



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103119639 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 22

(21) 申请号 201180044783. 8

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有
限责任公司 11287

(22) 申请日 2011. 08. 15

代理人 吴晓辉

(30) 优先权数据

61/374, 539 2010. 08. 17 US

(51) Int. Cl.

G09G 3/34 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 03. 18

G02B 26/00 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/047783 2011. 08. 15

(87) PCT申请的公布数据

W02012/024235 EN 2012. 02. 23

(71) 申请人 高通 MEMS 科技公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 约翰·H·洪 重·U·李

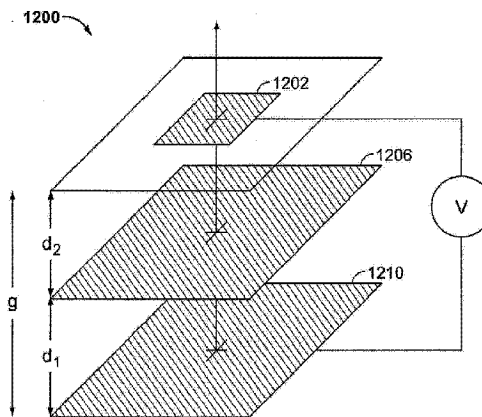
权利要求书3页 说明书35页 附图25页

(54) 发明名称

对于干涉式显示装置中的电荷中性电极的激活和校准

(57) 摘要

本发明提供用于激活干涉式装置中的可移动电极、对所述可移动电极进行充电以及校准所述可移动电极上的电荷的系统、方法和装置。所述干涉式装置 (1000) 可包括第一电极 (1002)、与所述第一电极间隔开一间隙的第二电极 (1010)、至少一个电触点 (2132), 和安置于所述第一电极与所述第二电极之间的电中性可移动第三电极 (1006)。可通过跨越所述第一电极和所述第二电极施加充电激活电压以在所述间隙中产生电场来对所述第三电极进行充电。在所述电场下, 所述电中性第三电极 (1006) 可朝向所述第一电极从第一位置移动到第二位置, 所述第三电极在所述第二位置处与所述电触点 (2132) 连接。一旦与所述电触点接触, 在所述第三电极处于所述第二位置中时便可改变所述第三电极上的电荷。当所述第三电极上的机械恢复力超过所述第三电极上的所述电场的力时, 所述第三电极移动到第三位置。



1. 一种用于调制光的装置,其包含:

显示元件,其包括

第一电极;

第二电极,其与所述第一电极间隔开一间隙;

可移动第三电极,其安置于所述第一电极与所述第二电极之间;以及

至少一个电触点,其中

所述第一电极和所述第二电极经配置以在跨越所述第一电极和所述第二电极施加电压时在所述第一电极与所述第二电极之间产生电场,所述电场能够在所述可移动第三电极被电隔离且是电荷中性时使所述可移动第三电极移动,

所述第三电极经配置以在所述间隙内在被电隔离的第一位置、被电连接的第二位置和被电隔离的第三位置之间移动,且

所述第三电极在所述被电连接的第二位置处与所述至少一个电触点电连通,且所述电触点经配置以在所述第三电极处于所述被电连接的第二位置中时改变所述第三电极上的电荷,且其中所述第三电极经配置以在所述第三电极上的所述电荷已改变之后移动到所述第三位置。

2. 根据权利要求1所述的装置,其进一步包含经配置以跨越所述第一电极和所述第二电极施加电压以用于产生所述电场的控制电路。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中所述电场是非均匀的。

4. 根据权利要求3所述的装置,其中所述第二电极具有比所述第一电极大的表面积。

5. 根据权利要求4所述的装置,其中所述第三电极具有小于或约等于所述第二电极的所述表面积的表面积。

6. 根据权利要求1所述的装置,其中所述至少一个电触点包括安置于所述第一电极上的一个或一个以上导电柱。

7. 根据权利要求6所述的装置,其中所述一个或一个以上导电柱与所述第一电极电隔离。

8. 根据权利要求7所述的装置,其中电阻性组件连接所述一个或一个以上导电柱,所述电阻性组件经配置以减小穿过所述一个或一个以上导电柱的电流。

9. 根据权利要求1所述的装置,其中所述显示元件经配置以在所述第三电极与所述至少一个电触点接触时耗散所述第三电极上的负电荷。

10. 根据权利要求9所述的装置,其中所述第三电极连接到一个或一个以上弹簧,所述一个或一个以上弹簧在所述第三电极处于所述第二位置中时将机械恢复力施加到所述第三电极,作用于所述第三电极的所述恢复力使所述第三电极移动远离所述至少一个电触点,且其中所述第三电极经配置以保持与所述至少一个电触点接触,直到所述机械恢复力大于由所述电场施加到中间电极的电力为止。

11. 根据权利要求1所述的装置,其中所述显示元件进一步包含相对于所述第一电极横向地对准的互补电极,且所述至少一个电触点包括安置于所述互补电极上且电连接到所述互补电极的一个或一个以上导电柱。

12. 根据权利要求11所述的装置,其中所述互补电极连接到一个或一个以上开关,从而允许所述互补电极与所述第一电极电隔离或电连接到所述第一电极。

13. 根据权利要求 12 所述的装置,其中所述互补电极经配置以使得当连接到电接地时,所述互补电极经由经配置以减小穿过所述一个或一个以上导电柱的电流的电阻性组件而连接到电接地。

14. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述第三电极包括金属反射器。

15. 根据权利要求 1 所述的装置,其进一步包含:

显示器,其包括多个所述显示元件;

处理器,其经配置以与所述显示器通信,所述处理器经配置以处理图像数据;以及存储器装置,其经配置以与所述处理器通信。

16. 根据权利要求 15 所述的装置,其进一步包含:

驱动器电路,其经配置以将至少一个信号发送到所述显示器。

17. 根据权利要求 16 所述的装置,其进一步包含:

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。

18. 根据权利要求 15 所述的装置,其进一步包含:

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。

19. 根据权利要求 18 所述的装置,其中所述图像源模块包括接收器、收发器和发射器中的至少一者。

20. 根据权利要求 15 所述的装置,其进一步包含:

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。

21. 一种用于调制光的装置,其包含:

显示元件,其包含

用于产生非均匀电场的装置;

可移动电极,其安置于第一电极与第二电极之间,从而在所述第一电极与所述第二电极之间形成一间隙,所述可移动电极经配置以在所述间隙内在被电隔离的第一位置、第二位置和被电隔离的第三位置之间移动;以及

用于在所述可移动电极处于所述第二位置中时改变所述可移动电极上的电荷的装置。

22. 根据权利要求 21 所述的装置,其中所述用于产生非均匀电场的装置包括所述第一电极和所述第二电极,所述第一电极和所述第二电极具有不同的表面积。

23. 根据权利要求 21 所述的装置,其中所述用于产生非均匀电场的装置包括所述第一电极和所述第二电极,所述第一电极和所述第二电极具有不同的形状。

24. 根据权利要求 21 所述的装置,其中所述用于改变电荷的装置包括至少一个电触点。

25. 一种激活用于调制光的装置的方法,其包含:

跨越第一电极和第二电极施加充电激活电压以在所述第一电极与第二电极之间的间隙中产生电场,以便使定位于所述间隙中的被电隔离的电荷中性第三电极朝向所述第一电极从第一位置移动到第二位置;

在所述第三电极处于所述第二位置中时电连接所述第三电极与电触点;以及

在所述第三电极处于所述第二位置中时改变所述第三电极上的电荷,直到所述第三电极上的机械恢复力超过所述第三电极上的所述电场的电力为止。

26. 根据权利要求 25 所述的方法,其中所述电场是非均匀的。

27. 根据权利要求 25 所述的方法,其进一步包含随后在所述第三电极与所述电触点电连接之后的时间施加校准电压。

28. 根据权利要求 25 所述的方法,其中所述电触点包括安置于所述第一电极上的一个或一个以上导电柱,且其中改变所述第三电极上的所述电荷包括在所述第三电极处于所述第二位置中时经由所述一个或一个以上导电柱耗散所述第三电极上的电荷。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,其进一步包含使用将所述一个或一个以上导电柱连接到接地的电阻器减慢耗散所述第三电极上的电荷的速率。

30. 根据权利要求 25 所述的方法,其进一步包含跨越所述第一电极和所述第二电极施加电压以使所述第三电极移动到所述间隙中的一位置,所述位置对应于所述光调制装置的反射色彩。

对干涉式显示装置中的电荷中性电极的激活和校准

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本发明主张 2010 年 8 月 17 日申请的题为“对电荷中性电极的静电激活和校准 (ELECTROSTATIC ACTUATION AND CALIBRATION OF CHARGE NEUTRAL ELECTRODE)”的第 61/374, 539 号美国临时专利申请案的优先权, 且所述申请案转让给本发明的受让人。先前申请案的揭示内容被视为本发明的部分且以引用方式并入本发明中。

技术领域

[0003] 本发明涉及机电系统中的电极的激活。

背景技术

[0004] 机电系统 (EMS) 包括具有电元件和机械元件、激活器、换能器、传感器、光学组件 (例如, 镜面) 和电子设备的装置。可以多种尺度来制造机电系统, 所述多种尺度包括 (但不限于) 微尺度和纳米尺度。举例来说, 微机电系统 (MEMS) 装置可包括如下结构: 具有在从约一微米到数百微米或数百微米以上的范围内的大小。纳米机电系统 (NEMS) 装置可包括如下结构: 具有小于一微米的大小 (包括 (例如) 小于几百纳米的大小)。可使用沉积、蚀刻、光刻, 和 / 或蚀刻掉衬底和 / 或所沉积材料层的多个部分或添加层以形成电装置和机电装置的其它微机械加工工艺来产生机电元件。

[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 so 使用, 术语“干涉式调制器”或“干涉式光调制器”指代使用光学干涉的原理选择性地吸收和 / 或反射光的装置。在一些实施方案中, 干涉式调制器可包括一对导电板, 所述对导电板中的一者或两者可整体或部分为透明的和 / 或反射的, 且能够在施加适当电信号后即刻进行相对运动。在一实施方案中, 一个板可包括沉积于衬底上的固定层, 且另一板可包括通过气隙与所述固定层分离的反射薄膜。一个板相对于另一板的位置可改变入射于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范围的应用, 且被预期用于改进现存产品且创造新的产品, 尤其是具有显示能力的产品。

[0006] 一些干涉式调制器包括具有两个状态: 松弛状态和激活状态的双稳态显示元件。与之相比, 模拟干涉式调制器可反射一范围的色彩。举例来说, 在模拟干涉式调制器的一个实施方案中, 单一干涉式调制器可反射红色、绿色、蓝色、黑色和白色。在一些实施方案中, 模拟调制器可反射在给定波长范围内的任何色彩。

发明内容

[0007] 本发明的系统、方法和装置各自具有若干创新方面, 其中无单一者仅负责本文中所揭示的合意的属性。

[0008] 本发明中所描述的标的物的一个创新方面可在包括显示元件的用于调制光的装置中实施。所述显示元件包括第一电极和与所述第一电极间隔开一间隙的第二电极。所述显示元件还包括安置于所述第一电极与所述第二电极之间的可移动第三电极和至少一个

电触点。所述第一电极和所述第二电极经配置以在跨越所述第一电极和所述第二电极施加一电压时在所述两个电极之间产生电场,所述电场能够在所述可移动第三电极被电隔离且是电荷中性时使所述可移动第三电极移动。所述第三电极经配置以在所述间隙内在被电隔离的第一位置、被电连接的所述第二位置和被电隔离的第三位置之间移动。所述第三电极在所述被电连接的所述第二位置处与所述至少一个电触点电连通。所述电触点经配置以在所述第三电极处于所述被电连接的所述第二位置中时改变所述第三电极上的电荷。所述第三电极还经配置以在所述第三电极上的所述电荷已改变之后移动到所述第三位置。

[0009] 另一实施方案为包括显示元件的用于调制光的装置。所述装置包括用于产生非均匀电场的装置。所述装置还包括安置于第一电极与第二电极之间、在所述两个电极之间形成一间隙的可移动电极,所述可移动电极经配置以在所述间隙内在被电隔离的第一位置、第二位置和被电隔离的第三位置之间移动。所述装置还包括用于在所述可移动电极处于所述第二位置中时改变所述可移动电极上的电荷的装置。

[0010] 又一实施方案包括激活用于调制光的装置的方法。所述方法包括跨越第一电极和第二电极施加充电激活电压以在所述第一电极与所述第二电极之间的间隙中产生电场以便使定位于所述间隙中的被电隔离的电荷中性第三电极朝向所述第一电极从第一位置移动到第二位置。所述方法还包括当所述第三电极处于所述第二位置中时电连接所述第三电极与电触点。所述方法进一步包括当所述第三电极处于所述第二位置中时改变所述第三电极上的电荷,直到所述第三电极上的机械恢复力超过所述第三电极上的所述电场的电力。

[0011] 另一实施方案为校准显示器中的模拟干涉式调制器的方法。所述方法包括跨越第一电极和第二电极施加校准电压以在所述第一电极与所述第二电极之间的间隙中产生电场,以使定位于所述间隙中的第三电极朝向所述第一电极从被电隔离的第一位置移动到被电连接的所述第二位置,所述第三电极经受机械恢复力。所述方法进一步包括将所述第三电极电连接到电连接到所述第一电极的一个或一个以上导电柱,以在所述第三电极处于所述第二位置中时改变所述第三电极上的电荷,直到所述第三电极上的机械恢复力超过所述第三电极上的电场力,使得所述第三电极移动到被电隔离的第三位置,所述第三位置离所述第一电极比离所述第二位置更远。在一些实施方案中,所述第一电极包括上部电极和相对于所述上部电极横向地对准的互补电极,且所述方法还包括将所述互补电极电连接到所述上部电极以形成复合电极。接着可跨越所述复合电极和所述第二电极施加所述校准电压。

[0012] 又一实施方案为包括显示元件的用于调制光的装置。所述显示元件包括第一电极和与所述第一电极间隔开一间隙的第二电极,所述第一电极和所述第二电极经配置以在激活程序期间在跨越所述第一电极和所述第二电极施加激活电压时在所述两个电极之间产生非均匀电场。所述显示元件进一步包括相对于所述第一电极横向地对准的互补电极,所述互补电极经配置以在所述激活程序期间与所述第一电极电隔离且在一校准程序期间电连接到所述第一电极以形成复合电极,所述复合电极和所述第二电极经配置以在所述校准程序期间在跨越所述复合电极和所述第二电极施加校准电压时在所述两个电极之间产生均匀电场。所述显示元件还包括安置于所述互补电极上的至少一个电触点和安置于所述第一电极与所述第二电极之间的可移动第三电极,所述第三电极经配置以在所述间隙内在被电隔离的第一位置、与所述至少一个电触点电连通的所述第二位置和被电隔离的第三位置之间移动。所述电触点经配置以在所述第三电极处于所述第二位置中时改变所述第三电极上的

电荷,且所述第三电极经配置以在所述第三电极上的所述电荷已改变之后移动到所述第三位置。

[0013] 再一实施方案包括包括显示元件的用于调制光的装置。所述显示元件包括用于产生非均匀电场的装置和用于产生均匀电场的装置。所述显示元件进一步包括安置于第一电极与第二电极之间、在所述两个电极之间形成一间隙的可移动电极,所述可移动电极经配置以在所述间隙内在被电隔离的第一位置、第二位置和被电隔离的第三位置之间移动。所述显示元件还包括用于在所述可移动电极处于所述第二位置中时改变所述可移动电极上的电荷的装置。在一些实施方案中,所述用于产生非均匀电场的装置包括所述第一电极和所述第二电极。所述第一电极和所述第二电极具有不同表面积。在一些实施方案中,所述用于产生均匀电场的装置包括所述第一电极和所述第二电极,其中所述第一电极包括电连接到互补电极的上部电极,所述互补电极相对于所述上部电极横向地对准。

[0014] 在附图和以下描述中阐述本说明书中所描述的标的物的一个或一个以上实施方案的细节。其它特征、方面和优点将从描述、图式和权利要求书变得显而易见。注意,以下各图的相对尺寸可能未按比例绘制。

附图说明

[0015] 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。

[0016] 图 2 展示说明并入有 3×3 干涉式调制器显示器的电子装置的系统方框图的实例。

[0017] 图 3 展示说明图 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。

[0018] 图 4 展示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。

[0019] 图 5A 展示说明图 2 的 3×3 干涉式调制器显示器中的显示数据的帧的图的实例。

[0020] 图 5B 展示可用以写入图 4a 中所说明的显示数据的帧的共同信号和片段信号的时序图的实例。

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] 图 7 展示说明干涉式调制器的制造工艺的流程图的实例。

[0024] 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说明的实例。

[0025] 图 9 展示说明用于激活和校准模拟干涉式调制器的电荷中性电极的一种方法的流程图的实例。

[0026] 图 10 展示具有三层或电极设计的干涉式调制器的横截面的实例。

[0027] 图 11A 展示具有控制电路的另一模拟干涉式调制器的横截面的实例。

[0028] 图 11B 展示用以将电荷置于干涉式调制器的电极上的电荷泵电路的示意图的实例。

[0029] 图 12 展示包括可在两个带电电极之间移动的中间电极的模拟干涉式调制器的透视图的实例。

- [0030] 图 13 展示图 12 中所示的模拟干涉式调制器的等效电路的实例。
- [0031] 图 14 展示说明作用于图 12 的模拟干涉式调制器的中间电极的净向上电力如何随上部电极与中间电极之间的距离变化的图表的实例。
- [0032] 图 15A 展示包括可在两个带电电极之间移动的中间电极的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0033] 图 15B 展示复合电极已形成之后的图 15A 的模拟干涉式调制器的实例。
- [0034] 图 16 展示将图 15A 中所示的模拟干涉式调制器配置表征为等效电路的示意图的实例。
- [0035] 图 17 展示说明作用于图 12 和 15A 的模拟干涉式调制器中的中间电极的净向上力的量值的图表的实例。
- [0036] 图 18 展示图 15A 中所示的互补电极和上部电极的平面图的实例。
- [0037] 图 19 展示另一电极配置的平面图的实例。
- [0038] 图 20 展示又一电极配置的平面图的实例。
- [0039] 图 21 展示包括可在两个带电电极之间移动的中间电极的又一模拟干涉式调制器的横截面的实例。
- [0040] 图 22 展示说明用于将电荷提供到 21 的模拟干涉式调制器的中间电极上的一种方法的流程图的实例。
- [0041] 图 23 展示图 21 的模拟干涉式调制器的横截面的实例,其说明处于第二位置中的中间电极。
- [0042] 图 24 展示包括可在两个带电电极之间移动的中间电极的再一模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0043] 图 25 展示说明处于第二位置中的中间电极的图 24 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0044] 图 26 展示包括可校准的中间电极的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0045] 图 27 展示说明处于第一位置中的中间电极的图 26 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0046] 图 28 展示中间电极朝向第二位置激活之后的图 26 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0047] 图 29 展示说明处于第二位置中的中间电极的图 26 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0048] 图 30 展示说明处于第三位置中的中间电极的图 26 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0049] 图 31 展示说明用于校准图 26 的模拟干涉式调制器的中间电极上的电荷的一种方法的流程图的实例。
- [0050] 图 32 展示说明在校准程序期间处于第二位置中的中间电极的图 26 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0051] 图 33 展示说明在校准程序之后处于第三位置中的中间电极的图 26 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。
- [0052] 图 33A 展示具有具经校准电荷的中间电极的模拟干涉式调制器的横截面示意图

的实例,所述经校准电荷与支撑中间电极的弹簧的刚度有关。

[0053] 图 34 展示包括可校准的中间电极的又一模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。

[0054] 图 35 展示说明处于第一位置中的中间电极的图 34 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。

[0055] 图 36 展示朝向第二位置激活中间电极之后的图 34 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。

[0056] 图 37 展示说明处于第二位置中的中间电极的图 34 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。

[0057] 图 38 展示说明处于第三位置中的中间电极的图 34 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。

[0058] 图 39 展示说明校准图 34 的模拟干涉式调制器的中间电极上的电荷的方法的流程图实例。

[0059] 图 40 展示说明在校准程序期间处于第二位置中的中间电极的图 34 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。

[0060] 图 41 展示说明在校准程序之后处于第三位置中的中间电极的图 34 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。

[0061] 图 42A 和 42B 展示说明包括多个干涉式调制器的显示装置的系统方框图的实例。

[0062] 各个图式中的相同参考数字和标号指示相同元件。

具体实施方式

[0063] 出于描述创新方面的目的,以下详细描述是针对某些实施方案。然而,可以众多不同方式应用本文中的教导。可在经配置以显示图像(不管处于运动中(例如,视频)还是固定的(例如,静态图像),且不管是文字、图形还是图像)的任何装置中实施所描述的实施方案。更特定来说,预期所述实施方案可在多种电子装置和多种机电系统装置中实施或与多种电子装置和多种机电系统装置相关联,所述电子装置例如为(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、蓝牙装置、个人数据助理(PDA)、无线电子邮件接收器、手持型或便携式计算机、上网本、笔记本电脑、智能本(smartbook)、平板电脑、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、摄像机、游戏控制台、腕表、时钟、计算器、电视监视器、平板显示器、电子读取装置(电子阅读器)、计算机监视器、汽车显示器(例如,里程表显示器等)、驾驶舱控制和/或显示器、相机取景显示器(例如,车辆中的后视相机的显示器)、电子照片、电子广告牌或标志、投影仪、建筑结构、微波、冰箱、立体声系统、磁带录音机或播放器、DVD播放器、CD播放器、VCR、无线电、便携式存储器芯片、洗衣机、烘干机、洗衣机/烘干机、停车定时器、封装(例如,机电系统(EMS)、MEMS和非MEMS应用)、美学结构(例如,一件珠宝上的图像的显示)。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、加速计、陀螺仪、运动感测装置、磁力计、消费型电子设备的惯性组件、消费型电子产品的部分、可变电抗器、液晶装置、电泳装置、驱动方案、制造工艺、以及电子测试设备。因此,所述教导无意限于仅在各图中所描绘的实施方案,而是具有广泛适用性,所属领域的

技术人员将容易明白。

[0064] 本文中描述用以激活模拟干涉式调制器中的可移动电极、对所述可移动电极充电以及校准所述可移动电极的方法和装置。举例来说,提供各种方法和装置以激活安置于两个带电电极之间的间隙中的电荷中性的被电隔离电极(“中间电极”),使得电荷中性电极经激活且朝向所述带电电极中的一者移动。在一个实施方案中,至少两个带电电极经配置以在所述至少两个带电电极之间产生电场,所述电场能够在跨越所述带电电极施加电压 V 时使被电隔离的电荷中性中间电极移动。在这些实施方案中,可存在具有不同尺寸和/或表面积的至少两个带电电极。中间电极可安置于此些电极之间。在另一实施方案中,通过在具有不同表面积的带电电极之间施加电场来激活电荷中性的被电隔离中间电极,其中互补电极相对于所述带电电极中的一者横向地对准。

[0065] 本文中描述用以将电荷提供到模拟干涉式调制器中的可移动电极上的方法和装置。举例来说,各种方法和装置可在电荷中性的被电隔离中间电极已被激活或朝向带电电极移动之后将电荷提供到所述电荷中性的被电隔离中间电极。在一个实施方案中,当所述中间电极朝向带电电极移动且与所述带电电极上的导电柱直接接触时,将电荷置于所述中间电极上。所述中间电极显现出净电荷,直到作用于所述中间电极的电力被作用于所述中间电极的相反机械弹簧力克服为止。所述中间电极接着移动远离所述带电电极,从而打破电接触且电隔离已置于所述中间电极上的电荷。在另一实施方案中,当所述中间电极朝向带电电极移动且电接触相对于所述带电电极横向地对准的互补电极上的导电柱时,以感应方式对所述中间电极进行充电,其中所述互补电极与所述带电电极电隔离且连接到电接地。

[0066] 本文中描述用以校准提供到模拟干涉式调制器中的可移动电极的电荷的方法和装置。在一个使用“开关”配置的实施方案中,闭合一个或一个以上开关以电连接互补电极和带电电极以形成复合电极。在所述复合电极与所述相对带电电极之间施加校准电压,从而使带电中间电极朝向所述复合电极移动且通过(例如)电接触所述复合电极上的至少一个导电结构(例如,导电柱)来改变所述带电电极的电荷。在一个实施方案中,电接触使中间电极上的电荷改变,直到作用于所述中间电极的电力被作用于所述中间电极的相反机械弹簧力克服为止。所述中间电极接着移动远离所述复合电极,从而打破电接触且电隔离保留于所述中间电极上的电荷。在释放后,所述中间电极上的电荷的量与作用于所述中间电极的机械弹簧力有关。固持所述中间电极且提供机械弹簧力的结构可为(例如)各种配置的弹簧或对抗电极的变形的中间电极本身的结构。为揭示清楚起见,提供中间电极上的机械弹簧力的结构在本文中被称为“弹簧”,无论此力是由电极材料本身还是连接到中间电极的结构提供。

[0067] 另一实施方案使用“无开关”配置来校准已置于可移动电极上的电荷。在具有不同表面积的两个带电电极之间施加校准电压。带电中间电极朝向具有较小表面积的带电电极移动且电接触电连接到带电电极的导电柱。电接触使中间电极上的电荷改变,直到作用于所述中间电极的电力被作用于所述中间电极的相反机械弹簧力克服为止。所述中间电极接着移动远离所述带电电极,从而打破电接触且电隔离保留于所述中间电极上的电荷。在释放后,所述中间电极上的电荷的量与固持所述中间电极的弹簧的刚度有关。

[0068] 可实施本发明中所描述的标的物的特定实施方案以实现以下可能优点中的一者

或一者以上。三端子的机电装置（例如，干涉式调制器）可包括安置于两个电极（例如，上部电极和下部电极）之间的间隙中的可移动中间电极。本文中所描述的装置和方法的实施可使具有零净电荷的被电隔离中间电极移动，使得所述中间电极接触所述上部（或下部）电极。所述中间电荷可经由此接触变得带电，从而解决与典型三端子装置相关联的缺点。揭示用以在所述中间电极一旦接触所述上部（或下部）电极便对所述中间电极进行充电的装置和方法。一旦将电荷提供到所述中间电极，所述中间电极可接着从隔离所述电极上的电荷的接触电极释放。可接着校准所述中间电极上的电荷以考虑到作用于所述中间电极的特定机械弹簧力。将（例如）参看图 31 到 33 以及 39 到 41 描述用于校准置于中间电极上的电荷的方法和系统。校准三端子装置的阵列上的具有所要量的电荷的中间电极中的每一者可允许所有所述中间电极在跨越所有所述装置施加相同电压之后即刻向相同位置移动。在校准之后，阵列中的多个经校准的调制器可处于准备操作的状态。另外，本文中所描述的激活程序、带电程序和校准程序可在有用时重复且可调整以考虑到装置的使用寿命中的电荷从中间电极泄漏的速率的变化。

[0069] 所描述的实施方案可应用到的合适的 EMS 或 MEMS 装置的一个实例为反射显示装置。反射显示装置可并入有干涉式调制器 (IMOD)，以使用光学干涉的原理选择性地吸收和 / 或反射入射于其上的光。IMOD 可包括吸收体、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，此可改变光学谐振腔的大小，且借此影响干涉式调制器的反射率。IMOD 的反射光谱可产生相当广泛的光谱带，所述光谱带可跨越可见波长而移位以产生不同色彩。可通过改变光学谐振腔的厚度（即，通过改变反射体的位置）而调整光谱带的位置。

[0070] 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。所述 IMOD 显示装置包括一个或一个以上干涉式 MEMS 显示元件。在这些装置中，MEMS 显示元件的像素可处于明亮或黑暗状态。在明亮（“经松弛”、“打开”或“接通”）状态中，显示元件将大部分入射可见光反射（例如）到用户。相反地，在黑暗（“经激活”、“闭合”或“断开”）状态中，显示元件几乎不反射入射可见光。在一些实施方案中，接通状态和断开状态的光反射质可颠倒。MEMS 像素可经配置以主要在特定波长下反射，从而允许除了黑色与白色之外的彩色显示。

[0071] IMOD 显示装置可包括 IMOD 的行 / 列阵列。每一 IMOD 可包括一对反射层，即，可移动反射层和固定的部分反射层，其定位于彼此相距可变且可控制的距离处以形成气隙（还被称作光学间隙或腔）。可移动反射层可在至少两个位置之间移动。在第一位置（即，经松弛位置）中，可移动反射层可定位于距固定的部分反射层相对大的距离处。在第二位置（即，经激活位置）中，可移动反射层可定位成更接近于部分反射层。从所述两个层反射的入射光可视可移动反射层的位置而相长或相消地干涉，从而产生每一像素的整体反射或非反射状态。在一些实施方案中，IMOD 在未经激活时可处于反射状态，从而反射可见光谱内的光，且在未经激活时可处于黑暗状态，从而吸收和 / 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 在未经激活时可处于黑暗状态，且在经激活时可处于反射状态。在一些实施方案中，引入所施加电压可驱使像素改变状态。在一些其它实施方案中，所施加电荷可驱使像素改变状态。

[0072] 图 1 中的像素阵列的所描绘部分包括两个邻近干涉式调制器 12。在左侧的

IMOD12(如所说明)中,将可移动反射层 14 说明为处于在与光学堆叠 16 相距预定距离处的经松弛位置中,光学堆叠 16 包括部分反射层。跨越左侧的 IMOD12 所施加的电压 V_0 不足以致使激活可移动反射层 14。在右侧的 IMOD12 中,将可移动反射层 14 说明为处于接近或邻近于光学堆叠 16 的经激活位置中。跨越右侧的 IMOD12 所施加的电压 V_{bias} 足以将可移动反射层 14 维持在经激活位置中。

[0073] 在图 1 中,一般用指示入射于像素 12 上的光的箭头 13 和从左侧的像素 12 反射的光 15 来说明像素 12 的反射性质。尽管未详细说明,但所属领域的技术人员应理解,入射于像素 12 上的大多数光 13 将通过透明衬底 20 朝向光学堆叠 16 透射。入射于光学堆叠 16 上的光的一部分将透射通过所述光学堆叠 16 的部分反射层,且一部分将通过透明衬底 20 反射回。光 13 的透射通过光学堆叠 16 的部分将在可移动反射层 14 处朝向(且通过)透明衬底 20 反射回。从光学堆叠 16 的部分反射层所反射的光与从可移动反射层 14 所反射的光之间的干涉(相长或相消)将确定从像素 12 所反射的光 15 的波长。

[0074] 光学堆叠 16 可包括单一层或若干层。所述层可包括电极层、部分反射和部分透射层和透明电介质层中的一者或一者以上。在一些实施方案中,光学堆叠 16 为导电的,部分透明且部分反射的,且可(例如)通过将以上各层中的一者或一者以上沉积到透明衬底 20 上来制造。电极层可由例如各种金属(例如,氧化铟锡(ITO))的多种材料形成。部分反射层可由具部分反射性的多种材料形成,例如各种金属(例如,铬(Cr))、半导体和电介质。部分反射层可由一个或一个以上材料层形成,且所述层中的每一者可由单一材料或材料的组合形成。在一些实施方案中,光学堆叠 16 可包括充当光学吸收体与电导体两者的单一半透明厚度的金属或半导体,而不同的(例如,IMOD 的光学堆叠 16 的或其它结构的)更多导电层或部分可用以将信号在 IMOD 像素之间以总线传输。光学堆叠 16 还可包括覆盖一个或一个以上导电层或导电/光学吸收层的一个或一个以上绝缘或电介质层。

[0075] 在一些实施方案中,光学堆叠 16 的所述层可被图案化成平行条带,且可形成显示装置中的行电极,如下文进一步描述。如所属领域的技术人员应理解,术语“图案化”在本文中用以指代掩盖以及蚀刻工艺。在一些实施方案中,例如铝(Al)的高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 可形成经沉积的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 和沉积于柱 18 之间的介入牺牲材料的顶部上的若干列。当牺牲材料被蚀刻掉时,所界定间隙 19 或光学腔可在可移动反射层 14 与光学堆叠 16 之间形成。在一些实施方案中,柱 18 之间的间距可为约 $1\ \mu\text{m}$ 到 $1000\ \mu\text{m}$,而间隙 19 可为小于 $10,000\ \text{Å}$ 。

[0076] 在一些实施方案中,每一 IMOD 像素(不管是处于经激活状态还是经松弛状态)基本上为由固定和移动反射层形成的电容器。当不施加电压时,可移动反射层 14a 保持于机械上松弛的状态(如由图 1 中左侧的像素 12 所说明),其中间隙 19 处于可移动反射层 14 与光学堆叠 16 之间。然而,当将电位差(电压)施加到所选择的行和列中的至少一者时,在对应像素处于行电极与列电极的交叉点处所形成的电容器变得带电,且静电力将所述电极拉于一起。如果所施加电压超过阈值,则可移动反射层 14 可变形,且移动接近或抵靠光学堆叠 16。光学堆叠 16 内的电介质层(未图示)可防止短接,且控制层 14 与层 16 之间的分离距离,如由图 1 中右侧的经激活像素 12 所说明。不管所施加的电位差的极性如何,表现皆为相同的。尽管在一些情况下,阵列中的一系列像素可被称作“行”或“列”,但所属

领域的技术人员应容易理解,将一个方向称作“行”且另一方向称作“列”是任意的。重申,在一些定向中,行可被视为列,且列可被视为行。此外,显示元件可以正交的行与列(“阵列”)均匀地布置,或以非线性配置布置(例如,具有相对于彼此的某些位置偏移(“马赛克(mosaic)”)。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括“阵列”或“马赛克”,但在任何情况下,元件自身无需布置成正交于彼此,或以均匀分布来安置,但可包括具有不对称形状且不均匀分布的元件的布置。

[0077] 图2展示说明并入有 3×3 干涉式调制器显示器的电子装置的系统方框图的实例。所述电子装置包括可经配置以执行一个或一个以上软件模块的处理器21。除了执行操作系统之外,处理器21还可经配置以执行一个或一个以上软件应用程序,包括网络浏览器、电话应用程序、电子邮件程序或任何其它软件应用程序。

[0078] 处理器21可经配置以与阵列驱动器22通信。阵列驱动器22可包括将信号提供到(例如)显示阵列或面板30的行驱动器电路24和列驱动器电路26。图1中所说明的IMOD显示装置的横截面是通过图2中的线1-1来展示。尽管为清晰起见,图2说明IMOD的 3×3 阵列,但显示阵列30可含有极大数目个IMOD,且可在行中具有与列中不同的IMOD的数目,且反之亦然。

[0079] 图3展示说明图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。针对MEMS干涉式调制器,行/列(即,共同/片段)写入程序可利用这些装置的滞后性质,如图3中所说明。在一个实施方案中,干涉式调制器可能使用约10伏电位差,以致使可移动反射层或镜面从经松弛状态改变到经激活状态。当电压从那个值减小时,随着电压下降回低于10伏(在此实例中),可移动反射层维持其状态,然而,可移动反射层直到电压下降到低于2伏才完全松弛。因此,存在一电压范围(在此实例中,大约3伏到7伏),如图3中所示,其中存在所施加电压的窗,在所述窗内,装置稳定于经松弛状态或经激活状态。此窗在本文中被称作“滞后窗”或“稳定窗”。对于具有图3的滞后特性的显示阵列30而言,行/列写入程序可经设计成一次寻址一个或一个以上行,以使得在给定行的寻址期间,经寻址行中的待激活的像素暴露到约10伏(在此实例中)的电压差,且待松弛的像素暴露到接近零伏的电压差。在寻址之后,像素可暴露到稳定状态或大约5伏(在此实例中)的偏置电压差,以使得其保持于先前选通状态。在此实例中,在寻址之后,每一像素经历约3伏到7伏的“稳定窗”内的电位差。此滞后性质特征使得(例如)图1中所说明的像素设计图1能够在相同的所施加电压条件下保持稳定于经激活或经松弛的预先存在状态。由于每一IMOD像素(不管是处于经激活状态还是经松弛状态)基本上为由固定和移动反射层形成的电容器,所以此稳定状态可在滞后窗内的稳定电压下得以保持,而不会实质上消耗或损失电力。此外,如果所施加电压电位保持实质上固定,则基本上几乎无或无电流流入IMOD像素中。

[0080] 在一些实施方案中,通过根据给定行中的像素的状态的所要改变(如果存在)沿着列电极集合施加呈“片段”电压的形式的数据信号,可产生图像的帧。可依次寻址阵列的每一行,以使得一次写入一行帧。为了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”电压或信号的形式的第一行脉冲施加到第一行电极。可接着将片段电压的集合改变成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,第一行中的像素不受沿着列电极所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被设定到的状态。可以循序的方式对整个系列的行或者列重复此过程,以产生图像帧。可通过以每秒某所要数目个帧连续地重复此过程而用新的图像数据刷新和/或更新所述帧。

[0081] 跨越每一像素所施加的片段和共同信号的组合(即,跨越每一像素的电位差)确定每一像素的所得状态。图4展示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应理解,可将“片段”电压施加到列电极或行电极,且可将“共同”电压施加到列电极或行电极中的另一者。

[0082] 如图4中(以及图5B中所展示的时序图中)所说明,当沿着共同线施加释放电压 VC_{REL} 时,沿着所述共同线的所有干涉式调制器元件将置于经松弛状态(或者被称作释放或未激活状态),而不管沿着片段线所施加的电压(即,高片段电压 VS_H 和低片段电压 VS_L)如何。具体来说,当沿着共同线施加释放电压 VC_{REL} 时,在沿着像素的对应片段线施加高片段电压 VS_H 和低片段电压 VS_L 两者时,跨越调制器像素的电位电压(或者被称作像素电压)处于松弛窗(参看图3,还被称作释放窗)内。

[0083] 当将保持电压施加于共同线上(例如,高保持电压 VC_{HOLD_H} 或低保持电压 VC_{HOLD_L})时,干涉式调制器的状态将保持恒定。举例来说,经松弛IMOD将保持于经松弛位置,且经激活IMOD将保持于经激活位置。可选择保持电压,以使得在沿着对应片段线施加高片段电压 VS_H 和低片段电压 VS_L 两者时,像素电压将保持在稳定窗内。因此,片段电压摆动(即,高 VS_H 与低片段电压 VS_L 之间的差)小于正稳定窗或负稳定窗的宽度。

[0084] 当将寻址或激活电压施加于共同线上(例如,高寻址电压 VC_{ADD_H} 或低寻址电压 VC_{ADD_L})时,可通过沿着相应片段线施加片段电压而沿着所述共同线将数据选择性地写入到调制器。可选择片段电压,以使得激活取决于所施加的片段电压。当沿着共同线施加寻址电压时,施加片段电压将产生处于稳定窗内的像素电压,从而致使所述像素保持未激活。相比而言,施加另一片段电压将产生在稳定窗外的像素电压,从而导致所述像素的激活。引起激活的特定片段电压可视使用哪一寻址电压而变化。在一些实施方案中,当沿着共同线施加高寻址电压 VC_{ADD_H} 时,施加高片段电压 VS_H 可致使调制器保持于其当前位置,而施加低片段电压 VS_L 可引起调制器的激活。作为推论,当施加低寻址电压 VC_{ADD_L} 时,片段电压的效应可为相反的,其中高片段电压 VS_H 引起调制器的激活,且低片段电压 VS_L 对调制器的状态无影响(即,保持稳定)。

[0085] 在一些实施方案中,可使用产生跨越调制器的相同极性电位差的保持电压、地址电压和片段电压。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的交替的信号。跨越调制器的极性的交替(即,写入程序的极性的交替)可减小或抑制可在单一极性的重复的写入操作之后发生的电荷累积。

[0086] 图5A展示说明图2的 3×3 干涉式调制器显示器中的显示数据的帧的图的实例。图5B展示可用以写入图5A中所说明的显示数据的帧的共同信号和片段信号的时序图的实例。可将信号施加到类似于图2的阵列的 3×3 阵列,此将最终产生图5A中所说明的线时间60e显示布置。图5A中的经激活调制器处于黑暗状态,即,其中大部分的反射光在可见光谱外以对(例如)观看者产生黑暗外观。在写入图5A中所说明的帧之前,像素可处于任何状态,但图5B的时序图中所说明的写入程序假定:在第一线时间60a之前,每一调制器已被释放且驻留于未激活状态中。

[0087] 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 上的电压在高保持电压 72 处开始且移动到释放电压 70;且沿着共同线 3 施加低保持电压 76。因此,沿着共同线 1 的调制器(共同 1,片段 1)(1,2)和(1,3)保持于经松弛或未激活状态并持续第一线时间 60a 的持续时间,沿着共同线 2 的调制器(2,1)、(2,2)和(2,3)将移动到经松弛状态,且沿着共同线 3 的调制器(3,1)、(3,2)和(3,3)将保持于其先前状态。参看图 4,沿着片段线 1、2 和 3 所施加的片段电压将对干涉式调制器的状态无影响,因为共同线 1、2 或 3 均未正暴露到在线时间 60a 期间引起激活的电压电平(即, VC_{REL} - 松弛和 VC_{HOLD_L} - 稳定)。

[0088] 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,且沿着共同线 1 的所有调制器保持于经松弛状态,而不管所施加的片段电压如何,因为无寻址或激活电压施加于共同线 1 上。沿着共同线 2 的调制器归因于施加释放电压 70 而保持于经松弛状态,且当沿着共同线 3 的电压移动到释放电压 70 时,沿着共同线 3 的调制器(3,1)、(3,2)和(3,3)将松弛。

[0089] 在第三线时间 60c 期间,通过将高地址电压 74 施加于共同线 1 上来寻址共同线 1。因为在施加此地址电压期间沿着片段线 1 和 2 施加低片段电压 64,所以跨越调制器(1,1)和(1,2)的像素电压大于所述调制器的正稳定窗的高端(即,电压微分超过预定义阈值),且激活调制器(1,1)和(1,2)。相反地,因为沿着片段线 3 施加高片段电压 62,所以跨越调制器(1,3)的像素电压小于调制器(1,1)和(1,2)的像素电压,且保持在所述调制器的正稳定窗内;调制器(1,3)因此保持松弛。而且,在线时间 60c 期间,沿着共同线 2 的电压减小到低保持电压 76,且沿着共同线 3 的电压保持于释放电压 70,从而使得沿着共同线 2 和 3 的调制器保持处于经松弛位置。

[0090] 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,从而使得沿着共同线 1 的调制器保持处于其相应经寻址状态。共同线 2 上的电压减小到低地址电压 78。因为沿着片段线 2 施加高片段电压 62,所以跨越调制器(2,2)的像素电压低于所述调制器的负稳定窗的低端,从而引起所述调制器(2,2)激活。相反地,因为沿着片段线 1 和 3 施加低片段电压 64,所以调制器(2,1)和(2,3)保持于经松弛位置。共同线 3 上的电压增大到高保持电压 72,从而使得沿着共同线 3 的调制器保持处于经松弛状态。

[0091] 最后,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,从而使得沿着共同线 1 和 2 的调制器处于其相应经寻址状态。共同线 3 上的电压增大到高地址电压 74,以沿着共同线 3 寻址调制器。随着将低片段电压 64 施加于片段线 2 和 3 上,调制器(3,2)和(3,3)激活,而沿着片段线 1 所施加的高片段电压 62 使得调制器(3,1)保持于经松弛位置。因此,在第五线时间 60e 的末尾,3×3 像素阵列处于图 5A 中所展示的状态,且只要沿着共同线施加保持电压,则所述 3×3 像素阵列将保持于那个状态,而不管在沿着其它共同线(未图示)的调制器正被寻址时可能发生的片段电压的变化如何。

[0092] 在图 5B 的时序图中,给定的写入程序(即,线时间 60a 到 60e)可包括高保持电压和地址电压或低保持电压和地址电压的使用。一旦已针对给定的共同线完成写入程序(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),则像素电压保持在给定的稳定窗内,且直到释放电压被施加于那个共同线上才通过松弛窗。此外,由于在寻址每一调制

器之前释放所述调制器作为写入程序的部分,所以调制器的激活时间(而非释放时间)可确定线时间。特定来说,在调制器的释放时间大于激活时间的实施方案中,与单一线时间相比,可更长久地施加释放电压,如图 5B 中所描绘。在一些其它实施方案中,沿着共同线或片段线所施加的电压可变化,以考虑不同调制器(例如,具有不同色彩的调制器)的激活电压和释放电压的变化。

[0093] 根据上文所阐述的原理而操作的干涉式调制器的结构的细节可广泛变化。举例来说,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,所述干涉式调制器包括可移动反射层 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 的形状一般为正方形或矩形,且在系链 32 上在隅角处或附近附接到支撑件。在图 5C 中,可移动反射层 14 的形状一般为正方形或矩形,且从可包括柔性金属的可变形层 34 悬置。可变形层 34 可在可移动反射层 14 的周边周围直接或间接地连接到衬底 20。这些连接件在本文中被称为支撑柱。图 6C 中所展示的实施方案具有得自将可移动反射层 14 的光学功能与其机械功能去耦的额外益处,所述去耦由可变形层 34 执行。此去耦允许用于反射层 14 的结构设计和材料和用于可变形层 34 的结构设计和材料独立于彼此而优化。

[0094] 图 6D 展示 IMOD 的另一实例,其中可移动反射层 14 包括反射子层 14a。可移动反射层 14 搁置于例如支撑柱 18 等支撑结构上。支撑柱 18 提供可移动反射层 14 与下部固定电极(即,所说明的 IMOD 中的光学堆叠 16 的部分)的分离,使得(例如)在可移动反射层 14 处于经松弛位置时,间隙 19 形成于可移动反射层 14 与光学堆叠 16 之间。可移动反射层 14 还可包括可经配置以充当电极的导电层 14c 和支撑层 14b。在此实例中,导电层 14c 安置于支撑层 14b 的远离衬底 20 的一侧上,且反射子层 14a 安置于支撑层 14b 的接近衬底 20 的另一侧上。在一些实施方案中,反射子层 14a 可为导电的,且可安置于支撑层 14b 与光学堆叠 16 之间。支撑层 14b 可包括一个或一个以上电介质材料(例如,氮氧化硅(SiON)或二氧化硅(SiO₂))层。在一些实施方案中,支撑层 14b 可为若干层的堆叠,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括(例如)具有约 0.5% 的铜(Cu)的铝(Al)合金,或另一反射金属材料。使用电介质支撑层 14b 上方的导电层 14c 和电介质支撑层 14b 下方的导电层 14a 可平衡应力且提供增强的导电。在一些实施方案中,反射子层 14a 和导电层 14c 可由不同材料形成,以实现多种设计目的,例如实现可移动反射层 14 内的特定应力轮廓。

[0095] 如图 6D 中所说明,一些实施方案还可包括黑色掩模结构 23。黑色掩模结构 23 可形成在光学上非作用区中(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通过显示器的非作用部分而改进显示装置的光学性质,借此增大对比率。另外,黑色掩模结构 23 可为导电的,且经配置以充当电总线传输(bussing)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。可使用包括沉积技术和图案化技术的多种方法来形成黑色掩模结构 23。黑色掩模结构 23 可包括一个或一个以上层。举例来说,在一些实施方案中,黑色掩模结构 23 包括充当光学吸收体的钼铬(MoCr)层、SiO₂层,和充当反射体和总线传输层的铝合金,其厚度分别在约 30 Å 到 80 Å、500 Å 到 1000 Å 和 500 Å 到 6000 Å 的范围中。可

使用多种技术来将所述一个或一个以上层图案化,所述技术包括光刻和干式蚀刻(其包括(例如)针对 MoCr 层和 SiO₂ 层的四氟化碳(CF₄)和/或氧气(O₂),和针对铝合金层的氯气(Cl₂)和/或三氯化硼(BCl₃)。在一些实施方案中,黑色掩模 23 可为标准具(etalon)或干涉式堆叠结构。在此干涉式堆叠黑色掩模结构 23 中,导电吸收体可用以在每一行或列的光学堆叠 16 中的下部固定电极之间传输或以总线传输信号。在一些实施方案中,分隔物层 35 可用以一般使吸收体层 16a 与黑色掩模 23 中的导电层电隔离。

[0096] 图 6E 展示 IMOD 的另一实例,其中可移动反射层 14 为自支撑的。与图 6D 对比,图 6E 的实施方案不包括支撑柱 18。而是,可移动反射层 14 在多个位置处接触下伏光学堆叠 16,且可移动反射层 14 的曲率提供足够支撑,使得在跨越干涉式调制器的电压不足以引起激活时,可移动反射层 14 返回到图 6E 的未激活位置。为清晰起见,此处将可含有多个若干不同层的光学堆叠 16 展示为包括光学吸收体 16a 和电介质 16b。在一些实施方案中,光学吸收体 16a 可充当固定电极和部分反射层两者。

[0097] 在例如图 6A 到 6E 中所展示的那些实施方案的实施方案中,IMOD 充当直观式装置,其中从透明衬底 20 的前侧(即,与其上形成有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,显示装置的在可移动反射层 14 后方的任何部分,其包括(例如)图 6C 中所说明的可变形层 34)可经配置,且可对其进行操作,而不会冲击或不利地影响显示装置的图像质量,因为反射层 14 以光学方式遮蔽装置的那些部分。举例来说,在一些实施方案中,可在可移动反射层 14 后方包括总线结构(未说明),其提供将调制器的光学性质与调制器的机电性质分离的能力(例如,电压寻址和由此寻址引起的移动)。另外,图 6A 到 6E 的实施方案可简化例如图案化等处理。

[0098] 图 7 展示说明干涉式调制器的制造工艺 80 的流程图的实例,且图 8A 到 8E 展示此制造工艺 80 的对应阶段的横截面示意说明的实例。在一些实施方案中,可实施制造工艺 80 以制造机电系统装置,例如图 1 和 6 中所说明的一般类型的干涉式调制器。机电系统装置的制造还可包括图 7 中未展示的其它方框。参看图 1、6 和 7,工艺 80 从在衬底 20 上形成光学堆叠 16 的方框 82 开始。图 8A 说明形成于衬底 20 上的此光学堆叠 16。衬底 20 可为例如玻璃或塑料等透明衬底,其可为柔性的或相对硬且不弯曲的,且可能已经受之前的制备工艺(例如,清洁)以促进有效地形成光学堆叠 16。如上文所论述,光学堆叠 16 可为导电的,部分透明且部分反射的,且可(例如)通过将具有所要性质的一个或一个以上层沉积到透明衬底 20 上而制造。在图 8A 中,光学堆叠 16 包括具有子层 16a 和 16b 的多层结构,但更多或更少的子层可包括于一些其它实施方案中。在一些实施方案中,子层 16a 和 16b 中的一者可配置有光学吸收性质和导电性质两者,例如组合式导体/吸收体子层 16a。另外,子层 16a 和 16b 中的一者或一者以上可被图案化成平行条带,且可形成显示装置中的行电极。可通过掩盖和蚀刻工艺或此项技术中已知的另一合适工艺来执行此图案化。在一些实施方案中,子层 16a 和 16b 中的一者可为绝缘层或电介质层,例如沉积于一个或一个以上金属层(例如,一个或一个以上反射层和/或导电层)上的子层 16b。另外,光学堆叠 16 可被图案化成形成显示器的行的个别且平行的条带。请注意,图 8A 到 8E 可不按比例绘制。举例来说,在一些实施方案中,光学堆叠的子层中的一者、光学吸收层可非常薄,但子层 16a 和 16b 在图 8A 到 8E 中展示为有点厚。

[0099] 工艺 80 在方框 84 处以光学堆叠 16 上形成牺牲层 25 而继续。稍后移除牺牲

层 25 (例如,在方框 90 处)以形成腔 19,且因此,未在图 1 中所说明的所得干涉式调制器 12 中展示牺牲层 25。图 8B 说明包括形成于光学堆叠 16 上的牺牲层 25 的经部分制造的装置。在光学堆叠 16 上形成牺牲层 25 可包括:以在后续移除之后提供具有所要大小的间隙或腔 19 (还参看图 1 和 8E) 而选择的厚度来沉积例如钼 (Mo) 或非晶硅 (a-Si) 等二氟化氙 (XeF₂) 可蚀刻材料。可使用例如物理气相沉积 (PVD, 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) 或旋涂等沉积技术来执行牺牲材料的沉积。

[0100] 工艺 80 在方框 86 处以形成支撑结构 (例如,图 1、6 和 8C 中所说明的柱 18) 而继续。形成柱 18 可包括将牺牲层 25 图案化以形成支撑结构孔隙,接着使用例如 PVD、PECVD、热 CVD 或旋涂等沉积方法将材料 (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通过牺牲层 25 与光学堆叠 16 两者而延伸到下伏衬底 20,使得柱 18 的下端接触衬底 20,如图 6A 中所说明。或者,如图 8C 中所描绘,形成于牺牲层 25 中的孔隙可延伸通过牺牲层 25,但不通过光学堆叠 16。举例来说,图 8E 说明支撑柱 18 的下端与光学堆叠 16 的上表面接触。通过将支撑结构材料层沉积于牺牲层 25 上且将远离牺牲层 25 中的孔隙而定位的支撑结构材料的多个部分图案化,可形成柱 18 或其它支撑结构。支撑结构可位于孔隙内 (如图 8C 中所说明),但还可至少部分地在牺牲层 25 的一部分上延伸。如上文所述,牺牲层 25 和 / 或支撑柱 18 的图案化可通过图案化和蚀刻工艺来执行,但还可通过替代性蚀刻方法来执行。

[0101] 工艺 80 在方框 88 处以形成可移动反射层或薄膜 (例如,图 1、6 和 8D 中所说明的可移动反射层 14) 而继续。可通过使用一个或一个以上沉积步骤 (包含 (例如) 反射层 (例如,铝、铝合金或其它反射层) 沉积) 连同一个或一个以上图案化、掩盖和 / 或蚀刻步骤来形成可移动反射层 14。可移动反射层 14 可为导电的,且被称作导电层。在一些实施方案中,可移动反射层 14 可包括多个子层 14a、14b 和 14c,如图 8D 中所展示。在一些实施方案中,所述子层中的一者或一者以上 (例如,子层 14a 和 14c) 可包括针对其光学性质所选择的高反射子层,且另一子层 14b 可包括针对其机械性质所选择的机械子层。由于牺牲层 25 仍存在于在方框 88 处所形成的经部分制造的干涉式调制器中,所以可移动反射层 14 通常在此阶段不可移动。含有牺牲层 25 的经部分制造的 IMOD 还可在本文中被称作“未释放的”IMOD。如上文结合图 1 所描述,可将可移动反射层 14 图案化成形成显示器的列的个别且平行的条带。

[0102] 工艺 80 在方框 90 处以形成腔 (例如,如图 1、6 和 8E 中所说明的腔 19) 而继续。可通过将牺牲材料 25 (在方框 84 处所沉积) 暴露到蚀刻剂而形成腔 19。举例来说,可 (例如) 通过将牺牲层 25 暴露到气体或蒸气蚀刻剂 (例如,从固态 XeF₂ 得到的蒸气) 并持续对移除所要量的材料 (通常相对于围绕腔 19 的结构而选择性地移除) 为有效的时间周期,通过干式化学蚀刻来移除例如 Mo 或非晶 Si 等可蚀刻牺牲材料。还可使用例如湿式蚀刻和 / 或等离子体蚀刻等其它蚀刻方法。由于在方框 90 期间移除牺牲层 25,所以可移动反射层 14 通常可在此阶段之后移动。在移除牺牲材料 25 之后,所得的经完全或部分制造的 IMOD 可在本文中被称作“经释放的”IMOD。

[0103] 上文所描述的干涉式调制器为具有两个状态:松弛状态和激活状态的双稳态显示元件。以下描述涉及模拟干涉式调制器。举例来说,在模拟干涉式调制器的一个实施方案中,单一干涉式调制器可反射红色、绿色、蓝色、黑色和白色。在一些实施方案中,模拟干涉

式调制器可取决于所施加电压而反射光的波长范围内的任何色彩。此外,模拟干涉式调制器的光学堆叠可不同于上文所描述的双稳态显示元件。这些差异可产生不同光学结果。举例来说,在上述的双稳态组件的一些实施方案中,闭合(激活)状态给予双稳态元件黑暗(例如,黑色)反射状态。在一些实施方案中,模拟干涉式调制器在电极处于类似于双稳态元件的闭合状态的位置中时反射白光。

[0104] 三端子机电装置(例如,干涉式调制器)可包括安置于上部电极和下部电极之间的间隙中的可移动中间电极。在一种方法中,三端子装置可使用开关或串联电容器将电荷提供到所述中间电极上。接着,可跨越所述上部电极和所述下部电极施加电压,且所述带电中间电极可与产生于所述上部电极与所述下部电极之间的所得电场相互作用。结果,所述带电中间电极可基于由所施加电压产生的电场移动或移位。然而,以此方式使用开关和电容器将电荷提供到所述中间电极可导致所述中间电极的寄生负载。虽然所述方式可用以将电荷提供到未电连接到任何外部电路且因此被电隔离的电荷中性中间电极上,但电荷中性中间电极一般可不响应所述上部电极与所述下部电极之间的所施加电场。因此,以下装置和方法可为有用的:使具有零净电荷的被电隔离中间电极移动,使得所述中间电极接触触点(或电极),借此将电荷赋予所述中间电极。用以在中间电极接收电荷之后释放所述中间电极的装置和方法也可有用的。

[0105] 图9展示说明用于激活和校准模拟干涉式调制器的电荷中性电极的一种方法的流程图的实例。方法900从方框951开始,在所述方框中,提供被电隔离的电荷中性中间电极。举例来说,在带电和/或校准之前、当装置第一次通电时或在电荷已由于泄漏或有目的的电荷耗散程序耗尽之后,所述被电隔离中间电极可为电荷中性的。所述方法在方框952处继续,在所述方框中,激活所述中间电极,从而使用电力使所述中间电极朝向另一电极移动。以下(例如)参看图12到20描述用以在所述中间电极为电荷中性时激活所述中间电极的装置和方法。方法900在方框953处继续,在所述方框中,将电荷提供到所述中间电极。图21到25描述用于将电荷置于此中间电极上的系统和方法的一些一般实施方案。具体来说,参看图21到23描述用于通过与上部电极接触而对中间电极进行充电的装置和方法,且参看图22以及图24到25描述用于通过与被隔离的接地互补电极接触而对中间电极进行充电的装置和方法。在一些实施方案中,如参看图26到30所描述,可使用开关配置对电荷中性中间电极进行充电,而在其它实施方案中,如参看图34到38所描述,可使用无开关配置对所述中间电极进行充电。

[0106] 方法900包括方框954,在所述方框中,校准置于中间电极上的电荷以考虑到作用于中间电极的特定机械弹簧力。参看图31到33描述用于使用开关配置校准电荷的特定装置和方法。另外,参看图39到41描述用于使用无开关配置校准电荷的装置和方法的一些实施方案。校准三端子装置的阵列上的具有所要量的电荷的中间电极中的每一者可允许所有所述中间电极在跨越所有所述装置施加选定电压之后即刻可靠地向相同位置移动。此可帮助改进显示于模拟干涉式调制器显示器中的色彩的准确度。

[0107] 方法900在方框955处继续,在所述方框中,操作包括具有经校准中间电极的模拟干涉式调制器的阵列的显示器。在一些方面中,操作显示器包括激活中间电极或使所述中间电极移动到由上部电极1002和下部电极1010(参见图10)形成的间隙中的各个位置以显示图像。中间电极的位置帮助确定模拟干涉式调制器像素的反射显示色彩。方法900任

选地在方框 956 处继续,在所述方框中,重复方框 952 到 955。在一些实施方案中,在返回方框 952 之前,使中间电极为电荷中性的。在一些实施方案中,中间电极在其于方框 952 处激活时保持一些电荷。

[0108] 图 10 展示具有三层或电极设计的模拟干涉式调制器 1000 的横截面的实例。调制器 1000 包括上部或第一电极 1002。在一个实施方案中,电极 1002 为由金属制成的板。上部电极 1002 可使用加强层 1003 加强。在一个实施方案中,加强层 1003 为电介质。加强层 1003 可用以使上部电极 1002 保持刚性且实质上平坦。调制器 900 还包括下部或第二电极 1010,和也可包括金属的中间或第三电极 1006。所述三个电极通过绝缘柱 1004 电绝缘。绝缘柱 1004 还用来在不存在电力时将中间电极 1006 在平衡位置中固持在电极 1002 与 1010 之间。中间电极 1006 具有安置于其上的加强层 1008。在一个实施方案中,加强层 1008 包括氮氧化硅。

[0109] 中间电极 1006 经配置以在上部电极 1002 与下部电极 1010 之间的区域或间隙中移动。加强层 1008 帮助当中间电极 1006 在电极 1002 与 1010 之间移动时使中间电极 1006 的一部分保持相对刚性且平坦。在一个实施方案中,加强层 1008 安置于中间电极 1006 的中心部分上。在此实施方案中,中间电极 1006 的侧部能够在中间电极 1006 移动时弯曲。在图 10 中,展示处于平衡位置中的中间电极 1006,所述电极在所述平衡位置中实质上平坦。当中间电极 1006 移动远离此平衡位置时,中间电极 1006 的侧部将变形或弯曲。中间电极 1006 的侧部实施弹性弹簧力,所述弹性弹簧力施加力以使中间电极 1006 移动回到所述平衡位置(参见(例如)图 26 到 33 中的弹簧 2634 和图 34 到 41 中的弹簧 3434)。

[0110] 中间电极 1006 还充当用以反射穿过衬底 1012 进入结构的光的镜。在一些实施方案中,衬底 1012 由玻璃制成。在一个实施方案中,下部电极 1010 为吸收铬或含铬的层。为了保持至少部分透明,可使所述吸收层相对薄,如上所述。下部电极 1010 具有安置于其上的钝化层 1014(现具体展示为单独层)。在一个实施方案中,钝化层 1014 为薄电介质层。在另一实施方案中,上部电极 1002 具有安置于其上的钝化层。在一些实施方案中,所述钝化层为薄电介质层。

[0111] 图 11A 展示具有控制电路 1120 的模拟干涉式调制器 1100 的横截面的实例。模拟干涉式调制器 1100 可为调制器 1000 或其它类似设计的模拟干涉式调制器。调制器 1100 包括上部电极 1102、中间电极 1106 和下部电极 1110。调制器 1100 进一步包括使电极 1102、1106 和 1110 与其它结构绝缘的绝缘柱 1104。调制器 1100 进一步包括安置于上部电极 1102 上的电阻性元件 1116。上部电极 1102 具有安置于其上的加强层 1103。在一个实施方案中,上部电极 1102 为金属,且加强层 1103 为电介质。调制器 1100 还包括安置于下部电极 1110 上的薄的电介质钝化层 1114,以使得电介质钝化层 1114 安置于下部电极 1110 与中间电极 1106 之间。下部电极 1110 安置于衬底 1112 上。电阻性元件 1116 提供上部电极 1102 与中间电极 1106 之间的隔离物。当中间电极 1106 朝向上部电极 1102 移动时,电阻性元件 1116 防止中间电极 1106 与上部电极 1102 接触。在一个实施方案中,中间电极 1106 包括安置于中间电极 1106 的底部部分上的绝缘层(未图示)。

[0112] 模拟干涉式调制器 1100 还包括控制电路 1120。控制电路 1120 经配置以跨越上部电极 1102 和下部电极 1110 施加电压。电荷泵电路 1118 经配置以将电荷选择性地施加到中间电极 1106。通过使用控制电压 1120 和电荷泵电路 1118,实现中间电极 1106 的激活。

电荷泵电路 1118 用以中间电极 1106 提供电荷。带电中间电极 1106 接着与由控制电路 1120 在上部电极 1102 与下部电极 1110 之间产生的电场相互作用。带电中间电极 1106 与所述电场的相互作用使中间电极 1106 在电极 1102 与 1110 之间移动。

[0113] 在图 11B 的示意图中说明可实施为用以将准确量的电荷置于 IMOD 上的电荷泵电路 1118 的电荷注入电路的一个实例。在这些示意图中,将 IMOD 描绘为可变电容器。复位 IMOD(左边)示意图说明用于复位 IMOD 的实例电路配置。在此配置中,开关 S3 闭合,从而使 IMOD 短路以耗散 IMOD 上的电荷。开关 S1 和 S2 “断开”,从而使电压源 V_{in} 和电容器 C_{in} 相互隔离且与 IMOD 隔离。预充电 C_{in} (在中央)示意图说明开关 S1 闭合从而将电压源 V_{in} 连接到电容器 C_{in} 、使电容器 C_{in} 带电的实例电路配置。开关 S2 断开,从而隔离电容器 C_{in} 与 IMOD,且开关 S3 断开,使得 IMOD 不再短路。在对电荷进行取样且将电荷转移到 IMOD(右边)示意图中,开关 S1 断开,从而隔离电压源 V_{in} 与所述电路的其余部分,且开关 S2 闭合,从而将电容器 C_{in} 连接到运算放大器的虚拟接地输入,所述虚拟接地输入保持连接到 IMOD 端子 1(左端子)。运算放大器输出以反馈方式连接到 IMOD 的端子 2。此为众所周知的切换电容器电路,其准确地将电荷从输入电容器 C_{in} 转移到反馈路径中的电容器(在此情况下为 IMOD)。可使用无运算放大器的开关实施导致不完全电荷转移的其它方法。

[0114] 通过改变由控制电路 1120 施加的电压可使中间电极 1106 移动到电极 1102 与 1110 之间的各种位置。举例来说,由控制电路 1120 施加的正电压 V_c 使下部电极 1110 相对于上部电极 1102 被驱动到正电位,如果中间电极 1106 带正电,则下部电极 1110 排斥所述中间电极 1106。因此,正电压 V_c 使中间电极 1106 朝向上部电极 1102 移动。由控制电路 1120 施加负电压 V_c 致使下部电极 1110 相对于上部电极 1102 被驱动到负电位,当中间电极 1106 带正电时,下部电极 1110 吸引中间电极 1106。因此,负电压 V_c 致使中间电极 1106 朝向下部电极 1110 移动。

[0115] 开关 1122 可用以选择性地连接或断开中间电极 1106 与电荷泵电路 1118。可使用此项技术中已知的除开关之外的其它方法来选择性地连接或断开中间电极 1106 与电荷泵电路 1118,例如薄膜半导体、熔丝、反熔丝等。

[0116] 可配置模拟干涉式调制器 1100,以使得中间电极 1106 以与跨越上部电极 1102 和下部电极 1110 驱动电压成线性比例的方式响应。因此,用以控制中间电极 1106 的移动的电压与中间电极 1106 在电极 1102 与 1110 之间的位置之间存在线性关系。

[0117] 使用开关 1122 将电荷提供到中间电极 1106 可导致中间电极 1106 的寄生负载。举例来说,如果中间电极 1106 未完全被电隔离,则中间电极 1106 上的存储电荷 Q 可随中间电极在电极 1102 与 1110 之间的位置而变化。 Q 的此变化可影响中间电极 1106 对电荷的响应。当中间电极 1106 未完全被电隔离时,存在从中间电极附接到上部电极 1102 和下部电极 1110 中的每一者的寄生电容。另外,存储电荷 Q 的一部分可随时间而经由开关 1122 从中间电极 1106 泄漏。

[0118] 可使用各种系统和方法来考虑寄生电容,例如 2011 年 8 月 2 日颁布的题为“模拟干涉式调制器 (Analog Interferometric Modulator)”的第 7,990,604 号美国专利中所描述的系统和方法。举例来说,调制器 1100 可经配置以通过包括与中间电极 1106 串联连接且与寄生电容 1140 和 1142 并联连接的电容器来考虑寄生电容。因此在无中间电极 1106 到开关或串联电容器的电连接的情况下将电荷提供于中间电极 1106 上、接着隔离所述电

荷可为有利的。此被电隔离的电极可减小寄生负载或电荷泄漏问题。

[0119] 激活中性的被电隔离电极

[0120] 图 12 展示模拟干涉式调制器 1200 的透视图的实例, 模拟干涉式调制器 1200 包括中间电极, 所述中间电极可在不使用电连接到所述中间电极的开关或串联电容器的情况下在两个带电电极之间移动或激活。如下文参看图 21 到 23 更详细地描述, 可使中间电极朝向任一带电电极移动以在不使用电连接到中间电极的开关或串联电容器的情况下将电荷提供到中间电极上。

[0121] 调制器 1200 包括与上部电极 1202 间隔开恒定间隙 g 的上部电极 1202 和下部电极 1210。可移动中间电极或板 1206 安置于间隙 g 中, 且可与上部电极 1202 分开距离 d_2 且与下部电极 1210 分开距离 d_1 。中间电极 1206 可为金属反射器或镜。当中间电极 1206 安置于间隙 g 中时, 中间电极 1206 可被电隔离, 即所述中间电极未电连接到外部组件 (例如, 开关)。中间电极 1206 还为电荷中性的, 从而具有与负电荷相同总数的正电荷。在一些实施方案中, 电极 1202、1206 和 1210 为薄膜电极。在一些方面中, 例如, 薄膜上部电极 1202 的横向尺寸为 D , 且薄膜上部电极 1202 的厚度为横向尺寸的十分之一或更小 ($D/10$ 或更小)。在一些实施方案中, 三个电极中的每一者具有比分离距离 d_1 和 d_2 薄的厚度。举例来说, 三个电极中的每一者的厚度可比分离距离 d_1 和 d_2 薄一个或一个以上量级。

[0122] 中间电极 1206 可以机械方式连接到结构或组件 (图 12 中未展示) 和 / 或由结构或组件支撑。然而, 可配置此结构 (或组件), 以使得中间电极 1206 保持被电隔离 (例如, 所述结构可由有助于电隔离中间电极 1206 的材料形成)。如下文参看图 21、26 和 34 更详细地论述, 这些结构可包括将对中间电极 1206 施加恢复机械力以使中间电极 1206 恢复到间隙 g 中的特定位置的弹簧。

[0123] 在于上部电极 1202 与下部电极 1210 之间施加电场时, 不带电的被电隔离中间电极 1206 可经激活或朝向上部电极 1202 或下部电极 1210 移动。在一个实施方案中, 通过将上部电极 1202 和下部电极 1210 中的一者配置为不同于另一者的大小来实现此激活或移动。举例来说, 在图 12 中所说明的实施方案中, 上部电极 1202 具有表面积 A_2 , 而下部电极 1210 具有大于 A_2 的表面积 A_1 。在其它方面中, 下部电极 1210 可具有小于上部电极 1202 的表面积 A_2 的表面积 A_1 。中间电极 1206 可具有小于或约等于下部电极 1210 的表面积的面积。

[0124] 跨越上部电极 1202 和下部电极 1210 施加电压 V 在所述两个电极之间产生非均匀电场。调制器 1200 的实施方案可包括控制电路, 所述控制电路经配置以跨越上部电极 1202 和下部电极 1210 施加电压 V 以产生非均匀电场。

[0125] 图 13 展示图 12 中所示的模拟干涉式调制器配置的等效电路的实例。 C_1 表示下部电极 1210 与中间电极 1206 之间的电容, 而 C_2 表示上部电极 1202 与中间电极 1206 之间的电容。 ΔV_1 表示下部电极 1210 与中间电极 1206 之间的电位差, 且由以下等式给出:

$$[0126] \quad \Delta V_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} V \quad (1)$$

[0127] ΔV_2 表示上部电极 1202 与中间电极 1206 之间的电位差, 且由以下等式给出:

$$[0128] \quad \Delta V_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V \quad (2)$$

[0129] 将电压 V 施加到上部电极 1202 和下部电极 1210 会在上部电极 1202 和下部电极 1210 上提供具有相同量值的电荷。由这些带电电极中的任一者对中间电极 1206 施加的电力与带电电极的表面积成反比。然而,在此实例中,因为上部电极 1202 的表面积小于下部电极 1210 的表面积,所以在此实例中,上部电极 1202 对中间电极 1206 施加比下部电极 1210 施加的电力大的电力。在下部电极 1210 的表面积小于上部电极 1202 的表面积的实施

方案中,下部电极 1210 将对中间电极 1206 施加比上部电极 1202 施加的电力大的电力。

[0130] 可使用电容 C_1 和 C_2 的平行板近似法确定作用于中间电极 1206 的净力。因为上部电极 1202 和下部电极 1210 为静止的,所以可将中间电极 1206 上的净电力近似为:

$$[0131] \quad F = \frac{\epsilon_0 A_2 (\Delta V_2)^2}{2d_2^2} - \frac{\epsilon_0 A_1 (\Delta V_1)^2}{2d_1^2} \quad (3)$$

[0132] 其中 ϵ_0 表示真空的介电电容率, A_1 表示下部电极 1210 的表面积, A_2 表示上部电极 1202 的有效表面积, ΔV_1 表示下部电极 1210 与中间电极 1206 之间的电位差, ΔV_2 表示上部电极 1202 与中间电极 1206 之间的电位差, d_1 表示中间电极 1206 与下部电极 1210 之间的距离,且 d_2 表示中间电极 1206 与上部电极 1202 之间的距离。令 $A_1 = A$ 且 $A_2 = \alpha A$, 其中 α 为面积因子。所述力等式于是简化为:

$$[0133] \quad F = \epsilon_0 \alpha A V^2 \frac{(1-\alpha)}{2[(1-\alpha)d_2 + \alpha g]^2} \quad (4)$$

[0134] 因此,在上部电极 1202 的表面积小于下部电极 1210 的表面积多个实施方案中,跨越具有相异面积的电极施加电场导致电荷中性的被电隔离中间板 1206 上的净向上力,从而使电荷中性的被电隔离中间板 1206 朝向上部电极 1202 向上移动。中间板 1206 经配置以向上移动,以使得中间板 1206 与上部电极 1202 或上部电极 1202 上的触点(例如,电阻性触点)接触和/或与上部电极 1202 电连通。如下文参看图 23 和 25 更详细地描述,中间电极 1206 与上部电极 1202 之间的接触可改变中间电极 1206 上的电荷。

[0135] 图 14 展示说明作用于中间电极 1206 的净向上电力如何随图 12 的模拟干涉式调制器的上部电极 1202 与中间电极 1206 之间的距离 d_2 变化的图表的实例。在此实例中,施加于上部电极 1202 与下部电极 1210 之间的电压 V 为 100 伏,面积因子 α 为 0.25,总间隙距离 g 为 1,000nm,且像素大小为 $53 \mu\text{m}$,从而在此配置中导致 $2809 \mu\text{m}^2$ 的面积 A 。

[0136] 在一些实施方案中,下部电极 1210 可具有小于上部电极 1202 的表面积 A_1 的表面积 A_2 。在此些情况下,在上部电极 1202 与下部电极 1210 之间施加电压将导致非均匀电场和中间电极 1206 上的净向下力,其可使中间电极 1206 移动以接触下部电极 1210。如别处所解释,可利用此移动以通过与下部电极 1210 的物理接触来使中间电极 1206 带电。

[0137] 上部电极 1202 和下部电极 1210 可经配置以在所述两者之间产生电场,所述电场能够在跨越上部电极 1202 和下部电极 1210 施加电压 V 时使被电隔离的电荷中性中间电极 1206 移动。两个电容器 (C_{top} 为上部电极与中间电极之间的电容且 C_{bot} 为中间电极与下部电极之间的电容)的串联组合由下式给出

[0138]

$$C_{total} = \frac{1}{\frac{1}{C_{top}} + \frac{1}{C_{bot}}} = \frac{1}{\frac{d_2}{\epsilon_0 \epsilon_{top} A_1} + \frac{(g-d_2)}{\epsilon_0 \epsilon_{bot} A}} = \frac{1}{d_2 \left(\frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_{top} A_1} - \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_{bot} A} \right) + \frac{g}{\epsilon_0 \epsilon_{bot} A}} \quad (5)$$

[0139] 其中 ϵ_0 为自由空间的电容率, ϵ_{top} 为填充上部电极与中间电极之间的顶部间隙的相对介电常数, A_1 为上部电极的表面积, ϵ_{bot} 填充下部电极与中间电极之间的下部间隙的相对介电常数, d_2 为上部电极与中间电极之间的间隙, g 为上部电极与下部电极之间的总距离, 且 A 为其它下部电极和中间电极的表面积。如果电极面积和填充介电常数对顶部和底部电容性区段而言是相同的, 则总电容值为与上部电极与下部电极之间的距离 (例如, 距离 d_2) 无关的常数。如果电极大小和 / 或间隙填充介质的介电常数存在不平衡, 则总电容变为中间电极置于上部电极与下部电极之间的所在处的函数。电系统将设法通过使中间电极单调地向上或向下移动来增加电容, 且增量电容的此不平衡 (随间隙距离增加) 可为作用于被隔离且不带电的中间电极的力。

[0140] 在上文参看图 12 所描述的一个实施方案中, 具有两个不同表面积的上部电极 1202 和下部电极 1210 经配置以在所述两个电极之间产生电场, 所述电场能够使被电隔离的电荷中性中间电极 1206 移动。如上文所解释, 总电容为中间电极 1206 置于上部电极 1202 与下部电极 1210 之间的所在处的函数。跨越上部电极 1202 和下部电极 1210 施加电压 V 产生可影响中间电极 1206 以朝向上部电极 1202 或下部电极 1210 移动的非均匀电场。在另一实例中, 可通过产生于具有不同形状的上部电极和下部电极之间的电场来移动被电隔离的电荷中性中间电极 1206。在一个实施方案中, 具有不同形状的上部电极和下部电极具有相同或实质上相同的表面积。在另一实施方案中, 具有不同形状的上部电极和下部电极具有不同表面积。这些实施可在上部电极与下部电极之间的特定区域中产生更多电场线, 从而增加这些区域中的电场的通量。在下文参看图 15A 所论述的另一实例中, 在上部电极与下部电极之间施加的电压 (其中接地的互补电极靠近上部电极) 可产生可影响被电隔离的电荷中性中间电极以朝向上部电极移动的电场。在又一实施方案中, 不能近似为平行板电极配置的下部和上部电极配置可产生能够使被电隔离的电荷中性中间电极移动的电场。在再一实施方案中, 上部电极 1202 与中间电极 1206 之间的上部间隙或下部电极 1210 与中间电极 1206 之间的下部间隙可用电介质流体或气体填充, 或上部间隙和下部间隙两者可用电介质流体或气体填充。电容随上部间隙改变的改变率不同于电容随下部间隙改变的改变率, 从而在跨越上部电极 1202 和下部电极 1210 施加电压 V 后即刻使中间电极 1206 朝向上部电极 1202 或下部电极 1210 移动。虽然可将特定实施方案描述为与非均匀电场和 / 或特定电容特性有关, 但所属领域的技术人员将理解, 可存在用以表征和描述这些实施方案的电和物理性质的其它方式, 且所包括的描述无意为限制性的。

[0141] 复合电极配置

[0142] 图 15A 展示模拟干涉式调制器 1500 的横截面的实例, 模拟干涉式调制器 1500 包括中间可移动电极 1506、上部电极 1502 和与上部电极 1502 间隔开恒定间隙 g 的下部电极 1510。在松弛 (或未激活) 位置中, 中间电极 1506 被电隔离且位于间隙 g 内。在此实施方案中, 中间电极 1506 可具有零净电荷。

[0143] 调制器 1500 还包括相对于上部电极 1502 横向地对准的互补电极 1524。在所说明的实施方案中, 互补电极 1524 连接到电接地且与上部电极 1502 电隔离, 以使得互补电极

1524 和上部电极 1502 为两个电独立的电极。

[0144] 然而,如图 15B 中所说明且下文参看图 32 更详细地描述,上部电极 1502 和互补电极 1524 可经配置以在校准程序期间电连接以形成“复合”电极 1526。图 15B 展示在已形成复合电极 1526 之后的模拟干涉式调制器 1500 的实例。在本文中引用时,“复合电极”指代两个电极,所述两个电极在其电连接时的状态下包括于复合电极中。复合电极 1526 具有表面积 A_2 ,在一些实施方案中,所述表面与下部电极 1510 的表面积 A_1 相同或实质上相同。在一个实施方案中,当互补电极 1524 电连接到上部电极 1502 以形成复合电极 1526 时,复合电极 1526 经配置为平行板,以使得跨越复合电极 1526 和下部电极 1510 施加电压产生大体上均匀的电场。此均匀电场可在正常 IMOD 操作期间使用以(例如)使中间电极 1506 移动到各种位置以反射各种色彩。另外,在参看图 26 到 33 所描述的激活程序和校准程序期间,互补电极 1524 可辅助中间电极 1506 的激活和校准,如下文所描述。

[0145] 在一些实施方案中,互补电极 1524 可安置于中间电极 1506 下方且相对于下部电极 1510 横向地对准,以使得下部电极 1510 和互补电极 1524 可形成复合电极 1526。

[0146] 再次参看图 15A,其中互补电极 1524 连接到电接地且与上部电极 1502 电隔离,图 15A 中所说明的电极配置可针对给定的施加电压 V 增加作用于中间电极 1506 的向上电力。互补电极 1524 可包括在电极的左末端和右末端处的中间电极 1506 的顶侧 1528 上的正电荷。因为中间电极 1506 为净电荷中性且被电隔离,所以下部电极 1510 在中间电极 1506 的底侧 1530 上诱发比图 12 中所说明的配置中小的正电荷。结果,作用于中间电极 1506 的向上力的量值与图 12 中所示的配置相比有所增加,其中电场非均匀性仅经由不同面积的上部电极和下部电极来实现。

[0147] 图 16 展示将图 15A 中所示的模拟干涉式调制器配置表征为等效电路的示意图的实例。现将参看图 16 进一步更详细地描述作用于中间电极 1506 的力。在此实施方案中,下部电极 1510 的表面积为 A ,上部电极 1502 的表面积为 αA ,且接地的互补电极 1524 的表面积为 $(1-\alpha)A$ 。上部电极 1502 与中间电极 1506 之间的电位差由以下等式给出:

$$[0148] \quad \Delta V_2 = \frac{(C_1 + C_p)}{C_1 + C_2 + C_p} V = \frac{\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1-\alpha}{d_2} \right)}{\frac{1}{d_1} + \frac{\alpha}{d_2} + \frac{1-\alpha}{d_2}} V \quad (6)$$

[0149] 下部电极 1510 与中间电极 1506 之间的电位差由以下等式给出:

$$[0150] \quad \Delta V_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2 + C_p} V = \frac{\left(\frac{\alpha}{d_2} \right)}{\frac{1}{d_1} + \frac{\alpha}{d_2} + \frac{1-\alpha}{d_2}} V \quad (7)$$

[0151] 作用于中间电极 1506 的净力在向上方向上(例如,朝向上部电极 1502)且由以下等式给出:

$$[0152] \quad F = \frac{\epsilon_0 \alpha A (\Delta V_2)^2}{2d_2^2} + \frac{\epsilon_0 (1-\alpha) A (\Delta V_1)^2}{2d_2^2} - \frac{\epsilon_0 A (\Delta V_1)^2}{2d_1^2} \quad (8)$$

[0153] 比较等式 (8) 与以上等式 (4), 显然, 等式 (8) 中所示的净力的量值 (对应于图 15A 中所说明的实施方案) 大于图 12 中所说明的实施方案中的作用于中间电极 1206 的净力的量值。

[0154] 图 17 展示以对数尺度说明作为上部电极 1202、1502 与中间电极 1206、1506 之间的距离 d_2 的函数的作用于图 12 配置中的中间电极 1206 和作用于图 15A 配置中的中间电极 1506 的净向上力的量值的图表的实例。在两个实施方案中, 施加于上部电极 1202、1502 与下部电极 1210、1510 之间的电压 V 为 100 伏且面积因子 α 为 0.25。图 17 表明作用于图 15A 配置 (其中互补电极 1524 连接到电接地且与上部电极 1502 电隔离) 中的中间电极 1506 的净力 F 的量值大于作用于单一上部电极 1202 配置 (其中 d_2 小于 700nm) 的中间电极 1206 的净力 F 的量值。因此, 图 15A 中所说明的电极配置可针对给定电压 V 增加作用于中间电极 1506 的向上电力。

[0155] 图 18 到 20 说明包括可电隔离和 / 或连接以形成复合电极的上部电极和互补电极的各种电极配置。图 18 展示图 15A 中所示的互补电极 1524 和上部电极 1502 的平面图的实例。在此实施方案中, 当圆形上部电极 1502 电连接到环形互补电极 1524 时, 复合电极可以环配置形成。互补电极 1524 相对于上部电极 1502 横向地对准。在此配置中, 上部电极 1502 横向地定位于环形互补电极 1524 内。

[0156] 本文中所描述的复合电极的实施方案不限于圆形或环形状。举例来说, 图 19 展示包括电隔离和 / 或连接到正方形 - 框架形状的互补电极 1924 的正方形形状的上部电极 1902 的另一电极配置的实例。上部电极 1902 横向地定位于正方形形状的互补电极 1924 内。当电连接时, 上部电极 1902 和互补电极 1924 可形成具有与下部电极 1910 的表面积相同的表面积的复合电极。

[0157] 图 20 展示互锁配置的实例, 其中互补电极 2024 相对于上部电极 2002 横向地对准。当电连接在一起时, 电极 2002、2024 可形成具有与下部电极 2010 的表面积相同或实质上相同的表面积的复合电极。所属领域的技术人员将理解, 复合电极的其它形状和配置也是可能的。

[0158] 将电荷置于电极上

[0159] 上文所述的模拟干涉式调制器的实施方案可激活电荷中性的被电隔离中间电极, 以使得所述中间电极在非均匀电场存在的情况下朝向上部或下部电极移动。现将参看图 21 到 25 描述在激活中间电极的移动之后将电荷提供到中间电极的方法。

[0160] 电极的直接充电

[0161] 图 21 展示包括中间电极 2106 和上部电极 2102 和下部电极 2110 的模拟干涉式调制器 2100 的横截面的实例。在此实施方案中, 上部电极 2102 具有小于中间电极 2106 和下部电极 2110 的表面积的表面积。说明在上部电极 2102 与下部电极 2110 之间存在非均匀电场的情况下被激活之前的中间电极 2106。在被激活之前, 中间电极 2106 安置于上部电极 2102 与下部电极 2110 之间的间隙 g 中的第一位置中。如上文参看图 12 所详细描述, 中间电极 2106 在所述第一位置中被电隔离。在激活之前, 中间电极 2106 具有净中性电荷。调制器 2100 还可包括一个或一个以上电触点, 例如, 安置于上部电极 2102 上的一个或一个以上导电柱 2132。

[0162] 图 22 展示说明用于将电荷提供到图 21 中的调制器 2100 的中间电极上的一种方

法 2200 的流程图的实例。方法 2200 开始于方框 2202, 在方框 2202 中, 施加充电激活电压 V_{charge} 以在上部 (或第一) 电极 2102 与下部 (或第二) 电极 2110 之间产生非均匀电场。在一些实施方案中, 电压 V_{charge} 可小于 100 伏。在其它实施方案中, 电压 V_{charge} 可介于约 10 伏与约 20 伏之间。在一些情况下, 电压 V_{charge} 在约 20 伏以下。如上文更详细地描述, 中间电极 2106 可经激活, 且在具有相异面积的电极 2102 和 2110 之间的非均匀电场的影响下朝向上部电极 2102 或下部电极 2110 移动。

[0163] 在方框 2204 处, 在施加充电激活电压后, 中间电极 2106 即刻在间隙 g 内朝向第一或第二电极移动。图 22 的描述的其余部分将参考上部 (第一) 电极来描述所述工艺, 但将理解, 还可使用下部电极、使用适当极性的所施加充电激活电压来实施方法 2200。在中间电极 2106 朝向上部电极 2102 移动的实施方案中, 中间电极 2106 在非均匀电场的影响下在向上方向上朝向上部电极 2102 移动。换句话说, 中间电极 2106 朝向较接近上部电极 2102 的第二位置移动远离间隙 g 中的第一位置。在方框 2206 处, 中间电极 2106 移动到间隙 g 中的第二位置, 且接触电连接到上部电极 2102 的导电结构 (例如, 导电柱 2132)。在图 23 中展示中间电极 2106 处于间隙 g 中的所述第二位置中的实例。

[0164] 图 23 展示调制器 2100 的横截面的实例, 其说明在中间电极 2106 与上部电极 2102 上的导电柱 2132 接触之后处于第二位置中的中间电极 2106。当移动到第二位置时, 中间电极 2106 接触导电柱 2132, 且中间电极 2106 电连接到上部电极 2102 (经由导电柱 2132) 且不再被电隔离。

[0165] 再次参看图 22, 接下来, 在方框 2208 处, 改变中间电极 2106 上的电荷。在进行电接触之后, 中间电极 2106 开始经由导电柱 2132 通过耗散或“泄漏”其电荷而失去其负电荷中的一些。因此, 中间电极 2106 在第二位置中不是电荷中性的, 且随着泄漏继续而变得越来越带正电。在一些实施方案中, 导电柱 2132 为提供电阻以减小中间电极 2106 上的电荷的改变率的电阻性柱。在一些实施方案中, 电阻器存在于导电柱 2132 与接地之间的路径中。

[0166] 可感测中间电极 2106 与上部电极 2102 之间的接触, 以使得可测量电荷开始从中间电极 2106 泄漏的时间。在一个实施方案中, 一旦中间电极 2106 上的电荷在方框 2208 处开始改变, 便将充电激活电压 V_{charge} 降低到选定校准电压 V_{cal} 。下文将参看图 31 中的方框 3104 更详细地论述用于确定经界定校准电压 V_{cal} 的方法。

[0167] 还可测量负电荷从中间电极 2106 耗散的速率。在一个实施方案 (将参看图 37 更详细地论述) 中, 可通过增加中间电极 2106 与上部电极 2102 之间的导电路径的电阻来降低耗散的速率。举例来说, 可通过经由电阻器将导电柱 2132 连接到上部电极 2102 来增加电阻。或者, 导电柱 2132 可由高电阻材料制成。

[0168] 由于中间电极 2106 显现出净正电荷, 所以作用于中间电极 2106 的净向上电力减小。中间电极 2106 最终显现出恰好足够的净正电荷, 使得作用于中间电极 2106 的向上电力不再可与由作用于中间电极 2106 的机械弹簧力对中间电极 2106 施加的向下机械力平衡。

[0169] 在方框 2210 处, 中间电极 2106 打破与导电柱 2132 的接触, 且在向下方向上移动远离上部电极 2102 到达间隙 g 中的第三位置。在一个实施方案中, 中间电极 2106 在打破接触之后移动到恰在导电柱 2132 下方的第三位置。如本文中所使用, “恰在”导电柱 2132 “下方”定位的中间电极 2106 并不与导电柱 2132 物理接触。在一个实施方案中, 当中间电极 2106 移动到恰在导电柱 2132 下方的第三位置时, 中间电极 2106 移动到在导电柱 2132 下方

约 10 纳米的距离。在打破与导电柱 2132 的电接触之后,中间电极 2106 被电隔离。与第一位置中的净中性中间电极 2106 相比,中间电极 2106 在所述第三位置中为带正电的。

[0170] 方法 2200 接下来移到方框 2212,在方框 2212 中,校准中间电极 2106 上的电荷。下文参看图 39 到 41 描述用于校准中间电极 2106 上的电荷的装置和方法。

[0171] 当中间电极 2106 在方框 2210 处移动到所述第三位置时,中间电极 2106 上的正电荷的量与固持中间电极 2106 的弹簧力的强度(例如,弹簧的刚度)有关。弹簧力越强,中间电极 2106 打破与导电柱 2132 的接触越快,从而导致中间电极 2106 具有比连接较久的情况下少的正电荷。在一个实施方案中,例如,支撑第一中间电极 A 的弹簧比固持第二中间电极 B 的弹簧相对更具刚性。结果,在相对较强的弹簧机械力作用以使第一中间电极 A 远离上部电极 2102 向下移动之前,较少负电荷从第一中间电极 A 泄漏(且因此较少正电荷被赋予第一中间电极 A)。相比而言,在由相对较弱的弹簧赋予的机械力将克服作用于第二中间电极 B 的向上电力之前,较多负电荷从第二中间电极 B 泄漏(且较多正电荷被赋予第二中间电极 B)。

[0172] 对电极的感应充电

[0173] 图 24 展示能够将电荷提供到电荷中性的被电隔离中间电极上的模拟干涉式调制器 2400 的横截面的实例。调制器 2400 类似于图 21 中所示的调制器 2100 且包括中间电极 2406、上部电极 2402 和下部电极 2410。在此实施方案中,调制器 2400 包括相对于上部电极 2402 横向地对准的互补电极 2424。如上文参考图 15B 中所说明的复合电极 1526 所描述,互补电极 2424 和上部电极 2402 可电连接以形成复合电极。然而,在图 24 中所说明的实施方案中,互补电极 2424 与上部电极 2402 电隔离且连接到电接地。

[0174] 如所说明,中间电极 2406 在激活之前安置于上部电极 2402 与下部电极 2410 之间的间隙中的第一位置中。中间电极 2406 在所述第一位置中被电隔离。在激活之前,中间电极 2406 具有净中性电荷。调制器 2400 还可包括一个或一个以上电触点。举例来说,一个或一个以上导电柱 2432 安置于互补电极 2424 上。

[0175] 模拟调制器 2400 的实施方案可根据图 22 中所说明的方法 2200 经由感应将电荷提供到中间电极 2406。举例来说,施加充电激活电压 V_{charge} 以在上部或第一电极 2402 与下部或第二电极 2410 之间产生非均匀电场。在方框 2204 处,中间电极 2406 在非均匀电场的影响下在间隙中在向上方向上朝向上部电极 2402 移动。中间电极 2406 朝向较接近上部电极 2402 的第二位置移动远离间隙中的所述第一位置。在方框 2206 处,中间电极 2406 移动到间隙中的第二位置且接触互补电极 2424 上的导电柱 2432,且中间电极 2406 接收电荷。

[0176] 图 25 展示调制器 2400 的横截面的实例,其说明在中间电极 2406 与互补电极 2424 上的导电柱 2432 接触之后处于第二位置中的中间电极 2406。当中间电极 2406 接触导电柱 2432 时,中间电极 2406 在所述第二位置中不再被电隔离且直接电连接到互补电极 2424(经由导电柱 2432)。中间电极 2406 与互补电极 2424 之间的此接触提供到接地的路径,所述路径提供中间电极 2406 的感应充电。

[0177] 在图 22 的方框 2208 处,改变中间电极 2406 上的电荷。在进行电接触之后,中间电极 2406 上的正电荷开始经由导电柱 2432 耗散(或泄漏)。因此,中间电极 2406 在第二位置中不为电荷中性的,且随着泄漏继续而变得越来越带负电。中间电极 2406 上的电荷耗散的速率可得到控制。举例来说,在参看图 29 所描述的实施方案中,使用将互补电极 2424

和导电柱 2432 连接到接地的电阻器（图 24 到 25 中未说明）来降低耗散的速率。

[0178] 一旦放电在方框 2208 处开始，充电激活电压 V_{charge} 即可降低到选定校准电压 V_{cal} 。随着放电继续且中间电极 2406 显现出净负电荷，上部电极 2402 与中间电极 2406 之间的吸引力减小。中间电极 2406 最终显现出恰好足够的净负电荷，使得作用于中间电极 2406 的向上电力不可再与对中间电极 2406 施加的将中间电极 2406 定位于间隙中的向下机械力平衡。

[0179] 再次参看图 22，在如图 25 中所示的接触之后，在方框 2210 处，中间电极 2406 打破与导电柱 2432 的接触且在向下方向上移动远离上部电极 2402 到达间隙中的第三位置。当在方框 2210 处释放中间电极 2406 时，中间电极 2406 上的正电荷的量与固持中间电极 2406 的弹簧的刚度有关，如上文更详细地描述。

[0180] 在打破与导电柱 2432 的电接触且移动到所述第三位置之后，中间电极 2406 再次被电隔离，但现为带负电的。模拟干涉式调制器 2400 的实施方案因此可通过使中间电极经受非均匀电场且使中间电极移动以与带电板（例如，在上文所述的实施方案中，互补电极 2424）电接触而以感应方式对净中性的被电隔离中间电极进行充电。

[0181] 方法 2200 接下来移动到方框 2212，在所述方框中，校准中间电极 2406 上的电荷。下文参看图 31 到 33 描述用于校准中间电极 2406 上的电荷的装置和方法。

[0182] 所属领域的技术人员将理解，本文中所描述的激活和充电方法和装置不限于经受所施加电压的上部电极 2402。举例来说，在一个实施方案中，上部电极 2402 连接到接地，且在互补电极 2424 与下部电极 2410 之间施加充电激活电压以产生非均匀电场。在此实施方案中，导电柱 2432 可安置于上部电极 2402 上。

[0183] 校准电极上的电荷

[0184] 除了激活电极以及将电荷提供到电极上之外，本文中所描述的模拟干涉式调制器的实施方案可校准已置于电极上的电荷。校准干涉式调制器的阵列中的中间电极上的电荷可补偿固持中间电极的机械结构的弹簧常数的变化。在下文详细描述校准程序之后，将一系列带正电或带负电的被电隔离中间电极悬置于其相应上部电极与下部电极之间。每一经校准中间电极上的正（或负）电荷随固持所述电极的特定弹簧的刚度而变。

[0185] 举例来说，在本文中所描述的校准程序之后，由相对较弱的弹簧支撑的中间电极 E_1 将具有比由相对较强的弹簧支撑的中间电极 E_2 少的正电荷。如果跨越与 E_1 和 E_2 相关联的上部电极和下部电极施加例如 1 伏的一个全局电压，则来自所施加电场的作用于 E_1 和 E_2 的所得电力将与 E_1 和 E_2 上的电荷成比例。作用于具有更大正电荷的 E_2 的力将大于作用于具有较少正电荷的 E_1 的力。作用于 E_2 的较大电力可补偿由所述电极的较刚性弹簧施加的较大机械力，以使得所述电极将移动到与具有相同所施加电压的 E_1 相同的位置。因此，不管一系列中间电极的相关联弹簧常数的变化，可使用所述电极上的电荷的校准来使所述电极移动到相同位置。

[0186] 电极的感应充电和校准

[0187] 现将参看图 26 到 33 详细地描述用于以感应方式对电荷中性的被电隔离电极进行充电和校准的系统和方法。

[0188] 图 26 展示模拟干涉式调制器 2600 的横截面的实例，模拟干涉式调制器 2600 能够将电荷提供到电荷中性的被电隔离电极上且能够随后校准所述电荷以考虑到作用于所述

电极的特定机械弹簧力。调制器 2600 包括通过间隙 g 与下部或第二电极 2610 分离的上部或第一电极 2602。调制器 2600 还包括相对于上部电极 2602 横向地对准的互补电极 2624。调制器 2600 还包括开关 2638, 开关 2638 允许互补电极 2624 电连接到上部电极 2602, 或者, 开关 2638 允许互补电极 2624 连接到接地。

[0189] 调制器 2600 还包括悬置于间隙 g 中且由弹簧 2634 支撑的中间电极 2606。当中间电极 2606 在第一位置中悬置于间隙 g 中时 (如图 26 中所示), 中间电极 2606 被电隔离。所述中间电极在所述第一位置中还为电荷中性的。当中间电极 2606 移动远离所述第一位置时, 由弹簧 2634 施加到中间电极 2606 的机械恢复力作用以使中间电极 2606 恢复到所述第一位置。

[0190] 互补电极 2624 包括一个或一个以上导电柱 2632。在一些实施方案中, 互补电极 2624 最初与上部电极 2602 电隔离, 且经由电阻性元件 2636 连接到电接地。在一个实施方案中, 电阻性元件 2636 为经配置以减小通过导电柱 2632 的电流的电阻器。如下文参看图 32 所描述, 互补电极 2624 和上部电极 2602 可电连接以形成复合电极 2626。

[0191] 图 27 展示调制器 2600 的横截面的实例, 其说明安置于上部电极 2602 与下部电极 2610 之间的间隙 g 中的第一位置中的中间电极 2606。将充电激活电压 V_{charge} 施加到上部电极 2602 和下部电极 2610 以在所述电极之间产生非均匀电场, 如上文参看图 15 和 24 更详细地描述。

[0192] 图 28 展示在中间电极 2606 在非均匀电场的影响下被激活之后的调制器 2600 的横截面的实例。在此视图中, 中间电极 2606 已朝向上部电极 2602 向上移动远离所述第一位置, 但中间电极 2606 仍被电隔离且是电荷中性的 (具有与负电荷相同数目的正电荷)。

[0193] 图 29 展示在中间电极 2606 已与互补电极 2624 上的导电柱 2632 进行电接触之后处于第二位置中的中间电极 2606 的横截面的实例。如参看图 25 更详细地描述, 中间电极 2606 上的负电荷受上部电极 2602 上的正电荷束缚, 而中间电极 2606 与互补电极 2624 之间的电接触中和中间电极 2606 上的正电荷。由弹簧 2634 对中间电极 2606 施加的机械恢复力小于由上部电极 2602 与下部电极 2610 之间的电场施加的电力。随着中间电极 2606 上的正电荷继续经由与导电柱 2632 的电接触而耗散, 中间电极 2606 变得越来越带负电。以上和本发明中别处的描述假设在下部电极 2610 与上部电极 2602 之间施加正电压。然而, 在所施加的充电激活电压为负的实施方案中, 中间电极 2606 上的负电荷将耗散, 使得中间电极 2606 变得越来越带正电。

[0194] 中间电极上的电荷的耗散速率可得到控制。举例来说, 在一个实施方案中, 通过经由电阻器 2636 将导电柱 2632 和互补电极 2624 连接到电接地来控制 / 或降低放电速率。可通过选择用以将导电柱 2632 和互补电极 2624 连接到电接地的具有特定或所要电阻的电阻器 2636 来降低放电速率。

[0195] 图 30 展示在恢复弹簧力克服作用于中间电极 2606 的电力且将中间电极 2606 向下拉动远离上部电极 2602 之后处于第三位置中的中间电极 2606 的横截面的实例。中间电极再次被电隔离, 但现为带负电的。中间电极 2606 上的负电荷与支撑中间电极 2606 的弹簧 2634 的刚度有关。

[0196] 已参看图 26 到 30 描述了激活中间电极 2606 以及将电荷提供到中间电极 2606 上的方法。现将参看图 31 到 33 描述用于校准置于中间电极 2606 上的电荷的方法和系统。

[0197] 图 31 展示说明用于使用（例如）图 26 的调制器 2600 校准中间电极上的电荷的量的方法 3100 的流程图的实例。在以下的揭示内容中，还将参考图 32 和 33 中所说明的特征，因为所述特征与图 31 中所说明的方法 3100 中的方框有关。方法 3100 开始于方框 3102，在所述方框中，将互补电极 2624 电连接到上部电极 2602 以形成复合电极 2626。在一个实施方案中，电极 2624 和 2602 与经配置以隔离或连接电极 2624 和 2602 的一个或一个以上开关 2638 连接在一起。在一些方面中，每一调制器 2600 包括每个像素 2 个开关。在另一实施方案中，开关 2638 包括可闭合以形成复合电极 2626 或断开以将复合电极 2626 分段成两个独立电极：互补电极 2624 和上部电极 2602 的晶体管。

[0198] 图 32 展示在一个或一个以上开关 2638 已闭合以形成复合电极 2626 之后的调制器 2600 的横截面的实例，复合电极 2626 包括互补电极 2624 和上部电极 2602。互补电极 2624 不再与上部电极 2602 电隔离，但经由电阻器 2636 电连接到所述上部电极。现在，互补电极 2624 和上部电极 2602 均与接地电隔离。在一个或一个以上开关 2638 闭合之后，复合电极 2626 的表面积与下部电极 2610 的表面积相同或实质上相同。

[0199] 在激活中间电极 2606 且使其带电之后，如上文参看图 26 到 30 所描述，中间电极 2606 保持在复合电极 2626 与下部电极 2610 之间的间隙中的第三位置中。在一些实施方案中，将中间电极 2606 在校准程序开始时的位置称为“第一”位置。所属领域的技术人员将理解，无论是将中间电极 2606 描述为在充电程序结束时处于“第三”位置中还是在校准程序开始时处于“第一位置”中，中间电极 2606 均处于间隙 g 中的相同位置中。

[0200] 再次参看图 31，在方框 3104 中，在下部电极 2610 与复合电极 2626 之间施加等于选定校准电压 V_{cal} 的电压。不同于上文所论述的用以将电荷放置到中间电极 2606 上的充电激活电压，施加于下部电极 2610 与复合电极 2626 之间的电压 V_{cal} 经配置以在电极 2602 与 2626 之间形成均匀或实质上均匀的电场。在一些方面中，电压 V_{cal} 可在 100 伏以下。在其它方面中，电压 V_{cal} 可介于约 10 伏与约 20 伏之间。在一些情况下，电压 V_{cal} 在约 20 伏以下。控制器可经配置以在校准程序期间跨越复合电极 2626 和下部电极 2610 施加所述校准电压。

[0201] 在一些实施方案中，在制造调制器 2600 或调制器 2600 的阵列时确定校准电压 V_{cal} 。举例来说，可首先估计作用于调制器的阵列中的每一调制器 2600 中的中间电极 2606 的机械弹簧力以确定所述阵列中的机械弹簧力的范围。接着可调整此范围以考虑到调制器 2600 的阵列的预期寿命期间的归因于老化、环境因素和其它影响而引起的机械弹簧力的预期改变。接着可基于此信息来选择待施加到阵列中的每一调制器 2600 的单一校准电压 V_{cal} 。在一个实施方案中，选择 V_{cal} 以确保阵列中的具有最强机械弹簧力的调制器 2600 将朝向与复合电极 2626 电接触的第二位置向上移动。在另一实施方案中，选择 V_{cal} 以确保当跨越阵列将 V_{cal} 施加到每一调制器 2600 时，阵列中的每一调制器 2600 中的中间电极 2606 朝向与复合电极 2626 电接触的第二位置向上移动。

[0202] 所述方法接下来移动到方框 3106，在所述方框中，带负电的中间电极在下部电极 2610 与复合电极 2626 之间的均匀电场的影响下朝向复合电极 2626 移动。由所述电场施加到中间电极 2606 的电力因此使中间电极 2606 朝向与复合电极 2626 电接触的第二位置移动远离所述第一位置。接下来，在方框 3108 处，中间电极 2606 到达所述第二位置且经由互补电极 2624 上的一个或一个以上导电柱 2632 电连接到复合电极 2626。

[0203] 图 32 展示调制器 2600 的横截面的实例,其说明处于第二位置中且接触导电柱 2632 的中间电极 2606。中间电极 2606 在所述第二位置中不再被电隔离且直接电连接到复合电极 2626 (经由导电柱 2632)。

[0204] 再次参看图 31,在方框 3110 中,改变中间电极 2606 上的电荷。在中间电极 2606 接触复合电极 2626 之后,中间电极 2606 上的电荷中的一些被中和,直到中间电极 2606 不再可抵抗弹簧 2634 的机械恢复力。

[0205] 接下来移动到方框 3112,当机械恢复力超过施加到第三电极 2606 的电力时,中间电极 2606 在向下方向上移动到间隙 g 中的第三位置。校准程序中的第三位置 (例如,图 31 中的方框 3112 中所参考的第三位置) 可以 (但未必) 与激活程序中的第三位置 (例如,图 22 中的方框 2210 中所参考的第三位置) 相同。图 33 展示在中间电极与导电柱 2632 分离且移动到第三位置 (因此隔离保留在中间电极 2606 上的负电荷) 之后的调制器 2600 的横截面的实例。当在方框 3112 处释放中间电极 2606 时,中间电极 2606 上的负电荷的量与固持中间电极 2606 的弹簧的刚度有关。调制器 2600 现经校准且处于一操作范围或操作准备状态中。

[0206] 图 33A 展示具有具经校准电荷 Q_c 的中间电极 2606 的模拟干涉式调制器的横截面示意图的实例。经校准电荷 Q_c 与支撑中间电极 2606 的弹簧 2634 的刚度有关。在一个实施方案中,中间电极 2606 上的经校准电荷 Q_c 与支撑中间电极 2606 的弹簧 2634 的刚度之间的关系展示于以下等式中:

$$[0207] \quad Q_c = \frac{\epsilon_0 A V_c}{2x_c} \left[1 - \sqrt{1 + \frac{4Kd_0 x_c^2}{\epsilon_0 A V_c^2}} \right] \quad (9)$$

[0208] 其中 ϵ_0 表示真空的介电电容率, A 表示中间电极 2606 的表面积, V_c 表示使上部电极 2602 带电的电压, x_c 表示从位于静止 (松弛) 位置处的中间电极 2606 的位置到导电柱 2632 的距离, K 表示弹簧常数,且 d_0 表示间隙 g 的距离。

[0209] 参看图 31 所描述的校准程序可适用于一阵列中的一系列调制器 2600。在图 31 中所描述的校准程序之后,将多个带负电的被电隔离中间电极悬置于其相应上部电极与下部电极之间。每一经校准中间电极上的负电荷随固持所述电极的特定弹簧的刚度而变。每一经校准中间电极上的负电荷的量还足以确保当跨越所有所述中间电极施加相同电压时,所述中间电极中的每一者将可靠地且一致地移动到相同位置。因此,不管一系列中间电极的相关联弹簧常数的变化如何,可使用所述电极上的电荷的校准来使所述电极移动到相同位置。

[0210] 可使用本文中所述的校准程序来校准显示器中的调制器 2600。在一个实施方案中,显示器包括布置在一阵列中的多个模拟干涉式调制器 2600。可跨越所述阵列中的多个调制器 2600 施加驱动电压以操作所述显示器且显示数据。操作所述显示器可包括激活所述阵列中的所述调制器的中间电极 2606 或使中间电极 2606 移动到由上部电极 2602 和下部电极 2610 形成的间隙中的各种位置以显示图像和 / 或数据。中间电极 2606 在间隙中的位置帮助确定模拟干涉式调制器像素的所反射显示色彩。操作或驱动所述显示器可导致电荷从多个调制器 2600 中的每一者中的中间电极 2606 耗散。在一些实施方案中,中间电极 2606 在操作所述显示器之后变为电荷中性的。在其它实施方案中,电荷在操作所述显示器之后保留在中间电极 2606 上。在一些实施方案中,可施加耗散电压以使中间电极 2606 接

触导电柱 2632 以便耗散来自中间电极 2606 的所有电荷。

[0211] 接着可执行参看图 26 到 33 所描述的激活程序、充电程序和校准程序以准备第二次在所述显示器上显示数据。调制器 2600 中的每一者中的互补电极 2624 可与上部电极 2602 电隔离且连接到电接地。接着可执行上文参看图 27 到 28 所描述的激活程序。举例来说,可跨越调制器 2600 中的每一者的上部电极 2602 和下部电极 2610 施加充电激活电压以在上部电极 2602 与下部电极 2610 之间的间隙中产生非均匀电场。所述充电激活电压可与所述驱动电压相同或实质上相同。如参看图 27 到 28 所描述,调制器 2600 中的每一者中的中间电极 2606 将被激活或朝向上部电极 2602 移动。

[0212] 接着可跨越所述阵列中的所有调制器 2600 执行参看图 29 到 30 所描述的充电程序。如参看图 31 到 33 所描述,接着可对每一调制器 2600 执行校准程序以校准已置于每一中间电极 2606 上的电荷。在一个实施方案中,用以在校准程序期间激活中间电极 2606 的校准电压小于充电激活电压。在校准程序之后,调制器 2600 处于操作准备状态。可跨越所述多个调制器再次施加驱动电压以操作所述显示器显示数据,从而再次开始循环。在一些实施方案中,在再次开始循环之前,可施加耗散电压以使中间电极 2606 返回电荷中性状态(如上所述),或中间电极 2606 在使其进一步带电且接着被校准时仍可保持一些电荷。将理解,操作(例如,数据显示)、激活、充电和校准的上述循环可在有用的情况下进行重复且进行调整以考虑到装置的使用寿命内的从中间电极 2606 的电荷泄漏的速率的变化。

[0213] 电极的无开关充电和校准

[0214] 现将参看图 34 到 41 详细地描述用于在不使用开关的情况下对电荷中性的被电隔离电极进行充电和校准的系统和方法。

[0215] 图 34 展示使用无开关校准几何形状的模拟干涉式调制器 3400 的横截面的实例,模拟干涉式调制器 3400 能够将电荷提供到电荷中性的被电隔离电极上、接着校准所述电荷以考虑到作用于所述电极的特定机械弹簧力。调制器 3400 包括通过间隙 g 与下部或第二电极 3410 分离的上部或第一电极 3402。调制器 3400 还包括悬置于间隙 g 中且由弹簧 3434 支撑的中间电极 3406。

[0216] 当中间电极 3406 在第一位置中悬置于间隙 g 中时(如图 34 中所示),中间电极 3406 被电隔离。所述中间电极在所述第一位置中也为电荷中性的。当中间电极 3406 移动远离所述第一位置时,由弹簧 3434 施加到中间电极 3406 的机械恢复力作用以使中间电极 3406 恢复到所述第一位置。

[0217] 调制器 3400 包括相对于上部电极 3402 横向地对准的一个或一个以上电阻性触点或柱 3432。导电柱 3432 经由电阻性元件 3436 电连接到上部电极 3402。在一个实施方案中,电阻性元件 3436 为经配置以减小通过导电柱 3432 的电流的电阻器。

[0218] 图 35 展示在激活和充电程序开始时的调制器 3400 的横截面的实例。如图 27 中所示,中间电极 3400 最初为电荷中性的。施加充电激活电压 V_{charge} 以在上部电极 3402 与下部电极 3410 之间产生非均匀电场(例如,上文参看图 12 和 23 更详细地描述)。在此实施方案中,作为所施加的电压 V_{charge} 的结果,上部电极 3402 具有正电荷且下部电极 3410 具有负电荷(相对于彼此)。

[0219] 图 36 展示在中间电极 3406 在非均匀电场的影响下被激活之后(如参看图 23 更详细地描述)的调制器 3400 的横截面的实例。在此视图中,中间电极 3406 已朝向上部电

极 3402 向上移动远离所述第一位置,但中间电极 3406 仍被电隔离且是电荷中性的。

[0220] 图 37 展示调制器 3400 的横截面的实例,其说明在中间电极 3406 已与导电柱 3432 电接触之后处于第二位置中的中间电极 3406。如参看图 23 更详细地描述,中间电极 3406 与导电柱 3432 之间的电接触减少中间电极 3406 上的负电荷。在一个实施方案中,通过经由电阻器 3436 将导电柱 3432 连接到上部电极 3402 来控制 / 或降低改变中间电极 3406 上的电荷的速率。举例来说,可通过选择用以连接导电柱 3432 和上部电极 3402 的具有特定或所要电阻的电阻器 3436 来控制 / 或降低改变中间电极 3406 上的电荷的速率。

[0221] 中间电极 3406 因此通过与导电柱 3432 的直接接触而带电。由弹簧 3434 对中间电极 3406 施加的机械恢复弹簧力小于由上部电极 3402 与下部电极 3410 之间的电场施加的电力。随着中间电极 3406 上的负电荷经由与导电柱 3432 的电接触而耗散,中间电极 3406 变得越来越带正电。

[0222] 图 38 展示调制器 3400 的横截面的实例,其说明在恢复弹簧力克服作用于中间电极 3406 的电力且将中间电极 3406 向下拉动远离导电柱 3432 之后处于第三位置中的中间电极 3406。中间电极再次被电隔离,但现为带正电的。中间电极 3406 上的正电荷与支撑中间电极 3406 的弹簧 3434 的刚度有关。在用以校准电荷的校准程序之前,中间电极 3406 现具有电荷且返回间隙 g 中的被电隔离位置。

[0223] 已参看图 34 到 38 描述了激活中间电极 3406 以及将电荷直接提供到中间电极 3406 上的方法。现将参看图 39 到 41 描述用于校准已置于中间电极 3306 上的电荷的方法和系统。

[0224] 在上文参看图 34 到 38 所描述的激活和充电程序结束时,中间电极 3406 保持在顶部电极 3402 与下部电极 3410 之间的间隙 g 中的所述第三位置中。在一些实施方案中,将中间电极 3406 在校准程序开始时的位置称为“第一”位置。

[0225] 图 39 展示说明用于使用图 34 的调制器 3400 校准中间电极上的电荷的一种方法 3900 的流程图的实例。方法 3900 开始于方框 3902,在所述方框中,将施加于上部电极 3402 之间的电压设定为选定校准电压 V_{cal} 。上文参看图 31 的方框 3104 更详细地描述用以确定 V_{cal} 的方法。在一些实施方案中,颠倒所施加的电压的极性,使得将负电压施加到上部电极 3402 且将正电压施加到下部电极 3410。

[0226] 在方框 3904 处,带正电的中间电极在上部电极 3402 与下部电极 3410 之间的电场的影响下朝向导电柱 3432 向上移动。由所述电场施加到中间电极 3406 的力使中间电极 3406 朝向与导电柱 3432 电接触的第二位置移动远离所述第一位置。

[0227] 接下来,在方框 3906 处,中间电极 3406 移动到所述第二位置且电连接到导电柱 3432。

[0228] 图 40 展示调制器 3400 的横截面的实例,其说明处于第二位置中且接触导电柱 3432 的中间电极 3406。中间电极 3406 在所述第二位置中不再被电隔离且直接电连接到导电柱 3432。

[0229] 接下来,在方框 3908 处,改变中间电极 3406 上的电荷。如图 40 中所示,在进行中间电极 3406 与导电柱 3432 之间的电接触之后,中间电极 3406 上的正电荷中的一些耗尽,直到中间电极 3306 不再可抵抗弹簧 3434 的机械恢复力。

[0230] 接下来移动到方框 3910,当机械恢复弹簧力超过施加到第三电极 3406 的力时,中

间电极 3406 在向下方向上移动到间隙 g 中的第三位置。图 41 展示在中间电极与导电柱 3432 分离且移动到第三位置（因此隔离保留在中间电极 3406 上的正电荷）之后的调制器 3400 的横截面的实例。当在方框 3910 处中间电极 3406 释放时，中间电极 3406 上的正电荷的量与固持中间电极 3406 的弹簧的刚度有关，如上文更详细地描述。调制器 3400 现经校准且处于一操作范围或操作准备状态中。

[0231] 参看图 39 所描述的校准程序可适用于阵列中的一系列调制器 3400。在图 39 中所描述的校准程序之后，将一系列带正电的被电隔离中间电极悬置于其相应的上部电极与下部电极之间。每一经校准中间电极上的正电荷随固持所述电极的特定弹簧的刚度而变。不管一系列中间电极的相关联弹簧常数的变化如何，可使用所述电极上的电荷的校准来针对给定所施加电压使所述电极移动到相同位置。

[0232] 可使用参看图 39 所描述的校准程序来校准显示器中的调制器 3400。在一个实施方案中，显示器包括布置在阵列中的多个模拟干涉式调制器 3400。可跨越所述阵列中的多个调制器 3400 施加驱动电压以操作所述显示器且显示数据。操作所述显示器可包括激活所述阵列中的所述调制器的中间电极 3406 或使中间电极 3406 移动到由上部电极 3402 和下部电极 3410 形成的间隙中的各种位置以显示图像和 / 或数据。操作所述显示器可导致电荷从多个调制器 3400 中的每一者中的中间电极 3406 耗散。在一些实施方案中，操作所述显示器可导致电荷从多个调制器 3400 中的每一者中的中间电极 3406 耗散，以使得中间电极 3306 具有未校准电荷。在一些实施方案中，通过施加耗散电压有目的地从中间电极 3406 耗散电荷。

[0233] 接着可执行参看图 34 到 41 所描述的激活、充电和校准程序以准备第二次在所述显示器上显示数据。为了开始，可执行上文参看图 35 到 36 所描述的激活程序。举例来说，可跨越调制器 3400 中的每一者的上部电极 3402 和下部电极 3410 施加充电激活电压以在上部电极 3402 与下部电极 3410 之间的间隙中产生非均匀电场。所述充电激活电压可与所述驱动电压相同或实质上相同。如参看图 35 到 36 所描述，调制器 3400 中的每一者中的中间电极 3406 将被激活或朝向上部电极 3402 移动。

[0234] 接着可跨越所述阵列中的所有调制器 3400 执行参看图 37 到 38 所描述的充电程序。如参看图 39 到 41 所描述，接着可对每一调制器 3400 执行校准程序以校准已置于每一中间电极 3406 上的电荷。在一个实施方案中，用以在校准程序期间激活中间电极 3406 的校准电压小于充电激活电压。在校准程序之后，调制器 3400 处于操作准备状态。可跨越所述多个调制器再次施加驱动电压以操作所述显示器显示数据，从而再次开始循环。在一些实施方案中，对任何给定调制器施加多个驱动电压以在再一次激活调制器、对调制器进行充电和校准之前在不同时间点显示不同色彩。在一些实施方案中，在再次开始循环之前，可施加耗散电压以使中间电极 3406 返回到电荷中性状态（如上所提及），或中间电极 3406 在其被进一步充电且接着校准时仍可保持一些电荷。操作（例如，数据显示）、激活、充电和校准的上述循环可在有用的情况下进行重复且进行调整以考虑到装置的使用寿命内的从中间电极 3406 的电荷泄漏的速率的变化。

[0235] 用以激活中间电极以便校准图 34 中所说明的“无开关”实施方案中的中间电极上的电荷的电压将大于在图 26 中所说明的实施方案中用以激活中间电极以用于校准的电压。图 34 中所说明的“无开关”实施方案中的上部电极 3402 具有比图 32 中所说明的实

方案中的复合电极 2626 小的表面积。如上文参看图 17 所描述,由图 34 中所说明的“无开关”实施方案中的较小上部电极 3402 施加的力将大体上小于由图 32 中所说明的实施方案中的复合电极 2626 施加的力,因此,通常将使用较高电压来激活中间电极。还将理解,图 34 中所说明的实施方案中的上部电极 3402 与下部电极 3410 之间的电容并非常数,而是随中间电极 3406 的位置而变。结果,上部电极 3402 与下部电极 3410 之间的电容为中间电极 3406 的位移的非线性函数。非线性的程度由上部电极 3402、中间电极 3406 和下部电极 3410 之间的面积的差异支配。

[0236] 本文中所述的激活、充电和校准方法和系统不限于机电系统装置或 MEMS 装置。本文中所述的方法和系统可用于涉及激活、电荷的放置或电极上的电荷的校准的任何显示装置中,例如 OLED 或 LCD 装置。本文中所述的装置、方法和系统还可实施于具有扭转镜和电极的装置中。举例来说,被电隔离的电荷中性扭转镜或电极可经激活以在非均匀场的影响下旋转地移动。

[0237] 图 42A 和 42B 展示说明包括多个干涉式调制器的显示装置 40 的系统方框图的实例。显示装置 40 可为(例如)智能电话或蜂窝式或移动电话。然而,显示装置 40 的相同组件或其微小变化还说明各种类型的显示装置,例如,电视、电子阅读器、手持式装置和便携式媒体播放器。

[0238] 显示装置 40 包括外壳 41、显示器 30、天线 43、扬声器 45、输入装置 48 和麦克风 46。外壳 41 可由多种制造工艺(包括注射模制和真空成形)中的任一者形成。另外,外壳 41 可由多种材料中的任一者(包括(但不限于)塑料、金属、玻璃、橡胶和陶瓷,或其组合)制成。外壳 41 可包括可与具有不同色彩或含有不同标识、图片或符号的其它可移除部分互换的可移除部分(未图示)。

[0239] 显示器 30 可为多种显示器中的任一者,包括如本文中所描述的双稳态或模拟显示器。显示器 30 还可经配置以包括平板显示器(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)。另外,如本文中所描述,显示器 30 可包括干涉式调制器显示器。举例来说,所述显示器可包括使用本文中所描述的方法操作、激活、充电和/或校准的模拟干涉式调制器像素。

[0240] 在图 42B 中示意地说明显示装置 40 的组件。显示装置 40 包括外壳 41 且可包括至少部分封闭于所述外壳中的额外组件。举例来说,显示装置 40 包括网络接口 27,网络接口 27 包括耦合到收发器 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,对信号滤波)。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 耦合帧缓冲器 28 和阵列驱动器 22,阵列驱动器 22 又耦合到显示阵列 30。电力供应器 50 可按特定显示装置 40 设计的要求将电力提供到所有组件。

[0241] 网络接口 27 包括天线 43 和收发器 47,使得显示装置 40 可经由网络与一个或一个以上装置通信。网络接口 27 还可具有一些处理能力以减轻(例如)处理器 21 的数据处理需求。天线 43 可发射和接收信号。在一些实施方案中,天线 43 根据包括 IEEE16.11(a)、(b) 或 (g) 的 IEEE16.11 标准或包括 IEEE802.11a、b、g 或 n 的 IEEE802.11 标准来发射和接收 RF 信号。在一些其它实施方案中,天线 43 根据蓝牙(BLUETOOTH)标准来发射和接收 RF 信号。在蜂窝式电话的情况下,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)、陆地集群无线电 (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, 或用以在例如利用 3G 或 4G 技术的系统的无线网络内进行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, 使得所述信号可由处理器 21 接收且进一步操纵。收发器 47 还可处理从处理器 21 接收的信号, 使得所述信号可经由天线 43 而从显示装置 40 发射。

[0242] 在一些实施方案中, 收发器 47 可由接收器取代。另外, 在一些实施方案中, 网络接口 27 可由图像源取代, 所述图像源可存储或产生待发送到处理器 21 的图像数据。处理器 21 可控制显示装置 40 的总体操作。处理器 21 从网络接口 27 或图像源接收数据 (例如, 经压缩的图像数据), 且将所述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 或发送到帧缓冲器 28 以供存储。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。举例来说, 这些图像特性可包括色彩、饱和度和灰度级。

[0243] 处理器 21 可包括微控制器、CPU 或逻辑单元以控制显示装置 40 的操作。调节硬件 52 可包括用于将信号传输到扬声器 45 和用于从麦克风 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, 或可并入于处理器 21 或其它组件内。

[0244] 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所述原始图像数据以用于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 可将所述原始图像数据重新格式化为具有光栅状格式的数据流, 以使得所述数据具有适合于跨越显示阵列 30 扫描的时间次序。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。虽然例如 LCD 控制器的驱动器控制器 29 常作为独立集成电路 (IC) 与系统处理器 21 相关联, 但可以许多方式实施这些控制器。举例来说, 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, 或以硬件与阵列驱动器 22 完全集成。

[0245] 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一组平行波形, 所述组波形每秒许多次地施加到来自显示器的 x-y 像素矩阵的数百且有时数千 (或更多) 条引线。

[0246] 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 适合于本文中所述的任何类型的显示器中的任一者。举例来说, 驱动器控制器 29 可为常规显示器控制器或双稳态显示器控制器 (例如, IMOD 控制器)。另外, 阵列驱动器 22 可为常规驱动器或双稳态显示器驱动器 (例如, IMOD 显示器驱动器)。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, 包括 IMOD 的阵列的显示器)。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。此实施方案在包括蜂窝式电话、手表和其它小面积显示器的高度集成的系统中可为有用的。

[0247] 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 可包括小键盘 (例如, QWERTY 键盘或电话小键盘)、按钮、开关、摇杆、触敏屏幕或压敏或热敏薄膜。可将麦克风 46 配置为显示装置 40 的输入装置。在一些实施方案中, 经由麦克风 46 的语音命令可用于控制显示装置 40 的操作。

[0248] 电力供应器 50 可包括多种能量存储装置。举例来说,电力供应器 50 可为可再充电电池,例如镍镉电池或锂离子电池。在使用可再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可再充电电池进行充电。或者,可以无线方式对可再充电电池进行充电。电力供应器 50 还可为可再生能源、电容器或太阳能电池(包括塑料太阳能电池和太阳能电池涂料)。电力供应器 50 还可经配置以从壁式插座接收电力。

[0249] 在一些实施方案中,控制可编程性驻留于可位于电子显示系统中的若干处的驱动器控制器 29 中。在一些其它实施方案中,控制可编程性驻留于阵列驱动器 22 中。可以任何数目的硬件和/或软件组件且以各种配置实施上述优化。

[0250] 结合本文中所示揭示的实施而描述的各种说明性逻辑、逻辑块、模块、电路和算法步骤可实施为电子硬件、计算机软件,或两者的组合。已大体上在功能性方面描述了且在上文所描述的各种说明性组件、块、模块、电路和步骤中说明了硬件与软件的可互换性。此功能性是以硬件实施还是以软件实施视特定应用和强加于整个系统的设计约束而定。

[0251] 可使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中所描述的功能的任何组合来实施或执行用以实施结合本文中所示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的组合、多个微处理器、结合 DSP 核心的一个或一个以上微处理器,或任何其它此类配置。在一些实施方案中,可通过特定于给定功能的电路来执行特定步骤和方法。

[0252] 在一个或一个以上方面中,可以硬件、数字电子电路、计算机软件、固件(包括本说明书中所揭示的结构和其结构等效物)或以其任何组合来实施所描述的功能。本说明书中所描述的标的物的实施方案还可实施为在计算机存储媒体上进行编码以供数据处理设备执行或用以控制数据处理设备的操作的一个或一个以上计算机程序(即,计算机程序指令的一个或一个以上模块)。

[0253] 所属领域的技术人员将容易明白对本发明中所描述的实施方案的各种修改,且可在不脱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,权利要求书无意限于本文中所展示的实施方案,而是将赋予权利要求书与本文中所揭示的本发明、原理和新颖特征一致的最广范围。词“示范性”在本文中专门用以指“充当实例、例子或说明”。本文中描述为“示范性”的任何实施方案没有必要被解释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应容易了解,为了易于描述各图,有时使用术语“上部”和“下部”,且术语“上部”和“下部”指示对应于在恰当定向的页上的图的定向的相对位置,且可能不反映在实施时的 IMOD 的恰当定向。

[0254] 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以组合形式实施于单一实施方案中。相反地,在单一实施方案的背景下所描述的各种特征还可单独地或以任何合适的子组合实施于多个实施方案中。此外,尽管特征可在上文中描述为在某些组合中作用且甚至最初如此主张,但在一些状况下,可从所述组合删除来自所主张的组合的一个或一个以上特征,且所述所主张的组合可针对子组合或子组合的变化。

[0255] 类似地,尽管在图式中以特定次序描绘操作,但此不应被理解为需要以所展示的

特定次序或以循序次序执行这些操作,或执行所有所说明的操作来实现合意的结果。此外,图式可以流程图的形式示意地描绘一个或一个以上实例过程。然而,未描绘的其它操作可并入示意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、同时地或在所说明的操作中的任一者之间执行一个或一个以上额外操作。在某些情况下,多路复用和并行处理可为有利的。此外,在上文所描述的实施方案中的各种系统组件的分离不应被理解为需要在所有实施方案中进行此分离,且应理解,所描述的程序组件和系统可一般在单一软件产品中集成在一起或封装到多个软件产品中。另外,其它实施方案处于所附权利要求书的范围内。在一些状况下,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。

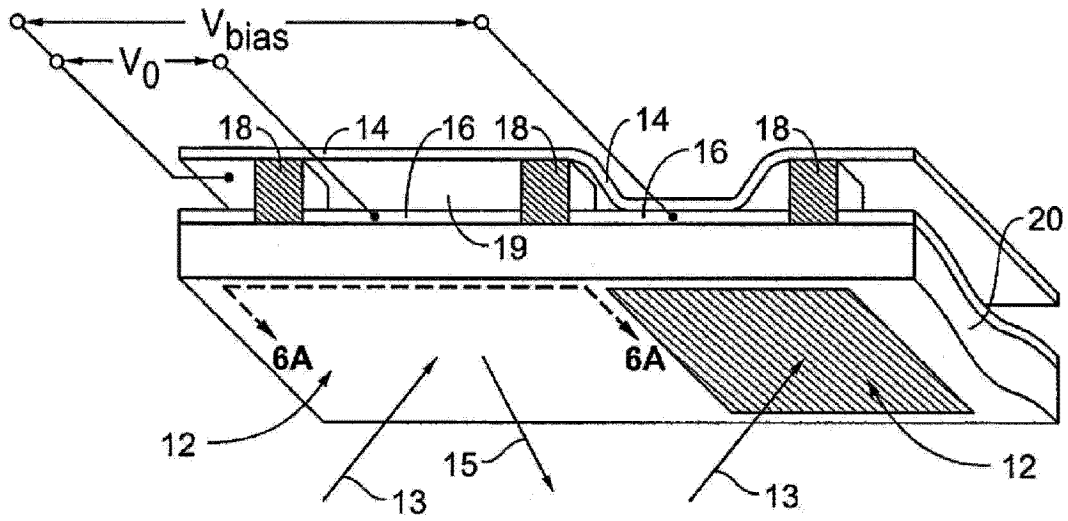


图 1

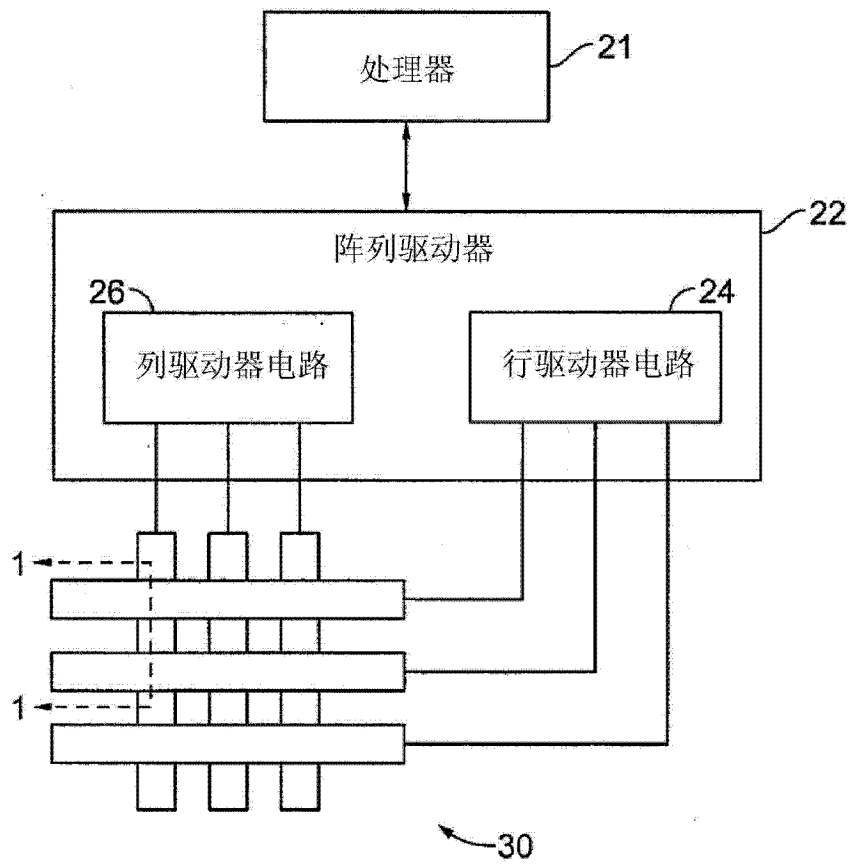


图 2

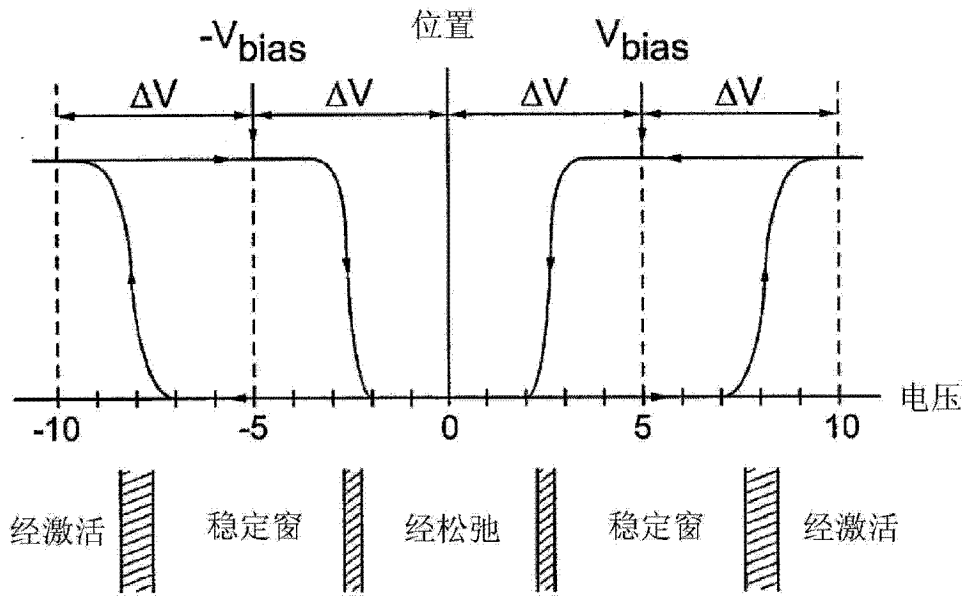


图 3

共同电压

		V_{CADD_H}	V_{CHOLD_H}	V_{CREL}	V_{CHOLD_L}	V_{CADD_L}
片段电压	V_{SH}	稳定	稳定	松弛	稳定	激活
	V_{SL}	激活	稳定	松弛	稳定	稳定

图 4

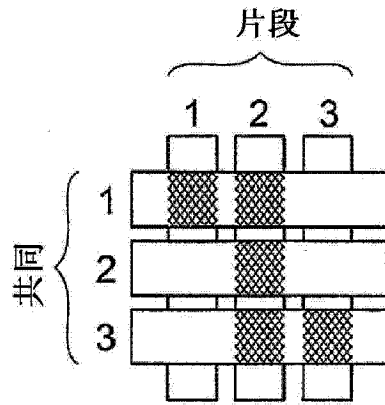


图 5A

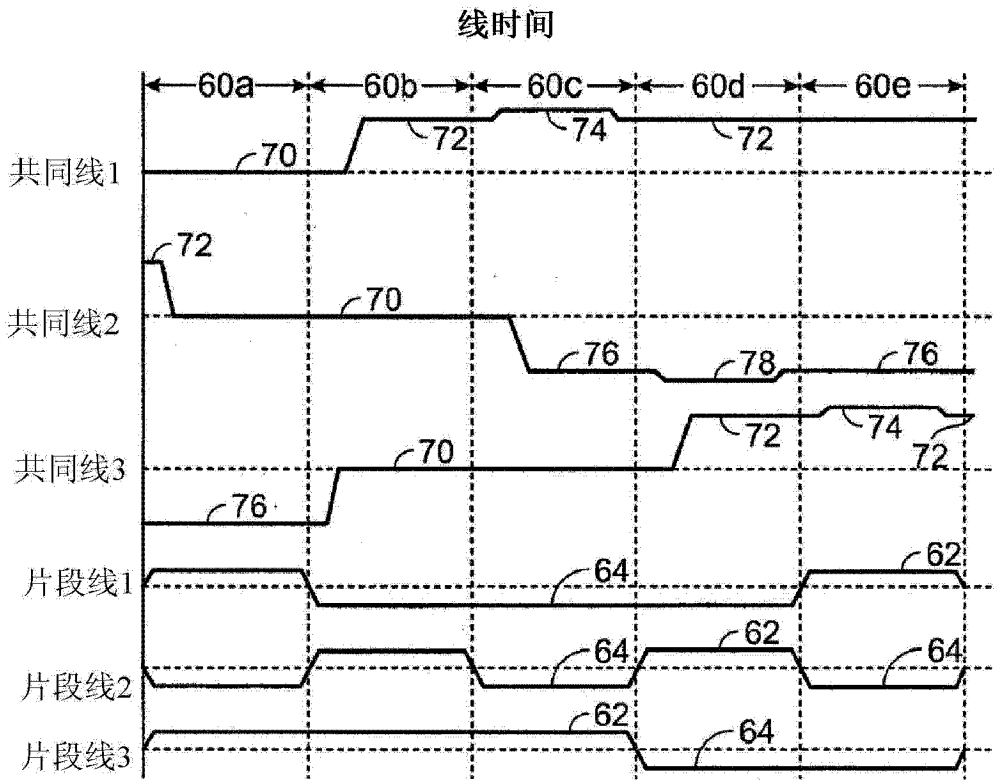


图 5B

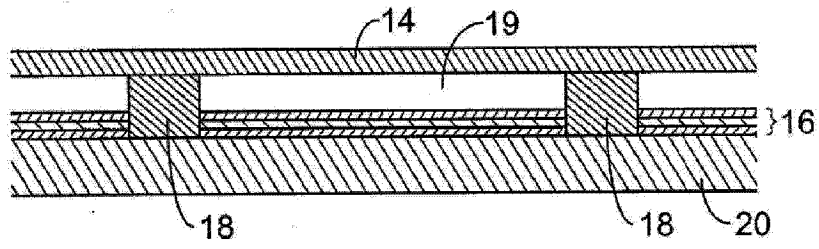


图 6A

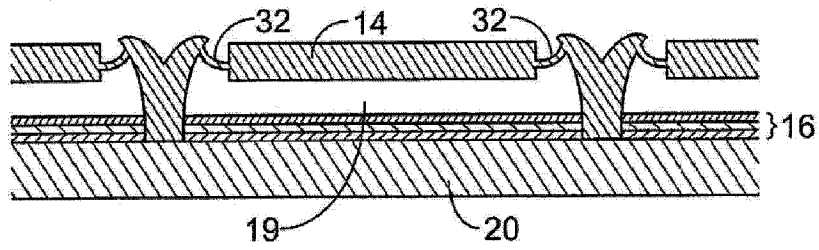


图 6B

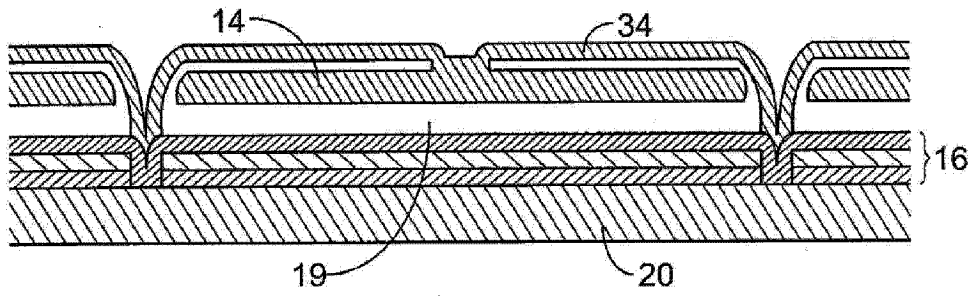


图 6C

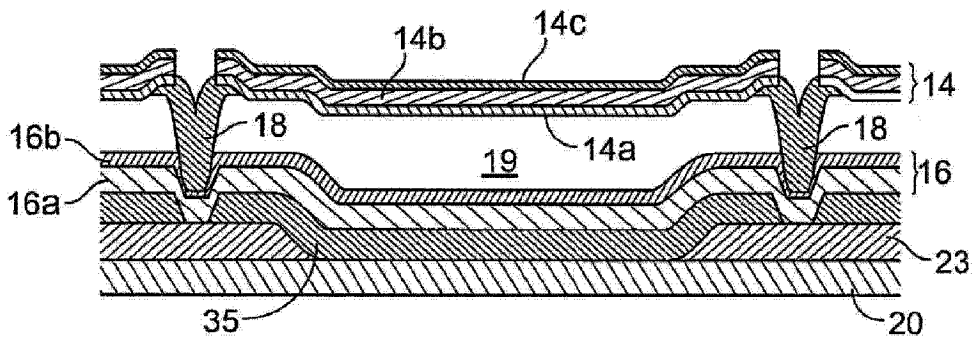


图 6D

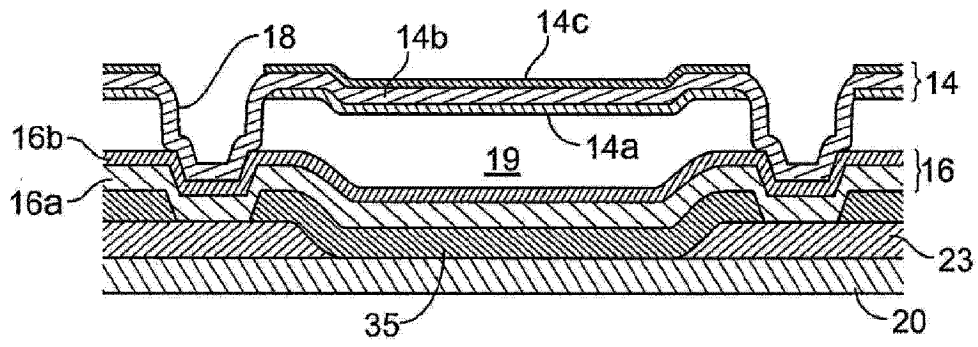


图 6E

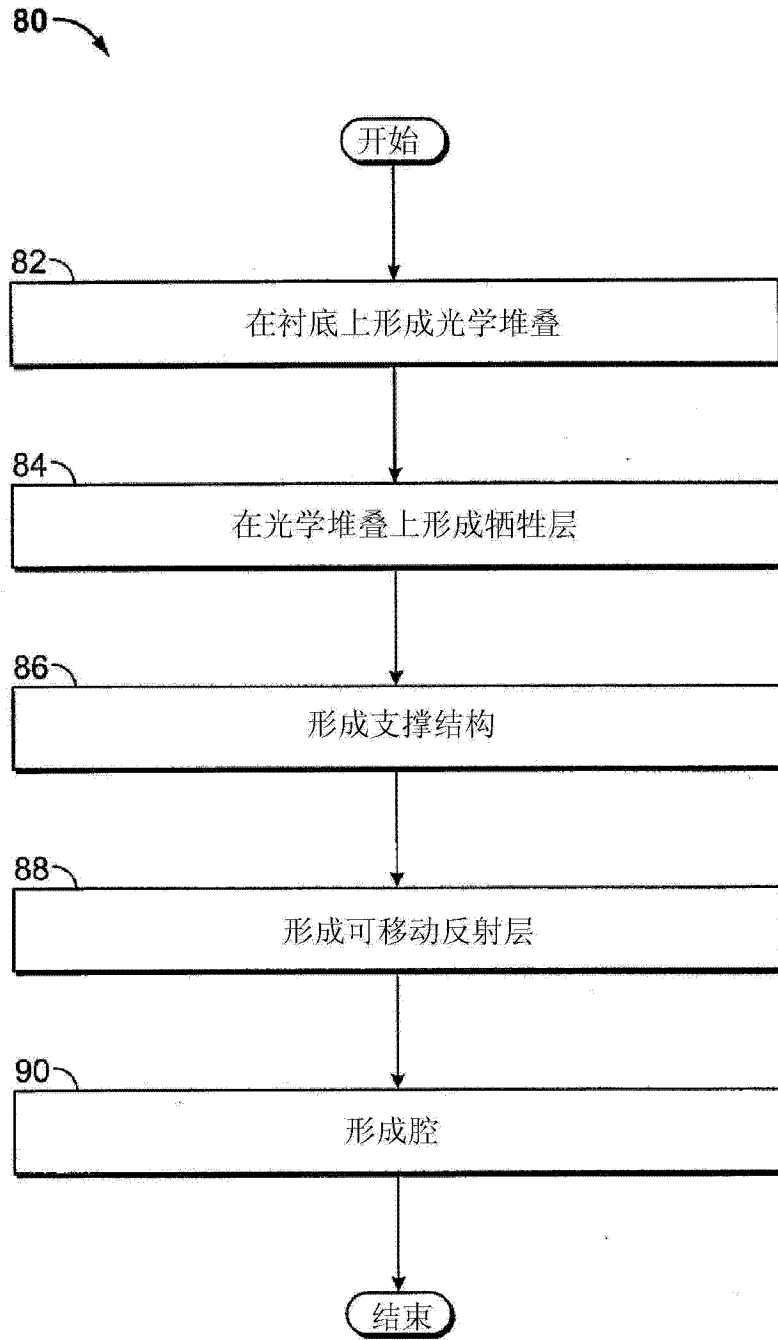


图 7

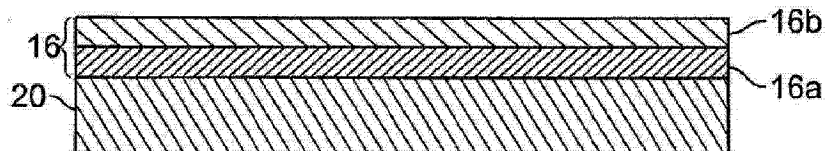


图 8A

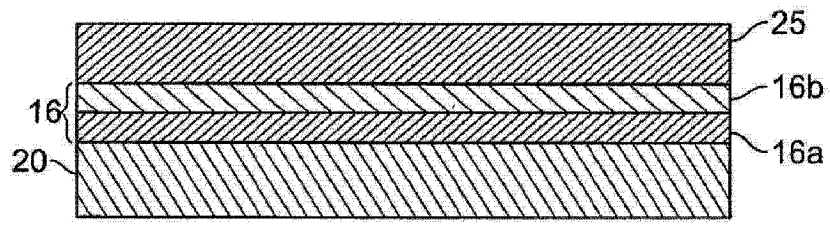


图 8B

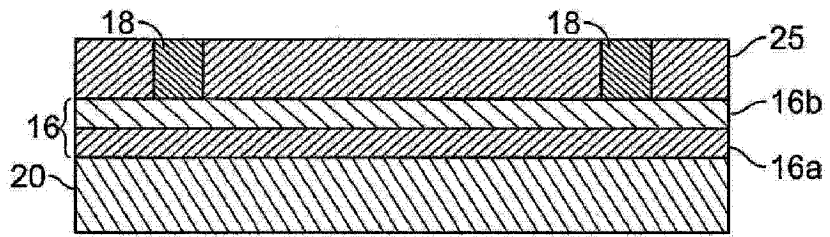


图 8C

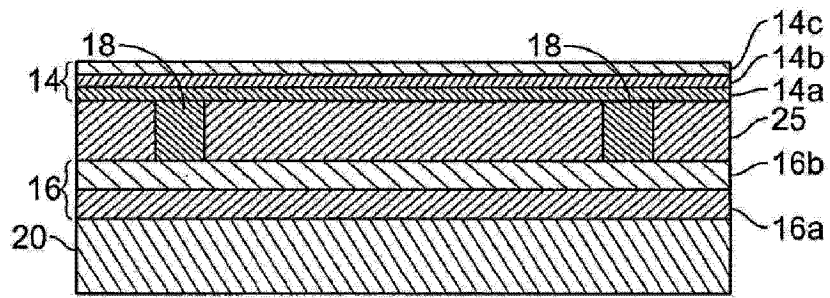


图 8D

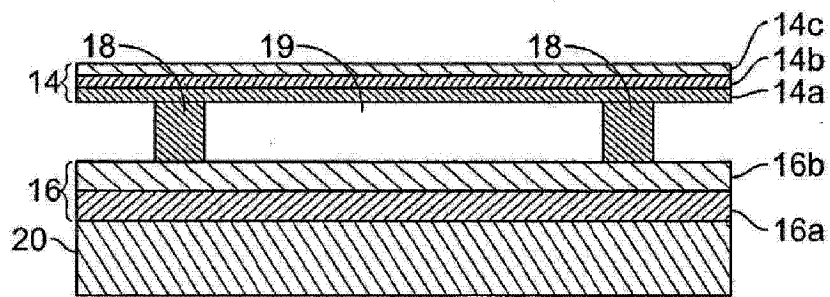


图 8E



图 9

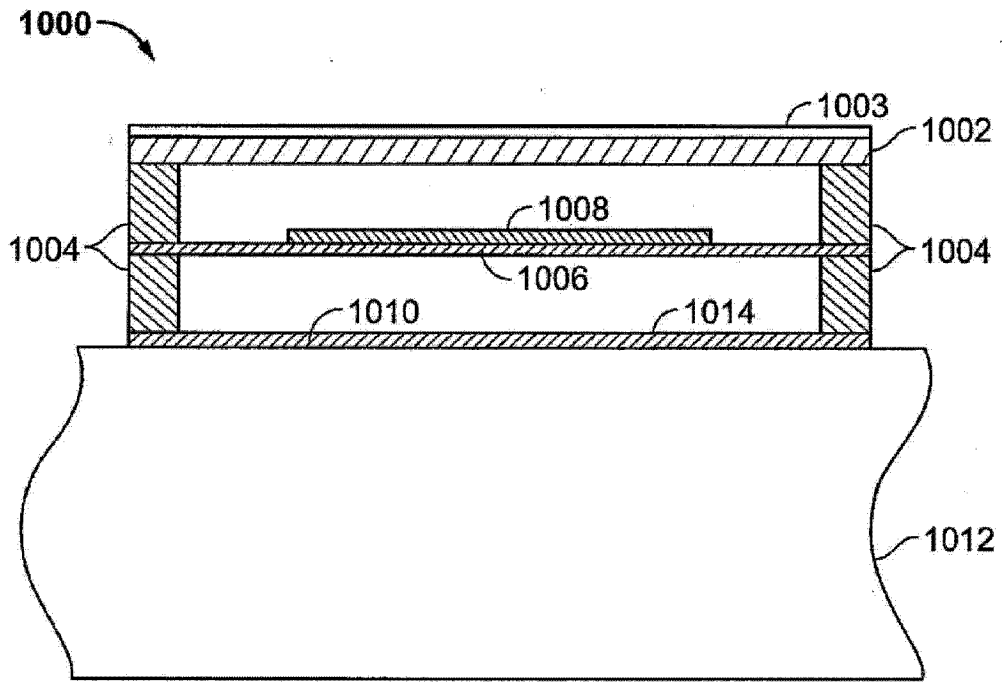


图 10

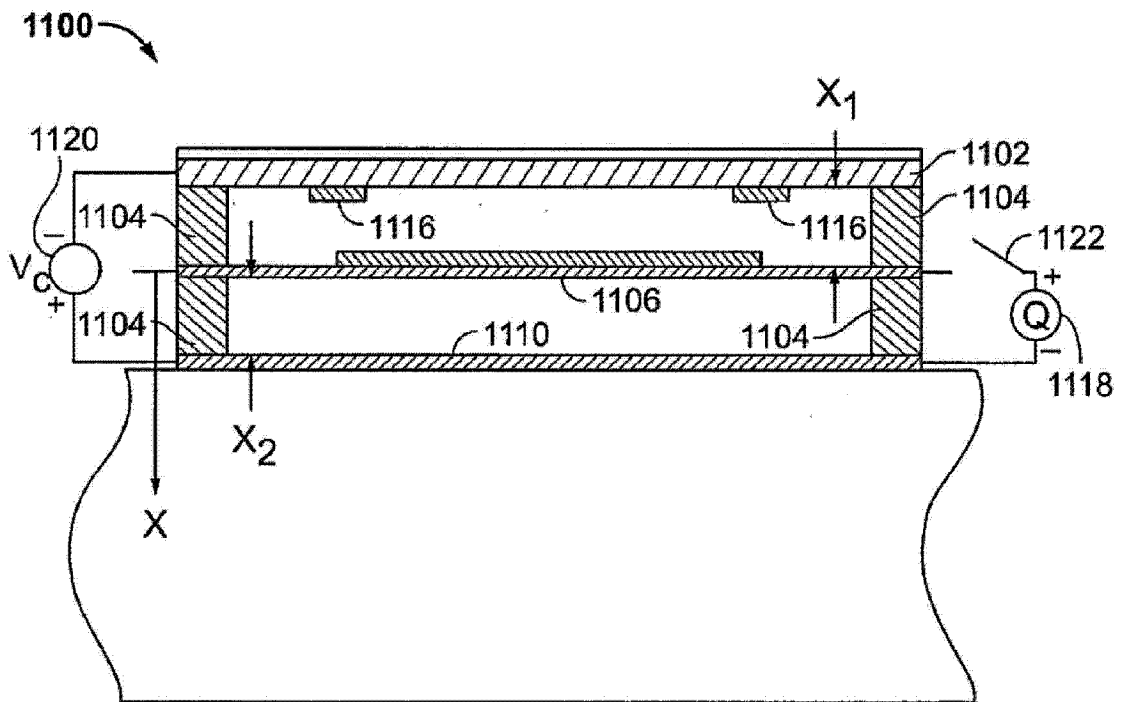
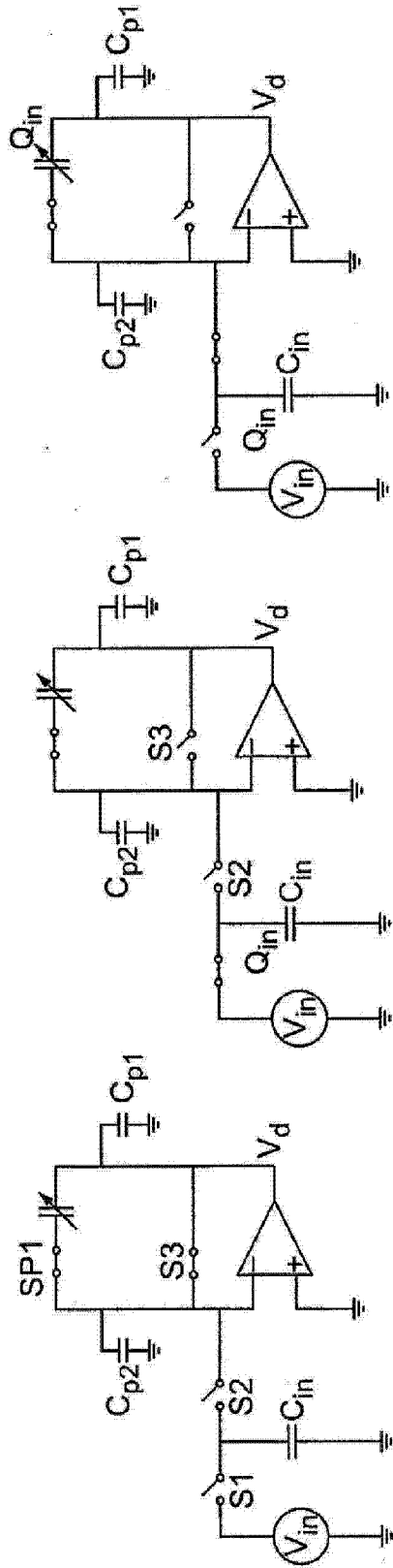


图 11A



对电荷进行取样且将电荷转移到干涉式调制器上

预充电Cin

复位干涉式调制器(可变电容器)

图 11B

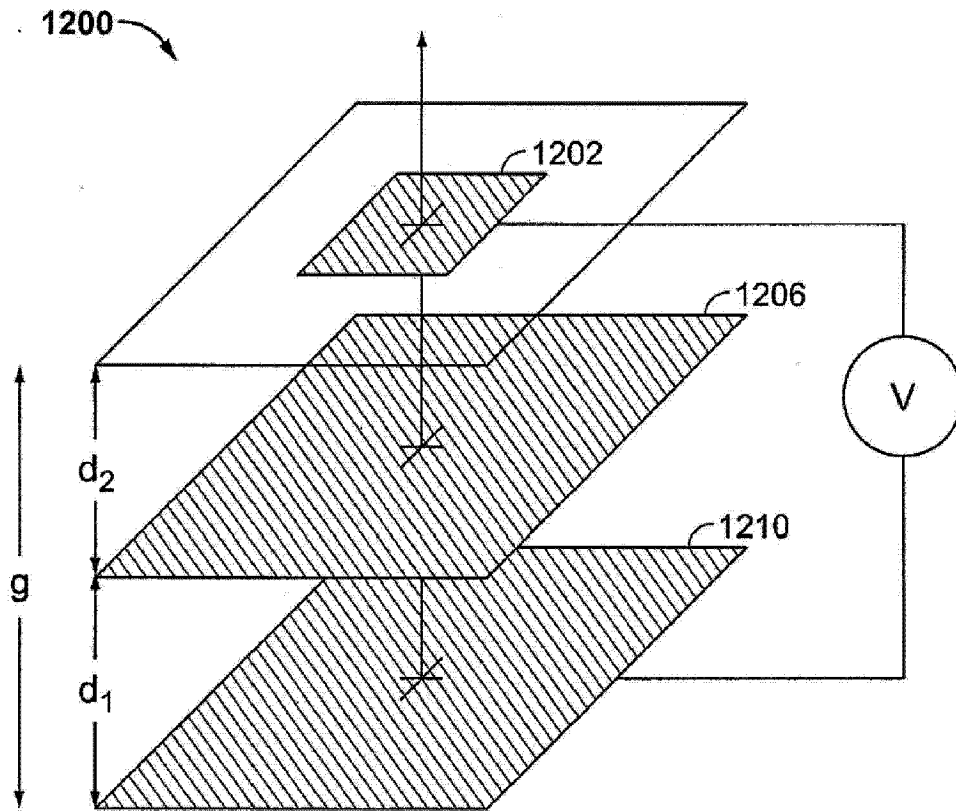


图 12

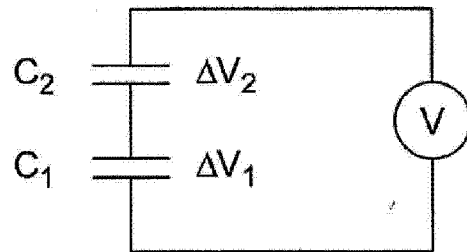


图 13

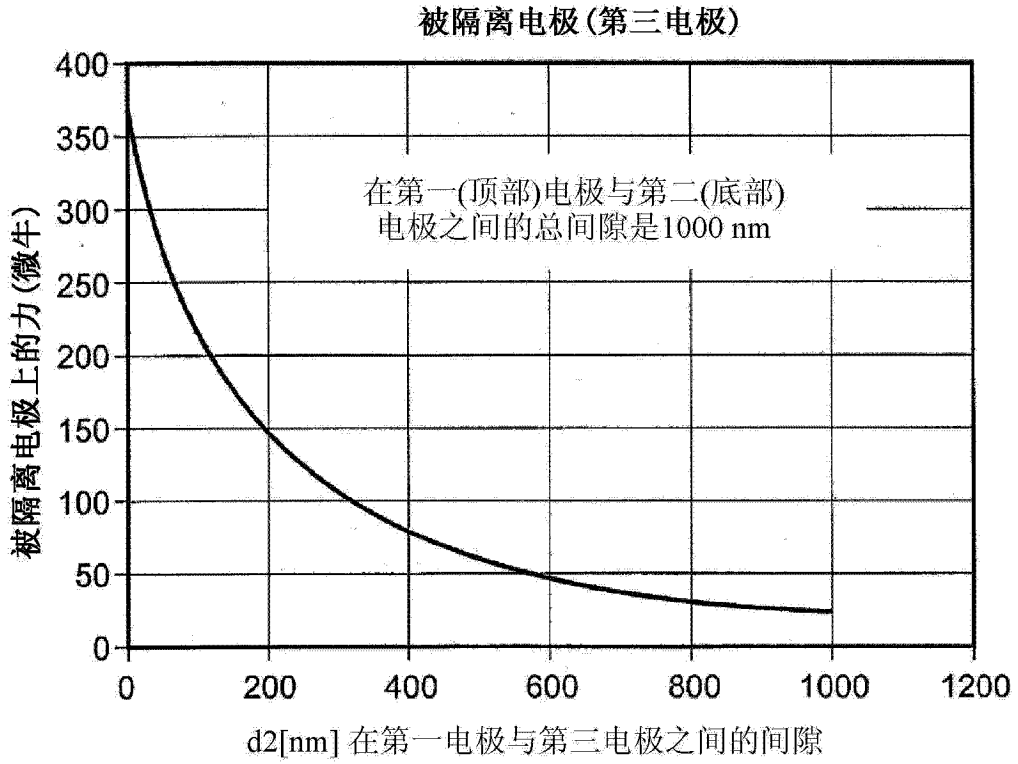


图 14

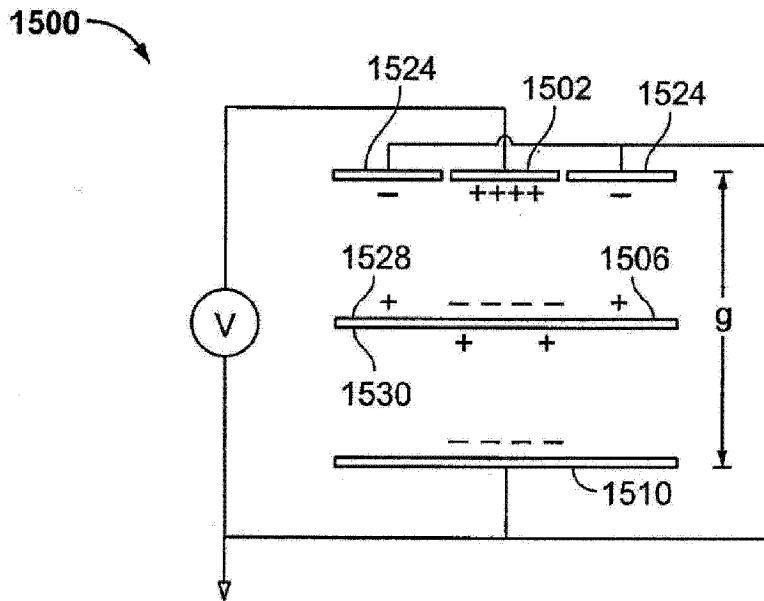


图 15A

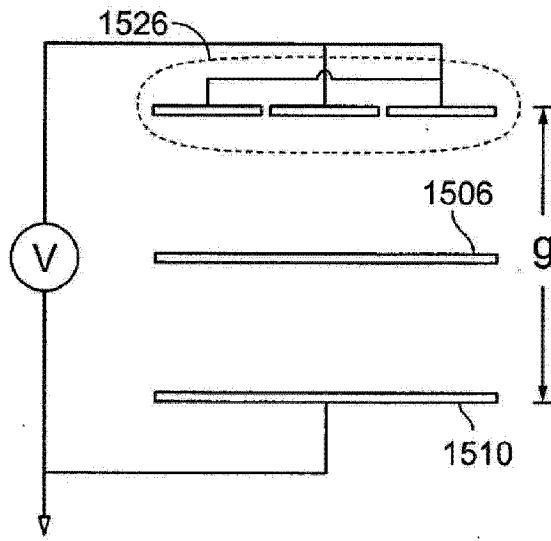


图 15B

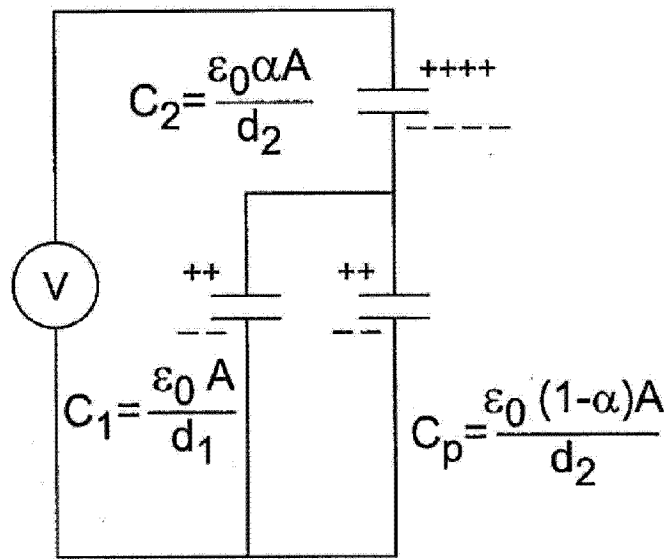


图 16

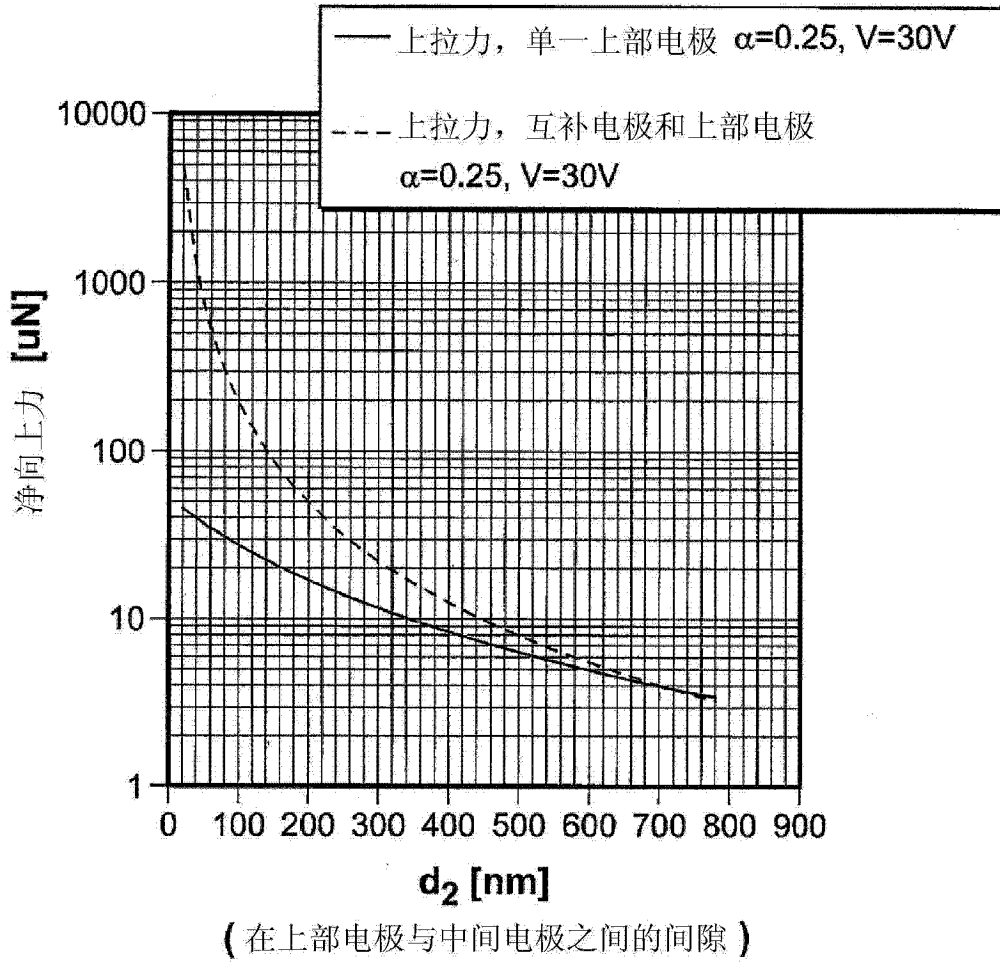


图 17

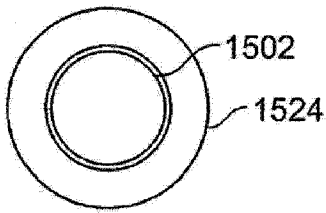


图 18

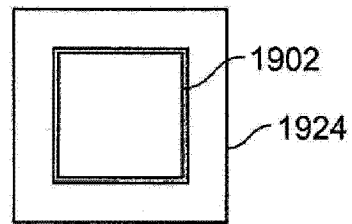


图 19

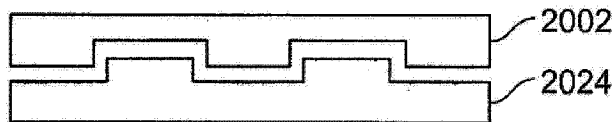


图 20

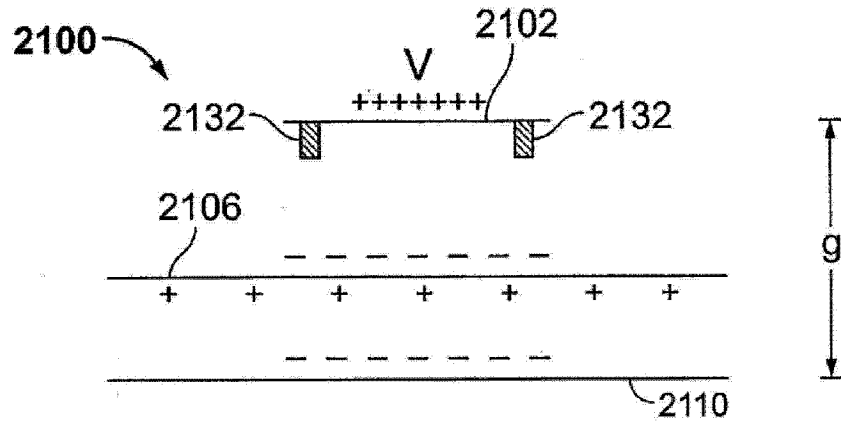


图 21

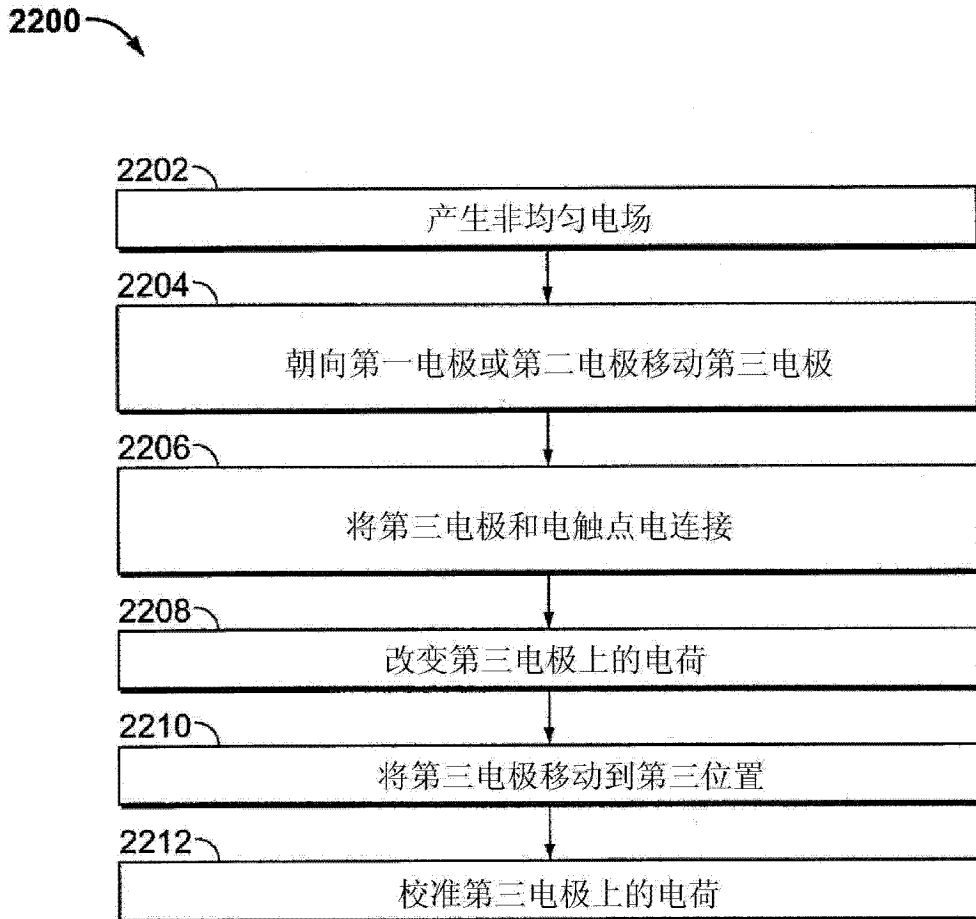


图 22

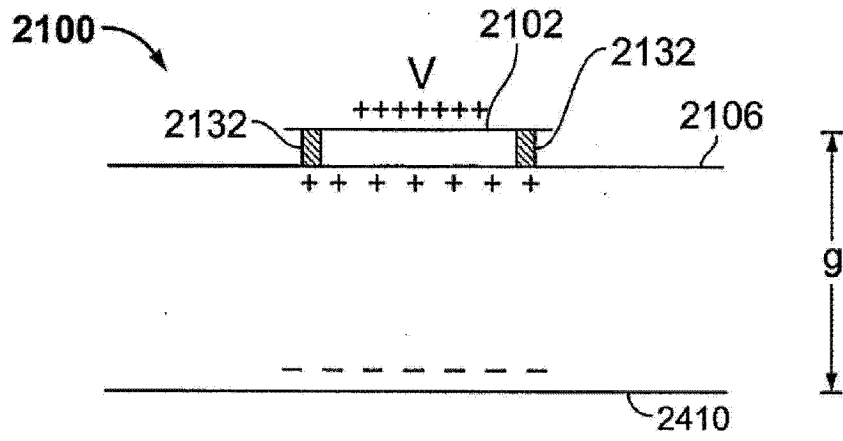


图 23

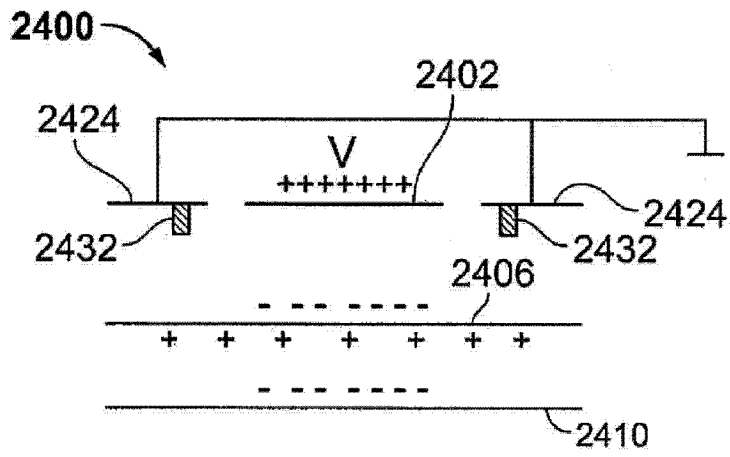


图 24

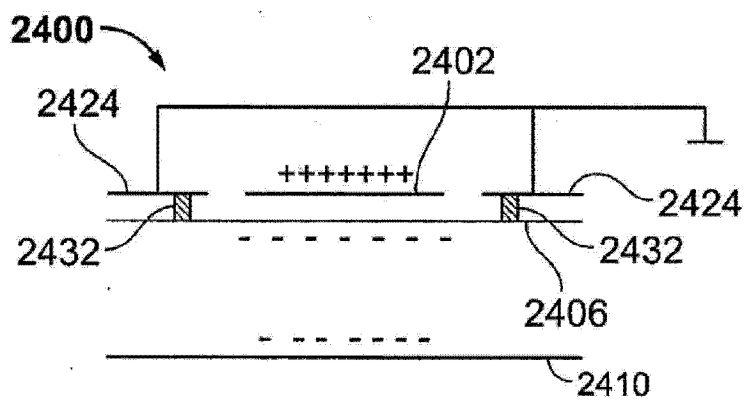


图 25

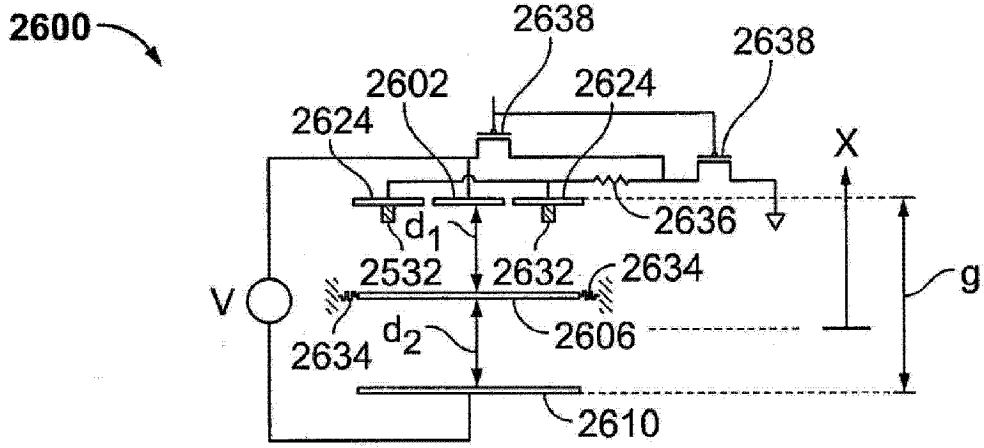


图 26

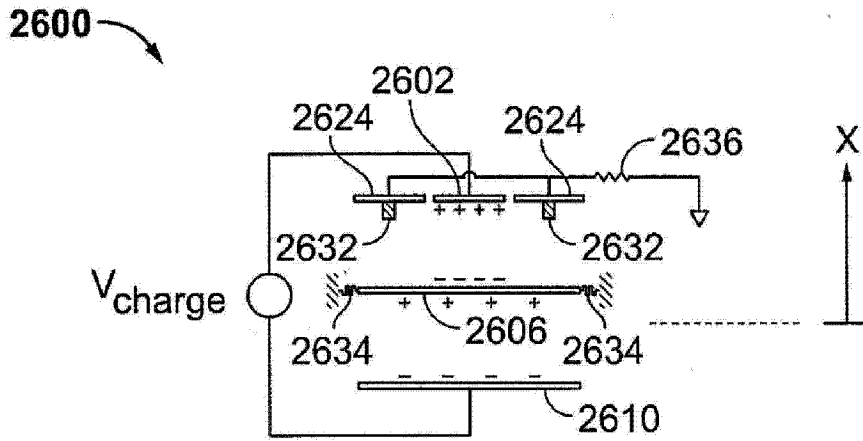


图 27

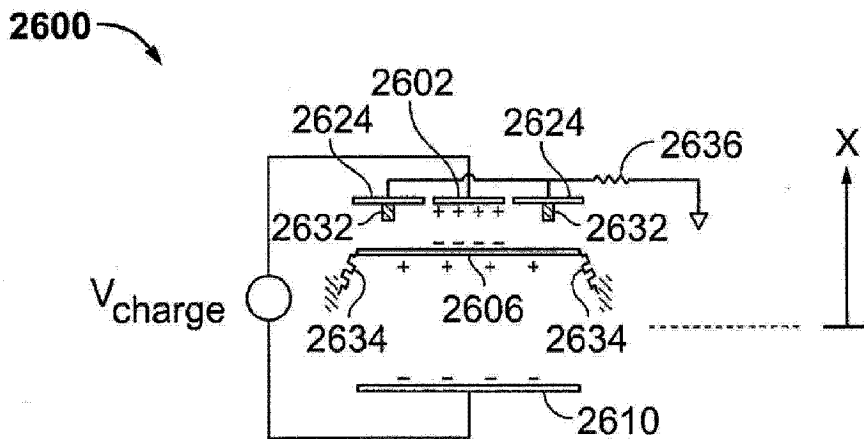


图 28

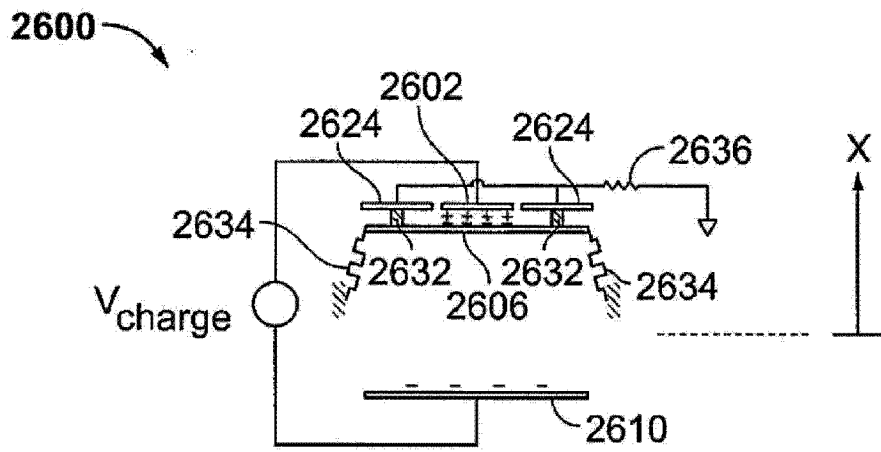


图 29

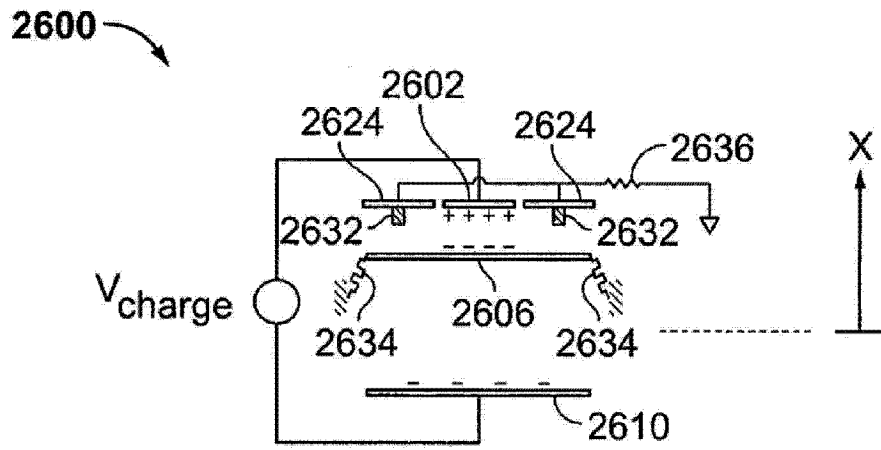


图 30

3100

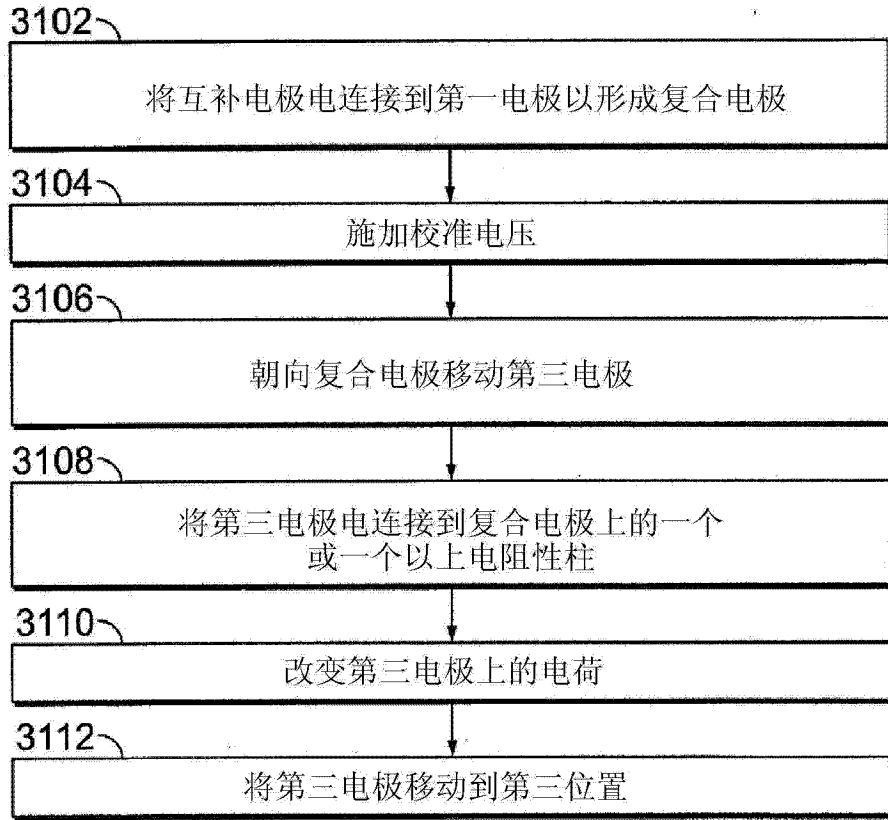


图 31

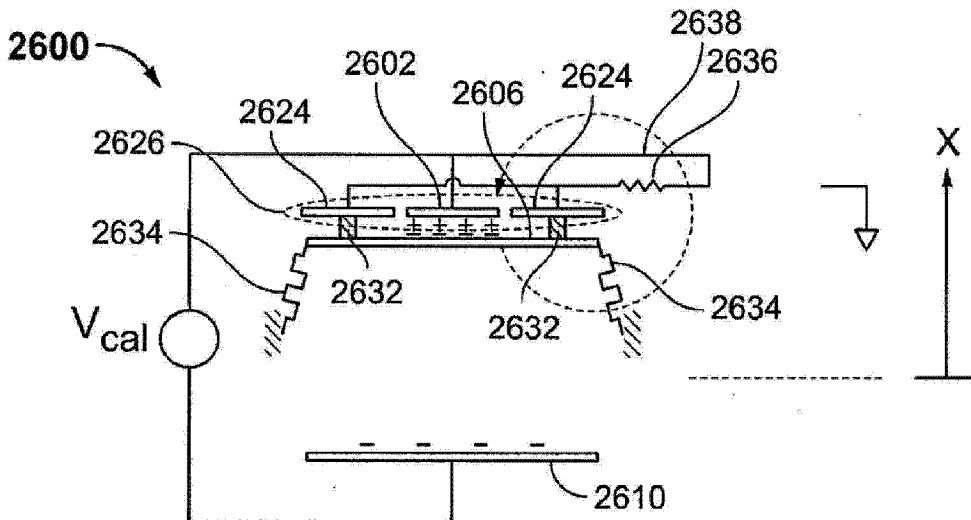


图 32

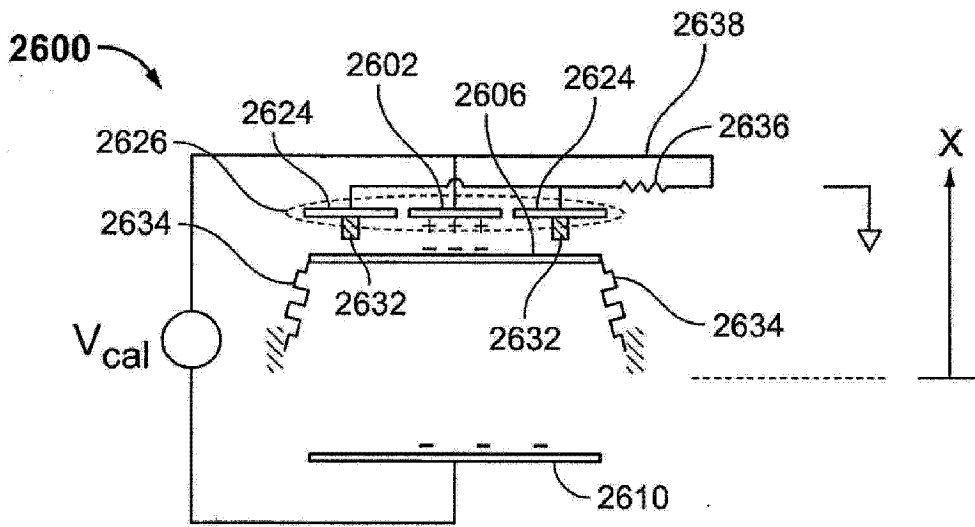


图 33

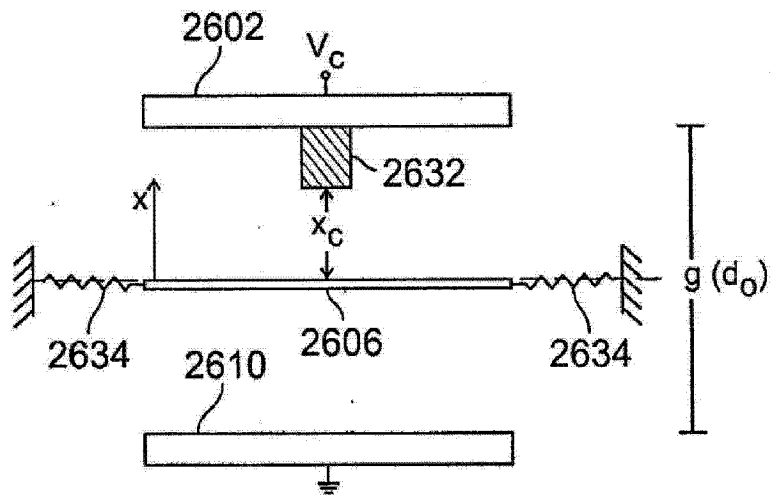


图 33A

3400

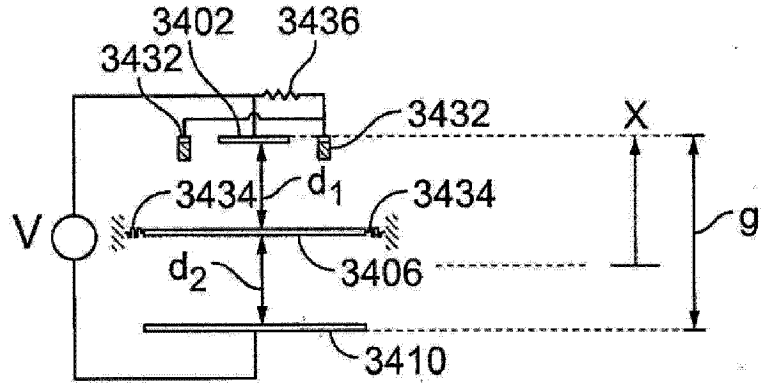


图 34

3400

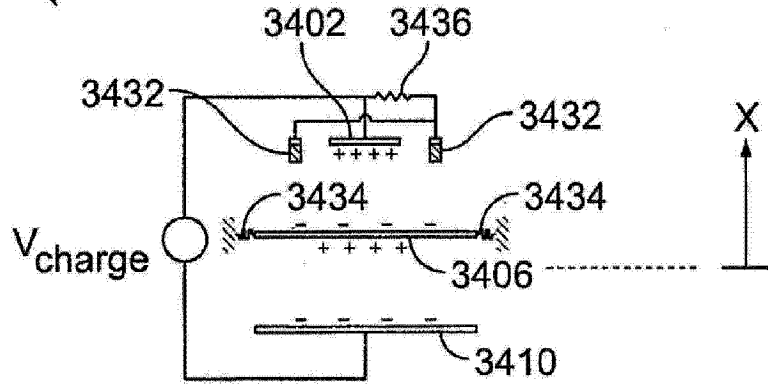


图 35

3400

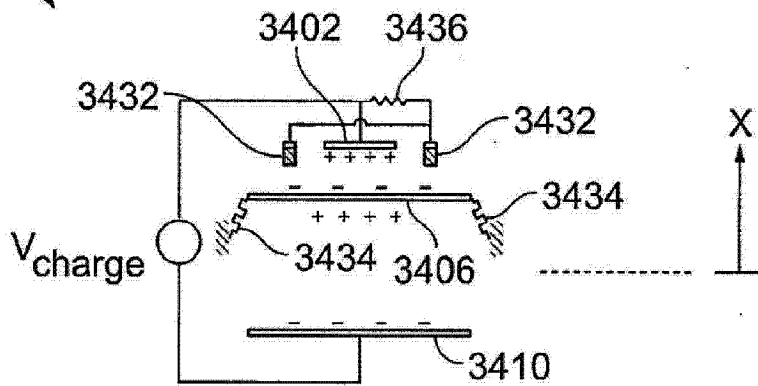


图 36

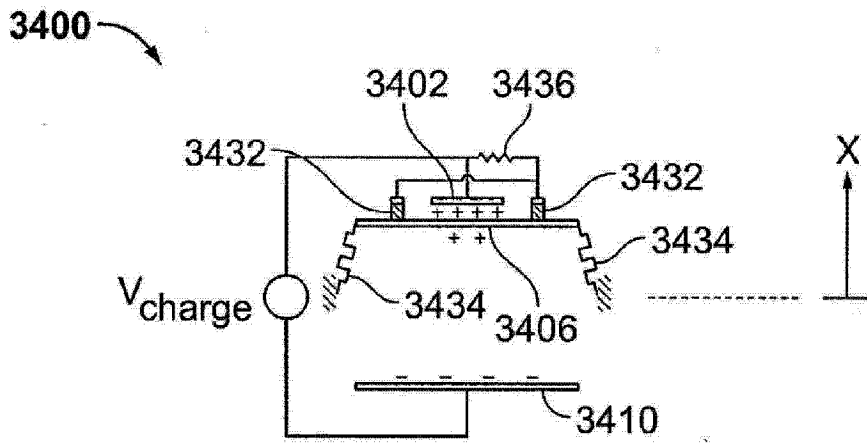


图 37

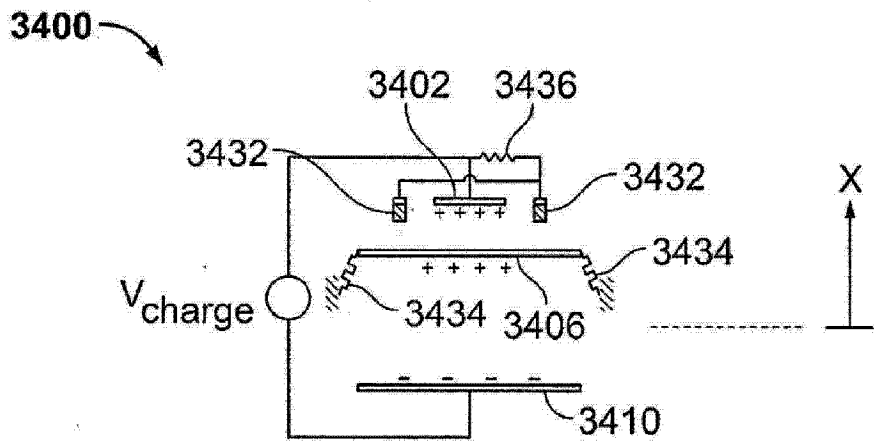


图 38

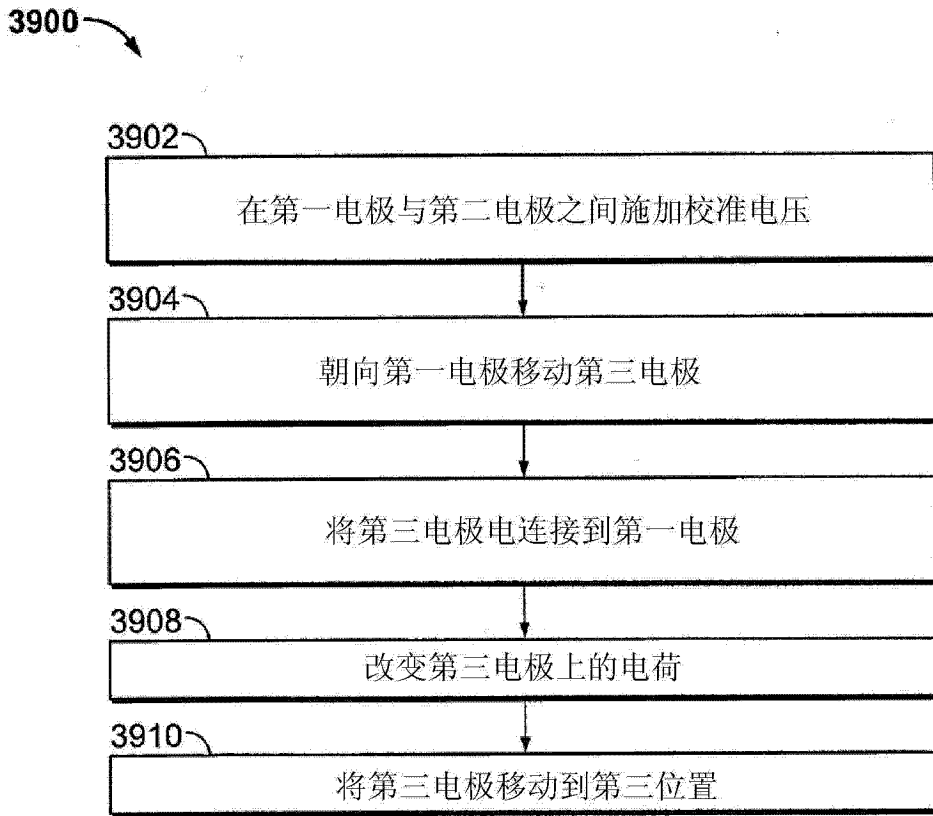


图 39

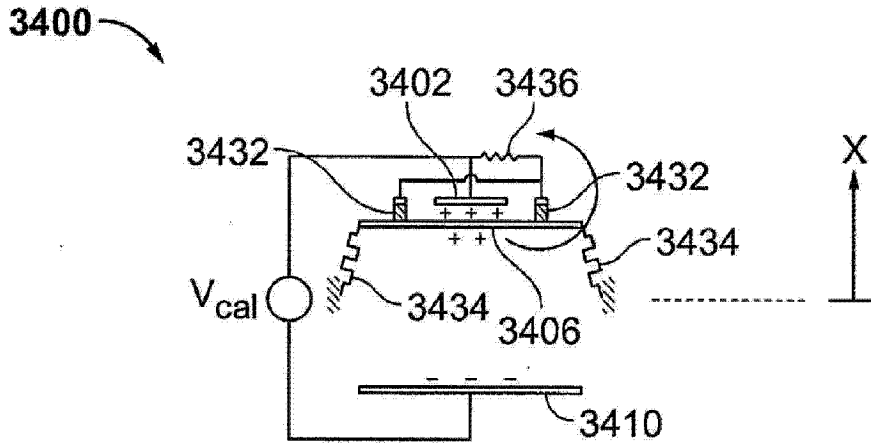


图 40

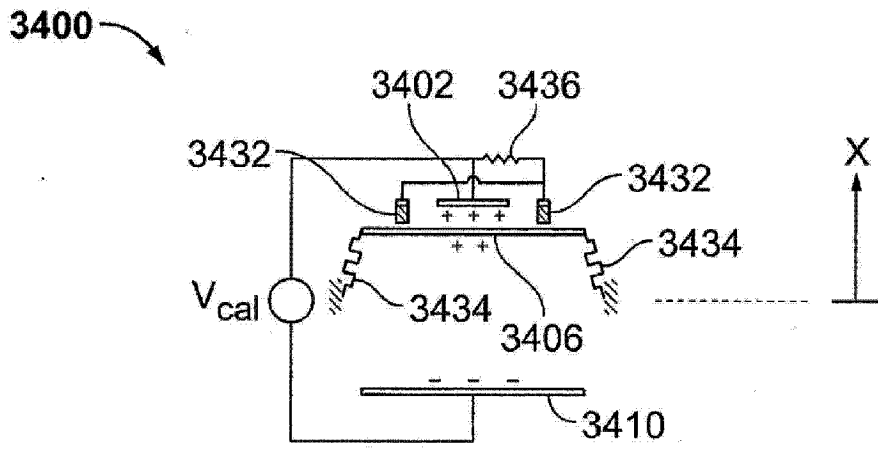


图 41

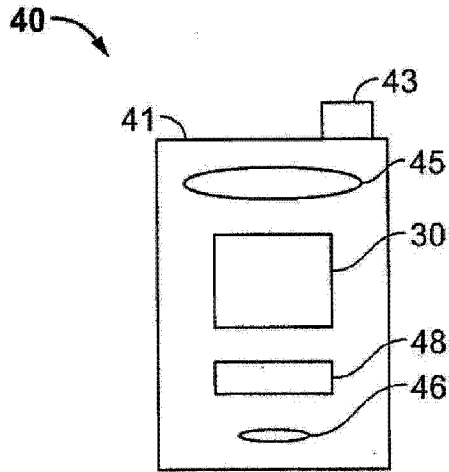


图 42A

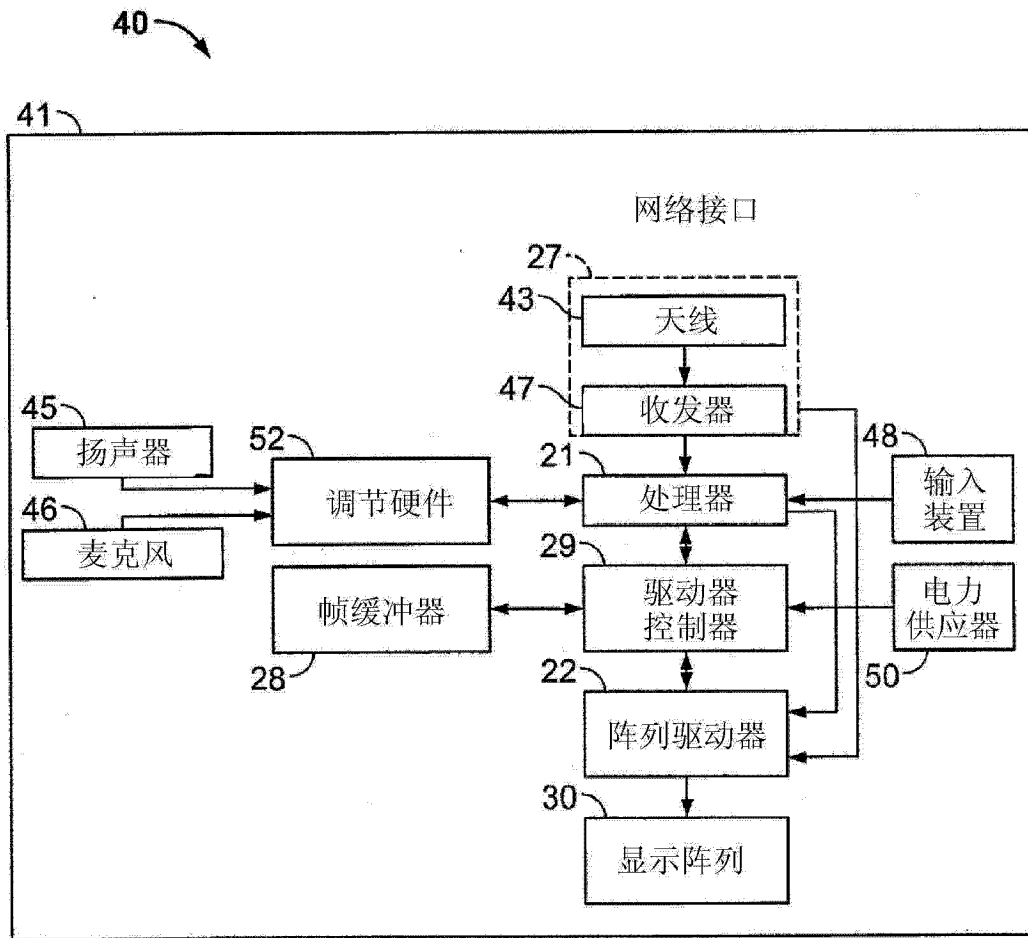


图 42B