



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120188073 A

(43) 申请公布日 2025. 06. 20

(21) 申请号 202380032207.4

D·P·奥拉斯哈尔塔 H·周

(22) 申请日 2023.03.31

H·米勒

(30) 优先权数据

63/362,285 2022.03.31 US

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 杜文树

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.30

(51) Int.Cl.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2023/065232 2023.03.31

G02B 3/00 (2006.01)

G02B 1/00 (2006.01)

G02B 27/28 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/205646 EN 2024.10.03

(71) 申请人 梅特兰兹股份有限公司

地址 美国

(72) 发明人 R·C·德夫林 P·拉塔维茨

J·W·格拉夫 A·J·米莉兹

S·弗罗茨曼德

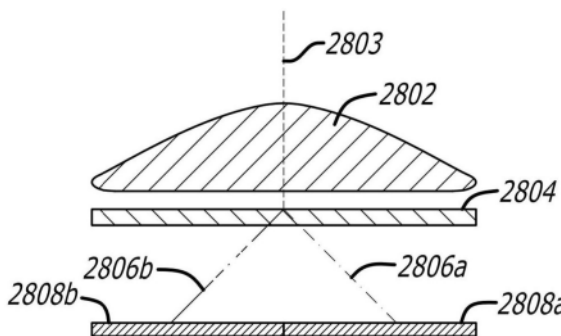
权利要求书2页 说明书31页 附图70页

(54) 发明名称

偏振分选超颖表面微透镜阵列设备

(57) 摘要

这里公开了包括偏振分选超颖表面微透镜阵列设备的系统和方法。在特定实施例中,提供了偏振成像设备。一种偏振成像设备包括:图像光源;包括多个重复的超颖表面小透镜的超颖表面小透镜阵列,其中所述多个重复的超颖表面小透镜包括多个第一超颖表面小透镜,该多个第一超颖表面小透镜被配置为将图像光衍射到第一方向上的第一偏振光和第二方向上的第二偏振光;以及图像传感器,位于第一偏振光和第二偏振光的光路中,并且其中图像传感器包括多个图像感测单元,该多个图像感测单元包括被定位为感测第一偏振光的第一图像感测单元和被定位为感测第二偏振光的第二图像感测单元。



1. 一种偏振成像设备,包括:

包括多个超颖表面小透镜的超颖表面小透镜阵列,其中所述多个超颖表面小透镜包括多个第一超颖表面小透镜,所述多个第一超颖表面小透镜被配置为将图像光以与第一偏振光成比例的强度衍射到第一方向上并且以与第二偏振成比例的强度衍射到第二方向上;以及

图像传感器,位于第一偏振和第二偏振的光路中,并且其中图像传感器包括多个图像感测单元,所述多个图像感测单元包括被定位为感测第一偏振的第一图像感测单元和被定位为感测第二偏振的第二图像感测单元。

2. 根据权利要求1所述的偏振成像设备,其中,所述多个图像感测单元是图像传感器的不同像素和/或不同区域。

3. 根据权利要求1所述的偏振成像设备,其中,所述多个超颖表面小透镜还包括多个第二超颖表面小透镜,所述多个第二超颖表面小透镜散布在第一超颖表面小透镜之间并且被配置为将图像光以与第三偏振成比例的强度衍射到第三方向上并且以与第四偏振成比例的强度衍射到第四方向上,并且

其中,所述多个图像感测单元还包括被定位为感测所述第三偏振的第三图像感测单元和被定位为感测所述第四偏振的第四图像感测单元。

4. 根据权利要求3所述的偏振成像设备,其中,第一偏振和第三偏振是相同的偏振,并且其中第二偏振和第四偏振是相同的偏振。

5. 根据权利要求1所述的偏振成像设备,其中,第一超颖表面小透镜还被配置为将图像光以与第三偏振成比例的强度衍射到第三方向上并且以与第四偏振成比例的强度衍射到第四方向上,并且

其中,所述多个图像感测单元还包括被定位为感测第三偏振的第三图像感测单元和被定位为感测第四偏振的第四图像感测单元。

6. 根据权利要求1所述的偏振成像设备,其中,第一超颖表面小透镜还被配置为传递在第三方向上的零级光。

7. 根据权利要求6所述的偏振成像设备,其中,第三方向不同于第一方向和第二方向。

8. 根据权利要求7所述的偏振成像设备,其中,所述多个图像感测单元还包括被配置为感测零级光的第三图像感测单元。

9. 根据权利要求6所述的偏振成像设备,其中,第三方向与第一方向相同。

10. 根据权利要求1所述的偏振成像设备,还包括微透镜阵列,并且其中,超颖表面小透镜阵列包括偏振超颖表面。

11. 根据权利要求10所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列被配置为将图像光分离到不同像素并且偏振超颖表面被配置为将第一偏振衍射到第一方向上和将第二偏振光衍射到第二方向上。

12. 根据权利要求11所述的偏振成像设备,其中,偏振超颖表面与微透镜阵列中的微透镜重叠,并且其中,微透镜阵列中不与偏振超颖表面重叠的微透镜将非衍射光传递到图像传感器,其中,图像传感器被配置为感测非衍射光以测量非衍射光的强度。

13. 根据权利要求10所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列是平面微透镜阵列层。

14. 根据权利要求10所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列和偏振超颖表面被定位在

单个衬底上。

15. 根据权利要求10所述的偏振成像设备, 其中, 微透镜阵列包括超颖表面元件。

16. 根据权利要求10所述的偏振成像设备, 其中, 微透镜阵列包括至少一个传统折射微透镜和至少一个超颖表面元件的组合。

17. 根据权利要求1所述的偏振成像设备, 还包括微透镜阵列, 该微透镜阵列包括将准直光输出到超颖表面小透镜阵列中的多个分离的微透镜。

18. 根据权利要求17所述的偏振成像设备, 其中, 所述多个分离的微透镜被定位在相邻的图像感测单元之间, 使得来自所述多个分离的微透镜的光被所述多个第一超颖表面小透镜在相反的倾斜方向上衍射到相邻的图像感测单元中。

19. 根据权利要求18所述的偏振成像设备, 其中, 所述多个重复的超颖表面小透镜还包括多个第二超颖表面小透镜, 所述多个第二超颖表面小透镜被配置为将第一偏振衍射到第二方向上并且将第二偏振衍射到第一方向上, 并且其中, 第一图像感测单元还被定位成感测从所述多个第二超颖表面小透镜衍射的第一偏振。

20. 根据权利要求1所述的偏振成像设备, 其中, 所述多个第一超颖表面小透镜用相邻的第一超颖表面小透镜之间的非衍射部分间隔开。

偏振分选超颖表面微透镜阵列设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请依照35U.S.C.§119(e)要求2022年3月31日递交的题为“Polarization Sorting Metasurface Microlens Array Device”的美国临时专利申请63/362,285的权益和优先权,其公开内容通过引用整体结合于此以用于所有目的。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及一种偏振分选设备。更具体地,本发明涉及包括偏振分选超颖表面微透镜阵列的偏振分选设备以及制造该偏振分选设备的方法。

背景技术

[0004] 超颖表面元件是衍射光学元件,其中各个波导元件具有亚波长间隔并且通常具有平面轮廓。最近已经开发了用于在UV-IR波段(300-10000nm)中应用的金属表面元件。与传统的折射光学器件相比,超颖表面元件突然将相移引入到光场。这使得超颖表面元件具有处于与它们被设计为操作的光的波长的量级的厚度,而传统的折射表面具有比它们被设计为操作的光的波长大10-100倍(或更多)的厚度。另外,超颖表面元件可以在组成元件中没有高度变化,并且因此能够在没有任何曲面(如折射光学器件所要求的)的情况下对光进行整形。与传统的衍射光学元件(DOE)相比,例如与二元衍射光学器件相比,超颖表面元件具有在入射光场上赋予一定范围的相移的能力。至少超颖表面元件可以具有在 $0-2\pi$ 之间的相移,具有该范围内的至少5个不同的值,而二元DOE仅能够提供两个不同的相移值,并且通常限于0或 1π 的相移。与多级DOE相比,超颖表面元件不需要其组成元件沿着光轴的高度变化,仅超颖表面元件特征的面内几何形状变化。

发明内容

[0005] 在一些方面,本文描述的技术涉及偏振成像设备,包括:包括多个超颖表面小透镜的超颖表面小透镜阵列,其中所述多个超颖表面小透镜包括多个第一超颖表面小透镜,所述多个第一超颖表面小透镜被配置为将图像光以与第一偏振光成比例的强度衍射到第一方向上并且以与第二偏振成比例的强度衍射到第二方向上;以及图像传感器,位于第一偏振和第二偏振的光路中,并且其中图像传感器包括多个图像感测单元,所述多个图像感测单元包括被定位为感测第一偏振的第一图像感测单元和被定位为感测第二偏振的第二图像感测单元。

[0006] 在一些方面,所述多个图像感测单元是图像传感器的不同像素和/或不同区域。

[0007] 在一些方面,所述多个图像感测单元是多个图像传感器的不同像素和/或不同区域。

[0008] 在一些方面,所述多个超颖表面小透镜还包括多个第二超颖表面小透镜,所述多个第二超颖表面小透镜散布在第一超颖表面小透镜之间并且被配置为将图像光以与第三偏振成比例的强度衍射到第三方向上并且以与第四偏振成比例的强度衍射到第四方向上,

并且其中,所述多个图像感测单元还包括被定位为感测第三偏振的第三图像感测单元和被定位为感测第四偏振的第四图像感测单元。

[0009] 在一些方面,第一偏振和第三偏振是相同的偏振,并且其中第二偏振和第四偏振光是相同的偏振。

[0010] 在一些方面,第一超颖表面小透镜还被配置为将图像光以与第三偏振成比例的强度衍射到第三方向上并且以与第四偏振成比例的强度衍射到第四方向上,并且其中,所述多个图像感测单元还包括被定位为感测第三偏振的第三图像感测单元和被定位为感测第四偏振的第四图像感测单元。

[0011] 在一些方面,第一超颖表面小透镜还被配置为传递在第三方向上的零级光。

[0012] 在一些方面,第三方向不同于第一方向和第二方向。

[0013] 在一些方面,所述多个图像感测单元还包括被配置为感测零级光的第三图像感测单元。

[0014] 在一些方面,第三方向与第一方向相同。

[0015] 在一些方面,所述偏振成像设备还包括一个或多个折射透镜,其中,超颖表面小透镜阵列被定位在折射透镜与图像传感器之间。

[0016] 在一些方面,第一偏振和第二偏振是不同的偏振,并且其中,第一偏振和第二偏振选自自由以下各项组成的组:线性偏振光、对角偏振光、椭圆偏振光和圆偏振光。

[0017] 在一些方面,所述偏振成像设备还包括微透镜阵列,并且其中,超颖表面小透镜阵列包括偏振超颖表面。

[0018] 在一些方面,微透镜阵列被配置为将图像光分离到不同像素并且偏振超颖表面被配置为将第一偏振衍射到第一方向上和将第二偏振光衍射到第二方向上。

[0019] 在一些方面,偏振超颖表面与微透镜阵列中的微透镜重叠,并且其中,微透镜阵列中不与偏振超颖表面重叠的微透镜将非衍射光传递到图像传感器,其中,图像传感器被配置为感测非衍射光以测量非衍射光的强度。

[0020] 在一些方面,微透镜阵列是平面微透镜阵列层。

[0021] 在一些方面,微透镜阵列和偏振超颖表面被定位在单个衬底上。

[0022] 在一些方面,主图像平面被配置在与图像传感器相对的单个衬底的表面上方。

[0023] 在一些方面,主图像平面被配置在单个衬底内。

[0024] 在一些方面,微透镜阵列包括超颖表面元件。

[0025] 在一些方面,超颖表面元件被配置为接受跨偏振成像设备的成像光瞳的变化的主光线角度并且将穿过每个微透镜的光准直。

[0026] 在一些方面,微透镜阵列的超颖表面元件被配置为提供折射微透镜效果。

[0027] 在一些方面,微透镜阵列包括传统的折射微透镜阵列。

[0028] 在一些方面,微透镜阵列包括至少一个传统折射微透镜和至少一个超颖表面元件的组合。

[0029] 在一些方面,所述偏振成像设备还包括定位在超颖表面小透镜阵列上方或下方的滤色器。

[0030] 在一些方面,滤色器被定位在超颖表面小透镜阵列上方并且将光过滤成不同颜色,所述不同颜色中的每个颜色对应于所述多个第一超颖表面小透镜中的不同超颖表面小

透镜,并且其中,超颖表面小透镜接收来自滤色器的经滤色的光。

[0031] 在一些方面,滤色器被定位在超颖表面小透镜阵列下方并且过滤衍射的第一偏振光和第二偏振光。

[0032] 在一些方面,滤色器包括过滤不同波长的光的不同区域。

[0033] 在一些方面,所述多个第一超颖表面小透镜在盖衬底上间隔开。

[0034] 在一些方面,间隔开的第一超颖表面小透镜被配置为将光输出到滤色器的输出相同颜色的光的区域上。

[0035] 在一些方面,间隔开的第一超颖表面小透镜将光输出到输出绿光的滤色器的区域上,并且输出绿光的滤色器的区域之间的间隙输出红光或蓝光。

[0036] 在一些方面,滤色器包括输出红光、绿光或蓝光的不同区域和输出单色或近红外光的区域,其中,所述多个第一超颖表面小透镜在盖衬底上间隔开,并且间隔开的第一超颖表面小透镜将光输出到滤色器的输出单色或近红外光的区域上。

[0037] 在一些方面,所述偏振成像设备还包括微透镜阵列,该微透镜阵列包括将准直光输出到超颖表面小透镜阵列中的多个分离的微透镜。

[0038] 在一些方面,所述多个分离的微透镜被定位在相邻的图像感测单元之间,使得来自所述多个分离的微透镜的光被所述多个第一超颖表面小透镜在相反的倾斜方向上衍射到相邻的图像感测单元中。

[0039] 在一些方面,所述多个重复的超颖表面小透镜还包括多个第二超颖表面小透镜,所述多个第二超颖表面小透镜被配置为将第一偏振衍射到第二方向上并且将第二偏振衍射到第一方向上,并且其中,第一图像感测单元还被定位成感测从所述多个第二超颖表面小透镜衍射的第一偏振。

[0040] 在一些方面,所述多个分离的微透镜各自以所述多个第一超颖表面小透镜中的一个为中心,使得第一偏振透射通过所述多个第一超颖表面小透镜中的所述一个到达第一图像感测单元上,并且其中,第二偏振被衍射到第二方向上到达第二图像感测单元上。

[0041] 在一些方面,第一偏振和第二偏振是正交线性偏振、圆偏振、椭圆偏振或任意偏振。

[0042] 在一些方面,所述多个第一超颖表面小透镜用相邻的第一超颖表面小透镜之间的非衍射部分间隔开。

[0043] 在一些方面,所述多个超颖表面小透镜、被配置为感测第一偏振和第二偏振的所述多个图像感测单元被定位在被配置为感测红光、绿光或蓝光的图像传感器的图像感测单元之间。

[0044] 在一些方面,所述多个第一超颖表面小透镜被配置为将光衍射到被配置为感测第一偏振和第二偏振的所述多个图像感测单元以及被配置为感测红光、绿光或蓝光的图像感测单元中。

[0045] 在一些方面,被配置为感测第一偏振和第二偏振的所述多个图像感测单元还被配置为感测单色或近红外光。

[0046] 在一些方面,图像传感器是互补金属氧化物半导体 (CMOS) 图像传感器、电荷耦合器件传感器、硅二极管传感器、硫化镉传感器二极管、RGB传感器、间接飞行时间 (iToF) 传感器、直接飞行时间 (dToF) 传感器。

[0047] 在一些方面,这里描述的技术涉及一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供图像传感器晶片;在成像传感器晶片上方沉积间隔物层;在间隔物层上沉积超颖表面层;以及图案化超颖表面层以在间隔物层上形成分离的超颖表面。

[0048] 在一些方面,所述方法还包括将封装层直接沉积在分离的超颖表面上。

[0049] 在一些方面,所述方法还包括使封装层平坦化,使得封装层与单独超颖表面处于相同的水平。

[0050] 在一些方面,所述方法还包括在封装层和/或单独超颖表面上形成一个或多个顶层。

[0051] 在一些方面,这里描述的技术涉及一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供图像传感器晶片;提供包含单独超颖表面的超颖表面衬底;以及在图像传感器晶片和/或超颖表面衬底上的各个超颖表面上沉积间隔物层。

[0052] 在一些方面,所述方法还包括将超颖表面衬底接合到图像传感器晶片。

[0053] 在一些方面,超颖表面衬底包括透明衬底。

[0054] 在一些方面,所述方法还包括去除超颖表面衬底,使得分离的超颖表面保持附接在图像传感器晶片上。

[0055] 在一些方面,去除超颖表面衬底包括研磨、湿化学蚀刻和/或干化学蚀刻超颖表面衬底。

[0056] 在一些方面,所述方法还包括将超颖表面衬底单个化成分离的超颖表面管芯,将超颖表面管芯中的至少一个接合在图像传感器晶片上,以及将图像传感器晶片单个化成各自具有接合的超颖表面管芯的图像传感器管芯。

[0057] 在一些方面,这里描述的技术涉及一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供CMOS图像传感器(CIS)晶片;将第一多个间隔物定位在CIS晶片上;提供第一载体晶片;将第一粘合剂层定位在第一载体晶片上;使所述第一多个间隔物与第一粘合剂层接触,使得粘合剂被涂布到所述第一多个间隔物的顶部;提供具有多个纳米柱的纳米柱衬底;将第二多个间隔物定位在纳米柱衬底上;提供第二载体晶片;将第二粘合剂层定位在第二载体晶片上;使所述第二多个间隔物与第二粘合剂层接触,使得粘合剂被涂布到所述第二多个间隔物的顶部;以及同时使所述第二多个间隔物上的粘合剂与CIS晶片接触,以及使所述第一多个间隔物上的粘合剂与纳米柱衬底接触,以将CIS晶片和纳米柱衬底粘合在一起。

[0058] 在一些方面,在使所述第一多个间隔物与第一粘合剂层接触,使得粘合剂被涂布到所述第一多个间隔物的顶部之后,粘合剂仅存在于所述第一多个间隔物的顶部上而不存在于所述第一多个间隔物之间的区域上。

[0059] 在一些方面,在使第二多个间隔物与第二粘合剂层接触,使得粘合剂涂布到第二多个间隔物的顶部之后,粘合剂仅存在于所述第二多个间隔物的顶部上而不存在于所述第二多个间隔物之间的区域上。

[0060] 在一些方面,所述第一多个间隔物包括形成通道的成对间隔物,通道的尺寸被设计为容纳所述第二多个间隔物中的间隔物。

[0061] 在一些方面,所述第一多个间隔物和所述第二多个间隔物彼此互锁,使得所述第二多个间隔物中的一个定位在由一对间隔物的通道中的一个内。

[0062] 在一些方面,所述第一多个间隔物在CIS晶片上形成多个矩形形状。

- [0063] 在一些方面,矩形形状的内部形成成像区域。
- [0064] 在一些方面,所述第二多个间隔物在纳米柱衬底上形成网格图案。
- [0065] 在一些方面,所述第一多个间隔物和所述第二多个间隔物在所述多个纳米柱和CIS晶片之间形成空气间隙。
- [0066] 在一些方面,这里描述的技术涉及一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供具有接合焊盘的CMOS图像传感器(CIS)晶片;在CIS晶片和接合焊盘上沉积第一介电层;使第一介电层平坦化;提供具有多个纳米柱的纳米柱衬底;在所述多个纳米柱上沉积第二介电层;使第二介电层平坦化;使第一介电层与第二介电层接触,使得它们接合在一起以形成组合介电层;去除纳米柱衬底以暴露所述多个纳米柱;部分蚀刻该组合介电层以暴露该接合焊盘;以及形成一导电层,该导电层通过该组合介电层电性连接至该接合焊盘。
- [0067] 在一些方面,第一介电层和第二介电层是二氧化硅层。
- [0068] 在一些方面,沉积第一介电层和第二介电层通过原硅酸四乙酯(TEOS)工艺执行。
- [0069] 在一些方面,TEOS工艺是等离子体增强TEOS(PETEOS)工艺。
- [0070] 在一些方面,使第一介电层和第二介电层平坦化通过化学机械抛光(CMP)工艺执行。
- [0071] 在一些方面,去除纳米柱衬底通过研磨、蚀刻或化学机械抛光(CMP)工艺来执行。
- [0072] 在一些方面,部分蚀刻组合的介电层包括:图案化组合的介电层;以及蚀刻该组合的介电层以暴露该接合焊盘。
- [0073] 在一些方面,所述方法还包括在接合焊盘、组合的介电层的侧壁和纳米柱上生长阻挡种子层。
- [0074] 在一些方面,这里描述的技术涉及一种偏振成像设备,包括:具有至少两个微透镜的微透镜阵列;具有两个或更多个偏振过滤区域的偏振过滤超颖表面;以及具有至少两个区域的成像传感器,其中,包括一个或多个偏振状态的成像光由微透镜引导到偏振过滤超颖表面上,并且偏振过滤超颖表面被配置为将一个或多个偏振状态引导到成像传感器的一个或多个区域上。
- [0075] 在一些方面,微透镜阵列包括折射微透镜。
- [0076] 在一些方面,微透镜阵列还包括配置为提供折射微透镜效果的超颖表面。
- [0077] 在一些方面,微透镜阵列包括被配置为提供折射微透镜效果的超颖表面。
- [0078] 在一些方面,所述至少两个微透镜中的每一个在成像传感器的所述一个或多个区域中的单个区域之上。
- [0079] 在一些方面,所述至少两个微透镜中的每一个在成像传感器的所述一个或多个区域中的两个或更多个传感器区域上方。
- [0080] 在一些方面,所述至少两个微透镜中的每一个在两个或更多个偏振过滤区域中的一个或多个区域的单个偏振区域上方。
- [0081] 在一些方面,所述至少两个微透镜中的每一个在所述两个或更多个偏振过滤区域中的两个或更多个偏振过滤区域上方。

附图说明

- [0082] 参照以下附图将更全面地理解本说明,附图作为本发明的示例性实施例而呈现,

并且不应被解释为对本发明的范围的完整叙述,其中:

[0083] 图1通过示例的方式示出了传统偏振成像系统的示意图。

[0084] 图2通过示例的方式示出了偏振成像系统的示意图。

[0085] 图3A和图3B示出了根据本发明实施例的PSOMMA的示意图。

[0086] 图3C-1概念性地示出了根据本发明的实施例的利用闪耀光栅方法的单层超颖表面的光路。

[0087] 图3C-2概念性地示出了根据本发明的实施例的用作PSOMMA和准直透镜的单层超颖表面的光路。

[0088] 图3C-3概念性地示出了根据本发明的实施例的用作PSOMMA和准直透镜的两个分离的超颖表面的层的光路。

[0089] 图4A示出了根据本发明实施例的在每个小透镜上具有两个偏振的PSOMMA。

[0090] 图4B示出了根据本发明实施例的在每个小透镜上具有两个偏振的PSOMMA。

[0091] 图5A-1示出了根据本发明实施例的结合PSOMMA的光学系统。

[0092] 图5A-2和图5A-3示出了根据本发明的各种实施例的结合PSOMMA的光学系统的示例。

[0093] 图5B示出了根据本发明实施例的结合PSOMMA的光学系统。

[0094] 图5C-1、图5C-2和图5C-3示出了根据本发明的各种实施例的结合了PSOMMA的光学系统。

[0095] 图6A和图6B示出了根据本发明实施例的图像传感器上的示例偏振分布。

[0096] 图7示意性地示出了根据本发明实施例的包括与PSOMMA集成的MLA的示例偏振成像系统的功能的示例。

[0097] 图8A和图8B示出了根据本发明的各种实施例的各种偏移像素架构。

[0098] 图9A和图9B示出了根据本发明实施例的各种高保真像素架构。

[0099] 图10A和图10B示出了根据本发明实施例的各种混合强度/偏振架构。

[0100] 图11A-图11C示出了根据本发明的各种实施例的包括MLA和PSOMMA的各种混合架构。

[0101] 图12A-图12G示出了根据本发明实施例的直接制造方法的各个步骤。

[0102] 图13A-图13D示出了根据本发明实施例的晶片接合方法的各个步骤。

[0103] 图14A示出了根据本发明的实施例的接合到图像传感器晶片的多个第二晶片管芯。

[0104] 图14B示出了根据本发明实施例的在图像传感器晶片1302已经被单个化之后的图像传感器管芯1404。

[0105] 图15示出了根据本发明实施例的示例制造的PSOMMA传感器1500。

[0106] 图16A-图16C示出了根据本发明实施例的用于制造CIS晶片1502的示例方法。

[0107] 图17示出了根据本发明实施例的CIS晶片1602的平面图。

[0108] 图18A-图18C示出了根据本发明的实施例的用于制造纳米柱晶片的示例方法。

[0109] 图19示出了根据本发明的实施例的纳米柱衬底的平面图。

[0110] 图20A和图20B示出了根据本发明实施例的制造PSOMMA传感器的示例方法。

[0111] 图21A和图21B示出了根据本发明的实施例的用于制造CIS晶片的工艺流程。

- [0112] 图22A和图22B示出了根据本发明的实施例的用于制造纳米柱晶片的工艺流程。
- [0113] 图23A-图23H是根据本发明的实施例的利用使用图21A和图21B中描述的工艺制造的CIS晶片和使用图22A和图22B中描述的工艺制造的纳米柱晶片来制造成像传感器的制造工艺。
- [0114] 图24A-图24C是根据本发明的实施例的利用使用图21A和图21B中描述的工艺制造的CIS晶片和使用图22A和图22B中描述的工艺制造的纳米柱晶片来制造成像传感器的制造工艺。
- [0115] 图25A-图25H是根据本发明实施例的用于制造成像传感器的制造工艺。
- [0116] 图26示出根据本发明实施例的示例超颖表面微透镜阵列 (MLA) 的示例操作。
- [0117] 图27A示出了根据本发明实施例的用于四个偏振像素的示例像素布置。
- [0118] 图27B示出了根据本发明实施例的用于两个偏振像素的示例像素布置。
- [0119] 图27C示出了根据本发明实施例的用于四个偏振像素的示例像素布置的示例。
- [0120] 图28A是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的截面图。
- [0121] 图28B是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。
- [0122] 图28C是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。
- [0123] 图29A是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的截面图。
- [0124] 图29B是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。
- [0125] 图29C是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。
- [0126] 图30A示出了根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的截面图。
- [0127] 图30B示出了根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。
- [0128] 图30C是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。
- [0129] 图31A示出了根据本发明实施例的包括偏振过滤能力的成像设备的截面图。
- [0130] 图31B示出了根据本发明实施例的包括偏振过滤能力的成像设备的平面图。
- [0131] 图32A示出了根据本发明实施例的包括偏振过滤能力的成像设备的截面图。
- [0132] 图32B示出了根据本发明实施例的包括偏振分选能力的成像设备的截面图。
- [0133] 图32C示出了根据本发明实施例的包括偏振分选能力的成像设备的截面图。
- [0134] 图33A示出了根据本发明实施例的示例偏振过滤纳米光栅的平面图。
- [0135] 图33B示出了根据本发明的实施例的示例偏振分选超颖表面的平面图。
- [0136] 图34A示出了根据本发明的实施例的示例线偏振分选超颖表面的示意性平面图。
- [0137] 图34B示出了根据本发明的实施例的示例圆偏振分选超颖表面的示意性平面图。
- [0138] 图34C示出了根据本发明的实施例的任意偏振分选超颖表面的示意性平面图。
- [0139] 图35A示出了根据本发明实施例的稀疏分布的PSOMMA传感器。
- [0140] 图35B示出了根据本发明实施例的稀疏分布的PSOMMA传感器的截面图。
- [0141] 图36A示出了根据本发明实施例的示例PSOMMA传感器。
- [0142] 图36B示出了根据本发明实施例的示例PSOMMA传感器。

具体实施方式

[0143] 本文公开了包括单个小透镜的光学设备,该光学设备对偏振进行分选以使得场景的所得偏振信息可被重建。具体地,本文描述的发明包括光学设备,该光学设备包括超颖表

面微透镜阵列,该超颖表面微透镜阵列包括可以耦合到图像传感器的小透镜。可以独特地指定每个小透镜处的相位和偏振分离。各个小透镜可将入射光分成至少两个偏振,该至少两个偏振被引导到成像传感器的特定底层像素。独立于每个小透镜的偏振控制,每个小透镜的相位也可被独特地指定。可以定制每个小透镜的相位响应,使得其适应到小透镜的特定入射角。在一些实施例中,偏振分选超颖表面微透镜阵列也可针对特定光学系统定制并且直接与图像传感器集成。在一些实施例中,图像传感器可以包括互补金属氧化物半导体(CMOS)图像传感器、电荷耦合器件传感器、硅二极管、硫化镉传感器二极管、RGB传感器、间接飞行时间(iToF)传感器、直接飞行时间(dToF)传感器和/或各种其他类型的传感器。

[0144] 偏振分选超颖表面可以包括超晶胞或超像素重复结构和/或其间的非偏振开放空间以创建稀疏效果。

[0145] 大多数传统的偏振成像系统通过吸收特定的偏振态同时允许未吸收的偏振态通过到达光敏传感器来工作。通过知道哪个偏振态被吸收以及哪个偏振态通过,可以构建场景的偏振图像。然而,这种设计可能是低效的,因为被吸收的光作为热量被耗散而不是被转向和感测来来可能提供有价值的偏振信息。这种设计可能具有较差的效率或信噪比。这种配置仍然保留偏振信息,但是因为光被吸收,所以存在效率损失。另外,实现这种类型的偏振测量的普通技术(例如,线栅偏振器)仅能够选择线性偏振状态,因此椭圆偏振状态可能是不可得的。

[0146] 图1通过示例的方式示出了传统偏振成像系统的示意图。如图所示,入射光106可以包括多个偏振,例如S偏振光和P偏振光。入射光穿过偏振器102,其可以仅透过一种偏振的光。在入射光106包括S偏振光和P偏振光的情况下,偏振器102可以仅透过S偏振光106a并吸收P偏振光。S偏振光106a的量可以由光敏传感器104测量,该传感器可以提供关于S偏振光106a的量的数据。不利的是,P偏振光被偏振器102吸收,这可能是不需要的副产品,例如热或来自反射的散射光。

[0147] 本发明的实施例涉及超颖表面偏振成像系统,与传统偏振器相比,该超颖表面偏振成像系统通过将设计的偏振中的每一个发送到特定衍射角来在空间上分离偏振。包括在取决于光偏振的方向上偏转光的几何形状和取向的超颖表面光学元件的示例在2019年2月22日提交的、题为“Arbitrary polarization-switchable metasurfaces”的美国专利申请公开号2021/0286188中公开,该专利通过引用整体结合于此以用于所有目的。此外,被配置为对任意偏振的入射光的多个偏振级执行平行偏振分析的光栅的示例在2020年4月14日提交的、题为“System and Method for Parallel Polishing Analysis”的国际公开号W02020214615中公开,该专利通过引用整体结合于此以用于所有目的。此外,包括基于入射光的偏振提供不同响应的超颖表面元件的偏振计的示例在2020年7月22日提交的题为“Polarization state generation with a metasurface”的美国专利申请公开号2021/0048569中公开,该专利通过引用整体结合于此以用于所有目的。这些参考文献中的设计可以全部并入本公开中,以将入射光分成指向不同方向的不同偏振。

[0148] 在这样的系统中,效率可以比传统偏振光栅高2倍,因为光未被吸收,而是不同的偏振光被衍射到不同的方向上以由不同的图像传感器检测。然而,对于这些系统,超颖表面元件划分成像系统的孔径,并且导致在图像传感器的分离区域中形成具有特定偏振的图像。例如,如果超颖表面被设计为将入射光分成四个偏振态,则超颖表面成像系统可以形成

单个对象的四个分离的图像,其中,四个图像中的每一个图像形成在图像传感器的分离的空间域(例如,象限)中,并且特定的偏振态与每个图像相关联。图2通过示例的方式示出了偏振成像系统的示意图。偏振成像系统包括将入射光206分成不同偏振的超颖表面元件202。如图所示,入射光206可以包括单一混合偏振态。入射光206可以是完全非偏振的,或者它可以是单一的纯偏振态或一些混合态。入射光206可以包括四个偏振:Pol1、Pol2、Pol3、Pol4。在更多的数学术语中,入射光由斯托克斯矢量(Stokes vector)S表示。每个出射衍射方向与另一个斯托克斯矢量 M_i 相关联,该斯托克斯矢量 M_i 可以对应于米勒矩阵(Mueller matrix)的一行。每个出射方向可以与米勒矩阵 U_i 相关联。当光被图像传感器捕获时,可以测量光的总强度。米勒矩阵 U_i 乘以入射斯托克斯矢量S给出了每个方向上的出射斯托克斯矢量 O_i , $O_i = U_i * S$ 。当光被图像传感器捕获时,斯托克斯矢量 O_i 的第一条目对应于光的强度。由于存在四个索引0、1、2、3,因此这对应于 $O_i[0] = (U_i * S)[0]$ 。 $[x]$ 表示从0开始计数的矢量中的第x个元素。这相当于取米勒矩阵 U_i 的第一行并计算其与斯托克斯矢量S的 $(U_i * S)[0] = \sum_j (U_{i, (0, j)} * S_j)$ 的点积。米勒矩阵 U_i 的该第一行可以被认为是斯托克斯矢量 M_i ,因为它也服从与斯托克斯矢量相同的代数。每个出射衍射方向上的强度与 M_i 和S之间的点积成比例。衍射级可以不必是被选择的相同偏振态。

[0149] 超颖表面元件202可将入射光206分成衍射光206a,其中四个偏振中的每一个被引导到不同的方向上。每个方向上的衍射光206a具有与该特定的光的偏振状态在入射状态上的投影成比例的强度。衍射光206a可以进入一组四个不同的图像传感器204。在一些实施例中,衍射光206a可进入单个图像传感器的四个不同区域,或两个图像传感器的两个区域或区域与传感器的其它组合。虽然这些图像传感器204和衍射光206a被示出在不同的水平位置,但这仅仅是示例性的,并且图像传感器204实际上可以处于不同的象限,其中衍射光206a将每个偏振发送到不同的象限。

[0150] 入射光206可以处于任意偏振态。超颖表面元件可以将入射光分成衍射光,其中四个方向中的每一个对应于不同的目标偏振状态,在该方向上的强度由入射偏振状态与目标偏振状态的重叠来决定。

[0151] 虽然超颖表面元件202克服了包括结合图1讨论的偏振器102的传统偏振成像系统的吸收损失和/或复杂性,但是一些实施例可以受益于特定视场的孔径或照明源以防止子图像重叠在图像传感器204上。

[0152] 本发明的各种实施例利用偏振分选光学超颖表面微透镜阵列(PSOMMA),以便在图像传感器上空间地混合偏振状态。在一些实施例中,PSOMMA可以是图像传感器之前的最后一个元件,并且包括PSOMMA的每个小透镜可以将一组设计的偏振态引导到传感器的各个子像素或成像单元或区域。另外,可以不需要使用照明源的视场或附加的孔径来防止子图像在图像传感器上重叠。最后,图像传感器和PSOMMA可以与任何现有的光学成像系统结合,该光学成像系统可以包括如结合图5A-1至图5A-3所示出和描述的折射光学元件。

[0153] 图3A和图3B示出了根据本发明实施例的PSOMMA的示意图。在图3A中,PSOMMA包括分离的超颖表面小透镜302。分离的小透镜的数量可以取决于光学系统,但是通常可以是任何数量的小透镜。每个小透镜可将入射光分成用于每个衍射角的单独偏振。每个小透镜可以将光分成至少两个偏振,但是通常可以将光分成任意数量的偏振。如图所示,第一小透镜L1可将入射光分成四个不同的偏振304:pol1、pol2、pol3和pol4。此外,第二小透镜L2可将

入射光分成四个不同的偏振306:pol5、pol6、pol7、pol8。光可以在每个方向上与该方向的选定偏振状态成比例地被分成四个不同的方向。类似地,第n个小透镜Ln可将入射光分成四个不同的偏振308:pol n、pol n+1、pol n+2和pol n+3。如这里所示,对于每个小透镜来说,特定的偏振态可以是独特的(标记为pol 1、pol 2、……、pol n),但是在每个小透镜上可以使用相同的两个或更多个偏振态。例如,第一小透镜L1和第二小透镜L2都可将入射光分成相同的四种不同偏振:pol 1、pol 2、pol 3、pol 4。另外,可以独特地指定每个小透镜的相位函数。

[0154] 如图3B所示,PSOMMA可以与具有任意数量像素(标记为p1、p2、p3…pn)的图像传感器308耦合。像素可以是多个图像感测单元。在这种情况下,PSOMMA的作用可以是每个偏振态衍射到特定的像素。通过设计像素读出所对应的偏振状态,可以在逐个像素的基础上重建场景的完整偏振状态。虽然这里的附图是在一维上示出的,但是应当理解,相同的原理适用于二维小透镜和像素阵列。所示的入射光具有0度主光线角度(CRA),但是入射光的CRA可以是任何角度或者甚至跨透镜而变化。因此,入射光可以被准直,但是也可以以其他角度入射在超颖表面小透镜上。在一些实施例中,超颖表面可以用于提供微透镜阵列功能并且被设计成使得小透镜可以被优化以接受跨图像传感器场的不同入射光角度(例如,非零CRA)并且最小化否则将针对被设计用于零CRA功能的透镜而引起的影响。在一些实施例中,可以提供物理微透镜移位。这是一种匹配微透镜和图像传感器的CRA的方法。在这种方法中,微透镜阵列的周期性在整个传感器上减小,并且可以部分地抵消微透镜CRA。

[0155] 在一些实施例中,微透镜阵列可以提供微透镜移位的方式(如同物理微透镜移位一样)使用超颖表面来提供微透镜功能(例如,将光聚焦在图像传感器处)。超颖表面可以以这样的方式局部设计,使得它们可以匹配主折射透镜的方位角和仰角两者,以便产生跨传感器的CRA匹配或具有不同的入射成像光角。这对于常规物理微透镜是复杂的,但是可以通过利用具有微透镜功能的超颖表面来实现。在一些实施例中,超颖表面可以用于提供准直功能以使从主折射透镜或入射光瞳接收的光被准直和/或被引导到传感器区域的中心。

[0156] 图3C-1概念性地示出了根据本发明的实施例的利用闪耀光栅方法的单层超颖表面的光路。基于广义的斯涅耳定律(Snell's law),相位梯度、发射方位角和仰角之间的关系可以写成如下:

$$[0157] \quad \begin{aligned} n_t \sin \theta_t \cos \phi_t - n'_i \sin \theta'_{CRA} \cos \phi'_{CRA} &= \frac{1}{k_0} \frac{d\phi(x,y)}{dx}; \\ n_t \sin \theta_t \cos \phi_t - n'_i \sin \theta'_{CRA} \cos \phi'_{CRA} &= \frac{1}{k_0} \frac{d\phi(x,y)}{dy} \end{aligned} \quad (1)$$

[0158] 在具有CRA匹配的PSOMMA的情况下,界面的相位函数包括用于CRA匹配的闪耀光栅和PSOMMA相位函数。因此,公式(1)可以重写为:

$$[0159] \quad \begin{aligned} n_t \sin \theta_t \cos \phi_t - n'_i \sin \theta'_{CRA} \cos \phi'_{CRA} &= \frac{1}{k_0} \left(\frac{d\phi_{\text{闪耀光栅}}(x,y)}{dx} + \frac{d\phi_{PSOMMA}(x,y)}{dx} \right); \\ n_t \sin \theta_t \cos \phi_t - n'_i \sin \theta'_{CRA} \cos \phi'_{CRA} &= \frac{1}{k_0} \left(\frac{d\phi_{\text{闪耀光栅}}(x,y)}{dy} + \frac{d\phi_{PSOMMA}(x,y)}{dy} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

[0160] 为了简化该问题,当CRA匹配被完全满足时, $\theta_t = \phi_t = 0^\circ$,闪耀光栅相位可以在缺

少PSOMMA功能时定义如下:

$$\begin{aligned} [0161] \quad -n'_i \sin \theta'_{CRA} \cos \phi'_{CRA} &= \frac{1}{k_0} \left(\frac{d\phi_{\text{闪耀光栅}}(x,y)}{dx} \right); \\ -n'_i \sin \theta'_{CRA} \cos \phi'_{CRA} &= \frac{1}{k_0} \left(\frac{d\phi_{\text{闪耀光栅}}(x,y)}{dy} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

[0162] 公式(3)中的闪耀光栅的实际相位函数可以计算为:

$$[0163] \quad \phi_{\text{闪耀光栅}}(x,y) = -k_0 n'_i \cdot x \cdot \sin \theta'_{CRA} \cos \phi'_{CRA} - k_0 n'_i \cdot y \cdot \sin \theta'_{CRA} \sin \phi'_{CRA};$$

$$[0164] \quad \phi_{\text{闪耀光栅}}(x,y) = -k_0 n'_i \cdot \sin \theta'_{CRA} (x \cdot \cos \phi'_{CRA} + y \cdot \sin \phi'_{CRA})$$

$$[0165] \quad (4)$$

[0166] 如果超颖表面局部地满足公式(5),可以完全消除折射透镜CRA,并将其带回目标传感器像素:

$$[0167] \quad \phi_{\text{闪耀光栅}}(x,y) = -k_{\text{eff}} \cdot \sin \theta'_{CRA} (x \cdot \cos \phi'_{CRA} + y \cdot \sin \phi'_{CRA})$$

$$[0168] \quad (5)$$

[0169] 图3C-2概念性地示出了根据本发明的实施例的用作PSOMMA和准直透镜的单层超颖表面的光路。示出了用于超颖表面沿着y轴定位的2D场景的公式。公式(6)描述了可以用于计算准直功能的等效有效焦距(EFL)的三角函数:

$$\theta_{CRA} = \tan^{-1} \left(\frac{y'_{\text{传感器}}}{h'} \right)$$

$$[0170] \quad n \cdot \sin \theta_{CRA} = n' \sin \theta'_{CRA} \quad (6)$$

$$EFL = h_{\text{衬底}} + \frac{y'_{\text{传感器}}}{\tan \theta'_{CRA}}$$

[0171] 这可以简化为通过使用目标EFL如下计算准直相位:

$$\begin{aligned} [0172] \quad \phi_{\text{准直}} &= -k_0 \cdot n' \cdot \left(\sqrt{EFL^2 + y^2 + x^2} - EFL \right) \\ &= -k_{\text{eff}} \cdot \left(\sqrt{EFL^2 + y^2 + x^2} - EFL \right) \end{aligned} \quad (7)$$

[0173] 或者

$$[0174] \quad \phi_{\text{准直}} = -\frac{k_{\text{eff}}(x^2 + y^2)}{2EFL}$$

[0175] $y'_{\text{传感器}}$ 可以是传感器的物理尺寸的四分之一。这是近似而不是在超颖表面处优化所有接收CRA的准直相位。EFL的另一估计可以是:

$$[0176] \quad EFL = h_{\text{衬底}} + h' \cdot n' \quad (8)$$

[0177] 图3C-3概念性地示出了根据本发明的实施例的用作PSOMMA和准直透镜的超颖表面的两个分离的层的光路。一个超颖表面(MS)层用作准直透镜,一个MS层用作PSOMMA。

[0178] 图4A示出了根据本发明实施例的在每个小透镜上具有两个偏振的PSOMMA。PSOMMA包括多个小透镜402(L1、L2、...、LN、LN+1),每个小透镜可以将入射光分成两个偏振(po1)。如图所示,示例包括L1可以将入射光分成一个方向的po11和另一个方向的po12。此外,L2可以将入射光分成po13和po14。每个小透镜可以仅在两个像素上。例如,如图所示,L1可以在像素p1和p2之上,将po11的光引导到p1中,将po12的光引导到p2中。在一些实施例中,一组两个小透镜的偏振可以在图像传感器404上重复。例如,L1可以将光分成po11和po12,L2可以将光分成po13和po14,并且该模式可以在整个图像传感器404或图像传感器404的一部分或若干部分上重复,使得LN将光分成po11和po12,LN+1将光分成po13和po14。在一些实施例

中,偏振在图像传感器404上被分成仅两个状态。例如,在结合图4A描述的PSOMMA中,pol1可以等于pol3,pol2可以等于pol4。因此,L1和L2都可以将光分成相同的偏振,即pol1和pol2。最后,应当理解,每个小透镜的偏振状态可以是完全独特且独立的,并且不仅限于线性偏振状态。例如,pol1可以是右旋圆偏振光,pol2可以是左旋圆偏振光。此外,pol1可以是S偏振光,而pol2可以是P偏振光。

[0179] 图4B示出了根据本发明实施例的在每个小透镜上具有两个偏振的PSOMMA。该配置类似于结合图4A描述的配置。然而,在这种配置中,PSOMMA 406包括第一小透镜L1,其将第一偏振光pol1引导到图像传感器408的第一成像单元p1中,并将第二偏振光pol2引导到图像传感器408的第二成像单元p2中。类似地,PSOMMA 406包括第二小透镜L2,其将第一偏振光1引导到第一成像单元p1中,并将第二偏振光2引导到第二成像单元p2中。因此,第一小透镜L1和第二小透镜L2可共享相同的成像单元p1、p2。

[0180] 图5A-1示出了根据本发明实施例的结合PSOMMA的光学系统。如图所示,PSOMMA 502可以与光学系统中的一个或多个折射透镜504耦合,以提供完整的偏振成像系统。PSOMMA 502可以是成像系统中在图像传感器506之前的最后一个元件。在一些实施例中,PSOMMA 502的每个小透镜可以针对特定偏振响应来定制。在一些实施例中,PSOMMA 502的每个小透镜可以针对特定的独特相位函数来定制。该独特的相位函数可以用于改善PSOMMA 502的性能,以改变光学系统的主光线角度。在一些实施例中,PSOMMA 502的每个小透镜可以针对特定的独特相位函数和特定的偏振响应二者来定制。在图像传感器506和PSOMMA 502之间可以存在一些距离偏移。在图像传感器506和PSOMMA 502之间的偏移距离中的材料可以是空气或固态材料,例如玻璃、石英、 SiO_2 、 Si_3N_4 或聚合物。许多光学成像系统在图像传感器之前具有微透镜阵列(MLA)以将光耦合到各个像素中。在这些系统中,微透镜阵列可能不能够区分偏振,并且可能不能在每个像素处提供独特的、任意的相位函数。如前所述,PSOMMA 502可以在入射光内以不同方向衍射不同偏振,并为入射光的不同偏振提供特定的独特相位函数。

[0181] 在一些实施例中,PSOMMA 502可以被定位为从光学器件对图像平面进行再成像。图5A-1的一个或多个折射透镜504仅仅是示例性的。图5A-2和图5A-3示出了根据本发明的各种实施例的结合PSOMMA的光学系统的示例。在图5A-2中,OP轨迹具有几个不同的视场,但仅有通过PSOMMA 502衍射到图像传感器506中的中心射线。在图5A-3中,OF轨迹具有正常视场,其中一些光线穿过光瞳而被跟踪,光瞳通过PSOMMA 502衍射到图像传感器506中。

[0182] 图5B示出了根据本发明实施例的结合PSOMMA的光学系统。如图所示,光源508可以向PSOMMA 502a输出光。虽然来自光源508的光被图示为被准直的,但是光也可以具有不完全准直的不同入射角。PSOMMA 502a可以包括结合图5A描述的PSOMMA 502的所有功能。然而,PSOMMA 502还可以具有结合图5A描述的一个或多个折射透镜504的至少一些功能,或者它可以包括微透镜阵列功能。在图5B中,虽然未示出存在一个或多个折射透镜504,但是可以存在一个或多个折射透镜504的一部分以执行一个或多个折射透镜504的一些功能,而可以并入PSOMMA 502a以执行其余功能。PSOMMA 502a可以是成像系统中在图像传感器506之前的最后一个元件。

[0183] 光源可以是固定的近红外光源、垂直腔面发射激光器(VCSEL)、LED、边缘发射激光器(EEL)、阳光和/或其它环境照明。在一些实施例中,光源可被设计成在整个照明场上具有

特定的固定偏振,或者可被设计成在整个照明场上具有逐点偏振模式图案。例如,投影到场景上的照明模式可以具有固定的圆偏振,例如,左旋圆或右旋圆。在一些实施例中,它可以是固定的线性或椭圆偏振照明。在一些情况下,可同时或顺序地使用两个不同的固定偏振。图5C-1、图5C-2和图5C-3示出了根据本发明的各种实施例的结合了PSOMMA的光学系统。该光学系统包括将光折射到PSOMMA 554的主透镜552。PSOMMA 554将来自主透镜552的折射光分布到图像传感器556上。在图5C-1中,主透镜552的主透镜像面558a与PSOMMA 554重叠,使得主透镜552聚焦在PSOMMA 554上。

[0184] 在图5C-2中,主透镜552的主透镜图像平面558b在PSOMMA 554和图像传感器556的后面,使得PSOMMA 554聚焦在图像平面上。在图5C-3中,主透镜552的主透镜像平面558c在主透镜552和PSOMMA 554之间。因此,在图5C-2中,主透镜552的图像平面558b位于图像传感器556的后面,而图5C-3中的图像平面558c位于图像传感器556的前面。图5C-3的布置允许物理配置更灵活。

[0185] 在一些实施例中,主透镜552是双凸透镜。在一些实施例中,主透镜552可以是平凸透镜。在一些实施例中,主透镜552可以是多折射透镜配置。在一些实施例中,PSOMMA 554可以用与微透镜阵列相邻的偏振相关超颖表面的组合来代替。微透镜阵列可以是双凸透镜阵列或平凸透镜阵列。可以使用图5C-1到图5C-3中公开的任何配置,其可以提供不同的益处,诸如更高的空间分辨率、更大的视角、更好的方向采样精度。

[0186] 图6A和图6B示出了根据本发明实施例的图像传感器上的示例偏振分布。图6A是在光已经穿过PSOMMA之后图像传感器上每个像素处的示例偏振态的俯视图。如图所示,每个小透镜604可将入射光的强度与四个分离的状态的偏振含量成比例地分成:右旋椭圆602a、垂直602b、对角线602c和左旋圆602d。具有独特状态的这四个像素可形成成像系统的超像素且可在整个图像传感器上重复N次。尽管示出了四个重复的偏振状态,但是PSOMMA可以用于指定在图像传感器上的像素中的每一个处的独特的偏振状态,并且其可以是两个、三个或更多个独特的偏振状态重复。有利地,光在到达图像传感器之前可以不被过滤(例如,吸收),并且PSOMMA不仅仅限于线性偏振状态。图6B示出了完全偏振的超像素,其中以粗线勾勒出各个小透镜604的定位。每个小透镜604可将入射光分成四个子像素,每个子像素具有不同的偏振态。

[0187] 图像传感器可以是CMOS传感器、飞行时间(ToF)传感器、间接飞行时间(iToF)传感器和/或RGB传感器。图像传感器的读出的时序和方法 and 帧速率可包含像素组合(binng)。例如,在 2×2 像素配置中,在没有偏振的情况下读出,然后在具有偏振的情况下读出,这可以提供有效的信息捕获。换句话说,在信号捕获和处理方面将偏振像素分组在一起。可以在不同的时间或者更频繁或更不频繁地采样不同的像素以用于成像或能量目的。对于iToF传感器,大多数像素可以是CMOS型,并且一些较小的百分比可以是iToF像素(例如,10%或20%);iToF可以是2D模式而没有偏振。一些配置可以具有关于传感器的稀疏概念(例如,相对于2D模式,仅一些像素是3D模式),这可以节省能量。

[0188] 在一些实施例中,衍射光学元件(DOE)可用于一些分光方面。例如,传统DOE可以应用于PSOMMA中的一些小透镜而不是超颖表面。

[0189] 包括微透镜阵列的示例偏振成像系统

[0190] 在一些实施例中,偏振成像系统可以包括两个分离的部件:折射微透镜阵列(MLA)

和PSOMMA。MLA可以平铺投影图像。图7示意性地示出了根据本发明实施例的包括与PSOMMA集成的MLA的示例偏振成像系统的功能的示例。偏振成像系统可以包括分离的折射MLA 704和PSOMMA 702。PSOMMA 702可以是偏振超颖光栅。在一些实施例中,折射MLA 704可以在与PSOMMA 702相同的层内实现。在一些实施例中,如图所示,MLA 704可以被实现为与PSOMMA 702分离的平面层。在一些实施例中,MLA 704可以是传统的折射MLA,因此偏振成像系统可以包括传统的折射MLA和PSOMMA 702。在一些实施例中,MLA 704可以与PSOMMA 702集成,使得超颖表面可以用于在单个衬底上制造包括MLA的层和包括PSOMMA的层。包括MLA 704的层可以包括超颖表面元件。

[0191] MLA 704可以相对于成像系统的图像平面进行调整,使得它以大于2的因子缩小入射光,使得在平铺时,分离的图像不重叠。平铺的例子在图6B中示出。较佳地,可以使PSOMMA 702尽可能接近MLA 704,或者在一些实施例中,可以包括将MLA 704和PSOMMA 702组合在单个层中。像素示意性地显示为相邻的方框。像素的有效区域可以小于这里示意性示出的区域,并且放大率可以大于2,以便仅照亮有效区域。

[0192] MLA 704包括焦距。距主像平面707的距离708可以大于MLA 704的焦距的两倍。在主图像平面707中的区域716到像素的成像可以与MLA 704的每个微透镜重叠。PSOMMA 702将光输出到包括像素栅格的图像传感器710中。从PSOMMA 702到图像传感器710的距离712可以小于MLA 704的焦距。示意性的光线轨迹714a在0F处示出,包括主(实线)和边缘(虚线)光线。1F处的示意性光线轨迹714b包括主(实线)和边缘(虚线)光线。

[0193] 图8A和图8B示出了根据本发明的各种实施例的各种偏移像素架构。代替瞄准衍射级以使衍射围绕非衍射图像对称,非衍射图像可以被选择作为衍射级之一(例如零级)。这些架构与图7的架构共享许多相同编号的特征,并且描述适用于这些架构。将不再详细重复该描述。

[0194] 如图8A所示,微透镜阵列的每个小透镜的中心可以直接对准po11光和po12光之间的零级光。零级光可能对重构的偏振的保真度具有负面影响。因此,使零级光穿过po11光和po12光之间的光传感器的中心可能是有利的。像素的有效区域(在入射光下产生电子电荷的光敏区域)可以小于微透镜间距除以其被分成的像素数量。来自PSOMMA的零级光可能不入射在像素的有效区域上,因为光传感器的下层像素阵列的有效区域可能偏离零级光入射的位置。零级光可以与衍射光重合。因为零级光是“不受控制的”,所以它不能有效地解析入射偏振并且不携带偏振信号。因此,零级光可以被认为是噪声。因此,通过将其引导到非光敏区域中,可以减轻噪声。

[0195] 在一些实施例中,零级光可以至少部分地在po11光和po12光之间传播。如果图像传感器的有效区域与零级光重叠,则一些零级光可以作为噪声在图像传感器的像素之间共享。

[0196] 在一些情况下,可能难以将零级光与图像传感器的像素阵列的非有效区对准。在这种情况下,可能更好的是,零级光被衍射到与光偏振中的一个相同的方向上。图8B示出了零阶光被在与po11光相同的方向上衍射到po12光一侧的偏移像素架构。目标像素可以相对于透镜中心偏移。仅有一个像素经历来自零级的噪声,这可以使得随后的偏振恢复更容易。零阶图像被示出为在垂直轴上偏移。数学上,图8A的小透镜可缩短鲍英卡勒(Poincare)球上的所有检偏器斯托克斯矢量,这可降低po11光和po12光的偏振度。而在图8B的小透镜中,

只有包括pol1光和零级光的矢量可以被缩短,而不是pol2光。

[0197] 图9A和图9B示出了根据本发明实施例的各种高保真像素架构。这些架构与图7和图8的架构共享许多相同编号的特征,并且该描述可应用于这些架构。将不再详细重复该描述。如图9A所示,零级光可以是非衍射的,并且因此穿过微透镜(例如小透镜)的中间。非衍射零级光可以成像到图像传感器上的单独像素上,其中没有衍射级被引导。在这种情况下,分析器斯托克斯矢量都不能被缩短,因此偏振度可能不会降低。零级光可能不会影响重建的偏振成像的保真度。此外,零级光可以是用于重构的强度图像的附加信号,而不是用于重构的偏振的噪声。零级光可以不具有优先偏振并且仅提供强度信息。在该结构中,进入零级的光量不需要被最小化,并且可以通过设计来优化以便增加总的光学效率。这种配置可以在效率与信噪比(SNR)和角分辨率之间进行折衷的应用中是有益的。图9B示出了具有单独的零级像素的示例超像素的实施方式与像素偏移相结合的各种顶部传感器视图。像素偏移是指下层像素阵列与微透镜阵列的空间平移。在一些实施例中,pol3可以等于pol1,pol4可以等于pol2。所示出的组合不是限制性的,并且可以预期子像素的定位的其它组合。

[0198] 图10A和图10B示出了根据本发明实施例的各种混合强度/偏振架构。这些架构与图7的架构共享许多相同编号的特征,并且描述适用于这些架构。将不再详细重复该描述。在这些架构中,PSOMMA 706可以不应用于MLA 704的所有小透镜,使得像素的子集可以直接由小透镜成像,而没有PSOMMA 706,而像素的另一子集由MLA 704的小透镜加上PSOMMA 706成像。这可以通过在PSOMMA 706中图案化透明窗口1002、或用PSOMMA 706选择性地图案化MLA 704的背面、或其它适于各种混合MLA-偏振超颖光栅构造的方法来实现。如上所述的偏移像素和高保真度架构可以进一步应用于包括PSOMMA 706的像素子集。这种混合配置可以有利益于平衡分辨率、光学效率、偏振保真度和图像传感器尺寸之间的权衡。这包括在接收非衍射光的像素和接收来自PSOMMA 706的衍射光的像素之间实施外推方案。

[0199] 图10A示出了混合强度/偏振架构,其中poln(例如pol1、pol2、pol3、pol4)是来自PSOMMA 706的衍射光的偏振态,而ln(例如l1、l2、l3)是没有穿过PSOMMA 706的光。MLA 704的小透镜被标记为M1、M2、……、Mn。如图所示,Po1n可以是至少2个不同的偏振。未穿过PSOMMA 706的光可以用于测量强度、飞行时间(ToF)、到目标的距离、深度、到焦点的深度、散焦和/或颜色,而由PSOMMA 706衍射的偏振分离光可以用于测量各种偏振度。图10B示出了各种示例混合强度/偏振子像素配置。粗线示出了像素,每个正方形表示子像素。Po1n可以包括2个或更多不同的偏振,0是离开PSOMMA 706的未衍射的零级像素,而In是没有穿过PSOMMA 706的光。有利地,捕获光的强度可以增加图像强度的分辨率而不增加传感器尺寸。捕获强度也可用作内插方案中的参考强度,以检索强度图像的某一分辨率,并管理来自零级光的噪声。当将一些子像素专用于捕获图像强度时,偏振图像的分辨率可能降低。

[0200] 图11A-图11C示出了根据本发明的各种实施例的包括MLA和PSOMMA的各种混合架构。在图11A中,衬底1102包括位于MLA 1106上方的PSOMMA 1104。MLA 1106直接位于图像传感器1108上方,其间具有空气间隙。PSOMMA 1104可以嵌入在衬底1102内的MLA 1106正上方的层中。主像平面1110可以位于衬底1102内。在一些实施例中,MLA 1106的不同微透镜可以具有不同的矢高(SAGs)和不同的焦距或非球面。在一些实施例中,MLA 1106可以被实现为超颖表面,其可以用于定制MLA 1106的各种属性。在一些实施例中,超颖表面透镜可以用于在MLA 1106之上定制非球面,或者用于减少来自MLA 1106的像差。

[0201] 在一些实施例中, MLA 1106可以包括跨图像具有不同焦点的可变焦距。MLA 1106可以包括光瞳的一部分被遮蔽的相位检测自动聚焦。MLA 1106可以具有从稀疏格式的开放窗口中的距散焦点的深度或其它自动聚焦,例如,使用每种颜色的不同MLA小透镜来分离不同焦点,用于自动聚焦计算。

[0202] 在图11B中,在MLA 1106位于与图像传感器1108相对的表面上的状态下, MLA 1106和PSOMMA 1104被集成到衬底1102中。主像平面1110可位于衬底1102上方。与图像传感器1108集成的MLA 1106通过将来自主图像平面1110的光引导到下面的图像传感器1108上来工作。主像平面1110可以由诸如光学系统透镜的光学部件形成。在一种配置中, MLA 1106获取主要图像平面1110并将其缩小,使得主要对象被成像到图像传感器1108内的像素的有效区域上。主像平面1110可以是由光学系统形成的像平面。主像平面1110可以与由图像传感器内的MLA 1106形成的像平面区分开。

[0203] 图11C的混合架构与图11B类似,然而MLA 1106a可以是平面MLA层,其可以实现与MLA层相同的光学作用。平面MLA层可以是包括超颖表面的MLA。包括MLA的偏振成像系统的其它例子结合图28A-图28C、图29A-图29C、图30A-图30C、图31A-图31B和图32A-图32C进行讨论。

[0204] PSOMMA的制造和与图像传感器集成的示例方法

[0205] 已经考虑了与图像传感器集成的PSOMMA的各种制造方法,下面描述了三种具体的方法。

[0206] 第一种方法是在图像传感器的顶部上直接制造PSOMMA。图12A-图12G示出了根据本发明实施例的直接制造方法的各个步骤。在图12A中,提供具有平坦化或基本平坦化表面的图像传感器晶片1202。图像传感器晶片1202可包含图像传感器。在图12B中,在图像传感器晶片1202的经平坦化表面上沉积间隔物层1204。间隔物层1204的厚度可以确定PSOMMA和图像传感器之间的距离。间隔物层1204可以包括介电材料(例如 SiO_2 、 Si_3N_4 等)、聚合物层或其它合适的层,其优选在图像传感器的工作波长下具有小于1.6的折射率。在图12C中,在间隔物层1204的顶部上沉积一个或一个以上附加层1206。在图12D中,一个或多个附加层1206被图案化和/或蚀刻以形成纳米级柱1206a。纳米级柱的示例在2018年5月22日提交的、题为“Atomic layer deposition process for fabricating dielectric metasurfaces for wavelengths in the visible spectrum”的美国专利申请公开号2018/0341090中公开,该专利通过引用整体并入本文以用于所有目的。可以使用光刻工艺来执行图案化和/或蚀刻。图案化和/或蚀刻可以包括湿法或干法蚀刻工艺。纳米级柱1206a可以是超颖面柱。在图12E中,纳米级柱1206a可以由包封层1208包封。在图12F中,可以平坦化包封层1208以形成与纳米级柱1206a齐平的层1210。在图12G中,可以在包封的纳米级柱1206a上沉积一个或多个顶层1212。

[0207] PSOMMA制造和集成的第二种方法是通过晶片接合方法将PSOMMA超颖表面接合到图像传感器。图13A-图13D示出了根据本发明实施例的晶片接合方法的各个步骤。在图13A中,提供具有平坦化或大部分平坦化表面的图像传感器晶片1302。在图13B中,在图像传感器晶片1302的平坦化表面上沉积间隔物层1304。间隔物层1304的厚度可以确定PSOMMA和图像传感器之间的距离。间隔物层1304可以包括介电材料(例如 SiO_2 、 Si_3N_4 等)、聚合物层或其它合适的层,其优选在图像传感器的工作波长下具有小于1.6的折射率。在图13C中,提供了

包括纳米级柱1308的第二晶片1306,该纳米级柱包括PSOMMA。可以使用诸如光刻和/或湿法或干法蚀刻的方法制造第二晶片1306上的纳米级柱1308。包括纳米级柱1308的所示第二晶片1306仅是示例性的,并且可以考虑其它配置。例如,在第二晶片1306和纳米级柱1308之间可以存在层。在衬底上制造的纳米级柱的示例在2018年8月31日提交的、题为“Transmissional MetaSurface Lens Integration”的美国专利申请公开号2019/0064532中公开,该专利的全部内容通过引用结合于此以用于所有目的。所公开的制造方法和衬底上纳米级柱的各种配置可以用于在第二分离晶片1306上产生纳米级柱1308。第二晶片1306可以包括硅、玻璃、聚合物和/或另一种合适的材料。第二晶片1306还可具有安置于前表面上的间隔物层,其替代第一晶片上的间隔物或作为图像传感器晶片1302上的间隔物的补充。

[0208] 在分别制造图像传感器晶片1302和第二晶片1306之后,可以使用晶片接合方法将两个晶片接合在一起。晶片接合方法可包括粘合剂接合、直接氧化物接合、共晶接合和/或热压接合。图13D示出了晶片接合方法之后的图像传感器晶片1302和第二晶片1306。晶片1302、1306可以彼此对准,使得各个超颖表面小透镜可以与图像传感器晶片1302上的图像传感器上的对应像素对准。小透镜相对于像素的对准公差可以是像素尺寸的一小部分(或等于像素尺寸)。在一些实施例中,小透镜与像素的对准公差可以小于像素大小的10%。在一些实施例中,第二晶片衬底1306可以是透明的。在一些实施例中,第二晶片衬底1306可以是透明材料,例如玻璃。在第二晶片衬底1306是透明的情况下,第二晶片衬底1306可以是最终集成设备的一部分。

[0209] 在一些实施例中,第二晶片1306可以是不透明的。不透明的第二晶片衬底的例子包括硅。第二晶片衬底1306可以使用包括研磨、抛光、湿法化学蚀刻和/或干法化学蚀刻的方法去除。在去除第二晶片衬底1306之后,将纳米级柱1308从第二晶片1306转移到图像传感器晶片1302。

[0210] PSOMMA制造和与图像传感器集成的第三种方法是管芯附着方法。管芯附着方法的步骤与上面参考图13A-图13C描述的晶片接合方法说明的步骤相同。在制造图像传感器晶片1302和第二晶片1306之后,可将第二晶片单个化成分离的管芯。然后,可以使用管芯到晶片接合工艺将分离的单个化管芯接合到图像传感器晶片1302。图14A示出了根据本发明实施例的接合到图像传感器晶片1302的多个第二晶片管芯1402。每一个别第二晶片管芯1402可与图像传感器晶片1302上的适当特征对准。小透镜与像素的对准公差可以是像素尺寸的一小部分或等于一个像素。在一些实施例中,小透镜与像素的对准公差可以小于像素尺寸的10%。在将个别管芯接合到图像传感器晶片1302之后,可将图像传感器晶片1302单个化成个别图像传感器管芯,从而产生完全集成的图像传感器-PSOMMA传感器。图14B示出了根据本发明实施例的在图像传感器晶片1302已经被单个化之后的图像传感器管芯1404。在一些实施例中,第二晶片管芯1402可以接合到先前形成的分离的图像传感器管芯,以形成集成的图像传感器-PSOMMA传感器。这些个别图像传感器管芯可通过在接合第二晶片管芯1402之前单个化较大图像传感器晶片1302来形成。

[0211] 图15示出了根据本发明实施例的示例制造的PSOMMA传感器1500。PSOMMA传感器1500包括CMOS图像传感器(CIS)晶片1502。PSOMMA传感器1500还包括透明衬底1504。透明衬底1504可以是玻璃。纳米柱1506位于透明衬底1504上。空气间隙1508位于纳米柱1506和CIS

晶片1502之间,使得纳米柱1506在空气间隙1508和透明衬底1504之间。空气间隙1508位于CIS晶片1502和透明衬底1504之间。空气间隙1508可以包括在 $6\mu\text{m}$ 和 $7\mu\text{m}$ 之间的厚度。空气间隙1508可以包括在 $3\mu\text{m}$ 和 $4\mu\text{m}$ 之间的厚度。PSOMMA传感器1500可以包括 $0.3\mu\text{m}$ 管芯到管芯或晶片到晶片的覆盖精度,该精度可以是集成期间的对准容差。超颖表面透镜将经分选的偏振光引导到目标图像传感器像素。因此,超颖表面透镜需要以亚像素水平的精度将超颖表面透镜与图像传感器匹配/对准。空气间隙1508可以用于保持在12"距离上分开小于 $6\mu\text{m}$ 的两个晶片之间的平面性。

[0212] 在一些示例中,可以在CIS晶片上制造间隔物层(下面在图16A-图16C中描述)。间隔物层也可以被制造在纳米柱1506上(下面在图18A-图18C中描述)。图20A和图20B示出了CIS晶片1602和纳米柱1506的对准工艺。

[0213] 图16A-图16C示出了根据本发明实施例的用于制造CIS晶片1502的示例方法。在图16A中,CIS晶片1602设置有间隔物层1604。CIS晶片1602可包括先前制造的图像传感器。次级晶片1608设置有粘合剂层1610。在图16B中,次级晶片1608接触CIS晶片1602,使得粘合剂层1610接触间隔物层1604。在图16C中,去除次级晶片1608,并且将粘合剂层1610转移到间隔物层1604的顶部上,使得粘合剂1610a仅驻留在间隔物层1604的顶部上,而不驻留在间隔物层1604之间的区域上。间隔物层1604可以是 $6\mu\text{m}$ 厚或更厚。CIS晶片1602的直径可以为12英寸。次级晶片1608的直径可为12英寸。通道1612可位于间隔物层1604的相邻部分之间。CIS晶片1602可以包括纳米柱。这种粘合剂转移工艺的示例在2000年9月29日提交的、题为“Simultaneous provision of controlled height bonding material at a wafer level and associated structures”的美国专利6,669,803中公开,该专利的全部内容通过引用整体结合于此以用于所有目的。

[0214] 图17示出了根据本发明实施例的CIS晶片1602的平面图。CIS晶片1602包括间隔物层1604。在间隔物层1604的每个单元的内部包括成像区域1702。

[0215] 图18A-图18C示出了根据本发明的实施例的用于制造纳米柱晶片的示例方法。在图18A中,纳米柱衬底1802包括多个纳米柱1804。在多个纳米柱1804下方提供了间隔物层1806,使得间隔物层1806在纳米柱衬底1802的相对侧上。次级晶片1808具有直接面对间隔物层1806的粘合剂层1810。在图18B中,次级晶片1808接触纳米柱衬底1802,使得粘合剂层1810接触间隔物层1806。在图18C中,去除次级晶片1808,并将粘合剂层1810转移至间隔物层1806的顶部上,使得粘合剂1810a仅存在于间隔物层1806的顶部上,而不存在于间隔物层1806之间的区域上。间隔物层1806可为 $6\mu\text{m}$ 宽。纳米柱衬底1802可以是12英寸直径。次级晶片1808的直径可以是12英寸。纳米柱衬底1802设置有间隔物层1806。次级晶片1808提供有一层粘合剂1810。这种粘合剂转移工艺的示例在2000年9月29日提交的、题为“Simultaneous provision of controlled height bonding material at a wafer level and associated structures”的美国专利6,669,803中公开,该专利的全部内容通过引用整体结合于此以用于所有目的。

[0216] 图19示出了根据本发明的实施例的纳米柱衬底1802的平面图。纳米柱衬底1802包括在栅格取向中的间隔物层1806。

[0217] 图20A和图20B示出了根据本发明实施例的制造PSOMMA传感器的示例方法。PSOMMA传感器包括将图18C的纳米柱衬底1802与图16C的CIS晶片1602组合。在图20A中,图18C的纳

米柱衬底1802和图16C的CIS晶片1602被定位为彼此接近。纳米柱衬底1802上的间隔物层1806和对应的粘合剂1810a具有宽度2002。通道1612在间隔物层1604的相邻部分之间。通道1612的宽度2004大于间隔物层1806的宽度2002。在一些示例中,通道1612的宽度2004可以比间隔物层1806的宽度2002大0.6 μm 。在图20B中,两个晶片1602和1802彼此接合,其中间隔物层1604、1806精确互锁以实现精确对准的接合。

[0218] 图21A和图21B示出了根据本发明的实施例的用于制造CIS晶片的工艺流程。在图21A中,提供包括接合焊盘2104的CIS晶片2102。在图21B中,在包括接合焊盘2104的CIS晶片2102上沉积介电层2106。介电层2106可以是 SiO_2 层。可以利用等离子体增强的原硅酸四乙酯(PETEOS)工艺来沉积介电层2106。介电层2106可以具有5.5 μm 的厚度。可以在介电层2106上利用平坦化工艺。平坦化工艺可以是化学机械抛光(CMP)工艺。

[0219] 图22A和图22B示出了根据本发明的实施例的用于制造纳米柱晶片的工艺流程。在图22A中,提供了包括纳米柱2204的纳米柱衬底2202。在图22B中,介电层2206被沉积在包括纳米柱2204的纳米柱衬底2202之上。介电层2206可以是 SiO_2 层。介电层2206可以利用等离子体增强的原硅酸四乙酯(PETEOS)工艺来沉积。介电层2206可以具有5.5 μm 的厚度。可以在介电层2206上利用平坦化工艺。平坦化工艺可以是化学机械抛光(CMP)工艺。

[0220] 图23A-图23H是根据本发明的实施例的利用使用图21A和图21B中描述的工艺制造的CIS晶片和使用图22A和图22B中描述的工艺制造的纳米柱晶片来制造成像传感器的制造工艺。在图23A中,纳米柱衬底2202被接合到CIS晶片2102,使得纳米柱2204通过组合的介电层2302与接合焊盘2104分离,该组合的介电层包括CIS晶片2102的介电层2106和纳米柱衬底2202的介电层2206。一些晶片对晶片接合机仅可处理具有不超过250 μm 翘曲的晶片。CIS晶片2102的介电层2106和利用原硅酸四乙酯(TEOS)工艺沉积在纳米柱2204上的介电层2206可能导致晶片弯曲,这将不允许晶片接合。有利地,CIS晶片2102的介电层2106和纳米柱2204上的介电层2206上的平坦化工艺提供了将CIS晶片2102的介电层2106和介电层21晶片接合到纳米柱2204上的介电层2206的能力。晶片接合工艺可以提供200nm的对准精度。

[0221] 在图23B中,纳米柱衬底2202被去除,从而在组合的介电层2302上留下纳米柱2204。纳米柱衬底2202可以通过研磨、蚀刻和/或平坦化(例如CMP)来去除。在图23C中,光致抗蚀剂层2304沉积到纳米柱2204上。光致抗蚀剂层可以被旋涂到纳米柱2204上。在图23D中,图案化光致抗蚀剂层2304,然后蚀刻组合的介电层2302,从而暴露接合焊盘2104。在图23E中,去除光致抗蚀剂层2304,并且可以在接合焊盘2104、组合的介电层2302的侧壁和纳米柱2204上沉积阻挡种子层2306。在一些实施例中,阻挡种子层2306可以省略。在图23F中,导电层2308沉积在阻挡种子层2306上。导电层2308可以是铜(Cu)层。导电层2308可以使用电化学电镀(ECP)工艺来沉积。在图23G中,导电层2308被平坦化到纳米柱2204。平坦化工艺可以是CMP工艺。在图23H中,执行板上芯片(COB)工艺。COB工艺可以是将传感器直接引线接合到印刷电路,该印刷电路可以是印刷电路板。印刷电路板可以是柔性的。

[0222] 图24A-图24C是根据本发明的实施例的利用使用图21A和图21B中描述的工艺制造的CIS晶片和使用图22A和图22B中描述的工艺制造的纳米柱晶片来制造成像传感器的制造工艺。图24A和图24B对应于图23A和图23B的步骤。图23A和图23B中的这些步骤的描述与图24A和图24B的步骤相关。在图24C中,执行硅通孔(TSV)工艺。代替引线接合到芯片的前表面上的接合焊盘,可从芯片/晶片的背侧形成孔以到达前侧上的接合焊盘,且接着可使用晶片

背侧上的焊料球直接从孔接合金属线以实现芯片级封装。在这种情况下,在前面可能没有开口的接合焊盘。

[0223] 图25A-图25H是根据本发明实施例的用于制造成像传感器的制造工艺。在图25A中,提供P型衬底2502。P型衬底2502可以用P型掺杂剂高度掺杂。在图25B中,纳米柱层2505可以形成在P型衬底2502上。纳米柱层2505包括嵌入的纳米柱2504。在图25C中,在纳米柱层2505的顶部上生长晶体层2506。晶体层2506可以是包括P型掺杂剂的P型层。可以利用外延生长来生长晶体层2506。

[0224] 在图25D中,执行P型掺杂工艺,其在晶体层2506上产生高P型掺杂层2508。P型掺杂工艺可以是注入工艺(例如离子注入工艺)。在图25E中,在高P型掺杂层2508的顶部上生长另一晶体层2510。可以利用外延生长来生长晶体层2510。在图25F中,CMOS层2512可以形成在晶体层2510上。CMOS层2512可以用典型CMOS工艺制成的前端电路。晶体层2510可以是CMOS层2512的基础层。在图25G中,器件被接合(例如,晶片接合)到载体晶片2514,其中CMOS层2512直接接触载体晶片。在图25H中,P型衬底2502被去除。P型衬底2502可以通过研磨、湿法化学蚀刻和/或干法化学蚀刻去除。

[0225] PSOMMA配置的各种示例

[0226] 图26示出根据本发明实施例的示例超颖表面微透镜阵列(MLA)的示例操作。这种设计考虑了角度随MLA位置的变化。从超颖表面MLA 2602进入的光包括来自成像光学器件的主光线角度(CRA) 2604或者可以在超颖表面MLA 2602的平面处变化的孔径。可以计算或测量该变化,以给出CRA 2604作为MLA上的角度和/或位置的函数,例如作为距MLA中心的距离。传统的折射MLA可能无法解决角度的这种变化。传统的折射MLA可以被设计成仅在光学上对于零度CRA工作良好或有效。而超颖表面MLA 2602的每个超颖表面小透镜针对特定照明区域(AOI)进行优化。在传统的折射MLA中,每个小透镜可包括非球面项或更复杂的相位函数。这种用于传统折射MLA的方法将包括多个折射透镜/棱镜,这将增加复杂性。因此超颖表面MLA允许包括使用传统折射MLA可能不容易获得的各种CRA 2604的解决方案。

[0227] 图27A示出了根据本发明实施例的用于四个偏振像素的示例像素布置。像素布置包括多个偏振像素的组2702,包括具有不同偏振的第一像素2702a、第二像素2702b、第三像素2702c和第四像素2702d。存在一个或多个垂直像素2704,它们把相邻的偏振像素的组2702分开。正常像素2704是非偏振和/或非分光像素,其基本上是空白的或简单地是光学提供能力的以用于聚焦或过滤。在一些实施例中,相邻的偏振像素的组2702之间的正常像素2704的数量可以多于或少于所示的数量。

[0228] 图27B示出了根据本发明实施例的用于两个偏振像素的示例像素布置。像素布置包括多个偏振像素的组2706,包括具有不同偏振的第一像素2706a和第二像素2706b。第一像素2706a和第二像素2706b可包括正交偏振。偏振像素的组2706可以不是相同的对。例如,偏振像素的组2706的一些对可以探测S1偏振,一些可以探测S2偏振,一些可以探测S3偏振。在一些实施例中,取决于透射偏振,诸如静态偏振照明或已知的偏振照明源,探测偏振可以与这样的—个或多个透射偏振源一致。存在一个或多个垂直像素2708,它们把相邻的偏振像素的组2706分开。在一些实施例中,相邻的偏振像素的组2706之间的正常像素2708的数量可以多于或少于所示出的数量。

[0229] 可以存在包括与每个像素相关联的不同微透镜的微透镜阵列(MLA)。正常像素

2704、2708的微透镜和用于偏振像素的组2702、2706内的偏振像素的微透镜可以具有相同的主图像平面。因为在图27A的四偏振像素布置和图27B的两偏振像素布置之间,偏振像素的组2702、2706内的偏振像素的孔径可以不同,所以对于图27A的四偏振像素布置和图27B的两偏振像素布置, f 数对于不同的微透镜阵列可以不同。在一些实施例中,MLA可以是超颖表面或折射透镜阵列。MLA功能可以对于偏振像素与对于常规像素不同地实施。在规则像素上可以有开放的、非偏振的、具有简单能力的或滤光的光学元件。MLA可以包括用于散焦的深度的多个不同焦距小透镜。

[0230] 图27C示出了根据本发明实施例的用于四个偏振像素的示例像素布置的示例。像素布置包括多个偏振像素的组2710,其包括具有不同偏振的第一像素2710a、第二像素2710b、第三像素2710c和第四像素2710d。存在将第一像素2710a、第二像素2710b、第三像素2710c和第四像素2710d分离的一个或多个正常像素2712。在一些实施例中,相邻偏振像素的组2702之间的正常像素2712的数量可以多于或少于所示的数量。偏振像素的组2710还可以由一个或多个正常像素2712分离。

[0231] 结合图27A-图27C描述的设计可用于如下所述的分选或过滤实施方式中。

[0232] 图28A是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的截面图。如图所示,成像设备包括微透镜2802,其将光2803引导到偏振分离超颖表面2804中。微透镜2802可以是微透镜阵列的一部分。偏振分离超颖表面2804将光2803分离成第一偏振光2806a和第二偏振光2806b。第一偏振光2806a和第二偏振光2806b可以具有正交偏振。包括第一区域2808a和第二区域2808b的图像传感器定位在偏振分离超颖表面2804下方。第一偏振光2806a被引导到第一区域2808a中,并且第二偏振光2806b被引导到第二区域2808b中。微透镜2802偏离第一区域2808a和第二区域2808b,使得微透镜2802的中心在第一区域2808a和第二区域2808b之间。

[0233] 每个微透镜2802可以覆盖第一区域2808a和第二区域2808b的至少一半,其间重叠超颖表面小透镜2804以将第一偏振光2806a衍射到第一方向上进入第一区域并且将第二偏振光2806b衍射到第二方向上进入第二区域。第一偏振光2806a可以是与第二偏振光2806b正交的偏振。

[0234] 图28B是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。该成像设备包括结合图28A描述的微透镜和偏振分离超颖表面。偏振分离超颖表面将光分为第一偏振光2810a、第二偏振光2810b、第三偏振光2810c和第四偏振光2810d。该成像设备包括图像传感器,该图像传感器包括第一区域2812a、第二区域2812b、第三区域2812c和第四区域2812d。第一偏振光2810a被引导到第一区域2812a中,第二偏振光2810b被引导到第二区域2812b中,第三偏振光2810c被引导到第三区域2812c中,并且第四偏振光2810d被引导到第四区域2812d中。

[0235] 图28C是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。成像设备包括第一偏振分光部分2814a、第二偏振分光部分2814b和第三偏振分光部分2814c,它们各自的结构类似于结合图28A描述的成像设备。如图所示,在第一偏振分光部分2814a、第二偏振分光部分2814b和第三偏振分光部分2814c中的每一个中,对光进行分光,使得不同的偏振被分到不同的方向。第一偏振分光部分2814a、第二偏振分光部分2814b和第三偏振分光部分2814c中的每一个可在不同的偏振上操作。例如,第一偏振分光部分2814a可将光分成

第一偏振和第二偏振,而第二偏振分光部分2814b可将光分成第三偏振和第四偏振。

[0236] 图29A是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的截面图。如图所示,成像设备包括微透镜2902a、2902b的阵列,其将光2903引导到偏振分离超颖表面2904中。偏振分离超颖表面2904将光2903分离成第一偏振光2906a和第二偏振光2906b。第一偏振光2906a和第二偏振光2906b可以具有正交偏振。包括第一区域2908a和第二区域2908b的图像传感器位于偏振分离超颖表面2904下方。第一偏振光2906a被引导到第一区域2908a中,并且第二偏振光2906b被引导到第二区域2908b中。来自多个金属透镜2902a、2902b的光可以在偏振分离超颖表面2904的不同部分中被分离,使得第一偏振光2906a被引导到第一区域2908a中,并且第二偏振光2906b被引导到第二区域2908b中。如图所示,在偏振分离超颖表面2904的一些部分中,第一偏振光2906a可以是穿过偏振分离超颖表面2904的零级光,并且第二偏振光2906b可以是被重定向到不同方向的衍射光。在偏振分离超颖表面2904的其他部分中,第二偏振光2906b可以是穿过偏振分离超颖表面2904的零级光,并且第一偏振光2906a可以是被重定向到不同方向的衍射光。一个微透镜2902a以第一区域2908a为中心。一个微透镜2902b以第二区域2908b为中心。

[0237] 图29B是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。该成像设备包括结合图29A描述的微透镜和偏振分离超颖表面。然而,偏振分离超颖表面将光分离为第一偏振光2910a、第二偏振光2910b、第三偏振光2910c和第四偏振光2910d(垂直方向)。如图所示,偏振分离超颖表面将每个偏振光分离到不同的方向,其中第四偏振光2910d是穿过偏振分离超颖表面2904的零级光。成像设备包括图像传感器,该图像传感器包括第一区域2912a、第二区域2912b、第三区域2912c和第四区域2912d。偏振分离超颖表面的不同部分分离光,使得所有的第一偏振光2910a进入第一区域2912a,第二偏振光2910b进入第二区域2912b,第三偏振光2910c进入第三区域2912c,并且第四偏振光2910d进入第四区域2912d。

[0238] 图29C是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。该成像设备包括第一偏振分光部分2914a、第二偏振分光部分2914b和第三偏振分光部分2914c,它们每个都与结合图29A描述的成像设备类似地构造。如图所示,在第一偏振分光部分2914a、第二偏振分光部分2914b以及第三偏振分光部分2914c中的每一个中,光被分离,使得不同的偏振被分到不同的方向。第一偏振分光部分2914a、第二偏振分光部分2914b和第三偏振分光部分2914c中的每一个可以以不同的偏振操作。例如,第一偏振分光部分2914a可将光分成第一偏振和第二偏振,而第二偏振分光部分2914b可将光分成第三偏振和第四偏振。

[0239] 图30A示出了根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的截面图。该设备的功能类似于结合图28A所述的设备。如所图示的,成像设备包括微透镜3002a、3002b、3002c的阵列,其将光3003引导到偏振分离超颖表面3004中。偏振分离超颖表面3004将光3003分离成第一偏振光3006a和第二偏振光3006b。第一偏振光3006a和第二偏振光3006b可以具有正交偏振。包括第一区域3008a、第二区域3008b、第三区域3008c和第四区域3008d的图像传感器位于偏振分离超颖表面3004下方。第一偏振光3006a被引导到第一区域3008a中,而第二偏振光3006b被引导到第二区域3008b中。偏振分离超颖表面3004的相邻部分具有相反定向的分离能力,使得来自偏振分离超颖表面3004的相邻部分的第二偏振光3006b被引导到第二区域3008b中。偏振分离超颖表面3004继续重复,使得第一偏振光3006a被引导到第三区域3008c中,并且第二偏振光3006b被引导到第四区域3008d中。一个微透镜

3002a从第一区域3008a和第二区域3008b偏移,使得微透镜3002a的中心位于第一区域3008a与第二区域3008b之间。一个微透镜3002b从第二区域3008b和第三区域3008c偏移,使得微透镜3002b的中心位于第二区域3008b与第三区域3008c之间。一个微透镜3002c从第三区域3008c和第四区域3008d偏移,使得微透镜3002的中心位于第三区域3008c与第四区域3008d之间。

[0240] 图30B示出了根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。该成像设备包括结合图30A描述的微透镜和偏振分离超颖表面。然而,偏振分离超颖表面将光分为第一偏振光3010a、第二偏振光3010b、第三偏振光3010c和第四偏振光3010d。该成像设备包括图像传感器,该图像传感器包括第一区域3012a、第二区域3012b、第三区域3012c和第四区域3012d。第一偏振光3010a被引导到第一区域3012a中,第二偏振光3010b被引导到第二区域3012b中,第三偏振光3010c被引导到第三区域3012c中,并且第四偏振光3010d被引导到第四区域3012d中。

[0241] 图30C是根据本发明实施例的包括偏振分光能力的成像设备的平面图。该成像设备包括第一偏振分光部分3014a、第二偏振分光部分3014b和第三偏振分光部分3014c,它们每个都与结合图30A描述的成像设备类似地构成。如图所示,在第一偏振分光部分3014a、第二偏振分光部分3014b和第三偏振分光部分3014c的每一个中,分光使得不同的偏振被分到不同的方向。第一偏振分光部分3014a、第二偏振分光部分3014b和第三偏振分光部分3014c中的每一个可在不同偏振上操作。例如,第一偏振分光部分3014a可将光分成第一偏振和第二偏振,而第二偏振分光部分3014b可将光分成第三偏振和第四偏振。

[0242] 图31A示出了根据本发明实施例的包括偏振过滤能力的成像设备的截面图。如图所示,成像设备包括微透镜阵列3102a、3102b,其将光3103引导到偏振过滤超颖表面3104中。偏振过滤超颖表面3104的一部分被配置为透射第一偏振光3106a。偏振过滤超颖表面3104的一部分被配置为透射第二偏振光3106b。包括第一区域3108a和第二区域3108b的图像传感器位于偏振分离超颖表面3104下方。第一偏振光3106a被引导到第一区域3108a,第二偏振光3106b被引导到第二区域3108b。一个微透镜3102a与第一区域3108a对准,并且一个微透镜3102b与第二区域3108b对准。

[0243] 图31B示出了根据本发明实施例的包括偏振过滤能力的成像设备的平面图。该成像设备包括结合图30A描述的微透镜和偏振过滤超颖表面。然而,偏振过滤超颖表面的不同部分将光分成第一偏振光3110a、第二偏振光3110b、第三偏振光3110c和第四偏振光3110d。成像设备包括图像传感器,该图像传感器包括第一区域3112a、第二区域3112b、第三区域3112c和第四区域3112d。第一偏振光3110a被引导到第一区域3112a中,第二偏振光3110b被引导到第二区域3112b中,第三偏振光3110c被引导到第三区域3112c中,并且第四偏振光3110d被引导到第四区域3112d中。

[0244] 图32A示出了根据本发明实施例的包括偏振过滤能力的成像设备的截面图。成像设备与结合图31A描述的成像设备共享许多特征。该成像设备包括微透镜3202a、3202b的阵列,其将光3203引导到偏振过滤超颖表面中。偏振过滤超颖表面包括透射第一偏振光的第一区域3204a和透射第二偏振光的第二区域3204b。第一区域3204a过滤光3203中除第一偏振光之外的所有偏振,而第二区域3204b过滤光3203中除第二偏振光之外的所有偏振。在偏振过滤超颖表面下方是包括第一像素3206a和第二像素3206b的图像传感器。第一区域

3204a对应于第一像素3206a,从而第一偏振的光被第一像素3206a检测到,而第二区域3204b对应于第二像素3206b,从而第二偏振的光被第二像素3206b检测到。

[0245] 图32B示出了根据本发明实施例的包括偏振分选能力的成像设备的截面图。成像设备与结合图28A描述的成像设备共享许多特征。成像设备包括微透镜阵列3208,其将光引导到偏振分选超颖表面3210中。偏振分选超颖表面3210将光分选为第一偏振光和第二偏振光。偏振分选超颖表面通过后焦距3214与光传感器分离。后焦距可以是10 μm 。光传感器包括被配置为检测第一偏振光的第一像素3212a和被配置为检测第二偏振光的第二像素3212b。

[0246] 图32C示出了根据本发明实施例的包括偏振分选能力的成像设备的截面图。成像设备与结合图30A描述的成像设备共享许多特征。成像设备包括微透镜阵列3216a、3216b,其将光引导到偏振分选超颖表面中。偏振分选超颖表面包括被配置为将第一偏振光分选到第一方向上和将第二偏振光分选到第二方向上的第一区域3218a以及被配置为将第二偏振光分选到第一方向上和将第一偏振光分选到第二方向上的第二区域3218b。图像传感器被配置为从偏振分选超颖表面接收光。图像传感器包括被配置为接收来自第一区域3218a的第一偏振光的第一像素3220a、被配置为接收来自第一区域3218a和第二区域3218b的第二偏振光的第二像素3220b、以及被配置为接收来自第二区域3218b的第一偏振光的第三像素3220c。如图30A所示,可以存在更多的微透镜和与图32C所示的偏振分选超颖表面的区域相邻的偏振分选超颖表面的区域。对于图像传感器的每个像素可以有一个微透镜。后焦距3222可以比图32B的图像传感器的后焦距3214短。例如,与10 μm 的后焦距3214相比,后焦距3222可以是5 μm 。

[0247] 图33A示出了根据本发明实施例的示例偏振过滤纳米光栅的平面图。在一些实施例中,偏振过滤纳米光栅可以散布有结合图31A-图31B和图32A描述的偏振过滤超颖表面。偏振过滤纳米光栅包括与图像传感器的不同像素相对应的不同区域3302a、3302b、3302c、3302d。纳米光栅具有一些优点,即更容易制造和角度敏感性更小,这可以使在成像传感器上包括PSOMMA和纳米光栅的成像设备更有利。在一些实施例中,用于偏振像素的微透镜阵列功能可以被实现为一个或多个超颖光栅,并且微透镜阵列功能可以被实现为用于正常像素的一个或多个折射透镜。

[0248] 图33B示出了根据本发明的实施例的示例偏振分选超颖表面的平面图。偏振分选超颖表面可以用作结合图28A-图28C、图29A-图29C、图30A-图30C、图32B和图32C描述的偏振分选超颖表面。偏振过滤超颖表面包括与图像传感器的不同像素相对应的不同区域3304a、3304b、3304c、3304d。

[0249] 图34A示出了根据本发明的实施例的示例线偏振分选超颖表面的示意性平面图。该线性偏振分选超颖表面可以被用在结合图28A-图28C、图29A-图29C、图30A-图30C、图32B和图32C描述的偏振分选超颖表面中。偏振分选超颖表面在不同方向上衍射不同线性偏振。在一些实施例中,不同的线偏振可以是不同的正交线偏振。如所示出的,线性偏振分选超颖表面包括各种超颖表面元件3402。超颖表面元件3402可以具有不同的尺寸(例如,高度和/或宽度)。超颖表面元件3402可以具有相同的取向。超颖表面元件可以以相同的角度倾斜。

[0250] 图34B示出了根据本发明的实施例的示例圆偏振分选超颖表面的示意性平面图。该圆偏振分选超颖表面可以用于结合图28A-图28C、图29A-图29C、图30A-图30C、图32B和图32C描述的偏振分选超颖表面中。圆偏振分选超颖表面在不同方向上衍射不同圆偏振。在一

些实施例中,不同的圆偏振可以是不同的相反的圆偏振。在一些实施例中,偏振分选超颖表面可以在不同方向上对不同椭圆偏振进行分选。圆偏振分选超颖表面包括各种超颖表面元件3404。超颖表面元件3404可以具有相同的尺寸(例如,高度和/或宽度)。超颖表面元件可以具有相对于水平轴和/或垂直轴的不同倾斜角。

[0251] 图34C示出了根据本发明的实施例的任意偏振分选超颖表面的示意性平面图。该任意偏振分选超颖表面可以用在结合图28A-图28C、图29A-图29C、图30A-图30C、图32B和图32C描述的偏振分选超颖表面中。任意偏振分选超颖表面在不同方向上衍射不同的任意偏振。在一些实施例中,不同的偏振可以是不同的正交或相反的偏振。任意偏振可以是椭圆、圆或线性的。线性偏振可以是垂直的和水平的。线性或椭圆偏振可以是倾斜的。圆偏振可以是右旋和左旋。椭圆偏振可以是右旋和左旋。任意偏振分选超颖表面包括各种超颖表面元件3406。超颖表面元件3406可以具有相同的尺寸(例如,高度和/或宽度)。超颖表面元件3406可以具有相对于水平轴和/或垂直轴的不同倾斜角。

[0252] 图35A示出了根据本发明实施例的稀疏分布的PSOMMA传感器的截面图。偏振分离超颖表面3504稀疏地分布在晶片3502上。晶片3502的剩余区域可以是未图案化的或者仅利用MLA或超颖表面MLA来图案化而没有偏振分选。晶片3502可以是透明玻璃。在一些实施例中,晶片3502的剩余区域可以用不对偏振进行分光的超颖表面MLA来图案化。这种超颖表面MLA从头到尾可以具有重复的相同小透镜,或者其可以包括具有不同焦距的小透镜,其可以用于自动聚焦或距离和深度测量和/或计算。一个或多个不同的过滤器可以应用于小透镜中的一些或全部。稀疏配置可以是不对称的、不规则的或在整个传感器空间上变化的。特别地,可以使用中心的较稀疏的配置,或者可以使用较密集的中心配置,例如以更好地捕获面部点或者可能在一位置以更好地捕获眼睛图像。而且,不同的偏振方面可以用于不同的区域(例如,可能在边缘处的线性偏振和在中心处的圆偏振)。

[0253] 图35B示出了根据本发明实施例的稀疏分布的PSOMMA传感器的截面图。包括偏振分离超颖表面3504的PSOMMA晶片3502集成在图像传感器3506上。图像传感器3506位于偏振分离超颖表面3504下方。图像传感器3506可以包括R、G、B图像传感器,具有对应于它们相应的颜色传感器的R、G、B滤光器。图像传感器3506具有一些区域,该区域中的RGB过滤器被去除,使得其在该区域中为单色,然后PSOMMA晶片3502将光分割到该单色区域的像素。

[0254] 图像传感器3506可以包括滤色器,该滤色器可以是空白的、单色的或在从偏振分离超颖表面3504接收偏振光的部分上通过近红外光。在一些实施例中,来自稀疏PSOMMA像素的颜色可以从相邻像素内插。在该图中,在一部分像素上存在拜耳(Bayer)图案,并且存在作为偏振测定(PSOMMA)像素的像素子集。当重建图像时,对于表面上在PSOMMA像素下面的像素,即使PSOMMA像素不直接捕获颜色,也可以通过使用邻近的RGB像素作为PSOMMA像素处的颜色值而以全色重建图像。

[0255] 在稀疏格式中,开放窗口或像素可以仅用于强度测量和/或距散焦的深度。替代地,稀疏超颖表面3504可以具有用于每个像素的超颖表面,但是仅一些是基于偏振的超颖表面像素,并且其他超颖表面具有其他属性,诸如聚焦和偏转。在一些情况下,各种不同的光焦度小透镜可以与光斑尺寸差异一起使用以确定距离——例如,不同焦距的透镜,使得像点被比较以找到焦点最集中的光斑,用于确定距离或其他特征,这被称为相位检测自动聚焦(PDAF)。

[0256] 图36A示出了根据本发明实施例的示例PSOMMA传感器。PSOMMA 3602位于滤色器3604下方。PSOMMA 3602的每个PSOMMA小透镜在顶部具有滤色器3604的区域。PSOMMA小透镜针对滤色器3604的其对应区域的颜色进行优化。如上所述,PSOMMA 3602将光引导到图像传感器3606的不同区域。可针对图像传感器3606的不同像素区分不同图像方面。

[0257] 图36B示出了根据本发明实施例的示例PSOMMA传感器。PSOMMA 3654位于整个盖玻璃3652中。PSOMMA 3654可被定位成使得盖玻璃3652的某些区域具有PSOMMA小透镜并且大多数区域允许光透过裸露的盖玻璃。PSOMMA 3654将光引导到图像传感器3658的特定颜色。例如,PSOMMA 3654可以将光引导到图像传感器3658的绿色像素中。在以上整个公开中描述了PSOMMA 3654的操作。图像传感器3658可包括RGB传感器像素,其可具有内置过滤器或可具有添加的单独滤色器3656。图像传感器3658可以是利用RGB传感器颜色的基本RGB传感器。然后,不包括PSOMMA 3654的盖玻璃3652的部分可以仅仅让光通过以在图像传感器3658中被正常捕获。

[0258] 尽管仅详细描述了本发明的几个实施例,但是应当理解,在不脱离本发明的精神或范围的情况下,可以以许多其它形式来实现本发明。例如,考虑了诸如下面列举的实施例:

[0259] 条款1、一种偏振成像设备,包括:包括多个超颖表面小透镜的超颖表面小透镜阵列,其中所述多个超颖表面小透镜包括多个第一超颖表面小透镜,所述多个第一超颖表面小透镜被配置为将图像光以与第一偏振光成比例的强度衍射到第一方向上并且以与第二偏振成比例的强度衍射到第二方向上;以及图像传感器,位于第一偏振和第二偏振的光路中,并且其中图像传感器包括多个图像感测单元,所述多个图像感测单元包括被定位为感测第一偏振的第一图像感测单元和被定位为感测第二偏振的第二图像感测单元。

[0260] 条款2、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,所述多个图像感测单元是图像传感器的不同像素和/或不同区域。

[0261] 条款3、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,所述多个图像感测单元是多个图像传感器的不同像素和/或不同区域。

[0262] 条款4、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,所述多个超颖表面小透镜还包括多个第二超颖表面小透镜,所述多个第二超颖表面小透镜散布在第一超颖表面小透镜之间并且被配置为将图像光以与第三偏振成比例的强度衍射到第三方向上并且以与第四偏振成比例的强度衍射到第四方向上,并且其中,所述多个图像感测单元还包括被定位为感测第三偏振的第三图像感测单元和被定位为感测第四偏振的第四图像感测单元。

[0263] 条款5、根据条款4所述的偏振成像设备,其中,第一偏振和第三偏振是相同的偏振,并且其中第二偏振和第四偏振光是相同的偏振。

[0264] 条款6、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,第一超颖表面小透镜还被配置为将图像光以与第三偏振成比例的强度衍射到第三方向上并且以与第四偏振成比例的强度衍射到第四方向上,并且其中,所述多个图像感测单元还包括被定位为感测第三偏振的第三图像感测单元和被定位为感测第四偏振的第四图像感测单元。

[0265] 条款7、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,第一超颖表面小透镜还被配置为传递在第三方向上的零级光。

[0266] 条款8、根据条款7所述的偏振成像设备,其中,第三方向不同于第一方向和第二方

向。

[0267] 条款9、根据条款8所述的偏振成像设备,其中,所述多个图像感测单元还包括被配置为感测零级光的第三图像感测单元。

[0268] 条款10、根据条款7所述的偏振成像设备,其中,第三方向与第一方向相同。

[0269] 条款11、根据条款1所述的偏振成像设备,还包括一个或多个折射透镜,其中,超颖表面小透镜阵列被定位在折射透镜与图像传感器之间。

[0270] 条款12、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,第一偏振和第二偏振是不同的偏振,并且其中,第一偏振和第二偏振选自由以下各项组成的组:线性偏振光、对角偏振光、椭圆偏振光和圆偏振光。

[0271] 条款13、根据条款1所述的偏振成像设备,还包括微透镜阵列,并且其中,超颖表面小透镜阵列包括偏振超颖表面。

[0272] 条款14、根据条款13所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列被配置为将图像光分离到不同像素并且偏振超颖表面被配置为将第一偏振衍射到第一方向上和将第二偏振光衍射到第二方向上。

[0273] 条款15、根据条款14所述的偏振成像设备,其中,偏振超颖表面与微透镜阵列中的微透镜重叠,并且其中,微透镜阵列中不与偏振超颖表面重叠的微透镜将非衍射光传递到图像传感器,其中,图像传感器被配置为感测非衍射光以测量非衍射光的强度。

[0274] 条款16、根据条款13所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列是平面微透镜阵列层。

[0275] 条款17、根据条款13所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列和偏振超颖表面被定位在单个衬底上。

[0276] 条款18、根据条款17所述的偏振成像设备,其中,主图像平面被配置在与图像传感器相对的单个衬底的表面上方。

[0277] 条款19、根据条款17所述的偏振成像设备,其中,主图像平面被配置在单个衬底内。

[0278] 条款20、根据条款13所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列包括超颖表面元件。

[0279] 条款21、根据条款20所述的偏振成像设备,其中,超颖表面元件被配置为接受跨偏振成像设备的成像光瞳的变化的主光线角度并且将穿过每个微透镜的光准直。

[0280] 条款22、根据条款20所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列的超颖表面元件被配置为提供折射微透镜效果。

[0281] 条款23、根据条款13所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列包括传统的折射微透镜阵列。

[0282] 条款24、根据条款13所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列包括至少一个传统折射微透镜和至少一个超颖表面元件的组合。

[0283] 条款25、根据条款1所述的偏振成像设备,还包括定位在超颖表面小透镜阵列上方或下方的滤色器。

[0284] 条款26、根据条款25所述的偏振成像设备,其中,滤色器被定位在超颖表面小透镜阵列上方并且将光过滤成不同颜色,所述不同颜色中的每个颜色对应于所述多个第一超颖表面小透镜中的不同超颖表面小透镜,并且其中,超颖表面小透镜接收来自滤色器的经滤

色的光。

[0285] 条款27、根据条款25所述的偏振成像设备,其中,滤色器被定位在超颖表面小透镜阵列下方并且过滤衍射的第一偏振光和第二偏振光。

[0286] 条款28、根据条款27所述的偏振成像设备,其中,滤色器包括过滤不同波长的光的不同区域。

[0287] 条款29、根据条款28所述的偏振成像设备,其中,所述多个第一超颖表面小透镜在盖衬底上间隔开。

[0288] 条款30、根据条款29所述的偏振成像设备,其中,间隔开的第一超颖表面小透镜被配置为将光输出到滤色器的输出相同颜色的光的区域上。

[0289] 条款31、根据条款30所述的偏振成像设备,其中,间隔开的第一超颖表面小透镜将光输出到输出绿光的滤色器的区域上,并且输出绿光的滤色器的区域之间的间隙输出红光或蓝光。

[0290] 条款32、根据条款27所述的偏振成像设备,其中,滤色器包括输出红光、绿光或蓝光的不同区域和输出单色或近红外光的区域,其中,所述多个第一超颖表面小透镜在盖衬底上间隔开,并且间隔开的第一超颖表面小透镜将光输出到滤色器的输出单色或近红外光的区域上。

[0291] 条款33、根据条款1所述的偏振成像设备,还包括微透镜阵列,该微透镜阵列包括将准直光输出到超颖表面小透镜阵列中的多个分离的微透镜。

[0292] 条款34、根据条款33所述的偏振成像设备,其中,所述多个分离的微透镜被定位在相邻的图像感测单元之间,使得来自所述多个分离的微透镜的光被所述多个第一超颖表面小透镜在相反的倾斜方向上衍射到相邻的图像感测单元中。

[0293] 条款35、根据条款34所述的偏振成像设备,其中,所述多个重复的超颖表面小透镜还包括多个第二超颖表面小透镜,所述多个第二超颖表面小透镜被配置为将第一偏振衍射到第二方向上并且将第二偏振衍射到第一方向上,并且其中,第一图像感测单元还被定位成感测从所述多个第二超颖表面小透镜衍射的第一偏振。

[0294] 条款36、根据条款33所述的偏振成像设备,其中,所述多个分离的微透镜各自以所述多个第一超颖表面小透镜中的一个为中心,使得第一偏振透射通过所述多个第一超颖表面小透镜中的所述一个到达第一图像感测单元上,并且其中,第二偏振被衍射到第二方向上到达第二图像感测单元上。

[0295] 条款37、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,第一偏振和第二偏振是正交线性偏振、圆偏振、椭圆偏振或任意偏振。

[0296] 条款38、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,所述多个第一超颖表面小透镜用相邻的第一超颖表面小透镜之间的非衍射部分间隔开。

[0297] 条款39、根据条款38所述的偏振成像设备,其中,所述多个超颖表面小透镜、被配置为感测第一偏振和第二偏振的所述多个图像感测单元被定位在被配置为感测红光、绿光或蓝光的图像传感器的图像感测单元之间。

[0298] 条款40、根据条款39所述的偏振成像设备,其中,所述多个第一超颖表面小透镜被配置为将光衍射到被配置为感测第一偏振和第二偏振的所述多个图像感测单元以及被配置为感测红光、绿光或蓝光的图像感测单元中。

[0299] 条款41、根据条款39所述的偏振成像设备,其中,被配置为感测第一偏振和第二偏振的所述多个图像感测单元还被配置为感测单色或近红外光。

[0300] 条款42、根据条款1所述的偏振成像设备,其中,图像传感器是互补金属氧化物半导体(CMOS)图像传感器、电荷耦合器件传感器、硅二极管传感器、硫化镉传感器二极管、RGB传感器、间接飞行时间(iToF)传感器、直接飞行时间(dToF)传感器。

[0301] 条款43、一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供图像传感器晶片;在成像传感器晶片上方沉积间隔物层;在间隔物层上沉积超颖表面层;以及图案化超颖表面层以在间隔物层上形成分离的超颖表面。

[0302] 条款44、根据条款43所述的方法,还包括将封装层直接沉积在分离的超颖表面上。

[0303] 条款45、根据条款44所述的方法,还包括使封装层平坦化,使得封装层与单独超颖表面处于相同的水平。

[0304] 条款46、根据条款44所述的方法,还包括在封装层和/或单独超颖表面上形成一个或多个顶层。

[0305] 条款47、一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供图像传感器晶片;提供包含单独超颖表面的超颖表面衬底;以及在图像传感器晶片和/或超颖表面衬底上的各个超颖表面上沉积间隔物层。

[0306] 条款48、根据条款47所述的方法,还包括将超颖表面衬底接合到图像传感器晶片。

[0307] 条款49、根据条款48所述的方法,其中,超颖表面衬底包括透明衬底。

[0308] 条款50、根据条款48所述的方法,还包括去除超颖表面衬底,使得分离的超颖表面保持附接在图像传感器晶片上。

[0309] 条款51、根据条款50所述的方法,其中去除超颖表面衬底包括研磨、湿化学蚀刻和/或干化学蚀刻超颖表面衬底。

[0310] 条款52、根据条款47所述的方法,还包括将超颖表面衬底单个化成分离的超颖表面管芯,将超颖表面管芯中的至少一个接合在图像传感器晶片上,以及将图像传感器晶片单个化成各自具有接合的超颖表面管芯的图像传感器管芯。

[0311] 条款53、一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供CMOS图像传感器(CIS)晶片;将第一多个间隔物定位在CIS晶片上;提供第一载体晶片;将第一粘合剂层定位在第一载体晶片上;使所述第一多个间隔物与第一粘合剂层接触,使得粘合剂被涂布到所述第一多个间隔物的顶部;提供具有多个纳米柱的纳米柱衬底;将第二多个间隔物定位在纳米柱衬底上;提供第二载体晶片;将第二粘合剂层定位在第二载体晶片上;使所述第二多个间隔物与第二粘合剂层接触,使得粘合剂被涂布到所述第二多个间隔物的顶部;以及同时使所述第二多个间隔物上的粘合剂与CIS晶片接触,以及使所述第一多个间隔物上的粘合剂与纳米柱衬底接触,以将CIS晶片和纳米柱衬底粘合在一起。

[0312] 条款54、根据条款53所述的方法,其中,在使所述第一多个间隔物与第一粘合剂层接触,使得粘合剂被涂布到所述第一多个间隔物的顶部之后,粘合剂仅存在于所述第一多个间隔物的顶部上而不存在于所述第一多个间隔物之间的区域上。

[0313] 条款55、根据条款53所述的方法,其中,在使第二多个间隔物与第二粘合剂层接触,使得粘合剂涂布到第二多个间隔物的顶部之后,粘合剂仅存在于所述第二多个间隔物的顶部上而不存在于所述第二多个间隔物之间的区域上。

[0314] 条款56、根据条款53所述的方法,其中,所述第一多个间隔物包括形成通道的成对间隔物,通道的尺寸被设计为容纳所述第二多个间隔物中的间隔物。

[0315] 条款57、根据条款56所述的方法,其中,所述第一多个间隔物和所述第二多个间隔物彼此互锁,使得所述第二多个间隔物中的一个定位在由一对间隔物的通道中的一个内。

[0316] 条款58、根据条款53所述的方法,其中,所述第一多个间隔物在CIS晶片上形成多个矩形形状。

[0317] 条款59、根据条款58所述的方法,其中,矩形形状的内部形成成像区域。

[0318] 条款60、根据条款53所述的方法,其中,所述第二多个间隔物在纳米柱衬底上形成网格图案。

[0319] 条款61、根据条款53所述的方法,其中,所述第一多个间隔物和所述第二多个间隔物在所述多个纳米柱和CIS晶片之间形成空气间隙。

[0320] 条款62、一种制造偏振成像设备的方法,所述方法包括:提供具有接合焊盘的CMOS图像传感器(CIS)晶片;在CIS晶片和接合焊盘上沉积第一介电层;使第一介电层平坦化;提供具有多个纳米柱的纳米柱衬底;在所述多个纳米柱上沉积第二介电层;使第二介电层平坦化;使第一介电层与第二介电层接触,使得它们接合在一起以形成组合介电层;去除纳米柱衬底以暴露所述多个纳米柱;部分蚀刻该组合介电层以暴露该接合焊盘;以及形成一导电层,该导电层通过该组合介电层电性连接至该接合焊盘。

[0321] 条款63、根据条款62所述的方法,其中,第一介电层和第二介电层是二氧化硅层。

[0322] 条款64、根据条款62所述的方法,其中,沉积第一介电层和第二介电层通过原硅酸四乙酯(TEOS)工艺执行。

[0323] 条款65、根据条款64所述的方法,其中,TEOS工艺是等离子体增强TEOS(PETEOS)工艺。

[0324] 条款66、根据条款62所述的方法,其中,使第一介电层和第二介电层平坦化通过化学机械抛光(CMP)工艺执行。

[0325] 条款67、根据条款62所述的方法,其中,去除纳米柱衬底通过研磨、蚀刻或化学机械抛光(CMP)工艺来执行。

[0326] 条款68、根据条款62所述的方法,其中,部分蚀刻组合的介电层包括:图案化组合的介电层;以及蚀刻该组合的介电层以暴露该接合焊盘。

[0327] 条款69、根据条款62所述的方法,还包括在接合焊盘、组合的介电层的侧壁和纳米柱上生长阻挡种子层。

[0328] 条款70、一种偏振成像设备,包括:具有至少两个微透镜的微透镜阵列;具有两个或更多个偏振过滤区域的偏振过滤超颖表面;以及具有至少两个区域的成像传感器,其中,包括一个或多个偏振状态的成像光由微透镜引导到偏振过滤超颖表面上,并且偏振过滤超颖表面被配置为将一个或多个偏振状态引导到成像传感器的一个或多个区域上。

[0329] 条款71、根据条款70所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列包括折射微透镜。

[0330] 条款72、根据条款71所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列还包括配置为提供折射微透镜效果的超颖表面。

[0331] 条款73、根据条款70所述的偏振成像设备,其中,微透镜阵列包括被配置为提供折射微透镜效果的超颖表面。

[0332] 条款74、根据条款70所述的偏振成像设备,其中,所述至少两个微透镜中的每一个在成像传感器的所述一个或多个区域中的单个区域之上。

[0333] 条款75、根据条款70所述的偏振成像设备,其中,所述至少两个微透镜中的每一个在成像传感器的所述一个或多个区域中的两个或更多个传感器区域上方。

[0334] 条款76、根据条款70所述的偏振成像设备,其中,所述至少两个微透镜中的每一个在两个或更多个偏振过滤区域中的一个或多个区域的单个偏振区域上方。

[0335] 条款77、根据条款70所述的偏振成像设备,其中,所述至少两个微透镜中的每一个在所述两个或更多个偏振过滤区域中的两个或更多个偏振过滤区域上方。

[0336] 条款78、一种偏振成像设备,包括:超颖光栅阵列,包括多个超颖光栅小透镜,其中所述多个超颖表面小透镜包括多个第一超颖光栅小透镜,所述多个第一超颖光栅小透镜被配置为过滤图像光,图像光具有在第一区域中的第一偏振光和在第二区域中的第二偏振;以及图像传感器,其位于第一偏振和第二偏振的光路中,并且其中图像传感器包括多个图像感测单元,所述多个图像感测单元包括被定位为感测第一偏振的第一图像感测单元和被定位为感测第二偏振的第二图像感测单元。

[0337] 条款79、根据条款34所述的偏振成像设备,其中,第一偏振与第二偏振正交。

[0338] 条款80、根据条款34所述的偏振成像设备,其中,每个微透镜利用重叠超颖表面小透镜覆盖所述两个图像感测单元的一半,以将第一偏振衍射到第一方向中到第一图像感测单元中并且将第二偏振衍射到第二方向中到第二图像感测单元中。

[0339] 条款81、根据条款80所述的偏振成像设备,其中,第一偏振与第二偏振正交。

[0340] 等同原则

[0341] 虽然上述说明包含本发明的许多具体实施例,但这些实施例不应被视为对本发明范围的限制,而是作为其一个实施例的示例。因此,应当理解,在不脱离本发明的范围和精神的情况下,本发明可以以不同于具体描述的方式实施。因此,本发明的实施例在所有方面都应该被认为是说明性的而非限制性的。因此,本发明的范围不应由所示实施例来确定,而是由所附权利要求及其等同物来确定。

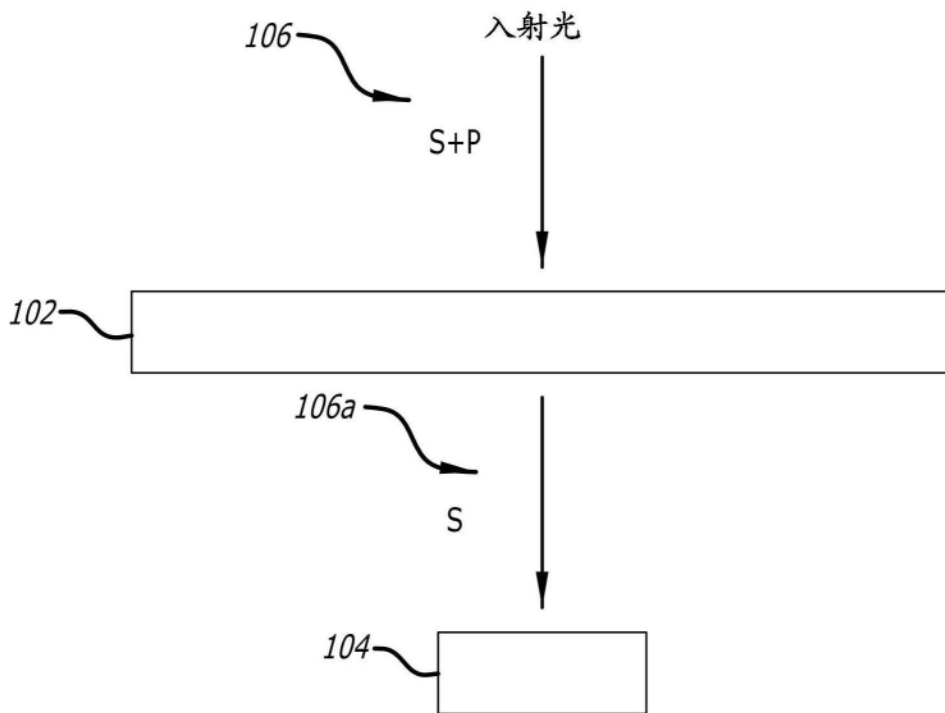


图1

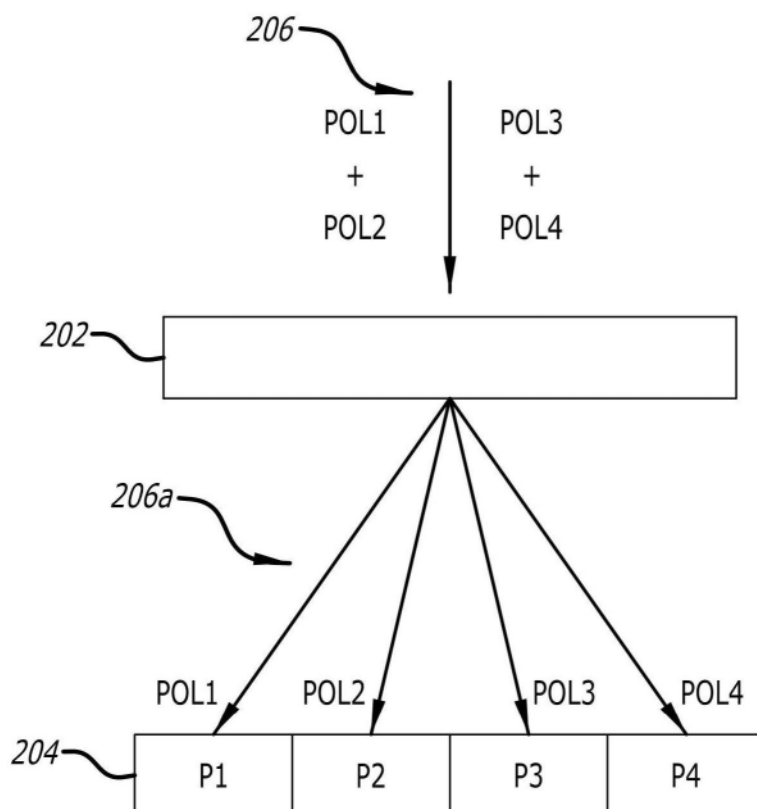


图2

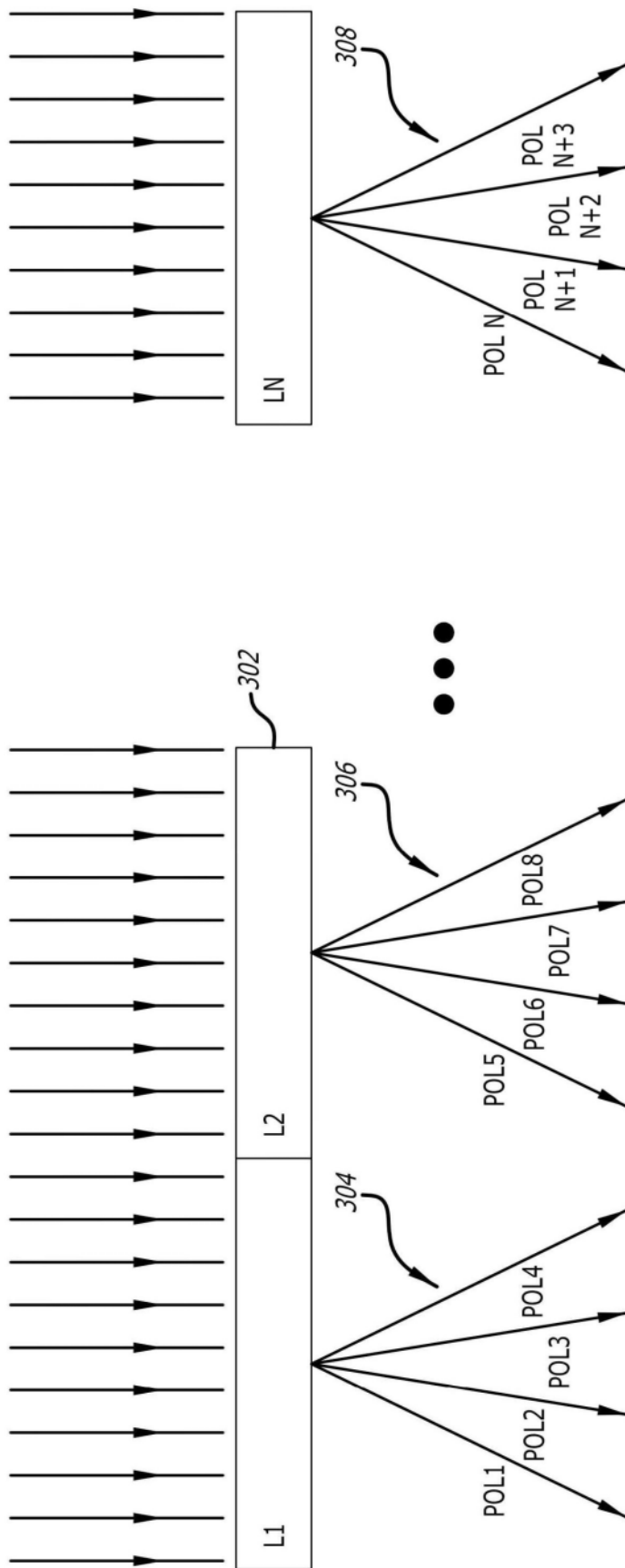


图3A

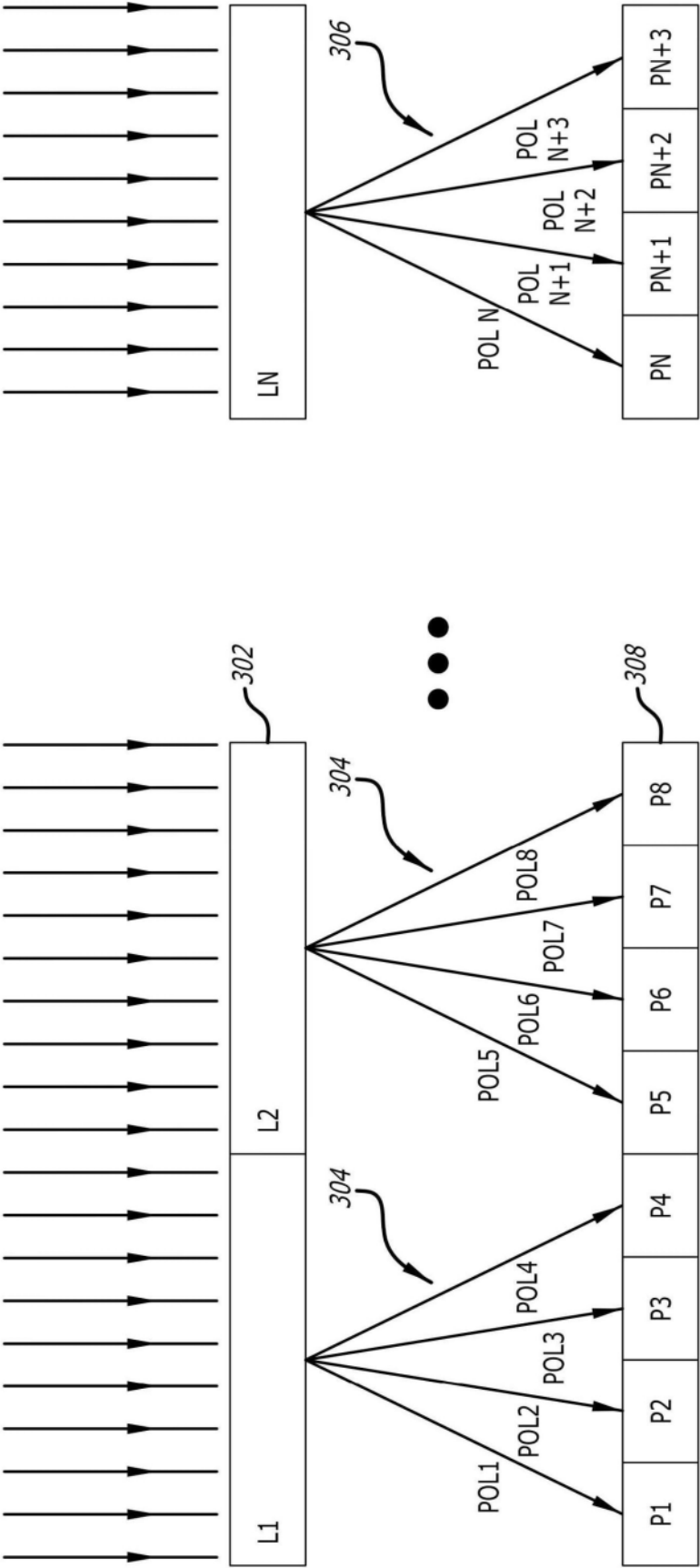


图3B

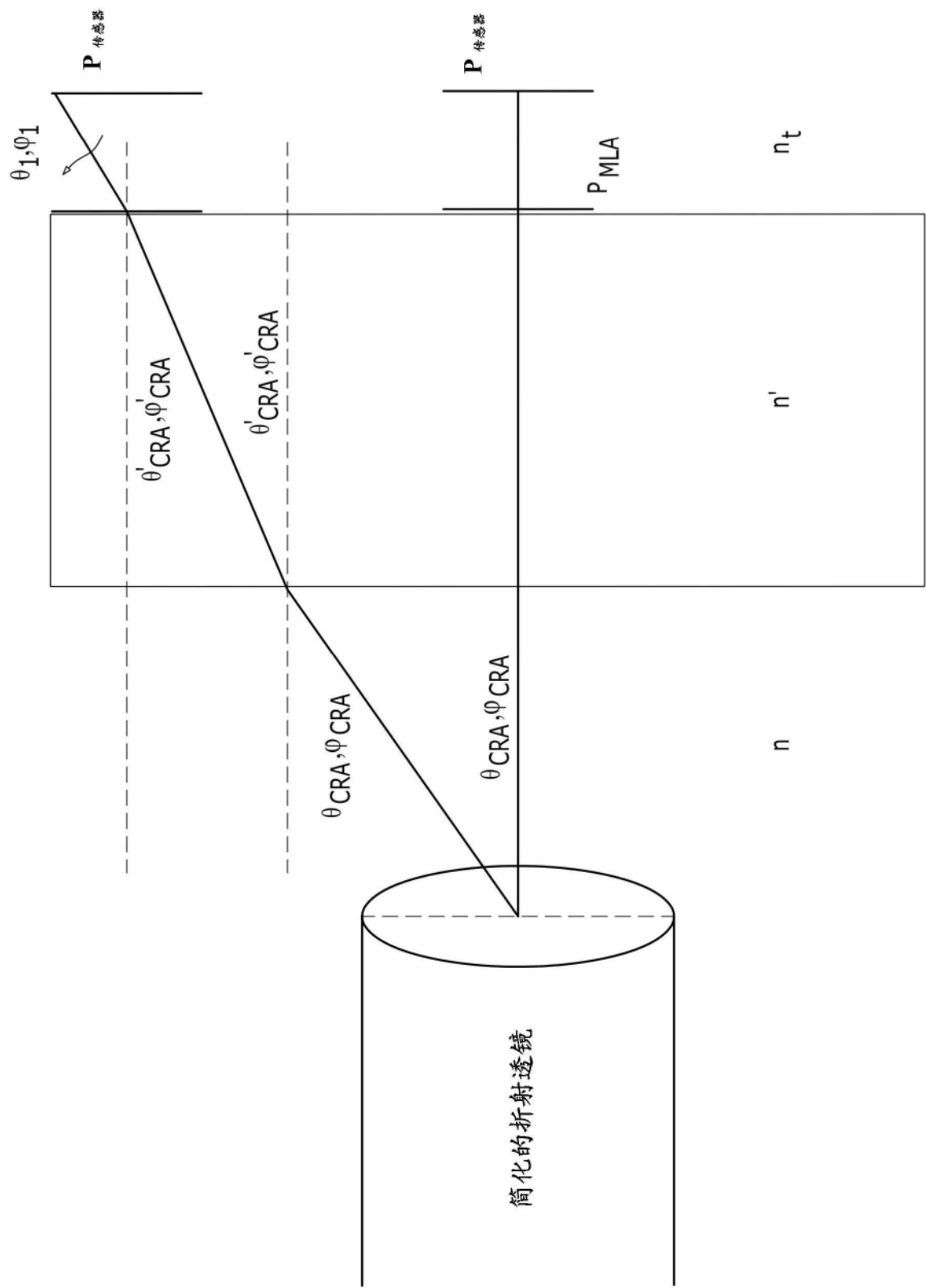


图3C-1

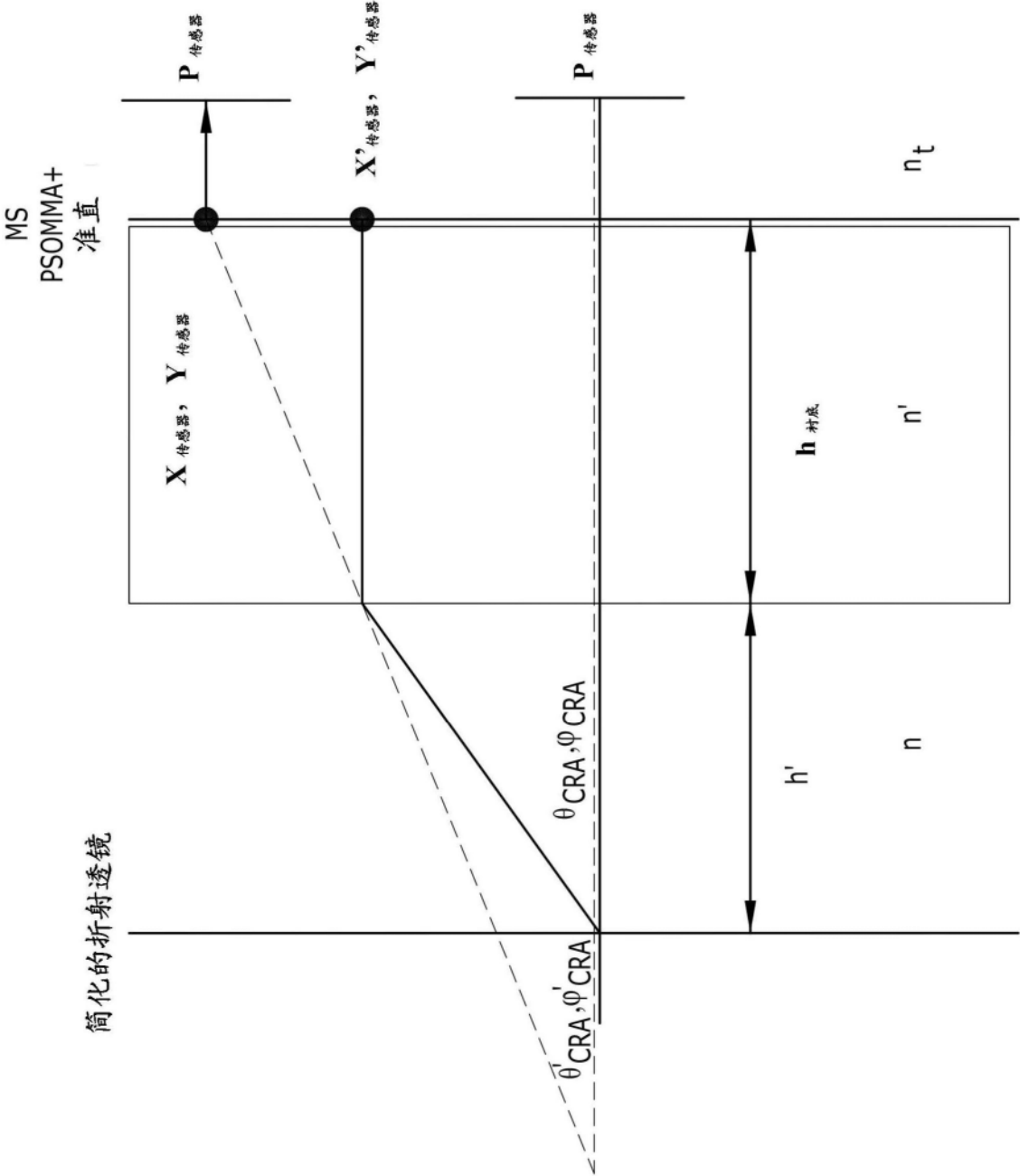


图3C-2

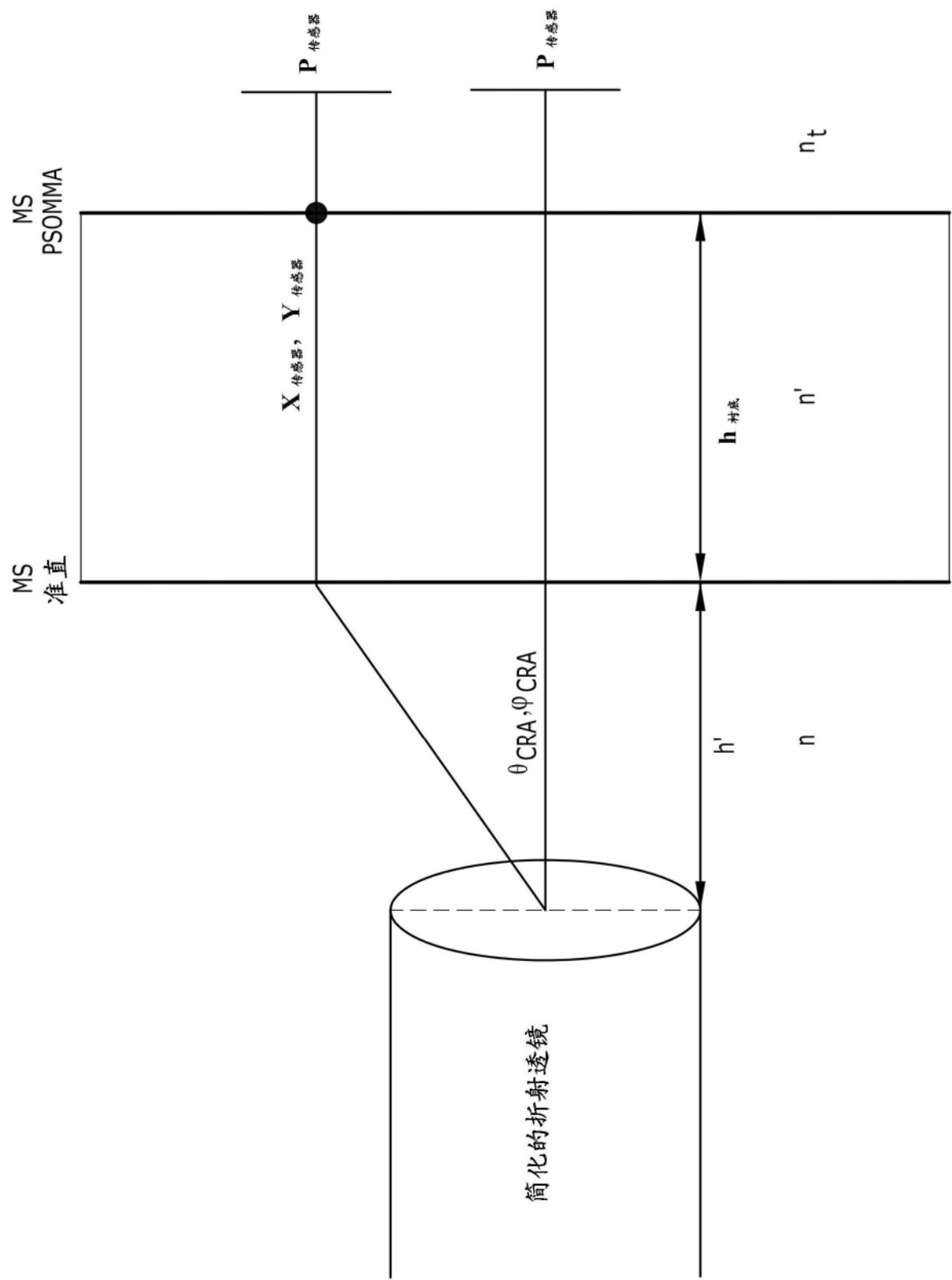


图3C-3

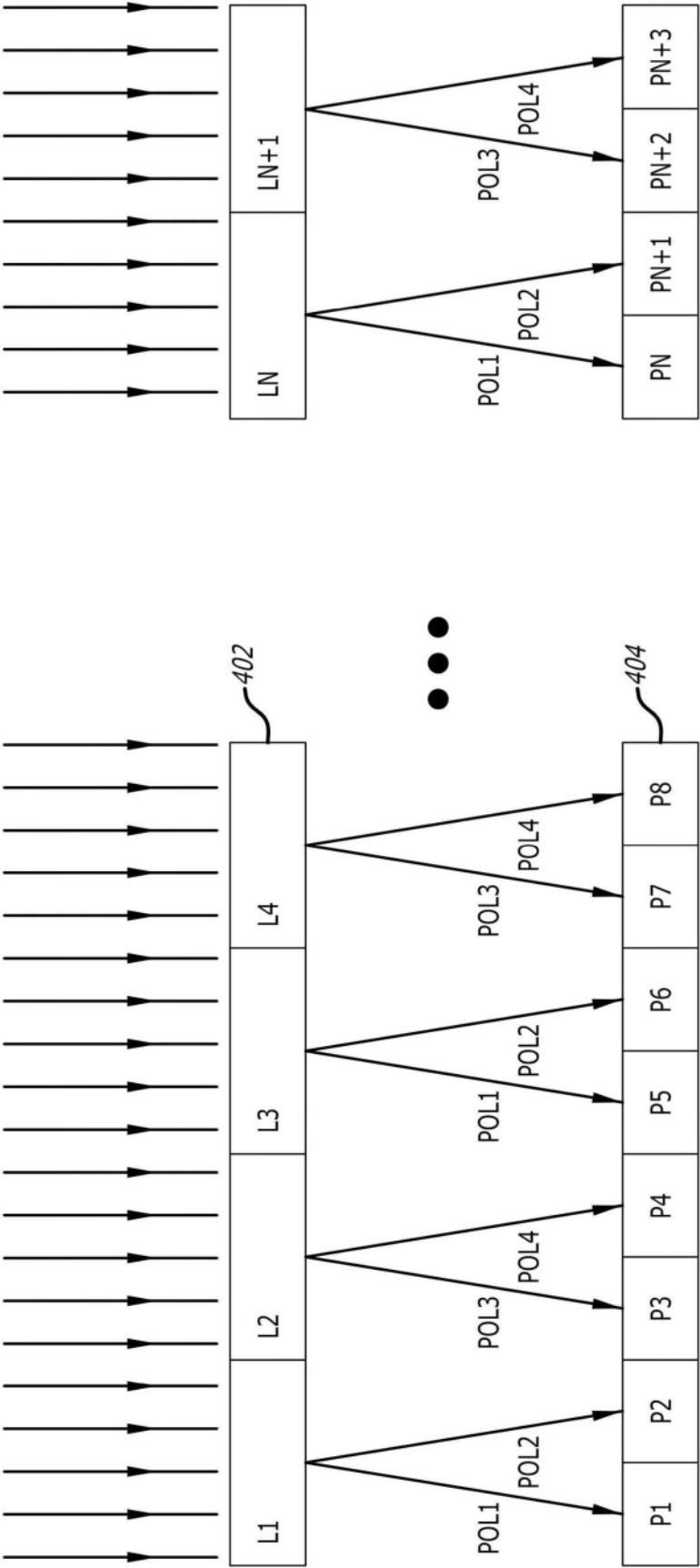


图4A

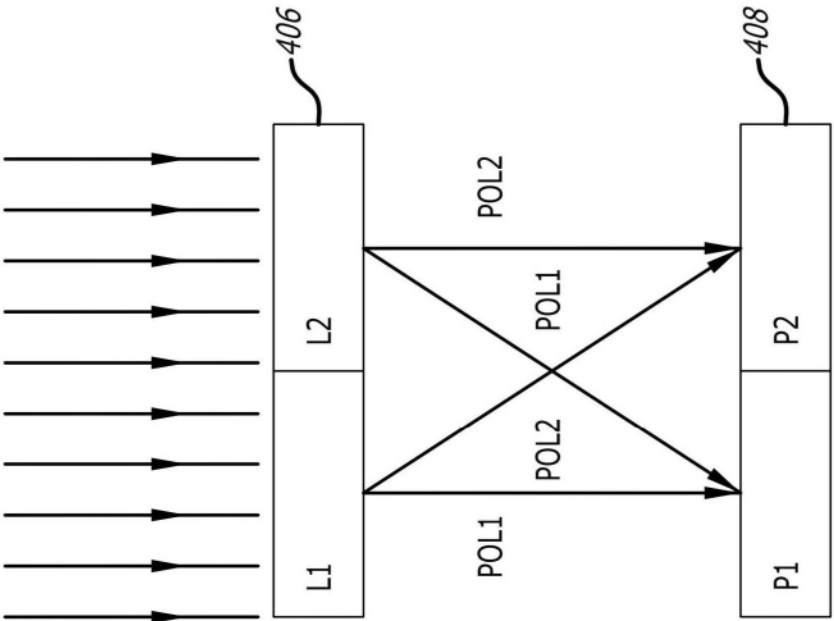


图4B

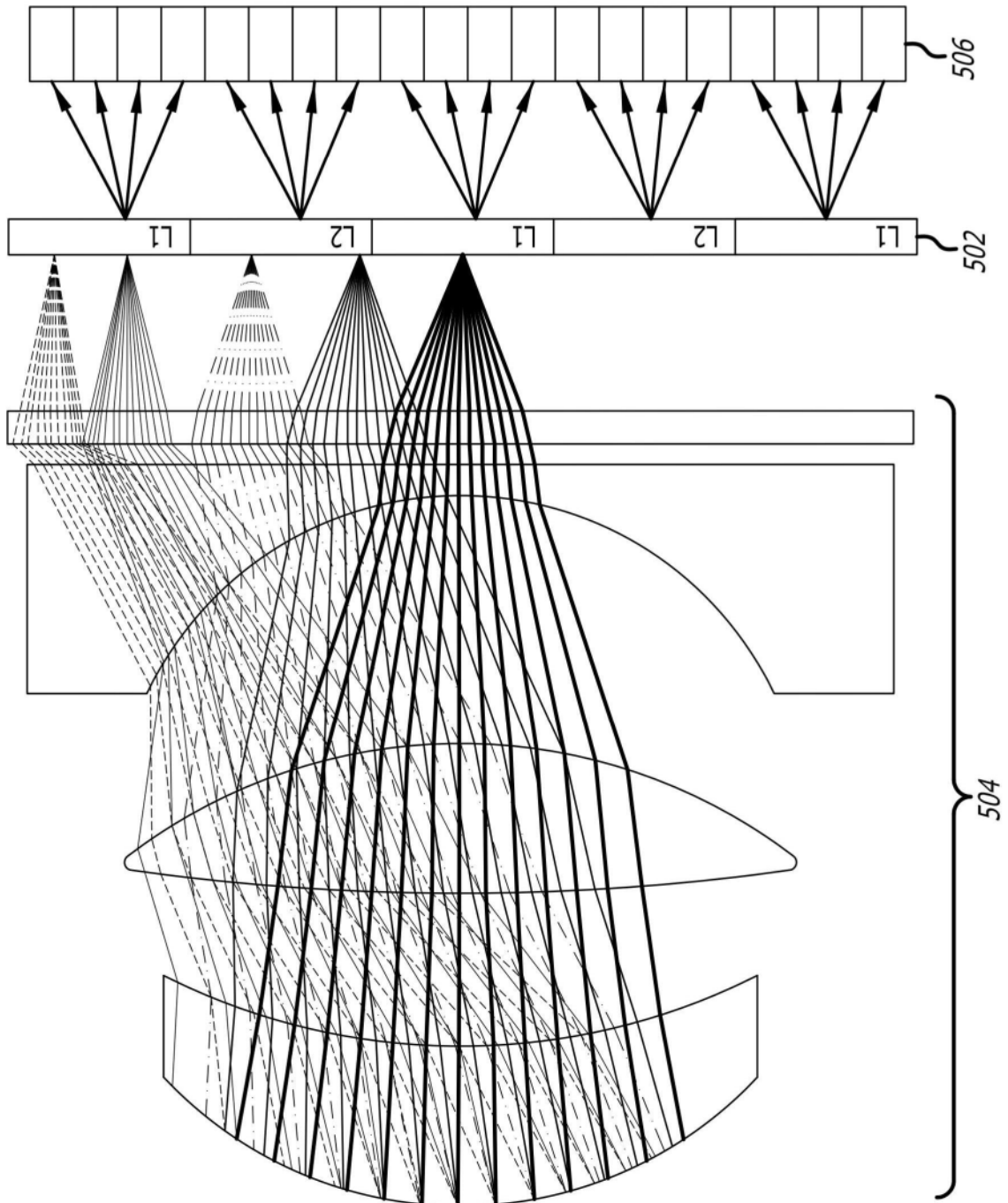


图5A-1

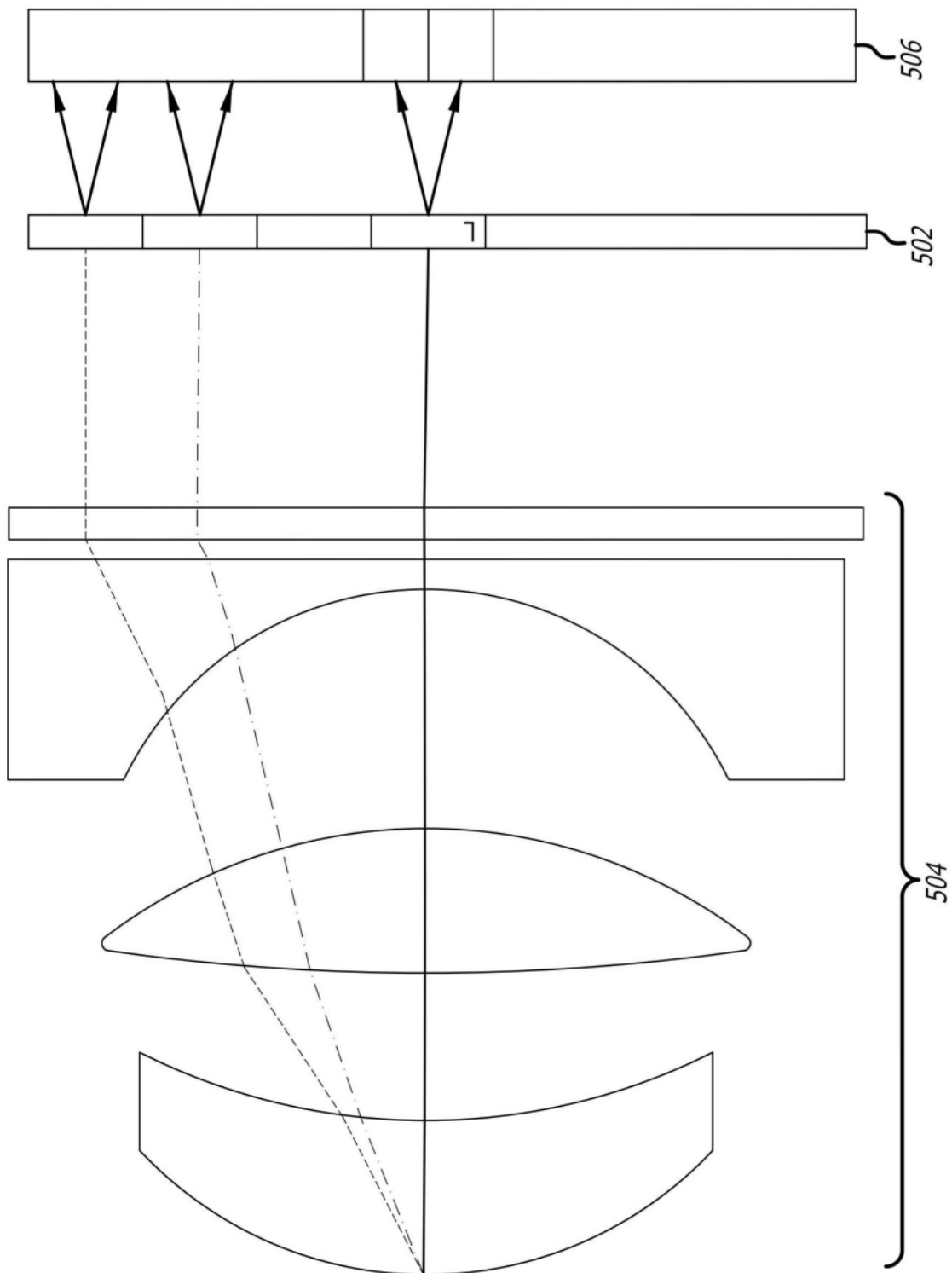


图5A-2

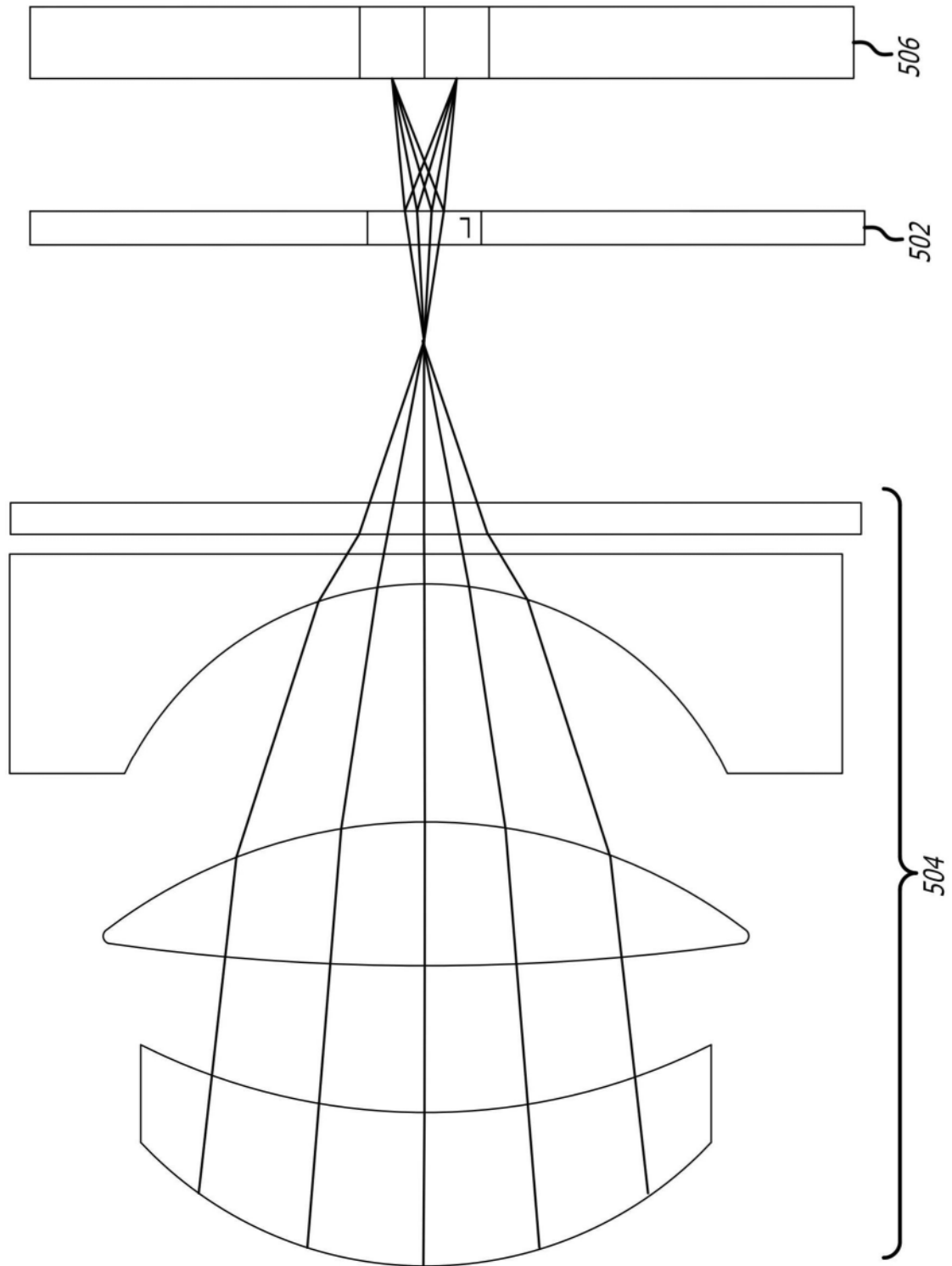


图5A-3

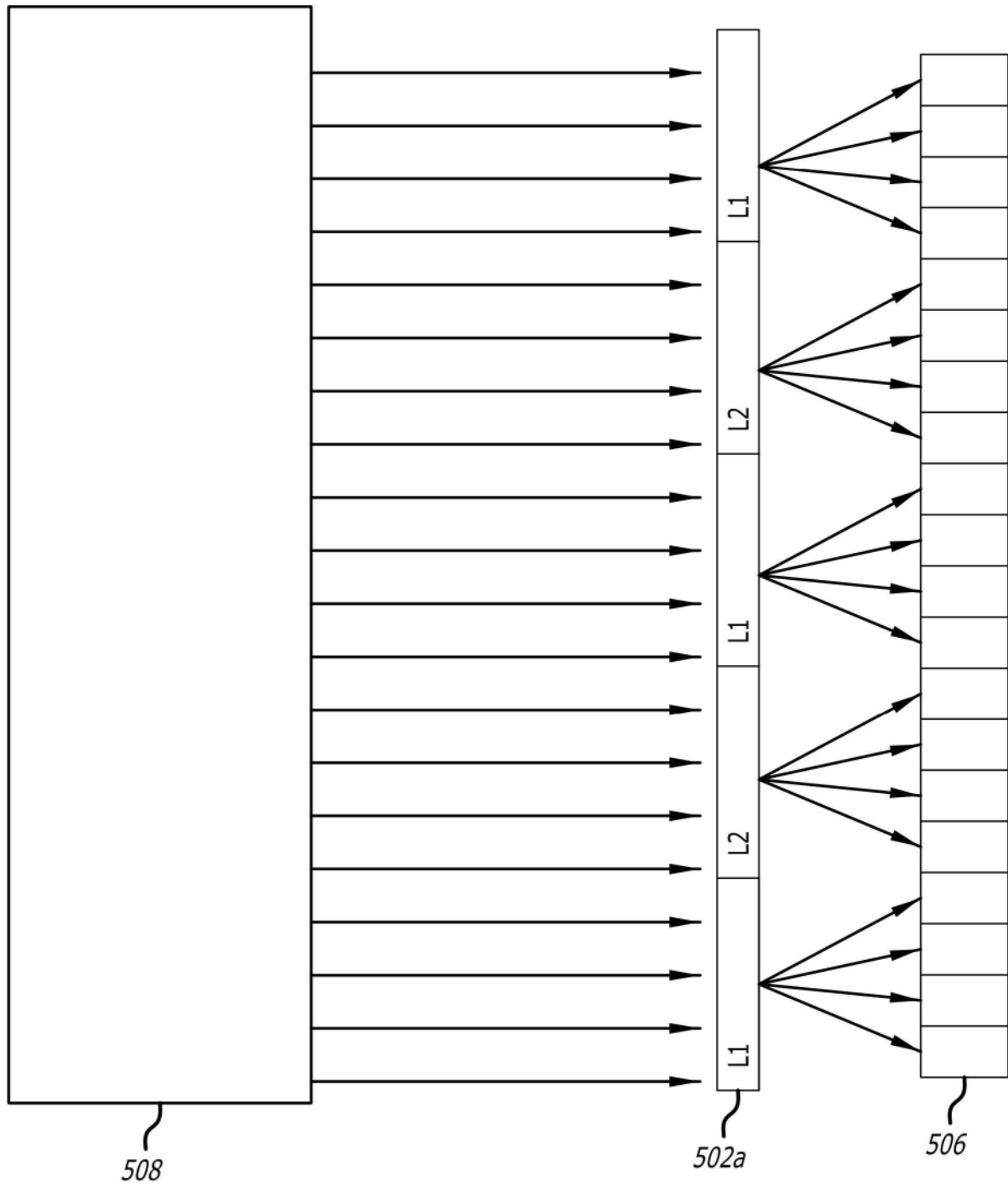


图5B

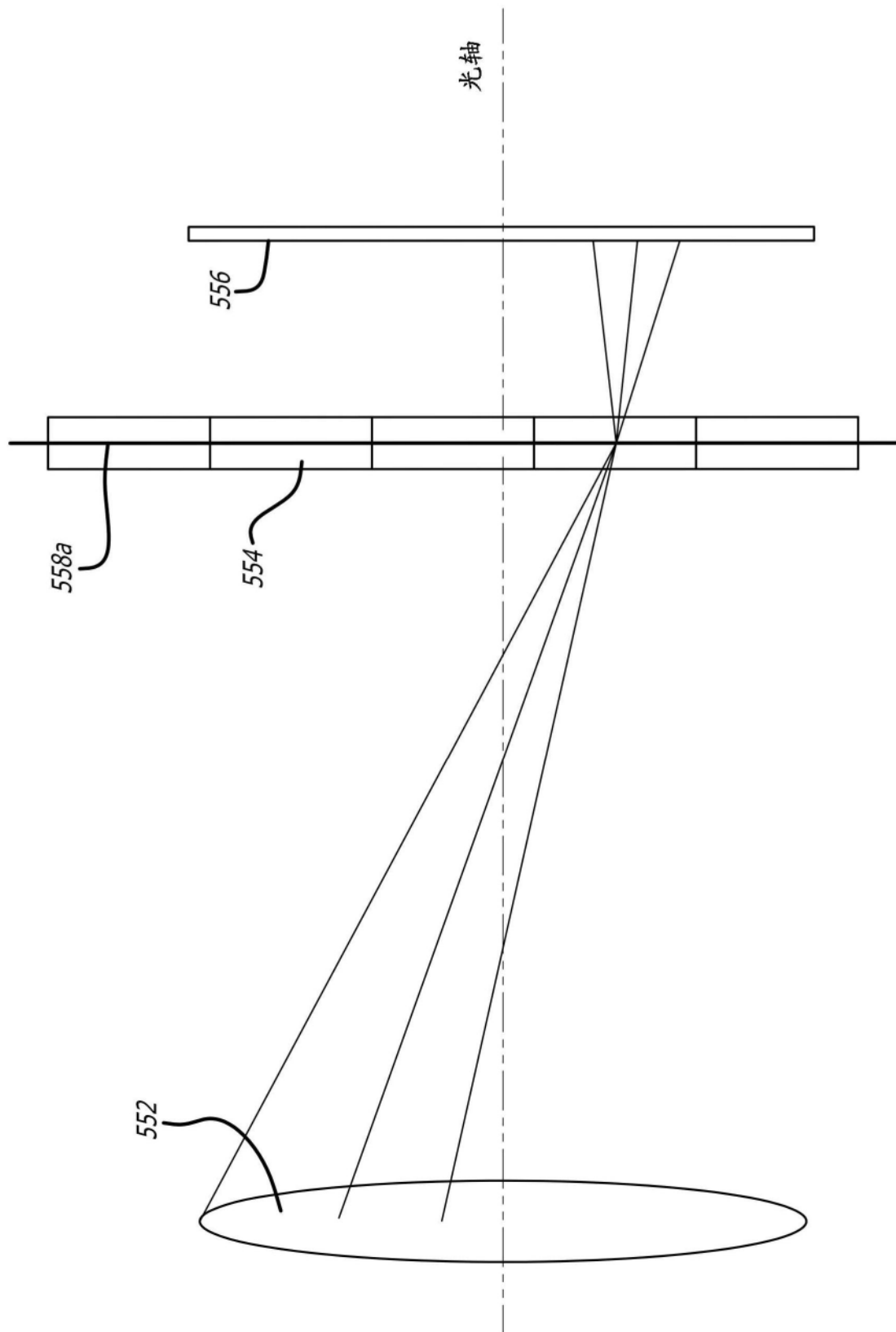


图5C-1

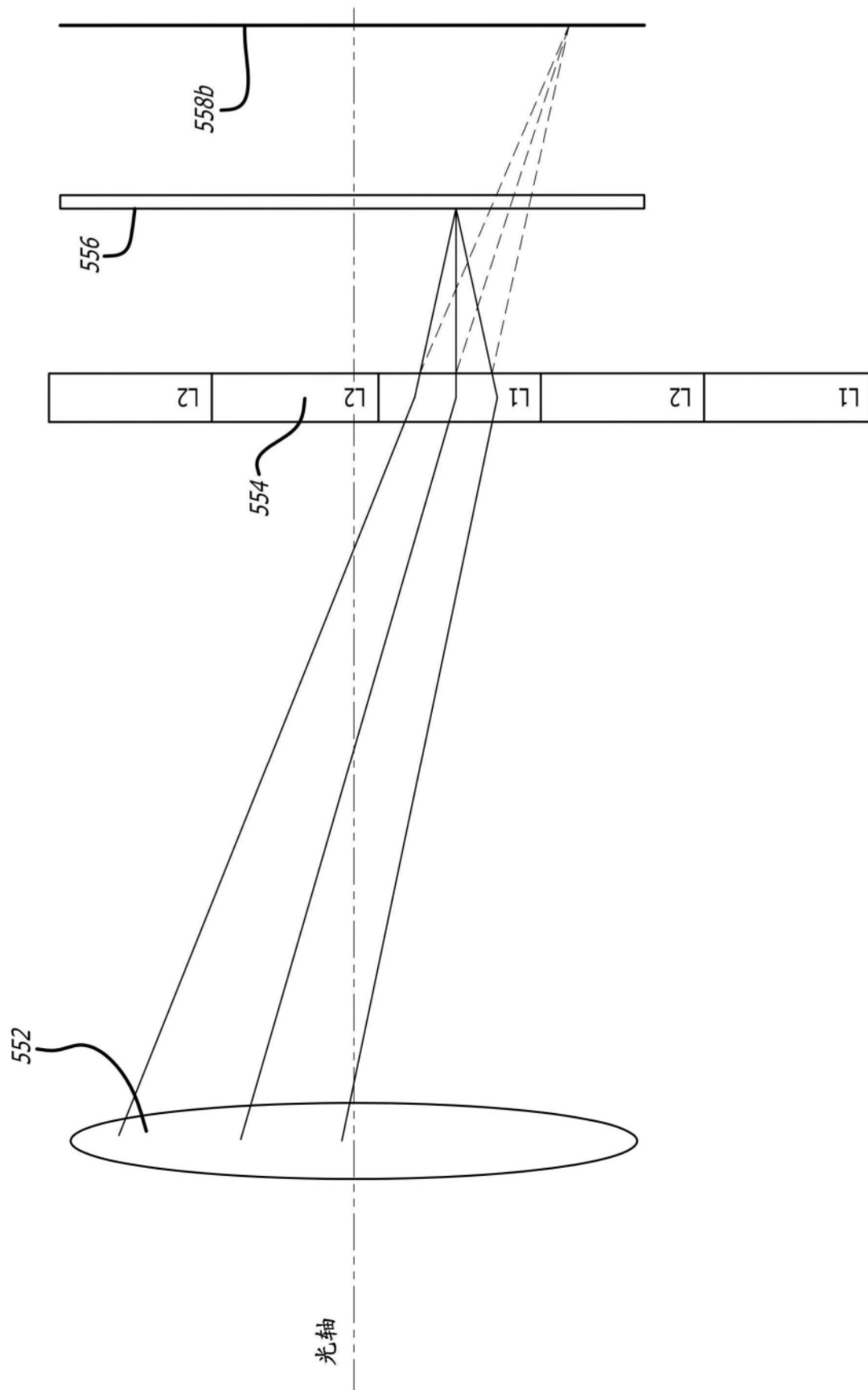


图5C-2

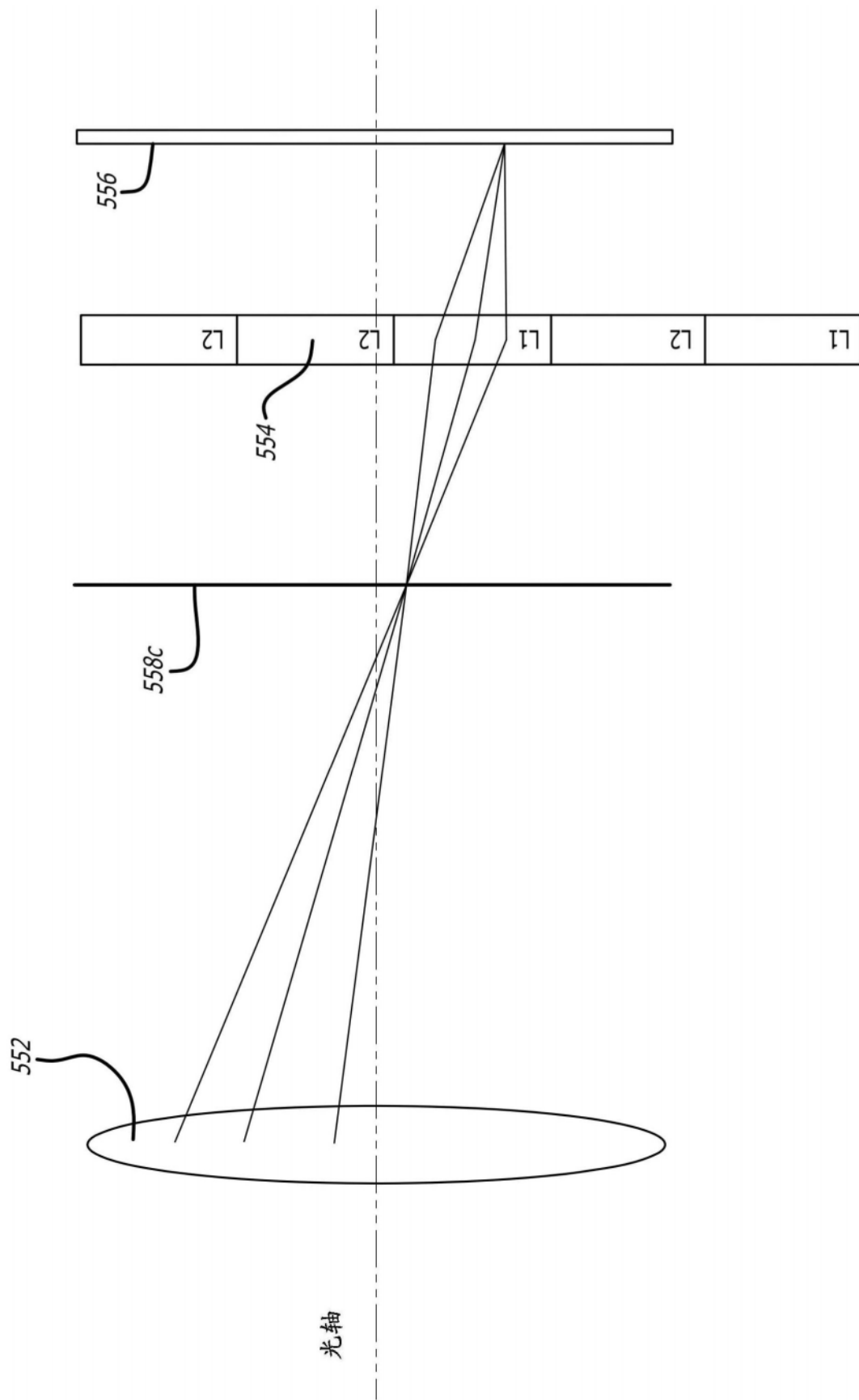


图5C-3

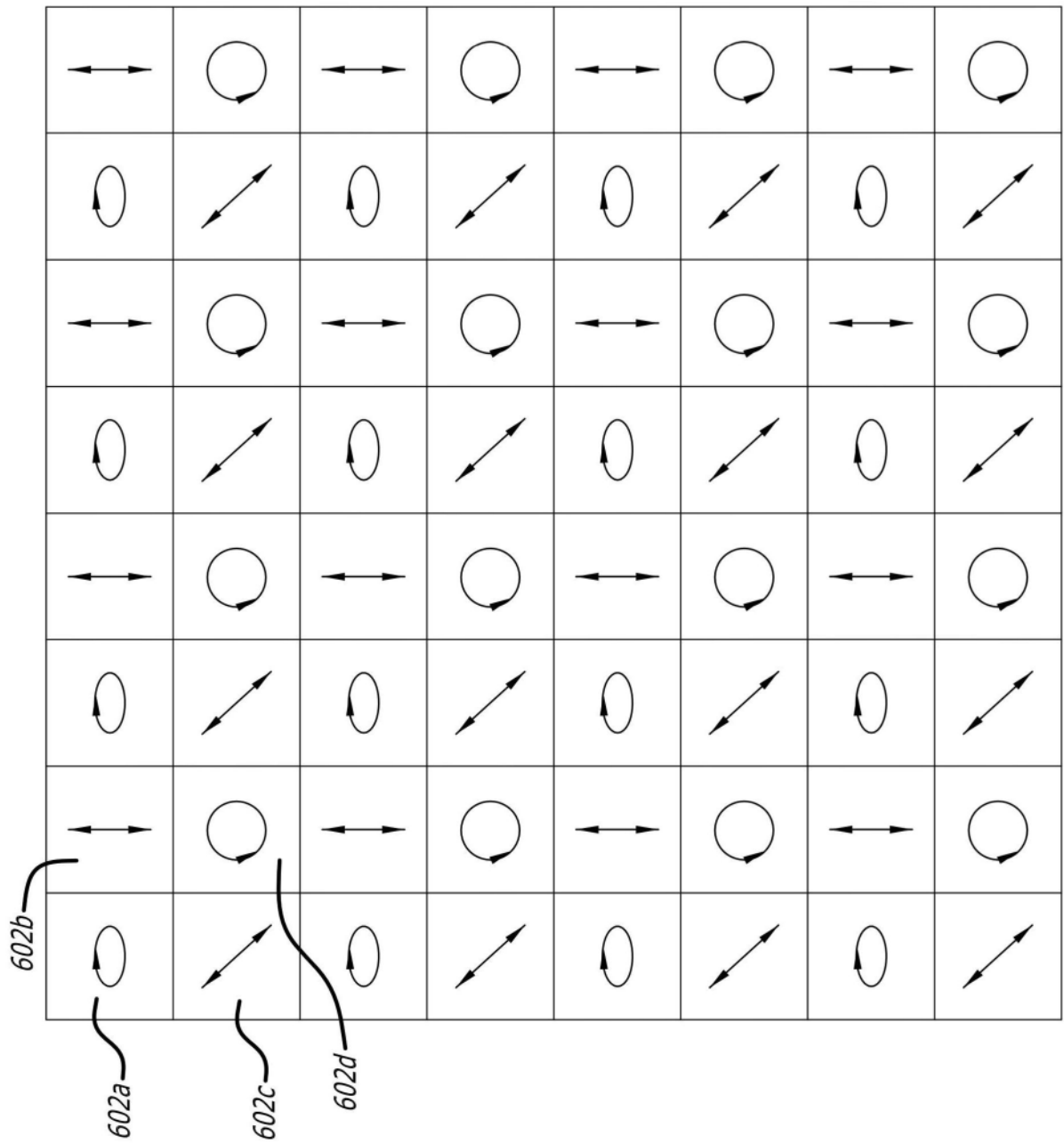


图6A

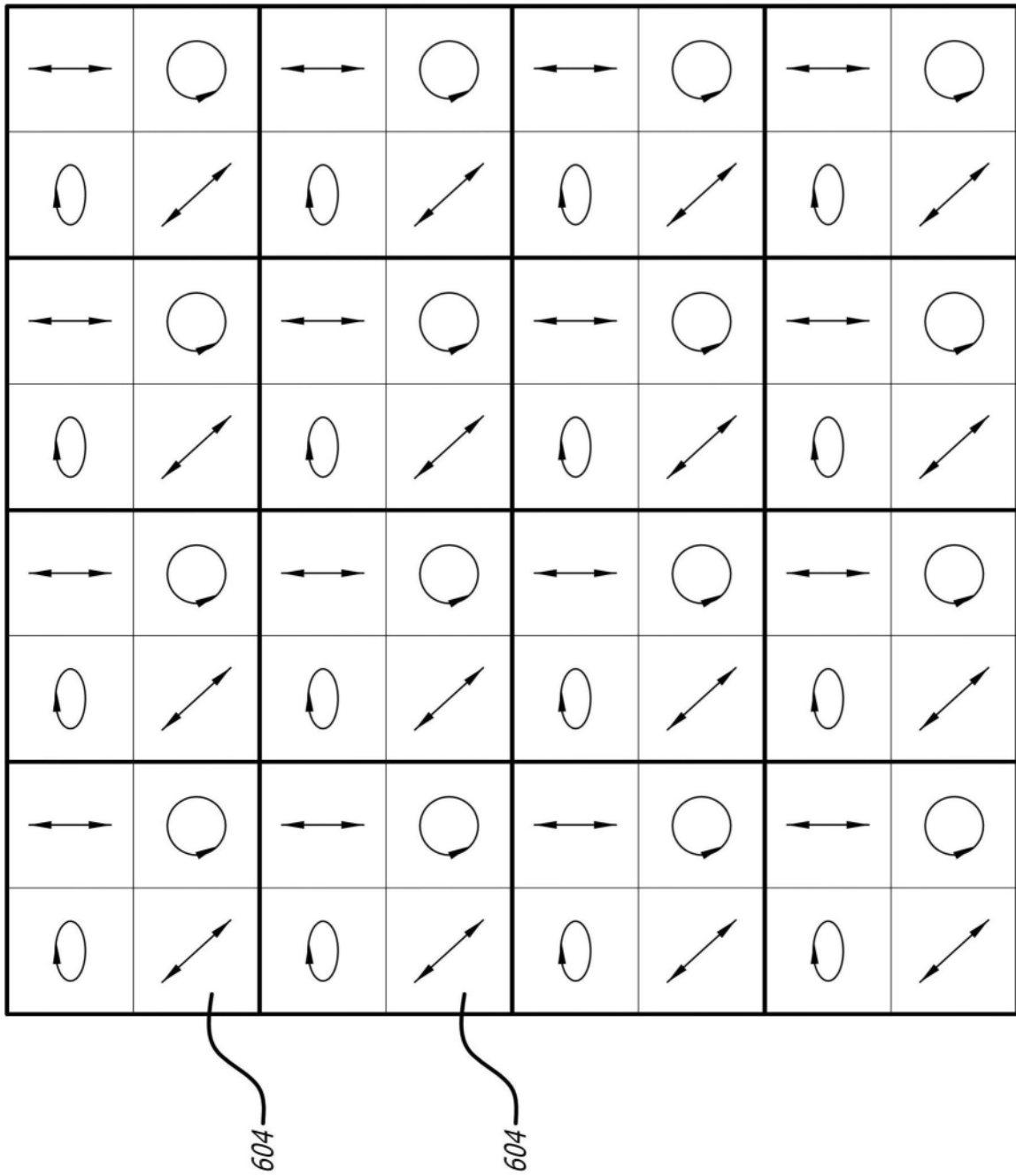


图6B

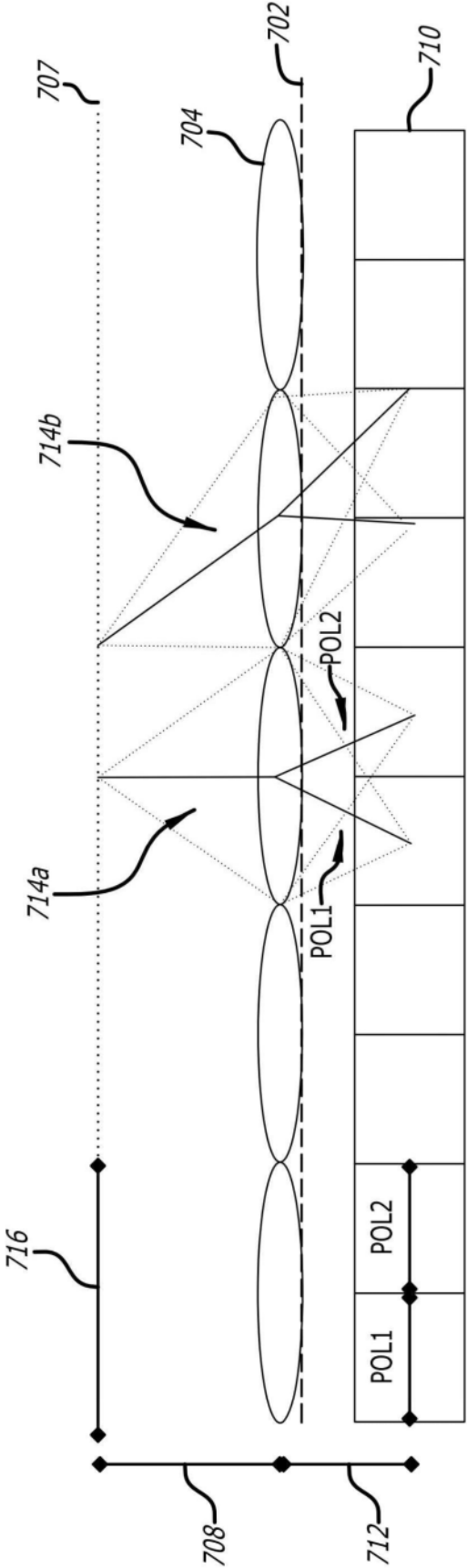


图7

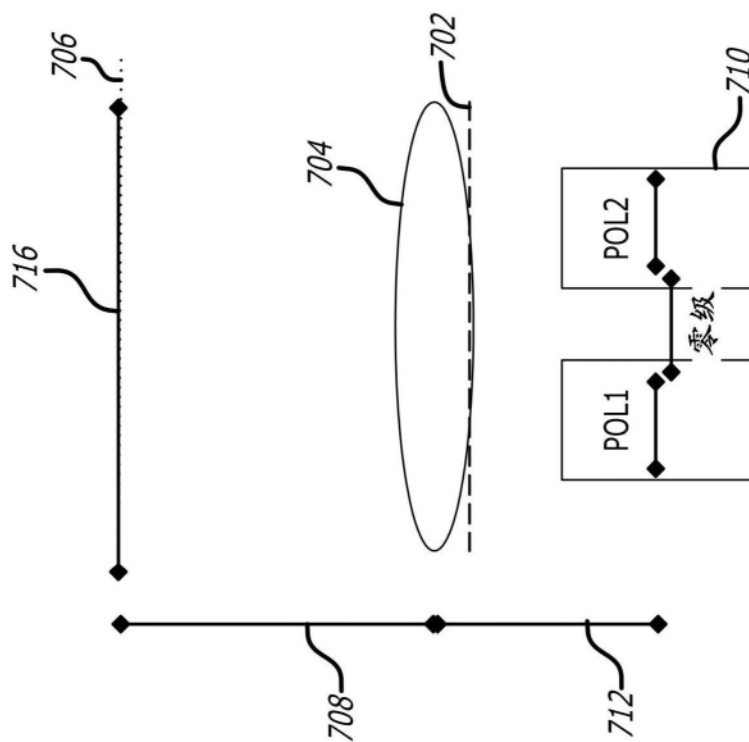


图8A

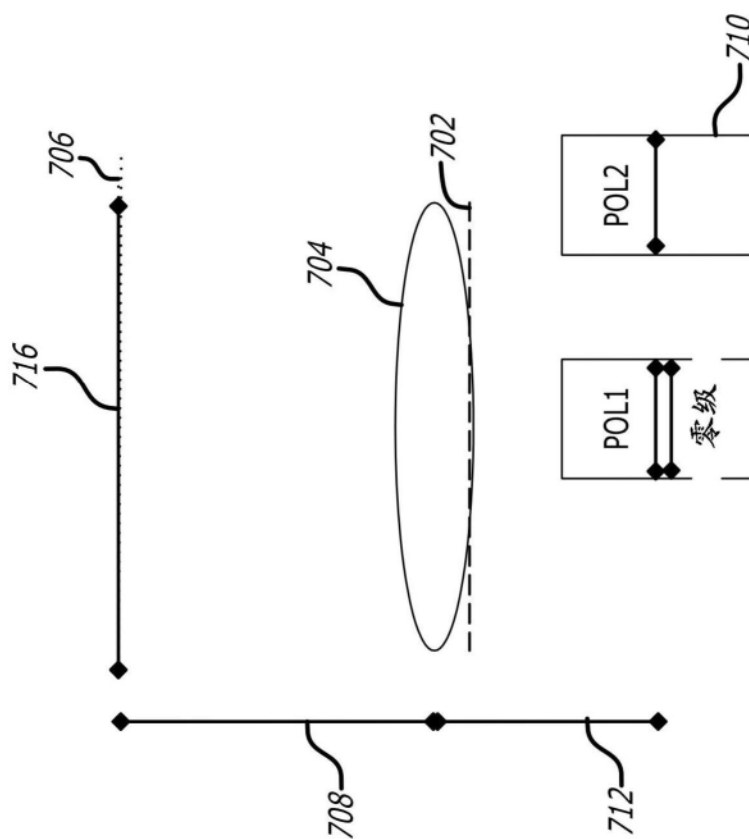


图8B

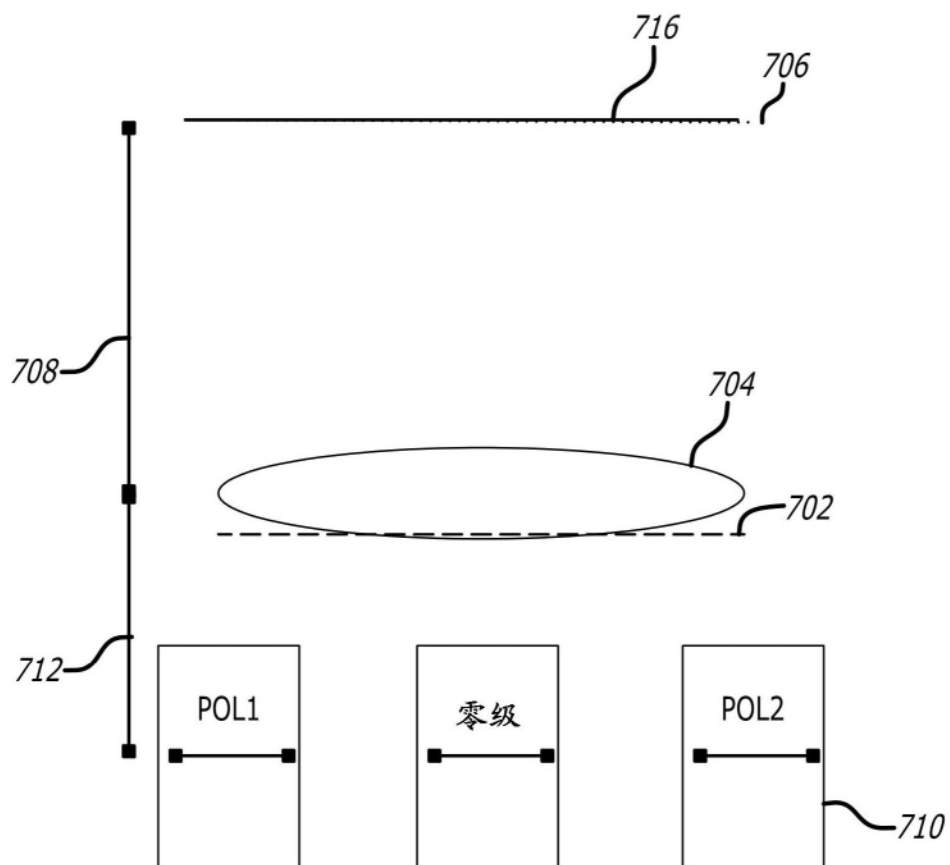


图9A

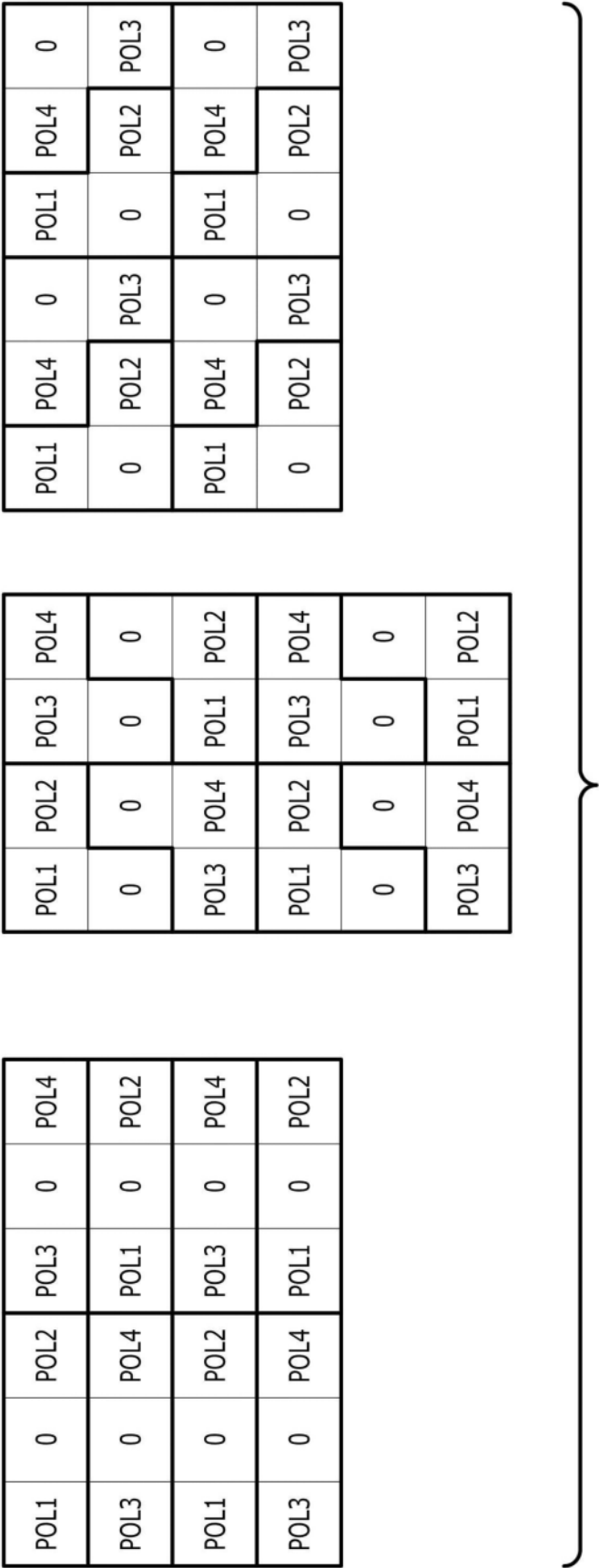


图9B

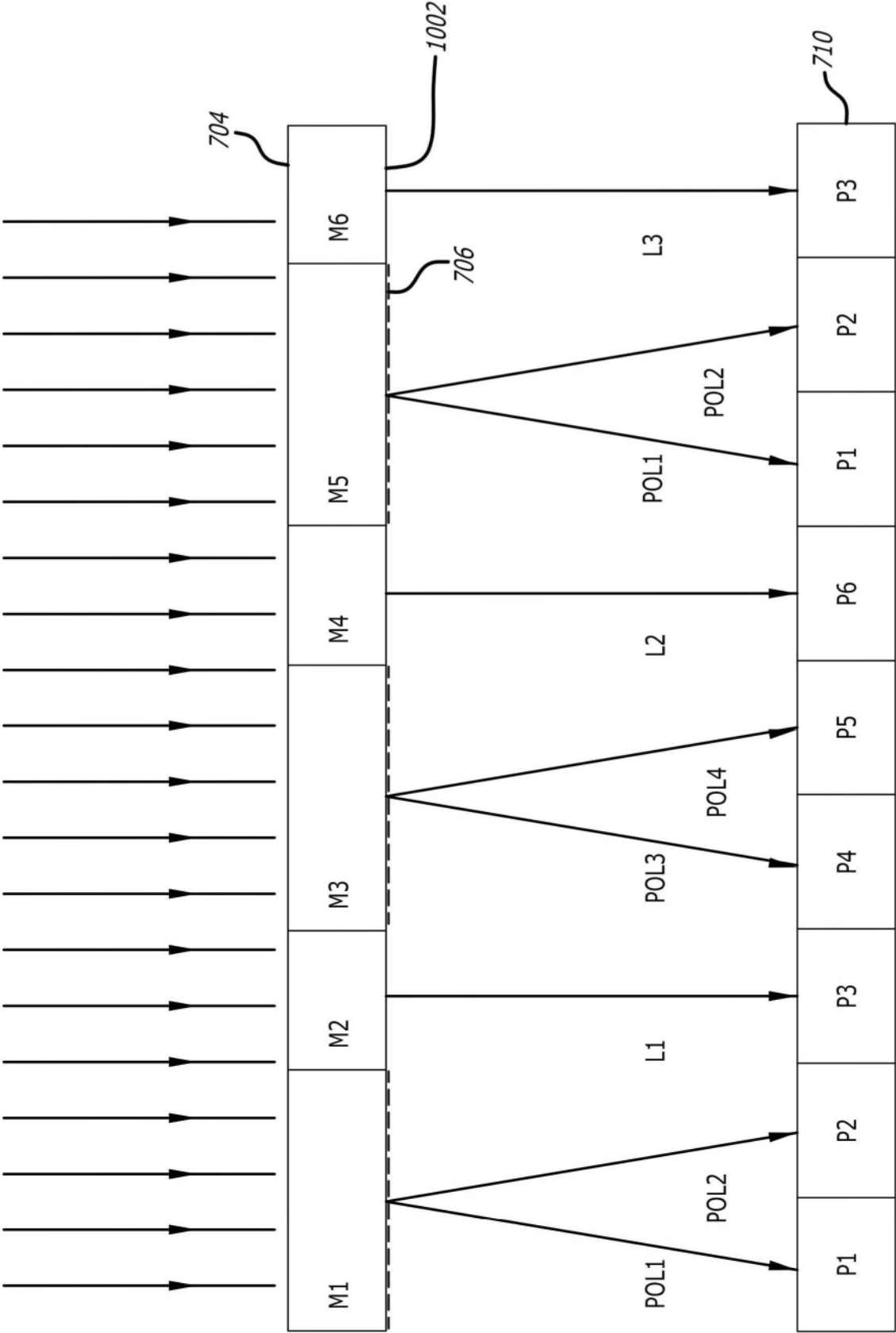


图10A

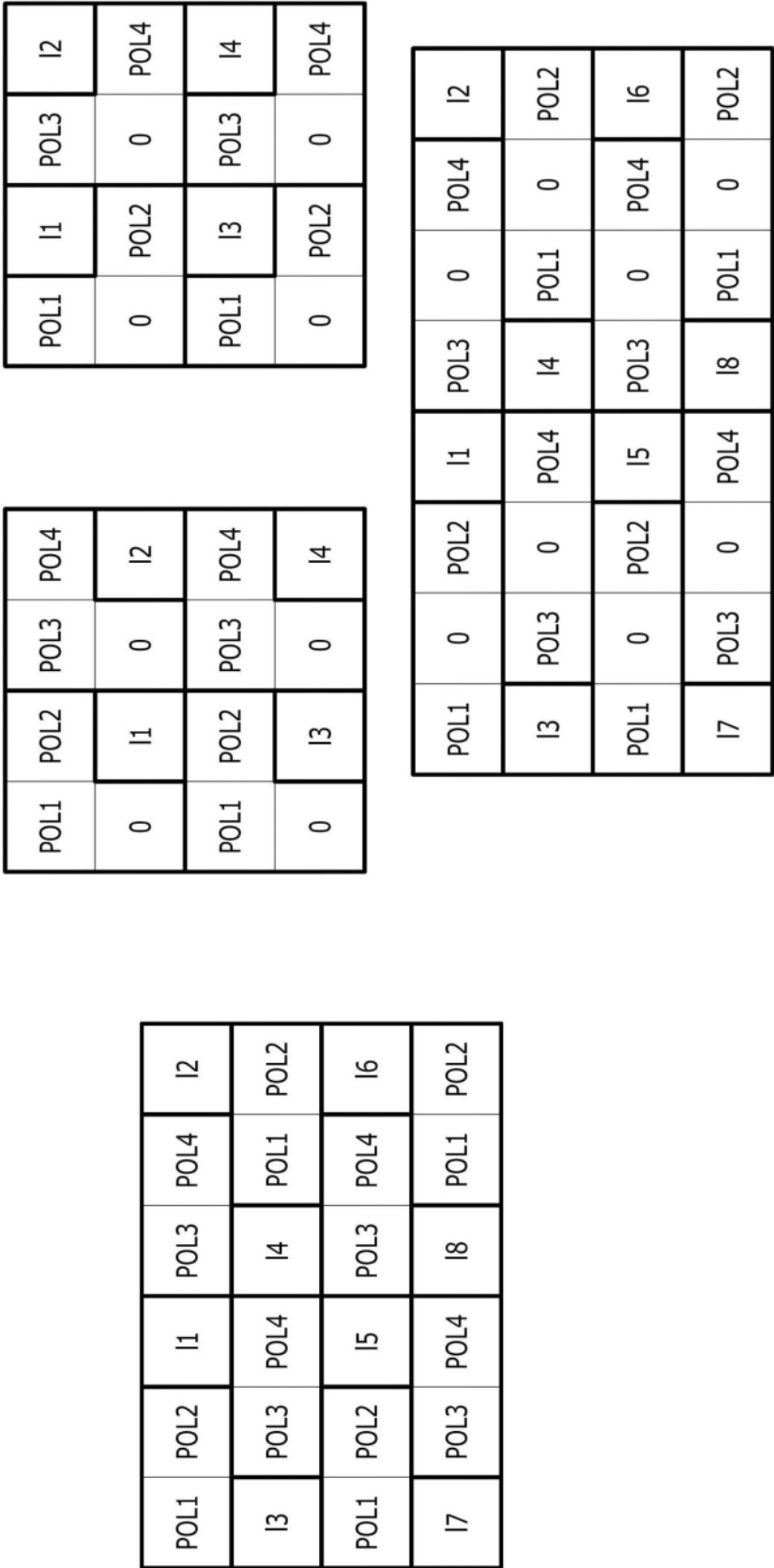


图10B

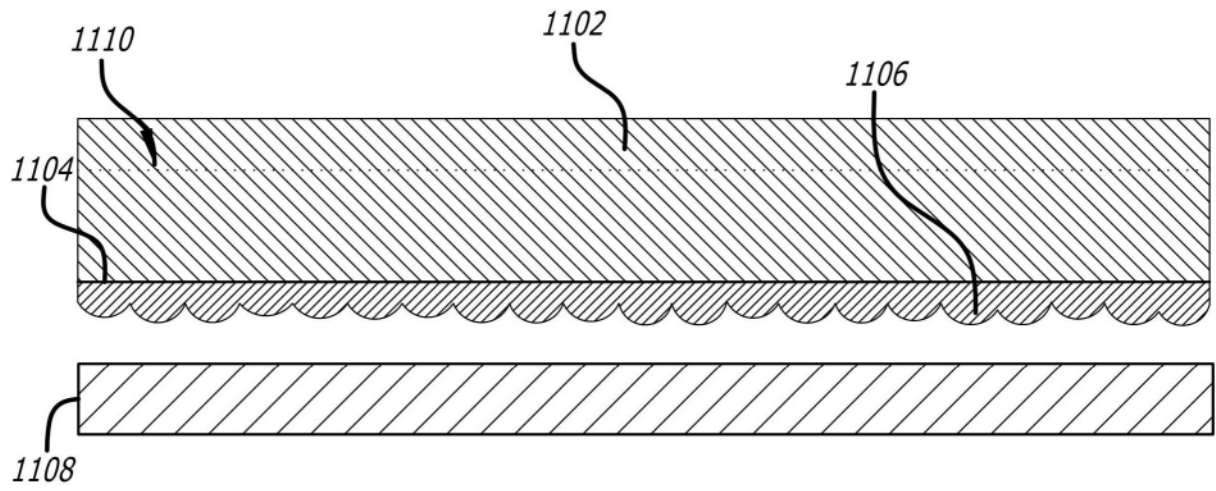


图11A

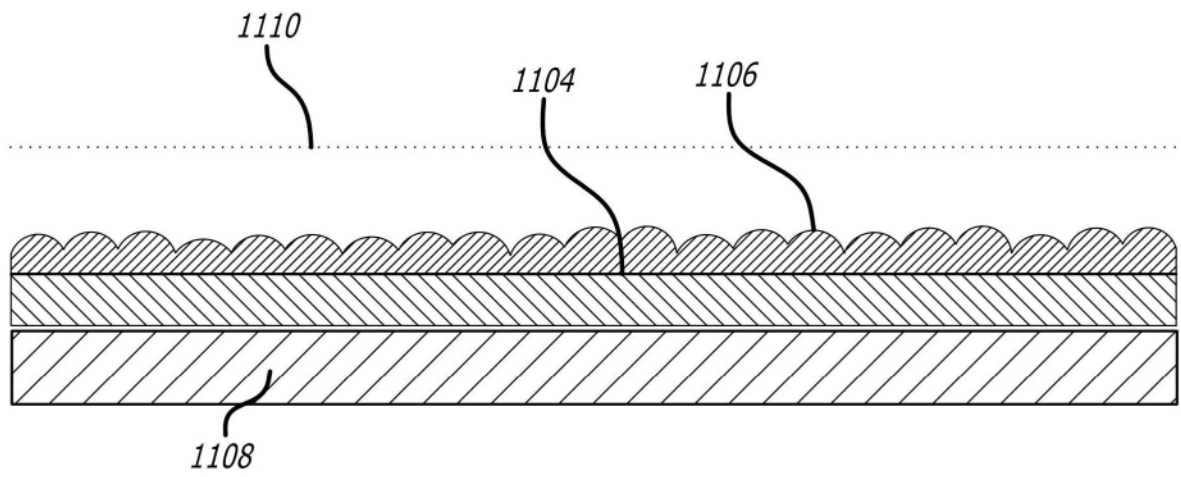


图11B

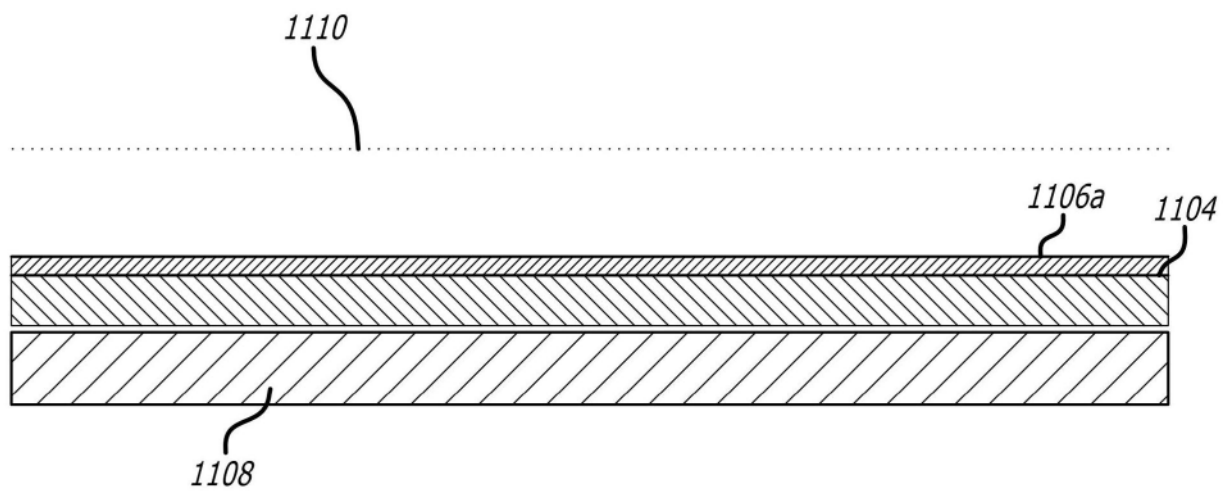


图11C

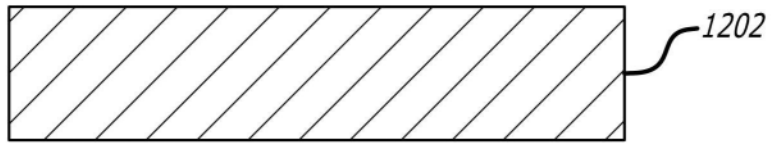


图12A

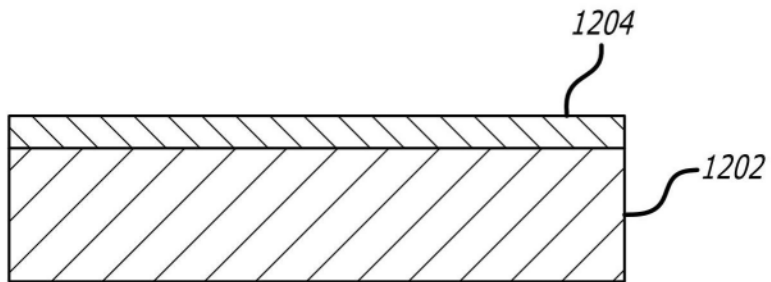


图12B

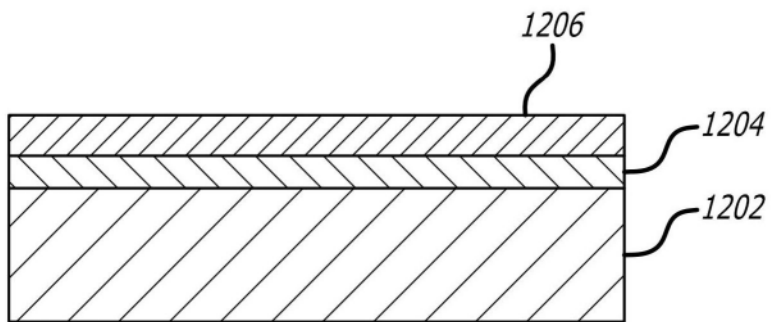


图12C

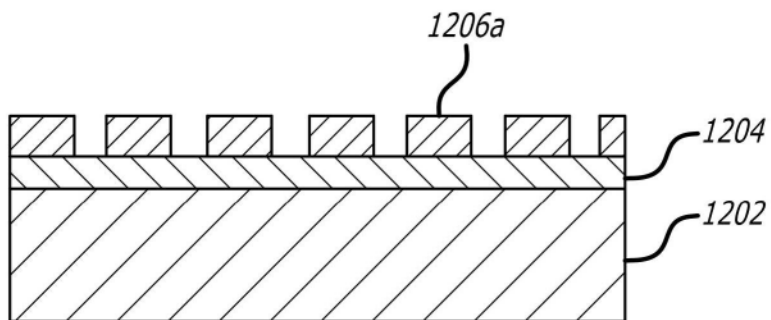


图12D

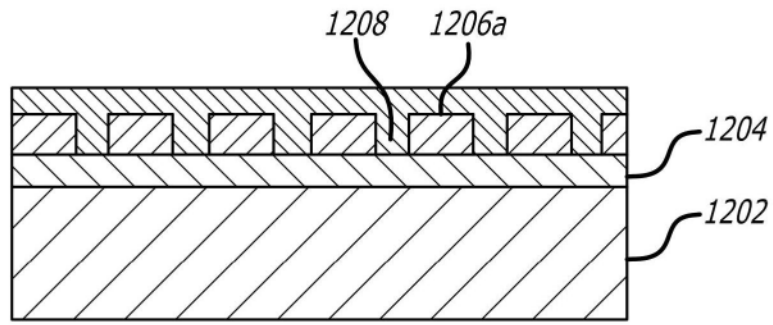


图12E

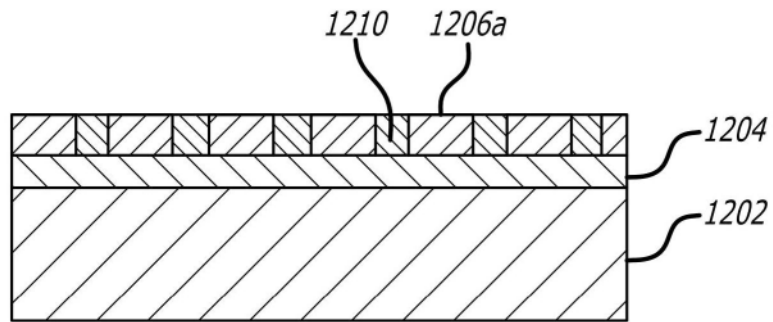


图12F

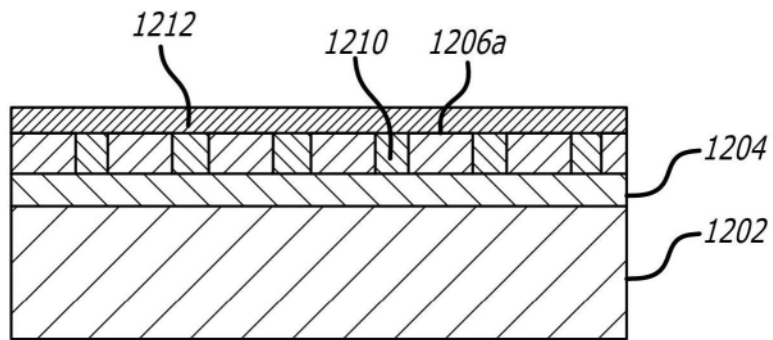


图12G

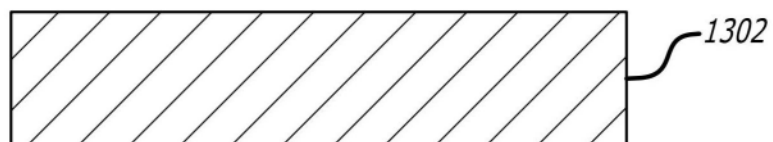


图13A

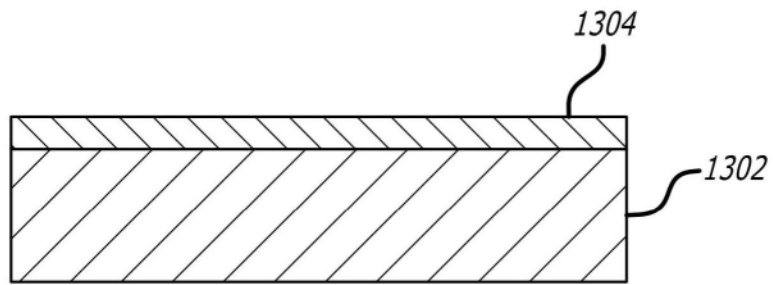


图13B

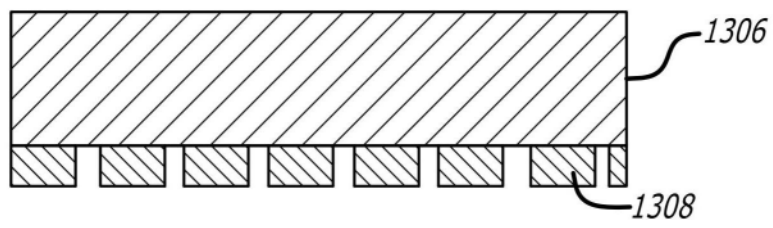
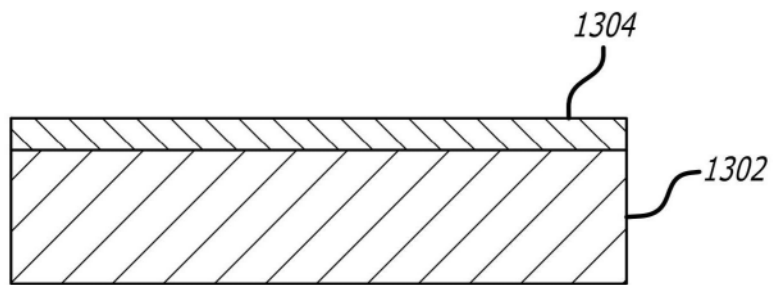


图13C

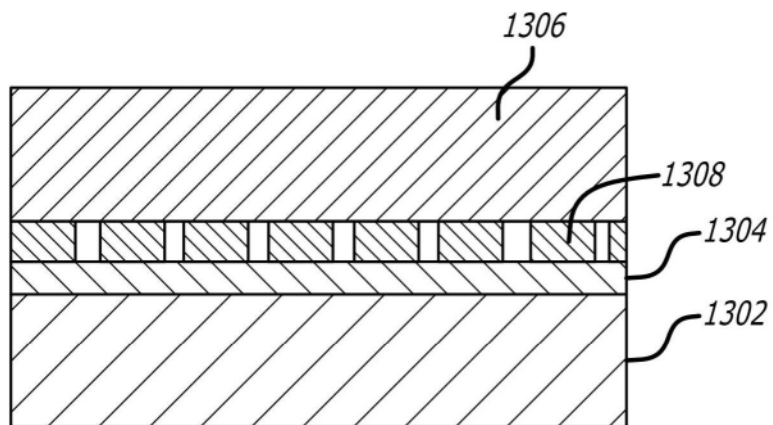


图13D

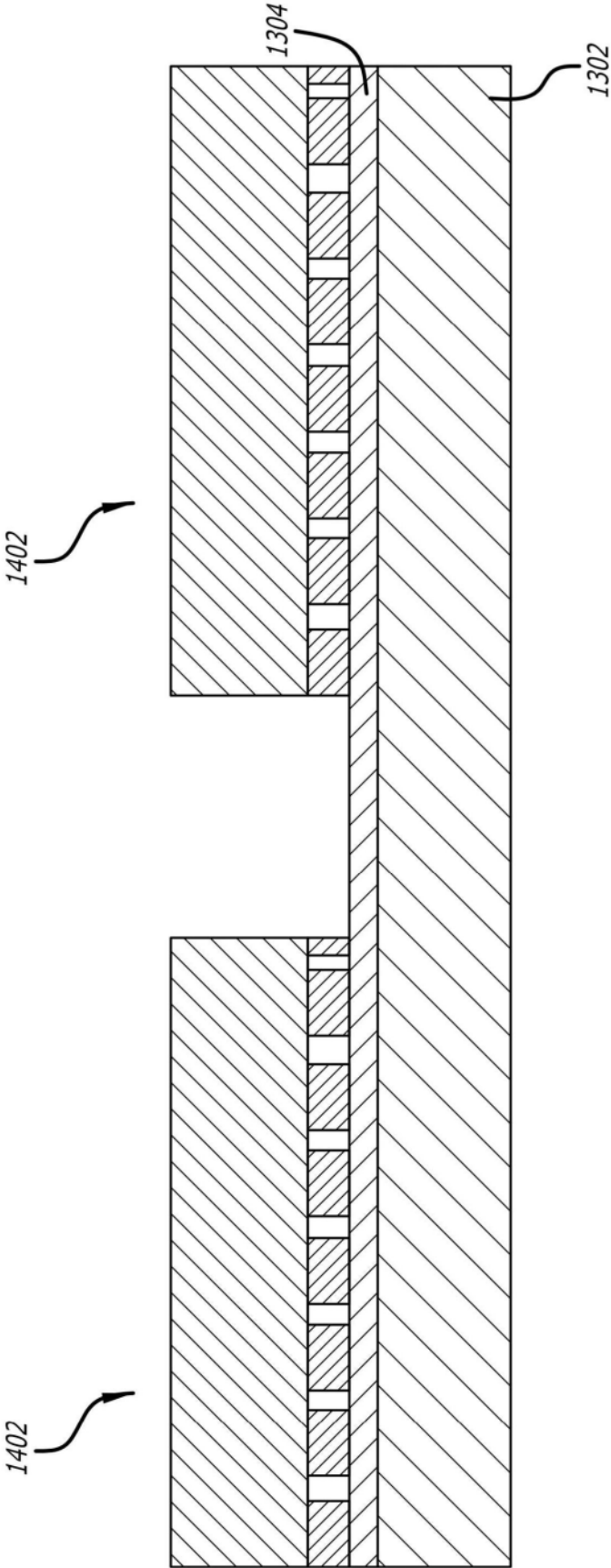


图14A

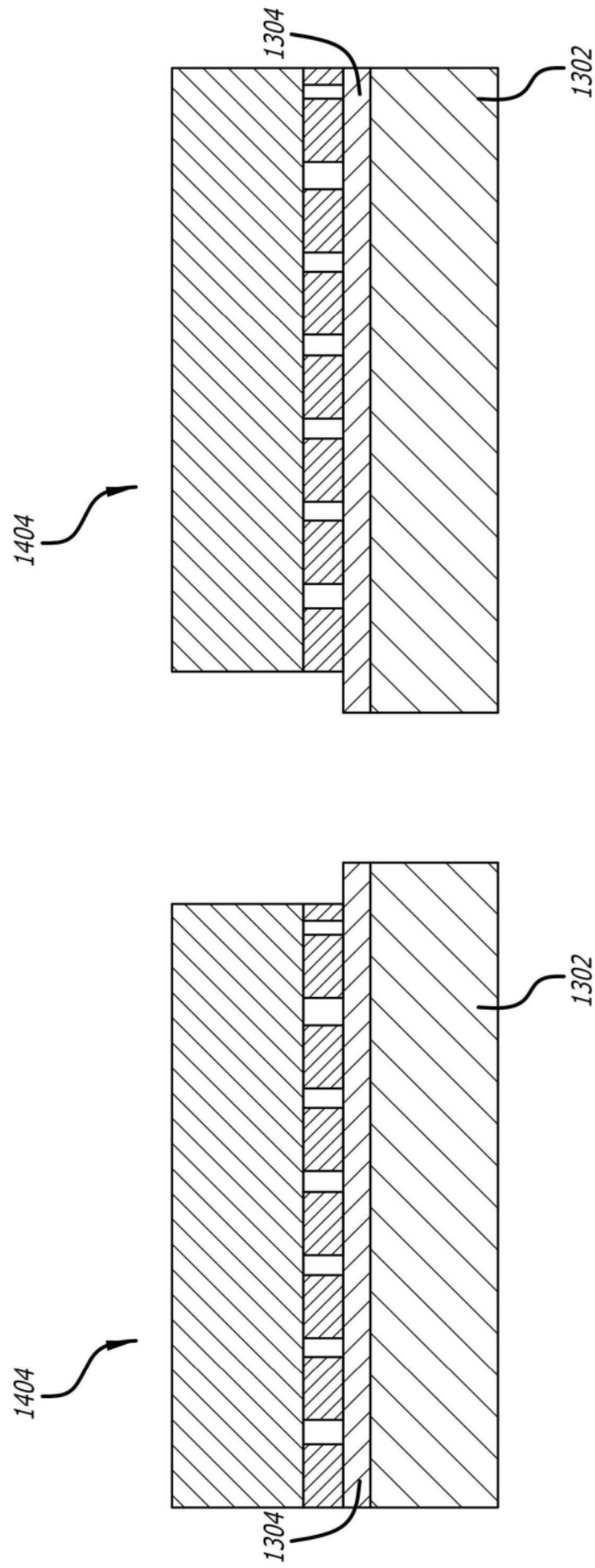


图14B

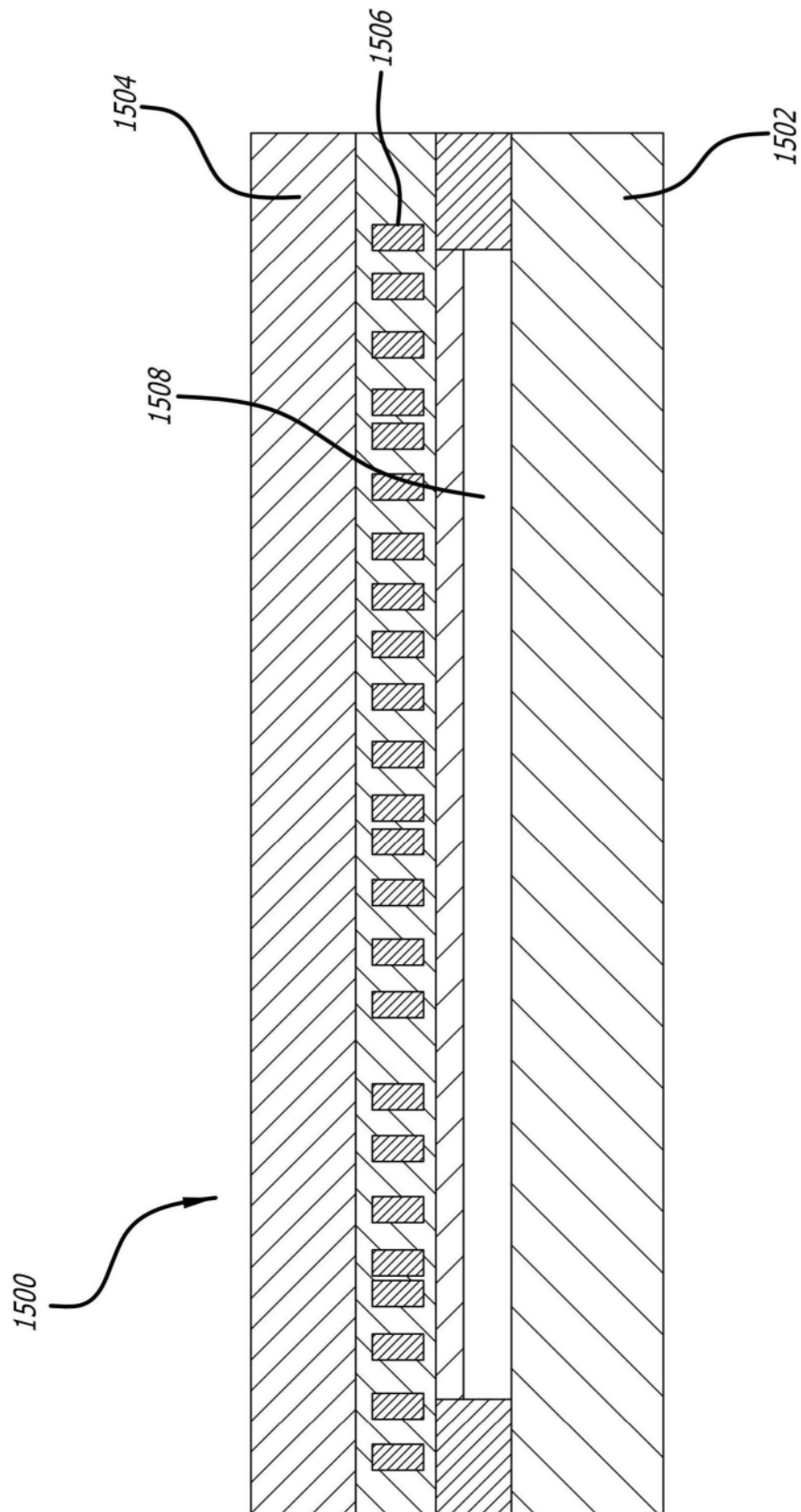


图15

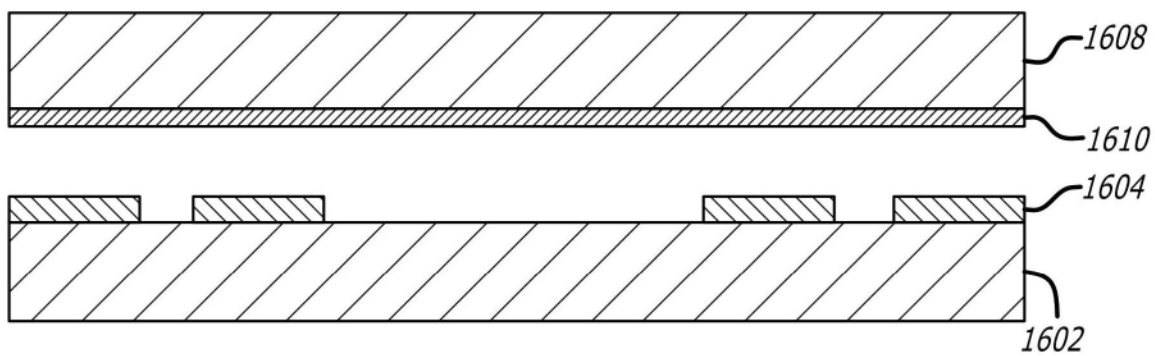


图16A

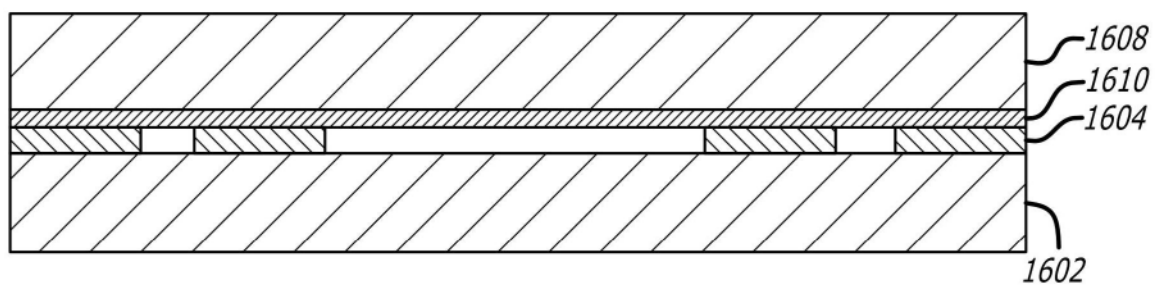


图16B

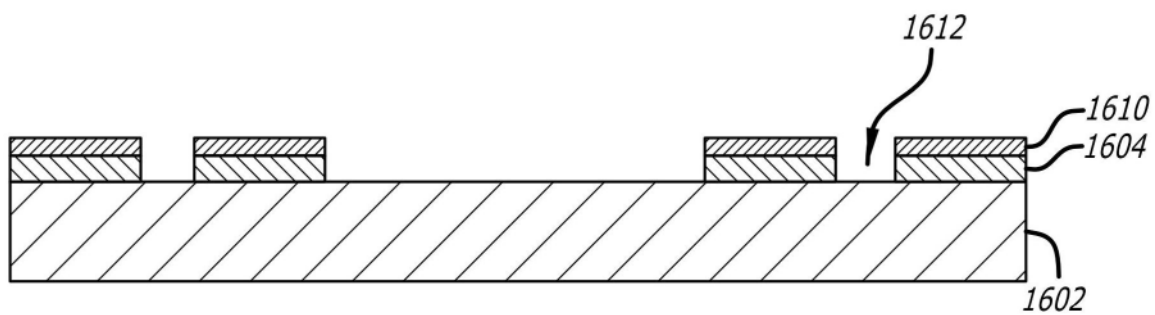


图16C

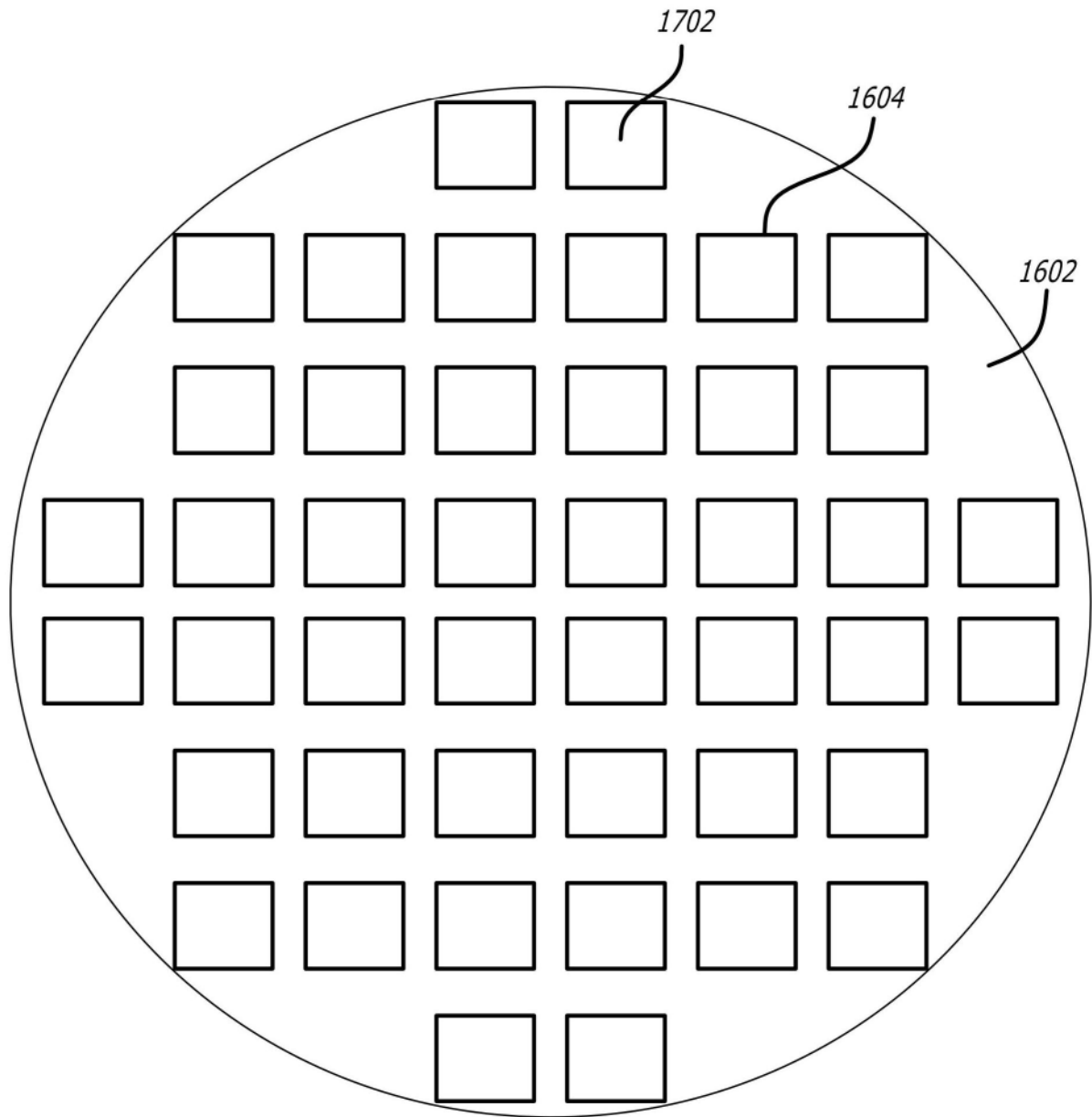


图17

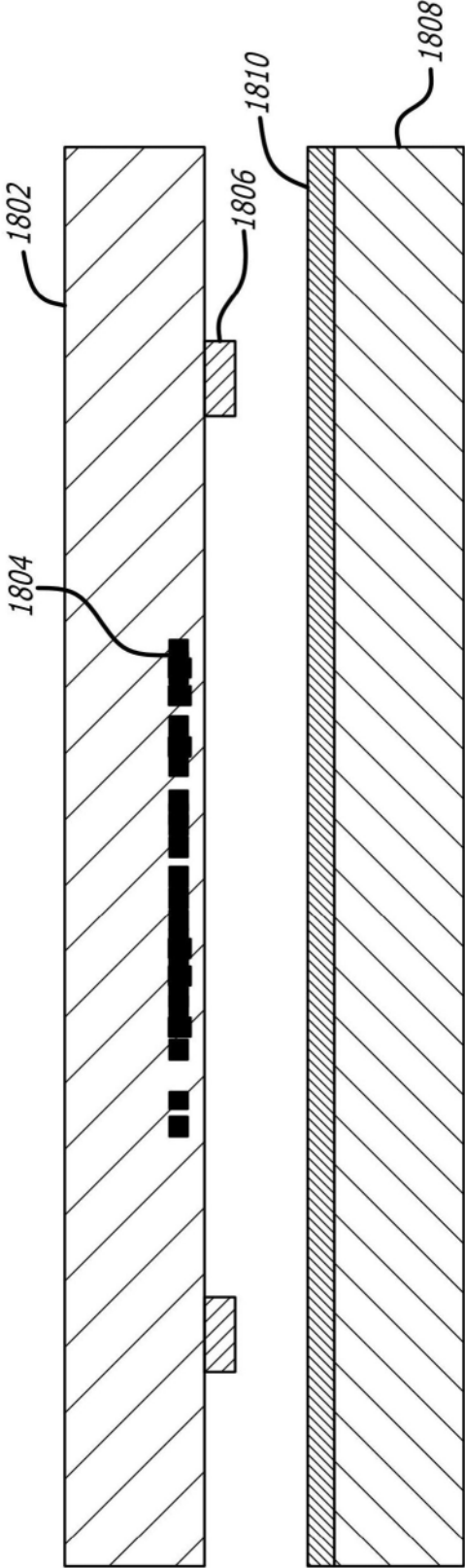


图18A

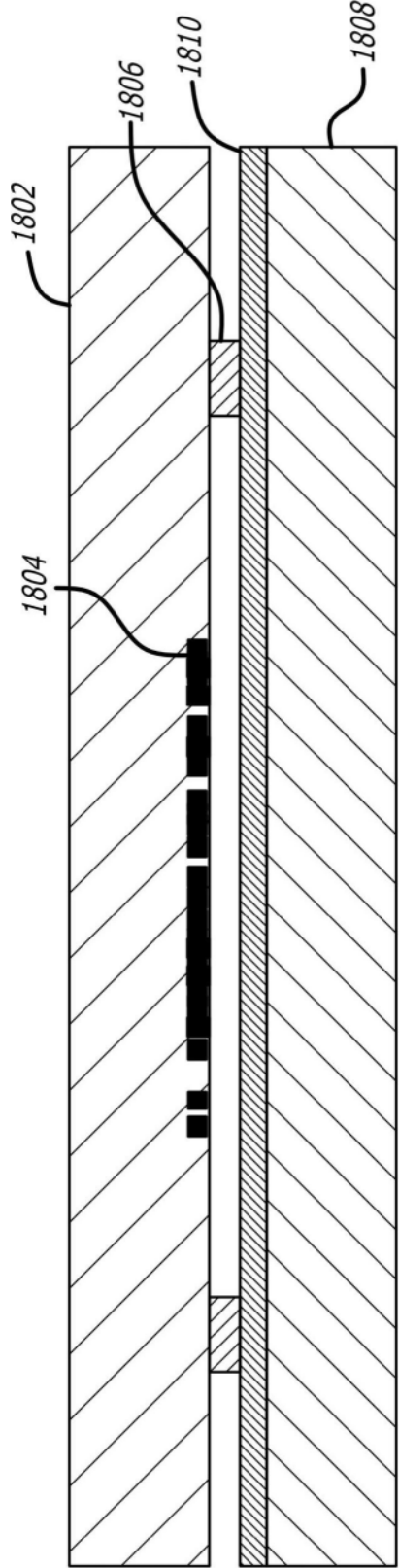


图18B

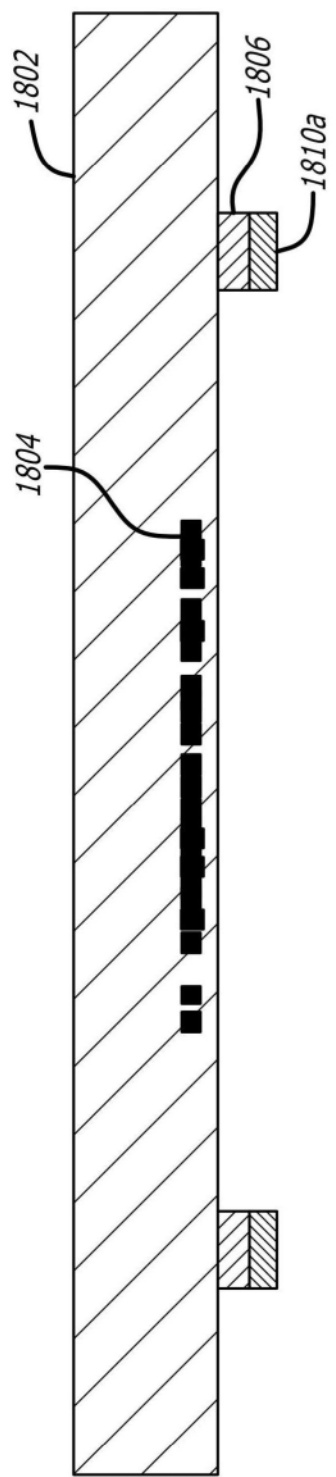


图18C

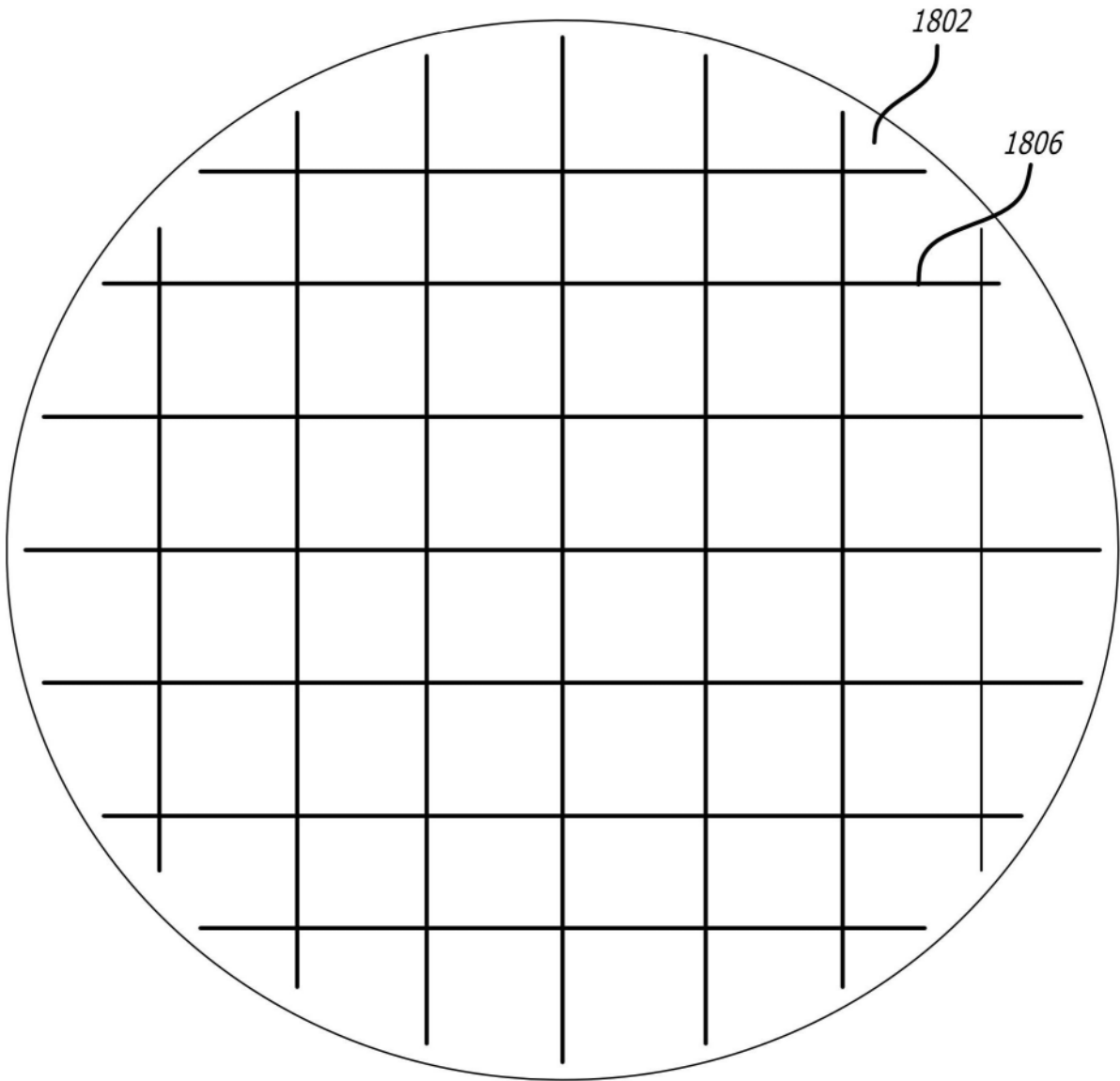


图19

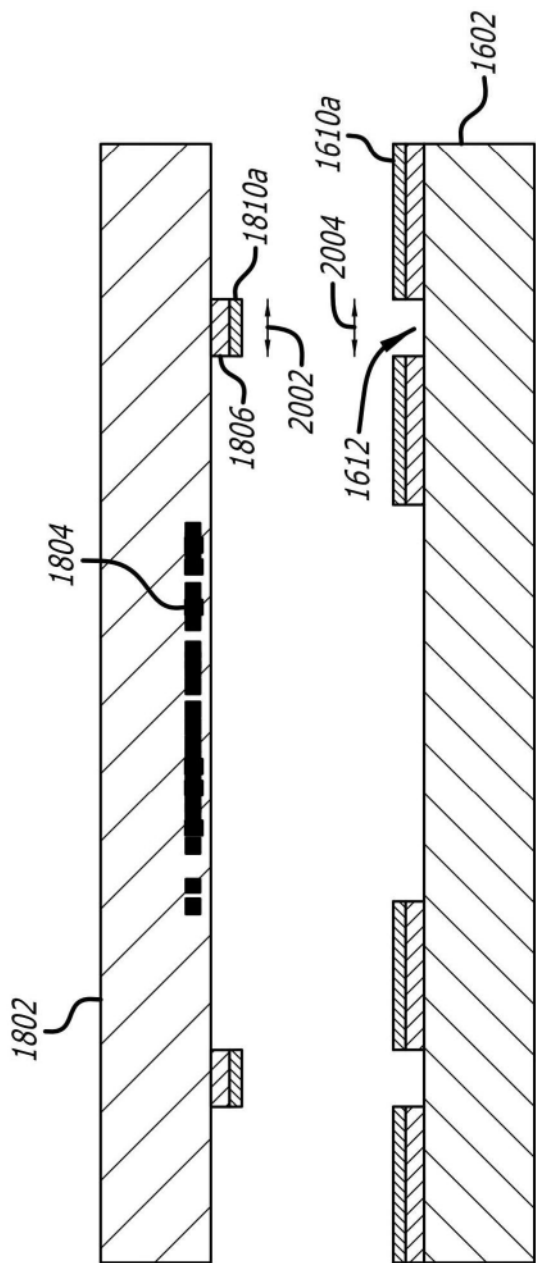


图20A

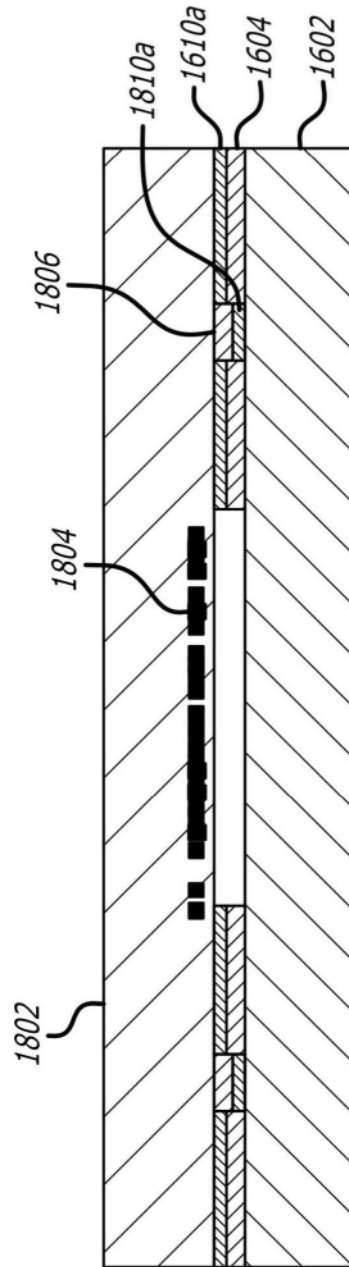


图20B

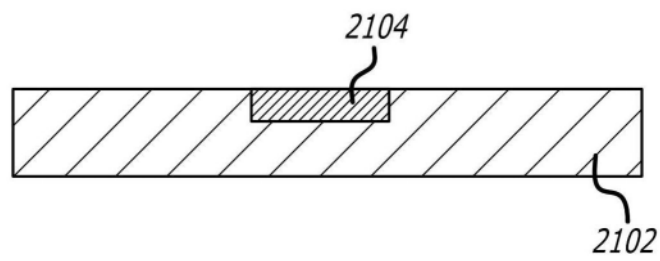


图21A

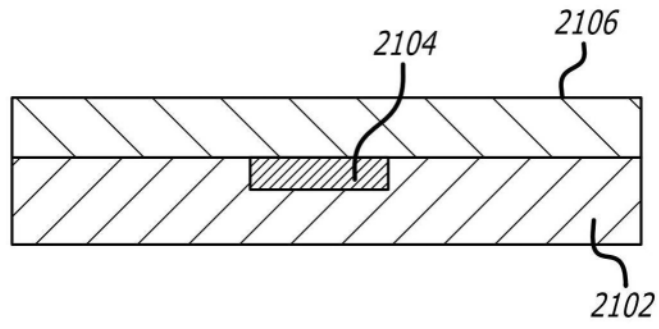


图21B

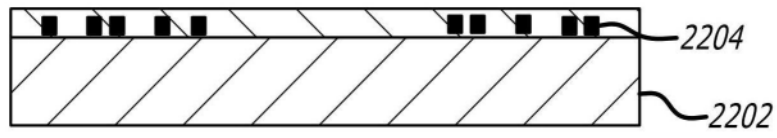


图22A

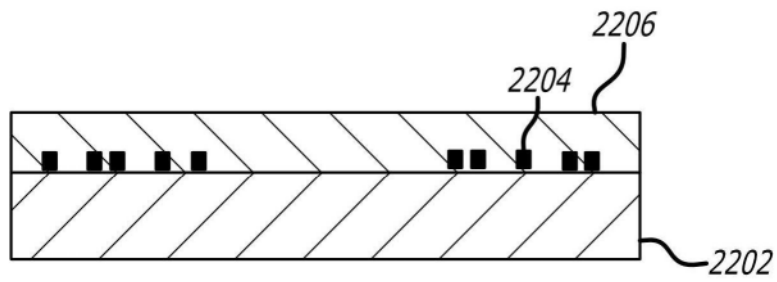


图22B

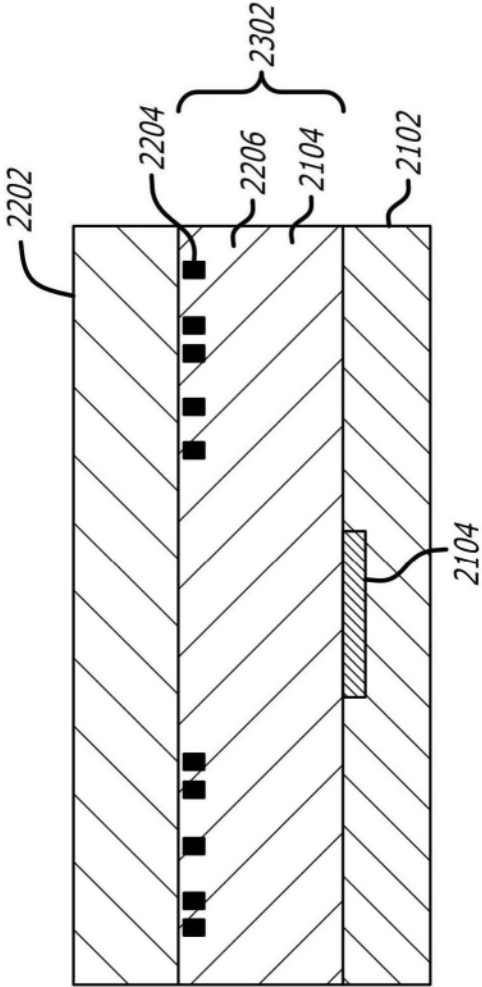


图23A

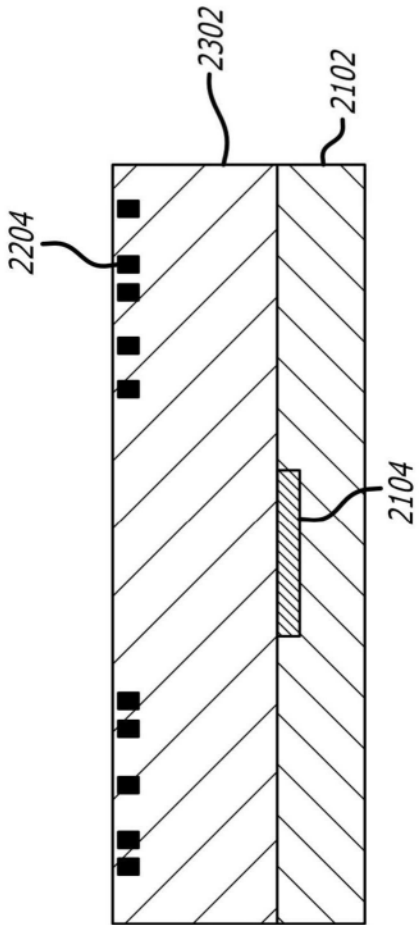


图23B

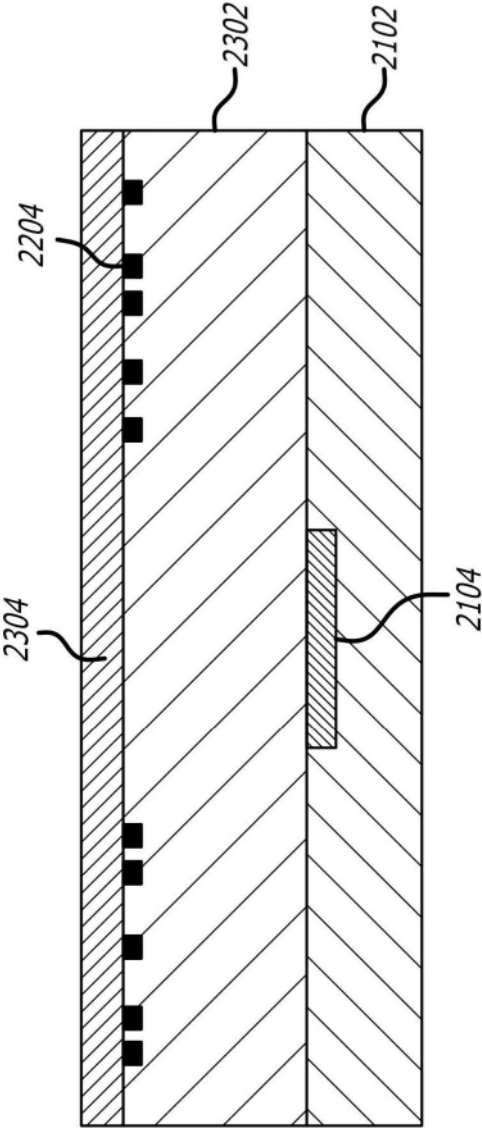


图23C

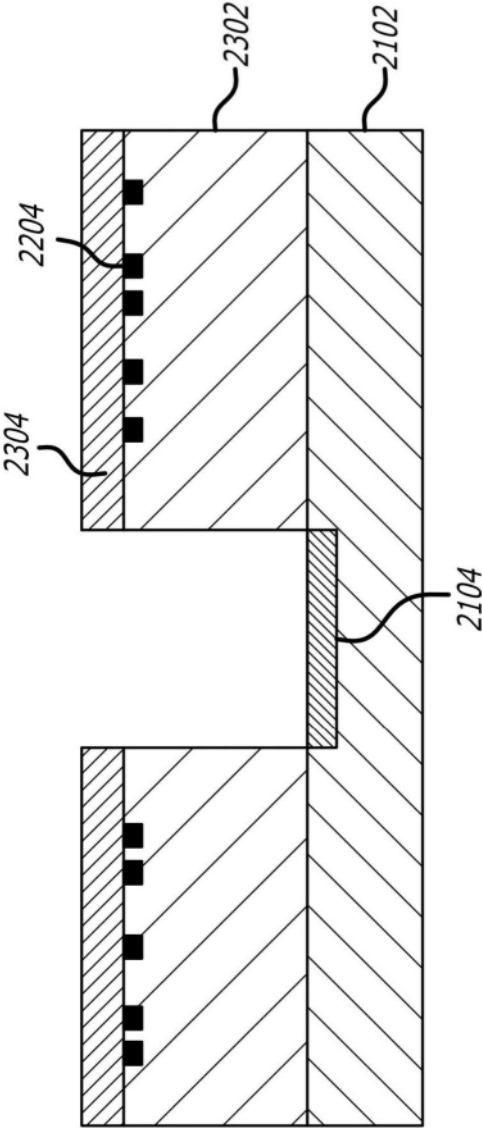


图23D

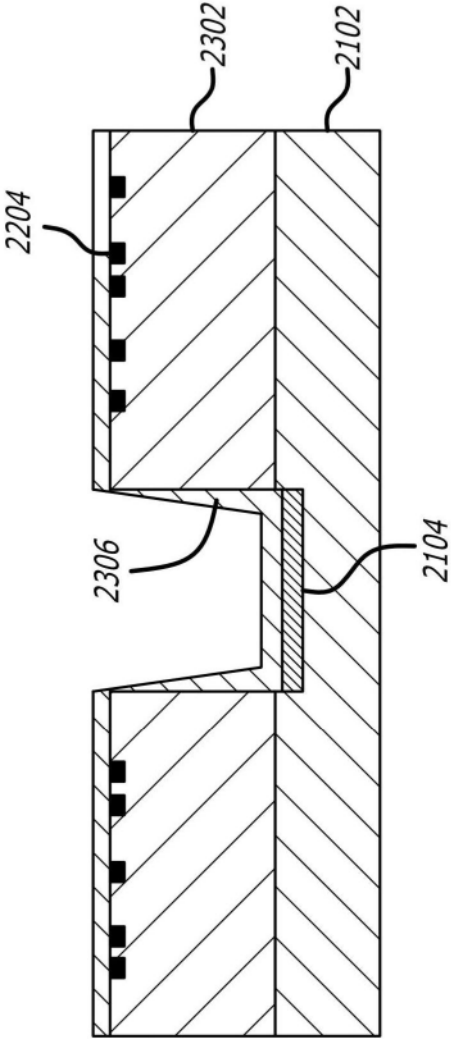


图23E

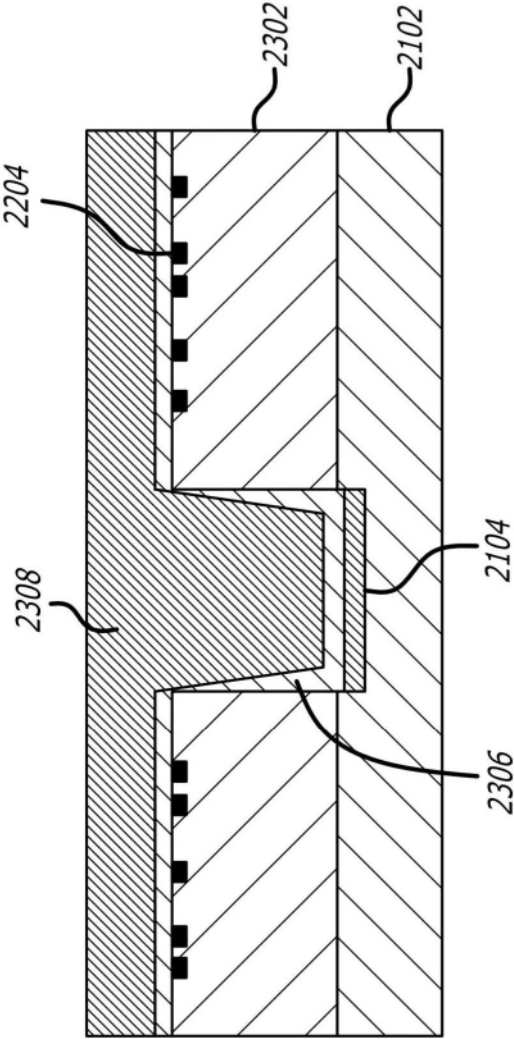


图23F

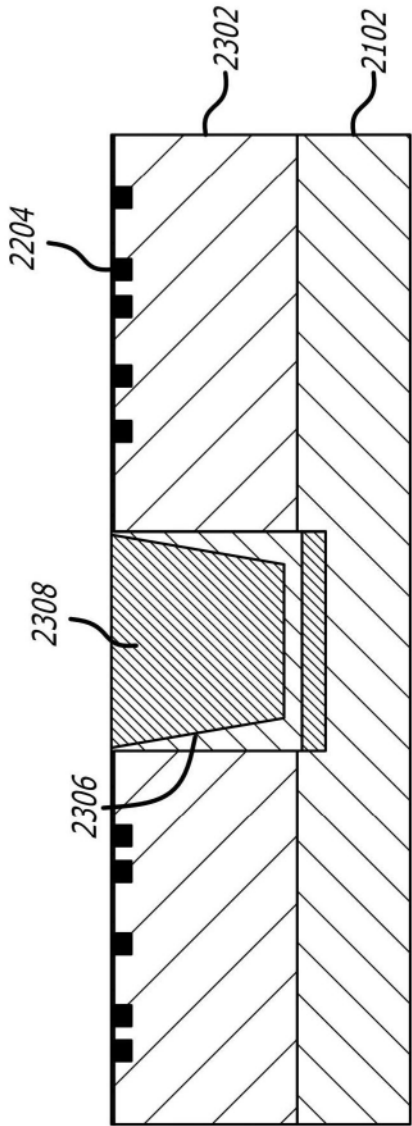


图23G

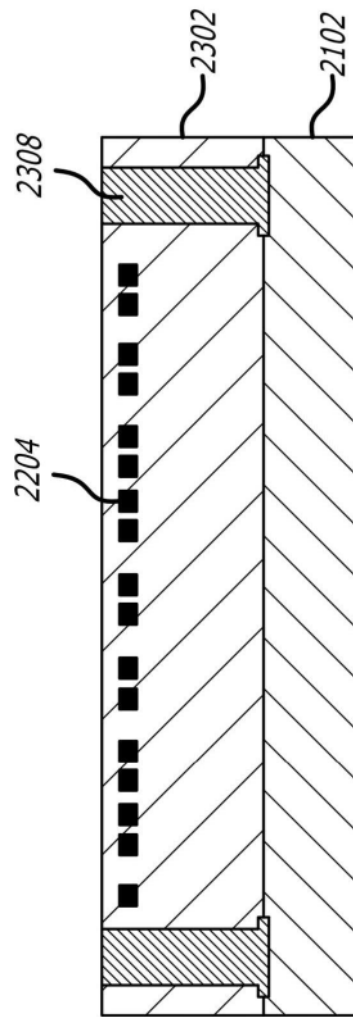


图23H

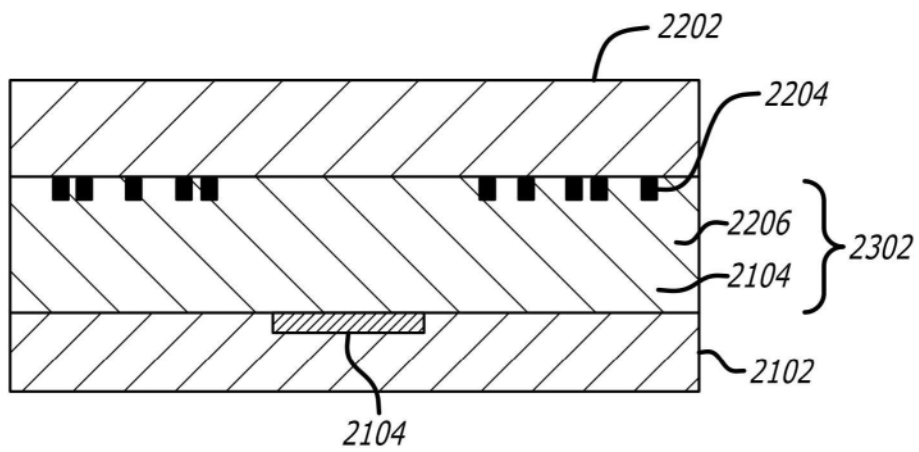


图24A

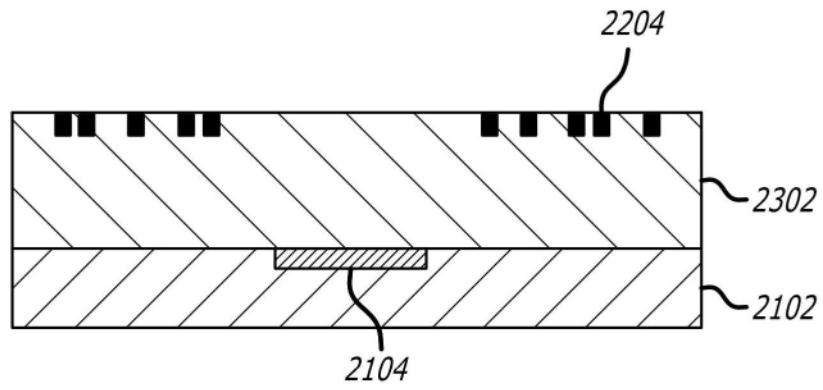


图24B

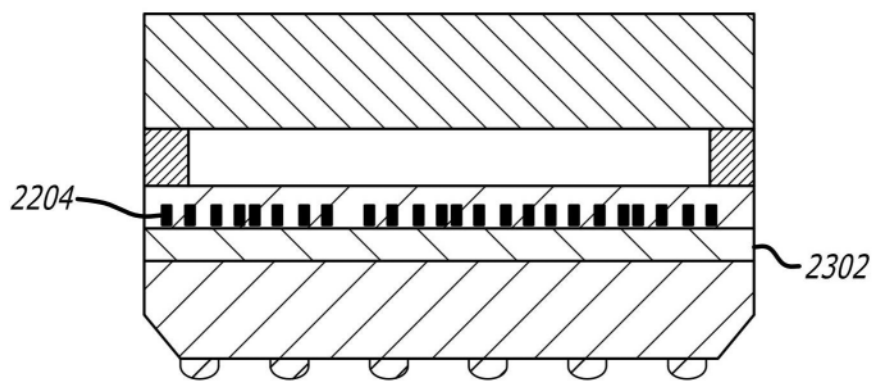


图24C



图25A

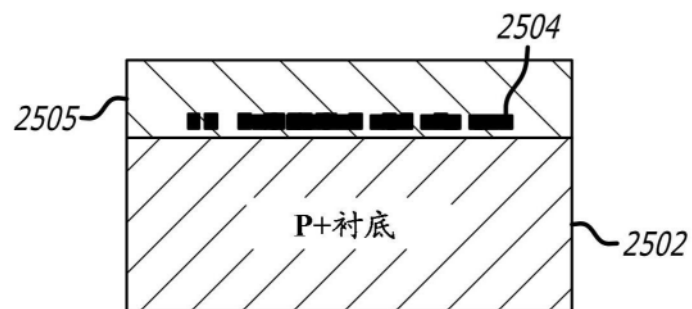


图25B

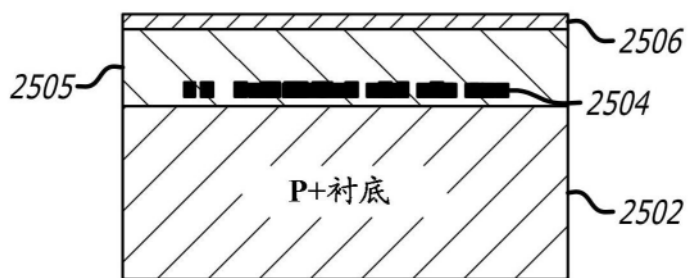


图25C

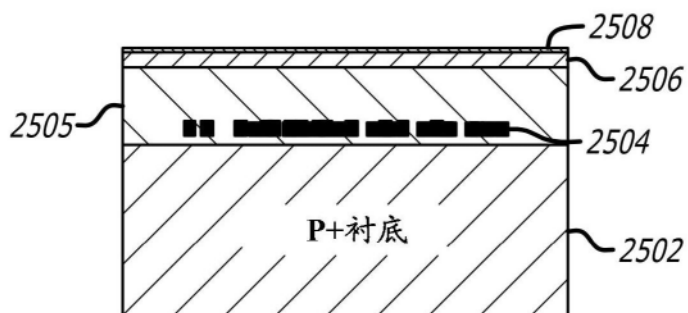


图25D

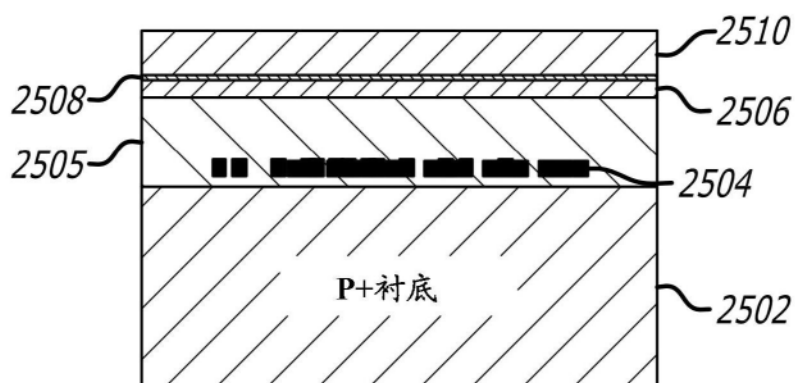


图25E

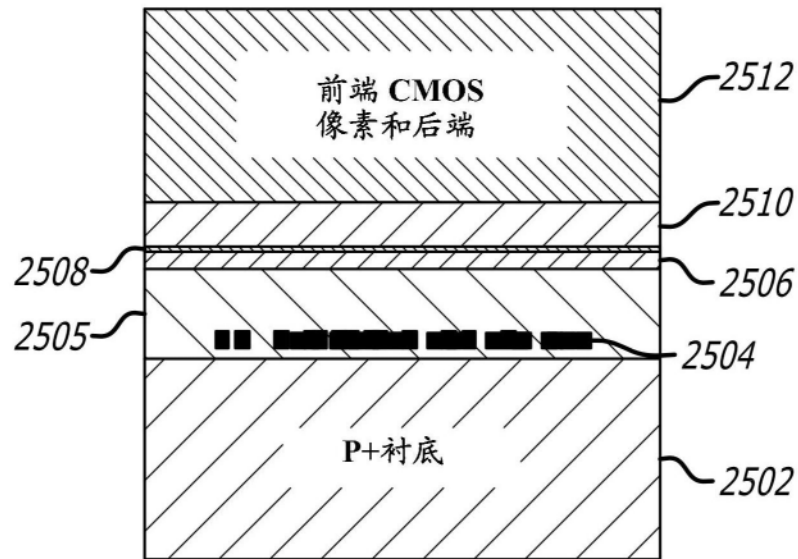


图25F

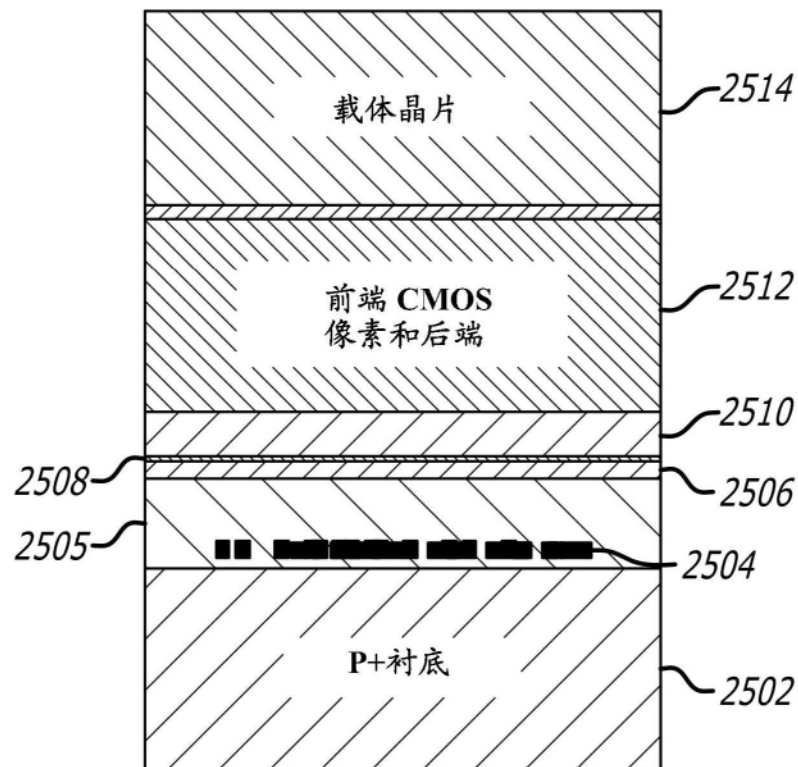


图25G

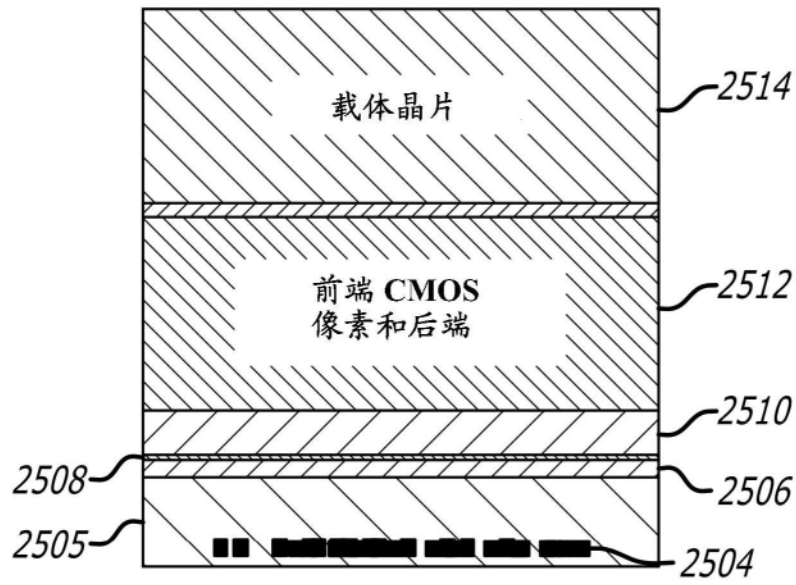


图25H

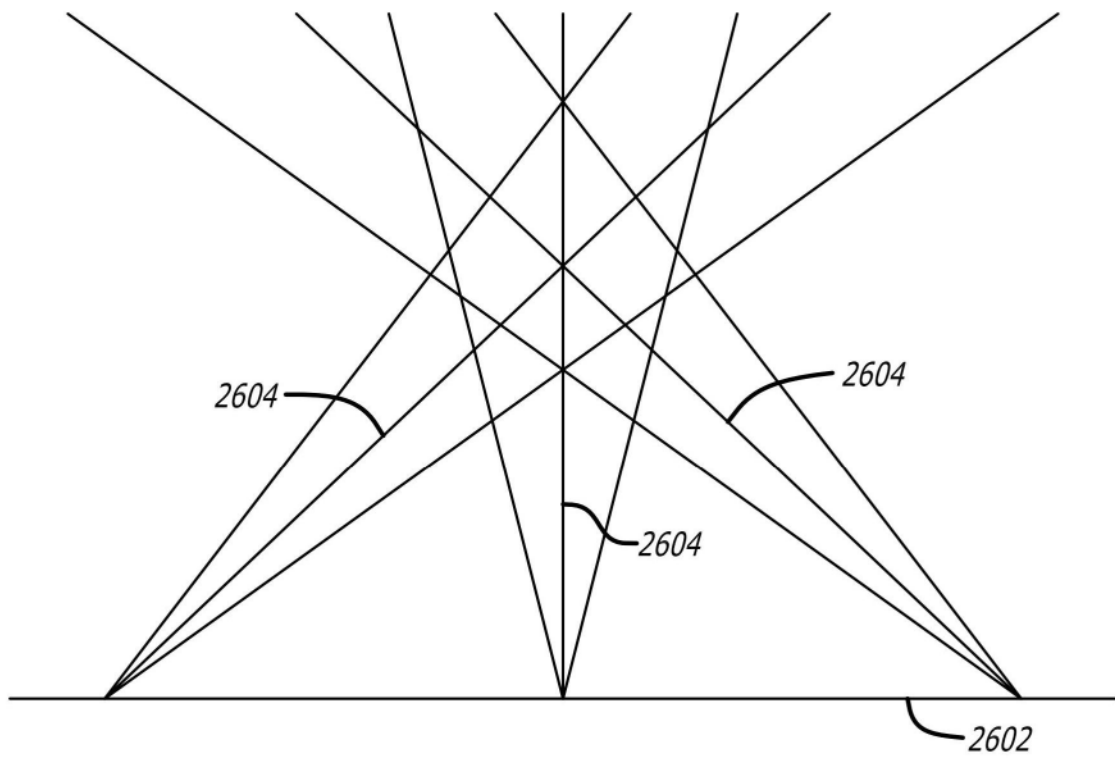


图26

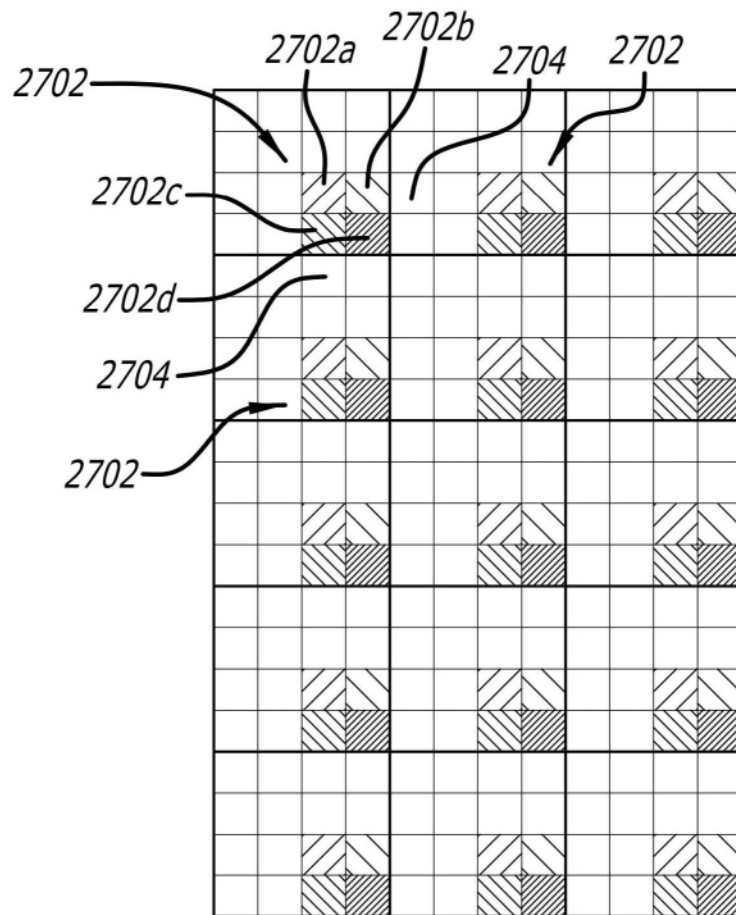


图27A

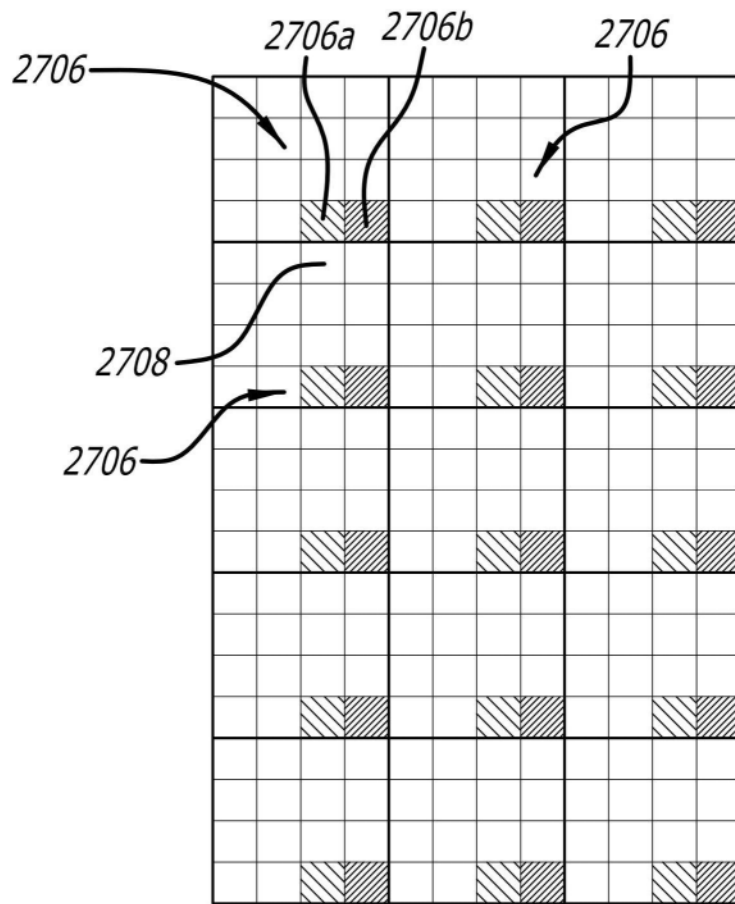


图27B

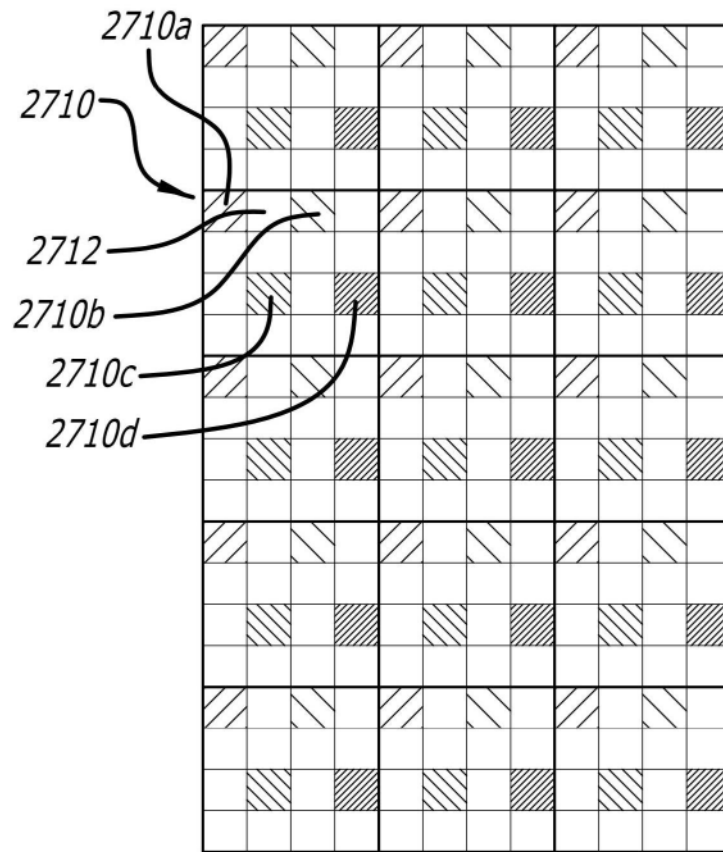


图27C

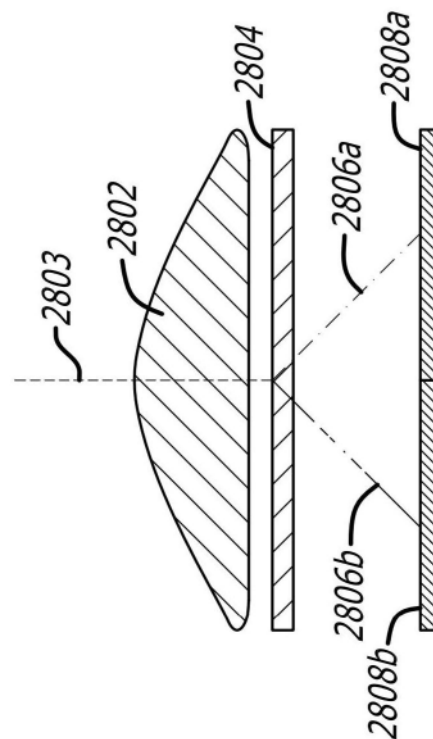


图28A

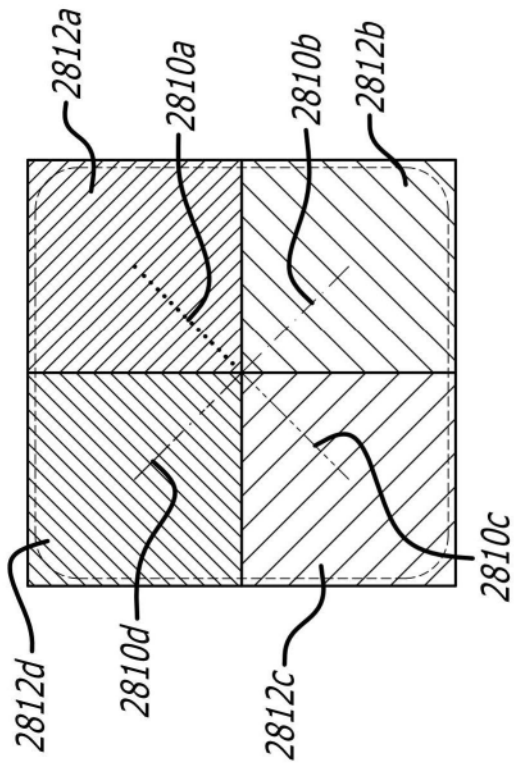


图28B

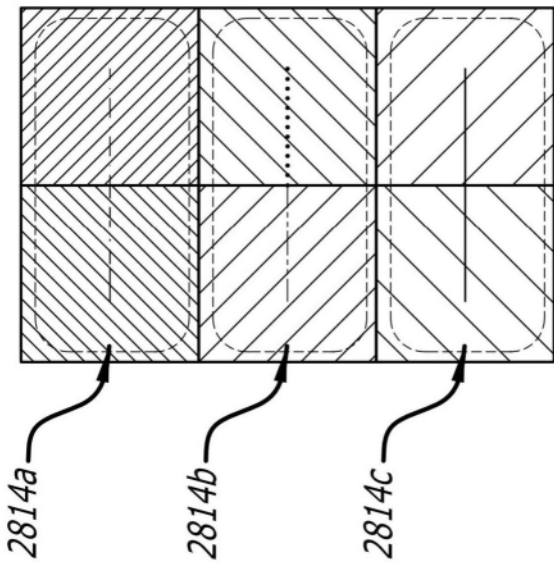


图28C

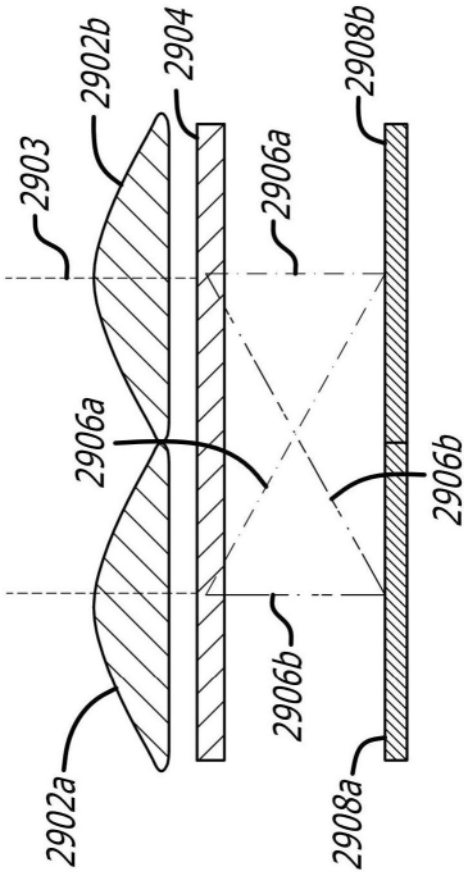


图29A

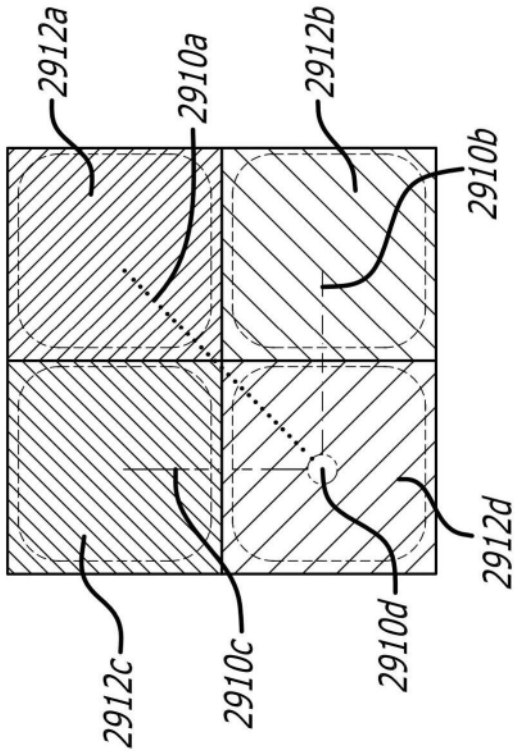


图29B

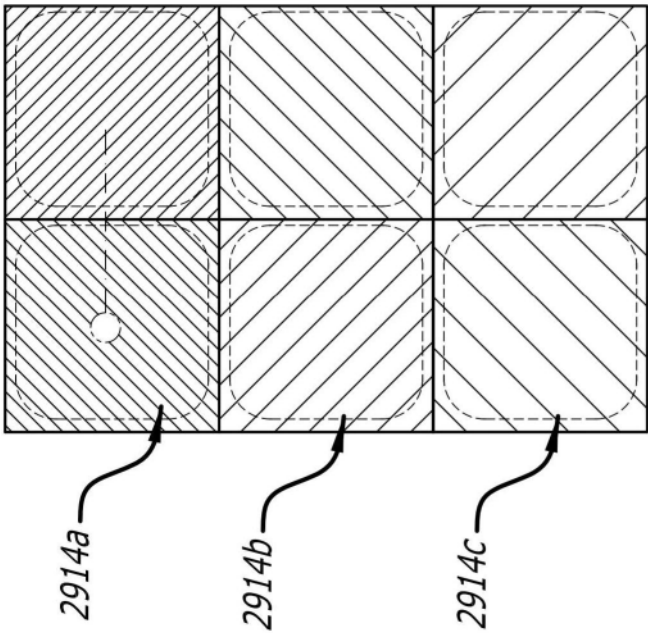


图29C

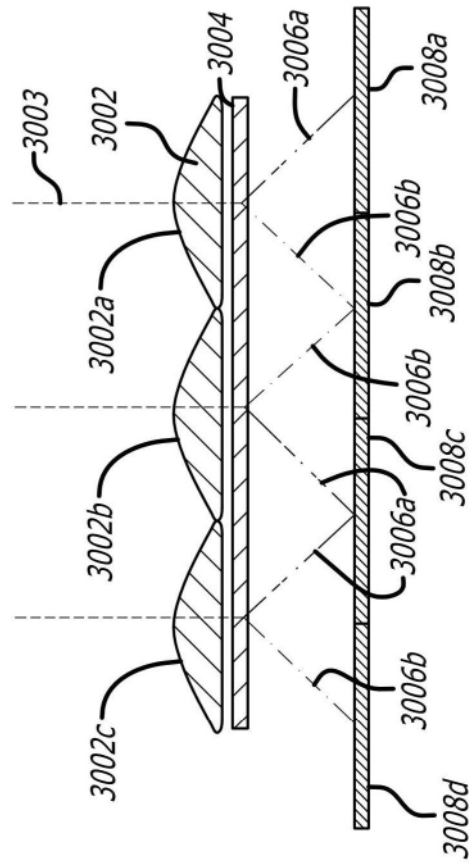


图30A

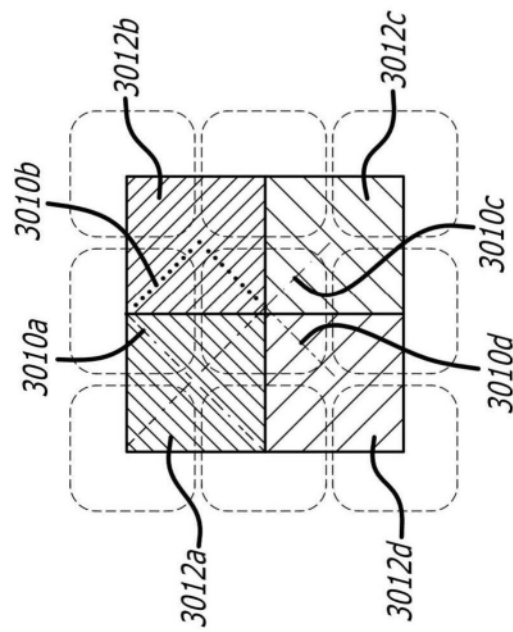


图30B

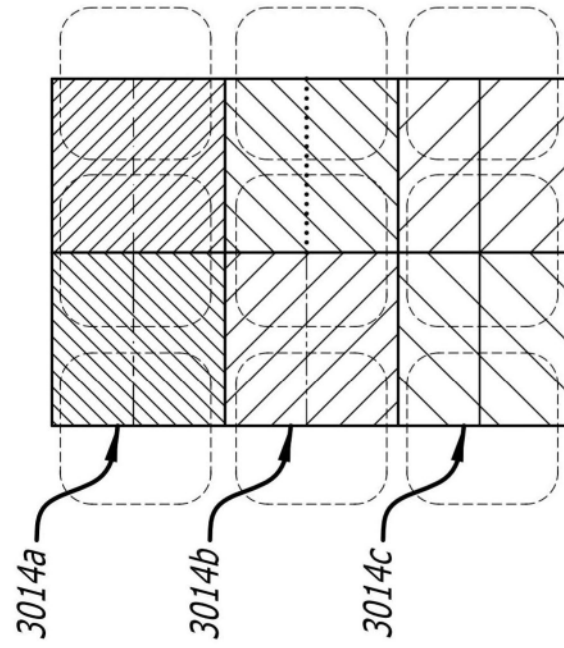


图30C

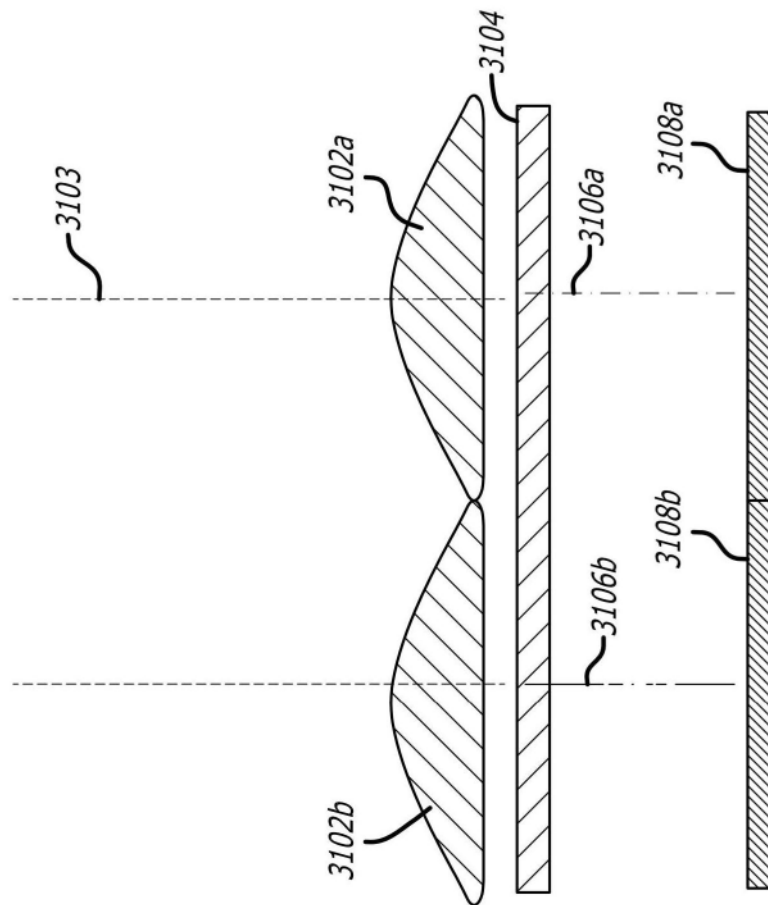


图31A

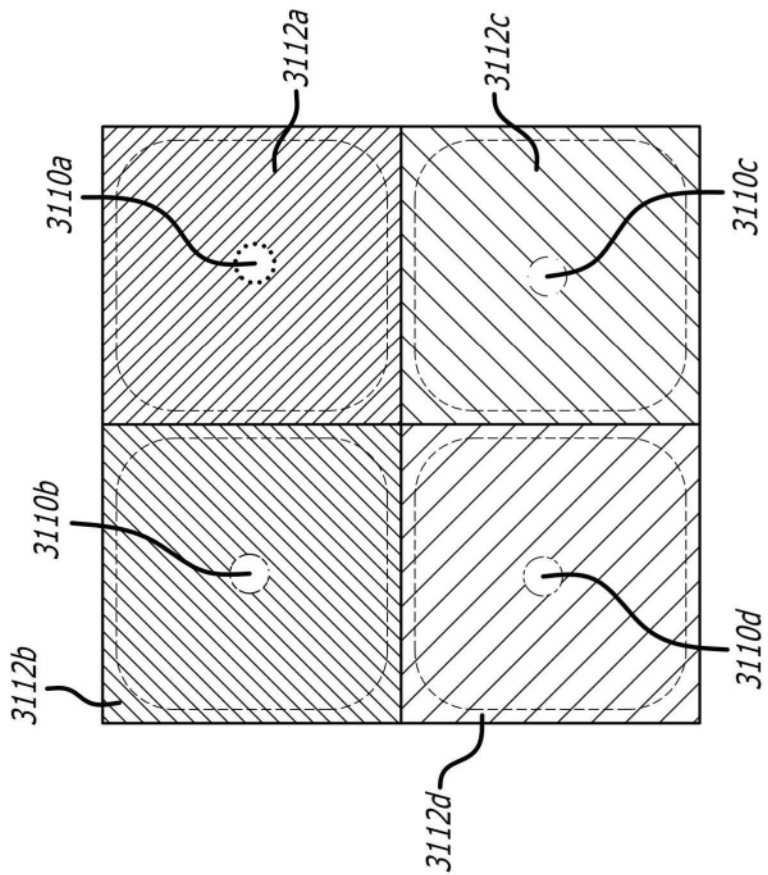


图31B

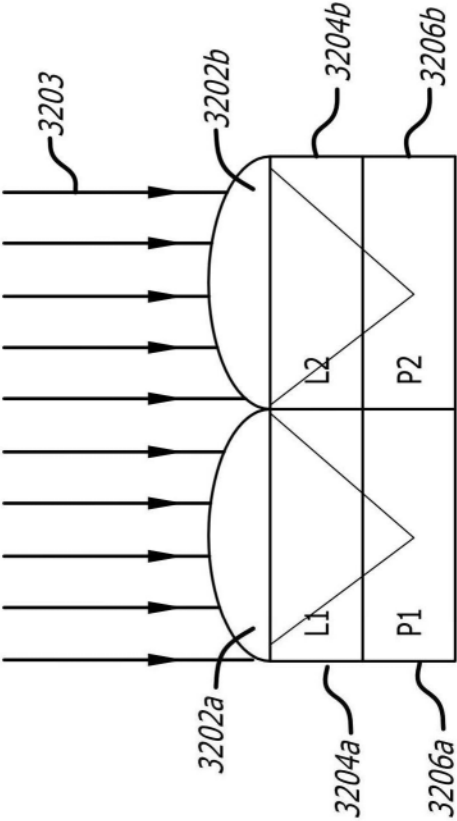


图32A

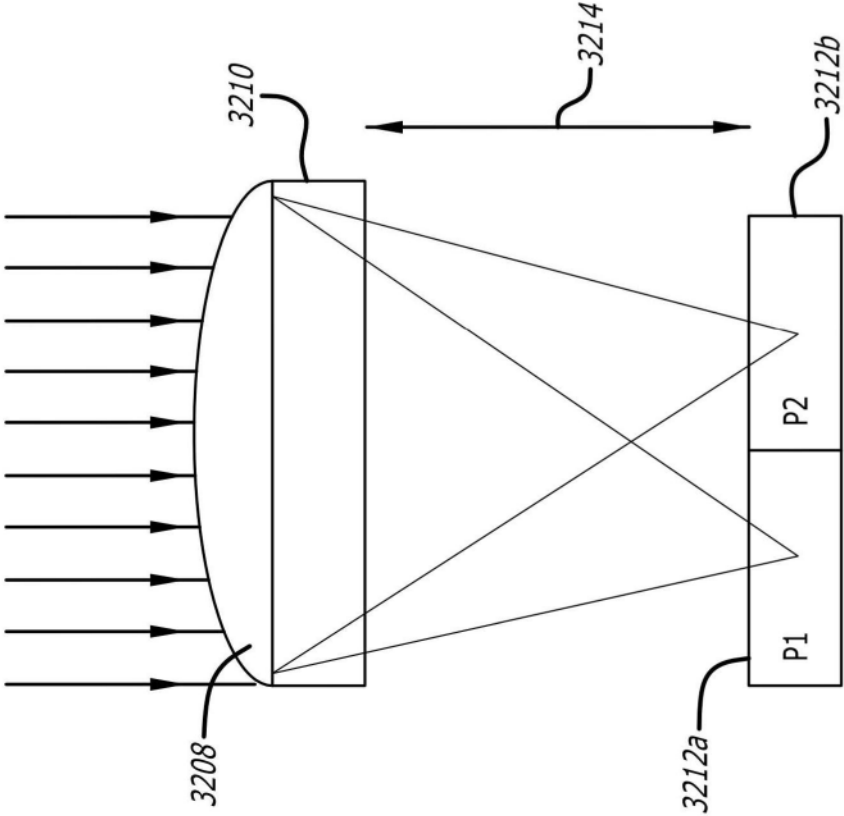


图32B

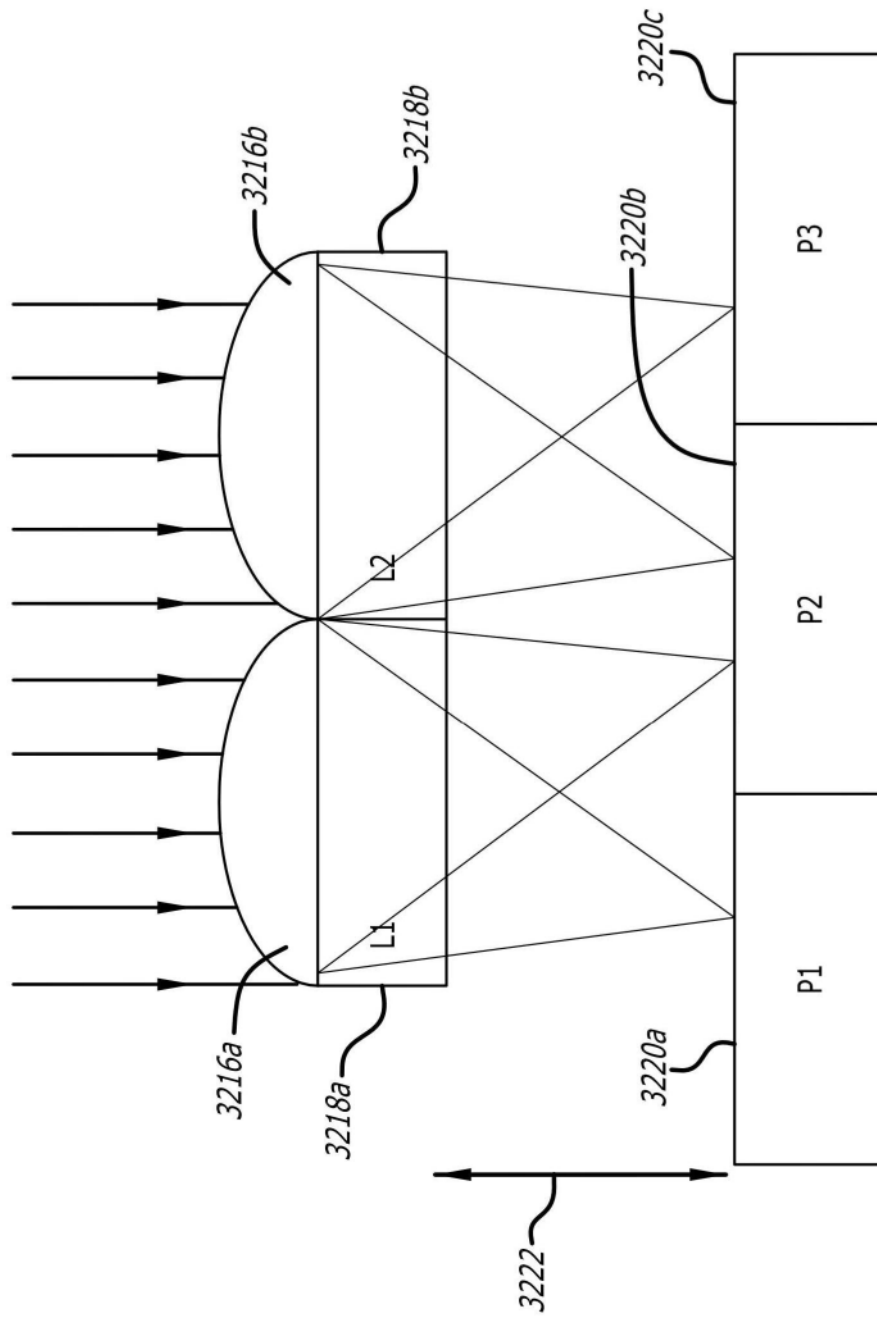


图32C

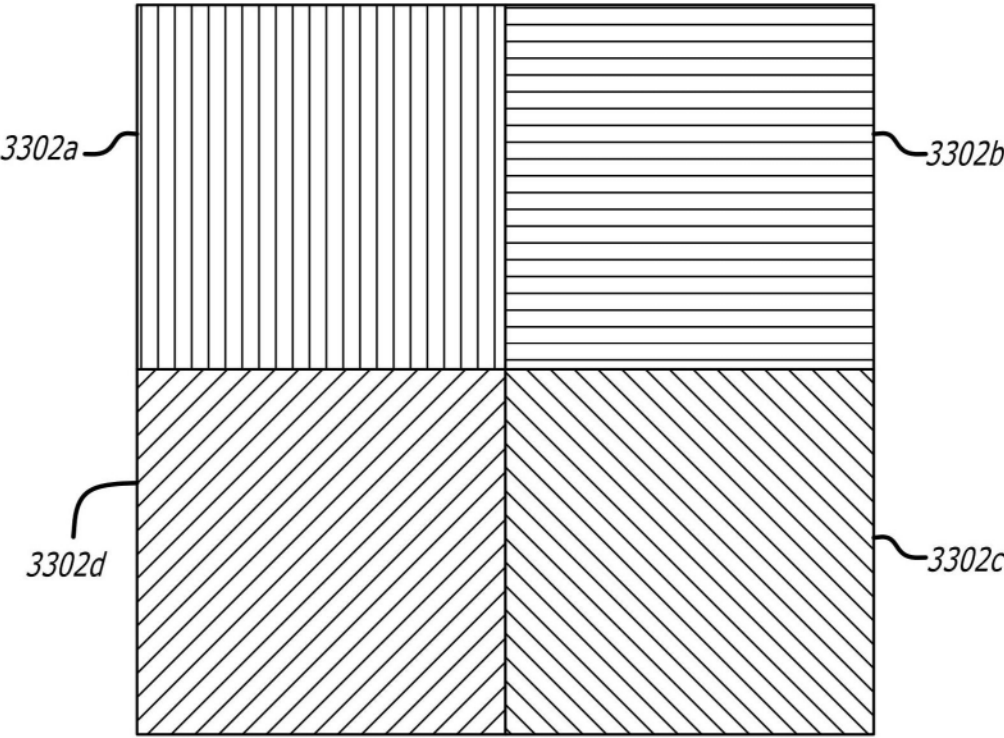


图33A

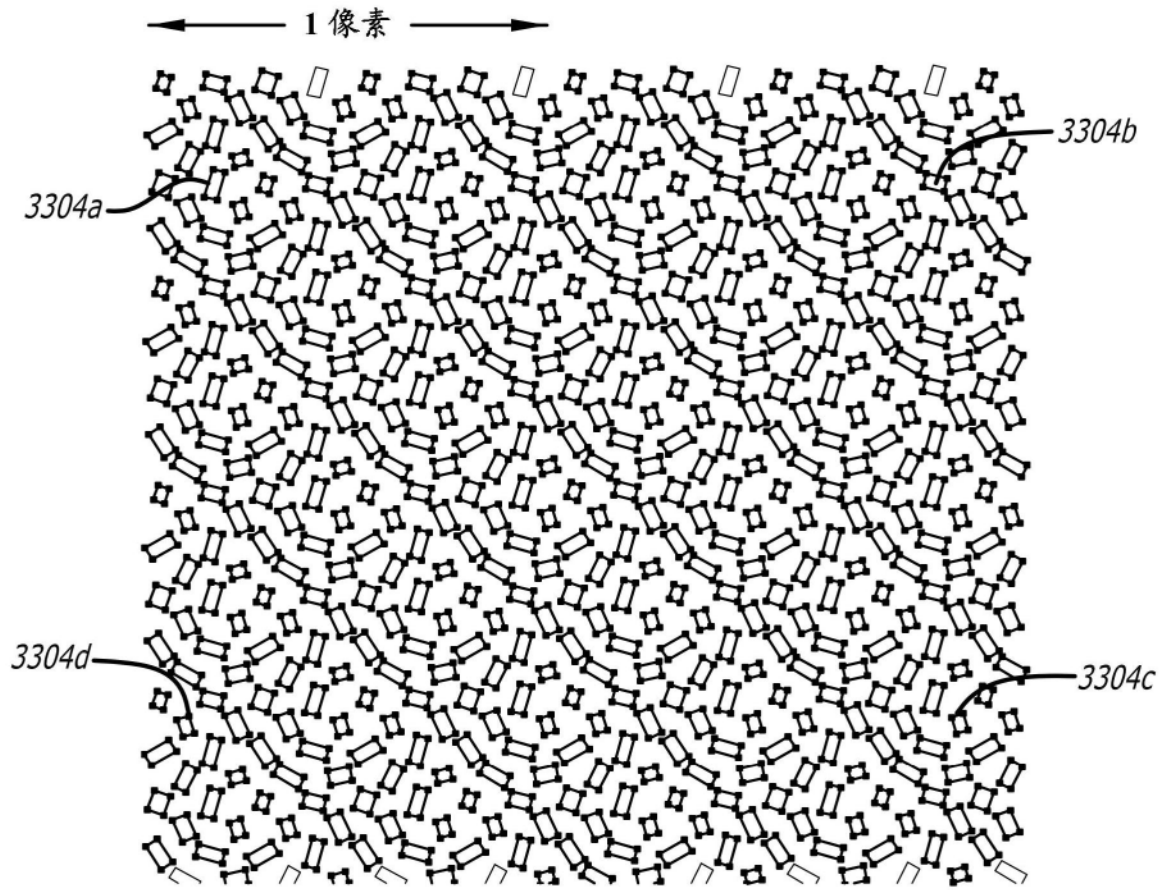


图33B

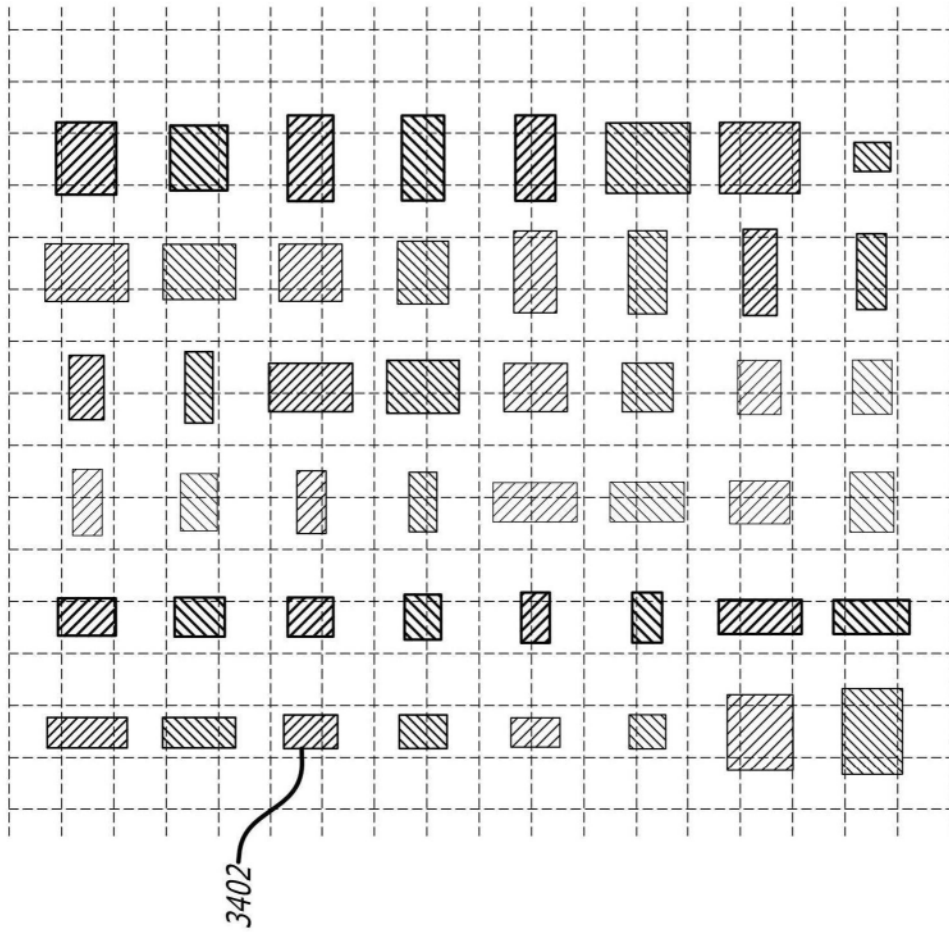


图34A

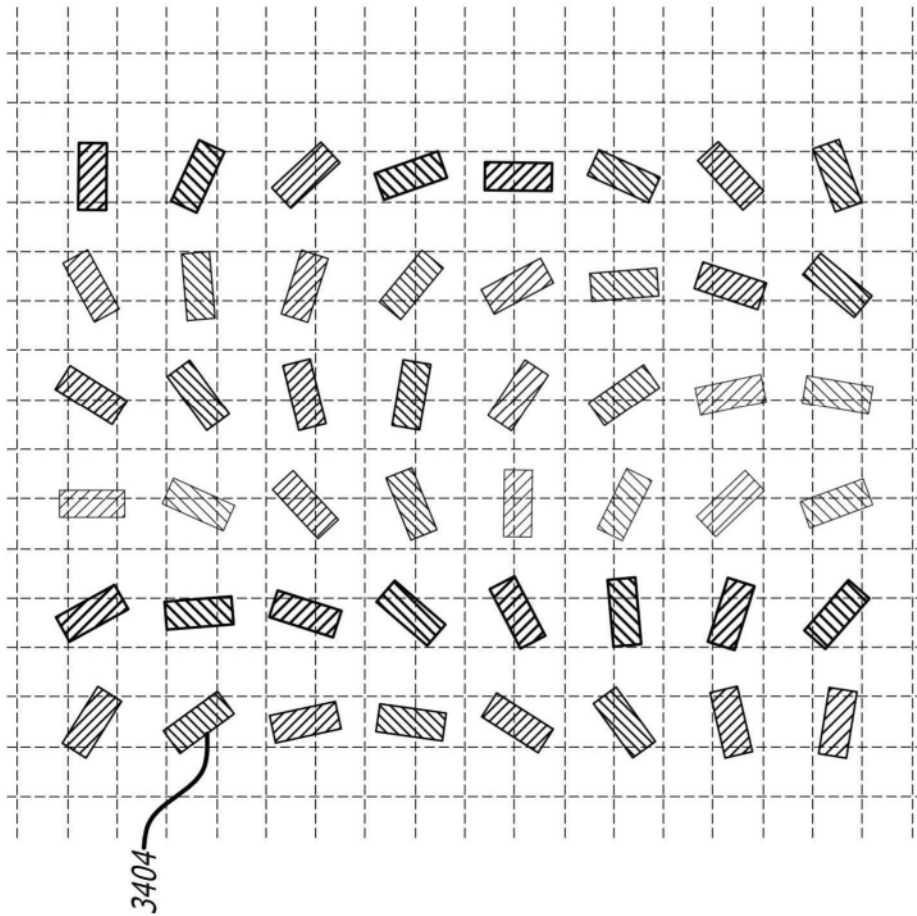


图34B

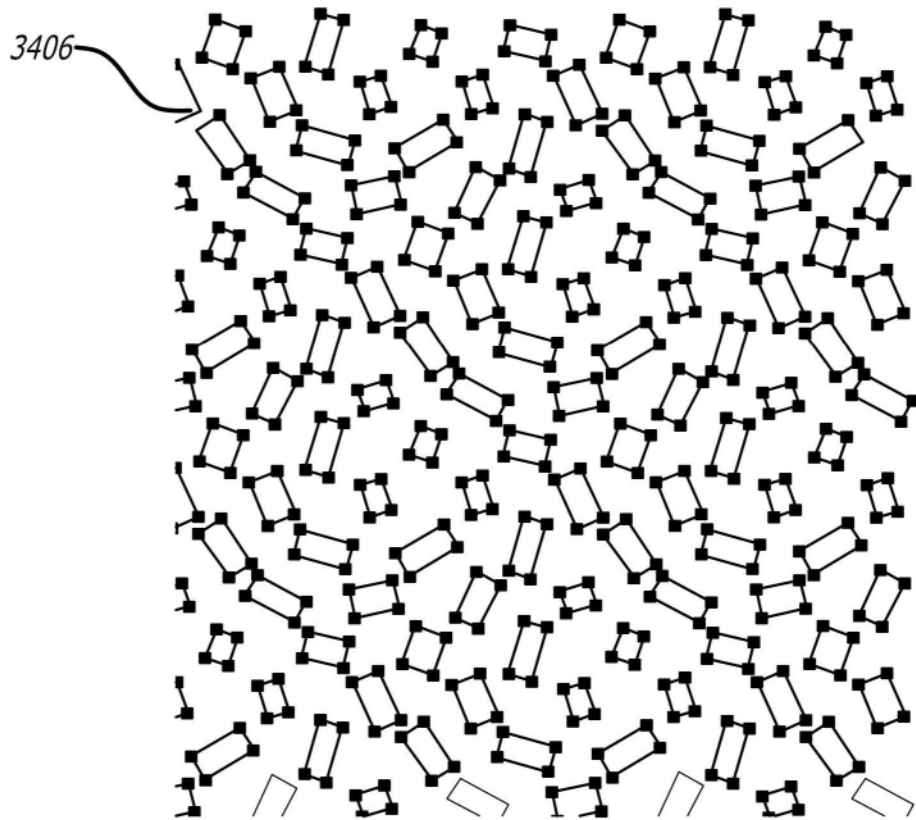


图34C

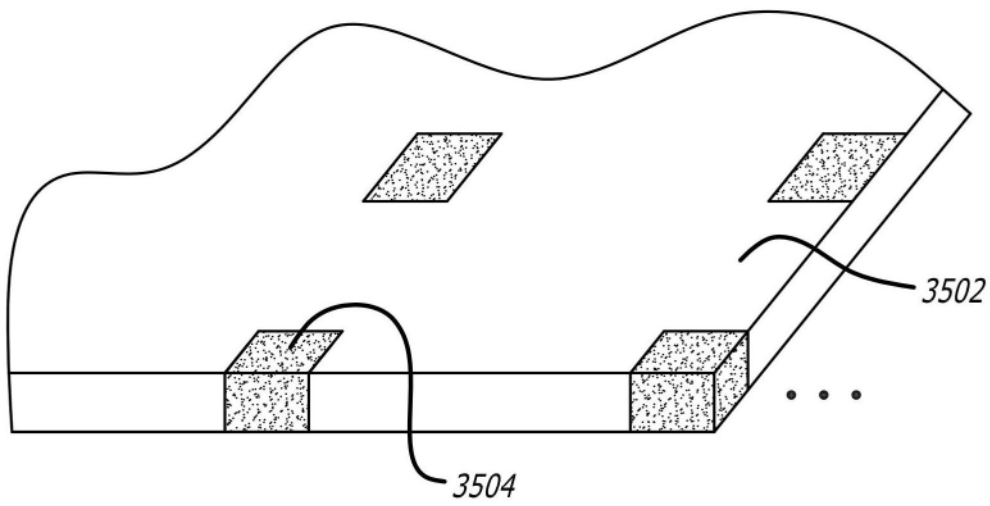


图35A

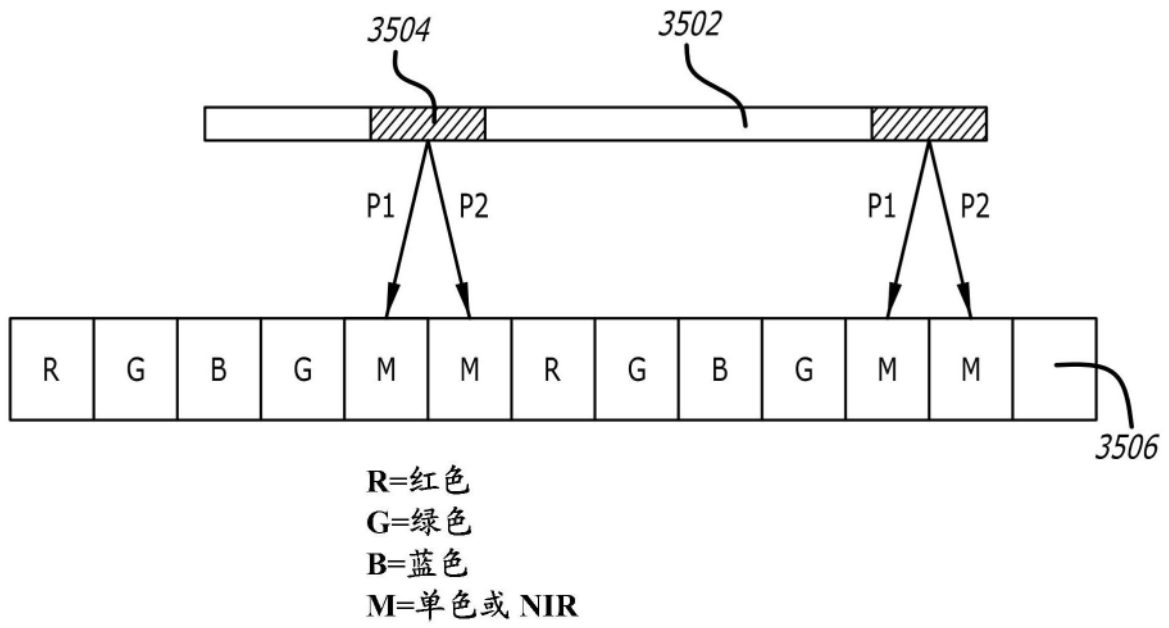


图35B

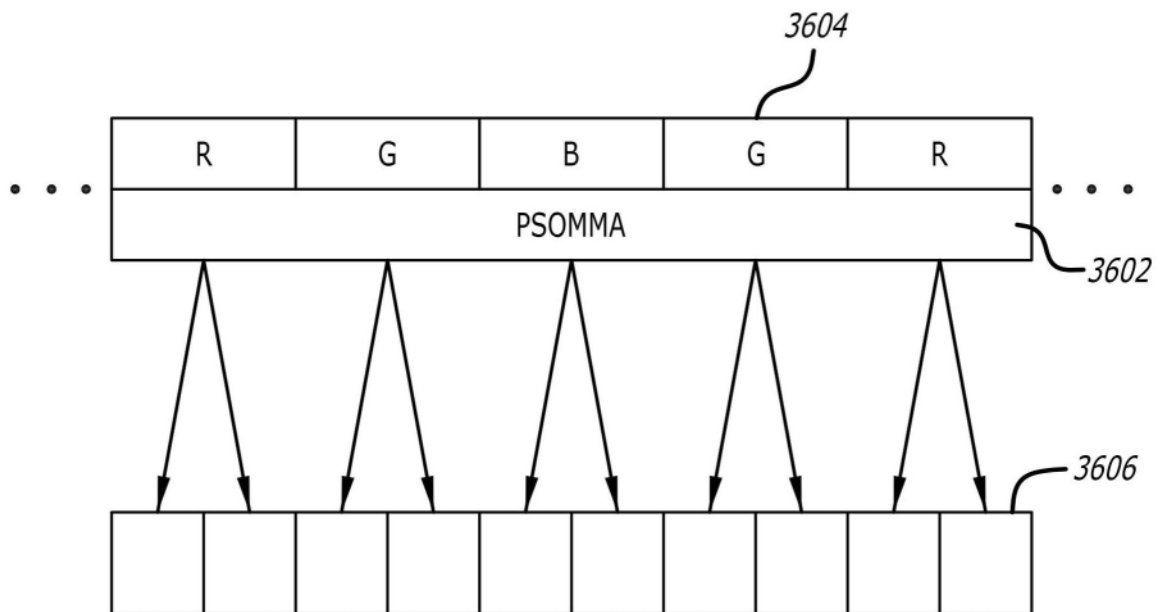


图36A

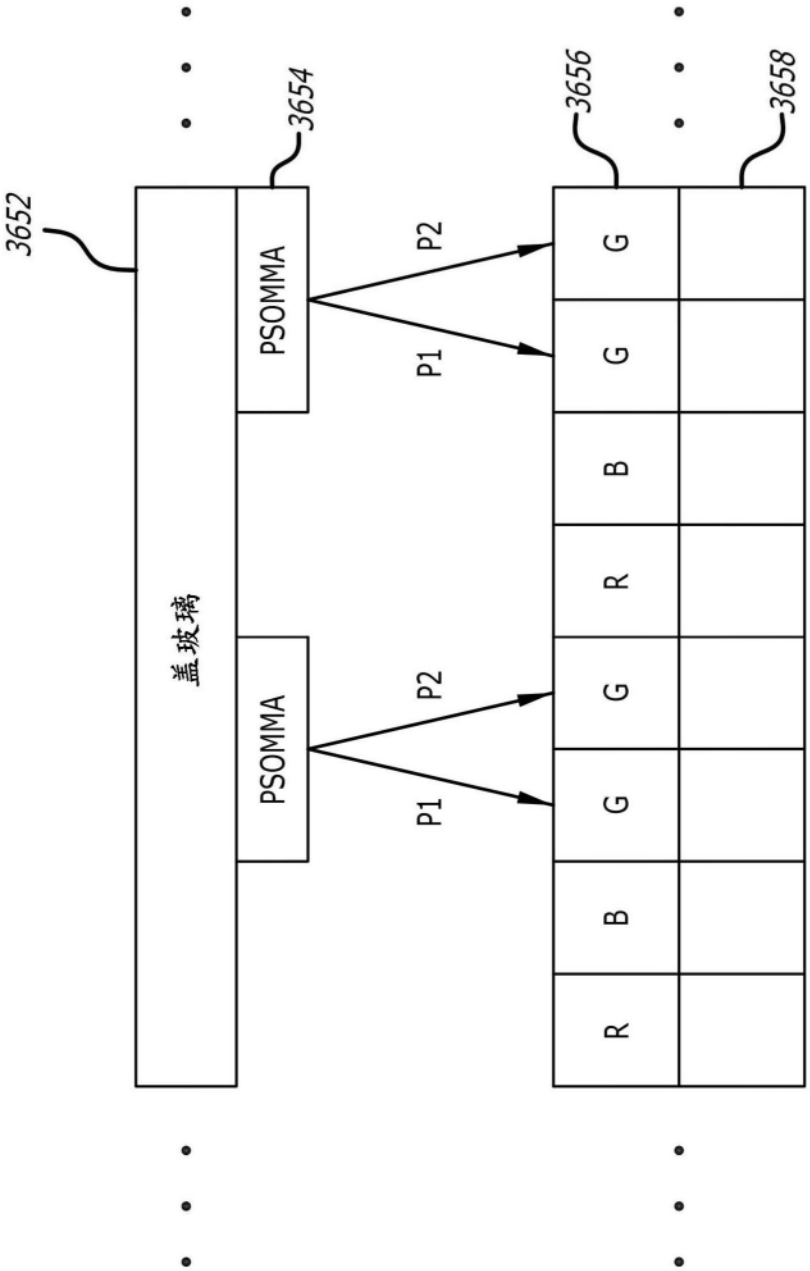


图36B