



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104769666 B

(45)授权公告日 2017. 07. 14

(21)申请号 201380058438.9

(22)申请日 2013.11.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104769666 A

(43)申请公布日 2015.07.08

(30)优先权数据
13/675,739 2012.11.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.05.08

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/068271 2013.11.04

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/078110 EN 2014.05.22

(73)专利权人 追踪有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 吉安·J·马 约翰·贤哲·洪
琼·厄克·李 塔利斯·扬·张

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287
代理人 宋献涛

(51)Int.Cl.
G09G 3/34(2006.01)

(56)对比文件
CN 101341527 A,2009.01.07,
CN 101859550 A,2010.10.13,
CN 102376265 A,2012.03.14,
JP 4575207 B2,2010.11.04,
WO 9952006 A2,1999.10.14,
WO 2011112962 A1,2011.09.15,

审查员 刘士奎

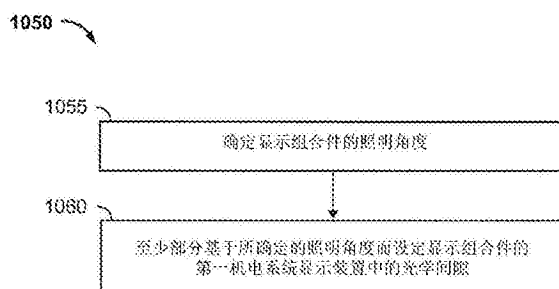
权利要求书2页 说明书24页 附图12页

(54)发明名称

对机电系统显示装置的蓝移的实时补偿

(57)摘要

本发明提供与机电系统显示装置相关的系统、方法和设备。在一个方面中,一种设备包含显示组合件、传感器和处理器。所述显示组合件可包含机电系统显示装置阵列。所述传感器可经配置以提供信号,所述信号指示相对于垂直于所述显示组合件的线的照明角度、观看角度或两者。所述处理器可经配置以:从所述传感器接收所述信号;确定所述照明角度和/或观看角度;及处理图像数据以补偿所述所确定的照明角度和/或观看角度。在一个实施方案中,处理所述图像数据以补偿从所述机电系统显示装置中的至少一者反射的光的波长的移位,所述移位将由于非正交照明角度和/或观看角度而发生。



1. 一种用于显示图像的设备,其包括:
显示组合件,其包含机电系统显示装置阵列;
传感器,其经配置以提供第一信号,所述传感器定向于相对于所述显示组合件的平面具有第一角度的传感器平面中;及
处理器,其经配置以:
与所述显示组合件和所述传感器通信,所述处理器经配置以接收所述第一信号;
确定由所述第一信号指示的相对于垂直于所述显示组合件的线的照明角度;及
处理图像数据以向所述图像补偿所述所确定的照明角度。
2. 根据权利要求1所述的设备,其中所述处理器进一步经配置以处理所述图像数据以向所述图像补偿从所述机电系统显示装置中的第一者反射的光的波长的变化,所述波长变化起因于所述所确定的照明角度。
3. 根据权利要求1所述的设备,其中所述传感器包含:
多个光电传感器;及
透镜。
4. 根据权利要求3所述的设备,其中所述多个光电传感器布置为光电传感器阵列,所述光电传感器阵列包含电荷耦合装置阵列和互补金属氧化物半导体阵列中的至少一者。
5. 根据权利要求1所述的设备,其进一步包括:
漫射体,其经配置以用于产生覆盖所述显示组合件的约70%到90%的雾度。
6. 根据权利要求1所述的设备,其进一步包括:
相机装置,其经配置以提供第二信号,所述相机装置定向于相对于所述显示组合件的所述平面具有第二角度的相机平面中,其中所述处理器进一步经配置以:
接收所述第二信号;
确定由所述第二信号指示的相对于垂直于所述显示组合件的所述线的观看角度;及
处理所述图像数据以向所述图像补偿所述所确定的观看角度。
7. 根据权利要求6所述的设备,其中所述处理器进一步经配置以处理所述图像数据以向所述图像补偿从所述机电系统显示装置中的第一者反射的光的波长的变化,所述波长变化起因于所述所确定的观看角度。
8. 根据权利要求1所述的设备,其进一步包括:
存储器装置,其经配置以与所述处理器通信;
驱动器电路,其经配置以将至少一个第二信号发送到所述显示组合件;及
控制器,其经配置以将所述图像数据的至少一部分发送到所述驱动器电路。
9. 根据权利要求1所述的设备,其进一步包括:
图像源模块,其经配置以将所述图像数据发送到所述处理器。
10. 根据权利要求9所述的设备,其中所述图像源模块包含接收器、收发器和发射器中的至少一者。
11. 根据权利要求1所述的设备,其进一步包括:
输入装置,其经配置以接收输入数据且将所述输入数据传送到所述处理器。
12. 一种用于显示图像的方法,其包括:
(a) 确定相对于垂直于显示组合件的线的照明角度或观看角度中的至少一者,所述显

示组合件包含机电系统显示装置阵列；及

(b) 如果所述所确定的照明角度或观看角度中的所述至少一者为非零，则至少部分基于所述所确定的照明角度和/或观看角度而设定所述显示组合件的所述机电系统显示装置中的至少一者中的光学间隙，所述光学间隙经设定以补偿所述所确定的照明角度或观看角度中的所述至少一者。

13. 根据权利要求12所述的方法，其中所述设定过程涉及设定所述光学间隙以补偿从第一机电系统显示装置反射的光的波长的变化，所述变化由所述照明角度或所述观看角度中的至少一者引起。

14. 根据权利要求12所述的方法，其进一步包括：

过滤指示所述所确定的照明角度或观看角度中的所述至少一者的信号以移除所述照明角度或观看角度的一或多个高频率变化，其中使用所述信号确定所述照明角度或观看角度。

15. 根据权利要求12所述的方法，其进一步包括：

从相机装置和传感器中的至少一者接收指示所述照明角度或观看角度中的所述至少一者的信号，所述相机装置和所述传感器中的所述至少一者定向于相对于所述显示组合件的平面具有第二角度的平面中，其中使用所述信号确定所述照明角度或观看角度中的所述至少一者。

16. 根据权利要求12所述的方法，其进一步包括：

确定相对于垂直于所述显示组合件的所述线的照明角度和观看角度两者，其中操作(b)进一步包含至少部分基于所述所确定的照明角度和所述所确定的观看角度两者而设定第一机电系统显示装置中的所述光学间隙。

17. 一种用于显示图像的设备，其包括：

(a) 用于确定相对于垂直于显示组合件的线的照明角度或观看角度中的至少一者的构件，所述显示组合件包含机电系统显示装置阵列；及

(b) 如果所述所确定的照明角度或观看角度中的所述至少一者为非零，则用于至少部分基于所述所确定的照明角度和/或观看角度而设定所述显示组合件的所述机电系统显示装置中的至少一者中的光学间隙的构件，所述光学间隙经设定以补偿所述所确定的照明角度或观看角度中的至少一者。

18. 根据权利要求17所述的设备，其中所述用于至少部分基于所述所确定的照明角度和/或观看角度而设定所述显示组合件的所述机电系统显示装置中的至少一者中的光学间隙的构件，包括用于设定过程涉及设定所述光学间隙以补偿从第一机电系统显示装置反射的光的波长的变化的构件，所述变化由所述照明角度或所述观看角度中的至少一者引起。

对机电系统显示装置的蓝移的实时补偿

[0001] 优先权主张

[0002] 本申请案主张于2012年11月13日申请且标题为“用于机电系统显示装置的蓝移的实时补偿 (REAL-TIME COMPENSATION FOR BLUE SHIFT OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS DISPLAY DEVICES)”的第13/675,739号美国专利申请案(代理人案号QUALP146/121087)的优先权,所述申请案以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明大体上涉及机电系统 (EMS) 显示装置,且更特定来说,涉及用于EMS显示装置的蓝移的补偿。

背景技术

[0004] 机电系统 (EMS) 包含具有电组件和机械组件、激活器、传感器、传感器、光学组件(例如镜和光学薄膜层)和电子装置的装置。机电系统可以多种尺度制造,包含(但不限于)微尺度和纳米尺度。例如,微机电系统 (MEMS) 装置可包含具有在约一微米到数百微米或更大的范围内的的大小的结构。纳米机电系统 (NEMS) 装置可包含具有小于一微米的大小(包含例如小于数百纳米的大小)的结构。可使用沉积、蚀刻、光刻和/或蚀除衬底和/或经沉积材料层的部分或添加层的其它微机械加工方法产生机电组件以形成电装置和机电装置。

[0005] 一种类型的机电系统装置称为干涉式调制器 (IMOD)。如本文中使用的,术语干涉式调制器或干涉光调制器是指使用光学干涉原理选择性地吸收和/或反射光的装置。在一些实施方案中,干涉式调制器可包含一对导电板,所述对导电板中的一者或两者可为全部或部分透明和/或具反射性,且能够在施加适当电信号之后即刻相对运动。在一实施方案中,一个板可包含沉积于衬底上的固定层,且另一板可包含通过气隙与所述固定层分离的反射膜。一个板相对于另一板的位置可改变入射于所述干涉式调制器上的光的光学干涉。干涉式调制器装置具有广泛的应用,且预期用于改进现有产品且产生新产品,尤其具有显示能力的产品。

[0006] 显示于各种显示装置上的图像可对照明条件和观看条件敏感。需要能够跨许多使用条件一致地显示图像中的色彩的显示装置。

发明内容

[0007] 本发明的系统、方法和装置各具有若干创新方面,所述若干创新方面的单一者不单独承担本文中揭示的所要属性。

[0008] 本发明中描述的标的物的一个创新方面可实施于用于显示图像的设备中。所述设备可包含显示组合件(其包含机电系统显示装置阵列)、传感器和处理器。所述传感器可定向于相对于所述显示组合件的平面具有第一角度的传感器平面中。所述传感器可经配置以提供第一信号。所述处理器可经配置以与所述显示组合件和所述传感器通信。所述处理器可经配置以:接收所述第一信号;确定由所述第一信号指示的照明角度;及处理图像数据以

向所述图像补偿所述所确定的照明角度。可(例如)确定相对于所述显示组合件或相对于垂直于所述显示组合件的线的照明角度。所述设备可包含经配置以用于产生覆盖所述显示组合件约70%到90%的雾度的漫射体。

[0009] 所述处理器可进一步经配置以处理所述图像数据以向所述图像补偿从所述机电系统显示装置中的第一者反射的光的波长的变化。所述波长的变化可起因于所述所确定的照明角度。

[0010] 所述传感器可包含多个光电传感器和透镜。所述多个光电传感器可布置为包含电荷耦合装置阵列和/或互补金属氧化物半导体阵列的光电传感器阵列。

[0011] 所述设备可包含相机装置。所述相机装置可定向于相对于所述显示组合件的所述平面具有第二角度的相机平面中。所述相机装置可经配置以提供第二信号。所述处理器可经配置以:接收所述第二信号;确定由所述第二信号指示的相对于垂直于所述显示组合件的所述线的观看角度;及处理所述图像数据以向所述图像补偿所述所确定的观看角度。所述处理器可进一步经配置以处理所述图像数据以向所述图像补偿从所述机电系统显示装置中的第一者反射的光的波长的变化。所述波长的变化可起因于所述所确定的观看角度。

[0012] 所述设备可包含存储器装置、驱动器电路和控制器。所述存储器装置可经配置以与所述处理器通信。所述驱动器电路可经配置以将至少一个第二信号发送到所述显示组合件。所述控制器可经配置以将所述图像数据的至少一部分发送到所述驱动器电路。所述设备可包含经配置以将所述图像数据发送到所述处理器的图像源模块。所述图像源模块可包含接收器、收发器和/或发射器。所述设备还可包含经配置以接收输入数据且将所述输入数据传送到所述处理器的输入装置。

[0013] 本发明中描述的标的物的另一创新方面可实施于包含显示组合件(其包含机电系统显示装置阵列)、传感器系统(其包含至少一个传感器)、相机装置和处理器的设备中。所述处理器可经配置以:从所述传感器系统接收传感器数据;从相机接收图像数据;及基于所述图像数据和所述传感器数据而确定相对于所述显示组合件的平面的观看角度。

[0014] 所述处理器可经配置以控制所述显示组合件以补偿所述观看角度。所述处理器可经配置以控制所述显示组合件以补偿起因于所述观看角度的波长的变化。

[0015] 所述传感器可定向于相对于所述显示组合件的所述平面具有第一角度的传感器平面中。所述处理器可经配置以至少部分基于所述传感器数据而确定相对于所述显示组合件的照明角度。所述处理器可经配置以控制所述显示组合件以补偿所述照明角度。

[0016] 本发明中描述的标的物的另一创新方面可在涉及确定照明角度和/或观看角度的方法中实施。可(例如)确定相对于显示组合件或垂直于所述显示组合件的线的角度。所述显示组合件可包含机电系统显示装置阵列。如果所述所确定的照明角度或观看角度中的至少一者为非零,则所述方法可涉及至少部分基于所述所确定的照明角度和/或观看角度而设定所述显示组合件的所述机电系统显示装置中的至少一者中的光学间隙。光学间隙可经设定以补偿所述所确定的照明角度和/或观看角度。

[0017] 设定过程可涉及设定所述光学间隙以补偿从第一机电系统显示装置反射的光的波长的变化。所述变化可由照明角度和/或观看角度引起。

[0018] 所述方法可涉及过滤指示所述所确定的照明角度和/或观看角度的信号以移除所述照明角度和/或观看角度的一或多个高频率变化。可至少部分根据所述信号来确定照明

角度和/或观看角度。

[0019] 所述方法可涉及从相机装置和/或传感器接收指示所述照明角度和/或观看角度的信号。所述相机装置和/或所述传感器可定向于相对于所述显示组合件的平面具有第二角度的平面中。可使用所述信号确定所述照明角度和/或观看角度。

[0020] 所述方法可涉及确定(例如)相对于垂直于所述显示组合件的所述线的照明角度和观看角度两者。设定所述第一机电系统显示装置中的光学间隙的过程可至少部分基于所确定的照明角度和所确定的观看角度两者。

[0021] 本发明中描述的标的物的另一创新方面可实施于包含用于控制包含显示组合件的设备的程序指令的非暂时性计算机机器可读媒体中。所述程序指令可包含用于包含确定照明角度和/或观看角度的操作的代码。可(例如)确定相对于显示组合件或垂直于所述显示组合件的线的照明角度和/或观看角度。所述显示组合件可包含机电系统显示装置阵列。如果所述所确定的照明角度或观看角度中的至少一者为非零,则所述操作可涉及至少部分基于所述所确定的照明角度和/或观看角度而设定所述显示组合件的所述机电系统显示装置中的至少一者中的光学间隙。所述光学间隙可经设定以补偿所述所确定的照明角度和/或观看角度。

[0022] 所述设定过程可涉及设定所述光学间隙以补偿从第一机电系统显示装置反射的光的波长的变化。所述变化可由照明角度和/或观看角度引起。

[0023] 本发明中描述的标的物的另一创新方面可在涉及下列步骤的方法中实施:从传感器系统接收传感器数据;从相机接收图像数据;及至少部分基于所述图像数据和/或所述传感器数据而确定观看角度。可(例如)确定相对于显示组合件的平面或相对于垂直于所述显示组合件的线的观看角度。所述方法可涉及控制所述显示组合件以补偿所述观看角度。所述显示组合件可包含机电系统显示装置阵列。

[0024] 所述控制过程可涉及控制所述显示组合件以补偿起因于所述观看角度的波长的变化。所述方法可涉及:至少部分基于所述传感器数据而确定相对于所述显示组合件的照明角度;及控制所述显示组合件以补偿所述照明角度。

[0025] 本发明中描述的标的物的另一创新方面可实施于其上存储有程序指令的非暂时性媒体中。所述程序指令可包含用于包含以下各者的操作的指令:从传感器系统接收传感器数据;从相机接收图像数据;及至少部分基于所述图像数据和/或所述传感器数据而确定观看角度。可(例如)确定相对于显示组合件的平面或相对于垂直于所述显示组合件的线的观看角度。所述方法可涉及控制所述显示组合件以补偿所述观看角度。所述显示组合件可包含机电系统显示装置阵列。

[0026] 所述控制过程可涉及控制所述显示组合件以补偿起因于所述观看角度的波长的变化。所述方法可涉及:至少部分基于所述传感器数据而确定相对于所述显示组合件的照明角度;及控制所述显示组合件以补偿所述照明角度。

[0027] 在附图和下文描述中阐述本说明书中描述的标的物的一或多个实施方案的细节。从描述、图式和权利要求书将明白其它特征、方面和优点。注意,下列图式的相对尺寸可不按比例绘制。

附图说明

- [0028] 图1展示描绘干涉式调制器(IMOD)显示装置的一系列像素中的两个邻近像素的等角视图的实例。
- [0029] 图2展示图解说明并有 3×3 干涉式调制器显示器的电子装置的系统框图的实例。
- [0030] 图3展示图解说明图1的干涉式调制器的可移动反射层位置对所施加电压的图的实例。
- [0031] 图4展示图解说明在施加各种共同电压和片段电压时干涉式调制器的各种状态的表的实例。
- [0032] 图5A展示图解说明图2的 3×3 干涉式调制器显示器中的显示数据帧的图的实例。
- [0033] 图5B展示用于可用以写入图5A中图解说明的显示数据帧的共同信号和片段信号的时序图的实例。
- [0034] 图6A展示图1的干涉式调制器显示器的部分横截面的实例。
- [0035] 图6B到6E展示干涉式调制器的不同实施方案的横截面的实例。
- [0036] 图7展示图解说明干涉式调制器的制造过程的流程图的实例。
- [0037] 图8A到8E展示在制造干涉式调制器的方法中的各个阶段的横截面示意图解的实例。
- [0038] 图9A到9E展示模拟IMOD(AIMOD)可如何经配置以产生不同色彩的实例。
- [0039] 图10A展示图解说明显示组合件的照明角度的图的实例。
- [0040] 图10B展示图解说明在直接照明下补偿EMS显示装置的蓝移的过程的流程图的实例。
- [0041] 图11展示图解说明显示组合件的观看角度的图的实例。
- [0042] 图12展示图解说明在漫射照明下补偿EMS显示装置的蓝移的过程的流程图的实例。
- [0043] 图13展示包含显示组合件和经配置以测量照明角度的传感器的设备的框图的实例。
- [0044] 图14A和14B展示经配置以测量照明角度的传感器的示意图解的实例。
- [0045] 图15A和15B展示图解说明包含多个干涉式调制器的显示装置的系统框图的实例。
- [0046] 在各个图式中,相似参考数字和符号指示相似元件。

具体实施方式

[0047] 以下描述涉及用于描述本发明的创新方面的目的的某些实施方案。然而,所属领域的技术人员将容易认识到,本文中的教示可以许多不同方式应用。所描述的实施方案可在经配置以显示无论是动态(例如,视频)还是静态(例如,静止图像)且无论是文字、图形还是图片的图像的任何装置或系统中实施。更特定来说,预期所描述的实施方案可包含于多种电子装置中或与多种电子装置相关联,所述电子装置例如(但不限于):移动电话、具备多媒体因特网功能的蜂窝式电话、移动电视接收器、无线装置、智能电话、Bluetooth®装置、个人数据助理(PDA)、无线电子邮件接收器、掌上型或便携式计算机、上网本、笔记本计算机、智能本、平板计算机、打印机、复印机、扫描仪、传真装置、GPS接收器/导航器、相机、MP3播放器、摄影机、游戏控制台、腕表、时钟、计算器、电视监视器、平板显示器、电子阅读装置(即,电子阅读器)、计算机监视器、汽车显示器(包含里程表和速度计显示器等)、驾驶舱控制装

置和/或显示器、摄影机景观显示器(例如,车辆中的后视摄影机的显示器)、电子相册、电子广告牌或标志牌、投影仪、建筑结构、微波炉、冰箱、立体声系统、卡带录像机或播放器、DVD播放器、CD播放器、VCR、收音机、便携式存储器芯片、洗衣器、干衣器、洗衣器/干衣器、停车定时器、包装(例如,在机电系统(EMS)、微机电系统(MEMS)和非MEMS应用中)、美学结构(例如,一件珠宝上的图像显示器)和多种EMS装置。本文中的教导还可用于非显示器应用中,例如(但不限于)电子切换装置、射频滤波器、传感器、加速度计、陀螺仪、运动传感装置、磁力计、消费型电子装置的惯性组件、消费型电子装置产品的零件、变容二极管、液晶装置、电泳装置、驱动方案、制造过程和电子测试设备。因此,所述教导无意限于仅在图中描绘的实施方案,而是如所属领域的技术人员将容易明白那样具有广泛适用性。

[0048] 光从光源到IMOD装置或EMS显示装置的观看者的光学路径可随所述光的照明角度和所述观看者的观看角度而变化。在一些情况下,所述光学路径的变化可产生既定从所述IMOD装置或所述EMS显示装置反射的色彩中的色彩移位。例如,由所述IMOD装置或所述EMS显示装置的观看者感知的色彩可经蓝移,或可为具有短于既定反射的色彩的波长的色彩。

[0049] 因此,本文中描述的一些实施方案涉及用于模拟EMS显示装置(包含模拟IMOD装置)的蓝移的补偿。例如,在一些实施方案中,设备可包含显示组合件、传感器和处理器。所述显示组合件可包含机电系统显示装置阵列。所述传感器可经配置以提供信号且可定向于实质上平行于所述显示组合件的平面的平面中或定向于与所述显示组合件成已知角度的平面中。所述处理器可经配置以与所述显示组合件或所述传感器通信。所述处理器还可经配置以:从所述传感器接收所述信号;确定通过所述信号指示的相对于垂直于所述显示组合件的线的照明角度;及处理图像数据以补偿所述所确定的照明角度和从所述机电系统显示装置中的第一者反射的光的波长的所得变化。此设备可能够实时调整所述显示组合件的模拟EMS显示装置以提供对蓝移的补偿。

[0050] 在一些实施方案中,所述设备可包含相机装置和传感器系统。所述处理器可经配置以:从所述传感器系统接收传感器数据;从所述相机接收图像数据;及基于所述图像数据和所述传感器数据而确定相对于所述显示组合件的平面的观看角度。所述处理器可经配置以控制所述显示组合件以补偿所述观看角度。所述控制过程可涉及设定所述显示组合件的所述机电系统显示装置中的至少一者中的光学间隙以补偿所述所确定的观看角度。在一些实施方案中,所述处理器可经配置以控制所述显示组合件以补偿观看角度和照明角度。

[0051] 可实施本发明中描述的标的物的特定实施方案以实现以下潜在优点中的一或多个。本文中揭示的设备和方法可用于实时调整模拟EMS显示装置以补偿蓝移。在一些实施方案中,可与定位成接近所述EMS显示装置的低雾度漫射体(例如,散射约50%到70%入射光的漫射体)一起使用所述设备和方法以减小所述EMS显示装置的蓝移。漫射体是经配置以使入射光漫射或展开到广角分布中的薄膜或装置。如本文中使用的,漫射体的雾度被定义为通过所述漫射体透射的从入射光的方向散射约 ± 2.5 度以上的光的百分比。可与EMS显示装置一起使用高雾度漫射体(例如,大于约90%)以减小蓝移,但高雾度漫射体可减小所述EMS显示装置的色域和色彩饱和度。此外,当将高雾度漫射体定位于远离显示组合件的距离处时,所述漫射体还可引起所述显示组合件的个别EMS显示装置(例如,像素)之间的串扰,进而使包括EMS显示装置的阵列的显示装置的光学质量降级。使用本文中揭示的设备和方法可容许使用低雾度漫射体。

[0052] 可应用所描述的实施方案的适合EMS或MEMS装置的实例为反射式显示装置。反射式显示装置可并有干涉式调制器(IMOD)以使用光学干涉原理选择性地吸收和/或反射入射于其上的光。IMOD可包含吸收体、可相对于所述吸收体移动的反射体和界定于所述吸收体与所述反射体之间的光学谐振空腔。所述反射体可移动到两个或两个以上不同位置,此可改变光学谐振空腔的大小且进而影响所述干涉式调制器的反射率。IMOD的反射光谱可产生相当宽的光谱带,所述光谱带可跨可见波长移位以产生不同色彩。可通过改变光学谐振空腔的厚度来调整光谱带的位置。改变光学谐振空腔的方式是通过改变反射体的位置。

[0053] 图1展示描绘双稳态干涉式调制器(IMOD)显示装置的一系列像素中的两个邻近像素的等角视图的实例。图1到8E中将进一步详细描述双稳态IMOD装置的细节以提供一般背景,然而,应了解,一些IMOD装置可处于许多状态中,例如8个或16个(对应于白色、黑色和6个或14个其它色彩)或更多个。此IMOD通常可被称作“模拟”IMOD,即使所述IMOD具有非无限数目个可控制状态也如此。图9A到9E中将提供IMOD的此实施方案的某一论述。返回到图1,所述IMOD显示装置包含一或多个干涉式MEMS显示元件。在这些装置中,MEMS显示元件的像素可处于亮状态或暗状态中。在亮(“松弛”、“打开”或“开启”)状态中,显示元件将入射可见光的大部分反射到(例如)用户。相反,在暗(“激活”、“闭合”或“关闭”)状态中,显示元件反射少量入射可见光。在一些实施方案中,可颠倒开启状态和关闭状态的光反射性质。MEMS像素可经配置以主要在容许除黑色和白色外的色彩显示的特定波长下反射。

[0054] IMOD显示装置可包含IMOD的行/列阵列。每一IMOD可包含一对反射层(即,可移动反射层和固定部分反射层),所述对反射层定位于彼此相距可变且可控制距离处以形成气隙(还称作光学间隙或空腔)。所述可移动反射层可在至少两个位置之间移动。在第一位置(即,松弛位置)中,所述可移动反射层可定位于距所述固定部分反射层的相对较大距离处。在第二位置(即,激活位置)中,所述可移动反射层可定位成更接近于所述部分反射层。从所述两个层反射的入射光可取决于所述可移动反射层的位置而相长或相消地干涉,从而针对每一像素产生总体反射或非反射状态。在一些实施方案中,IMOD在未激活时可处于反射状态中,反射可见光谱内的光,且在激活时可处于暗状态中,吸收和/或相消地干涉可见范围内的光。然而,在一些其它实施方案中,IMOD在未激活时可处于暗状态中,且在激活时处于反射状态中。在一些实施方案中,引入所施加电压可驱动像素以改变状态。在一些其它实施方案中,所施加电荷可驱动像素以改变状态。

[0055] 图1中像素阵列的所描绘部分包含两个邻近的干涉式调制器12。在左侧的IMOD12(如图解说明)中,可移动反射层14被图解说明为处于距包含部分反射层的光学堆叠16的预定距离处的松弛位置中。跨左侧的IMOD 12施加的电压 V_0 不足以引起可移动反射层14的激活。在右侧的IMOD 12中,可移动反射层14被图解说明为处于接近或邻近所述光学堆叠16的激活位置中。跨右侧的IMOD 12施加的电压 V_{bias} 足以将可移动反射层14维持在激活位置中。

[0056] 在图1中,像素12的反射性质整体用箭头13图解说明,箭头13指示入射于像素12上的光和从左侧的像素12反射的光15。尽管未详细图解说明,但所属领域的技术人员将了解,入射于像素12上的光13的大部分将朝向光学堆叠16而透射穿过透明衬底20。入射于光学堆叠16上的光的一部分将透射穿过光学堆叠16的部分反射层且一部分将被反射回穿过透明衬底20。透射穿过光学堆叠16的光13的部分将在可移动反射层14处朝向透明衬底20被反射回(且穿过)透明衬底20。从光学堆叠16的部分反射层反射的光与从可移动反射层14反射的

光之间的干涉(相长或相消)将确定从像素12反射的光15的波长。

[0057] 光学堆叠16可包含单一层或若干层。所述层可包含电极层、部分反射和部分透射层以及透明介电层中的一或多者。在一些实施方案中,光学堆叠16是导电、部分透明的且具部分反射性,且可(例如)通过将上述层中的一或多者沉积于透明衬底20上而制造。电极层可由多种材料(例如各种金属,例如铟锡氧化物(ITO))形成。部分反射层可由多种部分反射的材料(例如各种金属,例如铬(Cr)、半导体和电介质)形成。部分反射层可由一或多个材料层形成,且所述层中的每一者可由单一材料或材料组合形成。在一些实施方案中,光学堆叠16可包含单一半透明金属或半导体厚度,其用作光学吸收体和电导体两者,而(例如,光学堆叠16或IMOD的其它结构的)不同、更导电的层或部分可用以在IMOD像素之间汇流信号。光学堆叠16还可包含覆盖一或多个导电层或导电/光学吸收层的一或多个绝缘或介电层。

[0058] 在一些实施方案中,如下文进一步描述,光学堆叠16的(若干)层可经图案化为平行条带,且可形成显示装置中的行电极。如所属领域的技术人员将了解,本文中使用的术语“图案化”以指代掩蔽以及蚀刻工艺。在一些实施方案中,例如铝(Al)的高度导电和反射材料可用于可移动反射层14,且这些条带可形成显示装置中的列电极。可移动反射层14可形成沉积金属层或若干沉积金属层的一系列平行条带(正交于光学堆叠16的行电极)以形成沉积于柱18的顶部上的列和沉积于柱18之间的介入牺牲材料。当蚀除牺牲材料时,可在可移动反射层14与光学堆叠16之间形成所界定的间隙19或光学空腔。在一些实施方案中,柱18之间的间距可为大约 $1\mu\text{m}$ 到 $1000\mu\text{m}$,而间隙19可小于 $10,000\text{ \AA}$ 。

[0059] 在一些实施方案中,IMOD的每一像素(无论处于激活状态中还是松弛状态中)本质上是通过固定反射层和移动反射层形成的电容器。如通过图1中左侧的像素12所图解说明,当未施加电压时,可移动反射层14保持于机械松弛状态中,可移动反射层14与光学堆叠16之间具有间隙19。然而,当将电位差、电压施加到选定行和列中的至少一者时,形成于对应像素处的行电极和列电极的交叉处的电容器开始充电,且静电力将电极牵拉在一起。如果所施加电压超过阈值,则可移动反射层14可变形且移动成接近光学堆叠16或抵着光学堆叠16而移动。如通过图1中右侧的激活像素12所图解说明,光学堆叠16内的介电层(未展示)可防止短路且控制层14与层16之间的分离距离。不管所施加的电位差的极性如何,行为均相同。尽管在一些情况下可将阵列中的一系列像素称作“行”或“列”,但所属领域的技术人员将容易了解,将一个方向称作“行”且将另一方向称作“列”是任意的。换句话说,在一些定向上,行可视为列,且列可视为行。此外,显示元件可均匀地布置在正交的行和列(“阵列”)中或布置在(例如)相对于彼此具有特定位置偏移的非线性配置(“马赛克”)中。术语“阵列”和“马赛克”可指代任一配置。因此,尽管显示器被称作包含“阵列”或“马赛克”,但在任何情况下,元件本身无需布置成彼此正交或布置成在均匀分布中,而是可包含具有不对称形状和不均匀分布的元件的布置。

[0060] 图2展示图解说明并有 3×3 干涉式调制器显示器的电子装置的系统框图的实例。所述电子装置包含可经配置以执行一或多个软件模块的处理器21。除执行操作系统外,所述处理器21还可经配置以执行一或多个软件应用过程,包含网络浏览器、电话应用、电子邮件或任何其它软件应用。

[0061] 处理器21可经配置以与阵列驱动器22通信。阵列驱动器22可包含将信号提供到(例如)显示阵列或面板30的还驱动器电路24和列驱动器电路26。图1中图解说明的IMOD显

示装置的横截面是通过图2中的线1-1进行展示。尽管图2为清楚起见而图解说明IMOD的 3×3 阵列,然所述显示阵列30可含有非常大量的IMOD,且行中的IMOD数目可不同于列中的IMOD数目,且反之亦然。

[0062] 图3展示图解说明图1的干涉式调制器的可移动反射层位置对所施加电压的图的实例。对于MEMS干涉式调制器,行/列(即,共同/片段)写入程序可利用如图3中图解说明的这些装置的滞后性质。在示范性实施方案中,干涉式调制器可使用约10伏的电位差以致使可移动反射层或镜从松弛状态改变为激活状态。当电压从所述值减小时,可移动反射层维持其状态,这是因为电压下降回到(在此实例中)10伏以下,然而,所述可移动反射层直到电压下降到2伏以下才完全松弛。因此,如图3中所展示,(在此实例中)存在大约3伏到7伏的电压范围,在所述范围中存在其中装置稳定于松弛状态或激活状态中的所施加电压窗。本文中,将所述窗称作“滞后窗”或“稳定窗”。对于具有图3的滞后特性的显示阵列30,行/列写入程序可经设计以一次寻址一或多行,使得在寻址给定行期间,所寻址行中待激活的像素暴露于约(在此实例中)10伏的电压差,且待松弛的像素暴露于接近零伏的电压差。在寻址之后,可将所述像素暴露于稳定状态或大约5伏(在此实例中)的偏置电压差,使得所述像素保持于先前选通状态中。在此实例中,在经寻址之后,每一像素经历约3伏到7伏的“稳定窗”内的电位差。此滞后性质特征使(例如,图1中图解说明的)像素设计能够在相同施加电压条件下保持稳定在激活或松弛的预先存在的状态中。因为每一IMOD像素(无论处于激活状态中或松弛状态中)本质上是通过固定反射层和移动反射层形成的电容器,所以此稳定状态可保持在滞后窗内的稳定电压而实质上不消耗或损耗电力。此外,如果所施加电压电位保持实质上固定,则基本上少量或无电流流动到IMOD像素中。

[0063] 在一些实施方案中,可根据给定行中的像素的状态的所要改变(如果存在)通过沿列电极集合以“片段”电压的形式施加数据信号来产生图像的帧。可轮流寻址阵列的每一行,使得一次一行地写入帧。为将所要数据写入到第一行中的像素,可将对应于所述第一行中的像素的所要状态的片段电压施加于列电极上,且可将呈特定“共同”电压或信号形式的第一行脉冲施加到第一行电极。接着,可改变片段电压集合以对应于第二行中的像素的状态的所要改变(如果存在),且可将第二共同电压施加到第二行电极。在一些实施方案中,第一行中的像素未受沿列电极施加的片段电压的改变影响,且保持于其在第一共同电压行脉冲期间所设定的状态中。可针对整个系列的行或(替代性地)列以循序方式重复此过程以产生图像帧。可使用新图像数据通过以每秒某一所要数目个帧持续重复此过程来刷新和/或更新所述帧。

[0064] 跨每一像素施加的片段和共同信号的组合(即,跨每一像素的电位差)确定每一像素的所得状态。图4展示图解说明在施加各种共同电压和片段电压时干涉式调制器的各种状态的表的实例。如所属领域的技术人员将了解,“片段”电压可施加到列电极或行电极,且“共同”电压可施加到列电极或行电极中的另一者。

[0065] 如图4中(以及图5B中所展示的时序图中)所图解说明,当沿共同线施加释放电压 V_{CREL} 时,不管沿片段线施加的电压(即,高片段电压 V_{SH} 和低片段电压 V_{SL})如何,沿所述共同线的全部干涉式调制器元件都将被置于松弛状态中,或者称作释放状态或未激活状态。特定来说,当沿共同线施加释放电压 V_{CREL} 时,跨调制器像素的电位电压(或者称作像素电压)在沿所述像素的对应片段线施加高片段电压 V_{SH} 和低片段电压 V_{SL} 时处于松弛窗(参见图3,

还称作释放窗)内。

[0066] 当在共同线施加保持电压(例如高保持电压 V_{CHOLD_H} 或低保持电压 V_{CHOLD_L})时,干涉式调制器的状态将保持恒定。例如,松弛IMOD将保持于松弛位置中,且激活IMOD将保持于激活位置中。保持电压可经选择以使得在沿对应片段线施加高片段电压 V_{SH} 和低片段电压 V_{SL} 时,像素电压将保持于稳定窗内。因此,片段电压摆动(即,高片段电压 V_{SH} 与低片段电压 V_{SL} 之间的差)小于正稳定窗或负稳定窗的宽度。

[0067] 当在共同线上施加寻址或激活电压(例如高寻址电压 V_{CADD_H} 或低寻址电压 V_{CADD_L})时,可沿所述线通过沿相应片段线施加片段电压而将数据选择性地写入到调制器。片段电压可经选择以使得激活取决于所施加的片段电压。当沿共同线施加寻址电压时,施加片段电压将产生稳定窗内的像素电压,从而致使像素保持未激活。相比而言,施加另一片段电压将产生超出稳定窗的像素电压,从而导致像素的激活。导致激活的特定片段电压可取决于所使用的寻址电压而变化。在一些实施方案中,当沿共同线施加高寻址电压 V_{CADD_H} 时,施加高片段电压 V_{SH} 可致使调制器保持于其当前位置中,而施加低片段电压 V_{SL} 可导致所述调制器的激活。作为推论,当施加低寻址电压 V_{CADD_L} 时,片段电压的影响可相反,其中高片段电压 V_{SH} 导致所述调制器的激活,且低片段电压 V_{SL} 对所述调制器的状态不具有影响(即,保持稳定)。

[0068] 在一些实施方案中,可使用跨调制器产生相同极性电位差的保持电压、寻址电压和片段电压。在一些其它实施方案中,可使用不时地使调制器的电位差的极性交替的信号。跨调制器的极性的交替(即,写入程序的极性的交替)可减小或抑制在单一极性的重复写入操作之后可发生的电荷累积。

[0069] 图5A展示图解说明图2的 3×3 干涉式调制器显示器中的显示数据帧的图的实例。图5B展示可用以写入图5A中图解说明的显示数据帧的共同信号和片段信号的时序图的实例。所述信号可施加到类似于图2的阵列的 3×3 阵列,此最终将导致图5A中图解说明的线时间60e显示布置。图5A中的激活调制器处于暗状态中(即,其中反射光的大部分在可见光谱外)以导致对(例如)观看者的暗外观。在写入图5A中图解说明的帧之前,像素可处于任何状态中,但图5B的时序图中图解说明的写入程序假定每一调制器已在第一线时间60a之前释放且驻留在未激活状态中。

[0070] 在第一线时间60a期间:将释放电压70施加于共同线1上;施加于共同线2上的电压以高保持电压72开始且移动到释放电压70;及沿共同线3施加低保持电压76。因此,在第一线时间60a的持续时间内,沿共同线1的调制器(共同1,片段1)、(1,2)和(1,3)保持于松弛或未激活状态中,沿共同线2的调制器(2,1)、(2,2)和(2,3)将移动到松弛状态,且沿共同线3的调制器(3,1)、(3,2)和(3,3)将保持于其先前状态中。参考图4,沿片段线1、2和3施加的片段电压将对干涉式调制器的状态不具有影响,这是因为在线时间60a期间,共同线1、2或3未暴露于引起激活的电压电平(即, V_{CREL} -松弛和 V_{CHOLD_L} -稳定)。

[0071] 在第二线时间60b期间,共同线1上的电压移动到高保持电压72,且沿共同线1的全部调制器不管所施加的片段电压如何都保持于松弛状态中,这是因为在共同线1上未施加寻址或激活电压。归因于释放电压70的施加,沿共同线2的调制器保持于松弛状态中,且沿共同线3的调制器(3,1)、(3,2)和(3,3)将在沿共同线3的电压移动到释放电压70时松弛。

[0072] 在第三线时间60c期间,通过在共同线1上施加高寻址电压74而寻址共同线1。因为

在施加此寻址电压期间沿片段线1和2施加低片段电压64,所以跨调制器(1,1)和(1,2)的像素电压大于调制器的正稳定窗的高端(即,电压差超过预定义阈值),且激活调制器(1,1)和(1,2)。相反,因为沿片段线3施加高片段电压62,所以跨调制器(1,3)的像素电压小于跨调制器(1,1)和(1,2)的电压且保持于调制器的正稳定窗内;因此,调制器(1,3)保持松弛。又在线时间60c期间,沿共同线2的电压降低到低保持电压76,且沿共同线3的电压保持于释放电压70,从而使沿共同线2和3的调制器保持于松弛位置中。

[0073] 在第四线时间60d期间,共同线1上的电压返回到高保持电压72,使沿共同线1的调制器保持于其相应寻址状态中。共同线2上的电压降低到低寻址电压78。因为沿片段线2施加高片段电压62,所以跨调制器(2,2)的像素电压低于调制器的负稳定窗的下部端,从而致使调制器(2,2)激活。相反,因为沿片段线1和3施加低片段电压64,所以调制器(2,1)和(2,3)保持于松弛位置中。共同线3上的电压增加到高保持电压72,使沿共同线3的调制器保持于松弛状态中。

[0074] 最终,在第五线时间60e期间,共同线1上的电压保持于高保持电压72,且共同线2上的电压保持于低保持电压76,使沿共同线1和2的调制器保持于其相应寻址状态中。共同线3上的电压增加到高寻址电压74以寻址沿共同线3的调制器。由于在片段线2和3上施加低片段电压64,所以调制器(3,2)和(3,3)激活,而沿片段线1施加的高片段电压62致使调制器(3,1)保持于松弛位置中。因此,在第五线时间60e结束时,3×3像素阵列处于图5A中所展示的状态中,且只要沿共同线施加保持电压便将保持于所述状态中,而不管当寻址沿其它共同线(未展示)的调制器时可发生的片段电压的变化如何。

[0075] 在图5B的时序图中,给定写入程序(即,线时间60a到60e)可包含使用高保持电压和高寻址电压或低保持电压和低寻址电压。一旦已针对给定共同线完成所述写入程序(且将共同电压设定到具有与激活电压相同的极性的保持电压),像素电压便保持于给定稳定窗内,且不通过松弛窗,直到在所述共同线上施加释放电压为止。此外,由于每一调制器在寻址调制器之前作为写入程序的部分而释放,所以调制器的激活时间(而非释放时间)可确定线时间。具体来说,在其中调制器的释放时间大于激活时间的实施方案中,如图5B中所描绘,可施加释放电压达长于单一线时间。在一些其它实施方案中,沿共同线或片段线施加的电压可变化以考虑到不同调制器(例如不同色彩的调制器)的激活电压和释放电压的变化。

[0076] 根据上文阐述的原理操作的干涉式调制器的结构的细节可大不相同。例如,图6A到6E展示干涉式调制器的不同实施方案的横截面的实例,包含可移动反射层14和其支撑结构。图6A展示图1的干涉式调制器显示器的部分横截面的实例,其中金属材料的条带(即,可移动反射层14)沉积于从衬底20正交地延伸的支撑件18上。在图6B中,每一IMOD的可移动反射层14一般为正方形或矩形,且在隅角处或角隅附近在系链32上附接到支撑件。在图6C中,可移动反射层14一般为正方形或矩形且从可包含可挠性金属的可变形层34悬垂下来。所述可变形层34可围绕可移动反射层14的周边而直接或间接地连接到衬底20。这些连接在本文中被称作支撑柱。图6C中所展示的实施方案具有从可移动反射层14的光学功能与其机械功能(其通过可变形层34实行)的解除耦合得到的额外益处。此解除耦合允许用于反射层14的结构设计和材料及用于可变形层34的结构设计和材料彼此独立地优化。

[0077] 图6D展示IMOD的另一实例,其中可移动反射层14包含反射子层14a。所述可移动反射层14搁置在支撑结构(例如支撑柱18)上。支撑柱18提供可移动反射层14与下部固定电极

(即,所图解说明IMOD中的光学堆叠16的部分)的分离,使得(例如)当可移动反射层14处于松弛位置中时在可移动反射层14与光学堆叠16之间形成间隙19。可移动反射层14还可包含可经配置以用作电极的导电层14c和支撑层14b。在此实例中,导电层14c布置于支撑层14b远离衬底20的侧上,且反射子层14a布置于支撑层14b靠近衬底20的另一侧上。在一些实施方案中,反射子层14a可导电且可布置于支撑层14b与光学堆叠16之间。支撑层14b可包含介电材料(例如,氮氧化硅(SiON)或二氧化硅(SiO₂))的一或多个层。在一些实施方案中,支撑层14b可为层的堆叠,例如,SiO₂/SiON/SiO₂三层堆叠。反射子层14a和导电层14c中的任一者或两者可包含(例如)具有约0.5%铜(Cu)的铝(Al)合金或另一反射金属材料。在介电支撑层14b上方和下方采用导电层14a、14c可平衡应力且提供增强的导电性。在一些实施方案中,针对多种设计目的(例如在可移动反射层14内实现特定应力分布),反射子层14a和导电层14c可由不同材料形成。

[0078] 如图6D中图解说明,一些实施方案还可包含黑色掩模结构23。黑色掩模结构23可形成于光学非作用区域中(例如像素之间或柱18下方)以吸收环境光或杂散光。黑色掩模结构23还可通过抑制光从显示器的非作用部分反射或透射穿过显示器的非作用部分而改进显示装置的光学性质,借此增加对比率。此外,黑色掩模结构23可导电且经配置以用作电汇流层。在一些实施方案中,行电极可连接到黑色掩模结构23以减小所连接的行电极的电阻。黑色掩模结构23可使用多种方法(包含沉积和图案化技术)形成。黑色掩模结构23可包含一或多个层。例如,在一些实施方案中,黑色掩模结构23包含用作光学吸收体的钼铬(MoCr)层、一层和用作反射体和汇流层的铝合金,所述层的厚度分别在约30 Å到80 Å、500 Å到1000 Å及500 Å到6000 Å的范围中。可使用多种技术图案化一或多个层,所述技术包含光刻和干式蚀刻(例如,包含用于MoCr和SiO₂层的四氟甲烷(CF₄)和/或氧气(O₂)及用于铝合金层的氯气(Cl₂)和/或三氯化硼(BCl₃))。在一些实施方案中,黑色掩模23可为标准量具或干涉式堆叠结构。在这些干涉堆叠黑色掩模结构23中,可使用导电吸收体以在每一行或列的光学堆叠16中的下部固定电极之间发射或用总线输送信号。在一些实施方案中,间隔层35可用以使吸收体层16a与黑色掩模23中的导电层大体上电隔离。

[0079] 图6E展示IMOD的另一实例,其中可移动反射层14是自支撑的。与图6D相比,图6E的实施方案并不包含支撑柱18。而是,可移动反射层14在多个位置处接触下层光学堆叠16,且当跨干涉式调制器的电压不足以引起激活时,可移动反射层14的曲率提供足够支撑以使得可移动反射层14返回到图6E的未激活位置。此处为清楚起见而将可含有多个若干不同层的光学堆叠16展示为包含光学吸收体16a和电介质16b。在一些实施方案中,光学吸收体16a可用作固定电极和部分反射层两者。在一些实施方案中,光学吸收体16a比可移动反射层14薄(十倍或以上)的数量级。在一些实施方案中,光学吸收体16a薄于反射子层14a。

[0080] 在例如图6A到6E中所展示的实施方案中,IMOD用作直视装置,其中从透明衬底20的前侧(即,与其上布置着调制器的侧相对的侧)观看图像。在这些实施方案中,装置的背面部分(即,显示装置在可移动反射层14后面的任何部分,包含(例如)图6C中图解说明的可变形层34)可经配置和操作而不冲击或负面影响显示装置的图像质量,这是因为反射层14光学屏蔽所述装置的那些部分。例如,在一些实施方案中,可移动反射层14后面可包含总线结构(未图解说明),所述总线结构提供使调制器的光学性质与调制器的机电性质(例如电压寻址和由此寻址引起的移动)分离的能力。此外,图6A到6E的实施方案可简化例如图案化地

处理。

[0081] 图7展示图解说说明干涉式调制器的制造过程80的流程图的实例,且图8A到8E展示此制造过程80的对应阶段的横截面示意图解的实例。在一些实施方案中,制造过程80可经实施以制造例如图1和6中图解说说明的一般类型的干涉式调制器的机电系统装置。机电系统装置的制造还可包含图7中未展示的其它框。参考图1、6和7,过程80开始于框82,其中在衬底20上方形成光学堆叠16。图8A图解说说明形成于衬底20上方的此光学堆叠16。衬底20可为透明衬底(例如玻璃或塑料),其可具柔性或相对较硬且不可弯曲,且可已经受先前制备过程(例如清洗)以促进光学堆叠16的有效形成。如上文所论述,光学堆叠16可导电、部分透明且具部分反射性,且可(例如)通过将具有所要性质的一或多个层沉积于透明衬底20上而制造。在图8A中,光学堆叠16包含具有子层16a和16b的多层结构,然而在一些其它实施方案中,可包含更多或更少个子层。在一些实施方案中,子层16a、16b中的一者可经配置而具有光学吸收和导电性质两者,例如组合导体/吸收体子层16a。此外,可将子层16a、16b中的一或多者图案化为平行条带,且可形成显示装置中的行电极。可通过掩蔽和蚀刻过程或此项技术中已知的另一适合过程执行此图案化。在一些实施方案中,子层16a、16b中的一者可作为绝缘层或介电层,例如沉积于一或多个金属层(例如,一或多个反射层和/或导电层)上方的子层16b。此外,可将光学堆叠16图案化为形成显示器的行的个别和平行条带。应注意,图8A到8E并未按比例绘制。例如,在一些实施方案中,所述光学堆叠的子层中的一者(光学吸收层)可非常薄,但子层16a、16b在图8A到8E中展示为略微厚。

[0082] 过程80在框84处继续以在光学堆叠16上方形成牺牲层25。随后移除牺牲层25以形成空腔19(参见框90)且因此在图1中图解说说明的所得干涉式调制器12中未展示牺牲层25。图8B图解说说明包含形成于光学堆叠16上方的牺牲层25的部分制造装置。在光学堆叠16上方形成牺牲层25可包含依经选择以在后续移除之后提供具有所要设计大小的间隙或空腔19(还参见图1和8E)的厚度沉积二氟化氙(XeF_2)可蚀刻材料,例如钼(Mo)或非晶硅(a-Si)。可使用例如以下各者的沉积技术实行牺牲材料的沉积:物理气相沉积(PVD,其包含许多不同技术,例如溅镀)、等离子体增强型化学气相沉积(PECVD)、热化学气相沉积(热CVD)或旋涂。

[0083] 过程80在框86处继续以形成支撑结构(例如图1、6和8C中图解说说明的柱18)。形成柱18可包含图案化牺牲层25以形成支撑结构孔隙,接着使用沉积方法(例如PVD、PECVD、热CVD或旋涂)将材料(例如聚合物或无机材料,例如氧化硅)沉积到所述孔隙中以形成柱18。在一些实施方案中,形成于牺牲层中的支撑结构孔隙可延伸穿过牺牲层25和光学堆叠16两者到下层衬底20,使得柱18的下端如图6A中图解说说明般接触衬底20。或者,如图8C中描绘,形成于牺牲层25中的孔隙可延伸穿过牺牲层25,但未穿过光学堆叠16。例如,图8E图解说说明与光学堆叠16的上表面接触的支撑柱18的下端。可通过在牺牲层25上方沉积支撑结构材料层且图案化远离所述牺牲层25中的孔隙而定位的支撑结构材料的部分来形成柱18或其它支撑结构。如图8C中图解说说明,支撑结构可定位于孔隙内,但还可至少部分在牺牲层25的一部分上方延伸。如上文所提及,牺牲层25和/或支撑柱18的图案化可通过图案化和蚀刻过程执行,但还可通过替代性蚀刻方法执行。

[0084] 过程80在框88处继续以形成可移动反射层或膜(例如图1、6和8D中图解说说明的可移动层14)。可通过采用包含(例如)反射层(例如铝、铝合金或其它反射层)沉积的一或多个沉积步骤连同一或多个图案化、掩蔽和/或蚀刻步骤一起形成可移动反射层14。可移动反射

层14可导电且可称作导电层。在一些实施方案中,可移动反射层14可包含如图8D中所展示的多个子层14a、14b、14c。在一些实施方案中,所述子层中的一或多者(例如子层14a、14c)可包含针对其光学性质而选择的高度反射子层,且另一子层14b可包含针对其机械性质而选择的机械子层。因为牺牲层25仍存在于形成于框88处的部分制造的干涉式调制器中,所以可移动反射层14在此阶段通常不可移动。含有牺牲层25的部分制造的IMOD在本文中还可称作“未释放的”IMOD。如上文结合图1所描述,可将可移动反射层14图案化为形成显示器的列的个别和平行条带。

[0085] 过程80在框90处继续以形成空腔(例如如图1、6和8E中图解说明的空腔19)。可通过使牺牲材料25(在框84沉积)暴露于蚀刻剂而形成空腔19。例如,可通过干式化学蚀刻,通过使牺牲层25暴露于气态或汽态蚀刻剂(例如从固体二氟化氙(XeF_2)得到的蒸气)达有效移除所要量的材料的时间周期来移除例如Mo或a-Si的可蚀刻牺牲材料。通常相对于围绕空腔19的结构选择性地移除所述牺牲材料。还可使用其它蚀刻方法,例如湿式蚀刻和/或等离子体蚀刻。因为牺牲层25在框90期间被移除,所以可移动反射层14在此阶段之后通常是可移动的。在移除牺牲材料25之后,所得的完全或部分制造的IMOD在本文中可称作“释放的”IMOD。

[0086] 图9A到9E展示模拟IMOD(AIMOD)可如何经配置以产生不同色彩的实例。如在双稳态IMOD装置中,在AIMOD中,像素的反射色彩可通过改变吸收体堆叠与镜堆叠之间的间隙间距而变化。然而,不同于双稳态IMOD装置,AIMOD可具有多于仅两个状态(松弛状态和激活状态)。实际上,AIMOD可具有许多状态,例如三个(3)或三个以上、五个(5)或五个以上、八个(8)或八个以上或十六个(16)或十六个以上状态。例如,AIMOD可具有八个(8)状态,白色、黑色和六个(6)其它色彩。为以如此多的状态控制AIMOD,可提供包含一或多个开关(例如薄膜晶体管)的控制电路以个别地寻址每一AIMOD且针对将要移位特定距离的吸收体堆叠和镜堆叠而在AIMOD的可移动电极与固定电极之间提供适当的电压差。在图9A到9E中,AIMOD 900包含镜堆叠905和吸收体堆叠910。在此实施方案中,镜堆叠905包含至少一个反射层且被展示为位于相对于吸收体堆叠910的五个位置处。然而,在各种实施方案中,AIMOD 900可在相对于镜堆叠905的实质上5个以上位置之间移动。在一些此类实施方案中,镜堆叠905与吸收体堆叠910之间的间隙930的大小可以实质上连续方式变化。在一些这些AIMOD 900中,可以高精度水平(例如,具有10nm或更小的误差)来控制间隙930的大小。尽管吸收体堆叠910(在此实例中)包含单一吸收体层,但吸收体堆叠910的替代实施方案可包含多个吸收体层。

[0087] 具有波长 λ 的入射波将干涉其自身从镜堆叠905的反射以产生具有局部峰值和局部空值的驻波。第一空值距所述镜 $\lambda/2$,且后续空值以 $\lambda/2$ 的间隔而定位。对于所述波长,放置于所述空值位置中的一者处的薄吸收体层将吸收极少能量。因此,将透射对应于所述波长的色彩,而将部分或大量吸收对应于具有较大能量的波长的色彩。

[0088] 首先参考图9A,当间隙930实质上等于红色925的半波长时,吸收体堆叠910定位于红色干涉图案的空值处。光通过吸收体堆叠910部分反射和部分透射。在吸收体堆叠910与镜堆叠905之间形成具有等于间隙930的大小的深度的光学空腔。因此,归因于从吸收体堆叠910反射的红色光与从镜堆叠905反射的红色光之间的相长干涉而有效地反射(未吸收)具有实质上对应于红色925的波长的光。其它色彩(包含蓝色915和绿色920)的光未通过相

长干涉加强。而是,此光实质上被吸收体堆叠910吸收。

[0089] 图9B描绘呈其中镜堆叠905移动成更接近吸收体堆叠910(或反之亦然)的配置的AIMOD 900。在此实例中,间隙930实质上等于绿色920的半波长。归因于从吸收体堆叠910反射的绿色光与从镜堆叠905反射的绿色光之间的相长干涉而有效地反射(未吸收)具有实质上对应于绿色920的波长的光。其它色彩(包含红色925和蓝色915)的光实质上被吸收体堆叠910吸收。

[0090] 在图9C中,使镜堆叠905移动成更接近吸收体堆叠910(或反之亦然),使得间隙930实质上等于蓝色915的半波长。归因于相长干涉而有效地反射(未吸收)具有实质上对应于蓝色915的波长的光。其它色彩(包含红色925和绿色920)的光实质上被吸收体堆叠910吸收。

[0091] 然而,在图9D中,AIMOD 900呈其中间隙930实质上等于可见范围中平均色彩的波长的1/4的配置。在此布置中,吸收体定位于波长范围的干涉驻波的强度峰值附近(或定位于存在显著光学功率的位置处);归因于高场强度的强吸收致使从所述AIMOD900反射相对较少的可见光。此配置在本文中可称作“黑色状态”。在一些此类实施方案中,间隙930可制成比图9D中所展示的大或小,以便加强在可见范围外的其它波长。相应地,图9D中所展示的AIMOD 900的配置仅提供AIMOD 900的黑色状态配置的一个实例。

[0092] 图9E描绘呈其中吸收体堆叠910实质上邻近于镜堆叠905的配置的AIMOD900。在此实例中,间隙930可忽略。具有广波长范围的光从镜堆叠905有效地反射而未被吸收体堆叠910吸收达显著程度。此配置在本文中可称作“白色状态”。

[0093] 如上文所描述,在模拟EMS显示装置(包含模拟IMOD装置)中,可连续调整光学间隙以反射所要色彩的光。例如,可改变通过模拟EMS显示装置的可移动反射层和固定部分反射和部分吸收层形成的光学间隙、气隙或空腔的厚度或高度以改变通过所述装置反射的光的波长和色彩。

[0094] 一些EMS显示装置反射的光的色彩还可取决于EMS显示装置的照明角度。例如,可通过直接照明来照明EMS显示装置。直接照明是在无光从源与EMS显示装置之间的任何表面反射的情况下从所述源入射于所述EMS显示装置上的光。

[0095] EMS显示装置可包含于显示组合件中,其中所述EMS显示装置的吸收层和反射层定位于实质上平行于显示组合件的表面的平面中。包含于显示组合件中的EMS显示装置的照明角度是入射光相对于垂直于或正交于所述EMS显示装置的表面的线与显示组合件的表面的角度。当照明角度增大时,通过所述EMS显示装置反射的光可移位到较短波长。此称为蓝移,且所反射的光可能未被用户感知为既定产生或显示的所要色彩。

[0096] 在包含无法通过调整光学间隙连续改变所反射色彩的数字IMOD的显示器中补偿此蓝移可为困难的。然而,对于包含模拟IMOD的模拟EMS显示器,可调整光学间隙。因此,在已知调整量的情况下可补偿蓝移。在以下论述中,所提及的显示装置或显示组合件是模拟IMOD显示装置或组合件。

[0097] 图10A展示图解说明显示组合件的照明角度的图的实例。如图10A中所展示,显示组合件1005的表面具有垂直于所述表面的线1010。当直接照明源发出入射于显示组合件1005的表面上的光1015时,照明角度为角度1020。即,对于显示组合件1005,照明角度可视为光1015相对于垂直于显示组合件1005的线1010以其入射于显示组合件1005上的角度

1020。

[0098] 在一些实施方案中,直接照明源可视为定位于距显示组合件1005无限距离处的照明源。例如,在晴朗无云的日子,可将太阳视为直接照明源。对于照明角度,(例如)当太阳在地球表面上一点处正上方时,照明角度为零。(例如)在日出和日落时,在地球表面上一点处的照明角度为90度。

[0099] EMS显示装置归因于照明角度的蓝移可表达为:

$$[0100] \quad \lambda'(\theta) = \lambda \cos \theta$$

[0101] 其中 λ 是在正交照明(即,照明正交于EMS显示装置,且照明角度为0)下由EMS显示装置反射的波长, θ 为照明角度,且 $\lambda'(\theta)$ 为用户观察到的蓝移反射波长。当照明角度 θ 为0时, $\cos \theta = 1$;即,当照明角度 θ 为0时不存在蓝移。

[0102] EMS显示装置的反射光谱(功率对波长)可通过其峰值波长 λ_{peak} 表征;即, λ_{peak} 是用户在照明角度 θ 为0的情况下将观察到的反射光的波长。可使用上文所描述的相同等式来计算可随照明角度 θ 的变化而发生的 λ_{peak} 的蓝移。此外,可通过以下各者确定EMS显示装置上正交照明的 λ_{peak} :

$$[0103] \quad \lambda_{\text{peak}} = m d = m (d_{\text{die}} + d_{\text{air}})$$

[0104] 其中 m 是整数且 d 是(例如)EMS显示装置的可移动反射层与固定部分反射部分吸收层之间的光学距离。在一些情况中,可将 d 分解为两个部分 d_{die} 和 d_{air} 。 d_{die} 考虑到可安置于可移动反射层和固定部分反射部分吸收层上的介电层的厚度。 d_{air} 是通过可移动反射层和固定部分反射部分吸收层形成的光学间隙或气隙的厚度。可通过如以下等式测量照明角度 θ 来计算补偿EMS显示装置的蓝移的光学间隙或气隙:

$$[0105] \quad d_{\text{air}} = \frac{\lambda_{\text{peak}}}{m \cos \theta} - d_{\text{die}}$$

[0106] 图10B展示图解说明在直接照明下补偿EMS显示装置的蓝移的过程的流程图的实际例。在过程1050的框1055处,确定显示组合件的照明角度。如上文关于图10A所解释,照明角度为入射光相对于垂直于或正交于显示组合件的表面的线的角度。在一些实施方案中,实时地确定显示组合件的照明角度。术语“实时”可表示或涉及过程或系统,例如计算装置,其中实质上即时地执行过程或系统实质上即时地执行事件或功能。例如,当使用实时系统时,用户可不会经历系统的性能的明显或可感知的延迟。

[0107] 在一些实施方案中,显示组合件可包含EMS显示装置阵列,例如多个EMS显示装置的行/列阵列。在一些实施方案中,所述显示组合件可为装置的部分,且也是所述装置的部分的相机装置可提供可用以确定照明角度的信号。例如,所述相机装置可为包含于一些智能电话内的前向相机,其中所述相机装置定位于实质上与所述显示组合件相同的平面中,或定位于实质上平行于显示组合件的平面的平面中。在一些其它实施方案中,传感器可与显示组合件相关联,且所述传感器可提供可用以确定照明角度的信号。所述传感器还可定位于实质上与所述显示组合件相同的平面中,或定位于实质上平行于所述显示组合件的平面的平面中。下文关于图13和14进一步描述传感器的实例。

[0108] 在框1060处,至少部分基于所确定的照明角度而设定所述显示组合件的第一EMS显示装置中的光学间隙。在一些实施方案中,至少部分基于所述所确定的照明角度而实时设定所述显示组合件的第一EMS显示装置中的光学间隙。例如,可指令设定第一EMS显示装

置中的光学间隙以使得所述装置反射特定色彩。然而,归因于由照明角度引起的蓝移,通过EMS显示装置反射的色彩可并非既定反射的所要色彩。例如,可指令设定所述第一EMS显示装置中的光学间隙以使得所述EMS显示装置反射红色光。然而,归因于蓝移,所述EMS显示装置可反射橙色光而非红色光。至少部分基于所述所确定的照明角度而设定所述第一EMS显示装置中的光学间隙可补偿归因于照明角度从所述EMS显示装置反射的光的波长的变化且致使所述EMS显示装置反射所要的特定色彩。

[0109] 在一些实施方案中,可至少部分基于所述所确定的照明角度而设定所述显示组合件的EMS显示装置阵列中的所述EMS显示装置的全部或实质上全部光学间隙。然而,应注意,不同EMS显示装置的光学间隙可经设定以显示不同色彩,且取决于待产生的色彩,可根据上文描述的等式而调整不同EMS显示装置的光学间隙。

[0110] 在一些实施方案中,包含EMS显示装置阵列的显示组合件可具有约30赫兹(Hz)到240Hz的刷新速率。刷新速率为(例如)显示硬件在一秒内绘制待显示于显示组合件上的图像的次數。高刷新速率可用于(例如)在显示组合件上产生移动图像,而不存在运动模糊效应。然而,可不必以与刷新速率相同的速率执行对归因于照明角度的变化而引起的EMS显示装置的光学间隙的调整,这是因为在用户观看显示器上的图像时,照明角度的变化可不是非常快速。例如,如果用户正阅读显示于显示组合件上的文字,则所述用户可使包含所述显示组合件的装置保持相对固定,使得所述用户可阅读文字。在包含所述显示组合件的装置保持相对固定的情况下,照明角度的变化可不以高频率发生。在一些实施方案中,可以至少约1Hz的频率重复框1055和1060中的操作。

[0111] 在一些实施方案中,在添加安置于EMS显示器的前表面上的漫射体的情况下,当使用直接照明来照明包含EMS显示装置的显示组合件时,可假定与从所述显示组合件镜面反射的光的方向偏离约5度到10度的用户观看角度。镜面反射是从表面(例如,镜)的镜状反射,其中在单一传出方向上反射来自单一传入方向的光。与从所述显示组合件镜面反射的光的方向偏离约5度到10度的观看角度可避免从所述显示组合件的(例如)盖玻璃的镜面反射,且还可产生所述显示组合件的EMS显示装置的良好色彩饱和度。

[0112] 在一些其它实施方案中,当未假定与从所述显示组合件镜面反射的光的方向偏离约5度到10度的观看角度时,也可确定观看角度。接着,可至少部分基于所述照明角度和所述观看角度两者而设定所述显示组合件的第一EMS显示装置中的光学间隙。下文关于图11和12进一步描述EMS显示装置的观看角度和用于确定所述观看角度的过程。

[0113] 在一些实施方案中,在重复框1055和1060中的操作时,可过滤指示照明角度的信号以移除照明角度的高频率变化。例如,使低频信号通过但衰减具有高于截止频率的信号的信号的低通电子滤波器可用以过滤包含照明角度的信号。低通电子滤波器的实例包含可具有约1Hz到10Hz的截止频率的一阶或二阶滤波器。照明角度的此些高频率改变可归因于(例如)用户的手在固持包含显示组合件的装置时抖动;可从照明角度信号移除照明角度的高频率变化,这是因为照明角度平均上可保持恒定且可不需要针对照明角度的小的高频率变化作出调整。

[0114] 在一些实施方案中,当存在一个以上直接照明源时,可确定照明角度的经加权平均值(即,以每一个别直接照明源的亮度加权)。接着,此经加权平均值可用作显示组合件的照明角度。例如,其中存在许多直接照明源的一个实例是足球场在晚上通过球场灯照明。

[0115] 然而,在一些情况下,光源可不提供直接照明且可通过漫射照明来照明显示组合件。漫射照明是其中从许多方向照明显示组合件的照明。例如,在具有许多照明源的室中的照明(其中来自所述照明源的光从所述室的壁和所述室中的其它表面反射离开)可视为漫射照明。漫射照明的另一实例是在多云的日子的室外的照明,其中不存在来自太阳的直接光。在漫射照明的情况中,可能无法确定照明角度。

[0116] 在一些实施方案中,在漫射照明的情况下,未确定照明角度,而是确定观看角度。图11展示图解说明显示组合件的观看角度的图的实例。如图11中所展示,显示组合件1005的表面具有垂直于所述表面的线1010。当用户1105正沿路径1115观看显示组合件1005的表面时,观看角度为角度1120。即,观看角度可视为垂直于显示组合件1005的线1010与用户1105之间的角度1120。

[0117] 当漫射照明存在且入射于显示器上时,用户1105与显示组合件1005所具有的观看角度1120可具有与直接照明的照明角度类似的效应。例如,一些EMS显示装置反射的光的色彩可取决于观看角度。当观看角度增加时,所反射的光可移位到较短波长。此还称为蓝移,且所反射的光可不是既定被反射的所要色彩。可使用上文所论述的相同等式来表达EMS显示装置归因于观看角度而引起的蓝移,其中 θ 为观看角度而非照明角度。

[0118] 图12展示图解说明在漫射照明下补偿EMS显示装置的蓝移的过程的流程图的实例。在过程1200的框1205处,确定显示组合件的观看角度。如上文关于图11所解释,观看角度可视为垂直于或正交于所述显示组合件的表面的线与界定用户的眼睛与所述显示组合件的所述表面之间的路径的线之间的角度。在一些实施方案中,实时地确定所述显示组合件的观看角度。在一些实施方案中,所述显示组合件可包含EMS显示装置阵列。

[0119] 例如,在一些实施方案中,所述显示组合件可为装置的部分,且也是所述装置的部分的相机装置可提供可用以确定照明角度的信号。例如,所述相机装置可为包含于一些智能电话内的前向相机,其中所述相机装置定位于实质上与所述显示组合件相同的平面中或定位于实质上平行于所述显示组合件的平面的平面中。所述相机装置可俘获用户面部的图像,且使用所述图像中的图像特征(例如用户的眼睛),可确定观看角度。参见(例如)在梅叶A. (Meyer, A.)、Böhme, M.、马蒂奈兹T. (Martinetz, T.) 和巴斯E. (Barth, E.) (2006) 感知和交互技术,人工智能的演讲附注第4021卷,斯普林格,第208到211页(“Meyer”),单相机远程眼睛追踪器(A single-camera remote eye tracker)中由Meyer, A.、Böhme等人报告的方法,所述方法使用单一相机进行远程眼睛追踪,其以引用的方式并入本文中。

[0120] 如Meyer中所描述,“远程”眼睛追踪系统无需将任何设备安装于观看者身上。Meyer中描述的单一相机系统的实例包含单一相机、安装于所述相机的任一侧上的两个红外线光源和定位于所述光源和所述相机上方的显示器。在此实例中,所述相机具有 1280×1024 像素的分辨率,且光源是经配置以照明面部且在用户的角膜表面上产生角膜反射的红外线LED。

[0121] Meyer的系统包含包括两个主要组件的眼睛追踪软件。第一组件具有用以从图像确定瞳孔位置和角膜反射的图像处理算法。第二组件是估计用户正观看或“注视”的显示器的部分的凝视估计算法。

[0122] 所述第一软件组件可基于李D. (Li, D.)、威菲尔德D. (Winfield, D.)、帕克侯斯特D. J. (Parkhurst, D. J.): “Starburst: 用于组合基于特征和基于模型的方法的基于视频的

眼睛追踪的混合算法 (Starburst: A hybrid algorithm for video-based eye tracking combining feature-based and model-based approaches)” (CVPR (2005), 第1到8页, 用于人机交互工作室的IEEE视觉的会议录 (Proceedings of the IEEE Vision for Human-Computer Interaction Workshop) 中描述的Starburst算法, 其以引用的方式并入本文中。此算法的开放源实施方案可在“openEyes”名下购得。第一软件组件可通过施加高斯差和搜寻最大值而确定角膜反射的位置。可将近似的瞳孔中心确定为角膜反射附近的最暗像素。可识别从瞳孔的中心散发的光线的主要轮廓点。可识别从所述主要轮廓点散发的次要光线的次要轮廓点。可将椭圆拟合到所述主要和次要轮廓点。

[0123] 在Meyer中描述的实例中, 第二软件组件(凝视估计算法) 是基于眼睛的物理模型。此模型可近似角膜的表面、瞳孔中心和眼睛的光学轴与凝视方向之间的角度偏移。

[0124] 可将角膜的表面模型化为球状表面, 所述球状表面具有曲率中心CC和曲率半径 r_{cornea} 。角膜表面对于眼睛追踪是重要的, 这是因为角膜反射是通过红外线LED在角膜表面处的反射产生且因为通过角膜观察的瞳孔图像可由于角膜表面处的折射而失真。

[0125] 在此模型中, 将瞳孔假定为完美圆形。将瞳孔中心PC假定为处于距角膜曲率中心CC距离 r_{pc} 处。

[0126] 眼睛的光学轴与凝视方向之间的角度偏移称作 α_{fovea} 。此偏移是由中央凹(定位于视网膜黄斑区域的中心) 不位于光学轴上而是暂时且略微向上偏移的事实引起。

[0127] 给定眼睛相对于相机的位置和定向, 眼睛模型可预测相机图像中应观察到瞳孔和角膜反射的位置。或者, 可从瞳孔和角膜反射位置确定凝视方向。可通过提示用户注视一系列校准点且寻找最佳解释观察的参数值集合来确定特定用户的模型参数的值。

[0128] 或者, 可不测量观看角度, 而是可基于(例如) 行为研究假定观看角度。各种观看角度可经存储且用于基于一些使用模型信息调整显示器(例如, 通过调整IMOD的光学间隙)。例如, 基于显示装置用户的研究可知, 在直接照明中, 人通常将显示器固持在特定定向中且因此可将所述观看角度假定为直接照明中的第一值。类似地, 研究可指示, 在间接或漫射照明中, 人通常将显示器固持在不同定向中且因此可将所述观看角度假定为间接或漫射照明环境中的第二值。第一观看角度值与第二观看角度值可为不同值。其它变量可用于确定观看角度而不直接或间接测量观看角度。

[0129] 在框1210处, 可至少部分基于观看角度而设定显示组合件的第一EMS显示装置中的光学间隙。在一些实施方案中, 至少部分基于观看角度而实时地设定显示组合件的第一EMS显示装置中的光学间隙。例如, 可指令设定所述第一EMS显示装置中的光学间隙以使得所述装置反射特定色彩。然而, 归因于由观看角度引起的蓝移, 通过所述EMS显示装置反射的色彩可不是既定被反射的所要色彩。至少部分基于观看角度设定所述第一EMS显示装置中的光学间隙可补偿归因于观看角度从所述EMS显示装置反射的光的波长的变化。在一些实施方案中, 可至少部分基于观看角度而设定所述显示组合件的EMS显示装置阵列中的EMS显示装置的全部或实质上全部光学间隙。

[0130] 类似于上文关于图10所描述的照明角度实施方案, 在一些实施方案中, 包含EMS显示装置阵列的显示组合件可具有约30赫兹(Hz) 到240Hz的刷新速率。然而, 可不需要以与所述刷新速率相同的速率执行对EMS显示装置的光学间隙的调整, 这是因为在用户观看显示器上的图像时, 观看角度的变化不是非常快速。在一些实施方案中, 可以至少约1Hz的频率

重复框1205和1210中的操作。

[0131] 再次地,类似于上文关于图10所描述的照明角度实施方案,在一些实施方案中,在重复框1205和1210中的操作时,可过滤指示观看角度的信号以移除观看角度的高频率变化。例如,使低频信号通过但衰减具有高于截止频率的信号的频率的低通电子滤波器可用于过滤包含观看角度的信号。这些低通电子滤波器包含可具有约1Hz到10Hz的截止频率的1阶或2阶滤波器。

[0132] 在一些实施方案中,可确定照明角度和观看角度中的一者或两者。此外,如上文关于图10所提及,在一些实施方案中,当使用直接照明来照明显示组合件时,可不假定观看角度的值且可确定观看角度。在一些实施方案中,来自传感器的信号可用于确定照明角度,且来自相机装置的信号可用于确定观看角度。在一些其它实施方案中,来自单一相机装置的信号可用于确定照明角度和观看角度两者。可至少部分基于照明角度和观看角度两者而设定显示组合件的第一EMS显示装置中的光学间隙。在一些实施方案中,当直接照明比漫射照明亮约4倍到10倍时,归因于直接照明的亮度,可不考虑漫射照明且所述直接照明是所述显示组合件的主照明源。

[0133] 在一些实施方案中,可使用基于中断的系统实施关于图10和12所描述的过程和其组合。例如,可使用图10B的过程1050监测照明角度。当照明角度实质上恒定时,可不执行新的计算以调整EMS显示装置中的光学间隙以补偿蓝移。然而,当照明角度改变达指定量时,可执行新的计算以调整EMS显示装置中的光学间隙以补偿蓝移。类似地,可使用图12的过程1200监测观看角度。当观看角度为实质上恒定时,可不执行新的计算来调整EMS显示装置中的光学间隙以补偿蓝移。然而,当观看角度改变达指定量时,可执行新的计算来调整EMS显示装置中的光学间隙以补偿蓝移。

[0134] 图13展示包含显示组合件和经配置以测量照明角度的传感器的设备的框图的实例。图13中展示的设备1300包含显示组合件1302、传感器1304、处理器1306和相机装置1308。设备1300可为(例如)智能电话、蜂窝式或移动电话、电子书或平板计算机。显示组合件1302可包含EMS显示装置阵列。

[0135] 在一些实施方案中,所述传感器1304可包含透镜和多个光电传感器。在一些实施方案中,所述多个光电传感器可包含布置成 2×2 阵列格式的至少四个光电传感器。在一些实施方案中,所述多个光电传感器可布置为光电传感器阵列,其中所述光电传感器阵列包含电荷耦合装置(CCD)阵列或互补金属氧化物半导体(CMOS)阵列。关于图14A和14B描述传感器的一个实施方案的实例。

[0136] 当存在直接照明时,传感器1304可提供可用于确定相对于垂直于显示组合件1302的线的照明角度的信号。在一些实施方案中,传感器1304可定位于实质上与显示组合件1302相同的平面中或定位于实质上平行于显示组合件1302的平面的平面中。

[0137] 在一些实施方案中,处理器1306经配置以与显示组合件1302和传感器1304通信。处理器1306可经配置以从传感器1304接收指示照明角度的信号。处理器1306可经配置以确定通过所述信号指示的相对于垂直于显示组合件的线的照明角度。使用所述所确定的照明角度,处理器1306可经配置以处理图像数据以补偿所述照明角度和从显示组合件1302的EMS显示装置反射的光的波长的所得变化。即,处理器1306可经配置以执行类似于关于图10B所描述的过程1050的过程。在一些实施方案中,处理器1306可经配置以执行进一步操

作,例如处理器21可执行的操作(如下文关于图15A和15B描述)。在一些其它实施方案中,下文关于图15A和15B描述的显示装置40可包含传感器1304和相机装置,且可经配置以执行本文中描述的过程。在一些实施方案中,设备1300可包含低雾度漫射体(例如,覆盖所述显示组合件1302的约50%到70%)。

[0138] 在一些实施方案中,设备1300还可包含在设备1300的与显示组合件1302和传感器1304相同的面上的相机装置1308。相机装置1308可为(例如)包含于一些智能电话内的前向相机的类型,其中相机装置1308定位于实质上与显示组合件1302相同的平面中或定位于实质上平行于显示组合件1302的平面的平面中。在一些实施方案中,相机装置1308可经配置以提供可用于确定相对于垂直于所述显示组合件的线的观看角度的信号。处理器1306可进一步经配置以处理图像数据以补偿所述观看角度和归因于所述观看角度从显示组合件1302的第一机电系统显示装置反射的光的波长的所得变化。

[0139] 在一些其它实施方案中,可使用相机装置1308而非使用传感器1304来确定照明角度。然而,在一些实施方案中,传感器1304可使用小于相机装置的功率。

[0140] 图14A和14B展示经配置以测量照明角度的传感器的示意图解的实例。图14A展示传感器1400的侧视图,且图14B展示光电传感器阵列1405的面,光电传感器阵列1405是传感器1400的部分。如图14A中所展示,传感器1400可包含光电传感器阵列1405和透镜1410。在一些实施方案中,光电传感器阵列1405可定位于透镜1410的焦点处。

[0141] 光电传感器阵列1405可包含多个光电传感器。例如,图14中展示的光电传感器阵列1405包含四个光电传感器,所述光电传感器中的每一者占用所图解说明的(x,y)平面的一象限:相应地,光电传感器阵列1405可称为“象限”光电传感器。例如,光电传感器阵列1405可包含由Hamamatsu制成的具有 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的作用面积的S4349象限Si PIN光二极管。对于一些实施方案,具有较低电力消耗和较低成本的较小作用传感器面积象限Si光二极管是优选的。在一些其它实施方案中,光电传感器阵列1405可包含至少约4个光电传感器或约9个(例如,3乘3阵列)到约100个(例如,10乘10阵列)光电传感器。在一些实施方案中,传感器1400的光电传感器阵列1405可包含CCD阵列或CMOS阵列。例如,对于此应用,商业现成的低成本QVGA分辨率CMOS成像器将是足够的。为了减小电力消耗,可以1Hz操作此成像器。在一些实施方案中,传感器1400可用作图13中展示的装置1300的传感器1304。

[0142] 在一些实施方案中,透镜1410可为包含单一元件的透镜。在一些实施方案中,透镜1410的直径可为约0.5毫米(mm)到2mm或为约1mm。透镜1410的焦距1415可为约0.5mm到3mm或约1.5mm到2mm。在一些实施方案中,光电传感器阵列1405可具有约 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 到约 $4\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的尺寸。与具有约0.5mm的直径和约0.5mm到2mm的焦距的透镜1410组合的此光电传感器阵列1405可能确定约 $\pm 45^\circ$ 的照明角度。在一些实施方案中,可使用包含具有较短焦距1415(例如,短于约0.5mm到2mm的焦距)的透镜1410或较大光电传感器阵列1405(例如,大于约 $4\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的光电传感器阵列)的传感器1400确定较大照明角度。

[0143] 在操作传感器1400时,透镜1410将具有 θ 的照明角度1420的光聚焦于光电传感器阵列1405上的焦点1425处。入射于光电传感器阵列1405上的光可产生电流。从此电流,可确定光在光电传感器阵列1405上的焦点1425的位置的x,y坐标。例如,可基于所述电流使用与光电传感器阵列1405相关联的查找表来确定光在光电传感器阵列1405上的焦点1425的位置的x,y坐标。使用透镜1410的焦距1415(f)和光在光电传感器阵列1405上的焦点1425的位

置的x,y坐标,可通过下式确定照明角度1420:

$$[0144] \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{f} \right)$$

[0145] 当存在多个直接照明源时,可在光电传感器阵列1405上形成多个光点。光电传感器1405可测量每一光点的x,y坐标以及每一光点的强度。所测量的点强度与照明源的亮度(I)成比例。可经由加权平均来计算平均照明角度:

$$[0146] \quad \bar{\theta} = \frac{1}{\sum_i I_i} \sum_i I_i \theta_i$$

[0147] 在一些实施方案中,传感器1400可具有约0.01度、约0.1度或约1度的分辨率。在一些实施方案中,具有约1度的分辨率的传感器1400可适于照明角度确定。此相对较低分辨率传感器(例如,约1度的分辨率)可容许使用较不昂贵的光电传感器阵列和/或透镜。

[0148] 图15A和15B展示图解说明包含多个干涉式调制器的显示装置40的系统框图的实例。显示装置40可为(例如)智能电话、蜂窝式或移动电话。然而,显示装置40的相同组件或其略微变化还图解说明各种类型的显示装置,例如电视机、平板计算机、电子阅读器、掌上型装置和便携式媒体播放器。

[0149] 显示装置40包含外壳41、显示器30、天线43、扬声器45、输入装置48、麦克风46、传感器1304和相机装置1308。外壳41可由多种制造工艺中的任一工艺形成,包含注射模制和真空成形。此外,外壳41可由多种材料中的任一种材料制成,包含(但不限于):塑料、金属、玻璃、橡胶和陶瓷或其组合。外壳41可包含可移除部分(未展示),所述可移除部分可与不同色彩或含有不同标志、图片或符号的其它可移除部分互换。

[0150] 如本文中所描述,显示器30可为多种显示器中的任一者,包含双稳态或模拟显示器。显示器30还可经配置以包含平板显示器(例如等离子体、EL、OLED、STN LCD或TFT LCD)或非平板显示器(例如CRT或其它显像管装置)。此外,如本文中所描述,显示器30可包含干涉式调制器显示器。

[0151] 图15B中示意地图解说明显示装置40的组件。显示装置40包含外壳41,且可包含至少部分封围于外壳41中的额外组件。例如,显示装置40包含网络接口27,网络接口27包含耦合到收发器47的天线43。收发器47连接到处理器21,处理器21连接到调节硬件52。调节硬件52可经配置以调节信号(例如,过滤信号)。调节硬件52连接到扬声器45和麦克风46。处理器21还连接到输入装置48和驱动器控制器29。驱动器控制器29耦合到帧缓冲器28和阵列驱动器22,阵列驱动器22继而耦合到显示阵列30。在一些实施方案中,电力供应器50可在特定显示装置40设计中将电力提供到实质上全部组件。

[0152] 在此实例中,显示装置40包含传感器1304和相机装置1308,其可类似于上文参考图13描述的传感器和相机装置。处理器21可经配置以与传感器1304和相机装置1308通信。如上文所描述,在一些实施方案中,处理器21可经配置以确定照明角度和/或观看角度。处理器21可基于来自传感器1304和/或相机装置1308的输入而作出此些确定。在一些实施方案中,处理器21可经配置以控制显示器30以补偿所确定的照明角度和/或观看角度。例如,处理器21可经配置以改变显示器30的一或多个IMOD的吸收体堆叠与反射堆叠之间的间隙,以便补偿所确定的照明角度和/或观看角度。

[0153] 网络接口27包含天线43和收发器47,使得显示装置40可经由网络与一或多个装置

通信。网络接口27还可具有一些处理能力以减轻(例如)处理器21的数据处理要求。天线43可发射和接收信号。在一些实施方案中,天线43根据IEEE 16.11标准(包含IEEE 16.11(a)、(b)或(g))或IEEE 802.11标准(包含IEEE 802.11a、b、g、n和其进一步实施方案)发射和接收RF信号。在一些其它实施方案中,天线43根据BLUETOOTH标准发射和接收RF信号。在蜂窝式电话的情况中,天线43经设计以接收码分多址(CDMA)、频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、全球移动通信系统(GSM)、GSM/通用包无线电服务(GPRS)、增强型数据GSM环境(EDGE)、陆地中继无线电(TETRA)、宽带CDMA(W-CDMA)、演进数据优化(EV-DO)、1xEV-DO、EV-DO Rev A、EV-DO Rev B、高速包接入(HSPA)、高速下行链路包接入(HSDPA)、高速上行链路包接入(HSUPA)、演进型高速包接入(HSPA+)、长期演进(LTE)、AMPS或用于在无线网络(例如利用3G或4G技术的系统)内通信的其它已知信号。收发器47可预处理从天线43接收的信号,使得处理器21可接收并进一步操纵所述信号。收发器47还可处理从处理器21接收的信号,使得可经由天线43从显示装置40发射所述信号。

[0154] 在一些实施方案中,收发器47可由接收器取代。此外,在一些实施方案中,网络接口27可由可存储或产生待发送到处理器21的图像数据的图像源取代。处理器21可控制显示装置40的总体操作。处理器21接收数据(例如来自网络接口27或图像源的经压缩图像数据)且将数据处理为原始图像数据或易于处理为原始图像数据的格式。处理器21可将经处理的数据发送到驱动器控制器29或帧缓冲器28以进行存储。原始数据通常指代识别图像内的每一位置处的图像特性的信息。例如,这些图像特性可包含色彩、饱和度和灰度级。

[0155] 处理器21可包含用以控制显示装置40的操作的微控制器、CPU或逻辑单元。在一些实施方案中,处理器21可经配置以执行本文中所描述的至少一些方法(例如,方法1050和/或方法1200)。调节硬件52可包含用于将信号发射到扬声器45及用于从麦克风46接收信号的放大器和滤波器。调节硬件52可为显示装置40内的离散组件或可并入处理器21或其它组件内。

[0156] 驱动器控制器29可直接从处理器21或从帧缓冲器28取得由处理器21产生的原始图像数据且可适当地重新格式化原始图像数据以使其高速传输到阵列驱动器22。在一些实施方案中,驱动器控制器29可将原始图像数据重新格式化为具有类光栅格式的数据流,使得其具有适于跨显示阵列30扫描的时序。接着,驱动器控制器29将经格式化的信息发送到阵列驱动器22。尽管驱动器控制器29(例如LCD控制器)通常作为独立集成电路(IC)而与系统处理器21相关联,但此些控制器可以许多方式实施。例如,控制器可作为硬件嵌入于处理器21中、作为软件嵌入于处理器21中或与阵列驱动器22完全集成于硬件中。

[0157] 在一些实施方案中,驱动器控制器29可经配置以控制显示器30以补偿所确定的照明角度和/或观看角度。例如,处理器21可确定照明角度和/或观看角度且可将对应数据提供到驱动器控制器29。驱动器控制器29或处理器可经配置以改变显示器30的一或多个IMOD的吸收体堆叠与反射堆叠之间的间隙高度,以便补偿所确定的照明角度和/或观看角度。驱动器控制器29或处理器可通过改变电压(将以所述电压驱动IMOD)而改变所述间隙高度。

[0158] 阵列驱动器22可从驱动器控制器29接收经格式化的信息且可将视频数据重新格式化为平行波形集合,波形每秒多次地施加到来自显示器的x-y像素矩阵的数百和有时数千个(或更多)引线。

[0159] 在一些实施方案中,驱动器控制器29、阵列驱动器22和显示阵列30适合本文中描

述的任何类型的显示器。例如,驱动器控制器29可为常规显示控制器或双稳态显示控制器(例如IMOD控制器)。此外,阵列驱动器22可为常规驱动器或双稳态显示驱动器(例如IMOD显示驱动器)。此外,显示阵列30可为常规显示阵列或双稳态显示阵列(例如包含IMOD阵列的显示器)。在一些实施方案中,驱动器控制器29可与阵列驱动器22集成。此实施方案在高度集成系统(例如,移动电话、便携式电子装置、手表或小面积显示器)中可为有用的。

[0160] 在一些实施方案中,输入装置48可经配置以允许(例如)用户控制显示装置40的操作。输入装置48可包含小键盘(例如QWERTY键盘或电话小键盘)、按钮、开关、游戏杆、触敏屏幕、与显示阵列30集成的触敏屏幕,或压敏膜或热敏膜。麦克风46可配置为显示装置40的输入装置。在一些实施方案中,穿过麦克风46的语音命令可用于控制显示装置40的操作。

[0161] 电力供应器50可包含多种能量存储装置。例如,电力供应器50可为可充电电池,例如镍镉电池或锂离子电池。在使用可充电电池的实施方案中,可使用来自(例如)壁式插座或光伏装置或阵列的电力对所述可充电电池充电。或者,所述可充电电池为可无线地充电的。电力供应器50还可为可再生能源、电容器或太阳能电池(包含塑料太阳能电池或太阳能电池涂料)。电力供应器50还可经配置以从壁式插座接收电力。

[0162] 在一些实施方案中,控制可编程性驻留在可定位于电子显示系统中的若干位置中的驱动器控制器29中。在一些其它实施方案中,控制可编程性驻留在阵列驱动器22中。可在任何数目个硬件和/或软件组件和各种配置中实施上述优化。

[0163] 可将结合本文中所揭示的实施方案而描述的各种说明性逻辑、逻辑块、模块、电路和算法步骤实施为电子硬件、计算机软件或两者的组合。硬件与软件的此互换性已大致关于其功能性而描述,且在上文所描述的各种说明性组件、块、模块、电路及步骤中进行说明。所述功能性是实施为硬件还是软件取决于特定应用及强加于整个系统的设计约束。

[0164] 可用通用单芯片或多芯片处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其它可编程逻辑装置、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件,或其经设计以执行本文所描述的功能的任何组合来实施或执行用于实施结合本文中所揭示的方面而描述的各种说明性逻辑、逻辑块、模块和电路的硬件和数据处理设备。通用处理器可为微处理器,或任何常规的处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器还可实施为计算装置的组合,例如,DSP与微处理器的组合、多个微处理器的组合、一或多个微处理器与DSP核心的联合,或任何其它此配置。在一些实施方案中,可由专用于给定功能的电路来执行特定步骤及方法。

[0165] 在一或多个方面中,可以硬件、数字电子电路、计算机软件、固件(包含本说明书中所揭示的结构及其结构等效物)或以其任何组合来实施所描述的功能。本说明书中所述的标的物的实施方案还可实施为一或多个计算机程序(即,计算机程序指令的一或多个模块),其在计算机存储媒体上被编码以由数据处理设备执行或用以控制数据处理设备的操作。

[0166] 如果在软件中实施,则功能可作为一或多个指令或代码存储于计算机可读媒体上或经由所述计算机可读媒体进行传输。本文中揭示的方法或算法的步骤可实施于可驻留在计算机可读媒体上的处理器可执行软件模块中。计算机可读媒体包含计算机存储媒体和通信媒体两者,通信媒体包含可经启用以将计算机程序从一个位置传送到另一位置的任何媒体。存储媒体可为可通过计算机存取的任何可用媒体。例如(且不限于),此计算机可读媒体

可包含RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储器、磁盘存储器或其它磁性存储装置,或可用以存储呈指令或数据结构形式的所要程序代码且可由计算机存取的任何其它媒体。而且,任何连接可适当地称为计算机可读媒体。如本文中所使用,磁盘和光盘包含压缩光盘(CD)、激光光盘、光学光盘、数字多功能光盘(DVD)、软盘和蓝光光盘,其中磁盘通常磁性地重现数据,光盘使用激光光学地重现数据。以上各者的组合也可包含于计算机可读媒体的范围内。此外,方法或算法的操作可作为代码与指令的一个或任何组合或代码与指令的集合而驻留在机器可读媒体和计算机可读媒体上,所述机器可读媒体和计算机可读媒体可并入到计算机程序产品中。

[0167] 所属领域的技术人员将易于明白本发明中所描述的实施方案的各种修改,且可在不背离本发明的精神或范围的情况下将本文中所界定的一般原理应用于其它实施方案。因此,本发明无意限于本文中所展示的实施方案,而是将赋予本发明与本文中所揭示的此揭示内容、原理和新颖特征相一致的最广范围。词“示范性”在本文中专门用于指“用作实例、例子或图解说明”。在本文中描述为“示范性”的任何实施方案没有必要理解为比其它可能性或实施方案优选或有利。另外,所属领域的技术人员将易于了解,术语“上部”及“下部”有时用以使图式描述简易,且指示与适当定向页上的图式的定向对应的相对位置,且可能不反映如所实施的IMOD的适当定向。

[0168] 在单独实施方案的背景下描述于本说明书中的某些特征还可组合地实施于单一实施方案中。相反,还可在多个实施方案中单独地或以任何适合子组合实施在单一实施方案的背景下所描述的各种特征。再者,虽然特征可在上文中被描述为以某些组合作用且甚至最初被如此主张,但在一些情况下,可从所述组合删除来自所主张的组合的一或多个特征,且所述所主张的组合可针对子组合或子组合的变化。

[0169] 类似地,虽然图式中以特定次序描绘操作,但所属领域的技术人员将容易认识到,不需要以所展示的特定次序或以连续次序执行此类操作或不需要执行全部所说明的操作以实现合意的结果。此外,图式可以流程图的形式示意性地描绘一个以上实例过程。然而,未描绘的其它操作可并入于示意性地说明的实例过程中。举例来说,可在所说明的操作中的任一者之前、之后、同时地或在其之间执行一或多个额外的操作。在某些状况中,多任务处理及并行处理可为有利的。再者,上述实施方案中的各种系统组件的分离不应被理解为全部实施方案中需要此分离,且应了解,所描述的程序组件及系统可一般一起集成在单一软件产品中或封装到多个软件产品中。另外,其它实施方案在所附权利要求书的范围内。在一些情况下,权利要求书中所叙述的动作可以不同次序执行且仍实现合意的结果。

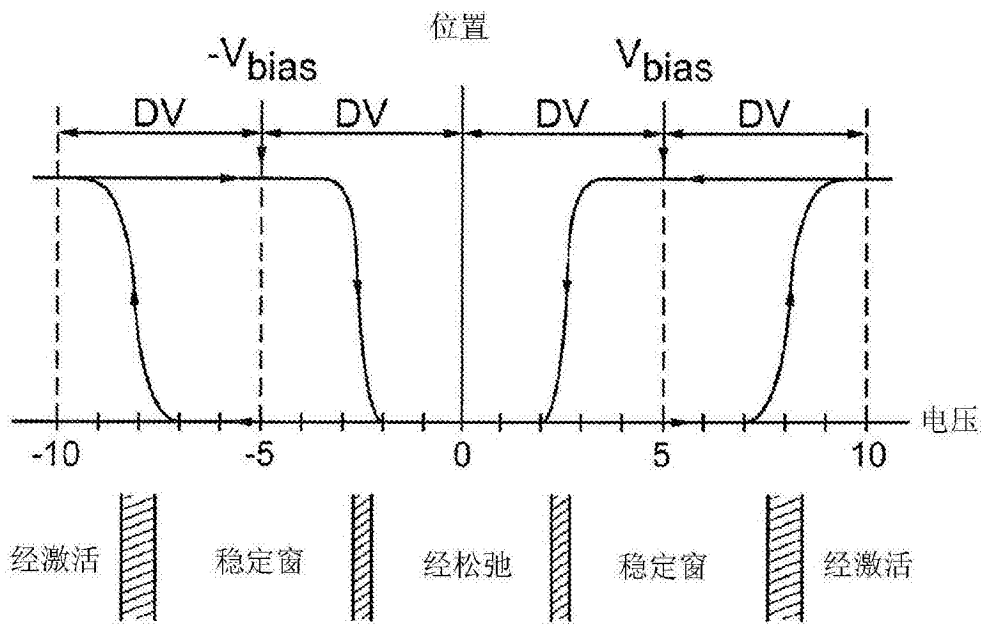


图3

共同电压						
		VC_{ADD_H}	VC_{HOLD_H}	VC_{REL}	VC_{HOLD_L}	VC_{ADD_L}
片段电压	VS_H	稳定	稳定	松弛	稳定	激活
	VS_L	激活	稳定	松弛	稳定	稳定

图4

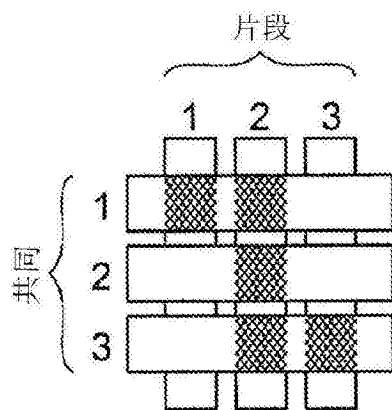


图5A

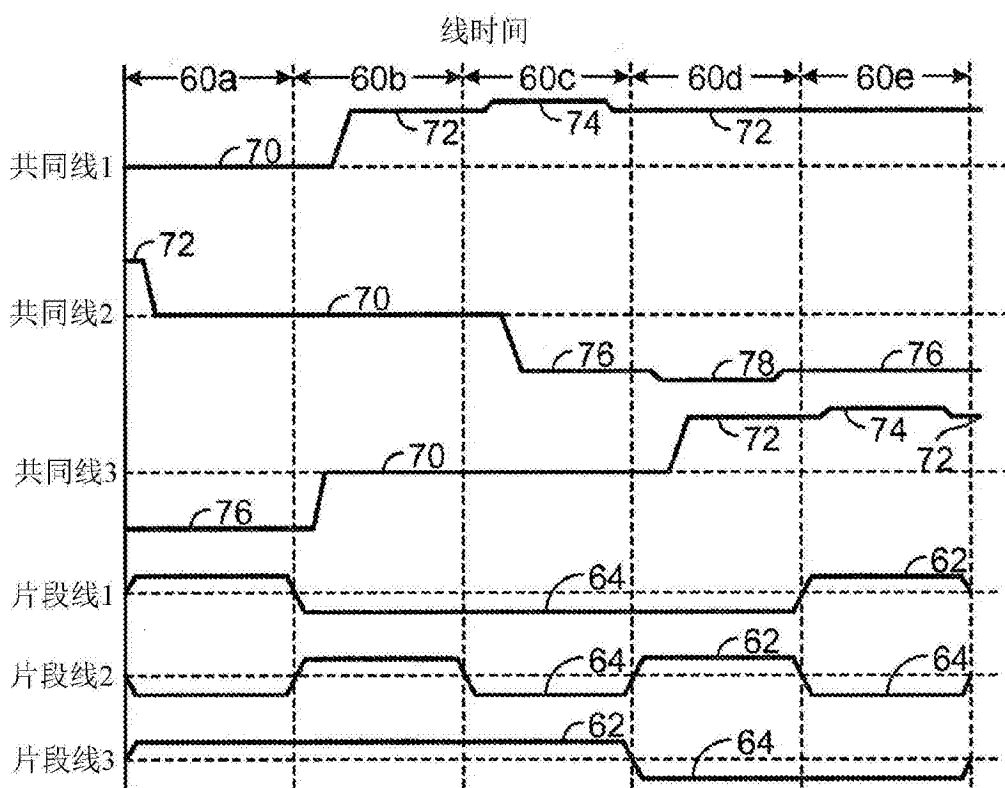


图5B

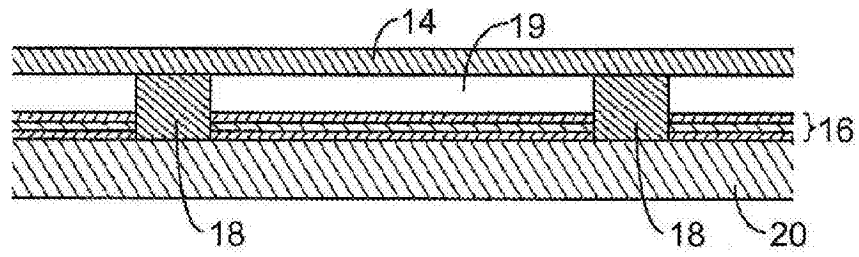


图6A

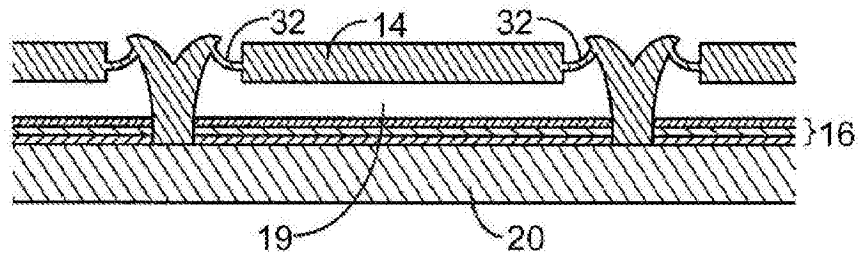


图6B

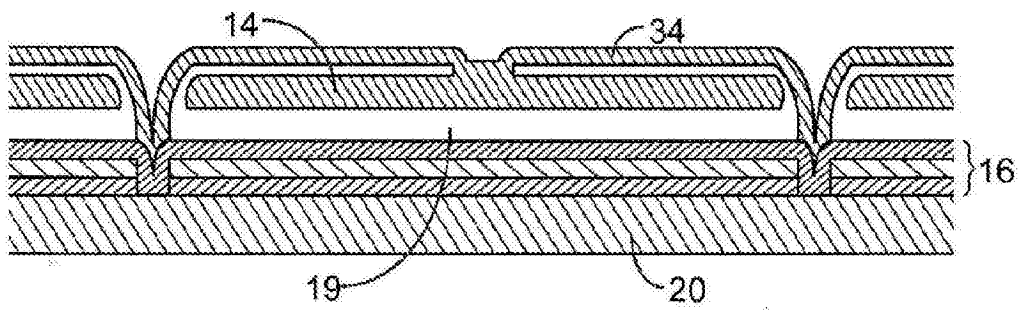


图6C

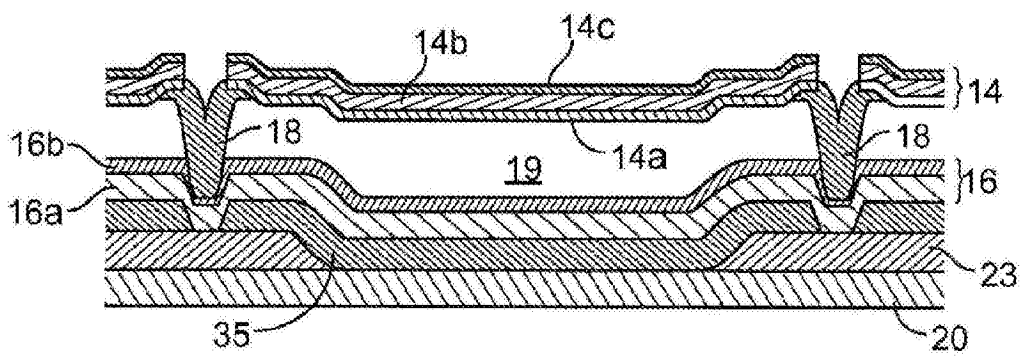


图6D

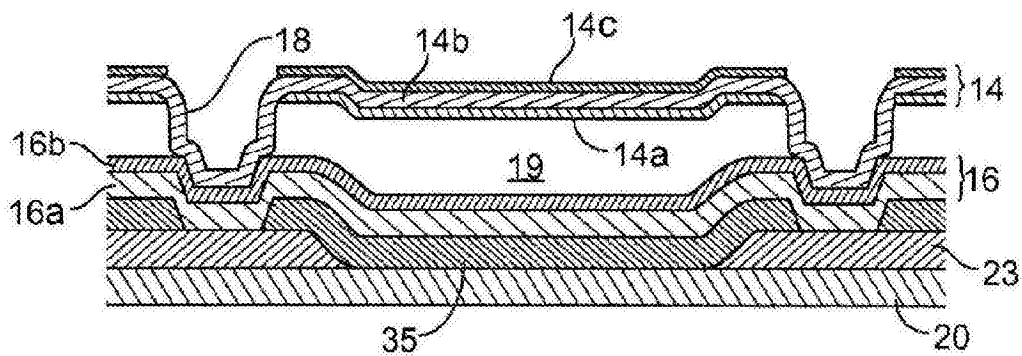


图6E

80

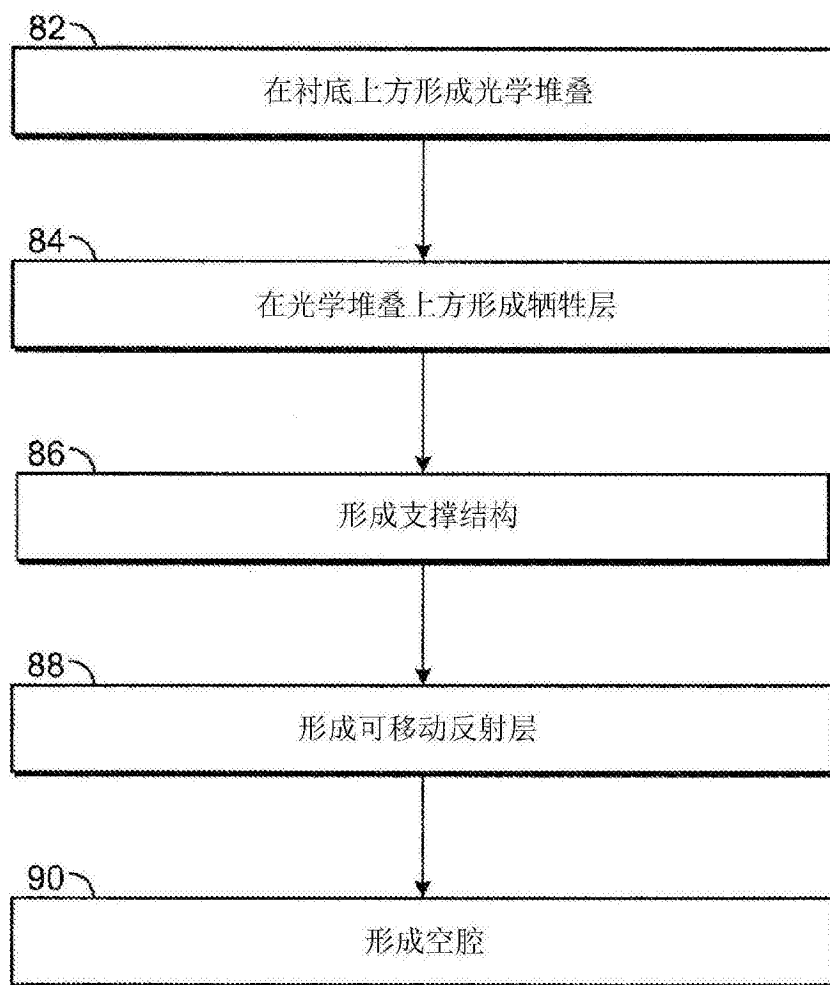


图7

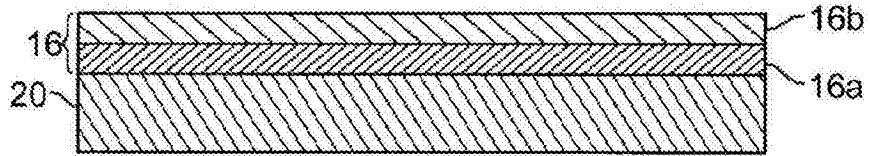


图8A

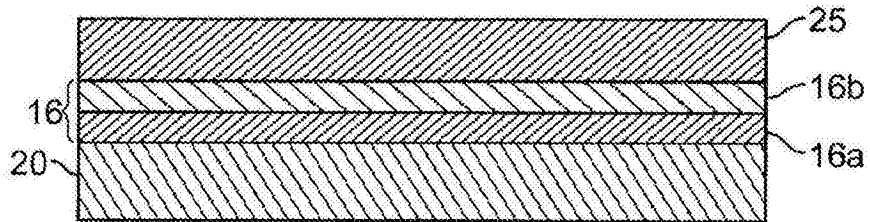


图8B

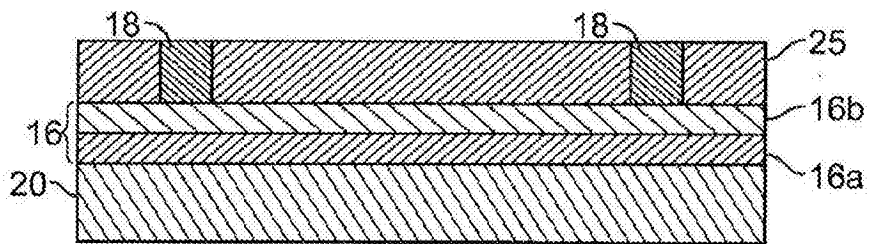


图8C

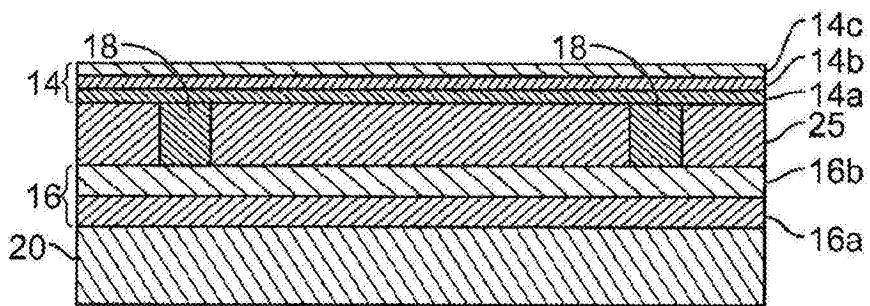


图8D

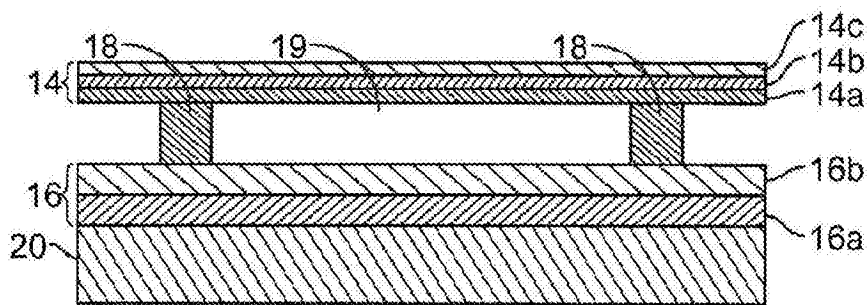


图8E

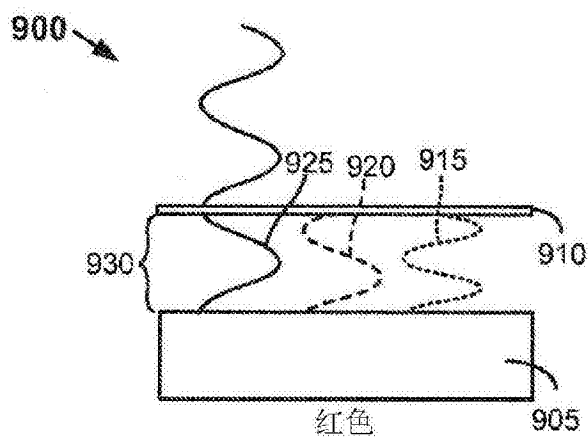


图9A

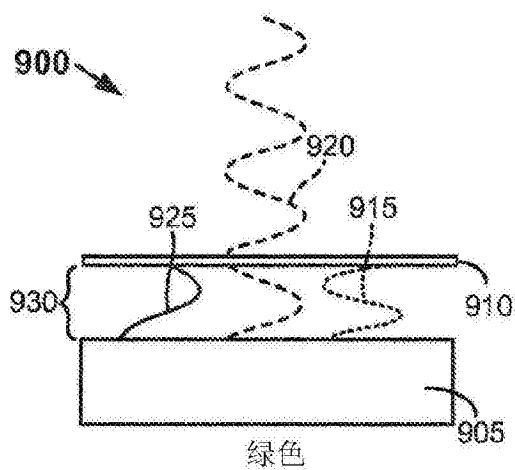


图9B

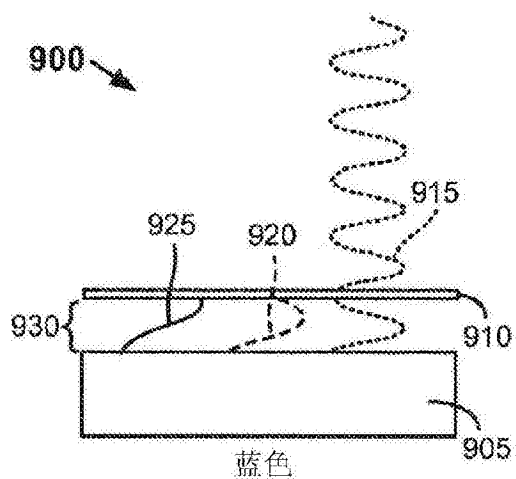


图9C

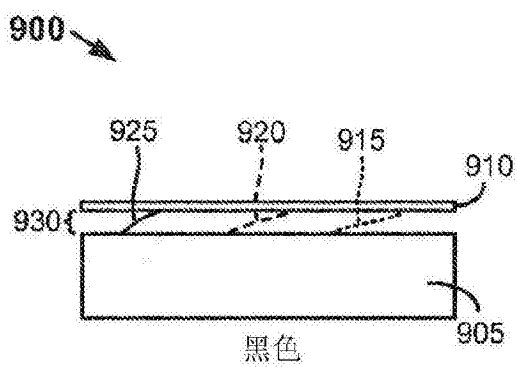


图9D

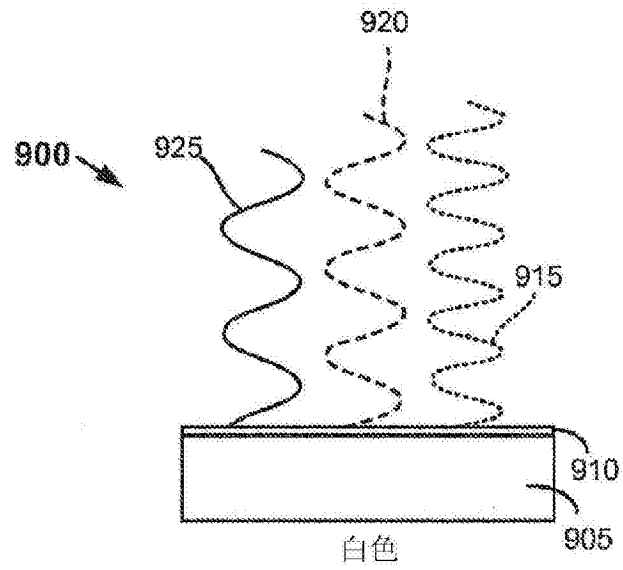


图9E

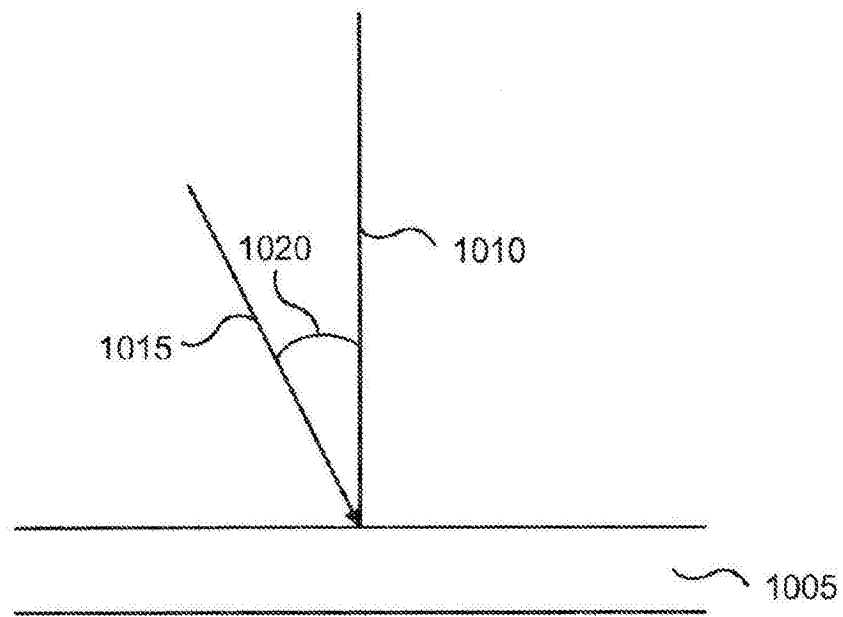


图10A

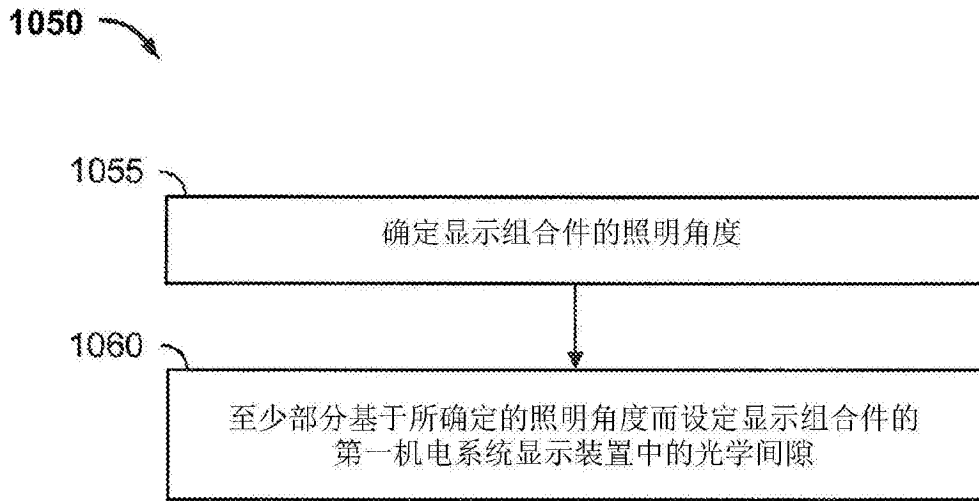


图10B

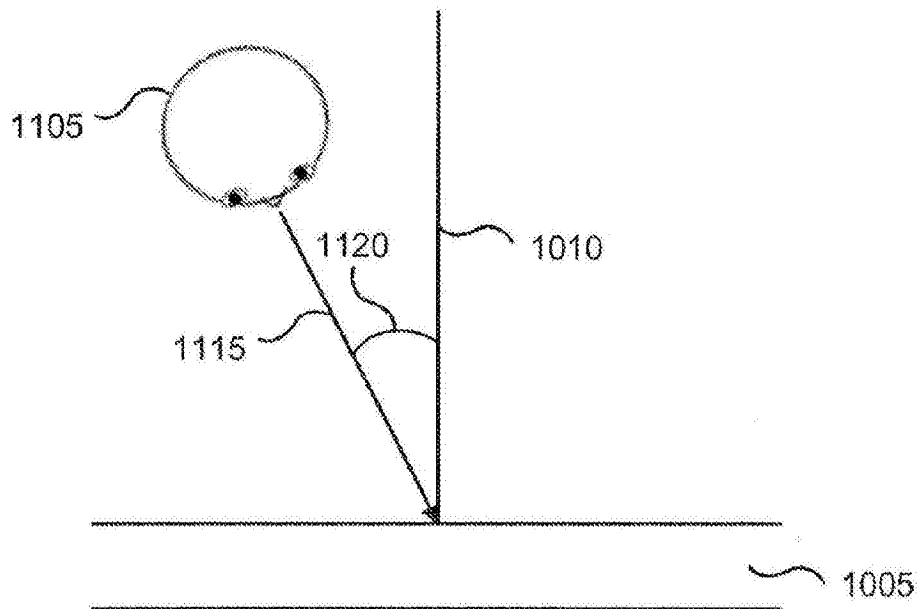


图11

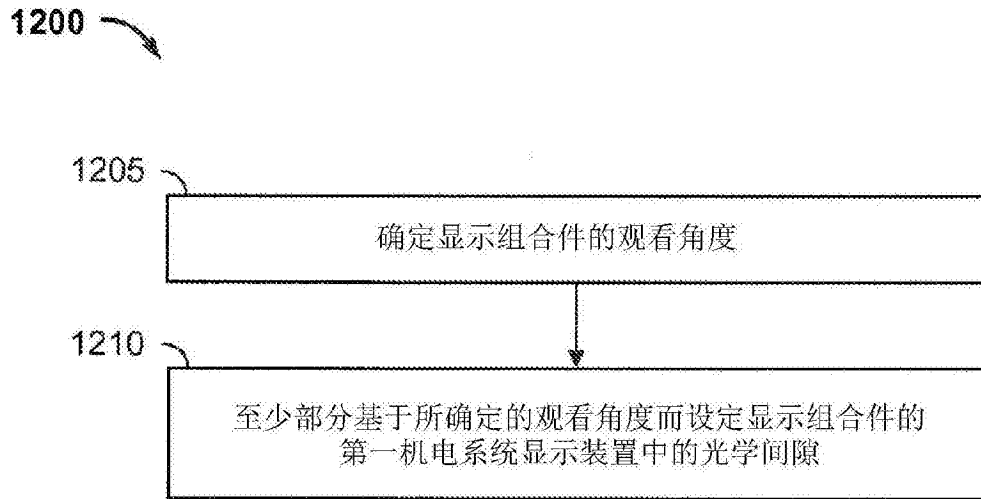


图12

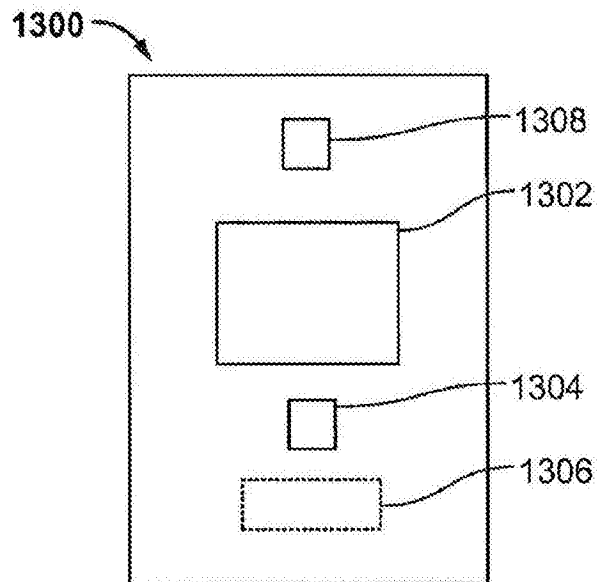


图13

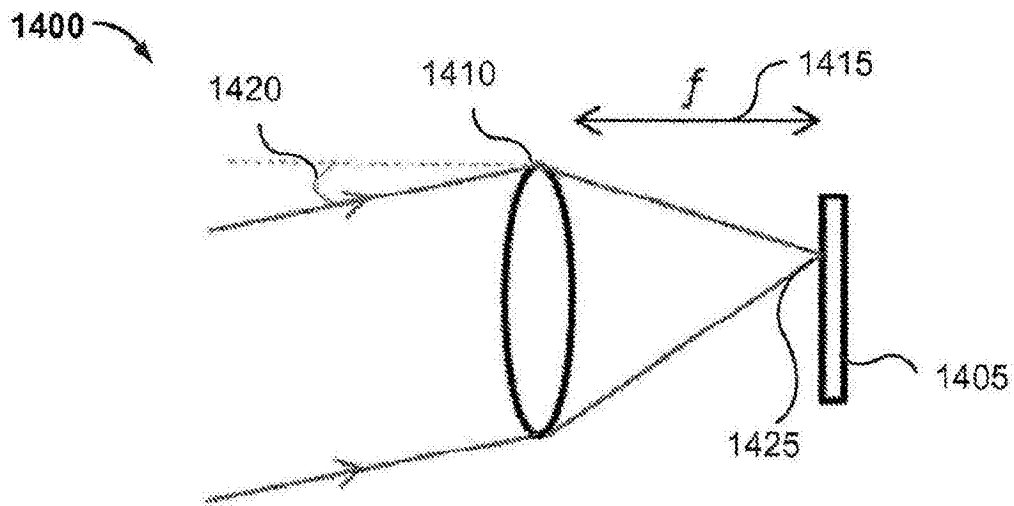


图14A

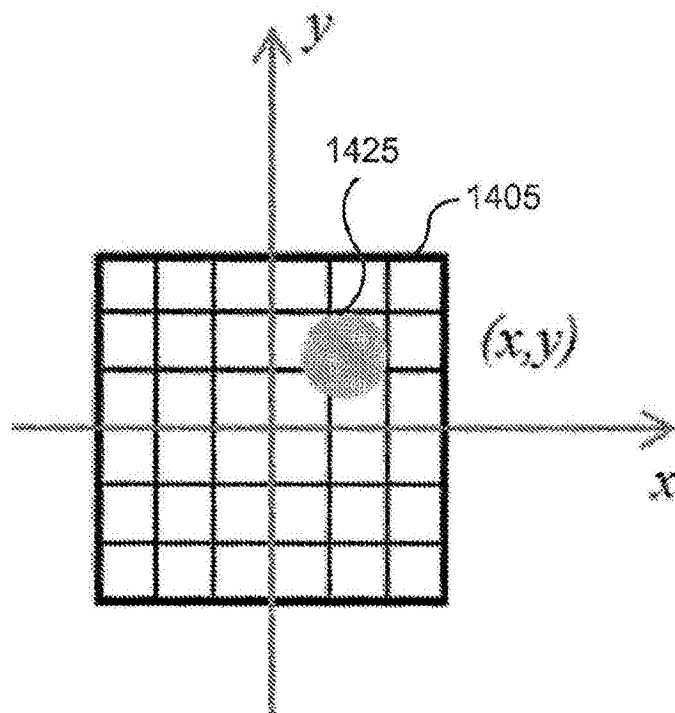


图14B

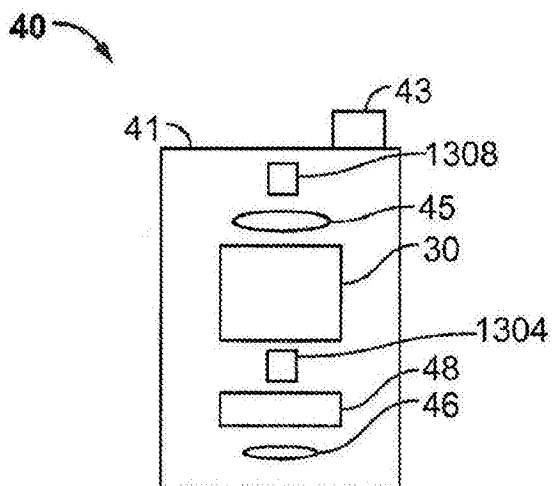


图15A

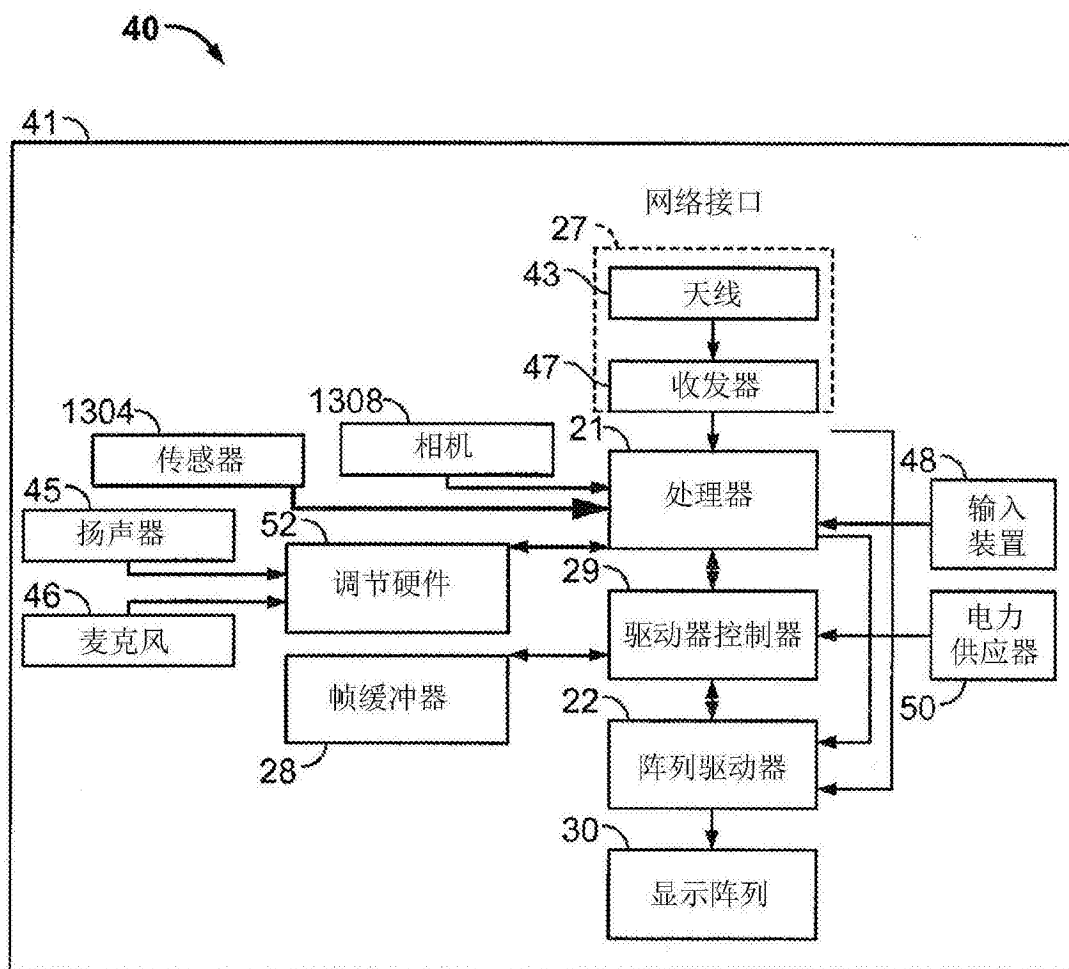


图15B