



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115639642 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 24

(21) 申请号 202211363224.X

G02B 27/01 (2006.01)

(22) 申请日 2017.11.16

G02F 1/13 (2006.01)

(30) 优先权数据

62/424,293 2016.11.18 US

(62) 分案原申请数据

201780083574.1 2017.11.16

(71) 申请人 奇跃公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 C·奥

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

专利代理师 于静 牛南辉

(51) Int. Cl.

G02B 6/10 (2006.01)

G02B 5/18 (2006.01)

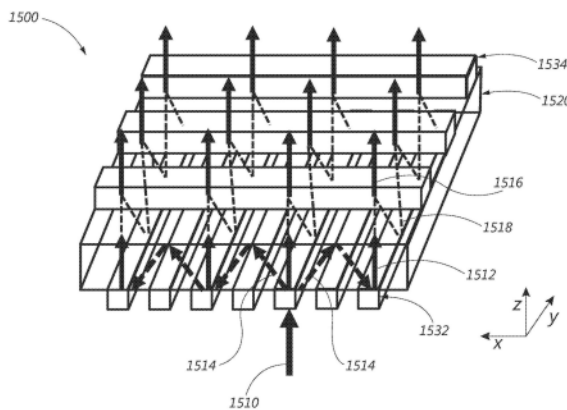
权利要求书4页 说明书24页 附图35页

(54) 发明名称

使用交叉光栅的波导光复用器

(57) 摘要

本文描述了一种二维波导光复用器,其能够有效地在二维上复用和分布光信号。二维波导光复用器的示例能够包括波导、第一衍射光栅、和第二衍射光栅,并且第二衍射光栅设置在第一衍射光栅上方并且被布置为使得第一衍射光栅的光栅方向垂直于第二衍射光栅的光栅方向。还公开了制造二维波导光复用器的方法。



1. 一种光学元件,包括:  
波导;  
所述波导上的外耦合光学元件,所述外耦合光学元件包括:  
具有光栅方向的至少一个或多个第一衍射光栅,所述一个或多个第一衍射光栅设置在所述波导的主表面上;以及  
具有光栅方向的至少一个或多个第二衍射光栅,所述一个或多个第二衍射光栅相对于所述一个或多个第一衍射光栅设置以使得所述一个或多个第一衍射光栅的所述光栅方向垂直于所述一个或多个第二衍射光栅的所述光栅方向;  
其中,所述至少一个或多个第二衍射光栅或所述至少一个或多个第一衍射光栅被设置在另一个之上;以及  
内耦合光学元件,其位于所述波导上与所述外耦合光学元件分开的横向偏移位置处。
2. 根据权利要求1所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一衍射光栅设置在所述波导的底部主表面上,并且所述一个或多个第二衍射光栅设置在所述波导的顶部主表面上。
3. 根据权利要求1所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一衍射光栅和所述一个或多个第二衍射光栅各自包括对称衍射光栅。
4. 根据权利要求1所述的光学元件,其中,  
所述一个或多个第一衍射光栅还包括具有第一衍射方向的至少一个或多个第一非对称衍射光栅和具有与所述第一衍射方向反平行的第二衍射方向的至少一个或多个第二非对称衍射光栅;并且  
所述一个或多个第二衍射光栅还包括具有第三优选衍射方向的至少一个或多个第三非对称衍射光栅和具有与所述第三衍射方向反平行的第四衍射方向的至少一个或多个第四非对称衍射光栅。
5. 根据权利要求4所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括闪耀光栅、布拉格光栅、液晶光栅、正弦光栅、二元光栅、体积相位光栅、或超表面光栅。
6. 根据权利要求5所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括液晶材料。
7. 根据权利要求6所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括向列型液晶材料。
8. 根据权利要求6所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括胆甾型液晶材料。
9. 根据权利要求6所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括可聚合液晶材料。
10. 根据权利要求6所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅通过纳米压印工艺形成。
11. 根据权利要求6所述的光学元件,其中,所述第一非对称衍射光栅沉积在第一配向层上,并且所述第三非对称衍射光栅沉积在第二配向层上。
12. 根据权利要求11所述的光学元件,其中,所述第二非对称衍射光栅直接沉积在所述第一非对称衍射光栅上,并且所述第四非对称衍射光栅直接沉积在所述第三非对称衍射光

栅上。

13. 根据权利要求6所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅。

14. 根据权利要求8所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅,并且其中,非对称衍射光栅的倾斜角对应于所述胆甾型液晶材料的手性、旋向性和螺旋间距。

15. 根据权利要求13所述的光学元件,其中,每个非对称衍射光栅的倾斜角对应于所述液晶材料中的手性掺杂剂的量。

16. 根据权利要求13所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括多个液晶材料层,其中,针对所述衍射光栅中的一个衍射光栅的所述多个液晶材料层中的至少两个液晶材料层具有不同的倾斜角。

17. 根据权利要求13所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一非对称衍射光栅包括第一圆偏振旋向性,并且所述一个或多个第二非对称衍射光栅包括与所述第一圆偏振旋向性正交的第二圆偏振旋向性。

18. 根据权利要求13所述的光学元件,其中,所述一个或多个第三非对称衍射光栅包括第三圆偏振旋向性,并且所述一个或多个第四非对称衍射光栅包括与所述第三圆偏振旋向性正交的第四圆偏振旋向性。

19. 根据权利要求1所述的光学元件,其中,所述一个或多个第一衍射光栅和所述一个或多个第二衍射光栅被设置在所述波导的相对侧上。

20. 根据权利要求1所述的光学元件,其中,所述外耦合光学元件在二维上分布经外耦合的图像光。

21. 一种显示系统,包括:

框架;

根据权利要求1-20中任一项所述的光学元件,其被耦合到所述框架;以及

图像注入装置,其被配置为将具有图像内容的图像光引导到所述内耦合光学元件上,并且其中,所述内耦合光学元件被配置为将所述图像光内耦合到所述波导中,以使得所述图像光在所述波导内被引导到所述外耦合光学元件。

22. 一种显示系统,包括:

框架;

光学元件,其被耦合到所述框架,所述光学元件包括:

波导;

外耦合光学元件,其包括:

具有光栅方向的至少一个或多个第一衍射光栅,所述一个或多个第一衍射光栅设置在所述波导的主表面上;以及

具有光栅方向的至少一个或多个第二衍射光栅,所述一个或多个第二衍射光栅相对于所述一个或多个第一衍射光栅设置以使得所述一个或多个第一衍射光栅的所述光栅方向垂直于所述一个或多个第二衍射光栅的所述光栅方向;

其中,所述至少一个或多个第二衍射光栅被设置在所述至少一个或多个第一衍射光栅之上并且至少部分重叠所述至少一个或多个第一衍射光栅,并且其中,所述一个或多个第

一衍射光栅和所述一个或多个第二衍射光栅被设置在所述波导的相同侧上；

内耦合光学元件，其位于所述波导上与所述外耦合元件分开的横向偏移位置处；以及图像注入装置，其被配置为将具有图像内容的图像光引导到所述内耦合光学元件上，并且其中，所述内耦合光学元件被配置为将所述图像光内耦合到所述波导中，以使得所述图像光在所述波导内被引导到所述外耦合光学元件。

23. 根据权利要求22所述的显示系统，其中，所述至少一个或多个第一衍射光栅和所述至少一个或多个第二衍射光栅被设置在所述波导的相同底部主表面上或相同顶部主表面上。

24. 根据权利要求22所述的显示系统，其中，所述一个或多个第二衍射光栅通过隔离层与所述一个或多个第一衍射光栅分隔开。

25. 根据权利要求24所述的显示系统，其中，所述隔离层包括透明氧化物或聚合物材料。

26. 根据权利要求22所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一衍射光栅和所述一个或多个第二衍射光栅各自包括对称衍射光栅。

27. 根据权利要求22所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一衍射光栅包括具有第一衍射方向的至少一个或多个第一非对称衍射光栅和具有与所述第一衍射方向反平行的第二衍射方向的至少一个或多个第二非对称衍射光栅；并且

所述一个或多个第二衍射光栅包括具有第三衍射方向的至少一个或多个第三非对称衍射光栅和具有与所述第三衍射方向反平行的第四衍射方向的至少一个或多个第四非对称衍射光栅。

28. 根据权利要求27所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括闪耀光栅、布拉格光栅、液晶光栅、正弦光栅、二元光栅、体积相位光栅、或超表面光栅。

29. 根据权利要求28所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括液晶材料。

30. 根据权利要求29所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括向列型液晶材料。

31. 根据权利要求29所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括胆甾型液晶材料。

32. 根据权利要求29所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括可聚合液晶材料。

33. 根据权利要求29所述的显示系统，其中，所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅通过纳米压印工艺形成。

34. 根据权利要求29所述的显示系统，其中，所述第一非对称衍射光栅沉积在第一配向层上，并且所述第三非对称衍射光栅沉积在第二配向层上。

35. 根据权利要求34所述的显示系统，其中，所述第二非对称衍射光栅直接沉积在所述第一非对称衍射光栅上，并且所述第四非对称衍射光栅直接沉积在所述第三非对称衍射光栅上。

36. 根据权利要求29所述的显示系统,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅。

37. 根据权利要求31所述的显示系统,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅,并且其中,非对称衍射光栅的倾斜角对应于所述胆甾型液晶材料的手性、旋向性和螺旋间距。

38. 根据权利要求36所述的显示系统,其中,每个非对称衍射光栅的倾斜角对应于所述液晶材料中的手性掺杂剂的量。

39. 根据权利要求36所述的显示系统,其中,所述一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括多个液晶材料层,其中,针对所述衍射光栅中的一个衍射光栅的所述多个液晶材料层中的至少两个液晶材料层具有不同的倾斜角。

40. 根据权利要求36所述的显示系统,其中,所述一个或多个第一非对称衍射光栅包括第一圆偏振旋向性,并且所述一个或多个第二非对称衍射光栅包括与所述第一圆偏振旋向性正交的第二圆偏振旋向性。

41. 根据权利要求36所述的显示系统,其中,所述一个或多个第三非对称衍射光栅包括第三圆偏振旋向性,并且所述一个或多个第四非对称衍射光栅包括与所述第三圆偏振旋向性正交的第四圆偏振旋向性。

42. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述图像注入装置包括发光二极管。

43. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述外耦合光学元件在二维上分布外耦合的图像光。

44. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述一个或多个第一衍射光栅和第二衍射光栅包括表面衍射光栅。

45. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述一个或多个第一衍射光栅和第二衍射光栅包括二元衍射光栅。

46. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述一个或多个第一衍射光栅和第二衍射光栅包括闪耀衍射光栅。

47. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述显示系统包括用于所述显示系统的用户的眼镜。

48. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述显示系统包括增强现实设备。

49. 根据权利要求22所述的显示系统,其中,所述波导包括:

光学透明部分,其中,所述光学透明部分被配置为将来自所述显示系统的用户前面的物理环境的一部分的光传输到所述用户的眼睛,以提供所述用户前面的所述物理环境的该部分的视图;以及

其中,所述至少一个或多个第一衍射光栅和所述至少一个或多个第二衍射光栅至少部分地位于所述光学透明部分内;以及

其中,所述外耦合光学元件被配置为将所述图像光外耦合到所述用户的所述眼睛。

## 使用交叉光栅的波导光复用器

[0001] 本申请是申请号为201780083574.1的中国专利申请“使用交叉光栅的波导光复用器”(申请日为2017年11月16日)的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求2016年11月18日提交的美国临时专利申请No.62/424,293的优先权权益,其全部内容通过引用并入于此。

[0004] 本申请通过引用并入以下每个专利申请的全部内容:2014年11月27日提交的美国申请No.14/555,585;2015年4月18日提交的美国申请No.14/690,401;2014年3月14日提交的美国申请No.14/212,961;2014年7月14日提交的美国申请No.14/331,218;以及2016年3月16日提交的美国申请No.15/072,290。

### 技术领域

[0005] 本公开涉及显示系统,并且更具体地涉及光的复用。

### 背景技术

[0006] 现代计算和显示技术促进了用于所谓的“虚拟现实”或“增强现实”体验的系统的的发展,其中,数字再现的图像或其部分以它们看起来是或可能被感知是真实的方式呈现给用户。虚拟现实或“VR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现,而不透明于其它实际的现实世界的视觉输入;增强现实或“AR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现,作为对用户周围的现实世界的可视化的增强。混合现实或“MR”场景是一种AR场景,并且通常涉及集成到自然世界中并响应于自然世界的虚拟对象。例如,在MR场景中,AR图像内容可能被现实世界中的对象阻挡或以其他方式被感知为与现实世界中的对象交互。

[0007] 参考图1,描绘了增强现实场景1,其中,AR技术的用户看到以背景中的人、树、建筑为特征的真实世界的公园状的设置1100以及实体平台1120。除了这些项目以外,AR技术的用户也可以感知他“看到”了“虚拟内容”,诸如站在真实世界的平台1120上的机器人雕像1110,以及看起来像飞行的蜜蜂的化身的卡通式的头像角色1130,尽管这些元素1130、1110不存在于真实的世界中。由于人类的视觉感知系统是复杂的,所以开发促进虚拟图像元素在其它虚拟或现实世界图像元素中的舒适的、感觉自然的、丰富的呈现的AR技术是有挑战性的。

[0008] 本文公开的系统和方法解决了与AR和VR技术相关的各种挑战。

### 发明内容

[0009] 根据一些实施例,本文提供了一种光学元件。在一些实施例中,光学元件包括:波导;具有光栅方向的至少一个或多个第一衍射光栅,该一个或多个第一衍射光栅设置在波导的主表面上;以及具有光栅方向的至少一个或多个第二衍射光栅,该一个或多个第二衍射光栅相对于一个或多个第一衍射光栅设置,以使得一个或多个第一衍射光栅的光栅方向垂直于一个或多个第二衍射光栅的光栅方向。

[0010] 在一些实施例中,一个或多个第一衍射光栅设置在波导的底部主表面上,并且一个或多个第二衍射光栅设置在波导的顶部主表面上。在一些实施例中,一个或多个第一衍射光栅设置在波导的顶部主表面上,并且一个或多个第二衍射光栅设置在波导的顶部主表面的上方。在一些实施例中,一个或多个第二衍射光栅通过隔离层与一个或多个第一衍射光栅分离开。在一些实施例中,隔离层包括透明氧化物或聚合物材料。在一些实施例中,一个或多个第一衍射光栅和一个或多个第二衍射光栅各自包括对称衍射光栅。

[0011] 在一些实施例中,一个或多个第一衍射光栅还包括具有第一衍射方向的至少一个或多个第一非对称衍射光栅和具有与第一衍射方向反平行的第二衍射方向的至少一个或多个第二非对称衍射光栅,以及该一个或多个第二衍射光栅还包括具有第三优选衍射方向的至少一个或多个第三非对称衍射光栅和具有与第三衍射方向反平行的第四衍射方向的至少一个或多个第四非对称衍射光栅。

[0012] 在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括闪耀光栅、布拉格光栅、液晶光栅、正弦光栅、二元光栅、体积相位光栅或超表面光栅。在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括液晶材料。在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括向列型液晶材料。在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括胆甾型液晶材料。在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括可聚合液晶材料。在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅通过纳米压印工艺形成。在一些实施例中,第一非对称衍射光栅沉积在第一配向层上,以及第三非对称衍射光栅沉积在第二配向层上。

[0013] 在一些实施例中,第二非对称衍射光栅直接沉积在第一非对称衍射光栅上,以及第四非对称衍射光栅直接沉积在第三非对称衍射光栅上。在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅。在一些实施例中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅,并且其中,非对称衍射光栅的倾斜角对应于胆甾型液晶材料的手性、旋向性和螺旋间距。在一些实施例中,每个非对称衍射光栅的倾斜角对应于液晶材料中的手性掺杂剂的量。在一些实施例中,第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括多个液晶材料层,其中用于所述衍射光栅之一的多个液晶材料层中的至少两个具有不同的倾斜角。在一些实施例中,一个或多个第一非对称衍射光栅包括第一圆偏振旋向性,并且一个或多个第二非对称衍射光栅包括与第一圆偏振旋向性正交的第二圆偏振旋向性。在一些实施例中,一个或多个第三非对称衍射光栅包括第三圆偏振旋向性,并且一个或多个第四非对称衍射光栅包括与第三圆偏振旋向性正交的第四圆偏振旋向性。

[0014] 根据一些方面,本文描述了在二维上分布光信号的方法。在一些实施例中,一种方法可以包括:经由第一衍射光栅在第一方向上分布光信号,在波导中通过全内反射在第一方向上传播光信号的一部分,经由第一衍射光栅使在第一方向上传播的光信号的一部分在外耦合方向上向外耦合,经由第二衍射光栅在第二方向上分布光信号的一部分,在波导中通过全内反射在第二方向上传播光信号的一部分,以及经由第二衍射光栅使在第二方向上传播的光信号的一部分在外耦合方向上向外耦合。在一些实施例中,第一方向垂直于第二方向。在一些实施例中,光信号在设置在波导的主表面上的多个位置处向外耦合。

**附图说明**

- [0015] 图1示出了通过AR设备的用户对增强现实 (AR) 的视图。
- [0016] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。
- [0017] 图3示出了用于为用户模拟三维图像的传统显示系统。
- [0018] 图4示出了使用多个深度平面来模拟三维图像的方法的方面。
- [0019] 图5A至图5C示出了曲率半径和焦点半径之间的关系。
- [0020] 图6示出了用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。
- [0021] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。
- [0022] 图8示出了堆叠波导组件的示例,其中每个深度平面包括使用多种不同分量颜色形成的图像。
- [0023] 图9A示出了各自包括内耦合光学元件的一组堆叠波导的示例的剖面侧视图。
- [0024] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。
- [0025] 图9C示出了图9A和9B的多个堆叠波导的示例的俯视平面图。
- [0026] 图10示出了内耦合光通过示例性二维波导光复用器在二维上分布并且向外耦合的示意图。
- [0027] 图11A示出了光通过示例性衍射光栅内耦合到示例波导中的示意图。
- [0028] 图11B示出了内耦合光通过示例波导进行传播并经由示例性衍射光栅从示例波导向外耦合的示意图。
- [0029] 图11C示出了光通过示例性衍射光栅在第一位置处向内耦合到示例波导中,并且在第二位置处通过第二示例性衍射光栅向外耦合的示意图。
- [0030] 图12A示出了根据一些实施例的光通过二维波导光复用器被内耦合、在二维上分布并且向外耦合的示意图。
- [0031] 图12B示出了根据一些其他实施例的光通过二维波导光复用器被内耦合、在二维上分布并且向外耦合的示意图。
- [0032] 图13A示出了光被内耦合到示例波导中、在一个维度上沿一个方向分布,并且经由具有优选衍射方向的示例性衍射光栅向外耦合的示意图。
- [0033] 图13B示出了光被内耦合到示例波导中、在一个维度上沿两个方向分布,并且经由具有反平行优选衍射方向的两个示例衍射光栅向外耦合的示意图。
- [0034] 图13C示出了光通过具有优选衍射方向的示例性衍射光栅在第一位置处向内耦合到示例波导中,并且位于与第一衍射光栅的波导同一侧上的第二位置处通过具有优选衍射方向的第二示例衍射光栅从一侧向外耦合的示意图。
- [0035] 图13D示出了光通过具有优选衍射方向的示例性衍射光栅在第一位置处耦合到示例波导中,并且位于与第一衍射光栅的波导相对侧上的第二位置处通过具有优选衍射方向的第二示例衍射光栅从一侧向外耦合的示意图。
- [0036] 图14A示出了根据一些实施例的光由包括交叉非对称光栅的二维波导光复用器向内耦合、在二维上分布并且向外耦合的示意图。
- [0037] 图14B示出了根据一些其他实施例的光由包括交叉非对称光栅的二维波导光复用器向内耦合、在二维上分布并且向外耦合的示意图。
- [0038] 图15A示出了经由示例偏振光栅左旋圆偏振光被内耦合到示例波导中、在一个维

度上沿一个方向分布、并且向外耦合的示意图。

[0039] 图15B示出了右旋圆偏振通过示例波导和偏振光栅透射的示意图。

[0040] 图15C示出了经由两个示例反平行偏振光栅光被内耦合到示例波导中、在一个维度上沿两个方向分布、并且向外耦合的示意图。

[0041] 图16A示出了根据一些实施例的沉积在覆盖基板的配向层上的示例液晶衍射光栅的示意图。

[0042] 图16B是示出根据一些实施例的使用纳米压印配向工艺形成液晶衍射光栅的过程的示意图。

[0043] 图16C是示出根据一些实施例的使用纳米压印配向工艺形成具有不同光栅周期的液晶衍射光栅层的过程的示意图。

[0044] 图16D示出了反平行衍射光栅的示意图,该反平行衍射光栅包括具有相反扭转角的两个液晶层。

[0045] 图16E示出了根据一些实施例的光从多个入射角内耦合到示例波导中并且通过示例液晶偏振光栅在一个维度上在一个方向分布的示意图,该示例液晶偏振光栅包括具有不同倾斜角的多层液晶材料。

[0046] 图16F示出了根据一些实施例的光从多个入射角内耦合到示例波导中并且通过两个反平行示例液晶偏振光栅在一个维度上在两个方向分布的示意图,其中两个反平行示例液晶偏振光栅包括具有不同倾斜角的多层液晶材料。

[0047] 图17A示出了根据一些实施例的光通过包括交叉偏振光栅的二维波导光复用器被向内耦合、在二维上分布并且向外耦合的示意图。

[0048] 图17B示出了根据一些其他实施例的光通过包括交叉偏振光栅的二维波导光复用器被向内耦合、在二维上分布并且向外耦合的示意图。

[0049] 图17C示出了根据一些实施例的光通过包括交叉偏振光栅的二维波导光复用器被向内耦合、在二维上分布并且向外耦合的示意图,其中的交叉偏振光栅使用纳米压印工艺来制造。

[0050] 图17D示出了根据一些实施例的光通过包括交叉偏振光栅的二维波导光复用器从多个入射角被向内耦合、在二维上分布、并且以多个角度向外耦合的示意图。

[0051] 提供附图是为了说明示例实施例,而不是为了限制本公开的范围。

## 具体实施方式

[0052] 在一些实施例中,本文描述了光学元件,其可以通过衍射将入射在光学元件上的光在两个维度上分布。也就是说,在一个位置处入射在光学元件的表面上的光线可以在两个维度上传播通过光学元件,例如沿光学元件的长度和宽度。向内耦合的光也可以在光学元件的表面上以二维分布的多个位置处被引导出光学元件,或者从光学元件向外耦合。

[0053] 在一些实施例中,如本文所述的光学元件可以用作光分布元件,例如作为可以将光分布到相应波导中和/或从相应波导中分布出光的光分布元件。在一些实施例中,如本文所述的光学元件可以用作例如正交光瞳扩展器(OPE),其既可以偏转光或分布光,并且还可以在光传播时增加该光的光束或光点尺寸。有利地,并且根据一些实施例,二维波导光复用器可用于将以光形式的光信号有效地引导和分布到增强现实设备中的其他光学元件。此

外,如本文所述的二维波导光复用器可用于复用光信号以用于光纤通信应用。

[0054] 在一些实施例中,二维波导光复用器可以采用波导和至少两个衍射光栅的形式。在一些实施例中,每个衍射光栅可以具有光栅方向,并且衍射光栅可以被对准为使得第一衍射光栅的光栅方向不与第二衍射光栅的光栅方向对准。在一些实施例中,第一衍射光栅的光栅方向垂直于第二衍射光栅的光栅方向。衍射光栅可以设置在波导的主表面(例如,顶部主表面)上。例如,在一些实施例中,至少两个衍射光栅可以设置在波导的顶部主表面上。在一些实施例中,至少两个衍射光栅可以设置在波导的底部主表面上。在一些实施例中,衍射光栅可以设置在波导的顶部主表面上和衍射光栅的底部主表面上。

[0055] 在一些实施例中,两个衍射光栅被布置为使得第一衍射光栅的光栅方向垂直于第二衍射光栅的光栅方向,并且这种布置可以有利地允许光的二维分布。也就是说,在一些实施例中,当向内耦合的光传播通过波导时,它与设置在波导上的衍射光栅相互作用,使得向内耦合的光在多个位置处向外耦合,这些位置在二维波导光复用器的主表面之上以二维方式分布。当光传播通过二维波导光复用器的波导时,它能够与第一衍射光栅相互作用,从而沿第一衍射光栅的衍射光栅分布。分布的光还将与第二衍射光栅相互作用,从而沿第一方向分布的光沿第二衍射光栅的光栅方向分布,从而实现光在二维上的分布,例如沿二维波导光复用器的长度维度和沿宽度维度。

[0056] 在一些实施例中,二维波导光复用器的衍射光栅可具有优选的衍射方向。在一些实施例中,衍射光栅可包括提供优选衍射方向的结构特征。在一些实施例中,衍射光栅可以是例如闪耀光栅、布拉格光栅、液晶光栅、正弦光栅、二元光栅、体积相位光栅或超表面光栅。在一些实施例中,衍射光栅可以是非对称衍射光栅。在一些实施例中,衍射光栅可以是偏振光栅,例如液晶偏振光栅。在一些实施例中,在衍射光栅是偏振光栅的情况下,衍射光栅可以包括液晶材料。在一些实施例中,液晶材料可包括向列型液晶或胆甾型液晶。在一些实施例中,液晶材料可包括含偶氮的聚合物。在一些实施例中,液晶材料可包括可聚合的液晶材料。在一些实施例中,液晶材料可包括反应性液晶原。

[0057] 在一些实施例中,可以通过纳米压印工艺制造液晶偏振光栅。在一些实施例中,可以通过在配向层上沉积液晶材料来制造液晶偏振光栅。在一些实施例中,液晶偏振光栅可以不包括配向层。

[0058] 在一些实施例中,液晶偏振光栅可包括一个或多个手性液晶层,每个相同手性的层具有不同的不同倾斜角。通过提供具有多个不同倾斜角的多个液晶层,液晶偏振光栅能够比不包括具有多个倾斜角的层的液晶偏振光栅实现更宽范围的入射角的光的高衍射效率。以这种方式,包括垂直液晶偏振光栅的二维波导光复用器能够在两个维度上以宽范围的入射角有效地分布光,其中垂直液晶偏振光栅包括多个液晶层,每个液晶层具有多个倾斜角。这种二维波导光复用器可以用于例如有效地复用具有宽视场的图像,例如用于大光瞳或大眼箱(eye box),用于增强现实设备。

[0059] 现在将参考附图,其中相同的附图标记始终表示相同的部件。

[0060] 图2示出可穿戴显示系统80的示例。显示系统80包括显示器62以及支持该显示器62的功能的各种机械和电子模块和系统。显示器62可以耦合到框架64,框架64可由显示系统用户或观看者60佩戴并且被配置为将显示器62定位在用户60的眼睛前方。在一些实施例中,显示器62可以被认为是眼镜。在一些实施例中,扬声器66耦合到框架64并且定位成邻近

用户60的耳道(在一些实施例中,未示出的另一个扬声器定位成邻近用户的另一个耳道以提供立体声/可塑造声音控制)。在一些实施例中,显示系统还可以包括一个或多个麦克风67或其他设备来检测声音。在一些实施例中,麦克风被配置为允许用户向系统80提供输入或命令(例如,语音菜单命令、自然语言问题等的选择),和/或可以允许与其他人(例如,与类似显示系统的其他用户)的音频通信。麦克风还可以被配置为外围传感器以连续地收集音频数据(例如,从用户和/或环境被动地收集)。这样的音频数据可以包括诸如沉重呼吸的用户声音,或诸如指示附近事件的响声的环境声音。显示系统还可以包括外围传感器30a,外围传感器30a可以与框架64分离并且附接到用户60的身体(例如,在用户60的头部、躯干、四肢等上)。在一些实施例中,外围传感器30a可以被配置为获取表征用户60的生理状态的数据,如本文进一步描述的。例如,传感器30a可以是电极。

[0061] 继续参考图2,显示器62通过通信链路68(诸如通过有线导线或无线连接)可操作地耦合到本地数据处理模块70,该本地数据处理模块70可以以各种配置安装,诸如固定地附接到框架64,固定地附接到用户穿戴的头盔或帽子,嵌入到耳机中,或以其它方式可移除地附接到用户60(例如,以背包方式的配置,以带式耦合方式的配置)。类似地,传感器30a可以通过通信链路30b(例如,有线导线或无线连接)可操作地耦合到本地处理和数据模块70。本地处理和数据模块70可以包括硬件处理器以及诸如非易失性存储器(例如,闪速存储器或硬盘驱动器)的数字存储器,二者都可用于辅助数据的处理、缓冲以及存储。数据包括如下数据:a)从传感器(其可以例如可操作地耦合到框架64或以其他方式附接到用户60)捕获的数据,诸如图像捕获设备(诸如相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备、陀螺仪和/或在此公开的其他传感器;和/或b)使用远程处理模块72和/或远程数据储存库74获取和/或处理的数据(包括与虚拟内容有关的数据),可能在这种处理或检索之后传送给显示器62。本地处理和数据模块70可以通过诸如经由有线或无线通信链路的通信链路76、78操作性地耦合到远程处理模块72和远程数据储存库74,使得这些远程模块72、74可操作性地彼此耦合并作为资源可用于本地处理和数据模块70。在一些实施例中,本地处理和数据模块70可以包括以下中的一个或多个:图像捕获设备、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备和/或陀螺仪。在一些其他实施例中,这些传感器中的一个或多个可以附接到框架64,或者可以是通过有线或无线通信路径与本地处理和数据模块70通信的独立结构。

[0062] 继续参考图2,一些实施例中,远程处理模块72可以包括被配置为分析和处理数据的一个或多个处理器。在一些实施例中,远程数据储存库74可以包括数字数据存储设施,其可以通过互联网或其它网络配置以“云”资源配置而可用。在一些实施例中,远程数据储存库74可以包括一个或多个远程服务器,其向本地处理和数据模块70和/或远程处理模块72提供信息,例如用于生成增强现实内容的信息。在一些实施例中,在本地处理和数据模块中存储全部数据,并且执行全部计算,允许从远程模块完全自主使用。

[0063] 将图像感知为“三维”或“3D”可以通过向观看者的每只眼睛提供稍微不同的图像呈现来实现。图3示出用于为用户模拟三维图像的传统显示系统。两个不同的图像5、7被输出给用户,一个图像用于每只眼睛4、6。图像5、7与眼睛4、6沿着平行于观看者视线的光轴线或z轴线间隔开距离10。图像5、7是平坦的,并且眼睛4、6可以通过呈现(assume)单个适应(accommodate)状态来聚焦在图像上。这种系统依赖于人类视觉系统以组合图像5、7来提供

组合图像的深度和/或缩放的感知。

[0064] 然而,应当理解,人类视觉系统更加复杂,并且提供对深度的现实感知是更具挑战性的。例如,传统的“3-D”显示系统的许多观看者发现这种系统不舒服,或者根本不能感知到深度感。不受理论的限制,相信对象的观看者可能由于聚散度和适应性的组合而将该对象感知为“三维”。两只眼睛彼此相对的聚散运动(即,眼睛的旋转使得瞳孔彼此相向或远离运动,以会聚眼睛的视线来注视对象)与眼睛晶状体和瞳孔的聚焦(或“适应性”)密切相关。在正常情况下,改变眼睛晶状体的焦点或适应眼睛,以将焦点从在不同距离处的一个对象改变到另一个对象,将会在称为“适应性聚散度反射(accommodation-vergence reflex)”的关系以及瞳孔的扩张或收缩下自动地导致在聚散度上的匹配改变达到相同的距离。同样,在正常情况下,聚散度的改变将引发晶状体形状和瞳孔尺寸的适应性的匹配改变。如在此所指出的,许多立体或“3-D”显示系统使用稍微不同的呈现(并且因此稍微不同的图像)来向每只眼睛显示场景,以使得人类视觉系统感知到三维视角。然而,这种系统对于许多观看者来说是不舒服的,因为,除此之外,这些系统仅提供场景的不同呈现,但是眼睛以单一适应状态观看所有图像信息,并且针对“适应性聚散度反射”进行工作。提供适应性和聚散度之间的更好匹配的显示系统可以形成更逼真且舒适的三维图像模拟,这有助于增加佩戴持续时间并且进而符合诊断和治疗方案。

[0065] 图4示出使用多个深度平面来模拟三维图像的方法的方面。参考图4,在z轴线上距眼睛4、眼睛6的不同距离处的对象由眼睛4、6适应,使得那些对象在焦点中。眼睛(4和6)呈现特定的适应状态,在沿着z轴线的不同距离处聚焦到对象中。因此,可以说特定的适应状态与深度平面14中的特定一个深度平面相关联,该特定深度平面具有相关联的焦距,以使得当眼睛处于该深度平面的适应状态时,特定深度平面中的对象或对象的部分被聚焦。在一些实施例中,可以通过为眼睛4、6中的每一只眼睛提供不同的图像呈现来模拟三维图像,并且还通过提供与深度平面中每一个深度平面对应的图像的不同呈现来模拟三维图像。尽管为了清楚说明而示出为分离的,但应理解的是,例如,随着沿着z轴的距离增加,眼睛4、6的视场可能重叠。另外,虽然为了便于说明而示出为平坦的,但应理解的是,深度平面的轮廓可以在物理空间中是弯曲的,以使得深度平面中的所有特征在特定的适应状态下与眼睛对焦。

[0066] 对象与眼睛4或6之间的距离还可以改变来自该对象的光的发散量,如该眼睛所观察的。图5A-5C示出了距离与光线的发散之间的关系。对象与眼睛4之间的距离以距离减小的顺序表示为R1、R2和R3。如在图5A-5C中所示,随着到对象的距离减小,光线变得更加发散。随着距离的增加,光线变得更加准直。换句话说,可以说由点(对象或对象的部分)产生的光场具有球面波前曲率,这是该点距用户眼睛有多远的函数。曲率随着对象和眼睛4之间的距离减小而增加。因此,在不同的深度平面处,光线的发散度也不同,发散度随着深度平面与观看者的眼睛4之间的距离减小而增加。尽管在图5A-5C和在此的其它附图中为了清楚说明仅示出单只眼睛4,将会理解,关于眼睛4的讨论可以应用于观看者的双眼4和6。

[0067] 不受理论的限制,据信人类眼睛通常可以解释有限数量的深度平面以提供深度感知。因此,通过向眼睛提供与这些有限数量的深度平面中的每一个平面对应的图像的不同呈现,可以实现感知深度的高度可信的模拟。不同的呈现可以由观看者的眼睛单独聚焦,从而有助于基于针对位于不同深度平面上的场景而聚焦不同图像特征所需的眼睛适应性和/

或基于观察离焦的不同深度平面上的不同图像特征,向用户提供深度线索。

[0068] 图6示出用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。显示系统1000包括可以用于采用多个波导182、184、186、188、190向眼睛/大脑提供三维感知的波导堆叠或堆叠波导组件178。在一些实施例中,显示系统1000是图2的系统80,图6更详细地示意性示出了该系统80的一些部分。例如,波导组件178可以是图2的显示器62的一部分。将清楚的是,在一些实施例中,显示系统1000可以被认为是光场显示器。

[0069] 继续参考图6,波导组件178还可以包括在波导之间的多个特征198、196、194、192。在一些实施例中,特征198、196、194、192可以是一个或多个透镜。波导182、184、186、188、190和/或多个透镜198、196、194、192可以被配置为以各种级别的波前曲率或光线发散向眼睛发送图像信息。每个波导级别可以与特定的深度平面相关联,并且可以被配置为输出与该深度平面对应的图像信息。图像注入装置200、202、204、206、208可以用作波导的光源并且可用于将图像信息注入到波导182、184、186、188、190中,如在此所述,其中的每一个可以被配置为分布入射光穿过每一个相应的波导,用于向眼睛4输出。光从图像注入装置200、202、204、206、208的输出表面300、302、304、306、308出射并被注入到波导182、184、186、188、190的相应输入表面382、384、386、388、390。在一些实施例中,输入表面382、384、386、388、390中的每一个可以是相应波导的边缘,或者可以是相应波导的主表面的一部分(即,直接面向世界144或观看者的眼睛4的波导表面中的一个)。在一些实施例中,可以将单个光束(例如,准直光束)注入到每一个波导中,以便与特定波导相关联的深度平面对应的特定角度(和发散量)输出朝向眼睛4定向的克隆准直光束的整个视场。在一些实施例中,图像注入设备200、202、204、206、208中的单个一个图像注入装置可以与波导182、184、186、188、190中的多个(例如三个)相关联并将光注入到其中。

[0070] 在一些实施例中,图像注入装置200、202、204、206、208是分立显示器,其每一个产生用于分别注入到相应波导182、184、186、188、190中的图像信息。在一些其它实施例中,图像注入装置200、202、204、206、208是单个复用显示器的输出端,其可以例如经由一个或多个光导管(诸如光缆)向图像注入装置200、202、204、206、208中的每一个图像注入装置输送图像信息。应该理解,由图像注入装置200、202、204、206、208提供的图像信息可以包括不同波长或颜色的光(例如,不同的分量颜色,如在此所讨论的)。

[0071] 在一些实施例中,由包括光模块2040的光投影仪系统2000提供注入到波导182、184、186、188、190中的光,光模块2040可以包括诸如发光二极管(LED)的光发射器。来自光模块2040的光可以经由分束器2050由光调制器2030(例如,空间光调制器)进行引导和修改。光模块2030可以被配置为改变注入到波导182、184、186、188、190中的光的感知强度。空间光调制器的示例包括液晶显示器(LCD),其包括硅上液晶(LCOS)显示器。

[0072] 在一些实施例中,显示系统1000可以是包括一个或多个扫描光纤的扫描光纤显示器,扫描光纤被配置为将光以各种模式(例如,光栅扫描、螺旋扫描、李萨如模式等)投射到一个或多个波导182、184、186、188、190中并且最终投射到观看者的眼睛4。在一些实施例中,所示的图像注入设备200、202、204、206、208可以示意性表示单个扫描光纤或扫描光纤束,其被配置为将光注入到一个或多个波导182、184、186、188、190。在一些其他实施例中,所示的图像注入设备200、202、204、206、208可以示意性表示多个扫描光纤或多个扫描光纤束,每个扫描光纤被配置为将光注入到波导182、184、186、188、190中的相关联一个。将理解

的是,一个或多个光纤可以被配置为将光从光模块2040发送到一个或多个波导182、184、186、188、190。应当理解,可以在扫描光纤或光纤与一个或多个波导182、184、186、188、190之间提供一个或多个中间光学结构,以例如将从扫描光纤出射的光重定向到一个或多个波导182、184、186、188、190中。

[0073] 控制器210控制一个或多个堆叠波导组件178的操作,包括图像注入设备200、202、204、206、208、光源2040和光调制器2030的操作。在一些实施例中,控制器210可以是本地数据处理模块70的一部分。控制器210包括根据例如在此公开的各种方案中的任一个来调节到波导182、184、186、188、190的图像信息的定时和提供的编程(例如,在非暂时性介质中的指令)。在一些实施例中,控制器可以是单个整体装置,或通过有线或无线通信通道连接的分布式系统。在一些实施例中,控制器210可以是处理模块70或72(图1)的部分。

[0074] 继续参考图6,波导182、184、186、188、190可以被配置为通过全内反射(TIR)在每一个相应的波导内传播光。波导182、184、186、188、190可以每一个是平面的或具有其他形状(例如,弯曲的),具有主要的顶表面和底表面以及在这些主要的顶表面和底表面之间延伸的边缘。在所示的配置中,波导182、184、186、188、190每一个可以包括外耦合光学元件282、284、286、288、290,其被配置为通过重定向光从波导中提取光,该光在每个相应的波导内传播,从波导出来以将图像信息输出到眼睛4。提取的光也可以被称为外耦合光,并且外耦合光学元件光也可以被称为光提取光学元件。提取的光束在波导中传播的光照射光提取光学元件的位置处被波导输出。外耦合光学元件282、284、286、288、290可以例如是包括衍射光学特征的光栅,如在此进一步讨论的。虽然为了便于描述和清晰起见而将其图示设置在波导182、184、186、188、190的底部主表面处,但是在一些实施例中,外耦合光学元件282、284、286、288、290可以设置在顶部和/或底部主表面处,和/或可以直接设置在波导182、184、186、188、190的体积中,如在此进一步讨论。在一些实施例中,外耦合光学元件282、284、286、288、290可以形成在附接到透明基板材料层中以形成波导182、184、186、188、190。在一些其它实施例中,波导182、184、186、188、190可以是单片材料,并且外耦合光学元件282、284、286、288、290可以形成在那片材料的表面上和/或那片材料的内部中。

[0075] 继续参考图6,如在此所讨论的,每一个波导182、184、186、188、190被配置为输出光以形成与特定深度平面对应的图像。例如,最接近眼睛的波导182可以被配置为将如注入到这种波导182中的准直光传送到眼睛4。准直光可以代表光学无限远焦平面。下一个上行波导184可以被配置为在准直光可以到达眼睛4之前发出穿过第一透镜192(例如,负透镜)的准直光;这种第一透镜192可以被配置为产生轻微的凸面的波前曲率,以使得眼睛/大脑将来自下一个上行波导184的光解释为来自第一焦平面,该第一焦平面从光学无穷远更靠近向内朝向眼睛4。类似地,第三上行波导186在到达眼睛4之前使其输出光通过第一192和第二194透镜两者;第一192和第二194透镜的组合光强度可被配置为产生另一增量的波前曲率,以使得眼睛/大脑将来自第三波导186的光解释为来自第二焦平面,该第二焦平面从光学无穷远比来自下一个上行波导184的光更靠近向内朝向人。

[0076] 其它波导层188、190和透镜196、198被类似地配置,其中堆叠中的最高波导190通过它与眼睛之间的全部透镜发送其输出,用于代表最靠近人的焦平面的聚合(aggregate)焦度。当在堆叠波导组件178的另一侧上观看/解释来自世界144的光时,为了补偿透镜198、196、194、192的堆叠,补偿透镜层180可以设置在堆叠的顶部处以补偿下面的透镜堆叠198、

196、194、192的聚合焦度。这种配置提供了与可用波导/透镜配对一样多的感知焦平面。波导的外耦合光学元件和透镜的聚焦方面两者可以是静态的(即,不是动态的或电激活的)。在一些替代实施例中,两者之一或者两者可以是使用电激活特征而动态的。

[0077] 在一些实施例中,波导182、184、186、188、190中的两个或更多个可以具有相同的关联深度平面。例如,多个波导182、184、186、188、190可以被配置为输出设定到相同深度平面的图像,或波导182、184、186、188、190的多个子集可以被配置为输出设定到相同的多个深度平面的图像,其中对于每个深度平面设定一个。这可以为形成平铺图像提供优势,以在这些深度平面处提供扩大的视场。

[0078] 继续参考图6,外耦合光学元件282、284、286、288、290可以被配置为将光重定向到它们相应的波导之外并且对于与波导相关联的特定深度平面输出具有适当的发散量或准直量的该光。结果,具有不同相关联深度平面的波导可具有外耦合光学元件282、284、286、288、290的不同配置,其取决于相关联的深度平面输出具有不同发散量的光。在一些实施例中,光提取元件282、284、286、288、290可以是体积或表面特征,其可以被配置为以特定角度输出光。例如,光提取光学元件282、284、286、288、290可以是体积全息图、表面全息图和/或衍射光栅。在一些实施例中,特征198、196、194、192可以不是透镜;相反,它们可以简单地是间隔物(例如,用于形成气隙的包层和/或结构)。

[0079] 在一些实施例中,外耦合光学元件282、284、286、288、290是形成衍射图案或“衍射光学元件”(在此也称为“DOE”)的衍射特征。优选地,DOE具有充分低的衍射效率,以使得仅光束的一部分通过DOE的每一个交点偏转向眼睛4,而其余部分经由全内反射继续移动通过波导。携带图像信息的光因此被分成多个相关的出射光束,该出射光束在多个位置处离开波导,并且该结果对于在波导内弹跳(bounce)的该特定准直光束是朝向眼睛4的相当均匀图案的出射发射。

[0080] 在一些实施例中,一个或多个DOE可以在它们主动地衍射的“开”状态和它们不显著衍射的“关”状态之间可切换。例如,可切换的DOE可以包括聚合物分散液晶层,其中微滴在主体介质中包含衍射图案,并且微滴的折射率可以切换为基本上匹配主体材料的折射率(在这种情况下,图案不明显地衍射入射光),或者微滴可以切换为与主体介质的指数不匹配的指数(在这种情况下,该图案主动地衍射入射光)。

[0081] 在一些实施例中,可以提供相机组件500(例如,数码相机,包括可见光和红外光相机)来捕获眼睛4的图像和/或眼睛4周围的组织,从而例如检测用户输入和/或监视用户的心理状态。如本文所使用,相机可以是任何图像捕获设备。在一些实施例中,相机组件500可以包括图像捕获设备和将光(例如,红外光)投射到眼睛的光源,然后该光可以由眼睛反射并且由图像捕获设备检测。在一些实施例中,相机组件500可以附接到框架64(图2)并且可以与处理模块70和/或72电连接,处理模块70和/或72可以处理来自相机组件500的图像信息以做出关于如本文所讨论的用户的心理状态有关的各种确定。将理解的是,用户的心理状态有关的信息可以用于确定用户的行为或情绪状态。这样的信息的示例包括用户的移动和/或用户的面部表情。然后可以利用收集的环境和/或虚拟内容数据对用户的行为或情绪状态进行三角测量,以便确定行为或情绪状态、生理状态、和环境或虚拟内容数据之间的关系。在一个实施例中,针对每个眼睛可以使用一个相机组件500,以分开监视每个眼睛。

[0082] 现在参考图7,示出了由波导输出的出射光束的示例。示出了一个波导,但是可以

理解,波导组件178(图6)中的其他波导可以类似地起作用,其中波导组件178包括多个波导。光400在波导182的输入表面382处被注入到波导182中,并且通过TIR在波导182内传播。在光400撞击在DOE 282上的点处,一部分光如出射光束402离开波导。出射光束402被示出为基本上平行,但是如在此所讨论的,取决于与波导182相关联的深度平面,该出射光束402同样可以以一定角度(例如,形成发散的出射光束(bean))被重定向以传播到眼睛4。应该理解的是,基本上平行的出射光束可以指示具有一个或多个外耦合光学元件的波导,其中外耦合光学元件外耦合光以形成看起来被设定在距眼睛4较大距离(例如,光学无穷远)处的深度平面上的图像。其它波导或者其他外耦合光学元件组可以输出更加发散的出射光束图案,这将需要眼睛4适应更近距离以将它聚焦在视网膜上,并且将被大脑解释为光来自比光学无穷远更接近眼睛4的距离。

[0083] 在一些实施例中,可以通过在每个分量颜色(例如三种或更多种分量颜色)中覆盖图像,在每个深度平面处形成全色图像。图8示出了堆叠的波导组件的示例,其中每个深度平面包括使用多个不同分量颜色形成的图像。所示实施例示出深度平面14a-14f,但也可以考虑更多或更少的深度。每个深度平面可以具有与其相关联的三个分量颜色图像:第一颜色G的第一图像;第二颜色R的第二图像;以及第三颜色B的第三图像。在图中通过字母G、R和B之后的屈光度(dpt)的不同数字表示不同的深度平面。正如作为示例,这些字母的每个字母之后的数字表示屈光度(1/m),或者深度平面与观看者距离的倒数,并且图中的每个框代表单个分量颜色图像。在一些实施中,为了考虑眼睛对于不同波长的光的聚焦上的差异,可以改变针对不同分量颜色的深度平面的精确放置。例如,对于给定深度平面的不同分量颜色图像可以被放置在与距用户的不同距离对应的深度平面上。这样的布置可以增加视敏度和用户舒适度和/或可以减少色差。

[0084] 在一些实施例中,每个分量颜色的光可以由单个专用波导输出,并且因此每个深度平面可以具有与其相关联的多个波导。在这样的实施例中,图中包括字母G、R或B的每个框可以被理解为表示单独的波导,并且可以为每个深度平面提供三个波导,其中为每个深度平面提供三个分量颜色图像。虽然为了便于描述,在该图中示出与每个深度平面相关联的波导彼此相邻,但是应该理解,在物理设备中,波导可以全部以每个层级一个波导的形式布置在堆叠中。在一些其它实施例中,多个分量颜色可以由相同的波导输出,使得例如可以为每个深度平面仅提供单个波导。

[0085] 继续参考图8,在一些实施例中,G是绿色,R是红色,B是蓝色。在一些其他实施例中,除了红色、绿色或蓝色中的一个或多个颜色之外,还可以使用与其他波长的光相关联的其他颜色(包括品红色和青色),或者这些其他颜色可以代替红色、绿色或蓝色中的一个或多个颜色。在一些实施例中,特征198、196、194和192可以是有源或无源光学滤波器,其被配置为阻挡或选择性地从周围环境照射到观察者的眼睛。

[0086] 应当理解的是,贯穿本公开对给定颜色的光的参考将被理解为包括一个或多个波长的光,该一个或多个波长的光被观看者感知为该给定颜色的光的波长范围内。例如,红光可以包括在约620-780nm范围内的一个或多个波长的光,绿光可以包括在约492-577nm范围内的一个或多个波长的光,并且蓝光可以包括在约435-493nm范围内的一个或多个波长的光。

[0087] 在一些实施例中,光源2040(图6)可以被配置为发射观察者的视觉感知范围之外

的一个或多个波长的光,例如,红外和/或紫外波长。另外,显示器1000的波导的内耦合、外耦合、以及其他光重定向结构可以被配置为将该光从显示器引导出并朝向用户的眼睛4发射,例如用于成像和/或用户刺激应用。

[0088] 现在参考图9A,在一些实施例中,入射在波导上的光可能需要被重定向以将该光内耦合到波导中。可以使用内耦合光学元件来将光重定向并将光内耦合到其对应的波导中。图9A示出了各自包括内耦合光学元件的多个堆叠波导或堆叠波导组1200的示例的横截面侧视图。波导可以各自被配置为输出一个或多个不同波长的光,或者一个或多个不同波长范围的光。应当理解的是,堆叠1200可以对应于堆叠178(图6),并且所示出的堆叠1200的波导可以对应于多个波导182、184、186、188、190的一部分,除了来自图像注入装置200、202、204、206、208中的一个或多个的光从需要光重定向以进行内耦合的位置注入到波导中。

[0089] 示出的堆叠波导组1200包括波导1210、1220和1230。每个波导包括相关的内耦合光学元件(其还可以被称为波导上的光输入区域),具有例如设置在波导1210的主表面(例如,上部主表面)上的内耦合光学元件1212,设置在波导1220的主表面(例如,上部主表面)上的内耦合光学元件1224,以及设置在波导1230的主表面(例如,上部主表面)上的内耦合光学元件1232。在一些实施例中,内耦合光学元件1212、1222、1232中的一个或多个可以设置在相应的波导1210、1220、1230的底部主表面上(尤其是在一个或多个内耦合光学元件是反射、偏转的光学元件的情况下)。如所示,内耦合光学元件1212、1222、1232可以被设置在它们相应的波导1210、1220、1230的上部主表面上(或下一个较低波导的顶部),特别是在那些内耦合光学元件是透射、偏转的光学元件的情况下。在一些实施例中,内耦合光学元件1212、1222、1232可以设置在相应的波导1210、1220、1230的主体中。在一些实施例中,如在此所讨论的,内耦合光学元件1212、1222、1232是波长选择性的,使得它们选择性地重定向一个或多个波长的光,同时透射其他波长的光。虽然在它们相应的波导1210、1220、1230的一侧或角部上示出,但应理解的是,在一些实施例中,内耦合光学元件1212、1222、1232可设置在它们相应的波导1210、1220、1230的其他区域中。

[0090] 如所示,内耦合光学元件1212、1222、1232可以彼此横向偏移。在一些实施例中,每个内耦合光学元件可以偏移使得它接收光而该光没有穿过另一内耦合光学元件。例如,每个内耦合光学元件1212、1222、1232可以被配置为从图6所示的不同图像注入设备200、202、204、206、和208接收光,并且可以与其他内耦合光学元件1212、1222、1232分离(例如,横向间隔开)使得它基本上不接收来自内耦合光学元件1212、1222、1232中的其他内耦合光学元件的光。

[0091] 每个波导还包括相关联的光分布元件,具有例如设置在波导1210的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1214,设置在波导1220的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1224,以及设置在波导1230的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1234。在一些其他实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以分别设置在相关联的波导1210、1220、1230的底部主表面上。在一些其他实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以分别设置在相关联的波导1210、1220、1230的顶部和底部主表面上;或光分布元件1214、1224、1234可以分别设置在不同的相关联的波导1210、1220、1230中的顶部主表面和底部主表面中的不同主表面上。

[0092] 波导1210、1220、1230可以被例如气体、液体和/或固体材料层间隔开并且分离。例如,如图所示,层1218a可以分离波导1210和波导1220;并且层1218b可以分离波导1220和波导1230。在一些实施例中,层1218a和1218b由低折射率材料(即,具有比形成波导1210、1220、1230中的紧邻波导的材料的折射率低的材料)形成。优选地,形成层1218a、1218b的材料折射率比形成波导1210、1220、1230的材料折射率0.05或更大,或者0.10或更小。有利的是,较低折射率层1218a、1218b可以用作促进穿过波导1210、1220、1230的光的全内反射(TIR)(例如,每个波导的顶部和底部主表面之间的TIR)的包层。在一些实施例中,层1218a、1218b由空气形成。虽然未示出,但应当理解的是,图示的波导组1200的顶部和底部可以包括紧邻的包层。

[0093] 优选地,为了便于制造和其他考虑,形成波导1210、1220、1230的材料类似或相同,并且形成层1218a、1218b的材料类似或相同。在一些实施例中,形成波导1210、1220、1230的材料可以在一个或多个波导之间不同,和/或形成层1218a、1218b的材料可以不同,同时仍然保持上述的各种折射率关系。

[0094] 继续参考图9A,光线1240、1242、1244入射在波导组1200上。应该理解的是,光线1240、1242、1244可以通过一个或多个图像注入装置200、202、204、206、208(图6)注入到波导1210、1220、1230中。

[0095] 在一些实施例中,光线1240、1242、1244具有不同的性质,例如不同的波长或不同的波长范围,其可以对应于不同的颜色。内耦合光学元件1212、1222、1232各自将入射光偏转,使得该光通过TIR传播经过波导1210、1220、1230中的相应波导。

[0096] 例如,内耦合光学元件1212可以被配置为使具有第一波长或第一波长范围的光线1240偏转。类似地,经透射的光线1242照射在内耦合光学元件1222上并被其偏转,该内耦合光学元件1222被配置为偏转第二波长或第二波长范围的光。同样,光线1244由内耦合光学元件1232偏转,该内耦合光学元件1232被配置为选择性地偏转第三波长或第三波长范围的光。

[0097] 继续参照图9A,经偏转的光线1240、1242、1244被偏转,使得它们传播通过相应的波导1210、1220、1230;也就是说,每个波导的内耦合光学元件1212、1222、1232将光偏转到相应的波导1210、1220、1230中以将光内耦合到该相应的波导中。光线1240、1242、1244以使得光通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230的角度被偏转。光线1240、1242、1244通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230,直到入射在波导的相应的光分布元件1214、1224、1234上。

[0098] 现在参考图9B,示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。如上所述,内耦合的光线1240、1242、1244分别被内耦合光学元件1212、1222、1232偏转,然后通过TIR分别在波导1210、1220、1230内传播。然后光线1240、1242、1244分别入射在光分布元件1214、1224、1234上。光分布元件1214、1224、1234使光线1240、1242、1244偏转,使得它们分别向外耦合光学元件1250、1252、1254传播。

[0099] 在一些实施例中,光分布元件1214、1224、1234是正交光瞳扩展器(OPE)。在一些实施例中,OPE将光偏转或分布到外耦合光学元件1250、1252、1254,并且还在该光传播到外耦合光学元件时增加该光束或光斑尺寸。在一些实施例中,例如在光束尺寸已经具有期望尺寸的情况下,可以省略光分布元件1214、1224、1234,并且可以将内耦合光学元件1212、

1222、1232配置为将光直接偏转到外耦合光学元件1250、1252、1254。例如，参照图9A，光分布元件1214、1224、1234可以分别被外耦合光学元件1250、1252、1254替代。在一些实施例中，外耦合光学元件1250、1252、1254是引导观看者的眼睛4中的光(图7)的出瞳(EP)或出瞳扩展器(EPE)。

[0100] 因此，参考图9A和图9B，在一些实施例中，波导组1200包括波导1210、1220、1230；内耦合光学元件1212、1222、1232；光分布元件(例如，OPE)1214、1224、1234；以及针对每种分量颜色的外耦合光学元件(例如，EP)1250、1252、1254。波导1210、1220、1230可以在每一个波导之间用气隙/包层堆叠。内耦合光学元件1212、1222、1232将入射光(具有接收不同波长的光的不同内耦合光学元件)重定向或偏转到其波导中。然后光以将会导致相应的波导1210、1220、1230内的TIR的角度进行传播。在所示的示例中，光线1240(例如，蓝光)被第一内耦合光学元件1212偏转，然后继续在波导向下反弹(bounce)，与光分布元件(例如OPE)1214相互作用，然后以前面所述的方式与外耦合光学元件(例如，EP)1250相互作用。光线1242和1244(例如，分别为绿光和红光)将穿过波导1210，其中光线1242照射在内耦合光学元件1222上并且被其偏转。然后，光线1242经由TIR在波导1220向下反弹，继续前进到其光分布元件(例如，OPE)1224，然后到达外耦合光学元件(例如，EP)1252。最后，光线1244(例如，红光)穿过波导1220以照射在波导1230的光内耦合光学元件1232上。光内耦合光学元件1232使光线1244偏转，使得该光线通过TIR传播到光分布元件(例如，OPE)1234，然后通过TIR到外耦合光学元件(例如，EP)1254。外耦合光学元件1254最后将光线1244向外耦合到观看者，该观看者还从其他波导1210、1220接收外耦合光。

[0101] 图9C示出了图9A和9B的多个堆叠波导的示例的俯视平面图。如图所示，波导1210、1220、1230以及每个波导的相关联的光分布元件1214、1224、1234和相关联的外耦合光学元件1250、1252、1254可以垂直对准。然而，如本文所讨论的，内耦合光学元件1212、1222、1232不是垂直对准的；而是，内耦合光学元件优选地不重叠(例如，如在俯视图中所见，横向间隔开)。如本文进一步讨论的，该非重叠空间布置有助于来自不同资源的光一对一地注入到不同波导中，从而允许特定光源唯一地耦合到特定波导。在一些实施例中，包括不重叠的空间分离的内耦合光学元件的布置可以称为移位光瞳系统，并且这些布置内的内耦合光学元件可以对应于子光瞳。

[0102] 现在将参考图10，其示出了根据一些实施例的内耦合光1310经由TIR传播通过二维波导光复用器1320的示例示意图。光1310在传播时与二维波导光复用器1320相互作用，并在第一维度(例如，x维度)上沿两个方向进行分布或复用，于是它在法向方向上从二维波导光复用器1320向外耦合1312。光1310还与二维波导光复用器1320相互作用，并在第二维度(例如，y维度)上沿两个方向进行复用，于是它在法向方向上从二维波导光复用器1320向外耦合1314。因此，内耦合光1310在二维上被复用，并且从二维波导光复用器1320向外耦合1312、1314。

[0103] 图11A示出了光1410通过示例衍射光栅1430内耦合到示例波导1420中并经由TIR传播的部分示意图。在一些实施例中，衍射光栅1430具有周期( $\Lambda$ )，其大于光1410的波长( $\lambda$ )除以波导的折射率( $n$ )但小于光1410的波长( $\lambda$ )。在一些实施例中，衍射光栅1430可以是二元或正弦表面浮雕光栅。为了实现TIR，1级衍射角( $\theta$ )大于 $\theta_c$ ，其中 $\theta$ 和 $\theta_c$ 是使得 $n \cdot \sin(\theta) = \lambda / \Lambda$ 和 $n \cdot \sin(\theta_c) = 1$ ，在波导外面的介质是空气的情况下。入射光1410与衍射光栅1430

相互作用并衍射到波导1420中,从而实现TIR。当衍射光1412经由TIR传播通过波导1420时,一些光多次遇到衍射光栅1430并与衍射光栅1430相互作用。

[0104] 如图11B所示,在传播的衍射光1412与衍射光栅1430相互作用的情况下,它沿x维度在两个方向1414、1416上从波导1420向外耦合,从而实现入射光1410的复用。这种外耦合通过+1级和-1级衍射发生。

[0105] 图11C示出了上述现象如何用于经由波导1420上的第一位置处的第一衍射光栅1432和在同一波导上的第二位置处的第二衍射光栅1434实现光复用。光1410入射在第一衍射光栅1432上,于是它如上所述被衍射并经由TIR传播通过波导1420。传播光1412与波导1420上的第二位置处的第二衍射光栅1434相互作用,于是它在两个法向方向1414、1416上向外耦合。因此,在第一位置处入射到波导1420上的单个入射光束或光线1410可以在第二位置处在x维度上沿两个方向被复用和向外耦合。

[0106] 在一些实施例中,并且如图12A所示,二维波导光复用器1500可以利用上面关于图11A至图11C描述的现象,通过包括彼此叠置的两个衍射光栅1532、1534来实现入射光的二维复用。在一些实施例中,第一衍射光栅1532位于波导1520的底部主表面上,第二衍射光栅1534位于波导1520的顶部主表面上。

[0107] 重要的是,每个衍射光栅1532、1534具有相应的光栅方向,并且衍射光栅1532、1534被布置成使得第一衍射光栅1532的光栅方向沿着x维度并且垂直于沿y维度的第二衍射光栅1534的光栅方向。在一些实施例中,两个衍射光栅的这种布置,其中第一衍射光栅的光栅方向垂直于第二衍射光栅的光栅方向,可以称为交叉衍射光栅。根据一些实施例,并且如图12A所示,光栅方向对应于衍射光栅1532、1534的物理取向。

[0108] 在使用中,入射光1510与第一衍射光栅1532相互作用,由此它在x维度上沿两个方向衍射和扩散。衍射光经由TIR传播通过波导1520。当光传播时,它可以再次与第一衍射光栅1532相互作用并被衍射并且有时从波导1520向外耦合1512。然而,一些衍射光1512与第二衍射光栅1534相互作用并向内衍射回到波导1520中。由第二衍射光栅1534衍射的光在被第二衍射光栅1534衍射后经由TIR传播通过波导1520时,可在y维度上沿两个方向扩散。当光在y维度中传播时,它可以再次与第二衍射光栅1534相互作用并被衍射以及从波导1520向外耦合1516。该过程持续多次,直到光从二维波导光复用器1500在二维上向外耦合1512、1516。

[0109] 在一些实施例中,并且如图12B所示,二维波导光复用器1500可以包括设置在波导1520的顶部主表面上的第一衍射光栅1532和设置在第一衍射光栅1532和波导1520的顶部主表面上方的第二衍射光栅1534。该配置类似地起作用并且能够实现与图12A中所示的二维波导光复用器相同的二维光复用1512。继续参考图12B,并且在一些实施例中,第一衍射光栅1532和第二衍射光栅1534可以由间隔物材料1540分开。在一些实施例中,间隔物材料1540可以包括光学透明材料,例如光学透明的氧化物材料或光学透明的聚合物。

[0110] 另外,在一些实施例中,光1510可以最初经由单独的衍射光栅或位于波导1520上与第一衍射光栅1532和第二衍射光栅1534分开的位置处的其他光学元件,以与上面参照图11C描述的方式类似的方式,内耦合到二维波导光复用器1500中。

[0111] 在一些实施例中,衍射光栅可以是非对称衍射光栅,使得衍射光栅具有优选的衍射方向。在一些实施例中,非对称衍射光栅可以是例如闪耀光栅、布拉格(Bragg)光栅、液晶

光栅、正弦光栅、二元光栅、体积相位光栅或超表面光栅。在一些实施例中,非对称衍射光栅可以是偏振光栅,例如液晶偏振光栅。如图13A所示,其中衍射光栅1630是具有优选衍射方向的非对称衍射光栅,光1610将主要例如经由TIR沿优选衍射方向在示例波导1620中分布。在一些实施例中,并且如图13A所示,衍射光栅1630仅以+1级并且优选地向左分布光1610。有利地,与图11A中所示的衍射光栅1430相比,衍射光栅1630仅沿优选的衍射方向呈现+1级衍射。此外,非对称衍射光栅1630可以表现出比例如二元或正弦表面浮雕光栅的对称衍射光栅更高的衍射效率。更高的衍射效率可以允许更多的与光栅相互作用的光在优选的衍射方向上被衍射,从而导致例如减少的信号损失或使用较低功率光信号的能力。因此,被示为传播光1612的光复用将主要在通过波导1620的一个维度中的优选衍射方向上发生。如本文所述的其他实施例,当经由TIR传播通过波导1620的光1612沿着优选的衍射方向与衍射光栅1630相互作用时,它通常在相互作用发生的位置处垂直于衍射光栅1630向外耦合1614。

[0112] 在一些实施例中,并且如图13B所示,第一非对称衍射光栅1632可以设置在波导1620的主表面上,以及第二非对称衍射光栅1634可以设置在第一衍射光栅1632上方。第二衍射光栅1634被配置为使得衍射方向与第一衍射光栅1632的衍射方向反平行。如上面参照图13A所述,入射光1610穿过波导1620并与第一衍射光栅1632相互作用。一些光不被第一衍射光栅1632衍射,并且在与第二衍射光栅1634相互作用的法线方向上继续。由于第二衍射光栅1634的衍射方向与第一衍射光栅1632的衍射方向反平行,第二衍射光栅1634沿与第一衍射光栅1632相同的维度的相反方向上衍射和扩散光。由第一衍射光栅1632衍射的光在其沿优选的衍射方向传播时与第一衍射光栅1632相互作用,并且在发生相互作用的位置处与衍射光栅1632垂直向外耦合1614。类似地,由第二衍射光栅1634衍射的光在其沿优选的衍射方向传播时与第二衍射光栅1634相互作用,并且在发生相互作用的位置处与衍射光栅1634垂直向外耦合1614。以这种方式,并且根据一些实施例,两个反平行非对称衍射光栅1632、1634的布置可以在一个维度上实现双向光复用。

[0113] 图13C示出了如何使用上述现象来经由位于波导1620上的第一位置处的第一非对称衍射光栅1632和位于相同波导上的第二位置处的第二衍射光栅1634实现定向光复用。类似于图11C所示的实施例,光1610入射在第一衍射光栅1632上,于是它被衍射并经由TIR传播通过波导1620。光1610在优选的衍射方向上衍射,因此衍射光栅1632可以实现比图11C的衍射光栅1432更高的衍射效率,衍射光栅1432在两个相反的方向上衍射光1410。传播光1612与位于波导1620上的第二位置处的第二衍射光栅1634相互作用,于是它在法线方向上并且在与图11C的衍射光栅1434相比相反的方向上向外耦合1614,其中图11C的衍射光栅1434在两个法线方向1414、1416上向外耦合光。因此,与图11C所示的光学元件相比,图13C所示的光学元件再次能够实现针对光从第二衍射光栅1634向外耦合的更高效率。因此,在第一位置处入射在波导1620上的光1610可以在第二位置处在一个维度沿单个方向被有效地复用和向外耦合。

[0114] 图13D示出了通过在第二位置处将第二衍射光栅1634包括在波导1620的底部主表面上,能够实现与图13C的光学元件所实现的效果类似的效果。与在反射中操作并且可以被称为反射衍射光栅的图13C的第二衍射光栅1634相比,第二衍射光栅1634在透射中操作并且可以被称为透射衍射光栅。与图13C的光学设备相比,图13D中所示并且根据一些实施例的光学设备能够在一个维度上沿单个方向实现有效的光复用。图13D的光学设备能够在第

二位置处在一个维度上沿单个方向上向外耦合光1614。

[0115] 图14A中所示并且根据一些实施例的二维波导光复用器1700包括第一非对称衍射光栅1732和设置在另一个上方的第二非对称衍射光栅1734。在一些实施例中，第一衍射光栅1732位于波导1720的底部主表面上，以及第二衍射光栅1734位于波导1720的顶部主表面上。第一非对称衍射光栅1732被布置成使得如上所述优选衍射方向垂直于第二非对称衍射光栅1734的优选衍射方向。这种布置中的衍射光栅可以称为交叉衍射光栅。

[0116] 图14A中所示并且根据一些实施例的二维波导光复用器1700实现了与图12A中所示的二维波导光复用器1500类似的效果，尽管可能具有更高的效率。在使用中，入射光1710与第一衍射光栅1732相互作用，由此它在第一维度上沿优选衍射方向被衍射和扩散或复用。衍射光经由TIR传播通过波导1720。当光传播时，它与第一衍射光栅1732相互作用并被衍射和向外耦合1712。由第一衍射光栅1732衍射的一些光可以与第二衍射光栅1734相互作用并被衍射，从而经由TIR沿第二衍射光栅的优选衍射方向在波导内传播，该第二衍射光栅的优选衍射方向垂直于第一衍射光栅1732的优选衍射方向。该光可以被第二衍射光栅1732再次衍射，并且在所示的前向(z)方向上从光导向外耦合。该过程持续多次，直到光从二维波导光复用器1700在两个维度上向外耦合1712、1714。值得注意的是，因为非对称衍射光栅在期望的优选衍射方向上衍射光，所以经由在其他方向上或其他级的衍射损失的光较少，从而允许二维波导光复用器分布和复用更多的原始入射光信号。

[0117] 图14B示出了根据一些实施例的二维波导光复用器1700，包括设置在波导1720的顶部主表面上的第一非对称衍射光栅1732和在波导1720的顶部主表面上的设置在第一衍射光栅1732上方的第二非对称衍射光栅1734。如图14A所示的实施例中，第一非对称衍射光栅1732和第二非对称衍射光栅1734交叉。第一和第二非对称衍射光栅的这种配置类似地起作用，并且能够实现与图14A中所示的二维波导光复用器相同的二维光复用。在一些实施例中，第一非对称衍射光栅1732和第二衍射光栅1734可以由间隔物材料分开。在一些实施例中，间隔物材料可包括光学透明材料，例如光学透明氧化物材料或光学透明聚合物。

[0118] 另外，在一些实施例中，光1710可以最初经由位于波导1720上与第一和第二非对称衍射光栅1732、1734分开的位置处的单独衍射光栅，以与上面关于图13C描述的方式类似的方式，耦合到二维波导光复用器1700中。

[0119] 如图15A所示并且在一些实施例中，衍射光栅可以是偏振光栅。偏振光栅可以包括沿光栅矢量的周期性变化的双折射图案。在一些实施例中，偏振光栅的光栅轴可以被倾斜以满足布拉格条件，使得衍射效率在所需角度处最大化，例如当如图15A所示偏振光栅1830设置在波导1820的主表面上时将实现TIR的衍射角。在一些实施例中，偏振光栅可包括液晶材料。例如，偏振光栅1830可以包括配向的液晶分子1840。由于偏振光栅1830的非对称结构和倾斜光栅轴，根据偏振光栅的图案，仅对于期望类型的圆偏振光（例如，左旋圆偏振光），偏振光栅1830将光1810衍射为+1级衍射的优选方向。以这种方式，入射在偏振光栅上的圆偏振光能够表现出类似于例如关于图13A描述的非对称衍射光栅。具有正交偏振的任何光，例如右旋圆偏振光，将透射通过偏振光栅1830并且不会被衍射，如图15B所示。在一些实施例中，在例如左旋圆偏振光并透射右旋圆偏振光的偏振优先衍射情况下，偏振光栅可以被称为左旋偏振光栅。

[0120] 图15C示出了上述现象如何用于通过光学元件或者反对称偏振光栅1800来实现双

向光复用,其中反对称偏振光栅1800具有第一偏振光栅1832和第二偏振光栅1843和波导1820,第一偏振光栅1832具有第一偏振,第二偏振光栅1843具有与第一偏振正交的第二偏振,第二偏振光栅1843位于在第一偏振光栅上方并且与第一偏振光栅的衍射方向反平行。在一些实施例中,第一偏振光栅1832可以包括配向的液晶分子1842,以及第二偏振光栅1834可以包括配向的液晶分子1844。经由两个反平行偏振光栅实现并在图15C中示出的双向复用类似于经由图13B中所示的反平行衍射光栅实现的双向复用。可以是线性或椭圆偏振或非偏振的光1810入射。例如,在第一偏振光栅1832上,与第一偏振光栅的偏振对应的光的部分由偏振光栅1832沿着优选衍射方向衍射或者向内耦合。具有与第一偏振光栅1832的偏振不对应的偏振的光透射通过第一偏振光栅1832,在此它与第二偏振光栅1834相互作用。在与第二偏振光栅1834相互作用时,具有与第二偏振光栅1834的偏振对应的偏振的光沿第二偏振光栅1834的优选衍射方向被衍射或向内耦合,第二偏振光栅1834的优选衍射方向反平行于第一偏振光栅1832的衍射方向。衍射或内耦合的光继续经由TIR在其对应的衍射方向上传播,其中它进行与对应的偏振光栅相互作用,使得其向外耦合,从而在一个维度上实现双向复用。

[0121] 在一些实施例中,偏振光栅可以包括液晶材料。在一些实施例中,在偏振光栅包括液晶材料的情况下,能够通过控制液晶材料中掺杂剂的量和/或手性来控制偏振光栅轴的倾斜或角度。在一些实施例中,当液晶包含向列型液晶时,可以调节液晶材料中存在的手性掺杂剂的量和/或手性以获得偏振光栅轴的所需倾斜。在一些实施例中,在偏振光栅包括胆甾型液晶材料的情况下,可以控制液晶材料的胆甾型液晶的手性或旋向性以获得期望的偏振光栅轴倾斜。

[0122] 在一些实施例中,液晶材料可以包括高手性液晶材料和具有较低手性的液晶材料的混合物。在一些实施例中,可以通过调节高手性液晶材料与低手性液晶材料的比率来控制液晶材料的手性。在一些实施例中,液晶材料可以包括非手性液晶材料和手性掺杂剂。在一些实施例中,可以通过调节液晶材料中存在的手性掺杂剂的量来控制液晶材料的手性。在一些实施例中,液晶材料不是手性的。在一些实施例中,液晶材料的期望手性可以对应于光的波长、光的入射角、波导内的光的行进角度、或其他因素。在一些实施例中,液晶材料可以是可聚合的液晶材料。

[0123] 在一些实施例中,并且如图16A所示,可以通过在基板1900上沉积配向层1910来制造衍射光栅,诸如偏振光栅。在一些实施例中,配向层1910可以用于将液晶材料的晶体分子1950在所需取向上进行配向。在一些实施例中,基板1900可以包括例如波导。在一些实施例中,沉积的配向层1910可以被图案化以使液晶材料1920以期望的取向进行配向。在一些实施例中,随后可以将液晶材料1920沉积在配向层1910上,从而形成衍射光栅。

[0124] 在一些实施例中,可以利用许多不同的配向工艺来制造衍射光栅。在一些实施例中,配向工艺可以对液晶材料的晶体进行配向,从而形成衍射光栅。在一些实施例中,衍射光栅可以根据例如在2016年11月18日提交的美国临时专利申请62/424,305和62/424,310中公开的工艺来制造,其全部内容通过引用结合于此。在一些实施例中,沉积的液晶层可以通过例如光配向、微摩擦、纳米压印或液晶材料(诸如含偶氮的聚合物)的全息记录来进行配向。在一些实施例中,纳米压印工艺可以用于对液晶材料进行配向。在一些实施例中,例如可聚合液晶材料或反应性液晶元(reactive mesogen)材料用于形成衍射光栅。第一层液

晶材料能够被压印用于配向,然后能够用作任何随后沉积的液晶层的配向层,而不需要额外的配向层或工艺。

[0125] 根据一些实施例,并且如图16B所示,第一可聚合液晶层1920沉积在基板1900上,基板1900可以包括例如波导。沉积的第一液晶层1920然后可以经由纳米压印工艺进行配向。包括纳米结构的压印模板1930可以被压在第一液晶层1920的表面上,使得第一液晶层1920的液晶以期望的方式进行配向。第一液晶层1920然后可以进行聚合,并且可以从第一液晶层1920分离和去除压印模板1930,第一液晶层1920的表面包括与压印模板1930的结构对应的浮凸图案。然后,第二液晶层1922可以沉积在第一液晶层1920上。在一些实施例中,第二液晶层1922可以包括与第一液晶层1920相同的材料。在一些实施例中,第二液晶层1922可以包括具有与第一液晶层1920不同的手性的液晶材料。在一些实施例中,第二液晶层1922可以包括具有由第一液晶层1920的手性确定的手性的液晶材料。在一些实施例中,第一液晶层1920的压印图案用于对沉积的第二液晶层1922进行配向。附加的液晶层1924或多个层可以沉积在第二液晶层1922上,而不需要额外的压印或配向步骤。在一些实施例中,附加液晶层1924或多个层可以包括与第一液晶层1920或第二液晶层1922相同的材料。在一些实施例中,附加液晶层可以具有与一个或多个其他液晶层不同的手性。在一些实施例中,在沉积第二、第三、第四、第五或更多液晶层之后,因为随后沉积的液晶层填充在压印的表面结构中,因此在所制造的衍射光栅的表面上没有留下压印标记,从而在光栅上留下光滑的表面。

[0126] 有利地,并且根据一些实施例,上述纳米压印工艺能够用于在基板上沉积具有各种空间图案的液晶层,例如具有不同光栅周期的光栅图案,而其间没有配向层。在一些情况下,使用包括不同浓度的手性掺杂剂的液晶层。通过用一个或多个不同的压印模板压印,能够在单个基板上形成许多具有许多不同取向或不同周期的沉积液晶层,而不需要在每个光栅之间的取向层。

[0127] 根据一些实施例,并且如图16C所示,第一可聚合液晶层1920沉积在基板1900上,基板1900可以包括例如波导。第一液晶层1920可以包括例如一个或多个液晶子层,并且可以使用纳米压印工艺进行配向,类似于上面关于图16B描述的工艺。在一些实施例中,第一液晶层1920可以包括具有第一周期和/或第一取向的衍射光栅。在一些实施例中,隔离层1960可以沉积在第一液晶层1920上。隔离层1960可以包括例如透明氧化物层、透明介电层或透明聚合物。

[0128] 在一些实施例中,第二液晶子层1940可以沉积在隔离层1960上。然后可以通过如上关于图16B所述的纳米压印工艺来对沉积的第二液晶子层1940进行配向。在一些实施例中,用于第二液晶子层的纳米压印工艺可以利用与用于压印第一液晶层1920的压印模板的不同的压印模板,例如具有不同周期或不同取向的压印模板。这样,第二液晶子层1940可以具有与第一液晶层1920不同的第二周期或取向。然后可以在经配向的第二液晶子层1940上沉积附加的液晶子层,例如液晶子层1942、1944,而不需要如上面关于图16B所述的附加压印或配向步骤。

[0129] 在一些实施例中,在一个或多个后续液晶层(例如,液晶子层1940、1942和1944)沉积在隔离层1960上的情况下,隔离层可以用于将第一液晶层1920与一个或多个的后续液晶层分隔开,以避免由于第一液晶层1920与任何后续液晶层之间的任何不连续性而导致的液

晶配向缺陷,包括旋转位移。

[0130] 在一些实施例中,反对称或反平行衍射光栅能够通过沉积具有第一旋向性或扭转角的第一液晶层1920和具有第二相反旋向性或扭转角的第二液晶层1922来制造,如图16D所示。在一些实施例中,第一液晶层1920可以包括具有第一旋向性的手性掺杂剂,以及第二液晶层1922可以包括具有第二相反旋向性的手性掺杂剂。在一些实施例中,第一液晶层1920可以包括胆甾型液晶材料,其包括具有第一旋向性的液晶分子1950,第二液晶层1922可以包括胆甾型液晶材料,其包括具有第二相反旋向性的液晶分子1952。反平行衍射光栅的功能类似于图15C所示的反平行衍射光栅光学元件。在一些实施例中,第一液晶层1920可以沉积在已经沉积在基板1900(例如,波导)上的配向层1910上。

[0131] 图16E示出了衍射光栅1901,其包括沉积在配向层1910上的多个液晶层1920、1922、1924,该配向层1910根据本文所述的工艺已经沉积在例如波导的基板1900上。在一些实施例中,衍射光栅1901可以包括偏振光栅。常规的布拉格光栅,包括体积相位光栅,通常具有高衍射效率的窄范围的入射角,例如,对于半最大值衍射角的全宽,小于约5度。然而,偏振光栅能够表现出具有高衍射效率的相对宽范围的入射角,例如,对于半最大值衍射角的全宽,约15至20度。在一些实施例中,通过在具有不同倾斜角的偏振光栅中包括多个层,甚至可以进一步扩宽具有高衍射效率的角度范围,如图16E所示。如上所述,能够通过控制每层的液晶材料的手性来控制每个液晶层1920、1922、1924的倾斜角。在一些实施例中,可以通过向列型液晶材料中存在的手性掺杂剂的量来控制手性。在一些实施例中,可以通过利用具有不同螺旋扭转能力的胆甾型液晶来控制手性。此外,如上面参考图16B所述,在具有不同倾斜角的每个液晶层1920、1922、1924之间不需要配向层或图案化或压印。尽管示出为具有三个液晶层,但在一些实施例中,偏振光栅1901可以包括两个、三个、四个、五个、十个、二十个、五十个或更多个液晶层。

[0132] 图16F示出了反平行或反对称偏振光栅1901,其中两个液晶层1920、1940中的每一个包括多个液晶子层,每个子层具有不同的倾斜角。在一些实施例中,能够通过沉积具有第一旋向性或扭转角的第一液晶层1920来制造反对称或反平行偏振光栅1901。通过沉积多个液晶子层1922、1924、1926来制造第一液晶层1920,每个液晶子层具有相同的旋向性,但每个液晶子层具有不同的倾斜角。在一些实施例中,根据本文所述的工艺沉积液晶子层1922、1924、1926并进行配向。第二液晶层1940沉积在第一液晶层1920上方,第二液晶层包括多个液晶子层1942、1944、1946,每个液晶子层具有相同的旋向性,但每个液晶子层具有不同的倾斜角。液晶层1940和液晶子层1942、1944、1946的旋向性与第一液晶层1920和液晶子层1922、1924、1926的旋向性相反。图16F所示并且根据一些实施例的非对称偏振光栅能够以与图15C所示的反对称偏振光栅1800类似的方式实现双向光复用。然而,由于反对称偏振光栅的液晶子层的多个倾斜角,反对称偏振光栅1901能够实现对于基本上更宽范围的入射角的有效光复用。

[0133] 在一些实施例中,二维波导光复用器可以包括波导、设置在波导主表面上的第一反平行或反对称偏振光栅和设置在第一反平行偏振光栅上方的第二反平行或非对称偏振光栅。在一些实施例中,第一和第二反平行偏振光栅被定向成使得每个反平行偏振光栅的双向复用方向彼此垂直,使得反平行偏振光栅可以称为是交叉的。在一些实施例中,第一反平行偏振光栅可以设置在波导的底部主表面上,以及第二反平行偏振光栅可以设置在波导

的顶部主表面上。在一些实施例中，第一反平行偏振光栅可以设置在波导的顶部主表面上，第二反平行偏振光栅可以设置在第一反平行偏振光栅和波导的顶部主表面上方。在一些实施例中，第二反平行或偏振光栅可以通过隔离层或通过配向层与第一反平行偏振光栅分隔开。在一些实施例中，反平行偏振光栅能够包括如本文所述的液晶材料。

[0134] 图17A示出了根据一些实施例的二维波导光复用器2000，其包括设置在波导2020的底部主表面上的液晶第一反平行偏振光栅2030，例如关于图16E描述的液晶反平行偏振光栅1901。二维波导光复用器还包括第二液晶反平行偏振光栅2040，其设置在第一反平行偏振光栅2030上方的波导2020的顶部主表面上。第二液晶反平行偏振光栅2040也可以是反平行偏振光栅，类似于参照图16E描述的液晶反平行偏振光栅1901。第一和第二反平行偏振光栅2030、2040被定向成使得第一反平行偏振光栅2030的双向复用方向垂直于第二反平行偏振光栅2040的双向复用方向。类似于本文所述的二维波导光复用器的其他实施例，反平行偏振光栅2030、2040能够称为交叉的反平行偏振光栅。二维波导光复用器还包括沉积在波导2020的底部主表面上的第一配向层2032，其用于根据本文描述的工艺对包括第一反平行偏振光栅2030的第一和随后的液晶层和子层进行配向。二维波导光复用器还包括沉积在波导2020的顶部主表面上的第二配向层2042，其类似地用于对包括第二反平行偏振光栅2040的第一和随后的液晶层以及子层进行配向。图17A中所示并且根据一些实施例的二维波导光复用器2000以与例如图12A、图12B、图14A和图14B中所示的二维波导光复用器类似的方式起作用。然而，在一些实施例中，在二维波导光复用器2000利用交叉反平行偏振光栅的情况下，它能够比利用对称衍射光栅、或者甚至非对称衍射光栅的二维波导光复用器以更高效率实现入射光2010的更宽范围的角度的二维光复用2012。

[0135] 图17B示出了根据一些实施例的二维波导光复用器2000，其中第一液晶反平行偏振光栅2030设置在波导2020的顶部主表面上，并且第二液晶反平行偏振光栅2040设置在第一反平行偏振光栅2030和波导2020的顶部主表面上方。液晶反平行偏振光栅2030、2040通过根据本文所述的工艺的配向层进行配向。在一些实施例中，第一配向层2032可以沉积在波导2020的顶部主表面上，并且第一反平行偏振光栅2030可以在其上制造。然后可以在第一反平行偏振光栅2030上沉积第二配向层2042，并且可以在其上制造第二反平行偏振光栅2040以形成二维波导光复用器2000。这样，根据一些实施例，二维波导光复用器2000的第一反平行偏振光栅2030和第二反平行偏振光栅2040可以由配向层2042分隔开。

[0136] 图17C示出了具有与图17B中所示的二维波导光复用器类似的配置的二维波导光复用器2000，使得第一和第二反平行偏振光栅2030、2040都设置在波导的顶部主表面上。图17C所示的二维波导光复用器2000包括液晶反平行偏振光栅2030、2040，它们通过纳米压印工艺来制造和配向，例如参照图15B描述的工艺。制造每个反平行偏振光栅2030、2040，使得不需要单独的配向层。因此，在第一反平行偏振光栅2030的顶部主表面上沉积或形成隔离层2050，以将第一反平行偏振光栅2030与第二反平行偏振光栅2040分隔开。在一些实施例中，隔离层2050可以用于在第二反平行偏振光栅2040的压印期间保护第一反平行偏振光栅2030。在一些实施例中，隔离层2050可以类似于本文所述的其他隔离层，并且可以包括例如透明氧化物或聚合物。

[0137] 在一些实施例中，可以使用相同的压印模板来制造第一和第二反平行偏振光栅2030、2040。在一些实施例中，在使用相同的压印模板来制造第一和第二反平行偏振光栅

2030、2040的情况下,当制造第二反平行偏振光栅2040时,压印模板相对于在压印第一反平行偏振光栅2030期间的取向旋转90度,使得第一和第二反平行偏振光栅2030、2040交叉。

[0138] 图17D示出了图17B的二维波导光复用器2000,并且还示出了对于宽范围的入射角的光2010,可以以高效率实现二维光复用。当光从二维波导光复用器2000被复用并向外耦合2012时,这种宽范围的入射得以保留,使得包括具有宽视场的图像的光信号能够在二维上有效地复用。在二维上有效地复用宽视场图像的能力可以在例如本文所述的增强现实设备中 useful。

[0139] 附加的示例

[0140] 在第一示例中,本文提供了一种光学元件,其中该光学元件包括:波导;具有光栅方向的至少一个或多个第一衍射光栅,该一个或多个第一衍射光栅设置在波导的主表面上;以及具有光栅方向的至少一个或多个第二衍射光栅,该一个或多个第二衍射光栅相对于一个或多个第一衍射光栅设置,以使得一个或多个第一衍射光栅的光栅方向垂直于一个或多个第二衍射光栅的光栅方向。

[0141] 在第二示例中,在第一示例的光学元件中,一个或多个第一衍射光栅设置在波导的底部主表面上,并且一个或多个第二衍射光栅设置在波导的顶部主表面上。

[0142] 在第三示例中,在第一示例的光学元件中,一个或多个第一衍射光栅设置在波导的顶部主表面上,并且一个或多个第二衍射光栅设置在波导的顶部主表面上方。

[0143] 在第四示例中,在第三示例的光学元件中,一个或多个第二衍射光栅通过隔离层与一个或多个第一衍射光栅分隔开。

[0144] 在第五示例中,在第四示例的光学元件中,其中隔离层包括透明氧化物或聚合物材料。

[0145] 在第六示例中,在第一至第三示例中任一个的光学元件中,一个或多个第一衍射光栅和一个或多个第二衍射光栅各自包括对称衍射光栅。

[0146] 在第七示例中,在第一至第三示例中任一个的光学元件中,一个或多个第一衍射光栅还包括具有第一衍射方向的至少一个或多个第一非对称衍射光栅和具有与第一衍射方向反平行的第二衍射方向的至少一个或多个第二非对称衍射光栅;并且一个或多个第二衍射光栅还包括具有第三优选衍射方向的至少一个或多个第三非对称衍射光栅和具有与第三衍射方向反平行的第四衍射方向的至少一个或多个第四非对称衍射光栅。

[0147] 在第八示例中,在第七示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括闪耀光栅、布拉格光栅、液晶光栅、正弦光栅、二元光栅、体积相位光栅、或超表面光栅。

[0148] 在第九示例中,在第八示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括液晶材料。

[0149] 在第十示例中,在第九示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括向列型液晶材料。

[0150] 在第十一示例中,在第九示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括胆甾型液晶材料。

[0151] 在第十二示例中,在第九示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括可聚合液晶材料。

[0152] 在第十三示例中,在第九至第十二示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅通过纳米压印工艺形成。

[0153] 在第十四示例中,在第九至第十二示例的光学元件中,第一非对称衍射光栅沉积在第一配向层上,并且第三非对称衍射光栅沉积在第二配向层上。

[0154] 在第十五示例中,在第十四示例的光学元件中,第二非对称衍射光栅直接沉积在第一非对称衍射光栅上,以及第四非对称衍射光栅直接沉积在第三非对称衍射光栅上。

[0155] 在第十六示例中,在第九至第十五示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅。

[0156] 在第十七示例中,在第十一示例的光学元件中,一个或多个第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括偏振光栅,并且其中,非对称衍射光栅的倾斜角对应于胆甾型液晶材料的手性、旋向性和螺旋间距。

[0157] 在第十八示例中,在第十六示例的光学元件中,每个非对称衍射光栅的倾斜角对应于液晶材料中的手性掺杂剂的量。

[0158] 在第十九示例中,在第十六示例的光学元件中,第一、第二、第三和第四非对称衍射光栅包括多个液晶材料层,其中,针对所述衍射光栅中的一个衍射光栅的多个液晶材料层中的至少两个液晶材料层具有不同的倾斜角。

[0159] 在第二十示例中,在第十六至第十九示例的光学元件中,一个或多个第一非对称衍射光栅包括第一圆偏振旋向性,并且一个或多个第二非对称衍射光栅包括与第一圆偏振旋向性正交的第二圆偏振旋向性。

[0160] 在第二十一示例中,在第十六至第二十示例的光学元件中,一个或多个第三非对称衍射光栅包括第三圆偏振旋向性,并且一个或多个第四非对称衍射光栅包括与第三圆偏振旋向性正交的第四圆偏振旋向性。

[0161] 在第二十二示例中,一种在二维上分布光信号的方法,该方法包括通过第一衍射光栅在第一方向上分布光信号。该方法还包括在波导中通过全内反射在第一方向上传播光信号的一部分。该方法还包括通过第一衍射光栅将在第一方向上传播的光信号的一部分在外耦合方向上向外耦合。该方法还包括通过第二衍射光栅在第二方向上分布光信号的一部分。该方法还包括在波导中通过全内反射在第二方向上传播光信号的一部分。该方法还包括通过第二衍射光栅将在第二方向上传播的光信号的一部分在外耦合方向上向外耦合,其中,第一方向垂直于第二方向,并且其中,光信号在设置于波导的主表面上的多个位置处被向外耦合。

[0162] 在前述说明书中,已经描述了各种具体实施例。然而,显而易见的是,在不脱离本发明的更广泛的精神和范围的情况下,可以对其进行各种修改和改变。因此,说明书和附图应被视为说明性的而非限制性的。

[0163] 实际上,应当理解,本公开的系统和方法各自具有若干创新方面,其中没有一个是本文公开的期望属性单独负责或要求的。上述各种特征和过程可以彼此独立地使用,或者可以以各种方式组合。所有可能的组合和子组合都旨在落入本公开的范围内。

[0164] 在单独实施例的上下文中在本说明书中描述的某些特征也可以在单个实施例中组合实现。相反,在单个实施例的上下文中描述的各种特征也可以单独地或以任何合适的子组合在多个实施例中实现。此外,尽管上面特征可以被描述为以某些组合起作用并且甚

至最初如此要求保护,但是在某些情况下可以从组合中切除来自所要求保护的组合的一个或多个特征,并且所要求保护的组合可以针对子组合或子组合的变化。对于各个以及每个实施例,没有单个特征或特征组是必需的或必不可少的。

[0165] 应当理解,除非另外特别说明,或者以其他方式在所使用的上下文中理解的,否则本文使用的条件语言,例如“能够(can)”、“能够(could)”、“可能(might)”、“可以(may)”、“例如”等等,通常旨在表达某些实施例包括,而其他实施例不包括某些特征、元件和/或步骤。因此,这种条件语言通常不旨在暗示一个或多个实施例以任何方式需要特征、元件和/或步骤,或者一个或多个实施例必须包括无论是否有作者输入或提示的情况下用于决定在任何特定实施例中是否包括或将要执行这些特征、元件和/或步骤的逻辑。术语“包括(comprising)”、“包含(including)”、“具有”等是同义的并且以开放式方式包含性地使用,并且不排除其他元件、特征、动作、操作等。此外,术语“或”在其包含意义上使用(而不是在其排除意义上),因此当例如为了连接要素列表用而被使用时,术语“或”表示列表中的一个、一些或全部要素。另外,除非另有说明,否则本申请和所附权利要求中使用的冠词“一(a)”、“一个(an)”和“该(the)”应理解为表示“一个或多个”或“至少一个”。类似地,虽然在附图中可以以特定顺序描绘操作,但应认识到,不需要以所示的特定顺序或按顺序执行这些操作,或者执行所有示出的操作,以实现期望的结果。此外,附图可以以流程图的形式示意性地描绘一个或多个示例过程。然而,未示出的其他操作可以包含在示意性示出的示例方法和过程中。例如,可以在任何所示操作之前、之后、同时或之间执行一个或多个附加操作。另外,在其他实施例中,可以重新排列或重新排序这些操作。在某些情况下,多任务处理和并行处理可能是有利的。此外,上述实施例中的各种系统组件的分离不应被理解为在所有实施例中都需要这种分离,并且应该理解,所描述的程序组件和系统通常可以集成在单个软件产品中或封装成多种软件产品。另外,其他实施例在以下权利要求的范围内。在一些情况下,权利要求中记载的动作可以以不同的顺序执行并且仍然实现期望的结果。

[0166] 因此,权利要求不旨在限于本文所示的实施例,而是要符合与本公开、本文公开的原理和新颖特征相一致的最宽范围。

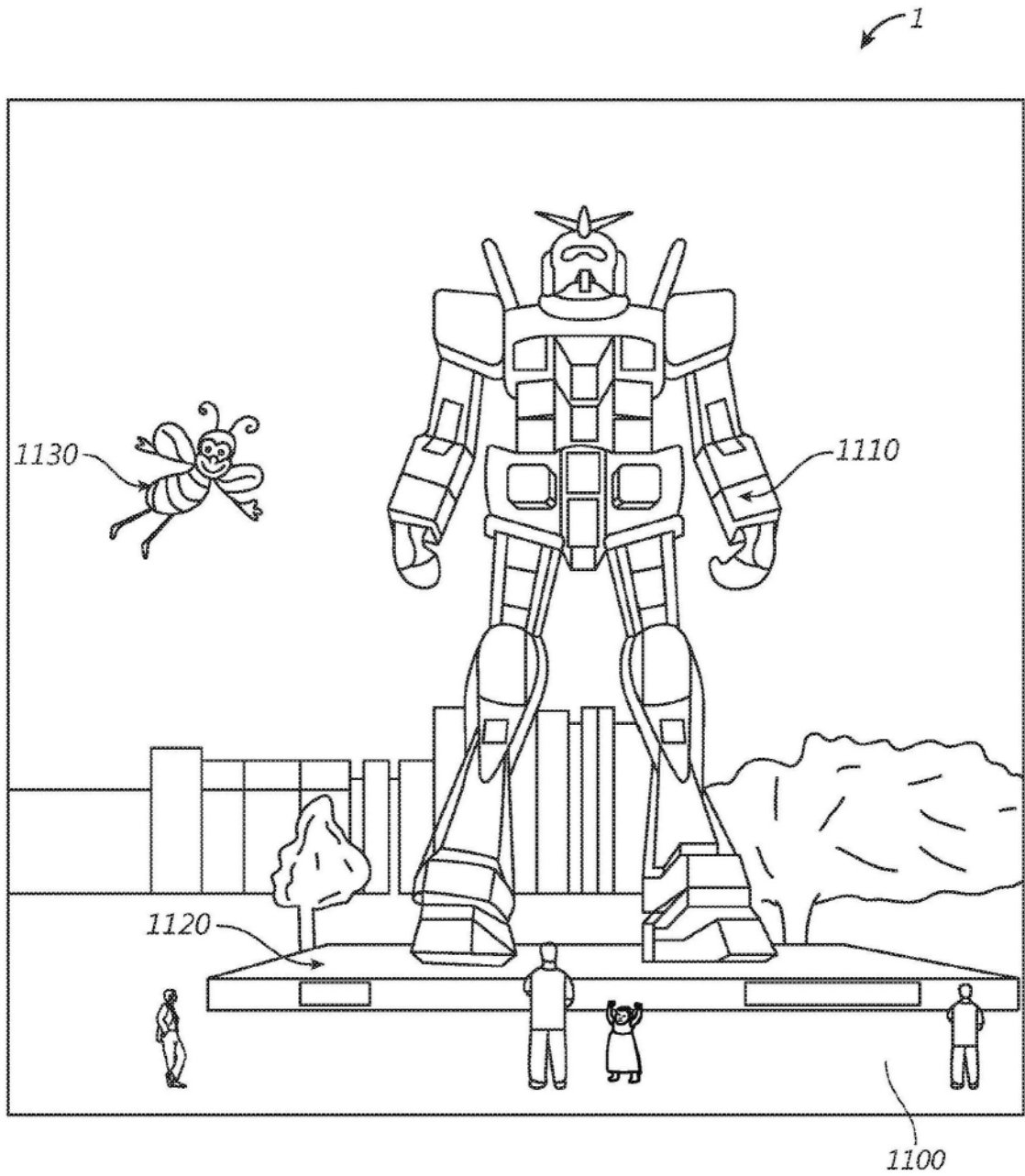


图1

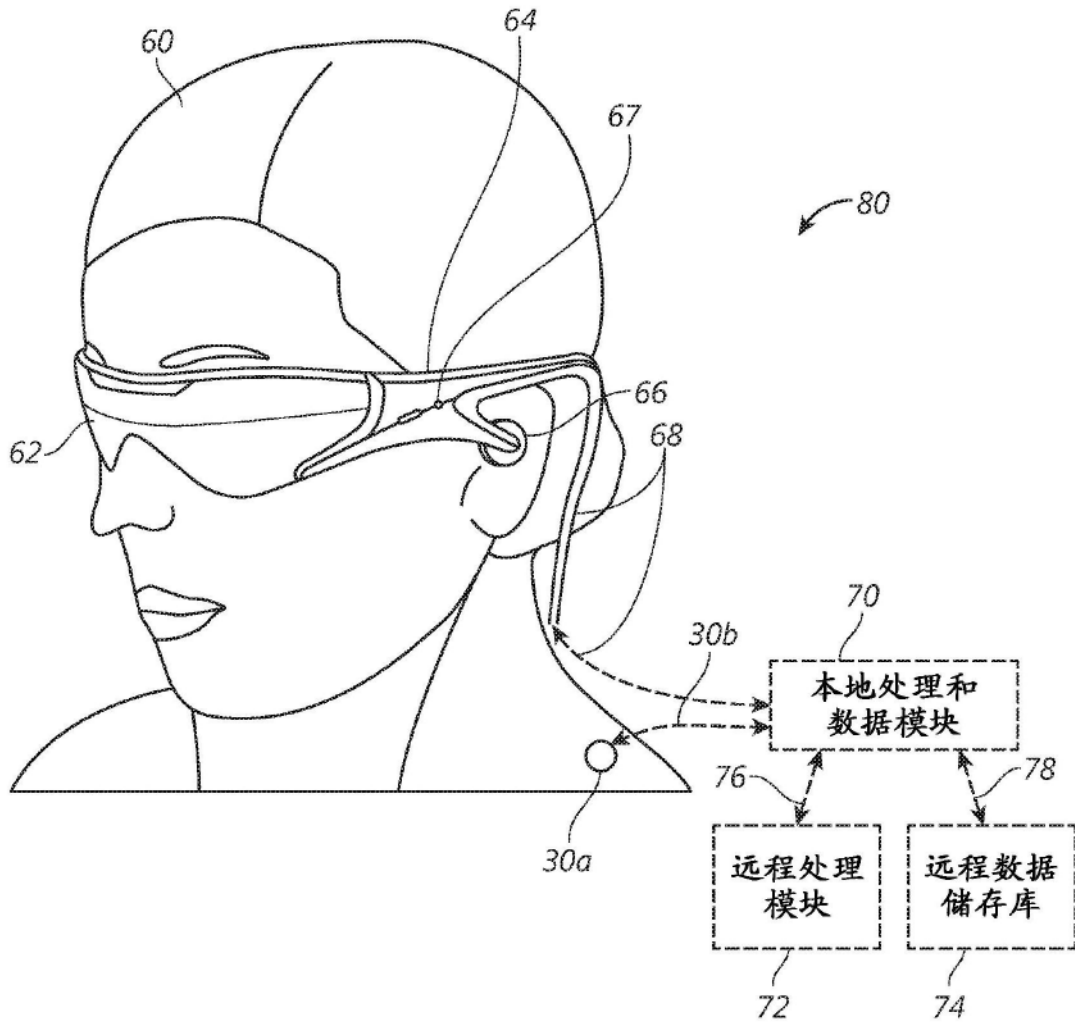


图2

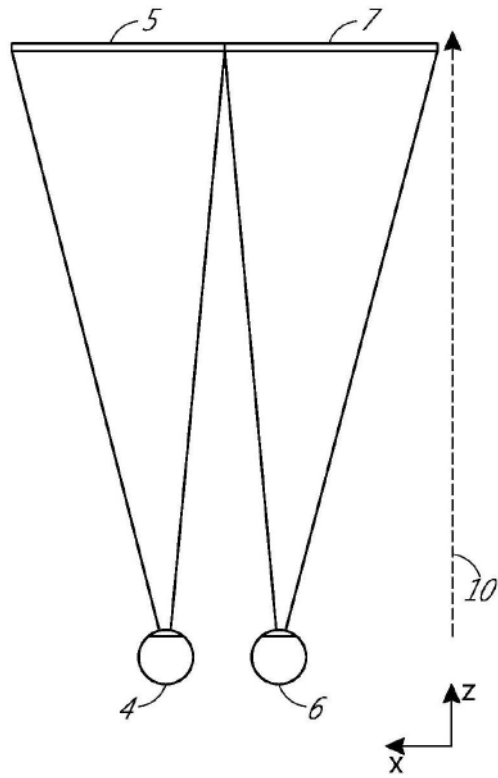


图3

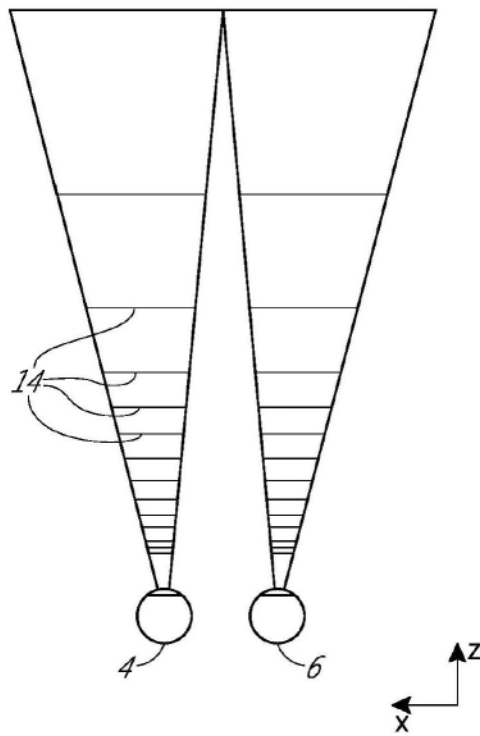


图4

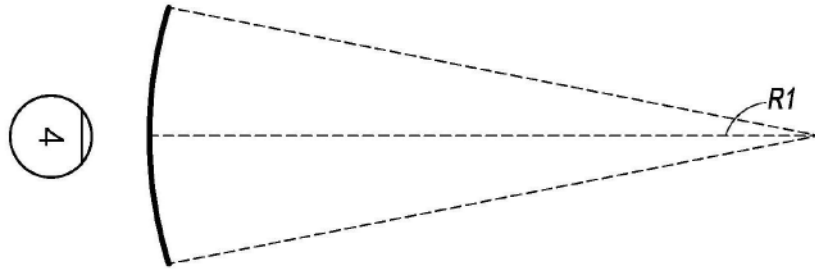


图5A

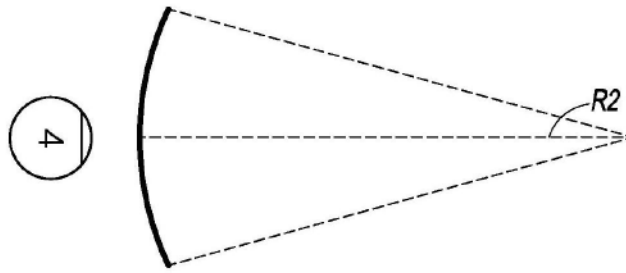


图5B

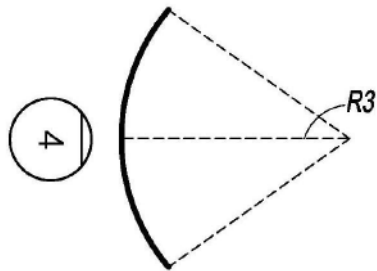


图5C

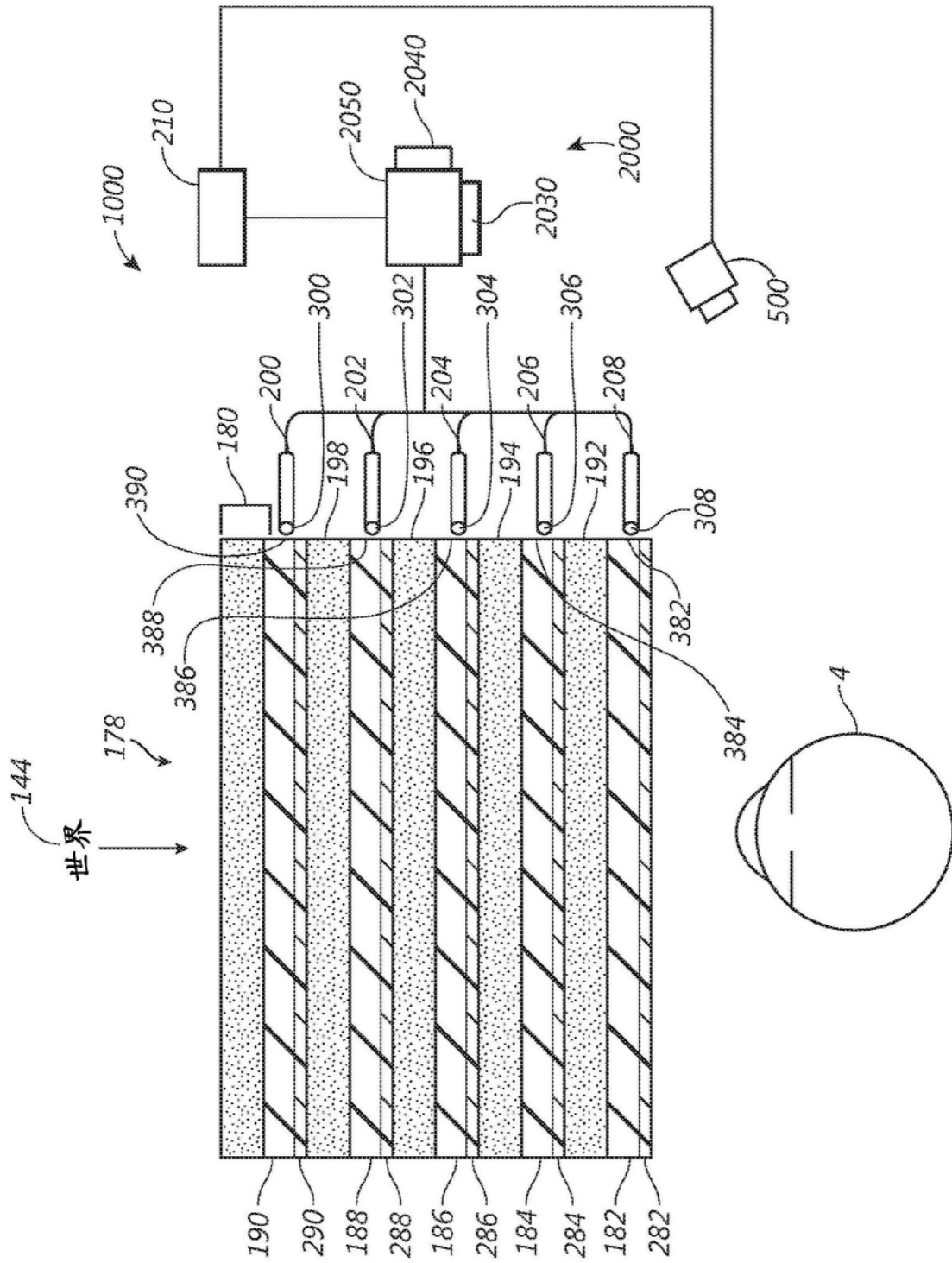


图6

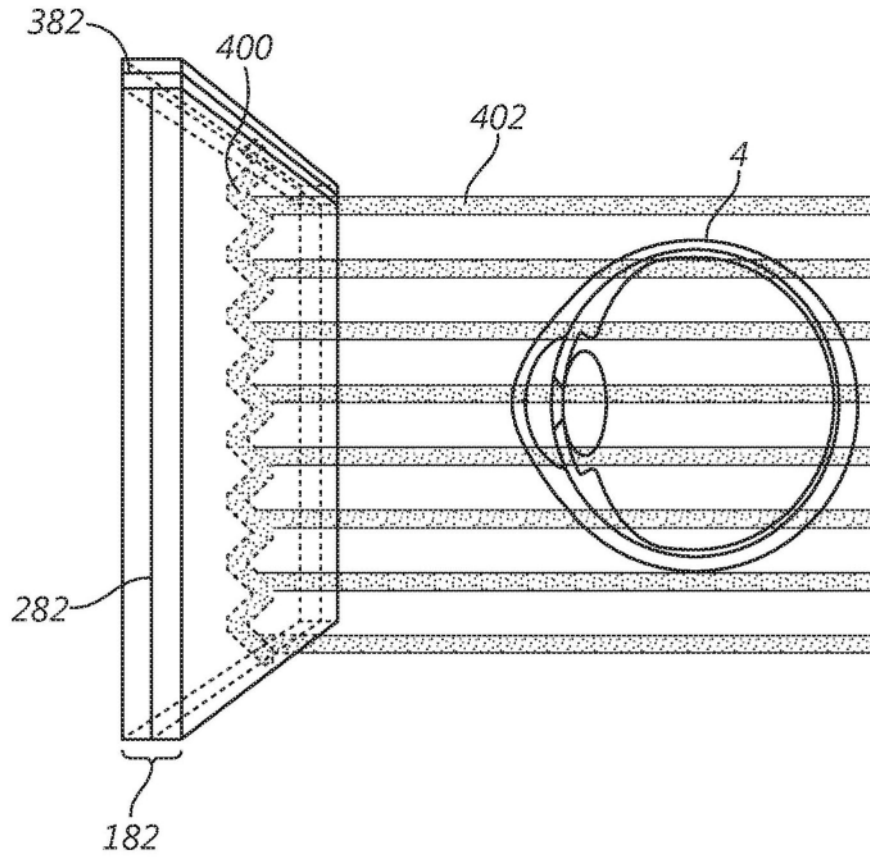


图7

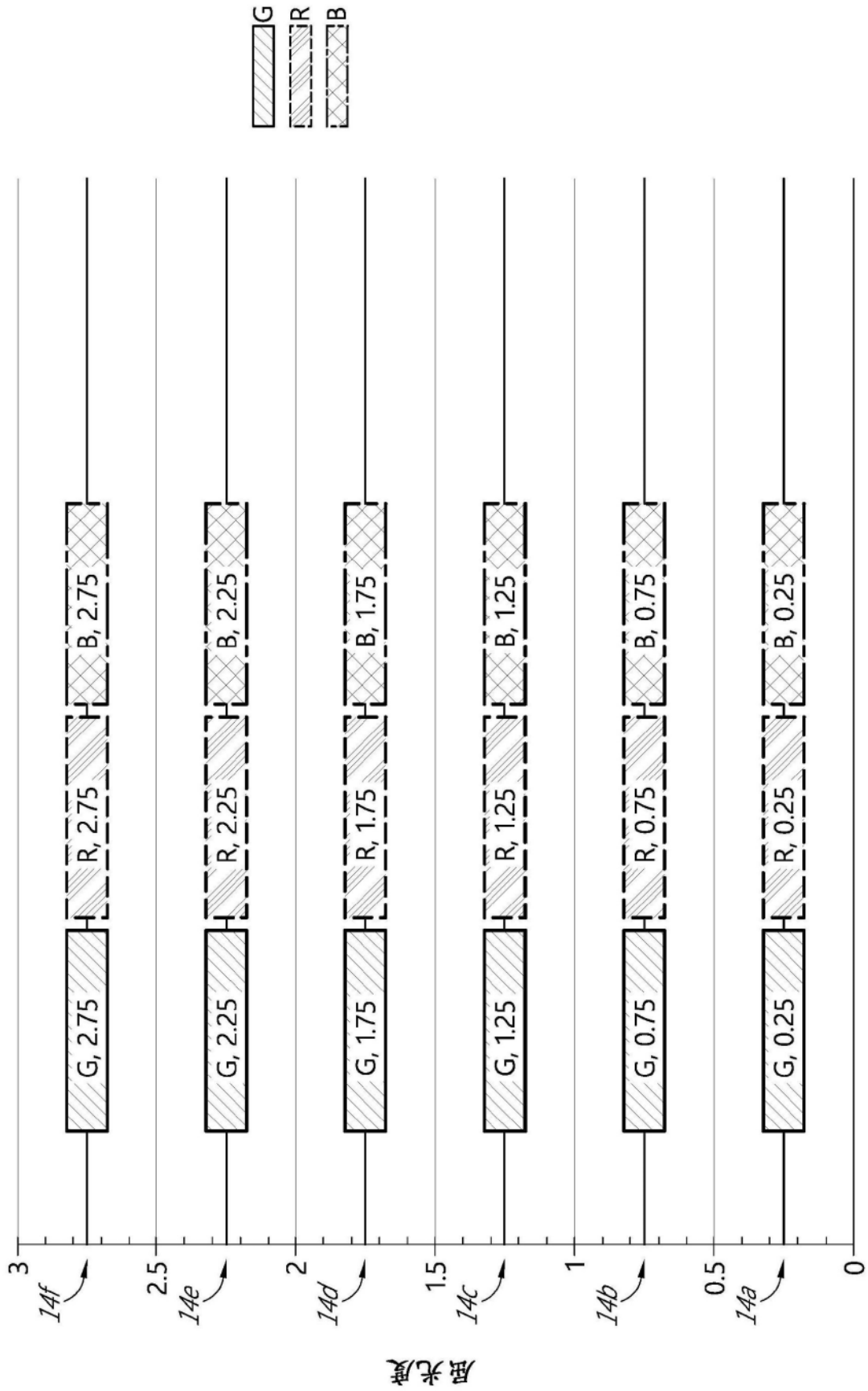


图8

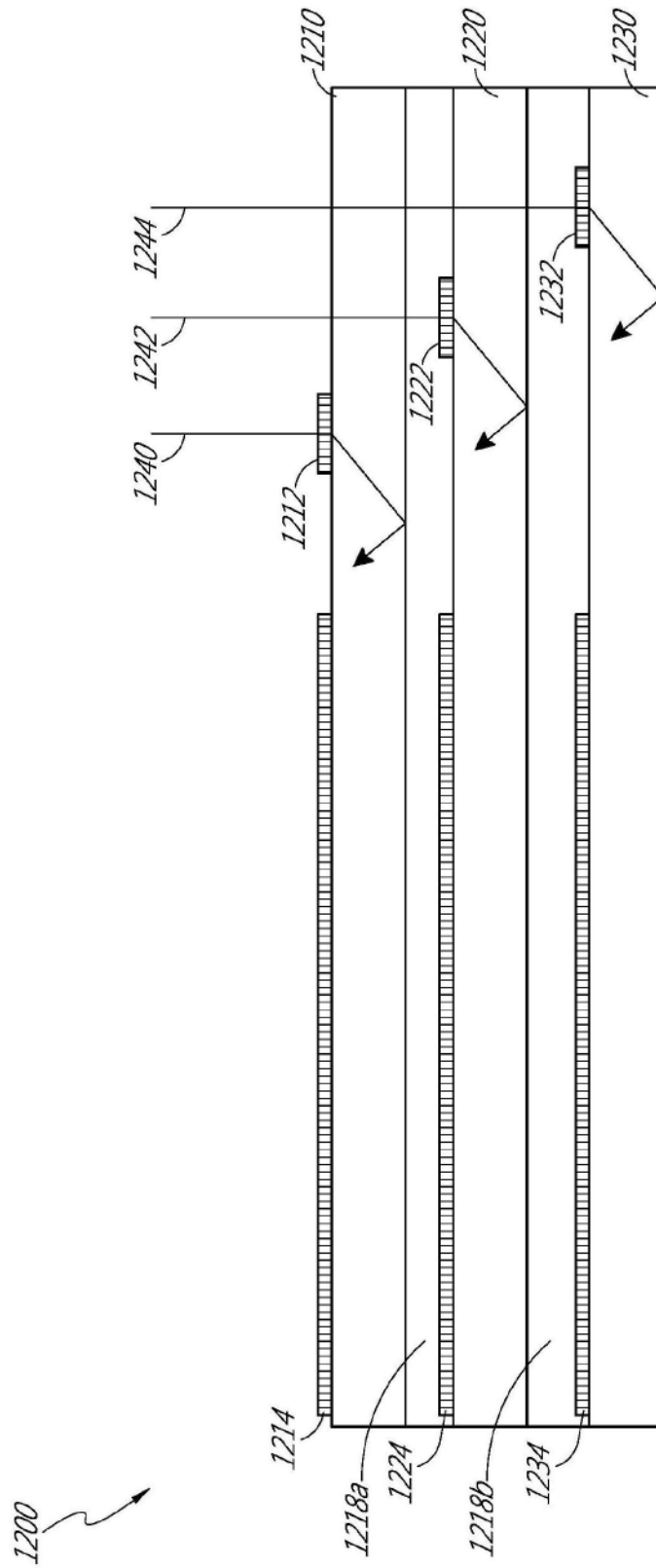


图9A

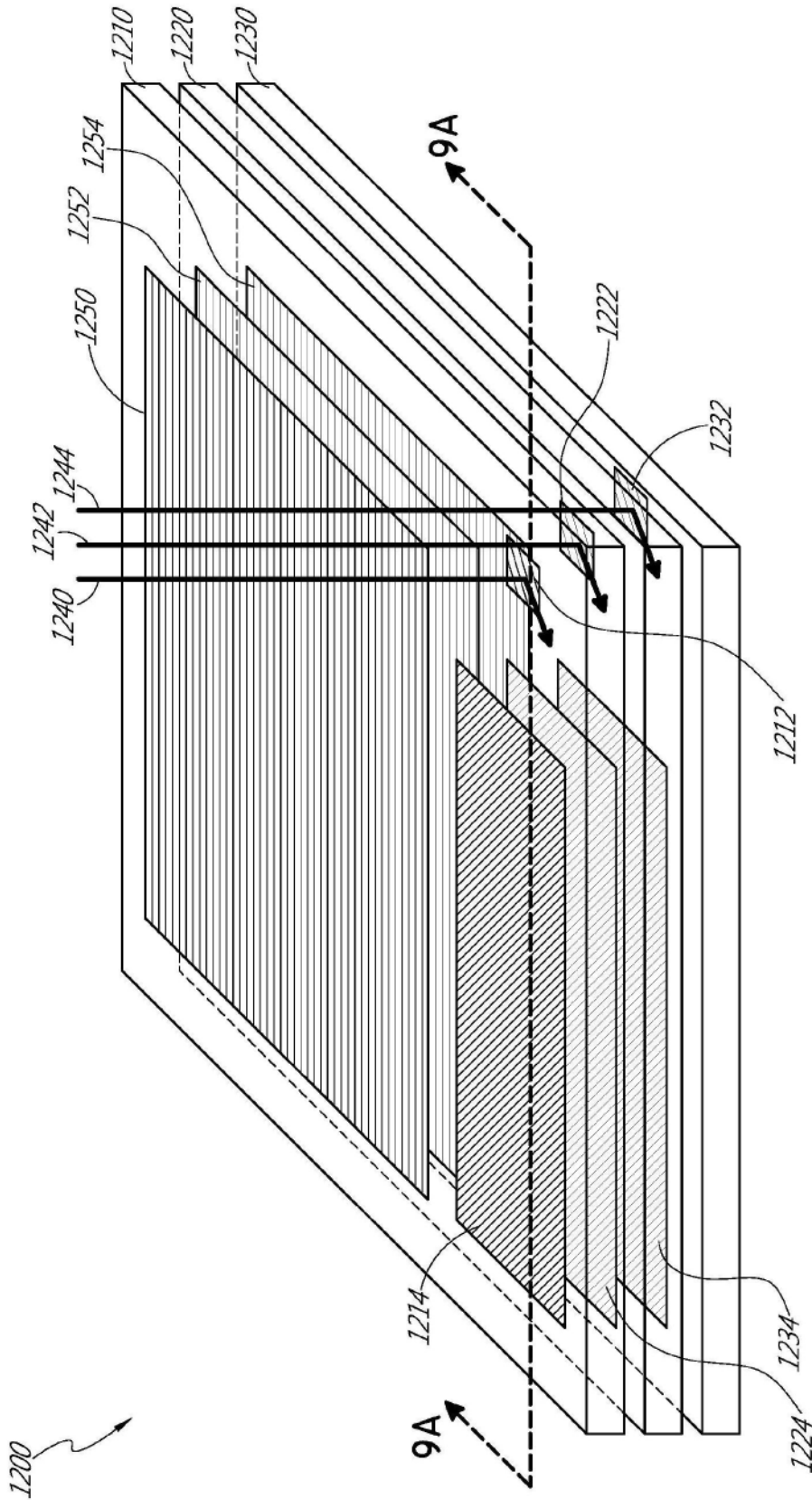


图9B

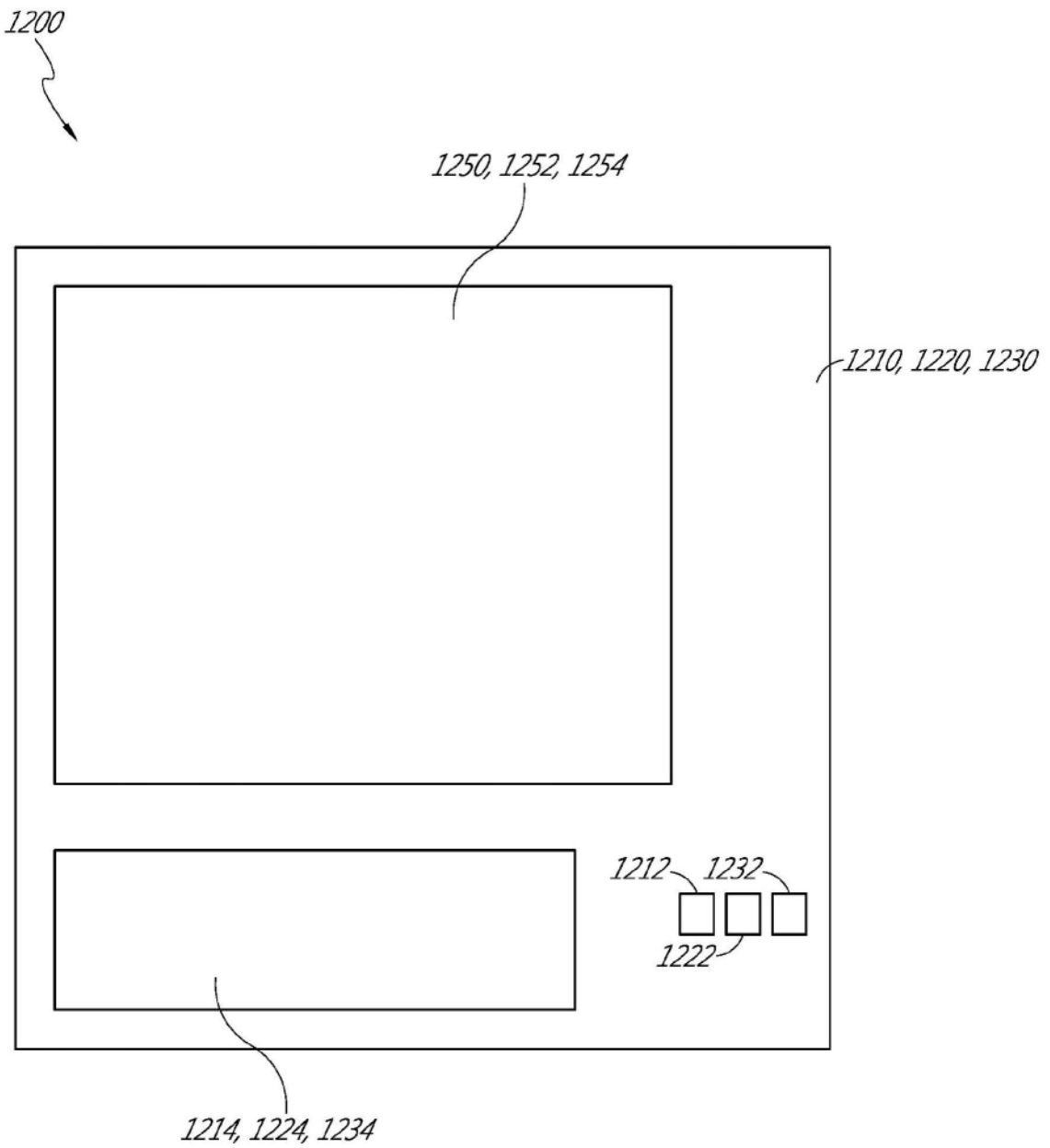


图9C

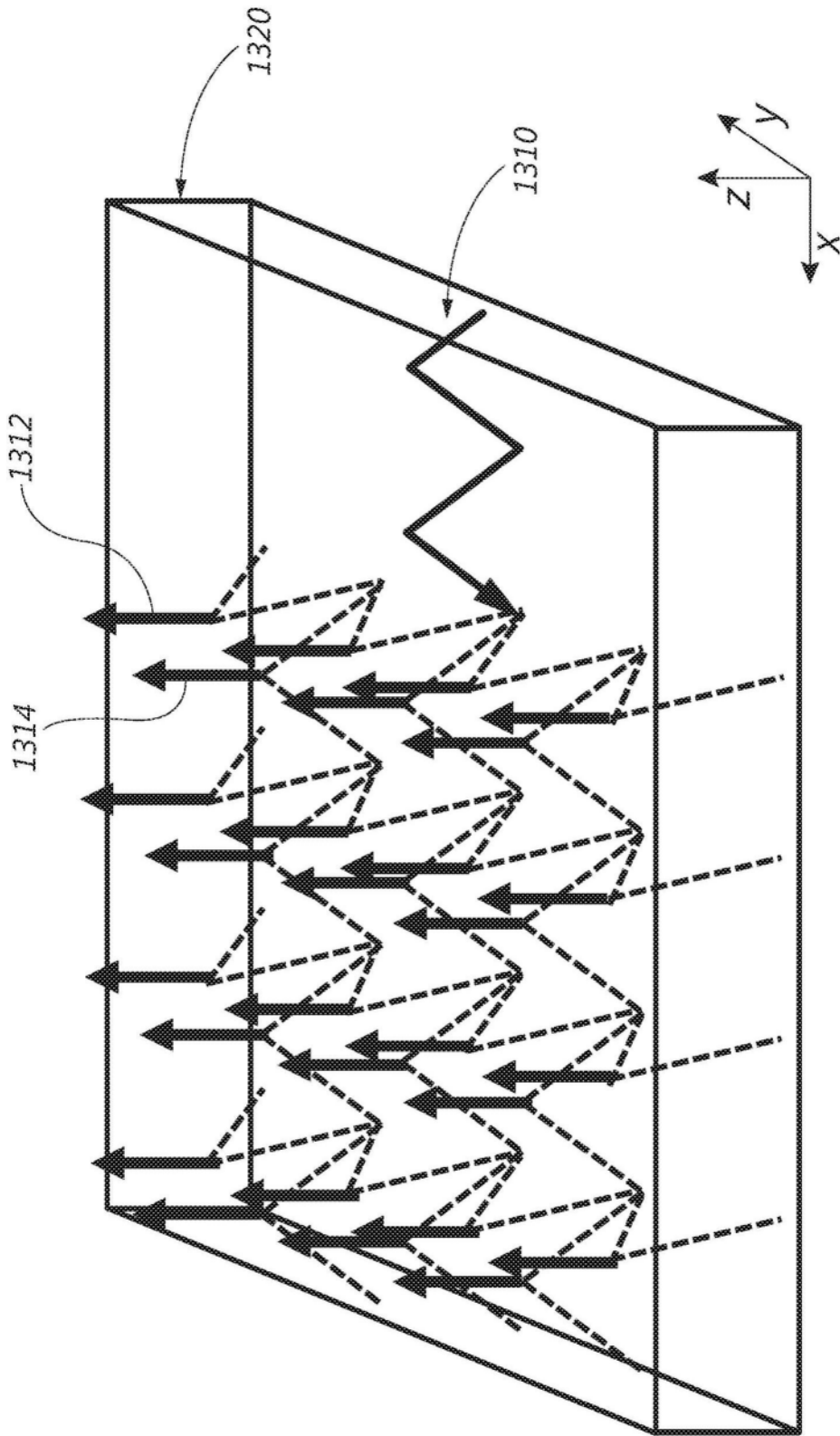


图10

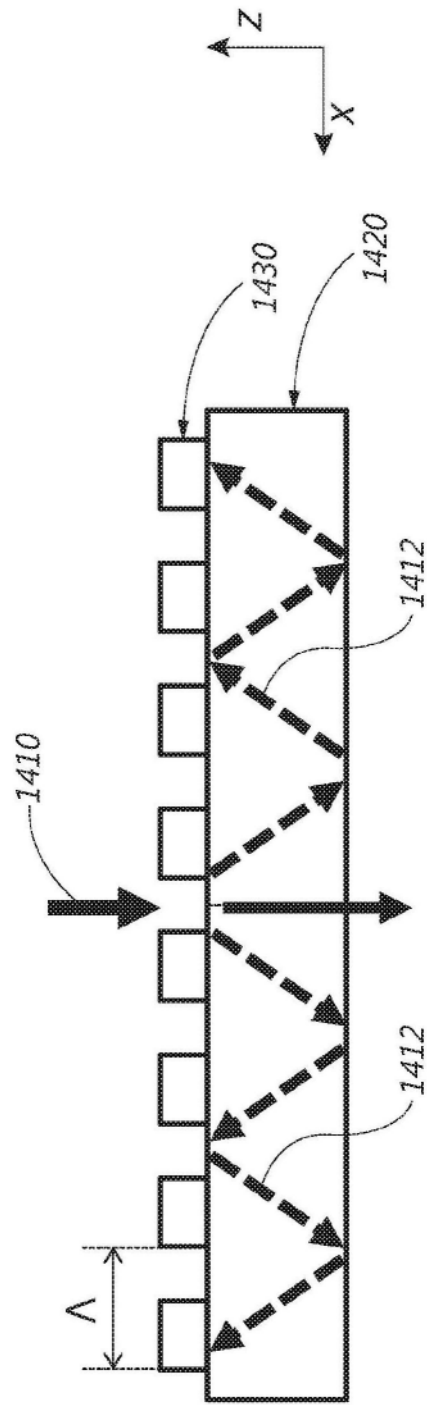


图11A

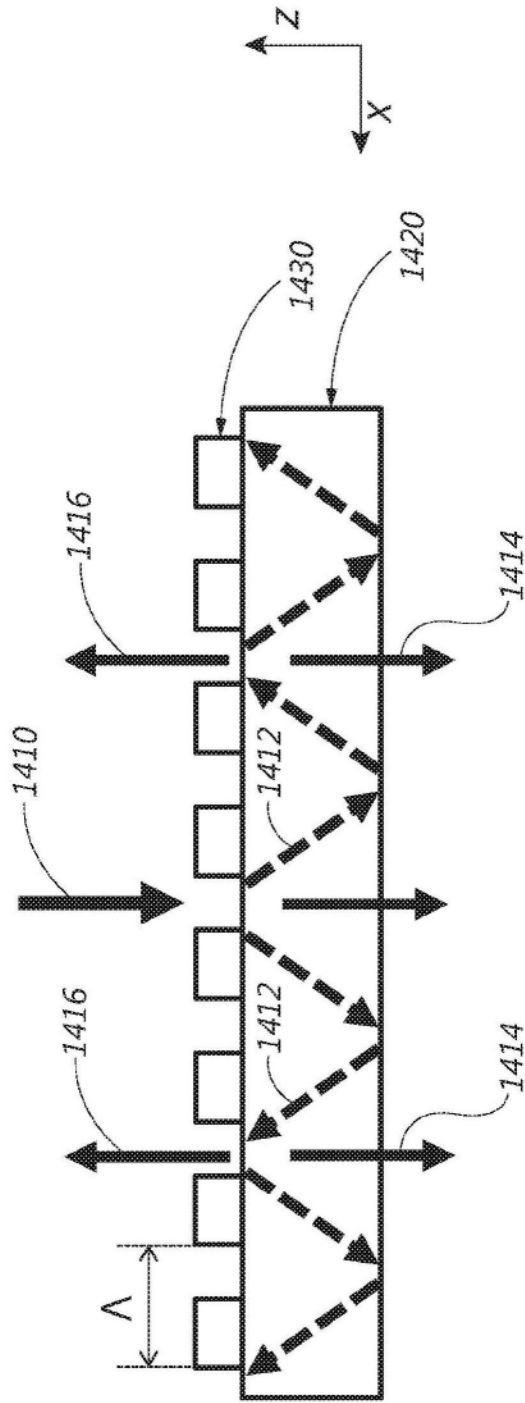


图11B

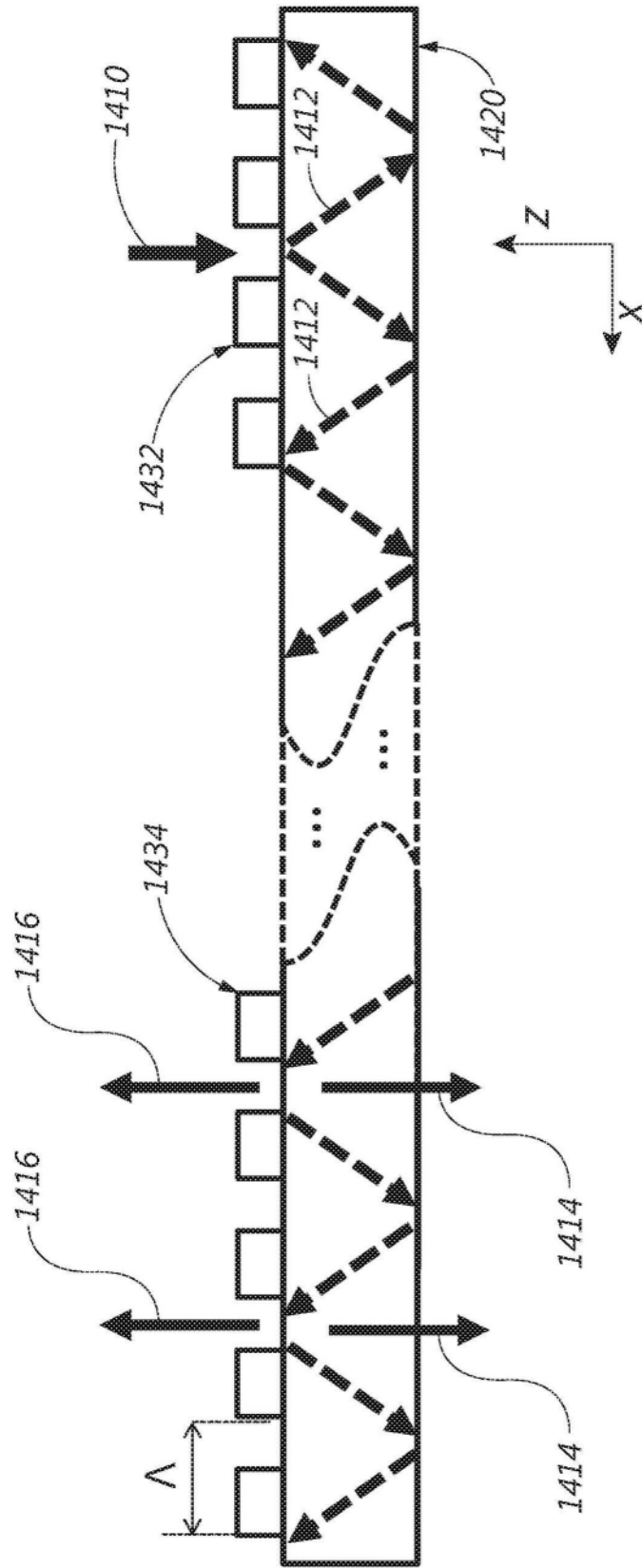


图11C

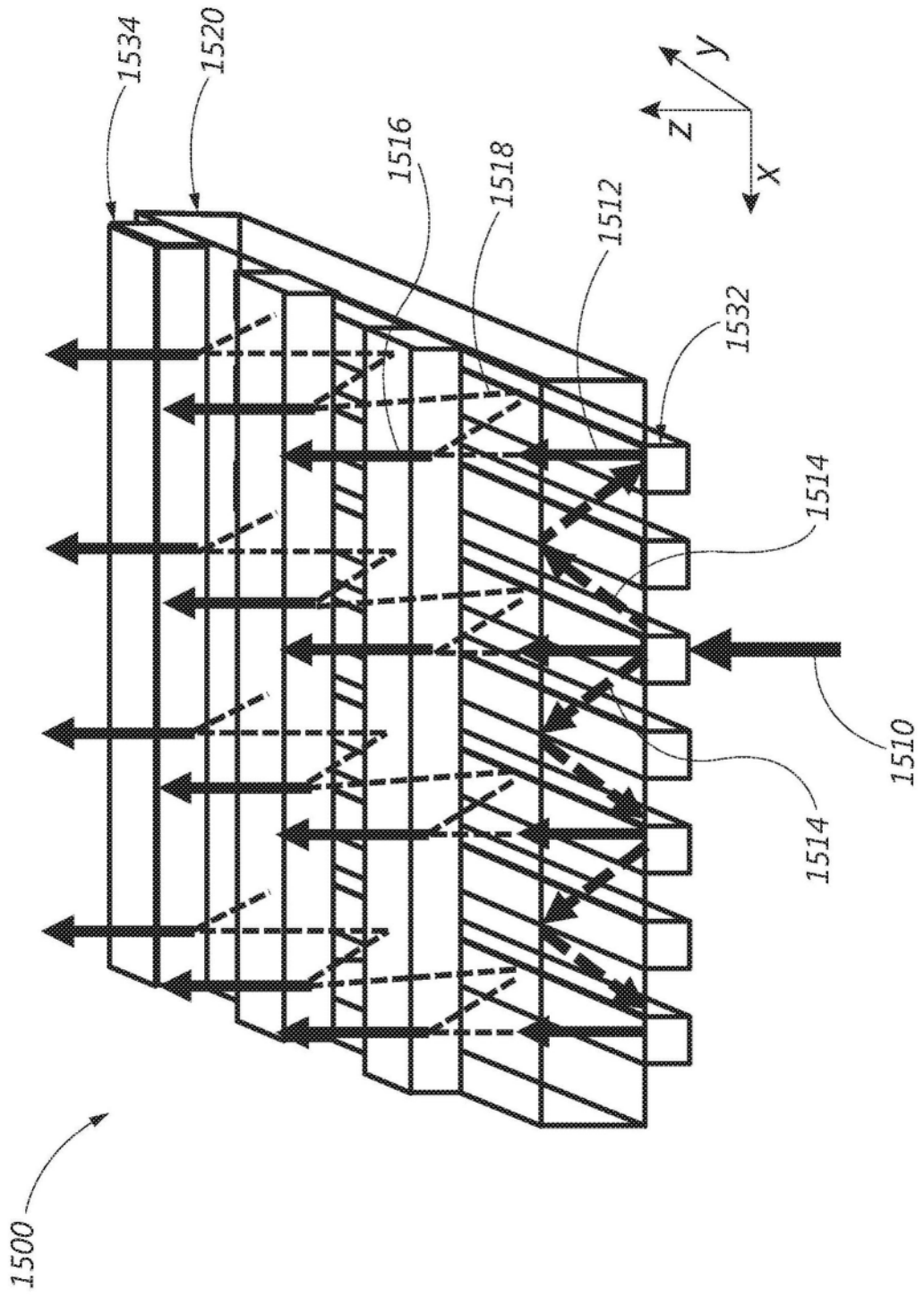


图12A

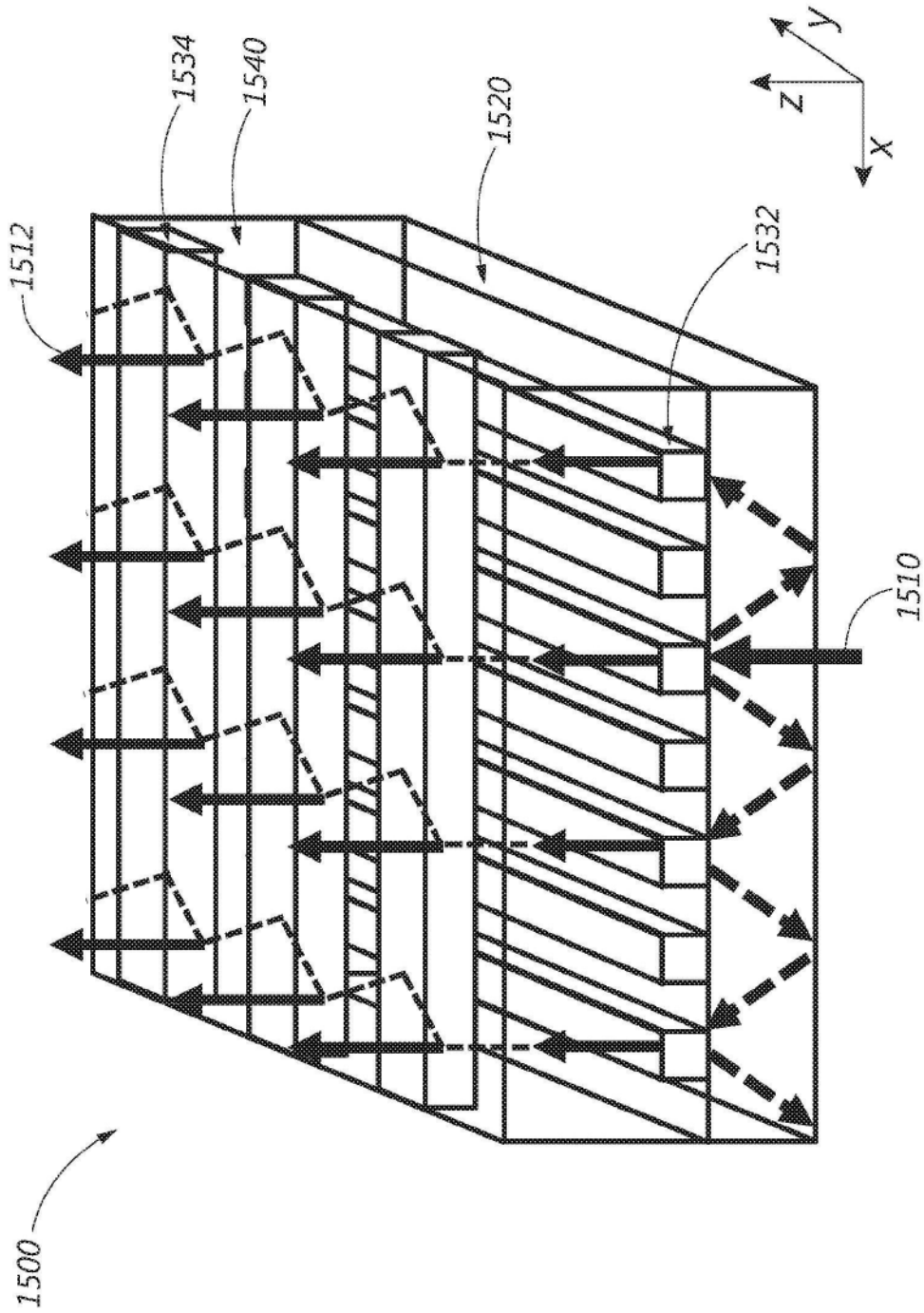


图12B

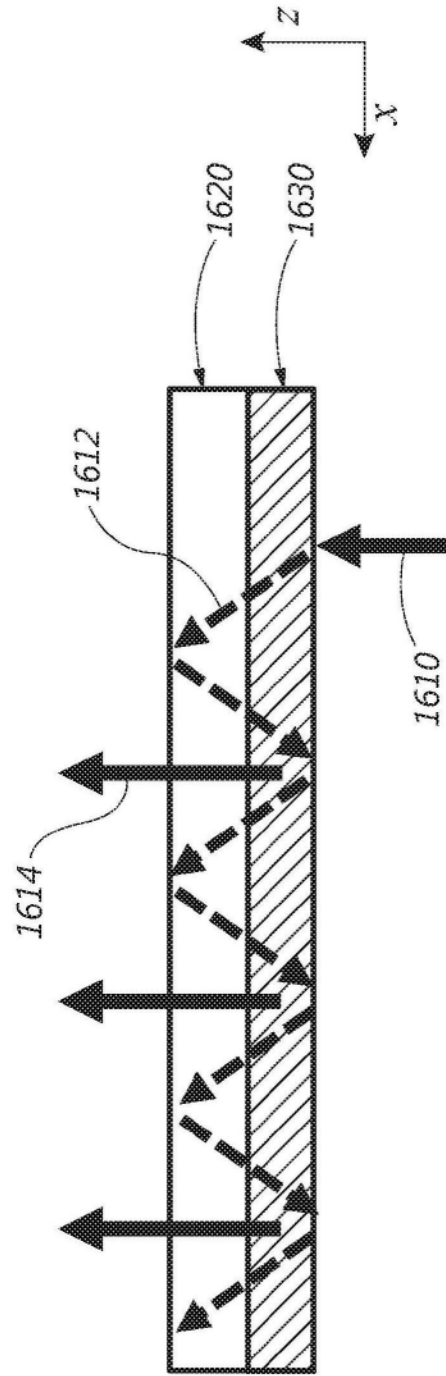


图13A

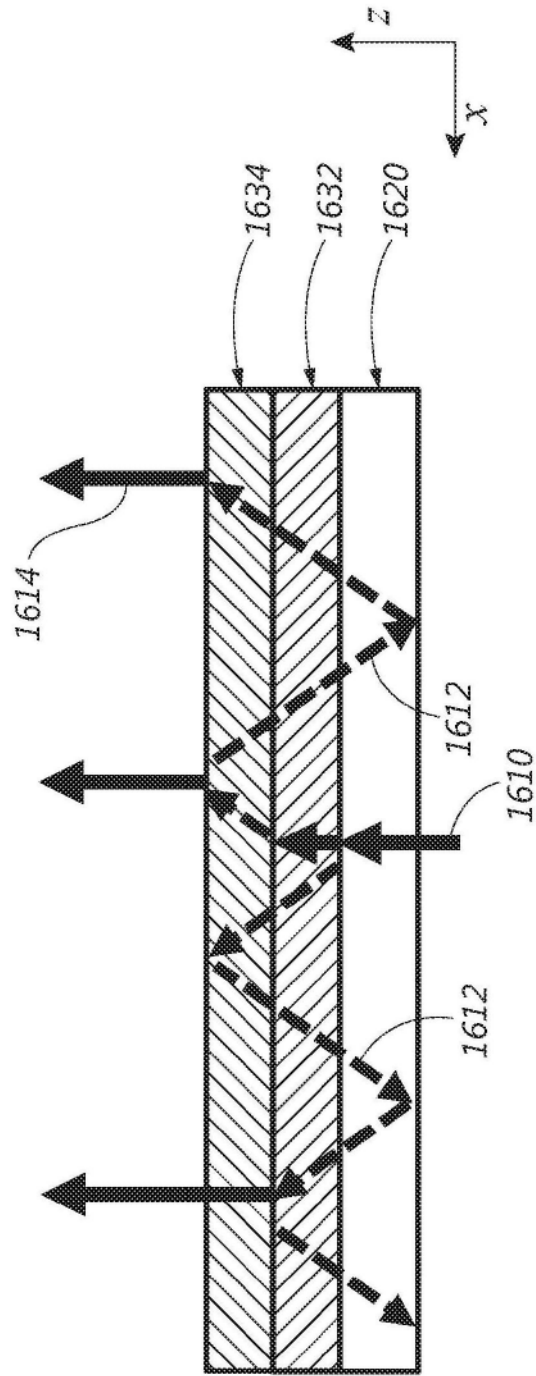


图13B

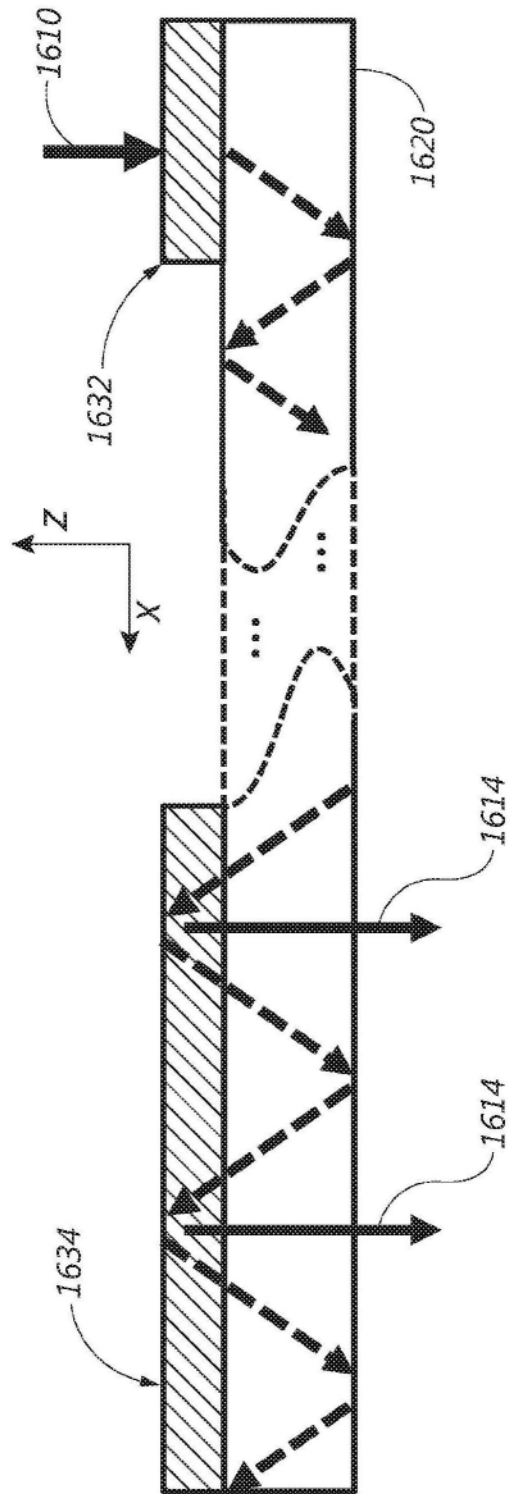


图13C

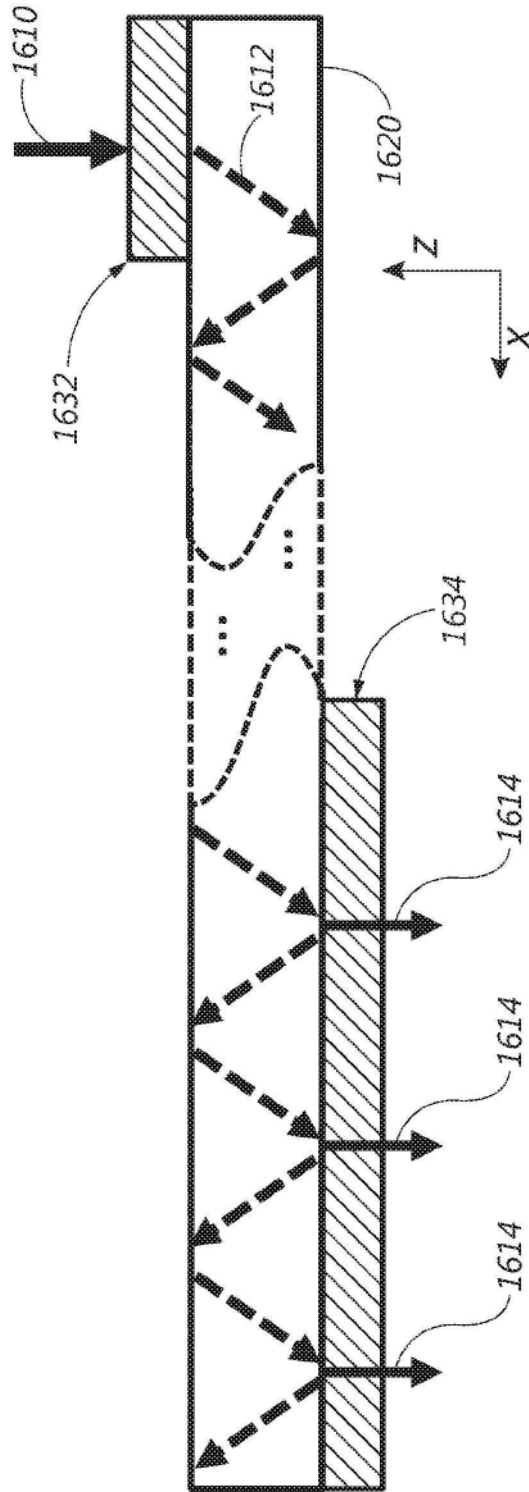


图13D

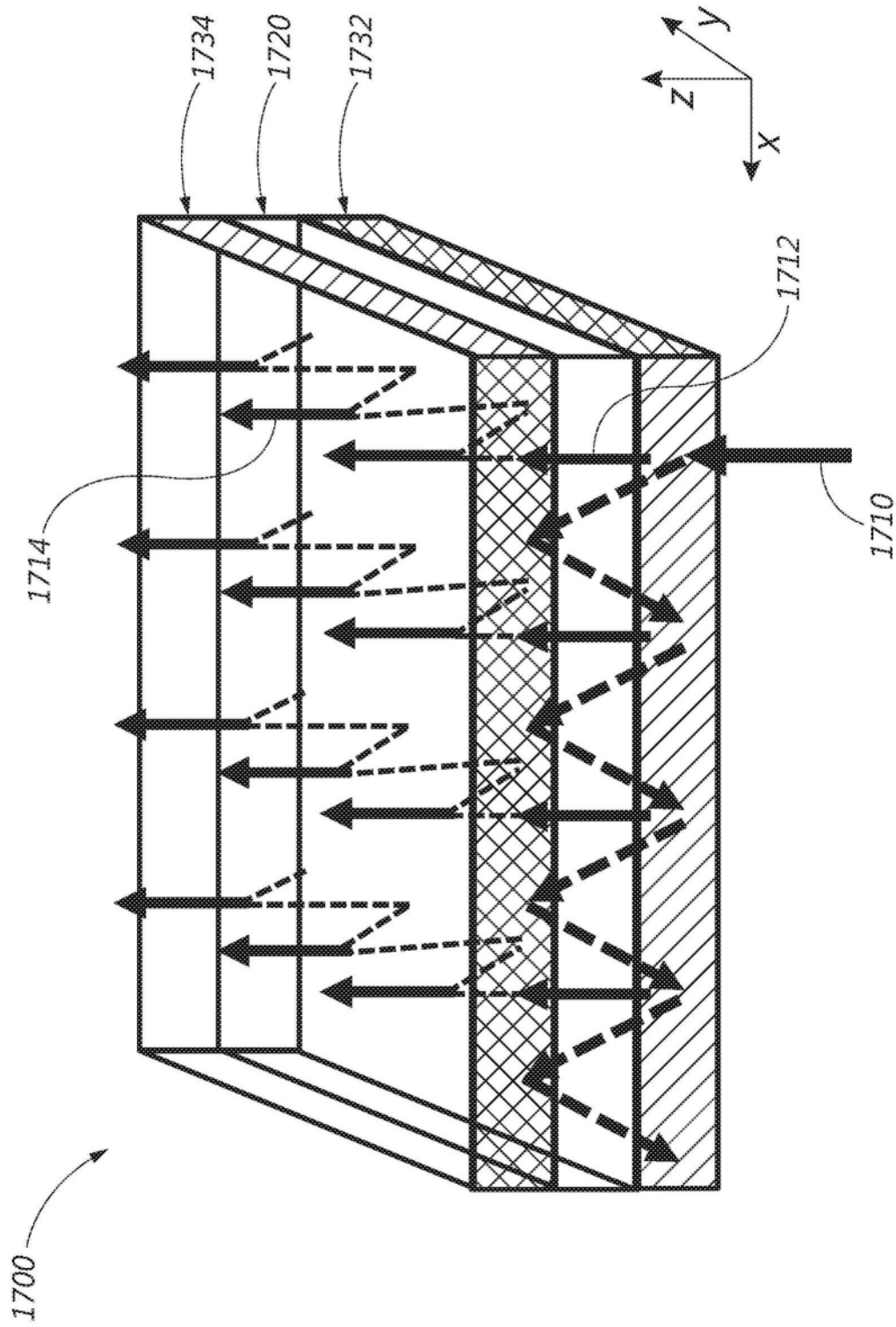


图14A

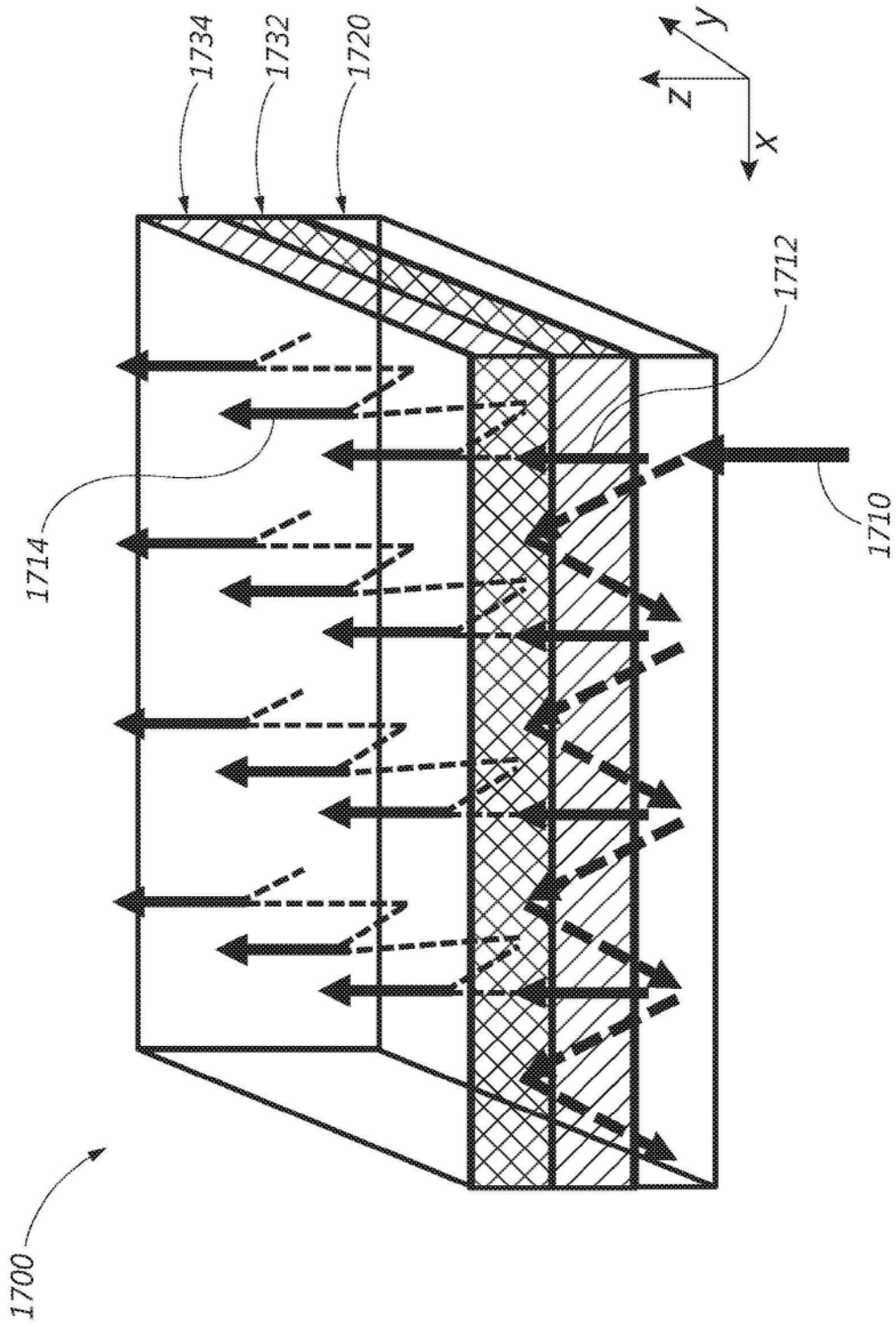


图14B

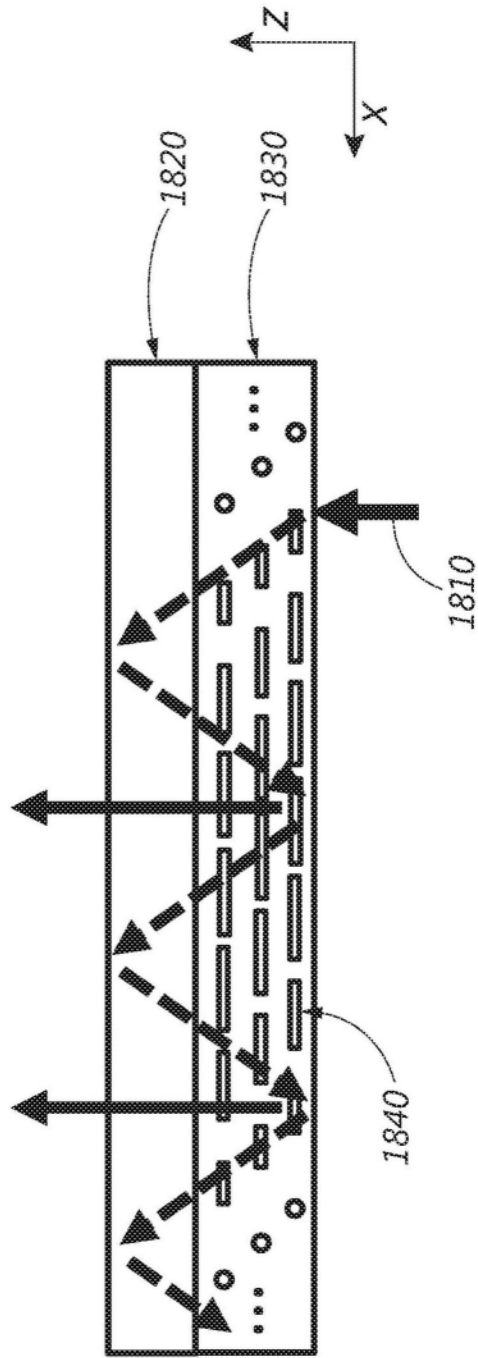


图15A

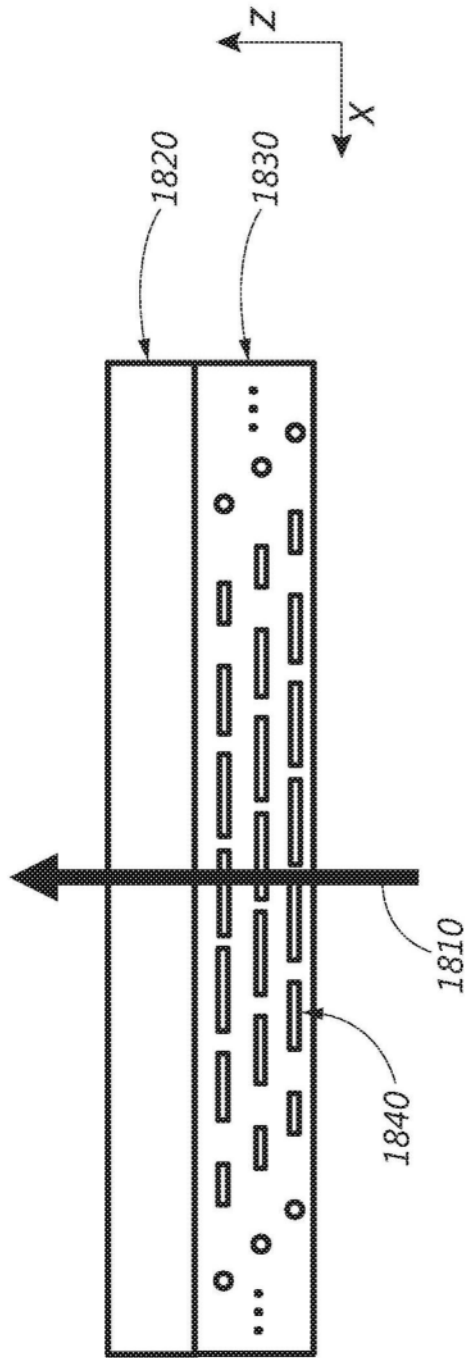


图15B

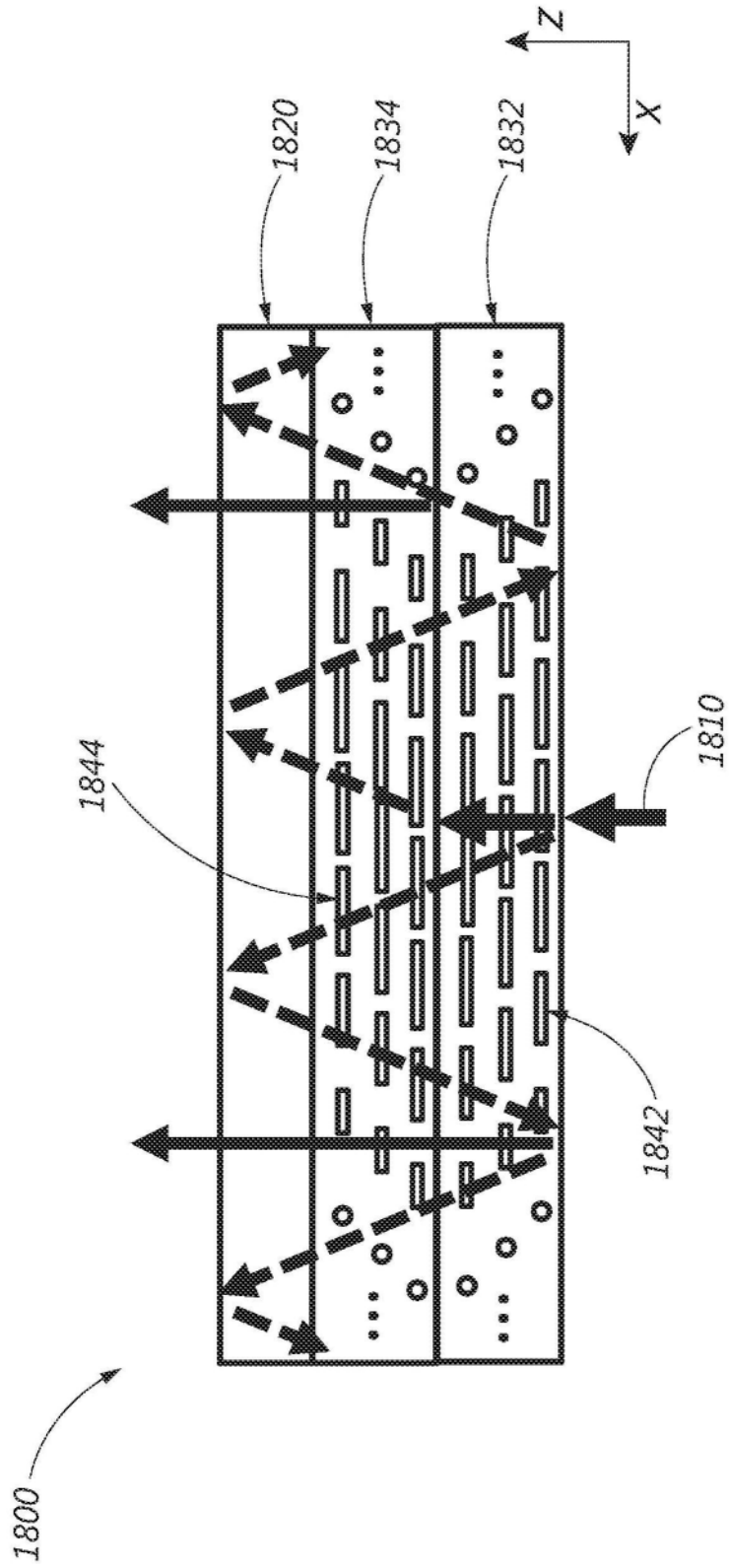


图15C

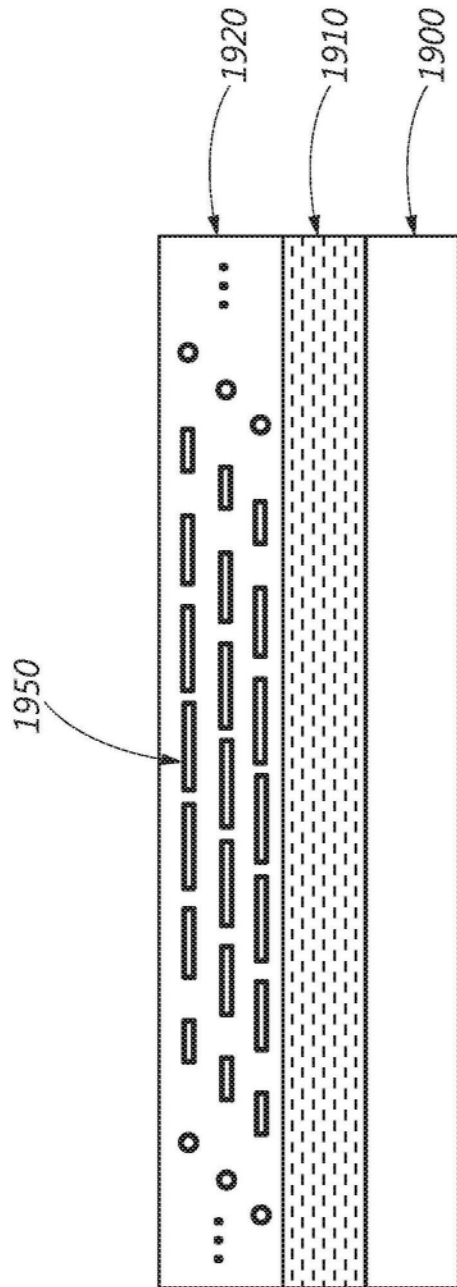


图16A

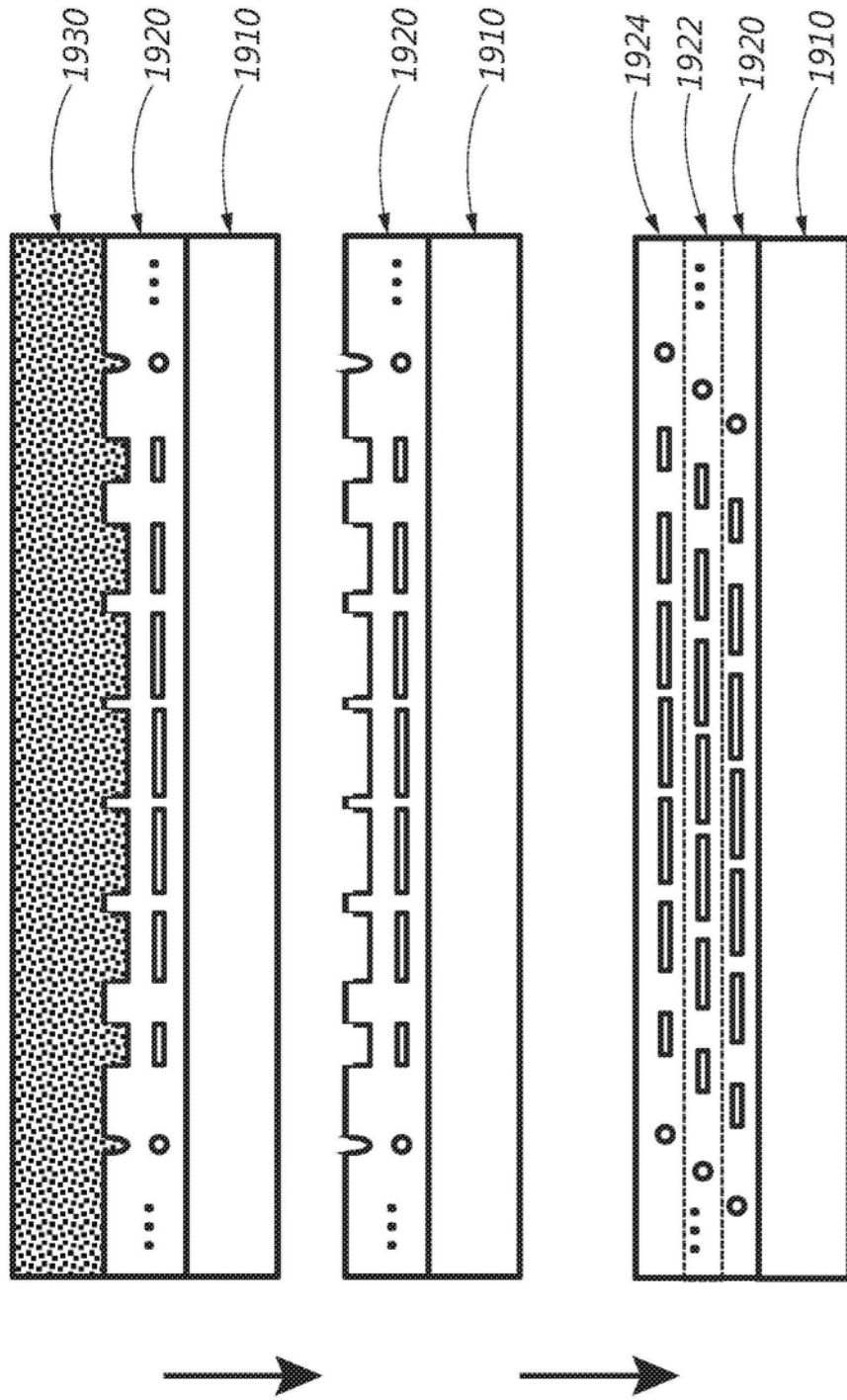


图16B

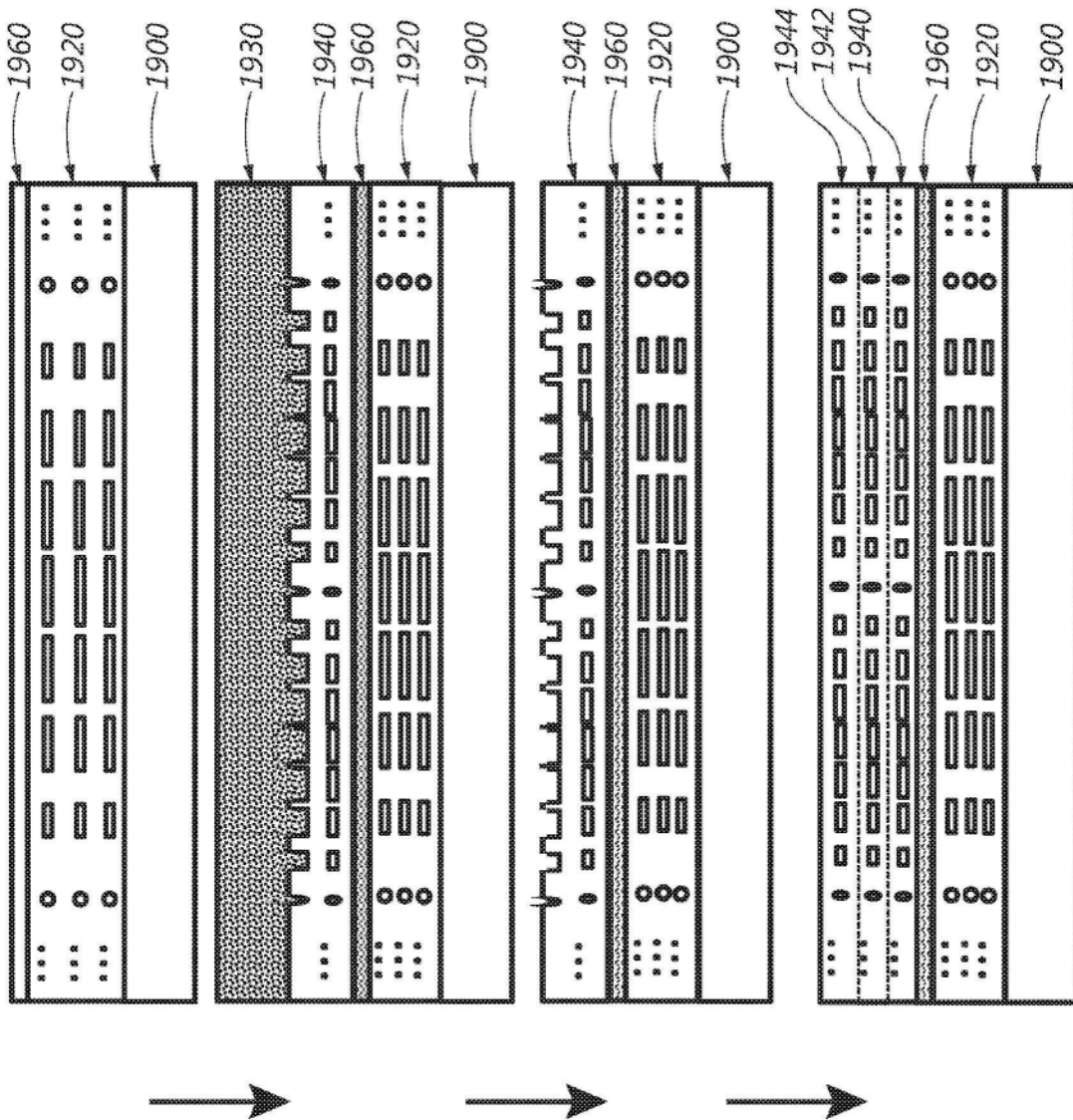


图16C

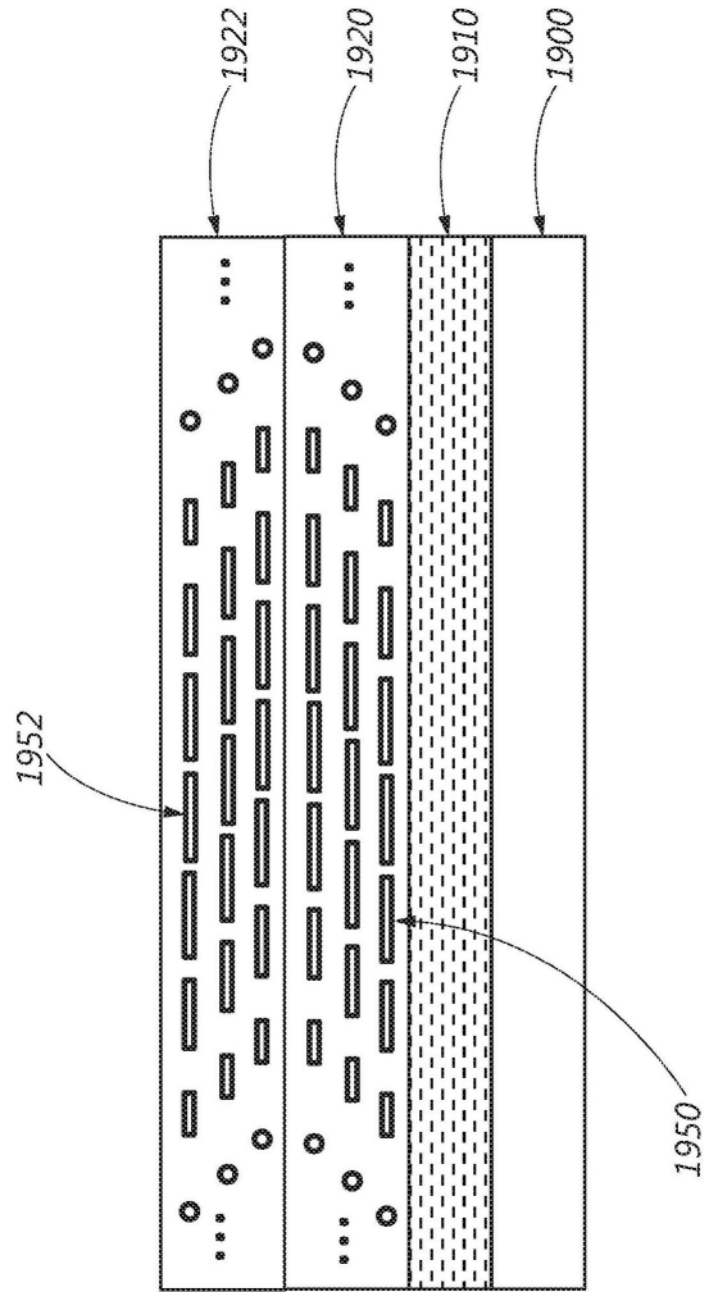


图16D

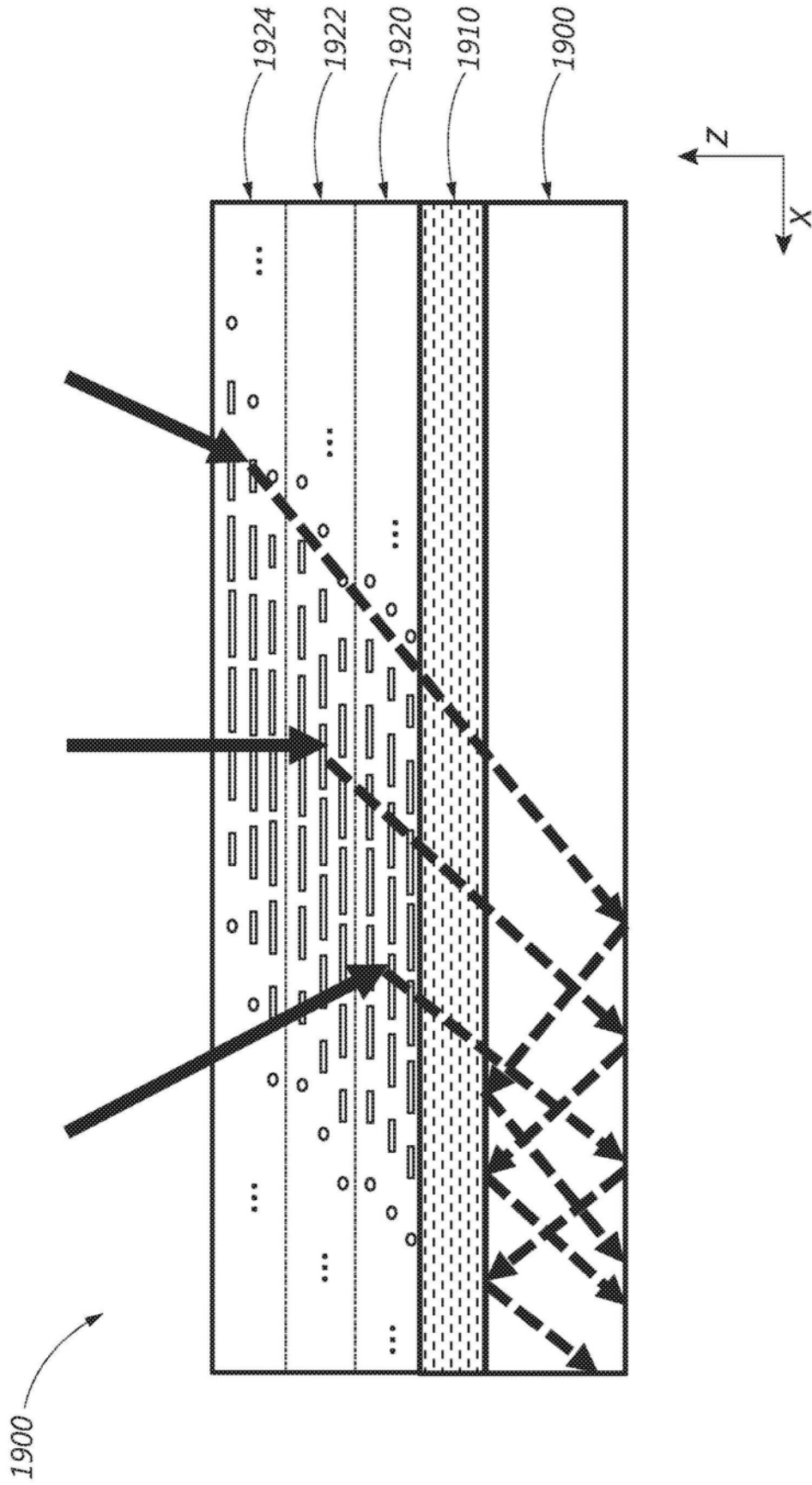


图16E



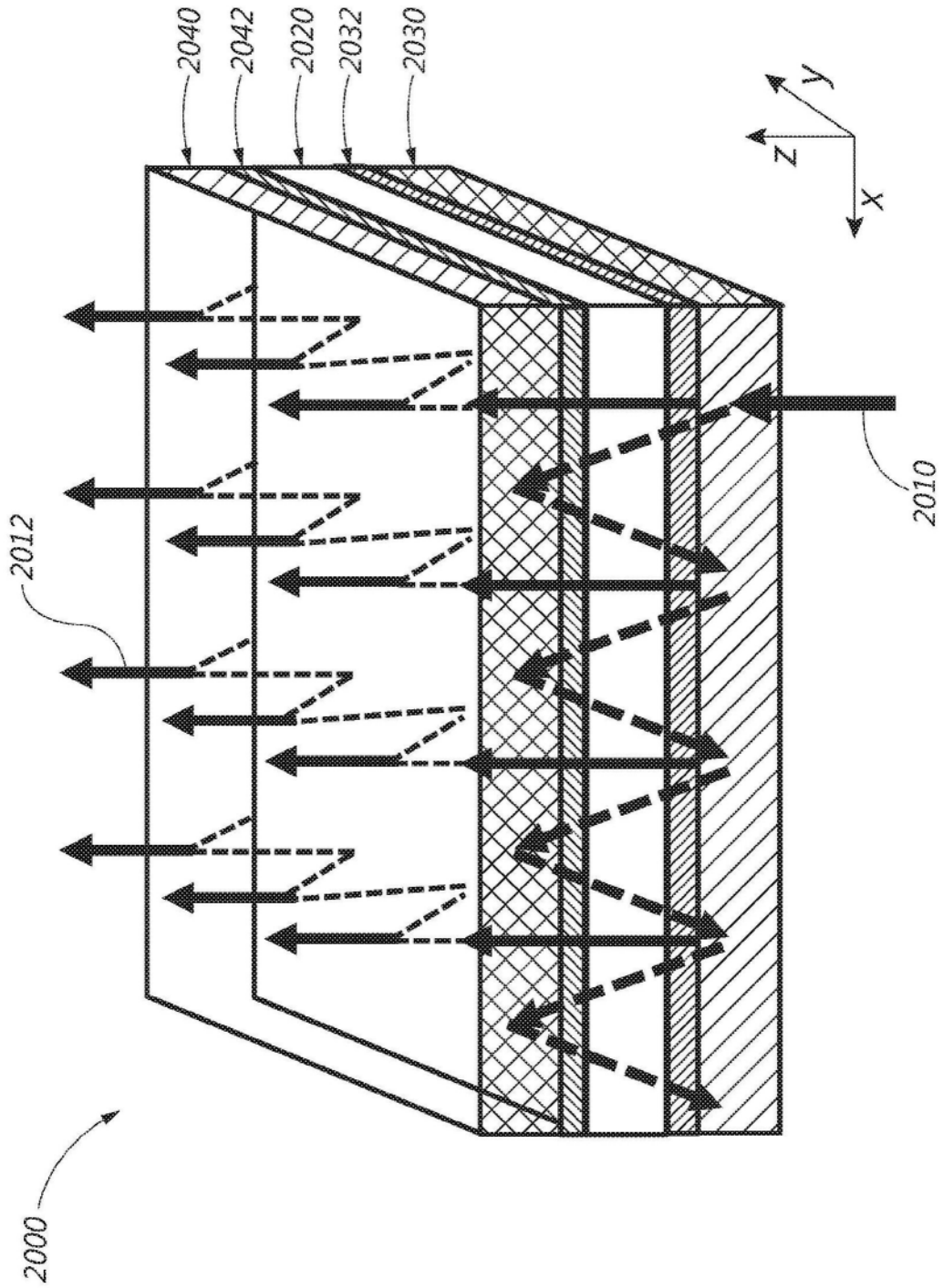


图17A

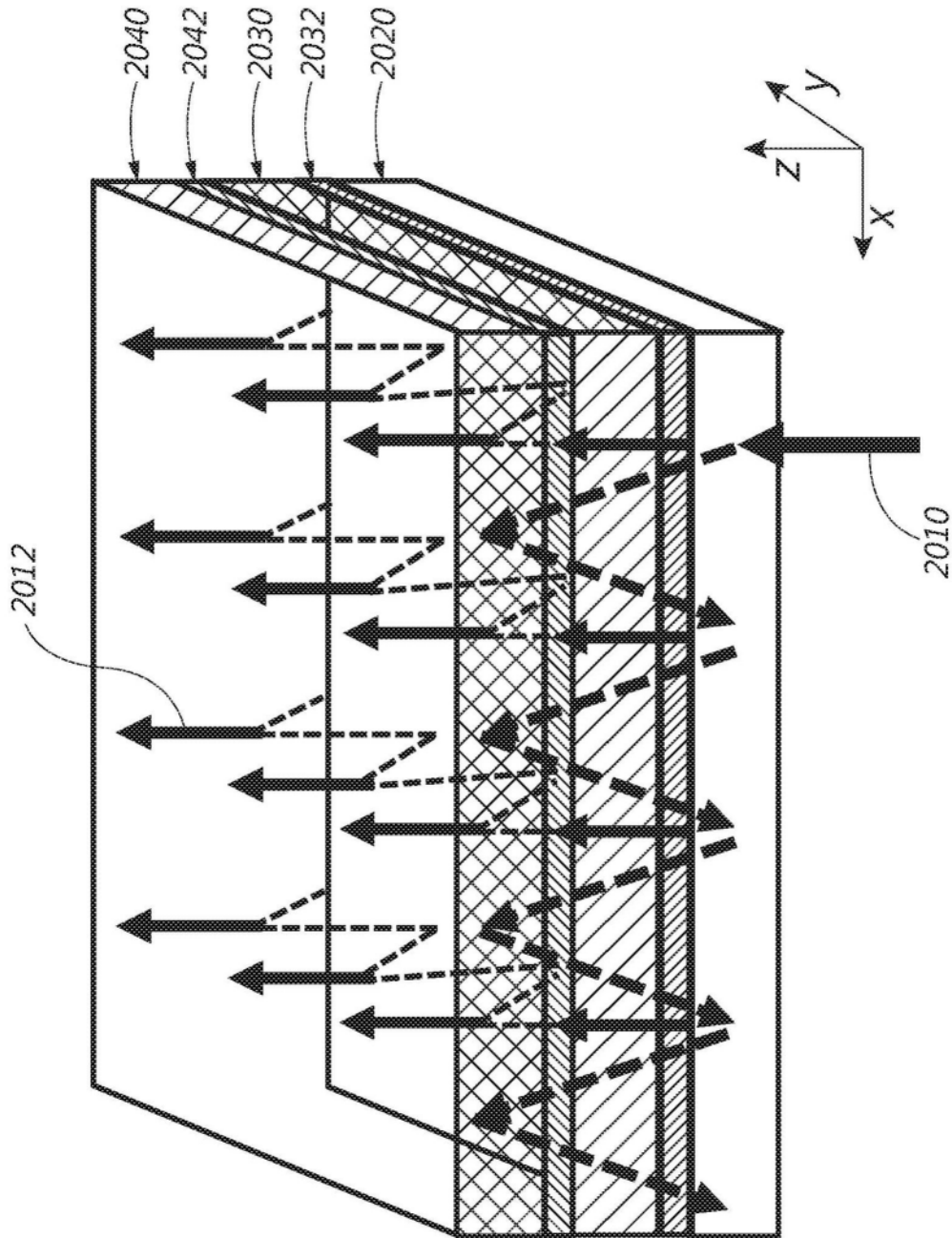


图17B

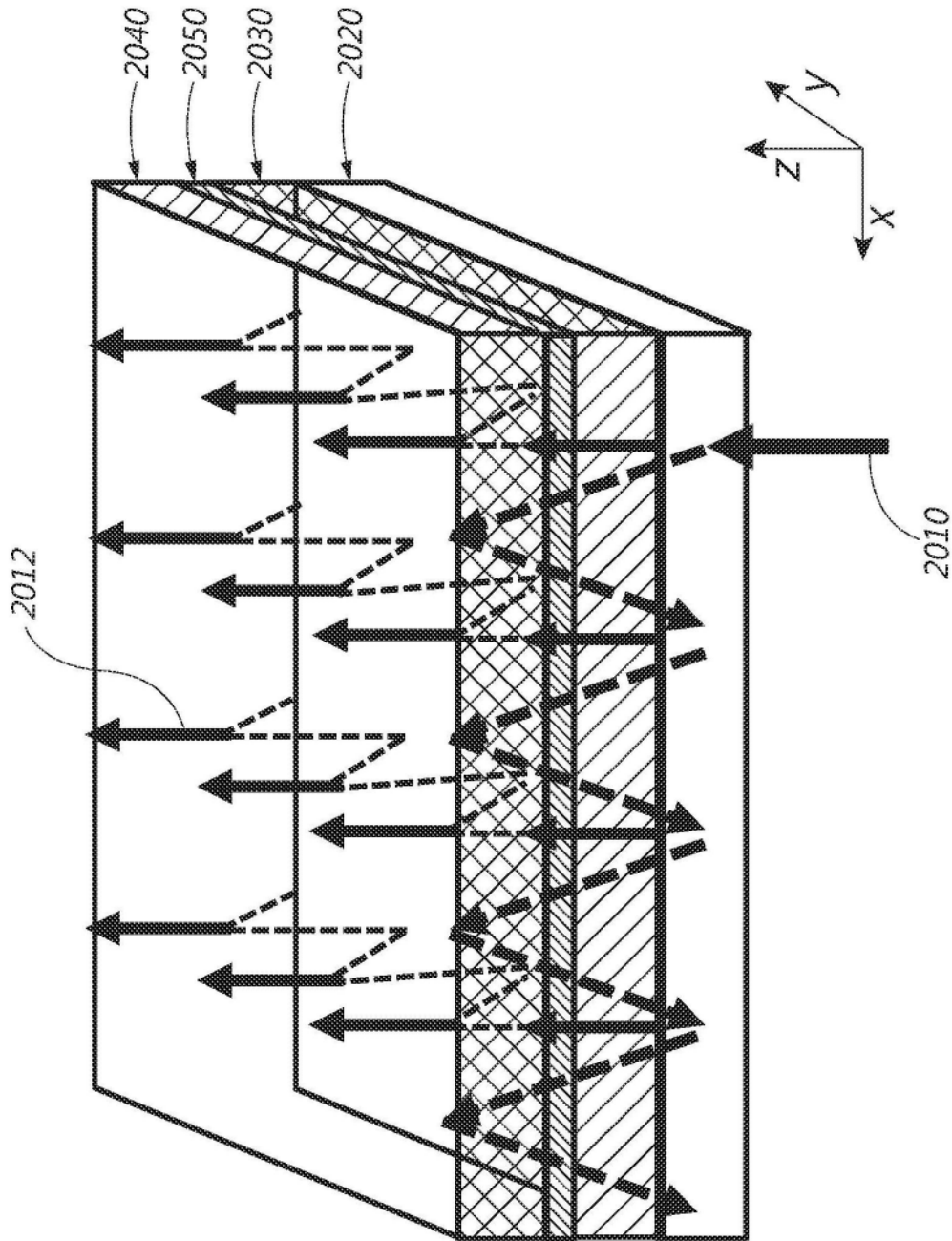


图17C

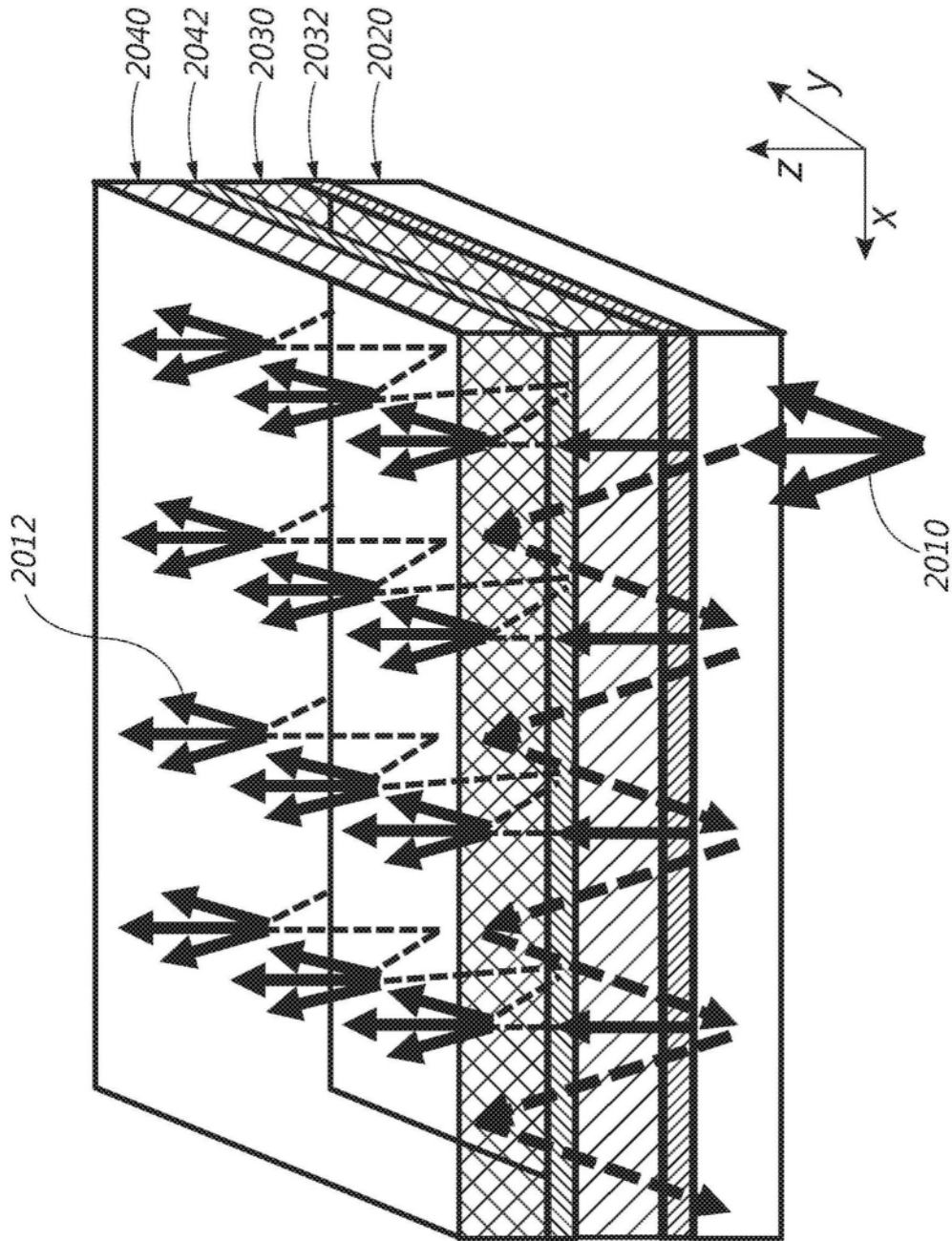


图17D