



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103959818 B

(45)授权公告日 2018.12.14

(21)申请号 201280058708.1

(22)申请日 2012.11.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103959818 A

(43)申请公布日 2014.07.30

(30)优先权数据

13/306,397 2011.11.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.05.29

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/066875 2012.11.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/082169 EN 2013.06.06

(73)专利权人 追踪有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 菲利普·贾森·斯蒂法诺

戴维·威廉·伯恩斯

拉温德拉·V·社诺伊

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 孙宝成

(51)Int.Cl.

H04R 17/00(2006.01)

G09G 3/34(2006.01)

(56)对比文件

US 2002/0125793 A1,2002.09.12,

US 2002/0130589 A1,2002.09.19,

US 2002/0163086 A1,2002.11.07,

US 2003/0048914 A1,2003.03.13,

US 2003/0059069 A1,2003.03.27,

JP 特开2008-199266 A,2008.08.28,

JP 特开2009-260723 A,2009.11.05,

CN 101754077 A,2010.06.23,

US 2011/0085684 A1,2011.04.14,

US 2011/0064250 A1,2011.03.17,

US 2008/0212807 A1,2008.09.04,

审查员 李巧艳

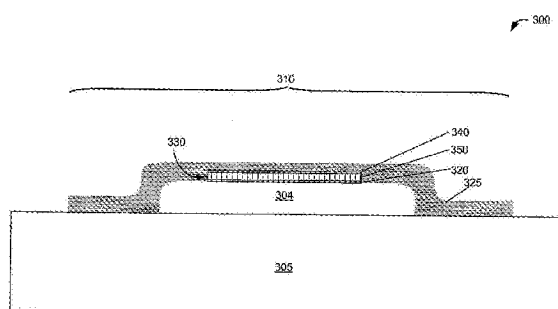
权利要求书3页 说明书23页 附图25页

(54)发明名称

具有压电、导电及介电薄膜的微型扬声器

(57)摘要

本发明提供用于微型扬声器装置的系统、方法及设备。在一个方面中,微型扬声器元件可包含横跨扬声器空腔的可变形介电隔膜。所述可变形介电隔膜可包含压电致动器及介电层。在将驱动信号施加到所述压电致动器之后,所述介电层可即刻偏转,从而产生声音。在一些实施方案中,微型扬声器元件阵列可囊封于玻璃衬底与防护玻璃罩之间。由所述微型扬声器元件产生的声音可经由在所述防护玻璃罩中形成的扬声器栅格而发出。



1. 一种机电微型扬声器,其包括:

单个衬底 (305),其中所述衬底是平面的;

可变形介电隔膜 (310);以及

扬声器空腔 (304),其安置在所述衬底 (305) 与所述可变形介电隔膜 (310) 之间,使得所述可变形介电隔膜 (310) 横跨所述扬声器空腔 (304),其中所述扬声器空腔 (304) 为i) 由所述衬底 (305) 及所述可变形介电隔膜 (310) 界定的密封扬声器空腔,使得其在所有侧上封闭,或ii) 由所述衬底 (305) 及所述可变形介电隔膜 (310) 界定,使得其实质上在所有侧上封闭;

所述可变形介电隔膜 (310) 包含夹在第一与第二导电层 (320、340) 之间的压电层 (350) 且包含介电层 (325),其中所述可变形介电隔膜 (310) 经配置以在跨越所述压电层 (350) 施加驱动电压时变形。

2. 根据权利要求1所述的机电微型扬声器,其中所述介电层 (325) 包含氧化物或氮化物材料中的至少一者。

3. 根据权利要求1或2所述的机电微型扬声器,其中所述压电层 (350) 安置在所述介电层 (325) 与所述衬底 (305) 之间。

4. 根据权利要求1或2所述的机电微型扬声器,其中所述压电层 (350) 横跨所述扬声器空腔 (304)。

5. 根据权利要求1或2所述的机电微型扬声器,其中所述压电层 (350) 在所述扬声器空腔 (304) 上方居中。

6. 根据权利要求1或2所述的机电微型扬声器,其中所述压电层 (350) 上覆所述扬声器空腔 (304) 的外围区。

7. 根据权利要求1所述的机电微型扬声器,其中所述压电层 (350) 为第一压电层 (350a),且其中所述可变形介电隔膜 (310) 进一步包含夹在第三与第四导电层 (320b、340b) 之间的第二压电层 (350b)。

8. 根据权利要求7所述的机电微型扬声器,其中所述第一与第二压电层 (350a、350b) 位于所述介电层 (325) 的相对侧上。

9. 根据权利要求7或8所述的机电微型扬声器,其中所述第一压电层 (350a) 包含氮化铝。

10. 根据权利要求1、2、7或8所述的机电微型扬声器,其中所述衬底 (305) 为玻璃衬底。

11. 根据权利要求1、2、7或8所述的机电微型扬声器,其中所述扬声器空腔 (304) 经密封。

12. 根据权利要求7或8所述的机电微型扬声器,其中所述机电微型扬声器的尺寸包含以下各者中的一或多个者:在约1与5微米之间的扬声器空腔厚度、在约1与10微米之间的介电层厚度,或在约1与3微米之间的第一压电层厚度。

13. 根据权利要求1所述的机电微型扬声器,其中所述第一及第二导电层 (320、340) 各自为约100到3000埃厚。

14. 根据权利要求1、2、7、8或13所述的机电微型扬声器,其进一步包括形成于所述衬底 (305) 中的音响空腔 (311),其中所述音响空腔 (311) 连接到所述扬声器空腔 (304)。

15. 根据权利要求1、2、7、8或13所述的机电微型扬声器,其中所述可变形介电隔膜

(310) 经配置以在跨越所述压电层 (350) 施加以音频频率振荡的驱动电压时产生声音。

16. 一种视听设备, 其包括:

根据任一前述权利要求所述的至少一个机电微型扬声器;

显示器 (30);

处理器 (21), 其经配置以与所述显示器 (30) 通信, 所述处理器 (21) 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 (21) 通信。

17. 根据权利要求16所述的视听设备, 其进一步包括:

驱动器电路 (22), 其经配置以将至少一个信号发送到所述显示器 (30); 以及

控制器 (29), 其经配置以将所述图像数据的至少一部分发送到所述驱动器电路 (30)。

18. 根据权利要求16或17所述的视听设备, 其进一步包括:

图像源模块, 其经配置以将所述图像数据发送到所述处理器 (21), 其中所述图像源模块包含接收器、收发器 (47) 及发射器中的至少一者。

19. 根据权利要求16或17所述的视听设备, 其进一步包括:

输入装置 (48), 其经配置以接收输入数据且将所述输入数据传达到所述处理器 (21)。

20. 一种玻璃囊封微型扬声器, 其包括:

形成于接合的第一与第二玻璃衬底 (102、106) 之间的根据权利要求16-19中的任一权利要求所述的机电微型扬声器的阵列 (108),

所述第二玻璃衬底 (102) 包含安置在所述阵列上方的一或多个音响端口 (114)。

21. 根据权利要求20所述的玻璃囊封微型扬声器, 其进一步包括定位在所述第一与第二玻璃衬底 (102、106) 之间的空腔中的集成电路装置 (104), 所述集成电路装置 (104) 经配置以驱动所述机电微型扬声器。

22. 根据权利要求20所述的玻璃囊封微型扬声器, 其中所述阵列 (108) 经配置以连接到外部集成电路装置。

23. 根据权利要求20所述的玻璃囊封微型扬声器, 其中所述第一与第二玻璃衬底 (102、106) 经配置以附接到柔性连接器 (140)。

24. 一种形成微型扬声器的方法, 其包括:

在单个衬底 (305) 上形成牺牲层, 其中所述衬底是平面的;

在所述牺牲层上方形成第一压电致动器 (330);

在所述牺牲层及所述衬底 (305) 上方形成可变形介电层 (325); 以及

移除所述牺牲层以在所述衬底 (305) 与所述可变形介电层 (325) 之间形成扬声器空腔 (304), 使得所述可变形介电层 (325) 横跨所述扬声器空腔 (304), 其中所述扬声器空腔 (304) 为 i) 由所述衬底 (305) 及所述可变形介电层 (325) 界定的密封扬声器空腔, 使得其在所有侧上封闭, 或 ii) 由所述衬底 (305) 及所述可变形介电层 (325) 界定, 使得其实质上在所有侧上封闭。

25. 根据权利要求24所述的方法, 其中在所述牺牲层上方形成所述第一压电致动器 (330) 包含: 在所述牺牲层上方形成第一导电层 (320); 在所述第一导电层 (320) 上方形成第一压电层 (350); 以及在所述第一压电层 (350) 上方形成第二导电层 (340)。

26. 根据权利要求24所述的方法, 其进一步包括在所述牺牲层上方形成第二压电致动

器。

具有压电、导电及介电隔膜的微型扬声器

[0001] 优先权主张

[0002] 本申请案主张2011年11月29日申请且标题为“具有压电、金属及介电隔膜的微型扬声器(MICROSPEAKER WITH PIEZOELECTRIC, METAL AND DIELECTRIC MEMBRANE)”(代理人案号QUALP056US/101716)的第13/306,397号美国专利申请案的优先权,所述美国专利申请案的全文出于所有目的特此以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及机电系统装置,且更明确地说,涉及机电微型扬声器装置。

背景技术

[0004] 机电系统(EMS)包含具有电及机械元件、致动器、换能器、传感器、光学组件(包含镜)及电子装置(electronics)的装置。机电系统可以多种尺度制造,包含(但不限于)微尺度及纳米尺度。举例来说,微机电系统(MEMS)装置可包含大小范围在约一微米到数百微米或以上的结构。纳米机电系统(NEMS)装置可包含大小小于一微米(包含例如小于数百纳米的大小)的结构。可使用沉积、蚀刻、光刻及/或蚀刻掉衬底及/或已沉积材料层的部分或添加层以形成电及机电装置的其它微加工工艺来产生微机械元件。

[0005] 一种类型的EMS装置称为干涉式调制器(IMOD)。术语干涉式调制器或干涉式光调制器是指使用光学干涉原理选择性地吸收及/或反射光的装置。在一些实施例中,IMOD可包含一对导电板,其中的一者或两者可能整体或部分为透明的及/或具有反射性,且能够在施加适当电信号之后即刻进行相对运动。举例来说,一个板可包含沉积在衬底上的固定层,且另一板可包含通过气隙与固定层分离的反射性隔膜。一个板相对于另一者的位置可改变入射在IMOD上的光的光学干涉。IMOD装置具有广泛范围的应用,且预期用于改善现有产品及产生新产品,尤其是具有显示能力的那些产品。

[0006] 另一类型的EMS装置为微型扬声器。微型扬声器可将电信号转换成声波。

发明内容

[0007] 本发明的系统、方法及装置各自具有若干创新方面,其中没有单个方面单独负责本文所揭示的合乎需要的属性。

[0008] 本发明中所描述的标的物的一个创新方面可实施于一种机电微型扬声器元件中。所述微型扬声器元件可包含横跨扬声器空腔的可变形介电隔膜。所述可变形介电隔膜可包含压电致动器及介电层。在将驱动信号施加到压电致动器之后,所述介电层可即刻偏转,从而产生声音。在一些实施方案中,微型扬声器元件的阵列可囊封于玻璃衬底与防护玻璃罩(cover glass)之间。由所述微型扬声器元件产生的声音可经由在所述防护玻璃罩中形成的扬声器栅格而发出。

[0009] 本发明中所描述的标的物的另一创新方面可实施于一种机电微型扬声器中,所述机电微型扬声器包含:衬底;可变形隔膜;以及扬声器空腔,其安置在所述衬底与所述可变

形隔膜之间,使得所述可变形隔膜横跨所述扬声器空腔。所述可变形隔膜可包含夹在第一与第二导电层之间的第一压电层。所述可变形隔膜可进一步包含经配置以在横跨所述第一压电层施加驱动电压时变形的介电层。

[0010] 在一些实施方案中,所述第一压电层可安置在所述介电层与所述衬底之间。在一些实施方案中,所述介电层可安置在所述第一压电层与所述衬底之间。所述第一压电层可具有各种配置。举例来说,所述第一压电层可根据所需实施方案而横跨所述扬声器空腔或仅上覆所述扬声器空腔的一部分。在一些实施方案中,所述第一压电层上覆所述扬声器空腔的外围区。在一些实施方案中,所述第一压电层在所述扬声器空腔上方居中。

[0011] 所述可变形隔膜可进一步包含夹在第三与第四导电层之间的第二压电层。在一些实施方案中,所述第一与第二压电层可位于所述介电层的相对侧上。

[0012] 本发明中所描述的标的物的另一创新方面为一种视听设备,其包含:机电微型扬声器;显示器;以及处理器,其经配置以与所述显示器通信。所述处理器可经配置以处理图像数据。所述设备可包含经配置以与所述处理器通信的存储器装置。所述设备可包含:驱动器电路,其经配置以将至少一个信号发送到所述显示器;以及控制器,其经配置以将所述图像数据的至少一部分发送到所述驱动器电路。所述设备可包含经配置以将所述图像数据发送到所述处理器的图像源模块。所述图像源模块可包含接收器、收发器及发射器中的至少一者。所述设备可包含经配置以接收输入数据且将所述输入数据传达到所述处理器的输入装置。所述处理器可经配置以与所述机电微型扬声器通信。

[0013] 本发明中所描述的标的物的另一创新方面可实施于一种包含压电致动微型扬声器元件的阵列的设备中。所述阵列可形成于第一与第二接合的玻璃衬底之间。每一压电致动微型扬声器元件可包含扬声器空腔及横跨所述扬声器空腔的可变形隔膜。所述可变形隔膜可包含夹在第一与第二导电层之间的第一压电层。所述可变形隔膜可进一步包含经配置以在横跨所述压电层施加驱动电压时变形的介电层。所述设备可包含形成于玻璃衬底中且安置在所述阵列上方的一或多个音响端口。所述设备可包含定位于所述第一与第二玻璃衬底之间的空腔中的集成电路装置。所述集成电路可经配置以驱动所述压电致动微型扬声器元件。所述接合的玻璃衬底可经配置以附接到柔性连接器。

[0014] 本发明中所描述的标的物的又一创新方面可实施于一种形成微型扬声器的方法中。所述方法可包含:在衬底上形成牺牲层;在所述牺牲层上方形成第一压电致动器;在所述牺牲层及所述衬底上方形成可变形介电层;以及移除所述牺牲层以在所述衬底与所述可变形介电层之间形成扬声器空腔,使得可变形介电层横跨所述扬声器空腔。所述方法可包含在所述牺牲层上方形成第二压电致动器。在一些实施方案中,在所述牺牲层上方形成所述第一压电致动器可包含:在所述牺牲层上方形成第一导电层;在所述第一导电层上方形成第一压电层;以及在所述第一压电层上方形成第二导电层。

[0015] 在附图及下文描述中阐述本说明书中描述的标的物的一或多个实施方案的细节。尽管本发明中提供的实例主要是根据基于机电系统(EMS)及微机电系统(MEMS)的显示器而描述,但本文中提供的概念可应用于其它类型的显示器,例如液晶显示器、有机发光二极管(“OLED”)显示器及场发射显示器。其它特征、方面及优点将从描述、图式及权利要求书而变得显而易见。注意,下图的相对尺寸可能不是按比例绘制。

附图说明

- [0016] 图1展示描绘干涉式调制器(IMOD)显示装置的一系列像素中的两个邻近像素的等角视图的实例。
- [0017] 图2展示说明并入有3x3IMOD显示器的电子装置的系统框图的实例。
- [0018] 图3展示说明针对图1的IMOD的可移动反射层位置与施加电压的图的实例。
- [0019] 图4展示说明施用各种共同及片段电压时的IMOD的各种状态的表的实例。
- [0020] 图5A展示说明图2的3x3IMOD显示器中的显示数据的帧的图的实例。
- [0021] 图5B展示用于可用以写入图5A中所说明的显示数据的帧的共同及片段信号的时序图的实例。
- [0022] 图6A展示图1的IMOD显示器的部分横截面的实例。
- [0023] 图6B到6E展示IMOD的变化实施方案的横截面的实例。
- [0024] 图7展示说明IMOD的制造工艺的流程图的实例。
- [0025] 图8A到8E展示制作IMOD的方法中的各个阶段的横截面示意性说明的实例。
- [0026] 图9A到10B展示在具有防护玻璃罩的玻璃衬底上包含微型扬声器阵列的玻璃囊封微型扬声器的实例。
- [0027] 图11展示说明玻璃囊封微型扬声器的制造工艺的流程图的实例。
- [0028] 图12A到17展示包含可变形介电隔膜的机电微型扬声器元件的实例。
- [0029] 图18展示说明微型扬声器元件的制造工艺的流程图的实例。
- [0030] 图19A及19B展示说明包含多个IMOD的显示装置的系统框图的实例。
- [0031] 各个图式中的相同元件符号及名称指示相同元件。

具体实施方式

[0032] 以下描述是针对出于描述本发明的创新方面的目的的某些实施方案。然而,所属领域的技术人员将容易认识到,可以许多不同方式应用本文中的教导。所描述实施方案可实施于可经配置以显示图像(不论运动(例如,视频)还是固定(例如,静态图像),且不论文本、图形还是图片)的任何装置或系统中。更明确地说,预期所描述实施方案可包含在多种电子装置中或与其相关联,所述电子装置例如(但不限于):移动电话、具多媒体因特网功能的蜂窝式电话、移动电视接收器、无线装置、智能电话、Bluetooth®装置、个人数据助理(PDA)、无线电子邮件接收器、手持式或便携式计算机、上网本、笔记本电脑、智能本、平板电脑、打印机、复印机、扫描仪、传真装置、GPS接收器/导航仪、相机、MP3播放器、摄录影机、游戏控制台、腕表、时钟、计算器、电视监视器、平板显示器、电子阅读装置(即,电子阅读器)、计算机监视器、自动显示器(包含里程表及速度计显示器,等)、驾驶舱控制器及/或显示器、相机视野显示器(例如车辆中的后视相机的显示器)、电子照片、电子展板或标志、投影仪、建筑结构、微波炉、冰箱、立体声系统、盒式记录器或播放器、DVD播放器、CD播放器、VCR、无线电、便携式存储器芯片、洗衣机、干燥器、洗衣机/干燥器、停车计时器、封装(例如在机电系统(EMS)、微机电系统(MEMS)及非MEMS应用中)、美学结构(例如,一件珠宝上的图像显示器)及多种EMS装置。本文中的教导还可用于非显示器应用中,例如(但不限于)电子切换装置、射频滤波器、传感器、加速度计、陀螺仪、运动感测装置、磁力计、用于消费型电子

装置的惯性组件、消费型电子产品的零件、变容器、液晶装置、电泳装置、驱动方案、制造工艺及电子测试设备。因而,所述教示并不希望仅限于图中所描绘的实施方案,而实际上具有广阔的可应用性,如所属领域的技术人员将容易明白的。

[0033] 本文所述的一些实施方案涉及机电微型扬声器元件。在一些实施方案中,微型扬声器元件包含安置在衬底与可变形介电隔膜之间的扬声器空腔。所述可变形介电隔膜可包含介电层及一或多个压电致动器。每一压电致动器可包含可将驱动信号施用到的至少一个压电层及电极。所述驱动信号可偏转所述压电层,从而偏转所述介电层,由此产生声音。

[0034] 本文所述的一些实施方案涉及玻璃囊封微型扬声器。在一些实施方案中,玻璃囊封微型扬声器包含玻璃衬底、安置在所述玻璃衬底上的机电微型扬声器元件的阵列,及防护玻璃罩。所述防护玻璃罩可通过例如环氧树脂、玻璃粉等粘着剂或金属结合环结合到所述玻璃衬底。所述防护玻璃罩可包含在将所述防护玻璃罩结合到所述玻璃衬底的表面时形成空腔的凹部。所述防护玻璃罩还可包含安置在微型扬声器元件的所述阵列上方以允许从微型扬声器元件的所述阵列发出声波的扬声器栅格。

[0035] 可实施本发明中所描述的标的物的特定实施方案以认识到以下优点中的一或多个。在一些实施方案中,提供低成本、小大小、低剖面及低功率消耗的微型扬声器。另外,在玻璃衬底上制造的微型扬声器可与也在玻璃衬底上制造的显示器及其它装置兼容,因为所述微型扬声器可与其它装置联合地制造或附接为单独装置,其组合具有良好匹配的热膨胀特性。所使用的材料可导致高热预算,其实现回焊或波峰焊接以将装置附接到印刷电路板。

[0036] 经接合微型扬声器的玻璃盖与玻璃衬底可良好地热匹配。在顶部、侧部或底部中的一或多个音响端口在安装传感器时(例如,在安装于移动电话中以充当扬声器或安装于扬声器阵列中时)时提供灵活性。在一些实施方案中,穿玻璃通孔(through-glass via)允许将微型扬声器直接连接到印刷电路或线路板。在一些实施方案中,柔性连接器可附接到微型扬声器,从而允许电连接到PCB,同时允许微型扬声器定位在例如移动电话壳体等封闭体的外壁或面附近。

[0037] 所描述实施方案可适用的适当EMS或MEMS装置的实例为反射显示装置。反射显示装置可并入干涉调制器(IMOD)以使用光学干涉原理来选择性地吸收及/或反射入射于IMOD上的光。IMOD可包含吸收器、可相对于吸收器而移动的反射器,及界定于吸收器与反射器之间的光学谐振腔。可将反射器移动至两个或两个以上不同位置,此情形可改变光学谐振腔的大小且由此影响IMOD的反射率。IMOD的反射光谱可产生相当宽的光谱带,其可跨越可见波长而移位以产生不同色彩。可通过改变光学谐振腔的厚度来调整光谱带的位置。改变光学谐振腔的一种方式是通过改变反射器的位置。

[0038] 图1展示描绘干涉调制器(IMOD)显示装置的一系列像素中两个邻近像素的等角视图的实例。IMOD显示装置包含一或多个干涉MEMS显示元件。在这些装置中,MEMS显示元件的像素可处于明亮或黑暗状态。在明亮(“松弛”、“开通”或“接通”)状态下,显示元件(例如)向用户反射入射可见光的大部分。相反地,在黑暗(“致动”、“关闭”或“断开”)状态下,显示元件几乎不反射入射可见光。在一些实施方案中,可颠倒接通状态与断开状态的光反射性质。MEMS像素可经配置以主要在特定波长下反射,从而除了允许黑色及白色以外还允许彩色显示。

[0039] IMOD显示装置可包含IMOD的行/列阵列。每一IMOD可包含经定位成彼此相隔可变

且可控制的距离以形成气隙(也被称为光学间隙或空腔)的一对反射层,即,可移动反射层及固定部分反射层。可移动反射层可在至少两个位置之间移动。在第一位置(即,松弛位置)中,可移动反射层可经定位成与固定部分反射层相隔相对大距离。在第二位置(即,致动位置)中,可移动反射层可经定位成更接近于部分反射层。从两个层反射的入射光可取决于可移动反射层的位置而相长地或相消地干涉,从而针对每一像素来产生总体反射或非反射状态。在一些实施方案中,IMOD在未致动时可处于反射状态,从而反射在可见光谱内的光,且在未致动时可处于黑暗状态,从而反射在可见范围之外的光(例如,红外光)。然而,在一些其它实施方案中,IMOD在未致动时可处于黑暗状态,且在致动时可处于反射状态。在一些实施方案中,施加电压的引入可驱动像素以改变状态。在一些其它实施方案中,施加电荷可驱动像素以改变状态。

[0040] 图1中像素阵列的所描绘部分包含两个邻近IMOD12。在左侧的IMOD12(如所说明)中,可移动反射层14经说明为处于与光学堆栈16相隔预订距离的松弛位置,光学堆栈16包含部分反射层。跨越左侧的IMOD12所施加的电压 V_0 不足以造成可移动反射层14的致动。在右侧的IMOD12中,可移动反射层14经说明为处于靠近、邻近光学堆栈16的致动位置。跨越右侧的IMOD12所施加的电压 V_{bias} 足以使可移动反射层14维持处于致动位置。

[0041] 在图1中,用指示入射于像素12上的光的箭头13及从左侧的像素12反射的光15大体上说明像素12的反射性质。尽管未详细说明,但所属领域的技术人员将理解,入射于像素12上的光13中的大部分可朝向光学堆栈16透射通过透明衬底20。入射于光学堆栈16上的光的一部分将透射通过光学堆栈16的部分反射层,且一部分将通过透明衬底20被反射回。透射通过光学堆栈16的光13的部分将在可移动反射层14处朝向(且通过)透明衬底20被反射回。在从光学堆栈16的部分反射层所反射的光与从可移动反射层14所反射的光之间的干涉(相长或相消)将确定从像素12所反射的光15的(若干)波长。

[0042] 光学堆栈16可包含单个层或若干层。所述层可包含电极层、部分反射且部分透射的层及透明介电层中的一或多者。在一些实施方案中,光学堆栈16为导电、部分透明且部分反射的,且可(例如)通过将以上层中的一或多者沉积到透明衬底20上而制造。电极层可由多种材料形成,例如,各种金属(例如,氧化铟锡(ITO))。部分反射层可由部分地反射的多种材料形成,例如,各种金属(例如,铬(Cr))、半导体及电介质。部分反射层可由一或多个材料层形成,且所述层中每一者可由单个材料或材料的组合形成。在一些实施方案中,光学堆栈16可包含充当光学吸收器及导体两者的单个半透明厚度的金属或半导体,而不同的更多导电层或部分(例如,光学堆栈16或IMOD的其它结构的导电层或部分)可用以在IMOD像素之间汇流信号。光学堆栈16还可包含覆盖一或多个导电层的一或多个绝缘或介电层,或导电/吸收层。

[0043] 在一些实施方案中,光学堆栈16的所述层可经图案化成平行条带,且可在显示装置中形成行电极,如下文进一步所描述。所属领域的技术人员将理解,术语“图案化”在本文中用以指代遮蔽以及蚀刻工艺。在一些实施方案中,可将高度导电且反射的材料(例如,铝(Al))用于可移动反射层14,且这些条带可在显示装置中形成列电极。可移动反射层14可经形成为一或若干经沉积金属层的一系列平行条带(正交于光学堆栈16的行电极),以形成沉积于支柱18的顶部的列及沉积于支柱18之间的介入牺牲材料。当蚀刻掉牺牲材料时,经界定间隙19或光学空腔可形成于可移动反射层14与光学堆栈16之间。在一些实施方案中,支

柱18之间的间隔可为大约 $1\mu\text{m}$ 到 $1000\mu\text{m}$,而间隙19可大约小于 $10,000\text{\AA}$ 。

[0044] 在一些实施方案中,IMOD的每一像素(不管处于致动还是松弛状态)基本上为通过固定反射层及移动反射层形成的电容器。当未施加电压时,可移动反射层14保持处于机械松弛状态,如通过图1中左侧的像素12所说明,其中间隙19处于可移动反射层14与光学堆栈16之间。然而,当将电位差(例如,电压)施加到所选择行及列中至少一者时,在对应像素处形成于行电极与列电极的相交部分处的电容器变得充电,且静电力将所述电极牵拉在一起。如果施加电压超过阈值,则可移动反射层14可变形且靠近或相抵于光学堆栈16而移动。光学堆栈16内的介电层(未图示)可防止短路且控制层14与层16之间的分离距离,如通过图1中右侧的致动像素12所说明。不管施加电位差的极性如何,行为皆相同。尽管阵列中的一系列像素可在一些例子中被称为“行”或“列”,但所属领域的技术人员将易于理解,将一方向称为“行”且将另一方向称为“列”是任意的。再声明,在一些定向上,可将行视为列,且将列视为行。此外,显示元件可以正交行及列(“阵列”)予以均匀地配置,或以非线性配置予以配置,例如,具有相对于彼此的某些位置偏移(“马赛克(mosaic)”)。术语“阵列”及“马赛克”可指代任一配置。因此,尽管将显示器称为包含“阵列”或“马赛克”,但元件自身不需要彼此正交地配置,或以均匀散布予以安置,而在任何例子中可包含具有不对称形状及不均匀散布元件的配置。

[0045] 图2展示说明并入 3×3 IMOD显示器的电子装置的系统框图的实例。电子装置包含处理器21,处理器21可经配置以执行一或多个软件模块。除了执行作业系统以外,处理器21还可经配置以执行一或多个软件应用程序,包含web浏览程序、电话应用程序、电子邮件程序或任何其它软件应用程序。

[0046] 处理器21可经配置以与阵列驱动器22通信。阵列驱动器22可包含将信号提供到(例如)显示阵列或面板30的行驱动器电路24及列驱动器电路26。图1所说明的IMOD显示装置的横截面是通过图2中的线1-1展示。尽管图2为了清楚起见而说明IMOD的 3×3 阵列,但显示阵列30可含有极大数目个IMOD,且在行中相比于在列中可具有不同数目个IMOD,且反之亦然。

[0047] 图3展示说明图1的IMOD的可移动反射层位置相对于施加电压的图解的实例。对于MEMS IMOD,行/列(即,共同/片段)写入过程可利用这些装置的滞后性质(如图3所说明)。IMOD可能需要(例如)约10伏特的电位差,以造成可移动反射层或镜面从松弛状态改变到致动状态。当电压从那一值缩减时,随着电压下降回到低于(例如)10伏特,可移动反射层维持其状态,然而,在电压下降到低于2伏特以前,可移动反射层不会完全地松弛。因此,存在一电压范围(如图3所示,大约3伏特到7伏特),其中存在一施加电压窗,在所述施加电压窗内,装置于松弛或致动状态下稳定。此窗在本文中被称为“滞后窗”或“稳定窗”。对于具有图3的滞后特性的显示阵列30,行/列写入过程可经设计成一次寻址一或多个行,使得在给定行的寻址期间,经寻址行中待致动的像素暴露到约10伏特的电压差,且待松弛的像素暴露到近零伏特的电压差。在寻址之后,将像素暴露到大约5伏特的稳定状态或偏压电压差,使得其保持处于先前选通状态。在此实例中,在被寻址之后,每一像素经历在约3伏特到7伏特的“稳定窗”内的电位差。此滞后性质特征使像素设计(例如,图1所说明)能够在相同施加电压条件下于致动或松弛预存在状态下保持稳定。由于每一IMOD像素(无论处于致动还是松弛状态)基本上为通过固定及移动反射层形成的电容器,故可在滞后窗内的稳定电压下保持

此稳定状态,而不实质上消耗或损耗电力。此外,如果施加电压电位保持实质上固定,则基本上几乎没有电流流动到IMOD像素中。

[0048] 在一些实施方案中,可通过根据对给定行中的像素的状态的所要改变(如果存在)沿着列电极集合以“片段”电压的形式施加数据信号来产生图像的帧。可依次寻址阵列的每一行,使得一次一行地写入帧。为了将所要数据写入到第一行中的像素,可将对应于第一行中的像素的所要状态的片段电压施加于列电极上,且可将呈特定“共同”电压或信号的形式的第一行脉冲施加到第一行电极。接着可改变片段电压集合以对应于对第二行中的像素的状态的所要改变(如果存在),且可将第二共同电压施加到第二行电极。在一些实施方案中,第一行中的像素不受到沿着列电极所施加的片段电压的改变的影响,且保持处于其在第一共同电压行脉冲期间被设定到的状态。对于整个系列的行(或者,列),可以依序方式重复此过程以产生图像帧。可通过以每秒某所要数目个帧不断地重复此过程而用新图像数据来再新及/或更新帧。

[0049] 跨越每一像素所施加的片段信号与共同信号的组合(即,跨越每一像素的电位差)确定每一像素的所得状态。图4展示说明当施加各种共同及片段电压时IMOD的各种状态的表格的实例。所属领域的技术人员将易于理解,可将“片段”电压施加到列电极或行电极,且可将“共同”电压施加到列电极或行电极中的另一者。

[0050] 如图4(以及图5B所示的时序图)所说明,当沿着共同线施加释放电压 V_{CREL} 时,沿着共同线的所有IMOD元件将置于松弛状态(或者被称为释放或未致动状态),而不管沿着片段线所施加的电压(即,高片段电压 V_{SH} 及低片段电压 V_{SL})。明确地说,当沿着共同线施加释放电压 V_{CREL} 时,跨越调制器的电位电压(或者被称为像素电压)在沿着用于那一像素的对应片段线施加高片段电压 V_{SH} 及施加低片段电压 V_{SL} 两种情况时皆处于松弛窗(见图3,也称为释放窗)内。

[0051] 当在共同线上施加保持电压(例如,高保持电压 V_{CHOLD_H} 或低保持电压 V_{CHOLD_L})时,IMOD的状态将保持恒定。举例来说,松弛IMOD将保持处于松弛位置,且致动IMOD将保持处于致动位置。可选择保持电压,使得像素电压在沿着对应片段线施加高片段电压 V_{SH} 及施加低片段电压 V_{SL} 两种情况时皆将保持处于稳定窗内。因此,片段电压摆动(即,高片段电压 V_{SH} 与低片段电压 V_{SL} 之间的差)小于正或负稳定窗的宽度。

[0052] 当在共同线上施加寻址或致动电压(例如,高寻址电压 V_{CADD_H} 或低寻址电压 V_{CADD_L})时,可通过沿着相应片段线施加片段电压而沿着那一线将数据选择性地写入到调制器。可选择片段电压,使得致动取决于所施加的片段电压。当沿着共同线施加寻址电压时,一片段电压的施加将在稳定窗内引起像素电压,从而造成像素保持未致动。对比来说,另一片段电压的施加将在稳定窗外引起像素电压,从而引起像素的致动。造成致动的特定片段电压可取决于使用哪一寻址电压而变化。在一些实施方案中,当沿着共同线施加高寻址电压 V_{CADD_H} 时,高片段电压 V_{SH} 的施加可造成调制器保持处于其当前位置,而低片段电压 V_{SL} 的施加可造成调制器的致动。作为一推论,当施加低寻址电压 V_{CADD_L} 时,片段电压的效应可相反,其中高片段电压 V_{SH} 造成调制器的致动,且低片段电压 V_{SL} 不影响调制器的状态(即,保持稳定)。

[0053] 在一些实施方案中,可使用产生跨越调制器的相同极性的电位差的保持电压、寻址电压及片段电压。在一些其它实施方案中,可使用交替调制器的电位差的极性的信号。跨

越调制器的极性的交替(即,写入过程的极性的交替)可缩减或抑制在单个极性的重复写入操作之后可能发生的电荷聚积。

[0054] 图5A展示说明图2的3x3IMOD显示器中显示数据的帧的图解的实例。图5B展示可用以写入图5A所说明的显示数据的帧的共同及片段信号的时序图的实例。可将信号施加到例如图2的3x3阵列,其将最终引起图5A所说明的线时间60e显示配置。图5A中的致动调制器处于黑暗状态,即,其中反射光的实质部分处于可见光谱外部,以便引起对例如检视者的黑暗外观。在写入图5A所说明的帧之前,像素可处于任何状态,但图5B的时序图所说明的写入过程假定每一调制器在第一线时间60a之前已被释放且驻留于未致动状态下。

[0055] 在第一线时间60a期间:将释放电压70施加于共同线1上;施加于共同线2上的电压以高保持电压72开始,且移动到释放电压70;且沿着共同线3施加低保持电压76。因此,沿着共同线1的调制器(共同1,片段1)、(共同1,片段2)及(共同1,片段3)保持处于松弛或未致动状态历时第一线时间60a的持续时间,沿着共同线2的调制器(共同2,片段1)、(共同2,片段2)及(共同2,片段3)将移动到松弛状态,且沿着共同线3的调制器(共同3,片段1)、(共同3,片段2)及(共同3,片段3)将保持处于其先前状态。参看图4,沿着片段线1、2及3所施加的片段电压将不影响IMOD的状态,因为在线时间60a期间(即, V_{CREL} -松弛及 V_{CHOLD_L} -稳定)共同线1、2或3中无一者正暴露到造成致动的电压电平。

[0056] 在第二线时间60b期间,共同线1上的电压移动到高保持电压72,且沿着共同线1的所有调制器保持处于松弛状态,而不管所施加的片段电压,因为无寻址或致动电压施加于共同线1上。沿着共同线2的调制器归因于释放电压70的施加而保持处于松弛状态,且当沿着共同线3的电压移动到释放电压70时,沿着共同线3的调制器(共同3,片段1)、(共同3,片段2)及(共同3,片段3)将松弛。

[0057] 在第三线时间60c期间,通过将高寻址电压74施加于共同线1上来寻址共同线1。因为在此寻址电压的施加期间沿着片段线1及2施加低片段电压64,所以跨越调制器(共同1,片段1)及(共同1,片段2)的像素电压大于调制器的正稳定窗的高端(即,电压差超过预界定阈值),且调制器(共同1,片段1)及(共同1,片段2)被致动。相反地,因为沿着片段线3施加高片段电压62,所以跨越调制器(共同1,片段3)的像素电压小于调制器(共同1,片段1)及(共同1,片段2)的像素电压,且保持处于调制器的正稳定窗内;调制器(共同1,片段3)因此保持松弛。也在线时间60c期间,沿着共同线2的电压减小到低保持电压76,且沿着共同线3的电压保持处于释放电压70,从而使沿着共同线2及3的调制器处于松弛位置。

[0058] 在第四线时间60d期间,共同线1的电压返回到高保持电压72,从而使沿着共同线1的调制器处于其相应寻址状态。共同线2上的电压减小到低寻址电压78。因为沿着片段线2施加高片段电压62,所以跨越调制器(共同2,片段2)的像素电压低于调制器的负稳定窗的下端,从而造成调制器(共同2,片段2)致动。相反地,因为沿着片段线1及3施加低片段电压64,所以调制器(共同2,片段1)及(共同2,片段3)保持处于松弛位置。共同线3上的电压增大到高保持电压72,从而使沿着共同线3的调制器处于松弛状态。

[0059] 最后,在第五线时间60e期间,共同线1上的电压保持处于高保持电压72,且共同线2上的电压保持处于低保持电压76,从而使沿着共同线1及2的调制器处于其相应寻址状态。共同线3上的电压增大到高寻址电压74以寻址沿着共同线3的调制器。由于将低片段电压64施加于片段线2及3上,所以调制器(共同3,片段2)及(共同3,片段3)致动,而沿着片段线1所

施加的高片段电压62造成调制器(共同3,片段1)保持处于松弛位置。因此,在第五线时间60e结束时,3x3像素阵列处于图5A所示的状态,且将保持处于那一状态,只要沿着共同线施加保持电压即可,而不管在正寻址沿着其它共同线(未图示)的调制器时可能发生的片段电压的变化。

[0060] 在图5B的时序图中,给定写入过程(即,线时间60a到60e)可包含使用高保持及寻址电压或低保持及寻址电压。一旦已针对给定共同线完成写入过程(且将共同电压设定为极性相同于致动电压的极性的保持电压),像素电压随即保持处于给定稳定窗内,且在将释放电压施加于那一共同线上以前不会传递通过松弛窗。此外,由于在寻址调制器之前,作为写入过程的部分而释放每一调制器,因此调制器的致动时间(而非释放时间)可确定必要的线时间。具体来说,在其中调制器的释放时间大于致动时间的实施方案中,可施加释放电压历时长于单个线时间的时间,如图5B所描绘。在一些其它实施方案中,沿着共同线或片段线所施加的电压可变化以考量不同调制器(例如,不同色彩的调制器)的致动及释放电压的变化。

[0061] 根据上文所阐述的原理而操作的IMOD的结构细节可广泛地变化。举例来说,图6A到6E展示IMOD(包含可移动反射层14及其支撑结构)的不同实施方案的横截面的实例。图6A展示图1的IMOD显示器的部分横截面的实例,其中金属材料条带(即,可移动反射层14)沉积于从衬底20正交地延伸的支撑件18上。在图6B中,每一IMOD的可移动反射层14通常为正方形或矩形形状,且在系栓32上于转角处或靠近转角而附接到支撑件。在图6C中,可移动反射层14通常为正方形或矩形形状,且从可变形层34悬置,可变形层34可包含柔性金属。可变形层34围绕可移动反射层14的周界可直接地或间接地连接到衬底20。这些连接在本文中被称为支撑支柱。图6C所示的实施方案具有从可移动反射层14的光学功能与可移动反射层14的机械功能解耦中获得的额外益处,所述机械功能是通过可变形层34执行。此解耦允许彼此独立地优化用于反射层14的结构设计及材料与用于可变形层34的结构设计及材料。

[0062] 图6D展示IMOD的另一实例,其中可移动反射层14包含反射子层14a。可移动反射层14搁置于例如支撑支柱18等支撑结构上。支撑支柱18提供可移动反射层14与下部静止电极(即,所说明IMOD中的光学堆栈16的部分)的分离,使得(例如)当可移动反射层14处于松弛位置时,间隙19形成于可移动反射层14与光学堆栈16之间。可移动反射层14也可包含可经配置以充当电极的导电层14c,及支撑层14b。在此实例中,导电层14c安置于远离衬底20的支撑层14b的一侧上,且反射子层14a安置于接近衬底20的支撑层14b的另一侧上。在一些实施方案中,反射子层14a可为导电的,且可安置于支撑层14b与光学堆栈16之间。支撑层14b可包含介电材料(例如,氮氧化硅(SiON)或二氧化硅(SiO₂))的一或多个层。在一些实施方案中,支撑层14b可为层堆栈,例如,SiO₂/SiON/SiO₂三层堆栈。反射子层14a及导电层14c中任一者或其两者可包含(例如)具有约0.5%铜(Cu)的铝(Al)合金,或另一反射金属材料。在介电支撑层14b上方及下方使用导电层14a、14c可平衡应力且提供增强型导电。在一些实施方案中,出于多种设计目的(例如,在可移动反射层14内实现特定应力剖面),反射子层14a及导电层14c可由不同材料形成。

[0063] 如图6D所说明,一些实施方案也可包含黑色遮罩结构23。黑色遮罩结构23可形成于光学非作用中区带中(例如,在像素之间或在支柱18之下)以吸收周围光或杂散光。黑色遮罩结构23也可通过抑制光从显示器的非作用中部分反射或透射通过显示器的非作用中

部分来改善显示装置的光学性质,由此增大对比率。另外,黑色遮罩结构23可为导电的,且经配置以充当电汇流层(electrical bussing layer)。在一些实施方案中,行电极可连接到黑色遮罩结构23以缩减经连接行电极的电阻。可使用包含沉积及图案化技术的多种方法来形成黑色遮罩结构23。黑色遮罩结构23可包含一或多个层。举例来说,在一些实施方案中,黑色遮罩结构23包含充当光学吸收器的钼-铬(MoCr)层、SiO₂层,及充当反射器及汇流层的铝合金,其中厚度的范围分别为约30 Å到80 Å、500 Å到1000 Å及500 Å到6000 Å。一或多个层可使用多种技术予以图案化,所述技术包含光刻及干式蚀刻,包含(例如)用于MoCr及SiO₂层的四氟化碳(CF₄)及/或氧(O₂),及用于铝合金层的氯(Cl₂)及/或三氯化硼(BCl₃)。在一些实施方案中,黑色遮罩23可为标准具(etalon)或干涉堆叠结构。在这些干涉堆叠黑色遮罩结构23中,可使用导电吸收器以在每一行或列的光学堆栈16中的下部静止电极之间发射或汇流信号。在一些实施方案中,间隔层35可用以大体上使吸收器层16a与黑色遮罩23中的导电层电隔离。

[0064] 图6E展示IMOD的另一实例,其中可移动反射层14是自支撑的。与图6D对比,图6E的实施方案不包含支撑支柱18。实际上,可移动反射层14在多个部位处接触下伏光学堆栈16,且可移动反射层14的曲率提供足够支撑,使得当跨越IMOD的电压不足以造成致动时,可移动反射层14返回到6E的未致动位置。此处为了清楚起见而展示可含有多个若干不同层的光学堆栈16,其包含光学吸收器16a及电介质16b。在一些实施方案中,光学吸收器16a可充当固定电极且充当部分反射层两者。

[0065] 在例如图6A到6E所示的实施方案等实施方案中,IMOD充当直视装置,其中从透明衬底20的前侧(即,与经配置有调制器的侧相对置的侧)检视图像。在这些实施方案中,装置的背部分(即,在可移动反射层14后方的显示装置的任何部分,包含(例如)图6C所说明的可变形层34)可被配置及操作,而不影响或负面地影响显示装置的图像质量,因为反射层14光学地屏蔽所述装置的那些部分。举例来说,在一些实施方案中,在可移动反射层14后方可包含总线结构(未图示说明),此情形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,电压寻址及由此寻址引起的移动。另外,图6A到6E的实施方案可简化例如图案化等处理。

[0066] 图7展示说明用于IMOD的制造过程80的流程图的实例,且图8A到8E展示此制造过程80的对应阶段的横截面示意性说明的实例。在一些实施方案中,除了图7中未图示的其它框以外,制造过程80也可经实施以制造(例如)图1及6所说明的一股类型的IMOD。参看图1、6及7,过程80在框82处开始,其中在衬底20上方形成光学堆栈16。图8A说明形成于衬底20上方的此光学堆栈16。衬底20可为例如玻璃或塑料等透明衬底,其可为柔性的或相对硬质且不弯曲的,且可能已经受先前预备过程(例如,清洁)以促进光学堆栈16的有效率形成。如上文所论述,光学堆栈16可为导电、部分透明且部分反射的,且可(例如)通过将具有所要性质的一或多个层沉积到透明衬底20上而制造。在图8A中,光学堆栈16包含具有子层16a及16b的多层结构,但在一些其它实施方案中可包含更多或更少子层。在一些实施方案中,子层16a、16b中的一者可经配置有光学吸收及导电性质两者(例如,组合式导体/吸收器子层16a)。另外,子层16a、16b中的一或多者可经图案化成平行条带,且可在显示装置中形成行电极。此图案化可通过此项技术中已知的遮蔽及蚀刻工艺或另一适当过程执行。在一些实施方案中,子层16a、16b中的一者可为绝缘或介电层,例如,沉积于一或多个金属层(例如,

一或多个反射及/或导电层)上方的子层16b。另外,光学堆栈16可经图案化成形成显示器的行的个别及平行条带。

[0067] 过程80在框84处继续,其中在光学堆栈16上方形成牺牲层25。稍后移除牺牲层25(例如,在框90处)以形成空腔19,且因此,图1所说明的所得IMOD12中未展示牺牲层25。图8B说明包含形成于光学堆栈16上方的牺牲层25的已部分制造装置。在光学堆栈16上方形成牺牲层25可包含以经选择以在后续移除之后提供具有所要设计大小之间隙或空腔19(也见图1及8E)的厚度来沉积例如钼(Mo)或非晶硅(Si)等二氟化氙(XeF_2)可蚀刻材料。可使用例如物理气相沉积(PVD,例如,溅镀)、等离子体增强型化学气相沉积(PECVD)、热化学气相沉积(热CVD)或旋涂等沉积技术来执行牺牲材料的沉积。

[0068] 过程80在框86处继续,其中形成支撑结构,例如,如图1、图6及8C所说明的支柱18。支柱18的形成可包含图案化牺牲层25以形成支撑结构孔隙,接着使用例如PVD、PECVD、热CVD或旋涂等沉积方法将材料(例如,聚合物或无机材料,例如,氧化硅)沉积到孔隙中以形成支柱18。在一些实施方案中,形成于牺牲层中的支撑结构孔隙可通过牺牲层25及光学堆栈16两者而延伸到下伏衬底20,使得支柱18的下端接触衬底20,如图6A所说明。或者,如图8C所描绘,形成于牺牲层25中的孔隙可延伸穿过牺牲层25,但不穿过光学堆栈16。举例来说,图8E说明接触光学堆栈16的上部表面的支撑支柱18的下端。可通过将支撑结构材料层沉积于牺牲层25上方且图案化经定位成远离牺牲层25中的孔隙的支撑结构材料的部分来形成支柱18或其它支撑结构。支撑结构可定位于孔隙内(如图8C所说明),但也可至少部分在牺牲层25的一部分上方延伸。如上文所提及,牺牲层25及/或支撑支柱18的图案化可通过图案化及蚀刻过程执行,但也可通过替代蚀刻方法执行。

[0069] 过程80在框88处继续,其中形成可移动反射层或隔膜,例如,图1、6及8D所说明的可移动反射层14。可通过使用一或多个沉积步骤(例如,反射层(例如,铝、铝合金)沉积)连同一或多个图案化、遮蔽及/或蚀刻步骤来形成可移动反射层14。可移动反射层14可为导电的,且被称为导电层。在一些实施方案中,可移动反射层14可包含多个子层14a、14b、14c,如图8D所示。在一些实施方案中,所述子层中的一或多者(例如,子层14a、14c)可包含针对其光学性质所选择的高反射子层,且另一子层14b可包含针对其机械性质所选择的机械子层。由于牺牲层25仍存在于在框88处所形成的已部分制造IMOD中,故可移动反射层14在此阶段通常不可移动。含有牺牲层25的已部分制造IMOD在本文中也可被称为“未释放”IMOD。如上文结合图1所描述,可移动反射层14可经图案化成形成显示器的行的个别及平行条带。

[0070] 过程80在框90处继续,其中形成空腔,例如,如图1、6及8E所说明的空腔19。可通过将牺牲材料25(在框84处所沉积)暴露到蚀刻剂来形成空腔19。举例来说,例如Mo或非晶Si的可蚀刻牺牲材料可通过干式化学蚀刻移除,例如,通过将牺牲层25暴露到气态或汽化蚀刻剂(例如,得自固体 XeF_2 的蒸气)历时一时间周期,所述时间周期有效于移除所要量的材料(通常相对于环绕空腔19的结构被选择性地移除)。还可使用其它蚀刻方法(例如,湿式蚀刻及/或等离子体蚀刻)。由于在框90期间移除牺牲层25,故可移动反射层14在此阶段之后通常可移动。在移除牺牲材料25之后,所得的已完全或部分制造IMOD在本文中可被称为“释放”IMOD。

[0071] EMS装置的另一实例为微型扬声器。在一些实施方案中,可将一个、两个或多个微型扬声器安装、接合或以其它方式连接到一或多个例如IMOD显示装置等EMS装置。在一些实

施方案中,可将一个、两个或多个微型扬声器制造为IMOD显示装置的部分。

[0072] 图9A及9B展示在具有防护玻璃罩的玻璃衬底上包含微型扬声器阵列的玻璃囊封微型扬声器的实例。图9A展示玻璃囊封微型扬声器的分解图的实例。图9B展示图9A中所示的玻璃囊封微型扬声器的简化等角视图的实例。为了清楚起见,图9A中所示的一些组件未在图9B中展示。

[0073] 图9A及9B的实例中所示的玻璃囊封微型扬声器100包含防护玻璃罩102、集成电路装置104、玻璃衬底106、微型扬声器阵列108,及接合环110。尽管防护玻璃罩102及玻璃衬底106在图9A及9B以及一些其它图中描绘为透明的,但防护玻璃罩及玻璃衬底可为透明或非透明的。举例来说,防护玻璃罩及玻璃衬底可经粗糙化、经涂布、经喷漆或以其它方式使得不透明。

[0074] 防护玻璃罩可为具有两个主要实质上平行的表面及一或多个凹部的平坦衬底。防护玻璃罩102包含凹部112,如图9A中所示。当防护玻璃罩102结合到玻璃衬底106时,形成空腔113,如图9B中所示。空腔113为可容纳玻璃囊封微型扬声器100的不同组件的容积。图9A及9B的实例中的空腔113容纳集成电路装置104及微型扬声器阵列108。

[0075] 在一些实施方案中,防护玻璃罩102的长度及宽度可与玻璃衬底106的长度及宽度相同或大致相同。举例来说,防护玻璃罩的长度可为约1到5mm,且防护玻璃罩的宽度可为约1到5mm。在一些实施方案中,防护玻璃罩与玻璃衬底可具有大致相同的尺寸,且可为矩形或正方形。在一些实施方案中,防护玻璃罩与玻璃衬底可具有大致相同的尺寸,且可为圆形、椭圆形,或另一形状。在各种实施方案中,防护玻璃罩可为约50到700微米厚,例如约100到300微米厚、约300到500微米厚,或约500微米厚。

[0076] 集成电路装置104可经配置以提供输入到微型扬声器阵列108,且可安置在玻璃衬底106上。在一些实施方案中,集成电路装置104可为专用集成电路(ASIC)。在图9A及9B的实例中,集成电路装置104为结合到玻璃衬底106上的顶侧结合垫127a的倒装芯片。在一些实施方案中,集成电路装置104可线结合到结合垫或制造于玻璃衬底106的表面上。

[0077] 玻璃衬底106为具有两个实质上平行表面、顶表面126a及底表面126b的大体平坦衬底。穿玻璃通孔122穿过玻璃衬底106在顶表面126a与底表面126b的部分之间提供导电路径。顶表面126a上的导电顶侧迹线124将穿玻璃通孔122连接到顶侧结合垫127a,顶侧结合垫127a提供到集成电路装置104的电连接。底表面126b上的底侧结合垫127b提供到穿玻璃通孔122的底侧电连接。微型扬声器阵列108及集成电路装置104可直接地或通过玻璃衬底106上的导电顶侧迹线124间接地电连接到穿玻璃通孔122中的一或多个者。在所展示实例中,导电顶侧迹线128将微型扬声器阵列108连接到结合垫129;结合垫129可用于连接到集成电路装置104。穿玻璃通孔122因而提供从玻璃衬底106的一侧上的一或多个迹线、结合垫、集成电路装置、微型扬声器元件及/或其它组件到对置侧上的一或多个迹线、结合垫及/或其它组件的直接电连接。与玻璃衬底106相关联的穿玻璃通孔122、导电顶侧迹线124以及顶侧及底侧结合垫127a及127b的特定布置为一个可能布置的实例,其它布置根据所需实施方案是可能的。

[0078] 在图9A及9B中所示的实例中,接合环110围绕穿玻璃通孔122、导电顶侧迹线124及顶侧结合垫127a。在一些实施方案中,接合环110可上覆导电顶侧迹线124中的一些及/或穿玻璃通孔122中的一些。玻璃衬底及导电穿玻璃通孔的进一步描述可见于2011年3月15日申

请的标题为“薄膜穿玻璃通孔及其形成方法 (THIN FILM THROUGH-GLASS VIA AND METHODS FOR FORMING SAME)”的第13/048,768号美国专利申请案及2011年8月30日申请的标题为“模切穿玻璃通孔及其形成方法 (DIE-CUT THROUGH-GLASS VIA AND METHODS FOR FORMING SAME)”的第13/221,677号美国专利申请案中,所述两申请案特此以引用的方式并入。

[0079] 在一些实施方案中,可钝化顶表面126a上的导电顶侧迹线124的暴露于外部环境的部分。举例来说,可通过钝化层(例如氧化物或氮化物的涂层)钝化导电顶侧迹线。钝化层可防止导电顶侧迹线被氧化且从而可能致使玻璃囊封微型扬声器100失效。钝化层可通过CVD工艺或PVD工艺或其它适当沉积技术来沉积。另外,还可钝化玻璃囊封微型扬声器100的其它暴露金属表面。

[0080] 在一些实施方案中,玻璃衬底106的长度可为约1到5mm,且玻璃衬底106的宽度可为约1到5mm。在各种实施方案中,玻璃衬底106可为约50到700微米厚,例如约100到300微米厚、约300到500微米厚,或约500微米厚。

[0081] 接合环110将防护玻璃罩102结合到玻璃衬底106。接合环110可以任何适当方式成形,且大体上经成形及定大小以对应于待接合的防护玻璃罩102及玻璃衬底106。接合环110可包含任何数目的不同接合材料。在一些实施方案中,接合环110可为粘着剂。举例来说,接合环110可为环氧树脂,包含紫外线(UV)可固化环氧树脂或热可固化环氧树脂。在一些实施方案中,接合环110可为玻璃粉结合环。在一些实施方案中,接合环110可为金属结合环。金属结合环可包含可焊冶金、共晶冶金、焊膏或类似者。可焊冶金的实例包含镍/金(Ni/Au)、镍/钯(Ni/Pd)、镍/钯/金(Ni/Pd/Au)、铜(Cu),及金(Au)。共晶金属结合涉及在防护玻璃罩102与玻璃衬底106之间形成共晶合金层。可使用的共晶合金的实例包含铟/铋(InBi)、铜/锡(CuSn),及金/锡(AuSn)。这些共晶合金的熔融温度对于InBi共晶合金为约150℃,对于CuSn共晶合金为约225℃,且对于AuSn共晶合金为约305℃。

[0082] 微型扬声器阵列108可形成于玻璃衬底106上或附接到玻璃衬底106。微型扬声器阵列108可包含任何数目的个别微型扬声器元件。举例来说,微型扬声器阵列108可包含1x1、1x2、2x2、10x10或10x20的个别微型扬声器元件阵列。在一些实施方案中,每一微型扬声器元件包含在例如从集成电路装置104接收到驱动信号时偏转的可变形介电隔膜。下文相对于图12A到17描述微型扬声器元件的实施方案的进一步细节。变形的隔膜产生声波,所述声波经由防护玻璃罩102中的扬声器栅格115发出。扬声器栅格115包含延伸穿过防护玻璃罩102的多个音响端口114,声波可经由所述音响端口114发射到例如用户。在一些实施方案中,变形的隔膜可产生频率在约20Hz与20,000Hz之间或为其部分的声音。在一些实施方案中,微型扬声器或微型扬声器阵列可经定大小及驱动以产生高达40,000Hz及较高的超声波。

[0083] 扬声器栅格115允许声波从微型扬声器阵列108传递,同时又允许防护玻璃罩102保护玻璃囊封微型扬声器100的内部组件。扬声器栅格115中的音响端口114可呈数个不同配置,包含布置成例如六边形、圆形或正方形阵列的单个孔或多个孔。音响端口114还可呈数个不同形状中的任一者,包含例如圆形、矩形,或三角形形状。在一些实施方案中,音响端口114经设计使得其并不充当用于待由玻璃囊封微型扬声器100发出的频率范围中的声波的音响截止(acoustic cutoff)。举例来说,音响端口114中的每一者的直径可足够大,且音响端口114中的每一者的深度可足够浅以允许传递适当地低、中等及高频率声音同时复制

出低频率的声波。孔的实例直径的范围从在低侧上的约10到30微米到高侧上的500微米以上。在一些实施方案中,音响端口114可用疏水性材料涂布。疏水性涂层的实例包含聚四氟乙烯及其它氟聚合物。

[0084] 图10A及10B展示在具有防护玻璃罩的玻璃衬底上包含微型扬声器阵列的玻璃囊封微型扬声器的另一实例。图10A展示玻璃囊封微型扬声器的分解图的实例。图10B展示图10A中所示的玻璃囊封微型扬声器的等角视图的实例。

[0085] 图10A及10B中所示的玻璃囊封微型扬声器100包含防护玻璃罩102、集成电路装置104、玻璃衬底106、微型扬声器阵列108,及接合环110。防护玻璃罩102包含凹部112及包含穿玻璃音响端口114的扬声器栅格115。当防护玻璃罩102结合到玻璃衬底106时,通过凹部112形成空腔113。

[0086] 玻璃衬底106为具有两个实质上平行表面、顶表面126a及底表面126b的实质上平坦衬底。凸缘(ledge)132允许电连接到由防护玻璃罩102封闭的顶表面126a的部分。顶表面126a上的导电顶侧迹线124将顶侧结合垫127a连接到凸缘垫127c。顶侧结合垫127a可用于连接到集成电路装置104。微型扬声器阵列108及集成电路装置104可直接地或通过玻璃衬底106上的导电顶侧迹线124间接地电连接到凸缘垫127c中的一或多个。在所展示实例中,导电顶侧迹线128将微型扬声器阵列108连接到结合垫129,其中结合垫129将微型扬声器阵列108连接到集成电路装置104。导电顶侧迹线124及128因而提供从可由防护玻璃罩102封闭的一或多个结合垫127a及129、集成电路装置104、微型扬声器阵列108或其它组件到一或多个凸缘垫127c或其它组件的电连接。与玻璃衬底106相关联的导电迹线、结合垫及凸缘垫的特定布置为一个可能布置的实例,其它布置根据所需实施方案是可能的。

[0087] 在一些实施方案中,可钝化顶表面126a上的导电顶侧迹线124及/或128的暴露于外部环境的部分。举例来说,可通过钝化层(例如氧化物或氮化物的涂层)钝化导电顶侧迹线124及/或128。

[0088] 接合环110将防护玻璃罩102结合到玻璃衬底106。接合环110可包含任何数目的不同结合材料,如上文相对于图9A及9B所描述。在一些实施方案中,当接合环110为将防护玻璃罩102结合到玻璃衬底106的金属结合环时,将顶侧结合垫127a电连接到凸缘垫127c的导电顶侧迹线124可与所述金属结合环电绝缘。举例来说,导电顶侧迹线124可通过钝化层而电绝缘,如上文所描述。

[0089] 图10A及10B中所示的玻璃囊封微型扬声器100可进一步包含柔性连接器140,其还称为带型缆线、柔性排线或松紧带。柔性连接器140可包含嵌入有电连接件的聚合物膜,所述电连接件例如彼此平行地在相同平坦平面上延行的导线或迹线。柔性连接器140还可包含在一个末端处的柔性垫及在另一末端处的触点,其中导线或迹线电连接个别柔性垫与个别触点。柔性垫可在柔性连接器140的底表面上,且未在图10A或10B中展示。柔性垫可经配置以与凸缘垫127c接触。在一些实施方案中,柔性连接器140的柔性垫可通过各向异性导电膜(ACF)结合到玻璃囊封微型扬声器100的凸缘垫127c。在一些实施方案中,柔性连接器140的柔性垫可通过焊料结合到玻璃囊封微型扬声器100的凸缘垫127c。柔性连接器140的触点可组装在插口或其它连接器中以例如用于连接到印刷电路板(PCB)或其它电子组件。

[0090] 在一些实施方案中,具有用于连接到柔性连接器140的凸缘132的玻璃囊封微型扬声器100可允许玻璃囊封微型扬声器100位于远离PCB或其它电子组件处。当玻璃囊封微型

扬声器100位于远离PCB或其它电子组件处时,PCB可封闭在耐水封闭体内,从而改善并有玻璃囊封微型扬声器及PCB的电子装置的可靠性。另外,柔性连接器140可允许玻璃囊封微型扬声器100安装在需要声音产生的地点附近,例如安装在耳内头戴式耳机中或例如手机等移动装置的外围处。举例来说,玻璃囊封微型扬声器100可位于用户的耳内头戴式耳机中,其中IC装置中的相关联控制电子装置中的一些或全部位于耳朵外部。柔性连接器的使用还可消除对穿过玻璃衬底的电通孔的需要,其可简化玻璃囊封微型扬声器100的制造工艺。

[0091] 可进行对参考图9A到10B描述的玻璃囊封微型扬声器的实例的各种修改。在一些实施方案中,举例来说,玻璃囊封微型扬声器的防护玻璃罩可包含两个凹部,使得在防护玻璃罩结合到玻璃衬底时,形成两个空腔。在一些实施方案中,这两个空腔中的一者可容纳集成电路装置,且另一者容纳微型扬声器阵列。在一些实施方案中,接合环可将集成电路装置与微型扬声器阵列分开。在一些实施方案中,玻璃囊封微型扬声器可不包含安置在防护玻璃罩与玻璃衬底之间的集成电路装置。在一些实施方案中,微型扬声器阵列可由安装在例如柔性连接器或PCB上的外部集成电路装置驱动。在一些实施方案中,例如穿玻璃通孔、导电迹线及垫等组件可包含在防护玻璃罩上或穿过防护玻璃罩(替代在玻璃衬底上或穿过玻璃衬底的此些组件或除此些组件之外)。在一些实施方案中,玻璃囊封微型扬声器可包含在防护玻璃罩中的大侧部端口替代扬声器栅格。可与本文中描述的玻璃囊封微型扬声器一起实施的玻璃封装的进一步特征给出于各自标题为“作为衬底材料的玻璃以及用于MEMS及IC装置的最终封装 (GLASS AS A SUBSTRATE MATERIAL AND A FINAL PACKAGE FOR MEMS AND IC DEVICES)”且在2011年8月30日申请的第13/221,701号、第13/221,717号及第13/221,744号共同待决的美国专利申请案中,所述美国专利申请案特此以引用的方式并入。

[0092] 图11展示说明玻璃囊封微型扬声器的制造工艺的流程图的实例。在工艺200的框202处,提供在玻璃衬底的表面上具有机电微型扬声器阵列的玻璃衬底。除微型扬声器阵列之外,例如接合环、导电迹线、垫、通孔、凸缘垫及类似者等的任何数目的其它组件还可存在于玻璃衬底的任何表面上或穿过玻璃衬底。下文相对于图18论述用于在玻璃衬底的表面上形成微型扬声器元件的制造工艺的实例。玻璃衬底还可具有安置在玻璃衬底的表面上的集成电路装置。举例来说,集成电路装置可直接制造于玻璃衬底的表面上,或作为单独组件添加且附接到玻璃衬底。如果存在,则集成电路装置可经配置以驱动微型扬声器阵列。在框204处,将包含凹部及扬声器栅格的防护玻璃罩结合到玻璃衬底的表面。凹部及扬声器栅格可例如通过化学蚀刻工艺、反应性离子蚀刻工艺或喷砂工艺而先前形成。在一些实施方案中,可通过使用例如紫外线或准分子激光的激光钻孔工艺形成扬声器栅格的端口。在一些实施方案中,可在形成凹部之后形成音响端口。举例来说,可通过蚀刻工艺在防护玻璃罩中形成凹部,其中防护玻璃罩的经蚀刻部分的所得厚度的实例在约200到300微米之间。可通过激光钻孔形成延伸穿过防护玻璃罩的经蚀刻部分的端口。激光钻出的端口的实例直径可在约10与30微米之间。如上文所描述,防护玻璃罩可通过可包含任何数目的不同结合材料的接合环结合到玻璃衬底。在一些实施方案中,防护玻璃罩通过粘着剂结合到玻璃衬底。在一些实施方案中,防护玻璃罩通过UV可固化环氧树脂或热可固化环氧树脂结合到玻璃衬底。当使用环氧树脂来将防护玻璃罩结合到玻璃衬底时,可围绕防护玻璃罩或玻璃衬底的边缘遮挡或施配环氧树脂。接着,防护玻璃罩与玻璃衬底可对准并按压在一起,且可将UV光或热施加到环氧树脂以固化所述环氧树脂。

[0093] 在一些实施方案中,防护玻璃罩通过玻璃粉结合环结合到玻璃衬底。可使用施配、阴影遮蔽(shadow masking)或其它适当技术将玻璃粉施加到玻璃衬底、防护玻璃罩或两者。当使用玻璃粉结合环来将防护玻璃罩结合到玻璃衬底时,可将热及压力施加到防护玻璃罩、玻璃衬底及所述玻璃粉结合环(当这些组件彼此接触而使得玻璃粉结合环熔化且结合两个玻璃片时)。

[0094] 在一些实施方案中,防护玻璃罩通过金属结合环结合到玻璃衬底。当使用金属结合环来将防护玻璃罩结合到玻璃衬底时,可将热施加到防护玻璃罩、玻璃衬底及所述金属结合环(当这些组件彼此接触而使得金属结合环熔化且将两个玻璃片结合在一起时)。

[0095] 尽管工艺200描述玻璃囊封微型扬声器的制造工艺的实例,但可在有变化或没有变化的情况下通过工艺200制造多个玻璃囊封微型扬声器。举例来说,数十、数百、数千或更多微型扬声器阵列可提供在单个玻璃衬底面板上。同样,数十、数百、数千或更多凹部及扬声器栅格可提供于单个防护玻璃罩面板中。防护玻璃罩面板可结合到玻璃衬底面板的表面,从而形成个别地封装的玻璃囊封微型扬声器的薄片。玻璃囊封微型扬声器可接着例如通过用钢锯条或激光切分、通过划线及断裂工艺或用以切割接合的防护玻璃罩及玻璃衬底面板的其它适当技术彼此分离。

[0096] 如上文所指出,微型扬声器阵列可包含任何数目的个别微型扬声器元件。阵列中的个别微型扬声器元件可布置成行及列或不规则地布置而使得总体阵列呈多边形、圆、框架、环的形状或另一形状。在一些实施方案中,每一微型扬声器元件包含可在接收到驱动电压信号之后即刻偏转的可变形介电隔膜。图12A到17展示包含可变形介电隔膜的机电微型扬声器元件的实例。图12A及12B展示机电微型扬声器元件的实例。图12A展示微型扬声器元件300的俯视图的实例。图12B展示微型扬声器元件300的穿过图12A的线1-1的横截面示意图的实例。图12A及12B中所示的微型扬声器元件300包含衬底305以及包含介电层325及一或多个压电致动器330的可变形介电隔膜310。压电致动器330可包含夹在第一电极320与第二电极340之间的压电材料350。扬声器空腔304安置在衬底305与可变形介电隔膜310之间。在操作中,可跨越第一电极320与第二电极340施加驱动电压以偏转压电材料350。介电层325随后偏转,从而产生声音。导电迹线335可将第一及第二电极320及340连接到可位于衬底305上或离开衬底305的驱动器电路(未图示)。在其中微型扬声器元件300为一阵列多个微型扬声器元件中的一者的实施方案中,微型扬声器元件300可与阵列的其它微型扬声器元件并行连接,例如与电连接到下部电极的第一电极320及电连接到其它微型扬声器元件的压电致动器的上部电极的第二电极340并行连接。此外,在其中微型扬声器元件300为一阵列多个微型扬声器元件中的一者的实施方案中,每一微型扬声器元件300可同相驱动或具有相位延迟且具有相同振幅或不同振幅。

[0097] 在一些实施方案中,衬底305可为如上文参考图9A到10B所描述的玻璃衬底106。即,微型扬声器元件300可制造于形成如上文所描述的玻璃囊封微型扬声器的部分的玻璃衬底上。在一些实施方案中,微型扬声器元件300可制造于玻璃衬底上,其中所述玻璃衬底并入到如上文所描述的玻璃囊封微型扬声器中或以其它方式封装。在一些实施方案中,衬底305可为例如塑料、陶瓷、硅或导电衬底等非玻璃衬底,其中所述非玻璃衬底并入到如上文所描述的玻璃囊封微型扬声器中或以其它方式封装。在一些实施方案中,衬底305的至少界定扬声器空腔304的部分实质上平坦且可未经蚀刻。或者,衬底305的一部分可经蚀刻或

以其它方式成形以在可变形介电隔膜310下部形成音响空腔。

[0098] 在图12A中所描绘的实例中,可变形介电隔膜310为圆形,然而,在一些其它实施方案中,可变形介电隔膜310可为包含矩形、三角形、正方形或椭圆形的任何适当形状。可使用的介电材料的实例包含氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、氮化铝,及氧化铝。介电层325的厚度可例如在1与10微米之间。扬声器空腔304的厚度可例如在约1与5微米之间。可变形介电隔膜310在扬声器空腔304上方延伸的距离(还称为可变形介电隔膜310的跨距)在一些实施方案中可在约100与3000微米之间。可变形介电隔膜310的外围环形区336可锚定到衬底305。在一些实施方案中,外围环形区336整个围绕可变形介电隔膜310锚定。在一些实施方案中,可变形介电隔膜310可在围绕其圆周隔开的位置处锚定。

[0099] 扬声器空腔304可根据所需实施方案而密封或向周围条件开放。在一些实施方案中,扬声器空腔304经密封以防止粘性阻尼。扬声器空腔304可根据所需实施方案而处于真空、亚气压或大气压。在一些实施方案中,扬声器空腔304实质上在所有侧上封闭,使得其为实质上密闭的容积。举例来说,可通过衬底305及可变形介电隔膜310界定密封的扬声器空腔304,使得其所有侧上封闭。在另一实例中,可通过衬底305及可变形介电隔膜310界定向周围开放的扬声器空腔304,使得其实质上在所有侧上封闭。例如在可变形介电隔膜310与衬底305之间可存在一或多个排气孔以允许实质上在所有侧上封闭的扬声器空腔304压力平衡。还可在可变形介电隔膜310及/或衬底305中形成排气孔。

[0100] 第一电极320及第二电极340可包含数种不同导电材料中的一或多者,及其组合。举例来说,在各种实施方案中,第一及第二电极320及340可包含金属,例如铜(Cu)、镍(Ni)、钌(Ru)、钨(W)、铂(Pt)、钼(Mo)、铝(Al)、钛(Ti),及/或金(Au)。在一些实施方案中,第一电极320及第二电极340可各自为约100到3000埃厚。导电迹线335可由与第一电极320及第二电极340相同的材料形成。压电材料350可为任何适当材料,例如氮化铝(AlN)、氧化锌(ZnO)或锆钛酸铅(PZT)。压电材料的实例厚度可在约1与3微米之间。

[0101] 在图12A的实例中,压电致动器330展示为处于可变形介电隔膜310的横跨扬声器空腔304的部分的外围区处或附近的环形环。在一些实施方案中,压电致动器可为任何适当形状,包含例如矩形、三角形、正方形,或椭圆形环。在图12B的实例中,描绘表示可变形介电隔膜310的跨距的维度S,同样,维度D1表示从扬声器空腔304的边缘到压电致动器330的内径的距离。在一些实施方案中,D1可等于维度S的约六分之一,然而,还可使用例如较大及较小的其它比率。压电致动器330的宽度取决于所需实施方案而可或不约等于D1。压电致动器330的实例宽度的范围从几微米到几百微米或以上。压电致动器330可含有压电材料350的一或多个片段以及相关联的电极320及340。

[0102] 尽管图12B及其它图中所示的压电致动器330为单晶压电致动器(unimorph piezoactuator),但本文所述的微型扬声器元件的压电致动器可替代地为双晶压电致动器。双晶压电致动器可包含由弹性层分开的两个电极/压电/电极堆栈。弹性层的实例包含氮化硅、氮氧化硅、氧化硅,及氮化铝。

[0103] 在一些实施方案中,本文所述的微型扬声器元件使介电层的一区暴露以允许介电层响应于驱动信号而收缩及扩展。举例来说,例如图12A及12B中所描绘的压电致动器330等环形压电致动器使介电层325的中心区暴露。图13A及13B展示包含占据可变形介电隔膜的中心区的压电致动器的机电微型扬声器元件的实例。图13A展示微型扬声器元件300的俯视

图的实例。图13B展示微型扬声器元件300的穿过图13A的线1-1的横截面示意图的实例。图13A及13B中所示的微型扬声器元件300包含衬底305、扬声器空腔304、可变形介电隔膜310, 及一或多个导电迹线335, 如上文相对于图12A及12B所描述。可变形介电隔膜310包含压电致动器330及介电层325。压电致动器330占据可变形介电隔膜310的中心区, 从而使得介电层325的外围区未被压电致动器330覆盖。压电致动器330包含夹在第一电极320与第二电极340之间的压电材料350。

[0104] 在图13A中所描绘的实例中, 压电致动器330为圆形, 然而, 在一些其它实施方案中, 压电致动器330可为任何适当形状, 包含矩形、三角形、正方形或椭圆形。在图13B的实例中, 描绘表示可变形介电隔膜的跨距的维度S, 同样, 维度D2表示从扬声器空腔304的边缘到压电致动器330的内径的距离。在一些实施方案中, D2可等于维度S的约六分之一, 然而, 还可使用例如较大及较小的其它比率。

[0105] 图14A及14B展示包含“内埋式”压电致动器的机电微型扬声器元件的实例。图14A展示微型扬声器元件300的俯视图的实例。图14B展示微型扬声器元件300的穿过图14A的线1-1的横截面示意图的实例。图14A及14B中所示的微型扬声器元件300包含衬底305、扬声器空腔304、可变形介电隔膜310, 及一或多个导电迹线335, 如上文相对于图12A及12B所描述。可变形介电隔膜310包含介电层325及中心定位的压电致动器330。压电致动器330包含夹在第一电极320与第二电极340之间的压电材料350。在图14A及14B的实例中, 压电致动器330安置在扬声器空腔304与介电层325之间。在一些实施方案中, 内埋压电致动器330可允许介电层325保护压电致动器330免受湿度及其它环境条件影响。位于空腔的外围处或附近的压电致动器(例如图12A及12B中所描绘者)也可内埋。

[0106] 在一些实施方案中, 微型扬声器元件可包含可尤其在低频率下改善扬声器对驱动信号的响应的音响空腔。图15展示连接到音响空腔的机电微型扬声器元件的实例。微型扬声器元件300包含衬底305、可变形介电隔膜310, 及扬声器空腔304, 其中可变形介电隔膜310包含介电层325及压电致动器330。扬声器空腔304连接到形成于衬底305中且延伸穿过衬底305的音响空腔311。

[0107] 在一些实施方案中, 微型扬声器元件可包含在介电层的两侧上的压电致动器。图16A到16C展示包含在可变形介电层的介电层的两侧上的压电致动器的机电微型扬声器元件的实例。图16A展示微型扬声器元件300的俯视图的实例。图16B及16C展示微型扬声器元件300的穿过图16A的线1-1的横截面示意图的实例。图16A到16C中所示的微型扬声器元件300包含衬底305、扬声器空腔304, 及可变形介电隔膜310。可变形介电隔膜310包含介电层325、第一压电致动器330a及第二压电致动器330b。第一压电致动器330a包含第一电极320a、第一压电层350a, 及第二电极340a。第二压电致动器330b包含第三电极320b、第二压电层350b, 及第四电极340b。导电迹线335a及335b可分别将第一压电致动器330a及第二压电致动器330b连接到驱动器电路(未展示)。在一些实施方案中, 可单独地驱动第一压电致动器330a与第二压电致动器330b。在一些实施方案中, 第一压电致动器330a及第二压电致动器330b可处于推挽模式(push/pull mode), 具有对驱动信号的相等且相反响应。在一些实施方案中, 一或多个电极接地。举例来说, 内部电极(即, 第一电极320a及第四电极340b)可接地。

[0108] 第一与第二压电致动器可独立地定位在可变形介电隔膜的中心处或可变形介电

隔膜的外围处。在图16B的实例中,第一压电致动器330a及第二压电致动器330b两者都占据可变形介电隔膜310的中心区。在图16C的实例中,第一压电致动器330a居中,而第二压电致动器330b位于可变形介电隔膜310的横跨扬声器空腔304的部分的外围处或附近。

[0109] 在一些实施方案中,微型扬声器可包含横跨微型扬声器的空腔的压电致动器。图17展示在衬底305上包含可变形介电隔膜310的机电微型扬声器元件300的实例。所述可变形介电隔膜包含介电层325及压电致动器330。压电致动器330包含第一电极320、压电层350,及第二电极340。介电层325及压电致动器330的部分两者都横跨扬声器空腔304。第一电极320及第二电极340围绕可变形介电隔膜310的外围延伸。或者,第一电极320及第二电极340可定位在可变形介电隔膜310的中心中,一个在顶部且另一个在压电层350的底部。图17中的压电致动器330内埋在介电层325下方。在其它实施方案中,压电致动器可在介电层的顶部上,使得介电层安置在扬声器空腔与压电致动器之间。

[0110] 图18展示说明微型扬声器元件的制造工艺的流程图的实例。注意,方法400的操作可经组合及/或重新布置以形成本文所揭示的微型扬声器元件中的任一者。还请注意,如下文所描述,可执行对不同层的图案化及蚀刻以在微型扬声器元件的不同区中实现层的不同图案。因为方法400的操作可在约室温到400℃下执行(即,可在约400℃或400℃以下执行所述方法的过程),所以方法400与玻璃及平板显示器玻璃技术兼容。

[0111] 在框402处,在衬底上形成牺牲层。如上文所描述,衬底可为形成玻璃囊封微型扬声器的玻璃衬底或可结合到形成玻璃囊封微型扬声器或以其它方式封装的玻璃衬底的玻璃或非玻璃衬底。在于玻璃衬底上形成牺牲层之前,可对衬底进行金属化以形成穿玻璃通孔、导电迹线、结合垫、凸缘垫,及类似者。在一些实施方案中,可沉积氧化物或氮化物以钝化所述金属。

[0112] 形成牺牲层可包含通过例如溅镀、蒸镀或CVD等适当沉积技术沉积牺牲材料。牺牲材料的实例包含气体可蚀刻材料,例如Mo、MoCr、非晶Si,或多晶Si。在后续处理中移除牺牲层以形成扬声器空腔,例如如图14B中的扬声器空腔304;因此,将其沉积到扬声器空腔的所需大小的厚度,其可为约1到5微米。形成牺牲层可进一步包含在沉积之后图案化所述牺牲材料以形成空腔的所需形状。为形成例如如图14B中的微型扬声器元件300,可图案化牺牲材料以形成圆形形状。在一些实施方案中,可通过跨越衬底或其部分沉积并图案化牺牲材料膜而同时执行用于微型扬声器元件的一个阵列或用于微型扬声器元件的多个阵列的牺牲层的形成。可使用如所属领域的技术人员所已知的用于集成电路制造中的光刻及蚀刻工艺来图案化牺牲材料。

[0113] 在框404处,在牺牲层上方形成压电致动器。在一些实施方案中,形成压电致动器可涉及在牺牲层上方沉积并图案化第一电极层/压电层/第二电极层堆栈以形成所需形状的压电致动器。为形成例如如图14B中所示的压电致动器330,可图案化第一电极/压电层/第二电极堆栈以形成圆形形状。可在沉积及图案化相关联电极期间沉积及图案化用于第一及第二电极中的每一者的一或多个导电迹线。可根据所需实施方案而在沉积每一层之后或仅在沉积第一电极层/压电层/第二电极层堆栈之后执行图案化,包含如所属领域的技术人员所已知的光刻及蚀刻。在一些实施方案中,形成第一电极及第二电极层可包含通过例如溅镀或蒸镀等适当沉积工艺沉积金属,例如Cu、Ni、Ru、W、Pt、Mo、Al、Ti,及/或Au。

[0114] 在一些实施方案中,形成压电层可包含通过反应性离子溅镀工艺、直流电(DC)溅

镀工艺或其它适当工艺沉积聚偏二氟乙烯 (PVDF)、氮化铝 (AlN)、锆钛酸铅 ($\text{Pb}[\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}]\text{O}_3$, $0 \leq x \leq 1$)、砷化镓 (GaAs)、氧化锌 (ZnO), 或其它适当金属。在一些实施方案中, 可通过跨越衬底或其部分沉积并图案化牺牲材料膜而同时执行用于微型扬声器元件的一个阵列或用于微型扬声器元件的多个阵列的压电致动器的形成。

[0115] 在框406处, 在牺牲层上方形成介电层。介电材料的实例包含氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、氮化铝, 及氧化铝。形成介电层可包含通过热CVD、PECVD技术或其它适当沉积技术沉积介电材料。形成介电层可进一步包含图案化所沉积的介电材料。介电层的一部分可形成于玻璃衬底上以提供对介电层的形成于牺牲层上方的部分的支撑。如同牺牲层及压电致动器, 可同时执行用于微型扬声器元件的一个阵列或用于微型扬声器元件的多个阵列的介电层的形成。

[0116] 根据各种实施方案, 可在框406之前或之后执行框404。举例来说, 为形成如图12B的实例中所描绘的微型扬声器元件300, 可在框406之后执行框404, 使得在介电层上形成压电致动器。在一些实施方案中, 可在框406之前或之后执行框404。

[0117] 在框408处, 移除牺牲层。在一些实施方案中, 移除牺牲层涉及将其暴露到蚀刻剂。举例来说, 可通过干式化学蚀刻用从固体 XeF_2 或其它氟基蚀刻剂衍生的蒸气移除例如Mo或非晶Si等气体可蚀刻材料。还可使用可蚀刻牺牲材料与例如湿式蚀刻及/或等离子体蚀刻等蚀刻方法的其它组合。

[0118] 如上文所指出, 可对方法400进行各种修改以形成本文所述的微型扬声器元件中的任一者。在微型扬声器元件包含非压电弹性层的实施方案中, 可使用如所属领域的技术人员所知的适当处理技术形成例如包含氮化硅 (SiN)、氮氧化硅 (SiON)、氧化硅 (SiO_2)、硅 (Si)、氮化铝 (AlN)、金属或聚合物的弹性层。举例来说, 可通过溅镀工艺、化学气相沉积 (CVD) 工艺、物理气相沉积 (PVD) 工艺或电镀工艺形成弹性层。

[0119] 如上文所指出, 在一些实施方案中, 如本文所描述的玻璃封装可为显示装置的部分。在一些其它实施方案中, 制造于玻璃衬底上的非显示装置可与也制造于玻璃衬底上的显示器及其它装置兼容, 与显示装置联合地制造或作为单独装置附接的非显示装置兼容, 其组合具有良好匹配的热膨胀特性。在一些实施方案中, 可在例如电视、平板计算机、便携式媒体播放器或其它显示装置等视听设备中实施一或多个微型扬声器元件。

[0120] 图19A及19B展示说明包含多个IMOD的显示装置40的系统框图的实例。显示装置40可为例如智能手机、蜂窝式或移动电话。然而, 显示装置40的相同组件或其轻微变化还说明各种类型的显示装置, 例如电视、平板计算机、电子阅读器、手持式装置及便携式媒体播放器。

[0121] 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及麦克风46。外壳41可由包含注射模制及真空成形的多种制造工艺中的任一者形成。另外, 外壳41可由多种材料中的任一者制成, 所述材料包含 (但不限于): 塑料、金属、玻璃、橡胶及陶瓷, 或其组合。外壳41可包含可移除部分 (未展示), 所述可移除部分可与具有不同颜色或含有不同标记、图片或符号的其它可移除部分互换。

[0122] 显示器30可为包含双稳态或模拟显示器的多种显示器中的任一者, 如本文中所描述。显示器30还可经配置以包含例如等离子体、EL、OLED、STN LCD或TFT LCD等平板显示器或例如CRT或其它管式装置等非平板显示器。此外, 显示器30可包含IMOD显示器, 如本文所

描述。

[0123] 图19B中示意性地说明显示装置40的组件。显示装置40包含外壳41,且可包含至少部分封闭在其中的额外组件。举例来说,显示装置40包含网络接口27,网络接口27包含耦合到收发器47的天线43。收发器47连接到处理器21,处理器21连接到调节硬件52。调节硬件52可经配置以调节信号(例如,对信号进行滤波)。调节硬件52连接到扬声器45及麦克风46。处理器21还连接到输入装置48及驱动器控制器29。驱动器控制器29耦合到帧缓冲器28且耦合到阵列驱动器22,所述阵列驱动器22又耦合到显示器阵列30。在一些实施方案中,电力供应器50可将电力提供到特定显示装置40设计中的实质上所有组件。扬声器45可为如上文所描述的机电微型扬声器或机电微型扬声器的阵列。

[0124] 网络接口27包含天线43及收发器47,使得显示装置40可经由网络而与一或多个装置通信。网络接口27还可具有一些处理性能以减轻(例如)处理器21的数据处理要求。天线43可发射及接收信号。在一些实施方案中,天线43根据IEEE16.11标准(包含IEEE16.11(a)、(b)或(g))或IEEE802.11(包含IEEE802.11a、b、g、n)及其另外实施方案来发射及接收RF信号。在一些其它实施方案中,天线43根据蓝牙标准来发射及接收RF信号。在蜂窝式电话的状况下,天线43经设计成接收码分多址(CDMA)、频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、全球移动通信系统(GSM)、GSM/通用分组无线电服务(GPRS)、增强型数据GSM环境(EDGE)、陆上集群无线电(TETRA)、宽频CDMA(W-CDMA)、演进数据优化(EV-DO)、1xEV-DO、EV-DO Rev A、EV-DO Rev B、高速分组存取(HSPA)、高速下行链路分组存取(HSDPA)、高速上行链路分组存取(HSUPA)、演进型高速分组存取(HSPA+)、长期演进(LTE)、AMPS,或用以在无线网络(例如,利用3G或4G技术的系统)内通信的其它已知信号。收发器47可预处理从天线43所接收的信号,使得可通过处理器21接收且进一步操纵所述信号。收发器47还可处理从处理器21所接收的信号,使得可经由天线43而从显示装置40发射所述信号。

[0125] 通过接收器替换收发器47。另外,在一些实施方案中,可通过可存储或产生待发送到处理器21的图像数据的图像来源替换网络接口27。处理器21可控制显示装置40的总体操作。处理器21接收数据(例如,来自网络接口27或图像源的压缩图像数据),且将数据处理成原始图像数据或处理成易于经处理成原始图像数据的格式。处理器21可将经处理数据发送到驱动器控制器29或帧缓冲器28以供存储。原始数据通常指代识别图像内的每一部位处的图像特性的信息。举例来说,这些图像特性可包含色彩、饱和度及灰度阶。

[0126] 处理器21可包含微控制器、CPU或逻辑单元以控制显示装置40的操作。调节硬件52可包含放大器及滤波器以用于将信号发射到扬声器45,及用于从麦克风46接收信号。调节硬件52可为在显示装置40内的离散组件,或可并入于处理器21或其它组件内。

[0127] 驱动器控制器29可直接地从处理器21或从帧缓冲器28取得通过处理器21产生的原始图像数据,且可适当地重新格式化原始图像数据以用于高速发射到阵列驱动器22。在一些实施方案中,驱动器控制器29可将原始图像数据重新格式化成具有似光栅格式的数据流,使得其具有适于横跨显示阵列30进行扫描的时间次序。接着,驱动器控制器29将经格式化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)常常作为独立集成电路(IC)而与系统处理器21相关联,但这些控制器可以许多方式予以实施。举例来说,控制器可作为硬件而嵌入于处理器21中、作为软件而嵌入于处理器21中,或以硬件形式而与阵列驱动器22完全地集成。

[0128] 阵列驱动器22可从驱动器控制器29接收经格式化信息,且可将视频数据重新格式化成平行波形集合,所述波形每秒许多次被施加到来自显示器的x-y像素矩阵的数百个且有时数千个(或更多)引线。

[0129] 在一些实施方案中,驱动器控制器29、阵列驱动器22及显示阵列30适于本文所描述的类型显示器中任一者。举例来说,驱动器控制器29可为常规显示器控制器或双稳态显示器控制器(例如,IMOD控制器)。另外,阵列驱动器22可为常规驱动器或双稳态显示器驱动器(例如,IMOD显示器驱动器)。此外,显示阵列30可为常规显示阵列或双稳态显示阵列(例如,包含IMOD阵列的显示器)。在一些实施方案中,驱动器控制器29可与阵列驱动器22集成。此实施方案可有用于高度集成系统(例如,移动电话、便携式电子装置、手表或小面积显示器)中。

[0130] 在一些实施方案中,输入装置48可经配置以允许(例如)用户控制显示装置40的操作。输入装置48可包含例如QWERTY键盘或电话小键盘等小键盘、按钮、开关、摇杆、触摸屏、与显示阵列30集成的触摸屏,或者压敏或热敏隔膜。麦克风46可经配置为用于显示装置40的输入装置。在一些实施方案中,通过麦克风46的语音命令可用于控制显示装置40的操作。

[0131] 电力供应器50可包含多种能量存储装置。举例来说,电力供应器50可为可再充电电池组,例如,镍-镉电池组或锂离子电池组。在使用可再充电电池组的实施方案中,可再充电电池组可使用来自(例如)光伏打装置或阵列的壁式插口的电力而可充电。或者,可再充电电池组可为可无线充电的。电力供应器50还可包含再生能源、电容器或太阳能电池(包含塑料太阳能电池或太阳能电池漆)。电力供应器50还可经配置以从壁式插座接收电力。

[0132] 在一些实施方案中,控制可编程性驻留于可定位于电子显示系统中的若干处的驱动器控制器29中。在一些其它实施方案中,控制可编程性驻留于阵列驱动器22中。上文所描述的优化可以任何数目个硬件及/或软件组件且以各种配置予以实施。

[0133] 可将结合本文所揭示的实施方案所描述的各种说明性逻辑、逻辑块、模块、电路及算法步骤实施为电子硬件、计算机软件,或其两者的组合。硬件与软件的可互换性已大体上按功能性予以描述,且在上文所描述的各种说明性组件、块、模块、电路及步骤中予以说明。以硬件或软件来实施此功能性取决于特定应用及强加于整个系统的设计约束。

[0134] 用以实施结合本文所揭示的方面所描述的各种说明性逻辑、逻辑块、模块及电路的硬件及数据处理设备可用通用单芯片或多芯片处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或经设计以执行本文所描述的功能的其它可编程逻辑装置、离散闸或晶体管逻辑、离散硬件组件或其任何组合予以实施或执行。通用处理器可为微处理器,或任何常规处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器还可实施为计算装置的组合,例如,DSP与微处理器的组合、多个微处理器、结合DSP核心的一或多个微处理器,或任何其它此类配置。在一些实施方案中,特定步骤及方法可通过为给定功能所特有的电路执行。

[0135] 在一或多个方面中,所描述的功能可以硬件、数字电子电路、计算机软件、固件(包含在本说明书中所揭示的结构及其结构等效物)或其任何组合予以实施。本说明书中所描述的标的的实施方案也可实施为编码于计算机存储媒体上的一或多个计算机程序(即,计算机程序指令的一或多个模块)以供数据处理设备执行或控制数据处理设备的操作。

[0136] 如果以软件予以实施,则所述功能可作为一或多个指令或程序代码而存储于计算

机可读媒体上或经由计算机可读媒体进行发射。本文所揭示的方法或算法的步骤可实施于可驻留于计算机可读媒体上的处理器可执行软件模块中。计算机可读媒体包含计算机存储媒体及通信媒体(包含可经启用以将计算机程序从一处传送到另一处的任何媒体)两者。存储媒体可为可通过计算机存取的任何可用媒体。通过实例而非限制,这些计算机可读媒体可包含RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储装置、磁盘存储装置或其它磁性存储装置,或可用于以指令或数据结构的形式存储所要程序代码且可通过计算机存取的任何其它媒体。又,可将任何连接适当地称为计算机可读媒体。如本文所使用,磁盘及光盘包含紧密光盘(CD)、激光光盘、光盘、数字影音光盘(DVD)、软性磁盘及蓝光光盘,其中磁盘通常以磁性方式再现数据,而光盘通过激光以光学方式再现数据。以上各者的组合也可包含于计算机可读媒体的范围内。另外,方法或算法的操作可作为程序代码及指令中的一者或其任何组合或集合而驻留于机器可读媒体及计算机可读媒体上,机器可读媒体及计算机可读媒体可并入到计算机程序产品中。

[0137] 熟习此项技术者所属领域的技术人员可易于显而易见对本发明所描述的实施方案的各种修改,且本文所界定的一股原理可在不脱离本发明的精神或范围的情况下应用于其它实施方案。因此,权利要求书不意欲限于本文所示的实施方案,而应符合与本文所揭示的本发明、原理及新颖特征一致的最广范围。词语“示范性”在本文中独占式地用以意谓“充当实例、例子或说明”。未必将本文中描述为“示范性”的任何实施方案解释为比其它可能性或实施方案优选或有利。另外,所属领域的技术人员将易于了解,术语“上部”及“下部”有时用于易于描述诸图,且指示对应于在适当定向的页面上的图的定向的相对位置,且可能不反映如所实施的IMOD的适当定向。

[0138] 本说明书在分离实施方案的上下文中所描述的某些特征还可在单个实施方案中以组合形式予以实施。相反地,在单个实施方案的上下文中所描述的各种特征也可分离地在多个实施方案中或以任何适当子组合予以实施。此外,尽管上文可将特征描述为以某些组合起作用且甚至最初按此予以主张,但来自所主张组合的一或多个特征在一些状况下可从所述组合删除,且所主张组合可有关于子组合或子组合的变化。

[0139] 类似地,尽管在图式中以特定次序来描绘操作,但所属领域的技术人员将易于认识到,这些操作无需以所示的特定次序或以依序次序执行,或所有所说明操作经执行以实现合乎需要的结果。另外,图式可以流程图的形式示意性地描绘一或多个实例过程。然而,未描绘的其它操作可并入于经示意性地说明的实例过程中。举例来说,可在所说明操作中任一者之前、在所说明操作中任一者之后、与所说明操作中任一者同时地或在所说明操作中任一者之间执行一或多个额外操作。在某些情况下,多任务及并行处理可为有利的。此外,不应将在上文所描述的实施方案中各种系统组件的分离理解为在所有实施方案中需要此分离,且应理解,所描述的处理组件及系统通常可在单个软件产品中集成在一起或封装到多个软件产品中。另外,其它实施方案在所附权利要求书的范围内。在一些状况下,权利要求书中所叙述的动作可以不同次序执行且仍实现合乎需要的结果。

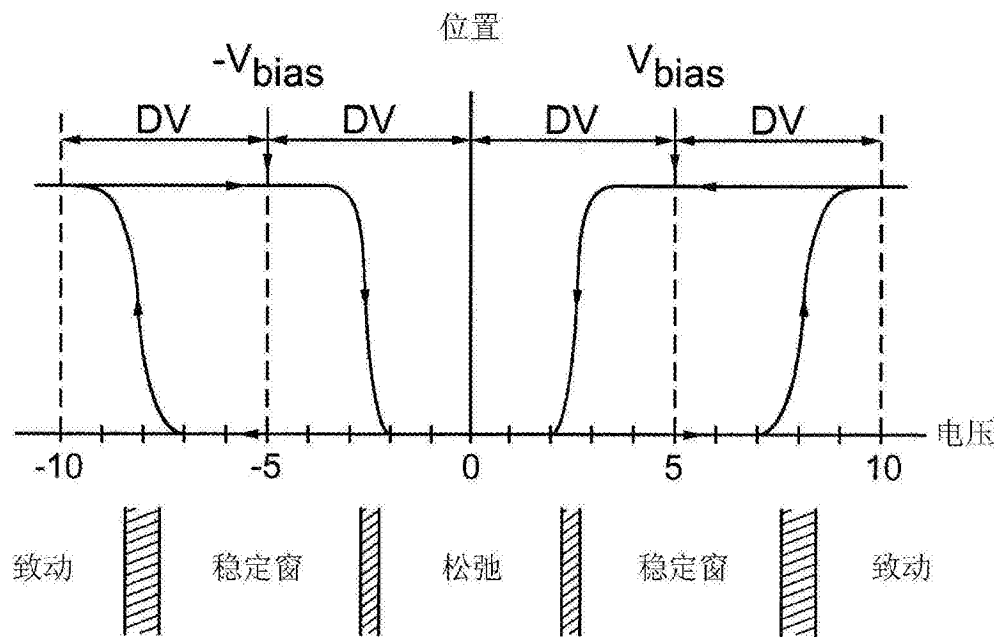


图3

共同电压

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

图4

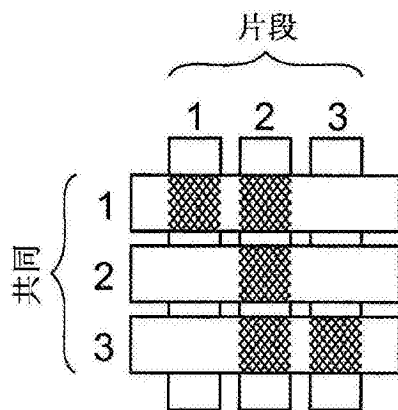


图5A

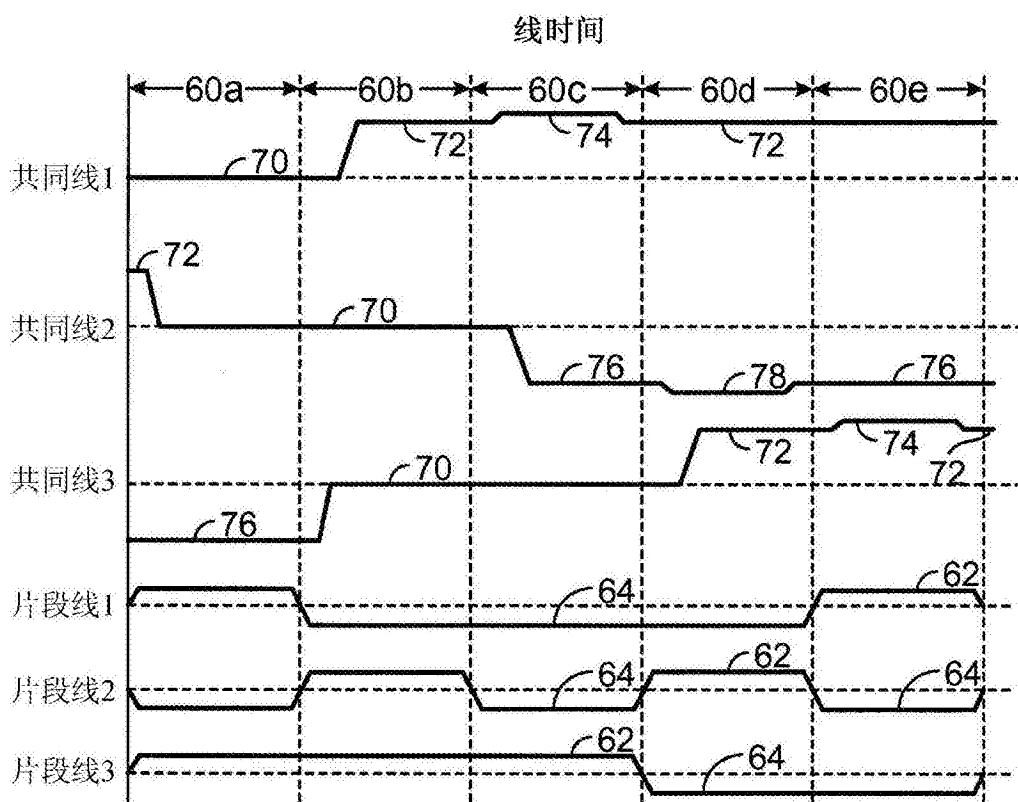


图5B

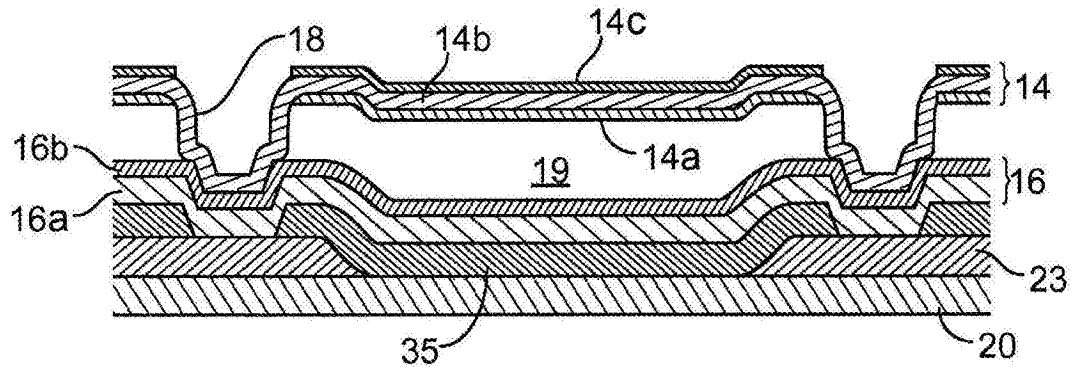


图6E

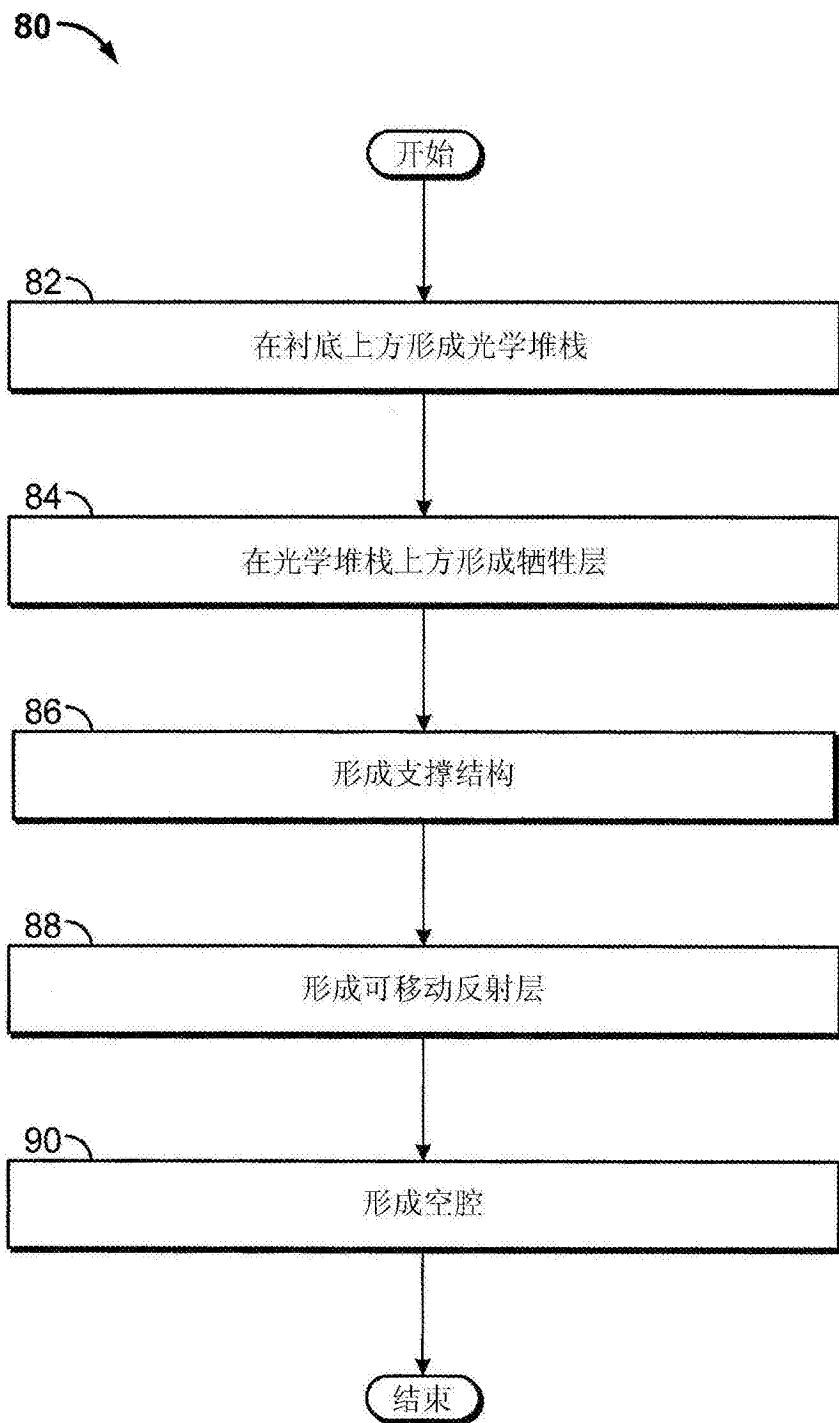


图7

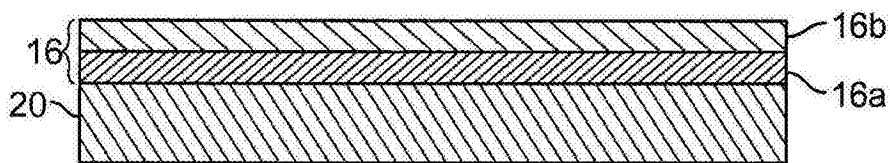


图8A

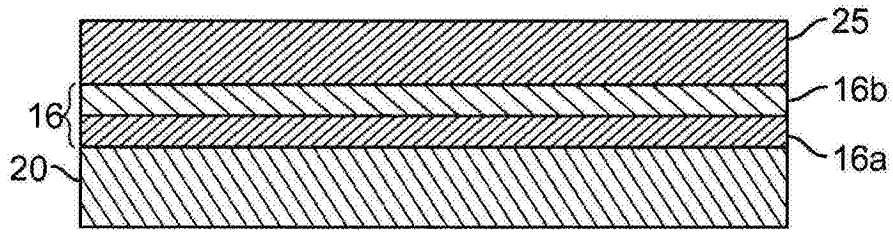


图8B

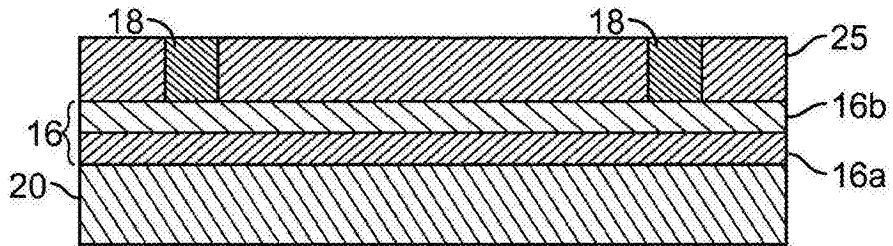


图8C

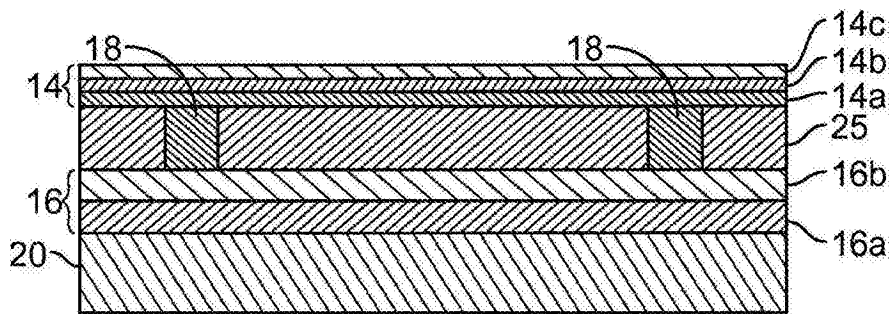


图8D

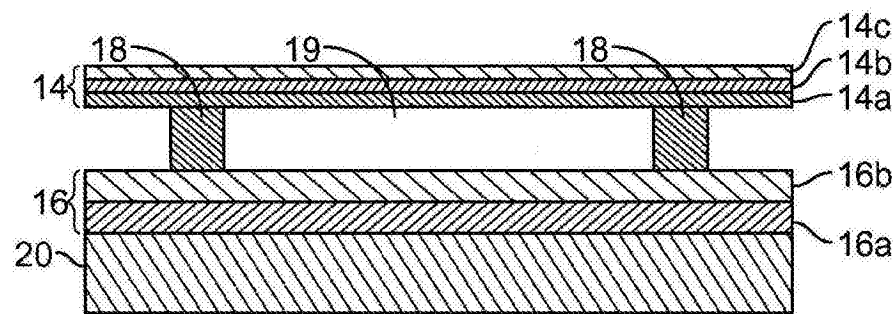


图8E

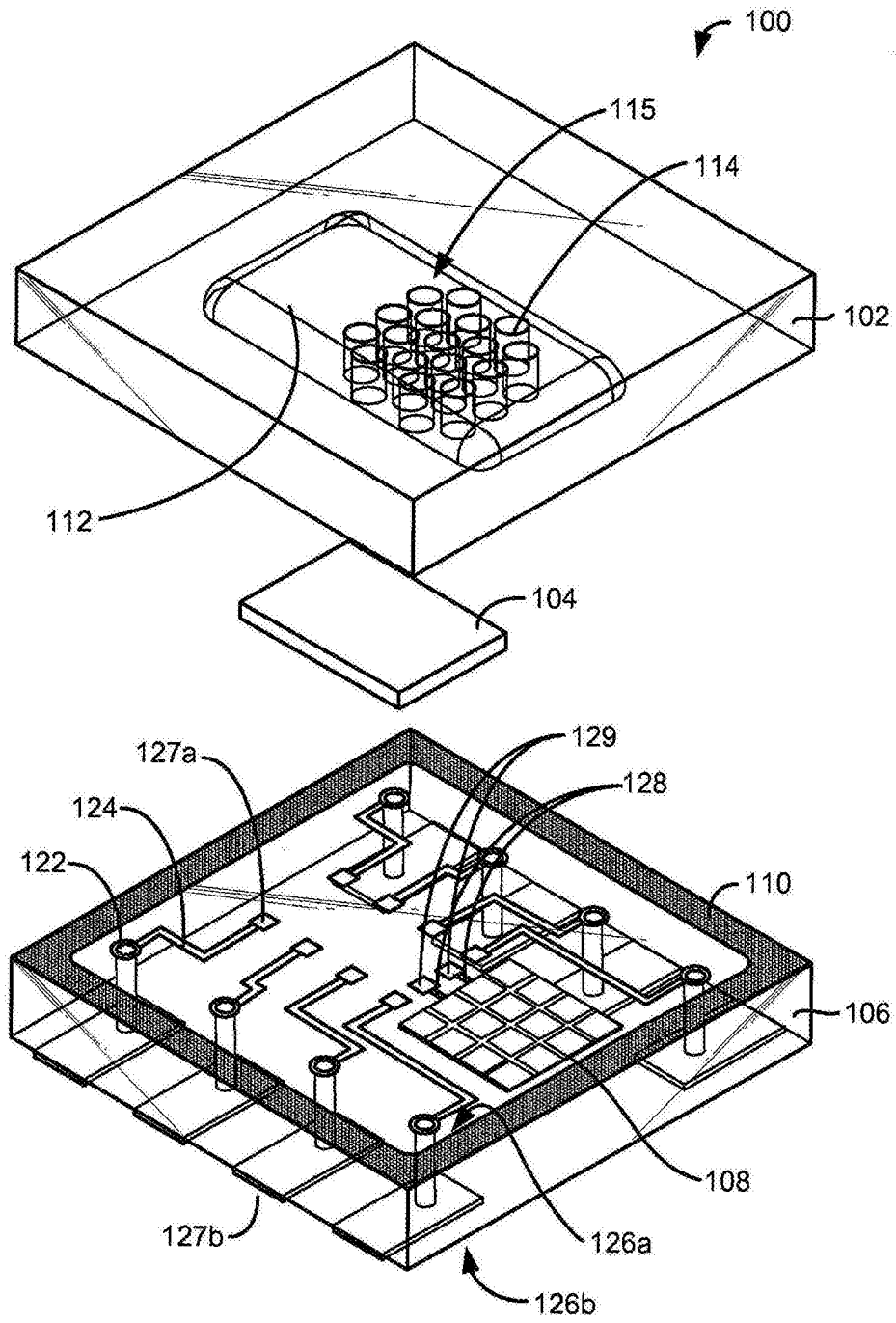


图9A

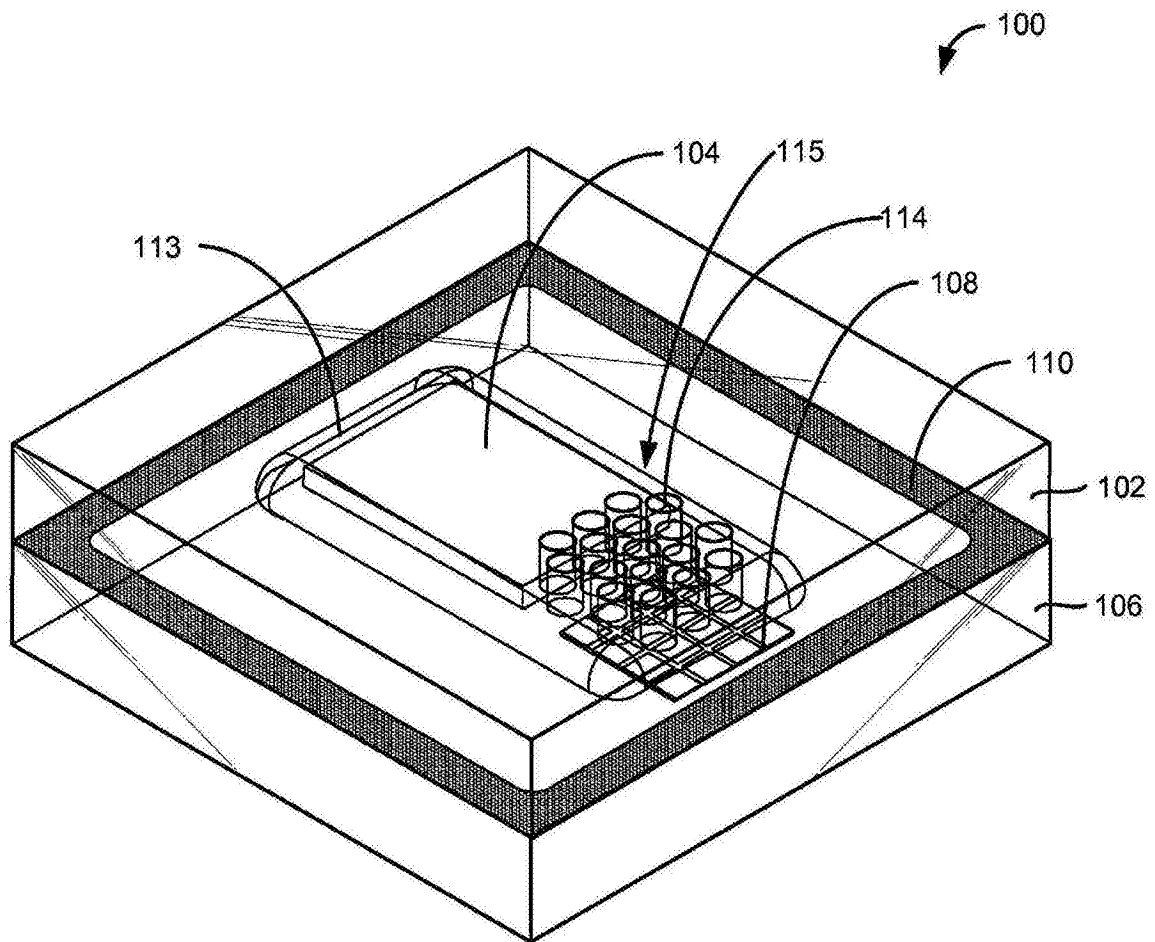


图9B

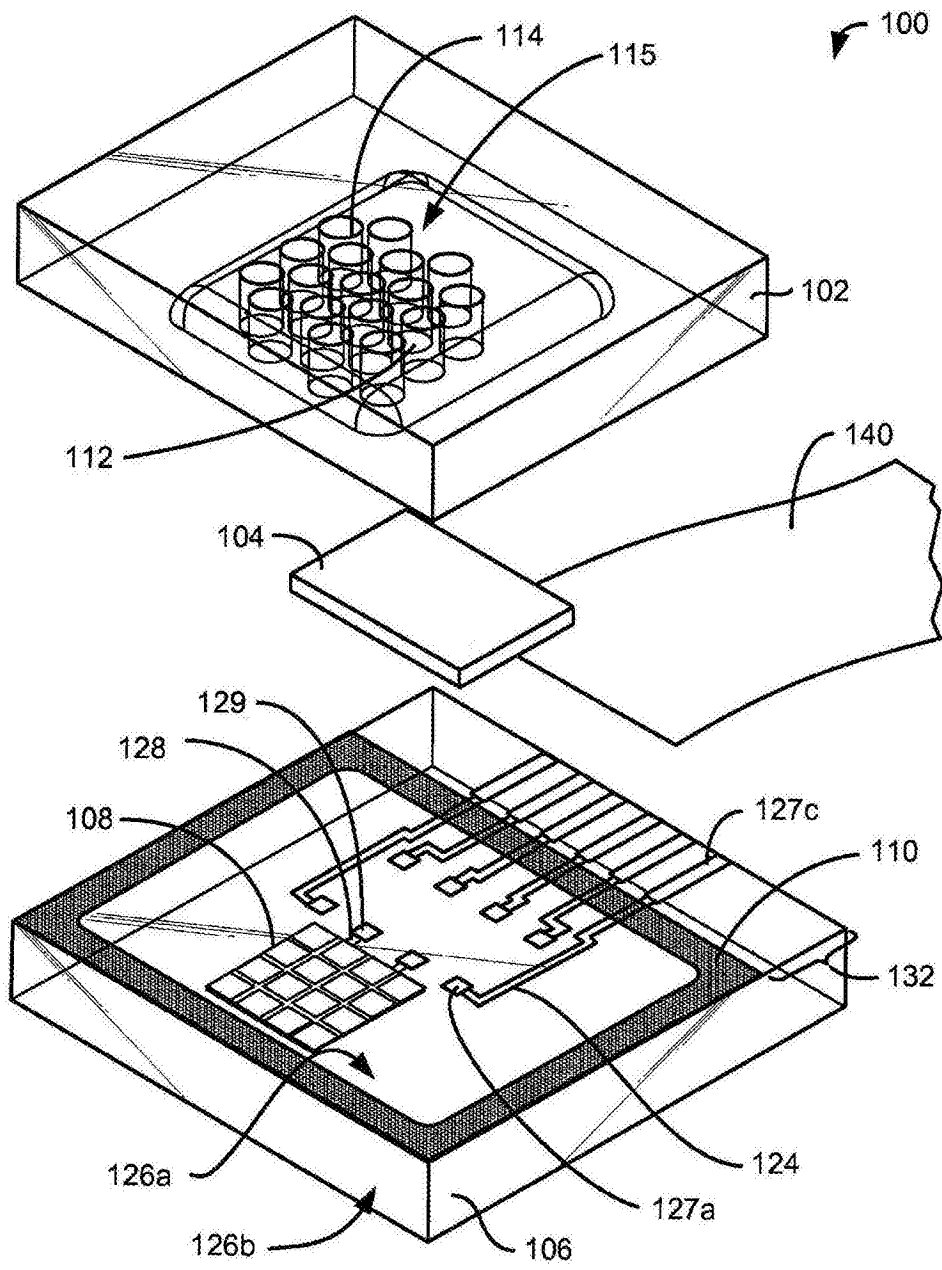


图10A

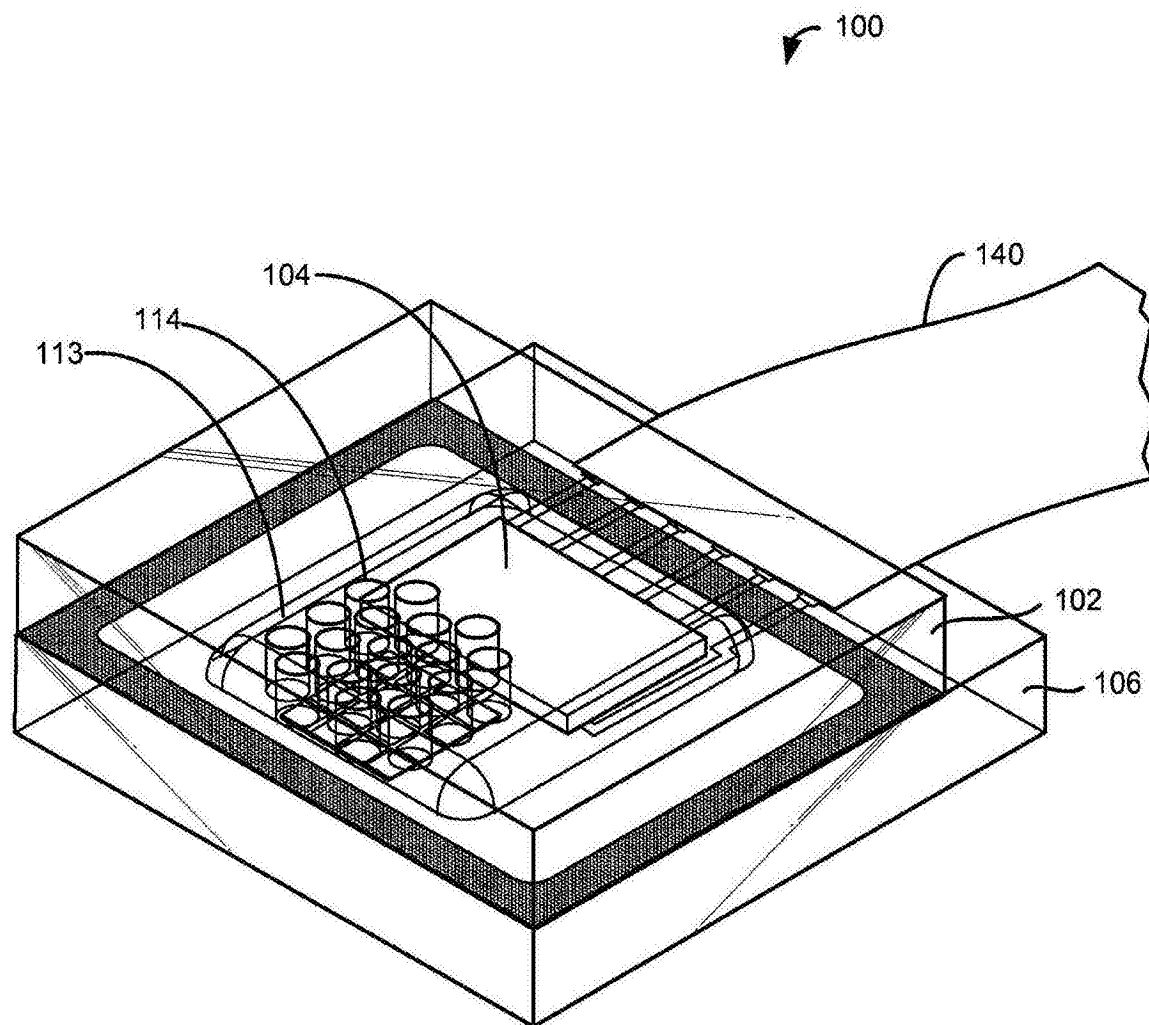


图10B

200

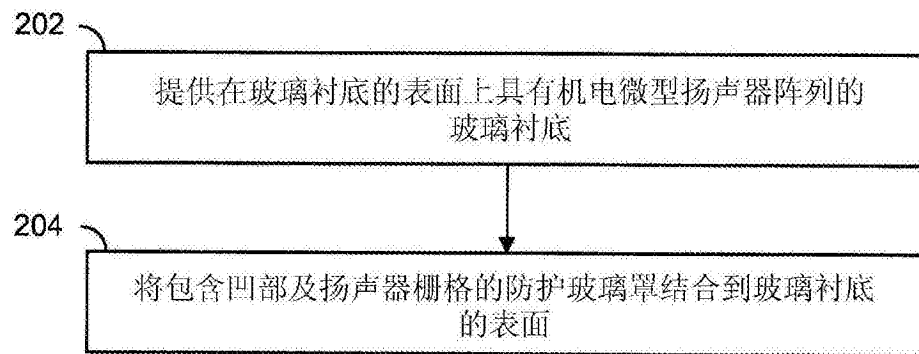


图11

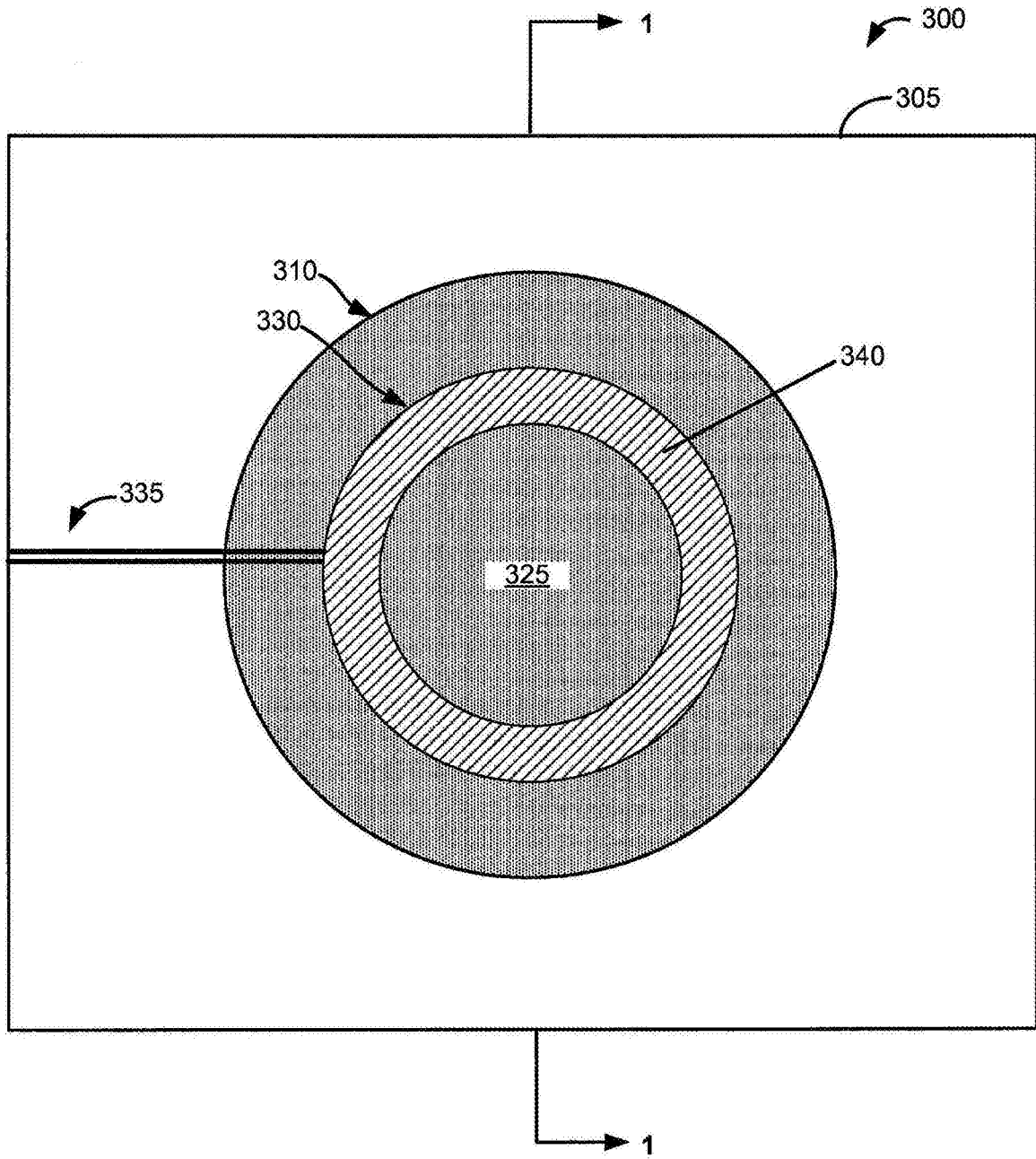


图12A

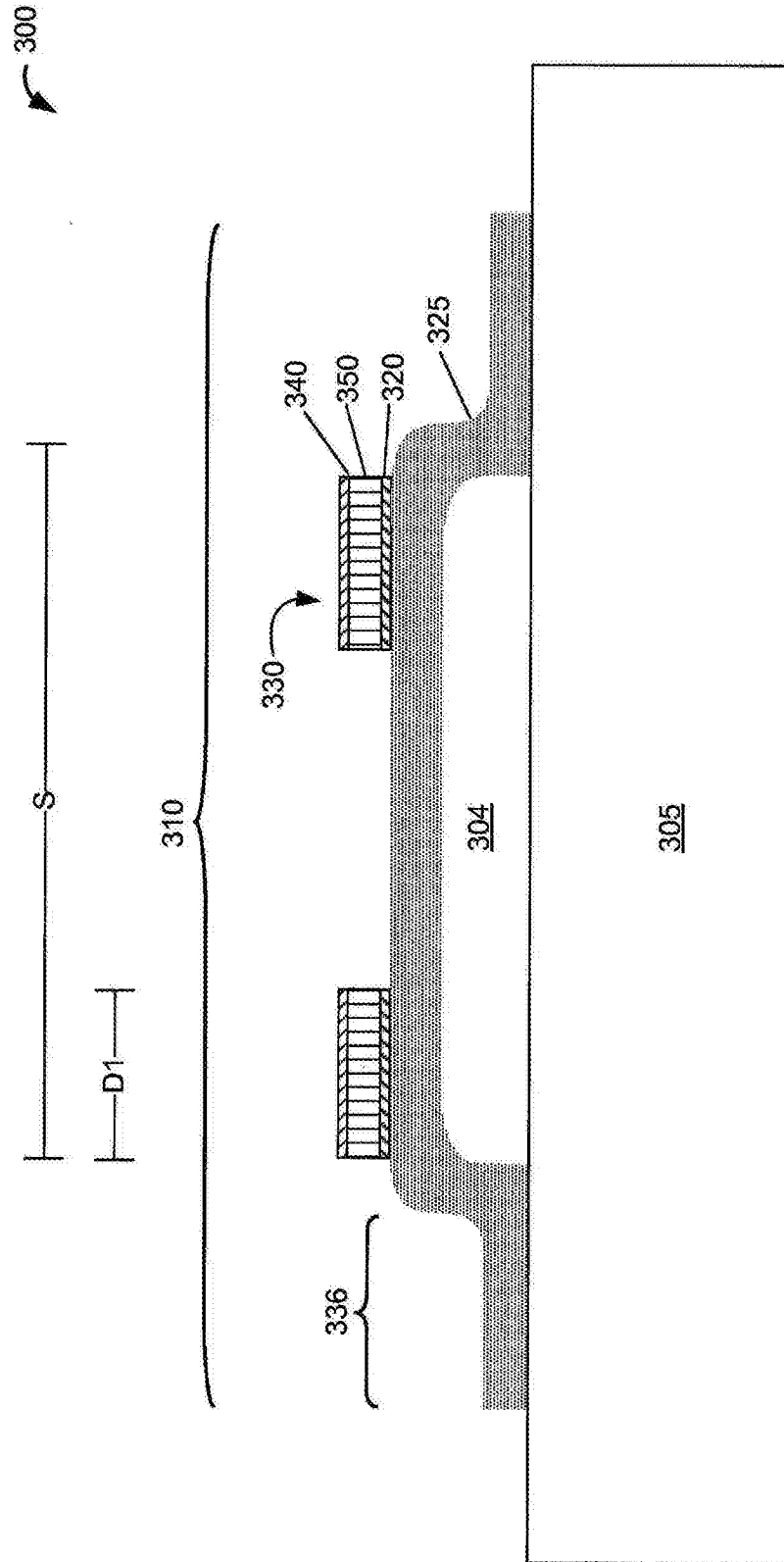


图12B

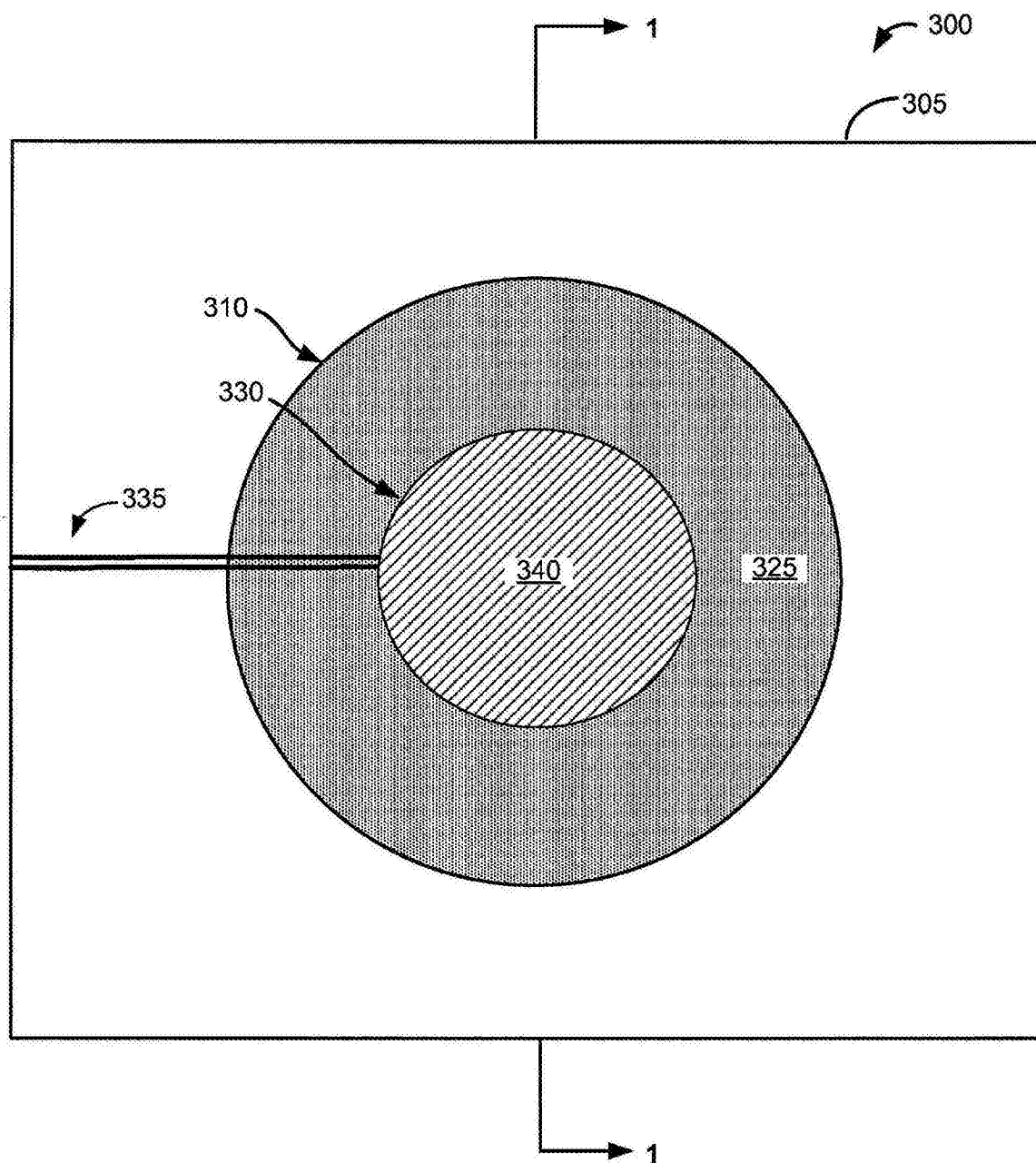


图13A

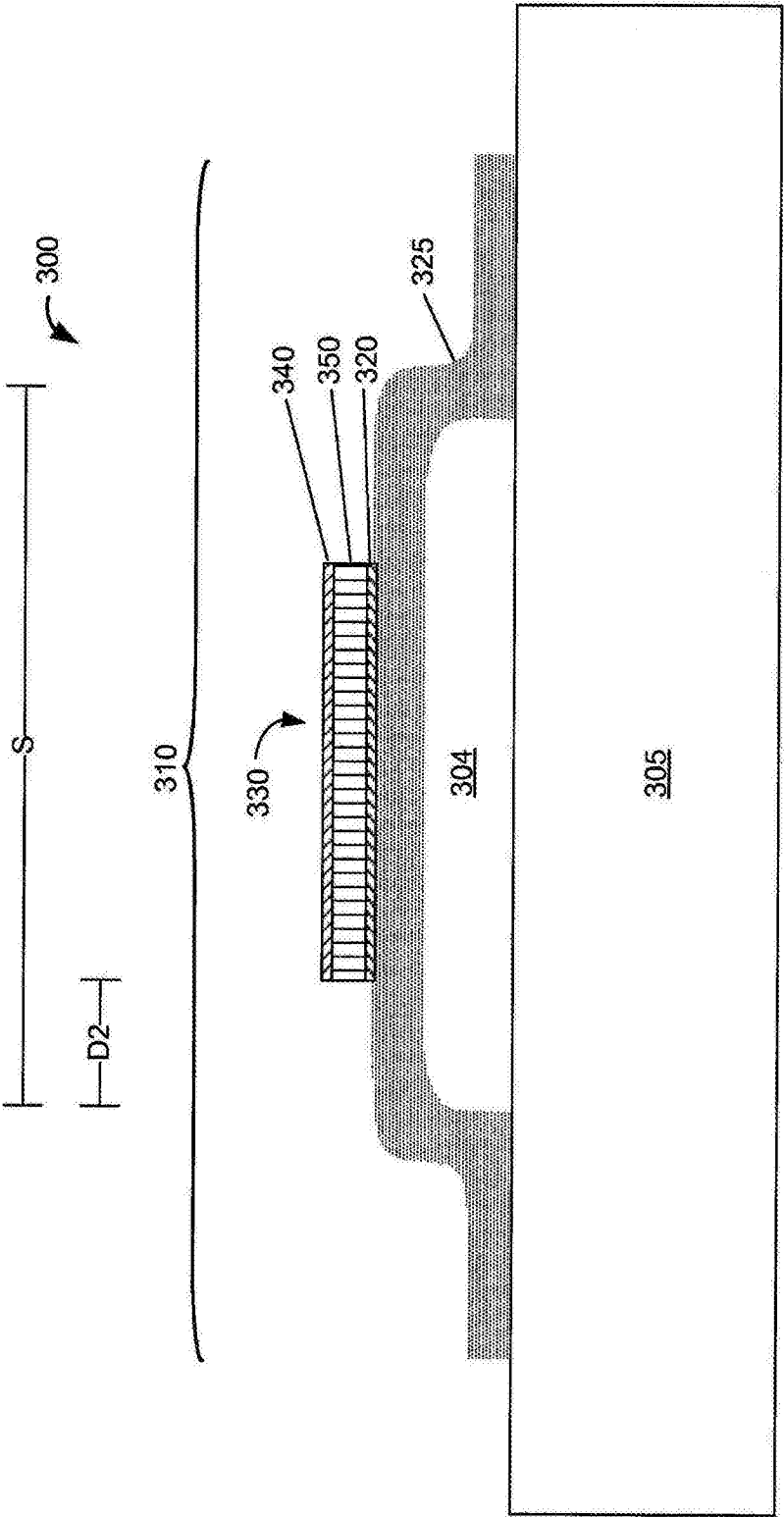


图13B

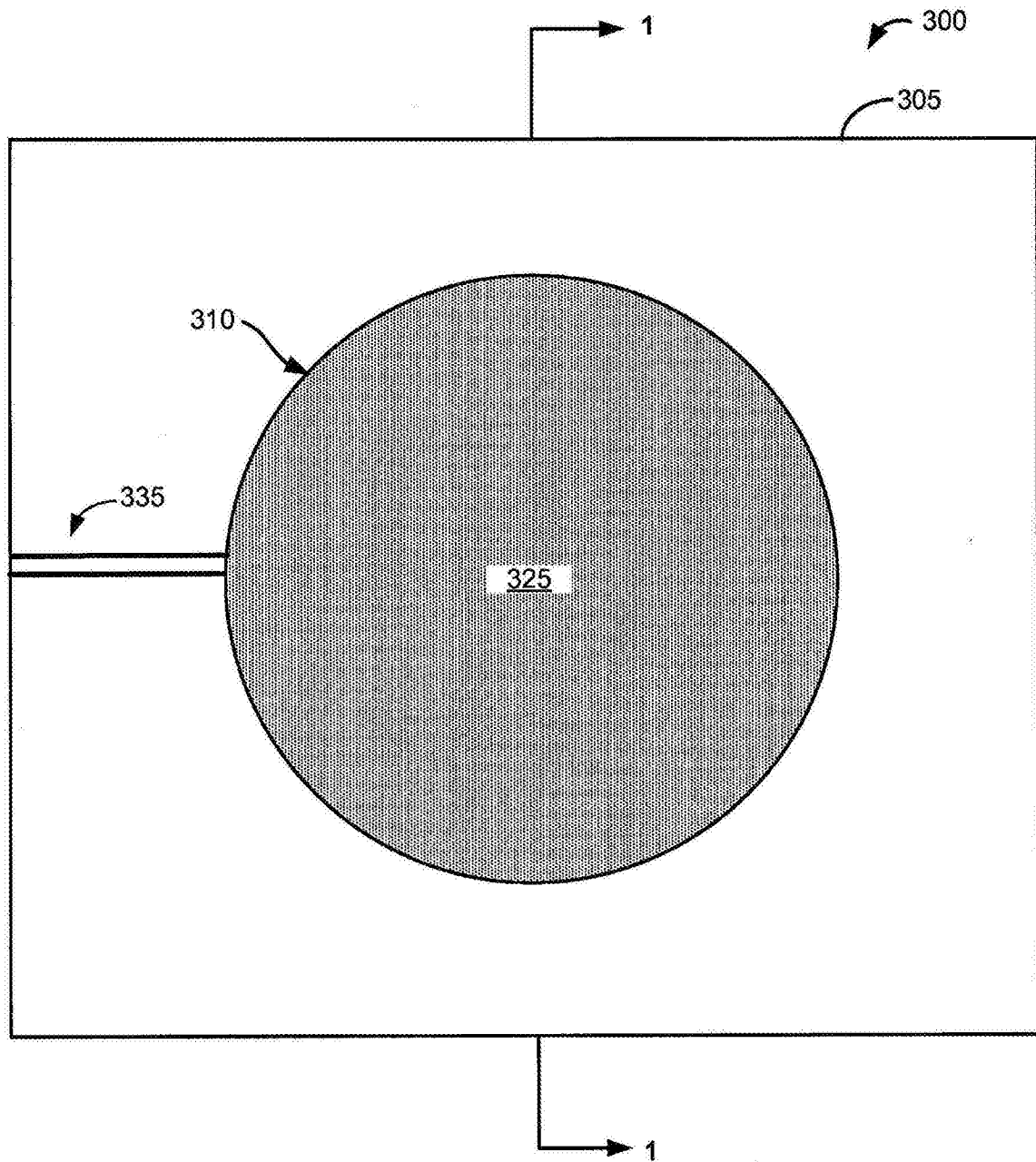


图14A

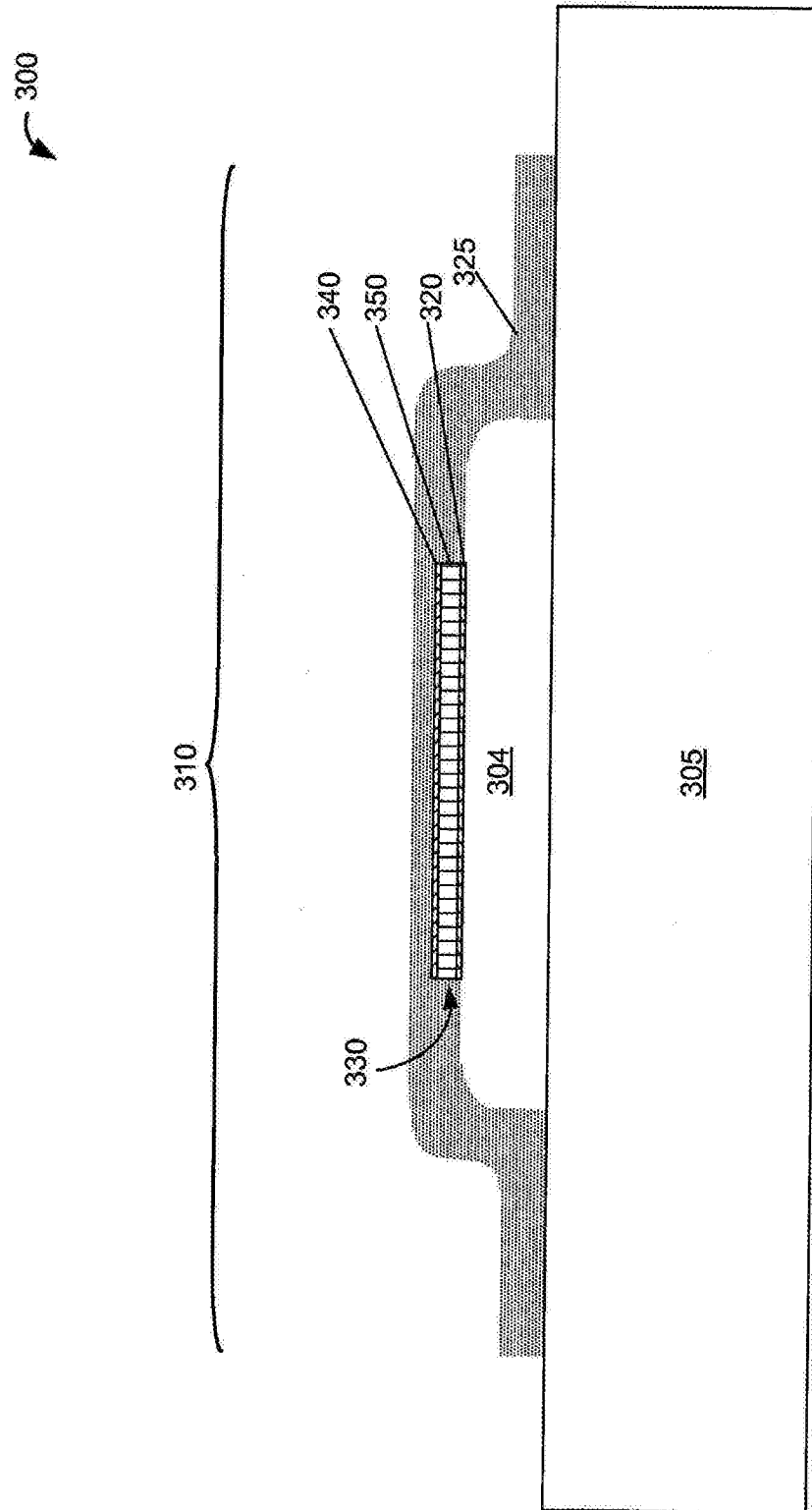


图14B

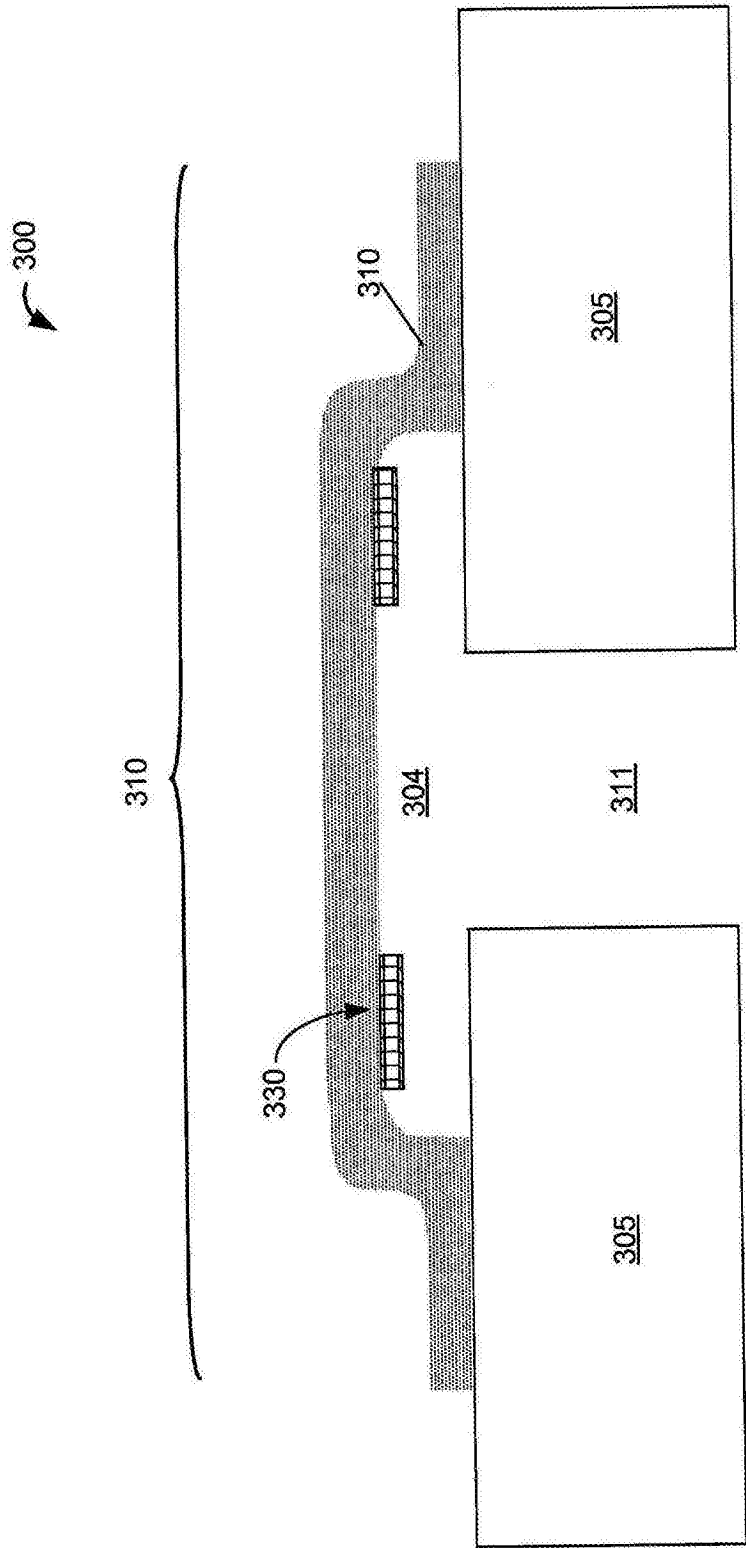


图15

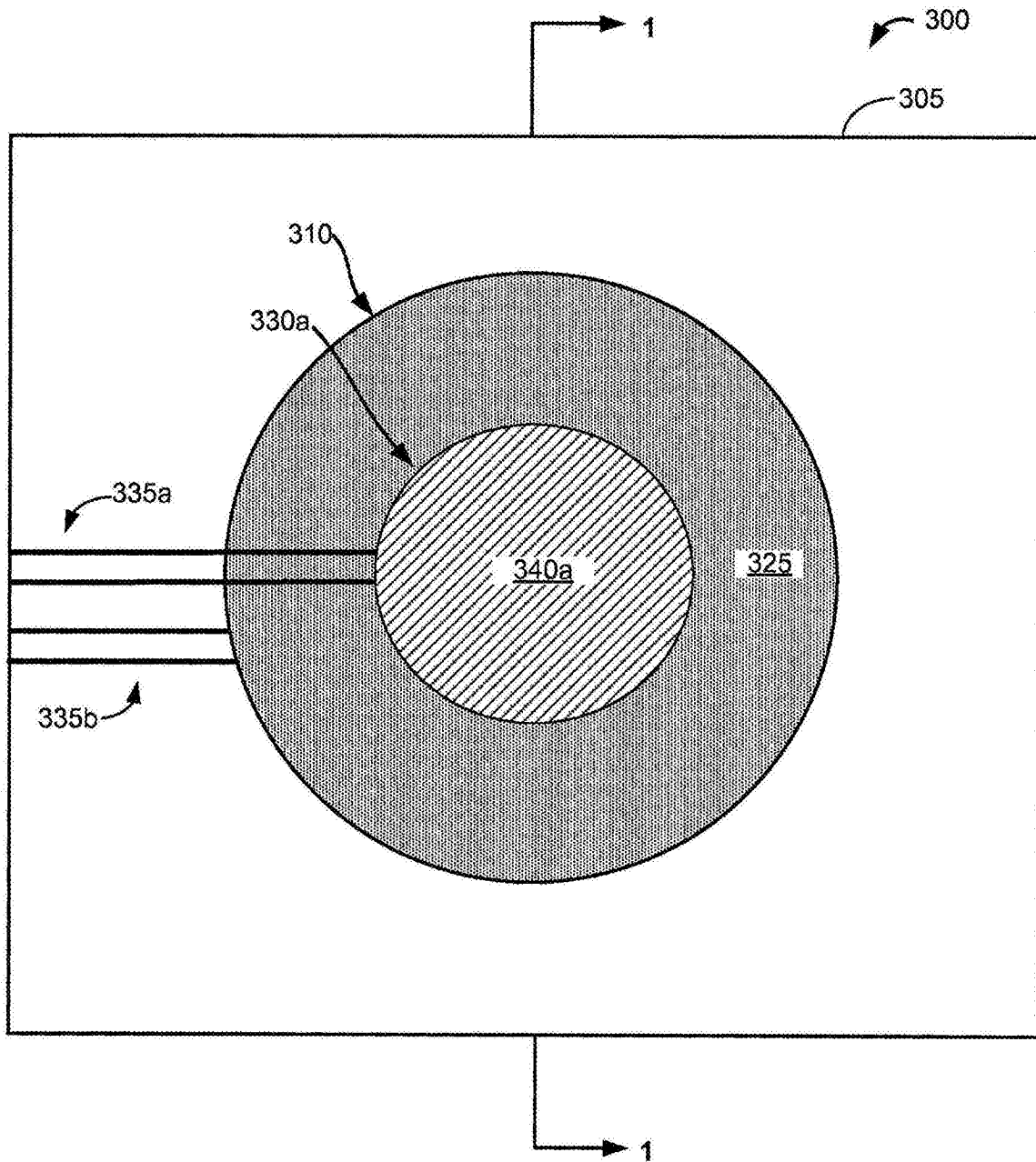


图16A

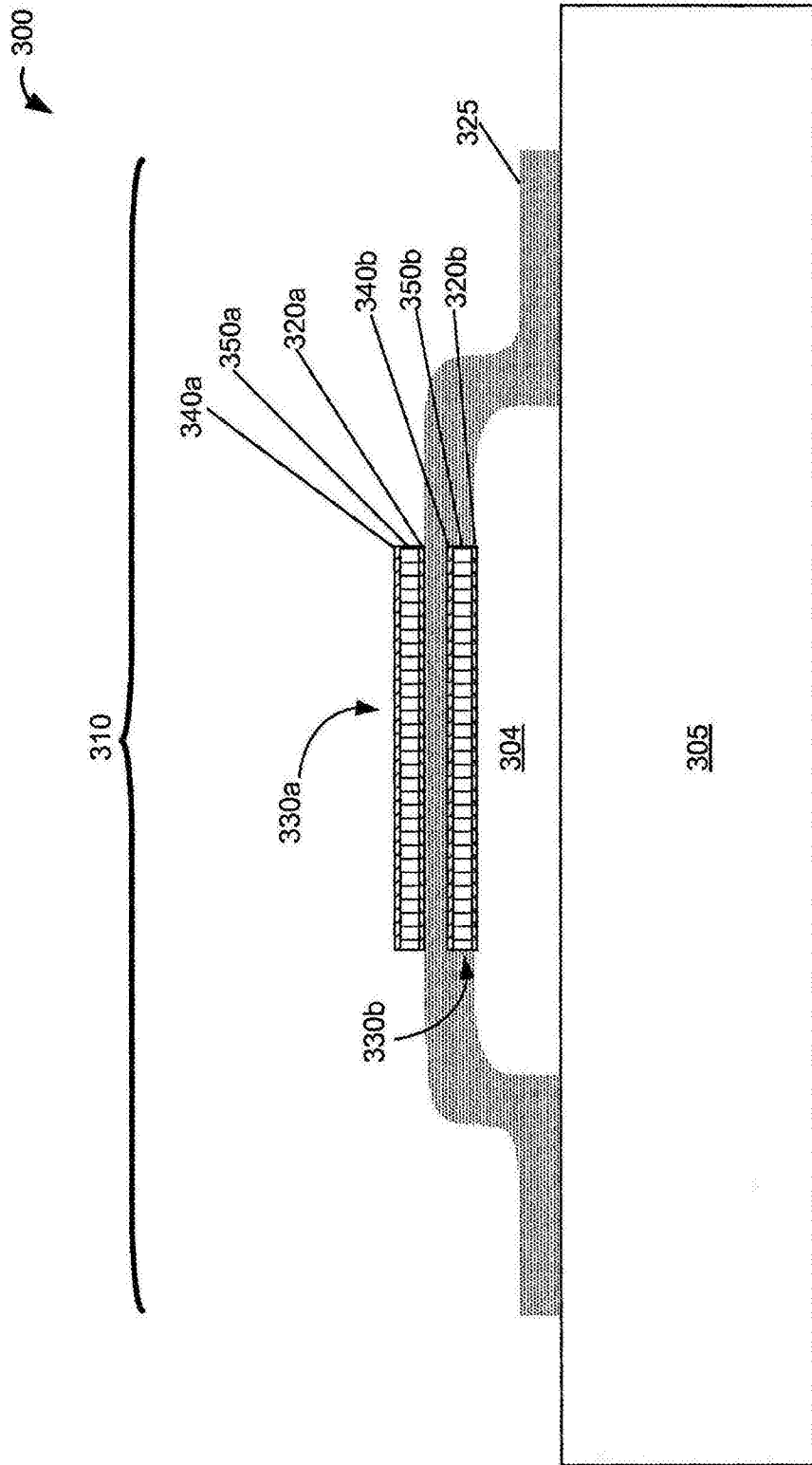


图16B

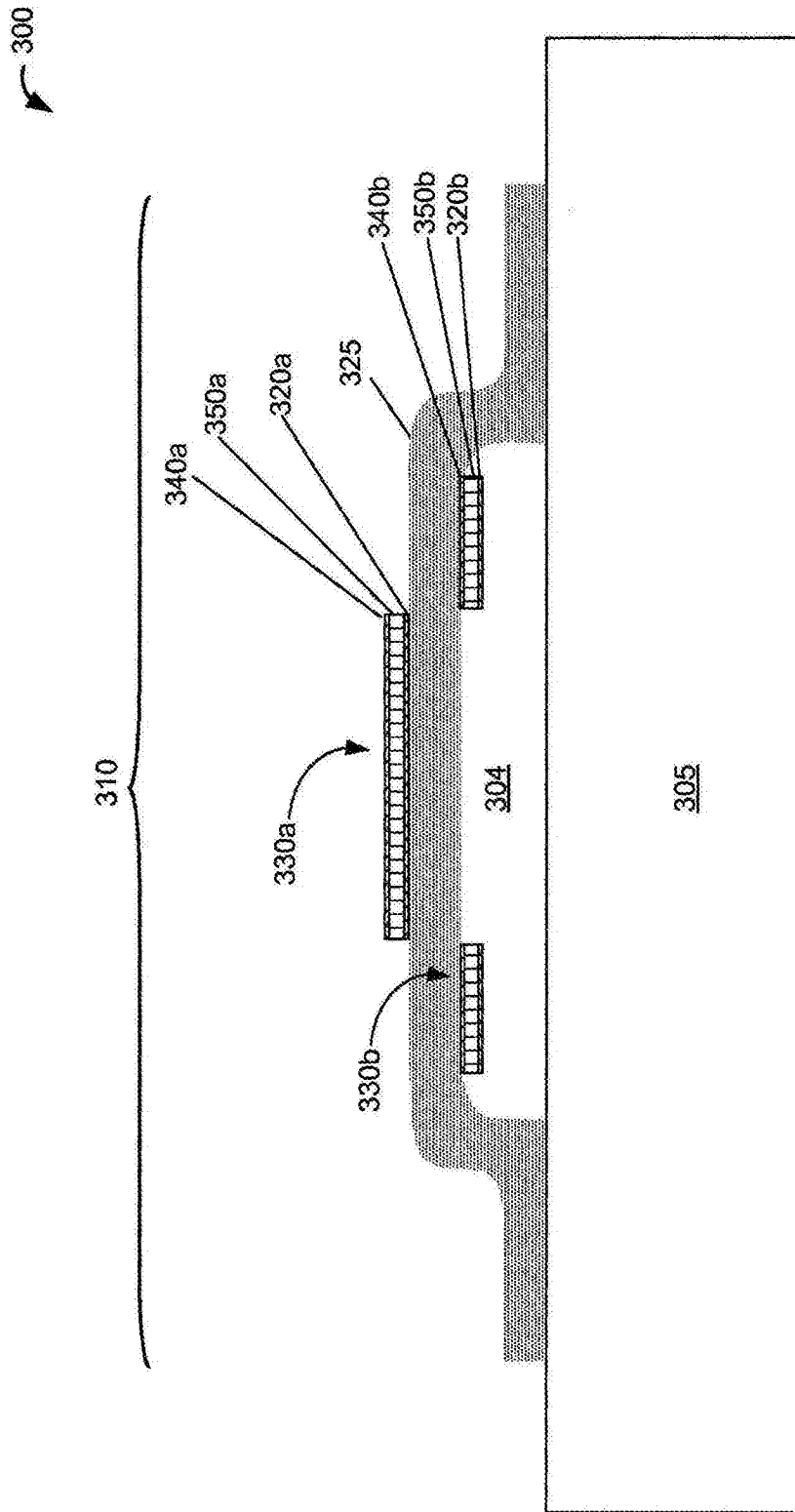


图16C

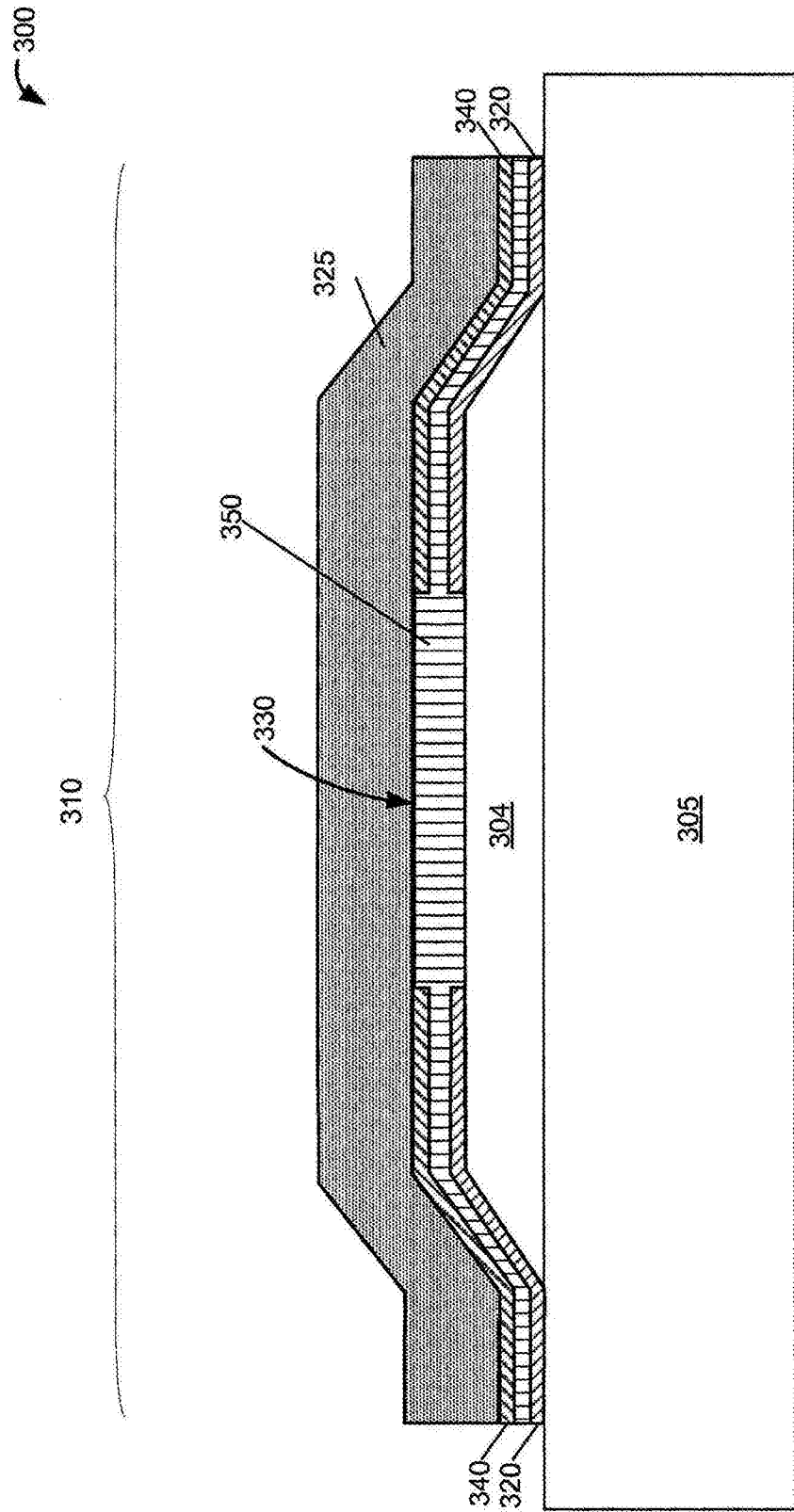


图17

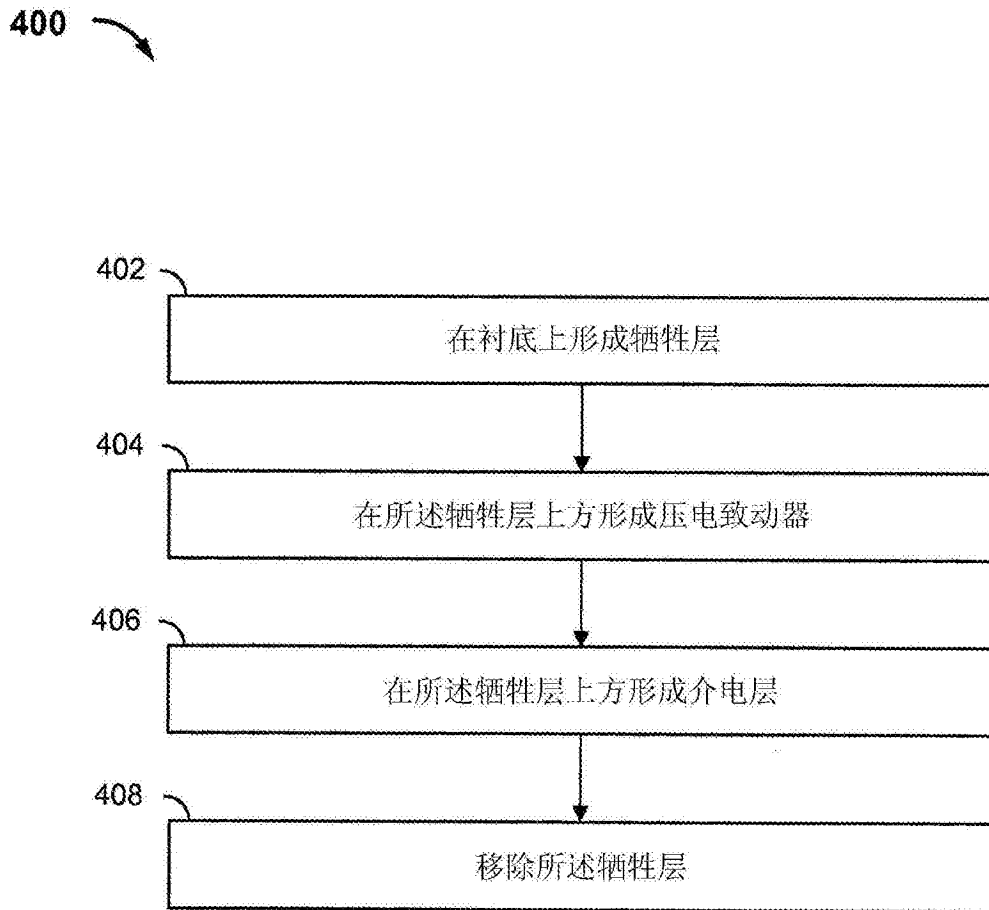


图18

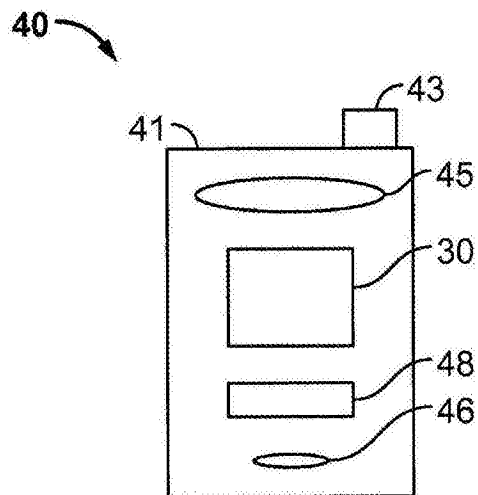


图19A

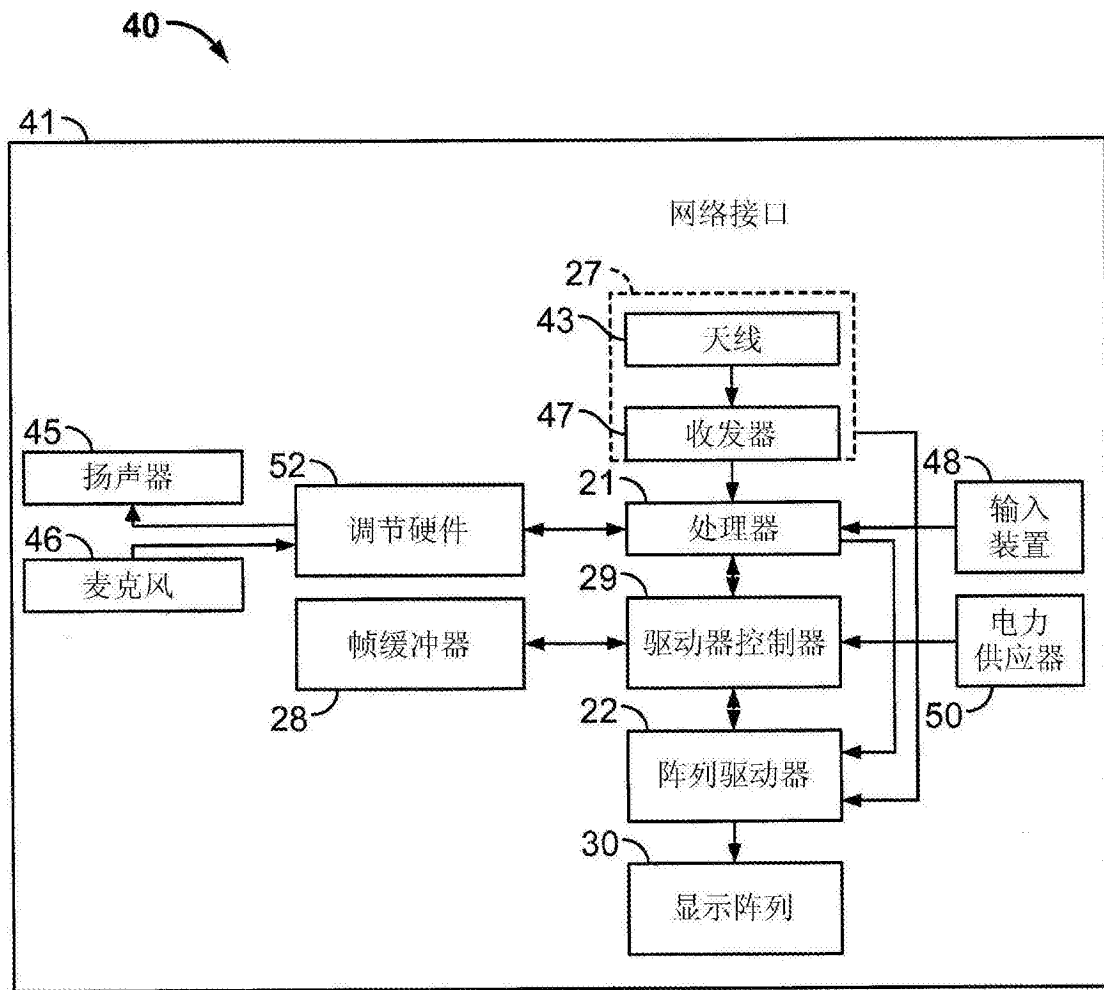


图19B