



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112888936 A

(43) 申请公布日 2021.06.01

(21) 申请号 201980062633.6

(22) 申请日 2019.08.27

(30) 优先权数据

62/727,561 2018.09.06 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.03.24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IL2019/050958 2019.08.27

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/049551 EN 2020.03.12

(71) 申请人 奥宝科技有限公司

地址 以色列雅夫内城

(72) 发明人 Y·卡兹 I·拉茨科 E·梅蒙

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 刘媛媛

(51) Int.Cl.

G01N 21/956 (2006.01)

G01N 21/88 (2006.01)

G06T 7/586 (2006.01)

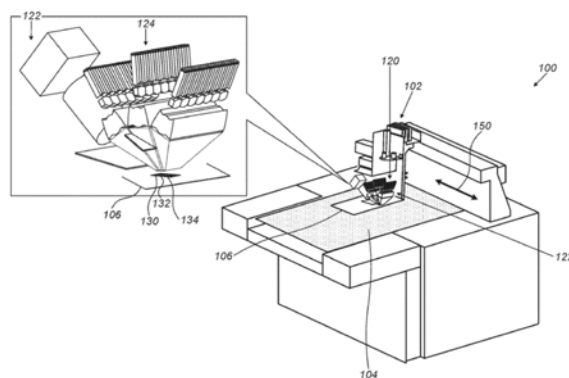
权利要求书3页 说明书18页 附图25页

(54) 发明名称

用于光学检验系统的多模态多路复用照明

(57) 摘要

一种检验系统包含照明子系统及图像感测子系统,所述照明子系统提供多个照明模态,所述系统用所述多个照明模态中的不同者同时照明对象的至少两个区域,所述至少两个区域的图像由形成所述图像感测子系统的部分的单个传感器获取。



1. 一种检验系统,其包括:  
照明子系统;及  
图像感测子系统,  
所述照明子系统提供多个照明模态,  
所述系统用所述多个照明模态中的不同者同时照明对象的至少两个区域,所述至少两个区域的图像由形成所述图像感测子系统的部分的单个传感器获取。
2. 根据权利要求1所述的检验系统,其中所述传感器包括区域传感器。
3. 根据权利要求1或权利要求2所述的检验系统,其中所述对象的所述至少两个区域相互不相连。
4. 根据前述权利要求中任一权利要求所述的检验系统,其中所述照明子系统包括至少两个光模块,其各自用所述多个照明模态中的所述不同者照明所述对象的所述至少两个区域。
5. 根据权利要求4所述的检验系统,其中所述对象及所述检验系统处于沿扫描方向的至少近连续相对运动中。
6. 根据权利要求5所述的检验系统,其中所述照明子系统频闪以在所述至少近连续相对运动期间照明所述对象的所述至少两个区域。
7. 根据权利要求5或权利要求6所述的检验系统,其中所述至少两个光模块通过沿所述扫描方向的空间相互物理地间隔开,并且所述多个照明模态包括不同角度照明模态。
8. 根据权利要求7所述的检验系统,且其还包括分束器,所述分束器将照明从所述至少两个区域引导朝向所述传感器,所述分束器经定位使得其边缘位于所述空间内。
9. 根据权利要求7或权利要求8所述的检验系统,其中所述至少两个光模块中的每一者在大致正交于所述扫描方向的交叉扫描方向上提供至少两个额外照明模态。
10. 根据权利要求9所述的检验系统,其中所述至少两个额外照明模态包括不同波长编码模态。
11. 根据权利要求9或权利要求10所述的检验系统,其中所述至少两个额外照明模态包括不同偏振编码模态。
12. 根据权利要求9到11中任一权利要求所述的检验系统,其中所述至少两个额外照明模态包括不同时间模态。
13. 根据前述权利要求中任一权利要求所述的检验系统,其中所述照明子系统包括将光引导朝向至少一个透射集中器元件的多重光源。
14. 根据权利要求1到12中任一权利要求所述的检验系统,其中所述照明子系统包括将光引导朝向至少一个反射集中器元件的多重光源。
15. 根据权利要求13或权利要求14所述的检验系统,其中所述多重光源包括将光输出到对应光导阵列的光源阵列。
16. 根据权利要求15所述的检验系统,且其还包括光塑形元件阵列,所述光导阵列中的至少一个光导将光输出到每一光塑形元件。
17. 根据前述权利要求中任一权利要求所述的检验系统,且其还包括用于处理所述图像的图像处理子系统。
18. 根据权利要求17所述的检验系统,其中所述处理包括所述图像的共同配准。

19. 根据权利要求17或权利要求18所述的检验系统,其中所述处理包括所述图像的解多路复用。

20. 根据前述权利要求中任一权利要求所述的检验系统,其中由所述照明子系统提供的所述照明在至少 $\pm 45^\circ$ 的角度范围上延伸。

21. 一种用于检验对象的方法,其包括:

用多个照明模态中的不同者同时照明对象的至少两个区域;以及  
通过单个传感器获取所述至少两个区域的图像。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中所述传感器包括区域传感器。

23. 根据权利要求21或22所述的方法,其中所述对象的所述至少两个区域相互不相连。

24. 根据权利要求21到23中任一权利要求所述的方法,其中所述照明由至少两个光模块执行,所述至少两个光模块用所述多个照明模态中的所述不同者分别照明所述对象的所述至少两个区域。

25. 根据权利要求24所述的方法,其中所述对象及所述至少两个光模块处于沿扫描方向的至少近连续相对运动中。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中所述照明包括在所述至少近连续相对运动期间所述至少两个光模块的频闪。

27. 根据权利要求25或权利要求26所述的方法,其中所述至少两个光模块通过沿所述扫描方向的空间相互物理地间隔开,并且所述多个照明模态包括不同角度照明模态。

28. 根据权利要求27所述的方法,且其还包括通过分束器将照明从所述至少两个区域引导朝向所述传感器,所述分束器经定位使得其边缘位于所述空间内。

29. 根据权利要求27或权利要求28所述的方法,且其还包括在大致正交于所述扫描方向的交叉扫描方向上用至少两个额外照明模态照明所述对象的所述至少两个区域。

30. 根据权利要求29所述的方法,其中所述至少两个额外照明模态包括不同波长编码模态。

31. 根据权利要求29或权利要求30所述的方法,其中所述至少两个额外照明模态包括不同偏振编码模态。

32. 根据权利要求29到31中任一权利要求所述的方法,其中所述至少两个额外照明模态包括不同时间模态。

33. 根据权利要求21到32中任一权利要求所述的方法,其中所述照明由将光引导朝向至少一个透射集中器元件的多重光源执行。

34. 根据权利要求21到32中任一权利要求所述的方法,其中所述照明由将光引导朝向至少一个反射集中器元件的多重光源执行。

35. 根据权利要求33或权利要求34所述的方法,其中所述多重光源包括将光输出到对应光导阵列的光源阵列。

36. 根据权利要求35所述的方法,且还包括光塑形元件阵列,所述光导阵列中的至少一个光导将光输出到每一光塑形元件。

37. 根据权利要求21到36中任一权利要求所述的方法,且其还包括在所述获取之后处理所述图像。

38. 根据权利要求37所述的方法,其中所述处理包括共同配准所述图像。

39. 根据权利要求37或权利要求38所述的方法,其中所述处理包括所述图像的解多路复用。

40. 根据权利要求21到39中任一权利要求所述的方法,其中所述照明包括在至少 $\pm 45^\circ$ 的角度范围上照明。

## 用于光学检验系统的多模态多路复用照明

### 技术领域

[0001] 本发明大体上涉及光学检验系统,并且更特定来说涉及光学检验系统中有用的多模态多路复用照明。

### 背景技术

[0002] 所属领域中已知各种类型的光学检验系统。

### 发明内容

[0003] 本发明寻求提供一种包含用于提供具有至少近全角度覆盖的广角照明的空间多路复用多模态照明的光学检验系统。

[0004] 因此,根据本发明的优选实施例提供一种包含照明子系统及图像感测子系统的检验系统,所述照明子系统提供多个照明模态,所述系统用所述多个照明模态中的不同者同时照明对象的至少两个区域,所述至少两个区域的图像由形成所述图像感测子系统的部分的单个传感器获取。

[0005] 优选地,所述传感器包含区域传感器。

[0006] 优选地,所述对象的所述至少两个区域相互不相连。

[0007] 优选地,所述照明子系统包含至少两个光模块,其各自用所述多个照明模态中的所述不同者照明所述对象的所述至少两个区域。

[0008] 优选地,所述对象及所述检验系统处于沿扫描方向的至少近连续相对运动中。

[0009] 优选地,所述照明子系统频闪以在所述至少近连续相对运动期间照明所述对象的所述至少两个区域。

[0010] 优选地,所述至少两个光模块通过沿所述扫描方向的空间相互物理地间隔开,并且所述多个照明模态包括不同的角度照明模态。

[0011] 优选地,所述系统还包含分束器,所述分束器将照明从所述至少两个区域引导朝向所述传感器,所述分束器经定位使得其边缘位于所述空间内。

[0012] 优选地,所述至少两个光模块中的每一者在大致正交于所述扫描方向的交叉扫描方向上提供至少两个额外照明模态。

[0013] 根据本发明的优选实施例,所述至少两个额外照明模态包含不同波长编码模态。

[0014] 额外地或替代地,所述至少两个额外照明模态包含不同偏振编码模态。

[0015] 进一步额外地或替代地,所述至少两个额外照明模态包含不同时间模态。

[0016] 优选地,所述照明子系统包含将光引导朝向至少一个透射集中器元件的多重光源。

[0017] 替代地,所述照明子系统包含将光引导朝向至少一个反射集中器元件的多重光源。

[0018] 根据本发明的优选实施例,所述多重光源包含将光输出到对应光导阵列的光源阵列。

- [0019] 优选地,所述系统还包含光塑形元件阵列,所述光导阵列中的至少一个光导将光输出到每一光塑形元件。
- [0020] 优选地,所述系统还包含用于处理所述图像的图像处理子系统。
- [0021] 优选地,所述处理包含所述图像的共同配准。
- [0022] 额外地或替代地,所述处理包含所述图像的解多路复用。
- [0023] 优选地,由所述照明子系统提供的所述照明在至少 $\pm 45^\circ$ 的角度范围上延伸。
- [0024] 根据本发明的另一优选实施例还提供一种用于检验对象的方法,其包含用多个照明模态中的不同者同时照明对象的至少两个区域及通过单个传感器获取所述至少两个区域的图像。
- [0025] 优选地,所述传感器包含区域传感器。
- [0026] 优选地,所述对象的所述至少两个区域相互不相连。
- [0027] 优选地,所述照明由至少两个光模块执行,所述至少两个光模块用所述多个照明模态中的所述不同者分别照明所述对象的所述至少两个区域。
- [0028] 优选地,所述对象及所述至少两个光模块处于沿扫描方向的至少近连续相对运动中。
- [0029] 优选地,所述照明包含在所述至少近连续相对运动期间所述至少两个光模块的频闪。
- [0030] 优选地,所述至少两个光模块通过沿所述扫描方向的空间相互物理地间隔开,并且所述多个照明模态包含不同的角度照明模态。
- [0031] 优选地,所述方法还包含通过分束器将照明从所述至少两个区域引导朝向所述传感器,所述分束器经定位使得其边缘位于所述空间内。
- [0032] 优选地,所述方法还包含在大致正交于所述扫描方向的交叉扫描方向上用至少两个额外照明模态照明所述对象的所述至少两个区域。
- [0033] 根据本发明的所述方法的优选实施例,所述至少两个额外照明模态包含不同波长编码模态。
- [0034] 额外地或替代地,所述至少两个额外照明模态包含不同偏振编码模态。
- [0035] 进一步额外地或替代地,所述至少两个额外照明模态包含不同时间模态。
- [0036] 优选地,所述照明由将光引导朝向至少一个透射集中器元件的多重光源执行。
- [0037] 替代地,所述照明由将光引导朝向至少一个反射集中器元件的多重光源执行。
- [0038] 根据本发明的所述方法的优选实施例,所述多重光源包含将光输出到对应光导阵列的光源阵列。
- [0039] 优选地,所述方法还包含提供光塑形元件阵列,所述光导阵列中的至少一个光导将光输出到每一光塑形元件。
- [0040] 优选地,所述方法还包含在所述获取之后处理所述图像。
- [0041] 优选地,所述处理包含共同配准所述图像。
- [0042] 额外地或替代地,所述处理包含所述图像的解多路复用。
- [0043] 优选地,所述照明包含在至少 $\pm 45^\circ$ 的角度范围上照明。

## 附图说明

[0044] 将从结合图式进行的以下详细描述更全面地理解及了解本发明,其中:

[0045] 图1A是根据本发明的优选实施例构造及操作的包含多模态多路复用照明的光学检验系统的简化说明;

[0046] 图1B是包含图1A中所说明的类型的多模态多路复用照明的光学检验系统的组件的简化框图表示;

[0047] 图2A及2B是在图1A及1B中所说明的类型的的光学检验系统中的照明及图像获取组件的简化相应正视图及透视图说明;

[0048] 图3是说明根据本发明的优选实施例的多模态多路复用照明的简化时空图表;

[0049] 图4是说明根据本发明的另一优选实施例的多模态多路复用照明的简化时空图表;

[0050] 图5是说明根据本发明的进一步优选实施例的多模态多路复用照明的简化时空图表;

[0051] 图6是说明根据本发明的又一优选实施例的多模态多路复用照明的简化时空图表;

[0052] 图7A及7B是关于图1A到2B中所展示的类型的光学元件的布置的简化相应正视图及透视图说明;

[0053] 图8A到8D是根据本发明的优选实施例构造及操作的适合于提供多模态多路复用照明的多模态照明器的简化透视图、正视图、侧视图及集合视图说明;

[0054] 图9A及9B是根据本发明的另一优选实施例构造及操作的适合于提供多模态多路复用照明的多模态照明器的简化透视图及正视图说明;

[0055] 图10A及10B是根据本发明的又一优选实施例构造及操作的适合于提供多模态多路复用照明的多模态照明器的简化透视图及正视图说明;

[0056] 图11A到11F是说明从图8A到10B中的任何者中所说明的类型的多模态照明器的一部分输出的循序光的简化图,且图11G是从图8A到10B中的任何者中所说明的类型的多模态照明器的一部分输出的瞬时光的简化图;

[0057] 图12A及12B是说明从根据本发明的另一优选实施例构造及操作的多模态照明器的一部分输出的光的简化图;

[0058] 图13是由图8A到9B中的任何者中所说明的类型的多模态照明器提供的照明的角度覆盖的简化图形表示;及

[0059] 图14、15、16A及16B是用于执行由图8A到12B中所说明的类型的系统提供的多路复用照明的解多路复用的光学元件的各种可能布置的简化说明。

## 具体实施方式

[0060] 现在参考图1A,其是根据本发明的优选实施例构造及操作的包含多模态多路复用照明的光学检验系统的简化说明;及参考图1B,其是包含图1A中所说明的类型的多模态多路复用照明的光学检验系统的组件的简化框图表示。

[0061] 如在图1A及1B所见,提供光学检验系统100,其优选地包含相对于桌子104间隔安装的光学头102。桌子104优选地适于在其上放置用于通过光学头102的照明及检验的对象

106, 此处通过实例的方式展示以体现为印刷电路板 (PCB) 衬底106。然而, 应了解, 对象106可体现为适合于通过光学检验系统100检验的任何对象, 其包含 (仅通过实例的方式) 晶片或晶片裸片、组装PCB、平板显示器及太阳能晶片。

[0062] 光学检验系统100优选地包含: 照明子系统120, 其优选地提供多个照明模态; 及图像感测子系统122。此处, 仅通过实例的方式, 照明子系统120被视为包括照明器124, 并且图像感测子系统122被视为包括照相机126, 所述照明器124及照相机126的操作优选地由图像处理及控制电子器件128控制, 如在图1B所见。

[0063] 本发明的优选实施例的特定特征是, 光学检验系统100优选地同时照明对象106的至少两个区域, 例如图1A中所见的第一、第二及第三区域130、132、134, 具有由照明子系统120提供的多个照明模态中的不同者。由照明子系统120照明的至少两个区域的图像优选地由包含在照相机126中的单个传感器136获取。传感器136优选地是区域传感器并且优选地形成图像感测子系统122的一部分。

[0064] 在如通过处理及控制电子器件128实行的图像处理之后, 由图像感测子系统122获取的图像优选地提供对象106的宽照明角度覆盖。此外, 取决于特定应用, 此宽照明角度覆盖可在其角度范围上展现近全或全覆盖, 其中具有可忽略的角度间隙, 借此有利地提供对象106的宽且至少几乎无间隙角度覆盖, 如在此后参考图2A及2B进一步详述。

[0065] 光学检验系统100优选地可操作以执行衬底106的连续扫描。在扫描期间, 衬底106优选地相对于光学头102处于连续运动中, 并且照明器124优选地周期性地频闪, 以便在对应于衬底106关于照明器124的预定位置的时间照明衬底106, 如在此后进一步详述。照相机126优选地可操作以获取如由照明器124所提供的多个照明模态照明的衬底106的图像。

[0066] 光学头102及桌子104的运动可由运动子系统140控制。可由包含各种控制及处理算法144的主计算机142控制照明器124的频闪及通过照相机126的对应图像获取的精确时序。可通过优选地包含在光学头102中的电力供应器模块146向照明器124及照相机126两者提供电力。

[0067] 应理解, 当衬底106保持静止时, 可通过光学头102沿扫描方向150的运动来创建衬底106关于光学头102的连续相对运动。替代地, 此连续相对运动可为通过衬底106关于静止光学头102的运动的方式, 或通过衬底106及光学头102两者关于彼此的运动的方式。应了解, 尽管下文关于光学头102沿扫描方向150相对于静止衬底106的运动来描述系统100的操作, 但操作原理可对应地应用于导致衬底106及光学头102沿扫描方向150的连续相对运动的其它运动模式。

[0068] 应理解, 本发明的检验系统100因此优选地在连续扫描模式中操作, 其中照明器124关于衬底106相对于光学头102的运动同步地频闪, 以便通过区域传感器136获取衬底106的图像。在连续扫描模式中的系统100的操作促进高扫描速度, 所述高扫描速度在电子衬底检验中是特别需要的。

[0069] 此外, 与将区域传感器 (例如区域传感器136) 用于图像获取而不是线型图像传感器相结合的连续扫描的性能改进至照相机126的光提供的效率, 从而允许照相机126以比采用线型图像传感器的情况将另外可能更高的速度执行图像获取。额外地或替代地, 由区域传感器136的使用而产生的改进光效率可被用于更简单及更可靠照明器, 如下面进一步详述。

[0070] 在本发明中优选地通过采用区域型传感器136而不是线型图像传感器来实现的改进光效率可归因于若干因素。首先,区域型传感器136的使用导致对应照明器124的更好区域效率,这是因为照相机126的照明场可大体上与有效照相机视场(FOV)大小相同,因此减少浪费的光量。相反,如果采用线传感器,那么照明器124可照明比由照相机感测的线视场宽得多的区域,因此导致浪费光。

[0071] 通过考虑在例如对象106的对象上成像20mm宽条带,可了解由于使用区域而不是线型图像传感器的改进照明效率。在使用线传感器来执行此成像的情况下,由照相机成像的瞬时FOV通常在扫描方向上为 $10\mu\text{m}$ ‘深’,这意味着线照相机‘看到’ $20\text{mm}\times 10\mu\text{m}$ 的区域。为了正确地照明此视场,照明器应均匀地照明在每一维度上大 $\pm 0.5\text{mm}$ 的场。归因于实际设计及构造考虑,将被均匀地照明的实际照明条带将为大约 $21\text{mm}\times 1\text{mm}$ ,从而导致提供到对象106的约100倍光能量浪费。相反,在根据本发明的优选实施例的用于对20mm宽条带执行成像的区域传感器的情况下,照相机FOV由各自测量约 $20\text{mm}\times 2\text{mm}$ 的若干条带状区组成。在类似实际设计及构造考虑下,每一均匀照明区现在将大约为 $21\text{mm}\times 3\text{mm}$ ,从而导致仅提供到对象106的光能量的33%的浪费。

[0072] 另外,区域型传感器136的使用允许照明器124以比如果使用线型传感器可行的情况更短的占空比的光频闪操作。占空比通常大致以等于沿扫描方向150的每一照明模态的传感器行计数增量的倒数,其在传感器136中可能在范围100到5000中。降低占空比可允许增加的亮度级,同时减少冷却及电驱动需求,因此实现较低系统复杂性及成本。

[0073] 基于下文提供的详细描述,又进一步优点将变得明显。

[0074] 关于系统100的结构及操作的进一步细节可通过额外参考图2A及2B来最好地理解,图2A及2B是图1A及1B中所说明的类型的光学检验系统中照明及图像获取组件的简化相应正视图及透视图说明。

[0075] 现在转到图2A及2B,可看到照明器124包括照明衬底106的第一区域130的第一光模块152、照明衬底106的第二区域132的第二光模块154及照明衬底106的第三区域134的第三光模块156。第一、第二及第三区域130、132、134优选地位于照相机126的视场(FOV)160内。因此,照相机126的FOV 160在大致平行于扫描方向150的方向上被有效地分段成三个区域130、132、134,所述区域中的每一者优选地由光模块152到156中的相应一者照明。

[0076] 第一、第二及第三光模块152、154、156中的每一者优选地经布置成从相互不同的角度分别照明第一、第二及第三区域130、132及134,因此向FOV 160提供三种相互不同的角度照明模态。相互不同的角度模态优选地由照明器124在沿扫描方向150的方向上同时提供。如在图2A中最清楚地看到,由照明器124提供的三个角度模态优选地共同提供在扫描方向150上大约 $\pm 45^\circ$ 的全覆盖。

[0077] 光模块152、154、156中的每一者优选地包括像散集中器162,所述像散集中器162将光条带投射到借此被照明的FOV 160的对应区域上。像散集中器162可为标题为‘线性光集中器(Linear Light Concentrator)’的美国专利7,6413,65中描述的类型,所述专利被转让给与本发明相同的受让人,并以引用的方式并入本文中。

[0078] 应了解,正是由多个照明模块152、154、156对条带状或细长照明场130、132、134的照明允许使用高效的非成像聚焦像散集中器162。此类像散集中器可在交叉扫描方向上的广角上提供大体上均匀、平移不变及无渐晕光场,借此避免对浪费的光漫射器或所属领域

中已知的其它类型的均匀化光学元件的需要。以各种相互不同的角度组合若干此类聚光元件进一步优选地使得能够沿扫描方向150延伸整体角度覆盖。此后详述由本发明的照明模块152、154、156的空间多路复用产生的又进一步优点,使得每一照明模块照明衬底106上的单独条带。

[0079] 本发明的优选实施例的特定特征是,由光模块152、154、156投射的照明因此优选地在由每一光模块投射的光条带的边界内大体上是平移不变的及无渐晕的,因此在每一光模块的角度范围上提供近全或全角度覆盖。

[0080] 应理解,由光模块152、154、156投射的光条带的平移不变性及无渐晕性质在由每一模块投射的光条带的大部分内保持,除在横向及纵向条带方向两者上的条带边缘处的有限区内之外,如上文详述。因此,照明的角度分布保持大体上不变,而与照明条带内的位置无关。

[0081] 应了解,如果由光模块152、154、156投射的照明中存在光学渐晕,那么这将在照明数值孔径(NA)内产生逐渐加宽的角度间隙,因为观察点偏离每一光条带的中心,因此限制照明器124的性能能力及因此系统100的检验能力。

[0082] 通过本发明的优选实施例提供均匀、多模态、平移不变、有效及至少几乎无间隙的照明是非常有利的。与采用成像型光集中器的所属领域中已知的稍微看似相当的窄角度覆盖照明系统相反,本发明优选地提供在扫描及交叉扫描方向两者上具有宽角度覆盖的多模态、均匀及平移不变照明。

[0083] 由照明器124在由照相机126感测的区上方提供大体上均匀、大体上无间隙的宽NA照明对于改进由系统100执行的衬底检验的效能是非常有利的。这是因为电子衬底的检验通常涉及图像分段,其中一种材料的图案与其它材料的图案或下伏衬底材料的图案区分开来。此分段通常需要受检验对象的宽照明角度、大体上无间隙覆盖。通过实例的方式,针对PCB的电介质衬底有效分段铜迹线通常需要在大约0.7的NA上方延伸的照明角度覆盖,对应于约 $\pm 45^\circ$ 的总照明角度。此宽角度大体上无间隙照明有利地由本发明的优选实施例提供。

[0084] 此外,每一光模块152、154及156提供大体上均匀角度覆盖的能力是有利的,即使在由每一个别模块覆盖的角之间的故意间隙可能是所需的情况下仍是如此。这是因为,在本发明的实施例中,可精确地设计及实施此类故意间隙,而不是如在常规照明系统中典型的情况那样,作为由每一模块投射的照明场内的不受控制的渐晕的结果。

[0085] 应理解,如本文所说明,通过三个光模块152、154、156照明FOV 160以及将FOV160对应有效划分为三个照明区域130、132、134仅是示范性的。根据系统100的设计规范,FOV 160可被划分为两个或更多个区域,并且对应地设计照明器124。

[0086] 由照明器124照明的至少两个区域优选地(尽管不一定是非相连),如此处被说明为关于由一系列间隙164相互分离的照明条带130、132、134的情况。如在图2A中最清楚所见,在FOV 160中照射在条带130、132、134上的光优选地从其朝向分束器170反射。分束器170优选地部分透射以允许由光模块154产生的光入射在衬底106的条带132上,并且部分反射以允许通过照相机126观察所有照明条带130、132、134。分束器170优选地关于照明条带130、132、134及间隙164布置,以便于最小化由分束器170的边缘引入的照明不均匀性及杂散光效应。照明条带130、132、134可具有大约0.5到2mm的有效宽度。

[0087] 每一照明条带的有效宽度(此后也被简称为宽度)可被定义为照明场在其上大体

上均匀且平移不变的区。有效宽度与例如LED的光源的物理大小及在光模块152、154、156中的每一者内采用的光集中器162的光学性质两者相关。如上文所述,有效宽度通常略小于界定每一照明条带的照明光能量的整体扩散。

[0088] 应理解,由每一模块152、154、156照明的条带的有效宽度是非常重要的参数,确定每一成像模态的光频闪占空比。这可通过考虑其中包含在照相机126中的区域传感器136的每一像素行在FOV 160中使5 $\mu$ m区成像的实例来了解。如上文所述,在扫描期间,衬底106优选地相对于光学头102处于连续运动中。为避免成像质量的损失,照明器124优选地频闪对应于大体上类似于由单行像素成像的区的大小的扫描距离的周期,即在此实例中为5 $\mu$ m。在实践中,频闪持续时间可对应于1 $\mu$ m或甚至更小范围中的扫描距离(如果系统光预算允许的话),高达约10 $\mu$ m而不过度损失成像质量,这取决于特定应用。如果条带130、132、134的宽度为1mm,那么每一照明模态将以1mm扫描增量频闪,从而导致约1:200频闪占空比。应注意,此结果与投射到照明条带130、132、134中的每一者中的照明模态的数目无关,如下文参考图5所详述。

[0089] 间隙164可具有大体上等于条带130、132、134的宽度的宽度。下文参考图7A及7B提供关于分束器170的优选放置以便于最小化从其产生的照明不均匀性的进一步细节。

[0090] 入射到分束器170上的光优选地朝向镜172偏转,在所述镜172处,光优选地朝向照相机126反射。光优选地通过透镜174聚焦在照相机126上,优选地介接镜172及照相机126。照相机126内的传感器136优选地检测从衬底106反射的入射光。应了解,单个传感器(即区域传感器136)因此可操作以获取照相机126的FOV 160内的所有区域130、132、134的图像,所述区域优选地由照明器124以相互不同的角度照明模态同时照明。在本发明的优选实施例中有益的示范性合适传感器包含比利时的AMS传感器(AMS Sensors, Belgium)的CMV12000及索尼(Sony)的IMX253LLR。装备有这些传感器的照相机可购自例如德国巴斯勒(Basler of Germany)、加拿大BC的Flir及EVT(Flir and EVT of BC, Canada)的供应商。

[0091] 透镜174优选地为具有范围0.3x到3x中的放大率的远心成像透镜。由于FOV 160与透镜174之间的光学路径优选地完全在空气中,因此透镜174可体现为具有所需放大率、分辨率及FOV的市售透镜。替代地,针对特殊应用,合适透镜可由例如德国的Qioptiq Photonics GmbH及Co KG及Jos.Schneider Optische Werke GmbH的制造商根据规格定制设计及生产。

[0092] 本发明的优选实施例的特定特征是,除由照明器124在扫描方向150上提供的多个角度照明模态之外,照明器124优选地另外配置及可操作以在通常正交于扫描方向150的交叉扫描方向180上提供额外次角度照明模态。在交叉扫描方向180上提供的额外次角度照明模态可包含不同偏振编码模态、不同波长编码模态、不同时间多路复用模态或用于编码不同角度照明模态的任何其它可变照明模态中的一或多者,如所属领域技术人员可能所知。

[0093] 因此,由照明器124提供的宽照明角度覆盖优选地被分裂成多个可个别切换及感测的照明模态,每一照明模态优选地照明衬底106的单个离散区段,例如沿扫描方向150排列的区域130、132、134。每一扫描方向角度区段优选地进一步被分裂成沿交叉扫描方向180排列的数个角度子区段。每一角度区段及子区段优选地构成可独立切换的照明模态,其中可通过采用时间、波长及偏振编码方案中的一或多者来最小化各种模态之间的串扰。

[0094] 所有角度区段的同时启动导致完全大体上均匀大体上无间隙的宽NA照明的恢复,

如对于有效图案区分可能是所需的。入射在衬底106的每一部分上的照明模式的总和随后由计算机142计算地解多路复用,以产生经检验衬底106的多模态影像。

[0095] 应了解,本发明借此提供在宽角度上的大体上均匀、大体上无间隙及大体上平移不变的多模态照明,与在连续扫描模式中操作的区域型图像传感器兼容。

[0096] 用在扫描方向150及交叉扫描方向180两者上以可变及精确定义的角度定向的多模态光对衬底106的照明可用于辅助衬底106上的可能缺陷的准确特性化。特定地,使用增加数目的照明模式改进实际缺陷的识别并减少良性衬底特征的假阳性识别。此外,沿扫描方向150分离照明区段还通过避免物理障碍物来促进照明器的构造,如在此后参考图7A及7B进一步详述。

[0097] 下面分别关于图11A、11B、11C以及12A及12B进一步描述可通过其使用不同波长或偏振多路复用不同交叉扫描照明角度的方法。下面关于图7、8、9及10描述在单独区域130、132、134当中的扫描方向角度模式的划分。

[0098] 现在参考图3,图3是说明根据本发明的优选实施例的多模态多路复用照明的简化时空图表。

[0099] 如在图3中所见,由系统100提供的多模态多路复用照明的实例可以时空图表300的形式表示。图表300的横轴在扫描方向150上延伸,并且图表300的纵轴指示时间或帧计数。

[0100] 在图3中所绘制的示范性照明状态中,沿扫描方向150分别递送到三个空间区130、132、134的三个角度照明模式由优选地在空间区130、132、134中的每一者内沿交叉扫描方向180同时递送的三个波长编码的照明角度补充。特定优选地,优选地将包括三个波长编码信道的第一群组的角度照明模式310递送到第一空间区130,优选地将由相同三个波长信道编码的第二群组的不同角度照明模式320递送到第二空间区132,并且优选地将由相同三个波长信道编码的第三群组的仍然不同的角度照明模式330递送到第三空间区134。优选地,当照明器124频闪时,第一、第二及第三空间区130、132、134由三个群组的照明角度模式310、320、330中的对应者同时照明。

[0101] 在每一时间步或帧,照明器124频闪,并且区域130、132、134优选地由各自由三个照明波长编码的照明角度模式310、320、330的群组中的相应者同时照明。照明区域130、132、134在图3中被描绘为表示每一区域通过其被照明的三个波长信道的三个水平条的堆叠,并且可被理解为对应于在照明器124频闪的每一时刻的FOV 160的概念性横截面视图。

[0102] 优选地,每当扫描运动在扫描方向150上遍历对应于区域130、132、134中每一者的宽度的间隔时,图3中所说明的每一照明模式频闪。

[0103] 每一帧优选地由照相机126捕获。在此情况下,照相机126优选地包含用于感测每一波长的光的传感器136中的多者,并且分束器170优选地经配置以在所有三个波长信道部分地透射及反射。

[0104] 在照明器124的频闪期间及之后,光学头102优选地在扫描方向150上连续移动。照明器124优选地以对应于光学头102已在扫描方向150上跨区域130、132、134中的每一者的全宽度或几乎全宽度行进的时间间隔频闪。包含在去标记区350中的衬底106上的每一点因此优选地由照相机126在三个区域130、132、134中的每一者中循序成像,并且如由包含在群组310、320、330中的三个照明波长中的每一者照明。包含在去标记区350中的衬底106上的

每一点因此由对应于照明衬底106上的三个空间区中的每一者的三个波长编码模态的总共九个照明角度模态照明。应了解,如本文所描述的三个波长模态的使用仅是示范性的,并且可替代地使用两种或三种以上波长编码模态。

[0105] 应了解,如果所有三个扫描方向角度模态都入射在相同的照明条带上(如在常规照明方法中的典型情况,其中未采用物理上分离的照明模块),那么为避免串扰,照明器124将必须以仅对应于连续频闪之间的照明条带宽度的大约三分之一的间隔进行频闪,并且在每一频闪仅启动三种不同模态。这与本发明的方法形成对比,在本发明中,扫描方向角度模态入射在相应、单独条带上,从而允许在每一频闪启动九个模态。在此类常规系统内采用以固定帧速率操作的图像传感器将因此导致相对于图3的优选布置的扫描速度的三倍损失。

[0106] 此外,在此类常规系统中,由于在小频闪增量之间需要增加数目的图像重叠,扫描速度将进一步降低。本发明中采用的物理上单独照明模块因此有利地促进增加的扫描速度,这与其中不采用此类物理上单独照明模块的常规照明系统形成对比。

[0107] 在扫描衬底106的整个长度之后,衬底106接着可优选地通过桌子104的运动在交叉扫描方向180上递增地平移,这取决于衬底106在交叉扫描方向180上的宽度。然后可重复以上描述的过程,直到已经扫描整个衬底106。应了解,如果衬底106足够窄及/或光模块152、154、156在交叉扫描方向180上充分延伸,那么系统100可实行衬底106的单遍次扫描,使得不需要衬底106的交叉扫描方向运动。

[0108] 如本文所描述的照明角度模态的波长编码在被检验衬底在所采用的波长范围内大体上是波长无关的情况下可能特别有用。举例来说,在PCB检验中,铜反射率在长于约600nm的波长下大体上不变。因此,可采用使用包含在从约600nm到约950nm的范围内的数个单独信道的波长编码,而不会引起不适当反射变化伪影。在此情况下,应注意关于相应波长下的照相机传感器相关响应来均衡各种模态图像。照明角度模态的波长编码也可用于在所采用的波长范围内大体上角度无关的衬底的情况下的彩色或多光谱图像获取。这可能是高度漫反射、准朗伯反射表面的情况。

[0109] 在此后参考图8A到9B提供关于用于产生此波长编码的多角度照明的照明器124的结构及操作的进一步细节。

[0110] 现在参考图4,图4是说明根据本发明的另一优选实施例的多模态多路复用照明的简化时空图表。

[0111] 如在图4中所见,由系统100提供的多模态多路复用照明的实例可以时空图表400的形式表示。图表400的横轴在扫描方向150上延伸,并且图表400的纵轴指示时间或帧计数。

[0112] 在图4中所绘制的示范性照明状态中,对应于三个空间区130、132、134的三个角度照明模态由优选地在空间区130、132、134中的每一者内同时递送的两个照明偏振来补充。特定优选地,优选地将包括两个偏振编码的角度信道的第一群组的照明模态410递送到第一空间区130,优选地将包括相同两个偏振编码信道的第二群组的照明模态420递送到第二空间区132,并且优选地将包括相同两个偏振编码信道的第三群组的照明模态430递送到第三空间区134。当照明器124频闪时,第一、第二及第三空间区130、132、134优选地由三个群组的照明模态410、420、430中的相应者同时照明。

[0113] 在每一时间步或帧,照明器124频闪,并且区域130、132、134优选地由各自包含两

个照明偏振的照明角度模态410、420、430的群组中的相应者同时照明。照明区域130、132、134在图4中被描绘为表示每一区域通过其被照明的两个偏振信道的两个水平条的堆叠,并且可被理解为对应于在照明器124频闪的每一时刻的FOV 160的概念性横截面视图。

[0114] 每一帧优选地由照相机126捕获。在此情况下,照相机126优选地包含用于感测每一偏振的光的一对传感器136,并且分束器170优选地经配置以部分地透射及部分地反射两个偏振。

[0115] 在照明器124的频闪期间及之后,光学头102优选地在扫描方向150上连续移动。照明器124优选地以对应于光学头102已在扫描方向150上跨区域130、132、134中的每一者的全宽度或几乎全宽度行进的时间间隔频闪。包含在去标记区450中的衬底106上的每一点因此优选地由照相机126在三个区域130、132、134中的每一者中循序成像,并且如由包含在群组410、420、430中的两个偏振编码照明角度模态中的每一者照明。包含在去标记区450中的衬底106上的每一点因此优选地由对应于照明衬底106上的三个空间区的两个偏振模态的总共六个照明角度模态照明。

[0116] 应了解,如果所有六个偏振编码的角度模态都入射到单个条带上(如在常规照明系统中典型的情况),那么光学头102将必须在频闪之间仅递增被照明条带的宽度的约三分之一,并且每一频闪启动仅两个角度模态以避免串扰。

[0117] 在扫描衬底106的整个长度之后,衬底106接着可优选地通过桌子104的运动在交叉扫描方向180上递增地平移,这取决于衬底106在交叉扫描方向180上的宽度。然后可重复以上描述的过程,直到已经扫描整个衬底106。应了解,如果衬底106足够窄及/或光模块152、152、156在交叉扫描方向180上充分延伸,那么系统100可实行衬底106的单遍次扫描,使得不需要衬底106的交叉扫描方向运动。

[0118] 如本文所描述的照明角度模态的偏振编码在衬底106在所采用的波长范围内大体上是偏振无关的情况下可能特别有用。举例来说,在PCB检验中,在所有所关注入射角下及可见光波长上,铜反射率在相互垂直偏振之间仅变化百分之几。典型的半透明电介质衬底在反射时易使入射光去极化,并且在很大程度上与入射角无关。

[0119] 此外,在角度无关应用中,偏振编码照明可用于分析衬底106上每一位置处的材料类型。举例来说,如本文所描述的偏振编码照明可用于检验包括相对薄且平坦的漫反射金属或电介质膜的图案化衬底,所述金属或电介质膜如通常由光学粗糙陶瓷、太阳能晶片或柔性塑料衬底上的薄金属或电介质膜沉积而产生。

[0120] 在此后参考图12A及12B提供关于用于产生此多极化照明的照明器124的结构及操作的进一步细节。

[0121] 现在参考图5,图5是说明根据本发明的又一优选实施例的多模态多路复用照明的简化时空图表。

[0122] 如在图5中所见,由系统100提供的多模态多路复用照明的实例可以时空图表500的形式表示。图表500的横轴在扫描方向150上延伸,并且图表500的纵轴指示时间或帧计数。

[0123] 在图5中所绘制的示范性照明状态中,对应于三个空间区130、132、134的三个扫描方向150角度照明模态各自由三个不同交叉扫描方向180角度模态补充。交叉扫描方向角度模态优选地在空间区130、132、134中的每一者内依时间步循序地递送。特定优选地,包括三

个角度模态的第一群组的照明模态510在一个时间点优选地递送到空间区130、132、134,包括三个不同角度模态的第二群组520在第一群组510的递送之后的另一时间点优选地递送到空间区130、132、134,并且包括三个仍然不同的角度模态的第三群组530优选地在第二组520的递送之后的又一时间点递送到空间区130、132、134。

[0124] 当照明器124循序地关于三个群组510、520、530频闪时,第一、第二及第三空间区130、132、134优选地由三个群组的照明模态510、520、530中的一者的个别模态中的相应者同时照明。

[0125] 照明区域130、132、134在图5中被描绘为表示每一区域通过其被照明的个别照明模态的水平条,并且可被理解为对应于在照明器124频闪的每一时刻的FOV 160的概念性横截面视图。每一帧优选地由照相机126捕获。在此情况下,照相机126优选地包含用于检测入射光的单色传感器136。

[0126] 在照明器124的频闪期间及之后,光学头102优选地在扫描方向150上连续移动。照明器124优选地以对应于光学头102已沿扫描方向150跨区域130、132、134中的每一者行进大约三分之一路程的距离的时间间隔频闪,但其中在每一频闪递送不同群组的照明模态。如从图5的考虑了解,照明模态510、520及530的群组的每一模态优选地以对应于跨区域130、132、134中的每一者的全宽度的间隔频闪。因此,照明器124的占空比由区域130、132、134中的每一者的全宽度确定,如上文所述。

[0127] 应理解,由于照明模态510、520、530的不同群组关于彼此在不同时间点被递送,加上照明器124关于衬底106的连续运动,每一群组的照明模态优选地照明区域130、132、134中的每一者的逐渐平移区。优选地,在由照明模态510、520、530的群组的照明的区域130、132、134中的每一者的那些区之间存在小空间重叠,以便允许准确的后续图像重建。

[0128] 包含在去标记区550中的衬底106上的每一点因此优选地由照相机126在三个区域130、132、134中的每一者中成像,并且如在每一区域内在三个时间点被照明。包含在去标记区550中的衬底106上的每一点因此由对应于照明衬底106上的三个空间区的三个时间模态的总共九个照明模态照明。应了解,如本文所描述的三个时间步的使用仅是示范性的,并且可替代地使用两个或两个以上的时间步。

[0129] 在扫描衬底106的整个长度之后,衬底106接着可优选地通过桌子104的运动在交叉扫描方向180上递增地平移,这取决于衬底106在交叉扫描方向180上的宽度。然后可重复以上描述的过程,直到已经扫描整个衬底106。应了解,如果衬底106足够窄及/或光模块152、154、156在交叉扫描方向180上充分延伸,那么系统100可实行衬底106的单遍扫描,使得不需要衬底106的交叉扫描方向运动。

[0130] 应理解,由于较小的增量扫描步骤的性能,图5中所绘制的实施例中的系统吞吐量比图3及4所绘制的那些更慢。然而,应了解,如果所有九个角度模态都入射在单个条带上,而不是被分组成分别入射在三个个别条带上的三个群组,那么光学头102将必须在频闪之间仅递增照明条带的宽度的约九分之一,并且在每一频闪启动仅单个角度模态以便避免串扰。此系统所需的增加的扫描增量的数目,加上如上文所述确保连续曝光之间的有限空间重叠的需要,将导致比优选地在本发明中实现的扫描速度慢得多的扫描速度,如在图5中所绘制。

[0131] 在此后参考图8A及9B提供关于用于产生此时间步进照明的照明器124的结构及操

作的进一步细节。

[0132] 应了解,图3到5中所绘制的不同照明模态中的不同者可组合以实现更高阶的多模态照明。仅通过实例的方式,在图6中说明不同偏振模态与不同波长模态的组合。现在转到图6,由系统100提供的多模态多路复用照明的实例可以时空图表600的形式表示。图表600的横轴在扫描方向150上延伸,并且图表600的纵轴指示时间或帧计数。

[0133] 在图6中所绘制的示范性照明状态中,三个空间区130、132、134中的每一者由两个偏振编码信道照明,每一偏振编码信道包括三个波长编码的角度模态,优选地同时递送到空间区130、132、134中的每一者。特定优选地,将包括总共六个波长及偏振编码信道的第一群组的照明模态610优选地递送到第一空间区130,将包括由相同六个波长及偏振信道编码的不同角度模态的第二群组的照明模态620优选地递送到第二空间区132,并且将包括由相同六个波长及偏振信道编码的又不同角度模态的第三群组的照明模态630优选地递送到第三空间区134。优选地,当照明器124频闪时,第一、第二及第三空间区130、132、134由三个群组的照明模态610、620、630中的对应者同时照明。

[0134] 在每一时间步或帧,照明器124频闪,并且区域130、132、134优选地由各自包含具有两个偏振的三个照明波长的照明角度模态610、620、630的群组中的相应者同时照明。照明区域130、132、134在图6中被描绘为表示每一区域通过其被照明的各自依两个偏振的三个波长的六个水平条的堆叠,并且可被理解为对应于在照明器124频闪的每一时刻的FOV 160的概念性横截面视图。

[0135] 依其编码各种角度模态群组的两个正交偏振分别由图6中的参考数字640及642指示。图6展示两个线性偏振的示范性情况,其中640表示指向扫描方向150的线性偏振,且642表示指向交叉扫描方向180的线性偏振。应理解,可替代地采用其它正交偏振编码方案。

[0136] 每一帧优选地由照相机126捕获。在照明器124的频闪期间及之后,光学头102优选地在扫描方向150上连续移动。照明器124优选地对对应于光学头102已在扫描方向150上跨区域130、132、134中的每一者的全宽度或几乎全宽度行进的时间间隔频闪。包含在去标记区650中的衬底106上的每一点因此优选地由照相机126在三个区域130、132、134中的每一者中循序成像,并且如由包含在群组610、620、630中的六个波长及偏振编码角度模态中的每一者照明。包含在去标记区650中的衬底106上的每一点因此由对应于照明衬底106上的三个空间区中的每一者的六个波长及偏振编码模态的总共十八个照明模态照明。

[0137] 应了解,除图6中所绘制的照明模态之外,不同照明模态的替代组合也是可能的。因此,通过实例的方式,如图3中所说明那样照明多个空间区的不同波长编码模态可与如图5中所说明的不同时间模态组合以实现更多数目的照明模态;如图4中所说明那样照明多个空间区的不同偏振编码模态可与如图5中所说明的不同时间模态组合;并且可交替地组合所有偏振、波长及时间步模态。

[0138] 应理解,用于照明衬底106的照明模态的数目越多,其检验的准确度及分辨率就越大,尽管在某些情况下,随着模态的数目增加,系统吞吐量可能更慢。

[0139] 现在参考图7A及7B,其是关于图1A到2B中所展示的地类型的系统的照明输出所展示的光学元件的布置的简化的相应正视图及透视图说明。

[0140] 如在图7A及7B中所见,来自照明器124(未展示)的照明输出(此处说明为包括三个照明束700、702、704)优选地入射在至少两个区域上,此处说明为包括衬底106上的三个照

明区域130、132、134。由于光模块152、154、156之间的物理间隔及定向,束700、702、704及对应照明区域130、132、134优选地是非相连的,这是本发明的优选实施例的特别有利的特征。因此,可关于束700、702、704定位分束器170,使得分束器170的边缘710位于束700、702、704之间的空间中而不是在束内。分束器170的边缘710在光束700、702、704之间而不是在光束700、702、704内的定位用于最小化由边缘710引入的照明不均匀性及杂散光。考虑到区域132照明的衰减以及通过照相机126对从区域130、132、134反射的照明的无渐晕捕获,优选地基于允许区域130、132、134不间断地暴露于照明而选择分束器170的最优定位。

[0141] 应注意,束700优选地在交叉扫描方向180上被划分为三个空间上重叠但角度上大体上相异子束,为呈现的清晰性而从图7B省略。图11A到13中说明各种实施例中此交叉扫描模态的形成。这些子束表示由照明器124在交叉扫描方向180上提供的各种不同照明模态。根据图3中所绘制的照明状态,束700的子束可包括同时照明区域130的三个不同波长的子束;根据图4中所绘制的照明状态,同时照明区域130的两个不同偏振的子束;或根据图5中所绘制的照明状态,循序地照明区域130的在不同时间点递送子束。

[0142] 应了解,类似子束将优选地包括束700、702、704中的每一者。额外地将了解,束700、702、704中的每一者可根据在交叉扫描方向180上提供的照明模态的数目在交叉扫描方向180上被细分为两个或更多个子束。交叉扫描子束的形成在下文关于图11到13进一步详述。此外,应了解,尽管在图7A及7B中说明三个束700、702、704,但照明器124可包含在扫描方向150上提供不同角度模态的两个或更多个束的两个或更多个光模块,所述束中的每一者在交叉扫描方向180上被细分为至少两个照明模态。

[0143] 优选地,如在图7A中所见,束700、702及704优选地(尽管不一定)对向于在扫描方向150上稍微重叠的入射角,以便确保在由处理器128合并重叠图像之后的组合照明效果没有角度间隙。如从图7A及7B的考虑所显而易见,成像透镜174及照相机126的光轴720优选地以相对于衬底106的斜角倾斜。此配置有利地为束700形成光学元件留下空间。此外,此配置促进透镜174的短工作距离,因此允许透镜174以相对低的成本及复杂性实现高分辨率成像。并入根据本发明的优选实施例构造及操作的照明及成像子系统的检验系统对于30微米或更小、且更特定地15微米或更小的特征的高分辨率衬底检验特别有用。

[0144] 现在参考图8A到8C,其是根据本发明的优选实施例构造及操作的适合于提供图3或图4中所说明的类型的多模态多路复用照明的多模态照明器的简化透视图、正视图及侧视图说明。

[0145] 如在图8A到8C中所见,提供多模态照明器824,其优选地形成本发明的照明子系统120的一部分。应了解,图8A到8C中所展示的多模态照明器824是形成系统100的照明子系统120的部分的照明器124的特定优选实施例。

[0146] 多模态照明器824优选地包含至少两个光模块,此处通过实例的方式体现为第一光模块852、第二光模块854及第三光模块856。应了解,光模块852、854、856是包括照明器124的光模块152、154、156的特定优选实施例。

[0147] 第一、第二及第三光模块852、854、856优选地(尽管不一定)相互相同并且沿扫描方向150相互对准。优选地(尽管不一定),第一、第二及第三光模块852、854、856在扫描方向150上物理地隔开,如上文描述。光模块852、854、856中的每一者优选地在交叉扫描方向180上纵向延伸。

[0148] 每一光模块优选地包括光源阵列,此处通过实例的方式体现为LED 860的阵列。应了解,其它光源可替代地适合于包含在光模块852、854、856中,例如超发光二极管(SLD)、二极管激光器、垂直空腔表面发射激光器(VCSEL)或激光泵浦磷光体灯。物理光源可替代地耦合到光纤或其它光引导或均质化元件,其中所述光导的输出端充当有效光源。

[0149] LED 860可发射单个共同波长的光,以便根据例如图5中所绘制的照明状态产生单色照明。替代地,LED 860可发射不同波长的光。通过实例的方式,LED 860可布置成单元862的周期性重复图案。每一单元862可包括发射第一波长的光的第一LED 864、发射第二波长的光的第二LED 866及发射第三波长的光的第三LED 868,以便根据例如图3中所绘制的照明状态在交叉扫描方向180上产生三个不同波长模态的照明。

[0150] 每一LED 860优选地耦合到光导870。光导870优选地接收由安装在其上面的对应LED 860发射的光,并将光随机化以便提供空间上均匀的光分布。属于LED的单元862的一个群组的三个光导870优选地关于光塑形元件880对准。光塑形元件880优选地接收由与其相关联的光导870输出的均匀光,并提供预定形状的光输出。

[0151] 从每一光塑形元件880输出的光优选地朝向细长光集中器元件890传播,在所述细长光集中器元件890处,优选地集中从所有光塑形元件880输出的光。如上文所描述,光集中器元件890可为透射光集中器元件,优选地为美国专利7,641,365中描述的类型,所述专利的全部内容以引用的方式并入本文中。光集中器元件890优选地透射照明衬底106上的区域130、132、134中的对应者的集中光。

[0152] 图8D提供多模态照明器824从额外角度的进一步视图,其包含说明照明穿过其朝向衬底106上的区域130、132及134的传递的视图。

[0153] 透射光集中器元件890可替代地被体现为反射光集中器元件,如在图9A及9B中所说明。

[0154] 现在转到图9A及9B,展示多模态照明器924的替代实施例。照明器924优选地包含至少两个光模块,此处通过实例的方式体现为第一光模块952、第二光模块954及第三光模块956。将了解,光模块952、954、956是包括照明器124的光模块152、154、156的另一特定优选实施例。

[0155] 第一、第二及第三光模块952、954、956优选地(但不一定)相互相同。光模块952、954、956中的每一者优选地在交叉扫描方向180上纵向延伸。每一光模块优选地包括光源阵列,此处通过实例的方式体现为LED 860的阵列。应了解,其它光源可替代地适合于包含在光模块952、954、956中,例如超发光二极管(SLD)、二极管激光器、垂直空腔表面发射激光器(VCSEL)或激光泵浦磷光体灯。物理光源可替代地耦合到光纤或其它光引导或均质化元件,其中所述光导的输出端充当有效光源。

[0156] LED 860可发射单个共同波长的光,以便根据例如图5中所绘制的照明状态产生单色照明。替代地,LED 860可发射不同波长的光。通过实例的方式,LED 860可布置成单元862的周期性重复图案。每一单元862可包括发射第一波长的光的第一LED 864、发射第二波长的光的第二LED 866及发射第三波长的光的第三LED 868,以便根据例如图3中所绘制的照明状态在交叉扫描方向180上产生不同波长模态的照明。

[0157] 每一LED 860优选地耦合到光导,例如光导870。光导870优选地接收由安装在其上面的对应LED 860发射的光,并将光随机化以便提供空间上均匀的光分布。属于LED的单元

862的一群组的三个光导870优选地关于光塑形元件(例如光塑形元件880)对准。光塑形元件880优选地接收由与其相关联的光导870输出的均匀光,并提供预定形状的光输出。

[0158] 从每一光塑形元件880输出的光优选地朝向大体上圆柱形光集中器元件990传播,在所述大体上圆柱形光集中器元件990处,优选地集中从所有光塑形元件880输出的光。光集中器元件990可为反射光集中器元件,优选地为标题为‘照明系统及包含所述照明系统的检验设备(Illumination system and inspection apparatus including same)’的美国专利5,058,982中描述的类型,所述专利的全部内容特此以引用的方式并入。光集中器元件990优选地朝向衬底106上的区域130、132、134中的对应者反射集中光。

[0159] 为清楚起见,图9A及9B未展示成像光路径。应理解,将成像透镜及照相机装配到衬底106上的图像区域130、132、134将优选地涉及在例如952或956的光模块与其相应集中器990之间添加至少一个折叠镜。

[0160] 应了解,多模态照明器824及924的光输出可为单偏振的。替代地,多模态照明器824、924可经配置以提供一个以上偏振的光输出。举例来说,可修改多模态照明器824以提供多个波长及两个偏振的光输出,如在图10A及10B中所展示的多模态偏振多路复用照明器1024的情况中所展示。

[0161] 如在图10A及10B中所见,多路复用照明器1024可包含六个光模块1030,所述光模块中的每一者可为通常类似于光模块852、854、856的类型。光模块1030优选地配对成三对1032,所述对1032中的每一者包含向给定区域(例如FOV 160的区域130、132、134)提供相互不同偏振的光的光模块1030中的两者。例如多模态照明器1024的多模态照明器可用于根据图6中所绘制的类型的照明状态提供多模态波长及偏振多路复用照明。

[0162] 应了解,尽管偏振多路复用照明器1024被展示为用于类似于包含透射集中元件890的多模态照明器824的类型的多模态照明器,但根据本发明的另一优选实施例,可替代地提供大致类似于包含反射集中元件990的多模态照明器924的类型的偏振多路复用照明器。

[0163] 多路复用照明器1024优选地能够投射18个不同角度照明模态。然而,应注意,在角度无关应用的情况下,照明器1024可用于衬底106的多光谱成像。在示范性情况下,一个光模块1030的三个LED波长可不同于属于同一对1032的另一光模块1030的三个LED波长。以此方式设计但不包含偏振器的照明器1024可用于多达18个不同波长的多光谱扫描及成像。

[0164] 现在参考图11A、11B及11C,其是说明从图8A到10B中的任何者中说明的类型的照明器的一部分输出的光的简化图。

[0165] 如在图11A、11B及11C中所见,单个光模块1100(优选地体现为光模块852、854、856、952、954、956、1030中的任一者)包含LED 860的阵列,其耦合到一系列光导870,所述光导870中的三者的群组耦合到个别光塑形元件880。

[0166] 光塑形元件880优选为自由形式圆柱形折射光学元件。元件880可由玻璃制成,但优选地由注塑塑料制成。耦合到邻近光导870的元件880的群组可优选地制造为注塑塑料元件的单片阵列。元件880优选地向光集中器提供预定形状分布的均匀光,例如透射光集中器890(图8A到8C)或反射光集中器990(图9A及9B)。

[0167] 光模块1100优选地沿交叉扫描方向180纵向延伸。如上文描述,光模块1100优选地可操作以提供多个交叉扫描方向照明模态,所述交叉扫描方向照明模态补充由包含在多模

态照明器824或924中的多个照明器中的不同者在扫描方向150上提供的不同角度照明模态。

[0168] 在上文参考图3描述的一个照明状态中,光模块1100优选地可操作以在交叉扫描方向180上提供至少两个(例如三个)波长编码模态的照明。在此状态中,当光模块1100频闪时,发射第一波长的光的所有第一LED 864、发射第二波长的光的第二LED 866及发射第三波长的光的第三LED 868同时被启动。由光模块1100照明的衬底106的区域(例如区域130、132、134)因此由三个波长的光同时照明,如在图3中所绘制。

[0169] 在上文参考图5描述的另一照明状态中,光模块1100优选地可操作以依至少两个(例如三个)时间步提供照明。在此状态中,优选地循序地启动LED 864、866、868,而不是每当光模块1100频闪时同时启动所有第一、第二及第三LED 864、866、868。在图11A到11C中说明LED 864、866、868的循序启动。

[0170] 如在图11A中的第一窗格1102处所见,对应于光模块1100在第一时间点的频闪,仅启动一组LED,例如LED 864,借此主要以第一角度输出光。如在图11B中的第二窗格1104处所见,对应于光模块1100在第二时间点的频闪,仅启动第二组LED,例如LED 866,借此主要以第二角度输出光。如在图11C中的第三窗格1106处所见,对应于光模块1100在第三时间点的频闪,仅启动第三组LED,例如LED 868,借此主要以第三角度输出光。应了解,光模块1100因此可基于LED 860中的不同者的循序启动来提供具有三方向可切换输出角度的照明。

[0171] 为额外清楚起见,在图11D到11F中进一步说明耦合到三个对应光导870及单个光塑形元件880的三个LED 864、866、868的单个群组的循序启动,其中展示以第一角度输出光的LED 864的循序启动(图11D)、以第二角度输出光的LED 866(图11E)及以第三角度输出光的LED 868(图11F)。为完整起见,图11G中展示LED 864、866、868的单个群组的同时启动。如上文提及,此同时LED启动可对应于图3中所绘制的照明状态,其中每一LED发射不同波长的照明,或图5中所绘制的照明状态,其中LED根据特定应用依任何波长发射。

[0172] 对应于在第一、第二及第三窗格1102、1104、1106中表示的照明的时间点之间的时间间隙优选地是在其期间光学头102已跨照明区域130、132、134中的每一者移动大约三分之一路程的距离的时间间隙。

[0173] 在上文参考图4描述的另一照明状态中,光模块优选地可操作以在交叉扫描方向180上提供至少两个偏振的照明。在图12A及12B中展示可用于提供此类偏振多路复用的单个光模块1200。如在图12A及12B中所见,光模块1200可在其结构及操作的相关方面大致类似于光模块1100。然而,光模块1200优选地包含多个偏振滤光器1202,所述多个偏振滤光器1202安装在光导870中的对应者上以便适当地偏振借此输出的光。偏振滤光器1202优选地布置在两个相互正交偏振之间的交替布置中。因此,每一光导870的光输出关于耦合到相同光塑形元件880的邻近光导870的光输出正交偏振。此外,耦合到每一光塑形元件880的LED 860的单元862包含对应于两个不同偏振的两个可个别切换的LED 860,而不是如在光模块1100的情况下的三个LED 860。

[0174] 现在参考图13,其是对应于图7A到9B中所说明的类型的多模态照明器的光输出的角度覆盖的简化图形表示。

[0175] 图13中表示由包含三个光模块(例如光模块1100)的多模态照明器(例如照明器124、824或924)提供的角度覆盖。第一标绘图1300及第二标绘图1302说明照相机126(图1B)

的FOV 160针对交叉扫描方向180上的两个相应位置的共同角度覆盖。标绘图1300及1302的x轴表示在交叉扫描方向180上的照明入射角,且y轴表示在扫描方向150上的照明入射角。如在标绘图1300及1302中所见,FOV 160的角度覆盖可被划分为对应于由照明器824或924提供的九个照明模态的九个区。

[0176] 为完整性起见,在仅启动一组LED(例如仅LED 864或LED 866或LED 868)的情况下,在第三标绘图1304中展示FOV 160的角度覆盖。在此情况下,仅提供九个中的三个照明模态,其中针对扫描方向模态中的每一者启动单个交叉扫描模态。这对应于通过启动所有三个光模块(如图8A到8C的852、854、856)中的LED 868所输出的光。

[0177] 应注意,由标绘图1300、1302及1304表示的角度覆盖在FOV 160内的一瞬间物理上不存在。而是,其是在合适地解多路复用、处理及合并根据上文描述的图3及5的扫描图表获得的部分重叠图像之后有效地获得的角度覆盖。

[0178] 此外,为完整性起见,在仅启动一个光模块(例如仅光模块852或854或856)的情况下,在第四标绘图1306中展示FOV 160的角度覆盖。在此情况下,在交叉扫描方向180上仅提供三个照明模态。

[0179] 与标绘图1304中所展示的三个交叉扫描模态相反,标绘图1306中所展示的所有三个模态可在波长多路复用方案(例如图3)下在一个子区(例如FOV 160的134)上物理上同时启动。替代地,可通过在单个子区(例如FOV 160的区域134)内合适地处理及组合根据图5的方案获取的三个连续部分重叠图像来合成标绘图1306的角度覆盖。

[0180] 应了解,可由图像处理及控制电子器件128(图1B)编译由照相机126捕获的个别优选地部分重叠图像的全部或部分。图像处理及控制电子器件128可执行所属领域中熟知的图像校准及变换操作,例如失真校正,以便将个别多模态图像合并成全角度复合图像。

[0181] 由控制电子器件128执行的其它图像处理功能可包含针对在波长多路复用方案中采用的不同波长的光强度及照相机响应的差异来校准及补偿个别模态图像,以及校准及补偿由分束器170对入射在子区132上的光的相对衰减。

[0182] 在某些实施例中,图像处理及控制电子器件128可执行高准确度子像素图像配准,以便产生全角度图像。由于如上文所描述的多个不同照明模态的采用,接着可使用全角度图像以几乎没有误报的高检测率检测衬底106中的缺陷。

[0183] 在某些实施例中,在如上文所述的合适校准及补偿之后,可通过在每一衬底像素处添加对应于每一单独模态的灰度值来获得全角度覆盖图像。在此类实施例中,应注意,各种模态之间的微小角度重叠可引致在非常闪亮及不均匀金属迹线的图像中出现的较亮轮廓。然而,此类较亮轮廓的效果比由于照明中的角度间隙而导致的暗轮廓的发生的危害要小得多,并且可例如通过使用例如简单阈值化的非线性图像处理方法来容易地校正以消除较亮轮廓的效果。

[0184] 现在参考图14、15、16A及16B,其是用于执行由图8A到12的类型中的任何者的系统提供的多路复用照明的解多路复用的光学元件的各种可能布置的简化说明。

[0185] 转到图14,提供波长解多路复用成像方案1400,其可用于分离多个波长的照明,此处针对三个波长的情况说明。波长解多路复用成像方案1400通常可类似于所属领域中熟知的三芯片RGB摄像机设计,并且优选地包含用于感测每一波长的光的照相机126中的多个传感器1402。例如图14中所说明的波长解多路复用成像方案可用于解多路复用由图8A到9B中

所说明类型的多模态照明器照明的图像,从而提供包含9个照明模态的图3中所说明类型的照明状态。

[0186] 转到图15,提供偏振解多路复用成像方案1500,其可用于分离两个偏振的照明。偏振解多路复用成像方案1500优选地包含用于感测每一偏振的光的照相机126中的一对传感器1502。在此情况下,可采用偏振分束器1504。例如图15中所说明的偏振解多路复用成像方案可用于解多路复用由包含图12A及12B中所说明的类型的多模态照明器照明的图像,从而提供包含六个照明模态的图4中所说明的类型的照明状态。

[0187] 转到图16A及16B,提供波长及偏振解多路复用成像方案1600,其可用于分离两个偏振及三个波长的照明。偏振及波长解多路复用成像方案1600中的照相机126优选地包含:第一组传感器1602,其包含用于个别地感测具有第一偏振的每一波长的光的多个传感器1604;及第二组传感器1606,其包含用于个别地感测具有第二偏振的每一波长的光的第二多个传感器1608。方案1600额外地优选地包含偏振分束器1610,其用于分离两个不同偏振的传入光。例如图16中所说明的偏振解多路复用成像方案可用于解多路复用由图10A及10B中所说明的类型的多模态照明器照明的图像,从而提供包含18个照明模态的图6中所说明的类型的照明状态。

[0188] 所属领域技术人员将了解,本发明不受已在下文特定主张的内容的限制。而是,本发明的范围包含上文所描述的特征的各种组合及子组合,以及所属领域的技术人员在参考图式阅读先前描述时将想到的且不在现有技术中的对其的修改及变化。

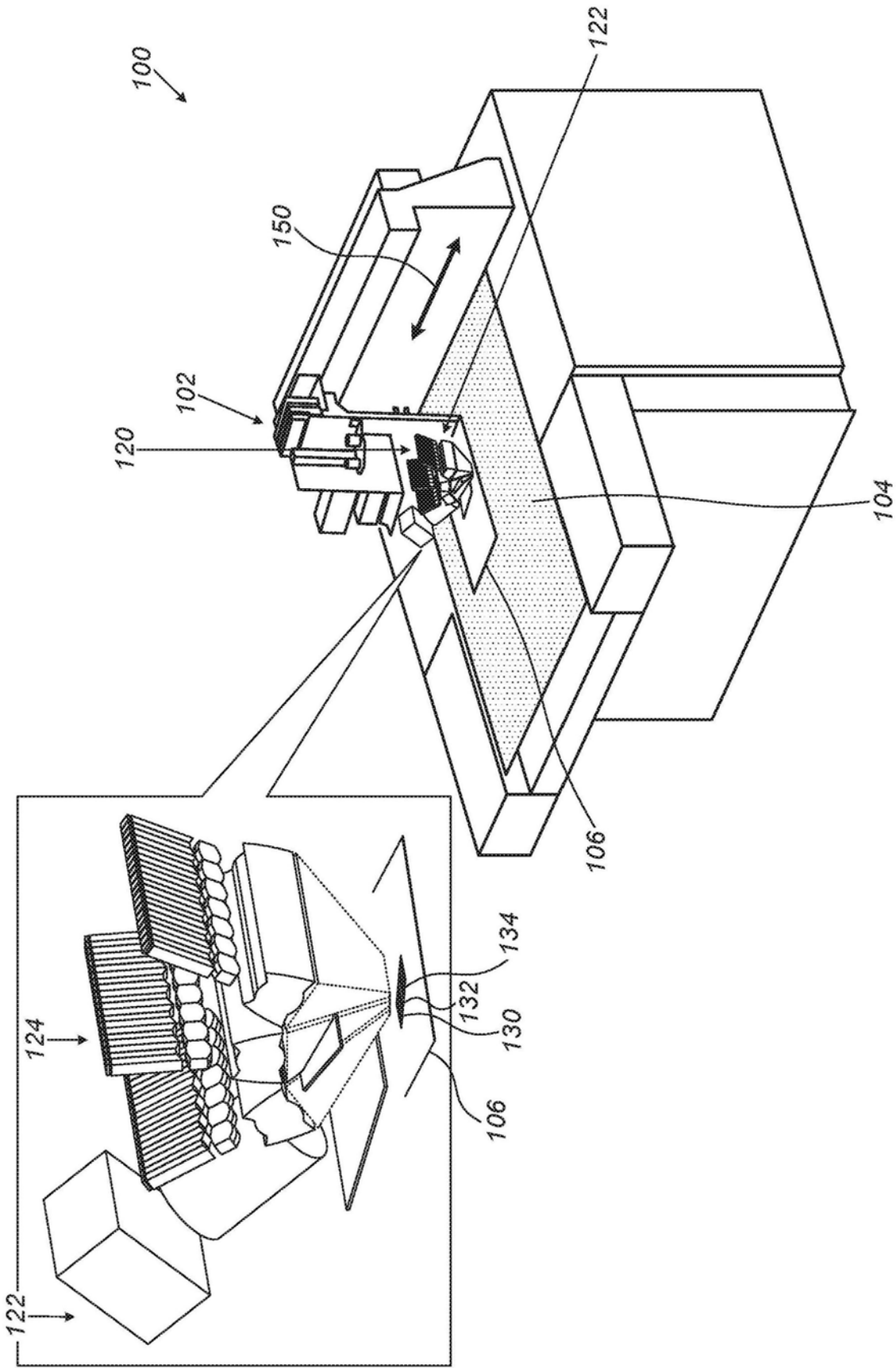


图1A



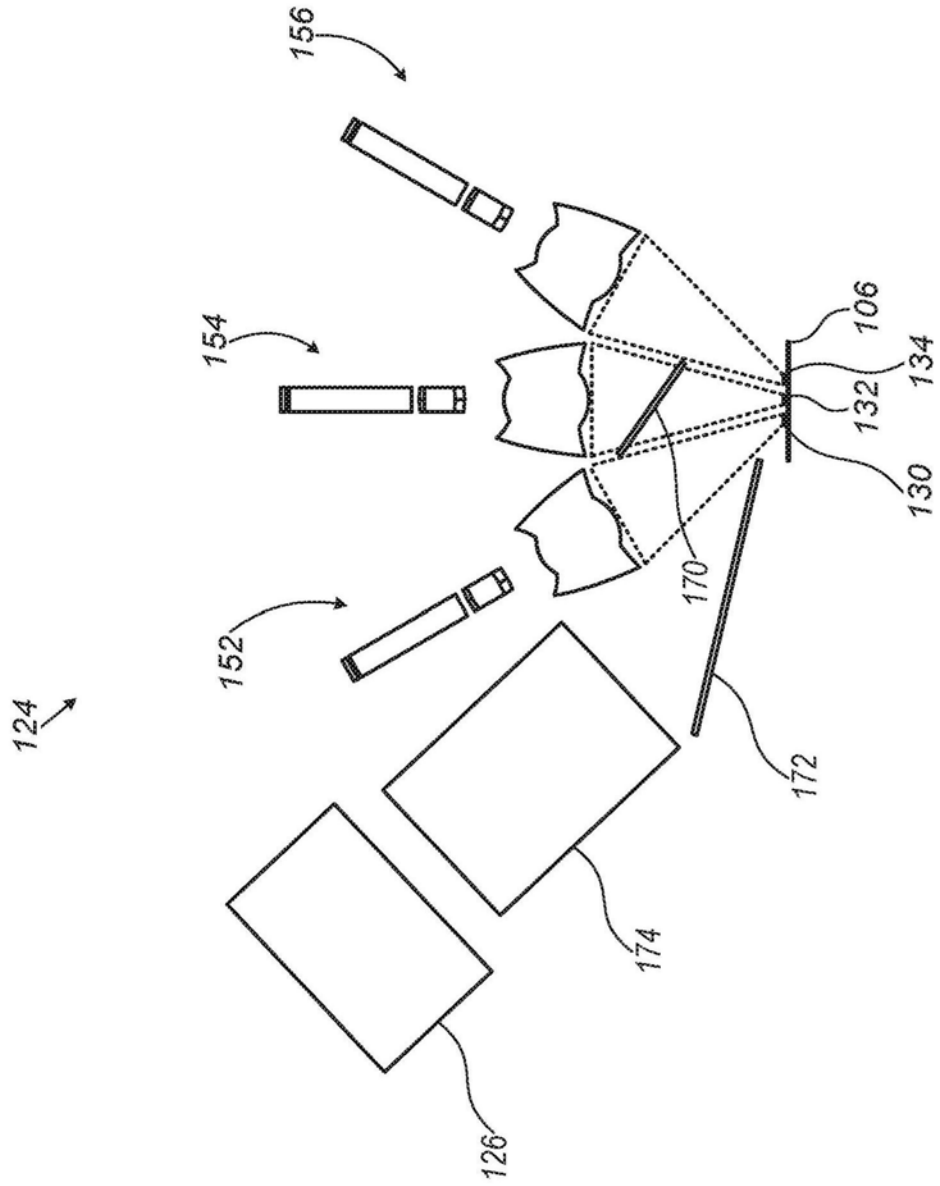


图2A

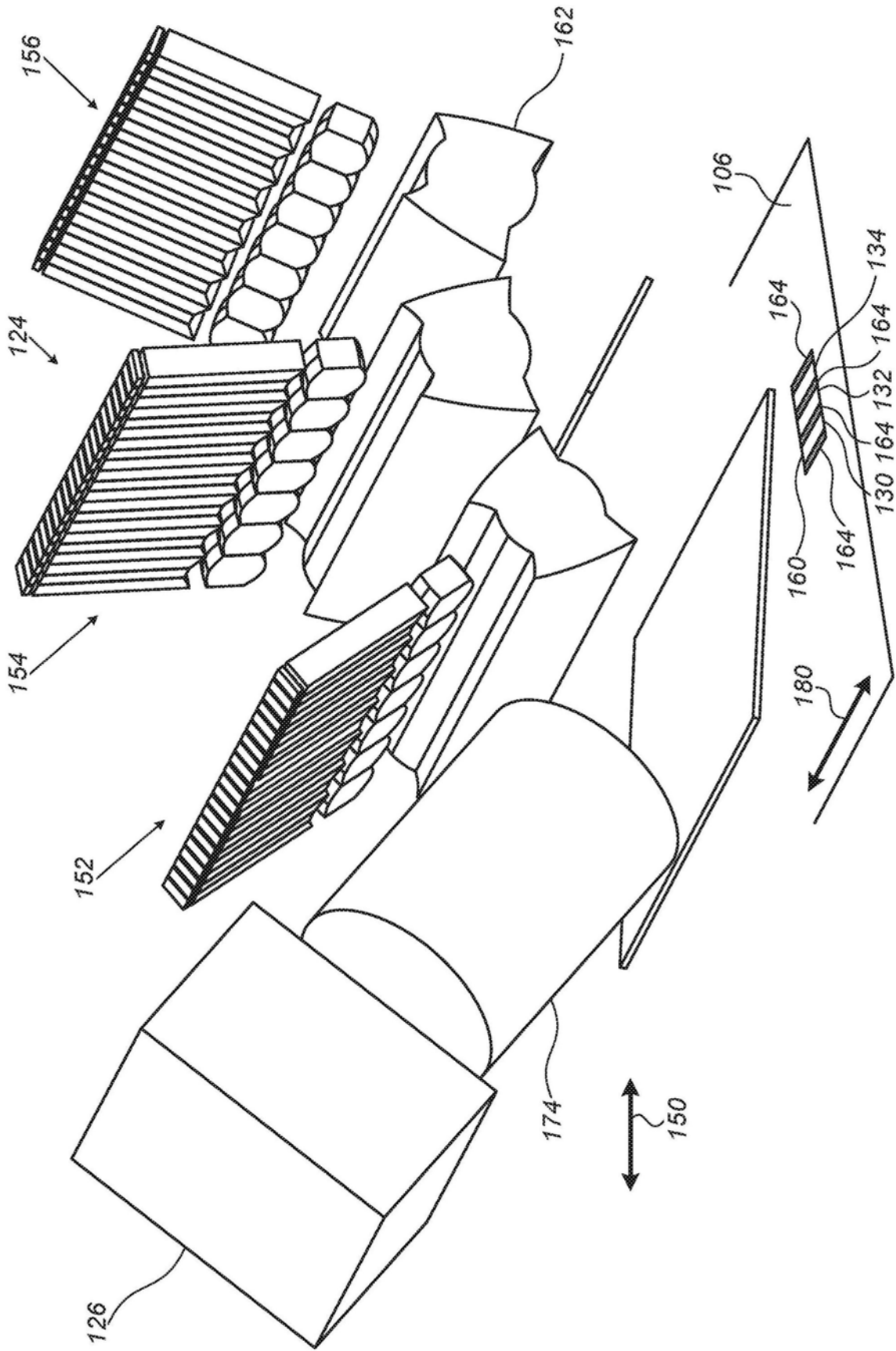


图2B

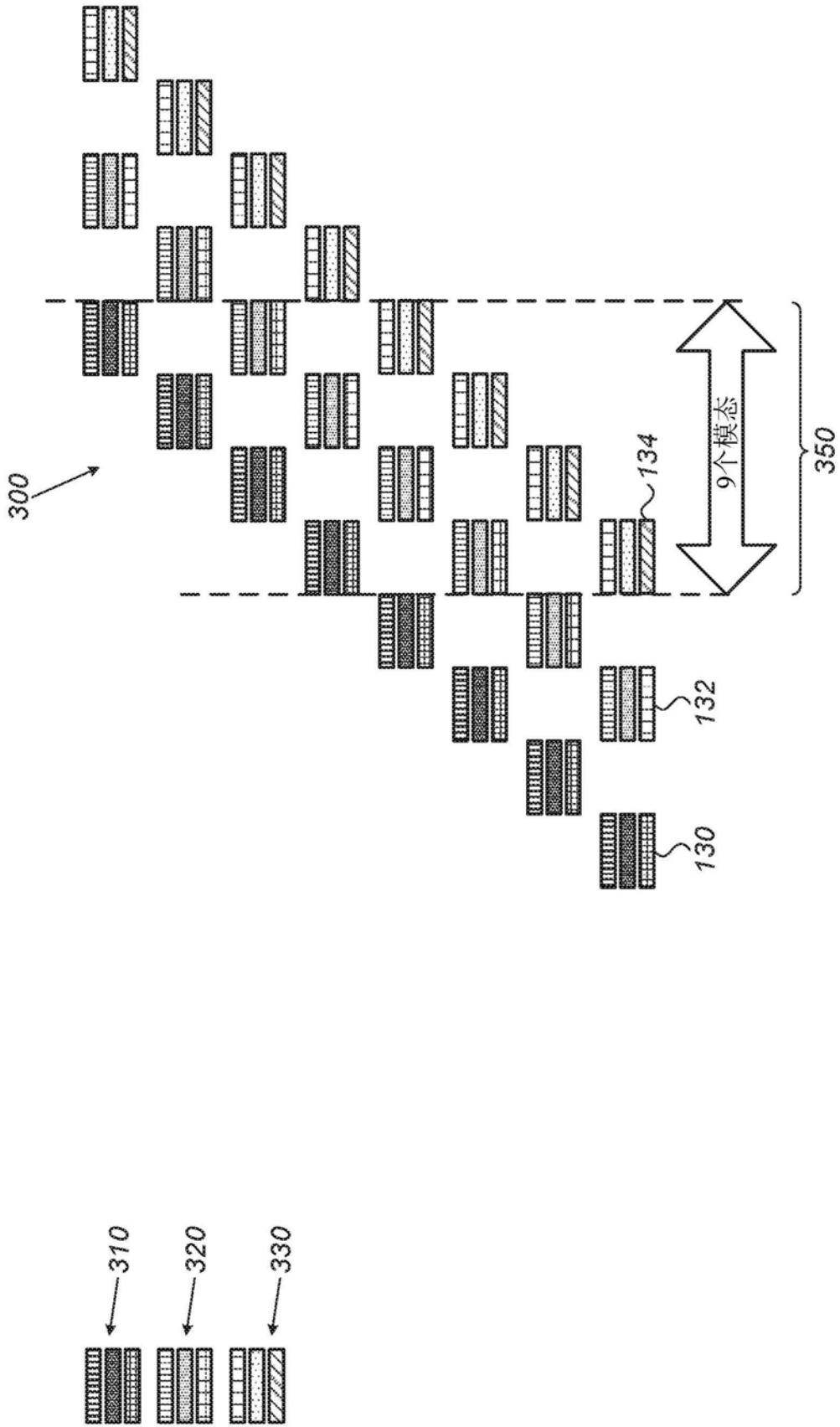


图3

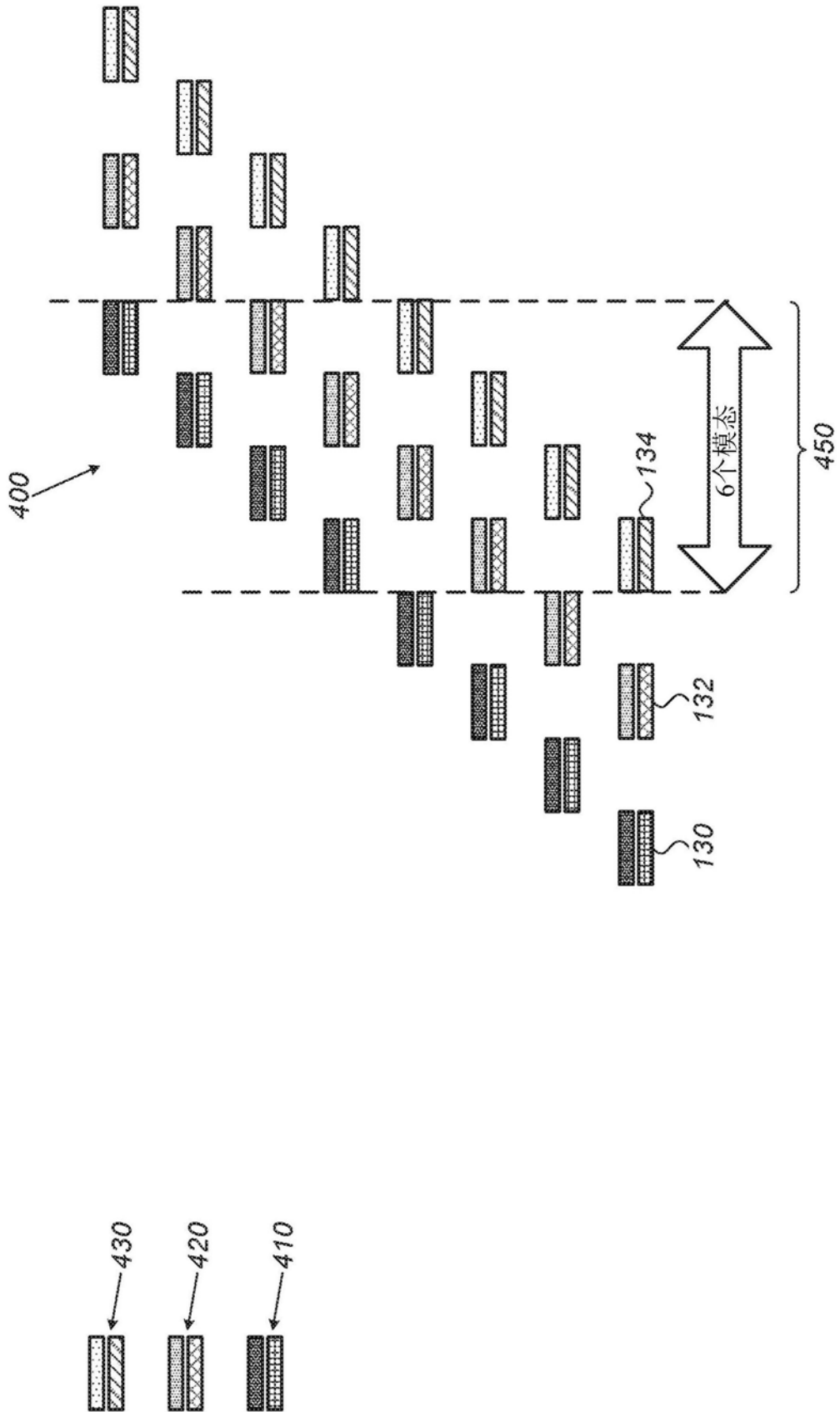


图4

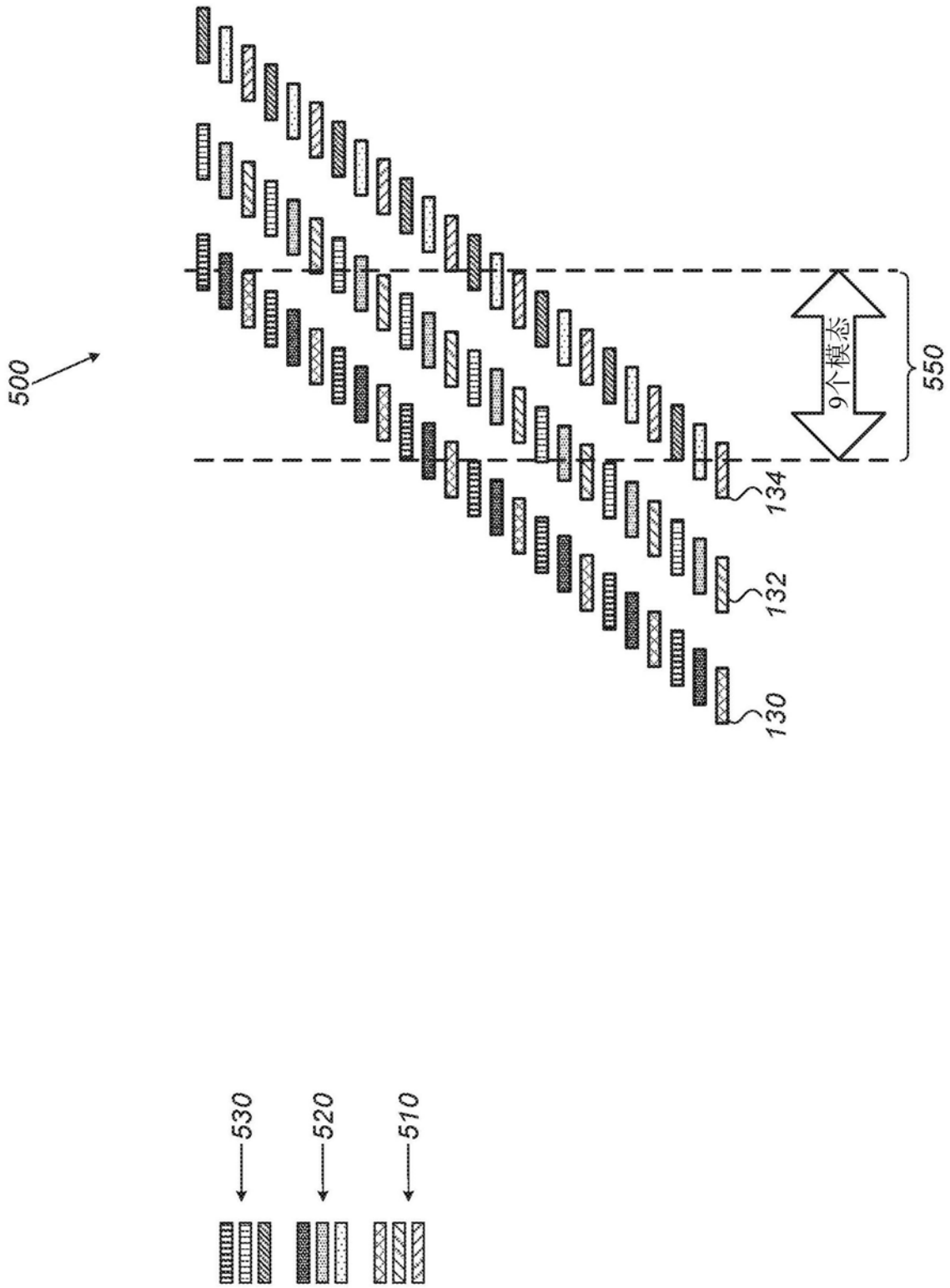


图5

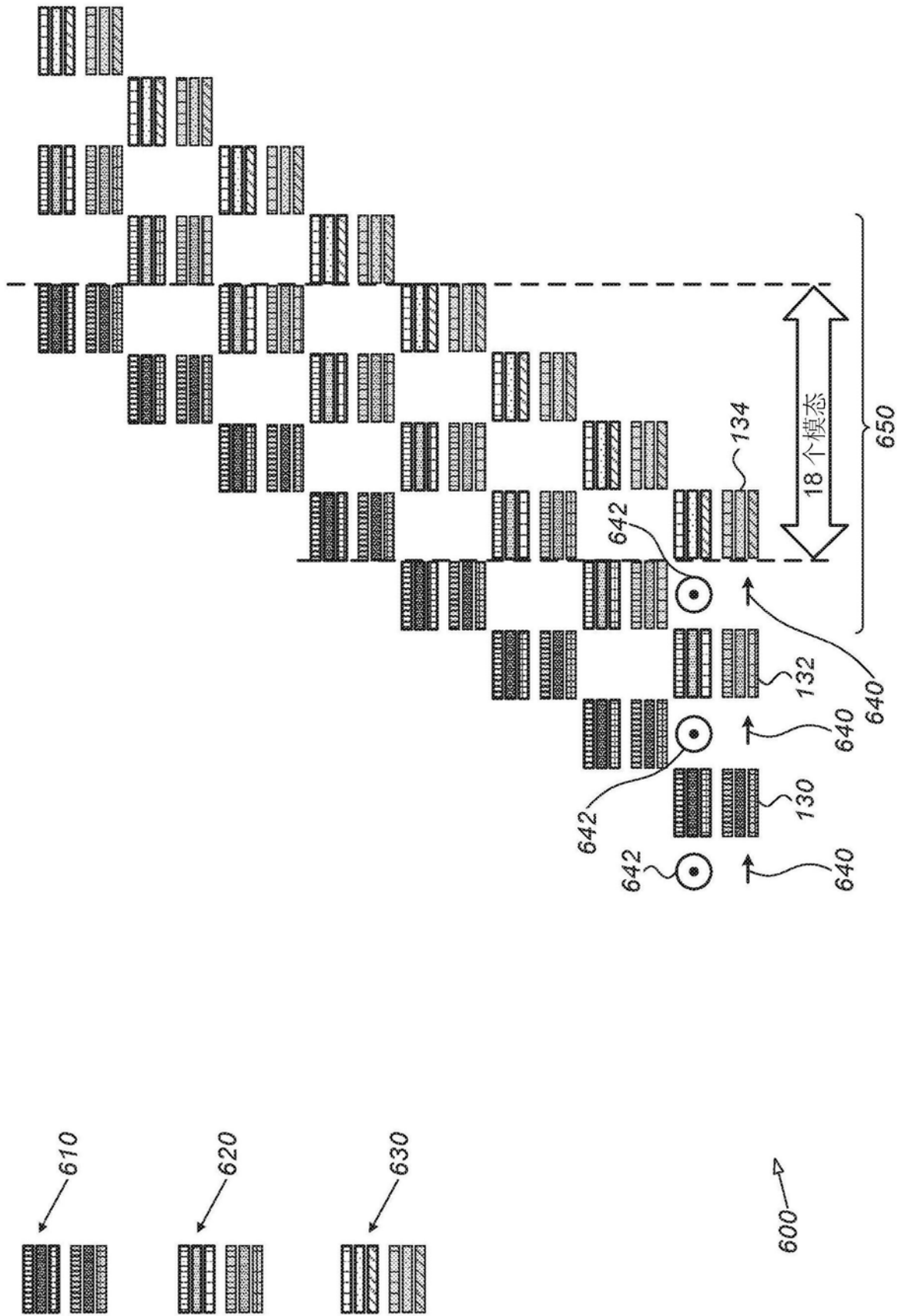


图6

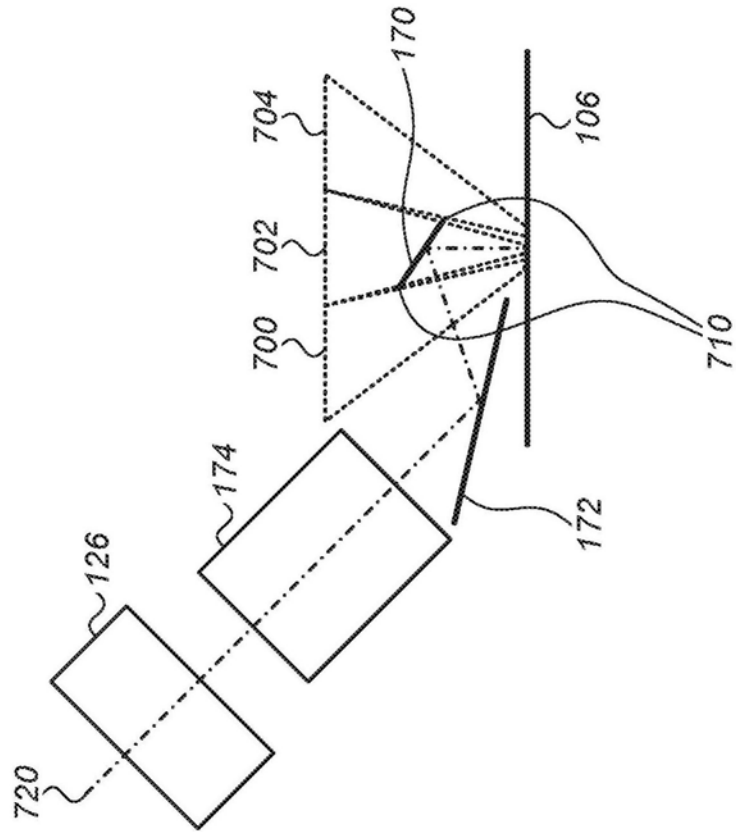


图7A

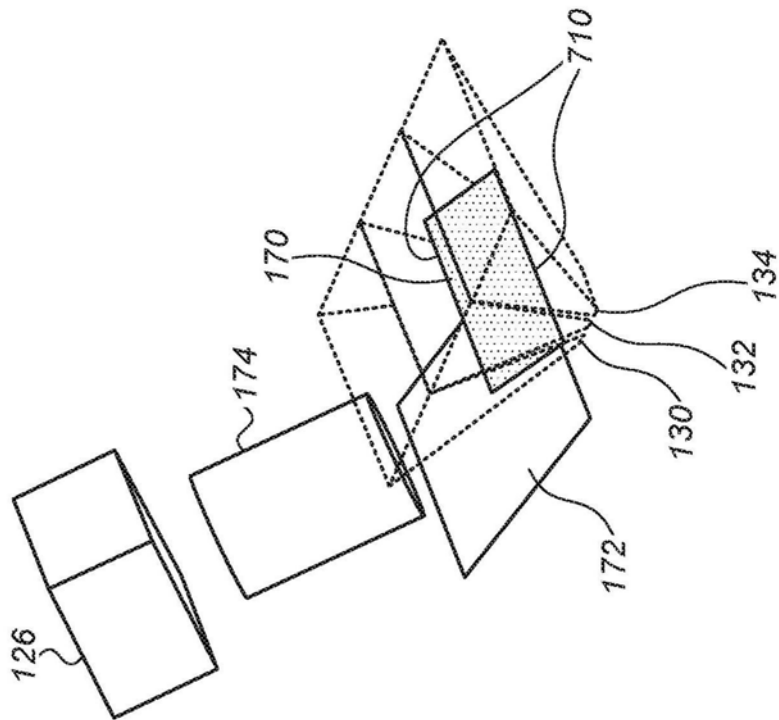


图7B

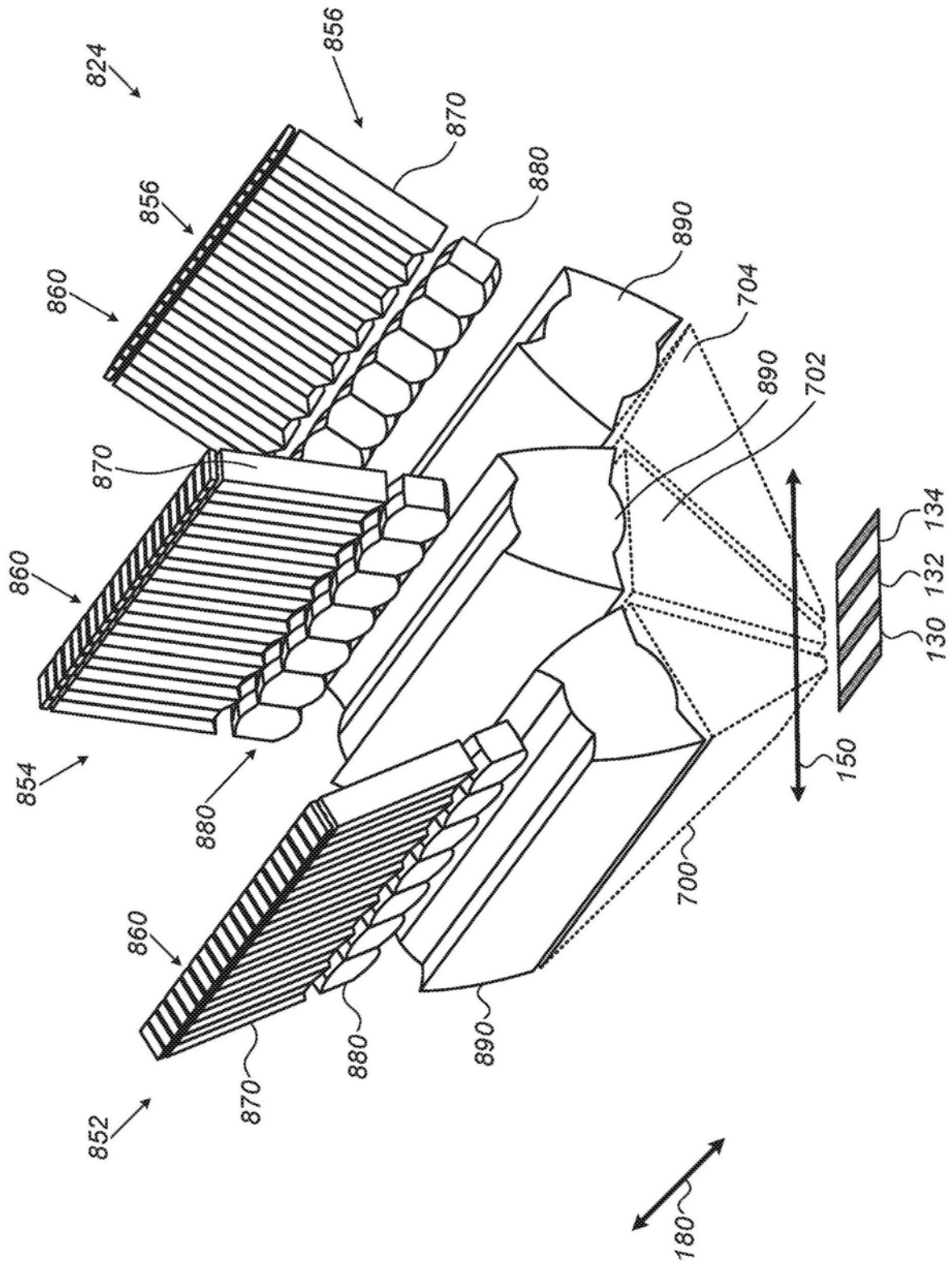


图8A

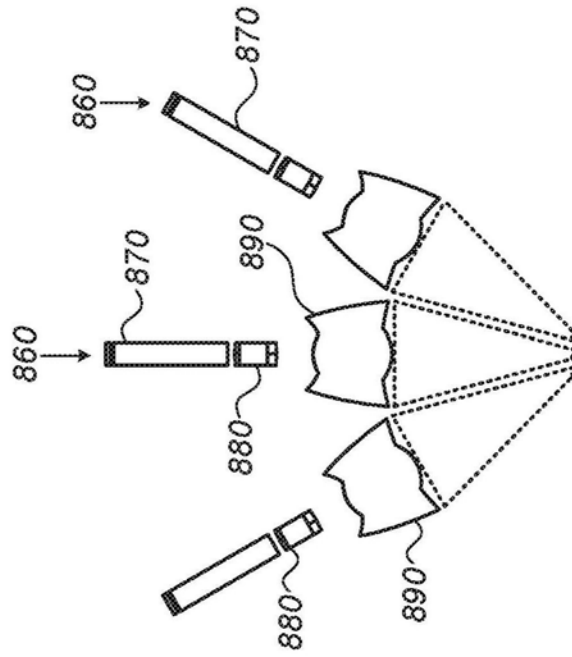


图8B

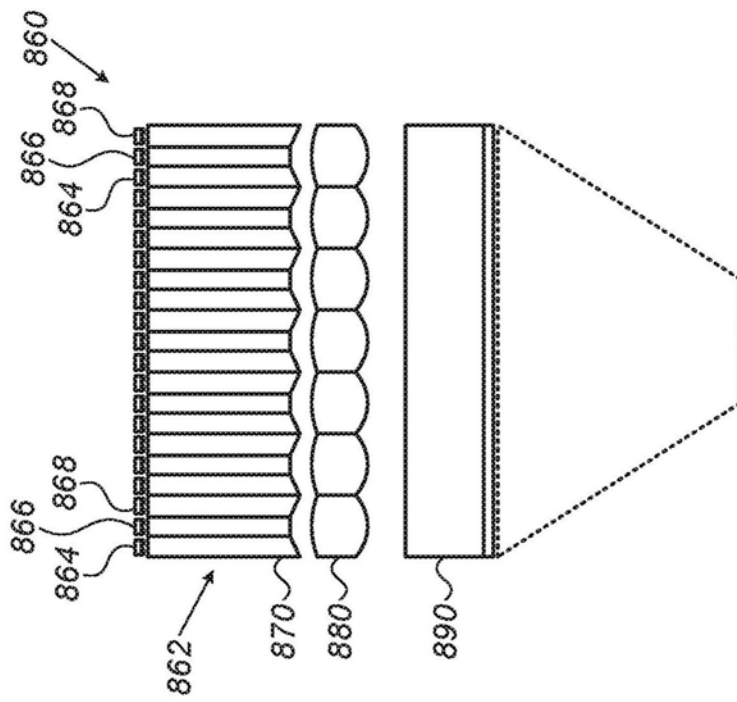


图8C

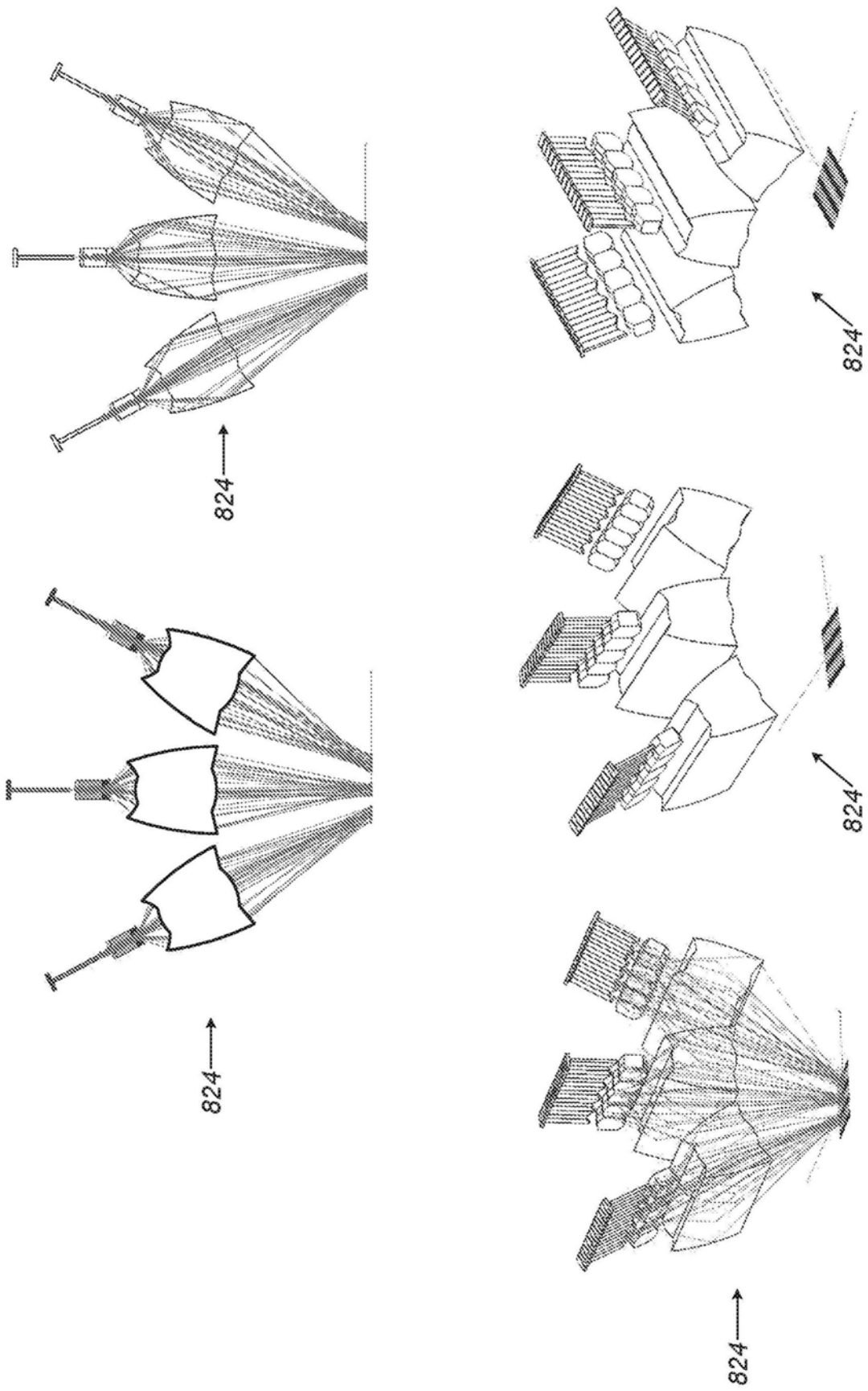


图8D

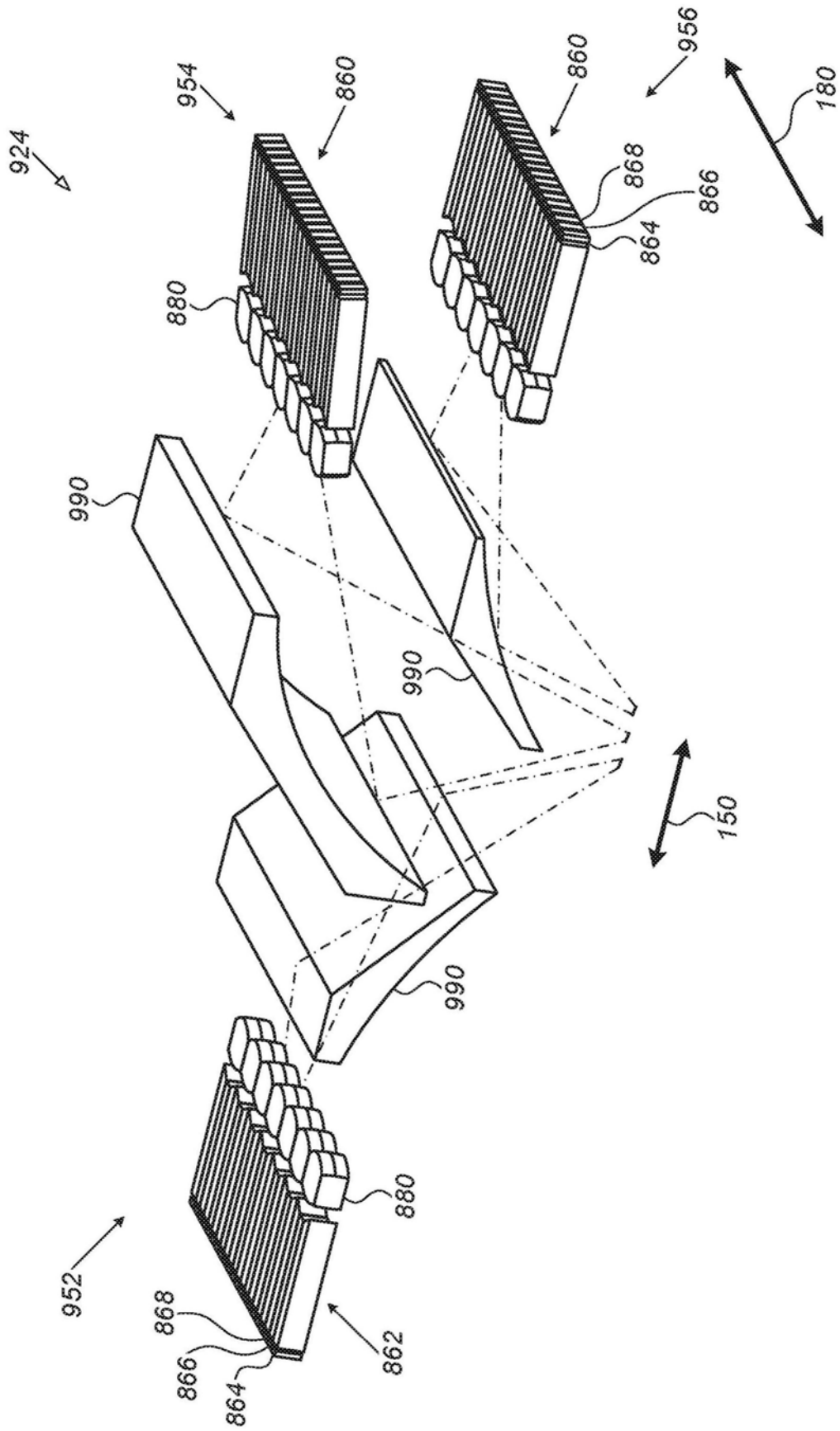


图9A

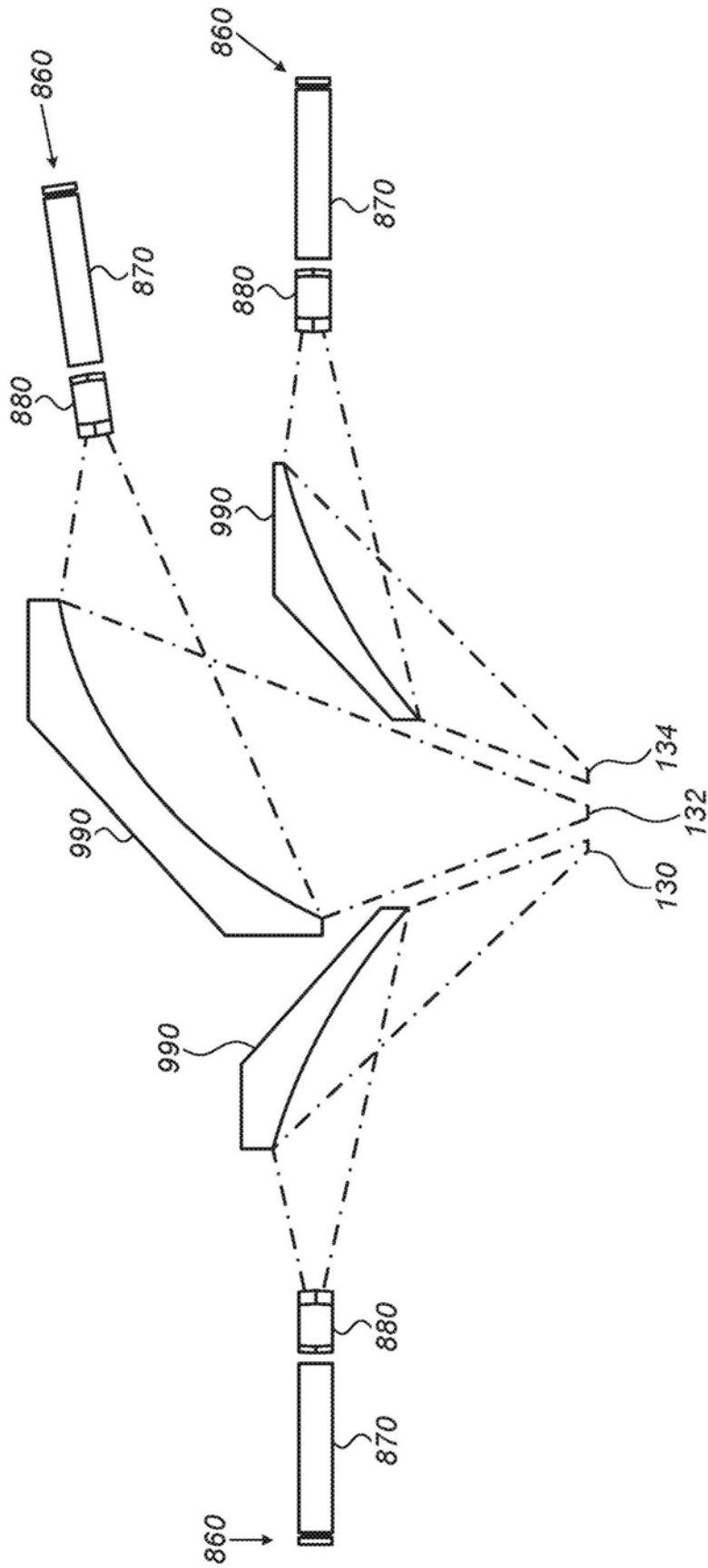


图9B

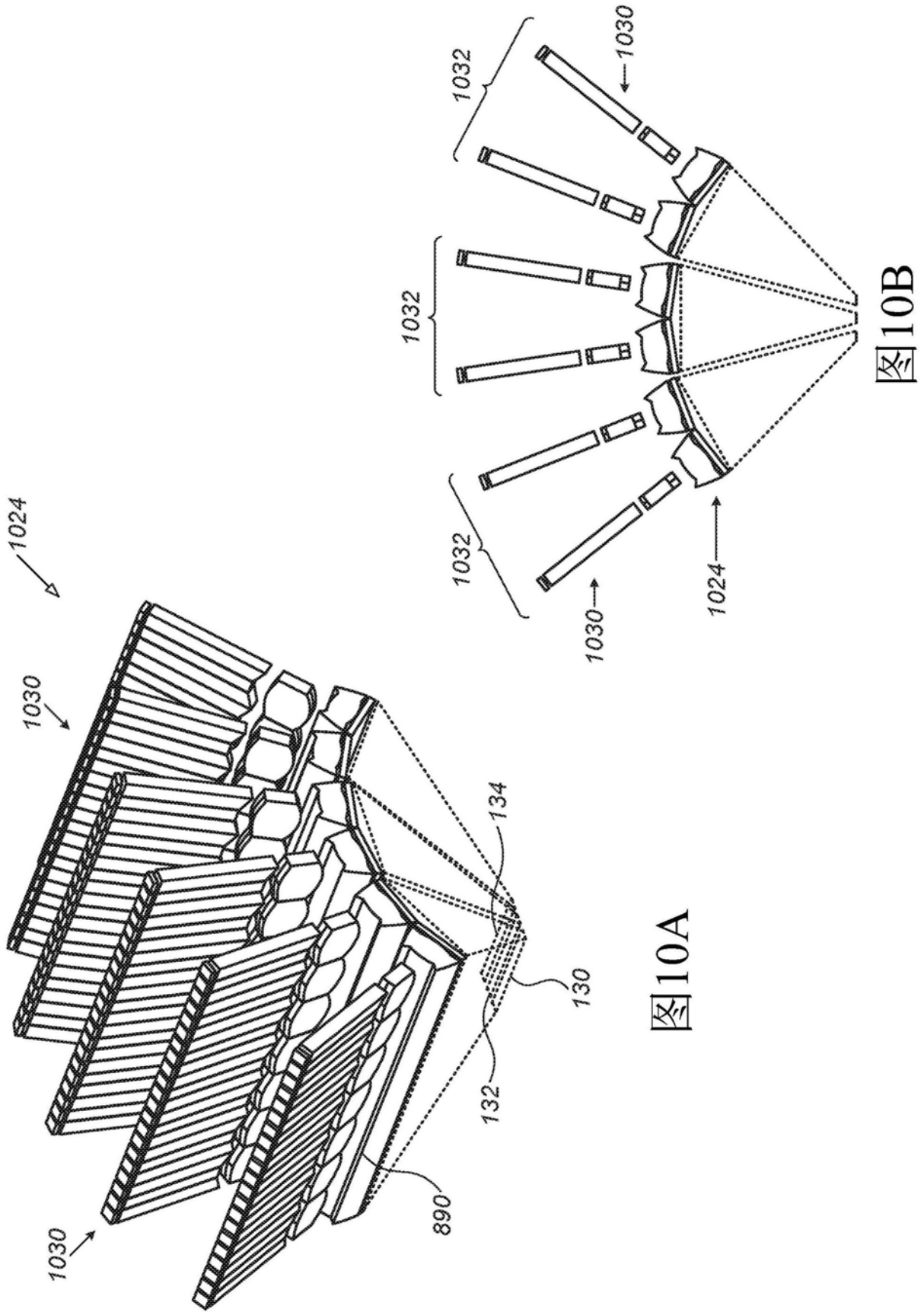


图10A

图10B

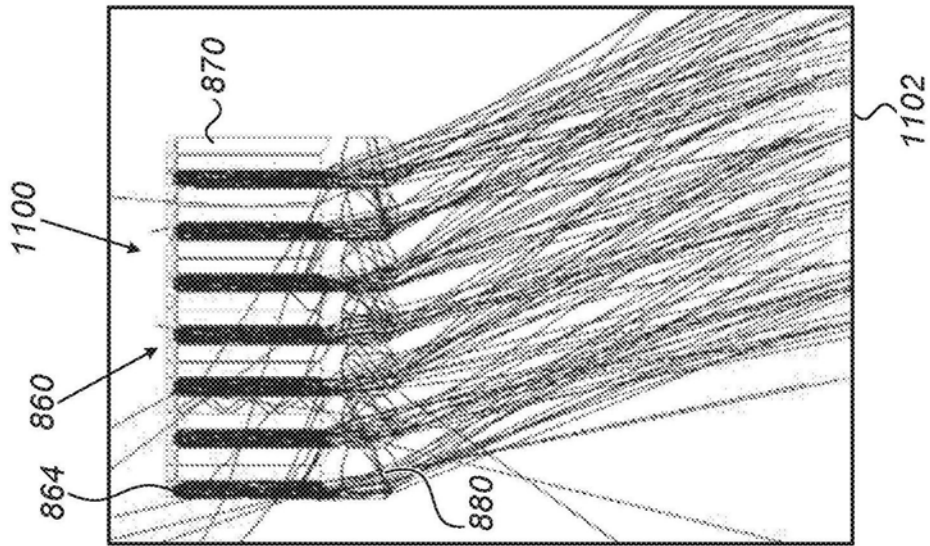


图11A

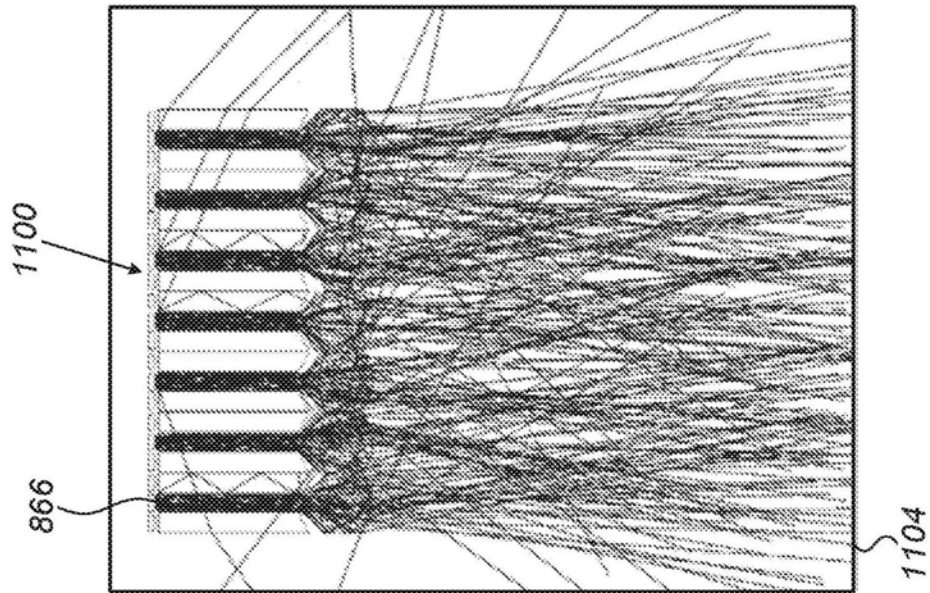


图11B

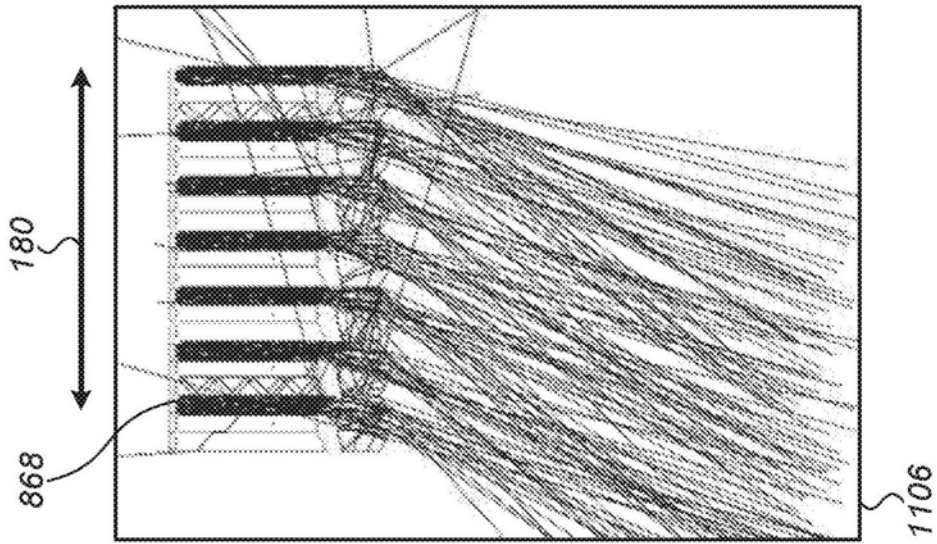


图11C

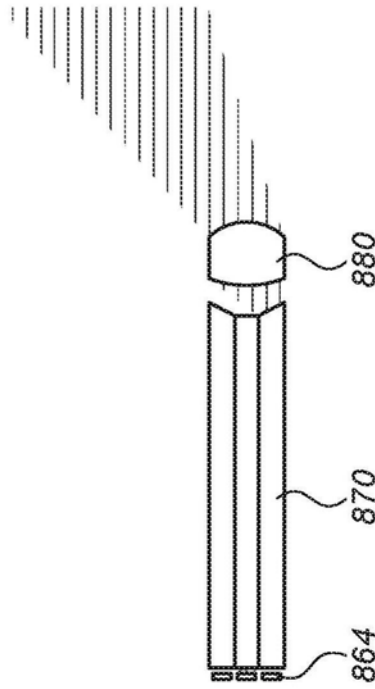


图11D

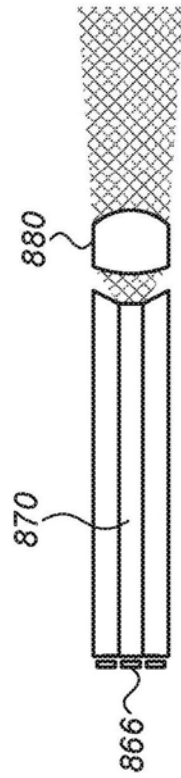


图11E

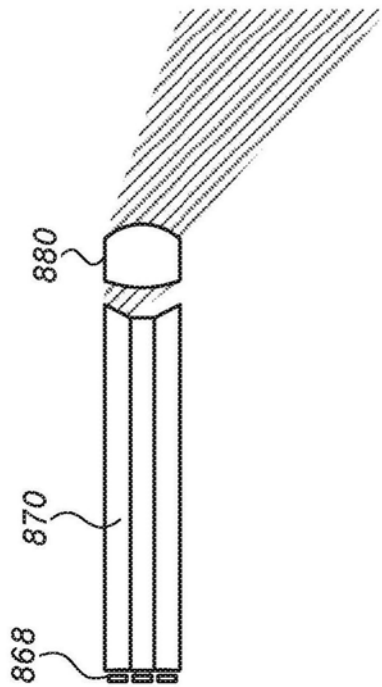


图11F

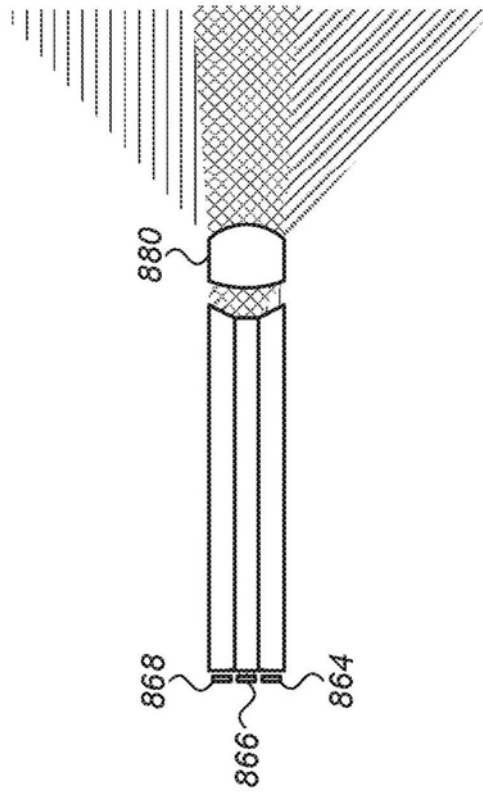


图11G

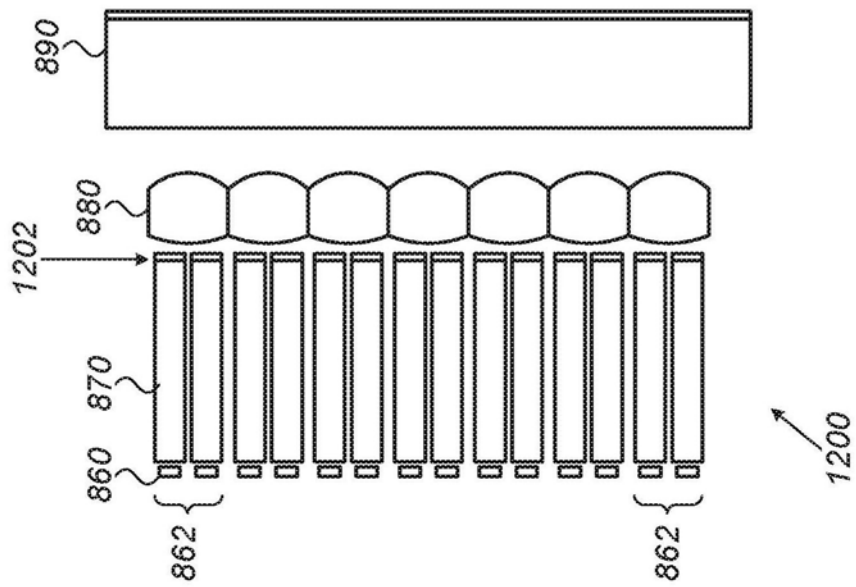


图12A

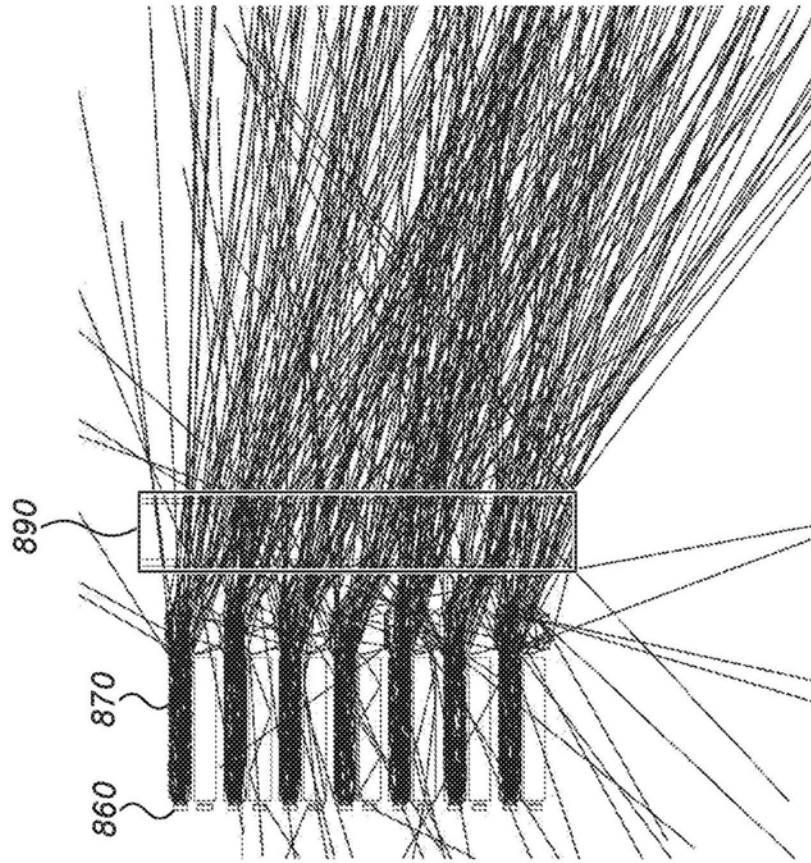


图12B

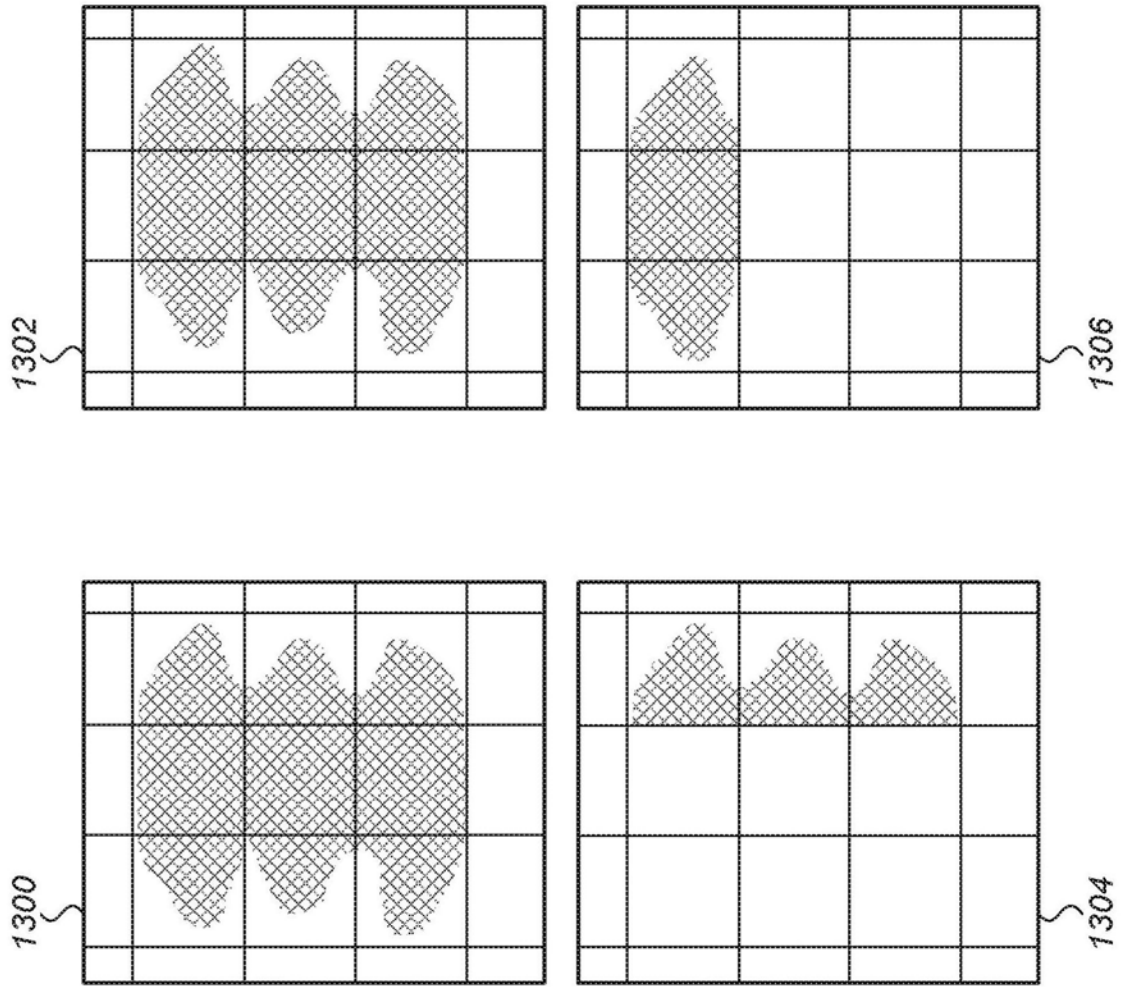


图13

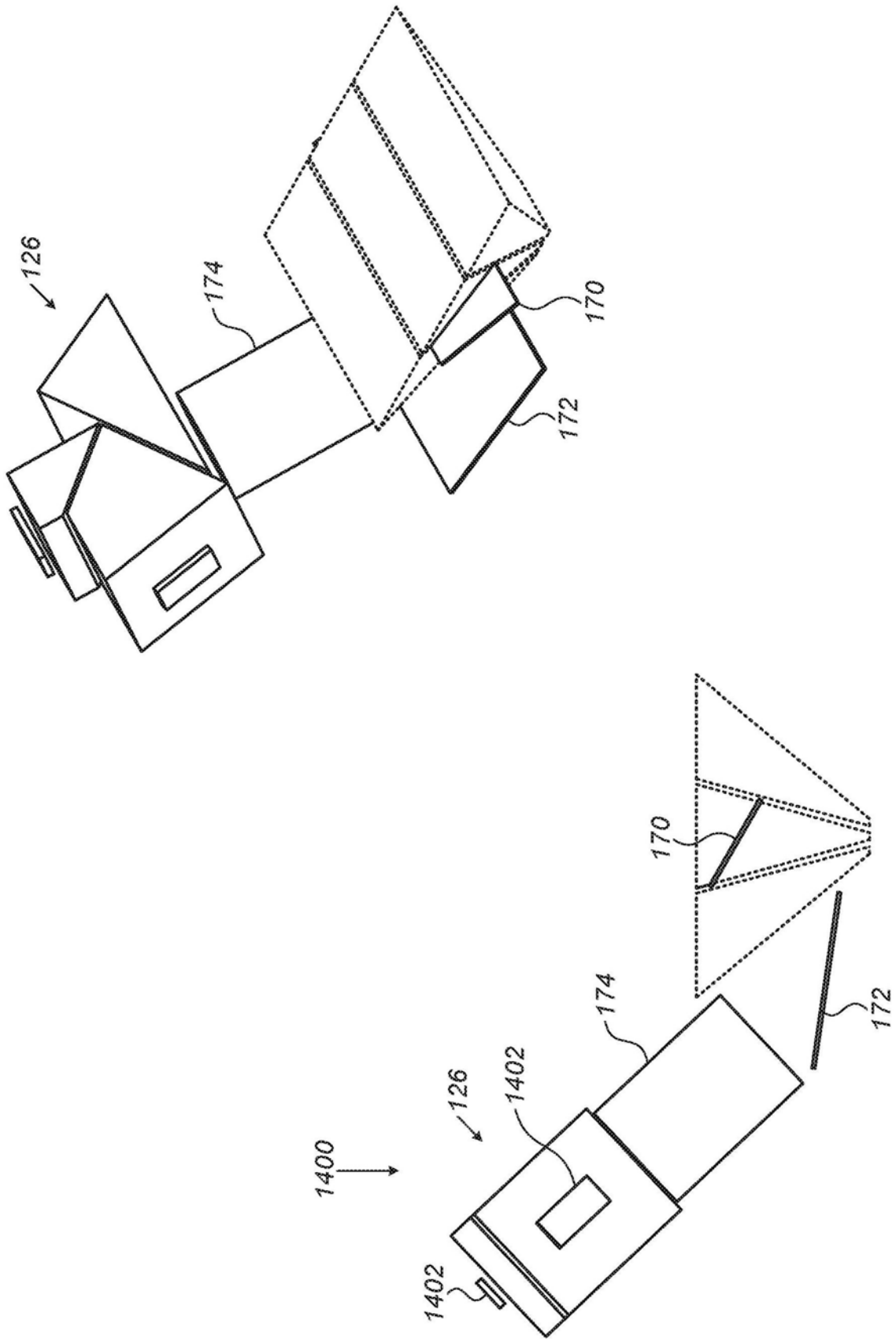


图14

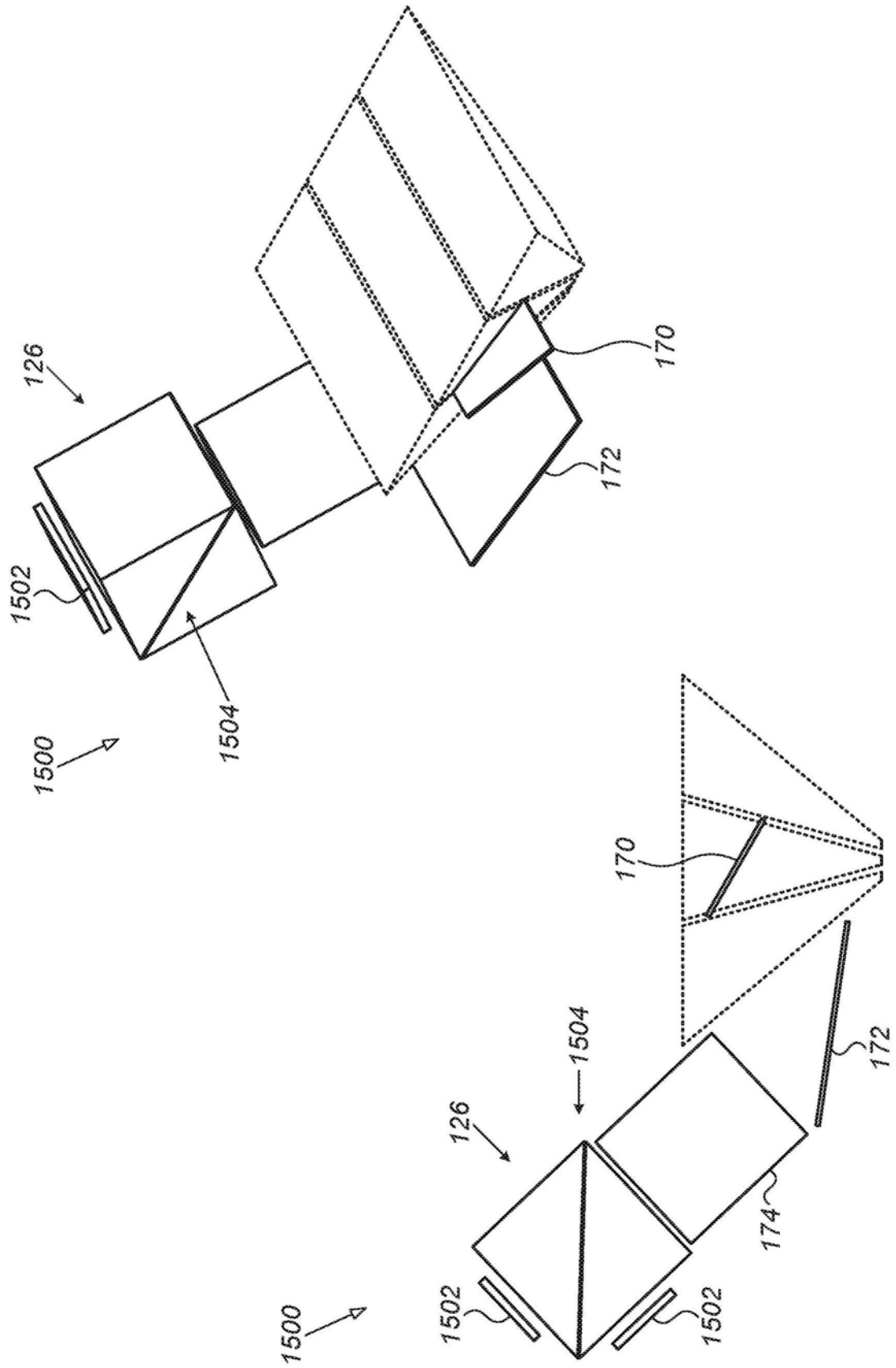


图15

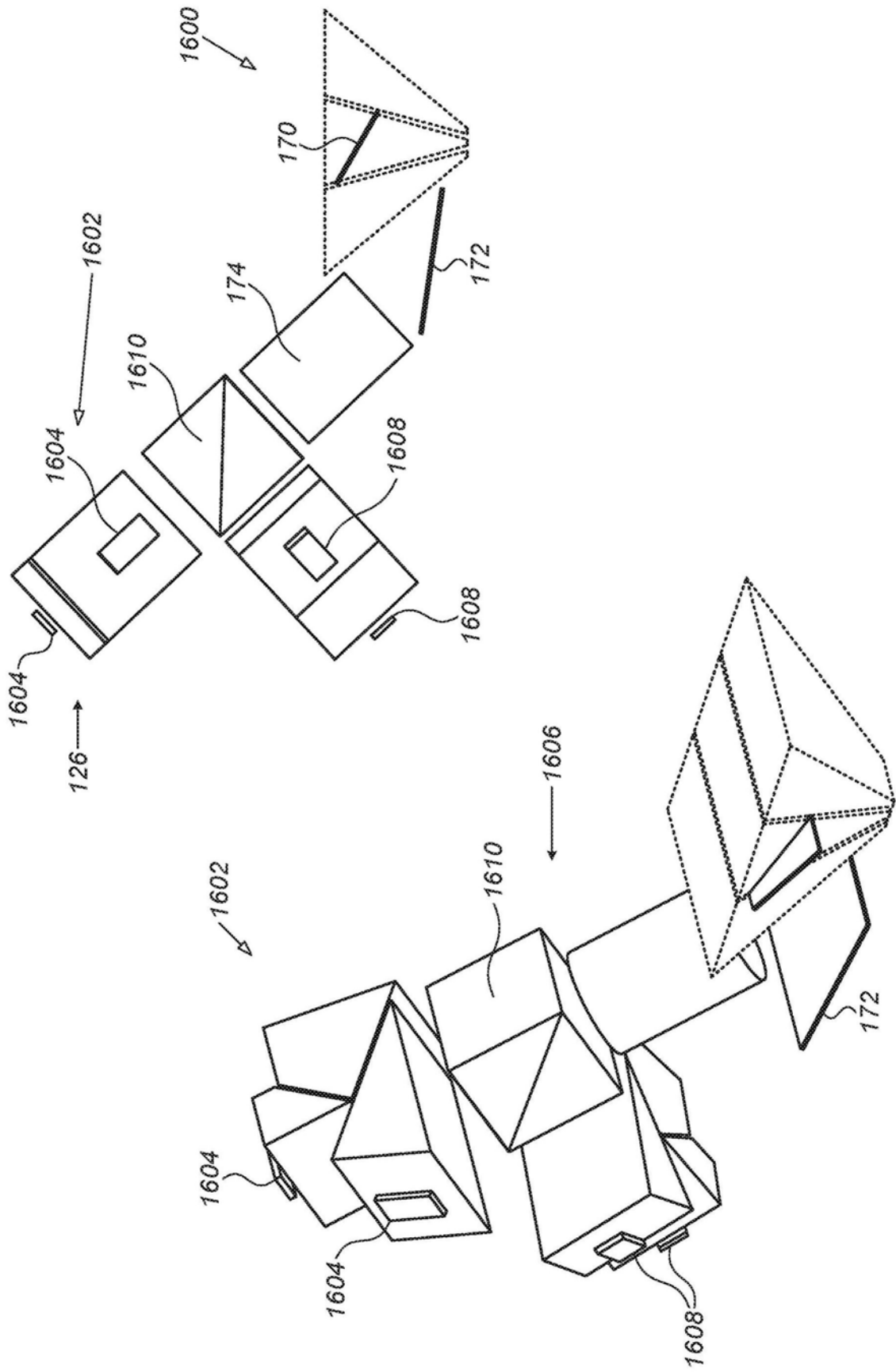


图16A

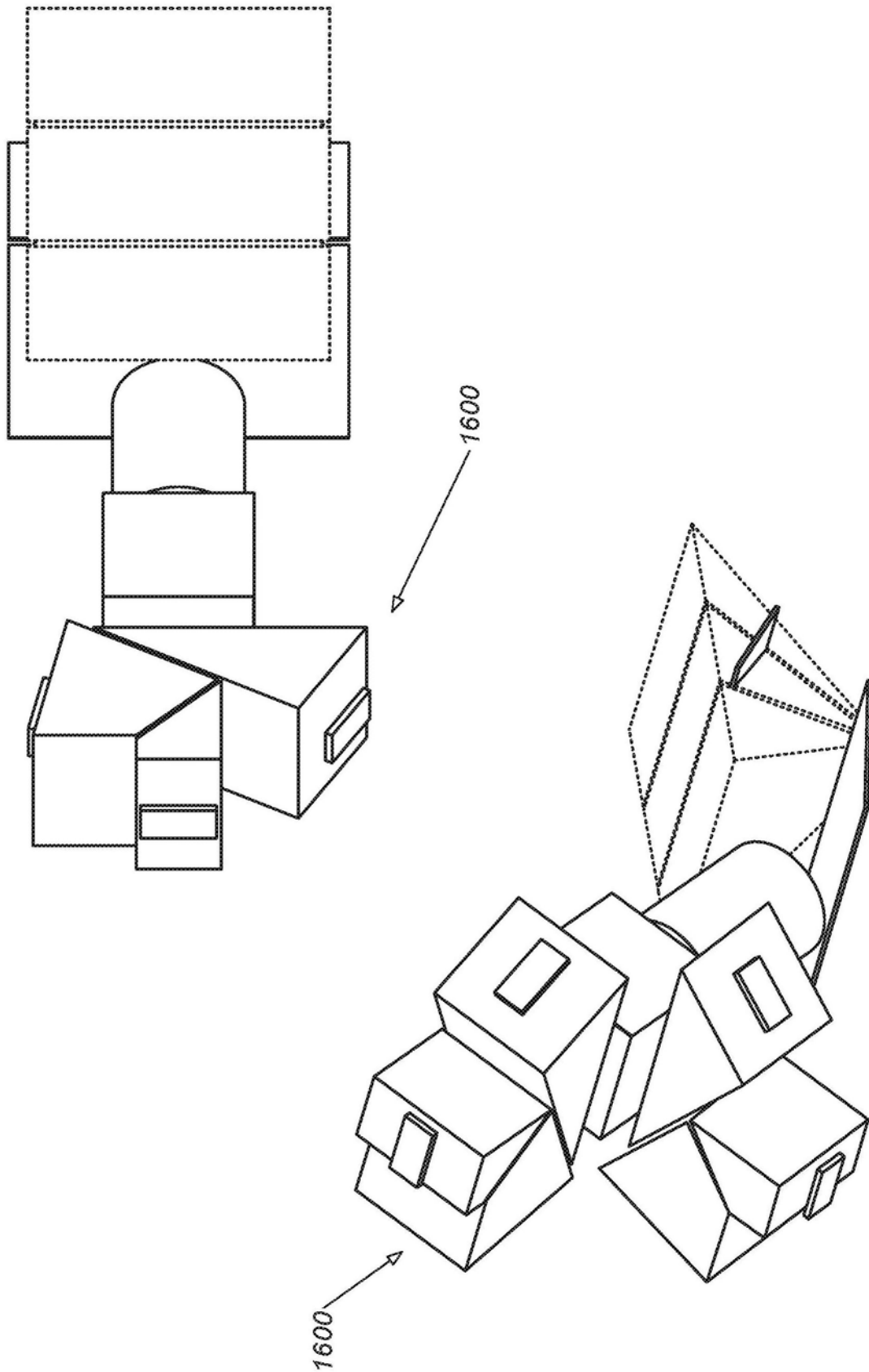


图16B