编织的预成形件进行非破坏性试验的方法,所述预成形件例如为涡轮引擎风扇叶片预成形件。

背景技术

[0002] 目前,风扇叶片通过编织预成形件,随后通过将树脂喷射进该预成形件中来制造。在喷射树脂前,检测经编织的预成形件的特定参数,例如纤维密度和纤维的取向,是重要的。

[0003] 为此,已知的是,在叶片的外表面,例如叶片的压力侧或吸力侧上制造网格,此网格利用相互缠绕的第一和第二标记线制成。

[0004] 为了确定网格交叉点的位置,经编织的预成形件与支撑激光器的臂相对地放置,所述臂可以在平行于面朝预成形件的水平面的平面中移动。操作人员连续地在网格的不同交叉点处移动激光器,以使该激光器照亮交叉点。这样,连续地记录激光器和交叉点的位置。

[0005] 从交叉点的经测量的真实位置,可以获得与在预成形件的不同区域中的纤维的体积有关的信息,所述预成形件由第一和第二跟踪器线的网格所限定。然后,将这些数值与理论值相比较,这使得可确定编织是否正确地进行,以及确定在编织后的操作,例如切割预成形件的边缘的操作,以及在非破坏性试验操作之前的操作是否对预成形件的形状有任何影响。

[0006] 然而,此技术要求漫长的检测时间,并证明为不可靠的,因为其取决于由操作人员手动执行的激光器瞄准。另外,其不使得可测量除了在基本地与激光器的移动平面平行的平面中的交叉点的位置,其不使得可考虑沿着激光器的轴线的交叉点的位置,因此不适于经编织的风扇叶片预成形件,所述预成形件不扁平并在三维空间中高度弯曲。

发明内容

[0007] 本发明针对此问题,通过使上述类型的预成形件可进行自动的非破坏性试验来提供一种简单且经济的方案。

[0008] 为此,其提出了一种用于自动地对经编织的预成形件进行非破坏性试验的方法,经编织的预成形件用于制造涡轮引擎零件,并包括多个第一标记线,所述第一标记线与第二标记线互相缠绕,第一和第二线具有与预成形件的线不同的光反射性,并与预成形件的线编织,以在预成形件的给定区域上形成一表面网格,该方法连续地包括以下步骤:

[0009] a) 将预成形件放置在预定位置,以使第一和第二标记线的网格相对于至少两个图像传感器定位,所述图像传感器瞄准网格,并具有相互形成一角度的光轴;

[0010] b) 照亮预成形件的给定区域,并通过各图像传感器来获取第一和第二标记线的网格的图像;

[0011] c) 针对每个图像确定第一和第二标记线的交叉点的图像在参考坐标系中的坐标;

[0012] d) 使用在由图像传感器所获得的每个图像中的讨论中的交叉点的坐标,以及利用传感器在空间中的实际位置和它们在空间中的各轴线的取向,通过三角测量计算来推断在预成形件上的第一和第二标记线的每个交叉点在空间中的实际位置;

[0013] e) 将第一和第二标记线的交叉点的实际位置与这些相同交叉点的三维理论位置进行比较。

[0014] 根据本发明,第一和第二标记线具有与预成形件的线不同的光反射性,这使得可通过在根据本发明的方法的步骤b中所获得的图像的比较差,清楚地将它们与预成形件的线区别。

[0015] 与现有技术不同,该预成形件放置在一支撑件上,所述支撑件用于相对于两个图像传感器将其定位在预定位置。然后,该方法包括拍摄预成形件的网格的几个图像以及自动地从中获得网格的交叉点的位置,所述网格由第一和第二标记线形成,而不需要操作人员的任何人工干预,这提高了精度和所进行测量的可重复性。

[0016] 最后,两个图像传感器的使用使得可通过三角测量获得每个交叉点在空间中的坐标 X, Y, Z ,其中所述图像传感器的光轴相互形成一角度,这在现有技术中是不可能的。

[0017] 在本发明的优选实施例中,步骤c包括以下:

[0018] 确定在每个图像上的对应于第一和第二标记线的可见部分的区域的轮廓;

[0019] 对于每个图像,确定包括在第一标记线上对正的上述区域的区以及包括在第二标记线上对正的上述区域的区;

[0020] 确定在每个上述图像区中不同区域的中心或重心的坐标 (x_i, y_i) ,所述区域对应于第一和第二标记线的可见部分,并产生数学曲线,例如最佳地穿过这些坐标 (x_i, y_i) 的NURBS曲线;

[0021] 确定交叉点的坐标,所述交叉点在沿着第一标记线延伸的数学曲线与沿着第二标记线延伸的曲线之间。

[0022] 根据本发明的一个实施例,对应于第一和第二标记线的可视部分的区域的轮廓根据与图像的剩下部分相比较的它们的形状和光反射水平,通过动态阈值来确定。

[0023] 在本发明的一实施例中,第一和第二标记线的每个可见部分的区域的中心通过使每个区域为椭圆形来确定。这样,假定标记线的可见部分均具有基本椭圆形形状,这种情况是因为将第一和第二标记线与预成形件的线的编织导致了在预成形件的线上方和下方的交替通道。

[0024] 优选地,步骤b和c重复n次,以下步骤,也就是说步骤d和e,根据每个交叉点的坐标的所要求的测量精度标准的计算来开始。

[0025] 在本发明的一实践实施例中,精度标准包括在每个图像中的每个交叉点的坐标的标准偏差计算,在步骤b后的步骤针对低于给定阈值的标准偏差来开始。

[0026] 在本发明的一实施例中,数量n大于或等于10。

[0027] 在涡轮引擎的情况下,预成形件可以是风扇叶片预成形件,第一和第二标记线的网格可以在叶片的凸表面或凹表面上形成。

[0028] 根据本发明的另一特性,预成形件使用碳线来编织,标记线由玻璃线和碳线的组件来制造,玻璃线的颜色比碳线的颜色更淡。

[0029] 有利地,预成形件安装在贴合后的支撑件上,以将预成形件支撑在预确定位置,随

后相对于在具有壁的室内的图像传感器移动,所述壁吸收光线并容纳用于照亮预成形件的装置。

[0030] 在本发明的一实践实施例中,图像传感器具有10个兆像素的分辨率和大约8.5mm的焦距。

附图说明

[0031] 通过阅读以非限制性例子给出的以下描述和参考附图,本发明的其他优点和特性将显而易见,其中:

[0032] 图1是根据本发明的用于实施本方法的非破坏性试验装置的立体图;

[0033] 图2是安装在预定位置的支撑件上的经编织的风扇叶片预成形件的立体图;

[0034] 图3是图1的装置的室的内侧的示意图;

[0035] 图4图示根据本发明的方法的主要步骤;

[0036] 图5至13描述应用到预成形件的图像上的不同数学处理操作,这些附图示意地显示所获得的图像,为了方便表示,而故意颠倒来比较,以使反射元件以黑色表示,反之亦然。

具体实施方式

[0037] 图1示意地显示用于执行本发明上下文所提出用于执行经编织的风扇叶片的预成形件的非破坏性试验的方法的装置,此装置10包括框架12和板16,其中所述框架12承载一平行六面体形的室14,所述板16可沿着水平方向18在其中其在室14外侧的第一位置与其中其在室14内侧的第二位置之间移动(图3)。可移动板16承载一支撑件20,叶片预成形件22放置在该支撑件20上的一预定位置。室14包括面板24,所述面板24可沿着垂直于水平方向18的方向26平移,并暴露一开口,板16穿过该开口移动,以进入到室14中(图1)。

[0038] 图2图示该经编织的叶片预成形件的支撑件20。此支撑件包括几个突出部28,所述突出部28的尺寸及分布设置为将预成形件定位在支撑件20上的一预定位置。该支撑件的突出部阻止具有一定弹性的叶片预成形件22变形,从而保证该非破坏性试验操作在非变形状态下,在三维中贴合的叶片预成形件22上进行。

[0039] 该叶片预成形件22包括多个第一标记线30,所述第一标记线30与第二标记线32相互缠绕,并以在该风扇叶片预变形件的凸表面上的预变形件的线编织,以形成一网格。第一和第二标记线30,32具有与预成形件的线不同的光反射特性,以使第一和第二标记线的网格相对于预成形件的线清晰可见。在所显示的例子中,标记线30,32的颜色是白的,而预成形件的线是黑色的。

[0040] 图3显示在其中设置图像提取装置的室14内的支撑件20和预成形件22,该图像提取装置包括至少两个图像传感器34,36,所述图像传感器34,36以相互已知的距离安装在一支撑件38上,它们的轴线40,42相互形成一已知的角。该叶片预成形件22设置在其支撑件20上,以使两个图像传感器30,38瞄准该第一和第二标记线30,32的网格。室14还容纳用于照亮预成形件22的网格的装置44。

[0041] 如图1所示,室14包括壁,所述壁对光线不透明,并吸收可通过支撑件20、预成形件22或在室内的例如图像传感器34,36这样的任何其他元件朝向壁反射的光线。以此方式,可适当地控制发送到叶片预成形件22上的光的强度,并且限制在壁上的反射。来自外部的光

也得到限制。

[0042] 在本说明书的剩下部分,同时参考图示根据本发明的非破坏性试验的主要连续阶段的图4,并继续参考显示应用到使用图像传感器所取得的图像上处理操作的图像的图5至13。

[0043] 在第一步骤46中,操作人员将该预成形件定位在其支撑件20上与图像传感器34,36相对的一已知预定位置。

[0044] 在第二步骤48中,该方法接下来包括使用该照明装置照亮预成形件的第一和第二标记线30,32的网格,以及使用各图像传感器34,36来获取此网格的图像。

[0045] 在第三步骤50中,该方法包括在每个图像的参考系中确定第一和第二标记线30,32的交叉点。为此,几个数学处理操作被应用到使用传感器34,36所取得的图像上,并参考图5至13在下文中进行描述。

[0046] 首先,对于每个图像,由图像上的基准点56确定一包括该网格的工作区域58(图5)。这些在图像上的基准点利用在支撑件20上形成的光反射件获得。

[0047] 用于抑制噪音和图像的低频率的过滤器应用到各图像的每个工作区域56上,以相对于图像的背景提高第一和第二标记线30,32的可见部分的对比度。此类型的通过数学形态学进行的过滤对本领域的技术人员来说是众所周知的,并不需要任何具体描述。

[0048] 接下来通过动态阈值化来确定依照第一和第二标记线的可见部分的区域的轮廓57,59,所述动态阈值化是根据可见部分60,62的相对于该图像的剩余部分的可见部分60,62的光的形状和反射水平来进行。本领域的技术人员已知的此类型的阈值化包括根据一给定的形式,一轮廓和相对于图像背景的灰度值分离图像的像素。此类型的过滤器还基于标记线的像素的识别频率和它们的灰度值。

[0049] 特别是,由于第一和第二标记线30,32与预成形件的线的编织导致在预成形件的线上方和下方的标记线的交替的通道,因此第一和第二标记线30,32的可见部分60,62,即位于该预成形件的线上方的部分,具有大致椭圆形的形状,此信息因而可使作检测在各图像中的第一和第二标记线的可见部分的有差别的参数。

[0050] 随后,对于标记线30,32的每个可见部分60,62,可确定该椭圆形的中心的坐标 x_i , y_i 。

[0051] 接下来,确定包括沿着第一标记线30对正的标记线的可见部分的图像的区64(图7),以及包括沿着第二标记线32对正的可见部分的区域66(图8)。

[0052] 在每个如此限定的区64,66中,接下来确定一数学曲线,例如NURBS曲线,该曲线最佳地穿过对应于属于此区64,66的可见部分的中心的坐标 x_i, y_i 。图9显示在沿着第一标记线30取向的区64中获得的数学曲线70,图10显示在沿着第二标记线32取向的区66中获得的数学曲线72。

[0053] 接下来执行数学曲线70,72的平滑化(图11和12),以消除数学曲线的曲率像差,然后确定在沿着第一和第二标记线30,32延伸的数学曲线之间的交叉点74的坐标(图13)。这些交叉点 $I(x_{\text{传感器}1}, y_{\text{传感器}1})$ 表示为对于在使用第一传感器34所获得的图像的参考坐标系中的一给定交叉点 I ,以及 $I(x_{\text{传感器}2}, y_{\text{传感器}2})$ 对于在使用第二传感器36获得的图像的参考坐标系中的相同交叉点。

[0054] 这样,对于使用每个图像传感器所获得的每个图像,在与传感器34,36关联的图像

的参考坐标系中的第一和第二标记线30,32的所有交叉点的坐标均是已知的。

[0055] 在第四步骤52中,该方法包括使用在使用第一传感器获得的该图像中的点的坐标 $x_{\text{sensor1}}, y_{\text{sensor1}}$,使用第二传感器获得的该图像中的点的坐标 $x_{\text{sensor2}}, y_{\text{sensor2}}$,传感器34,36在空间中的实际位置以及它们在空间中的各轴线40,42的取向,通过三角测量计算来推断每个交叉点I在空间中的实际坐标X,Y和Z。

[0056] 最后,在第五步骤54中,将第一和第二标记线30,32的交叉点的实际位置与包含在一数据库中的这些相同交叉点的三维理论位置相比较,这使得可从中推导出预成形件22是否已经正确地编织。

[0057] 在本发明的一具体实施例中,该方法的第三步骤50在使用第一图像传感器34获得的n个图像上以及在使用第二图像传感器36获得的n个图像上进行。这样,对于第一和第二标记线的网格的一给定交叉点I,获得2n对点的坐标 $x_{i,j}, y_{i,j}$,其中,i对应于第i个使用传感器j取得的图像,i在1与n之间,j采取识别第一图像传感器的数值1以及识别第二图像传感器的数值2。

[0058] 第一组的n对点 $x_{i,1}, y_{i,1}$ 对应于在使用第一传感器34获得的图像的参考坐标系中的网格的点I的坐标,第二组的n对点 $x_{i,2}, y_{i,2}$ 对应于在使用第二传感器36获得的图像的参考坐标系中的网格的点I的坐标。

[0059] 对于使用第一照相机所测量的每个点I,核查到数值 $x_{i,1}$ 之间的标准偏差小于第一给定阈值,数值 $y_{i,1}$ 之间的标准偏差小于第二给定阈值。

[0060] 使用通过第二照相机所获得的点I的坐标 $x_{i,2}$ 和 $y_{i,2}$ 来执行相同的操作。

[0061] 第一阈值和第二阈值可以是相等的,例如等于0.75个像素的值。在该装置的一实践实施例中,一像素对应于大约0.2mm。

[0062] 图像的数量n优选大于或等于10。

[0063] 在本发明的一个实施例中,照明装置44是发光二极管,其强度被校正,以优化第一和第二标记线30,32与该预成形件的线之间的对比度。

[0064] 图像传感器34,36是具有CCD或CMOS型的光电探测器的矩阵的照相机,所述光电探测器具有例如10个兆像素的分辨率和大约8.5mm的焦距。

[0065] 第一和第二标记线30,32由例如玻璃线和碳线的组件制成。该预成形件通过例如编织碳线制成。玻璃线的颜色比碳线的颜色浅。

[0066] 在本发明的一变型实施例中,可使用数量大于2的图像传感器,每个传感器的轴线与另一传感器的轴线形成一非零的角度,所述传感器的轴线沿着预成形件的网格的方向取向。通过以几个不同的观看角度来取得图像,几个传感器的使用改进了在预成形件上的第一和第二标记线的交叉点的检测的精度。

[0067] 根据本发明的方法可以用来对具有如前所述的表面网格的任何类型的经编织的预成形件进行非破坏性试验,并不受限于风扇叶片的预成形件。特别是,可使用预成形件,例如用于制造叶间平台或壳体的那些预成形件。

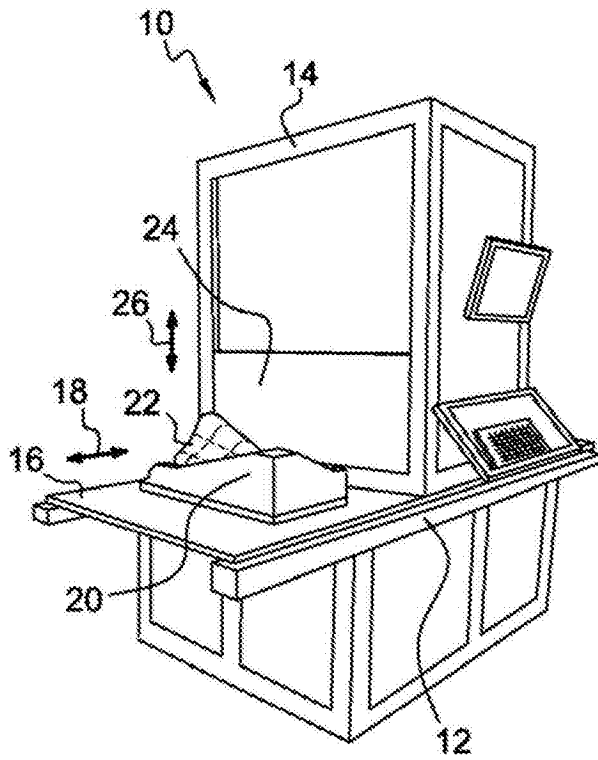


图1

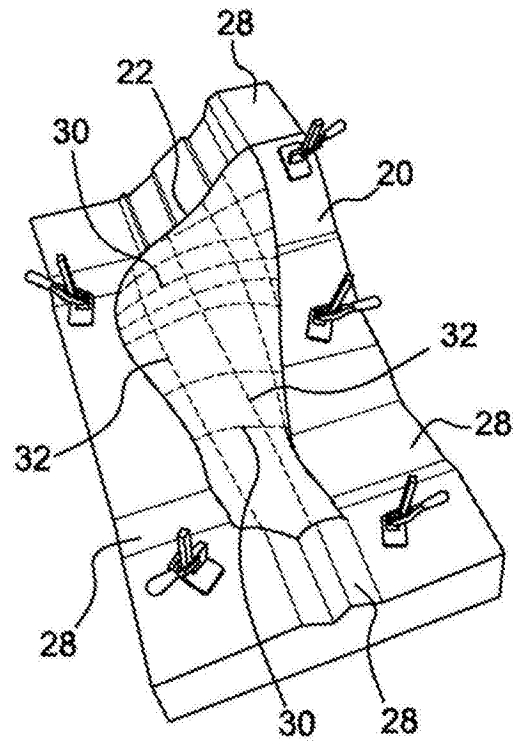


图2

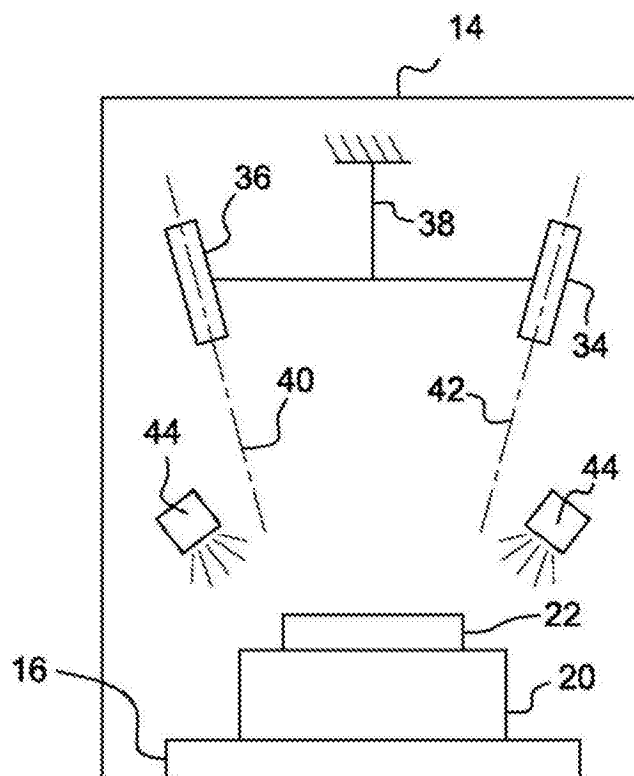


图3

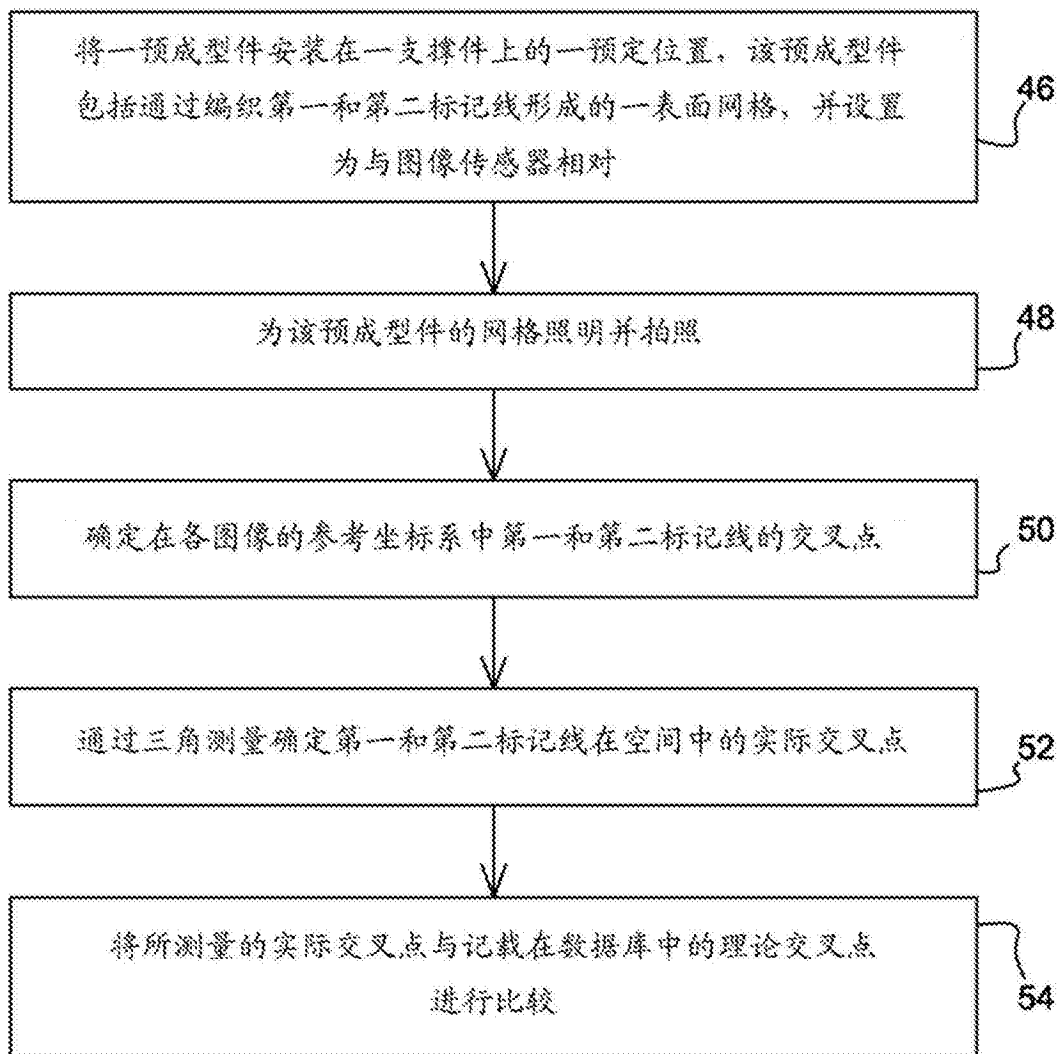


图4

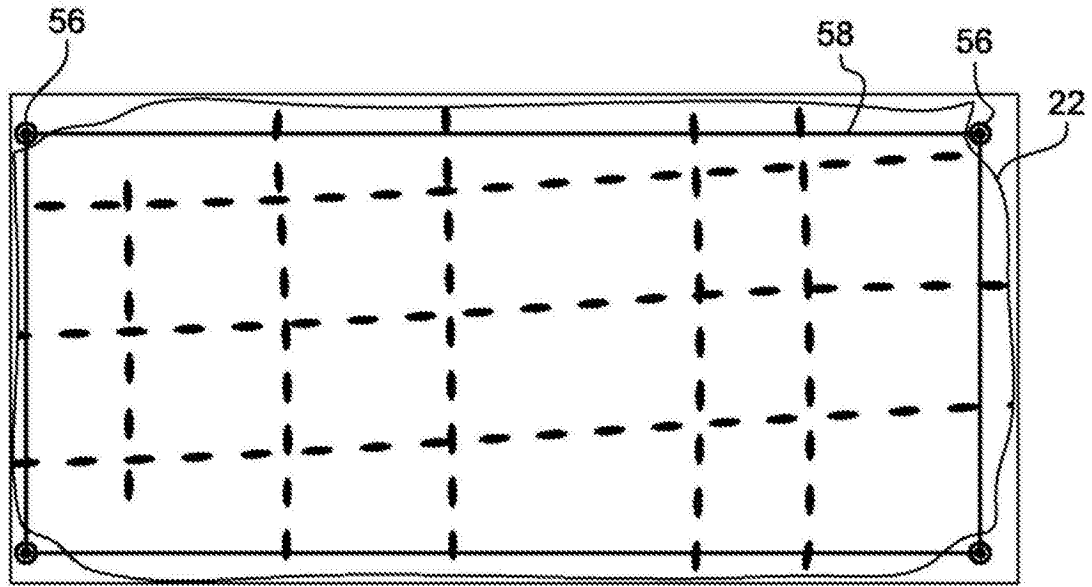


图5

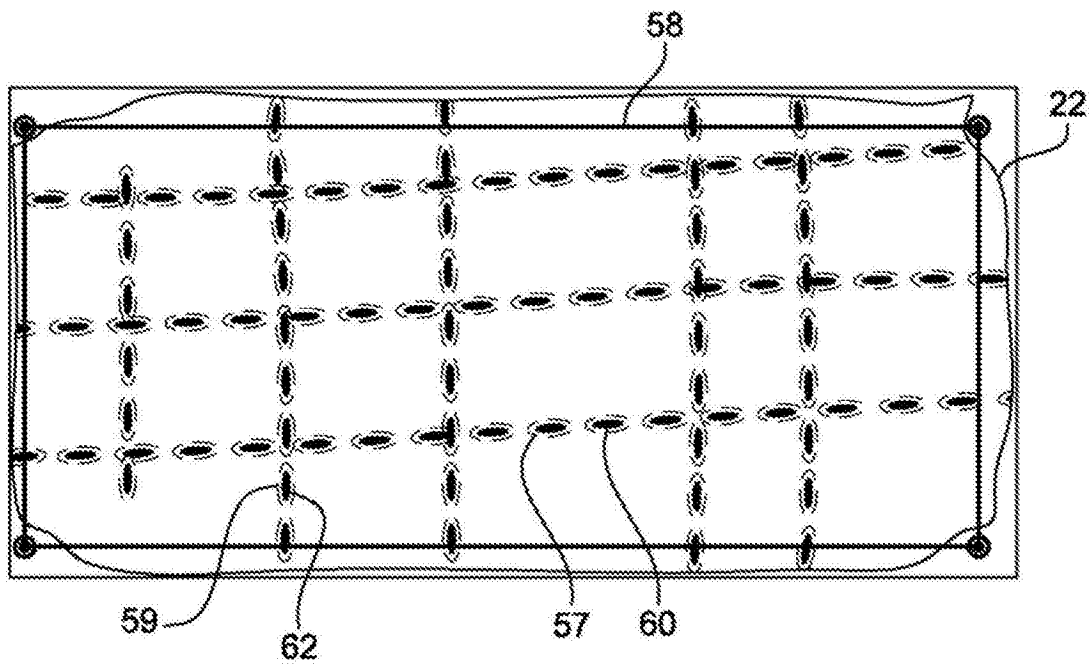


图6

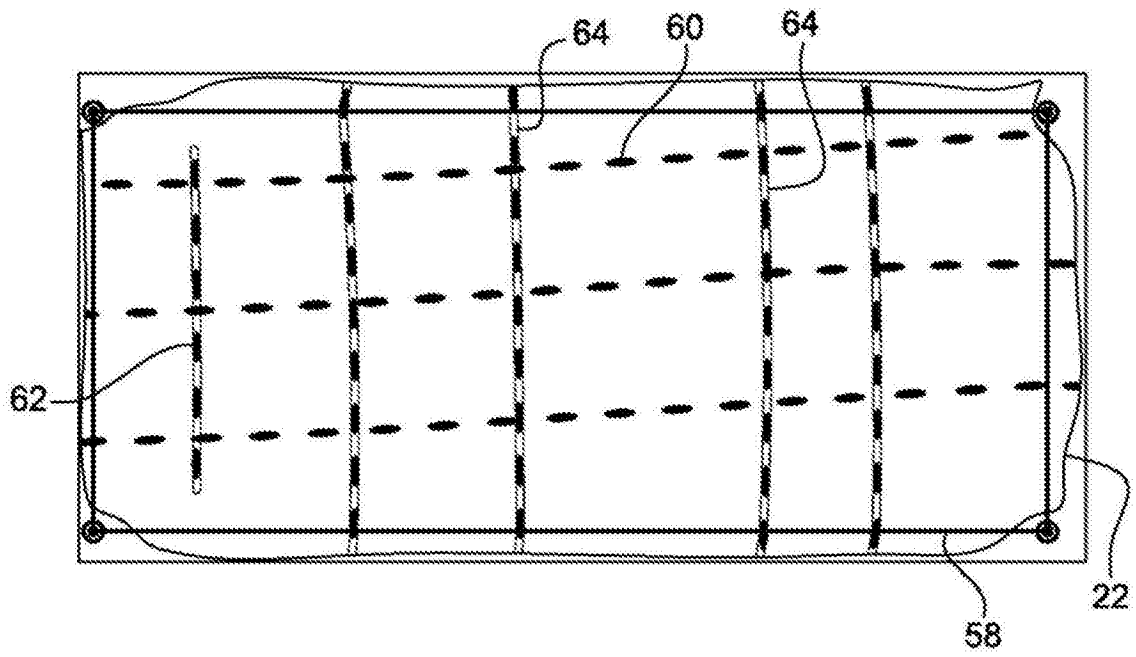


图7

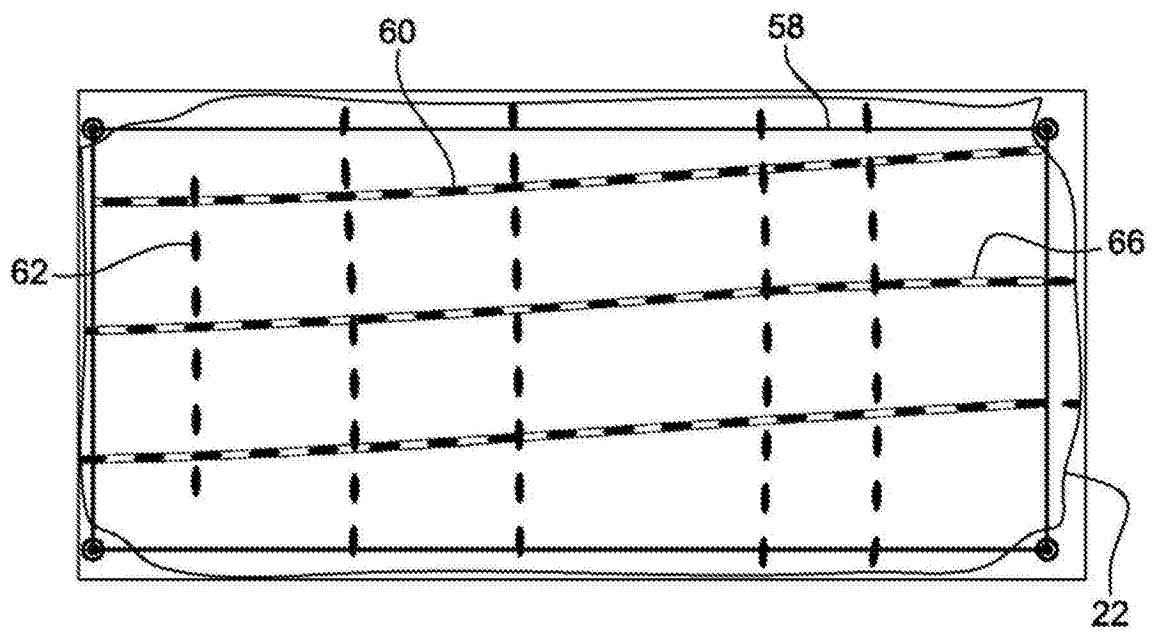


图8

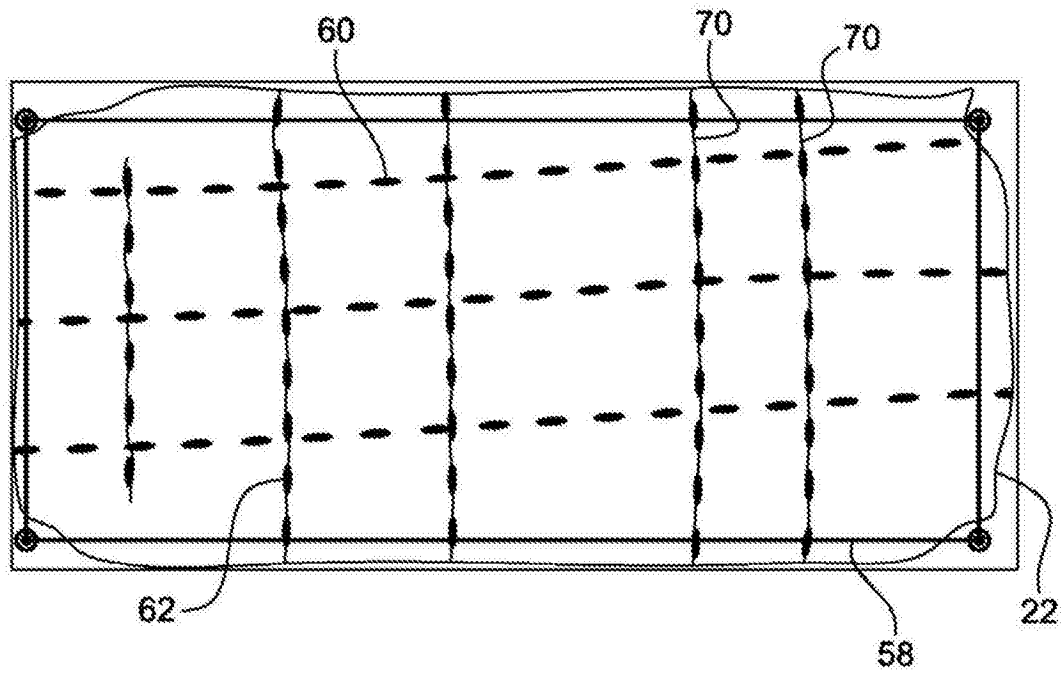


图9

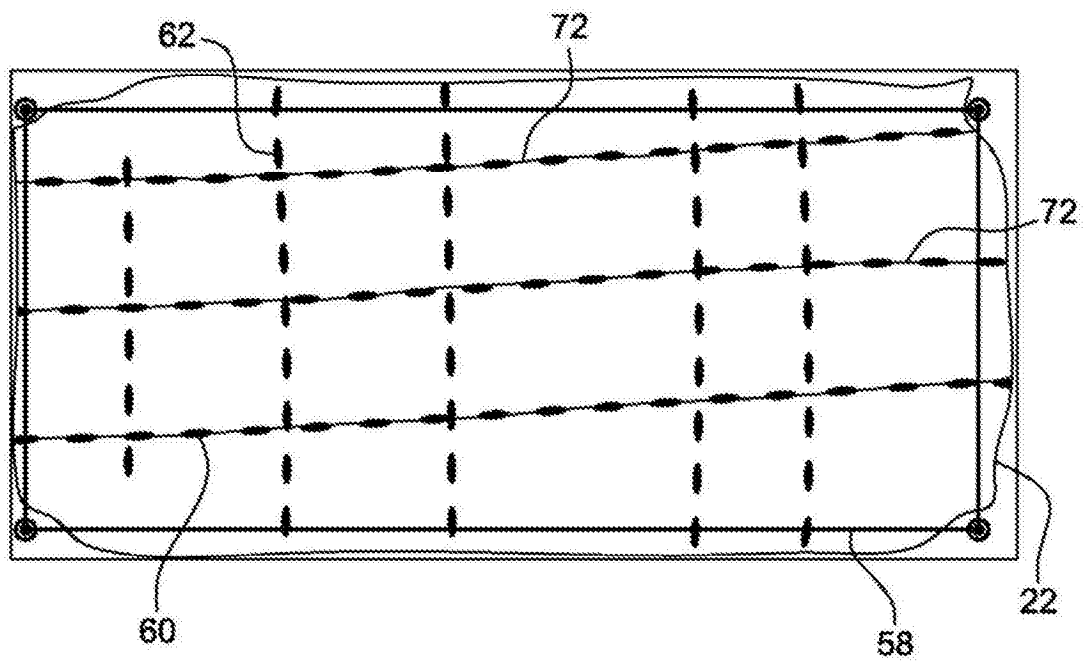


图10

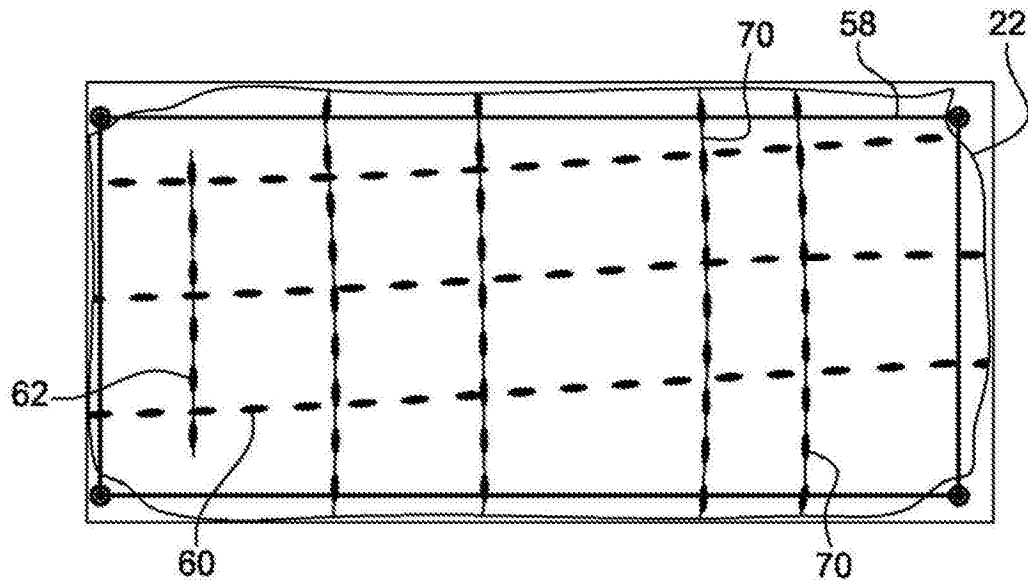


图11

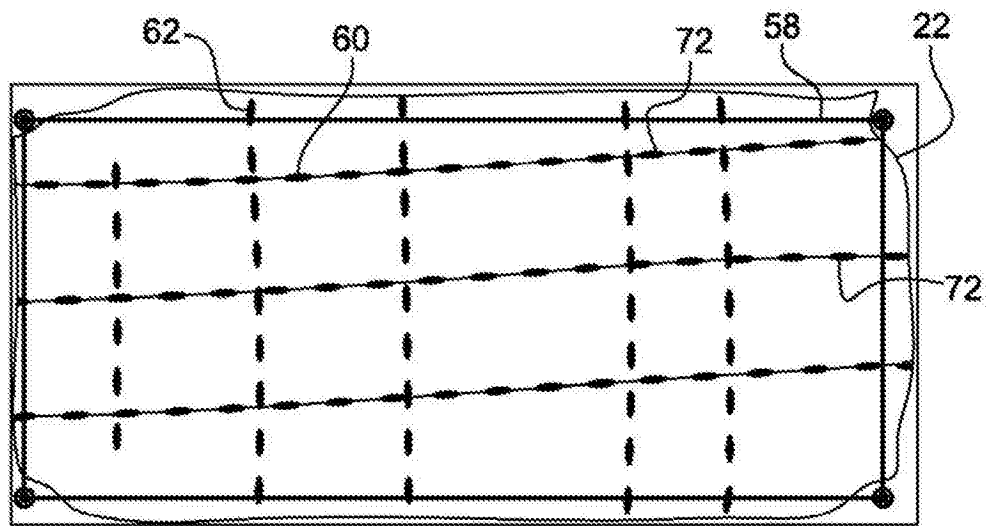


图12

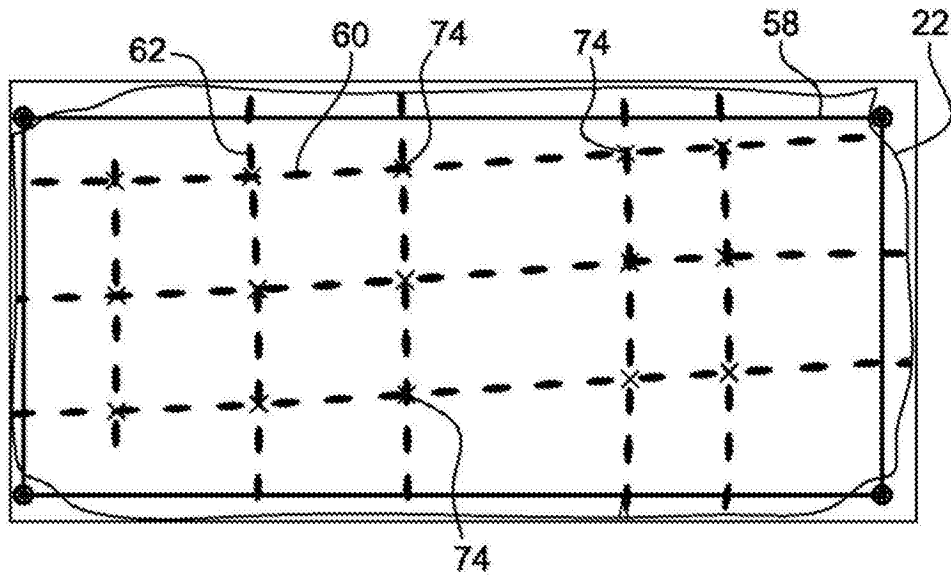


图13