



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104965305 A

(43) 申请公布日 2015.10.07

(21) 申请号 201510393859.8

(22) 申请日 2010.06.07

(30) 优先权数据

12/485,003 2009.06.15 US

(62) 分案原申请数据

201080026843.9 2010. 06. 07

(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 重·U·李 约翰·H·洪

马克·M·米尼亚尔

阿洛克·戈维尔

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司

责任公司 11287

代理人 沈锦华

(51) Int. Cl.

G02B 26/00(2006.01)

G09G 3/34(2006.01)

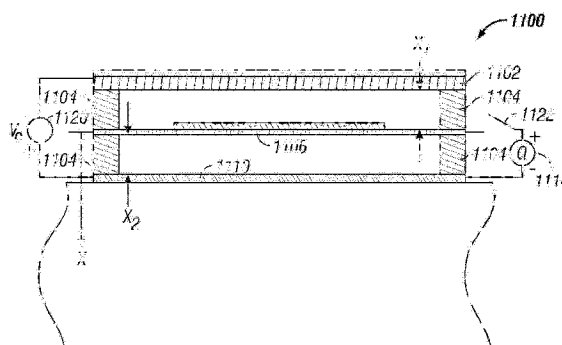
权利要求书4页 说明书13页 附图13页

(54) 发明名称

模拟干涉式调制器

(57) 摘要

本发明关于模拟干涉式调制器。本发明描述用于校准并控制经配置以具有多个致动状态的模拟干涉式调制器的致动的方法及装置。本发明还描述用于校准模拟干涉式调制器以随着所施加电压而变而作出响应的装置及方法。



1. 一种用于调制光的装置,其包含:
第一层;
第二层,其中所述第一层与所述第二层之间存在间隙,且所述第一层与所述第二层相对于彼此为固定的;
第三层,其安置于所述第一层与所述第二层之间的所述间隙中;
开关,其用于电隔离所述第三层;以及
控制电路,其经配置以通过跨越所述第一层和所述第二层施加偏置电压而在所述第一层与所述第二层之间选择性地诱发电场;
其中所述控制电路经配置以通过改变所述偏置电压而致使所述第三层在所述间隙内移动,其中所述第三层的移动是基于所述电场与施加到所述第三层的电荷之间的静电力和作用在所述第三层上的机械恢复力。
2. 根据权利要求 1 所述的装置,其中至少一个电阻性元件安置于所述第一层的底部上。
3. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述第三层包含光学反射镜。
4. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述第二层包含薄的光学吸收器。
5. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述控制电路经配置以在所述装置处于校准模式下时施加第一电压作为所述偏置电压。
6. 根据权利要求 5 所述的装置,其中在施加所述第一电压之后,所述静电力近似等于所述机械恢复力。
7. 根据权利要求 2 所述的装置,其中所述控制电路经配置以在所述装置处于校准模式下时施加第一电压作为所述偏置电压,其中所述第三层在施加所述第一电压之后与所述第一层的所述电阻性元件接触。
8. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述第三层经配置而以与所述偏置电压成线性比例的方式移动。
9. 一种校准模拟干涉式调制器的方法,其包含:
提供第一电极及第二电极,其中所述第一电极与所述第二电极之间存在间隙;
跨越所述第一电极及所述第二电极施加偏置电压以在所述第一电极与所述第二电极之间诱发电场;
通过改变所述偏置电压而使第三电极在所述间隙内移动,其中所述第三电极的移动是基于所述电场与施加到所述第三电极的电荷之间的静电力和作用在所述第三电极上的机械恢复力,且其中开关可电隔离所述第三电极。
10. 根据权利要求 9 所述的方法,其进一步包含确定固定电荷量,其包含:
提供安置于所述第一电极上的至少一个电阻性元件;
将校准电压作为所述偏置电压施加到所述第一电极及所述第二电极;及
调整所述第三电极上的所述电荷,使得由所述校准电压所诱发的电场致使所述第三电极与所述第一电极的所述至少一个电阻性元件接触。
11. 根据权利要求 9 所述的方法,其进一步包含调整所述第三电极上的所述电荷,使得所述静电力约等于所述机械恢复力。
12. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述诱发包含诱发所述第三电极上的所述电荷,

使得所述第三电极的位移以与所述偏置电压成线性比例的方式作出响应。

13. 一种用于调制光的装置,其包含:

第一构件,其用于传导电流;

第二构件,其用于传导电流,其中所述第一传导构件与所述第二传导构件之间存在间隙;以及

用于跨越所述第一传导构件及所述第二传导构件施加偏置电压以在所述第一传导构件与所述第二传导构件之间诱发电场的构件;

第三构件,其用于传导电流;

用于电隔离所述第三传导构件的构件;以及

其中所述用于施加偏置电压的构件经配置以通过改变所述偏置电压而致使所述用于传导电流的第三构件在所述间隙内移动,其中所述用于传导电流的第三构件的移动是基于所述电场与施加到所述用于传导电流的第三构件的电荷之间的静电力和作用在所述用于传导电流的第三构件上的机械恢复力。

14. 根据权利要求 13 所述的装置,其中所述施加构件包含控制电路。

15. 根据权利要求 13 所述的装置,其中所述用于电隔离的构件包含开关。

16. 根据权利要求 13 所述的装置,其中所述用于电隔离的构件包含薄膜半导体。

17. 根据权利要求 13 所述的装置,其中绝缘层安置于所述第二传导构件的顶部上。

18. 根据权利要求 13 所述的装置,其中加强层安置于所述第三传导构件上。

19. 根据权利要求 13 所述的装置,其中电容器与所述第三传导构件连通。

20. 根据权利要求 13 所述的装置,其中所述第一传导构件包含电极,所述第二传导构件包含电极,且所述第三传导构件包含电极。

21. 根据权利要求 13 所述的装置,其中用于诱发的构件经进一步配置以诱发所述用于传导电流的第三构件上的所述电荷,使得所述第三传导构件的移动与所述偏置电压成线性比例。

22. 一种用于调制光的装置,其包含:

第一层;

第二层,其中所述第一层与所述第二层之间存在间隙,且所述第一层与所述第二层相对于彼此为固定的;

第三层,其安置于所述第一层与所述第二层之间的所述间隙中;

控制电路,其经配置以通过跨越所述第一层和所述第二层施加偏置电压而在所述第一层与所述第二层之间选择性地诱发电场;及

电荷泵,其经配置以将固定电荷施加到所述第三层;

其中在施加所述固定电荷之后所述第三层为电隔离的,且

其中所述控制电路经配置以通过改变所述偏置电压而致使所述第三层在所述间隙内移动,其中所述第三层的移动是基于所述电场与施加到所述第三层的所述固定电荷之间的静电力和作用在所述第三层上的机械恢复力。

23. 根据权利要求 22 所述的装置,其中至少一个电阻性元件安置于所述第一层的底部上。

24. 根据权利要求 22 所述的装置,其进一步包含用于电隔离所述第三层的开关。

25. 根据权利要求 22 所述的装置,其进一步包含用于电隔离所述第三层的薄膜半导体或微机电系统开关。

26. 根据权利要求 22 所述的装置,其中所述第三层包含光学反射镜。

27. 根据权利要求 22 所述的装置,其中所述第二层包含薄的光学吸收器。

28. 根据权利要求 22 所述的装置,其中所述控制电路经配置以在所述装置处于校准模式下时施加第一电压作为所述偏置电压。

29. 根据权利要求 28 所述的装置,其中在施加所述第一电压之后,所述静电力近似等于所述机械恢复力。

30. 根据权利要求 23 所述的装置,其中所述控制电路经配置以在所述装置处于校准模式下时施加第一电压作为所述偏置电压,其中所述第三层在施加所述第一电压之后与所述第一层的所述电阻性元件接触。

31. 根据权利要求 22 所述的装置,其中所述第三层经配置而以与所述偏置电压成线性比例的方式移动。

32. 一种校准模拟干涉式调制器的方法,其包含:

提供第一电极及第二电极,其中所述第一电极与所述第二电极之间存在间隙;

跨越所述第一电极及所述第二电极施加偏置电压以在所述第一电极与所述第二电极之间诱发电场;

在第三电极上诱发固定电荷,其中在施加所述固定电荷之后所述第三电极为电隔离的;及

通过改变所述偏置电压而致使所述第三电极在所述间隙内移动,其中所述第三电极的移动是基于所述电场与施加到所述第三电极的所述固定电荷之间的静电力和作用在所述第三电极上的机械恢复力。

33. 根据权利要求 32 所述的方法,其进一步包含确定固定电荷量,其包含:

提供安置于所述第一电极上的至少一个电阻性元件;

将校准电压作为所述偏置电压施加到所述第一电极及所述第二电极;及

调整所述第三电极上的所述固定电荷,使得由所述校准电压所诱发的电场致使所述第三电极与所述第一电极的所述至少一个电阻性元件接触。

34. 根据权利要求 32 所述的方法,其进一步包含调整所述第三电极上的所述固定电荷,使得所述静电力约等于所述机械恢复力。

35. 根据权利要求 32 所述的方法,其中所述诱发包含诱发所述第三电极上的所述固定电荷,使得所述第三电极的位移以与所述偏置电压成线性比例的方式作出响应。

36. 一种用于调制光的装置,其包含:

第一构件,其用于传导电流;

第二构件,其用于传导电流,其中所述第一传导构件与所述第二传导构件之间存在间隙;

用于跨越所述第一传导构件及所述第二传导构件施加偏置电压以在所述第一传导构件与所述第二传导构件之间诱发电场的构件;及

用于诱发用于传导电流的第三构件上的固定电荷的构件,

其中在施加所述固定电荷之后所述用于传导的第三构件为电隔离的,且

其中所述用于施加偏置电压的构件经配置以通过改变所述偏置电压而致使所述用于传导电流的第三构件在所述间隙内移动,其中所述用于传导电流的第三构件的移动是基于所述电场与施加到所述用于传导电流的第三构件的所述固定电荷之间的静电 力和作用在所述用于传导电流的述第三构件上的机械恢复力。

37. 根据权利要求 36 所述的装置,其中所述施加构件包含控制电路。

38. 根据权利要求 36 所述的装置,其中所述诱发构件包含电荷泵。

39. 根据权利要求 36 所述的装置,其进一步包含用于电隔离所述第三传导构件的构件。

40. 根据权利要求 39 所述的装置,其中所述用于电隔离的构件包含开关。

41. 根据权利要求 39 所述的装置,其中所述用于电隔离的构件包含薄膜半导体。

42. 根据权利要求 36 所述的装置,其中绝缘层安置于所述第二传导构件的顶部上。

43. 根据权利要求 36 所述的装置,其中加强层安置于所述第三传导构件上。

44. 根据权利要求 36 所述的装置,其中电容器与所述第三传导构件连通。

45. 根据权利要求 36 所述的装置,其中所述第一传导构件包含电极,所述第二传导构件包含电极,且所述第三传导构件包含电极。

46. 根据权利要求 36 所述的装置,其中所述用于诱发的构件经进一步配置以诱发所述用于传导电流的第三构件上的所述电荷,使得所述第三传导构件的移动与所述偏置电压成线性比例。

模拟干涉式调制器

[0001] 本申请是申请日为 2010 年 6 月 7 日,申请号为“201080026843.9”,而发明名称为“模拟干涉式调制器”的申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及用于模拟干涉式调制器的驱动方案及校准方法。

背景技术

[0003] 微机电系统 (MEMS) 包括微机械元件、致动器及电子装置。可使用沉积、蚀刻,及 / 或蚀刻掉衬底及 / 或所沉积材料层的多个部分或者添加层以形成电装置及机电装置的其它微机械加工工艺来产生微机械组件。一类型的 MEMS 装置被称为干涉式调制器。如本文中所使用,术语“干涉式调制器”或“干涉光调制器”指代使用光学干涉原理以光谱选择性方式吸收及 / 或反射光的装置。

发明内容

[0004] 在某些实施例中,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完全或部分为透明及 / 或反射性的,且能够在施加适当电信号后即进行相对运动。在一特定实施例中,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而与所述固定层分离的金属膜。如本文中更详细描述,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。这些装置具有广泛范围的应用,且在此项技术中利用及 / 或修改这些类型的装置的特性以使得其特征可在改进现有产品及产生尚未开发的新产品时被采用将为有益的。

附图说明

[0005] 图 1 为描绘一干涉式调制器显示器的一个实施例的一部分的等角视图,其中第一干涉式调制器的可移动反射层处于松弛位置,且第二干涉式调制器的可移动反射层处于致动位置。

[0006] 图 2 为说明并入有 3×3 干涉式调制器显示器的电子装置的一个实施例的系统框图。

[0007] 图 3 为图 1 的干涉式调制器的一个示范性实施例的可移动反射镜位置对所施加电压的图式。

[0008] 图 4 为可用以驱动干涉式调制器显示器的一组行电压及列电压的说明。

[0009] 图 5A 及图 5B 说明可用以将显示数据的帧写入到图 2 的 3×3 干涉式调制器显示器的行信号及列信号的一个示范性时序图。

[0010] 图 6A 及图 6B 为说明包含多个干涉式调制器的视觉显示装置的实施例的系统框图。

[0011] 图 7A 为图 1 的装置的横截面。

- [0012] 图 7B 为干涉式调制器的一替代实施例的横截面。
- [0013] 图 7C 为干涉式调制器的另一替代实施例的横截面。
- [0014] 图 7D 为干涉式调制器的又一替代实施例的横截面。
- [0015] 图 7E 为干涉式调制器的一额外替代实施例的横截面。
- [0016] 图 8 为具有三个层的干涉式调制器的实施例的横截面,其中可移动中间层处于松弛位置。
- [0017] 图 9 为具有安置于第一层上的电阻性元件的图 8 的实施例的干涉式调制器的横截面。
- [0018] 图 10 为具有控制电路的图 8 的实施例的干涉式调制器的横截面。
- [0019] 图 11 为说明不同致动位置的图 8 的实施例的干涉式调制器的横截面。
- [0020] 图 12 为经设计以补偿寄生电容的图 8 的实施例的干涉式调制器的说明。
- [0021] 图 13 为校准图 9 的实施例的干涉式调制器的过程的实施例的流程图。
- [0022] 图 14A 到图 14E 说明校准过程的实施例的各个阶段中的图 9 的实施例的干涉式调制器。

具体实施方式

[0023] 以下实施方式是针对某些具体实施例。然而,可以众多不同方式来应用本文中的教导。在此描述中,参看图式,其中相似部分始终用相似数字来指明。可在经配置以显示图像(无论是运动图像(例如,视频)还是静止图像(例如,静态图像),且无论是文字图像还是图片图像)的任何装置中实施所述实施例。更特定来说,预期所述实施例可实施于例如(但不限于)以下各者的多种电子装置中或与所述电子装置相关联:移动电话、无线装置、个人数据助理(PDA)、手持式或便携式计算机、GPS 接收器/导航器、相机、MP3 播放器、摄录机、游戏控制台、腕表、时钟、计算器、电视监视器、平板显示器、计算机监视器、汽车显示器(例如,里程表显示器等)、驾驶舱控制及/或显示器、相机视野显示器(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、封装及美学结构(例如,一件珠宝上的图像显示)。与本文中所描述的 MEMS 装置结构类似的 MEMS 装置还可用于例如电子开关装置等非显示应用中。

[0024] 在本文中描述与模拟干涉式调制器有关的方法及装置。可将模拟干涉式调制器驱动到各自具有不同光学性质的若干不同状态。具体来说,描述用于校准并控制模拟干涉式调制器的致动以实现各种状态的方法及装置。

[0025] 在图 1 中说明一个包含干涉 MEMS 显示元件的干涉式调制器显示器实施例。在这些装置中,每一像素处于明亮或黑暗状态。在明亮(“松弛”或“打开”)状态下,显示元件将入射可见光的大部分反射到用户。当处于黑暗(“致动”或“关闭”)状态时,显示元件向用户反射极少入射可见光。视实施例而定,可颠倒“接通”与“断开”状态的光反射性质。MEMS 像素可经配置以主要在选定颜色下反射,从而允许除黑色及白色外的彩色显示。

[0026] 图 1 为描绘视觉显示器的一系列像素中的两个邻近像素的等角视图,其中每一像素包含一 MEMS 干涉式调制器。在一些实施例中,干涉式调制器显示器包含这些干涉式调制器的行/列阵列。每一干涉式调制器包括位于距跨越可见光谱或多或少均匀地吸收光能量的另一层可变且可控距离处的高反射层,从而形成可控光学间隙。在一个实施例中,所述反

射层可在两个位置之间移动。在第一位置（在本文中称为松弛位置）中，可移动反射层位于距所述吸收层相对大距离处。在第二位置（本文中称为致动位置）中，可移动反射层位于更紧密邻近于所述吸收层处。从反射层反射的入射光在反射层与吸收层之间的间隙内相长地或相消地进行干涉，此确定来自像素的反射处于高反射状态还是高吸收状态。

[0027] 图 1 中的像素阵列的所描绘部分包括两个邻近的干涉式调制器 12a 及 12b。在左边的干涉式调制器 12a 中，可移动反射层 14a 经说明为处于与光学堆叠 16a 相距一预定距离的松弛位置中，光学堆叠 16a 包括部分反射层。在右边的干涉式调制器 12b 中，可移动反射层 14b 经说明为处于邻近于光学堆叠 16b 的致动位置中。

[0028] 如本文中所提及的光学堆叠 16a 及 16b（统称为光学堆叠 16）通常包含若干分层，所述分层层可包括例如氧化铟锡（ITO）的电极层、例如铬的吸收层及透明电介质。光学堆叠 16 由此为导电的、部分透明的且部分反射的，且可（例如）通过将以上层中的一者或一者以上沉积到透明衬底 20 上而制造。吸收层可由例如各种金属、半导体及电介质等部分反射的多种材料形成。吸收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。

[0029] 在一些实施例中，光学堆叠 16 的层经图案化为平行条带，且可形成如下文进一步描述的显示装置中的行电极。可移动反射层 14a、14b 可作为一（多个）经沉积金属层的一系列平行条带（与行电极 16a、16b 正交）而形成，以形成沉积于柱 18 的顶部的若干列及沉积于柱 18 之间的介入牺牲材料。当蚀刻掉牺牲材料时，可移动反射层 14a、14b 通过一经界定间隙 19 而与光学堆叠 16a、16b 分离。例如铝的高导电及反射性材料可用于反射层 14，且这些条带可形成显示装置中的列电极。注意，图 1 可能未按比例绘制。在一些实施例中，柱 18 之间的间距可为约 10 μ m 到 100 μ m，而间隙 19 可在 0 埃到 6000 埃的范围中。

[0030] 在未施加电压的情形下，间隙 19 保持于可移动反射层 14a 与光学堆叠 16a 之间，其中可移动反射层 14a 处于机械松弛状态，如由图 1 中的像素 12a 所说明。然而，当将电位（电压）差施加到选定的行及列时，在对应像素处的行电极与列电极的相交处所形成的电容器变得带电，且静电力将电极拉在一起。如果电压足够高，则可移动反射层 14 变形且压抵光学堆叠 16。光学堆叠 16 内的电介质层（此图中未说明）可防止短路并控制层 14 与 16 之间的分离距离，如由图 1 中右边的致动像素 12b 所说明。不管所施加电位差的极性如何，行为均是相同的。

[0031] 图 2 到图 5 说明一个用于在显示应用中使用干涉式调制器阵列的示范性过程及系统。

[0032] 图 2 为说明可并入有干涉式调制器的电子装置的一个实施例的系统框图。所述电子装置包括处理器 21，所述处理器 21 可为任何通用单芯片或多芯片微处理器（例如，ARM[®]、Pentium[®]、8051、MIPS[®]、Power PC[®]或 ALPHA[®]），或任何专用微处理器（例如，数字信号处理器、微控制器或可编程门阵列）。如此项技术中的惯例，处理器 21 可经配置以执行一个或一个以上软件模块。除执行操作系统外，处理器还可经配置以执行一个或一个以上软件应用程序，包括网页浏览器、电话应用程序、电子邮件程序或任何其它软件应用程序。

[0033] 在一个实施例中，处理器 21 还经配置以与阵列驱动器 22 通信。在一个实施例中，阵列驱动器 22 包括行驱动器电路 24 及列驱动器电路 26，所述电路提供信号到显示阵列或

面板 30。图 1 中所说明的阵列的横截面由图 2 中的线 1-1 所展示。注意,尽管为简明起见,图 2 说明 3×3 干涉式调制器阵列,但显示阵列 30 可含有非常大数目个干涉式调制器,且可具有呈行及呈列的不同数目个干涉式调制器(例如,300 像素每行乘 190 像素每列)。

[0034] 图 3 为图 1 的干涉式调制器的一个示范性实施例的可移动反射镜位置对所施加电压的图式。对于 MEMS 干涉式调制器,行/列致动协议可利用如图 3 中所说明的这些装置的滞后性质。干涉式调制器可能需要(例如)10 伏特电位差,以使得可移动层从松弛状态变形到致动状态。然而,当电压从所述值减小时,随着电压下降回到 10 伏特以下,可移动层维持其状态。在图 3 的示范性实施例中,可移动层直到电压下降到 2 伏特以下才完全松弛。因此,存在一电压范围(在图 3 中所说明的实例中为约 3V 到 7V),在所述情况下,存在一所施加电压窗,在所述所施加电压窗内,装置稳定于松弛或致动状态。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来说,行/列致动协议可经设计,以使得在行选通期间,所选通行中的待致动的像素暴露于约 10 伏特的电压差,且待松弛的像素暴露于接近零伏特的电压差。在选通之后,使像素暴露于稳定状态或约 5 伏特的偏置电压差,使得其保持于行选通将其置于的任何状态。在此实例中,在被写入之后,每一像素经历 3 伏特到 7 伏特的“稳定窗”内的电位差。此特征使图 1 中所说明的像素设计在相同所施加电压条件下稳定于致动的或松弛的预先存在状态。由于干涉式调制器的每一像素(无论处于致动状态或松弛状态)基本上为由固定及移动反射层所形成的电容器,因此可在滞后窗内的一电压下保持此稳定状态,而几乎无功率耗散。如果所施加的电位固定,则基本上无电流流到像素中。

[0035] 如下文进一步描述,在典型应用中,可通过根据第一行中的所要致动像素集合而跨越列电极集合发送数据信号(各自具有某一电压电平)的集合来产生图像的帧。接着将行脉冲施加到第一行电极,从而致动对应于所述数据信号集合的像素。接着改变所述数据信号集合以使其对应于第二行中的所要致动像素集合。接着将脉冲施加到第二行电极,从而根据数据信号致动第二行中的适当像素。第一行像素不受第二行脉冲影响,且保持于其在第一行脉冲期间被设定到的状态。对于整个系列的行,可以顺序型式重复此过程以产生帧。一般来说,通过以每秒某一所要数目个帧不断地重复此过程而以新图像数据来刷新及/或更新帧。可使用用于驱动像素阵列的行及列电极以产生图像帧的广泛多种协议。

[0036] 图 4 及图 5 说明一个用于在图 2 的 3×3 阵列上产生显示帧的可能的致动协议。图 4 说明可用于展现图 3 的滞后曲线的像素的可能的列及行电压电平集合。在图 4 实施例中,致动一像素涉及将适当列设定为 $-V_{bias}$ 且将适当行设定为 $+\Delta V$, $-V_{bias}$ 及 $+\Delta V$ 可分别对应于 -5 伏特及 +5 伏特。通过将适当列设定为 $+V_{bias}$ 且将适当行设定为相同的 $+\Delta V$ 来实现松弛所述像素,从而跨越所述像素产生零伏特电位差。在将行电压保持于零伏特的那些行中,无论列是处于 $+V_{bias}$ 还是 $-V_{bias}$,像素均稳定于其最初所处的任何状态。如图 4 中还说明,可使用极性与上述电压的极性相反的电压,例如,致动一像素可涉及将适当列设定为 $+V_{bias}$ 且将适当行设定为 $-\Delta V$ 。在此实施例中,通过将适当列设定为 $-V_{bias}$ 且将适当行设定为相同的 $-\Delta V$ 而实现释放所述像素,从而跨越所述像素产生零伏特电位差。

[0037] 图 5B 为展示施加到图 2 的 3×3 阵列的一系列行及列信号的时序图,其将产生图 5A 中所说明的显示布置,其中被致动的像素为非反射性的。在写入图 5A 中所说明的帧之前,像素可处于任何状态,且在此实例中,所有行最初处于 0 伏特且所有列处于 +5 伏特。通

过这些所施加电压,所有像素稳定于其现有的致动或松弛状态。

[0038] 在图 5A 帧中,像素 (1,1)、(1,2)、(2,2)、(3,2) 及 (3,3) 被致动。为实现此情形,在行 1 的“线时间”期间,将列 1 及列 2 设定为 -5 伏特,且将列 3 设定为 +5 伏特。因为所有像素均保持在 3 伏特到 7 伏特的稳定窗中,所以此情形并不改变任何像素的状态。接着,用从 0 上升到 5 伏特且返回到零的脉冲对行 1 进行选通。此情形致动 (1,1) 及 (1,2) 像素并使 (1,3) 像素松弛。阵列中的其它像素不受影响。为了按需要设定行 2,将列 2 设定为 -5 伏特且将列 1 及列 3 设定为 +5 伏特。施加到行 2 的相同选通将接着致动像素 (2,2) 且使像素 (2,1) 及 (2,3) 松弛。同样,阵列的其它像素不受影响。通过将列 2 及列 3 设定为 -5 伏特且将列 1 设定为 +5 伏特而类似地设定行 3。行 3 选通设定列 3 像素,如图 5A 中所展示。在写入帧之后,行电位为零,且列电位可保持于 +5 或 -5 伏特,且显示器接着稳定于图 5A 的布置。同一程序可用于数十或数百个行及列的阵列。在上文概述的一般性原理内,用以执行行及列致动的时序、顺序及电压电平可广泛地变化,且以上实例仅为示范性的,且任何致动电压方法可与本文中所描述的系统及方法一起使用。

[0039] 图 6A 及图 6B 为说明显示装置 40 的实施例的系统框图。显示装置 40 可为(例如)蜂窝式或移动电话。然而,显示装置 40 的相同组件或其轻微变化还说明各种类型的显示装置,例如电视及便携式媒体播放器。

[0040] 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 及麦克风 46。外壳 41 一般由多种制造工艺(包括注射模制及真空成形)中的任一者来形成。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、橡胶及陶瓷,或其组合)制成。在一个实施例中,外壳 41 包括可与具有不同颜色或含有不同标识、图片或符号的其它可移除部分互换的可移除部分(未图示)。

[0041] 示范性显示装置 40 的显示器 30 可为包括如本文中所描述的双稳态显示器的多种显示器中的任一者。在其它实施例中,显示器 30 包括:平板显示器,例如如上文所描述的等离子、EL、OLED、STN LCD 或 TFT LCD;或非平板显示器,例如 CRT 或其它管装置。然而,为了描述本实施例的目的,显示器 30 包括如本文中所描述的干涉式调制器显示器。

[0042] 示范性显示装置 40 的一个实施例的组件示意性地说明于图 6B 中。所说明的示范性显示装置 40 包括外壳 41,且可包括至少部分地封闭于所述外壳中的额外组件。举例来说,在一个实施例中,示范性显示装置 40 包括网络接口 27,所述网络接口 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,所述处理器 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,对信号进行滤波)。调节硬件 52 连接到扬声器 45 及麦克风 46。处理器 21 还连接到输入装置 48 及驱动器控制器 29。驱动器控制器 29 耦合到帧缓冲器 28 且耦合到阵列驱动器 22,所述阵列驱动器 22 又耦合到显示阵列 30。电源 50 如特定示范性显示装置 40 设计所要求而将电力提供到所有组件。

[0043] 网络接口 27 包括天线 43 及收发器 47,使得示范性显示装置 40 可经由网络与一个或一个以上装置通信。在一个实施例中,网络接口 27 还可具有一些处理能力以减轻处理器 21 的要求。天线 43 为用于发射及接收信号的任何天线。在一个实施例中,所述天线根据 IEEE 802.11 标准(包括 IEEE 802.11(a)、(b) 或 (g)) 来发射及接收 RF 信号。在另一实施例中,所述天线根据蓝牙(BLUETOOTH)标准发射及接收 RF 信号。在蜂窝式电话的状况下,所述天线经设计以接收 CDMA、GSM、AMPS、W-CDMA,或用以在无线手机网络内通信的其它

已知信号。收发器 47 预处理从天线 43 接收的信号,以使得其可由处理器 21 接收且进一步操纵。收发器 47 还处理从处理器 21 接收的信号,以使得其可从示范性显示装置 40 经由天线 43 而发射。

[0044] 在一替代实施例中,收发器 47 可由接收器替换。在又一替代实施例中,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替换。举例来说,图像源可为含有图像数据的数字视频光盘 (DVD) 或硬盘机,或产生图像数据的软件模块。

[0045] 处理器 21 一般控制示范性显示装置 40 的整个操作。处理器 21 从网络接口 27 或图像源接收例如压缩图像数据的数据,且将数据处理为原始图像数据或处理为易于处理为原始图像数据的格式。处理器 21 接着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一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颜色、饱和度及灰度阶。

[0046] 在一个实施例中,处理器 21 包括微控制器、CPU,或用以控制示范性显示装置 40 的操作的逻辑单元。调节硬件 52 一般包括用于将信号发射到扬声器 45 且用于从麦克风 46 接收信号的放大器及滤波器。调节硬件 52 可为示范性显示装置 40 内的离散组件,或可并入于处理器 21 或其它组件内。

[0047] 驱动器控制器 29 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,且适当地重新格式化原始图像数据以用于向阵列驱动器 22 高速传输。具体来说,驱动器控制器 29 将原始图像数据重新格式化为具有光栅状格式的数据流,以使得其具有适于跨越显示阵列 30 而扫描的时间次序。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。尽管例如 LCD 控制器等驱动器控制器 29 常常作为独立集成电路 (IC) 与系统处理器 21 相关联,但这些控制器可以许多方式实施。其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,或以硬件形式与阵列驱动器 22 完全整合。

[0048] 通常,阵列驱动器 22 从驱动器控制器 29 接收经格式化的信息,且将视频数据重新格式化为的一组平行波形,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条引线。

[0049] 在一个实施例中,驱动器控制器 29、阵列驱动器 22 及显示阵列 30 适合于本文中所描述的类型显示器中的任一者。举例来说,在一个实施例中,驱动器控制器 29 为常规显示器控制器或双稳态显示器控制器 (例如,干涉式调制器控制器)。在另一实施例中,阵列驱动器 22 为常规驱动器或双稳态显示驱动器 (例如,干涉式调制器显示器)。在一个实施例中,驱动器控制器 29 与阵列驱动器 22 整合。此实施例在例如蜂窝式电话、腕表及其它小面积显示器等高度整合的系统中为常见的。在又一实施例中,显示阵列 30 为典型显示阵列或双稳态显示阵列 (例如,包括干涉式调制器阵列的显示器)。

[0050] 输入装置 48 允许用户控制示范性显示装置 40 的操作。在一个实施例中,输入装置 48 包括例如 QWERTY 键盘或电话小键盘等小键盘、按钮、开关、触敏屏幕、压敏或热敏膜。在一个实施例中,麦克风 46 为用于示范性显示装置 40 的输入装置。当使用麦克风 46 将数据输入到装置时,可由用户提供用于控制示范性显示装置 40 的操作的语音命令。

[0051] 电源 50 可包括如此项技术中众所周知的多种能量存储装置。举例来说,在一个实施例中,电源 50 为例如镍镉电池或锂离子电池等可再充电电池。在另一实施例中,电源 50 为可再生能源、电容器或太阳能电池 (包括塑料太阳能电池及太阳能电池漆)。在另一实施

例中,电源 50 经配置以从壁式插座接收电力。

[0052] 如上文所描述,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若干地方的驱动器控制器中。在一些状况下,控制可编程性驻留于阵列驱动器 22 中。上述最优化可在任何数目个硬件及 / 或软件组件中且以各种配置来实施。

[0053] 根据上文所阐述的原理操作的干涉式调制器的结构细节可广泛地变化。举例来说,图 7A 到图 7E 说明可移动反射层 14 及其支撑结构的五个不同实施例。图 7A 为图 1 的实施例的横截面,其中金属材料的条带 14 沉积于正交地延伸的支撑件 18 上。在图 7B 中,每一干涉式调制器的可移动反射层 14 的形状为正方形或矩形的,且仅在系栓 32 上的角部处附接到支撑件。在图 7C 中,可移动反射层 14 的形状为正方形或矩形的,且从可包含柔性金属的可变形层 34 悬置。可变形层 34 在可变形层 34 的周边周围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 7D 中所说明的实施例具有支撑柱插塞 42,可变形层 34 搁置于所述支撑柱插塞 42 上。可移动反射层 14 如在图 7A 到图 7C 中保持悬置于间隙上方,但可变形层 34 不会通过填充可变形层 34 与光学堆叠 16 之间的孔洞而形成支撑柱。实情为,支撑柱由平坦化材料形成,所述平坦化材料用以形成支撑柱插塞 42。图 7E 中所说明的实施例是基于图 7D 中所展示的实施例,但还可适于与图 7A 到图 7C 中所说明的实施例中的任一者以及未展示的额外实施例一起工作。在图 7E 中所展示的实施例中,金属或其它导电材料的附加层已用以形成总线结构 44。此情形允许沿干涉式调制器的背面的信号路由,从而消除原本可能必须形成于衬底 20 上的多个电极。

[0054] 在例如图 7 中所示的实施例的实施例中,干涉式调制器充当直视装置,其中从透明衬底 20 的前侧检视图像,所述侧与其上布置有调制器的侧相对。在这些实施例中,反射层 14 以光学方式遮蔽与衬底 20 相对的反射层的侧上的干涉式调制器部分(包括可变形层 34)。此情形允许所遮蔽区域经配置且在其上进行操作,而不会不利地影响图像质量。举例来说,此遮蔽允许图 7E 中的总线结构 44,所述结构提供将调制器的光学性质与调制器的机电性质(例如,寻址及由所述寻址所引起的移动)分开的能力。此可分开的调制器架构允许用于调制器的机电方面与光学方面的结构设计及材料彼此独立地选择并起作用。此外,图 7C 到图 7E 中所展示的实施例具有得自将反射层 14 的光学性质与其机械性质解耦的额外益处,所述益处由可变形层 34 实现。此情形允许用于反射层 14 的结构设计及材料关于光学性质而最优化,且允许用于可变形层 34 的结构设计及材料关于所要机械性质而最优化。

[0055] 上文所描述的干涉式调制器为具有松弛状态及致动状态的双稳态显示元件。然而,以下描述涉及模拟干涉式调制器。这些模拟干涉式调制器具有一状态范围。举例来说,在模拟干涉式调制器的一个实施例中,单一干涉式调制器可具有红色状态、绿色状态、蓝色状态、黑色状态及白色状态。因此,单一干涉式调制器经配置以具有在广泛范围的光谱上具有不同光反射性质的各种状态。此外,模拟干涉式调制器的光学堆叠可与上文所描述的双稳态显示元件不同。这些差异可产生不同光学结果。举例来说,在上文所描述的双稳态元件中,闭合状态向双稳态元件提供黑色反射状态。然而,模拟干涉式调制器在电极处于与双稳态元件的闭合状态类似的位置时具有白色反射状态。

[0056] 图 8 为具有三层或电极设计的模拟干涉式调制器 800 的示范性实施例。调制器 800 包括上部电极 802。在一个实施例中,电极 802 为由金属制成的板。可使用加强层 803 来加强上部电极 802。在一个实施例中,加强层 803 为电介质。加强层 803 可用以保持上部

电极 802 刚性且实质上平坦。调制器 800 还包括中间电极 806 及下部电极 810。所述三个电极通过绝缘柱 804 而电绝缘。绝缘柱 804 还用以在不存在静电力时将电极 802 与 810 之间的中间电极 806 保持于稳定状态。中间电极 806 具有安置于其上的加强层 808。在一个实施例中,加强层 808 由氮氧化硅制成。中间电极 806 经配置以在上部电极 802 与下部电极 810 之间的区域中移动。加强层 808 在中间电极 806 移动于电极 802 与 810 之间时保持中间电极 806 的一部分刚性且实质上平坦。在一个实施例中,将加强层 808 安置于中间电极 806 的中央部分上。在此实施例中,中间电极 806 的侧面部分能够随着中间电极 806 移动而弯曲。在图 8 中,在整个电极实质上平坦的平衡位置展示中间电极 806。随着中间电极 806 移动远离此平衡位置,中间电极 806 的侧面部分将变形或弯曲。中间电极 806 的侧面部分实施施加一力以使中间电极 806 移动返回到平衡位置的弹性弹簧力。中间电极 806 还用作用以反射通过衬底 812 进入所述结构的光的金属反射镜。在一示范性实施例中,衬底 812 由玻璃制成。在一个实施例中,下部电极 810 为吸收铬层。下部电极 810 具有安置于其上的钝化层 814。在一个实施例中,钝化层 814 为薄电介质层。在一示范性实施例中,上部电极 802 具有安置于其上的钝化层。在一个实施例中,所述钝化层为薄电介质层。

[0057] 图 9 为类似于图 8 的调制器 800 的模拟干涉式调制器 900 的另一示范性实施例。然而,调制器 900 具有安置于中间电极 906 上的较大加强层 908,且进一步包括安置于上部电极 902 上的电阻性元件 916。上部电极 902 具有安置于其上的加强层 903。在一个示范性实施例中,上部电极 902 为金属且加强层 903 为电介质。调制器 900 还包括下部电极 910,所述下部电极 910 具有安置于其上的薄介电钝化层 914。下部电极 910 安置于衬底 912 上。电阻性元件 916 在上部电极 902 与中间电极 906 之间提供分离器。当中间电极 906 朝向上部电极 902 移动时,电阻性元件 916 防止中间电极 906 与上部电极 902 接触。在一个实施例中,中间电极 906 包括安置于中间电极 906 的底部部分上的绝缘层。

[0058] 图 10 为具有控制电路 1120 的模拟干涉式调制器 1100 的示范性实施例。所述模拟干涉式调制器 1100 可为调制器 800、调制器 900、调制器 1000 或模拟干涉式调制器的其它类似设计中的任一者。调制器 1100 包括上部电极 1102、中间电极 1106 及下部电极 1110。调制器 1100 进一步包括使电极 1102、1106 及 1110 与其它结构绝缘的绝缘柱 1104。

[0059] 控制电路 1120 经配置以跨越上部电极 1102 及下部电极 1110 施加一电压。电荷泵 1118 经配置以选择性地施加电荷到中间电极 1106。使用控制电压 1120 及电荷泵 1118,实现中间电极 1106 的静电致动。电荷泵 1118 用以为中间电极 1106 充入一定剂量的电荷。带电的中间电极 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。带电的中间电极 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。可通过使由控制电路 1120 所施加的电压变化而使中间电极 1106 移动到各个位置。举例来说,由控制电路 1120 所施加的正电压 V_c 使下部电极 1110 经驱动到相对于上部电极 1102 的正电位,此排斥带正电的中间电极 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 使下部电极 1110 经驱动到相对于上部电极 1102 的负电位,此吸引带电的中间电极 1106。因此,负电压 V_c 使中间电极 1106 朝向下部电极 1110 移动。中间电极 1106 可相应地移动到电极 1102 与 1110 之间的广泛范围的位置。

[0060] 开关 1122 用以选择性地中间电极 1106 连接到电荷泵 1118 或从电荷泵 1118 断

开。应注意,除开关以外的在此项技术中已知的其它方法(例如,薄膜半导体、熔丝、反熔丝等)可用以选择性地将中间电极 1106 连接到电荷泵 1118 或从电荷泵 1118 断开。

[0061] 开关 1122 可经配置以断开及闭合以传递特定电荷到中间电极 1106。下文关于图 13 及图 14 描述选择电荷电平的方法。此外,开关 1122 可经配置以随着电荷从中间电极 1106 泄漏或耗散而随时间重新施加电荷。在一个示范性实施例中,根据一指定时间间隔将电荷重新施加到中间电极 1106。

[0062] 图 11 为图 8 的实施例的模拟干涉式调制器 1200 的示范性实施例。图 11 说明能够移动到上部电极 1202 与下部电极 1210 之间的各个位置 1230 到 1236 的中间电极 1206。在一个实施例中,根据关于图 10 所描述的结构及方法来移动中间电极。

[0063] 调制器 1200 经配置以视所述调制器的配置而选择性地反射光的某些波长。充当吸收层的下部电极 1210 与中间电极 1206 之间的距离改变调制器 1200 的干涉性质。举例来说,调制器 1200 经设计以在调制器的衬底 1212 侧上被检视。光通过衬底 1212 进入调制器 1200。视中间电极 1206 的位置而定,光的不同波长通过衬底 1212 反射回,此提供不同颜色的外观。举例来说,在位置 1230,光的红色波长被反射,而光的其它颜色被吸收。因此,干涉式调制器处于红色状态。当中间电极移动到位置 1232 时,调制器 1200 处于绿色状态且仅光的绿色波长被反射。当中间电极移动到位置 1234 时,调制器 1200 处于蓝色状态且仅光的蓝色波长被反射。当中间电极移动到位置 1236 时,调制器 1200 处于白色状态,且可见光谱中的光的所有波长被反射。应注意,一般所属领域的技术人员将认识到,调制器 1200 可呈现不同状态,且视用于调制器的构造中的材料及中间电极 1206 的位置而选择性地反射光的其它波长或光的波长的组合。

[0064] 图 12 为经配置使得中间电极 1306 以线性比例响应跨越上部电极 1302 及下部电极 1310 所驱动的电场的模拟干涉式调制器 1300 的示范性实施例。因此,在用以控制中间电极 1306 的移动的电压与电极 1302 与 1310 之间的中间电极 1306 的位置之间存在线性关系。在一理想系统中,由所驱动电压所诱发的电场可定义如下:

$$[0065] \quad E = V / (\delta_1 + \delta_2) \quad (1)$$

[0066] 其中:

[0067] E 为归因于电压 V 的电场;

[0068] V 为由控制电路 1320 所施加的电压;

[0069] δ_1 为下部电极 1310 与中间电极 1306 之间的有效距离;且

[0070] δ_2 为上部电极 1302 与中间电极 1306 之间的有效距离。

[0071] 有效距离考虑两个电极之间的实际距离(即, d_1 及 d_2) 与钝化层 1314 及 1303 的效应两者。钝化层起到增加有效距离的作用且计算为 d_e / ϵ , 其中 d_e 为钝化层的厚度且 ϵ 为钝化层的介电常数。因此, $\delta_1 = d_1 + d_e / \epsilon$ 且 $\delta_2 = d_2 + d_e / \epsilon$ 。应注意,钝化层 1303 与 1314 可具有不同厚度及/或可由不同材料制成。

[0072] 由中间电极 1306 上的所存储并隔离的电荷 Q 所诱发的电场由下列式给出:

$$[0073] \quad E_2(x) = Q / (\epsilon_0 * A) * (\delta_1 + x) / (\delta_1 + \delta_2) \quad (2)$$

$$[0074] \quad E_1(x) = -Q / (\epsilon_0 * A) * (\delta_2 - x) / (\delta_1 + \delta_2) \quad (3)$$

[0075] 其中:

[0076] E_2 = 在上部电极 1302 与中间电极 1306 之间所诱发的电场;

[0077] E_1 = 在下部电极 1310 与中间电极 1306 之间所诱发的电场；

[0078] A = 电极的面积；

[0079] ϵ_0 = 真空的电介质电容率；且

[0080] x = 中间电极 1306 相对于中间电极 1306 的平衡位置（在所述平衡位置处控制电路 1320 不施加电压）的位置。

[0081] 归因于电场的在中间电极上的力接着由下式给出：

$$[0082] \quad F_E = Q^2 / (2 \epsilon_0 A) * (\delta_1 - \delta_2 + 2x) / (\delta_1 + \delta_2) + QV / (\delta_1 + \delta_2) \quad (4)$$

[0083] 另外，如关于图 8 所述，中间电极 806 的侧面部分可施加弹性弹簧力 F_s 到中间电极。此机械恢复力由下式给出：

$$[0084] \quad F_s = -Kx \quad (5)$$

[0085] 其中：

[0086] K = 弹簧常数。

[0087] 力平衡 (F_E 平衡 F_s) 由下式给出：

$$[0088] \quad \frac{Q^2}{2\epsilon_0 A} \left(\frac{\delta_1 - \delta_2 + 2x}{\delta_1 + \delta_2} \right) + \frac{QV}{\delta_1 + \delta_2} = Kx \quad (6)$$

[0089] 可接着将方程式 (6) 用作下式来求解中间电极 1306 的位置 x ：

$$[0090] \quad x = \frac{\frac{Q^2}{2\epsilon_0 A} \left(\frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1 + \delta_2} \right) + \frac{QV}{\delta_1 + \delta_2}}{K - \frac{Q^2}{\epsilon_0 A (\delta_1 + \delta_2)}} \quad (7)$$

[0091] 根据方程式 (7)，一理想系统中的中间电极 1306 的位置线性地视所施加的电压 V 而定。

[0092] 还应注意，方程式 (7) 的分母的正负号指示所述结构是否稳定（即，中间电极 1306 是否将朝向最接近的外部电极紧压）。不稳定性出现于由所存储电荷自身所诱发的在中间电极 1306 上的静电力克服机械恢复力时。不稳定点为由以下方程式给出的阈值电荷 Q_c ：

$$[0093] \quad Q_c = \sqrt{K\epsilon_0 A (\delta_1 + \delta_2)} \quad (8)$$

[0094] 如果中间电极 1306 并非完全电隔离，则中间电极 1306 上的所存储电荷 Q 可随其在电极 1302 与 1310 之间的位置而变化。此 Q 变化可影响中间电极 1306 对于电荷的响应。当中间电极 1306 并非完全电隔离时，存在从中间电极 1306 附接到上部电极 1302 与下部电极 1310 中的每一者的寄生电容 1340 及 1342。调制器 1300 经配置以通过包括与中间电极 1306 串联连接且与寄生电容 1340、1342 并联连接的电容器 1344 来说明寄生电容 1340、1342。下文描述电容器 1344 在减轻寄生电容 1340、1342 以允许中间电极 1306 以与由控制电路 1320 所施加的电压成线性关系的方式移动时的效应。电容器 1344 箝位加载中间电极 1306 的总电容，且还阻断中间电极 1306 上的电荷的直接泄漏路径。

[0095] C_2 为上部电极 1302 与中间电极 1306 之间的间隙的电容，且 C_1 为中间电极 1306 与下部电极 1310 之间的间隙的电容。

$$[0096] \quad C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{\delta_1 + x} \quad (9)$$

[0097]

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 A}{\delta_2 - x} \quad (10)$$

[0098] 来自电压 V 的施加的期望的所存储电荷值 Q_0 由以下方程式给出：

[0099]

$$Q_0 = \left(\frac{C_s V}{C_1 + C_2 + C_s} \right) (C_1 + C_2) \quad (11)$$

[0100] 其中：

[0101] C_s = 电容器 1344 的值。

[0102] 在将电荷 Q_0 置放于中间电极 1306 上之后，可计算在中间电极 1306 上跨越电极 1302 及 1310 的所施加偏置电压 V 的效应。随着中间电极 1306 的电压及位置而变的中间电极 1306 上的电压相依电荷 Q_{MV} 由以下方程式给出：

[0103]

$$Q_{MV} = \frac{C_s (C_{P1} C_2 - C_{P2} C_1) V}{(C_1 + C_2) (C_s + C_{P1} + C_{P2}) + C_s (C_{P1} + C_{P2})} \quad (12)$$

[0104] 其中：

[0105] C_{P1} = 寄生电容 1342 的值；且

[0106] C_{P2} = 寄生电容 1340 的值。

[0107] 在 $C_{P1} = C_{P2} = C_P \gg C_s$ 的状况下，电压相依电荷 Q_{MV} 简化为：

[0108]

$$Q_{MV} = \frac{C_s (C_2 - C_1) V}{2(C_1 + C_2 + C_s)} \quad (13)$$

[0109] 不等式成立于 C_s 的值经选择以降低加载中间电极 1306 的整体电容的情形下。然而，如果寄生电容 1340、1342 中存在不平衡（即， $C_{P1} = C_P$ 、 $C_{P2} = C_P + \delta C_P$ ），则中间电极 1306 上的所诱发电荷由以下方程式给出：

[0110]

$$Q_{MV} = \frac{C_s \left(C_2 - C_1 + \frac{\delta C_P C_2}{C_P} \right) V}{2(C_1 + C_2 + C_s)} \quad (14)$$

[0111] 然而，可应用补偿值以使寄生电容 1340 与 1342 近似相等。

[0112] 通过组合原始存储电荷 Q_0 与所诱发电荷 Q_{MV} ，中间电极上的实际电荷 Q_M 可确定为 $Q_M = Q_0 + Q_{MV}$ 。只要电容器 1344 经选择以使得方程式 (13) 成立（即， $C_{P1} = C_{P2} = C_P \gg C_s$ ），即可用 Q_M 替代方程式 (7) 的 Q 来给出中间电极 1306 的位置。因此，适当电容器 1344 将促使中间电极 1306 以对于由控制电路 1320 所施加的电压的近似线性响应的方式作出响应。在一个示范性实施例中，电容器 1344 的电容近似为 1fF。在另一示范性实施例中，电容器 1344 的电容近似为 10fF。

[0113] 调制器 1300 的设计还在中间电极 1306 与下部电极 1310 之间的间隙接近于 0 时限制相关联的电场的值。对利用 3 个电极的干涉式调制器的电场 E_{lower} 的限制表达由以下方程式给出：

$$[0114] \quad E_{\text{lower}} = V / (\delta_1 + \delta_2) - Q / (\epsilon_0 A) \quad (15)$$

[0115] 其为归因于存储于中间电极 1306 上的电荷的电场与由控制电路 1320 所施加的电场的总和。

[0116] 图 13 说明借以校准图 12 的模拟干涉式调制器 1300 的过程 1400。所述校准过程配置调制器 1300, 使得中间电极 1306 将在施加特定电压时移动到上部电极 1302 与下部电极 1310 之间的已知位置。下文参看图 14 描述过程 1400, 所述图说明在校准过程 1400 的各个状态下的干涉式调制器 1300。

[0117] 当被制造时, 任何两个给定模拟干涉式调制器的结构可具有变化。在两个类似模拟干涉式调制器的物理性质中的一些中可能存在轻微变化。举例来说, 弹簧常数 K 、层的精确尺寸及层的间距均可不同。变化可归因于过程变化、温度及老化而发生。在此状况下, 使用方程式 (7) 来准确计算中间电极 1306 的位置 x 将需要所有这些变量的知识。此外, 如果任何变量在任何给定的模拟干涉式调制器之间不同, 则每一调制器的中间电极 1306 的位置 x 可在施加一已知电压且一已知电荷存储于中间电极 1306 上时不同。图 13 及图 14 说明校准例如图 12 的实施例的模拟干涉式调制器的模拟干涉式调制器, 使得在无需先前论述的变量的精确知识的情况下知晓在由控制电路 1320 所施加的任何给定电压下的中间电极 1306 的近似位置的过程。

[0118] 在步骤 1404 处, 闭合开关 1522 以接地且通过控制电路 1520 施加校准电位 V_{cal} , 如图 14a 中所示。在下一步骤 1408 处, 在中间电极 1506 上诱发一净负电荷。在一个示范性实施例中, 如关于图 10 所示的电荷泵 1118 在开关 1522 闭合的同时在中间电极 1506 上诱发所述负电荷。随着所述电荷沉积于中间电极 1506 上, 带电电极 1506 与由所施加校准电位所产生的电场相互作用且朝向上部电极 1502 移动, 如图 14b 中所示。由静电吸引产生的力与所施加电场的平方成比例, 所述电场随着上部电极 1502 与中间电极 1506 之间的距离减小且随着中间电极 1506 上的电荷增加而增加。在某一电荷及距离下, 电场的力超过中间电极 1506 上的弹性弹簧力 F_s 。此时, 中间电极 1506 朝向上部电极 1502 “紧压”。中间电极 1506 接着与电阻性元件或柱 1516 接触, 如图 14c 中所示。当进行接触时, 上部电极 1502 与中间电极 1506 之间的电位差下降到源电阻 1548 与柱 1516 的电阻之间的电阻分压。电位按指数规律下降。随着电位下降, 机械恢复力或弹性弹簧力变得大于中间电极 1506 上的静电力。中间电极 1506 接着移动远离电阻性柱, 且上部电极 1502 与中间电极 1506 之间的电位差开始上升回到由控制电路 1120 在上部电极 1502 与下部电极 1510 之间所施加的电位。此情形产生振荡行为。在另一步骤 1412 处, 确定中间电极 1506 是否正展现振荡行为。如果确定中间电极 1506 并非正展现振荡行为, 则过程 1400 返回到步骤 1408 且电荷继续诱发于中间电极 1506 上。在步骤 1412 处, 当确定中间电极 1506 正展现振荡行为时, 过程 1400 继续到步骤 1416。可使用此项技术中已知的方法来感测振荡行为。在步骤 1416 处, 断开开关 1522 以电隔离中间电极 1506 并在中间电极 1506 上维持一平衡电荷 Q_e 。当开关 1522 断开时, 中间电极 1506 将保持于距电阻性柱 1516 一小距离 d_g 处。在一示范性实施例中, 距离 d_g 远小于上部电极 1502 与中间电极 1506 之间的距离 d_2 。因此, 当中间电极 1506 持有

电荷 Q_e 且 V_{cal} 由控制电路 1120 施加时, $x \approx d_2$ 且中间电极 1506 将朝向上部电极 1502 移动一近似为 d_2 的距离。当控制电路 1120 未施加电位时, $x = 0$ 且中间电极将保持于上部电极 1502 与底部电极 1510 之间的一非移动位置。如由以上的方程式 (7) 所指示, 中间电极 1506 的移动与所施加电压成线性关系, 且因此, 如合理所属领域的技术人员将认识到, 可使用与所施加电压有关的中间电极的位置 x 的两组值 (例如, $(0, 0)$ 及 (d_2, V_{cal})) 来确定中间电极 1506 的位置 x 的方程式。

[0119] 除感测振荡外, 还存在用于确定何时在步骤 1412 处断开开关 1522 以获得平衡电荷 Q_e 的其它变化。在校准过程的一个实施例中, 当中间电极 1506 与电阻性柱 1516 进行接触时, 断开开关 1522。随着电荷排出, 中间板将与电阻性柱 1516 分离并持有平衡电荷。在另一实施例中, 当中间电极 1506 获取充足电荷以紧压于电阻性柱 1516 时但在中间电极 1506 与电阻性柱 1516 进行接触之前, 断开开关 1522。可在校准过程的先前执行期间计算或确立获取充足电荷所必要的持续时间。

[0120] 应注意, 中间电极 1506 上的电荷最终可能排出并需要周期性地再充电。可重复过程 1400 以便对中间电极 1506 再充电。在一个实施例中, 再充电过程也可经修改, 使得开关 1522 仅闭合足以在中间电极 1506 上诱发大于 Q_e 的电荷的时间。过量电荷将接着通过电阻性柱 1516 而排到适当 Q_e 。在一个实施例中, 可针对设定间隔 (例如, 在一设定时间间隔之后) 调度再充电过程。在另一实施例中, 可在中间电极 1506 上的电荷达到一阈值以下时对电荷进行监视并对调制器再充电。

[0121] 还应注意, 在一个实施例中, 干涉式调制器 1500 包括在中间电极 1506 的底部的一额外层, 所述层可防止中间电极 1506 在其与下部电极 1510 接触的情况下放电。在一个实施例中, 所述额外层是薄绝缘体。

[0122] 尽管在如包括某些步骤的实施方式中且以特定次序描述以上过程 1400, 但应认识到, 这些过程可包括额外步骤或可省略所述步骤中的一些步骤。此外, 所述过程的步骤中的每一者并非必须以其被描述的次序来执行。

[0123] 尽管以上实施方式已展示、描述并指出本发明的如应用于各种实施例的新颖特征, 但应理解, 所属领域的技术人员可在不脱离本发明的精神的情况下对所说明的调制器或过程的形式及细节进行各种省略、替代及改变。如将认识到, 本发明可在并未提供本文中所述的所有特征及益处的形式内体现, 因为一些特征可与其它特征分离地使用或实践。

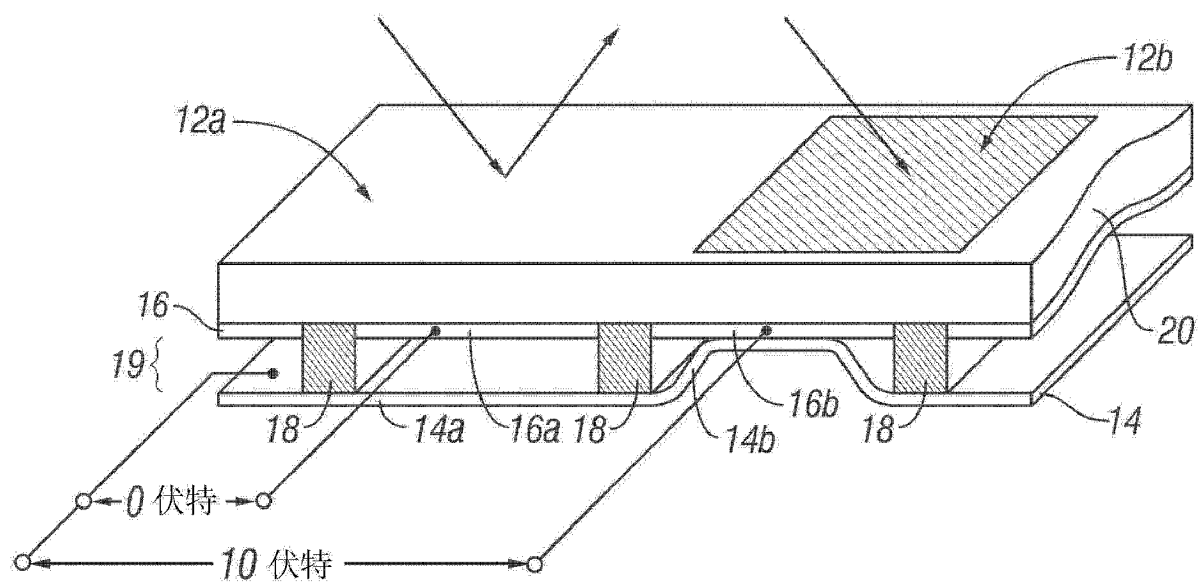


图 1

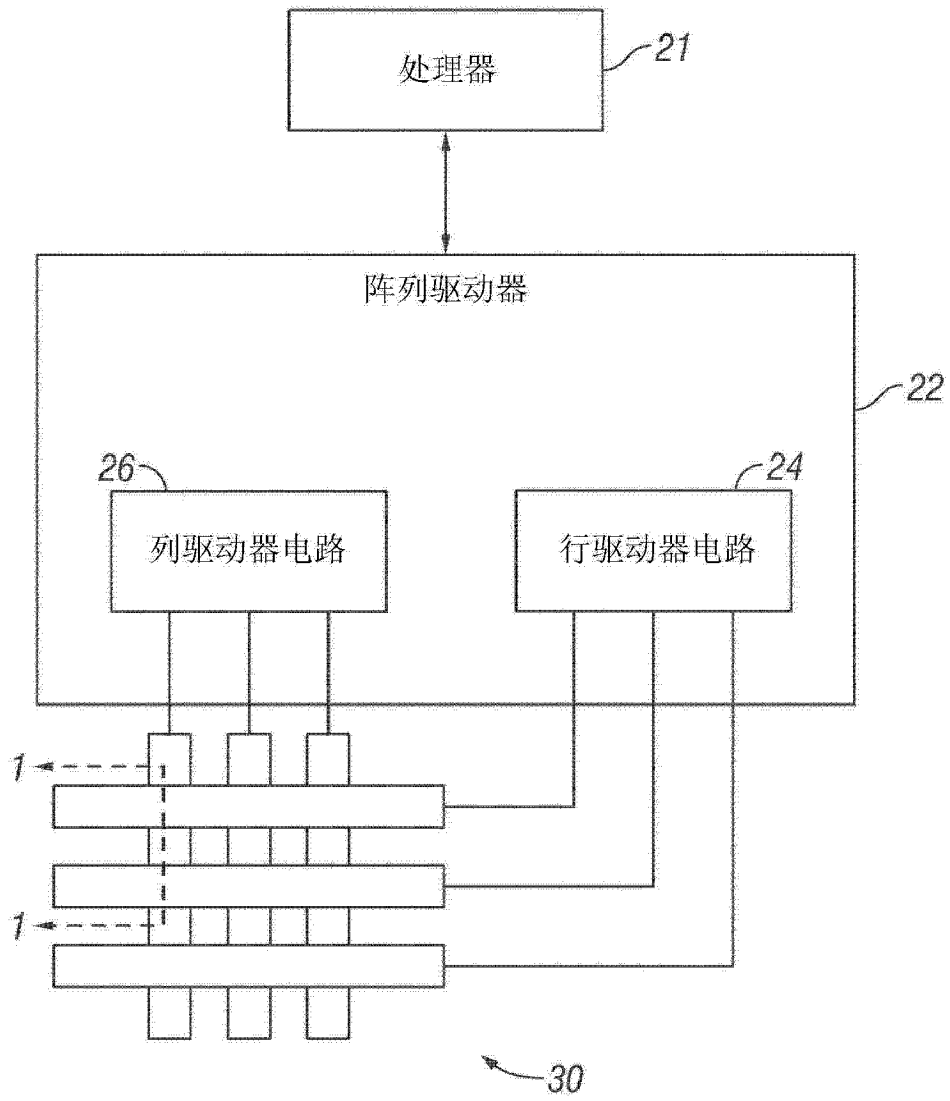


图 2

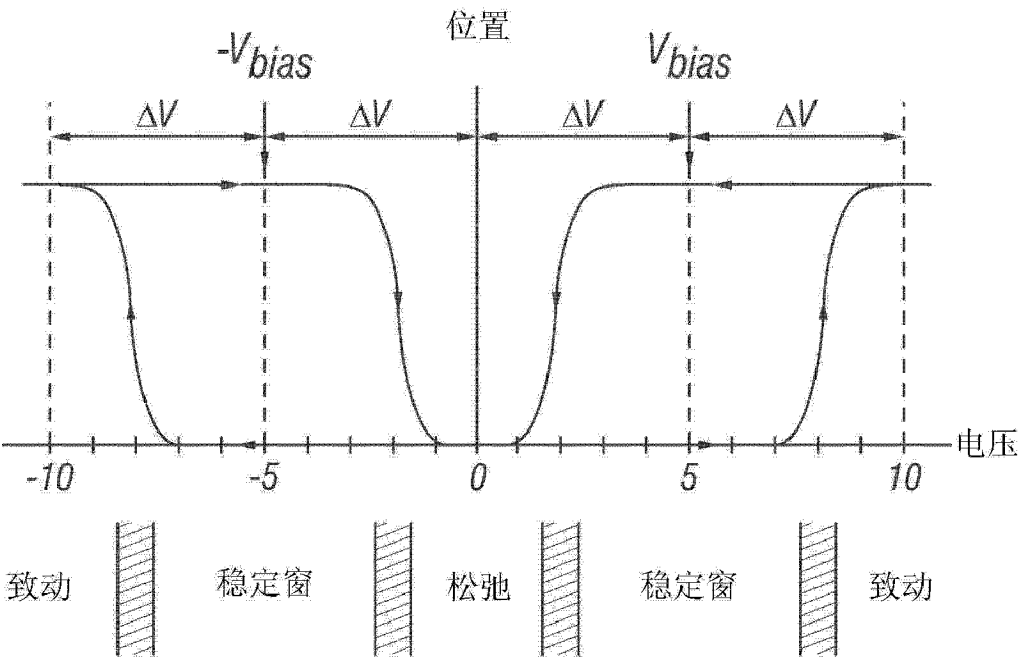


图 3

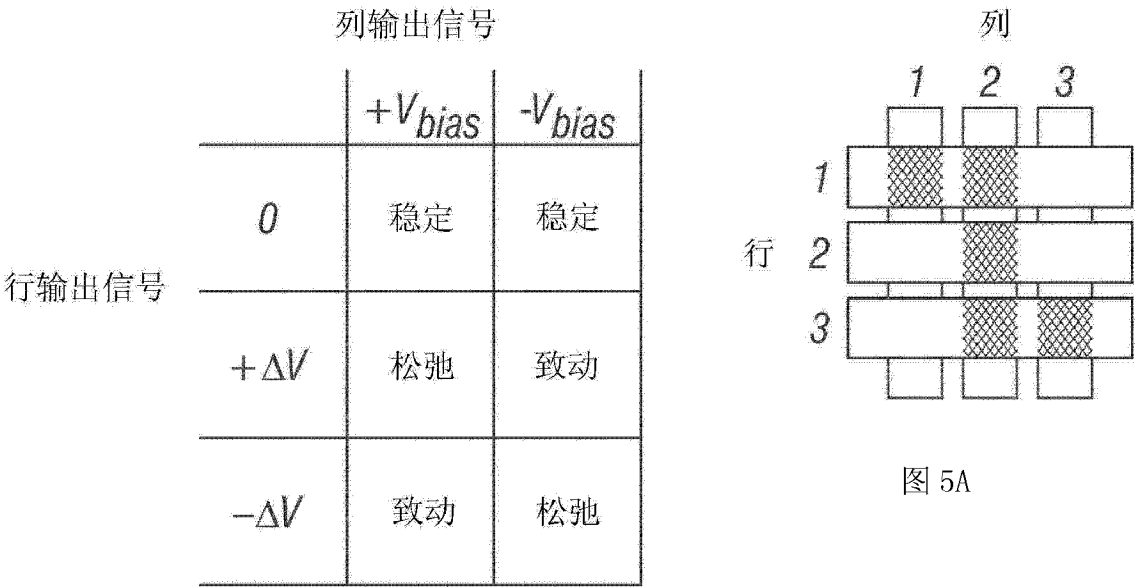


图 5A

图 4

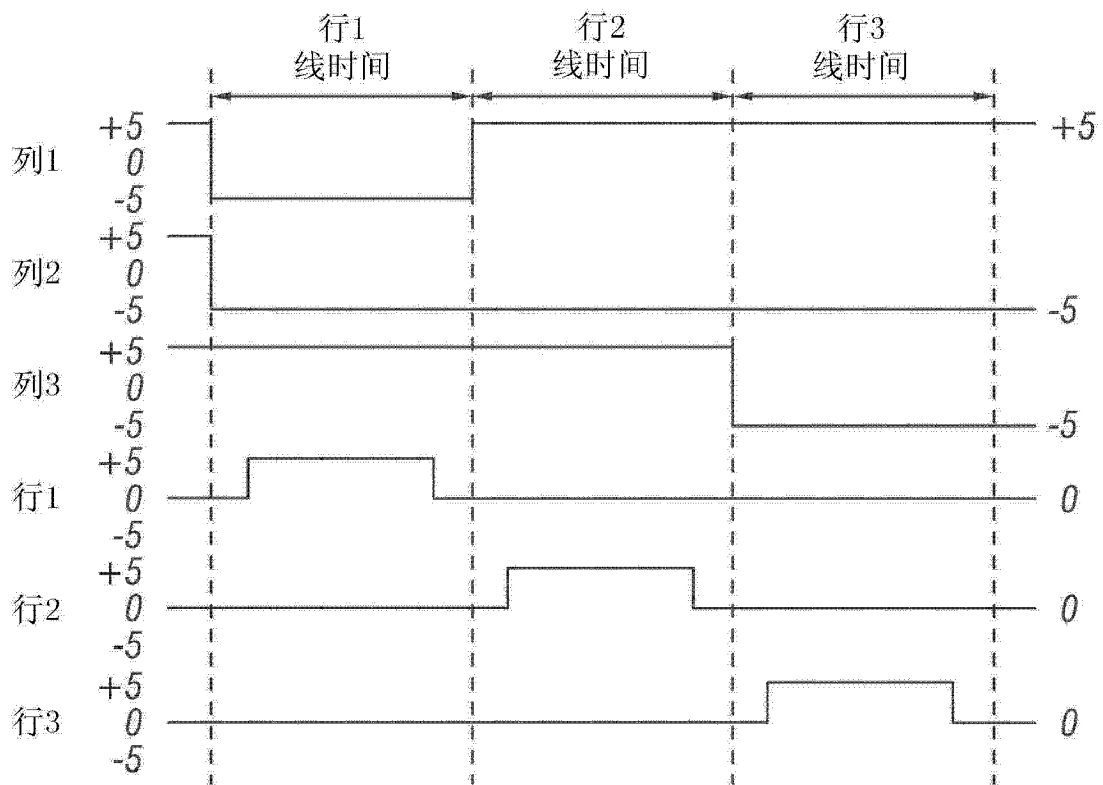


图 5B

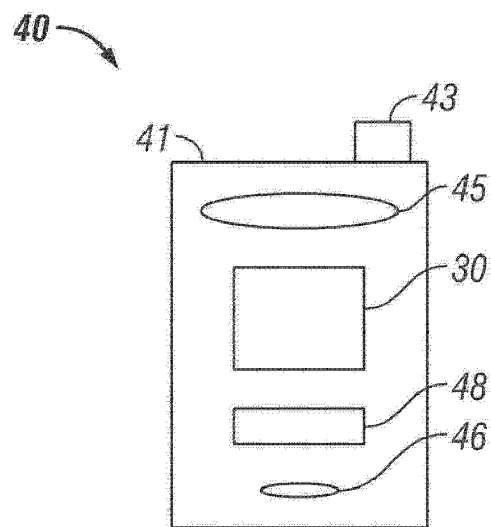


图 6A

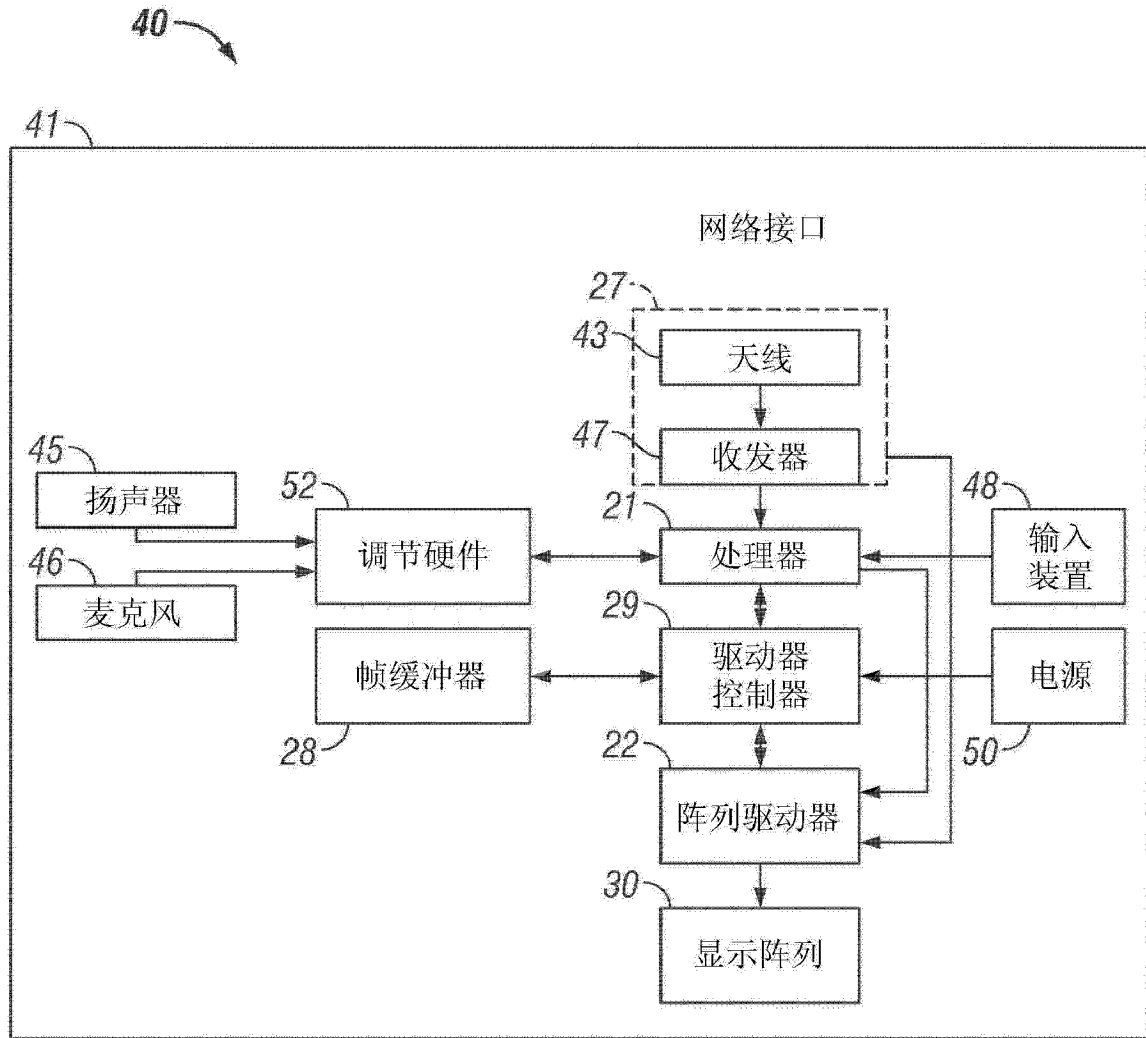


图 6B

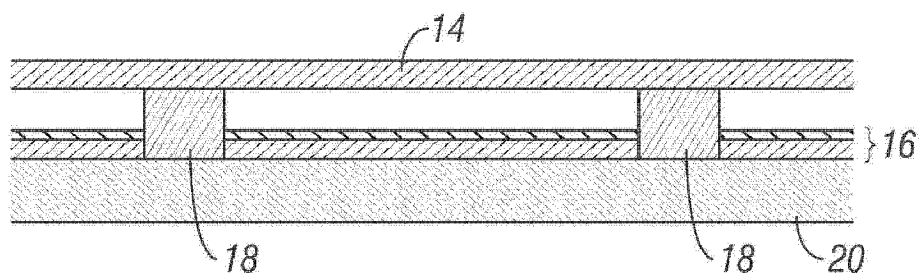


图 7A

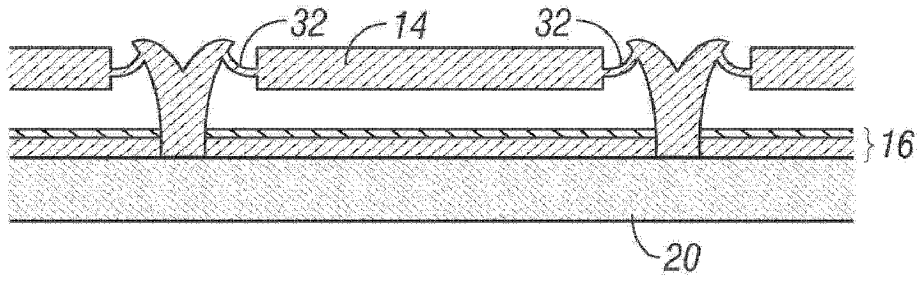


图 7B

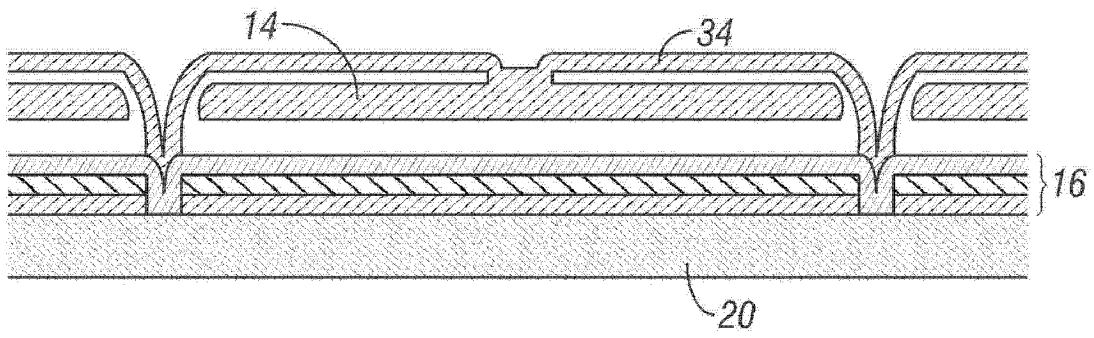


图 7C

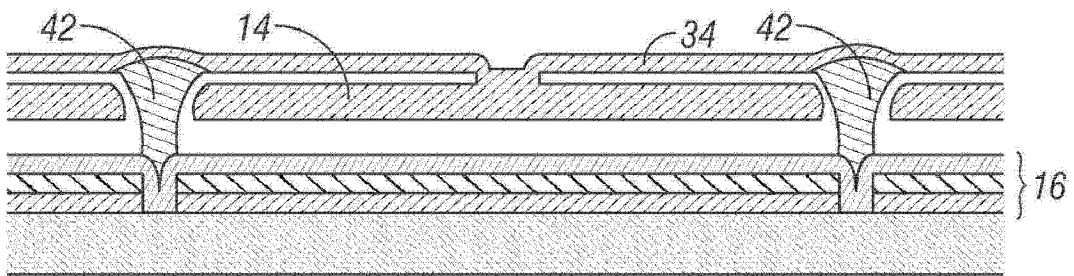


图 7D

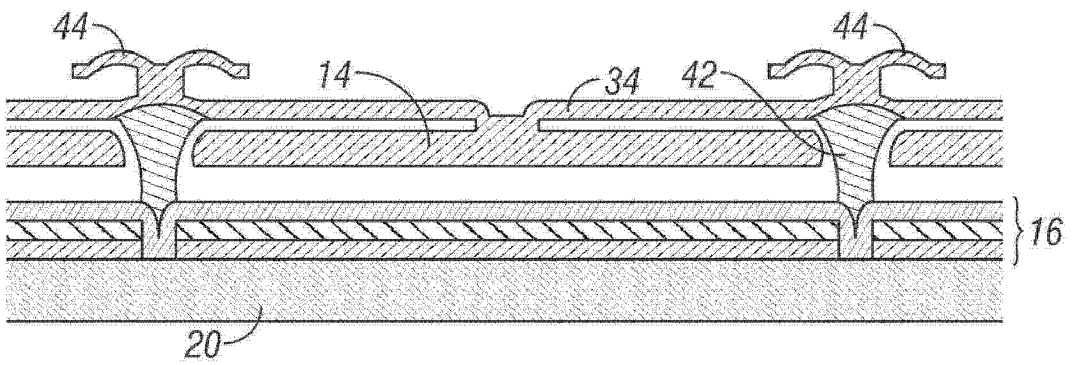


图 7E

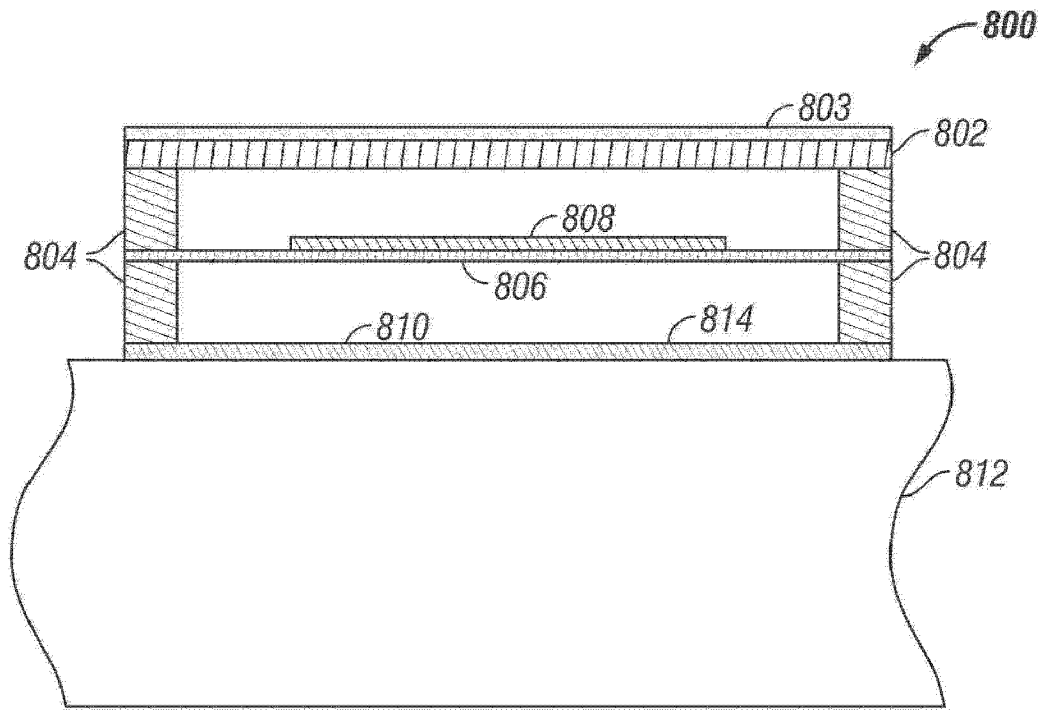


图 8

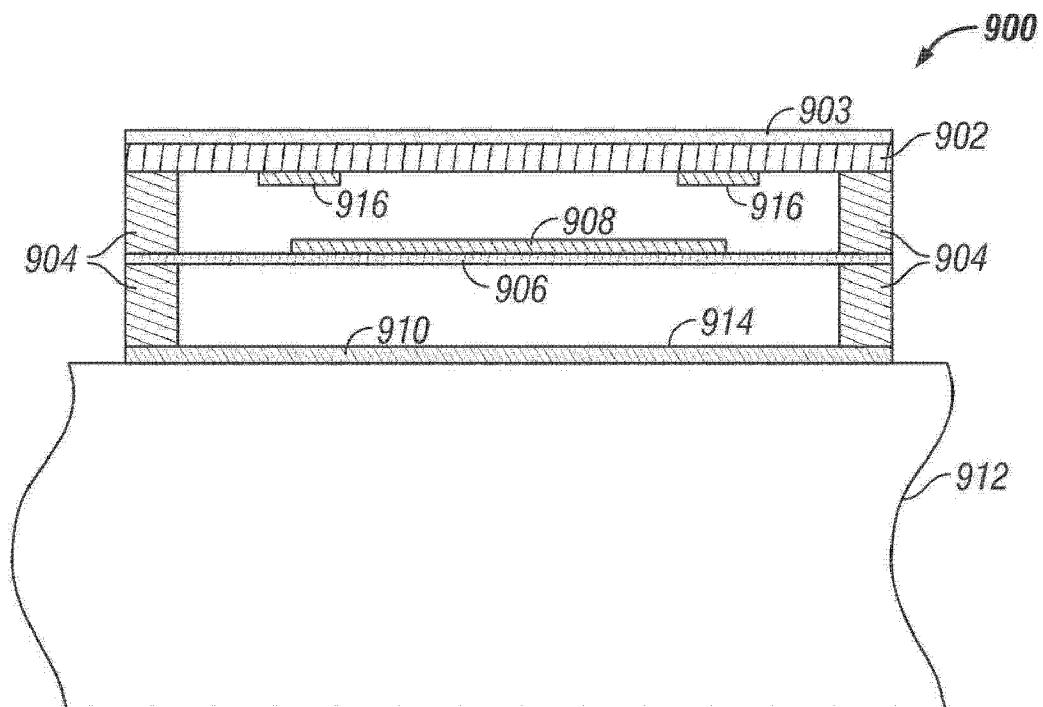


图 9

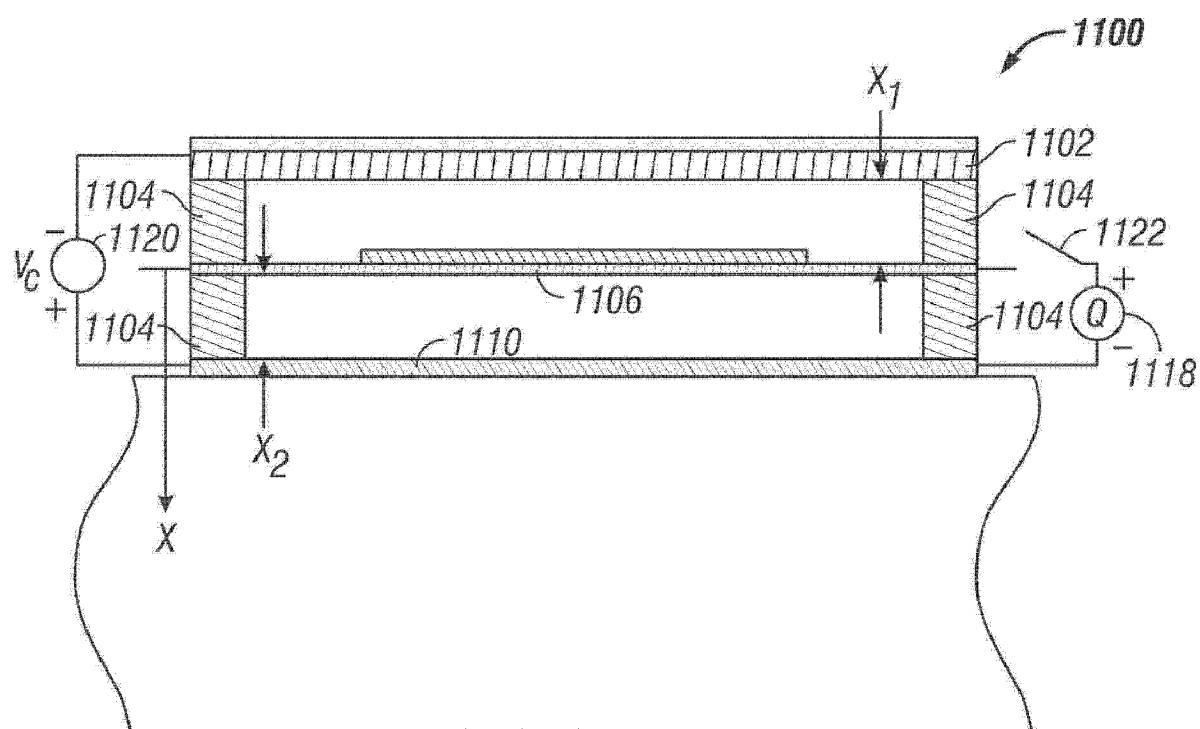


图 10

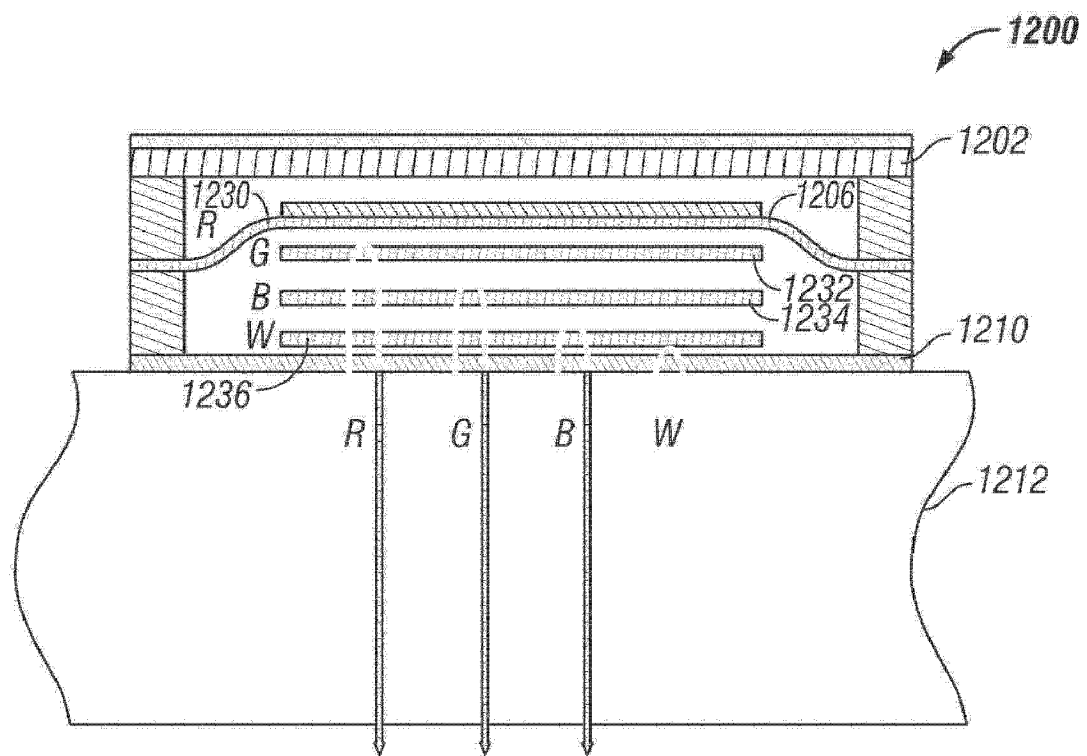


图 11

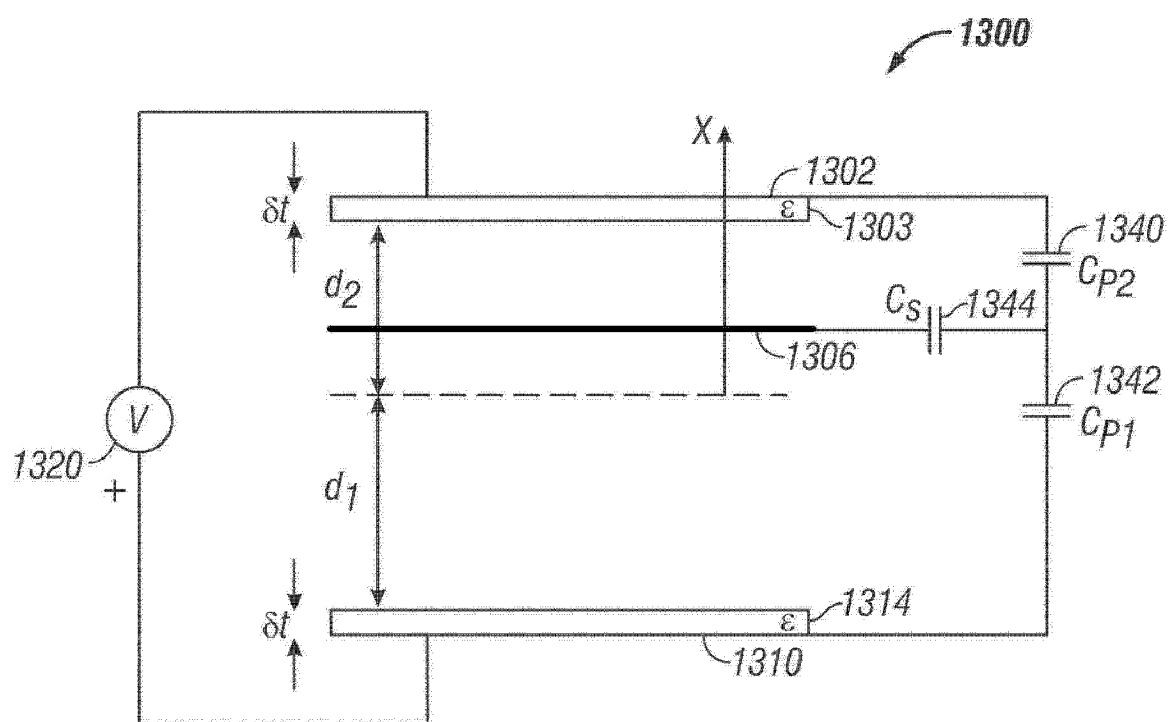


图 12

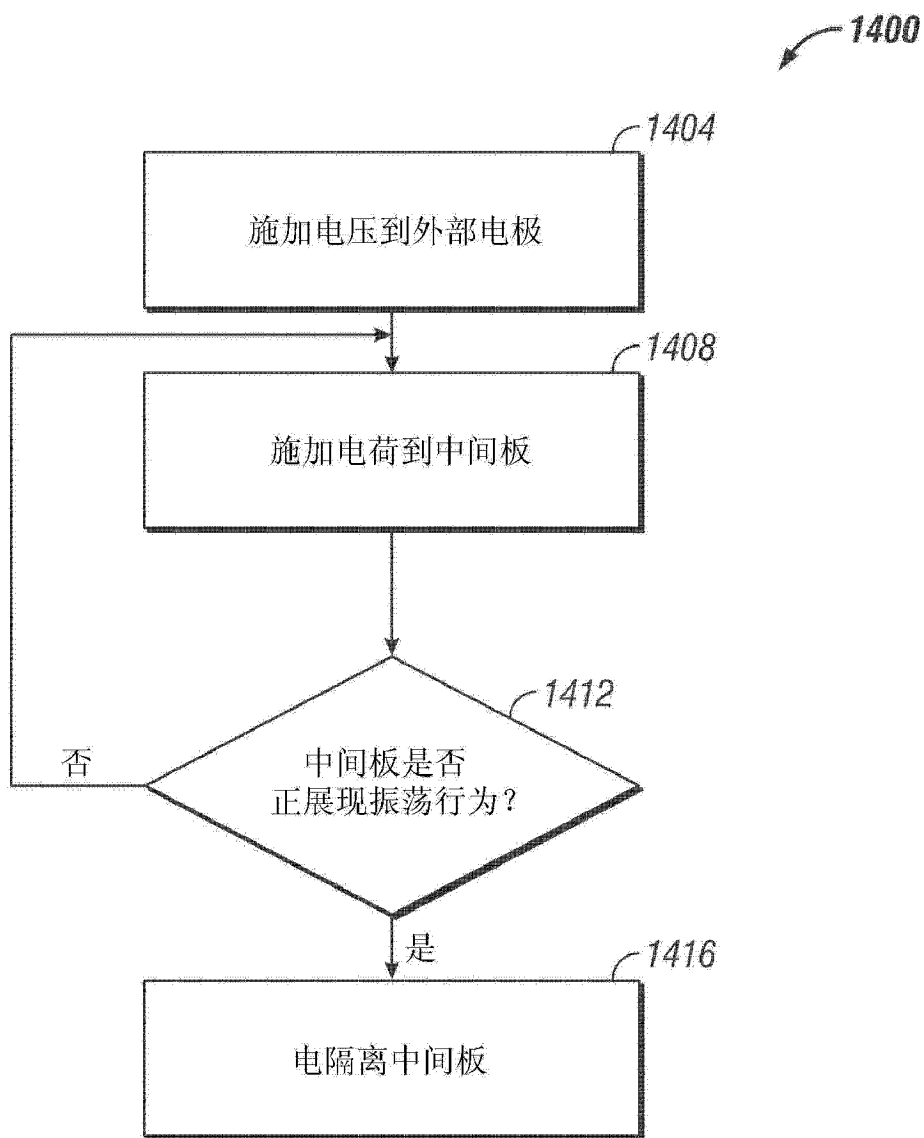


图 13

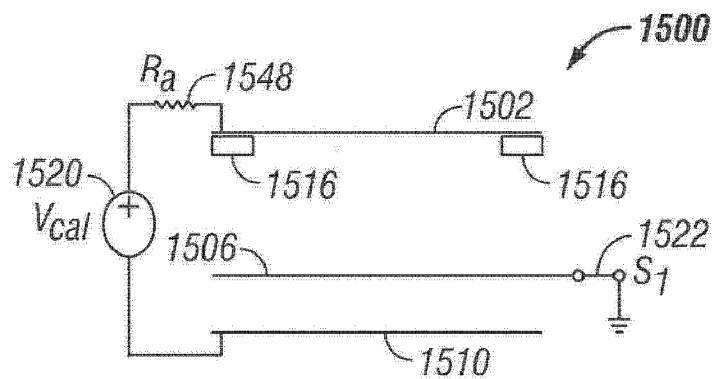


图 14A

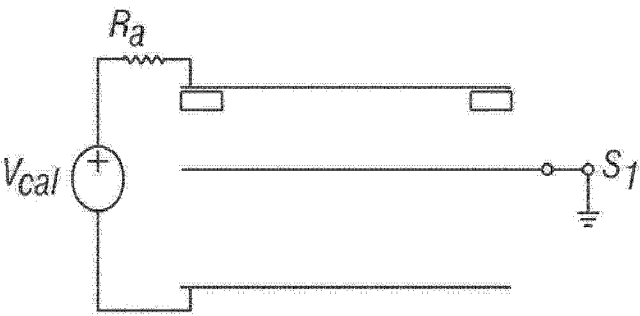


图 14B

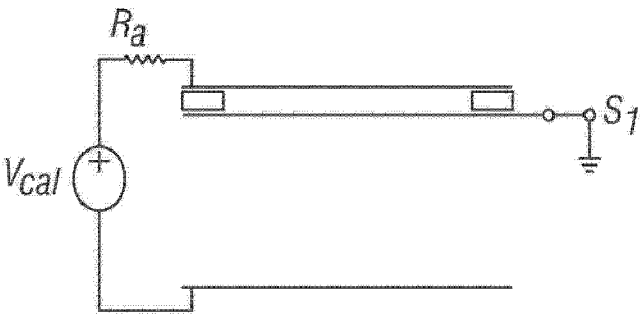


图 14C

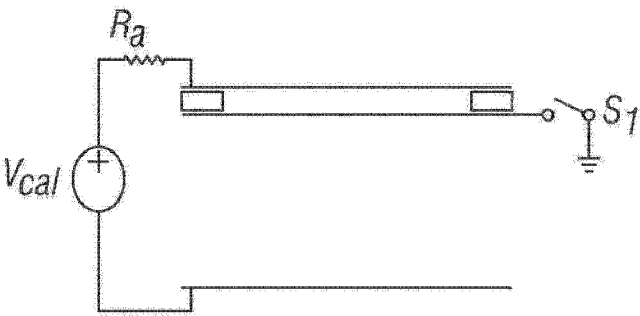


图 14D

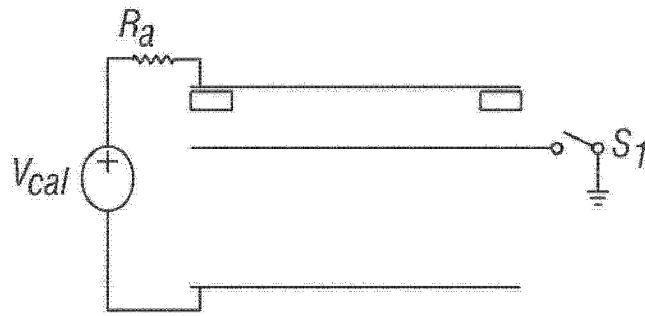


图 14E