



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104781657 B

(45)授权公告日 2017.10.24

(21)申请号 201380058030.1

(22)申请日 2013.10.07

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104781657 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(30)优先权数据

13/671,552 2012.11.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.05.06

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/063697 2013.10.07

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/074252 EN 2014.05.15

(73)专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 T·D·范 S·R·斯蒂沃特

(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

(51)Int.Cl.

G01N 25/72(2006.01)

B29C 70/38(2006.01)

(56)对比文件

US 2008/0055591 A1, 2008.03.06, 说明书第0037、0038、0040、0085、0089段.

US 5000485 A, 1991.03.19, 全文.

US 5562788 A, 1996.10.08, 全文.

DE 69607556 T2, 2000.08.10, 全文.

US 6451152 B1, 2002.09.17, 全文.

US 5886313 A, 1999.03.23, 全文.

EP 1030172 A2, 2000.08.23, 全文.

US 2003/0145932 A1, 2003.08.07, 说明书第0019、0022、0026段及说明书附图1-4.

审查员 钟爱芝

权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

检测复合叠层内错过的纤维束的系统和方法

(57)摘要

用于检测纤维束带中错过的纤维束的系统可以包含纤维铺放头以便将纤维束带施加到基板以形成复合叠层。该系统可以进一步包含加热设备以便在施加纤维束带之前对基板预加热。系统可以另外包含红外摄像机,其被安装到纤维铺放头并且被配置为在将纤维束带施加到基板期间生成复合叠层的实时热图像。

1. 一种用于检测纤维束带中错过的纤维束的系统,其包括:
纤维铺放头,其被配置为将纤维束带施加到基板以形成复合叠层;
加热设备,其被配置为在使用所述纤维铺放头施加所述纤维束带之前对所述基板预加热;
红外摄像机,其被安装到所述纤维铺放头并且被配置为在将所述纤维束带施加到所述基板期间生成所述复合叠层的实时热图像;以及
比较器,其将有更多的热量从下面的基板向上辐射通过因错过的纤维束导致的纤维束带中的间隙的所述热图像的区域中的热信号相对于有减少的热量向上辐射通过错过的纤维束的相对侧上的纤维束的所述热图像的所述区域中的热信号进行比较。
2. 根据权利要求1所述的系统,其进一步包括:
显示设备,其被配置为显示所述复合叠层的所述实时热图像。
3. 根据权利要求1或2所述的系统,其中:
所述红外摄像机被定位在相对于所述纤维铺放头的前向运动方向的压实辊的后面。
4. 根据权利要求1或2所述的系统,其中:
所述加热设备被定位在相对于所述纤维铺放头的前向运动方向的压实辊的前面。
5. 根据权利要求1或2所述的系统,进一步包括处理器,其被配置为识别所述错过的纤维束的相对端关于与纤维束铺设程序相关的参考点的位置,其中:所述处理器通信地耦合到所述红外摄像机并且被配置为标定关于纤维束铺设程序的错过的纤维束的位置。
6. 根据权利要求5所述的系统,其中:
所述处理器被配置为使时间戳与堆叠序列中的层片深度相关。
7. 根据权利要求1或2所述的系统,其中:
所述比较器被配置为通过比较所述实时热图像中的所述复合叠层的热信号与基线热图像的复合叠层的所述热信号来确定纤维束是否从所述纤维束带中错过。
8. 一种检测纤维束带中错过的纤维束的方法,该方法包括以下步骤:
对基板预加热;
将所述纤维束带施加到所述基板以形成复合叠层;
当所述纤维束带被施加到所述基板时,生成所述复合叠层的实时热图像;
将有更多的热量从下面的基板向上辐射通过因错过的纤维束导致的纤维束带中的间隙的所述热图像的区域中的热信号相对于有减少的热量向上辐射通过错过的纤维束的相对侧上的纤维束的所述热图像的所述区域中的热信号进行比较;以及
识别所述错过的纤维束的相对端关于与纤维束铺设程序相关的参考点的位置。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中生成所述实时热图像的步骤包括:
使用红外摄像机生成所述实时热图像。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中生成所述实时热图像的步骤包括:
使用被安装到纤维铺放头的压实辊后面的所述红外摄像机来生成所述实时热图像。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中生成所述实时热图像的步骤包括:
生成所述实时热图像的同时沿着头运动方向移动所述纤维铺放头。
12. 根据权利要求8或9所述的方法,其中确定纤维束是否正错过的步骤包括:
在显示设备上视觉检查所述实时热图像的所述复合叠层的热信号中的局部差异。

13. 根据权利要求8或9所述的方法,其中确定纤维束是否正错过的步骤包括:
比较所述复合叠层的所述实时热图像的热信号与所述复合叠层的基线热图像的热信号。
14. 根据权利要求8或9所述的方法,其进一步包括以下步骤:
当错过的纤维束被检测到时记录时间戳;以及
使所述时间戳与所述复合叠层中所述错过的纤维束的方位相关。
15. 根据权利要求8或9所述的方法,其中对所述基板预加热的步骤包括:
使用加热设备对所述基板预加热,所述加热设备被配置为加热直接在所述纤维束被施加到所述基板的点的前面的所述基板的面积。

检测复合叠层内错过的纤维束的系统和方法

背景技术

[0001] 通过使用自动纤维铺放机可以制作复合结构以便将连续条或带状的预浸渍纤维束应用到工具或心轴上以形成具有多个层片的复合叠层。每根纤维束可以由数根纤维束区段组成,所述纤维束区段可以使用树脂而被端对端地拼接。纤维束可以从多个纤维束线轴中拉出,所述纤维束线轴可以被安装在纤维铺放头上。纤维铺放头可以包含纤维束准直器,以便将多根纤维束对准成彼此并排的排列方式以形成纤维束带。通过纤维束准直器,纤维束带可以被供给到纤维铺放头的应用设备,其中当纤维铺放头沿着工具随着工具表面的轮廓移动时,纤维束可以被按压到工具上或心轴上。

[0002] 有时,在将纤维束带应用到工具表面的过程中,例如由于通过准直器或者通过纤维铺放头的其他组件进行的纤维束的供给失效,纤维束可能从纤维束带中错过/丢失(missing)。纤维束也可以由于纤维束拼接的损坏而被错过。此外,纤维束可以由于在纤维束被应用到工具之后由于纤维束和工具表面或基板之间的不充分粘着性而导致纤维束从工具表面掉落进而被错过。

[0003] 检测错过的纤维束的常规方法包含视觉检查复合叠层以确定叠层表面中凹陷的存在,其可以指示错过的纤维束。不幸的是,由于每根纤维束具有相当小的厚度(比如,0.008英寸)和相当小的宽度(比如,0.125英寸),所以检测叠层表面中的凹陷可以是困难的。此外,当复合叠层是由具有因纤维束的黑色而导致最小差别的相同纤维取向的纤维束的重叠的层片组成时,可以加重通过人眼视觉检查的方式检测叠层表面中凹陷的难度。由于具有与某些复合结构相关联的相当大量的表面积,因此触觉检查叠层表面可以是不切实际的。此外,触觉检查可能不会产生期望的结果。

[0004] 与用于检测错过的纤维束的常规方法相关的又一缺点是纤维铺放机可以持续地在纤维束带中应用具有错过的纤维束的复合材料。例如,在错过的纤维束被检测到并且纤维铺放机被停止之前,复合材料的多个层片可以被放置在具有错过的纤维束的面积上。为了重新加工具有错过的纤维束的复合叠层的面积,通常可以识别出错过的纤维束的总面积。但是,重新加工复合叠层可能要求以显著成本的劳动密集的过程且耗时的过程中去除并且替代材料。而且,因为通常只知道一个或多个错过的纤维束的面积,所以在到达错过的纤维束的确切位置之前,大量的材料可能要求去除。

[0005] 可以看出,本领域内存在对以改进的准确度检测复合叠层内错过的纤维束的系统和方法的需要。此外,本领域内存在对用于检测复合叠层内错过的纤维束的系统和方法的需要,其中在使重新加工过程期间被去除的复合材料量最小之前,可以识别错过的纤维束的确切位置。

发明内容

[0006] 与错过的纤维束的检测相关的上述需要通过本公开而被具体地解决和缓解,本公开提供了用于检测纤维束带中错过的纤维束的系统。该系统可以包含纤维铺放头以便将纤维束带施加到基板以形成复合叠层。该系统可以进一步包含加热设备以便在纤维束带施加

之前对基板进行预加热。该系统可以额外地包含安装到纤维铺放头并且被配置为在将纤维束带施加到基板期间生成复合叠层的实时热图像的红外摄像机。

[0007] 在又一实施例中，公开了用于检测纤维束带中错过的纤维束的系统。该系统可以包含纤维铺放头，其被配置为将纤维束带施加到形成复合叠层的基板。该系统还可以进一步包含红外加热器，其被定位在压实辊的前面并且被配置为在使用压实辊施加纤维束带之前对基板预加热。此外，该系统可以包含红外摄像机，其被安装到纤维铺放头并且被配置为在将纤维束带施加到基板期间生成复合叠层的实时热图像。该系统也可以包含显示设备，其与红外摄像机耦合以显示复合叠层的实时热图像。

[0008] 同样公开了用于检测复合叠层内错过的纤维束的方法。该方法可以包含在基板上施加纤维束带之前对基板预加热，并且将纤维束带施加到基板以形成复合叠层。该方法可以另外包含生成复合叠层的实时热图像，同时将纤维束带施加到基板，并且根据实时热图像确定纤维束是否正被错过。

[0009] 已经论述的特征、功能以及优点能够被独立地实现在本公开的不同实施例中，或者可以被结合到另一些其他的实施例内，通过参考以下描述和以下的附图能够获知其进一步的细节。

附图说明

[0010] 通过参考附图，本公开的这些和其他特征将会变得更加明显，其中相同的编号在全文中均指相同的部件，并且其中：

[0011] 图1是将纤维束带施加到工具以形成复合叠层的自动纤维铺放机的透视图；

[0012] 图2是自动纤维铺放机的侧视图，其说明了红外摄像机被定位在纤维铺放头的压实辊之后；

[0013] 图3是由纤维铺放头施加的复合叠层的基线热图像的图示；

[0014] 图4是由红外摄像机生成并且说明了复合叠层中纤维束带之一内的错过的纤维束的图示；

[0015] 图5是说明了被定位在复合层压板内层片深度处的错过的纤维束带的复合叠层的侧截面视图；

[0016] 图6是说明了纤维束检测系统的框图；以及

[0017] 图7是具有可以被包含在检测错过的纤维束的方法内的一个或多个操作的流程图。

具体实施方式

[0018] 现在参考附图，其中所显示内容是出于说明本公开的不同实施例的目的，图1中所示的是用于检测纤维束带160内错过的纤维束194(图4)的纤维束检测系统100的透视图。纤维束检测系统100可以被实施在自动纤维铺放机150内，以便将预浸纤维束带160或预浸复合胶带施加到基板166上，从而为复合部件形成复合叠层164。基板166可以包括静止工具168或旋转心轴(未显示)的工具表面，或者基板166可以包括先前放置的纤维束带160的层(course)162。自动纤维铺放机150可以包含一个或多个纤维铺放头152，以便将纤维束154施加到基板166上。

[0019] 参考图1,如上所述,每一个纤维束带160可以由多根独立的纤维束154组成。每一根纤维束154可以被形成为一束涂覆有树脂的增强纤维。每根纤维束154可以被提供有相对小的宽度或直径,例如在约0.12到0.50英寸的范围内,然而更大的宽度是可能的。纤维束154可以从一个或多个线轴(未显示)中被分配并且穿过纤维束准直器153以便将纤维束154对准成如所示的纤维束带160。

[0020] 纤维束带160可以在一对纤维束重启辊170间经过,以便根据预编程的序列控制纤维束带160的停止和启动运动,从而将层162施加到基板166上。层162可以如图1所说明的互相平行的排列方式被施加。纤维束带160也可以经过纤维束切割机和夹紧机构172,该纤维束切割机和夹紧机构172可以被配置为在每个层162的末端切割纤维束154。纤维束带160的新的末端可以被重启辊推向压实辊156。压实辊156可以将纤维束带160施加到基板166。压实辊156也可以将压实压力施加到纤维束带160,以便当压实辊156沿着工具168的表面移动时,将纤维束带160按压到基板166上。

[0021] 在图1中,纤维铺放头152可以包含加热设备174,以便升高基板166的温度。加热设备174可以被定位在纤维束带160开始接触基板166的位置的前面。在这方面,加热设备174可以被定位在压实辊156的前面,其中纤维束带160抵靠基板166被压实。辊的前面可以相对于纤维铺放头152的前向运动的方向而被限定。

[0022] 加热设备174可以被配置为在纤维束带160接触基板166之前对基板166表面预加热。基板166中的热可以增加纤维束带160和基板166之间的粘着性或粘附力。通过增加纤维束带160内的粘着性,独立的纤维束154可以在铺设复合部件的过程期间被维持在基板166上的某方位。加热设备174可以被提供为例如红外加热器178的辐射加热器176,以便在纤维束带160与基板166的接触之前加热基板166和/或对纤维束带160预加热。但是,加热设备174可以被提供成例如强制热空气加热器180的可替换的配置。

[0023] 参考图1-2,自动纤维铺放机150可以包含红外摄像机182。红外摄像机182可以被安装到纤维铺放头152并且可以被配置为在将纤维束带160施加到基板166期间生成复合叠层164的实时热图像188。在实施例,红外摄像机182可以被配置为当纤维铺放头152沿着工具168移动时记录复合叠层164的实时热图像188。在这方面,红外摄像机182可以被定位在纤维束带160抵靠基板166被压实的位置的后面。对于纤维铺放头152具有压实辊156的实施例,红外摄像机182可以被定位在相对于纤维铺放头152的前向运动方向的压实辊156的后面。

[0024] 在图2中,红外摄像机182可以被配置为捕获处于纤维束带160已经被压实辊156铺放的面积内的复合叠层164的视场(未显示)。用这种方式,红外摄像机182可以记录纤维束带160的图像,这是由于所述纤维束带160可以响应于红外加热器178对基板166的加热而被加热。在这方面,红外加热器178可以加热先前已经被施加到工具168表面的纤维束带160。红外摄像机182的视场优选地捕获至少纤维束带160的宽度。例如,红外摄像机182可以具有可捕获基本上大部分纤维束带160的视场,所述纤维束带160具有32根纤维束,其中每一根纤维束154具有约二分之一英寸或更大的纤维束154宽度,其形成约8英寸的总纤维束带160宽度。但是,红外摄像机182可以具有可捕获任何大小的纤维束带宽度的视场。

[0025] 红外摄像机182可以与图2中所示的显示设备110通信地耦合,以便当纤维铺放头152沿着工具168移动时显示纤维束带160的实时热图像188。在例如具有对角尺寸为14英寸

的监视器的相对大型显示设备110的情况下,约8英寸的纤维束带宽度可以被放大至少约50%,这导致了错过的纤维束194的热图像被以约0.75英寸的宽度显示在显示设备110上。显示设备110可以被配置以便纤维铺放机150的操作者观察。通过相对高分辨率的红外摄像机182并且通过实时热图像188的放大,例如通过视觉检查(比如,通过人眼)实时热图像188来检测纤维束带160内错过的纤维束194可以在错过的纤维束194的面积的热信号190内揭示出相对于其余的纤维束带160的局部差异192。在这方面,在此公开的纤维束检测系统100表示相对于用于检测错过的纤维束194的常规方法的显著改进。

[0026] 在图2中,在一个实施例中,红外摄像机182可以与处理器102(比如,计算机)通信地耦合,显示设备110也可以与处理器102耦合。处理器102可以包含用户界面108,例如键盘、图形用户界面或者允许操作者与处理器102交互和/或控制红外摄像机182(例如用于在操作自动纤维铺放机150期间改变摄像机的变焦或视场)的其他设备。在一个实施例中,红外摄像机182也可以被配置为在将纤维束154施加到基板166期间在持续、间歇或者周期性的基础上自主地操作。

[0027] 在进一步的实施例中,用户界面108可以促进操作者对红外摄像机182进行手动控制。例如,用户界面108可以促进操纵或控制红外摄像机,例如从而在将纤维束带160施加到基板166期间的任何点启动和停止记录复合叠层164的实时热图像188。处理器102也可以被配置为促进手动过调节(override)自动纤维铺放机150的预编程的纤维束施加序列。例如,一旦通过视觉观测显示设备110上的复合叠层164的实时热图像188而检测到错过的纤维束194,则操作者可以暂停或临时停止纤维铺放机150的操作以允许处置错过的纤维束154。

[0028] 处理器102可以包含显示设备110以便显示复合叠层164的一个或多个热图像,以允许操作者视觉观测例如在自动纤维铺放机150的操作期间由红外摄像机182记录的实时热图像188(比如,视频)。处理器102可以另外地包含比较器104,其可以被配置为通过以下方式确定纤维束154是否从纤维束带160中错过,即通过如下所述地比较实时热图像188(图4)中复合叠层164的热信号190与基线热图像186(图3)中复合叠层164的热信号190而确定。

[0029] 参考图3-4,图3中所示的是复合叠层164的基线热图像186。图4中所示的是可由安装在纤维铺放头152的压实辊156的后面的红外摄像机182记录的复合叠层164的实时热图像188。在图3中,基线热图像186中的复合叠层164可以具有与由纤维铺放头152形成在工具168上且由图4中的实时热图像188表示的复合叠层164相同的配置。在一个实施例中,基线热图像186可以表示由至少一个纤维束带160构成的复合叠层164,所述纤维束带160包含具有相同大小、形状以及材料配置并且被以与在实时热图像188中表示的复合叠层164中的至少一个纤维束带160相同的方式(比如,并排)排列的纤维束154。

[0030] 在图3-4中,比较器104可以被配置为通过比较实时热图像188中的复合叠层164的热信号190与基线热图像186的复合叠层164的热信号190来确定纤维束154是否从纤维束带160中错过。例如,图4中的实时热图像188中表示的复合叠层164可以包含错过的纤维束。在实时热图像188中,错过的纤维束194可以在错过的纤维束194的面积内的热信号190中被表示成相对于相同纤维束带160的其余部分的热信号190的局部差异192。因为相对于向上辐射通过错过的纤维束194的相对侧(比如,纵长边缘)上的纤维束154的热量,有更多的热量从下面的基板166(例如工具168表面或之前施加的纤维束)向上辐射通过因错过的纤维束194导致的纤维束带160中的间隙,所以可产生错过的纤维束194的面积内的热信号190的差

异。

[0031] 例如,在复合叠层164的基线热图像186中,每一根纤维束带160可以具有大体均匀的颜色或阴影(比如,均匀黑色),该均匀的颜色或阴影可以表示从下面的基板166向上通过纤维束带160的基本均匀的热辐射。在复合叠层164的实时热图像188中,具有错过的纤维束194的纤维束带160可以具有不均匀的颜色或形状。更具体地,错过的纤维束194的区域可以显现出与纤维束带160的剩余部分相比更轻的颜色或阴影(例如灰色阴影),所述纤维束带160的剩余部分可在由红外摄像机182记录的实时热图像188中显现出均匀的黑色。

[0032] 图4显示了错过的纤维束194的面积内纤维束带160的热信号190中的局部差异192。每个错过的纤维束194具有错过的纤维束长度198和错过的纤维束宽度196。错过的纤维束宽度196等于纤维束带160的剩余纤维束154的宽度。如上所示,在当前可用的红外摄像机182的分辨率下,错过的纤维束194可以由于如上所述的热信号190中的局部差异192而通过采用人眼视觉观测在实时热图像188中检测到。以人为本线(human line)的人工检测也可通过放大由如上所述的红外摄像机182记录的实时热图像188而被促进。

[0033] 在图4中,处理器102可以被配置为例如通过参考复合叠层164的参考点204来识别错过的纤维束194的位置和/或方位。例如,参考点204可以包括与纤维束铺设(laydown)程序106相关的参考坐标系208100的预定纵向和/或横向位置。纤维束铺设程序106可以包括例如数字控制(NC)程序的计算机程序,其具有计算机可读指令以便控制自动纤维铺放机150的操作从而将纤维束带160的层162施加到基板166。在一个实施例中,纤维束铺设程序106可以包括操作纤维铺放头152的NC程序。处理器102可以被配置为识别与参考点204相关的错过的纤维束194的相对末端的位置,参考点204与NC程序相关联。在一个实施例中,参考点204可以包括可与复合叠层164相关联的结构特征206。例如,在用于生成机身圆筒区段的蒙皮面板的心轴上的复合叠层164中,复合叠层164中错过的纤维束194的位置可以相对于蒙皮面板可被施加其上的纵梁或框架站(frame station)而被识别。在这方面,处理器102可以被配置为相对于纤维束铺设程序106标定错过的纤维束194的位置。

[0034] 参考图5,所显示的是说明了图4中的错过的纤维束带160的复合叠层164的侧截面视图,并且其中错过的纤维束带160被定位在复合叠层164内的层片深度212处。在一个实施例中,红外摄像机182可以被配置为记录由红外摄像机182记录的实时热图像188的时间戳202(图2)。在这方面,红外摄像机182可以被配置为在记录复合叠层164的实时热图像188期间持续地记录时间。在一个实施例中,时间戳202可以连同复合叠层164的实时热图像188一起被显示在显示设备110上。当错过的纤维束194被检测到时,处理器102可以被配置为使时间戳202与层片深度212相关。在一个实施例中,层片深度212可以关于层片堆叠214的表面下的层片的位置而被限定。层片堆叠214可以由堆叠序列200限定,所述堆叠序列200与控制纤维铺放头152的NC程序相关联。

[0035] 在叠层过程期间的后期点在复合叠层164表面内检测到由错过的纤维束194导致的凹陷的情况下,记录实时热图像188的视频能够被再次查看以确定叠层序列期间当纤维束194被错过时的时间点(例如,时间戳202)。时间戳202(图2)能够与堆叠序列200内的层片方位相关,所述堆叠序列200与NC程序相关联。通过将覆盖的纤维束154添加到错过的纤维束194的面积内的复合叠层164表面上可以进行重新加工而无需去除现存的层片材料也无需进行层间的修复。

[0036] 如早前所述,处理器102可以被配置为识别与错过的纤维束194的层片深度212相应的复合叠层164内的错过的纤维束194的纵向方位(未显示)和/或横向方位(比如,层位置210-图4)。例如,在机身圆筒部分的叠合期间,错过的纤维束194的实时热图像188上的时间戳202可以指示圆筒区段上的层片序列216和错过的纤维束194的方位。用这种方式,处理器102提供了准确地识别错过的纤维束的位置的装置,并且该装置可以相对于使用检测错过的纤维束的常规方法所要求的重新加工量减少复合叠层164上的重新加工量。如上所述,这种重新加工可以要求去除覆盖错过的纤维束194的区域上的一个或多个复合层片,并且用复合补片替代所述层片以便使错过的纤维束194的面积处于设计公差内。

[0037] 现在参考图6,所显示的是用于检测例如在自动纤维铺放机150上的复合叠层164内错过的纤维束194的纤维束检测系统100的框图。在图6中,自动纤维铺放机150可以包含如上所述的红外摄像机182以便记录被纤维铺放头152施加到基板166的纤维束带160的实时热图像188。自动纤维铺放机150可以被存储在存储设备(未显示)上的纤维束铺设程序106控制并且被通信地耦合到处理器102以便控制纤维铺放头152的操作。处理器102可以包含比较器104以便比较复合叠层164的实时热图像188与如上所述的复合叠层164的基线热图像186。实时热图像188可以连同如图2所示的可选时间戳202一起被显示在显示设备110上。处理器102可以包含用户界面108以便控制红外摄像机的操作和/或纤维铺放机150的操作。

[0038] 参考图7,所显示的是说明了可被包含在用于检测纤维束带160内错过的纤维束194的方法300的实施例内的一个或多个操作的流程图。该方法也可以被实施以便检测胶带放置操作中错过的胶带。

[0039] 图7中方法300的步骤302可以包含包括在纤维束154被施加到基板166的点158的前面位置处对基板166预加热。例如,预加热可以发生在紧挨着纤维铺放头152的压实辊156前面的位置处。步骤302可以包含使用例如红外加热器178的辐射加热器176对基板166预加热以便对树脂加热。该方法可以包含在将复合叠层164的纤维束带160施加到基板166上之前对基板166预加热,以便提高纤维束带160的粘着性。基板166可以包括工具168的表面或者基板166可以包括先前施加的纤维束带160。

[0040] 图7中方法300的步骤304可以包含将纤维束带160施加到基板166。在这方面,该方法可以包含使用纤维铺放头152施加纤维束带160。例如,纤维束带160可以通过采用如图2中所示的压实辊156将纤维束带160抵靠基板166按压或压实而被施加到基板166。在这方面,压实辊156可以促进复合叠层164的局部合并。

[0041] 图7中方法300的步骤306可以包含当纤维束带160被施加到基板166时生成复合叠层164的实时热图像188。在一个实施例中,该方法可以包含使用红外摄像机182生成实时热图像188。在这方面,该方法可以包含将红外摄像机182定位到纤维束154被施加到基板166的点158之后。例如,步骤306可以包含将红外摄像机182定位到相对于头运动方向184的纤维铺放头152的压实辊156的后面。该方法可以包含生成实时热图像188,同时沿着头运动方向184移动纤维铺放头152。红外摄像机182可以被配置为如上所述地在持续基础上或者在间歇或手动命令的基础上记录或生成实时热图像188。

[0042] 在一个实施例中,该方法可以包含将实时热图像188显示在与红外摄像机182耦合的显示设备110上。该方法可以包含用人眼(比如,人工检查)视觉检查复合叠层164的实时

热图像188在纤维束带160内热信号190的局部差异192,该局部差异192可以表示关于图4如上所述的错过的纤维束194。

[0043] 图7中方法300的步骤308可以包含比较复合叠层164的实时热图像188与基线热图像186。例如,该方法可以包含使用比较器104,其可以形成基于计算机的系统100的处理器102的一部分。比较器104可以进行复合叠层164的实时热图像188相对于复合叠层164的基线热图像186的比较分析。在这方面,该方法可以包含自动检查复合叠层164的实时热图像188的相对于基线热图像186内复合叠层164的热信号190的复合叠层164的热信号190内的局部差异192。

[0044] 图7中的方法300的步骤310可以包含根据实时热图像188与基线热图像186的比较确定纤维束154是否从纤维束带160中错过。该方法可以进一步包含确定复合叠层164内的一个或多个纤维束带160是否在实时热图像188内具有基本均匀的热信号190。实时热图像188内不均匀的热信号190可以表示错过的纤维束194。

[0045] 在进一步的实施例中,该方法可以包含相对于纤维束铺设程序106标定错过的纤维束194的位置。例如,该方法可以包含当错过的纤维束194被检测到时记录时间戳202,并且使时间戳202与复合叠层164内错过的纤维束194的方位相关。例如,时间戳202可以与堆叠序列200内错过的纤维束194的层片深度212以及如上所述的错过的纤维束194的横向或纵向方位相关。

[0046] 有利的是,本文所公开的系统和方法提供了一种用于在将纤维束带160施加到基板166之后立即检测复合叠层164内错过的纤维束194的手段,其可以使可被错过的纤维束194施加的复合材料的量最小。在这方面,本文公开的系统和方法可以在等待因错过的纤维束194而导致的处置和可能的重新加工期间提供选择以自动或手动暂停纤维铺放头152的操作。而且,本文公开的系统和方法提供了一种用于准确地识别复合叠层164内错过的纤维束194的位置的手段,其可以使否则可能被要求的重新加工量最小。

[0047] 本公开另外的修改和改进对于本领域内技术人员来说可以是明显的。因此,本文所述和所说明部件的特定结合旨在仅仅表示本公开的某些实施例,并且不意在用作将可替换实施例或设备限制在本公开的精神和范围内。

[0048] 根据本公开的主题的可能要求保护或不要求保护的说明性非穷举的示例在以下条款中提出:

[0049] 条款1.一种用于检测纤维束带中错过的纤维束的系统,其包括:

[0050] 纤维铺放头,其被配置为将纤维束带施加到基板以形成复合叠层;

[0051] 加热设备,其被配置为在使用所述纤维铺放头施加所述纤维束带之前对所述基板预加热;以及

[0052] 红外摄像机,其被安装到所述纤维铺放头并且被配置为在将所述纤维束带施加到所述基板期间生成所述复合叠层的实时热图像。

[0053] 条款2.根据条款1所述的系统,其进一步包括:

[0054] 显示设备,其被配置为显示所述复合叠层的所述实时热图像。

[0055] 条款3.根据条款1所述的系统,其中:

[0056] 所述红外摄像机被定位在相对于所述纤维铺放头的前向运动方向的压实辊的后面。

- [0057] 条款4.根据条款1所述的系统,其中:
- [0058] 所述加热设备被定位在相对于所述纤维铺放头的前向运动方向的压实辊的前面。
- [0059] 条款5.根据条款1所述的系统,其进一步包括:
- [0060] 处理器,其通信地耦合到所述红外摄像机并且被配置为标定关于纤维束铺放程序的错过的纤维束的位置。
- [0061] 条款6.根据条款5所述的系统,其中:
- [0062] 所述红外摄像机被配置为当错过的纤维束被检测到时记录时间戳;以及
- [0063] 所述处理器被配置为使所述时间戳与所述复合叠层中所述错过的纤维束的方位相关。
- [0064] 条款7.根据条款1所述的系统,其中:
- [0065] 所述处理器被配置为使所述时间戳与堆叠序列中的层片深度相关。
- [0066] 条款8.根据条款1所述的系统,其进一步包括:
- [0067] 比较器,其被配置为通过比较所述实时热图像中的所述复合叠层的热信号与基线热图像的复合叠层的所述热信号来确定纤维束是否从所述纤维束带中错过。
- [0068] 条款9.一种检测纤维束带中错过的纤维束的方法,该方法包括以下步骤:
- [0069] 对基板预加热;
- [0070] 将所述纤维束带施加到所述基板以形成复合叠层;
- [0071] 当所述纤维束带被施加到所述基板时,生成所述复合叠层的实时热图像;以及
- [0072] 根据所述实时热图像确定纤维束是否正错过。
- [0073] 条款10.根据条款9所述的方法,其中生成所述实时热图像的步骤包括:
- [0074] 使用红外摄像机生成所述实时热图像。
- [0075] 条款11.根据条款10所述的方法,其中生成所述实时热图像的步骤包括:
- [0076] 使用被安装到纤维铺放头的压实辊后面的所述红外摄像机来生成所述实时热图像。
- [0077] 条款12.根据条款11所述的方法,其中生成所述实时热图像的步骤包括:
- [0078] 生成所述实时热图像的同时沿着头运动方向移动所述纤维铺放头。
- [0079] 条款13.根据条款9所述的方法,其中确定纤维束是否正错过的步骤包括:
- [0080] 视觉检查显示设备上的所述实时热图像的所述复合叠层的热信号中的局部差异。
- [0081] 条款14.根据条款13所述的方法,其中检查所述实时热图像的所述热信号中的局部差异的步骤包括:
- [0082] 确定所述纤维束带是否具有基本均匀的热信号。
- [0083] 条款15.根据条款9所述的方法,其中确定纤维束是否正错过的步骤包括:
- [0084] 比较所述复合叠层的所述实时热图像的热信号与所述复合叠层的基线热图像的热信号。
- [0085] 条款16.根据条款9所述的方法,其进一步包括以下步骤:
- [0086] 当错过的纤维束被检测到时记录时间戳;以及
- [0087] 使所述时间戳与所述复合叠层中所述错过的纤维束的方位相关。
- [0088] 条款17.根据条款16所述的方法,其进一步包括以下步骤:
- [0089] 使所述时间戳与堆叠序列内的层片深度相关。

- [0090] 条款18.根据条款9所述的方法,其中对所述基板预加热的步骤包括:
- [0091] 使用加热设备对所述基板预加热,所述加热设备被配置为加热直接在所述纤维束被施加到所述基板的点的前面的所述基板的面积。
- [0092] 条款19.根据条款9所述的方法,其中对所述基板预加热的步骤包括:
- [0093] 使用辐射加热器和强制热空气加热器中的至少一个来对所述基板预加热。
- [0094] 条款20.一种用于检测纤维束带内错过的纤维束的系统,其包括:
- [0095] 纤维铺放头,其被配置为将纤维束带施加到基板以形成复合叠层;
- [0096] 红外加热器,其被定位在压实辊的前面并且被配置为在使用所述压实辊施加所述纤维束带之前对所述基板预加热;
- [0097] 红外摄像机,其被安装到所述纤维铺放头并且被配置为在将所述纤维束带施加到所述基板期间生成复合叠层的实时热图像;以及
- [0098] 显示设备,其耦合到所述红外摄像机并且被配置为显示所述复合叠层的所述实时热图像。

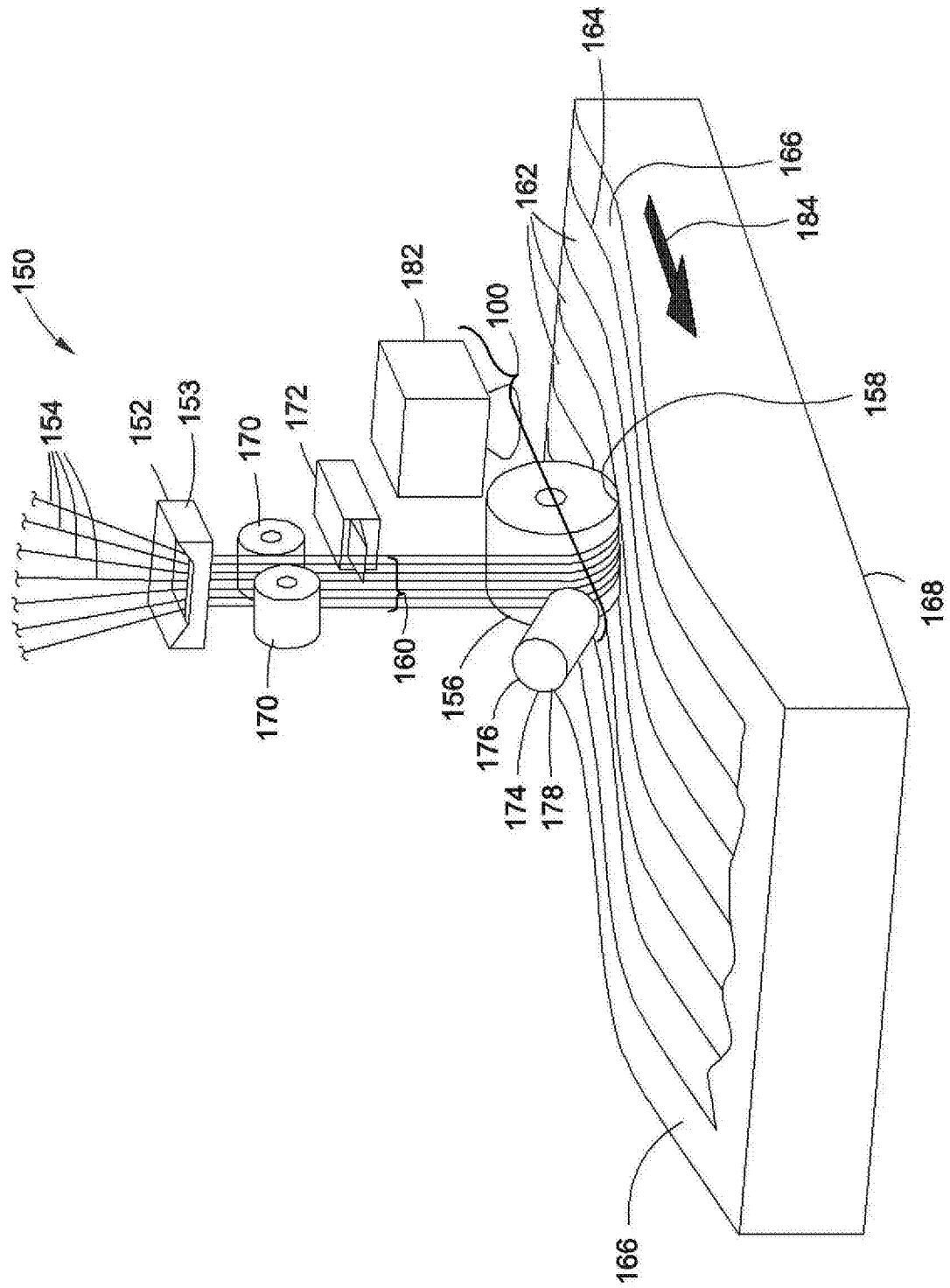


图1

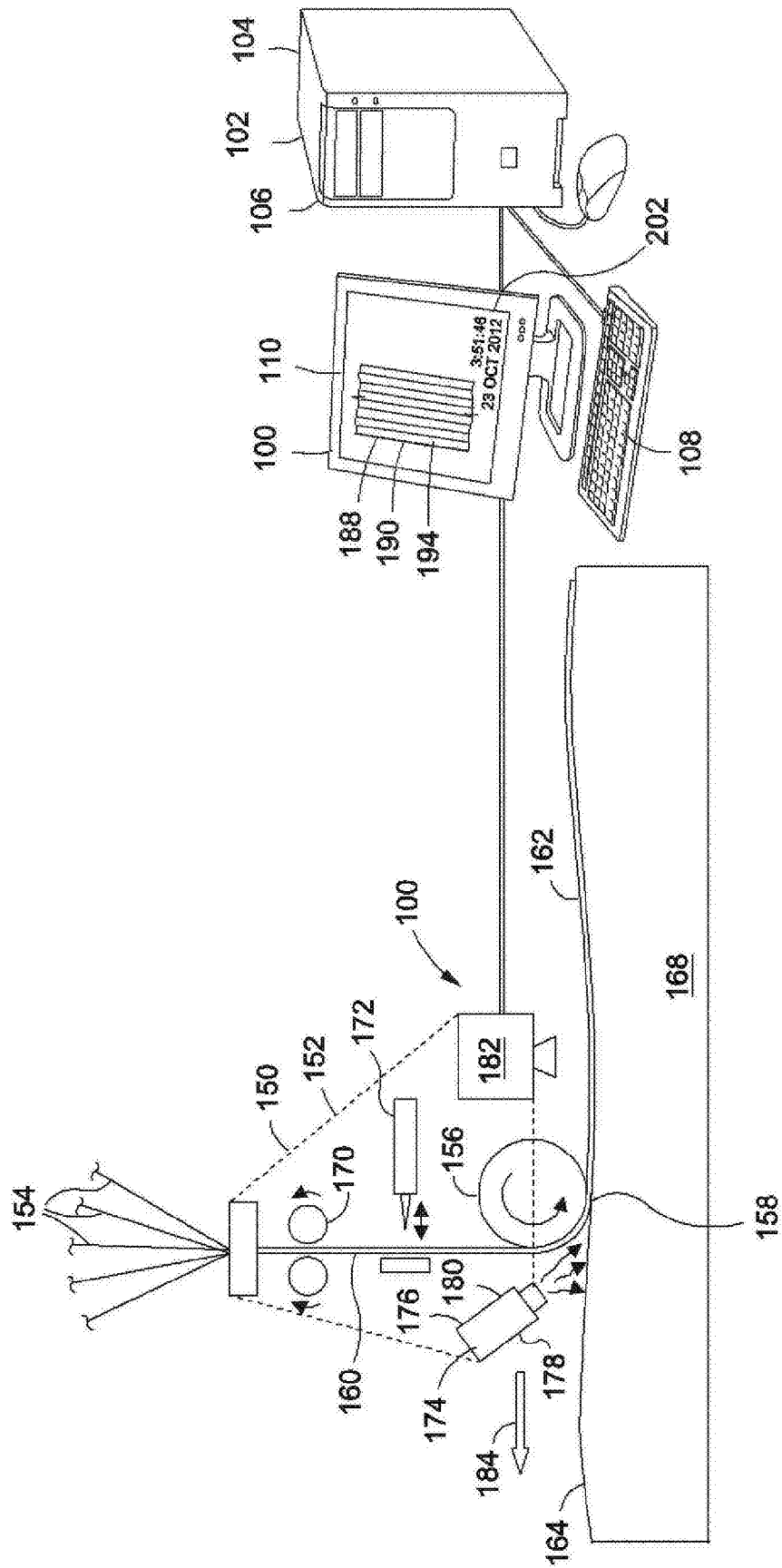


图2

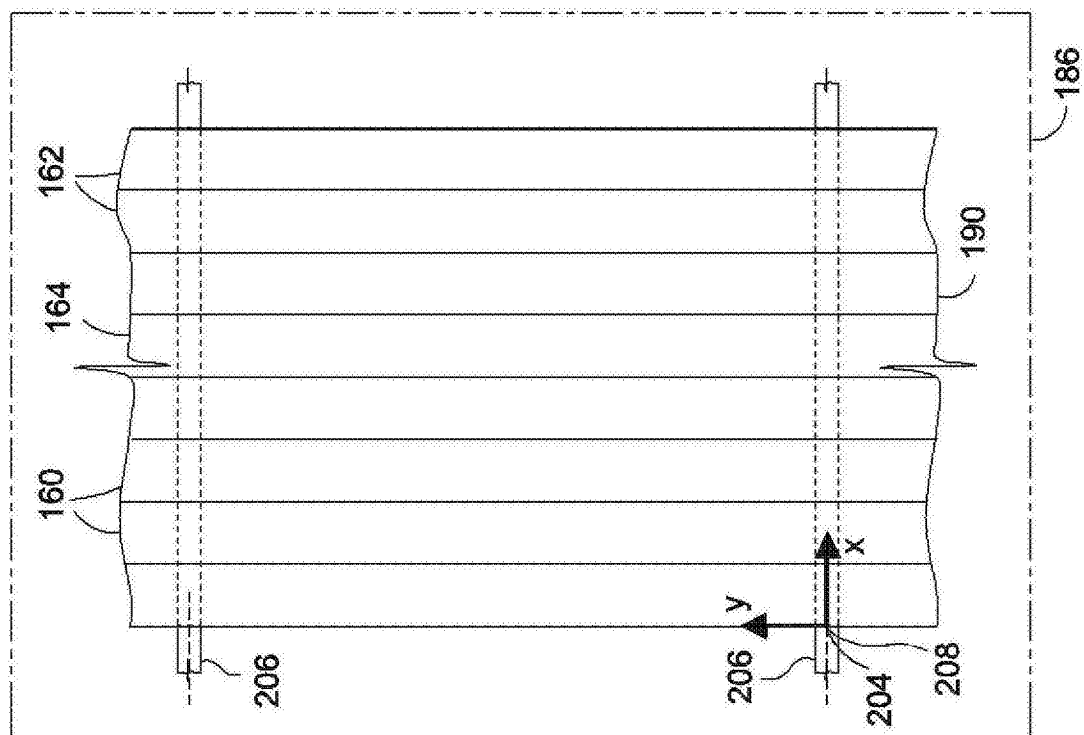


图3

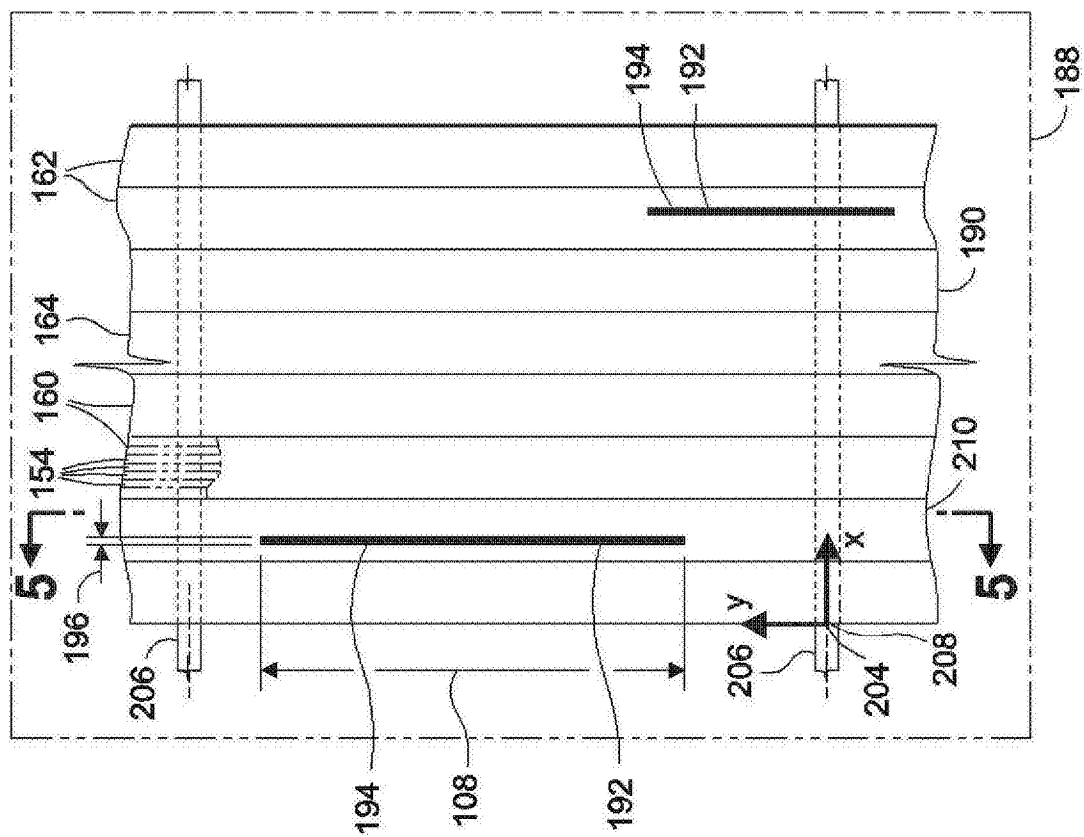


图4

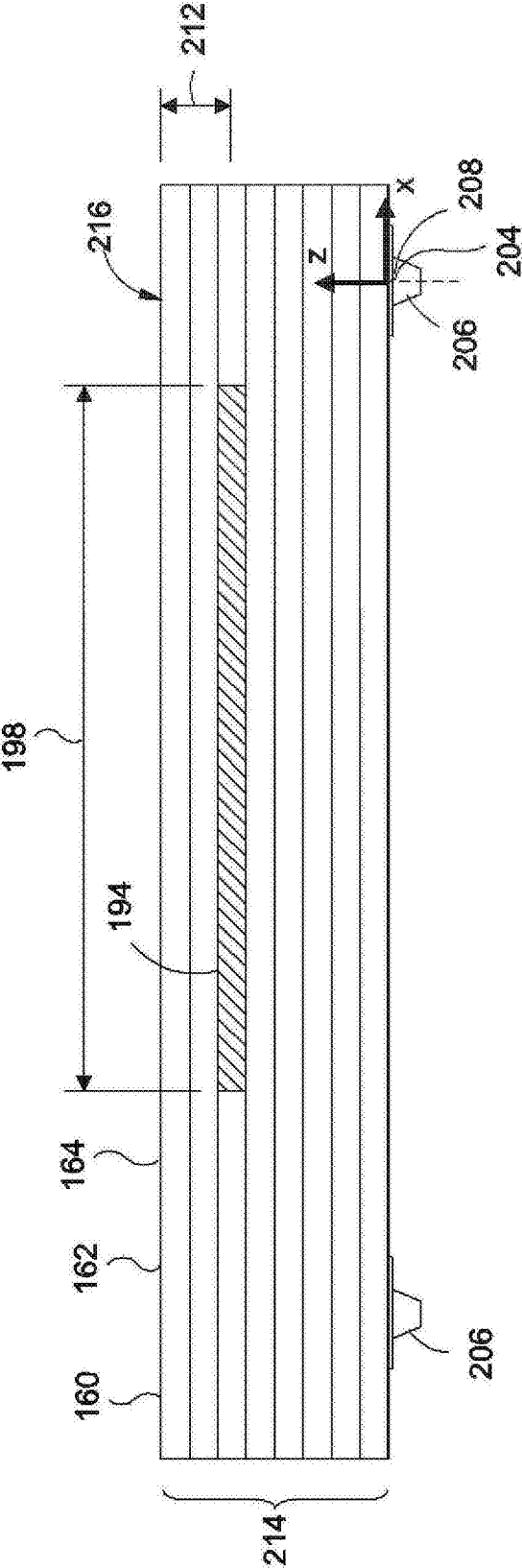


图5

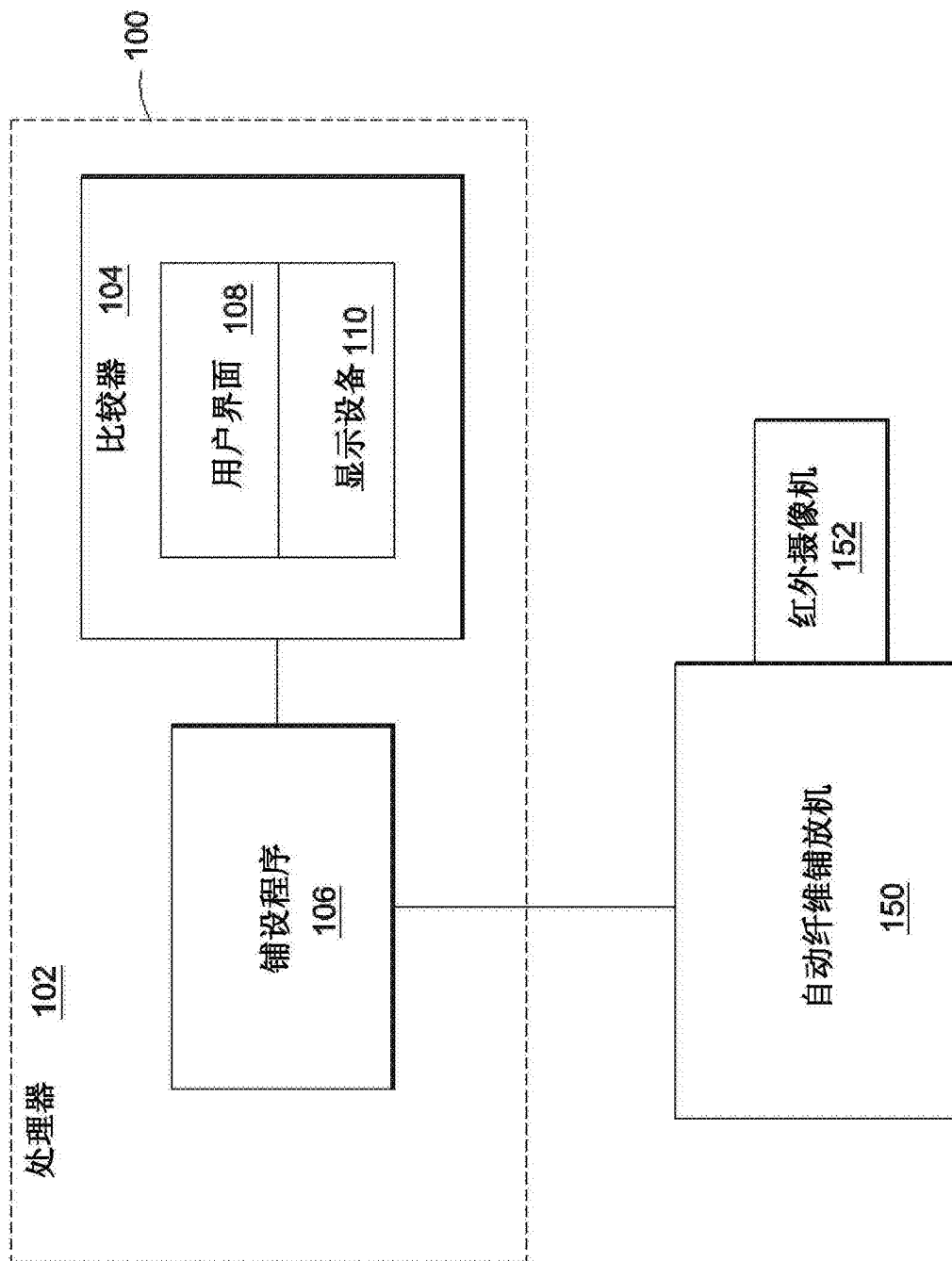


图6

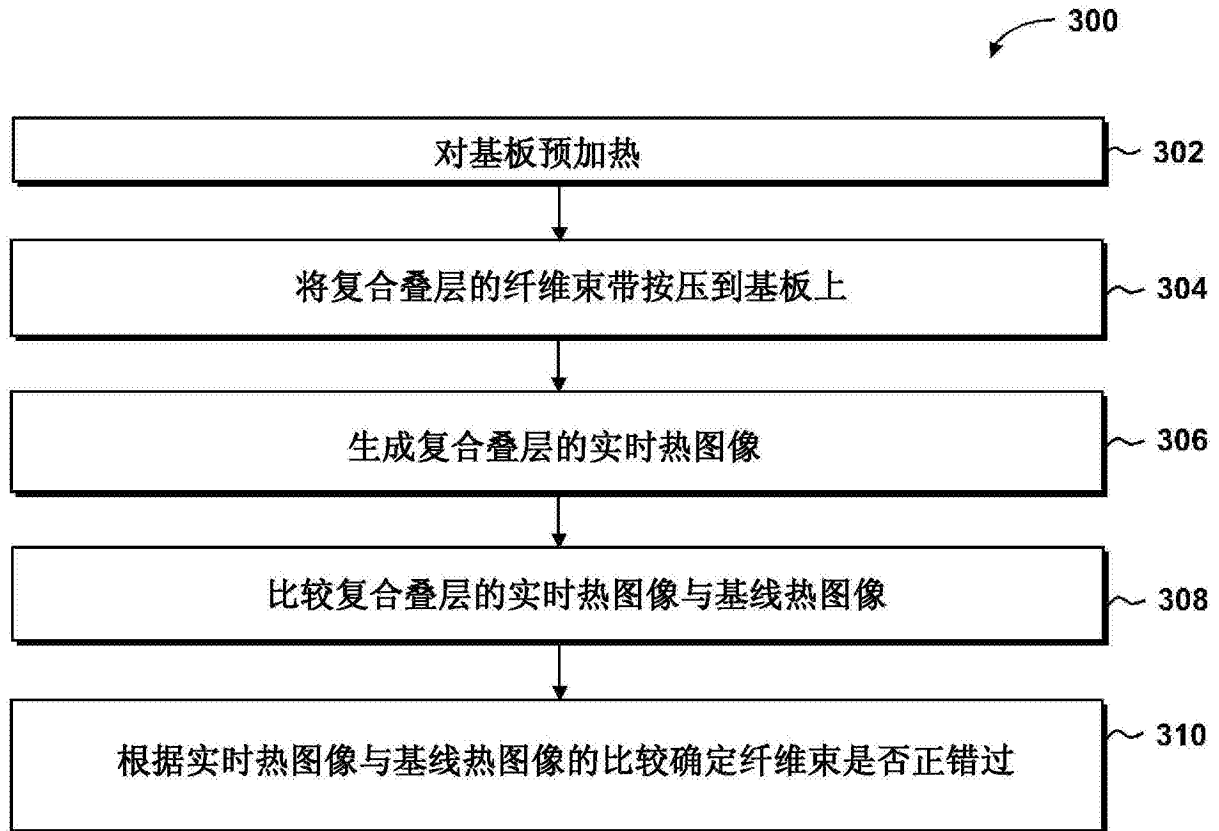


图7