



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101855586 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 06

(21) 申请号 200880023131. 4

代理人 刘国伟

(22) 申请日 2008. 06. 24

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G02B 26/00 (2006. 01)

080752215 2008. 03. 28 GB

B81B 3/00 (2006. 01)

11/772, 777 2007. 07. 02 US

B81C 1/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 12. 31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/068063 2008. 06. 24

(87) PCT申请的公布数据

WO2009/006120 EN 2009. 01. 08

(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 克拉伦斯·徐 威廉·卡明斯

布莱恩·J·加利 利奥尔·科格特

董明皓 董叶俊 姜志伟

丹尼斯·恩迪施

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

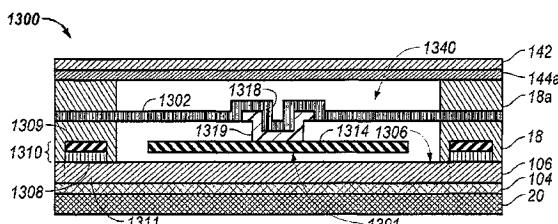
权利要求书 2 页 说明书 25 页 附图 20 页

(54) 发明名称

具有与机械及电功能分离的光学功能的微机电装置

(57) 摘要

本发明提供一种微机电 (MEMS) 装置 (1300)，其包含衬底 (20)、所述衬底 (20) 上的可移动元件 (1340) 及所述可移动元件 (1340) 上的激活电极 (142)。所述可移动元件 (1340) 包含可变形层 (1302) 及反射元件 (1314)。所述可变形层 (1302) 与所述反射元件 (1314) 间隔开。



1. 一种微机电 (MEMS) 装置, 其包括 :

衬底 ;

所述衬底上的可移动元件, 所述可移动元件包括可变形层及反射元件, 所述可变形层与所述反射元件间隔开; 以及

所述可移动元件上的激活电极。

2. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 装置, 其进一步包括光学层, 其中入射于所述反射元件上的光被从所述反射元件反射, 所述入射光及所述反射光传播穿过所述光学层且不传播穿过所述激活电极。

3. 根据权利要求 2 所述的 MEMS 装置, 其中所述衬底包括所述光学层。

4. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 装置, 其中当无电压被施加到所述激活电极时, 所述衬底的顶表面与所述反射元件间隔开。

5. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 装置, 其中当无电压被施加到所述激活电极时, 所述衬底的顶表面与所述反射元件接触。

6. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 装置, 其进一步包括所述可变形层与所述反射元件之间的第二激活电极。

7. 根据权利要求 6 所述的 MEMS 装置, 其中所述可移动元件通过大体上在第一方向上移动来对施加到所述可移动元件上的所述激活电极的电压作出响应, 且其中所述可移动元件通过大体上在第二方向上移动来对施加到所述第二激活电极的电压作出响应, 所述第二方向大体上与所述第一方向相反。

8. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 装置, 其中所述衬底包括第二激活电极。

9. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 装置, 其中固定元件充当针对所述可移动元件的移动的挡止件, 所述固定元件位于所述可变形层与所述反射元件之间。

10. 根据权利要求 1 所述的 MEMS 装置, 其进一步包括 :

显示器 ;

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。

11. 根据权利要求 10 所述的 MEMS 装置, 其进一步包括经配置以将至少一个信号发送到所述显示器的驱动器电路。

12. 根据权利要求 11 所述的 MEMS 装置, 其进一步包括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的控制器。

13. 根据权利要求 10 所述的 MEMS 装置, 其进一步包括经配置以将所述图像数据发送到所述处理器的图像源模块。

14. 根据权利要求 13 所述的 MEMS 装置, 其中所述图像源模块包括接收器、收发器及发射器中的至少一者。

15. 根据权利要求 10 所述的 MEMS 装置, 其进一步包括经配置以接收输入数据并将所述输入数据传送到所述处理器的输入装置。

16. 一种微机电 (MEMS) 装置, 其包括 :

用于移动所述装置的一部分的装置, 所述移动装置包括用于变形的装置及用于反射的装置, 所述变形装置与所述反射装置间隔开;

用于支撑移动装置的装置；以及

用于激活所述移动装置的装置，所述激活装置位于所述移动装置上。

17. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 装置，其中所述支撑装置包括衬底。

18. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 装置，其中所述移动装置包括可移动元件。

19. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 装置，其中所述变形装置包括可变形层。

20. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 装置，其中所述反射装置包括反射元件。

21. 根据权利要求 16 所述的 MEMS 装置，其中所述激活装置包括激活电极。

22. 一种制造微机电 (MEMS) 装置的方法，所述方法包括：

在衬底上形成第一牺牲层；

在所述第一牺牲层上形成反射元件；

在所述反射元件上形成第二牺牲层；

在所述第二牺牲层上形成可变形层，所述可变形层以机械方式耦合到所述反射元件；

在所述可变形层上形成第三牺牲层；

在所述第三牺牲层上形成激活电极；以及

移除所述第一、第二及第三牺牲层。

23. 根据权利要求 22 所述的方法，其进一步包括在形成所述第一牺牲层之前在所述衬底上形成光学层。

24. 根据权利要求 22 所述的方法，其中在移除所述第一、第二及第三牺牲材料之后，当无电压被施加到所述激活电极时所述反射元件与所述衬底间隔开。

25. 根据权利要求 22 所述的方法，其进一步包括对所述可变形层施加偏压，其中在移除所述第一、第二及第三牺牲材料之后，当无电压被施加到所述激活电极时所述反射元件接触所述衬底。

26. 一种通过根据权利要求 22 所述的方法制造的 MEMS 装置。

27. 一种调制光的方法，所述方法包括：

提供显示器元件，所述显示器元件包括衬底、所述衬底上的可移动元件及激活电极，所述可移动元件包括可变形层及反射元件，所述可变形层与所述反射元件间隔开，所述激活电极位于所述可移动元件上；以及

将电压施加到所述激活电极，所述电压对所述可移动元件产生吸引力，从而致使所述可移动元件远离所述衬底移动。

具有与机械及电功能分离的光学功能的微机电装置

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案为 2005 年 4 月 22 日申请的美国专利申请案第 11/112,734 号的部分接续申请案，其主张 2004 年 9 月 27 日申请的美国临时申请案第 60/613,486 号及 2004 年 9 月 27 日申请的美国临时申请案第 60/613,499 号的权利，所述申请案的全文被以引用的方式并入本文中。

背景技术

[0003] 微机电系统 (MEMS) 包含微机械元件、激活器和电子装置。可使用沉积、蚀刻和 / 或其它蚀刻掉衬底和 / 或已沉积材料层的部分或者添加层以形成电装置和机电装置的微加工工艺来产生微机械元件。一种类型的 MEMS 装置称为干涉式调制器。如本文所使用，术语干涉式调制器或干涉式光调制器指的是一种使用光学干涉原理选择性地吸收且 / 或反射光的装置。在某些实施例中，干涉式调制器可包括一对导电板，其中之一或两者可能整体或部分透明且 / 或具有反射性，且能够在施加适当电信号时进行相对运动。在特定实施例中，一个板可包括沉积在衬底上的固定层，另一个板可包括通过气隙与固定层分离的金属薄膜。如本文更详细描述，一个板相对于另一个板的位置可改变入射在干涉式调制器上的光的光学干涉。这些装置具有广范围的应用，且在此项技术中，利用且 / 或修改这些类型装置的特性使得其特征可被发掘用于改进现有产品和创建尚未开发的新产品，将是有益的。

发明内容

[0004] 本发明的系统、方法及装置各自具有若干方面，所述方面的任何单一方面均不单独负责其所希望的属性。在不限制本发明的范围的情况下，现将简洁地论述其较突出的特征。在考虑了此论述之后，且尤其在阅读了题为“具体实施方式”的章节之后，将理解本发明的特征如何提供优于其它显示器装置的优点。

[0005] 在某些实施例中，一种微机电 (MEMS) 装置包括衬底、所述衬底上的可移动元件及所述可移动元件上的激活电极。所述可移动元件包括可变形层及反射元件。所述可变形层与所述反射元件间隔开。

[0006] 在某些实施例中，一种微机电 (MEMS) 装置包括用于移动所述装置的一部分的装置、用于支撑移动装置的装置及用于激活所述移动装置的装置。所述激活装置位于所述移动装置上。所述移动装置包括用于变形的装置及用于反射的装置。所述变形装置与所述反射装置间隔开。

[0007] 在某些实施例中，一种制造微机电 (MEMS) 装置的方法包括：在衬底上形成第一牺牲层、在所述第一牺牲层上形成反射元件、在所述反射元件上形成第二牺牲层、在所述第二牺牲层上形成可变形层、在所述可变形层上形成第三牺牲层、在所述第三牺牲层上形成激活电极，及移除所述第一、所述第二及所述第三牺牲层。所述可变形层以机械方式耦合到所述反射元件。

[0008] 在某些实施例中，一种调制光的方法包括提供包括衬底、所述衬底上的可移动元

件及激活电极的显示器元件。所述可移动元件包括可变形层及反射元件。所述可变形层与所述反射元件间隔开。所述激活电极位于所述可移动元件上。所述方法进一步包括将电压施加到所述激活电极。所述电压对所述可移动元件产生吸引力，从而使所述可移动元件远离所述衬底移动。

附图说明

[0009] 图 1 是描绘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释放位置，且第二干涉式调制器的可移动反射层处于激活位置。

[0010] 图 2 是说明并入有 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。

[0011] 图 3 是图 1 的干涉式调制器的一个示范性实施例的可移动镜位置对所施加电压的图。

[0012] 图 4 是可用于驱动干涉式调制器显示器的一组行和列电压的说明。

[0013] 图 5A 说明图 2 的 3×3 干涉式调制器显示器中的显示器数据的一个示范性帧。

[0014] 图 5B 说明可用于写入图 5A 的帧的行和列信号的一个示范性时序图。

[0015] 图 6A 和图 6B 是说明包括多个干涉式调制器的视觉显示器装置的实施例的系统框图。

[0016] 图 7A 是图 1 的装置的横截面。

[0017] 图 7B 是干涉式调制器的替代实施例的横截面。

[0018] 图 7C 是干涉式调制器的另一替代实施例的横截面。

[0019] 图 7D 是干涉式调制器的又一替代实施例的横截面。

[0020] 图 7E 是干涉式调制器的额外替代实施例的横截面。

[0021] 图 8 为说明产生的光的光谱特性的实例干涉式调制器的侧横截面图。

[0022] 图 9 为若干实例干涉式调制器的镜的反射率对波长的图解说明。

[0023] 图 10 为说明可由包含红、绿及蓝干涉式调制器的实例集合的彩色显示器产生的颜色的色度图。

[0024] 图 11 为实例多状态干涉式调制器的侧横截面图。

[0025] 图 12A 到图 12C 为另一实例多状态干涉式调制器的侧横截面图。

[0026] 图 13A 为具有与电功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的实例实施例的横截面图。

[0027] 图 13B 为在激活状态下的图 13A 的 MEMS 装置的横截面图。

[0028] 图 13C 为具有与电气功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的另一实例实施例的横截面图。

[0029] 图 14A 为具有与电功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的又一实例实施例的横截面图。

[0030] 图 14B 及图 14C 为在激活状态下的图 14A 的 MEMS 装置的横截面图。

[0031] 图 15A 及图 15B 为具有与电功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的激活电极的实施例的放大横截面图。

[0032] 图 16A 为具有与电功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的再一实例实施例的横截面图。

[0033] 图 16B 及图 16C 为在激活状态下的图 16A 的 MEMS 装置的横截面图。

[0034] 图 17A 到图 17H 示意性说明用于形成具有与电功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的实施例的一系列实例处理步骤。

[0035] 图 18A 到图 18G 示意性说明用于形成具有与电功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的另一实施例的一系列实例处理步骤。

[0036] 图 19A 到图 19D 示意性说明用于形成具有与电功能及机械功能分离的光学功能的 MEMS 装置的又一实施例的一系列实例处理步骤。

具体实施方式

[0037] 以下详细描述针对本发明的某些特定实施例。然而，本发明可以许多不同方式实施。在本描述内容中参看了附图，附图中所有相同部分用相同标号表示。如从以下描述中将了解，所述实施例可实施在经配置以显示不论运动（例如，视频）还是固定（例如，静止图像）的且不论文字还是图画的图像的任何装置中。更明确地说，预期所述实施例可实施在多种电子装置中或与多种电子装置关联，所述多种电子装置例如（但不限于）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、摄像机、游戏控制台、手表、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）、座舱控制器和 / 或显示器、相机视图的显示器（例如，车辆中后视相机的显示器）、电子相片、电子广告牌或指示牌、投影仪、建筑结构、包装和美学结构（例如，一件珠宝上的图像显示器）。具有与本文中描述的装置类似的结构的 MEMS 装置也可用于例如电子切换装置的非显示器应用中。此外，本文中的所有图已经绘制来描绘某些元件之间的关系，且因此为高度图解性的且不应被考虑为按比例的。

[0038] 在某些实施例中，提供安置在可移动元件的反射元件及可变形层上的激活电极。所述激活电极不处于光学路径中，此允许其包括非透明导体且较厚，从而改进功率消耗。在一些实施例中，所述可变形层而非反射表面接触 MEMS 装置的固定部分，这又减小了静摩擦、弹簧常数、静电力及电容器面积，因此启用快速且低功率操作。在一些实施例中，表面粗糙化及其它抗静摩擦特征可形成于激活电极与可变形层之间，而并不影响光学性能，因为所述特征不处于光学路径中。在一些实施例中，在激活之后，反射表面并不接触任何事物，从而允许其大体上平滑且平坦，而无静摩擦危险。在一些实施例中，将第二激活电极提供于可移动元件下或可变形层与反射表面之间，使得反射表面在至少三个状态下稳定。

[0039] 图 1 中说明包括干涉式 MEMS 显示器元件的一个干涉式调制器显示器的实施例。在这些装置中，像素处于明亮状态或黑暗状态。在明亮（“接通”或“开启”）状态下，显示器元件将入射可见光的大部分反射到用户。当在黑暗（“断开”或“关闭”）状态下时，显示器元件将极少的入射可见光反射到用户。依据实施例而定，可颠倒“接通”和“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，除了黑与白之外，其还允许彩色显示。

[0040] 图 1 是描述视觉显示器的一系列像素中的两个相邻像素的等角视图，其中每一像素包括 MEMS 干涉式调制器。在一些实施例中，干涉式调制器显示器包括这些干涉式调制器

的一行 / 列阵列。每一干涉式调制器包含一对反射层，其定位成彼此相距可变且可控制的距离以形成具有至少一个可变尺寸的谐振光学腔。在一个实施例中，可在两个位置之间移动所述反射层之一。在第一位置（本文中称为松弛位置）中，可移动反射层定位成距固定部分反射层相对较大的距离。在第二位置（本文中称为激活位置）中，可移动反射层定位成更紧密邻近所述部分反射层。视可移动反射层的位置而定，从所述两个层反射的入射光相长地或相消地进行干涉，从而为每一像素产生全反射状态或非反射状态。

[0041] 图 1 中像素阵列的所描绘部分包含两个相邻干涉式调制器 12a 和 12b。在左侧干涉式调制器 12a 中，说明可移动反射层 14a 处于距包含部分反射层的光学堆叠 16a 预定距离处的松弛位置中。在右侧干涉式调制器 12b 中，说明可移动反射层 14b 处于邻近于光学堆叠 16b 的激活位置中。

[0042] 如本文所引用的光学堆叠 16a 和 16b（统称为光学堆叠 16）通常包括若干熔合层（fused layer），所述熔合层可包含例如氧化铟锡（ITO）的电极层、例如铬的部分反射层和透明电介质。因此，光学堆叠 16 是导电的、部分透明且部分反射的，且可通过（例如）将上述层中的一个或一个以上层沉积到透明衬底 20 上来制造。部分反射层可由为部分反射的多种材料（例如，各种金属、半导体及电介质）形成。部分反射层可由一个或一个以上材料层形成，且层中的每一者可由单一材料或材料的组合形成。

[0043] 在一些实施例中，光学堆叠 16 的层经图案化成为多个平行条带，且如下文中进一步描述，可在显示器装置中形成行电极。可移动反射层 14a、14b 可形成为沉积金属层（一层或多层）的一系列平行条带（与行电极 16a、16b 垂直），所述金属层沉积在柱 18 和沉积于柱 18 之间的介电牺牲材料的顶部上。当蚀刻去除牺牲材料时，可变形金属层 14a、14b 通过所界定的气隙 19 而与光学堆叠 16a、16b 分离。例如铝的高度导电且反射的材料可用于反射层 14，且这些条带可在显示器装置中形成列电极。

[0044] 在不施加电压的情况下，间隙 19 保留在可移动反射层 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，如图 1 中像素 12a 所说明。然而，当将电位差施加到选定的行和列时，形成在相应像素处的行电极与列电极的交叉处的电容器变得带电，且静电力将所述电极拉在一起。如果电压足够高，那么可移动反射层 14 变形且被迫抵靠光学堆叠 16。光学堆叠 16 内的介电层（在此图中未图示）可防止短路并控制层 14 与 16 之间的分离距离，如图 1 中右侧的像素 12b 所说明。不管所施加的电位差的极性如何，表现均相同。以此方式，可控制反射像素状态对非反射像素状态的行 / 列激活在许多方面类似于常规 LCD 和其它显示技术中所使用的行 / 列激活。

[0045] 图 2 到图 5 说明在显示器应用中使用干涉式调制器阵列的一个示范性工艺和系统。

[0046] 图 2 是说明可并入有本发明各方面的电子装置的一个实施例的系统框图。在所述示范性实施例中，所述电子装置包含处理器 21，其可为任何通用单芯片或多芯片微处理器（例如 ARM、Pentium®、Pentium II®、Pentium III®、Pentium IV®、Pentium® Pro、8051、MIPS®、Power PC®、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）。如此项技术中常规的做法，处理器 21 可经配置以执行一个或一个以上软件模块。除了执行操作系统外，所述处理器可经配置以执行一个或一个以上软件应用程序，包含网络浏览器、电话应用程序、电子邮件程序或任何其它软件应用程序。

[0047] 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，所述阵列驱动器 22 包含将信号提供到显示器阵列或面板 30 的行驱动器电路 24 和列驱动器电路 26。在图 2 中以线 1-1 展示图 1 中说明的阵列的横截面。对于 MEMS 干涉式调制器来说，行 / 列激活协议可利用图 3 中说明的这些装置的滞后性质。可能需要（例如）10 伏的电位差来促使可移动层从松弛状态变形为激活状态。然而，当电压从所述值减小时，可移动层在电压降回 10 伏以下时维持其状态。在图 3 的示范性实施例中，可移动层直到电压降到 2 伏以下时才完全松弛。因此，在图 3 中所说明的实例中，存在约 3 到 7V 的电压范围，在所述范围内，装置在松弛状态或激活状态中均是稳定的。此窗口在本文中称为“滞后窗口”或“稳定窗口”。对于具有图 3 的滞后特性的显示器阵列来说，可设计行 / 列激活协议使得在行选通期间，已选通行中待激活的像素暴露于约 10 伏的电压差，且待松弛的像素暴露于接近零伏的电压差。在选通之后，所述像素暴露于约 5 伏的稳态电压差使得其维持在行选通使其所处的任何状态中。在此实例中，每一像素在被写入之后经历 3-7 伏的“稳定窗口”内的电位差。此特征使图 1 中说明的像素设计在相同的施加电压条件下在激活或松弛预存在状态下均是稳定的。因为干涉式调制器的每一像素（不论处于激活还是松弛状态）本质上是由固定反射层和移动反射层形成的电容器，所以可在滞后窗口内的一电压下维持此稳定状态而几乎无功率消耗。本质上，如果所施加的电压是固定的，那么没有电流流入像素中。

[0048] 在典型应用中，可通过根据第一行中所需组的激活像素断言所述组列电极来产生显示帧。接着将行脉冲施加到行 1 电极，从而激活对应于所断言的列线的像素。接着改变所述组已断言列电极以对应于第二行中所需组的激活像素。接着将脉冲施加到行 2 电极，从而根据已断言的列电极而激活行 2 中的适当像素。行 1 像素不受行 2 脉冲影响，且维持在其在行 1 脉冲期间被设定的状态中。可以连续方式对整个系列的行重复此过程以产生帧。通常，通过以每秒某一所需数目的帧的速度连续地重复此过程来用新的显示器数据刷新且 / 或更新所述帧。用于驱动像素阵列的行和列电极以产生显示帧的广泛种类的协议也是众所周知的且可结合本发明使用。

[0049] 图 4、图 5A 和图 5B 说明用于在图 2 的 3×3 阵列上形成显示帧的一个可能的激活协议。图 4 说明可用于使像素展示出图 3 的滞后曲线的一组可能的列和行电压电平。在图 4 实施例中，激活像素涉及将适当列设定为 $-V_{bias}$ ，且将适当行设定为 $+ \Delta V$ ，其分别可对应于 -5 伏和 +5 伏。释放像素是通过将适当列设定为 $+V_{bias}$ ，且将适当行设定为相同的 $+ \Delta V$ ，从而在像素上产生零伏电位差而实现的。在行电压维持在零伏的那些行中，不管列处于 $+V_{bias}$ 还是 $-V_{bias}$ ，像素在任何其最初所处的状态中均是稳定的。同样如图 4 中所说明，将了解，可使用具有与上述电压的极性相反的极性的电压，例如，激活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，释放像素是通过将适当列设定为 $-V_{bias}$ ，且将适当行设定为相同的 $- \Delta V$ ，从而在像素上产生零伏电位差而实现的。同样如图 4 中所说明，将了解，可使用具有与上述电压的极性相反的极性的电压，例如，激活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，释放像素是通过将适当列设定为 $-V_{bias}$ ，且将适当行设定为相同的 $- \Delta V$ ，从而在像素上产生零伏电位差而实现的。

[0050] 图 5B 是展示施加到图 2 的 3×3 阵列的一系列行和列信号的时序图，所述系列的行和列信号将产生图 5A 中说明的显示器布置，其中被激活像素为非反射的。在对图 5A 中说明的帧进行写入之前，像素可处于任何状态，且在本实例中所有行均处于 0 伏，且所有列

均处于 +5 伏。在这些所施加的电压的情况下,所有像素在其既有的激活或松弛状态中均是稳定的。

[0051] 在图 5A 的帧中,像素 (1,1)、(1,2)、(2,2)、(3,2) 和 (3,3) 被激活。为了实现此目的,在行 1 的“线时间 (line time)”期间,将列 1 和 2 设定为 -5 伏,且将列 3 设定为 +5 伏。因为所有像素均保留在 3-7 伏的稳定窗口中,所以这并不改变任何像素的状态。接着用从 0 升到 5 伏且返回零的脉冲选通行 1。这激活 (1,1) 和 (1,2) 像素且释放 (1,3) 像素。阵列中其它像素均不受影响。为了视需要设定行 2,将列 2 设定为 -5 伏,且将列 1 和 3 设定为 +5 伏。施加到行 2 的相同选通接着将激活像素 (2,2) 且松弛像素 (2,1) 和 (2,3)。同样,阵列中其它像素均不受影响。通过将列 2 和 3 设定为 -5 伏且将列 1 设定为 +5 伏来类似地设定行 3。行 3 选通设定行 3 像素,如图 5A 中所示。在对帧进行写入之后,行电位为零,且列电位可维持在 +5 或 -5 伏,且接着显示器在图 5A 的布置中是稳定的。将了解,可将相同程序用于数十或数百个行和列的阵列。还将应了解,用于执行行和列激活的电压的时序、序列和电平可在上文所概述的一般原理内广泛变化,且上文的实例仅为示范性的,且任何激活电压方法均可与本文描述的系统和方法一起使用。

[0052] 图 6A 和图 6B 是说明显示器装置 40 的实施例的系统框图。显示器装置 40 可为(例如)蜂窝式电话或移动电话。然而,显示器装置 40 的相同组件或其稍微变化形式也说明例如电视和便携式媒体播放器的各种类型的显示器装置。

[0053] 显示器装置 40 包含外壳 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 通常由所属领域的技术人员众所周知的多种制造工艺的任一者形成,所述工艺包含注射模制和真空成形。另外,外壳 41 可由多种材料的任一者制成,所述材料包含(但不限于)塑料、金属、玻璃、橡胶和陶瓷,或其组合。在一个实施例中,外壳 41 包含可去除部分(未图示),所述可去除部分可与其它具有不同颜色或含有不同标记、图画或符号的可去除部分互换。

[0054] 如本文中所描述,示范性显示器装置 40 的显示器 30 可为包含双稳态显示器(bi-stable display)在内的多种显示器的任一者。在其它实施例中,如所属领域的技术人员众所周知,显示器 30 包含例如如上所述的等离子、EL、OLED、STN LCD 或 TFT LCD 的平板显示器,或例如 CRT 或其它电子管装置的非平板显示器。然而,出于描述本实施例的目的,如本文中所描述,显示器 30 包含干涉式调制器显示器。

[0055] 图 6B 中示意说明示范性显示器装置 40 的一个实施例的组件。所说明的示范性显示器装置 40 包含外壳 41 且可包含至少部分封围在所述外壳 41 中的额外组件。举例来说,在一个实施例中,示范性显示器装置 40 包含网络接口 27,所述网络接口 27 包含耦合到收发器 47 的天线 43。收发器 47 连接到处理器 21,处理器 21 连接到调节硬件 52。调节硬件 52 可经配置以调节信号(例如,对信号进行滤波)。调节硬件 52 连接到扬声器 45 和麦克风 46。处理器 21 也连接到输入装置 48 和驱动器控制器 29。驱动器控制器 29 耦合到帧缓冲器 28 且耦合到阵列驱动器 22,所述阵列驱动器 22 进而耦合到显示器阵列 30。根据特定示范性显示器装置 40 设计的要求,电源 50 将功率提供到所有组件。

[0056] 网络接口 27 包含天线 43 和收发器 47 使得示范性显示器装置 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 也可具有某些处理能力以减轻对处理器 21 的要求。天线 43 是所属领域的技术人员已知的用于发射和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（包含 IEEE 802.11(a)、(b) 或 (g)）来发射和接收 RF 信号。在另一实施例中，所述天线根据蓝牙 (BLUETOOTH) 标准来发射和接收 RF 信号。在蜂窝式电话的情况下，所述天线经设计以接收 CDMA、GSM、AMPS 或其它用于在无线手机网络内通信的已知信号。收发器 47 预处理从天线 43 接收到的信号，使得处理器 21 可接收所述信号并进一步对所述信号进行处理。收发器 47 还处理从处理器 21 接收到的信号使得可经由天线 43 从示范性显示器装置 40 发射所述信号。

[0057] 在一替代实施例中，收发器 47 可由接收器代替。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代替。举例来说，所述图像源可为数字视频光盘 (DVD) 或含有图像数据的硬盘驱动器，或产生图像数据的软件模块。

[0058] 处理器 21 大致上控制示范性显示器装置 40 的全部操作。处理器 21 接收例如来自网络接口 27 或图像源的压缩图像数据的数据，并将所述数据处理成原始图像数据或处理成易被处理成原始图像数据的格式。处理器 21 接着将已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。原始数据通常是指识别图像内每一位置处的图像特性信息。举例来说，这些图像特性可包含颜色、饱和度和灰度级。

[0059] 在一个实施例中，处理器 21 包含微控制器、CPU 或逻辑单元以控制示范性显示器装置 40 的操作。调节硬件 52 通常包含放大器和滤波器，以用于将信号发射到扬声器 45，且用于从麦克风 46 接收信号。调节硬件 52 可为示范性显示器装置 40 内的离散组件，或可并入在处理器 21 或其它组件内。

[0060] 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，并适当地重新格式化所述原始图像数据以供高速发射到阵列驱动器 22。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类似光栅的格式的数据流，使得其具有适于在显示器阵列 30 上进行扫描的时间次序。接着，驱动器控制器 29 将已格式化的信息发送到阵列驱动器 22。尽管驱动器控制器 29（例如 LCD 控制器）通常与系统处理器 21 关联而作为独立的集成电路 (IC)，但可以许多方式实施这些控制器。其可作为硬件嵌入处理器 21 中，作为软件嵌入处理器 21 中，或与阵列驱动器 22 完全集成在硬件中。

[0061] 通常，阵列驱动器 22 从驱动器控制器 29 接收已格式化的信息且将视频数据重新格式化为一组平行波形，所述波形以每秒多次的速度被施加到来自显示器的 x-y 像素矩阵的数百且有时数千个引线。

[0062] 在一个实施例中，驱动器控制器 29、阵列驱动器 22 和显示器阵列 30 适用于本文描述的任意类型的显示器。举例来说，在一个实施例中，驱动器控制器 29 是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 是常规驱动器或双稳态显示器驱动器（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 集成。此实施例在例如蜂窝式电话、手表和其它小面积显示器的高度集成系统中是普遍的。在又一实施例中，显示器阵列 30 是典型的显示器阵列或双稳态显示器阵列（例如，包含干涉式调制器阵列的显示器）。

[0063] 输入装置 48 允许用户控制示范性显示器装置 40 的操作。在一个实施例中，输入装置 48 包含例如 QWERTY 键盘或电话键区的键区、按钮、开关、触敏屏幕或压敏或热敏薄膜。在一个实施例中，麦克风 46 是用于示范性显示器装置 40 的输入装置。当使用麦克风 46 将数据输入到所述装置时，用户可提供声音命令以便控制示范性显示器装置 40 的操作。

[0064] 电源 50 可包含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 是例如镍镉电池或锂离子电池的可再充电电池。在另一实施例中，电源 50 是可再生能源、电容器或太阳能电池，包含塑料太阳能电池和太阳能电池涂料。在另一实施例中，电源 50 经配置以从壁式插座接收功率。

[0065] 在某些实施例中，如上文中所描述，控制可编程性驻存在驱动器控制器中，所述驱动器控制器可位于电子显示器系统中的若干位置中。在某些实施例中，控制可编程性驻存在阵列驱动器 22 中。所属领域的技术人员将了解，上述优化可实施在任何数目的硬件和 / 或软件组件中且可以各种配置实施。

[0066] 根据上文陈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 7A-7E 说明移动镜结构的五个不同实施例。图 7A 是图 1 的实施例的横截面，其中金属材料条带 14 沉积在垂直延伸的支撑件 18 上。在图 7B 中，可移动反射材料 14 在系链 (tether) 32 上仅在隅角处附接到支撑件。在图 7C 中，可移动反射层 14 从可包括柔性金属的可变形层 34 悬置下来。所述可变形层 34 直接或间接地连接到围绕可变形层 34 的周边的衬底 20。这些连接在本文中称为支柱。图 7D 中说明的实施例具有支柱插塞 42，可变形层 34 插置在所述支柱插塞 42 上。如图 7A-7C 所示，可移动反射层 14 保持悬置在间隙上方，但可变形层 34 并不通过填充可变形层 34 与光学堆叠 16 之间的孔而形成所述支柱。而是，支柱由平坦化材料形成，其用于形成支柱插塞 42。图 7E 中说明的实施例是基于图 7D 中展示的实施例，但也适用于与图 7A-7C 中说明的实施例以及未图示的额外实施例的任一者一起发挥作用。在图 7E 中所示的实施例中，已使用金属或其它导电材料的额外层来形成总线结构 44。这允许信号沿着干涉式调制器的背面进行路由，从而消除许多原本可能必须形成在衬底 20 上的电极。

[0067] 在例如图 7 中所示的那些实施例的实施例中，干涉式调制器充当直接观看装置，其中从透明衬底 20 的前侧观看图像，所述侧与上面布置有调制器的一侧相对。在这些实施例中，反射层 14 以光学方式遮蔽在反射层的与衬底 20 相对侧的干涉式调制器的部分，其包含可变形层 34。这允许对遮蔽区域进行配置和操作而不会消极地影响图像质量。此遮蔽允许图 7E 中的总线结构 44，其提供使调制器的光学性质与调制器的机电性质分离的能力，例如，寻址或由所述寻址引起的移动。这种可分离的调制器结构允许选择用于调制器的机电方面和光学方面的结构设计和材料且使其彼此独立而发挥作用。此外，图 7C-7E 中所示的实施例具有源自反射层 14 的光学性质与其机械性质脱离的额外益处，所述益处由可变形层 34 执行。这允许用于反射材料 14 的结构设计和材料可在光学性质方面得以优化，且用于可变形层 34 的结构设计和材料可在所需的机械性质方面得以优化。

[0068] 上述干涉式调制器的实施例在反射状态（其产生白光或由镜 14 与光学堆叠 16 的部分反射层之间的距离确定的彩色光）或在非反射（例如，黑）状态中的一者下操作。在其它实施例中，例如，在美国专利第 5,986,796 号中揭示的实施例，可移动镜 14 可经定位于相对于光学堆叠 16 中的部分反射层的位置范围处以使谐振间隙 19 的大小发生变化，且因此使反射光的颜色发生变化。

[0069] 图 8 为说明将通过将可移动镜 14 定位于位置 111-115 的范围处而产生的光的光谱特性的实例干涉式调制器 12 的侧横截面图。如上所论述，行与列电极之间的电位差使可移动镜 14 偏转。调制器 12 包含充当列电极的氧化铟锡 (ITO) 导电层 102。在实例调制器

12 中, 镜 14 包含行电极。

[0070] 在一个实施例中, 将例如氧化铝 (Al_2O_3 或“矾土”) 的材料的介电层 106 定位于形成光学堆叠 16 的反射表面的部分反射材料 104(例如, 包括铬) 的层上。如以上参考图 1 所论述, 介电层 106 抑制短路且当镜 14 偏转时控制镜 14 与部分反射层 104 之间的分离距离。形成于镜 14 与部分反射层 104 之间的光学腔因此包含介电层 106。已为了方便地说明调制器 12 的目的而选择图 8 中的物品的相对大小。因此, 此类距离及厚度未按比例, 且并不希望表示调制器 12 的任一特定实施例。

[0071] 图 9 为具有各种介电层 106 厚度的若干实例光学堆叠 16 的反射率对波长的图解说明。水平轴表示入射于光学堆叠上的可见光的波长范围。垂直轴表示在特定波长下的作为入射光的百分比的每一光学堆叠 16 的反射率。在光学堆叠 16 不包含介电层 106 的实施例中, 包含铬层的光学堆叠 16 的反射率大致为 75%。包含包括 100 Å 厚矾土层的介电层 106 的光学堆叠 16 导致大致 65% 的反射率, 且包含包括 200 Å 厚矾土层的介电层 104 的光学堆叠 16 导致大致 55% 的反射率。如所展示, 在这些特定实施例中, 反射率并不根据波长而变化。因此, 通过调整 Al_2O_3 层 106 的厚度, 可在可见光谱上始终如一地控制光学堆叠 16 的反射率以允许选择干涉式调制器 12 的特定性质。在某些实施例中, 介电层 106 包括具有约 50 Å 与 250 Å 之间的厚度的 Al_2O_3 层。在某些其它实施例中, 介电层 106 包括具有约 50 Å 与 100 Å 之间的厚度的 Al_2O_3 层及具有约 400 Å 与 2,000 Å 之间的厚度的块体 SiO_2 层。

[0072] 如上所论述, 调制器 12 包含形成于镜 14 与光学堆叠 16 的反射表面之间的光学腔。光学腔的特性距离或有效光学路径长度 L 确定光学腔 19 及(因此) 干涉式调制器 12 的谐振波长 λ 。干涉式调制器 12 的谐振波长 λ 大体对应于由调制器 12 反射的光的察觉的颜色。在数学上, 距离 $L = 1/2 \times N \times \lambda$, 其中 N 为整数。给定谐振波长 λ 因此由具有 $\lambda/2$ ($N = 1$)、 λ ($N = 2$)、 $3\lambda/2$ ($N = 3$) 等的距离 L 的干涉式调制器 12 反射。整数 N 可被称作反射光的干涉的“级 (order)”。如本文中所使用, 调制器 12 的级还指当镜 14 处于至少一个位置中时由调制器 12 反射的光的级 N。举例来说, 第一级红色干涉式调制器 12 可具有约 325nm 的距离 L, 其对应于约 650nm 的波长 λ 。因此, 第二级红色干涉式调制器 12 可具有约 650nm 的距离 L。通常, 较高级调制器 12 反射较窄波长范围上的光, 且因此产生较饱和的有色光。

[0073] 注意, 在某些实施例中, 距离 L 大体上等于镜 14 与部分反射层 104 之间的距离。在镜 14 与部分反射层 104 之间的空间仅包括具有大致 1 的折射率的气体(例如, 空气)的情况下, 有效光学路径长度大体上等于镜 14 与部分反射层 104 之间的距离 L。在包含具有大于 1 的折射率的介电层 106 的实施例中, 通过选择镜 14 与部分反射层 104 之间的距离且通过选择介电层 106 或镜 14 与部分反射层 104 之间的任何其它层的厚度及折射率, 光学腔 19 经形成以具有所要的光学路径长度。在一个实施例中, 镜 14 可经偏转到一位置范围内的一一个或一个以上位置以输出对应范围的颜色。举例来说, 行与列电极之间的电压电位差可经调整以使镜 14 偏转到相对于部分反射层 104 的位置范围中的一者。一般来说, 通过调整电压的镜位置的最大控制电平在镜 14 的路径的未偏转位置附近(例如, 对于较小偏转, 例如, 在从镜 14 的未偏转位置的最大偏转的约 1/3 内的偏转)。

[0074] 可移动镜 14 的特定群组的位置 111-115 中的每一者在图 8 中由从部分反射层 104 延伸到指示位置 111-115 的箭头点的线表示。因此, 距离 111-115 经选择以计及介电层 106

的厚度及折射率。当可移动镜 14 偏转到位置 111-115 中的每一者（每一者对应一不同距离 L）时，调制器 12 将具有对应于正由调制器 12 反射的入射光的不同颜色的不同光谱响应的光输出到观看位置 101。此外，在位置 111 处，可移动镜 14 足够靠近部分反射层 104（例如，小于约 200 Å，优选地小于约 100 Å），使得可忽略干涉效应，且调制器 12 充当大体上同等地反射入射的可见光的大体上所有颜色（例如，如白光）的镜。引起宽带镜效应，因为距离 L 对于可见带内的光学谐振来说太小了。镜 14 因此仅充当关于可见光的反射表面。

[0075] 随着间隙 19 增加到位置 112，调制器 12 展现出灰影，因为镜 14 与部分反射层 104 之间的增加的间隙 19 距离减小镜 14 的反射率。在位置 113 处，距离 L 为使得腔 19 以干涉方式操作，但大体上不反射光的可见波长，因为谐振波长在可见范围之外，从而产生黑色。

[0076] 随着距离 L 进一步增加，调制器 12 的峰值光谱响应移动到可见波长内。因此，当可移动镜 14 处于位置 114 处时，调制器 12 反射蓝光。当可移动镜 14 处于位置 115 处时，调制器 12 反射绿光。当可移动镜 14 处于未偏转位置 116 处时，调制器 12 反射红光。

[0077] 在使用干涉式调制器 12 设计显示器过程中，调制器 12 可经形成使得增加反射光的色饱和度。饱和度指彩色光的色调的强度。高度饱和的色调具有鲜艳的强烈颜色，而较不饱和的色调显得较暗淡且呈灰色。举例来说，产生很窄的波长范围的激光产生高度饱和光。相反，典型的白炽光灯泡产生可具有减小饱和度的红或蓝色的白光。在一些实施例中，调制器 12 经形成而使距离 L 对应于较高级干涉（例如，第二级或第三级），以增加反射的颜色光的饱和度。

[0078] 实例彩色显示器包含红、绿及蓝显示器元件。通过使由红、绿及蓝元件产生的光的相对强度发生变化，可在此显示器中产生其它颜色。例如红、绿及蓝的原色的混合物由人眼察觉为其它颜色。在色系中的红、绿及蓝的相对值可被称作关于人眼的红、绿及蓝光敏感部分的刺激的三色值。一般来说，原色越饱和，则可由显示器产生的颜色范围越大。在其它实施例中，显示器可包含具有界定就原色的集合来说不同于红、绿及蓝的其它色系的颜色集合（例如，红、黄及蓝；洋红、黄及青）的调制器 12。

[0079] 图 10 为说明可由包含两组实例红、绿及蓝干涉式调制器的彩色显示器产生的颜色的色度图。水平及垂直轴界定色度坐标系统，在所述坐标系统上可描绘光谱三色值。明确地说，点 120 说明由实例红、绿及蓝干涉式调制器 12 反射的光的颜色。白光由点 122 指示。从每一点 120 到白光的点 122 的距离（例如，在白光的点 122 与绿光的点 120 之间的距离 124）指示由对应的调制器 12 产生的光的饱和度。由三角迹线 126 包围的区域对应于可通过混合在点 120 处产生的光而产生的颜色的范围。此颜色范围可被称作显示器的“色域”。

[0080] 点 128 指示另一组实例调制器 12 的光谱响应。如由比点 120 与点 122 之间的距离小的点 128 与白点 122 之间的距离指示，对应于点 128 的调制器 12 产生比对应于点 120 的调制器 12 所产生的光不饱和的光。迹线 130 指示可通过混合点 128 的光而产生的颜色的范围。如在图 10 中所示，迹线 126 包围比迹线 130 所包围的面积大的面积，其图解说明显示器元件 12 的饱和度与显示器的色域的大小之间的关系。

[0081] 在反射显示器中，使用此类饱和的干涉式调制器 12 产生的白光倾向于具有对观看者的相对低强度，因为仅小范围的入射波长经反射以形成白光。相比之下，反射宽带白光（例如，大体上所有入射波长）的镜具有较大强度，因为反射了较大范围的入射波长。因

此,使用原色的组合以产生白光来设计反射显示器导致显示器的颜色饱和度及色域与由显示器输出的白光的亮度之间的折衷。

[0082] 图 11 为可在一种状态下产生高度饱和彩色光且在另一状态下产生相对强烈的白光的实例多状态干涉式调制器 140 的侧横截面图。实例调制器 140 因此从输出的白光的亮度去耦颜色饱和度。调制器 140 包含定位于两个电极 102 与 142 之间的可移动镜 14。调制器 140 还包含形成于镜 14 的相对侧上作为柱 18 的第二组柱 18a。

[0083] 在某些实施例中,镜 14 及部分反射层 104 中的每一者可为界定执行不同于反射光的功能的反射器或反射部件的层的堆叠的部分。举例来说,在图 11 的实例调制器中,镜 14 由例如铝的导电且反射材料的一个或一个以上层形成。因此,镜 14 还可充当导体。类似地,部分反射层 104 可由反射材料的一个或一个以上层及导电材料的一个或一个以上层形成,使得执行电极 102 的功能。此外,镜 14 及部分反射层 104 中的每一者还可包含具有其它功能(例如,控制影响镜 14 的偏转的机械性质)的一个或一个以上层。在一个实施例中,可移动镜 14 从额外可变形层(例如,结合图 7C 到图 7E 所描述)悬置。

[0084] 在包含反射红、绿及蓝光的调制器 12 的一个实施例中,将不同的反射材料用于反射不同颜色的调制器 12 的镜 14,使得改进此类调制器 12 的光谱响应。举例来说,在经配置以反射红光的调制器 12 中,可移动镜 14 可包含金。

[0085] 在一个实施例中,可将介电层 144、144a 定位于导体 142 的任一侧上。介电层 144a 及 106 有利地抑制镜 14 的导电部分与调制器 140 的其它部分之间的电短路。在一个实施例中,部分反射层 104 及电极 102 共同地形成反射部件。

[0086] 在某些实施例中,部分反射层 104 与未经驱动位置中的可移动镜 14 之间的距离对应于其中调制器 140 为非反射性或“黑”的光学路径长度 L。在某些实施例中,部分反射层 104 与可移动镜 14(当朝向部分反射层 104 驱动时)之间的光学路径长度 L 对应于其中调制器 140 反射白光的光学路径长度 L。在示范性实施例中,部分反射层 104 与可移动镜 14(当朝向导体 142 驱动时)之间的距离对应于其中调制器 140 反射例如红、蓝或绿等颜色的光的光学路径长度 L。在某些实施例中,未经驱动的可移动镜 14 与部分反射层 104 之间的距离 L 大体上等于未经驱动的可移动镜 14 与电极 142 之间的距离 L。可认为此类实施例是定位于单一可移动镜 14 周围的两个调制器。

[0087] 当无或有小的电压电位差被施加于镜 14 与电极 102 或电极 142 之间时,镜 14 并不相对于部分反射层 104 而偏转以界定对应于未经驱动的状态的第一光学路径长度。当将第一电压电位差施加于镜 14 与电极 102 之间时,镜 14 朝向部分反射层 104 偏转以界定对应于第一经驱动状态的第二光学路径长度。在此第一经驱动状态下,可移动镜 14 比在未经驱动状态下靠近部分反射层 104。当将第二电压电位差施加于镜 14 与电极 142 之间时,镜 14 远离部分反射层 104 偏转以界定对应于第二经驱动状态的第三光学路径长度。在此第二经驱动状态下,可移动镜 14 比在未经驱动状态下远离部分反射层 104。在某些实施例中,通过将电压电位差施加于镜 14 与电极 102 之间及镜 14 与电极 142 之间,实现第一经驱动状态及第二经驱动状态中的至少一者。在某些实施例中,第二电压差经选择以提供镜 14 的所要偏转。

[0088] 如在图 11 中所说明,在第一经驱动状态下,镜 14 偏转到由虚线 159 指示的位置。在示范性调制器 140 中,此第一经驱动状态下的镜 14 与部分反射层 104 之间的距离对应于

介电层 106 的厚度。在示范性调制器 140 中, 镜 14 充当此经驱动位置中的宽带镜, 其大体上反射光的所有可见波长。因此, 当由宽带白光照明时, 调制器 140 产生宽带白光。

[0089] 在第二经驱动状态下, 镜 14 偏转到由虚线 158 指示的位置。在示范性调制器 140 中, 此距离对应于例如蓝光的光的颜色。在未经驱动状态下, 镜 14 经如图 11 中所示定位。在未偏转位置中, 镜 14 与部分反射层 104 间隔开一距离, 使得大体上无可见光被反射, 例如, “断开”或非反射状态。因此, 调制器 140 界定具有至少三个离散状态的干涉式调制器。在其它实施例中, 在三个状态下的可移动镜 14 的位置可经选择使得按需要产生不同的颜色集合, 包含黑与白。

[0090] 在一个实施例中, 光经由衬底 20 进入调制器 12 且被输出到观看位置 141。在另一实施例中, 在图 11 中说明的层的堆叠经颠倒, 其中层 144 最靠近衬底 20, 而非层 102。在某些此类实施例中, 可经由堆叠的与衬底 20 相对的侧而非经由衬底 20 来观看调制器 12。在一个此实施例中, 二氧化硅层形成于 ITO 层 102 上以电隔离 ITO 层 102。

[0091] 如上所指出, 在调制器 140 中具有用于输出白光的单独状态从调制器的影响白色输出的亮度的性质去耦调制器的控制颜色饱和度的性质的选择。调制器 140 的距离及其它特性可因此经选择以提供高度饱和的颜色, 而不影响在第一状态下产生的白光的亮度。举例来说, 在示范性彩色显示器中, 红、绿及蓝调制器 140 中的一者或一者以上可经形成具有对应于较高干涉级的光学路径长度。

[0092] 可使用此项技术中已知且例如以上关于调制器 12 描述的光刻技术来形成调制器 140。举例来说, 可通过将一个或一个以上铬层沉积于大体上透明的衬底 20 上来形成部分反射层 104。可通过将例如 ITO 的透明导体的一个或一个以上层沉积于衬底 20 上来形成电极 102。导体层经图案化为平行条带, 且可形成电极的列。可移动镜 14 可形成为沉积于柱 18 及沉积于柱 18 之间的插入的牺牲材料的顶部上的沉积的金属层的一系列平行条带(例如, 经大体上正交于列电极 102 而定向)。经由上述层中的一者或一者以上的通孔可经提供使得蚀刻剂气体(例如, 在牺牲层包括钼的实施例中的二氟化氙(XeF₂))可到达牺牲层。当牺牲材料被蚀刻掉时, 可变形金属层与光学堆叠分离开一气隙。可将例如铝的高度导电且反射材料用于可变形层, 且这些条带可形成显示器装置中的行电极。通过将柱 18a 沉积于可移动镜 14 上、将插入牺牲材料沉积于柱 18a 之间、将例如铝的一个或一个以上导体层沉积于柱 18a 的顶部上且将导电层沉积于牺牲材料上, 可形成导体 142。当牺牲材料被蚀刻掉时, 导电层可充当电极 142, 其与镜 14 分离第二气隙。气隙中的每一者提供一腔, 镜 14 可在所述腔中移动以实现上述状态中的每一者。

[0093] 如在图 11 中进一步地说明, 在示范性调制器 140 中, 导电性镜 14 连接到阵列控制器 152 的行驱动器 154。在示范性调制器 140 中, 导体 102 及 142 连接到列驱动器 156 中的单独的列。在一个实施例中, 通过根据参看图 3 及图 4 描述的方法将适当的电压电位差施加于镜 14 与列导体 102 及 142 之间来选择调制器 140 的状态。

[0094] 图 12A 到图 12C 说明提供两个以上状态的另一示范性干涉式调制器 150。在示范性调制器 150 中, 光学堆叠 16 包含反射层及导电层两者, 使得执行图 11 的电极 102 的功能。导电层 142 还可由第二介电层 144a 保护且由经由第二组支撑件 18a 维持于可移动镜 14 上的某一距离的支撑表面 148 支撑。

[0095] 图 12A 说明调制器 150 的未经驱动的状态。如同图 11 的调制器 140, 图 12A 到图

12C 的示范性调制器 150 的镜 14 可朝向介电层 104 偏转（例如，向下），如在图 12B 中说明的经驱动状态下，且可在反向或相反的方向上偏转（例如，向上），如在图 12C 中所说明。此“向上”偏转的状态可被叫作“反向经驱动状态”。

[0096] 如所属领域的技术人员应了解，可以许多方式实现此反向经驱动状态。在一个实施例中，经由使用可在向上方向上静电拉动镜 14 的额外电荷板或导电层 142，实现所述反向经驱动状态，如在图 12C 中所描绘。示范性调制器 150 包含基本上为围绕单一可移动镜 14 对称定位的两个干涉式调制器的调制器。此配置允许光学堆叠 16 的导电层及导电层 142 中的每一者在相反方向上吸引镜 14。

[0097] 在某些实施例中，在克服可在镜 14 紧密接近或接触介电层 106 时而发展的静电力（静电摩擦）过程中，额外导电层 142 可用作电极。这些力可包含范德瓦尔斯 (van der Waals) 力或静电力，以及如由所属领域的技术人员所了解的其它可能性。在一个实施例中，施加到光学堆叠 16 的导电层的电压脉冲可使可移动镜 14 进入到图 12B 的“正常”经驱动状态。类似地，可将下一个电压脉冲施加到导电层 142 以吸引可移动镜 14 远离光学堆叠 16。在某些实施例中，施加到导电层 142 的此电压脉冲可用以通过朝向反向经驱动状态驱动可移动镜 14 来加速可移动镜 14 从图 12B 中所说明的经驱动的状态恢复回到图 12A 中所说明的未经驱动的状态。因此，在某些实施例中，调制器 150 可在仅两个状态（图 12A 的未经驱动的状态及图 12B 的经驱动的状态）下操作，且可将导电层 142 用作电极来帮助克服摩擦力。在一个实施例中，可每当调制器 150 从图 12B 的经驱动的位置改变到图 12A 的未经驱动的位置时如上所述地驱动导电层 142。

[0098] 如所属领域的技术人员应了解，在每一实施例中并非需要所有这些元件。举例来说，如果在此类实施例的操作中，向上偏转（例如，如在图 12C 中所展示）的精确的相对量不相关，则导电层 142 可经定位于距可移动镜 14 的各种距离处。因此，可能不存在对支撑元件 18a、介电层 144a 或单独的支撑表面 148 的需要。在这些实施例中，可移动镜 14 向上偏转得有多远未必重要，而重要地为导电层 142 经定位以在适当时间吸引镜 14，例如，以扯开调制器 12。在其它实施例中，如图 12C 中所示的可移动镜 14 的位置可导致干涉式调制器 150 的更改且理想的光学特性。在这些实施例中，在向上方向上的可移动镜 14 的偏转的精确距离可在改进装置的影响质量过程中相关。

[0099] 如所属领域的技术人员应了解，用以产生层 142、144a 及支撑表面 148 的材料不必分别类似于用以产生对应的层 102、104 及 20 的材料。举例来说，光不必穿过层 148。另外，如果导电层 142 经定位于可移动镜 14 不可到达的其变形的向上位置中，则调制器 150 可不包含介电层 144a。另外，施加到导电层 142 及可移动镜 14 的电压可因此基于以上差异而不同。

[0100] 如所属领域的技术人员应了解，经施加以将可移动镜 14 从图 12B 的经驱动状态驱动回到图 12A 的未经驱动的状态的电压可与用以将可移动镜 14 从图 12A 的未经驱动的状态驱动到图 12C 的向上或反向经驱动状态所需的电压不同，因为导电层 142 与可移动镜 14 之间的距离在两个状态下可不同。此类要求可视所要的应用及偏转量而定，且可由所属领域的技术人员鉴于本发明来确定。

[0101] 在一些实施例中，将力施加于导电层 142 与可移动镜 14 之间的力的量或持续时间为使得其仅增加干涉式调制器 150 在经驱动状态与未经驱动的状态之间转变的速率。由于

可将可移动镜 14 吸引到导电层 142 或光学堆叠 16 的导电层（所述导电层位于可移动镜 14 的相对侧上），所以可提供很简短的驱动力来使可移动镜 14 与相对层的相互作用变弱。举例来说，在可移动镜 14 经驱动以与光学堆叠 16 相互作用时，到相对的导电层 142 的能量脉冲可用以使可移动镜 14 与光学堆叠 16 的相互作用变弱，从而使得可移动镜 14 较易于移动到未经驱动的状态。

[0102] 在某些实施例中，MEMS 装置包括衬底、在所述衬底上的可移动元件及激活电极。所述可移动元件包括可变形层及与所述可变形层间隔开的反射元件。如上所述，在某些实施例中，使可移动元件的光学性质与可移动元件的机械性质相分离（例如，通过提供可变形层及反射元件）。在某些此类实施例中，通过将激活电极定位于可移动元件上，使可移动元件的光学性质与可移动元件的电性质以及可移动元件的机械性质相分离。

[0103] 图 13A 说明在未激活（或“松弛”）状态下的 MEMS 装置 1300 的实施例。MEMS 装置 1300 包括在衬底 20 上的可移动元件 1340。可移动元件 1340 包括可变形层 1302 及具有反射表面 1301 的反射元件 1314。MEMS 装置 1300 进一步包括在可移动元件 1340 上的激活电极 142。在某些实施例中，可变形层 1302 由静电力吸引朝向激活电极 142，静电力将可变形层 1302 朝向激活电极 142 拉动。反射元件 1314 以机械方式耦合到可变形层 1302，使得随着可变形层 1302 朝向激活电极 142 移动，反射元件 1314 的反射表面 1301 移动一相对于且远离第一反射表面 104 的对应距离，在一些实施例中，第一反射表面 104 形成于衬底 20 上。反射表面 1301 的移动“接通”或“断开”MEMS 装置 1300，如上所述。通过从光学功能去耦电功能，可移动元件 1340 的电作用部分的面积可经减小以小于可移动元件 1340 的光学部分的面积。

[0104] 图 13B 说明在激活状态下的图 13A 的 MEMS 装置 1300。通过将电压施加到激活电极 142 而产生的静电吸引力作用于可变形层 1302 上。可移动元件 1340 通过在朝向激活电极 142 的方向（如由箭头 1320 指示）上移动来对吸引力作出响应。可变形层 1302 的上表面接触 MEMS 装置 1300 的固定部分（例如，绝缘层 144a），从而挡止可移动元件 1340 的移动。

[0105] MEMS 装置 1300 进一步包括在衬底 20 与可变形层 1302 之间的第一支撑结构（或“柱”）18、在可变形层 1302 与激活电极 142 之间的第二支撑结构 18a 及绝缘层 106、144a。其它配置也是可能的。举例来说，虽然所说明的实施例具有由支撑结构 18 支撑的可变形层 1302，但其它实施例也是可能的（例如，如在图 7C 到图 7E 中所说明，如下所述）。对于另一实例，在一些实施例中，可省略绝缘层 106、144a 中的一者或两者。

[0106] MEMS 装置 1300 进一步包括光学层（第一反射层）104。在某些实施例中，衬底 20 包括光学层 104（例如，在第一反射层 104 形成于衬底 20 上的实施例中）。从反射元件反射入射于反射元件 1314 上的光。入射光及反射光传播穿过光学层 104，但不传播穿过激活电极 142（例如，因为激活电极 142 经定位于反射元件 1314 上）。因此，与干涉式调制器 140、150 相对照，MEMS 装置 1300 不具有在光学路径中的电极。

[0107] 在一些实施例中，可移动元件 1340 包括连接元件 1318，其将可变形层 1302 与反射元件 1314 以机械方式耦合在一起。在连接元件 1318 导电且将可变形层 1302 与反射元件 1314 电耦合在一起的实施例中，任何建立于反射元件 1314 上的电位可经由可变形层 1302 放电。此放电可减小可在不同电位下从两个导体（例如，反射元件 1314 及第一反射层 104）

产生的发弧。在某些实施例中,可移动元件 1340 进一步包括连接元件 1319,如在图 13A 到图 13C 中示意性地说明。连接元件 1319 可为绝缘的(例如,包括 SiO_2 、 Al_2O_3)或导电的(例如,包括镍、铝等)。连接层 1319 为导电的某些实施例可有利地减小反射元件 1314 的弯曲及 / 或倾斜(例如,在用于可变形层 1302 及反射元件 1314 的材料具有不同内应力及 / 或热膨胀系数的实施例中,连接元件 1319 可减小及 / 或吸收应力)。

[0108] MEMS 装置 1300 进一步包括包括第一层 1308 及反射层 1309 的黑掩模 1310。入射于黑掩模 1310 上的光在区 1311 中在反射层 1309 与第一反射层 104 之间反射,且因此由 MEMS 装置 1300 吸收,而非被反射。因此,MEMS 装置 1300 的包括黑掩模 1310 的部分对 MEMS 装置 1300 的观看者来说显现为黑色。黑掩模还可用于 MEMS 装置 1300 的其它部分中,例如,以防止光的不合需要的调制及 / 或使不调制光的区的反射比最小化,从而改进对比率。

[0109] 如在图 13A 中所说明,在某些实施例中,当无电压施加到激活电极 142 时,衬底 20 的顶表面 1306 与反射元件 1314 间隔开。在某些替代实施例中,当无电压施加到激活电极 142 时,衬底 20 的顶表面 1306 与反射元件 1314 接触。图 13C 说明可变形层 1302 经配置使得可移动元件 1340 在松弛状态下负“发射”(例如,朝向衬底 20)的 MEMS 装置 1305 的实施例。举例来说,可变形层 1302 与支撑结构 18 及 / 或支撑结构 18a 之间的残余应力可经设计使得在牺牲层的移除后可变形层 1302 向下偏转。图 13C 的 MEMS 装置 1305 的激活状态可大体上与图 13B 中所描绘相同。

[0110] MEMS 装置的响应时间与导体的电阻与电容的乘积成比例。包括在可移动元件 1340 上的激活电极 142 的 MEMS 装置可有利地减小电阻及 / 或电容,从而减少响应时间。减少响应时间可增加屏幕刷新速率且增强时间调制。除了减少响应时间之外,减小 MEMS 装置的电容可减少 MEMS 装置的功率消耗。

[0111] 在激活电极 102 处于 MEMS 装置的光学路径中的实施例(例如,如在图 8 中所描绘)中,其包括对光透明的材料,例如(但不限于)ITO、ZnTO、氧化铟锌(IZO)及氧化铟(IO)。一般来说,与不透明导体相比,透明导体具有不良的电阻,对于包括透明激活电极 102 的 MEMS 装置,此可导致不良的功率耗散及高的电时间常数。然而,可移动元件 1340 上的激活电极 142 不处于光学路径中,此允许激活电极 142 包括不透明导体,例如,铝、铜、银、金等以及透明导体。包括不透明激活电极 142 的某些 MEMS 装置可有利地具有比包括透明激活电极 102 的 MEMS 装置低的功率耗散及 / 或短的电响应时间,因为不透明导体可具有比透明导体低的电阻。

[0112] 例如 ITO 的某些透明导体对高温工艺敏感,使得在形成激活电极 102 后,MEMS 装置的最大处理温度受到限制。举例来说,在大约 350°C 及更高的温度下,ITO 降级,从而增加包括 ITO 的激活电极 102 的电阻率。因此,通常不对包括 ITO 的结构执行某些工艺(例如,大于 350°C 的化学气相沉积(CVD))。然而,包括可移动元件 1340 上的激活电极 142 的 MEMS 装置可具有包括可承受高温处理的多种导体的激活电极 142,其增加对于 MEMS 装置的组件的处理灵活性。举例来说,可在高温下执行某些沉积。对于另一实例,某些沉积工艺可为 CVD 而非物理气相沉积(PVD)(例如,溅镀),此可增强沉积保形性及均匀性。此外,在激活电极 142 处于可移动元件 1340 上的某些实施例中,可在制造过程的末期来形成激活电极 142(例如,在已执行高温工艺后)。

[0113] 光学路径中的激活电极 102 的厚度受到限制,以便避免不利地影响 MEMS 装置的光

学性质,但可移动元件 1340 上的激活电极 142 可具有多种厚度,因为其不处于光学路径中。举例来说,增加激活电极 142 的厚度可有利地增加导电率,从而减少响应时间及 / 或 MEMS 装置的功率消耗。此外,厚激活电极 142 使得能够使用替代沉积方法(例如,涂布、喷墨印刷、可印刷导体),其可降低制造成本。

[0114] 在激活电极 102 处于 MEMS 装置的光学路径中使得其朝向衬底 20 拉动镜 14 的实施例中,镜 14 大体接触衬底 20 的顶表面 1306(例如,衬底 20 上的绝缘层 106 的顶表面),其中衬底 20 的顶表面 1306 充当针对镜 14 的移动的“挡止件”。在镜 14 的反射表面及衬底 20 的顶表面 1306 平坦(例如,以增强色域)的实施例中,表面之间的静摩擦可不利地影响其接触的 MEMS 装置的操作。例如表面粗糙化及抗静摩擦层的某些特征可用以减小此静摩擦,但那些特征可不利地影响 MEMS 装置的光学性能。然而,可移动元件 1340 上的激活电极 142 允许 MEMS 装置 1300 的配置使得可移动元件 1340 的一部分接触激活电极 142 且充当针对可移动元件 1340 的移动的挡止件,而非衬底 20 的顶表面 1306 充当挡止件。可移动元件 1340 的部分接触激活电极 142 处的界面可有利地适于减小静摩擦,而不影响光学性能,因为其不处于光学路径中。举例来说,绝缘层 144a 的表面构形可经粗糙化以减少接触点的数目,或者抗静摩擦层可形成于激活电极 142 上。

[0115] 透明激活电极 102 大体处于镜 14 的整个反射表面下(例如,如在图 8 中所描绘),使得通过将电压施加到激活电极 102 而产生的静电力足以激活 MEMS 装置。因此,在 MEMS 装置的电容器包括镜 14 及激活电极 102 的实施例中,电容器的面积及 MEMS 装置的电容高。在使用较大镜 14(例如,以增强填充因数)的实施例中,MEMS 装置可具有甚至更高的电容。电容器包括激活电极 142 及可变形层 1302 的上表面的部分(例如,如在图 13A 中所描绘)的 MEMS 装置 1300 可有利地减小电容器的面积且减小 MEMS 装置 1300 的电容。

[0116] 电容器包括激活电极 142 及可变形层 1302 的上表面的部分(例如,如在图 13A 中所描绘)的 MEMS 装置 1300 还可有利地减小用以操作 MEMS 装置的机械力且减小可变形层 1302 的某些尺寸,因为机械功能至少部分与光学功能分离。在 MEMS 装置的激活电极 142 处于可变形层 1302 与反射元件 1314 之间且充当针对可变形层 1302 或反射元件 1314 的挡止件的某些实施例中,接触面积可比反射表面 1301 的面积小。较小的接触面积导致较少的静摩擦,因此可使用较低机械力,从而允许减小可变形层 1302 的尺寸。在电容器包括可变形层 1302 及激活电极 142 的实施例中,可变形层 1302 的减小的尺寸可减小电容器的面积,且因此有利地减小 MEMS 装置 1300 的电容及功率消耗。

[0117] 在激活电极 102 处于光学路径中的实施例中,MEMS 装置的第一与第二反射层之间的距离可忽略(例如,小于约 100 Å)的高反射率宽带白是不可能的,当绝缘层 106 如此的薄时,在激活电极 102 与镜 14 之间可发生电短路。在激活电极 102 处于光学路径中的实施例中,MEMS 装置的第一与第二反射层之间的距离处于约 90nm 与 110nm 之间(例如,约 100nm)的低反射率黑也是不可能的,因为绝缘层 106 减小反射率(例如,如以上关于图 9 所描述)。

[0118] 在图 8 中所说明的实施例中,镜 14 通过绝缘层 106 而与激活电极 102 及第一反射层 104 电绝缘,如上所述。在 MEMS 装置包括可移动元件 1340 上的激活电极 142 的某些实施例中,绝缘层 106 可任选地从 MEMS 装置加以消除,例如,在反射元件 1314 不接触衬底 20 的顶表面 1306(例如,当松弛状态处于衬底 20 的顶部上时,如由图 13A 的 MEMS 装置 1300 描绘)的实施例及反射元件 1314 接触第一反射层 104(例如,归因于负发射,如由图 13C 的

MEMS 装置 1300 描绘) 的实施例中。绝缘层 106 的消除允许反射元件 1314 的反射表面 1301 与第一反射层 104 分离一可忽略的距离(例如, 小于约 100 Å 或触碰)。反射性 MEMS 装置的每一界面引起一些反射, 因此无绝缘层 106 的实施例可比包含绝缘层 106 的实施例产生更好的颜色(例如, 更好的黑色)。通过将反射元件 1314 的反射表面 1301 与第一反射层 104 隔开约 100 Å 与 100nm 之间, 可在无时间调制的情况下产生灰色。

[0119] 再次参看图 13C, 松弛状态可产生高反射率宽带白色(例如, 通过触碰第一反射层 104 或与第一反射层 104 隔离小于约 100 Å)、低反射率黑色(例如, 通过与第一反射层 104 隔离约 100nm)、灰色(例如, 通过与第一反射层 104 隔离约 100 Å 与 100nm 之间) 或彩色(例如, 黄、红、蓝等)。

[0120] 在 MEMS 装置 1300 经配置使得反射元件 1314 与第一反射层 104 接触或几乎接触使得产生宽带白色的实施例中, 反射元件 1314 与第一反射层 104 优选地处于同一电位下以便减小其间的可引起发弧的任何静电力或电场。在某些实施例中, 反射元件 1314 与第一反射层 104 经由可变形层 1302 电通信, 使得其处于同一电位下。在某些实施例中, 反射元件 1314 与可变形层 1302 电绝缘(例如, 使用介电连接元件 1319), 且第一反射层 104 也电绝缘, 使得其处于同一电位下。为了减小反射元件 1314 与第一反射层 104 之间的静摩擦(在其接触的实施例中), 可将导电特征(例如, 凸块)施加到第一反射层 104 及 / 或反射表面 1301, 但此类特征可负面影响 MEMS 装置的光学性能。

[0121] 在某些实施例中, MEMS 装置包括可移动元件上的激活电极 142 及第二激活电极。如上所述, 可移动元件通过大体在第一方向上移动来对施加到可移动元件上的激活电极 142 的电压作出响应。可移动元件通过大体在大体上与第一方向相反的第二方向上移动; 来进一步对施加到第二激活电极的电压作出响应。MEMS 装置因此能够稳定地产生至少三个颜色: 在松弛状态下的第一颜色、在第一方向上的在激活状态下的第二颜色及在第二方向上的在激活状态下的第三颜色。

[0122] 图 14A 说明包括衬底 20 上的可移动元件 1440 的 MEMS 装置 1400。可移动元件 1440 包括可变形层 1302 及与可变形层 1302 隔开且具有反射表面 1301 的反射元件 1314。MEMS 装置 1400 进一步包括可移动元件 1440 上的激活电极 142 及处于可变形层 1302 与反射元件 1314 之间的第二激活电极 902。在图 14A 中, 第二激活电极 902 由支撑结构 18 支撑。在某些替代实施例中, 第二激活电极 902 由其它支撑结构(例如, 与支撑结构 18 隔开)支撑。然而, 某些此类实施例可通过占据 MEMS 装置的可更有利地用于反射元件 1314 的部分而减小 MEMS 装置的填充因数。

[0123] 在可变形层 1302 与反射元件 1314 电通信(例如, 归因于导电连接元件 1418 及 / 或其间的导电连接元件(未图示))的实施例中, 可变形层 1302 与反射元件 1314 处于同一电位下。在某些此类实施例中, 当将电压施加到第二激活电极 902 时, 第一方向(例如, 朝向反射元件 1314) 上的第一吸引力作用于可移动元件 1440 的第一部分(例如, 可变形层 1302) 上, 且第二方向(例如, 远离反射元件 1314) 上的第二吸引力作用于可移动元件 1440 的第二部分(例如, 反射元件 1314) 上。在某些其它此类实施例中, 当将电压施加到第二激活电极 902 时, 第一方向(例如, 远离反射元件 1314) 上的第一吸引力作用于可移动元件 1440 的第一部分(例如, 反射元件 1314) 上, 且第二方向(例如, 朝向反射元件 1314) 上的第二吸引力作用于可移动元件 1440 的第二部分(例如, 可变形层 1302) 上。所述第二方向

大体上与所述第一方向相反。在第一吸引力大于第二吸引力的实施例中,可移动元件 1440 通过大体在第一方向上(例如,在大体垂直于衬底 20 的方向上)移动来对第一及第二吸引力作出响应。

[0124] 图 14B 说明在第一激活状态下的图 14A 的 MEMS 装置 1400 的实施例。第一吸引力作用于可变形层 1302 上且第二吸引力作用于反射元件 1314 上。可移动元件 1340 通过大体在第一方向上(例如,在大体垂直于衬底 20 的方向上,如由箭头 1420 说明)移动来对第一及第二吸引力作出响应。可变形层 1302 的下表面接触 MEMS 装置 1400 的固定部分(例如,第二激活电极 902)。在某些此类实施例中,在激活状态下,反射元件 1314 不接触衬底 20 的顶表面 1306(例如,绝缘层 106 的顶表面 1306 或第一反射层 104 的顶表面 1306)。其它实施例也是可能的。举例来说,在可变形层 1302 的下表面接触 MEMS 装置 1400 的固定部分之前,反射元件 1314 的反射表面 1301 可接触 MEMS 装置 1400 的固定部分(例如,衬底 20 的顶表面 1306)。

[0125] 图 14C 说明在第二激活状态下的图 14A 的 MEMS 装置 1400 的实施例。可移动元件 1440 通过在朝向激活电极 142 的方向(如由箭头 1422 指示)上移动来对通过将电压施加到激活电极 142 而产生的吸引力作出响应。可变形层 1302 的上表面接触 MEMS 装置 1400 的固定部分(例如,绝缘层 144a)。在某些实施例中,在激活状态下,反射元件 1314 不接触第二激活电极 902。其它实施例也是可能的。举例来说,在可变形层 1302 接触 MEMS 装置 1400 的固定部分之前,反射元件 1314 的上表面可接触 MEMS 装置 1400 的固定部分(例如,第二激活电极 902)。

[0126] 为了确保响应于施加于第二激活电极 902 与可移动元件 1440 之间的电压的位移大体上仅发生于可移动元件 1440 中(例如,归因于可变形层 1302 的变形)且大体上不在第二激活电极 902 中,则第二激活电极 902 优选地为硬性或刚性。层的硬度与层的厚度的立方成比例。在某些实施例中,第二激活电极 902 具有使得其大体上不变形的厚度。举例来说,在第二激活电极 902 包括铝的实施例中,激活电极可具有为可变形层 1302 的厚度约 2.15 倍大的厚度。应了解,其它尺寸(例如,长度及宽度)也可影响第二激活电极 902 的刚性。

[0127] 再次参看图 14A,在某些实施例中,在松弛状态下,可变形层 1302 与第二激活电极 902 分离一距离 D_1 ,且反射元件 1314 与第二激活电极 902 分离一与距离 D_1 不同的距离 D_2 。利用两个导电层之间的电位差的两个导电层之间的静电力与两个导电层之间的距离成反比。因此,第二激活电极 902 与可移动元件 1440 的一部分之间的距离越小,则作用于可移动元件 1440 的所述部分上的静电力的量值越大。如果距离 D_2 大于距离 D_1 ,则作用于可变形层 1302 上的每单位面积的静电力大于作用于反射元件 1314 上的每单位面积的静电力。在某些此类实施例中,将电压施加到第二激活电极 902 将使可移动元件 1440 朝向衬底 20 移动。如果距离 D_1 大于距离 D_2 ,则作用于反射元件 1314 上的每单位面积的静电力大于作用于可变形层 1302 上的每单位面积的静电力。在某些此类实施例中,将电压施加到第二激活电极 902 将使可移动元件 1440 远离衬底 20 移动。在包括激活电极 142(其使可移动元件 1440 远离衬底 20 移动)的实施例中,距离 D_2 优选地大于距离 D_1 ,使得激活电极 142、902 引起在不同方向上的偏转。

[0128] 在某些实施例中,距离 D_1 、 D_2 之间的百分比差大于约 5%、大于约 10%、大于约 15%

或大于约 20%。应通过某些其它因数来平衡距离 D₁、D₂ 之间的差,例如,光学干涉性质(例如,反射颜色)及 MEMS 装置的厚度,其还视距离 D₁、D₂ 而定。一旦存在一定量的不平衡(即,距离 D₁、D₂ 之间的合适的差),则将电压施加到第二激活电极 902 将会将可移动元件 1440 的具有较短距离的部分吸引向激活电极 902,从而减小所述距离,同时还增加与可移动元件 1440 的具有较大距离的部分的距离。因此,即使在具有少量不平衡(例如,归因于在约 10% 下的距离差)的实施例中,静电力可合适地引起可移动元件 1440 的激活。

[0129] 与第二激活电极 902 与可移动元件 1440 的第一及第二部分之间的距离无关,静电力可至少部分由屏蔽激活电极 902 与可移动元件 1440 之间的电压差的至少一部分的导电层减小。举例来说,屏蔽可移动元件 1440 的第一部分而不受第二激活电极 902 影响可使静电力更大体上作用于可移动元件 1440 的第二部分上。如果可移动元件 1440 的至少部分经屏蔽而免受激活电极 902 影响的第一部分包括反射元件 1314,则将电压施加到第二激活电极 902 将使可移动元件 1440 朝向衬底 20 移动。如果可移动元件 1440 的至少部分经屏蔽而免受激活电极 902 影响的第一部分包括可变形层 1302,则将电压施加到第二激活电极 902 将使可移动元件 1440 远离衬底 20 移动。在包括激活电极 142(其使可移动元件 1440 远离衬底 20 移动)的实施例中,以下详细描述的第二导电层 1558 优选地处于第一导电层 1552 的一侧上,使得激活电极 142、902 引起在不同方向上的偏转。在某些此类实施例中,屏蔽可减小包括 MEMS 装置 1400 的显示器装置的厚度,因为不必存在距离 D₁、D₂ 之间的差,但屏蔽也可能增加设计复杂性及制造成本。

[0130] 图 15A 说明第二激活电极 902 包括包含导电层 1552 及绝缘层 1554 的多层堆叠的实施例的一部分。在某些实施例中,导电层 1552 包括电压所施加到的导电材料,且绝缘层 1554 将所要的刚性提供到第二激活电极 902,且提供电绝缘以抑制第二激活电极 902 与可移动元件 1440 之间的短路。举例来说,大于约 1,500 Å 厚的 SiO₂ 层足够刚性。在某些替代实施例中,导电层 1552 包括电压所施加到的导电材料,且将所要的刚性提供到第二激活电极 902,且绝缘层 1554 提供电绝缘以抑制第二激活电极 902 与可移动元件 1440 之间的短路。在 MEMS 装置 1400 经设计使得在激活后可移动元件 1440 朝向衬底 20 移动的实施例中,绝缘层 1554 优选地处于导电层 1552 上(例如,如在图 15A 中所说明),因为当 MEMS 装置 1400 处于激活状态下时,可变形层 1302 的下表面可接触第二激活电极 902。在 MEMS 装置 1400 经设计使得在激活后可移动元件 1440 远离衬底 20 移动的实施例中,绝缘层 1554 优选地处于导电层 1552 下,因为当 MEMS 装置 1440 处于激活状态下时,反射元件 1314 的上表面可接触第二激活电极 902。多层第二激活电极 902 的其它配置也是可能的。举例来说,第二激活电极 902 可包括单一刚性的导电材料层,且绝缘层可形成于可变形层 1302 的下表面及 / 或反射元件 1314 的上表面上。其它多层堆叠也是可能的。举例来说,第二激活电极 902 在导电层 1552 的与导电层 1554 相对的侧上可进一步包括第二绝缘层来提供电绝缘以抑制第二激活电极 902 与可移动元件 1440 的其它部分之间的短路。

[0131] 绝缘层 1554 的厚度包含于从第二激活电极 902 的导电部分 1552 到可变形层 1302 的距离 D₁(例如,当形成于导电部分 1552 上时,如在图 15A 中所描绘)或到反射元件 1314 的距离 D₂(例如,当形成于导电部分 1552 下时)中。在某些实施例中,绝缘层 2254 经选择以提供所要的介电电容率以修整激活电极 902 与可移动元件 1440 之间的静电力。

[0132] 图 15B 说明第二激活电极 902 包括多层堆叠的另一实施例。第二激活电极 902 包

括激活电压所施加到的第一导电层 1552、抑制第二激活电极 902 与可移动元件 1440 之间的短路的第一绝缘层 1554、屏蔽可移动元件 1440 的层以免受静电力影响的第二导电层 1558 及使第一导电层 1552 与第二导电层 1558 绝缘的第二绝缘层 1556。第二导电层 1558 处于第一导电层 1552 的与第一绝缘层 1554 相对的侧上。在 MEMS 装置 1400 经设计使得在激活后可移动元件 1440 朝向衬底 20 移动的实施例中, 第一绝缘层 1554 处于第一导电层 1552 上(例如, 如在图 15B 中所说明), 因为当 MEMS 装置 1400 处于激活状态下时, 可变形层 1302 的下表面可接触第二激活电极 902, 且第二导电层 1558 处于第一导电层 1552 下, 因为反射元件 1314 至少部分通过第二导电层 1558 屏蔽以免受静电力影响。在 MEMS 装置 1400 经设计使得在激活后可移动元件 1440 远离衬底 20 移动的实施例中, 第一绝缘层 1554 处于第一导电层 1552 下, 因为当 MEMS 装置 1400 处于激活状态下时, 反射元件 1314 的上表面可接触第二激活电极 902, 且第二导电层 1558 处于第一导电层 1552 上, 因为可变形层 1302 至少部分通过第二导电层 1558 屏蔽免受静电力影响。在某些此类实施例中, 包括层 1552、1554、1556、1558 的第二激活电极 902 的尺寸(例如, 厚度)足够刚性, 使得第二激活电极 902 大体上不变形。其它多层堆叠也是可能的。举例来说, 第二激活电极 902 在第二导电层 1558 的与第一导电层 1552 相对的侧上可进一步包括第三绝缘层来提供绝缘以抑制第二激活电极 902 与可移动元件 1440 的其它部分之间的短路。

[0133] 可变形层 1302 与反射元件 1314 之间的激活电极 902 允许 MEMS 装置 1400 的配置使得可移动元件 1440 的一部分接触激活电极 902(即, 激活电极 902 充当针对可移动元件 1440 的移动的挡止件, 而非衬底 20 的顶表面 1306 或绝缘层 144a 的下表面充当挡止件)。可移动元件 1440 的部分接触激活电极 902 处的界面可有利地适于减小静摩擦, 而并不影响光学性能, 因为其不处于光学路径中。举例来说, 绝缘层 1554 的表面构形可经粗糙化以减少接触点的数目, 或者抗静摩擦层可形成于激活电极 902 上。对于另一实例, 反射元件 1314 的上表面或可变形层 1302 的下表面的表面构形可经粗糙化以减少接触点的数目, 或者抗静摩擦层可形成于反射元件 1314 的上表面或可变形层 1302 的下表面上。

[0134] 静电力是归因于电位差。在可移动元件 1440 包括绝缘连接元件(未图示)的实施例中, 当可变形层 1302 的电位不为零时, 反射元件 1314 的电位可约为零。在某些此类实施例中, 响应于施加到激活电极 902 的电压的作用于可变形层 1302 上的静电力可选择性地大于响应于施加到激活电极 902 的电压的作用于反射元件 1314 上的静电力。因此, 可移动元件 1440 可经配置以响应于施加到第二激活电极 902 的电压朝向衬底 20 激活。此外, 电容器(例如, 处于第二激活电极 902 与可变形层 1302 之间)的面积可有利地小, 从而比大电容器(例如, 光学路径中处于反射元件与激活电极之间)需要较少的时间来放电, 此可减少响应时间。然而, 在反射元件 1314 与可变形层 1302 或其它结构电绝缘的实施例中, 反射元件 1314 可变得带电, 从而自身产生静电力。在一些实施例中, 反射元件 1314 经涂布(例如, 用塑料)以选择性地耗散静电放电。

[0135] 当将电压施加到第二激活电极 902 时, 静电力作用于可移动元件 1440 上。作为响应, 如果可变形层 1302 上的吸引力大于反射元件 1314 上的吸引力, 则可变形层 1302 朝向第二激活电极 902 弯曲。反射元件 1314 以机械方式耦合到可变形层 1302, 使得当可变形层 1302 朝向第二激活电极 902 移动时, 反射元件 1314 相对于衬底 20 且朝向衬底 20 移动对应的距离。MEMS 装置 1400 的固定部分充当针对可移动元件 1440 的移动的挡止件。

[0136] 在某些实施例（例如，可变形层 1302 的下表面接触第二激活电极 902 的实施例）中，激活电极 902 包括固定部分（例如，如在图 14B 中所说明）。在某些此类实施例中，绝缘层 106 为任选的，因为可移动元件 1440 不接触衬底 20 的顶表面 1306。在 MEMS 装置包括光学路径中的激活电极 104 及绝缘层 106 且在激活状态下镜 14 接触绝缘层 106 的顶表面的上述某些实施例中，接触区包含介电层。为了避免将电荷截留于介电层中，可交替地切换施加到激活电极 104 及镜 14 的电压的极性。切换极性耗散电荷，但消耗功率。然而，在 MEMS 装置 1400 不包括绝缘层 106 且在激活状态下反射元件 1314 的反射表面 1301 接触第一反射层 104 的顶表面 1306 的某些实施例中，接触有利地无电场。因此，施加到第二激活电极 902 及可移动元件 1440 的电压可保持相同，这有利地节省功率。

[0137] 在一些实施例中，绝缘层 1554 使可移动元件 1440 与第二激活电极 902 绝缘。在一些实施例中，形成于可变形层 1302 的下表面上的绝缘层（未图示）使可移动元件 1440 与第二激活电极 902 绝缘。在某些替代实施例中，衬底 20 的顶表面 1306 包括固定部分。在一些实施例中，绝缘层 106 使可移动元件 1440 与第一反射层 104 绝缘。

[0138] 如上所述，可移动元件 1440 通过大体在第一方向上移动来对施加到激活电极 142 的电压作出响应。在激活电极 142 提供使可移动元件 1440 远离衬底 20 移动的力的实施例中，第二激活电极 902 经配置使得当将电压施加到第二激活电极 902 时，可移动元件 1440 朝向衬底 20 移动（例如，通过比反射元件 1314 更靠近可变形层 1302 来定位第二激活电极 902，通过用导电层 1558 屏蔽反射元件 1314 等）。

[0139] 例如，针对上述电性质，第二激活电极 902 优选地包括非透明导电材料。第二激活电极 902 经定位于反射元件 1314 的反射表面 1301 上，使得第二激活电极 902 不处于 MEMS 装置 1400 的光学路径中，因此其可包括不透明导电材料。因此，MEMS 装置 1400 能够有快速的响应时间及低功率消耗。

[0140] 在某些实施例中，MEMS 装置包括处于可变形层 1302 与反射元件 1314 之间的激活电极 902 及第二激活电极。如上所述，可移动元件通过大体在第一方向上移动来对施加到可变形层 1302 与反射元件 1314 之间的激活电极 902 的电压作出响应。可移动元件通过大体在大体上与第一方向相反的第二方向上移动来进一步对施加到第二激活电极的电压作出响应。MEMS 装置因此能够稳定地产生至少三个颜色：在松弛状态下的第一颜色、在第一方向上的在激活状态下的第二颜色及在第二方向上的在激活状态下的第三颜色。在一些实施例中，可移动元件 1440 上的激活电极 142 可表征为“第二”激活电极（例如，如在图 14A 到图 14C 中所说明）。

[0141] 图 16A 说明包括衬底 20 上的可移动元件 1640 的 MEMS 装置 1600。可移动元件 1640 包括可变形层 1302 及具有反射表面 1301 的反射元件 1314。MEMS 装置 1600 进一步包括在可变形层 1302 与反射元件 1314 之间的激活电极 902，且光学堆叠 20 包括第二激活电极 102。在图 16A 中，第二激活电极 102 形成于衬底 20 上。

[0142] 图 16B 说明在第一激活状态下的图 16A 的 MEMS 装置 1600 的实施例。可移动元件 1640 的由第一吸引力作用的第一部分包括可变形层 1302，且可移动元件 1640 的由第二吸引力作用的第二部分包括反射元件 1314。可移动元件 1640 通过大体在第一方向上（例如，在大体垂直于衬底 20 的方向上，如由箭头 1620 说明）移动来对第一及第二吸引力作出响应。在某些实施例中，在激活状态下，反射元件 1314 的上表面接触 MEMS 装置 1600 的固定

部分（例如，激活电极 902）（例如，如在图 16B 中所说明）。在某些替代实施例中，可变形层 1302 的上表面接触 MEMS 装置 1600 的固定部分（例如，在可移动元件 1640 上的层）。

[0143] 图 16C 说明在第二激活状态下的图 16A 的 MEMS 装置 1600 的实施例。当将电压施加到第二激活电极 102 时，静电力作用于可移动元件 1440 上。作为响应，可变形层 1302 朝向第二激活电极 102。反射元件 1314 以机械方式耦合到可变形层 1302，使得随着可变形层 1302 朝向第二激活电极 102 移动，反射元件 1314 相对于且朝向第二激活电极 102 移动对应的距离。可移动元件 1640 通过在朝向第二激活电极 102 的方向（如由箭头 1622 指示）上移动来对通过将电压施加到第二激活电极 102 而产生的吸引力作出响应。在某些实施例中，在激活状态下，反射元件 1314 接触 MEMS 装置 1600 的固定部分（例如，衬底 20 的顶表面 1306）（例如，如在图 16C 中所说明）。在某些替代实施例中，可变形层 1302 的下表面接触 MEMS 装置 1600 的固定部分（例如，激活电极 902）。在某些此类实施例中，在激活状态下，反射元件 1314 不接触衬底 20 的顶表面 1306（例如，绝缘层 106 的顶表面 1306 或第一反射层 104 的顶表面 1306）。在激活电极 902 提供使可移动元件 1640 远离衬底 20 移动的力的实施例中，第二激活电极 102 经配置使得当将电压施加到第二激活电极 102 时，可移动元件 1640 朝向衬底 20 移动。

[0144] 包括第一及第二激活电极的 MEMS 装置的其它实施例也是可能的。举例来说，MEMS 装置可包括在包括可变形层 1302 及反射元件 1314 的可移动元件上的第一激活电极 142 及在可移动元件下的第二激活电极 102。另外，虽然未在图 14A、图 15A 及图 16A 中描绘，但 MEMS 装置的某些部分可与某些其它部分电通信。举例来说，反射元件 1314 及 / 或可变形层 1302 可与第一反射层 104 电通信。

[0145] 图 17A 到图 17H 说明制造图 13A 的 MEMS 装置 1300 的方法的实例实施例。图 17A 中说明的 MEMS 结构 1700 包含衬底 20（例如，包括玻璃、塑料）、第一反射层 104（例如，包括铬）、任选绝缘层 106（例如，包括 SiO₂ 及 / 或 Al₂O₃）、第一牺牲层 1702 及具有反射表面 1301 的反射元件 1314（例如，包括铝）。如上所论述，在一些实施例中，可省略绝缘层 106。在一些实施例中，在松弛状态下，第一牺牲层 1702 的厚度影响 MEMS 装置 1300 的颜色。

[0146] 在某些实施例中，一个或一个以上孔口 1704 穿过反射元件 1314 而形成以允许较容易地蚀刻第一牺牲层 1702。反射元件 1314 与衬底 20 的顶表面 1306 之间的距离量与反射元件 1314 与衬底 20 的顶表面 1306 之间的腔中的流体（例如，空气）的量成比例。在反射元件 1314 不接触衬底 20 的顶表面 1306 的 MEMS 装置 1300 的某些实施例中，反射元件 1314 与衬底 20 的顶表面 1306 之间的距离变得很小。举例来说，在可产生高反射率宽带白色（例如，因为距离小于约 100 Å）的实施例中，距离通常较小。在移动（例如，松弛）期间，某些此类小距离可影响反射元件 1314 周围的流体（例如，空气）的流动，因为一些流体可能不具有足够的空间来在反射元件 1314 的侧边移动且可替代地可变得被压缩在反射元件 1314 与衬底 20 的顶表面 1306 之间。在某些实施例中，在移动（例如，松弛）期间，反射元件 1314 中的孔口 1704 为占据反射元件 1314 与衬底 20 的顶表面 1306 之间的腔的流体提供额外路径以从反射元件 1314 下流动到反射元件 1314 上。因此，至少一个孔口 1704 可增加 MEMS 装置 1300 的速度。然而，反射元件 1314 的包括所述至少一个孔口 1704 的部分是不反射的，这减小 MEMS 装置 1300 的填充因数。

[0147] 在其中反射元件 1314 不接触衬底 20 的顶表面 1306 的实施例中，反射元件 1314

的反射表面 1301 优选地大体上平滑且平坦，例如，以增加色域。在一些实施例中，通过在平滑且平坦的第一牺牲层 1702（例如，包括光致抗蚀剂）上形成反射元件 1314 或通过在反射元件 1314 的形成之前抛光第一牺牲层 1702（例如，包括钼），使反射表面 1301 大体上平滑且平坦。在其中反射元件 1314 接触衬底 20 的顶表面 1306（例如，100nm 厚绝缘层 106 的顶表面 1306 以产生黑色，或第一反射层 104 的顶表面 1306 以产生宽带白色）的实施例中，反射元件 1314 的反射表面 1301 也可为平滑且平坦的，但在此类实施例中考虑静摩擦的可能效应（例如，通过添加绝缘或导电性凸块）。

[0148] 在某些实施例中，通过将第一牺牲层 1702 用作第一层 1308 且将用于反射元件 1314 的材料用作反射层 1309，形成黑色掩模 1310。在某些替代实施例中，使用一个或一个以上其它层形成黑色掩模 1310。在一些实施例中，MEMS 装置不包括黑色掩模。

[0149] 图 17B 说明在第二牺牲层 1706（例如，包括钼）已形成于反射元件 1314 上之后的图 17A 的 MEMS 结构 1700。第二牺牲层 1706 将反射元件 1314 与可变形层 1302 隔开。第二牺牲层 1706 可包括与第一牺牲层 1702 相同的材料或与第一牺牲层 1702 不同的材料。在一些实施例中，第二牺牲层 1706 的形成会形成穿过第二牺牲层 1706 的孔口 1710。在绝缘或其它层已形成于反射元件 1314 的上表面上的实施例中，孔口 1710 可允许在无额外图案化步骤的情况下移除所述层。

[0150] 图 17C 说明在已形成支撑结构 18 之后的图 17B 的 MEMS 装置 1700。在包括黑色掩模 1310 的实施例中，支撑结构 18 可形成于黑掩模 1310 周围以与导电层 1309 绝缘。在某些替代实施例中，在第二牺牲层 1706 之前形成支撑结构 18。

[0151] 图 17D 说明在连接元件 1319 已形成于第二牺牲层 1706 上且至少部分在孔口 1710 中之后的图 17C 的 MEMS 装置 1700。连接元件 1319 经由孔口 1710 以机械方式耦合到反射元件 1314。在某些替代实施例中，在连接元件 1319 之后形成支撑结构 18。

[0152] 图 17E 说明在可变形层 1302（例如，包括镍）已形成于支撑结构 18、连接元件 1319 及第二牺牲层 1706 上之后的图 17D 的 MEMS 结构 1700。可变形层 1302 由连接元件 1318 经由连接元件 1319 以机械方式耦合到反射元件 1314。在某些实施例中，一个或一个以上孔口 1303 经形成穿过可变形层 1302 以允许第二牺牲层 1706 的较容易的蚀刻。

[0153] 图 17F 说明在第三牺牲层 1708（例如，包括钼）已形成于可变形层 1302 上之后的图 17E 的 MEMS 结构 1700。第三牺牲层 1708 将可变形层 1302 与激活电极 142 隔开。第三牺牲层 1708 可包括与第一牺牲层 1702 及第二牺牲层 1706 中的一者或两者相同的材料或与第一牺牲层 1702 及第二牺牲层 1706 中的一者或两者不同的材料。在某些实施例中，在激活状态下，第二牺牲层 1706 及第三牺牲层 1708 的厚度影响 MEMS 装置 1300 的颜色。

[0154] 图 17G 说明在支撑结构 18a 在可变形层 1302 上、绝缘层 144a 在第三牺牲层 1708 上及激活电极 142 在绝缘层 144a 上的形成之后的图 17F 的 MEMS 结构 1700。在一些替代实施例中，在第三牺牲层 1708 之前形成支撑结构 18a。在某些实施例中，在形成绝缘层 144a（例如，通过沉积 SiO₂ 且图案化 SiO₂）的同时形成支撑结构 18a。在一些实施例中，激活电极 142 及绝缘层 144a 包括至少一个孔口 1316 以允许第三牺牲层 1708 的较容易的蚀刻。

[0155] 图 17H 说明在已移除第一牺牲层 1702、第二牺牲层 1706 及第三牺牲层 1708 之后的图 17G 的 MEMS 结构 1700，其产生图 13A 的 MEMS 装置 1300。在牺牲层 1702、1706、1708 各自包括钼的实施例中，可（例如）通过用 XeF₂ 进行蚀刻将其移除。在牺牲层包括光致抗蚀

剂的实施例中,可(例如)通过灰化(例如,通过用 O_2 及/或 H_2O 进行蚀刻)来将其移除。图17A中说明的孔口1704帮助蚀刻剂移除在反射元件1314下的第一牺牲层1702。图17E中说明的孔口1303帮助蚀刻剂移除在可变形层1302下的第二牺牲层1706。图17G中说明的孔口1316帮助蚀刻剂移除在激活电极142下的第三牺牲层1708。在移除所述牺牲层之后,可移动元件1340可响应于施加到激活电极142的电压而移动。

[0156] 图18A到图18G说明制造图14A的MEMS装置1400的方法的实例实施例。图18A说明在第二激活电极902在第二牺牲层1706上形成之后的图17B的MEMS结构1700。如上所述,第二激活电极902可包括多层堆叠。在此类实施例中,第二激活电极902的形成可包括一系列图案化步骤(例如,对于多层堆叠中的每一层,沉积、掩模形成、蚀刻及掩模移除)或包括多个蚀刻的单一图案化步骤(例如,多层堆叠中的每一层的沉积、掩模形成、多层堆叠中的每一层的蚀刻、掩模移除)。其它序列也是可能的(例如,多层堆叠中的每一层的沉积、掩模形成、多层堆叠中的顶层的蚀刻及将一个或一个以上上部层用作一个或一个以上下部层的掩模)。多层堆叠的层的厚度可变化,但所得第二激活电极902优选地足够刚性,使得其大体上不变形。

[0157] 在可移动元件1440经配置以在将电压施加到第二激活电极902后朝向衬底20移动的实施例中,绝缘层1554可形成于第二激活电极902的导电部分1552的顶部上,在该处,进行与可变形层1302的下表面的接触(例如,如在图15A及图15B中所说明)。在某些此类实施例中,第二激活电极902的顶表面可经粗糙化以减少接触点的数目以便减小与可变形层1302的静摩擦。其它层(例如,抗静摩擦层)还可形成于第二激活电极902的顶部上。

[0158] 图18B说明在第三牺牲层1808(例如,包括钼)已形成于第二激活电极902上之后的图18A的MEMS结构1800。第三牺牲层1808将第二激活电极902与可变形层1302间隔开。第三牺牲层1808可包括与第一牺牲层1702及第二牺牲层1706中的一者或两者相同的材料或与第一牺牲层1702及第二牺牲层1706中的一者或两者不同的材料。在一些实施例中,第三牺牲层1808的形成会形成穿过第三牺牲层1808的孔口1810。在绝缘或其它层已形成于反射元件1314的上表面上的实施例中,孔口1810可允许在无额外图案化步骤的情况下移除此类层。

[0159] 图18C说明在已形成支撑结构18之后的图18B的MEMS装置1800。第二激活电极902的一部分优选地经暴露使得所述激活电极902可以机械方式耦合到支撑结构18。在某些实施例中,支撑结构18包括第二激活电极902的一个或一个以上层(例如,以允许电选路)。

[0160] 图18D说明在可变形层1302(例如,包括镍)已形成于支撑结构18及第三牺牲层1808上之后的图18C的MEMS结构1800。可变形层1302由连接元件1418以机械方式耦合到反射元件1314。在某些实施例中,连接元件可形成于连接元件1418与反射元件1314之间。

[0161] 图18E说明在第四牺牲层1812(例如,包括钼)已形成于可变形层1302上之后的图18D的MEMS结构1800。第四牺牲层1812将可变形层1302与激活电极142间隔开。第四牺牲层1812可包括与第一牺牲层1702、第二牺牲层1706、第三牺牲层1808中的一者或一者以上相同的材料或与第一牺牲层1702、第二牺牲层1706、第三牺牲层1808中的一者或

一者以上不同的材料。

[0162] 图 18F 说明在支撑结构 18a 在可变形层 1302 上、绝缘层 144a 在第四牺牲层 1812 上及激活电极 142 在绝缘层 144a 上的形成之后的图 18E 的 MEMS 结构 1800。在一些替代实施例中，在第三牺牲层 1808 之前形成支撑结构 18a。在一些实施例中，在形成绝缘层 144a（例如，通过沉积 SiO₂ 且图案化 SiO₂）的同时形成支撑结构 18a。在一些实施例中，激活电极 142 及绝缘层 144a 包括至少一个孔口 1316 以允许第四牺牲层 1812 的较容易的蚀刻。

[0163] 图 18G 说明在已移除第一牺牲层 1702、第二牺牲层 1706、第三牺牲层 1808 及第四牺牲层 1812 之后的图 18F 的 MEMS 结构 1800，其产生图 14A 的 MEMS 装置 1400。在所述牺牲层的移除后，可移动元件 1440 可响应于施加到激活电极 142 及第二激活电极 902 的电压而移动。

[0164] 图 19A 到图 19D 说明制造图 16A 的 MEMS 装置 1600 的方法的实例实施例。图 19A 说明在已形成支撑结构 18 之后的图 18A 的 MEMS 结构 1800，但孔口 1710 尚未形成于第二牺牲层 1706 中。

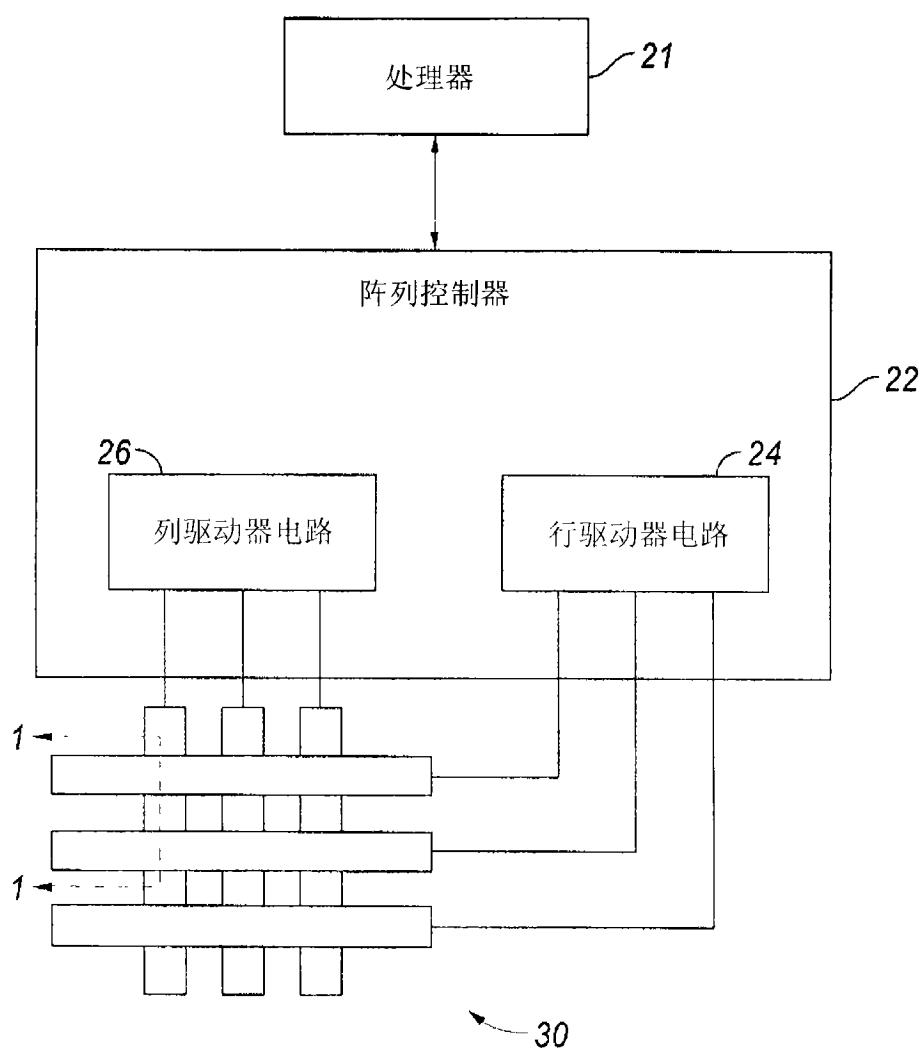
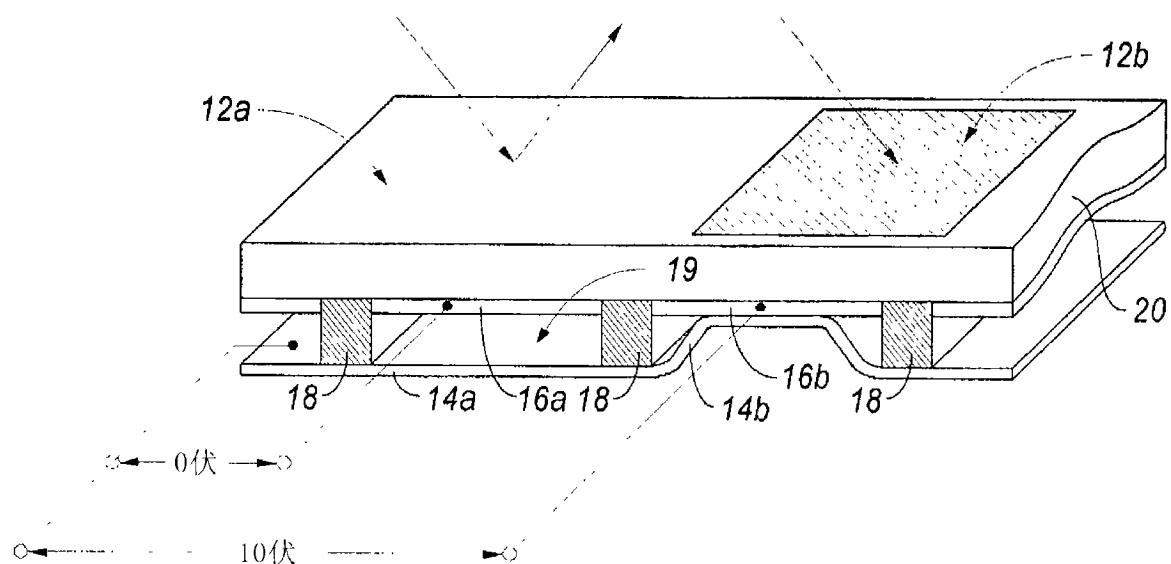
[0165] 在可移动元件 1640 经配置以在将电压施加到激活电极 902 后远离衬底 20 移动的实施例中，绝缘层 1554 可形成于激活电极 902 的导电部分 1552 的底部上，在该处，进行与反射元件 914 的上表面的接触。在某些此类实施例中，激活电极 902 的底表面可经粗糙化以减少接触点的数目，以便减小与反射元件 914 的静摩擦。其它层（例如，抗静摩擦层）还可形成于激活电极 902 的底部上。

[0166] 图 19B 说明在第三牺牲层 1808（例如，包括钼）已形成于激活电极 902 上之后的图 19A 的 MEMS 结构 1900。第三牺牲层 1808 将第二激活电极 902 与可变形层 1302 隔开。第三牺牲层 1808 可包括与第一牺牲层 1702 及第二牺牲层 1706 中的一者或两者相同的材料或与第一牺牲层 1702 及第二牺牲层 1706 中的一者或两者不同的材料。在一些实施例中，第三牺牲层 1808 的形成会形成穿过第二牺牲层 1706 及第三牺牲层 1808 的孔口 1810。在绝缘或其它层已形成于反射元件 1314 的上表面上的实施例中，孔口 1810 可允许在无额外图案化步骤的情况下移除所述层。在一些替代实施例中，在第三牺牲层 1808 之前形成支撑结构 18a。

[0167] 图 19C 说明在可变形层 1302（例如，包括镍）已形成于支撑结构 18 及第三牺牲层 1808 上之后的图 19C 的 MEMS 结构 1900。可变形层 1302 由连接元件 1418 以机械方式耦合到反射元件 1314。

[0168] 图 19D 说明在已移除第一牺牲层 1702、第二牺牲层 1706 及第三牺牲层 1808 之后的图 19C 的 MEMS 结构 1900，其产生图 16A 的 MEMS 装置 1600。在所述牺牲层的移除后，可移动元件 1640 可响应于施加到激活电极 902 及第二激活电极 102 的电压而移动。

[0169] 虽然以上详细描述已展示、描述且指出本发明适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并不脱离本发明的精神的情况下对所说明的装置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，可在并不提供本文中所阐明的所有特征及益处的形式内体现本发明，因为一些特征可与其它特征分离地使用或实践。本发明的范围由所附的权利要求书而非由前文的描述指示。属于所述权利要求书的均等物的意义及范围内的所有改变均将包括于其范围内。



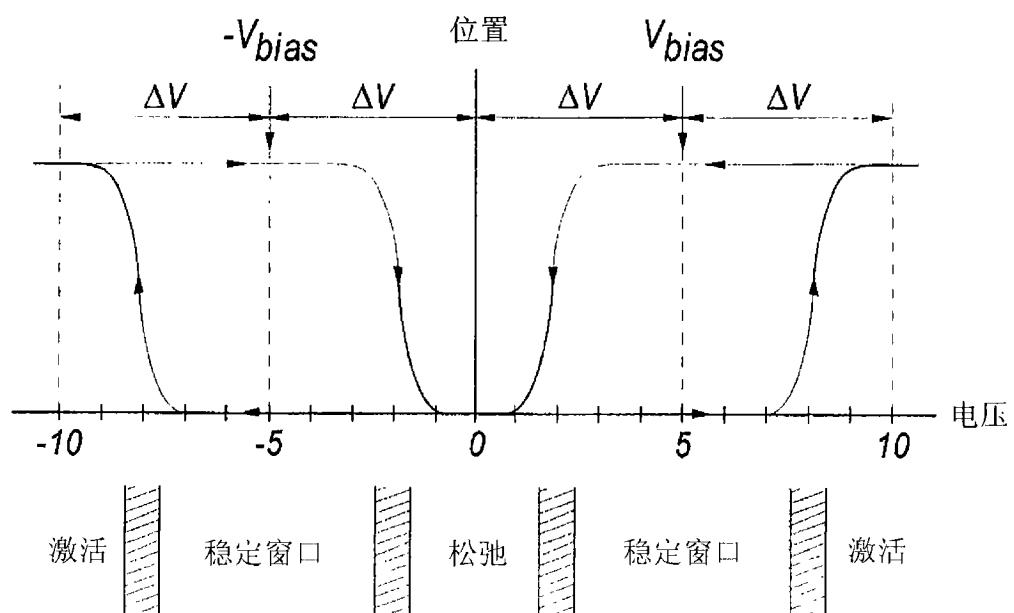


图3

		列输出信号	
		$+ V_{bias}$	$- V_{bias}$
行输出信号	0	稳定	稳定
	$+ \Delta V$	松弛	激活
	$- \Delta V$	激活	松弛

图4

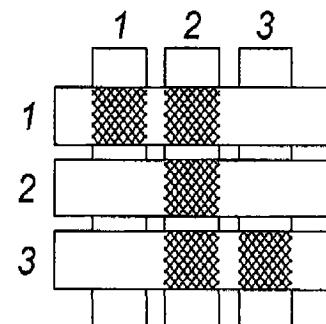


图5A

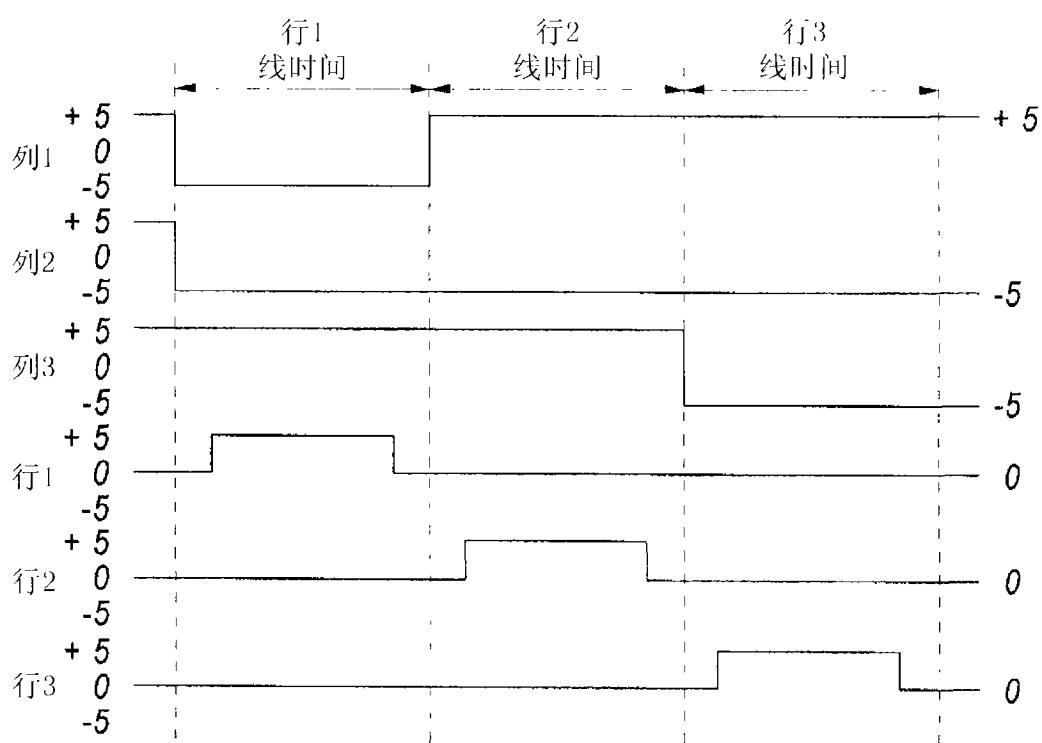


图 5B

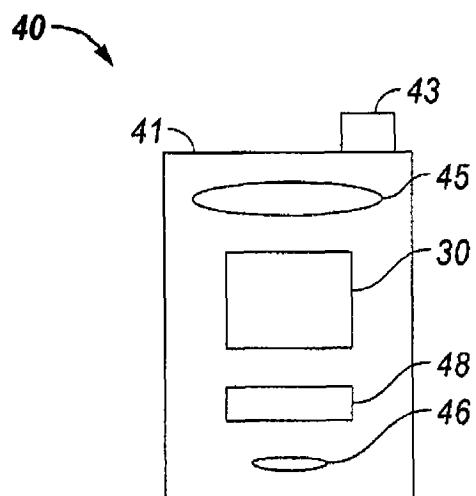


图 6A

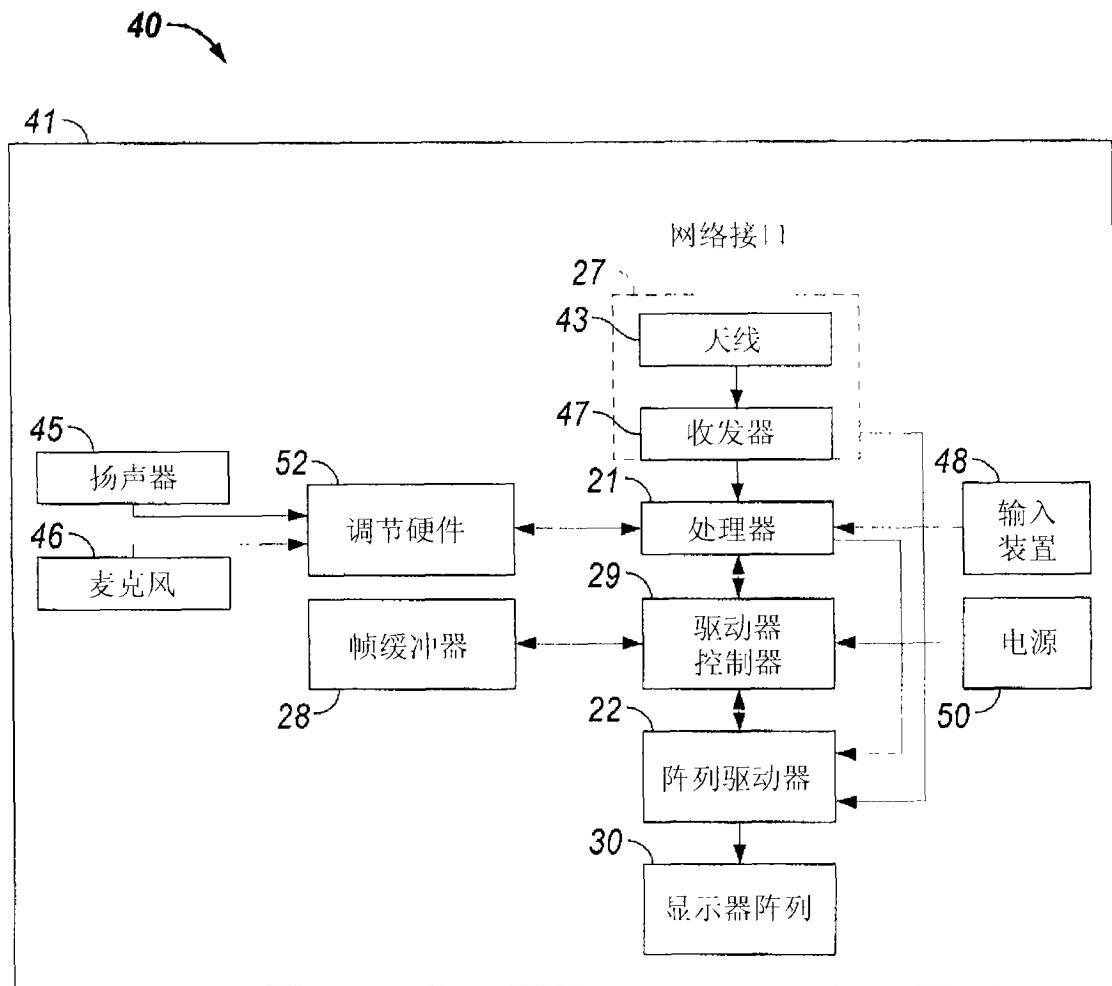


图 6B

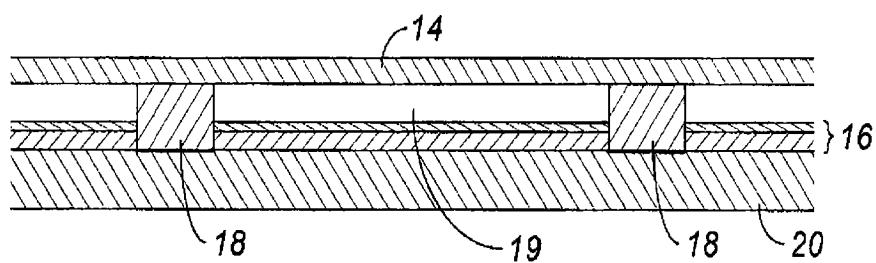


图 7A

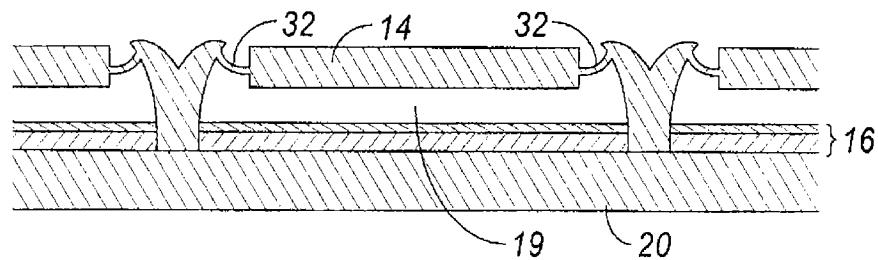


图 7B

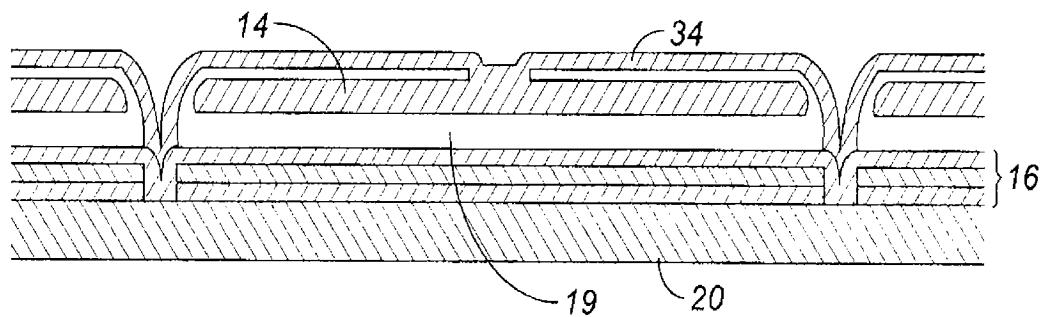


图 7C

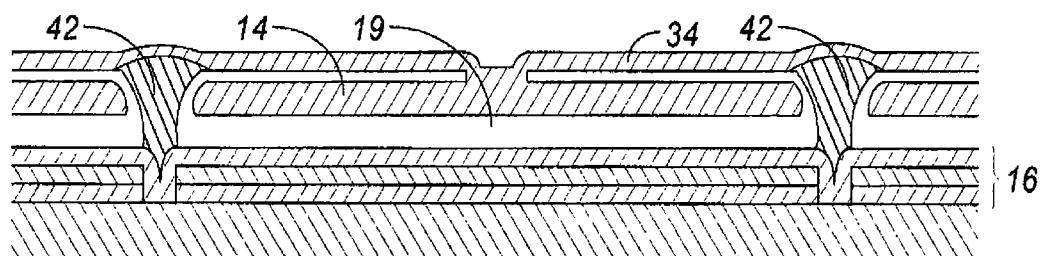


图 7D

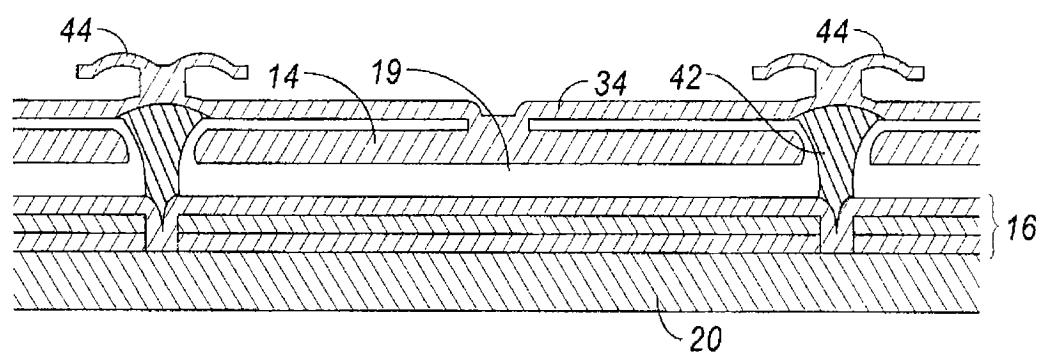


图 7E

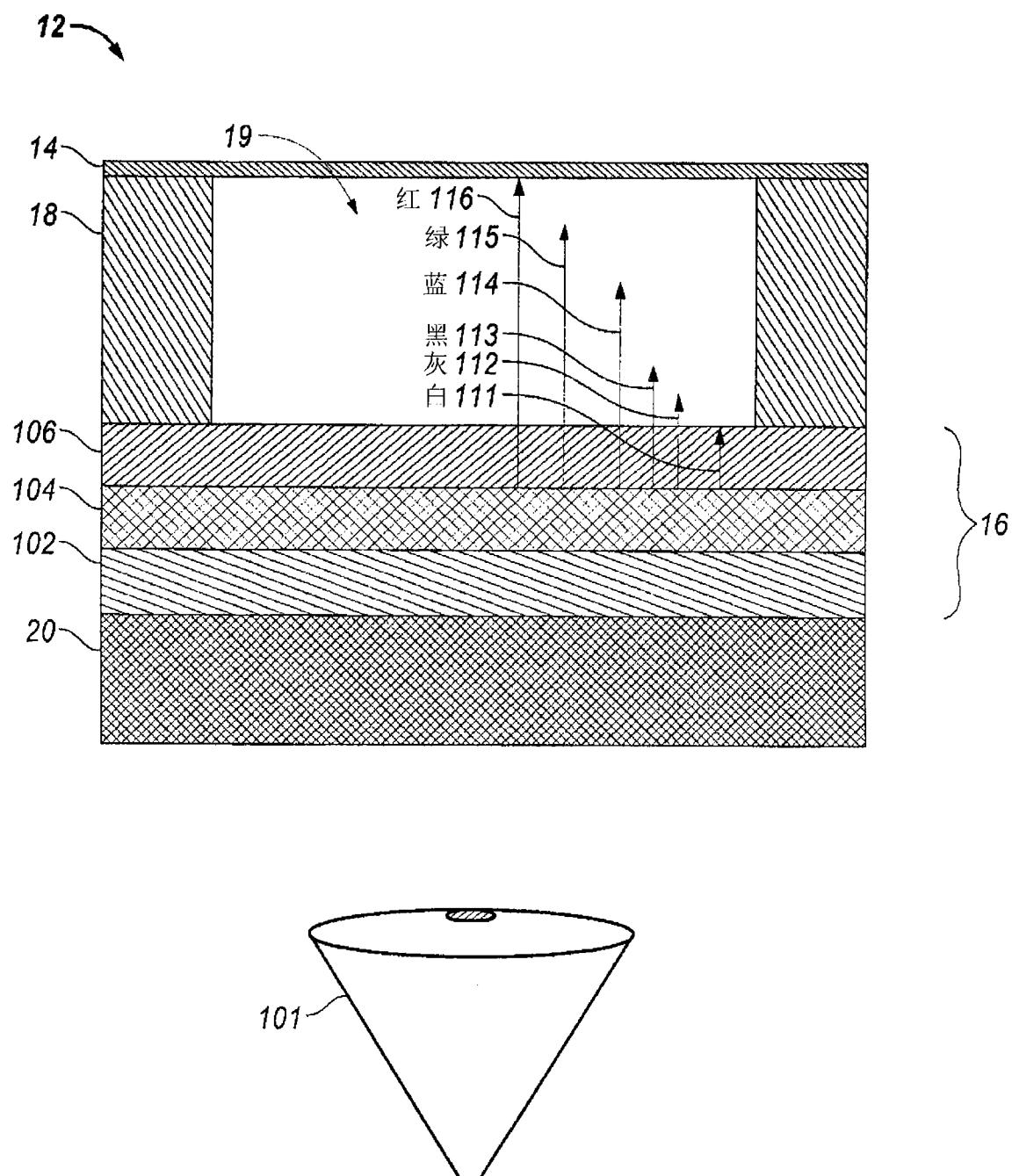


图 8

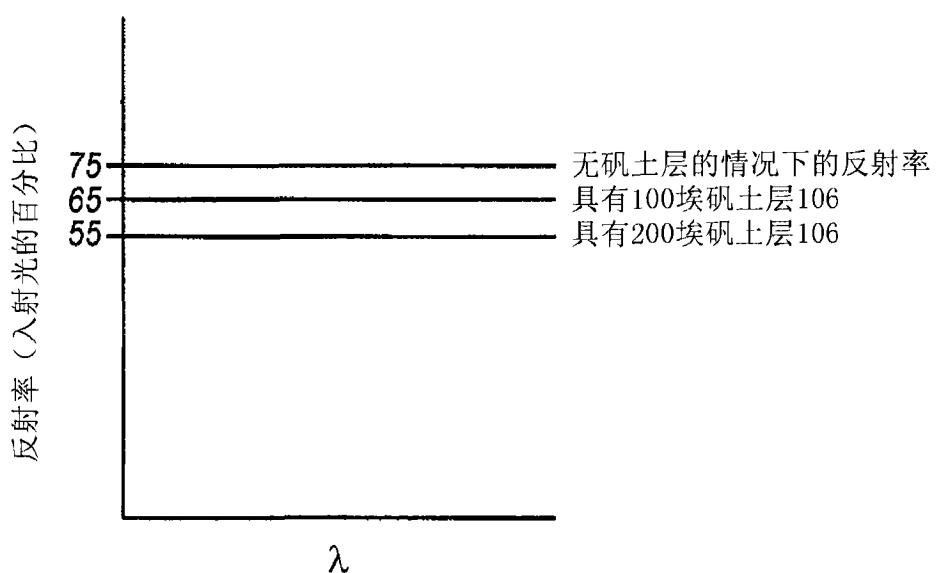


图 9

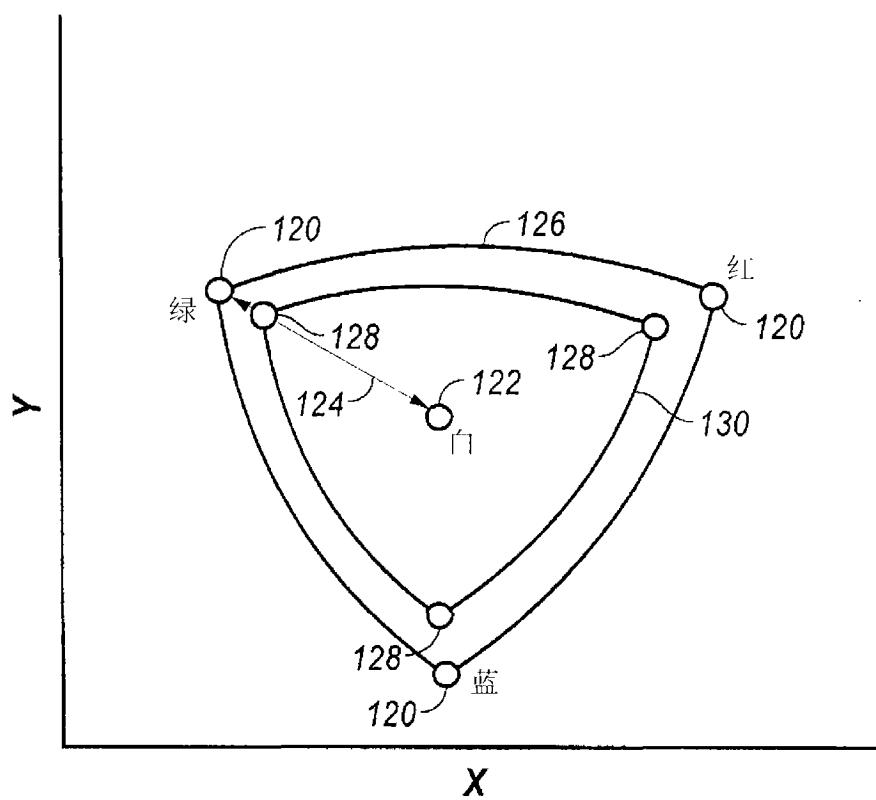


图 10

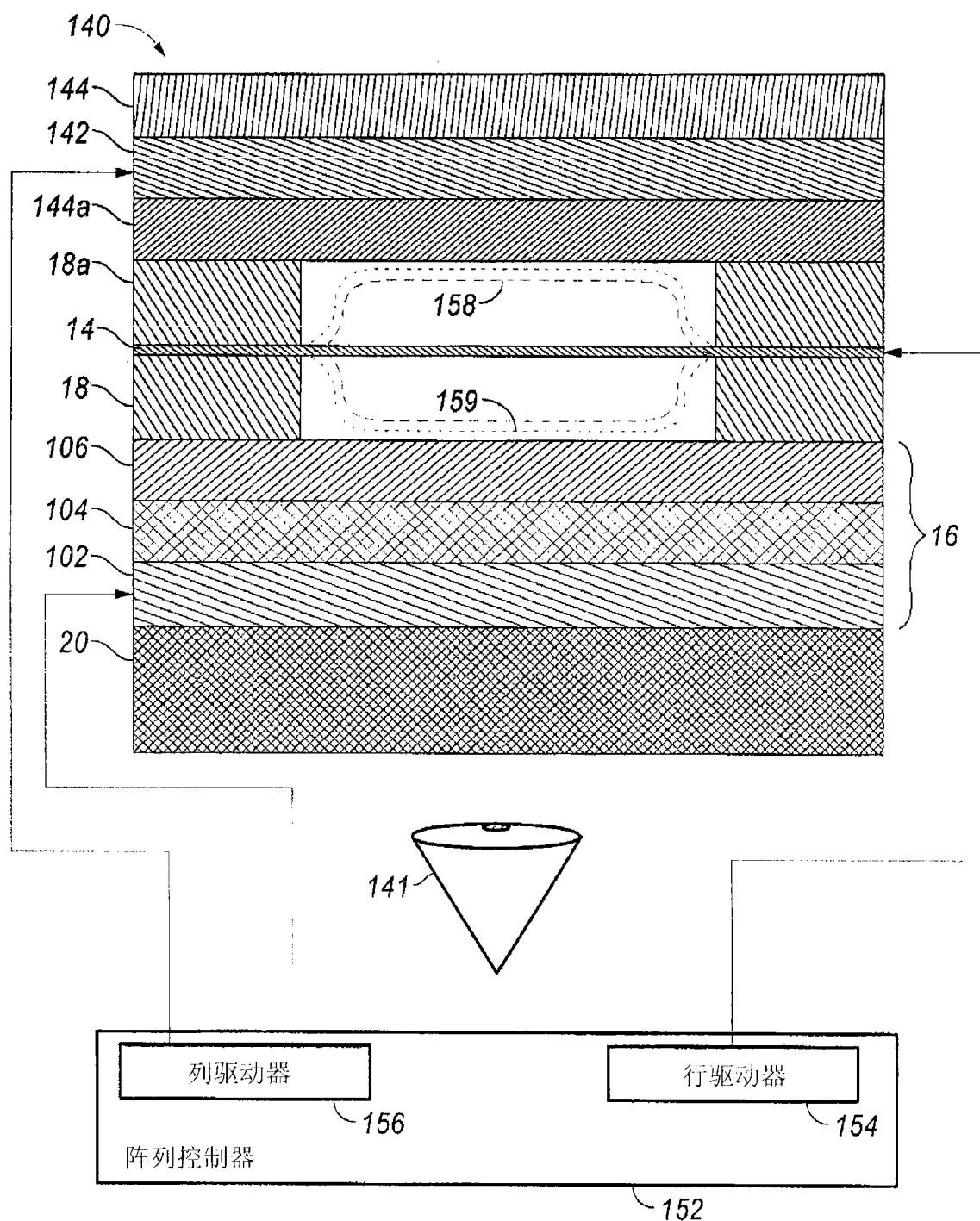


图 11

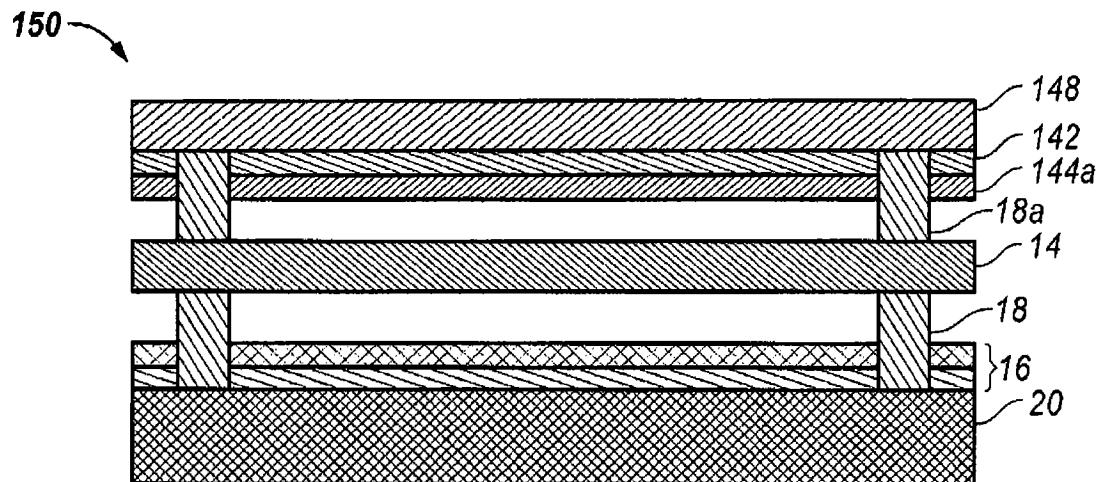


图 12A

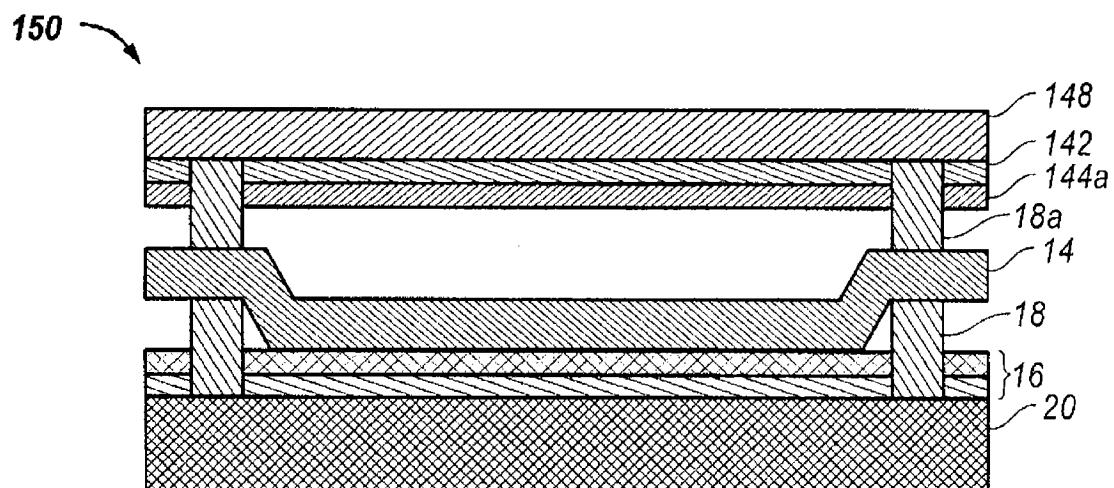


图 12B

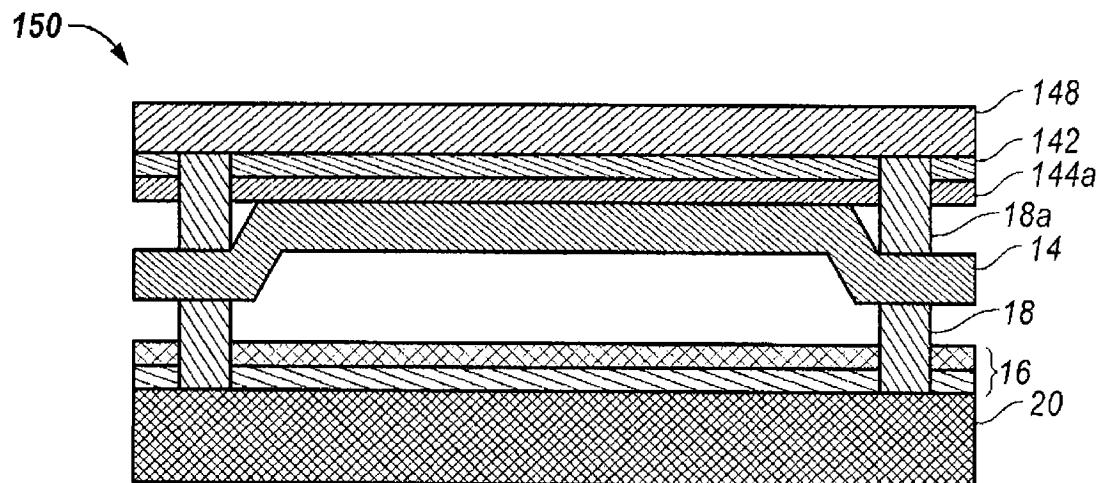


图 12C

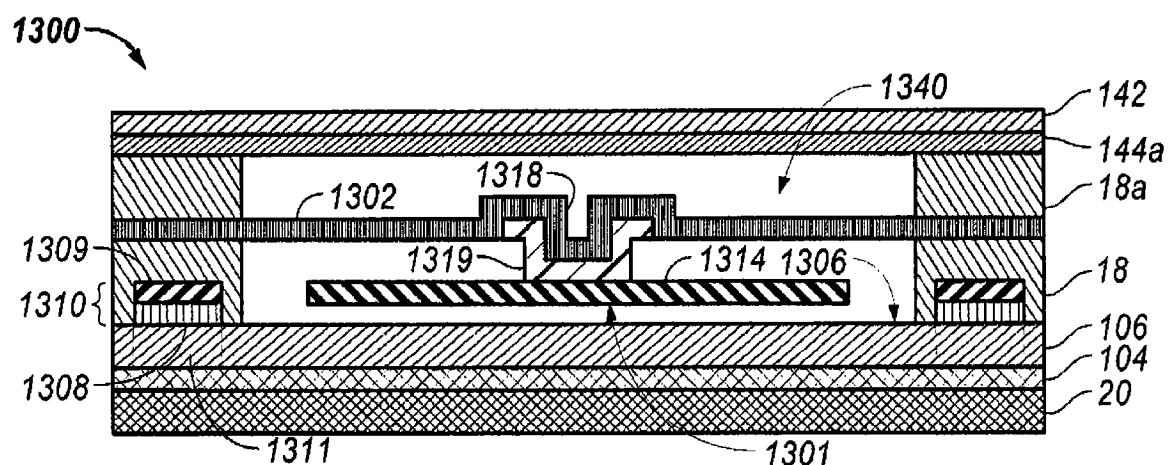


图 13A

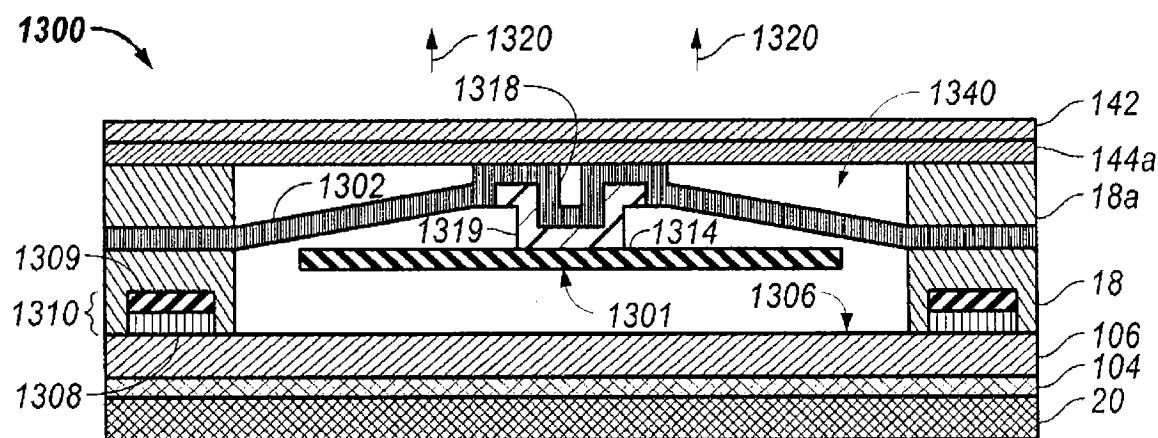


图 13B

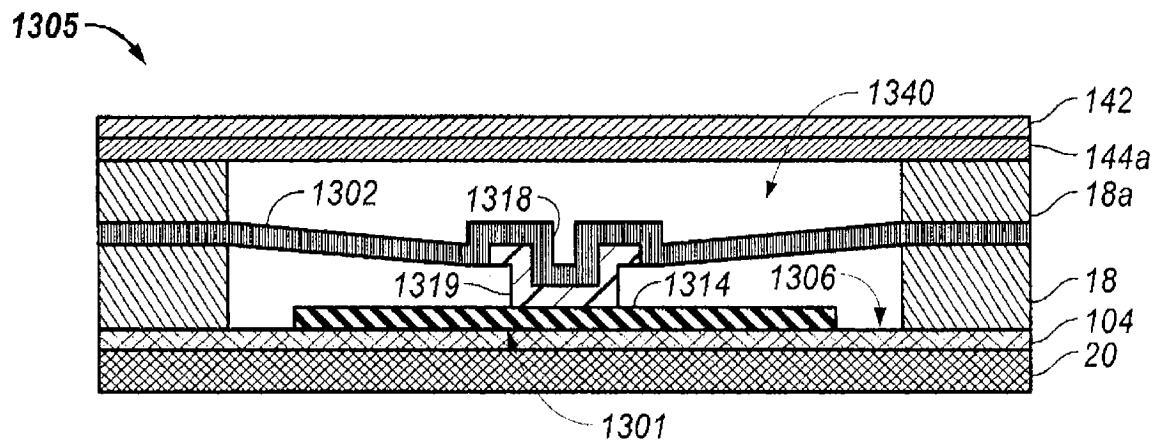


图 13C

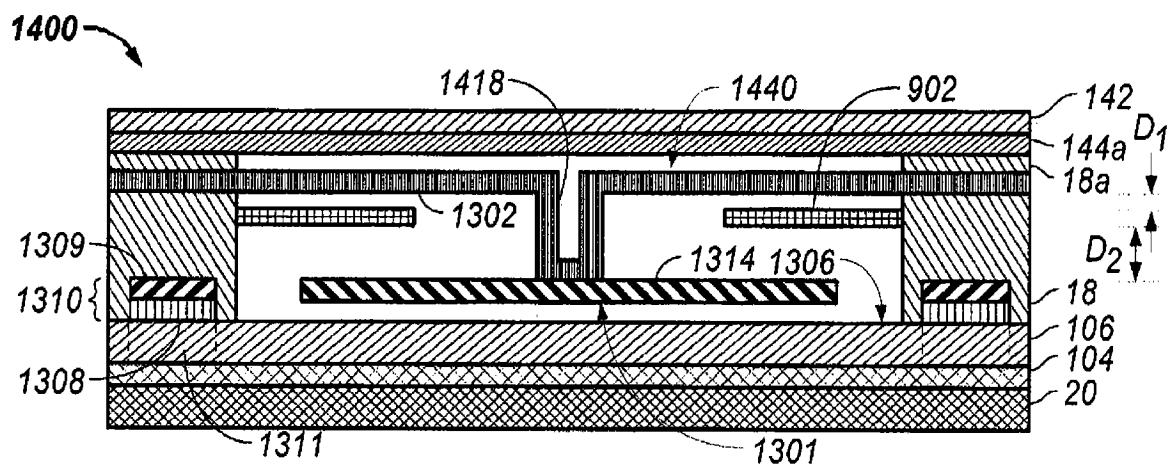


图 14A

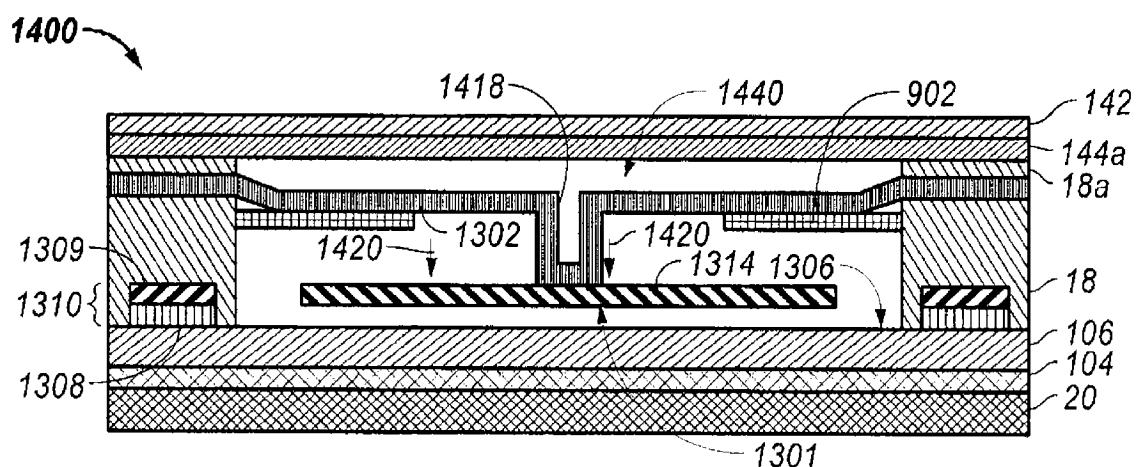


图 14B

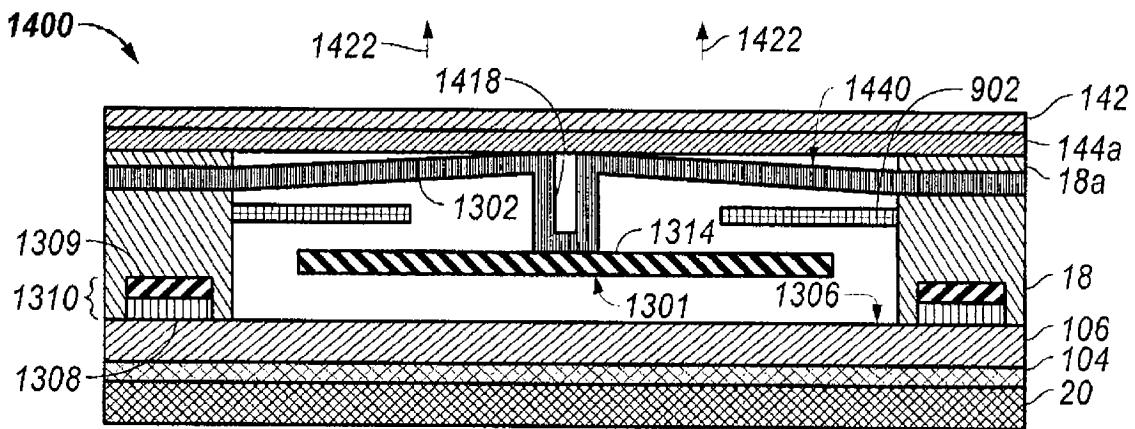


图 14C

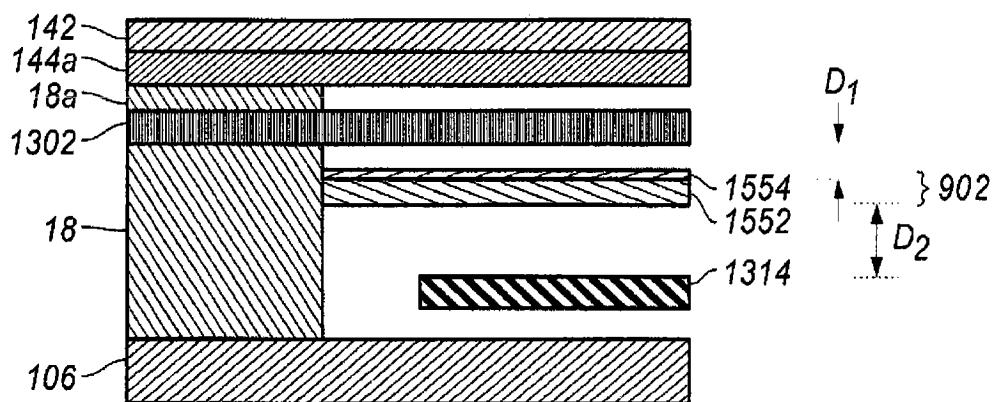


图 15A

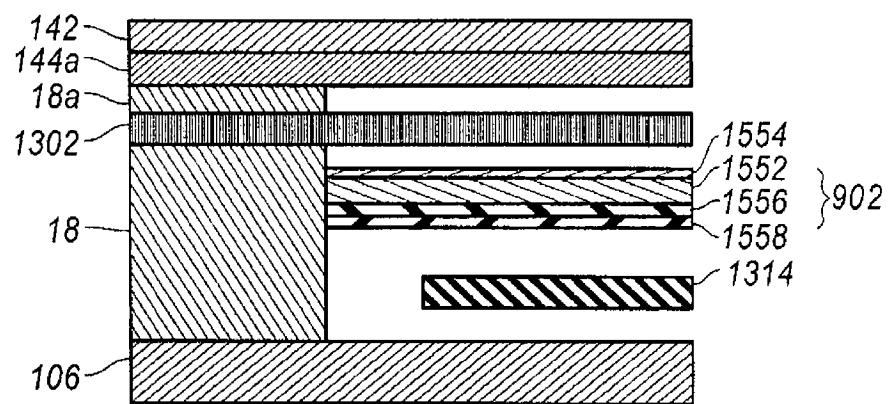


图 15B

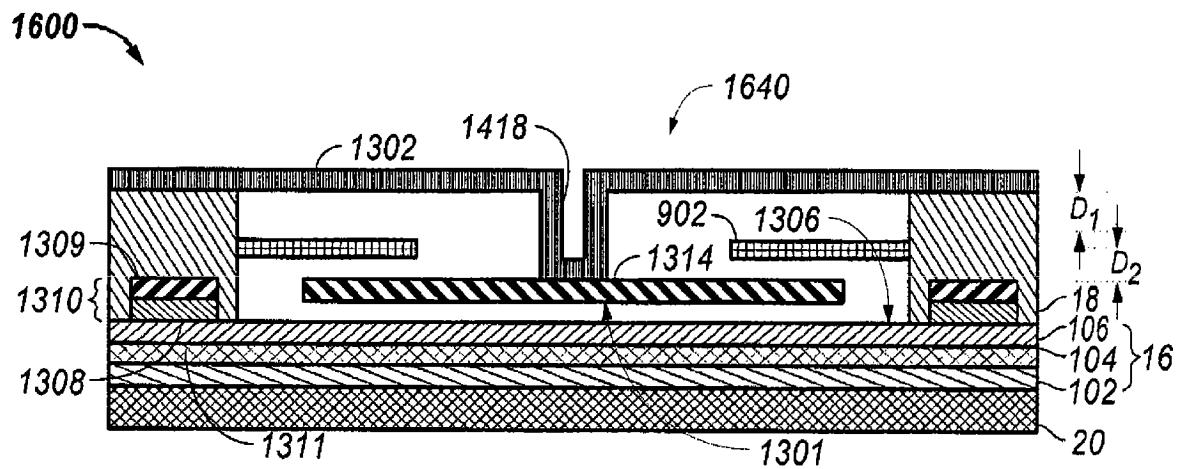


图 16A

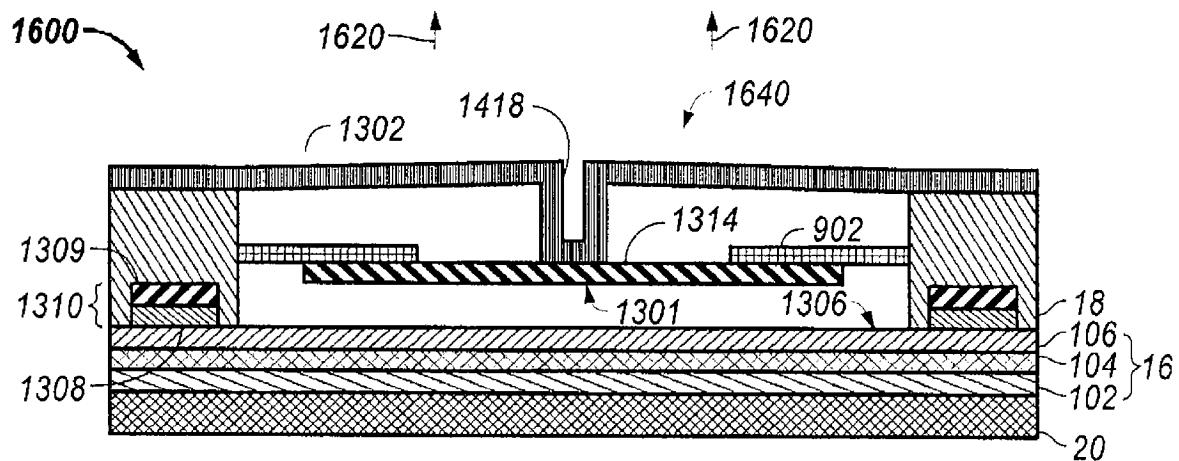


图 16B

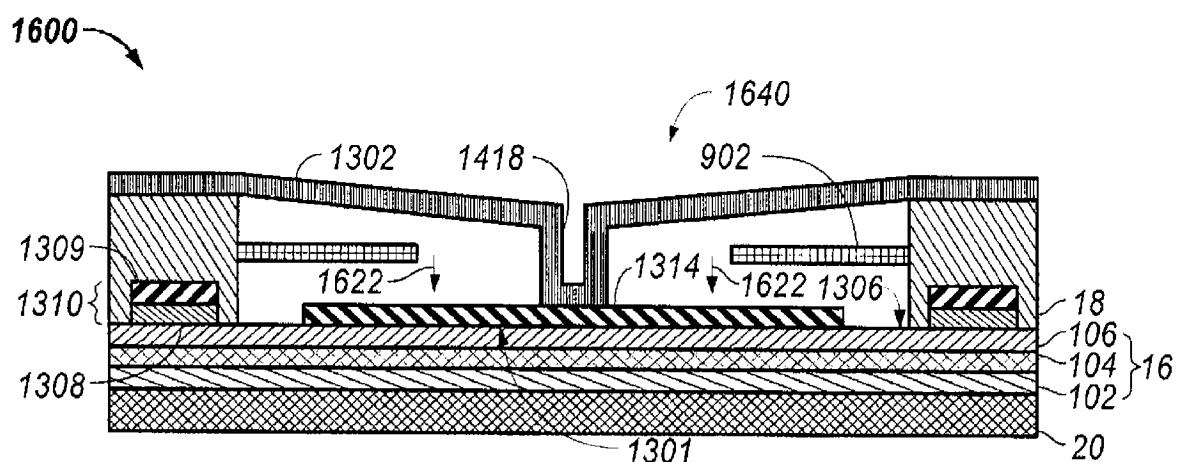


图 16C

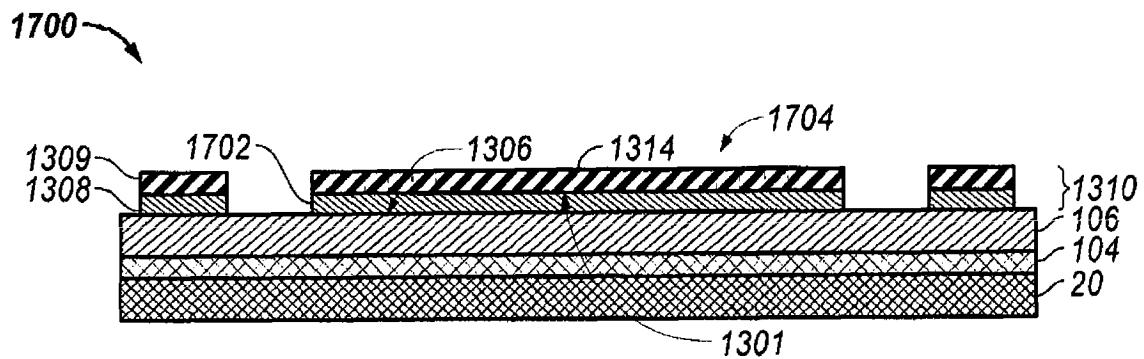


图 17A

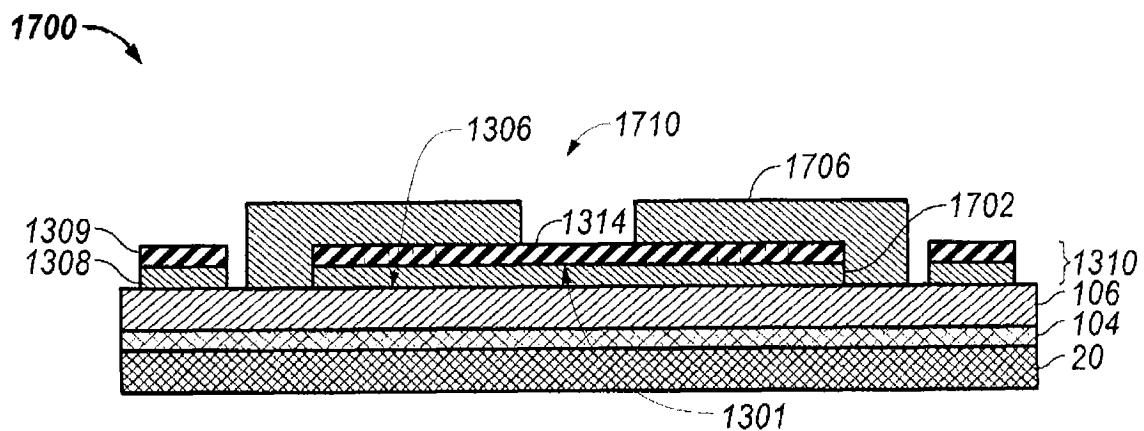


图 17B

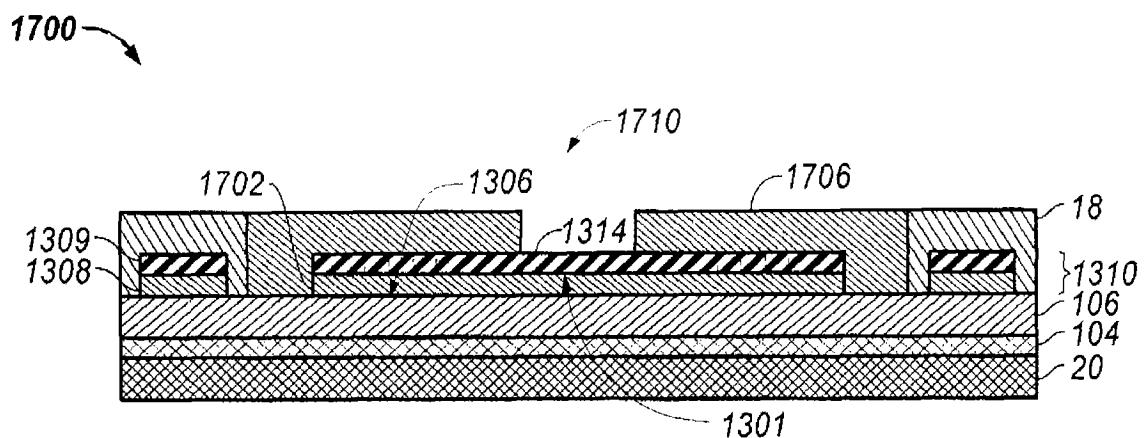


图 17C

1700

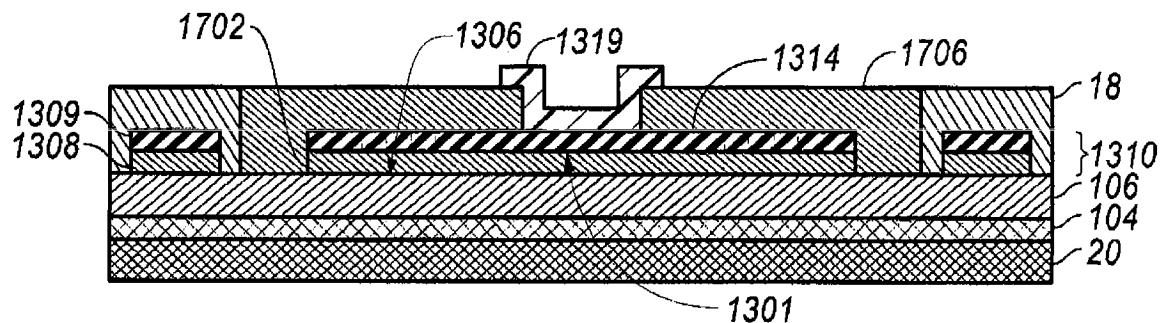


图 17D

1700

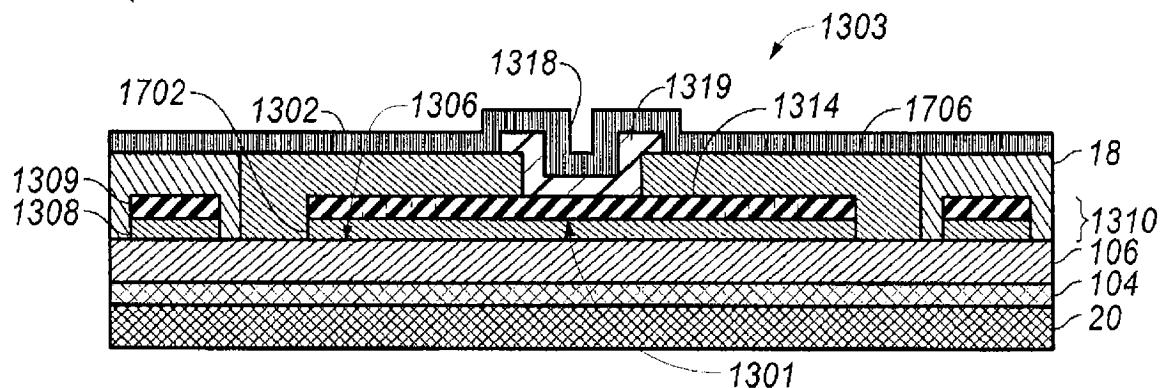


图 17E

1200

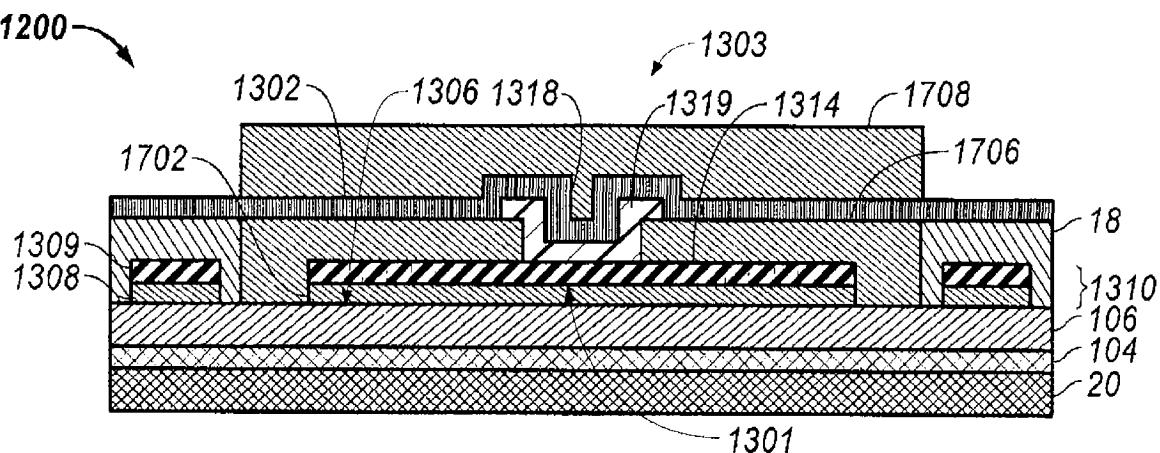


图 17F

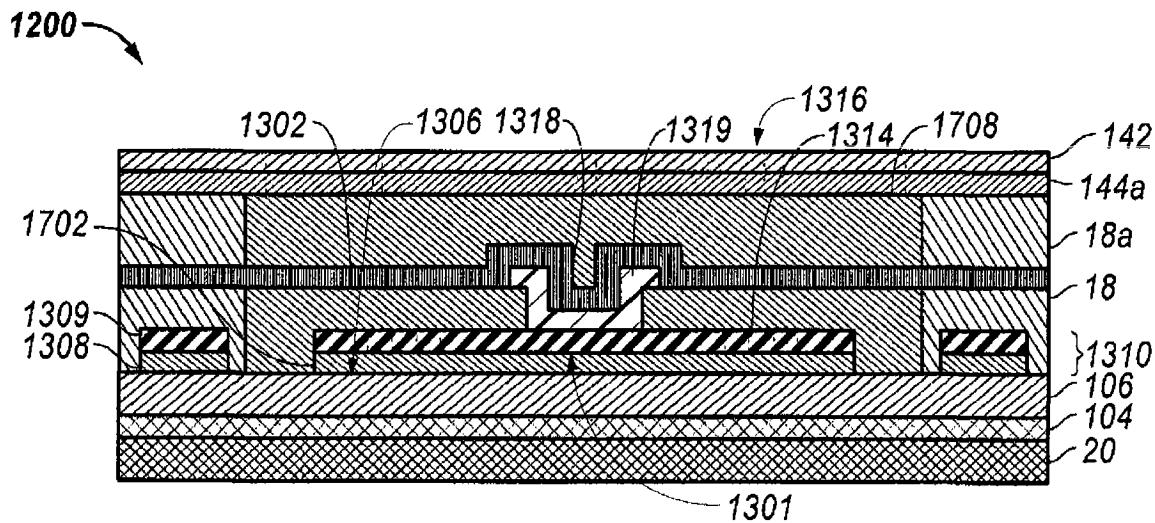


图 17G

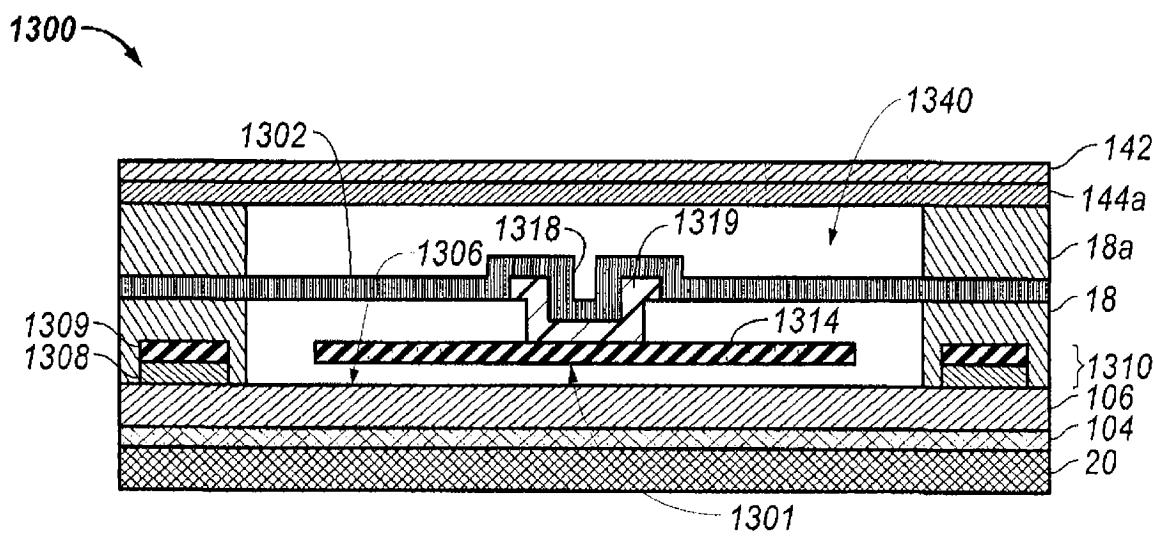


图 17H

1800

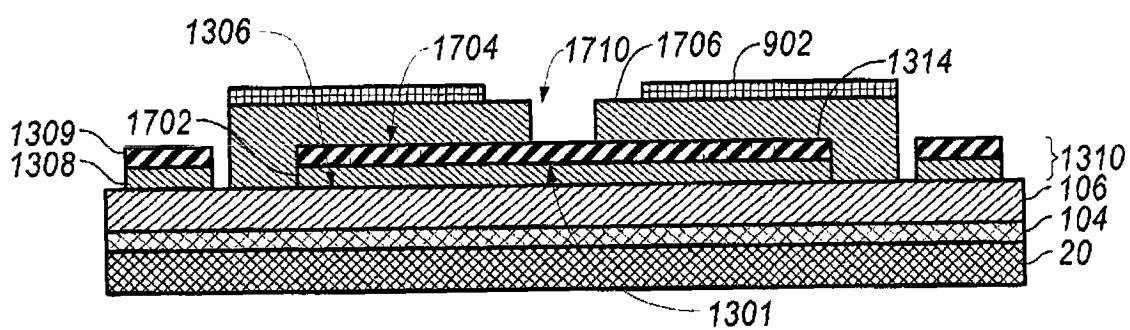


图 18A

1800

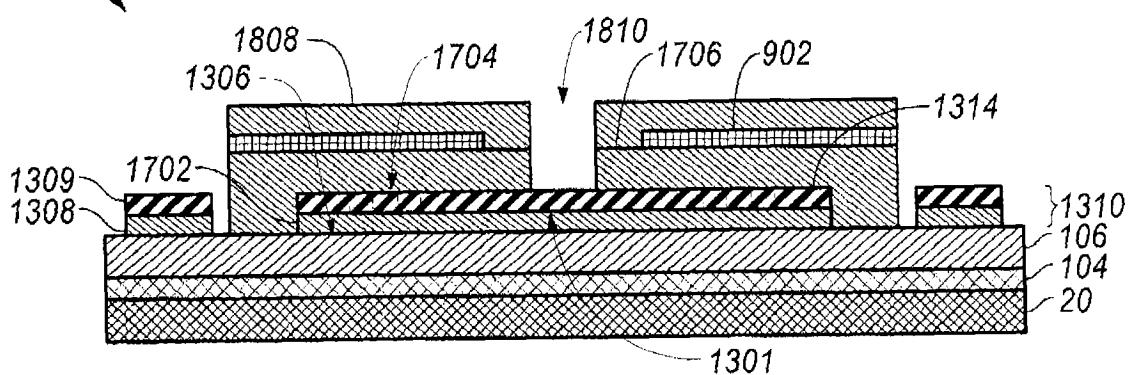


图 18B

1800

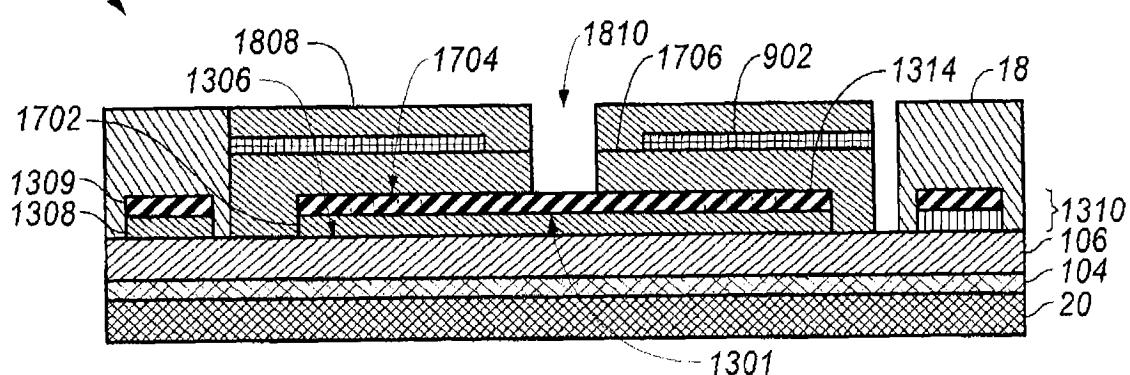


图 18C

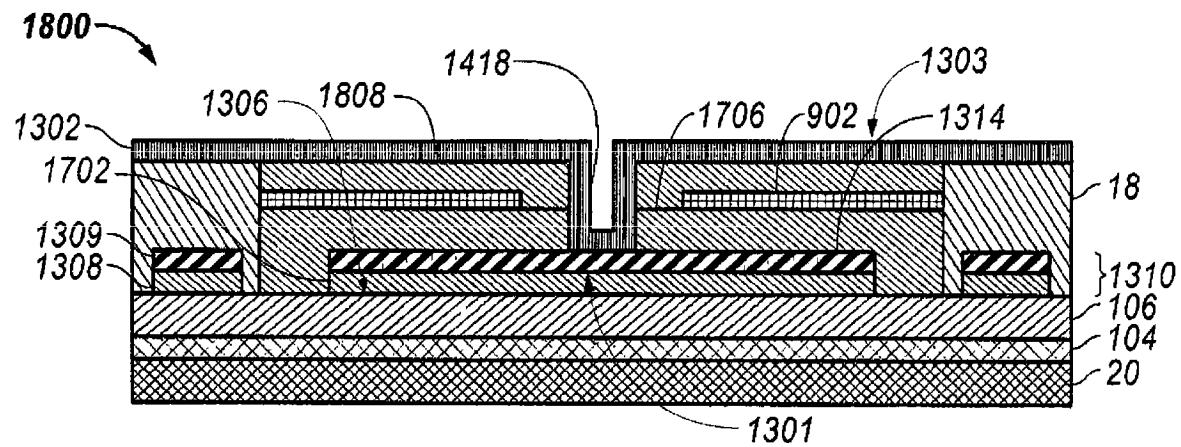


图 18D

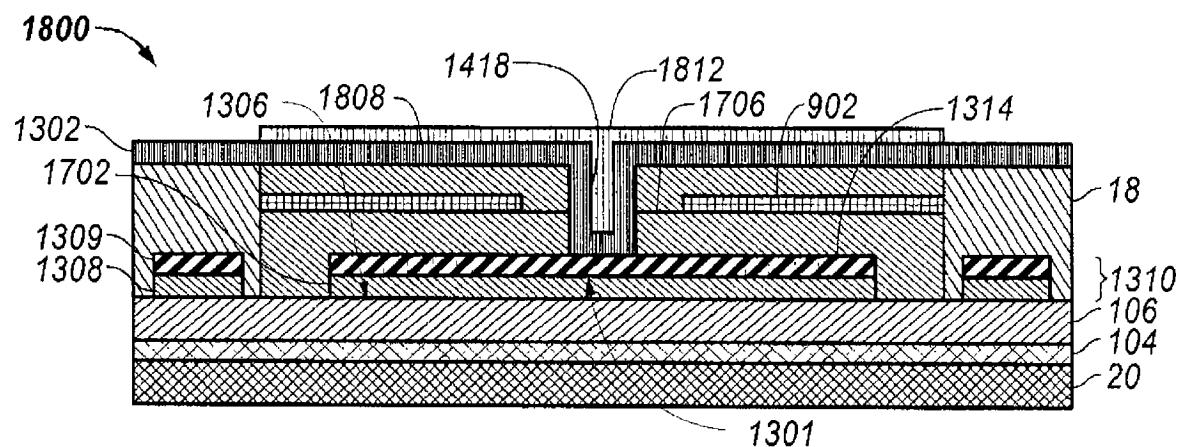


图 18E

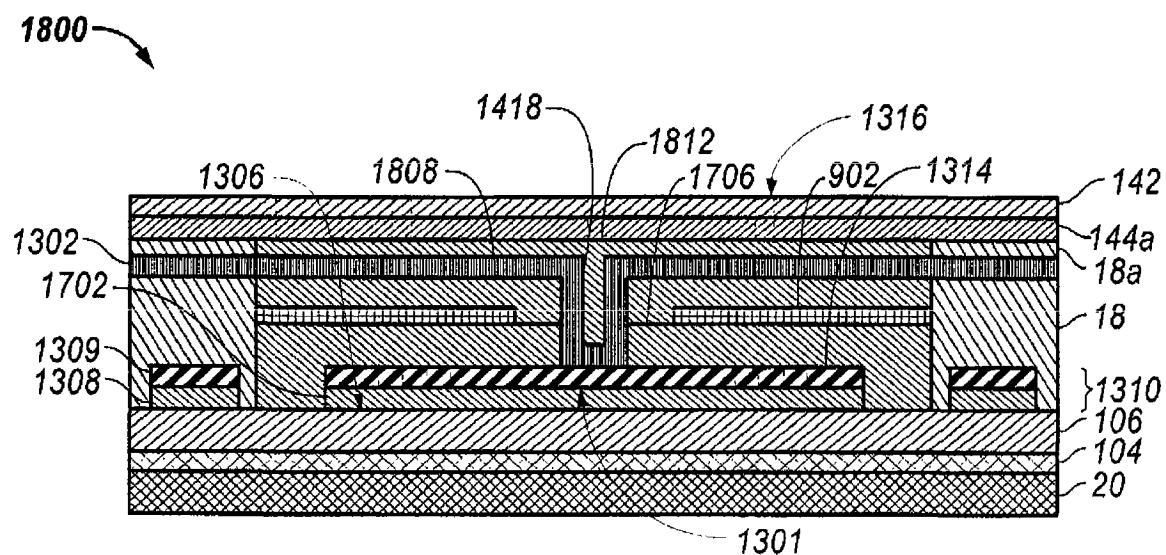


图 18F

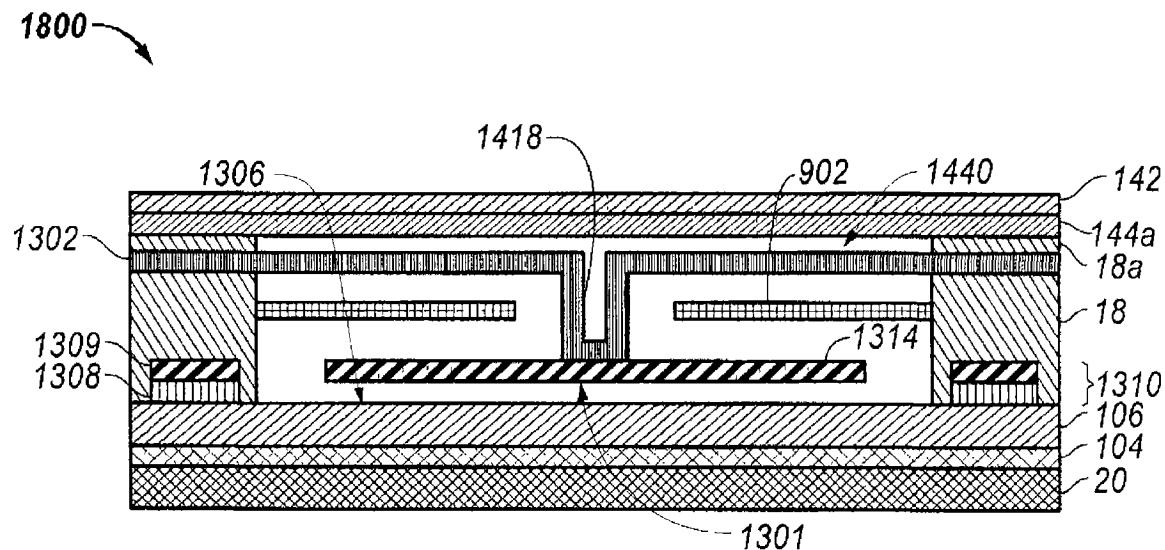


图 18G

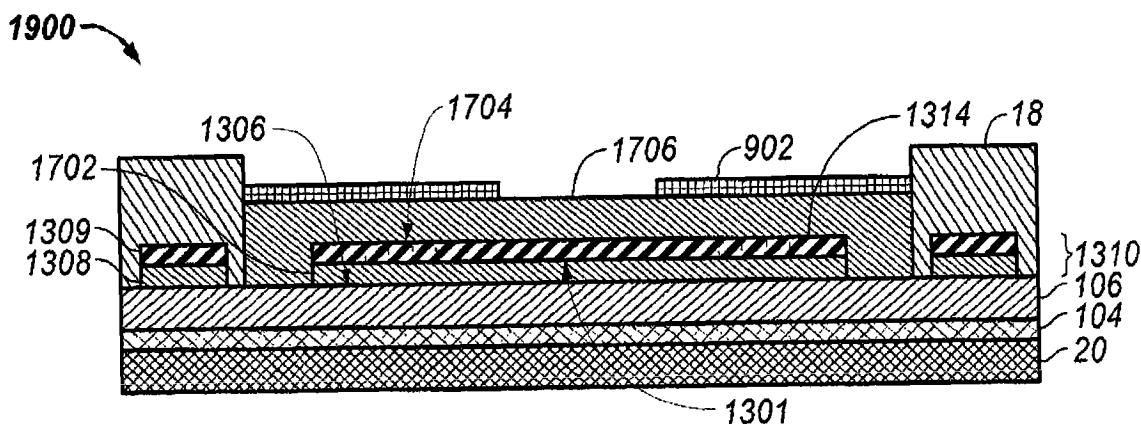


图 19A

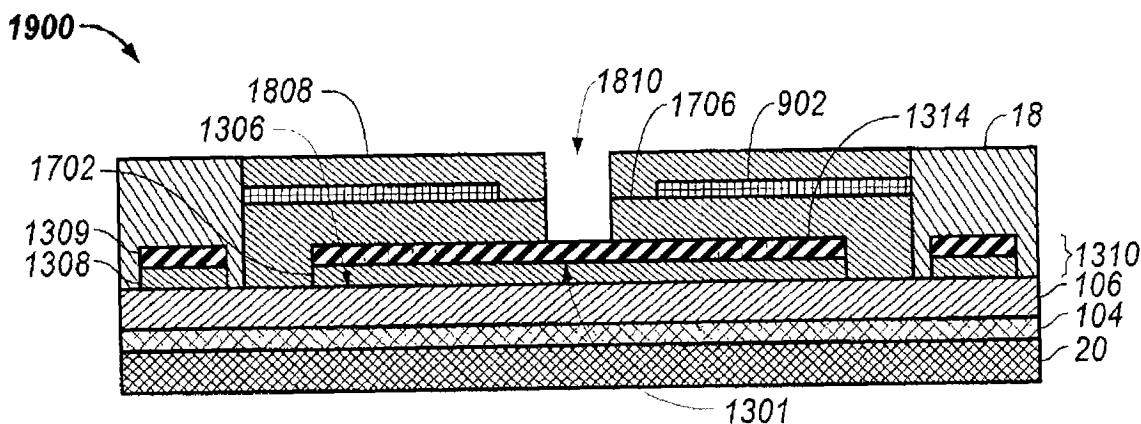


图 19B

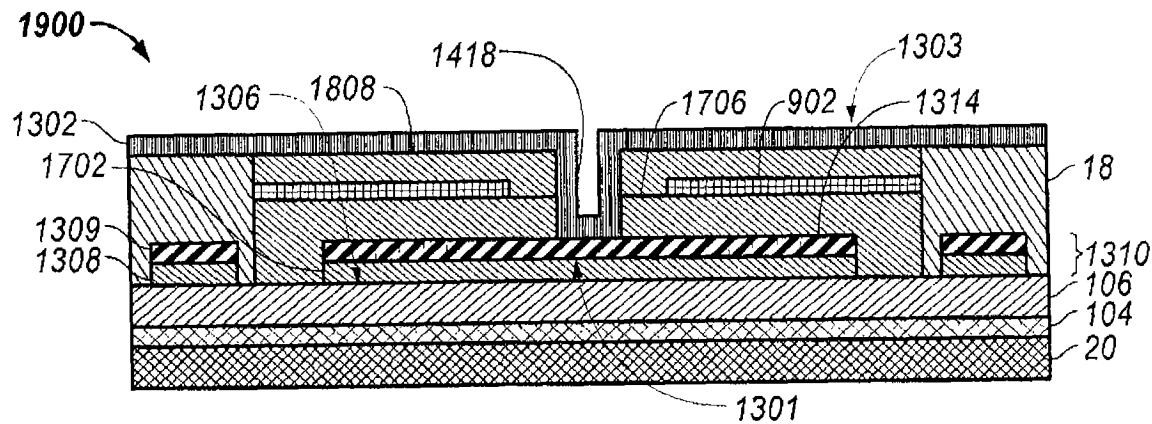


图 19C

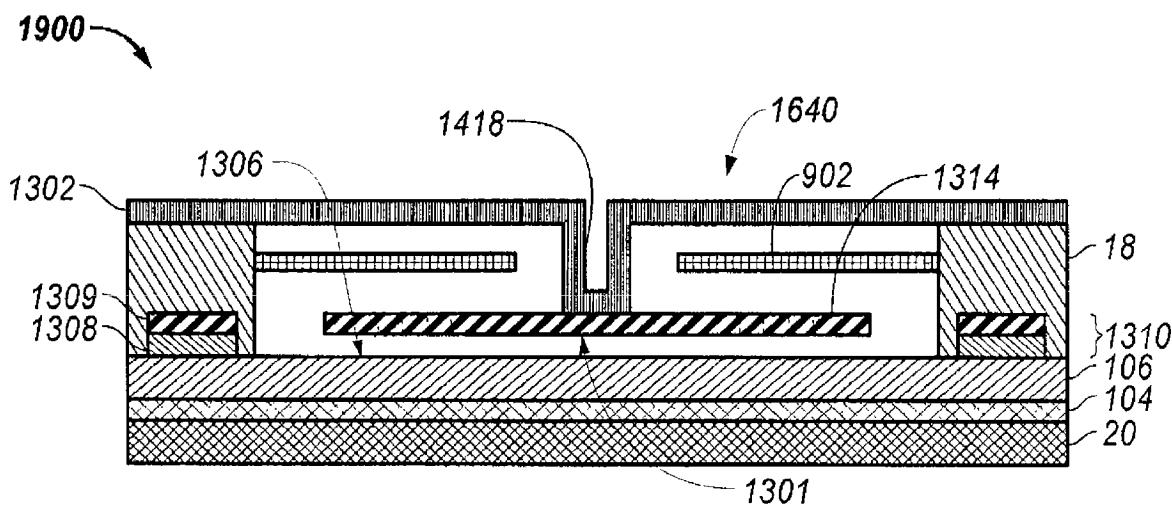


图 19D