

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B81B 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680030133.7

[43] 公开日 2008年10月8日

[11] 公开号 CN 101282903A

[22] 申请日 2006.8.17

[21] 申请号 200680030133.7

[30] 优先权

[32] 2005.8.19 [33] US [31] 60/710,019

[86] 国际申请 PCT/US2006/032511 2006.8.17

[87] 国际公布 WO2007/022476 英 2007.2.22

[85] 进入国家阶段日期 2008.2.18

[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 利奥儿·科格特 钟 帆

[74] 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责
任公司
代理人 刘国伟

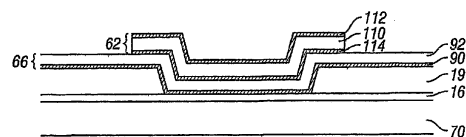
权利要求书 6 页 说明书 20 页 附图 14 页

[54] 发明名称

具有经配置以使应力相关形变最小的支撑结构的 MEMS 装置及其制造方法

[57] 摘要

MEMS 装置的实施例包含由上覆支撑结构支撑的可移动层，且还可包含下伏支撑结构。在一个实施例中，所述上覆支撑结构与所述可移动层内的残余应力大体上相等。在另一实施例中，所述上覆支撑结构与所述下伏支撑结构内的残余应力大体上相等。在某些实施例中，通过使用具有相同厚度的由相同材料制成的层来获得大体上相等的残余应力。在另外的实施例中，通过使用作为彼此的镜像的支撑结构和/或可移动层来获得大体上相等的残余应力。



1. 一种制造 MEMS 装置的方法，其方法包括：
 - 提供衬底；
 - 在所述衬底上沉积电极层；
 - 在所述电极层上沉积牺牲层；
 - 图案化所述牺牲层以形成孔口；
 - 在所述牺牲层上沉积可移动层；
 - 在邻近于所述可移动层处以及至少部分在所述牺牲层中的孔口内形成支撑结构，其中所述支撑结构包括经选择以使所述支撑结构相对于所述可移动层横向变形的趋势最小的材料。
2. 根据权利要求 1 所述的方法，其额外包括蚀刻所述牺牲层以去除所述牺牲层，从而在所述可移动层与所述电极层之间形成腔。
3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中在所述可移动层下形成所述支撑结构。
4. 根据权利要求 1 所述的方法，其中在所述可移动层上形成所述支撑结构。
5. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述可移动层中的残余应力与所述支撑结构中的残余应力大体上相等。
6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述可移动层的热膨胀系数与所述支撑结构的热膨胀系数大体上相等。
7. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述支撑结构和所述可移动层包括大体上相同的材料。
8. 根据权利要求 7 所述的方法，其在所述支撑结构与所述可移动层之间的所述可移动层上额外形成蚀刻阻挡层。
9. 根据权利要求 7 所述的方法，其中形成所述可移动层包括：
 - 形成反射子层；以及
 - 在所述反射层上形成机械子层。
10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中形成所述支撑结构包括：
 - 形成第一子层，其中所述第一子层包括与所述机械子层相同的材料；以及
 - 形成第二子层，其中所述第二子层包括与所述反射子层相同的材料。
11. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述第一子层的厚度与所述机械子层大体上相

同，且其中所述第二子层的厚度与所述反射子层大体上相同。

12. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述第一子层的厚度在所述机械子层的厚度的 5% 内，且其中所述第二子层的厚度在所述反射子层的 5% 内。
13. 根据权利要求 11 所述的方法，其中在所述第二子层上形成所述第一子层。
14. 根据权利要求 11 所述的方法，其中在所述第一子层上形成所述第二子层。
15. 根据权利要求 8 所述的方法，其额外包括在形成所述牺牲层之前在所述衬底上形成部分反射材料层。
16. 根据权利要求 8 所述的方法，其中所述 MEMS 装置包括干涉式调制器。
17. 一种通过根据权利要求 1 所述的方法制造的 MEMS 装置。
18. 一种 MEMS 装置，其包括：
 - 衬底；
 - 电极层，其位于所述衬底上；
 - 可移动层，其位于所述电极层上，其中所述可移动层通常通过气隙与所述电极层间隔开；以及
 - 刚性支撑结构，其形成在邻近于所述可移动层处以及至少部分在所述可移动层中的凹陷内，其中所述刚性支撑结构包括经选择以使所述支撑结构相对于所述可移动层横向变形的趋势最小的材料。
19. 根据权利要求 18 所述的 MEMS 装置，其中所述可移动层中的残余应力与所述支撑结构中的残余应力大体上相等。
20. 根据权利要求 18 所述的 MEMS 装置，其中所述可移动层的热膨胀系数与所述支撑结构的热膨胀系数大体上相等。
21. 根据权利要求 18 所述的 MEMS 装置，其中所述刚性支撑结构上覆在所述可移动层上。
22. 根据权利要求 18 所述的 MEMS 装置，其中所述刚性支撑结构下伏在所述可移动层下。
23. 根据权利要求 18 所述的 MEMS 装置，其中所述支撑结构和所述可移动层包括大体上相同的材料。
24. 根据权利要求 23 所述的 MEMS 装置，其中所述可移动层包括反射子层和机械子层，所述反射子层在所述可移动层的面向所述电极层的一侧。
25. 根据权利要求 24 所述的 MEMS 装置，其中所述支撑结构包括包含与所述机械子层

相同的材料的第一子层，和包含与所述反射子层相同的材料的第二子层。

26. 根据权利要求 25 所述的 MEMS 装置，其中所述第一子层的厚度与所述机械子层大体上相同，且其中所述第二子层的厚度与所述反射子层大体上相同。
27. 根据权利要求 25 所述的方法，其中所述第一子层的厚度在所述机械子层的厚度的 5% 内，且其中所述第二子层的厚度在所述反射子层的 5% 内。
28. 根据权利要求 25 所述的 MEMS 装置，其中所述第一子层位于所述第二子层上。
29. 根据权利要求 25 所述的 MEMS 装置，其中所述第二子层位于所述第一子层上。
30. 根据权利要求 24 所述的 MEMS 装置，其额外包括与所述电极层位于所述气隙的相同侧的部分反射层。
31. 根据权利要求 18 所述的 MEMS 装置，其中所述 MEMS 装置包括干涉式调制器。
32. 根据权利要求 18 所述的 MEMS 装置，其额外包括：
 - 处理器，其经配置以与所述电极层和所述可移动层的至少一者连通，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连通。
33. 根据权利要求 32 所述的 MEMS 装置，其进一步包括驱动器电路，所述驱动器电路经配置以将至少一个信号发送到所述电极层和所述可移动层的至少一者。
34. 根据权利要求 33 所述的 MEMS 装置，其进一步包括控制器，所述控制器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。
35. 根据权利要求 32 所述的 MEMS 装置，其进一步包括图像源模块，所述图像源模块经配置以将所述图像数据发送到所述处理器。
36. 根据权利要求 35 所述的 MEMS 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。
37. 根据权利要求 32 所述的 MEMS 装置，其进一步包括输入装置，所述输入装置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。
38. 一种制造 MEMS 装置的方法，所述方法包括：
 - 提供衬底；
 - 在所述衬底上沉积电极层；
 - 在所述电极层上沉积牺牲层；
 - 图案化所述牺牲层以形成孔口；
 - 至少部分在所述孔口内形成下伏支撑结构；

在所述下伏支撑结构上形成可移动层；

形成上覆支撑结构，其上覆在所述可移动层上且至少部分在所述牺牲层中的孔口内，其中所述支撑结构经配置以使所述上覆支撑结构相对于所述下伏支撑结构横向扩展或收缩的趋势所产生的偏转最小。

39. 根据权利要求 38 所述的方法，其中所述下伏支撑结构中的残余应力与所述上覆支撑结构中的残余应力大体上相等。
40. 根据权利要求 38 所述的方法，其中所述上覆支撑结构与所述下伏支撑结构包括相同的材料。
41. 根据权利要求 40 所述的方法，其中所述上覆支撑结构的厚度与所述下伏支撑结构大体上相同。
42. 根据权利要求 40 所述的方法，其中所述上覆支撑结构的厚度在所述下伏支撑结构的厚度的 5% 内。
43. 根据权利要求 38 所述的方法，其中形成所述可移动层包括：

沉积反射子层；以及

在所述反射子层上沉积机械子层。
44. 根据权利要求 43 所述的方法，其额外包括在所述机械子层上沉积上子层。
45. 根据权利要求 44 所述的方法，其中所述上子层包括与所述反射子层相同的材料。
46. 根据权利要求 44 所述的方法，其中所述上子层的厚度与所述反射子层大体上相同。
47. 根据权利要求 44 所述的方法，其中所述上子层的厚度在所述反射子层的厚度的 5% 内。
48. 根据权利要求 43 所述的方法，其额外包括在沉积所述牺牲层之前在所述衬底上形成部分反射材料层。
49. 一种通过根据权利要求 38 所述的方法形成的 MEMS 装置。
50. 一种 MEMS 装置，其包括：

衬底；

电极层，其位于所述衬底上；

可移动层，其位于所述电极层上，其中所述可移动层通常通过气隙与所述电极层间隔开；

下伏支撑结构，其形成在所述可移动层下；以及

上覆支撑结构，其形成在所述可移动层上，其中所述上覆支撑结构中的至少一些

上覆在所述可移动层下的下伏支撑结构上，且其中所述支撑结构经配置以使所述上覆支撑结构相对于所述下伏支撑结构横向扩展或收缩的趋势所产生的偏转最小。

51. 根据权利要求 50 所述的 MEMS 装置，其中所述下伏支撑结构中的残余应力与所述上覆支撑结构中的残余应力大体上相等。
52. 根据权利要求 50 所述的 MEMS 装置，其中所述上覆支撑结构和所述下伏支撑结构包括相同的材料。
53. 根据权利要求 52 所述的 MEMS 装置，其中所述上覆支撑结构的厚度与所述下伏支撑结构大体上相同。
54. 根据权利要求 52 所述的 MEMS 装置，其中所述上覆支撑结构的厚度在所述下伏支撑结构的厚度的 5% 内。
55. 根据权利要求 50 所述的 MEMS 装置，其中所述可移动层包括机械子层和反射子层，所述反射子层在所述机械子层的面向所述气隙的一侧。
56. 根据权利要求 55 所述的 MEMS 装置，其中所述可移动层额外包括上子层，所述上子层在所述机械子层的与所述反射子层相对的一侧。
57. 根据权利要求 56 所述的 MEMS 装置，其中所述上子层与所述反射子层包括相同的材料。
58. 根据权利要求 56 所述的 MEMS 装置，其中所述上子层的厚度与所述反射子层大体上相同。
59. 根据权利要求 56 所述的 MEMS 装置，其中所述上子层的厚度在所述反射子层的厚度的 5% 内。
60. 根据权利要求 55 所述的 MEMS 装置，其额外包括与所述电极层位于所述气隙的相同侧的部分反射层。
61. 一种 MEMS 装置，其包括：
 - 用于导电的第一装置；
 - 用于导电的第二装置；以及
 - 支撑装置，用于将所述第二导电装置支撑在所述第一导电装置上，其中所述第二导电装置可响应于所述第一与第二导电装置之间产生静电电位而相对于所述第一导电装置移动，且其中所述支撑装置经配置以使支撑区内的组件相对于彼此横向扩展或收缩的趋势所产生的偏转最小。
62. 根据权利要求 61 所述的 MEMS 装置，其中所述第一导电装置包括由衬底支撑的电

极层。

63. 根据权利要求 61 所述的 MEMS 装置，所述第二导电装置包括可移动层，所述可移动层的若干部分通过干涉间隙与所述第一导电装置间隔开。
64. 根据权利要求 61 所述的 MEMS 装置，其中所述支撑装置包括上覆在所述第二导电装置上的支撑结构，其中所述支撑结构经配置以使所述支撑结构相对于所述第二导电装置横向扩展或收缩的趋势最小。
65. 根据权利要求 61 所述的 MEMS 装置，其中所述支撑装置包括下伏支撑结构，其下伏在所述第二导电装置下；以及上覆支撑结构，其上覆在所述第二导电装置和所述下伏支撑结构上，其中所述上覆支撑结构中的残余应力与所述下伏支撑结构中的残余应力大体上相等。

具有经配置以使应力相关形变最小的支撑结构的 MEMS 装置及其 制造方法

相关申请案的交叉参考

本申请案根据 35 U.S.C. § 119(e)主张 2005 年 8 月 19 日申请的第 60/710,019 号美国临时申请案的优先权，所述临时申请案全文以引用的方式并入本文中。

技术领域

无

背景技术

微机电系统 (MEMS) 包含微机械元件、激活器和电子元件。可使用沉积、蚀刻和/或其它蚀刻去除衬底和/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，且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

在一个实施例中，提供一种制造 MEMS 装置的方法，所述方法包含：提供衬底；在所述衬底上沉积电极层；在所述电极层上沉积牺牲层；图案化所述牺牲层以形成孔口；在所述牺牲层上沉积可移动层；在邻近于所述可移动层处以及至少部分在所述牺牲层中的孔口内形成支撑结构，其中所述支撑结构包含经选择以使所述支撑结构相对于所述可移动层横向变形的趋势最小的材料。

在另一实施例中，提供一种 MEMS 装置，所述 MEMS 装置包含：衬底；电极层，其位于所述衬底上方；可移动层，其位于所述电极层上方，其中所述可移动层通常通过

气隙与所述电极层间隔开；以及刚性支撑结构，其形成在邻近于所述可移动层处以及至少部分在所述可移动层中的凹陷内，其中所述刚性支撑结构包括经选择以使所述支撑结构相对于所述可移动层横向变形的趋势最小的材料。

在另一实施例中，提供一种制造 MEMS 装置的方法，所述方法包含：提供衬底；在所述衬底上沉积电极层；在所述电极层上沉积牺牲层；图案化所述牺牲层以形成孔口；至少部分在所述孔口内形成下伏支撑结构；在所述下伏支撑结构上形成可移动层；形成上覆支撑结构，所述结构上覆在所述可移动层上且至少部分在所述牺牲层中的孔口内，其中所述支撑结构经配置以使所述上覆支撑结构相对于所述下伏支撑结构横向扩展或收缩的趋势所产生的偏转最小。

在另一实施例中，提供一种 MEMS 装置，所述 MEMS 装置包含：衬底；电极层，其位于所述衬底上方；可移动层，其位于所述电极层上方，其中所述可移动层通常通过气隙与所述电极层间隔开；下伏支撑结构，其形成在所述可移动层下方；以及上覆支撑结构，其形成在所述可移动层上方，其中所述上覆支撑结构中的至少一些上覆在所述可移动层下方的下伏支撑结构上，且其中所述支撑结构经配置以使所述上覆支撑结构相对于所述下伏支撑结构横向扩展或收缩的趋势所产生的偏转最小。

在另一实施例中，提供一种 MEMS 装置，所述 MEMS 装置包含：用于导电的第一装置；用于导电的第二装置；以及支撑装置，其用于将所述第二导电装置支撑在所述第一导电装置上，其中所述第二导电装置可响应于所述第一与第二导电装置之间产生静电电位而相对于所述第一导电装置移动，且其中所述支撑装置经配置以使支撑区内的组件相对于彼此横向扩展或收缩的趋势所产生的偏转最小。

附图说明

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松弛位置，且第二干涉式调制器的可移动反射层处于激活位置。

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方框图。

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。

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。

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

图 5B 说明可用于对图 5A 的帧进行写入的行和列信号的一个示范性时序图。

图 6A 和 6B 是说明包括多个干涉式调制器的视觉显示装置的实施例的系统方框图。

图 7A 是图 1 的装置的横截面。

图 7B 是干涉式调制器的替代实施例的横截面。

图 7C 是干涉式调制器的另一替代实施例的横截面。

图 7D 是干涉式调制器的又一替代实施例的横截面。

图 7E 是干涉式调制器的额外替代实施例的横截面。

图 8 是其中个别元件包括支撑结构的干涉式调制器元件阵列的顶视平面图。

图 9A-9J 是说明制造包括位于可移动层上方的支撑结构的干涉式调制器元件的方法的示意性横截面。

图 10A-10D 是说明制造包括位于可移动层下方的支撑结构的干涉式调制器元件的方法的示意性横截面。

图 11 是说明其中上覆铆钉结构是可移动层的镜像的干涉式调制器元件的实施例的示意性横截面。

图 12 是说明其中上覆铆钉结构的材料和厚度与下伏柱结构大体上相同的干涉式调制器元件的实施例的示意性横截面。

图 13 是例如图 12 的调制器元件的干涉式调制器元件的示意性横截面，其中可移动层由相对于彼此对称的层形成。

图 14 是其中上覆铆钉结构的材料和厚度与可移动层大体上相同的干涉式调制器元件的示意性横截面。

图 15 是其中下伏柱结构的材料和厚度与可移动层大体上相同的干涉式调制器元件的示意性横截面。

具体实施方式

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。在本描述中参看了附图，在整个附图中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）的且不论文本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）、手提式或便携式计算机、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，关于一件珠宝的图像的显示器）。具有与本文中描述的装置类似的结构 MEMS 装置也可用于例如电子切换装置的非显示器应用中。

个别 MEMS 元件（例如，干涉式调制器元件）可具备在个别元件内以及个别元件的边缘处的支撑结构。在某些实施例中，这些支撑结构可包含上覆在可移动层上的“铆钉”结构和/或下伏在可移动层下的“柱”结构。由于沉积时层的残余应力和由于操作条件变化而引起的应力（例如，由于热膨胀系数的差异导致的内部应变或应力）两者的变化的缘故，可移动层可能不合需要地偏转，从而改变 MEMS 装置的操作。可通过支撑结构的材料选择和对称布置，例如具有与可移动层或下伏支撑结构相同的材料和厚度的支撑结构，使此类不合需要的应力最小或得以消除。在另外的实施例中，MEMS 装置内两个层之间的应力失配可在所述层是彼此的镜像时最小。

图 1 中说明包括干涉式 MEMS 显示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 像素可经配置而主要在选定的颜色处反射，从而允许除了黑白显示以外的彩色显示。

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建设性地或破坏性地进行干涉，从而为每一像素产生全反射状态或非反射状态。

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。

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)将上述层的一者或一者以上沉积到透明衬底 20 上来制造。所述部分反射层可由例如各种金属、半导体和电介质的多种部分反射的材料形成。部分反射层可由一个或一个以上材料层形成, 且每一层可由单一材料或材料组合形成。

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 之间的介入牺牲材料的顶部上。当蚀刻去除牺牲材料时, 可移动反射层 14a、14b 通过所界定的间隙 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装置中形成列电极。

在不施加电压的情况下, 腔 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。

图 2 到 5B 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。

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方框图。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。

在一个实施例中, 处理器 21 还经配置以与阵列驱动器 22 连通。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 中说明的实例中存在约 3 到 7 V 的所施加电压的窗口，在所述窗口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。

在典型应用中，可通过根据第一行中所需组的激活像素确认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，从而激活对应于所确认的列线的像素。接着改变所述组已确认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，从而根据已确认的列电极而激活行 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工艺以产生帧。通常，通过以每秒某一所需数目的帧的速度连续地重复此工艺来用新的显示数据刷新且/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。

图 4、5A 和 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 $-V_{\text{bias}}$ ，且将适当行设定为 $+\Delta V$ ，其分别可对应于 -5 伏和 +5 伏。松弛像素是通过将适当列设定为 $+V_{\text{bias}}$ ，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 $+V_{\text{bias}}$ 还是 $-V_{\text{bias}}$ ，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 $+V_{\text{bias}}$ ，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 $-V_{\text{bias}}$ ，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。

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。

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。这激活了 (1,1) 和 (1,2) 像素且松弛了 (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。

图 6A 和 6B 是说明显示装置 40 的实施例的系统方框图。显示装置 40 可为 (例如) 蜂窝式电话或移动电话。然而，显示装置 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装置。

显示装置 40 包含外壳 41、显示器 30、天线 43、扬声器 45、输入装置 48 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。

如本文中所述，示范性显示装置 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。

图 6B 中示意说明示范性显示装置 40 的一个实施例的组件。所说明的示范性显示装置 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装置 40 设计的要求，电源 50 将功率提供到所有组件。

网络接口 27 包含天线 43 和收发器 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 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传输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)）来传输和接收 RF 信号。在另一实施例中，所述天线根据 BLUETOOTH 标准来传输和接收 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 从示范性显示装置 40 传输所述信号。

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，所述图像源可为存储器装置，例如数字视频光盘（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。

处理器 21 大体上控制示范性显示装置 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的信息。举例来说，这些图像特性可包含颜色、饱和度和灰度级。

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，以用于将信号传输到扬声器 45，且用于从麦克风 46 接收信号。调节硬件 52 可为示范性显示装置 40 内的离散组件，或可并入在处理器 21 或其它组件内。

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传输到阵列驱动器 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。

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的一组平行波形，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。

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）。

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 包含例如 QWERTY 键盘或电话键区的键区、按钮、开关、触敏屏幕、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装置 40 的操作。

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。

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，其可位

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。

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 说明可移动反射层 14 及其支撑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，可移动反射层 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 悬垂下来。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撑结构，其可采用隔离的墩或柱和/或连续的壁或轨道的形式。图 7D 中说明的实施例具有包含支撑插塞 42 的支撑结构 18，可变形层 34 搁置在所述支撑插塞 42 上。如图 7A-7C 所示，可移动反射层 14 保持悬浮在腔上方，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。确切地说，支柱 18 由用于形成支柱插塞 42 的平面化材料形成。图 7E 中说明的实施例是基于图 7D 中展示的实施例，但也可适于与图 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。

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。这种遮蔽允许实现图 7E 中的总线结构 44，所述总线结构 44 提供使调制器的光学性质与调制器的机电性质（例如，寻址与由所述寻址导致的移动）分离的能力。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。这允许用于反射层 14 的结构设计和材料在光学性质方面得以优化，且用于可变形层 34 的结构设计和材料在期望的机械性质方面得以优化。

在某些实施例中，可能需要对例如图 7A 说明的可移动反射层 14 的可移动层或图 7C-7E 的机械层 34 与可移动反射层 14 的组合提供额外的支撑。在光学 MEMS 装置（例

如，干涉式调制器)中，可移动层可包括反射子层和机械子层，如下文将更详细论述。可通过可沿着个别调制器元件的边缘和/或在此元件内部定位的一系列支撑结构来提供此种支撑。在各种实施例中，这些支撑结构可位于可移动层上方或其下方。在替代实施例中，支撑结构可延伸穿过形成于机械层中的孔口，使得从机械层的上方和下方均提供支撑。如本文所使用，术语“铆钉”通常指经图案化的层，其上覆在 MEMS 装置中的机械层上(通常在柱或支撑区域中的凹座或凹陷中)以为机械层提供机械支撑。优选地(但并非总是如此)，铆钉包含翼，所述翼上覆在机械层的上表面上以给机械层的移动增加稳定性和可预测性。类似地，下伏在 MEMS 装置中的机械层下以为机械层提供机械支撑的支撑结构在本文中通常称为支“柱”。在本文的许多实施例中，优选材料是无机的，以获得相对于有机抗蚀剂材料的稳定性。

图 8 中展示此类支撑结构的示范性布局，图 8 描绘 MEMS 元件阵列。在某些实施例中，所述阵列可包括干涉式调制器阵列，但在替代实施例中，MEMS 元件可包括具有可移动层的任何 MEMS 装置。可见，支撑结构 62(其在所说明的实施例中为上覆铆钉结构，但在其它实施例中可包含下伏柱结构)沿着可移动层 66 的边缘以及在 MEMS 元件(在此实例中为干涉式调制器元件 60)的内部定位。某些支撑结构可包括轨道结构 64，其延伸越过两个邻近可移动层 66 之间的间隙 65。可见，可移动层 66 包括延伸穿过同一列内的多个邻近元件 60 的可变形材料条带。轨道结构 64 与下部电极平行延伸，所述下部电极界定与由可移动层 66 的条带界定的电极交叉的行。支撑结构 62 用于加固元件或像素 60 内的可移动层 66。

有利地，将这些支撑结构 62 制造成相对于调制器元件 60 的周围区域较小。由于柱限制了可移动层 66 的偏转且可能通常为不透明的，因此在支撑结构 62 下方及其紧邻周围的区域不可用作显示器中的活动区域，因为这些区域中的可移动层无法移动到完全激活的位置(例如，图 7A 的可移动层 14 的下表面的一部分与光学堆叠 16 的上表面接触的位置)。因为这可能导致围绕柱的区域中的不合意的光学作用，所以可在支撑结构与观看者之间有利地提供黑暗或“黑色”掩模层，以避免这些区域中可能冲掉期望颜色的过量反射。

在某些实施例中，这些支撑结构可包括可移动层中的凹陷，以及可移动层上方和/或下方的有助于维持形状的大体刚性结构。虽然此类支撑结构可由聚合物材料形成，但优选使用具有较大刚性的无机材料，其提供优于包括聚合材料的类似结构的优点。

举例来说，聚合支撑结构可能不能在广范围的操作温度下维持所需的刚性水平，且

可能在装置的使用寿命内经受逐渐的变形或机械故障。由于此类故障可能影响可移动层与光学堆叠之间的距离，且此距离至少部分决定干涉式调制器元件所反射的波长，因此，此类故障可能导致由于随着时间的磨损或操作温度的变化而带来的反射颜色的移位。其它 MEMS 装置在支撑件由聚合材料形成时经历类似的随着时间的降级。

相对于图 9A-9J 描述形成包括上覆的铆钉支撑结构的干涉式调制器元件的一个工艺。在图 9A 中可见，提供透明或透光的衬底 70，其可包括例如玻璃或透明聚合材料。接着在透明衬底上沉积可包括氧化铟锡 (ITO) 的导电层 72，且在导电层 72 上沉积可包括铬的部分反射层 74。尽管在一个实施例中，导电层 72 可包括 ITO，且可在以下说明书中的各个点处如此提及，但应了解，层 72 可包括任何合适的导电材料，且对于非光学 MEMS 结构来说无需为透明的。类似地，尽管有时称为铬层，但部分反射层 74 可包括任何合适的部分反射层，且对于非光学 MEMS 结构来说可省略。

接着对导电层 72 和部分反射层 74 进行图案化和蚀刻以形成底部电极（也称为行电极），其交叉地（例如，垂直）延伸到图 8 的可移动层 66，且其将用于寻址 MEMS 元件行。在某些实施例中，导电层和部分反射层 72 和 74 还可有利地经图案化和蚀刻以去除下伏在将定位有柱结构的区域下方的 ITO 和铬，从而形成如图 9B 中描绘的孔口 76。此图案化和蚀刻优选地通过形成行电极的相同工艺完成。下伏在支撑结构下方的 ITO 和铬（或其它导电材料）的去除有助于使上覆导电层（例如，可移动层）与底部电极之间短路的风险最小。因此，图 9B 和后续的图描绘由层 72 和 74 形成的连续行电极的横截面，其中隔离孔口 76 已经蚀刻，所述横截面是沿着延伸穿过那些孔口的线截取。在导电层 72 和部分反射层 74 未经蚀刻而形成孔口 76 的其它实施例中，下文论述的介电层可针对底部电极与可移动层之间的短路提供充分的保护。

可经由光刻图案化导电层 72 和部分反射层 74 并经由例如市售湿式蚀刻剂对其进行蚀刻。铬湿式蚀刻剂包含乙酸 ($C_2H_4O_2$) 和硝酸铈铵 $[Ce(NH_4)_2(NO_3)_6]$ 的溶液。ITO 湿式蚀刻剂包含 HCl、HCl 和 HNO_3 的混合物，或 75%/3%/22% 比率的 $FeCl_3/HCl/DI$ 和 H_2O 。一旦形成孔口 76，就在导电层 72 和部分反射层 74 上沉积介电层 78，如图 9C 所见，从而形成光学堆叠 16。在某些实施例中，介电层可包括 SiO_2 或 SiN_x ，但可使用广范围的合适材料。

可使用多种方法来执行相对于本文揭示的各种实施例论述的图案化和蚀刻工艺。所使用的蚀刻剂可以是干式蚀刻剂或湿式蚀刻剂，且可以是各向同性或各向异性的。适宜的干式蚀刻剂包含（但不限于）： SF_6/O_2 、 CHF_3/O_2 、 SF_2/O_2 、 CF_4/O_2 和 NF_3/O_2 。一般来

说，这些蚀刻剂适于蚀刻 SiQ_x 、 SiN_x 、 SiO_xN_y 、旋涂玻璃、Nissan™硬膜和 TaO_x 中的一者或一者以上，但也可通过此工艺蚀刻其它材料。对这些蚀刻剂中的一者或一者以上具有抵抗性且因此可用作蚀刻阻挡层的材料包含（但不限于）Al、Cr、Ni 和 Al_2O_3 。另外，包含（但不限于）PAD 蚀刻剂、BHF、KOH 和磷酸的湿式蚀刻剂可用于本文描述的工艺中，且通常可用于蚀刻金属材料。一般来说，这些蚀刻剂可以是各向同性的，但可通过使用反应性离子蚀刻（RIE）、通过使蚀刻化学物质离子化并在衬底处射出离子而变成各向异性的。图案化可包括沉积光致抗蚀剂（PR）层（正性或负性光致抗蚀剂），其接着用于形成掩模。或者，可利用硬掩模。在一些实施例中，硬掩模可包括金属或 SiN_x ，但将了解，硬掩模的成分可取决于待蚀刻的下伏材料和待使用的蚀刻剂的选择性。通常使用 PR 层来图案化硬掩模，接着去除 PR 层，且将硬掩模用作蚀刻下伏层的掩模。当使用湿式蚀刻剂时，或每当在 PR 掩模无法处理的条件下（例如在高温下，或当使用基于氧的蚀刻剂时）通过掩模进行处理时，使用硬掩模可能尤其有利。还可利用去除层的替代方法，例如灰化蚀刻或剥离工艺。

形成光学堆叠 16 的层的厚度和定位决定了在元件激活（塌陷）从而使可移动层 66 与光学堆叠接触时干涉式调制器元件所反射的颜色。在某些实施例中，光学堆叠经配置以使得干涉式调制器元件在可移动层处于激活位置时大体上不反射任何可见光（表现为黑色）。通常，介电层 78 的厚度约为 450 Å，但将了解，所需的厚度将基于材料的折射率和在塌陷状态下由干涉式调制器反射的所需颜色而变化。虽然为了简单起见说明为平面的（如果介电层 78 为旋涂玻璃，那么可实现这一效果），但介电层 78 在由层 72 和 74 形成的经图案化的下部电极上方通常为共形的。

如图 9D 中可见，接着在介电层 78 上沉积牺牲材料层 82。在某些实施例中，此牺牲层 82 可由可通过基于氟的蚀刻剂（明确地说， XeF_2 ）蚀刻的材料形成。举例来说，牺牲层 82 可由钼或非晶硅（a-Si）形成。在其它实施例中，牺牲层可包括钽或钨。可用作牺牲材料的其它材料包含氮化硅、某些氧化物以及有机材料。沉积的牺牲层 82 的厚度将决定光学堆叠 16 与可移动层 66 之间的距离，因此界定干涉式间隙 19（见图 7A）的尺寸。由于间隙 19 的高度决定了干涉式调制器元件在未激活位置时反射的颜色，因此牺牲层 82 的厚度将依据干涉式调制器的所需特性而变化。举例来说，在形成在未激活位置反射绿色的调制器元件的实施例中，牺牲层 82 的厚度可大约为 2000 Å。在其它实施例中，牺牲层在 MEMS 装置阵列上可具有多种厚度，例如在其中使用不同的干涉式间隙大小来产生不同颜色的多色显示系统中。

在图 9E 中可见，牺牲层 82 已经图案化和蚀刻以形成锥形孔口 86。孔口 86 上覆在切入 ITO 和铬的层 72 和 74 中的孔口 76 上。可使用光刻法通过遮蔽牺牲层并接着执行湿式或干式蚀刻来去除牺牲材料部分，而形成这些孔口 86。合适的干式蚀刻剂包含（但不限于） SF_6 、 CF_4 、 Cl_2 或这些气体与 O_2 或稀有气体（例如 He 或 Ar）的任何混合物。适合于蚀刻 Mo 的湿式蚀刻剂包含 PAN 蚀刻剂，其可为以 16:1:1:2 比率的磷酸、乙酸、硝酸和去离子水的混合物。可通过包含 KOH 和 HF 硝酸盐的湿式蚀刻剂来蚀刻非晶硅。然而优选地使用干式蚀刻来蚀刻牺牲层 82，因为干式蚀刻允许对锥形孔口 86 的形状的较多控制。

在图 9F 中可见，接着在经蚀刻牺牲层 82 上沉积将形成可移动层 66（见例如图 7A 中的可移动反射层 14）的组分，从而对锥形孔口 86 加衬。在图 9F 的实施例中，首先沉积高度反射层 90（还称为镜或镜层），随后是机械层 92。高度反射层 90 可由铝或铝合金形成，因为其在宽波长谱上具有高反射率。机械层 92 可包括例如 Ni 和 Cr 的金属，且优选经形成以使得机械层 92 含有残余拉伸应力。残余拉伸应力提供当调制器未激活或“松弛”时将可移动层 66 拉离光学堆叠 16 的机械力。为了方便，可将高度反射层 90 和机械层 92 的组合统称为可移动层 66，但应了解本文使用的术语可移动层还涵盖部分分离的机械层与反射层，例如图 7C 的机械层 34 和可移动反射层 14。

在牺牲层将由 XeF_2 蚀刻剂进行蚀刻的实施例中，反射层 90 和机械层 92 两者优选对 XeF_2 蚀刻剂具有抵抗性。如果这些层中的任一者都没有抵抗性，那么可使用蚀刻停止层来保护非抵抗性层。还可见锥形孔口 86 的锥度有助于反射层 90 和机械层 92 的共形沉积。如果没有此锥度，可能难以沉积这些层使得所述层在孔 86 外部和内部的表面上具有大体上均匀的厚度。

在替代实施例中，可移动层 66 可包括单个层，其高度反射且具有所需的机械特性。然而，两个相异层的沉积允许选择可能在用作可移动层 66 中的唯一材料时原本不合适的高度反射材料，且类似地允许选择合适的机械层而不考虑其反射性质。在又一些实施例中，可移动层可包括反射子层，其很大程度上与机械层分离，使得反射层可垂直平移而不弯曲（见例如图 7C-7E 和附加描述）。形成此实施例的一种方法包括在牺牲层上沉积反射层，其接着经图案化以形成个别的反射子层。接着在反射层上沉积第二牺牲材料层并进行图案化以允许在机械子层与反射子层之间穿过第二牺牲层而形成连接，以及形成用于支撑结构的锥形孔口。

在其中所形成的 MEMS 装置包括非光学 MEMS 装置（例如，MEMS 开关）的其它

实施例中，应了解可移动层 66 无需包括反射材料。举例来说，在其中例如 MEMS 开关的 MEMS 装置形成为包括本文论述的支撑结构的实施例中，可移动层 66 的下侧无需为反射的，且可有利地包括仅基于其机械性质或其它合意性质而选择的单个层。

在图 9G 中，在机械层 92 上沉积刚性层 96（也称为铆钉层）。由于铆钉层 96 将形成向下伏机械层 92 提供支撑和稳定性但在调制器的激活期间不会实质变形的结构，所以形成铆钉层 96 的材料不需要与形成机械层 92 的材料一样具有柔性。用于铆钉层 96 中的适宜材料包含（但不限于）铝、AlQ_x、氧化硅、SiN_x、镍和铬。可用于形成铆钉结构的替代材料包含其它金属、陶瓷和聚合物。铆钉层 96 的厚度将依据所使用的材料的机械特性而变化。

如相对于机械和反射层所论述，可能需要为铆钉层 96 选择对 XeF₂ 蚀刻具有抵抗性的材料，所述 XeF₂ 蚀刻在某些实施例中可用于蚀刻牺牲层。另外，铆钉层 96 优选地可相对于下伏可移动层 66 的上表面（其在所说明的实施例中为机械层 92）选择性地蚀刻，以便允许在使可移动层 66 不受影响的情况下蚀刻铆钉层 96。然而，如果铆钉层 96 不可相对于可移动层 66 选择性地蚀刻，那么可在铆钉层 96 与可移动层 66 之间提供蚀刻停止层（未图示）。

在图 9H 中，铆钉层 96 经由光刻图案化并经蚀刻以去除铆钉层 96 的定位成远离孔口 86 的部分，从而形成位于邻近于可移动层 66 处的支撑结构 62（也称为铆钉结构）。将了解，即使介入层（例如，蚀刻阻挡层）位于支撑结构之间，也可认为支撑结构邻近于可移动层。可通过湿式蚀刻或干式蚀刻来执行铆钉层 96 的蚀刻。在铆钉层 96 包括铝的实施例中，适宜的湿式蚀刻剂包含磷酸或例如 KOH、TMAH 和 NaOH 等碱，且适宜的干式蚀刻剂使用 Cl₂。在铆钉层 96 包括 SiO₂ 的其它实施例中，基于氟的气体与 O₂ 或稀有气体的混合物可用作干式蚀刻剂，且 HF 或缓冲氧化物蚀刻剂（BOE）是适宜的湿式蚀刻剂。

仍参看图 9H，可见，支撑结构 62 可包括唇缘区域 98，其中支撑结构 62 延伸出锥形孔口 86 处于机械层 92 的上表面上。有利地，可使此唇缘的尺寸最小，因为唇缘约束了下伏机械层的偏转，从而减小干涉式调制器元件的活动区域。然而，在某些实施例中，需要某一最小唇缘部分 98 来用于支撑。如所说明的实施例中可见，支撑结构 62 还可包括倾斜侧壁部分 97 和大体平坦基底区域 99。

接下来，在图 9I 中，可见，使用光刻来图案化机械层 92，并蚀刻可移动层 66（即，机械层 92 和反射层 90）以形成蚀刻孔 100，所述蚀刻孔 100 暴露牺牲层 82 的若干部分以便有助于蚀刻牺牲层。在某些实施例中，采用多种蚀刻剂来暴露牺牲层。举例来说，

如果机械层 92 包括镍且反射层 90 包括铝，那么可使用 HNO_3 来蚀刻机械层 92，且可使用磷酸或例如 NH_4OH 、 KOH 、 THAM 或 NaOH 的碱来蚀刻反射层 90。也可使用此图案化和蚀刻，通过在可移动层 66 的条带（见图 8）之间蚀刻间隙 65 从而使 MEMS 装置的列彼此分离来界定图 8 中所见的条带电极。

最后，在图 9J 中可见，执行释放蚀刻以移除牺牲层，从而产生干涉式间隙 19，可移动层 66 可移动穿过所述间隙。在某些实施例中，使用 XeF_2 蚀刻剂来移除牺牲层 82。因为 XeF_2 较好地蚀刻牺牲材料，且相对于上文论述的工艺中使用的其它材料极其具有选择性，所以 XeF_2 蚀刻剂的使用有利地允许在对周围结构具有非常小影响的情况下移除牺牲材料。

因此，图 9J 描绘例如图 8 的干涉式调制器元件 60 之一的干涉式调制器元件的一部分，如沿着线 9J-9J 所示。在此实施例中，通过在可移动层 66 中的凹陷 86 上形成的支撑结构 62 将可移动层 66 支撑在整个间隙 19 上。如上文所论述，下伏光学堆叠 16 的若干部分已有利地经蚀刻以便使光学堆叠 16 的导电部分与可移动层 66 中的导电层之间短路的风险最小，但不需要在所有实施例中均执行此步骤。

在另一实施例中，支撑结构可采取下伏在可移动层下方的柱（且优选为无机柱）的形式。制造包括无机柱的干涉式调制器的示范性工艺包含图 9A-9E 的步骤，且参看图 10A-10D 进行论述。为了方便起见，层 72、74 和 78 的组合在本文中称为光学堆叠 16，且在随后的图式中为了方便起见由单个层表示。将了解，如上文所论述，光学堆叠 16 的组成可在层的数目和那些层的组分两个方面变化，且上文论述的层仅是示范性的。

在图 10A 中，在图案化牺牲层 82 上沉积无机柱材料层 84，使得无机柱层 84 还涂覆锥形孔口 86 的侧壁和基底。在某些实施例中，无机柱层 84 比牺牲层 82 薄，且在牺牲层 82 上是共形的。在某些实施例中，无机柱层 84 可包括氮化硅（ SiN_x ）或 SiO_2 ，但可能使用广泛种类的其它材料，其中一些在下文中更详细论述。在图 10B 中，图案化并蚀刻无机柱层 84 以形成无机柱 88。在图 10B 中可见，无机柱 88 的边缘优选地成锥形，其如同孔口 86 的锥形或倾斜侧边一样，有助于连续且共形地沉积上覆层。可见在所说明的实施例中，柱结构 88 的厚度比牺牲层 82 的厚度薄，且包括大体平坦基底部分 89、倾斜侧壁部分 87 和在牺牲材料的一部分上延伸的大体水平翼部分 85。因此，柱 88 在柱的边缘处有利地提供大体平坦的表面，用于支撑上覆可移动层 66（见图 10D），从而使如果可移动层 66 沉积在不够平坦的边缘上则可能出现的应力和所产生的不合需要的偏转最小。

在一个实施例中，无机柱层 84 和所产生的柱 88 包括类金刚石碳（DLC）。除了非常

硬且坚固（比 SiO_2 硬大约 10 倍）外，还可用 O_2 干式蚀刻剂来蚀刻 DLC 无机柱层 84。有利地， O_2 干式蚀刻剂对广泛种类的牺牲材料（包含（但不限于）Mo 和 a-Si 牺牲材料，以及上文论述的其它牺牲材料）非常高度选择性。因此，包括 DLC 的无机柱提供非常坚固的柱，从而减小当 MEMS 操作期间向下拉动上覆移动或机械层时支柱 88 的边缘向下挠曲的可能性以及向下挠曲量，同时允许使用对广泛种类的材料相对亲和的蚀刻剂。

在图 10C 中，在无机柱 88 和牺牲层 82 的暴露部分上沉积高度反射层 90。接着在高度反射层 90 上沉积机械层 92。为了方便起见，如上文所述，可将高度反射层 90 和机械层 92 称为且在随后图式中描绘为可移动层 66（见图 10D），或者更明确地描绘为可变形反射层（只要机械层 92 直接沉积在高度反射层 90 上方）。在替代实施例中，可移动层 66 可包括具有所需的光学和机械特性的单个层。举例来说，用于 MEMS 机械开关的机械或移动层不需要包含反射层。在另外的实施例中，如已经论述的，可移动层可包括实质上分离的机械层和反射层，例如图 7C 的层 14 和 34。在图 10D 中，执行释放蚀刻以选择性地去除牺牲层 82，从而形成具有干涉间隙 19 的干涉式调制器元件 60，可移动层 66 可穿过所述干涉间隙 19 移动以便改变由干涉式调制器元件 60 反射的颜色。在释放蚀刻之前，优选地图案化可移动层 66 以形成柱体（未图示），且可有利地进一步图案化可移动层 66 以形成蚀刻孔（例如见，图 9J 中的蚀刻孔 100），所述蚀刻孔有助于通过释放蚀刻接达牺牲层。

可能由于柱结构内的层相对于沿着层的长度在横向方向上的其它层（明确地说，支撑结构内的层与可移动层）扩展或收缩的趋势，而发生支撑结构和机械层的不合需要的挠曲。在一些情形下，这些趋势是形成支撑结构和可移动层的材料内的固有应力的结果，所述固有应力随形成那些层的材料和沉积方式而变化。此相对形变的趋势的额外来源是层的差异热膨胀，其随以下因素而变化：两种不同材料的热膨胀系数之间的失配、MEMS 装置的操作温度、材料的弹性模量和材料沉积条件。当邻接或以另外方式集成的层具有不同的热膨胀系数时，不仅集成层的尺寸的相对变化可引起偏转，而且总体偏转可能由于操作温度的缘故而变化。因为此偏转将改变干涉腔的高度且因此影响干涉式调制器元件所反射的颜色，所以需要消除或在可能的程度上最小化此偏转。对于非光学 MEMS 可能产生类似问题。将了解，本文中使用的术语“扩展或收缩的趋势”和类似术语来表示由于受影响区域（例如，支柱区）中不平衡的残余应力而引起的相对形变以及由于（例如）集成或邻接的层的不同的热膨胀系数而引起的形变所导致的应力这两个趋势。

在一个实施例中，选择支撑结构的材料和厚度使得支撑结构区中某些层相对于彼此

横向扩展或收缩的趋势最小，因而支撑结构的边缘的偏转最小或被消除。在图 11 中描绘的特定实施例中，干涉式调制器元件包括形成在机械层 92 和反射层 90（其一起形成可移动层 66）上的铆钉结构 62。为了避免铆钉 62 的边缘处材料的此类相对形变趋势，铆钉 62 由具有与机械层 92 和反射层 90 大致相同的内部应力（优选具有相同材料和厚度）的层形成，使得铆钉 62 大体上是可移动层 66 的镜像。优选地，相应层的厚度在彼此的 5% 内。因此，在本实施例中，铆钉 62 包括具有与机械层 92 相同厚度和材料的第一子层 110，且还包括具有与反射层 90 相同厚度和材料的第二子层 112。有利地，因为铆钉 62 和可变形可移动层 66 由相同材料 66 形成，所以相应层的热膨胀系数相等。尽管由于不同的热膨胀系数的缘故，子层 110 可能以与子层 112 不同的速率扩展或收缩，但此差异性导致的任何应力将由对称的下伏层中相反的应力大体上抵消。

因为应相对于机械层 92 选择性地蚀刻子层 110 以便形成铆钉结构 62，但子层 110 由与机械层 124 相同的材料形成，所以可在子层 110 与机械层 92 之间沉积蚀刻停止层 114，如所说明。虽然蚀刻停止层 114 内的残余应力将不会由任何其它层内的应力相抵，但此实施例的对称性导致蚀刻停止层 114 沿着或非常接近结构的中性轴而定位。因此，蚀刻停止层 114 内的任何应力或由于层 114 相对于其它层的热膨胀而引起的任何应力将不会对结构施加显著力矩，且将不会导致向上或向下的显著偏转。在某些实施例中，蚀刻停止层 114 可包括通过化学气相沉积或等离子增强化学气相沉积而沉积的材料，包含（但不限于） SiO_2 、TEOS、掺杂碳的氧化物或 SiN_x 。当铆钉和机械层包括 Ni、Cr 或 NiCr 合金时，基于氧化硅的材料充当适宜的蚀刻停止层。这些蚀刻停止层可具有 200 与 2000 埃之间的厚度，但也可能更厚或更薄。还可使用其它蚀刻阻挡层。一种适于相对于蚀刻停止层（例如，一种形式的氧化硅或氮化硅）蚀刻某些铆钉层（例如，Ni、Cr 或 NiCr 合金）的蚀刻剂是硝酸（ HNO_3 ）蚀刻剂。适于相对于铆钉/机械层选择性地去除此类蚀刻阻挡层的蚀刻剂包含（但不限于）基于氟（例如，反应性离子蚀刻）的蚀刻剂或缓冲氧化物蚀刻（BOE）湿式蚀刻剂。

关于以上结构的多种变化是可能的。可能选择用于铆钉结构 62 中的材料，其与可移动层 66 中的材料不同，但其将含有与可移动层 66 中的净残余应力类似或相同的净残余应力，从而提供所需的效果。有利地，可相对于机械层 92 选择性地蚀刻这些材料中的一些材料从而消除蚀刻停止层 114。类似地，可选择将消除或最小化由于组成层的不同的热膨胀而引起的总体结构的偏转的材料。

在另一实施例中，可修改以上结构以消除或最小化支撑结构，尤其是边缘处（在铆

钉结构 62 上覆在无机柱 88 上的实施例中的)的偏转。在一个特定实施例(图 12 所示)中, 铆钉 62 和无机柱 88 在具有大体相同厚度的层中由大体相同的材料形成。如果铆钉 62 和无机柱 88 包括多个层, 那么其优选地以对称方式形成, 使得铆钉 62 是无机柱 88 的镜像(在层方面)。与上文相对于图 11 的实施例论述的方式类似的方式, 铆钉 62 和无机柱 88 内的残余应力将彼此相抵。可移动层 66 内的任何残余应力将不会被相抵, 但由于所述应力将沿着接近支撑结构的中性轴的线起作用, 所以由于这些应力而引起的任何偏转将最小或被消除。在无机柱 88 和铆钉 62 相对于可移动层 66 来说较厚或由显著较坚固的材料形成的实施例中, 可进一步使任何偏转最小。

在另一实施例中, 可移动层 66 本身可制造成对称的, 如图 13 所示。在光学 MEMS 装置(例如, 干涉式调制器)中, 其中从衬底 70 侧进行观察, 尽管可移动层 66 的上表面不需要为反射的, 但向 MEMS 装置的上表面添加反射层将不会对光学 MEMS 装置的某些实施例产生不利影响。因此, 图 13 的实施例包含包括上子层 120 的可移动层 66, 所述上子层 120 在一个实施例中包括与反射层 90 相同的材料。可见, 除了对称柱 88 和铆钉 62 外, 可移动层 66 本身也是对称的, 使得反射层 90 和上子层 120 内的任何残余应力彼此抵消, 且机械层 92 内的任何应力将大体上沿着结构的中性轴起作用, 使得这些应力将不会施加显著力矩。有利地, 上子层 120 可另外充当蚀刻阻挡层, 从而能够使用不可相对于机械层选择性地蚀刻的铆钉和柱材料(例如, 使用镍、铬或镍-铬合金用于单独图案化的机械层、柱和铆钉的每一者)。

在另一实施例(图 14 所示)中, 对图 11 中的实施例作出变化, 其中子层 110 与 112 的位置颠倒。因此, 在一个实施例中, 具有与反射层 90 大致相同材料和厚度的第二子层 112 沉积在机械层 92 上, 且具有与机械层 92 大致相同材料和厚度的第一子层 110 沉积在第二子层 112 上。因此, 铆钉 62 具有与可变形反射层(其包括机械层和反射层)相同的结构, 但与图 11 的实施例不同, 铆钉不是可变形反射层的镜像, 而仅仅是对称的。第二子层 112 本身可充当蚀刻阻挡层, 或者可沉积在单独的蚀刻阻挡层(未图示, 类似于图 13 的蚀刻阻挡层)上。在特定实施例中, 反射层包括 Al, 且机械层包括 Ni。有利地, Al 将比 Ni 更好地粘附到各个蚀刻停止层, 且尽管铆钉与可变形反射层不是镜像, 但铆钉与可变形反射层的对称使不合需要的偏转最小。

在另一实施例中, 上文论述的结构可应用于柱结构, 而不是铆钉结构。对此, 图 15 描绘其中柱结构 88 与机械层 92 具有大体相同厚度且包括大体相同材料的实施例。将了解, 由于反射层 90 基本上沿着柱结构的中心部分延伸, 所以任何横向变形的趋势将导致

支撑结构的边缘的最小（如果有的话）偏转。由于所说明的实施例中的柱层包括与机械层 92 大体相同的材料，所以将了解，此柱优选地形成包括金属（例如，镍或铬）。

将了解，可修改上文结构以使具有实质上分离的机械层和反射层的 MEMS 元件（例如，图 7C-7E 中所描绘以及参看图 7C-7E 描述的干涉式调制器）中的支撑结构区中的相对形变的趋势最小。在反射层与机械层的位于支柱区内的部分脱离的此实施例中，镜层内的任何形变趋势均将不会导致支撑结构的偏转。因此，在一个实施例中，邻近的支撑结构（例如，柱或铆钉结构）可由与机械层相同的材料形成并形成与机械层相同的厚度，且蚀刻停止层可形成在支撑结构与机械层之间，从而允许选择性地蚀刻支撑结构或机械层中的一者。在另一实施例中，大体上对称的柱和铆钉结构可形成在机械层的任一侧，且视需要，蚀刻停止层可形成在支撑结构与机械层之间。

将了解，以上实施例的各种组合是可能的。预期上文论述的支撑结构的各种其它组合且所述组合在本发明范围内。另外，将了解，通过以上方法中的任一者形成的支撑结构可与其它形成支撑结构的方法组合利用，以便改进那些支撑结构的刚性和耐久性，或使支撑结构区域内的层相对于彼此横向变形的趋势最小。

还将了解，以上实施例中层的次序和形成那些层的材料仅是示范性的。此外，在一些实施例中，其它层（未图示）可经沉积和处理以形成 MEMS 装置的若干部分或在衬底形成其它结构。在其它实施例中，这些层可使用替代性沉积、图案化和蚀刻材料及工艺形成，可以不同次序沉积，或由不同材料组成，如所属领域的技术人员将了解。

还应了解，视实施例而定，除非文中另外明确且清楚地说明，否则本文描述的任何方法的动作或事件可以其它序列执行，可进行添加、合并或完全省去（例如，并非必需所有动作或事件来实践所述方法）。

尽管以上详细描述内容已经展示、描述并指出了应用于各个实施例的本发明的新颖特征，但将了解，所属领域的技术人员可在不脱离本发明的精神的情况下，对所说明的过程的装置作出形式和细节上的各种省略、替代和变化。将认识到，本发明可包含在不提供本文所陈述的特征和益处中的所有特征和益处的形式内，因为一些特征可能与其它特征分离地使用或实践。

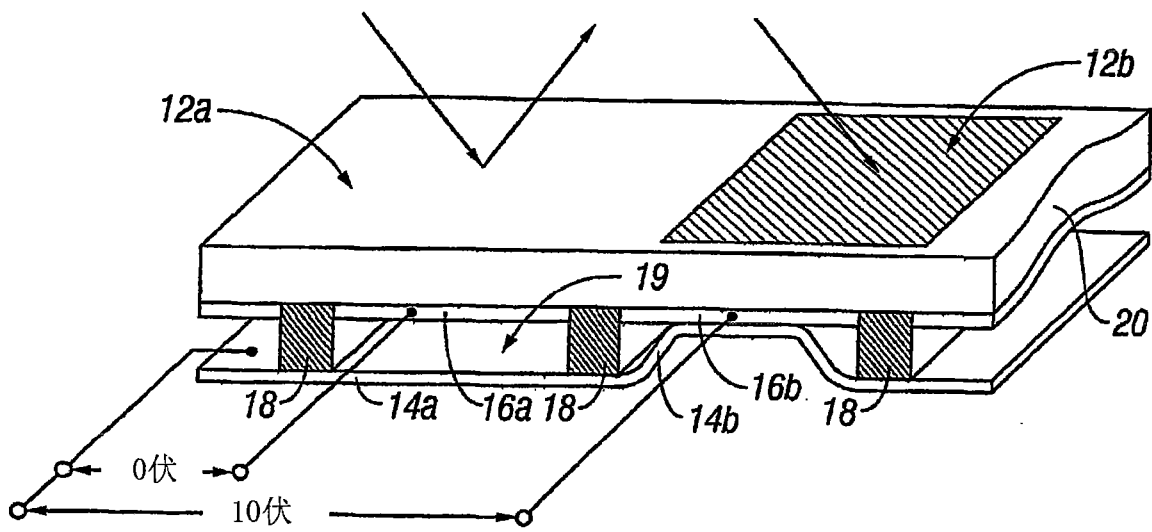


图1

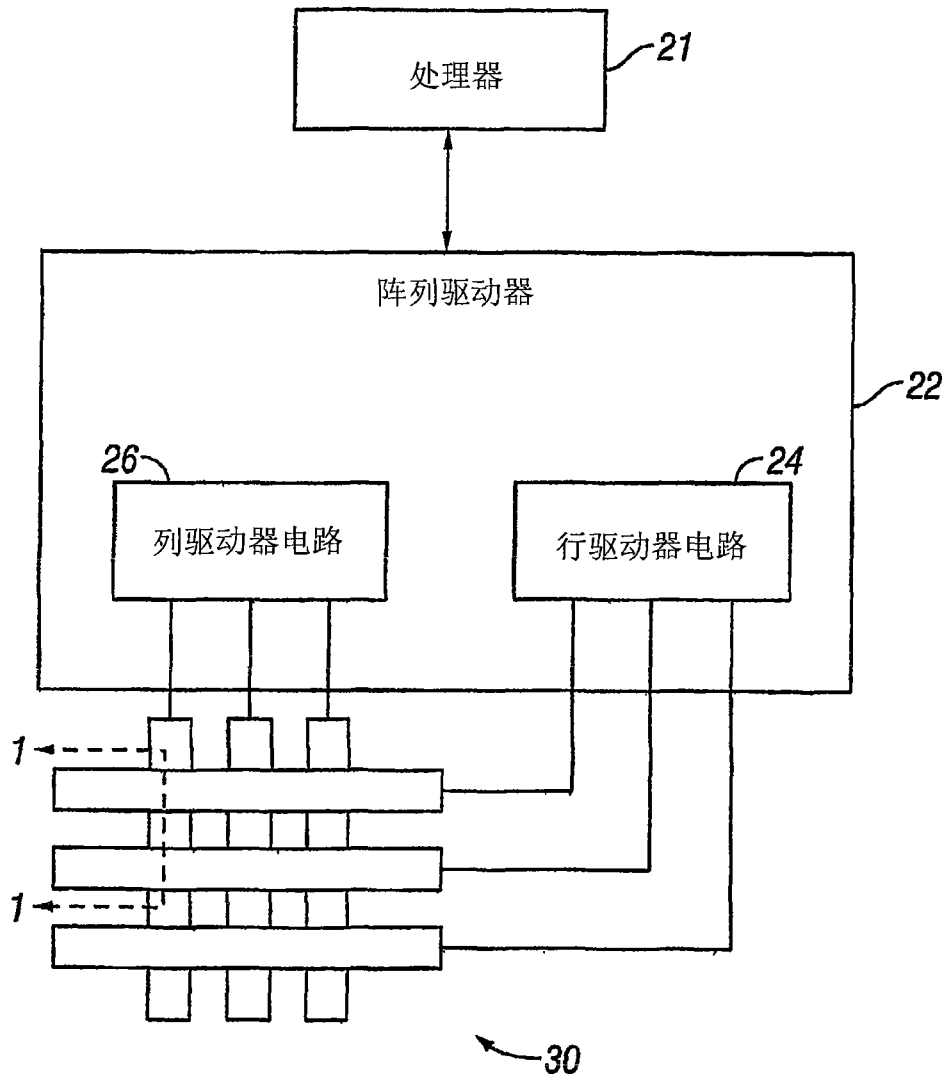


图2

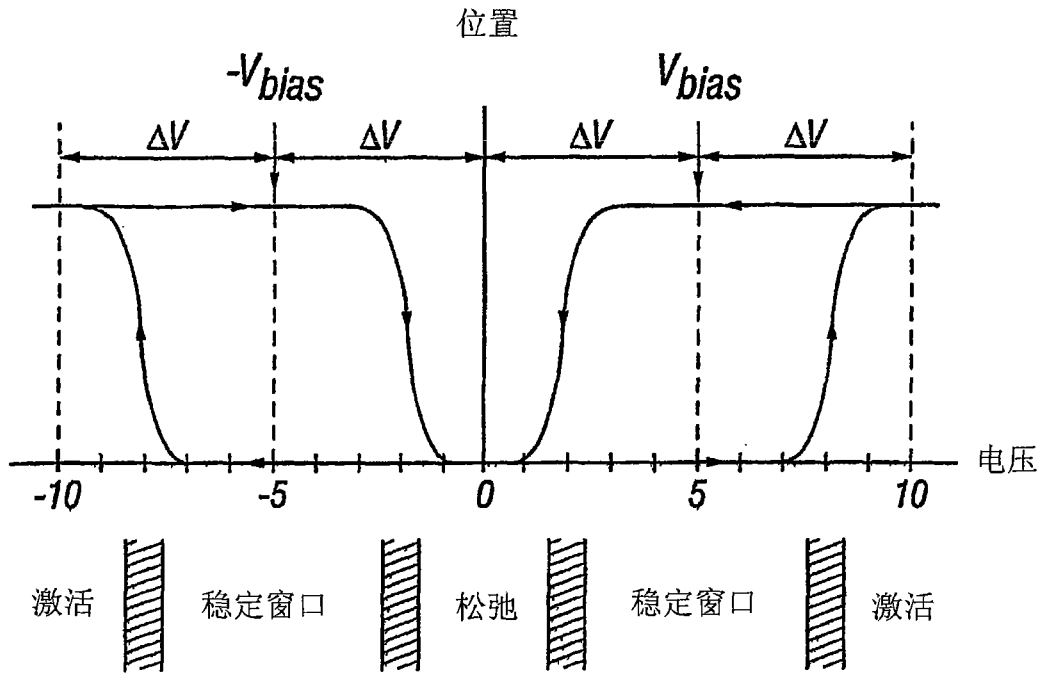


图3

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

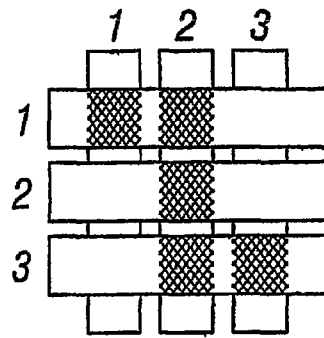


图5A

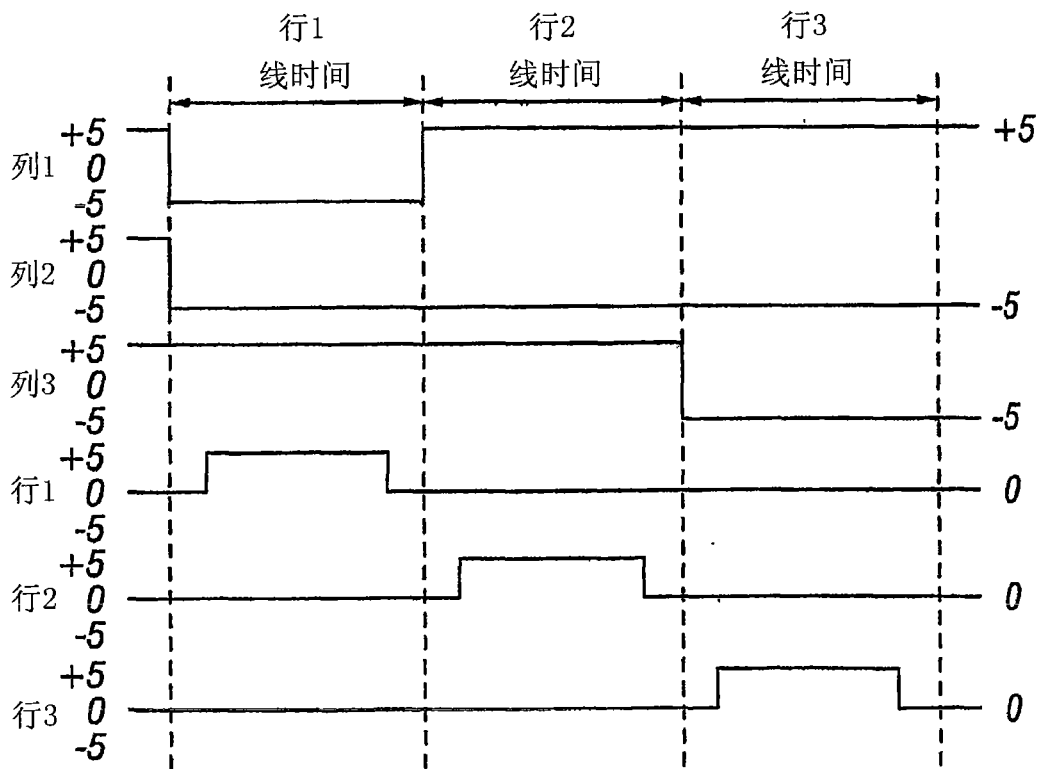


图5B

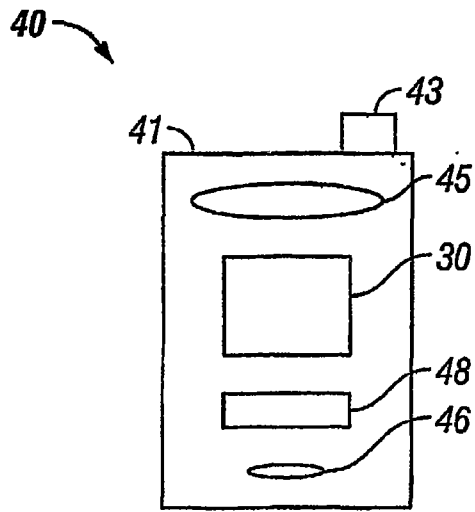


图6A

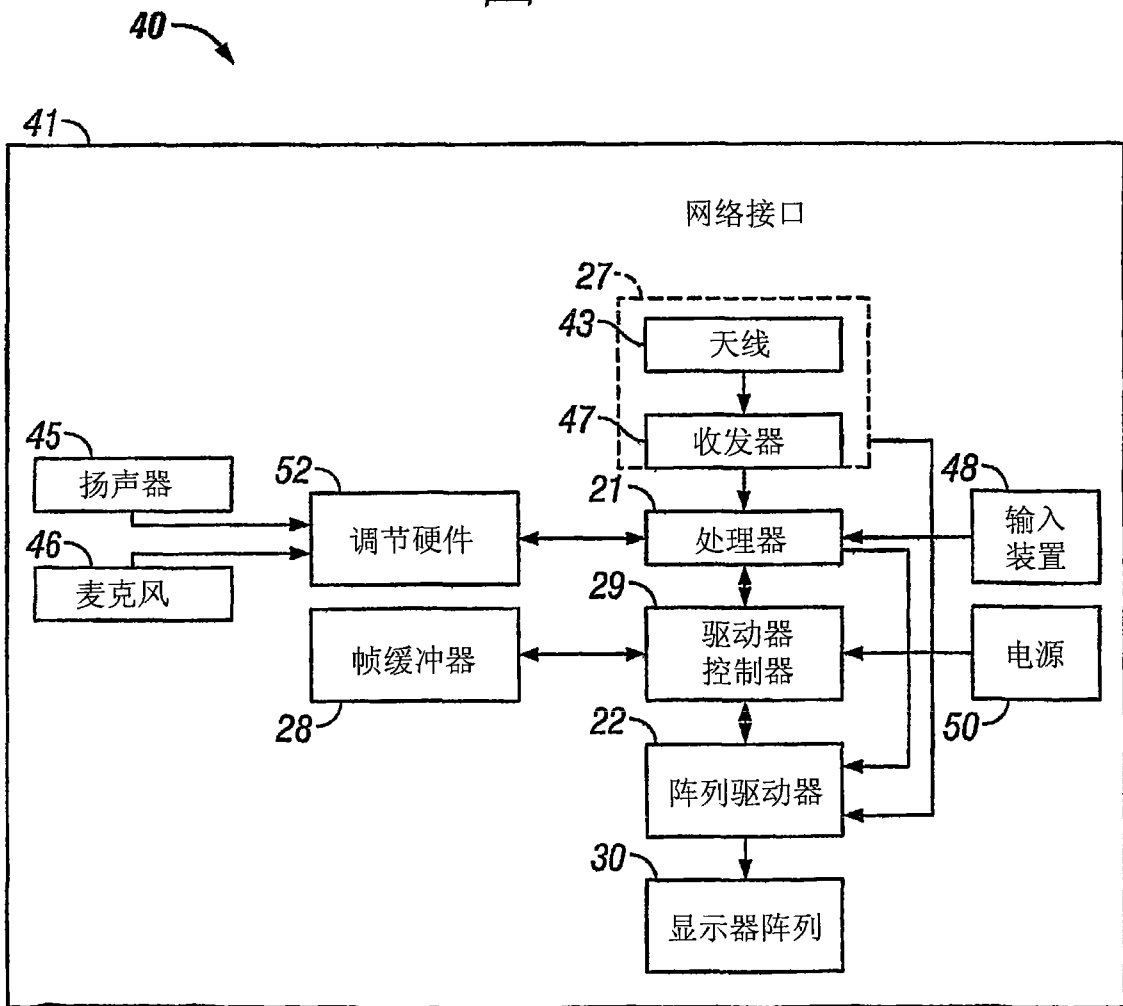


图6B

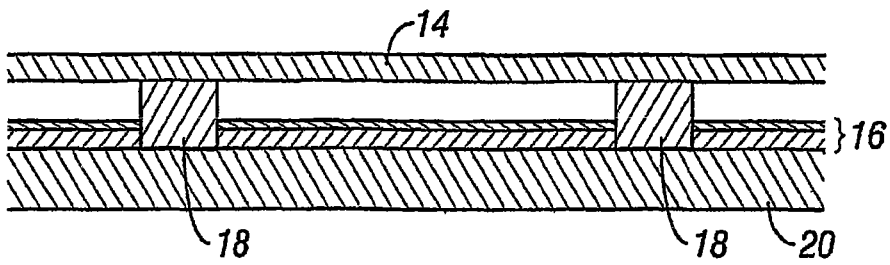


图7A

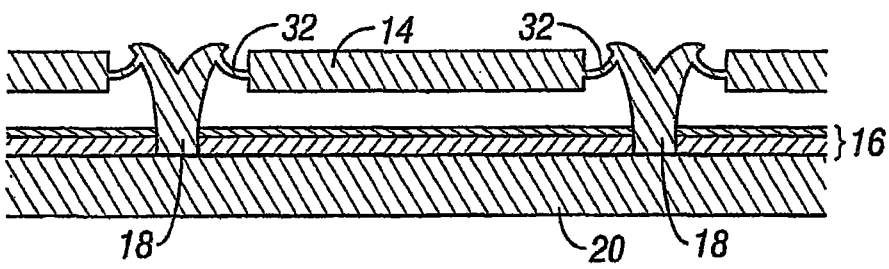


图7B

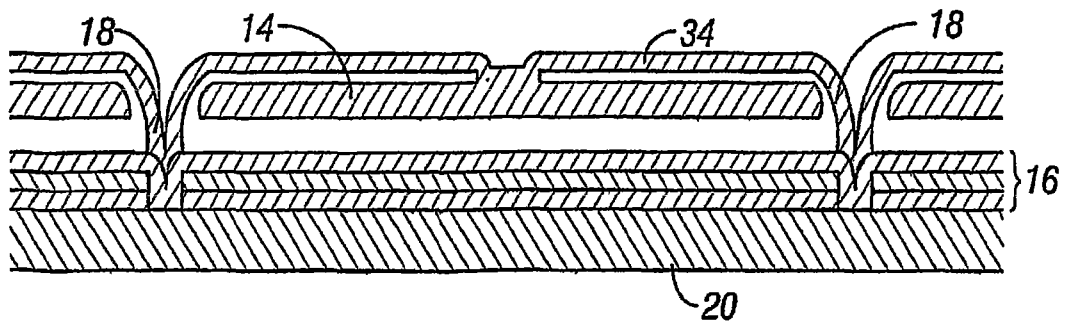


图7C

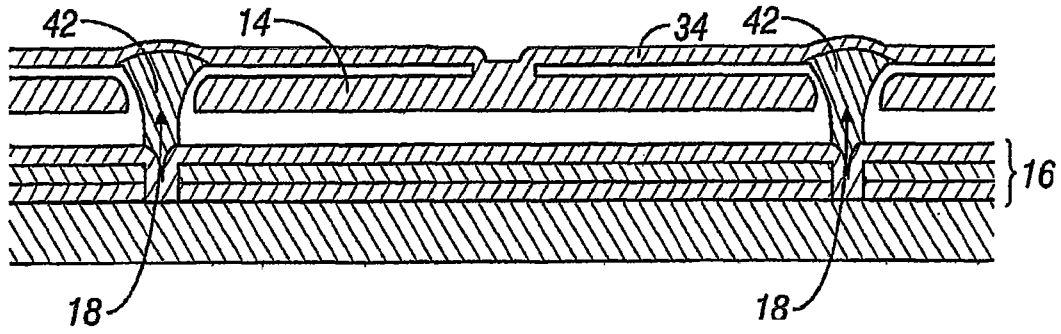


图7D

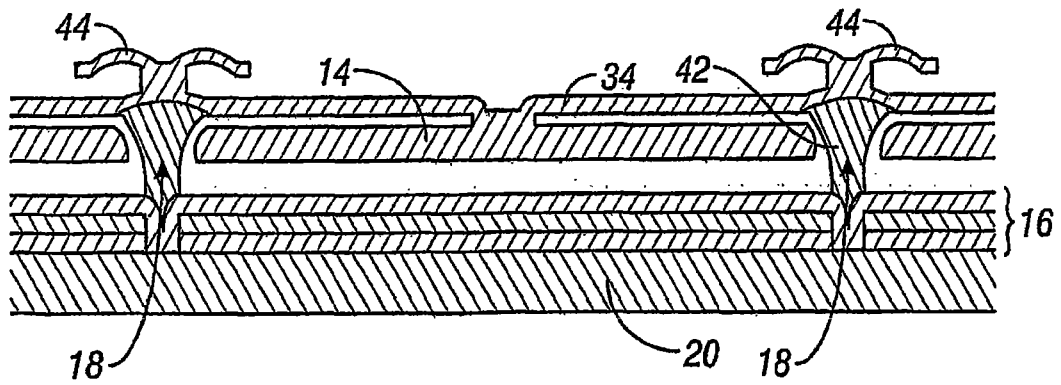


图7E

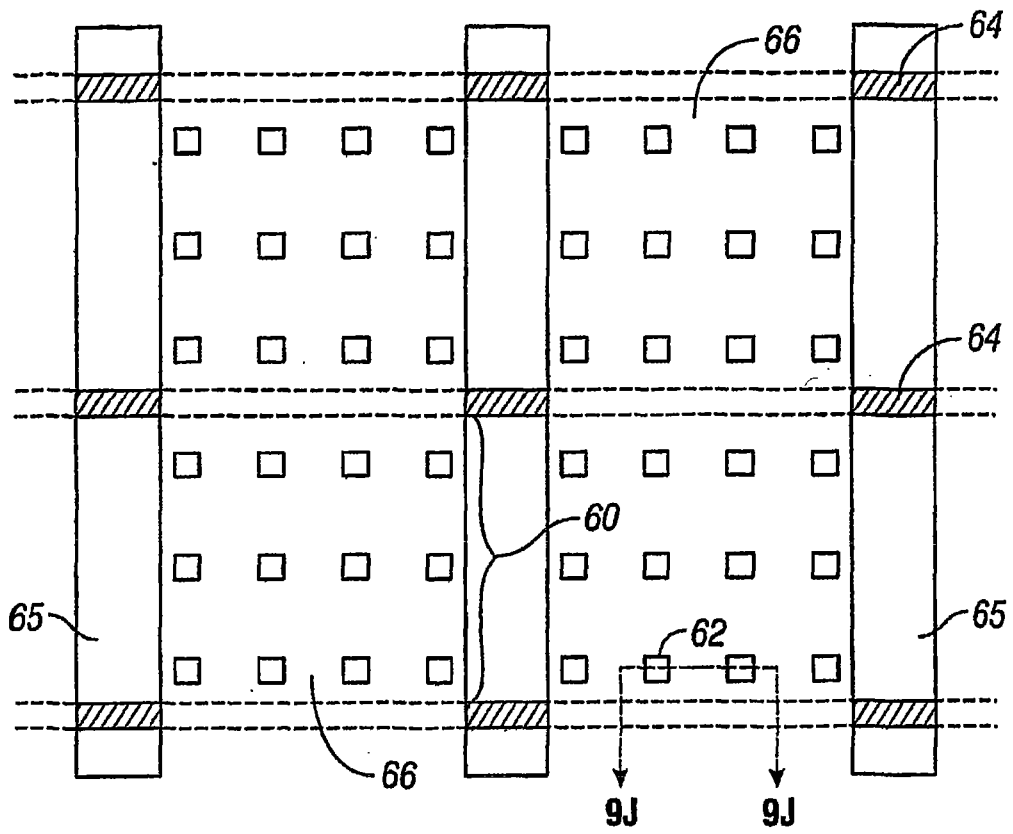


图8

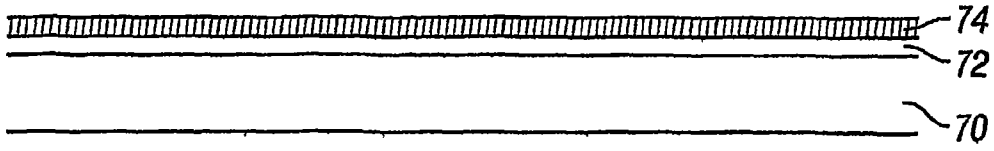


图9A

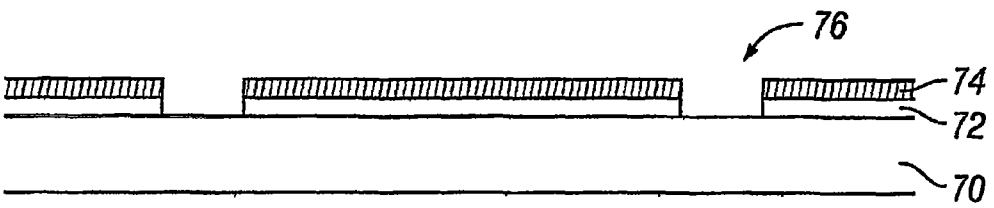


图9B

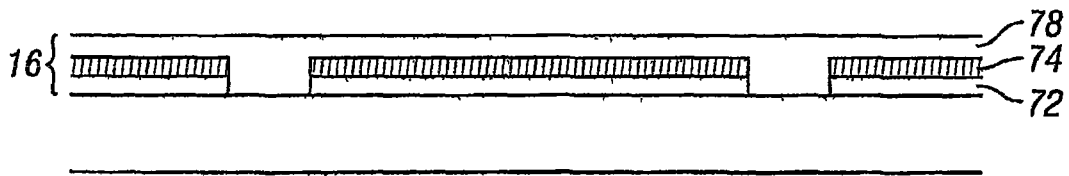


图9C

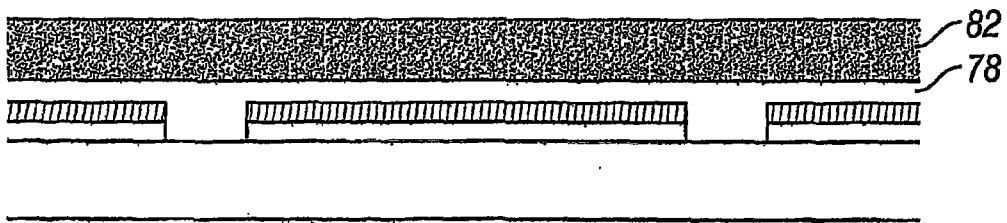


图9D

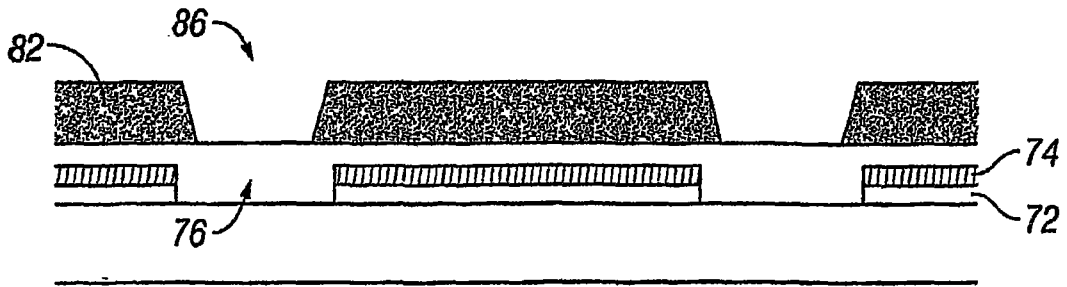


图9E

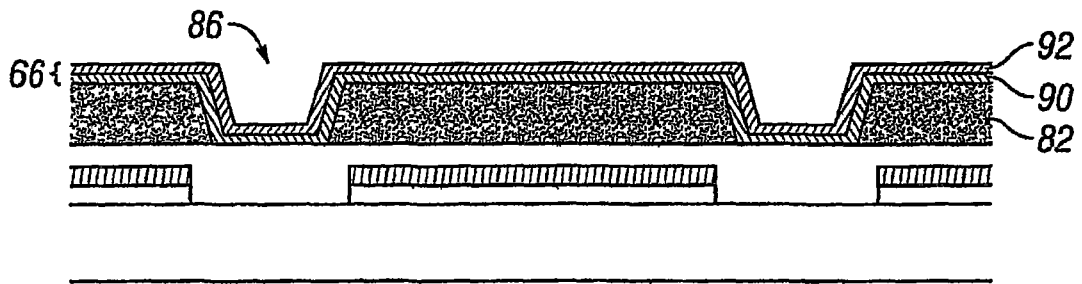


图9F

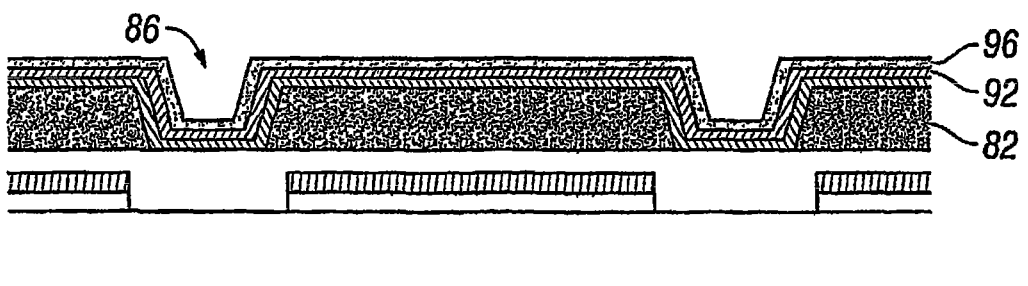


图9G

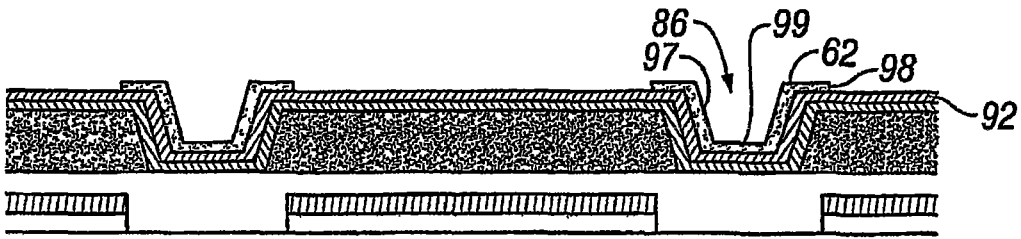


图9H

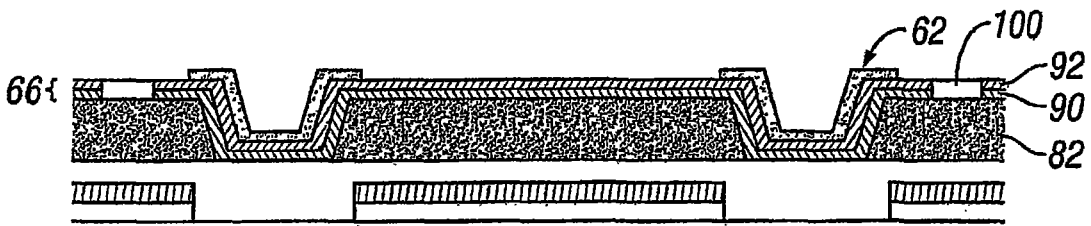


图9I

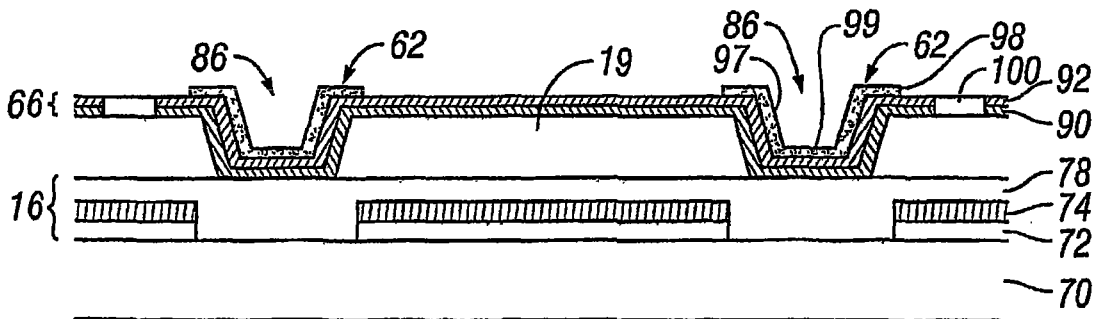


图9J

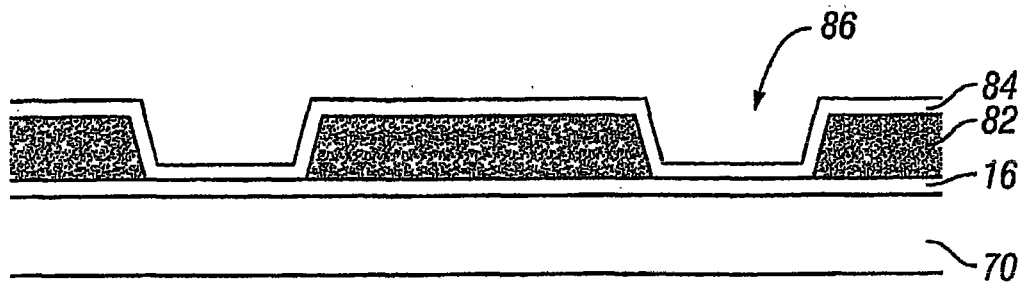


图10A

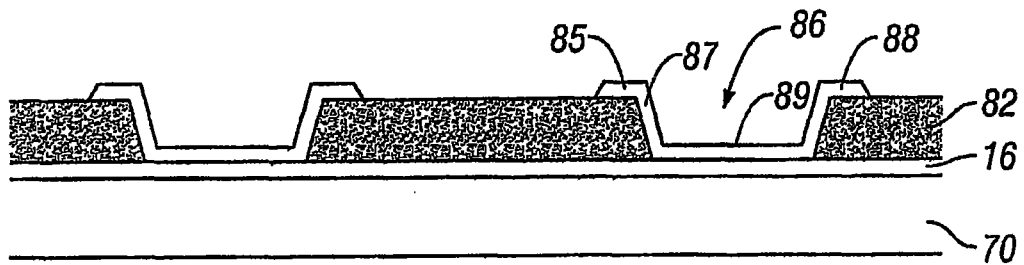


图10B

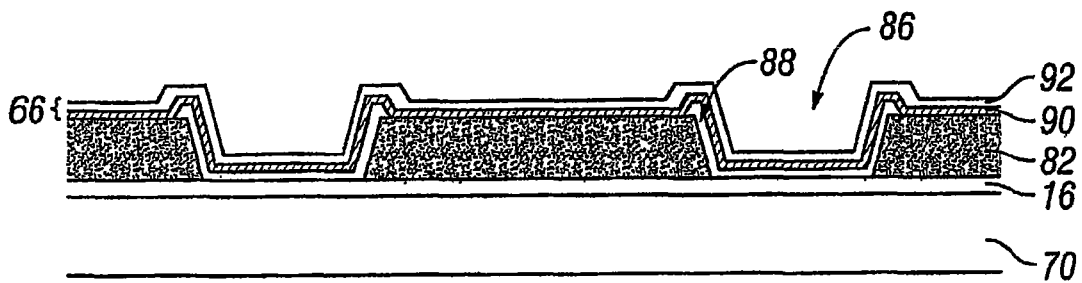


图10C

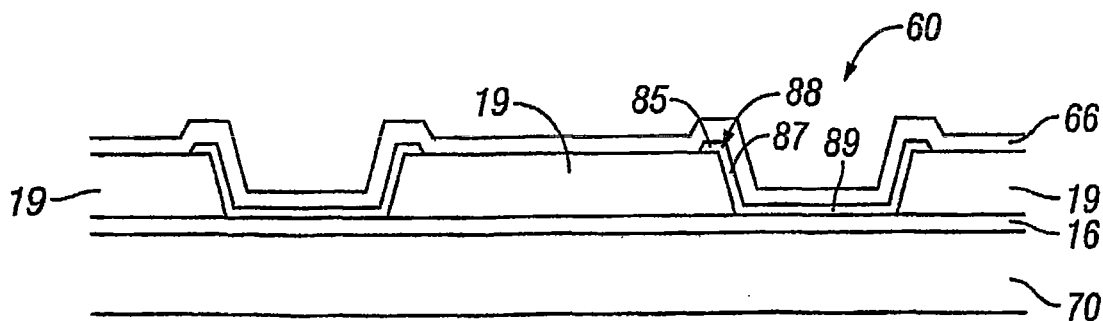


图10D

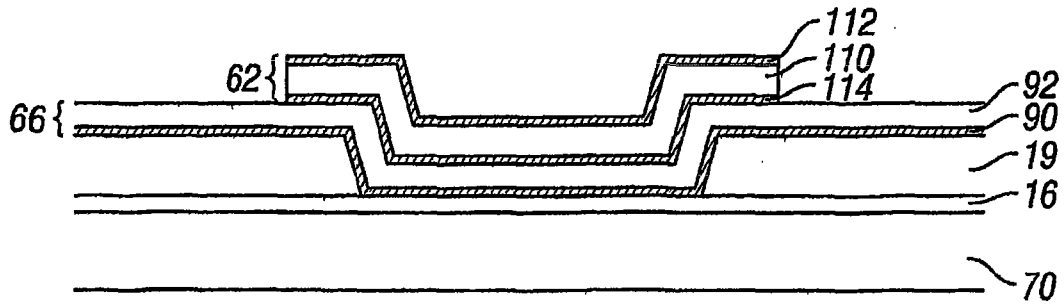


图11

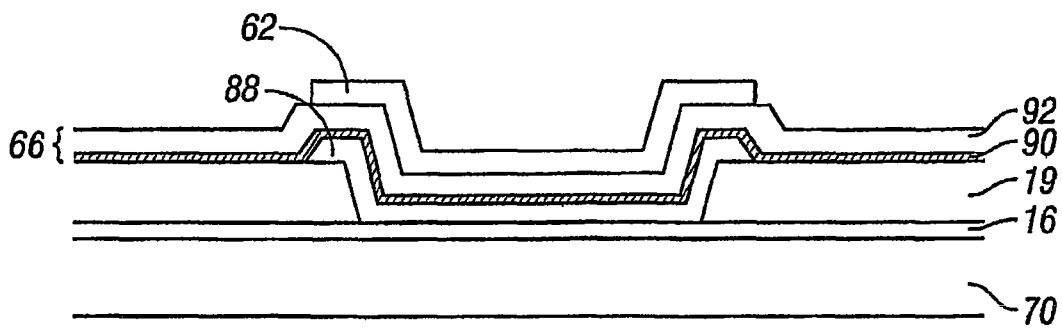


图12

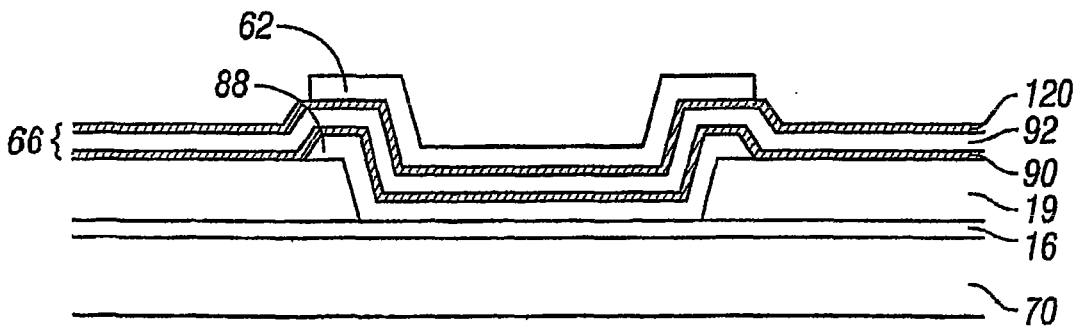


图13

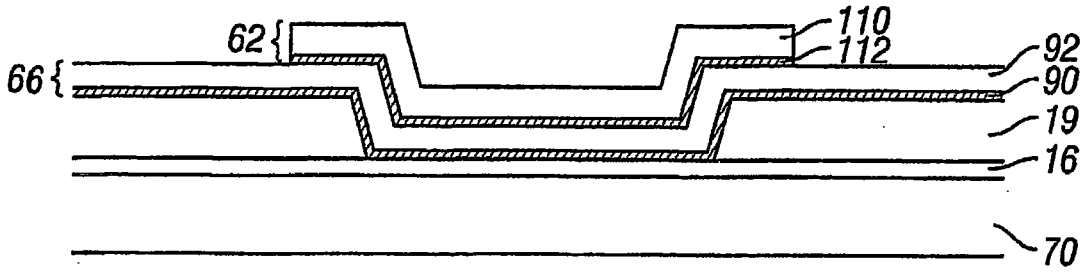


图14

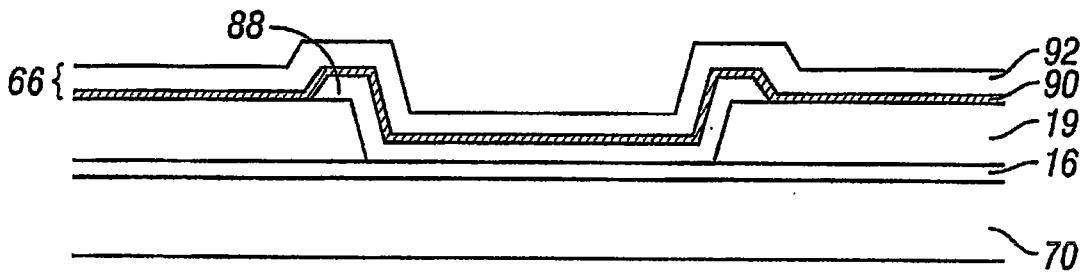


图15