



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102389840 A

(43) 申请公布日 2012. 03. 28

(21) 申请号 201110185323. 9

(22) 申请日 2011. 07. 04

(30) 优先权数据

12/830, 477 2010. 07. 06 US

(71) 申请人 夏普株式会社

地址 日本国大阪府

(72) 发明人 本杰明·詹姆斯·哈德文

詹森·罗德里克·赫克托

艾德里安·马克·西蒙·雅各布

帕特里克·艾德里安·泽贝迪

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.

B01L 3/00 (2006. 01)

B01J 19/00 (2006. 01)

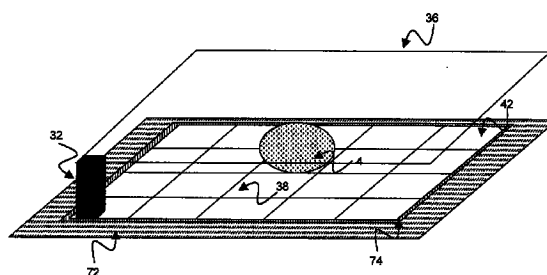
权利要求书 3 页 说明书 29 页 附图 24 页

(54) 发明名称

阵列元件电路和有源矩阵器件

(57) 摘要

提供了一种具有阵列元件电路的 AM-EWOD 器件, 所述阵列元件电路具有集成的阻抗传感器。所述阵列元件电路包括: 阵列元件, 所述阵列元件是通过由驱动元件施加驱动电压来控制的; 写电路, 用于将驱动电压写入驱动元件; 以及感测电路, 用于感测驱动元件处呈现的阻抗。



1. 一种具有阵列元件电路的 AM-EWOD 器件, 所述阵列元件电路具有集成的阻抗传感器, AM-EWOD 器件包括:

阵列元件, 所述阵列元件是通过由驱动元件施加驱动电压来控制的;

写电路, 用于将驱动电压写入驱动元件; 以及

感测电路, 用于感测驱动元件处呈现的阻抗。

2. 根据权利要求 1 所述的 AM-EWOD 器件, 其中, 所述阵列元件是具有表面的疏水单元, 所述表面的疏水性是通过由驱动元件施加驱动电压来控制的, 以及所述感测电路感测所述疏水单元在驱动元件处呈现的阻抗。

3. 根据权利要求 1 至 2 中任一项所述的 AM-EWOD 器件, 其中:

所述写电路被配置为对写入驱动元件的驱动电压进行扰动;

所述感测电路被配置为感测写入驱动元件的驱动电压的扰动结果, 所述扰动结果取决于驱动元件处呈现的阻抗; 以及

所述感测电路包括用于产生输出信号的输出, 所述输出信号的值表示驱动元件处呈现的阻抗。

4. 根据权利要求 1 至 2 中任一项所述的 AM-EWOD 器件, 其中, 所述感测电路与驱动元件是 AC 耦合的。

5. 根据权利要求 2 所述的 AM-EWOD 器件, 其中:

所述驱动元件包括所述疏水单元与存储所写入的驱动电压的电容器之间的节点; 以及

所述感测电路包括与所述电容器相连的传感器行选择线, 所述传感器行选择线用于经由所述电容器向所述节点提供至少一个脉冲, 以感测驱动元件处呈现的阻抗。

6. 根据权利要求 5 所述的 AM-EWOD 器件, 其中, 所述电容器由栅控二极管形成。

7. 根据权利要求 1、2、5 或 6 中任一项所述的 AM-EWOD 器件, 其中:

所述感测电路包括与驱动元件 AC 耦合的感测节点; 以及

所述感测电路还包括复位电路, 所述复位电路用于在感测驱动元件处呈现的阻抗之前复位感测节点处的电压。

8. 根据权利要求 7 所述的 AM-EWOD 器件, 其中:

所述复位电路包括串联连接的二极管的对, 该二极管对之间存在所述感测节点, 以及该二极管对在相反端连接至对应的复位线。

9. 根据权利要求 7 所述的 AM-EWOD 器件, 其中:

所述复位电路包括至少一个晶体管, 所述至少一个晶体管的栅极耦合至用于选择性地将感测节点耦合至复位电势的复位线。

10. 根据权利要求 1、2、5 或 6 中任一项所述的 AM-EWOD 器件, 其中, 所述阵列元件电路包括反基板, 驱动元件处呈现的阻抗表示驱动元件与反基板之间的阻抗。

11. 一种有源矩阵器件, 包括:

布置成行和列的多个阵列元件电路;

多个源极寻址线, 其中每一个是在对应的相同列中的阵列元件电路之间共享的;

多个栅极寻址线, 其中每一个是在对应的相同行中的阵列元件电路之间共享的; 以及

多个传感器行选择线, 其中每一个是在对应的相同行中的阵列元件电路之间共享的,

其中, 多个阵列元件电路中的每一个包括:

阵列元件,所述阵列元件是通过由驱动元件施加驱动电压来控制的;

写电路,用于将驱动电压写入驱动元件,所述写电路耦合至多个源极寻址线和栅极寻址线中对应的源极寻址线和栅极寻址线;以及

感测电路,用于感测驱动元件处呈现的阻抗,所述感测电路耦合至对应的传感器行选择线。

12. 根据权利要求 11 所述的器件,其中,所述阵列元件是具有表面的疏水单元,所述表面的疏水性是通过由对应的驱动元件施加驱动电压来控制的,以及对应的感测电路感测所述疏水单元在驱动元件处呈现的阻抗。

13. 根据权利要求 11 至 12 中任一项所述的器件,其中,对于多个阵列元件电路中的每一个:

所述写电路被配置为对写入驱动元件的驱动电压进行扰动;

所述感测电路被配置为感测写入驱动元件的驱动电压的扰动结果,所述扰动结果取决于驱动元件处呈现的阻抗;以及

所述感测电路包括用于产生输出信号的输出,所述输出信号的值表示驱动元件处呈现的阻抗。

14. 根据权利要求 11 至 12 中任一项所述的器件,其中:

所述器件包括多个传感器输出线,其中每一个是在对应的相同列中的阵列元件电路之间共享的,所述多个阵列元件电路的输出耦合至对应的传感器输出线。

15. 根据权利要求 11 至 12 中任一项所述的器件,其中,在多个阵列元件电路中的每一个中,所述感测电路与驱动元件 AC 耦合。

16. 根据权利要求 12 所述的器件,其中,对于多个阵列元件电路中的每一个:

所述驱动元件包括所述疏水单元与存储所写入的驱动电压的电容器之间的节点;以及对应的行选择线与所述电容器相连,所述传感器行选择线用于经由所述电容器向所述节点提供至少一个脉冲,以感测驱动元件处呈现的阻抗。

17. 根据权利要求 11、12 或 16 中任一项所述的器件,其中,对于多个阵列元件电路中的每一个:

所述感测电路包括与驱动元件 AC 耦合的感测节点;以及

所述感测电路还包括复位电路,所述复位电路用于在感测驱动元件处呈现的阻抗之前复位感测节点处的电压。

18. 根据权利要求 11、12 或 16 中任一项所述的器件,其中,所述器件包括由阵列元件电路共享的反基板,对应的驱动元件处呈现的阻抗表示对应的驱动元件与所述反基板之间的阻抗。

19. 根据权利要求 11、12 或 16 中任一项所述的器件,包括行驱动器和列驱动器,所述行驱动器和列驱动器与多个阵列元件中的每一个的写电路相结合地被配置为:选择性地寻址多个阵列元件的合适的子集以将驱动电压写入所述子集中包括的驱动元件,排除所述合适的子集中不包括的多个阵列元件。

20. 根据权利要求 19 所述的器件,其中,所述合适的子集中包括的多个阵列元件针对不同帧而改变。

21. 根据权利要求 11、12 或 16 中任一项所述的器件,包括行驱动器和列驱动器,所述行

驱动器和列驱动器与多个阵列元件中的每一个的感测电路相结合地被配置为：选择性地寻址多个阵列元件的合适的子集以感测所述子集中包括的驱动元件处的阻抗，排除所述合适的子集中不包括的多个阵列元件。

22. 根据权利要求 21 所述的器件，其中，所述合适的子集中包括的多个阵列元件针对不同帧而改变。

23. 根据权利要求 11、12 或 16 中任一项所述的器件，还包括用于基于感测电路内测量到的固定模式噪声来校准多个阵列元件内的感测电路的装置。

24. 根据权利要求 23 所述的器件，其中，从感测电路的输出减去所述固定模式噪声，以提供校准输出。

25. 根据权利要求 23 所述的器件，其中，通过测量一个或多个校准传感器图像来确定所述固定模式噪声。

26. 根据权利要求 25 所述的器件，其中，通过施加变化的时序信号来获得校准图像，以操作阵列元件的传感器功能。

27. 根据权利要求 26 所述的器件，其中，所述校准图像是在利用传感器复位功能来施加已知的输入信号时测量传感器输出来获得的。

## 阵列元件电路和有源矩阵器件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及有源矩阵阵列及其元件。具体地,本发明涉及数字微流体(digital microfluidics),更具体地涉及AM-EWOD。电介质上电润湿(Electrowetting-On-Dielectric,EWOD)是用于操控阵列上的流体的液滴(droplet)的公知技术。有源矩阵EWOD(AM-EWOD)是指有源矩阵阵列中EWOD的实现,例如使用薄膜晶体管(TFT)。

### 背景技术

[0002] 图1示出了与固体表面2相接触且处于静态平衡的液滴4。如图1所示,定义了接触角 $\theta$ 6,如图所示,其是通过固-液( $\gamma_{SL}$ 8)、液-气( $\gamma_{LG}$ 10)和固-气( $\gamma_{SG}$ 12)界面之间的表面张力分量的平衡来确定的,从而有:

$$[0003] \quad \cos \theta = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}} \quad (\text{等式 1})$$

[0004] 因此,接触角 $\theta$ 是对表面的疏水性(hydrophobicity)的度量。根据接触角与90度之间的差,可以将表面描述为在 $\theta < 90$ 度时是亲水(hydrophilic)的或者在 $\theta > 90$ 度时是疏水(hydrophobic)的,以及描述为或多或少疏水/亲水。图2示出了具有相应接触角 $\theta$ 6的亲水材料表面14和疏水材料表面16上处于静态平衡的液滴4。

[0005] 图3示出了液滴横跨在具有不同疏水性的两个区域(例如疏水表面16和亲水表面14)上的情况。在这种情况下,情形是不平衡,并且,为了最小化势能,液滴将向着具有较大亲水性的区域横向移动。移动方向被示作18。

[0006] 如果液滴由离子(ionic)材料构成,那么众所周知,可以通过施加电场来改变表面的疏水性。这种现象被称作电润湿。一种实现该现象的手段是使用电介质上电润湿(EWOD)方法,如图4所示。

[0007] 下基板25上布置了导电电极22,在该导电电极22上方放置了绝缘层20。绝缘层20将导电电极22与液滴4位于其上的疏水表面16分离。通过将电压V施加至导电电极22,可以调整接触角 $\theta$ 6。利用EWOD操控接触角 $\theta$ 6的优点在于:消耗的功率较低,仅仅与对绝缘层20的电容充电和放电相关联。

[0008] 图5示出了还提供顶基板(反基板)36的备选和改进配置,包含涂覆有疏水层26的电极28。可以将电压V2施加至电极28,使得液滴4与疏水层26和基板16的界面处的电场是V2与V之间的电势差的函数。可以使用间隔器32来固定在其中限制了液滴4的沟道层的高度。在一些实施方式中,液滴4周围的沟道容积可以由非离子液体(例如,油34)来填充。与图1的配置相比,图5的配置由于以下两点原因是有利的:第一,可以在液滴接触疏水层的表面处产生更大且更好的受控电场;第二,液滴被密封在器件内,从而防止了由于蒸发等等造成的损失。

[0009] 以上背景技术是公知的,更详细的描述可见于标准教科书,例如“Introduction to Microfluidics”,Patrick Tabeling,Oxford University Press,ISBN 0-19-856864-9,

section 2.8。

[0010] US6565727 (Shenderov, 于 2003 年 5 月 20 日授予) 公开了一种用于将液滴移动通过阵列的无源矩阵 EWOD 器件。该器件是如图 6 所示构造的。对下基板 25 的导电电极图案化, 从而实现了多个电极 38 (如 38A 和 38B)。这些电极可以被称作 EW 驱动元件。以下可以采用术语 EW 驱动元件来指代与具体阵列元件相关联的电极 38 和与该电极 38 直接相连的电路的节点。通过将不同电压 (称作 EW 驱动电压 (如  $V$  和  $V3$ )) 施加至不同电极 (如驱动元件 38A 和 38B), 可以控制表面的疏水性, 从而使得能够控制液滴运动。

[0011] US6911132 (Pamula et al, 于 2005 年 6 月 28 日授予) 公开了一种配置, 如图 7 所示, 其中, 对下基板 25 上的导电电极 22 图案化, 从而形成二维阵列 42。通过将时间相关电压脉冲施加至一些或所有不同驱动元件, 就可以沿着由电压脉冲序列确定的路径 44 将液滴 4 移动通过阵列。US6565727 还公开了用于进行其他液滴操作的方法, 该其他液滴操作包括: 分割和合并液滴以及将不同材料的液滴混合在一起。一般地, 执行典型液滴操作所需的电压相对较高。在现有技术 (如 US7329545 (Pamula et al., 于 2008 年 2 月 12 日授予), Lab on a Chip, 2002, Vol. 2, pages 96-101) 中引证了 20-60V 范围内的值。所需的值主要取决于用于创建绝缘体和疏水层的技术。

[0012] US7255780 (Shenderov, 于 2007 年 8 月 14 日授予) 类似地公开了一种用于通过将具有不同化学成分的液滴进行组合来进行化学或生物化学反应的无源矩阵 EWOD 器件。

[0013] 需要注意, 还可以 (尽管一般不是优选的) 实现用于运送浸入水离子介质中的油滴的 EWOD 系统。操作原理与如上所述非常相似, 只是油滴被吸引至其中将导电电极保持在低电势的区域。

[0014] 当执行液滴操作时, 一些感测液滴位置、大小和构造的手段一般是非常有用的。这可以通过多种手段而实现。例如, 光学感测手段是可以通过使用显微镜观察液滴位置来实现的。在 Lab Chip, 2004, 4, 310-315 中描述了一种使用附着至 EWOD 基板的 LED 和光传感器的光学检测方法。

[0015] 一种特别有用的感测方法是: 测量 (图案化的) 下导电电极 22 的电极 38 与顶基板的电极 28 之间的电阻抗。图 8 示出了在存在液滴 4 的情况下阻抗的近似电路表示 52。表示任何绝缘层 (包括疏水层) 的电容  $C_i$  的电容器 46 与液滴 4 的阻抗串联, 液滴 4 的阻抗可以被建模为具有电阻  $R_{\text{drop}}$  的电阻器 50 与具有电容  $C_{\text{drop}}$  的电容器 48 并联。图 9 示出了在不存在液滴的情况下的对应电路表示 56。在该实例中, 阻抗是与表示单元间隙的电容  $C_{\text{gap}}$  的电容器 54 串联的绝缘层电容器 46 的阻抗。由于该配置的总体阻抗不具有实 (即, 电阻性) 分量, 因此总阻抗可以表示为具有值  $C_i$  的频率相关电容器。

[0016] 图 10 示意性地示出了在存在液滴 4 的情况 (由虚线 52 表示) 和不存在液滴 4 的情况 (由实线 56 表示) 下  $C_i$  与频率的相关性 (dependency)。因此, 可以容易理解, 通过测量阻抗, 可以确定在给定节点处是否存在液滴 4。此外, 参数  $C_{\text{drop}}$  和  $R_{\text{drop}}$  的值是液滴 4 的大小和液滴 4 的导电性的函数。由此可以通过测量电容来确定与液滴大小和液滴构造相关的信息。Sensors and Actuators B, Vol. 98 (2004) pages 319-327 描述了一种通过将外部 PCB 电子器件连接至 EWOD 阵列中的电极来测量液滴阻抗的方法。然而, 该方法的缺点在于: 能够感测到阻抗的阵列元件的数目受到能够提供给器件的连接的数目的限制。此外, 该方法不是集成方案, 因为需要外部传感器电子器件。该论文还描述了可以如何使用测量的阻抗

来计量液滴的大小以及可以如何使用液滴计量来精确地控制使用 EWOD 器件进行的化学或生物化学反应的试剂的量。一个或多个位置处的阻抗测量还可以用于以下任一项：

- [0017] • 监控阵列内液滴的位置；
- [0018] • 确定阵列内液滴的位置，作为验证先前液滴操作中的任一个的正确实现的手段；
- [0019] • 测量液滴阻抗以确定与液滴构造有关的信息，如导电性；
- [0020] • 测量液滴阻抗特性以检测或量化化学或生物化学反应。

[0021] EWOD 器件已被标识为有希望的芯片实验室 (LoaC, Lab-on-a-chip) 技术的平台。LoaC 技术与力求将多个化学或生物化学实验室功能集成到单个微观装置上的装置有关。该技术在诸如保健、能量和材料合成等领域内有广泛的潜在应用。示例包括现场护理诊断、药物合成、蛋白质组学等的体液分析。

[0022] 例如，完整的 LoaC 系统可以由 EWOD 器件至其他设备形成，该其他设备例如是中央处理单元 (CPU)，可被配置为执行一个或多个多重功能，例如：

- [0023] • 将电压和时序信号提供给 AM-EWOD；
- [0024] • 分析从 AM-EWOD 返回的传感器数据；
- [0025] • 在存储器中存储编程数据和 / 或传感器数据；
- [0026] • 在需要时执行传感器校准操作并在存储器中存储传感器校准信息；
- [0027] • 处理从 AM-EWOD 接收的传感器数据，包括基于所保存的校准数据进行调整；
- [0028] • 调整和控制传感器控制信号的电压电平和时序；
- [0029] • 将数字或模拟数据发送至 AM-EWOD 以实现液滴操作；
- [0030] • 将数字或模拟数据发送至 AM-EWOD 以实现其内容取决于测量到的传感器输出数据的液滴操作；

[0031] • 根据测量到的传感器输出数据，调整写入 EW 驱动电极的信号电压电平。

[0032] 基于薄膜晶体管 (TFT) 的薄膜电子器件是可用于例如控制液晶 (LC) 显示器的公知技术。TFT 可以用于使用图 11 所示的标准显示器像素电路在节点上开关和保持电压。像素电路由开关晶体管 68 和存储电容器 57 构成。通过将电压脉冲施加至源极寻址线 62 和栅极寻址线 64，可以将电压  $V_{write}$  写入写节点 66 并存储在像素中。从而，通过将不同电压施加至反基板 CP 70 的电极，在像素内的液晶电容 60 上维持电压。

[0033] 许多现代显示器使用有源矩阵 (AM) 配置，其中，在显示器的每个像素中提供开关晶体管。这些显示器通常还并入集成驱动器电路，以将电压脉冲提供给行线和列线（从而将电压编程至阵列中的像素）这些是在薄膜电子器件中实现并集成到 TFT 基板上的。集成显示驱动器电路的电路设计是公知的。TFT、显示驱动器电路和 LC 显示器的进一步细节可见于标准教科书，例如“Introduction to Flat Panel Displays”，(Wiley Series in Display Technology, WileyBlackwell, ISBN0470516933)。

[0034] US7163612 (Sterling et al., 于 2007 年 1 月 16 日授予) 描述了可以如何使用基于 TFT 的电子器件来控制使用与在 AM 显示技术中所采用的电路配置非常相似的电路配置将电压脉冲寻址至 EWOD 阵列。图 12 示出了所采取的方案。与图 6 所示的 EWOD 器件相比，下基板 25 被其上布置有薄膜电子器件 74 的 TFT 基板 72 所替代。薄膜电子器件 74 用于选择性地电压编程至用于控制电润湿的图案化导电层 22。显而易见，薄膜电子器件 74 可以

由多种公知工艺技术实现,例如,绝缘体上硅(SOI)、玻璃上非晶硅或者玻璃上低温多晶硅(LTPS)。

[0035] 这种方案可以被称作“有源矩阵-电介质上电润湿(AM-EWOD)”。使用基于TFT的电子器件控制EWOD阵列具有多个优点,即:

[0036] • 可以将驱动器电路集成到AM-EWOD基板上。图13中示出了示例配置。EWOD阵列42的控制是利用集成的行驱动器76和列驱动器78电路来实现的。还可以提供串行接口80来处理串行输入数据流并将所需电压写入阵列42。可以使TFT基板72(图12)与外部驱动电子器件、电源等之间的连接配线82的数目相对较少,甚至对于较大阵列尺寸也是如此。

[0037] • 基于TFT的电子器件很适合AM-EWOD应用。基于TFT的电子器件生产起来较为便宜,从而可以以相对较低的成本生产相对较大的基板面积。

[0038] • 可以将基于TFT的感测并入有源矩阵受控阵列。例如,US20080085559描述了一种利用基于悬臂(cantilever)的阵列的、基于TFT的有源矩阵生物传感器。

[0039] 使用基于TFT的电子器件控制AM-EWOD阵列的另一优点在于:一般地,TFT可以被设计为相比于以标准CMOS工艺制造的晶体管,操作于高得多的电压下。然而,在一些实例中,较大AM-EWOD编程电压(20-60V)仍可超过以标准显示器制造工艺制造的TFT的最高电压等级。在某种程度上,可以将TFT设计修改为与更高电压下的操作兼容,例如,通过增大器件长度和/或增加栅漏交叠(Gate-Overlap-Drain, GOLD)或轻度掺杂漏极(LDD)结构。这些是用于改进半导体上金属(MOS)器件可靠性的标准技术,可见于例如“Hot Carrier Effects in MOS Devices”,Takeda,Academic Press Inc.,ISBN 0-12-682240-9, pages40-42。然而,对器件设计的这些修改可能削弱TFT性能。例如,用于改进可靠性的结构性修改会增大器件自身电阻和端子间电容。这一点对的影响对于需要高速操作或执行模拟电路功能的器件是非常有害的。因此,期望将修改后的高压器件的使用仅限于必需高压能力的那些功能,并将驱动器电路设计为使得需要尽可能少的器件操作于最高电压下。

[0040] 利用电润湿的流体操控也是用于实现显示器的公知技术。可以使用与在传统液晶显示器(LCD)中使用的电子电路相同或相似电子电路,将电压写入EW驱动电极的阵列。有色液滴位于EW驱动电极处,并根据所编程的EW驱动电压来移动。这进而影响光传输通过该结构,使得整个结构作为显示器而工作。电润湿显示技术的概览可见于“Invited Paper :Electro-wetting Based Information Displays”,Robert A.Hayes,SID 08 Digest pp651-654。

[0041] 近年来,在实现具有基于阵列的传感器功能的AM显示器方面引来许多关注。例如,可以将这种器件用作用户输入设备,例如,用于触摸屏应用。一种这样的用户交互方法在US20060017710(Lee et al.,于2006年1月26日公开)中描述并在图14中示出。当触摸设备表面(例如,利用指尖或触笔90)时,液晶层92在触摸附近被压缩。可以使用在TFT基板72上布置的集成薄膜电子器件74来测量LC层的电容60的改变,从而测量触摸的存在84或不存在86。如果薄膜电子器件74具有足够的灵敏度,则还可以测量用以触摸表面的压力。

[0042] 上述US7163612还描述了如何将基于TFT的传感器电路与AM-EWOD一起使用,以便例如确定液滴位置。在所描述的配置中,存在2个TFT基板,其中下基板用于控制



EWOD 电压,顶基板用于执行传感器功能。

[0043] 已知多种用于将电压写入显示器像素并测量像素处的电容的、基于 TFT 的电路技术。US20060017710 公开了一种这样的配置。电路被配置在不直接电连接的两个部分中,如图 15 所示。像素电路的电压写部分 101 的操作与已参照图 11 描述的标准显示器像素电路相同。现在描述像素电路的传感器部分 103 的操作。对于正在被感测的传感器阵列行,将电压脉冲提供给传感器行选择线 RWS 104。然后,感测节点的电势  $V_{\text{sense}}$  102 将以一定量提高,所提高的量取决于 LC 电容  $C_{\text{LC2}}$  100 和固定参考电容器  $C_{\text{S}}$  98 的相对值(还取决于包括与晶体管 94 相关联的电容在内的寄生电容)。可以如下测量感测节点 102 的电势。与负载器件(未示出)相结合的晶体管 94 充当公知的标准源极跟随器配置,例如已知于“CMOS Analog Circuit Design”,Allen and Holberg, ISBN-10 :0195116441, section 5.3。由于已知电容器  $C_{\text{S}}$  98 的值,因此对传感器输出线 COL 106 处的列输出电压的测量是对 LC 电容的度量。整个配置的突出特征在于:写节点 66 和感测节点 102 未电连接。直接连接不是必要的或所期望的,这是由于对触摸的检测不需要测量整个像素的 LC 电容,而是仅需要测量其采样部分的电容。

[0044] 上述电路的缺点在于:未向 COL 106 节点 102 提供任何 DC 电流路径。由此,该节点的电势可能遭受较大的像素至像素变化,这是由于在制造过程期间造成的该节点处的固定电荷可能是逐像素地可变的。图 16 中示出了该电路的改进。这里,附加二极管 110 连接至读出节点 102。维持二极管阳极处的电势 RST 108,从而反向偏置二极管 110。该电势可以取值为高以在将电压脉冲施加至读出行选择线 104 之前的短时间段内正向偏置二极管 110。被施加至复位线 RST 108 的电压脉冲的效果是:将读出节点 102 的电势复位为可以很好地被控制的初始值。因此,该电路配置具有减小了测量到的输出电压中的像素至像素可变性的优点。

[0045] 一般地,要注意,在该应用中,LC 电容的值和与触摸相关联的电容改变都非常小(几 fF 的量级)。这一点的一种结果是:也可以使参考电容器  $C_{\text{S}}$  98 非常小(典型地,几 fF)。较小 LC 电容使得难以感测到改变。英国申请 GB 0919260.0 和 GB 0919261.8 描述了感测到的小信号的像素内放大手段。然而,在 EWOD 器件中,液滴所呈现出的电容要大得多,并且一般不需要放大。

[0046] 与将传感器像素电路实现至 TFT 基板上一样,还已知将传感器驱动器电路和用于读出传感器数据的输出放大器集成到相同 TFT 基板上,例如,在“A Continuous Grain Silicon System LCD with Optical Input Function”,Brown et al. IEEE Journal of Solid State Circuits, Vol. 42, Issue 12, Dec 2007 pp2904-2912 中针对图像显示器而描述。该参考文献还描述了可以如何执行校准操作以从传感器输出中去除固定模式噪声。

[0047] 有多种方法可以用于在用于例如制造显示器的薄膜制造过程中形成电容器电路元件。例如,可以使用源极和栅极金属层作为板来形成电容器,这些层被层间电介质分离。在保持电容器的物理布局覆盖区是重要的情况下,使用金属氧化物半导体(MOS)电容器通常是方便的,如描述于标准教科书,例如, Semiconductor Device Modelling for VLSI, Lee et al., Prentice-Hall, ISBN 0-13-805656-0, pages 191-193。MOS 电容器的缺点在于:如果电势未被配置为使得沟道半导体材料处于完全积蓄状态,则电容变为端子偏压的函数。图 17 在 124 处示出了其中半导体材料 122 是 n 型掺杂的 MOS 电容器 120 的典型特性。MOS

电容器 120 的板 A 由导电材料（如栅极金属）形成，板 B 是 n 型掺杂的半导体材料 122。在点线 126 中将电容示作两个板 A 和 B 之间电压（偏置电压  $V_{AB}$ ）差的函数。在与 n 型掺杂的半导体材料 122 的阈值电压近似对应的特定偏置电压  $V_{th}$  之上，半导体材料 122 处于积蓄状态 (in accumulation)，电容较大且与电压无关。如果  $V_{AB}$  小于  $V_{th}$ ，那么随着 n 型半导体材料 122 变为耗尽电荷载流子，电容变小且与电压相关。

[0048] 图 18 在 130 处示出了对应的情形，在这种情况下，形成 MOS 电容器 120 的板 B 的半导体材料 128 是 p 型掺杂的。在这种情况下，当  $V_{AB}$  低于阈值电压  $V_{th}$  并且沟道半导体材料 128 处于蓄电中时，获得最大电容。

[0049] 可在薄膜工艺中实现的已知横向器件类型是栅控 P-I-N 二极管 144，如图 19 所示。栅控 P-I-N 二极管由半导体材料层形成，半导体材料层由 p+ 掺杂区 132、轻度掺杂区 134（可以是 n 型或 p 型）和 n+ 区 136 构成。可以进行电连接（例如，利用金属）至 p+ 和 n+ 区（132 和 136），以分别形成器件 144 的阳极端子 137 和阴极端子 138。电绝缘层 142 布置在一些或所有轻度掺杂区 134 上，导电层形成器件 144 的第三栅极端子，表示为栅极端子。这种设备的操作的进一步描述和解释可见于“High performance gated lateral polysilicon PIN diodes”，Stewart and Hatalis, Solid State Electronics, Vol. 44, Issue 9, p1613-1619。图 20 示出了可以用于表示栅控 P-I-N 二极管 144 以及分别与阳极、阴极和栅极相对应的 3 个连接端子 137、138 和 140 的电路符号。

[0050] 通过将阳极和阴极端子连接在一起以形成电容器的一个端子，并通过使用栅极端子 140 形成另一端子，可以将栅控 P-I-N 二极管 144 配置为 MOS 电容器类型。

[0051] 通过以这种方式连接栅控 P-I-N 二极管 144，采用与已描述的 MOS 电容器类似的方式来工作，重要区别在于：沟道区的大部分保持积蓄有载流子，而几乎不管端子之间的电压如何。图 21 中示出了以这种方式连接的栅控 P-I-N 二极管 144 的操作。在提供给栅极端子 140 的电压电势  $V_A$  157 超过提供给阳极端子 137 和阴极端子 138 的电压电势  $V_B$  155（加上沟道材料阈值电压）的、在 158 处表示的情况下，沟道 160 的大部分（图 19 中的轻度掺杂区 134）变为积蓄从栅控 P-I-N 二极管 144 的阴极端子 138 提供的负带电载流子（电子）。那么，栅极端子 140 与（连接在一起的）阳极端子 137 和阴极端子 138 之间的电容近似于积蓄状态中 MOS 电容器的电容。类似地，在  $V_A < V_B$  的、在 162 处表示的情况下，沟道 160 的大部分变为积蓄从栅控 P-I-N 二极管 144 的阳极端子 137 提供的正带电载流子（空穴）。栅极端子 140 与阳极 / 阴极端子 137/138 之间的电容再次近似于积蓄状态中 MOS 电容器的电容。图 22 示意性地示出了在如图 21 所示连接时栅控 P-I-N 二极管 144 的电容相对于电压行为。可见，在正 164 和负 166 偏置电压  $V_{AB}$ （其中  $V_{AB} = V_A - V_B$ ）处，栅控 P-I-N 二极管 144 的行为类似于积蓄状态中 MOS 电容器。如图所示，电容 168 的较小下降出现在沟道 160 内的材料（图 19 中的区 134）的阈值电压周围。

[0052] 也可以通过相对于阴极端子 138 将偏置电压连接至器件的阳极端子 137，来从栅控 P-I-N 二极管 144 形成电压相关电容器。所施加的偏压  $-V_X$  应当被选择为使得栅控 P-I-N 二极管 144 保持反向偏置。图 23 示意性地示出了与不施加偏置电压的情况相比在施加偏置电压的情况下栅控 P-I-N 二极管 144 的电容。在由虚线 174 表示的情况下，将阳极端子 137 和阴极端子 138 连接在一起。在由点线 176 表示的情况下，相对于阴极端子 138 将偏置电压  $-V_X$  施加至阳极端子 137。如图所示，可以通过应用偏置电压  $-V_X$  来修改其中电容根据

阳极端子与阴极端子之间的电压差而变化的方式。

[0053] 在 AM-EWOD 和 AM 显示器中,还可能有助于将编程写电压存储在像素内的多种可能的备选配置。例如,可以使用 SRAM 单元来存储编程电压,如公知且描述于标准教科书,例如,“VLSI Design Techniques for Analog and Digital Circuits”, Geiger et al, McGraw-Hill, ISBN 0-07-023253-9, Section 9.8。

[0054] 用于实现液滴微流体的备选技术是介电泳 (dielectrophoresis)。介电泳是以下现象:可以通过对电介质粒子施加变化的电场来对电介质粒子施力。介绍可见于“Introduction to Microfluidics”, Patrick Tabeling, Oxford University Press (Jan. 2006), ISBN 0-19-856864-9, pages 211-214。“Integrated circuit/microfluidic chip to programmably trap and move cells and droplets with dielectrophoresis”, Thomas P Hunt et al, Lab Chip, 2008, 8, 81-87 描述了一种用于驱动数字微流体的介电泳阵列的硅集成电路 (IC) 背板。该参考文献还包括用于将驱动波形提供给阵列元件的基于阵列的集成电路。

## 发明内容

[0055] 本发明涉及一种 AM-EWOD 器件,具有用于感测离子液滴的位置、大小和构造的基于阵列的集成阻抗传感器。优选的像素电路架构利用 AC 耦合配置,将 EW 驱动电压写入 EW 驱动元件并感测 EW 驱动元件处的阻抗。

[0056] 将阻抗传感器能力包括在 AM-EWOD 器件中的优点如下:

[0057] • 通过测量 AM-EWOD 阵列中的每个阵列元件处的阻抗,可以确定液滴在阵列内的位置。

[0058] • 通过测量给定液滴的阻抗,可以确定液滴的大小。因此,阻抗传感器能力可以用于计量在化学和 / 或生物化学反应中使用的流体的量。

[0059] • 通过测量每个阵列元件处的阻抗,可以验证流体协议的正确执行,例如,来自贮液器的液滴移动、液滴分割、液滴致动。

[0060] • 通过使用基于电路的技术,可以确定与液滴构造有关的信息,如电阻率。

[0061] 将阻抗传感器能力集成到 AM-EWOD 驱动电子器件中的优点如下:

[0062] • 通过采用有源矩阵传感器配置,可以几乎同时在阵列中的大量点处测量阻抗。

[0063] • 通过将传感器驱动电路和输出放大器集成到 AM-EWOD 驱动电子器件中,可以在 AM-EWOD 器件与外部驱动电子器件之间进行仅需要少数连接的情况下,在阵列中的大量点处测量阻抗。与必须对阵列中的每个位置处的阻抗分别进行连接的现有技术中的无源矩阵传感器配置相比,改进了可制造性并使成本最低。

[0064] • 与标准 AM-EWOD 器件相比,集成阻抗传感器能力需要很少的或不需要附加的工艺步骤或组装成本。

[0065] 优选实施例中公开的用于将 EW 驱动电压写入 EW 驱动元件并感测 EW 驱动元件处的阻抗的 AC 耦合配置的优点如下:

[0066] • 仅需要特定的性能较不关键的电路组件来耐高压,例如 EW 驱动电压所需的。这就减小了布局覆盖区,改进了可靠性并提高了电路性能。

[0067] • 传感器电路可以被配置为使得执行感测操作并不破坏写入 EW 驱动元件的 EW 驱

动电压,而仅在感测操作期间的有限时间内干扰该 EW 驱动电压。

[0068] • 传感器电路可以被配置为使得写入 EW 驱动元件的 EW 驱动电压不会因经过被添加至阵列元件电路的传感器组件的任何 DC 泄漏路径而降低。

[0069] 根据本发明的一方面,提供了一种具有阵列元件电路的 AM-EWOD 器件,所述阵列元件电路具有集成的阻抗传感器。所述阵列元件电路包括:阵列元件,所述阵列元件是通过由驱动元件施加驱动电压来控制的;写电路,用于将驱动电压写入驱动元件;以及感测电路,用于感测驱动元件处呈现的阻抗。

[0070] 根据另一方面,所述阵列元件是具有表面的疏水单元,所述表面的疏水性是通过由驱动元件施加驱动电压来控制的,以及所述感测电路感测所述疏水单元在驱动元件处呈现的阻抗。

[0071] 根据另一方面,所述写电路被配置为扰动写入驱动元件的驱动电压;所述感测电路被配置为感测写入驱动元件的驱动电压的扰动结果,所述扰动结果取决于驱动元件处呈现的阻抗;以及所述感测电路包括用于产生输出信号的输出,所述输出信号的值表示驱动元件处呈现的阻抗。

[0072] 根据另一方面,所述感测电路与驱动元件是 AC 耦合的。

[0073] 根据另一方面,所述驱动元件包括所述疏水单元与存储所写入的驱动电压的电容器之间的节点;以及所述感测电路包括与所述电容器相连的传感器行选择线,所述传感器行选择线用于经由所述电容器向所述节点提供至少一个脉冲,以感测驱动元件处呈现的阻抗。

[0074] 在另一方面,所述电容器由栅控二极管 (gated diode) 形成。

[0075] 根据另一方面,所述感测电路包括与驱动元件 AC 耦合的感测节点;以及所述感测电路还包括复位电路,所述复位电路用于在感测驱动元件处呈现的阻抗之前复位感测节点处的电压。

[0076] 根据另一方面,所述复位电路包括串联连接的二极管的对,该二极管对之间存在所述感测节点,以及该二极管对在相反端连接至对应的复位线。

[0077] 根据另一方面,所述复位电路包括至少一个晶体管,所述至少一个晶体管的栅极耦合至用于选择性地将感测节点耦合至复位电势的复位线。

[0078] 在另一方面,所述阵列元件电路包括反基板,驱动元件处呈现的阻抗表示驱动元件与反基板之间的阻抗。

[0079] 根据另一方面,提供了一种有源矩阵器件,包括:布置成行和列的多个阵列元件;多个源极寻址线,其中每一个是在对应的相同列中的阵列元件电路之间共享的;多个栅极寻址线,其中每一个是在对应的相同行中的阵列元件电路之间共享的;以及多个传感器行选择线,其中每一个是在对应的相同行中的阵列元件电路之间共享的。多个阵列元件电路中的每一个包括:阵列元件,所述阵列元件是通过由驱动元件施加驱动电压来控制的;写电路,用于将驱动电压写入驱动元件,所述写电路耦合至多个源极寻址线和栅极寻址线中对应的源极寻址线和栅极寻址线;以及感测电路,用于感测驱动元件处呈现的阻抗,所述感测电路耦合至对应的传感器行选择线。

[0080] 在另一方面,所述阵列元件是具有表面的疏水单元,所述表面的疏水性是通过由对应的驱动元件施加驱动电压来控制的,以及对应的感测电路感测疏水单元在驱动元件处

呈现的阻抗。

[0081] 根据另一方面,对于多个阵列元件电路中的每一个:所述写电路被配置为扰动写入驱动元件的驱动电压;所述感测电路被配置为感测写入驱动元件的驱动电压的扰动结果,所述扰动结果取决于驱动元件处呈现的阻抗;以及所述感测电路包括用于产生输出信号的输出,所述输出信号的值表示驱动元件处呈现的阻抗。

[0082] 在另一方面,所述器件包括多个传感器输出线,其中每一个是在对应的相同列中的阵列元件电路之间共享的,所述多个阵列元件电路的输出耦合至对应的传感器输出线。

[0083] 在另一方面,对于多个阵列元件电路中的每一个:所述感测电路与驱动元件是 AC 耦合的。

[0084] 在另一方面,对于多个阵列元件电路中的每一个:所述驱动元件包括所述疏水单元与存储所写入的驱动电压的电容器之间的节点;以及对应的行选择线与所述电容器相连,所述传感器行选择线用于经由所述电容器向所述节点提供至少一个脉冲,以感测驱动元件处呈现的阻抗。

[0085] 根据另一方面,对于多个阵列元件电路中的每一个:所述感测电路包括与驱动元件 AC 耦合的感测节点;以及所述感测电路还包括复位电路,所述复位电路用于在感测驱动元件处呈现的阻抗之前复位感测节点处的电压。

[0086] 根据另一方面,所述器件包括由阵列元件电路共享的反基板,对应的驱动元件处呈现的阻抗表示对应的驱动元件与所述反基板之间的阻抗。

[0087] 根据另一方面,所述器件包括行驱动器和列驱动器,所述行驱动器和列驱动器与多个阵列元件中的每一个的写电路相结合地被配置为:选择性地寻址多个阵列元件的合适的子集以将驱动电压写入所述子集中包括的驱动元件,排除所述合适的子集中不包括的多个阵列元件。

[0088] 根据另一方面,合适的子集中包括的多个阵列元件对于不同帧而改变。

[0089] 根据另一方面,所述器件包括行驱动器和列驱动器,所述行驱动器和列驱动器与多个阵列元件中的每一个的感测电路相结合地被配置为:选择性地寻址多个阵列元件的合适的子集以感测所述子集中包括的驱动元件处的阻抗,排除所述合适的子集中不包括的多个阵列元件。

[0090] 根据另一方面,合适的子集中包括的多个阵列元件对于不同帧而改变。

[0091] 根据另一方面,所述器件包括用于基于感测电路内测量到的固定模式噪声来校准多个阵列元件内的感测电路的装置。

[0092] 根据另一方面,从感测电路的输出减去所述固定模式噪声,以提供校准的输出。

[0093] 根据另一方面,通过测量一个或多个校准传感器图像,来确定所述固定模式噪声。

[0094] 在另一方面,通过施加变化的时序信号来操作阵列元件的传感器功能,以获得校准图像。

[0095] 根据另一方面,通过在利用传感器复位功能来施加已知输入信号时测量传感器输出,来获得所述校准图像。

[0096] 根据另一方面,将驱动电压写入阵列元件的操作是选择性地实现的,即,源极选择线和栅极寻址线被配置为使得能够重写阵列中的行的可选择子集,而无需重写整个阵列。

[0097] 根据另一方面,提供了一种方法,用于校准阻抗传感器以去除由于组件不理想和

不匹配而引起的固定模式噪声。

[0098] 为了实现前述和相关目的,本发明包括以下完整描述且在权利要求书中具体限定的特征。以下描述和附图详细地阐述了本发明的特定示意性实施例。然而,这些实施例指示了可采用本发明原理的各种方式中的仅几个方式。通过结合附图作出的对本发明的以下详细描述,本发明的其他目的、优点和新特征将变得显而易见。

## 附图说明

[0099] 在附图中,类似的参考标记指示类似的部分或特征:

[0100] 图 1 示出了现有技术:液滴在表面上的放置,示出了表面张力并定义了接触角。

[0101] 图 2 示出了现有技术:液滴在疏水和亲水表面上的放置。

[0102] 图 3 示出了现有技术:液滴在部分疏水且部分亲水的表面上的移动;

[0103] 图 4 示出了现有技术:用于实现电介质上电润湿(EWOD)的配置。

[0104] 图 5 示出了现有技术:用于使用顶基板和底基板实现电介质上电润湿的改进配置。

[0105] 图 6 示出了现有技术:无源矩阵 EWOD 器件。

[0106] 图 7 示出了现有技术:经过 EWOD 器件的横向液滴移动。

[0107] 图 8 示出了现有技术:在存在液滴时 EWOD 驱动电极与顶基板的导电层之间呈现的阻抗的模型。

[0108] 图 9 示出了现有技术:在不存在液滴时 EWOD 驱动电极与顶基板的导电层之间呈现的阻抗的模型。

[0109] 图 10 示出了现有技术:在存在液滴的情况下和不存在液滴的情况下阻抗的虚分量作为频率的函数而变化的曲线图。

[0110] 图 11 示出了现有技术:标准显示器像素电路。

[0111] 图 12 示出了现有技术:有源矩阵 EWOD 器件。

[0112] 图 13 示出了现有技术:示例 AM-EWOD 驱动器电路配置。

[0113] 图 14 示出了现有技术:通过感测 LC 电容检测触摸的触摸输入 LC 显示设备。

[0114] 图 15 示出了现有技术:具有电容传感器触摸输入能力的 LC 显示器的像素电路。

[0115] 图 16 示出了现有技术:具有电容传感器触摸输入能力的另一 LC 显示器的像素电路。

[0116] 图 17 示出了现有技术:在半导体材料是 n 型掺杂的情况下 MOS 电容器器件的构造和操作。

[0117] 图 18 示出了现有技术:在半导体材料是 p 型掺杂的情况下 MOS 电容器器件的构造和操作。

[0118] 图 19 示出了现有技术:横向栅控 P-I-N 二极管。

[0119] 图 20 示出了现有技术:横向栅控二极管的电路表示。

[0120] 图 21 示出了现有技术:如本发明第二实施例中所利用的、被连接为使得阳极和阴极电势为公共的栅控二极管的操作。

[0121] 图 22 示出了现有技术:被连接为使得阳极和阴极电势为公共的栅控二极管的电容相对于电压特性。

[0122] 图 23 示出了现有技术：在阳极和阴极端子连接在一起时以及在阳极和阴极端子之间施加电势差  $-V_X$  时栅控二极管的电容相对于电压特性的曲线图。

[0123] 图 24 示出了本发明的第一实施例。

[0124] 图 25 示出了本发明的第一实施例的器件的横截面。

[0125] 图 26 示出了本发明的第一实施例。

[0126] 图 27 示出了根据本发明第一实施例的阵列元件电路的电路示意图。

[0127] 图 28 示出了二维电极阵列 42 的示例部分。

[0128] 图 29 示出了传感器输出图像的部分。

[0129] 图 30 示出了本发明的第二实施例的阵列元件电路。

[0130] 图 31 示出了本发明的第三实施例的阵列元件电路。

[0131] 图 32 示出了本发明的第四实施例的阵列元件电路。

[0132] 图 33 示出了本发明的第五实施例的阵列元件电路。

[0133] 图 34 示出了本发明的第六实施例的阵列元件电路。

[0134] 图 35 示出了本发明的第七实施例的阵列元件电路。

[0135] 图 36 示出了根据本发明第八实施例的操作的施加至像素电路的行选择连接的时序序列。

[0136] 图 37 示出了本发明的第九实施例的阵列元件电路。

[0137] 图 38 示出了本发明的第十实施例的阵列元件电路。

[0138] 图 39 示出了本发明的第十一实施例。

[0139] 图 40 示出了本发明的第十一实施例的示例实施方式。

[0140] 图 41 示出了本发明的第十二实施例。

[0141] 图 42 示出了本发明的第十二实施例的示例实施方式。

[0142] 图 43 示出了本发明的第十三实施例的校准方法的基本方法。

[0143] 图 44 示出了根据本发明第十三实施例的产生传感器图像和校准图像的时序示意图。

[0144] 附图标记说明

[0145] 2 固体表面

[0146] 4 液滴

[0147] 5 接触角  $\theta$

[0148] 8 固 - 液界面表面张力

[0149] 10 液 - 气界面表面张力

[0150] 12 固 - 气界面表面张力

[0151] 14 亲水表面

[0152] 16 疏水表面

[0153] 18 液滴在表面上的移动方向

[0154] 20 绝缘层

[0155] 22 导电电极

[0156] 25 下基板

[0157] 26 疏水层

- [0158] 28 电极 (顶基板)
- [0159] 32 间隔器
- [0160] 34 非离子液体 (油)
- [0161] 36 反基板
- [0162] 38 电极 - 底基板 (多个电极 (38A 和 38B))
- [0163] 42 二维电极阵列
- [0164] 44 液滴移动的路径
- [0165] 46 绝缘层电容 ( $C_i$ )
- [0166] 47 中间节点
- [0167] 48 液滴阻抗的电容性分量  $C_{drop}$
- [0168] 50 液滴阻抗的电阻性分量  $R_{drop}$
- [0169] 52 存在液滴时的阻抗
- [0170] 54 表示单元间隙电容  $C_{gap}$  的电容器
- [0171] 56 不存在液滴时的阻抗
- [0172] 57 显示器像素电路的存储电容器  $C_{store}$
- [0173] 58 电容器  $C_s$
- [0174] 60 液晶电容
- [0175] 62 源极寻址线
- [0176] 64 栅极寻址线
- [0177] 66 写节点
- [0178] 68 显示器电路的 / 本发明中等效使用的开关晶体管
- [0179] 70 反基板 CP
- [0180] 72 TFT 基板
- [0181] 74 薄膜电子器件
- [0182] 76 行驱动器
- [0183] 78 集成列驱动器
- [0184] 79 列输出电路
- [0185] 80 串行接口
- [0186] 82 连接配线
- [0187] 84 所触摸的 LC 电容
- [0188] 85 阵列元件电路
- [0189] 86 未触摸的 LC 电容
- [0190] 90 指尖或触笔
- [0191] 92 液晶层
- [0192] 94 晶体管
- [0193] 98 参考电容器  $C_s$
- [0194] 100 LC 电容 2
- [0195] 102 感测节点
- [0196] 104 传感器行选择线 RWS



- [0197] 106 传感器输出线 COL
- [0198] 108 复位线 RST
- [0199] 110 二极管
- [0200] 120 MOS 电容器
- [0201] 122 半导体材料
- [0202] 124 MOS 电容器的特性
- [0203] 126 MOS 电容器 (n 型) 的电容
- [0204] 128 半导体材料
- [0205] 130 MOS 电容器 (p 型) 的特性
- [0206] 132 p+ 区
- [0207] 134 轻度掺杂区
- [0208] 136 n+ 区
- [0209] 137 阳极端子
- [0210] 138 阴极端子
- [0211] 140 栅极端子
- [0212] 142 电绝缘层
- [0213] 144 栅控 P-I-N 二极管
- [0214] 146 耦合电容器 Cc
- [0215] 148 二极管
- [0216] 150 电源 VDD
- [0217] 152 EW 驱动电极
- [0218] 154 电容性负载元件
- [0219] 155 电压电势 VB
- [0220] 157 电压电势 VA
- [0221] 158  $VA > VB$  时的栅控二极管操作
- [0222] 160 栅控二极管器件的沟道
- [0223] 162  $VB > VA$  时的栅控二极管操作
- [0224] 164 正偏置电压 Vab
- [0225] 166 负偏置电压 Vab
- [0226] 168 栅控二极管电容的下降
- [0227] 170 双重用途 RST/RWS 线
- [0228] 172 偏置电源 VBR
- [0229] 174 虚线示出在连接阳极和阴极时的栅控二极管电容
- [0230] 176 点线示出反向偏置电压下的栅控二极管电容
- [0231] 180 行选择脉冲串 (多个脉冲)
- [0232] 182 行选择脉冲串 (单个脉冲)
- [0233] 184 电源线 VSS
- [0234] 186 p 型晶体管 T3
- [0235] 190 电容器 Cs

- [0236] 192 电容器 Cp
- [0237] 194 SRAM 单元
- [0238] 196 晶体管 68
- [0239] 198 传感器使能线 SEN
- [0240] 200 复位线 RSTB
- [0241] 202 二极管
- [0242] 204 RWS/RSTB 线
- [0243] 205 晶体管
- [0244] 206 晶体管
- [0245] 208 电源线 VRST
- [0246] 302 传感器输出图像的像素 310 写入的行数据
- [0247] 312 未写入的行数据
- [0248] 314 未感测到的阵列部分
- [0249] 316 感测到的阵列部分
- [0250] 318 计算机
- [0251] 320 传感器时序示意图
- [0252] 322 校准时序示意图

### 具体实施方式

[0253] 参照图 24, 示出了根据本发明示例实施例的液滴微流体器件。该液滴微流体器件是具有利用 EWOD 操控流体以及感测每个阵列元件处的液滴阻抗的能力的有源矩阵器件。

[0254] 液滴微流体器件具有下基板 72, 在基板 72 上布置了薄膜电子器件 74。薄膜电子器件 74 被配置为驱动阵列元件电极 (如 38)。多个阵列元件电极 38 被配置在电极阵列 42 中, 电极阵列 42 具有  $M \times N$  个元件, 其中,  $M$  和  $N$  可以是任何数目。液滴 4 被围在基板 72 与顶基板 36 之间, 应当理解, 在不脱离本发明范围的前提下, 可以存在多个液滴 4。

[0255] 图 25 以横截面示出了阵列元件对。器件包括下基板 72, 在下基板 72 上布置了薄膜电子器件 74。图案化下基板 72 的最上层 (可以被视为薄膜电子器件层 74 的一部分), 从而实现多个电极 38 (例如, 图 25 中的 38A 和 38B)。这些电极 38 可以被称作 EW 驱动元件。以下可以采用术语 EW 驱动元件来指代与具体阵列元件相关联的电极 38 和与该电极 38 直接相连的电路的节点。由离子材料构成的液滴 4 被限制在下基板 72 与顶基板 36 之间的平面中。可以利用间隔器 32 来实现两个基板之间的合适间隙, 并且, 可以使用非离子液体 34 (例如油) 来占据液滴 4 未占据的容积。下基板 72 上布置的绝缘层 20 将导电电极 38A、38B 与液滴 4 位于其上的疏水表面 16 分离, 其中, 接触角  $\theta$  由  $\theta$  表示。顶基板 36 上是液滴 4 可与之接触的另一疏水层 26。顶基板 36 与疏水层 26 之间插入了顶基板电极 28。通过适当地设计和操作薄膜电极 74, 可以将被称作 EW 驱动电压的不同电压 (例如,  $V_T$ 、 $V_0$  和  $V_{00}$ ) 施加至不同电极 (例如分别为驱动元件 28、38A 和 38B)。由此, 可以控制疏水表面 16 的疏水性, 从而便于液滴在两个基板 72 和 36 之间的横向平面中移动。

[0256] 图 26 中示出了薄膜电子器件 74 在基板 72 上的配置。这与现有技术图 13 所示的配置在以下几点上不同:

[0257] • 阵列元件电路 85 附加地包含用于测量该阵列元件处呈现的阻抗的功能。

[0258] • 集成的行驱动器 76 和列驱动器 78 电路还被配置为将电压信号提供给阵列元件电路 85, 以控制阻抗传感器功能的操作。

[0259] • 提供了列输出电路 79, 用于测量阵列元件电路 85 的阻抗传感器功能的输出电压。

[0260] 串行接口 80 可以包含用于控制阻抗传感器功能的操作的附加控制信号, 还包含用于输出测量的阻抗传感器数据的附加输出线。

[0261] 根据本发明的第一实施例, 图 27 示出了 AM-EWOD 器件的阵列元件电路 85, 其并入了集成阻抗传感器。对于这里描述的本发明的每个实施例, 以行和列的阵列形式在 AM 显示器中包括多个所述阵列元件, 并具有与图 13 类似的对应的驱动器电路。相应地, 为了简明, 省略了与显示器的传统部分有关的附加细节。

[0262] 再次参照图 27, 阵列元件电路 85 包括以下元件:

[0263] • 开关晶体管 68;

[0264] • 存储电容器  $C_s$  58;

[0265] • 耦合电容器  $C_c$  146;

[0266] • 二极管 148;

[0267] • 二极管 202;

[0268] • 晶体管 94。

[0269] 提供给阵列元件电路 85 的连接如下:

[0270] • 源极寻址线 62, 在相同列中的阵列元件电路 85 之间共享;

[0271] • 栅极寻址线 64, 在相同行中的阵列元件电路 85 之间共享;

[0272] • 传感器行选择线 RWS 104, 在相同行中的阵列元件电路 85 之间共享;

[0273] • 复位线 RST 108, 在相同行中的阵列元件电路 85 之间共享;

[0274] • 第二复位线 RSTB 200, 在相同行中的阵列元件电路 85 之间共享;

[0275] • 电源线 VDD 150, 其为阵列中的所有阵列元件电路 85 所共有;

[0276] • 传感器输出线 COL 106, 在相同列中的阵列元件电路 85 之间共享;

[0277] 每个阵列元件包含可将电压  $V_{\text{WRITE}}$  编程至的 EW 驱动电极 152。还示出了由电容器  $C_L$  154 表示的负载元件。电容器  $C_L$  154 具体表示 EW 驱动电极 152 与反基板 36 之间的阻抗, 从而表示由阵列元件中包括的具有疏水表面的疏水单元呈现的阻抗。电容器  $C_L$  154 的值取决于位于阵列内的该具体阵列元件内的疏水单元处的任何液滴的存在、大小和构造。

[0278] 电路如下连接:

[0279] 源极寻址线 62 连接至晶体管 68 的漏极。栅极寻址线 64 连接至晶体管 68 的栅极。晶体管 68 的源极连接至 EW 驱动电极 152。源极寻址线 62、晶体管 68、栅极寻址线 64 和存储电容器  $C_s$  58 组成用于将驱动电压写入 EW 驱动电极 152 的写电路, 本文将进一步描述。电容器  $C_s$  58 连接在 EW 驱动电极 152 与传感器行选择线 RWS 104 之间。耦合电容器  $C_c$  146 连接在 EW 驱动电极 152 与晶体管 94 的栅极之间。二极管 148 的阳极连接至复位线 108。二极管 148 的阴极连接至晶体管 94 的栅极和二极管 202 的阳极。二极管 202 的阴极连接至复位线 RSTB 200。晶体管 94 的漏极连接至 VDD 电源线 150。晶体管 94 的源极连接至在相同列的阵列元件电路 85 之间共享的传感器输出线 COL 106。

[0280] 电路的操作如下：

[0281] 在操作中，电路执行两个基本功能，即：(i) 将电压写入包括 EW 驱动电极 152 的驱动元件，以控制阵列元件内的疏水单元的疏水性；以及 (ii) 感测包括 EW 驱动电极 152 的驱动元件处由疏水单元呈现的阻抗。

[0282] 为了将电压写入，经由列驱动器（例如，图 26 中的 78）将所需的写电压  $V_{\text{WRITE}}$  编程至源极寻址线 62 上。应当理解，写电压  $V_{\text{WRITE}}$  可以基于要写入的电压模式以用于例如液滴控制，或者基于某其他电压以用于例如测试、校准等。然后，经由行驱动器（例如，图 26 中的 76）将栅极寻址线 64 置于高电压，使得晶体管 68 导通。然后，将电压  $V_{\text{WRITE}}$  写入 EW 驱动电极 152 并存储在在该节点处呈现的电容上，具体地，存储在存储电容器  $C_s$  58（其电容值一般实质上比耦合电容器  $C_c$  146 大）上。然后，经由行驱动器将栅极寻址线 64 置于低电平，以截止晶体管 68 并完成写入操作。注意，开关晶体管 68 与存储电容器 58 相结合，有效地作为公知的动态随机存取存储器（DRAM）单元而工作；将写入 EW 驱动电极 152 的电压  $V_{\text{WRITE}}$  存储在存储电容器 58 上。开关晶体管 68 在至少一定程度上是非理想的，这是由于当截止开关晶体管 68 时，在其源极和漏极端子之间将存在一定量的寄生泄漏电流。这可能导致写入 EW 驱动电极 152 的电压随时间改变。由此可见，必须周期性地重写 EW 驱动电极 152 的电压，其中，刷新所需的频率依照于流经开关晶体管 68 的寄生泄漏电流的量以及电容器 58 的大小。

[0283] 为了在将电压  $V_{\text{WRITE}}$  写入之后感测 EW 驱动电极 152 处呈现的阻抗，首先复位感测节点 102。

[0284] 具体地，控制电路内包括的感测电路包括执行复位操作的复位电路。复位电路包括例如串联连接的二极管 148 和 202，二者之间存在感测节点 102。如上所述，二极管 148 和 202 的相反端分别连接至复位线 RST 108 和 RSTB 200。如果执行复位操作，则通过将复位线 RST 108 置于其逻辑高电平并将复位线 RSTB 200 置于其逻辑低电平来进行复位操作。复位线 RST 108 和 RSTB 200 的电压电平被配置为使得复位线 RSTB 200 的逻辑低电平和复位线 RST 108 的逻辑高电平相同，为值  $V_{\text{RST}}$ 。值  $V_{\text{RST}}$  被选择为足以确保在该电压下截止晶体管 94。当执行复位操作时，二极管 148 或 202 之一是正向偏置的，因此，将感测节点 102 充电/放电至电压电平  $V_{\text{RST}}$ 。在完成复位操作之后，将复位线 RST108 置于其逻辑低电平并将复位线 RSTB 200 置于其逻辑高电平。复位线 RST 108 低逻辑电平和复位线 RSTB 200 高逻辑电平的电压电平均被配置为足以在感测操作的其余部分中将二极管 148 和 202 均保持为反向偏置。

[0285] 图 27 的阵列元件电路 85 的感测电路包括传感器行选择线 RWS104、耦合电容器  $C_c$ 、晶体管 94 和传感器输出线 COL 106。为了感测阵列元件中的疏水单元在驱动元件处呈现的阻抗，将幅度为  $\Delta V_{\text{RWS}}$  的电压脉冲施加至传感器行选择线 RWS 104。经由存储电容器  $C_s$  将脉冲耦合至 EW 驱动电极 152。由于晶体管 68 截止，因此 EW 驱动电极 152 处的电压  $V_{\text{WRITE}}$  以量 ( $\Delta V_{\text{WRITE}}$ ) 扰动，该量 ( $\Delta V_{\text{WRITE}}$ ) 与  $\Delta V_{\text{RWS}}$  成比例并且还取决于传感器行选择线 RWS 104 上的电压脉冲的量值和电容器  $C_c$ 、 $C_s$  和  $C_L$ （还有晶体管 94 和 68 以及二极管 148 和 202 的寄生电容）的相对值。在假设寄生分量较小的情况下，驱动电压  $V_{\text{WRITE}}$  扰动，从而由新值  $V_{\text{WRITE}}'$  给出：

$$[0286] \quad V_{\text{WRITE}}' = V_{\text{WRITE}} + \Delta V_{\text{WRITE}} \quad (\text{等式 2a})$$

[0287] 其中,扰动  $\Delta V_{WRITE}$  由下式给出:

$$[0288] \quad \Delta V_{WRITE} = \Delta VRWS \times \frac{C_s}{C_{TOTAL}} \quad (\text{等式 2b})$$

[0289] 其中

$$[0290] \quad C_{TOTAL} = C_s + C_c + C_L \quad (\text{等式 3})$$

[0291] 一般地,电容性分量的大小被定为使得在存在液滴的情况下,存储电容器  $C_s$  的值与电容器  $C_L$  所表示的负载阻抗具有类似的量级,以及使得存储电容器  $C_s$  的值比耦合电容器  $C_c$  的值大 1-2 个量级。那么,由于传感器行选择线 RWS 104 上的脉冲  $\Delta VRWS$  而引起的 EW 驱动电极 152 的电压的扰动  $\Delta V_{WRITE}$  还导致由于耦合电容器  $C_c$  的影响而引起的感测节点 102 处的电势的扰动  $\Delta V_{SENSE}$ 。感测节点 102 处的电势的扰动  $\Delta V_{SENSE}$  由下式近似给出:

$$[0292] \quad \Delta V_{SENSE} = \Delta V_{WRITE} \times \frac{C_c}{C_c + C_{DIODE} + C_T}$$

[0293] 其中,  $C_{DIODE}$  表示由二极管 148 呈现的电容,  $C_T$  表示晶体管 94 的寄生电容。一般地,电路被设计为使得耦合电容器  $C_c$  比寄生电容  $C_{DIODE}$  和  $C_T$  大。由此,感测节点 102 处的电压的扰动  $\Delta V_{SENSE}$  一般与 EW 驱动电极 152 处的写节点电压的扰动  $\Delta V_{WRITE}$  类似(尽管不一定需要情况如此)。电容器  $C_s$  具有双重功能;其作为存储电容器而工作,存储写入阵列元件的电润湿电压。在感测阻抗时,其还作为参考电容器而工作;本质上,通过将  $C_s$  与液滴电容  $C_{drop}$  进行比较来测量阻抗。

[0294] 对传感器行选择线 RWS 104 进行脉动的总体结果是:在 RWS 脉冲的持续时间内,感测节点 102 处的电压电势以量  $\Delta V_{SENSE}$  扰动,  $\Delta V_{SENSE}$  取决于电容器  $C_L$  所表示的阻抗(又取决于位于具体阵列元件处的任何液滴的存在、大小和构造)。由此,在将 RWS 脉冲施加至传感器行选择线 RWS 104 的 RWS 操作期间,可以在一定程度上导通晶体管 94。传感器输出线 COL 106 由形成列输出电路 70 的一部分的合适的偏置元件(如电阻器或晶体管,未示出)加载,其可以是相同列中的每个阵列元件所共有的。因此,晶体管 94 作为源极跟随器而操作,并且,在行选择操作期间出现在传感器输出线 COL 106 处的输出电压依据由电容器  $C_L$  表示的阻抗。然后,该电压可以由列输出电路 70 内包含的第二级放大器采样和读出。这种电路是可以使用公知技术(例如,针对在背景技术部分引用的图像显示器而描述)来实现的。因此,图 27 的阵列元件电路 85 感测和测量  $C_L$  的值。通过选择性地寻址复位线 RST 108、RSTB 200、传感器行选择线 RWS 104、以及传感器输出线 COL 106 上的输出的采样,可以在阵列内的每个元件处测量由电容器  $C_L$  表示的阻抗。测量到的阻抗进而表示位于阵列内的该具体元件处的任何液滴的存在、大小和构造。

[0295] 要注意,在感测操作之后,当传感器行选择线 RWS 104 上的电压返回至其原始值时,EW 驱动电极 152 的电势返回至实质上与感测操作前相同的值。在这一点上,感测操作是非破坏性的;事实上,写入 EW 驱动电极 152 的任何电压仅在传感器行选择线 RWS 104 上的 RWS 脉冲的持续时间(例如,典型地,仅几微秒)内受到干扰。还要注意,在该配置中,没有附加 DC 泄漏路径引入到 EW 驱动电极 152。

[0296] 还要注意,不是在所有情况下都必须在每个感测操作开始时使用复位线 RST 108 和 RSTB 200 来执行复位操作。在一些实例中,偶尔地复位感测节点 102 可能就足够和/或优选了。例如,如果要进行一系列传感器测量,那么可以在进行第一次测量之前执行单次

复位操作,但不在测量之间执行复位。这可能是有利的,原因是:紧接每次测量前感测节点 102 处的电势不会受到由于复位操作的不理想而引起的可变性的影响。复位电平的可变性可以由诸如环境照明和温度之类的因素影响,这些因素在测量过程中可能发生变化。

[0297] 根据该实施例的操作,AM-EWOD 器件可以用于根据写入 EW 驱动电极 152 的阵列的电压的模式和该模式随时间的变化,操控疏水表面上的液滴。例如,可以将写数据的在时间上接续的帧写入阵列,以操控一个或多个液滴 4,以便例如执行在 EWOD 技术中公知且在背景技术中描述的移动液滴、合并液滴、分割液滴等操作。AM-EWOD 器件还可以用于利用传感器功能的操作来感测位于阵列中每个位置处的任何液滴所呈现的阻抗。通过在任何给定时刻操作传感器功能,来测量阵列内的每个元件处存在的阻抗,从而给出整个阵列的测量到的阻抗数据的输出图像及其空间变化。

[0298] 可以以多种不同方式利用测量到的阻抗传感器数据的输出图像,例如:

[0299] 1. 阻抗数据的图像可以用于确定液滴 4 在阵列内的空间位置。

[0300] 2. 阻抗数据的图像可以用于确定液滴 4 在阵列内的大小(或体积)。

[0301] 根据上述利用 1,有利地,能够感测和确定液滴的空间位置,作为验证事实上已经正确实现了已写入的液滴操作(例如,可以是液滴的移动)以及液滴事实上位于其在阵列内的预期位置的手段。提供这种用于验证液滴位置的检验功能对于改进预期应用的操作的可靠性而言是有利的;与液滴移动操作相关联的错误(例如,当液滴未能如其预期应当进行的那样在相邻阵列元件之间移动时)由传感器功能检测,传感器功能能够确定液滴 4 的位置不是所预期的。然后,可以计算(例如由计算机程序控制操作)计算和实现用于纠正错误并将液滴位置恢复至预期位置的合适的电压模式,以纠正错误。

[0302] 根据上述利用 2,传感器功能可以用于确定液滴的大小/体积。给定阵列元件处测量到的阻抗将依据该阵列元件中由液体覆盖的比例。因此,通过测量液滴附近的多个阵列元件处的阻抗,就可以通过对测量到的每个阵列元件处的阻抗的贡献进行求和来测量液滴的大小。

[0303] 需要注意,在特定操作模式中,有利地,液滴的典型直径显著地大于阵列元件尺寸,使得例如液滴同时覆盖多个阵列元件。图 28 示出了在液滴 4 同时覆盖多个阵列元件的情况下二维电极阵列 42 的示例部分。图 29 示出了传感器图像的对应部分,传感器输出图像 302 的每个像素根据测量到的阻抗而被着色,较深的颜色表示较大的测量阻抗。从图 29 中的图像的该部分可见,可以如何根据传感器图像来确定液滴覆盖每个阵列元件的比例,并且显然,通过对液滴附近的所有阵列元件的贡献进行求和,可以确定总液滴大小。

[0304] 在多个应用中,确定液滴大小的能力可以是有利的。例如,如果使用 AM-EWOD 器件来进行化学反应,则可以使用液滴大小确定功能来计量所涉及的试剂的量。

[0305] 与电压写功能和阻抗感测功能相关联的控制时序可以是灵活的,并被实现为使得可以以多种方式中的任一种结合地利用这两个功能,例如:

[0306] A. 器件可以被操作为使得写入写数据的帧,接着测量传感器数据的图像,接着写入写数据的另一帧,接着测量传感器数据的另一图像等等。

[0307] B. 器件可以被操作为使得写入写数据的多个帧,接着测量传感器数据的单个图像,接着写入写数据的另外多个帧,接着测量传感器数据的另一图像等等。

[0308] C. 器件可以被操作为使得在测量传感器数据的同时写入写数据。这可以通过在阵

列的给定的行 N 上执行写入操作同时在阵列的不同的行 M 上执行感测操作而实现。行驱动器 76 和列驱动器 78 电路可以被配置为使得写入行和感测行所需的时间相同,从而可以在一个时刻接续地写入阵列中的所有行并在不同的时刻感测所有这些行,使得任一个具体行的写入操作和感测操作绝不同时进行。

[0309] 上述优选操作模式 (A、B 或 C) 可以取决于所执行的具体液滴操作。例如,对于诸如液滴混合之类的操作,模式 B 可以是优选的,这是由于可以迅速更新电压写入模式,在这种情况下,可能不必针对数据的每个写入帧都监控传感器输出。在第二示例中,对于液滴移动的操作,可以发现,模式 C 是有利的,这是由于同时进行的传感器操作和写入操作使快速移动能够得以实现(由于可以迅速刷新写入的数据模式),同时还利用传感器功能来提供检错能力。

[0310] 还要注意,在特定情形下,在经由源极寻址线 62 将 AM-EWOD 写电压  $V_{\text{WRITE}}$  写入 EW 驱动电极 152 的同时执行复位操作也可以是有利的。

[0311] 例如,这种情况出现在操作于上述模式 C 时,其中,希望对阵列的一行内的阵列元件执行感测操作,同时将电压写入不同行中的阵列元件的 EW 驱动电极 152。这是由于在写入操作期间,如果在 EW 驱动电极 152 处发生电压阶跃,则该电压的一定比例将经由耦合电容器  $C_c$  146 耦合至感测节点 102。这可能具有在一定程度上导通正被写入写电压  $V_{\text{WRITE}}$  的行中的晶体管 94 的效果。这进而将影响传感器输出线 COL106 的电势,从而影响正被感测的行的传感器功能。这种困难是可以通过以下方式来避免的:对正被写入的行执行复位操作,从而针对该行中元件固定住感测节点 102 的电势并防止了晶体管 94 导通。该实施例的优点如下:

[0312] • 被编程至 EW 驱动电极 152 的电压  $V_{\text{WRITE}}$  不会由于执行感测操作而被破坏,并且仅在传感器行选择线 RWS 104 上施加传感器行选择脉冲期间的短持续时间内受到干扰。

[0313] • 传感器功能的添加未引入去往 EW 驱动电极 152 的附加 DC 泄漏路径——仅存在写入 EW 驱动电极 152 的电荷的泄漏路径,其经过晶体管 68,如标准 AM-EWOD 的情况那样。

[0314] • 在需要将高电压写入 EW 驱动电极 152 的情况下,特定需要高压兼容的唯一有源器件是开关晶体管 68。特别地,器件 94、148 和 202 不需要是高压兼容的。这对晶体管 94 来说尤其重要,晶体管 94 具有模拟功能,因此其性能可能在需要改进鲁棒性的器件工程设计(如 LDD、GOLD、增加长度等)的情况下被削弱。94、148 和 202 可以为标准低压器件的电路配置也是有利的,这是由于这些器件在布局上有更小的覆盖区 (footprint)。这可以有助于阵列元件尺寸的更小物理尺寸和 / 或为要包括在阵列元件内的其他电路创建空间。

[0315] • 电路组件的低压操作可以改进电路成品率并提高产品鲁棒性。

[0316] 要注意,在感测节点 102 与 EW 驱动电极 152 DC 耦合(例如,通过利用短路替换耦合电容器  $C_c$  146)的情况下,不是所有这些优点都能实现。在这种情况下,可能将附加泄漏路径引入 EW 驱动电极 152(经过反向偏置的二极管 148 的泄漏路径),所写入的 EW 驱动电压  $V_{\text{WRITE}}$  可能由于执行感测操作而被破坏,在晶体管 94 和二极管 148 的端子上可能出现高压。

[0317] 在典型的设计中,存储电容器  $C_s$  的值可以相对较大,例如,几百毫微微法 (fF)。因此,为了最小化布局面积,有利地,将该器件实现为 MOS 电容器。

[0318] 图 30 中示出了本发明第二实施例的阵列元件电路 85a。本实施例与第一实施例相

同,只是如以上参照图 21 所述,电容器  $C_s$  58 被栅控 P-I-N 二极管 144 替换。栅控二极管被连接为使得阳极和阴极连接在一起并连接至传感器行选择线 RWS 104,栅极端子连接至 EW 驱动电极 152。

[0319] 第二实施例的操作与第一实施例的操作相同,其中,栅控 P-I-N 二极管 144 执行第一实施例的电容器  $C_s$  的功能。一般地,在传感器行选择线 RWS 104 上提供的脉冲的电压电平被配置为使得将栅控 P-I-N 二极管 144 的电容维持在针对 RWS 电压的高和低电平两者的最高电平。

[0320] 本实施例的优点在于:通过使用栅控 P-I-N 二极管 144 执行电容器的功能,不需要将分配给 RWS 脉冲的电压电平配置为使得器件上的电压始终高于特定阈值电平(以维持电容)。这意味着:RWS 脉冲高和低电平的电压电平可以例如全部位于 EW 驱动电压的编程范围内。因此,与使用 MOS 电容器实现电容器  $C_s$  58 的第一实施例的总体电压范围相比,阵列元件电路 85a 所需的电压总范围总体上减小。

[0321] 与 MOS 电容器相比,在实现了该优点的同时,还维持了栅控二极管的较小布局覆盖区。由于前述原因,较小布局覆盖区在最小化阵列中的电路元件的物理尺寸的方面可以是有利的。对于本领域技术人员来说,显然本实施例还可以被实现为栅控 P-I-N 二极管 144 从相反方向连接,即,阳极和阴极端子均连接至 EW 驱动电极 152,栅极端子连接至传感器行选择线 RWS 104。

[0322] 对于本领域技术人员来说显而易见,还可以实现第一和第二实施例的电路的多种变型。例如,源极跟随器 94 和开关晶体管 68 均可以利用 pTFT 器件而不是 nTFT 器件实现。

[0323] 这些改变均未实质上影响上述电路的基本操作。因此,为了简明,省略了具体细节。

[0324] 图 31 中示出了本发明第三实施例的阵列元件电路 85b。本实施例与第一实施例相同,只是去除了二极管 148 和 202,去除了复位线 RSTB200,添加了以下附加阵列元件:

[0325] • n 型晶体管 206;

[0326] • 电源线 VRST 208,可以是阵列中的所有元件所共有的。

[0327] 本实施例中的复位线 RST 108 连接至晶体管 206 的栅极。晶体管 206 的源极和漏极端子分别连接至感测节点 102 和电源线 VRST 208。

[0328] 本实施例的操作与针对第一实施例所述相同,只是复位操作的执行有所不同。在本实施例中,通过将复位线 RST 108 置于逻辑高电平来执行复位。这具有以下效果:导通晶体管 206,以便将感测节点 102 的电势充电/放电至电源线 VRST 208 上的复位电势。当不执行复位操作时,将复位线 RST 108 切换至逻辑低,以截止晶体管 206。

[0329] 相比于第一实施例,本实施例的优点在于:无需任何二极管元件(在制造工艺中,二极管可能无法作为标准库组件获得)就可以实现。本实施例的另一优点在于:阵列元件电路 85 仅需要 n 型 TFT 组件,从而适于在单沟道制造工艺(其中仅 n 型器件可用)中实现。

[0330] 图 32 中示出了第四实施例的阵列元件电路 85c。

[0331] 本实施例与图 27 的第一实施例相同,只是去除了二极管 148 和 202,添加了以下附加阵列元件:

[0332] • p 型晶体管 205;

[0333] • n 型晶体管 206;



[0334] • 电源线 VRST 108, 可以是阵列中的所有元件所共有的。

[0335] 复位线 RST 108 连接至晶体管 206 的栅极。复位线 RSTB 200 连接至晶体管 205 的栅极。晶体管 205 和 206 的源极连接在一起并连接至感测节点 102。晶体管 205 和 206 的漏极连接在一起并连接至电源线 VRST 208。

[0336] 电路的操作与针对图 27 中的第一实施例所述相同, 只是复位操作的执行有所不同。在本实施例中, 通过将复位线 RST 108 置于逻辑高电平并将复位线 RSTB 200 置于逻辑低电平来执行复位。这具有以下效果: 导通晶体管 205 和 206, 以便将感测节点 102 的电势充电/放电至电源线 VRST 208 上的复位电势。当不执行复位操作时, 将复位线 RST 108 和 RSTB 200 分别切换至逻辑低和逻辑高电平, 以截止晶体管 205 和 206。

[0337] 本实施例的优点如下:

[0338] • 当执行复位操作时, 与如图 27、30 和 31 所示通过二极管或单个开关晶体管执行复位的情况相比, 更迅速地将感测节点 102 放电至电源线 VRST 208 上的复位电势。这可以减小感测节点 102 复位至的电压在元件间的变化。

[0339] • 施加至复位线 RST 108 和 RSTB 200 的逻辑信号的电压电平可以是相同的。这与第一实施例相比简化了驱动器电路的设计。

[0340] • 无需二极管就实现了阵列元件电路 85。这在薄膜二极管不是标准电路元件的工艺中可以是有益的。

[0341] 图 33 示出了本发明第五实施例的阵列元件电路 85d。本实施例与第一实施例相同, 只是行选择线 RWS 和复位线 RST 连接在一起从而形成双重用途线 RST/RWS 170。

[0342] 阵列元件电路 85d 的操作与第一实施例类似。最初, 通过将线 RST/RWS 170 切换至足以正向偏置二极管 148 的电压电平  $V_1$  并将与复位线 RSTB 200 的连接切换至足以正向偏置二极管 202 的电压, 来复位感测节点 102。然后, 将线 RST/RWS 170 切换至低电压电平  $V_2$  从而反向偏置二极管 148, 并将复位线 RSTB 200 置于高值从而反向偏置二极管 202。然后, 在行选择操作期间, 将线 RST/RWS 170 切换至第三电压电平  $V_3$ , 产生量值为  $V_3 - V_2$  的电压阶跃, 进而扰动 EW 驱动电极 152 和感测节点 102 处的电压, 从而使得能够测量阻抗 CL。电路适当操作要求电压电平  $V_2$  和  $V_3$  必须小于  $V_1$  从而不在行选择操作期间正向偏置二极管 148。

[0343] 本实施例的优点在于: 与第一和第二实施例相比, 阵列元件所需的电压线的数目减少 1, 同时还维持了执行复位操作的能力。

[0344] 图 34 中示出了第六实施例的阵列元件电路 85e。本实施例与第五实施例相同, 只是在这种情况下, RSTB 和 RWS 线连接在一起从而形成公共连接: RWS/RSTB 线 204。操作与第一实施例类似。为了执行复位操作, 将复位线 RST 108 设置为足以正向偏置二极管 148 的复位电压 VRST, 还将相同的复位电压 VRST 施加至 RWS/RSTB 线 204。从而, 将感测节点 102 复位至复位电压 VRST。为了执行行选择操作, 反向偏置二极管 148, 将适当的电势施加至复位线 RST 108, 将电压电平  $V_5$  施加至 RWS/RSTB 线 204, 超过 VRST。反向偏置并截止二极管 202, 同时, 以一定量扰动感测节点 02 的电势, 该量取决于电压差  $V_5 - VRST$  和如第一实施例中所述的各种电路电容。

[0345] 与第一实施例相比, 第六实施例的优点在于: 阵列元件所需的电压线的数目减少 1。与第五实施例相比, 第六实施例的优点在于: 在操作期间, 仅需要将两个不同的电压电平施加至 RWS/RSTB 线 204。这具有简化驱动连接所需的控制电路的优点。

[0346] 对于本领域技术人员来说显而易见,在源极跟随器晶体管是 p 型晶体管并且行选择操作由施加至 RWS/RST、RWS/RSTB 线的负向脉冲实现的情况下,也可以实现第五和第六实施例。

[0347] 图 35 示出了本发明第七实施例的阵列元件电路 85f。本实施例与第二实施例相同,只是不是将栅控 P-I-N 二极管 144 的阳极端子连接至传感器行选择线 RWS 104,而是将其连接至偏置电源 VBR 172。该连接是可以针对相同行中的每个阵列元件而分别驱动的。将偏置电源 VBR 设置为相对于传感器行选择线 RWS 104 电压始终为负的电压,从而始终反向偏置栅控 P-I-N 二极管 144。

[0348] 电路操作与第二实施例的电路操作实质上类似,只是在整个电路操作过程中,将偏置电源 VBR 172 维持在比传感器行选择线 RWS 104 的偏置电压低的偏压 VX 处。这具有以下效果:使栅控 P-I-N 二极管 144 类似于电压相关电容器而工作,具有依据 VX 的偏压相关性 (bias dependence),如背景技术中所述的一样。

[0349] 因此,通过选择 RWS 脉冲高和低电平的操作范围以及适当的 VX 值,可以使栅控 P-I-N 二极管 144 作为可变电容器而工作,该可变电容器的值取决于 VX 的选择。总体电路如第二实施例中所述那样工作,其中,栅控 P-I-N 二极管 144 是电容可变的电容器。因此,该电路可以根据该电容是被配置为取高值还是取低值,有效地在不同范围内进行操作。

[0350] 本实施例的电路的优点在于:与电容被实现为固定值的情况相比,可以感测到更高范围的液滴阻抗。另一优点在于:可以不利用附加电路组件以及利用仅一个附加偏置线来实现可变电容器。

[0351] 尽管本实施例描述了可变电容的特别有利的实施方式,但是对于本领域技术人员来说显而易见,存在多种其他方法用于实现可变的或电压相关的电容器。例如,可以提供作为开关工作的附加 TFT。这些附加 TFT 可以被配置为切入或切出电路附加电容器元件。这些附加 TFT 可以与电容器  $C_s$  串联或并联设置。

[0352] 本发明的第八实施例与前述实施例中的任一个相同,其中,施加至传感器行选择线 RWS 104 的电压脉冲被配置为由数目为 N 的多个脉冲构成。图 36 中示出了该第八实施例,其中示出了在  $N = 4$  (N 表示脉冲数目) 的情况下施加至传感器行选择线 RWS 104 的行选择脉冲 180。在该图中为了比较还示出了前述实施例中的施加至传感器行选择线 RWS 104 的行选择脉冲 182。

[0353] 那么,电路操作与第一实施例中所述相同。然而,阵列元件电路 85 对修改后的 RWS 脉冲 180 的响应可以根据液滴阻抗的构成分量而不同。这可以参照图 8 而理解。当在复合的液滴阻抗上施加电压脉冲时,中间节点 47 的响应是依赖于时间的;该节点根据分量值  $R_{drop}$  和  $C_{drop}$ ,花费一定时间进行充电/放电。这些分量值取决于液滴构造。因此,电路的响应可以依据施加至传感器行选择线 RWS 104 的 RWS 脉冲的数目和持续时间。

[0354] 根据本实施例,可以进行一系列多个阻抗测量,这些阻抗测量是在包括行选择脉冲在内的分量脉冲的数目 N 对于每个单独测量来说不同的情况下执行的。因此,通过针对 N 的两个或更多个不同值来确定传感器输出,可以测量液滴电容  $C_l$  的频率相关性。由于一般已知绝缘体电容  $C_i$ ,因此该方法还可以用于确定与阻抗分量  $C_{drop}$  和  $R_{drop}$  有关的信息。由于这些阻抗分量与液滴构造有关,因此可以确定与液滴构造有关的信息,例如其导电性。

[0355] 在该操作模式中,有利地(尽管不是必须地),将传感器行选择线 RWS 104 上的

RWS 脉冲配置为使得该连接处于高电平的总时间对于每个 N 来说相同。这确保了不论 N 的值如何,源极跟随器晶体管 94 都导通相同的时间量(达到什么程度由各种阻抗确定)。

[0356] 图 37 中示出了本发明第九实施例的阵列元件电路 85g,其由具有集成阻抗传感器的 AM-EWOD 器件的备选阵列元件电路构成。

[0357] 该电路包含以下元件:

[0358] • 开关晶体管 68;

[0359] • 电容器  $C_s$  190;

[0360] • 电容器  $C_p$  192;

[0361] • 耦合电容器  $C_c$  146;

[0362] • 二极管 148;

[0363] • 晶体管 94;

[0364] • 晶体管 186。

[0365] 提供给阵列元件电路 85g 的连接如下:

[0366] • 源极寻址线 62,在相同列中的阵列元件电路 85g 之间共享;

[0367] • 栅极寻址线 64,在相同行中的阵列元件电路 85g 之间共享;

[0368] • 传感器行选择线 RWS 104,在相同行中的阵列元件电路 85g 之间共享;

[0369] • 电源线 VSS 184,其为阵列中的所有阵列元件电路 85g 所共有;

[0370] • 传感器输出线 COL 106,在相同列中的阵列元件电路 85g 之间共享。

[0371] 每个阵列元件包含将电压  $V_{WRITE}$  编程至的 EW 驱动电极 152。还示出了表示 EW 驱动电极 152 与反基板 36 之间的阻抗的负载元件  $C_L$  154。与前述实施例中相同, $C_L$  的值取决于阵列中的阵列元件处的任何液滴的存在、大小和构造。

[0372] 电路如下连接:

[0373] 源极寻址线 62 连接至晶体管 68 的漏极。栅极寻址线 64 连接至晶体管 68 的栅极。晶体管 68 的源极连接至 EW 驱动电极 152。电容器  $C_s$  190 连接在 EW 驱动电极 152 与电源线 VSS 184 之间。耦合电容器  $C_c$  146 连接在 EW 驱动电极 152 与晶体管 94 的栅极之间。二极管 148 的阳极连接至电源 VSS 184。二极管 148 的阴极连接至晶体管 94 的栅极。开关晶体管 T3 186 的漏极连接至晶体管 94 的栅极。晶体管 T3 的源极连接至电源 VSS 184。晶体管 T3 186 的栅极连接至传感器行选择线 RWS 104。晶体管 94 的漏极连接至传感器行选择线 RWS 104。晶体管 94 的源极连接至传感器输出线 COL 106。电容器  $C_p$  连接在感测节点 102 与电源 VSS 184 之间。

[0374] 阵列元件电路 85g 的操作如下:

[0375] 为了将电压写入,将所需的写电压  $V_{WRITE}$  编程至源极寻址线 62 上。然后,将栅极寻址线 64 置于高电压,从而导通晶体管 68。然后,将电压  $V_{WRITE}$  (加上或减去由于 68 的非理想性而导致的一个小的量) 写入 EW 驱动电极 152 并存储在该节点处存在的电容(特别地,电容器  $C_s$ ) 上。然后,将栅极寻址线 64 置于低电平,从而截止晶体管 68 并完成写入操作。

[0376] 为了感测 EW 驱动电极 152 处呈现的阻抗,将电压脉冲施加至反基板 36 的电极。然后,将该电压脉冲的分量 AC 耦合至 EW 驱动电极 152 和感测节点 102 上。对于要感测的阵列元件的行,将传感器行选择线 RWS 104 置于高压电平。这使得开关晶体管 T3 186 截止,从而不存在从感测节点 102 至地的 DC 路径。由此,耦合至感测节点 102 的电压使得源极跟

随器晶体管 94 部分地导通,导通的程度部分地取决于液滴的电容性负载  $C_L$ 。电容器  $C_p$  的功能是确保来自施加至反基板的脉冲的、耦合到感测节点 102 上的电压并不被立即通过晶体管 186 和二极管 148 的寄生泄漏路径放电。因此, $C_p$  应当足够大,以确保在感测操作期间感测节点 102 处的电势不会被经过晶体管 186 和二极管 148 的泄漏路径不适当地影响。

[0377] 对于不感测的行元件,晶体管 186 保持导通,从而来自反基板 36 的、耦合至感测节点 102 的电压脉冲的分量不会立即被放电至 VSS。

[0378] 为了确保成功的操作,RWS 脉冲和偏置电源 VSS 的低电平必须被配置为使得在传感器行选择线 RWS 104 上的 RWS 脉冲处于低电平时,源极跟随器晶体管 94 保持截止。

[0379] 与第一实施例相比,本实施例的优点在于:每个阵列元件需要的电源线少一条。

[0380] 图 38 中示出了本发明第十实施例的阵列元件电路 85h。

[0381] 该电路包含以下元件:

- [0382] • 晶体管 196;
- [0383] • 电容器  $C_s$  58;
- [0384] • 耦合电容器  $C_c$  146;
- [0385] • 二极管 148;
- [0386] • 二极管 202;
- [0387] • 晶体管 94;
- [0388] • 包含输入、输出和使能端子的标准构造的 SRAM 单元 194。

[0389] 提供给阵列元件电路的连接如下:

- [0390] • 源极寻址线 62,在相同列中的阵列元件电路 85h 之间共享;
- [0391] • 栅极寻址线 64,在相同行中的阵列元件电路 85h 之间共享;
- [0392] • 传感器使能线 SEN 198,可以在相同行中的阵列元件电路 85h 之间共享,或者在备选实施方式中可以为阵列中的所有元件所共有;
- [0393] • 传感器行选择线 RWS 104,在相同行中的阵列元件电路 85h 之间共享;
- [0394] • 复位线 RST 108,在相同行中的阵列元件电路 85h 之间共享;
- [0395] • 第二复位线 RSTB 200,在相同行中的阵列元件电路 85h 之间共享;
- [0396] • 电源线 VDD 150,其为阵列中的所有阵列元件电路 85h 所共有;
- [0397] • 传感器输出线 COL 106,在相同列中的阵列元件电路 85h 之间共享。

[0398] 每个阵列元件电路 85h 包含电压  $V_{WRITE}$  可被编程至的 EW 驱动电极 152。还示出了表示 EW 驱动电极与反基板 36 之间的阻抗的负载元件  $C_L$  154。 $C_L$  的值取决于位于阵列内的该阵列元件处的任何液滴的存在、大小和构造。

[0399] 阵列元件电路 85h 如下连接:

[0400] 源极寻址线 62 连接至 SRAM 单元 194 的输入。栅极寻址线 64 连接至 SRAM 单元 194 的使能端子。SRAM 单元的输出连接至晶体管 196 的漏极。晶体管 196 的源极连接至 EW 驱动电极 152。传感器使能线 SEN 198 连接至晶体管 196 的栅极。电容器  $C_s$  58 连接在 196 的源极与传感器行选择线 RWS 104 之间。耦合电容器  $C_c$  146 连接在 196 的源极与晶体管 94 的栅极之间。二极管 148 的阳极连接至复位线 RST 108。二极管 148 的阴极连接至晶体管 94 的栅极和二极管 202 的阳极。二极管 202 的阴极连接至复位线 RSTB 200。晶体管 94 的漏极连接至 VDD 电源线 150。晶体管 94 的源极连接至传感器输出线 COL 106。

[0401] 电路操作与第一实施例类似,除了将数字值写入 EW 驱动电极 152。为了将电压写入 EW 驱动电极 152,将传感器使能线 SEN 198 置于高以导通晶体管 196。将所需数字电压电平(高或低)编程至源极寻址线 62 上。然后,将栅极寻址线 64 设置为高以使能正被编程的行的 SRAM 单元 194 并将所期望的逻辑电平写到 SRAM 单元 194 上。然后,将栅极寻址线 64 置于低以完成写入操作。

[0402] 为了执行传感器操作,将传感器使能线 SEN 198 置于低。然后,电路的传感器部分的其余部分以与针对本发明第一实施例而描述的相同的方式进行操作。在完成传感器操作之后,可以再次将传感器使能线 SEN 198 置于高,从而可以再一次将 SRAM 单元 194 上存储的编程电压写入 EW 驱动电极 152。

[0403] 本实施例的优点在于:通过使用 SRAM 单元 194 实现 AM-EWOD 器件的写入功能,就不需要连续刷新写电压。因此,与使用前述实施例中所述的标准显示器像素电路的实现相比,SRAM 实现可以具有更低的总体功耗。

[0404] 对于本领域技术人员来说显而易见,电路的写部分的 SRAM 实现还可以与实施例二至八中的任一个进行组合。

[0405] 图 39 中示出了本发明的第十一实施例,其由利用选择性寻址方案实现电压写入功能的任一前述实施例构成。具体地,修改后的行驱动器 76b 和列驱动器 78b 电路可以被配置为使得可以将写数据写入阵列内的行的任何给定子集,而无需重写整个阵列。图 40 示出了本实施例的示例实施方式。该图示出了将数据的 3 个接续帧写入阵列。在初始帧(帧 1)中,将数据写入阵列的所有行 310。示出了示例模式,其中,在每个阵列元件的位置处将所写入的数据表示为“1”或“0”。在随后帧(表示为帧 2)中,将修改后的数据模式“1”和“0”写入。为了将该模式写入,仅需要重写其中“1”和“0”的模式不同于帧 1 的行 310b 中的数据。行 312b 具有与前述相同的模式并且不需要重写。类似地,然后将帧 3 写入,其中,由于其他行 312c 中的数据不变,因此再一次仅需要重写行 310c 的子集。在这种情况下,在帧 3 中写入的行的子集可以不同于在帧 2 中写入的行的子集。基于这里的描述,如何广义化图 40 所示的示例方法和模式从而可以将包含 1 和 0 的任意模式在内的帧的任意序列写入阵列,对于本领域技术人员来说是显然的。

[0406] 这种用于将数据写入的方法通常是对阵列进行寻址的有利手段,这是由于为了执行多个液滴操作,仅必须改变对阵列中的行的总数中的较小比例写入的写电压。因此,可以选择性地寻址和写入阵列元件的合适子集,排除合适子集中不包括的阵列元件。要注意,所写入的阵列的子集可以在写数据的接续帧之间变化,以及,所写入的行的子集不一定需要是阵列的邻接行。

[0407] 本实施例的优点在于:通过利用选择性寻址进行操作,减少了将新数据写入阵列所需的时间。由此,还减少了执行典型液滴操作(例如,移动、分割和合并)所需的时间。这对于需要在短时间内执行的液滴操作(例如,特定的速率敏感的化学反应)来说可以是特别有利的。本实施例的另一优点在于:通过减少重写写数据的未改变的行的需求,还可以降低行驱动器 76b 和列驱动器 78b 电路中消耗的功率。

[0408] 显而易见,特别地,这种选择性寻址方案尤其很适合具有如第十实施例中所述的存储功能的 SRAM 单元 194 实现的阵列元件电路 85。这是由于 SRAM 单元不需要对所写入的数据进行周期性刷新。

[0409] 图 41 中示出了本发明的第十二实施例。本实施例与前述实施例中的任一个相同,其中,针对传感器功能的控制电路用于选择性地寻址和读出阵列元件电路 85 的传感器功能,使得在传感器读出数据的给定帧中仅测量传感器阵列元件的总数的子集。参照图 41,这可以利用以下各项而实现:修改后的行驱动器电路 76c,用于选择性地控制驱动脉冲 RST、RSTB 和 RWS 并将其施加至阵列元件电路 85;以及修改后的列输出电路 79b,用于采样和测量阻抗传感器阵列元件电路 85 的传感器输出 COL 处的输出电压,并可以被选择性地控制为使得对于传感器输出数据的给定帧,仅测量阵列元件的总数的子集。

[0410] 根据该操作模式,典型地,传感器功能是可以采用以下方式来驱动的:仅感测阵列中已知存在液滴 4 的位置附近的那些区。仅感测这些区一般足以满足传感器功能的需求,例如,确定液滴 4 的位置和/或其大小。图 42 中示出了本实施例的示例应用。在本示例中,2 个液滴 4b 和 4c 存在于阵列的不同位置处。行驱动器电路 76c 和列输出电路 79b 被配置为使得仅感测液滴附近的区(分别表示为 316a 和 316b 且利用阴影线标记绘出)中的阵列元件。不感测阵列中 314 之外的区(未利用阴影线标记示出)中的阵列元件。因此,可以选择性地寻址阵列元件的合适子集并感测此处的阻抗,排除合适子集中不包括的阵列元件。

[0411] 需注意,要感测的阵列的该子集的空间位置可以在传感器数据的不同帧之间不同,此外,所感测的阵列的子集不一定需要是阵列的单个邻接连续部分。

[0412] 本实施例的优点在于:通过操作传感器功能以仅感测阵列的子集处的阻抗,减少了执行感测操作所需的时间。这进而可以便于更快地进行液滴操作,如针对第十一实施例所述。本实施例的另一优点在于:通过仅感测整个阵列的子集,还可以降低传感器操作所消耗的总功率。

[0413] 本发明的第十三实施例与第一实施例相同,其中,还将校准阻抗传感器功能的附加手段并入驱动阵列元件电路 85 的方法。

[0414] 包括传感器校准函数的启示在于:由于处理变化(例如,由于半导体掺杂浓度的空间可变性、晶界在半导体材料内的位置等等),名义上相同的电路组件实际上不可避免地在性能上有一些区别。由此,由于这种制造非理想性,名义上相同的阵列元件电路 85 的传感器输出实际上可能稍有不同。总体结果是:阻抗传感器功能将在其输出图像中展现出固定模式噪声(FPN)的一些度量。在这一点上,特别重要的是源极跟随器输入晶体管(晶体管 94)的特性的可变性,其导致传感器输出图像中的元件间固定模式噪声。此外重要的是用于测量传感器输出线 COL 106 上出现的电压的列放大器电路的特性的可变性,其将产生列间相关的固定模式噪声。

[0415] 根据简单的噪声模型,FPN 可以被视为具有 2 个分量:

[0416] (i) 偏移分量,其中,每个阵列元件传感器输出具有恒定偏移(即,与阻抗的值无关)。FPN 的偏移分量可以由参数 K 表示,参数 K 对于阵列的每个元件来说取不同的值。

[0417] (ii) 增益分量,其中,每个阵列元件传感器输出具有增益参数 M,从而阻抗的真值 J 与实际测量值 I 有关系,该关系为  $J = MI$ ,其中,增益参数 M 对于阵列的每个元件来说取不同的值。

[0418] 本发明的本实施例并入了一种方法,用于驱动阵列元件电路 85 以测量背景固定模式噪声模式,然后可以使用例如计算机中的图像处理方法,从传感器数据的测量图像中去除该背景固定模式噪声模式。

[0419] 图 43 中示意性地示出了第十三实施例的校准方法的基本方法,描述如下:

[0420] (1) 获得一个或多个校准图像 A(如  $A_1$ 、 $A_2$  等),该一个或多个校准图像 A 是对每个阵列元件处存在的固定模式噪声背景的度量;

[0421] (2) 如第一实施例所述,以通常的方式获得传感器图像 S;

[0422] (3) 利用一些外部装置(如处理传感器输出数据的计算机 318)来计算校准后的传感器输出图像 C,其中,校准后的传感器输出图像是传感器图像和校准图像的函数,如  $C = f(A, S)$ 。

[0423] 根据本实施例,AM-EWOD 器件的阵列元件电路 85 与第一实施例所使用的、图 27 所示的阵列元件电路相同。

[0424] 可以使用与前述相同的方法将电压写入阵列。类似地,可以使用前述方法来获得测量到的传感器图像。通过对图 27 所示的阵列元件电路 85 实施变化的时序序列来获得校准传感器输出图像。图 44 中示出了传感器时序序列 320 和校准时序序列 322,传感器时序序列 320 示出了驱动信号 RST、RSTB 和 RWS,用于获得传感器图像 S,校准时序序列 322 用于获得校准图像 A。所应用的传感器信号的时序和电压电平描述如下:

[0425] 为了获得阵列内的元件的校准图像,首先选择校准电压并将复位电压 VRST 设置为该值,表示为 VRST1。然后,通过将 RST 108 置于其逻辑高电平并将 RSTB 200 置于其逻辑低电平来开启复位操作。与这两个电压电平均相关联的电势是电压 VRST1,由此,将感测节点 102 维持在该电压 VRST1。然后,在 RST 保持在逻辑高电平以及 RSTB 保持在逻辑低电平的情况下,将幅度为  $\Delta VRWS$  的电压脉冲施加至传感器行选择线 RWS 104。然而,由于复位保持开启,因此感测节点 102 保持固定在电势 VRST1 并且不受 RWS 上的电压脉冲影响。如上所述,晶体管 94(由形成列放大器 79 的一部分的合适偏置器件(如电阻器)加载)作为源极跟随器进行操作,并且,传感器输出线 COL 106 处出现的输出电压依据该晶体管的特性和电压 VRST1。然后,列放大器 79 可以以与测量传感器图像时所使用的相同的方式采样和读出 COL 处的电压。

[0426] 因此,用于获得校准图像 A 的时序示意图 322 与用于获得传感器图像 S 的时序示意图 320 类似,唯一区别在于在 RWS 电压脉冲的持续时间内复位保持开启。

[0427] 通过使用校准时序示意图 322 操作传感器,获得图像数据的校准帧。该校准图像本质上示出了在将电压 VRST1 施加至每个阵列元件电路 85 的感测节点 102 时传感器电子器件的输出。因此,该校准图像是与传感器读出电子器件相关联的偏移固定模式噪声的映射。将该校准图像表示为  $A_1$ ,可以通过以下函数来获得传感器数据的校准图像  $C_1$ :

$$[0428] \quad f(A, S) = C_1 = S - A_1$$

[0429] 其中 S 是传感器输出图像(未校准),减法是针对每个阵列元件分别执行的。该校准可以由电子装置(如计算机)在输出信号处理中执行。根据该操作模式,可以将 VRST1 选择为与晶体管 94 刚刚导通时的值相对应,例如通过将 VRST 设置为等于晶体管 94 的平均阈值电压。校准方法的这种实现的优点在于:通过获得校准图像  $A_1$ ,可以从传感器数据的图像中去除固定模式噪声的偏移分量。

[0430] 这种获得并减掉单个校准图像的校准方法可以被称作“1 点校准(1-point calibration)”。尽管 1 点校准易于实现并在去除 FPN 的偏移分量的方面有效,但是其缺点在于不能量化和去除 FPN 的增益分量。

[0431] 因此,以下备选实现也是可能的:其中,获得 2 个校准图像  $A_1$  和  $A_2$ 。可以如上所述获得  $A_1$ 。使用与用于获得  $A_1$  的时序序列相同的时序序列来获得  $A_2$ ,但 VRST 的值不同,表示为 VRST2。典型地,可以将 VRST2 选择为与晶体管 94 导通的条件相对应,例如通过将 VRST2 设置为晶体管 94 的平均阈值电压加 3V。在 2 个校准图像  $A_1$  和  $A_2$  可用的情况下,可以执行 2 点校准 (2-point calibration),其中,偏移分量和增益分量均被去除。根据一种执行 2 点校准的方法,可以从以下函数获得校准后的传感器图像  $C_2$  :

$$[0432] \quad f(A, S) = C_2 = \frac{S}{A_2 - A_1} - A_1$$

[0433] 在以上等式中,每一项与数据阵列相对应,除法运算是对阵列中的每个元素逐元件执行的。如上所述,可以在输出信号处理中(例如使用计算机 318)执行对  $C_2$  的计算。

[0434] 因此,所描述的 1 点和 2 点校准方法是从传感器输出图像中去除固定模式噪声的示例方法。还可以设计出其他校准方法,例如使用两个或更多个校准图像并假定固定模式噪声的多项式模型作为负载阻抗的函数。然而,在大多数实际情况下,预期的是,所描述的 1 点校准或 2 点校准在去除或实质上减小固定模式噪声的方面有效。

[0435] 在执行 1 点或 2 点校准时,要注意,不必针对每个新的 S 值都获得新的校准图像  $A_1$  (或  $A_1$  和  $A_2$ )。取而代之,优选地,可以偶尔地(例如,每几秒一次)获得新的校准图像,将这些校准图像保存至存储器(例如在计算机 318 中)并基于最近获得的校准图像集合来执行校准计算。

[0436] 还要注意,不论在给定的阵列元件处是否存在液体,所描述的校准方法都同样有效,这是由于在任一种情况下,感测节点 102 保持固定在 VRST,不受 EW 驱动电极 152 处出现的阻抗的影响。

[0437] 还要注意,在以上描述中,获得了校准图像  $A_1$  和  $A_2$ ,在 RWS 输入上保留幅度为  $\Delta$  VRWS 的脉冲。这种时序方案是便于实现的,这是由于获得传感器图像 S 和校准图像  $A_1$  和  $A_2$  之间应用的时序的唯一区别是在 RST 和 RSTB 信号的时序中。然而,在获得校准图像  $A_1$  和  $A_2$  时不必将脉冲施加至 RWS,还可以简单地测量 COL 处的输出。

[0438] 所描述的校准操作模式的优点在于:可以从传感器输出图像中去除固定模式噪声。这在需要对液滴阻抗进行精确模拟测量(例如以确定液滴体积)的传感器的应用中很可能是特别有用的。在所描述的校准模式中进行操作很可能改进测量阻抗的精确度,从而改进确定液滴 4 的大小的精确度。

[0439] 还要注意,除了去除由于组件不匹配而引起的固定模式噪声,上述校准方法还可以有效地用于在时间上或在阵列的空间上去除由于环境状况(如温度或照明水平)的改变而引起的噪声。这是在如上所述执行校准的模式中进行操作的另一优点。

[0440] 本领域技术人员应当理解,尽管已将第十三实施例描述为第一实施例的操作的修改,但是同样可以使用与所描述的驱动手段相同或相似的驱动手段将相同的执行校准的方法应用于本发明的其他实施例。例如,在器件具有图 31 所示的阵列元件电路 85 的第三实施例的情况下,通过保持在复位功能来获得校准图像  $A_1$  (或  $A_1$  和  $A_2$ ),在这种情况下,复位功能是通过维持复位晶体管 206 导通以维持感测节点 102 处的偏置 VRST 来实现的。然后,以与前述相同的方式获得校准图像,从而获得校准后的传感器输出图像  $C_1$  (或  $C_2$ )。

[0441] 第十四实施例与前述实施例中的任一个相同,其中,液滴由浸入导电水介质的非



离子化材料（例如油）构成。本实施例的优点在于：器件可以用于控制、操控和感测非极化的液体。

[0442] 对于本领域技术人员来说显而易见，可以在 AM-EWOD 器件中实现前述实施例的阵列元件电路 85 中的任一个，其中将薄膜电子器件布置在基板上，以执行对 EWOD 电压进行编程和感测阵列中多个位置处的电容的双重功能。

[0443] 在背景技术部分已经描述了适于集成驱动电子器件和传感器输出电子器件的技术。

[0444] 对于本领域技术人员来说还显而易见，这种 AM-EWOD 器件可以被配置为执行如背景技术中所述的一个或多个液滴操作，其中，所描述的传感器功能可以用于执行现有技术中描述的任一功能。

[0445] 对于本领域技术人员来说还显而易见，所述 AM-EWOD 器件可以形成背景技术中描述的完整芯片实验室系统的一部分。利用这种系统，在 AM-EWOD 器件中感测和 / 或操控的液滴可以是化学或生物流体，如血液、唾液、尿液等，整个配置可以被配置为执行化学或生物测试或者合成化学或生物化学化合物。

[0446] 尽管参照特定实施例示出并描述了本发明，但是在阅读和理解了本说明书和附图之后，本领域技术人员可以想到等同替换和修改。例如，尽管这里主要在 EWOD 器件的上下文中描述了本发明，但是应当理解，本发明不限于 EWOD 器件，而是也可以更一般地用在期望将集成阻抗传感器并入其中的任何类型的阵列器件中。例如，对于本领域技术人员来说显而易见，本发明还可以用在备选系统中，其中，需要将电压写入驱动电极并感测相同节点处的阻抗。例如，本发明可以应用于如背景技术部分中描述的液滴操控介电泳系统，该液滴操控介电泳系统还包含集成阻抗传感器能力。根据另一示例，本发明可以应用于基于电润湿的显示器，如现有技术部分中所述，其具有用于感测用于确定显示器的光学透射的流体材料的阻抗的内置能力。在本申请中，阻抗传感器能力可以用于例如检测由于触摸显示器而引起的流体材料形变，从而作为触摸输入器件而工作。备选地，阻抗传感器能力可以用于检测未以正确的方式响应于所施加的 EW 驱动电压的有缺陷的阵列元件。

[0447] 具体地，关于上述元件（组件、组装部件、器件、组分等）所执行的各种功能，用于描述这些元件的术语（包括对“装置”的）意在与执行所述元件的指定功能的任何元件（即，功能上等效）相对应，除非另有指示，即使与执行本发明的示例实施例中的功能的所公开的结构在结构上不等效也无妨。此外，尽管以上可能参照多个实施例中的仅一个或多个描述了本发明的特定特征，但是以对于任何给定或特定应用来说所期望并且有利的方式，这种特征可以与其他实施例的一个或多个其他特征进行组合。

[0448] 工业实用性

[0449] 通过将传感器驱动电路和输出放大器集成至 AM-EWOD 驱动电子器件中，可以在阵列中的大量的点处测量阻抗，其中，在 AM-EWOD 器件与外部驱动电子器件之间仅需要进行少量的连接。与现有技术相比，这改进了可制造性并使成本最低。

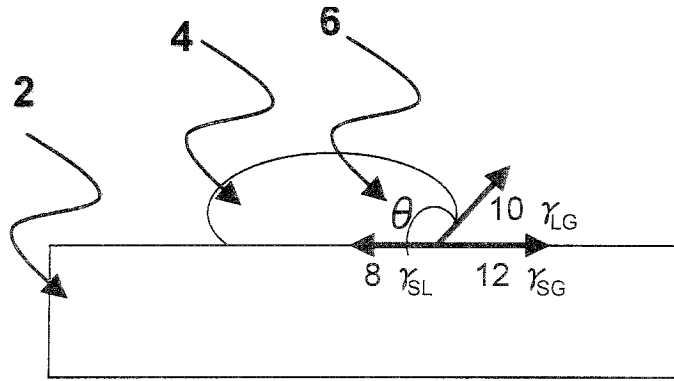
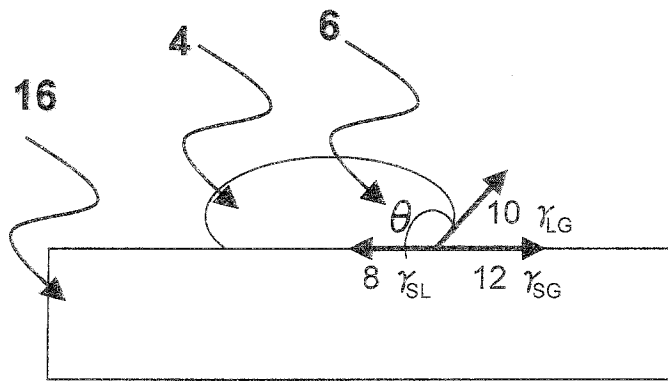
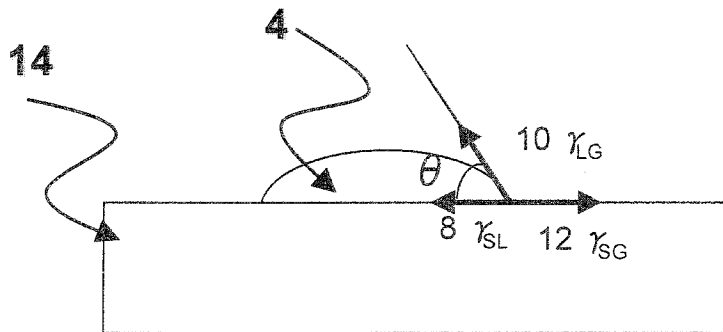


图 1



疏水的 ( $\theta > 90^\circ$ )



亲水的 ( $\theta < 90^\circ$ )

图 2

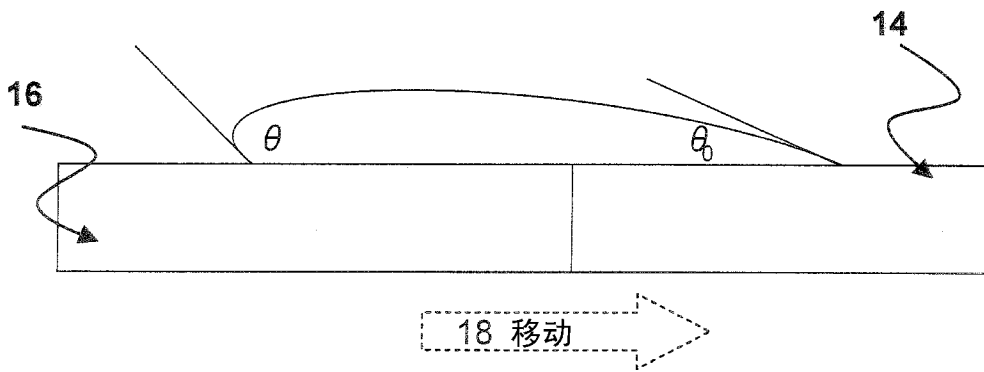


图 3

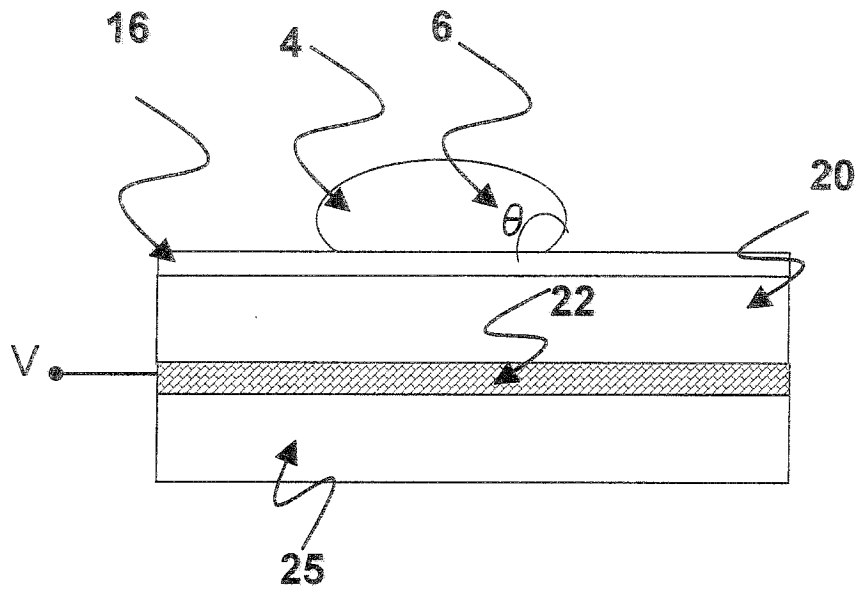


图 4

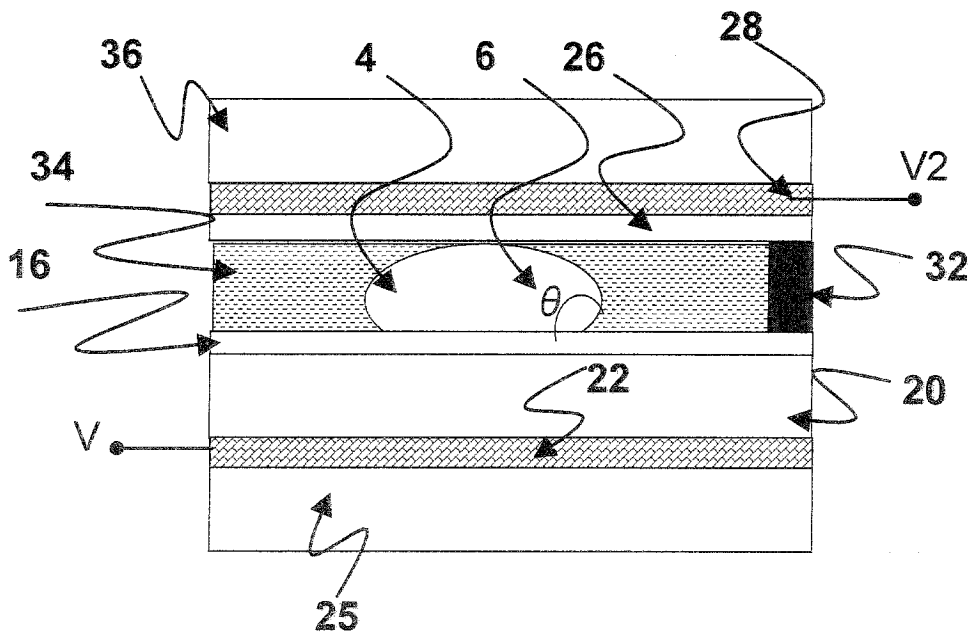


图 5

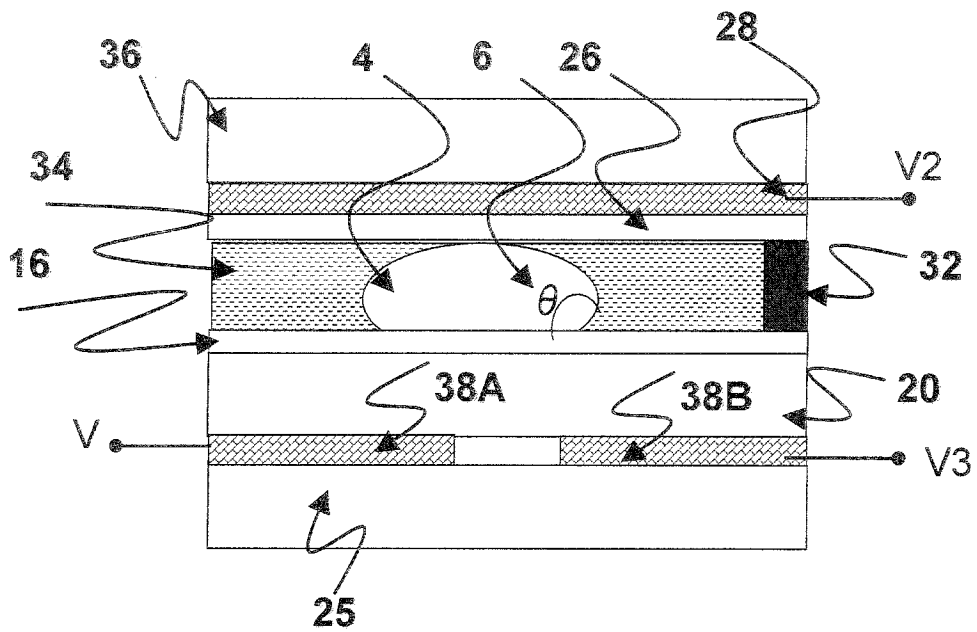


图 6

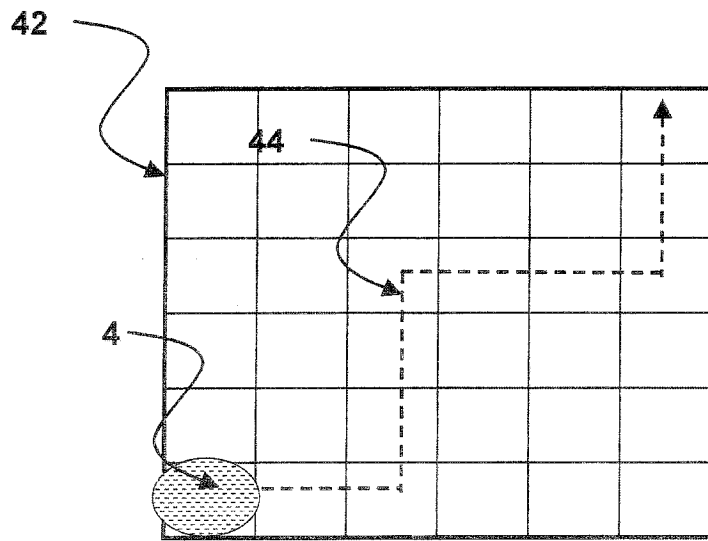


图 7

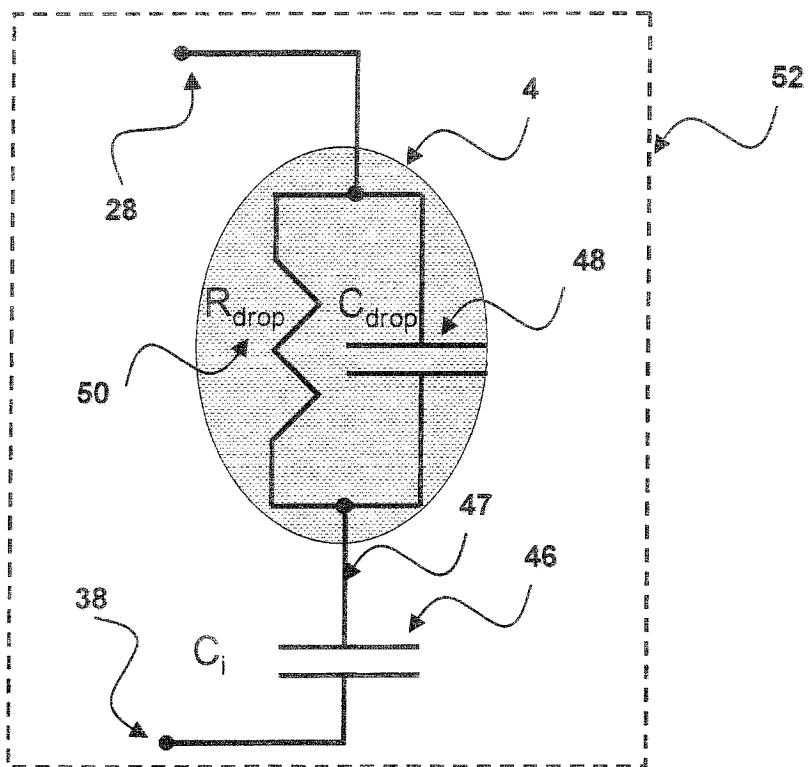


图 8

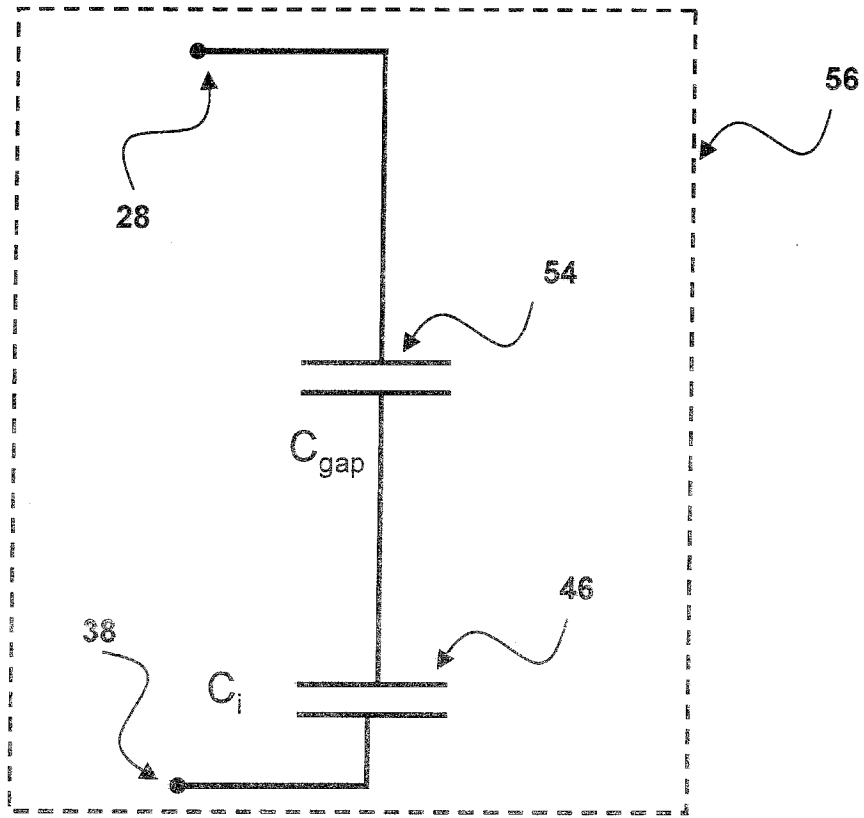


图 9

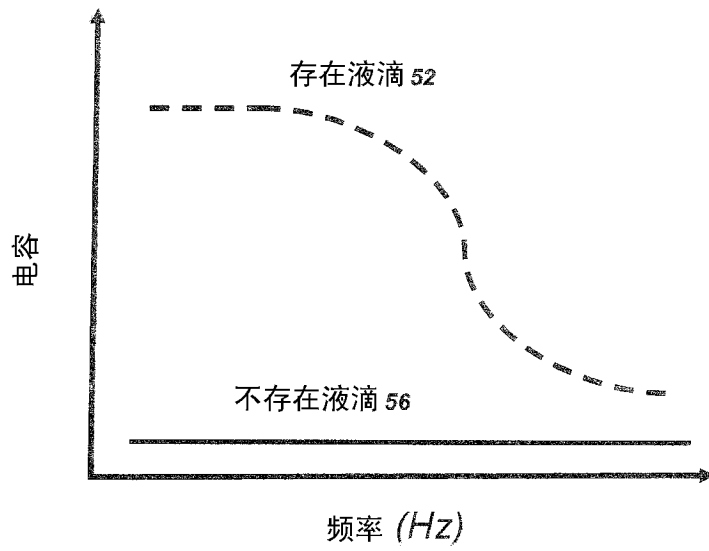


图 10

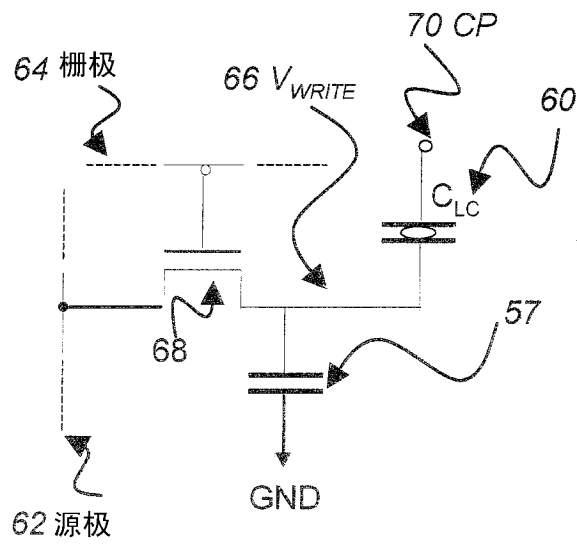


图 11

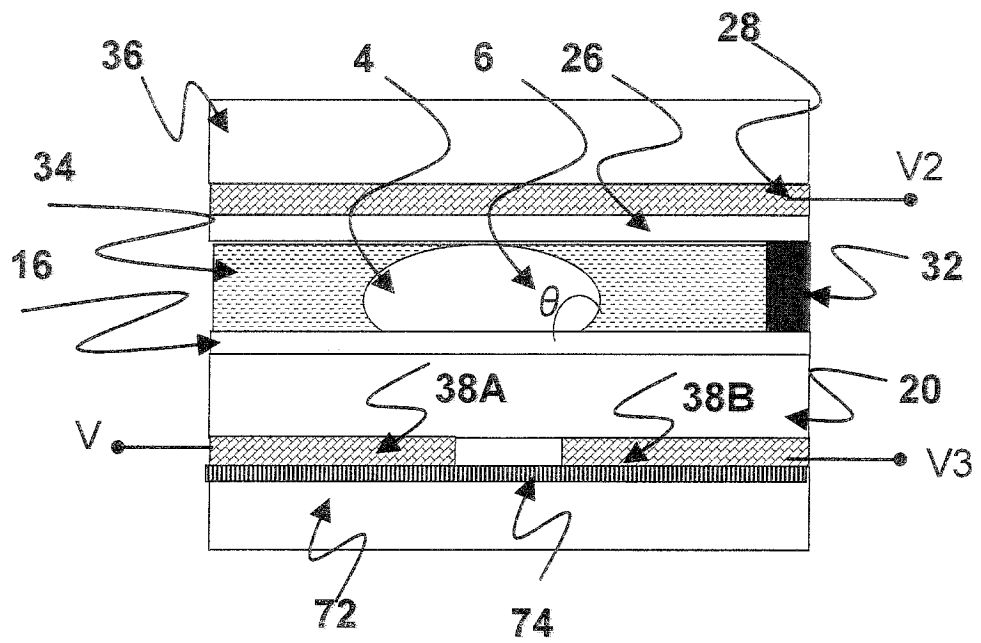


图 12

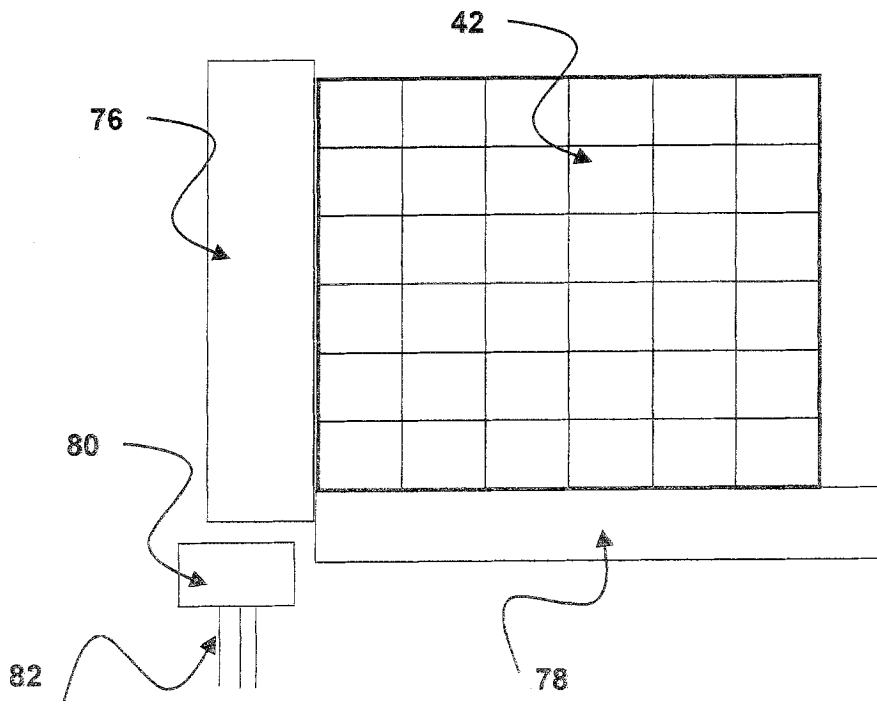


图 13

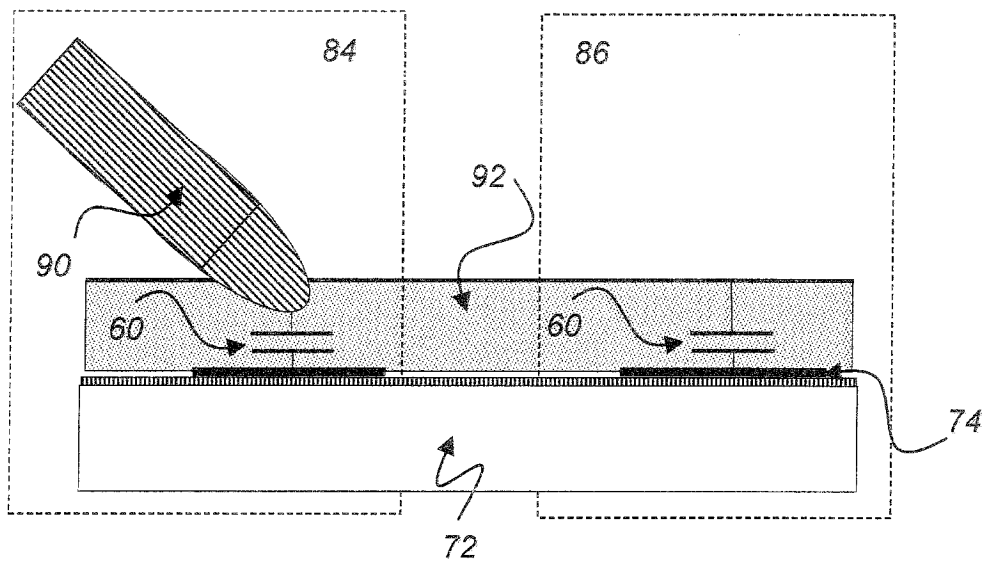


图 14



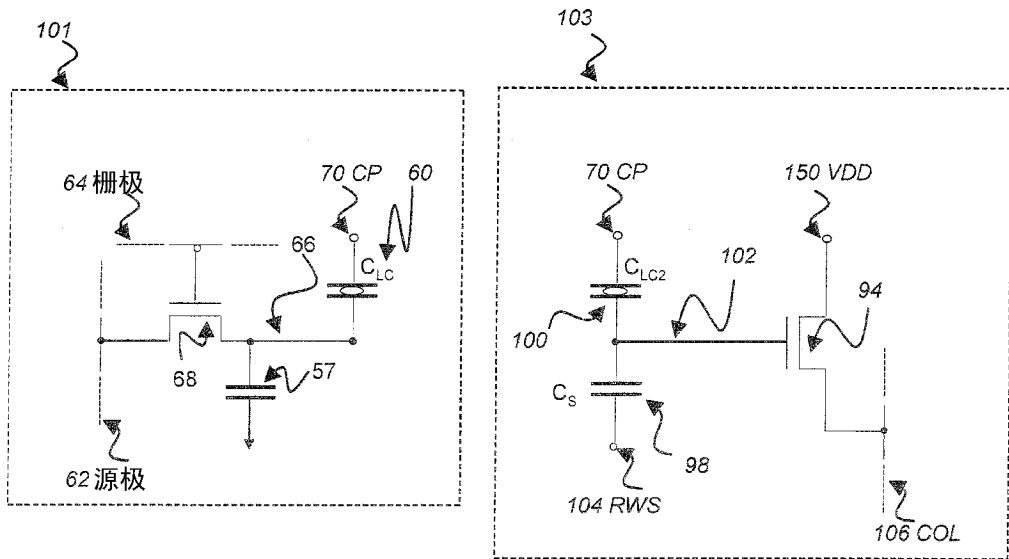


图 15

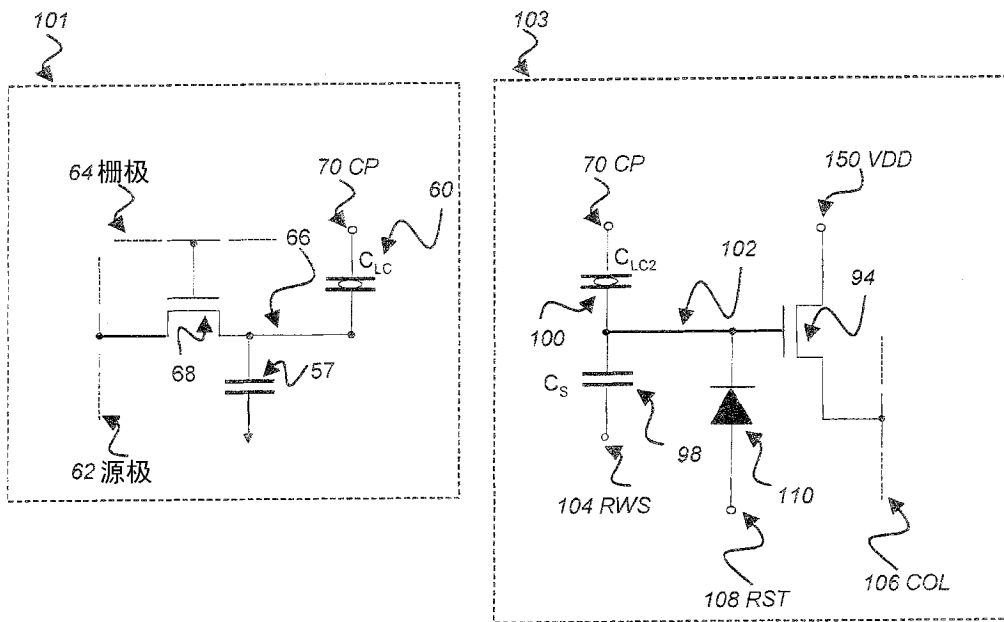


图 16

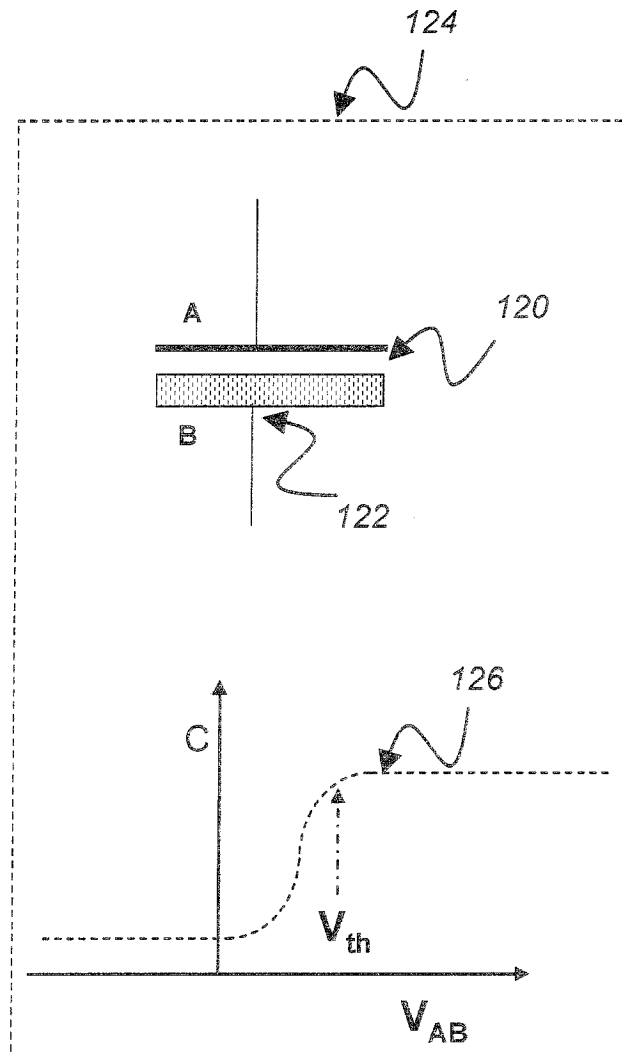


图 17

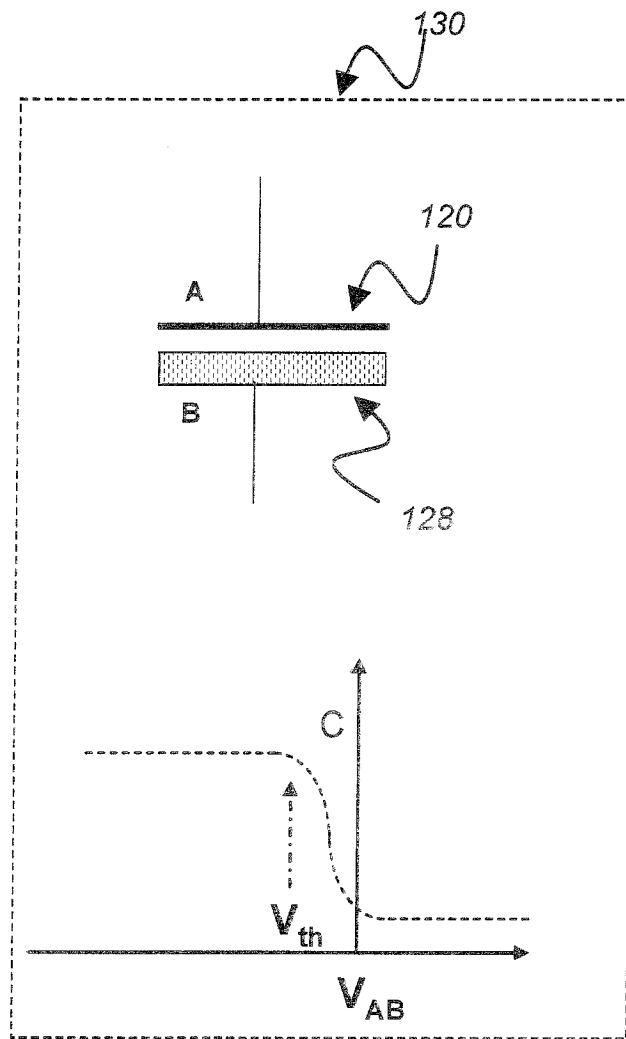


图 18

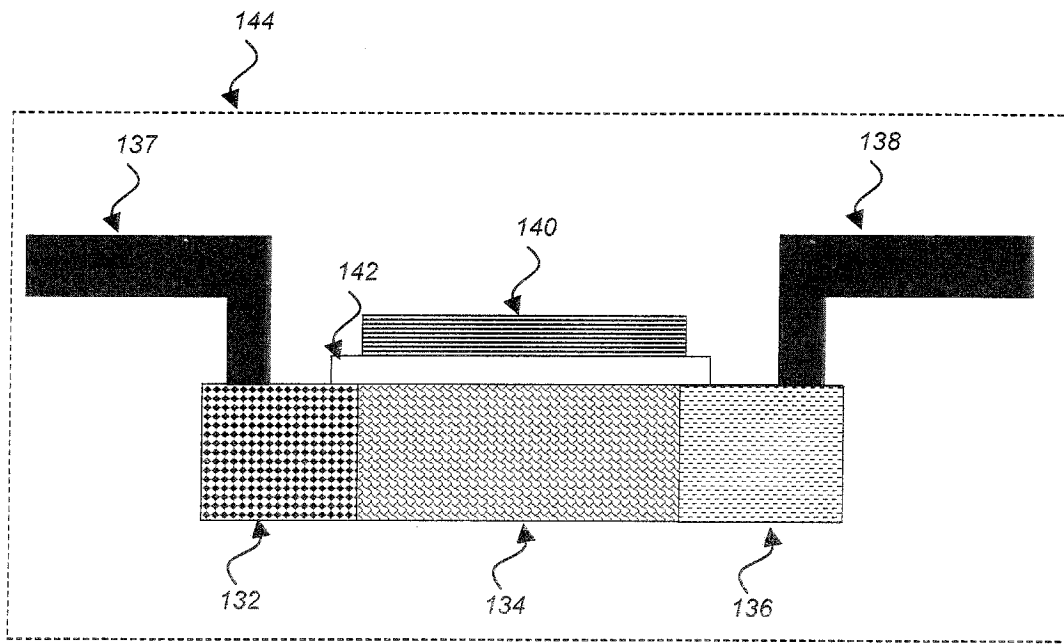


图 19

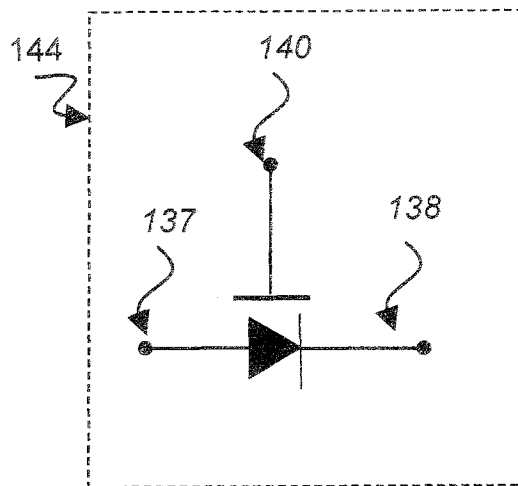


图 20

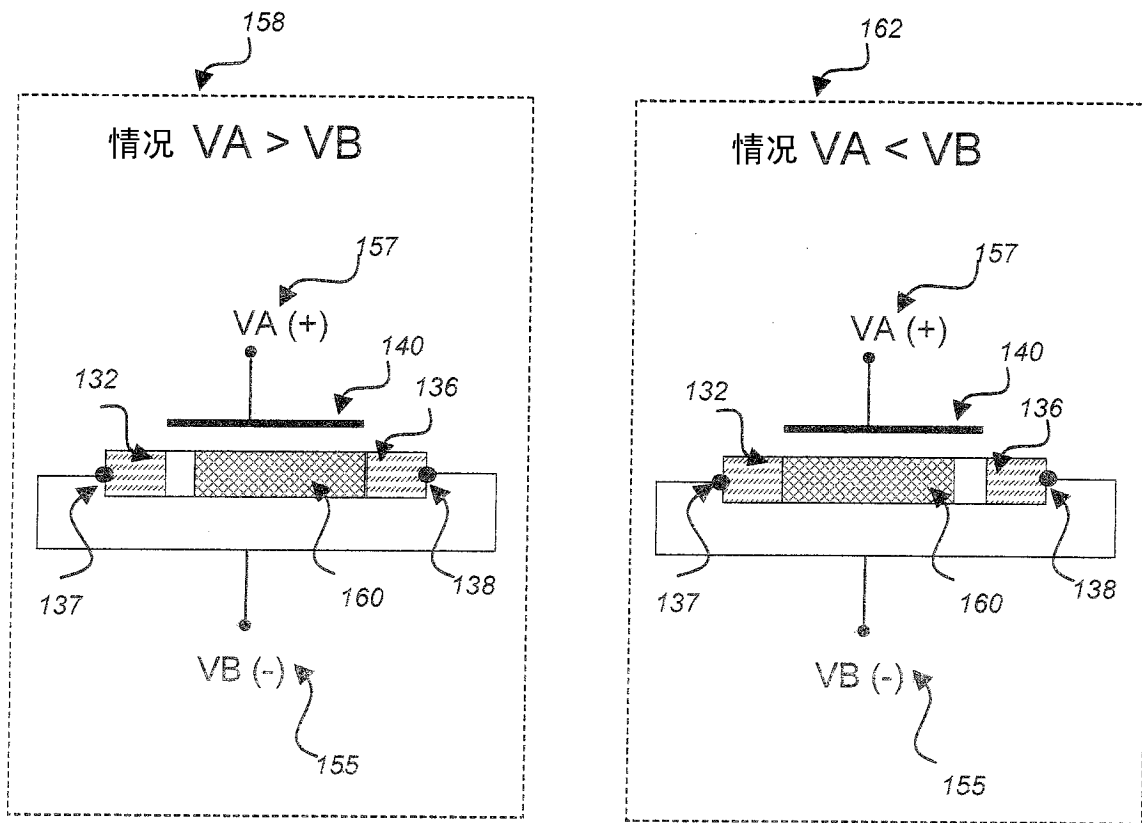


图 21

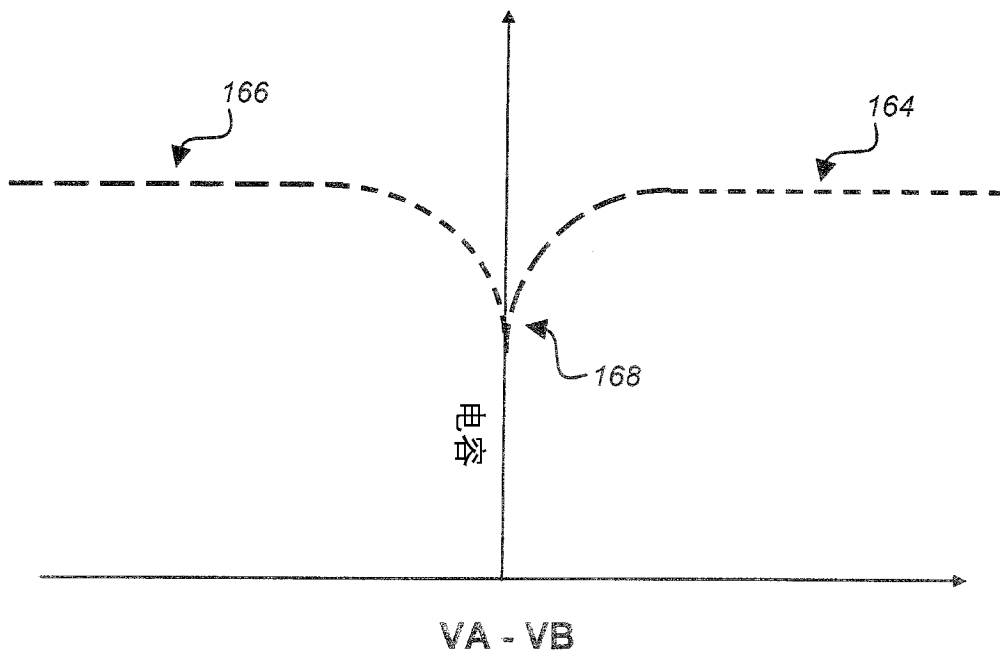


图 22

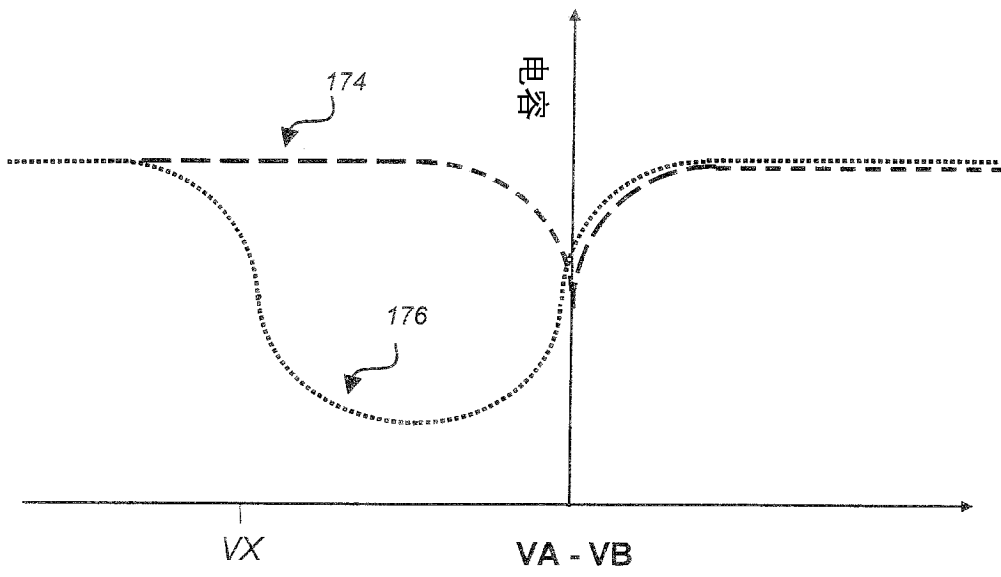


图 23

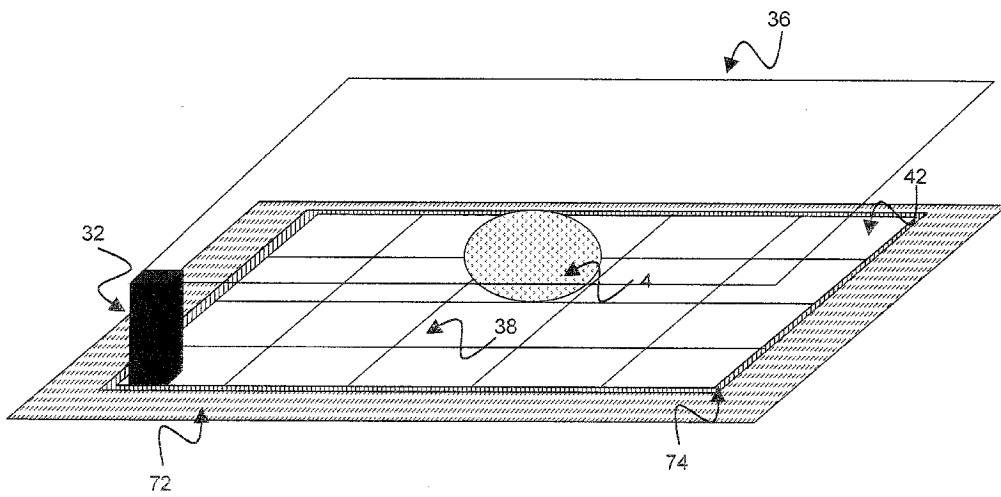


图 24

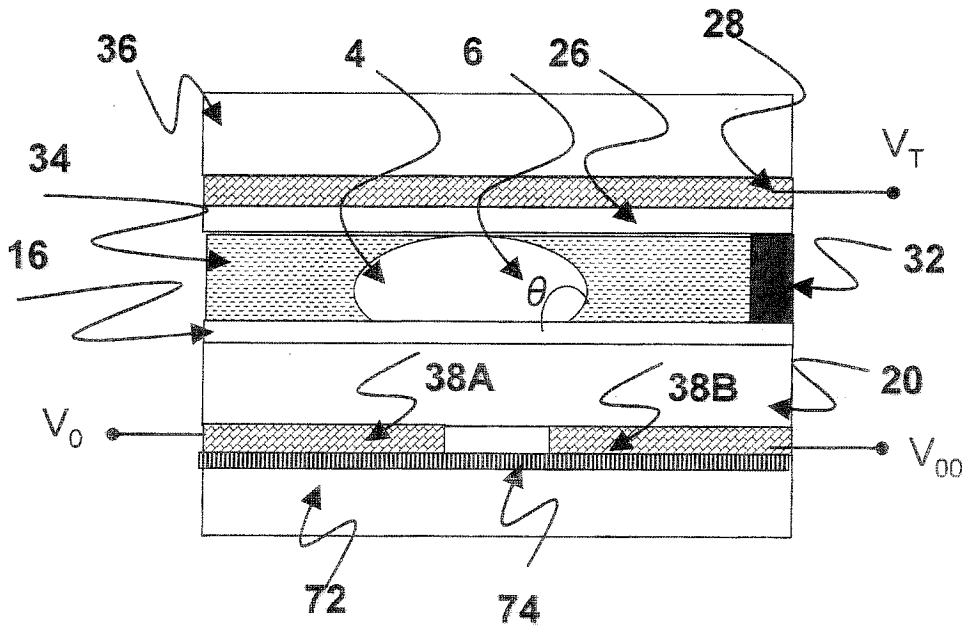


图 25

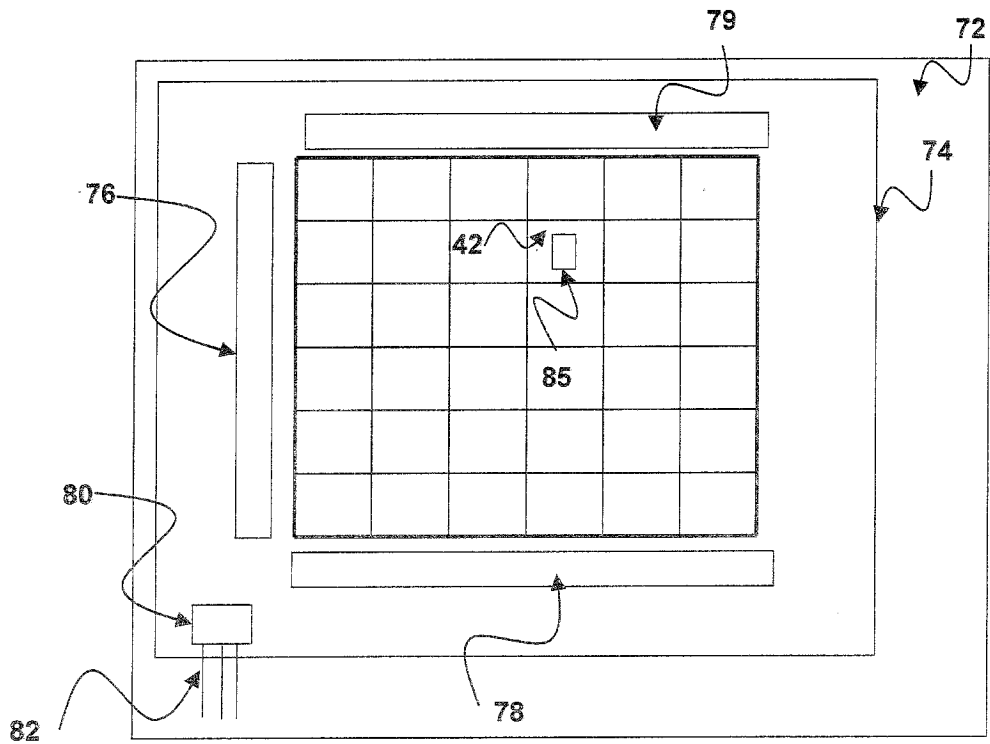


图 26

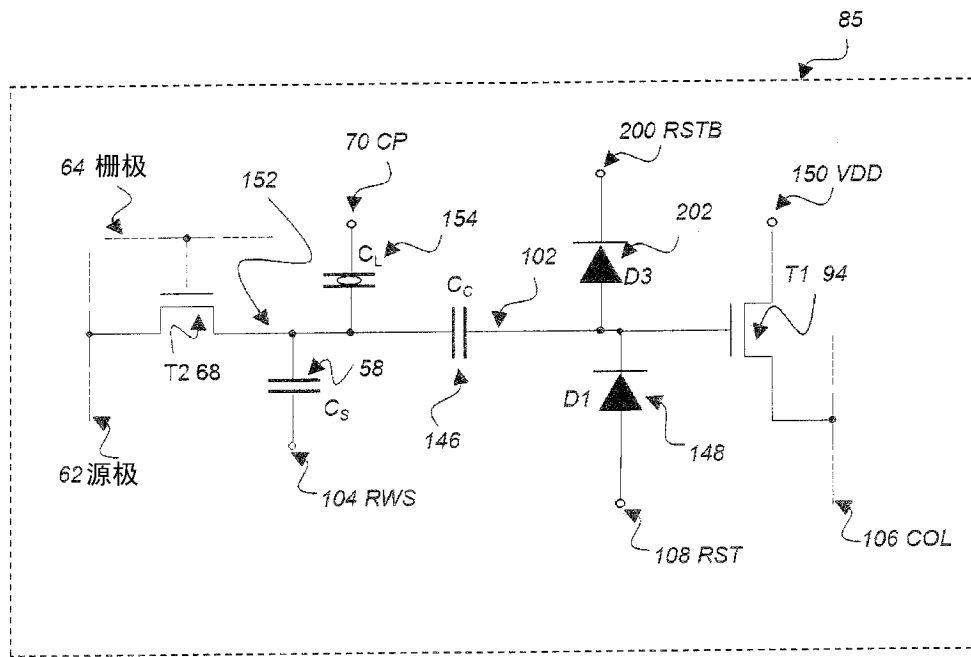


图 27

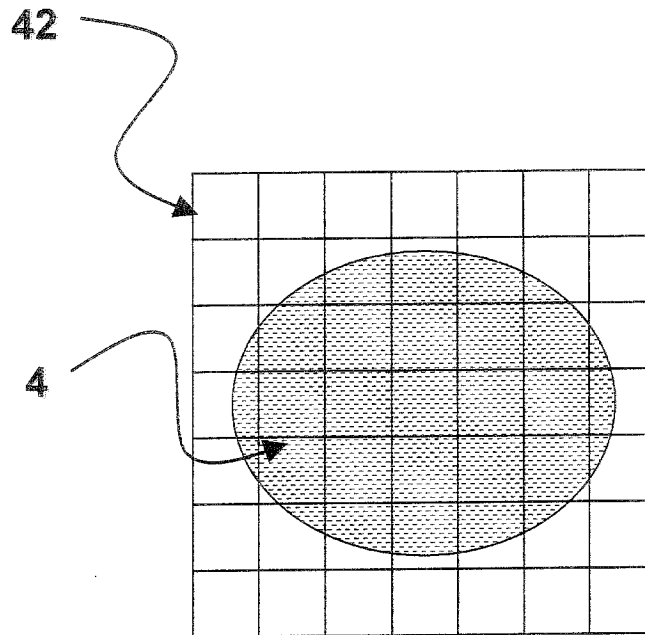


图 28



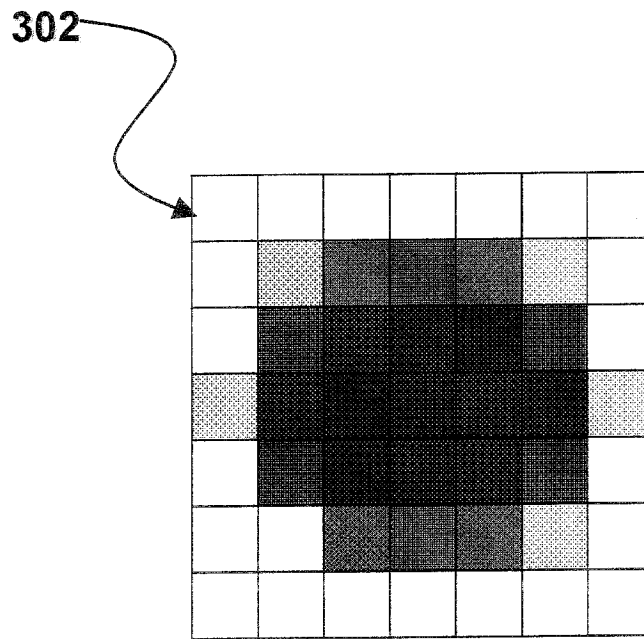


图 29

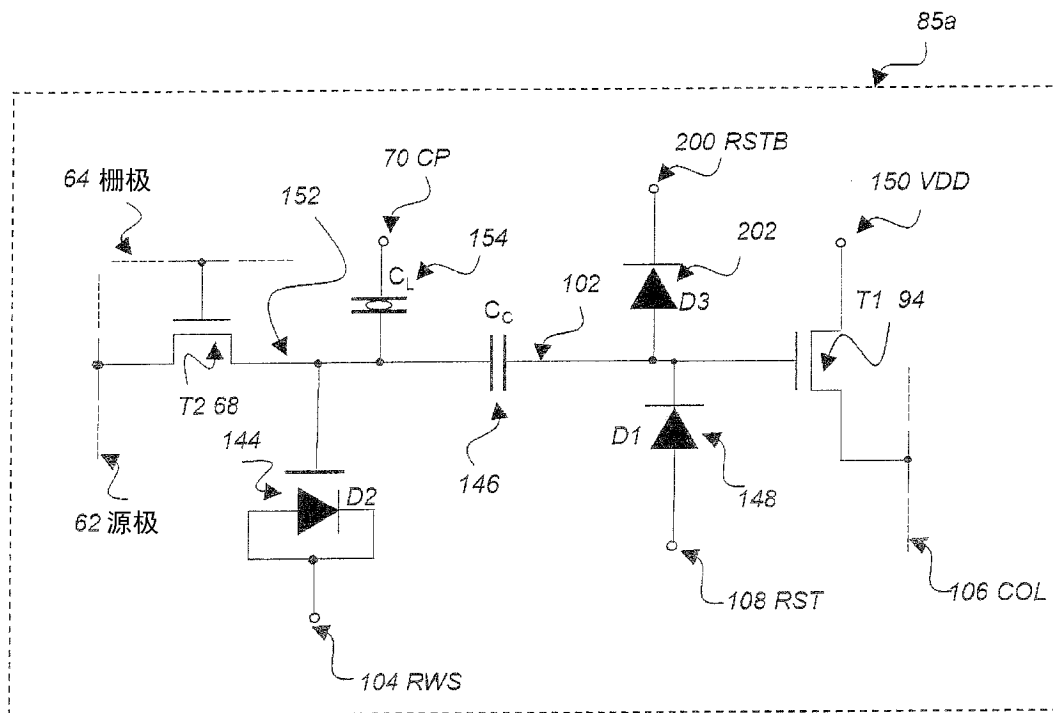


图 30

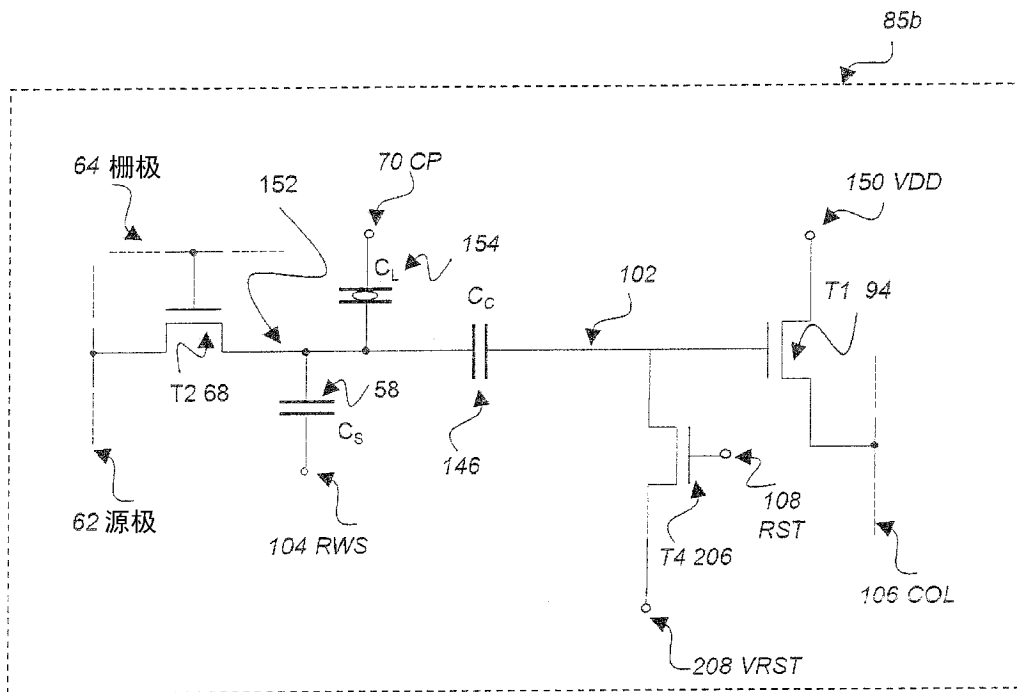


图 31

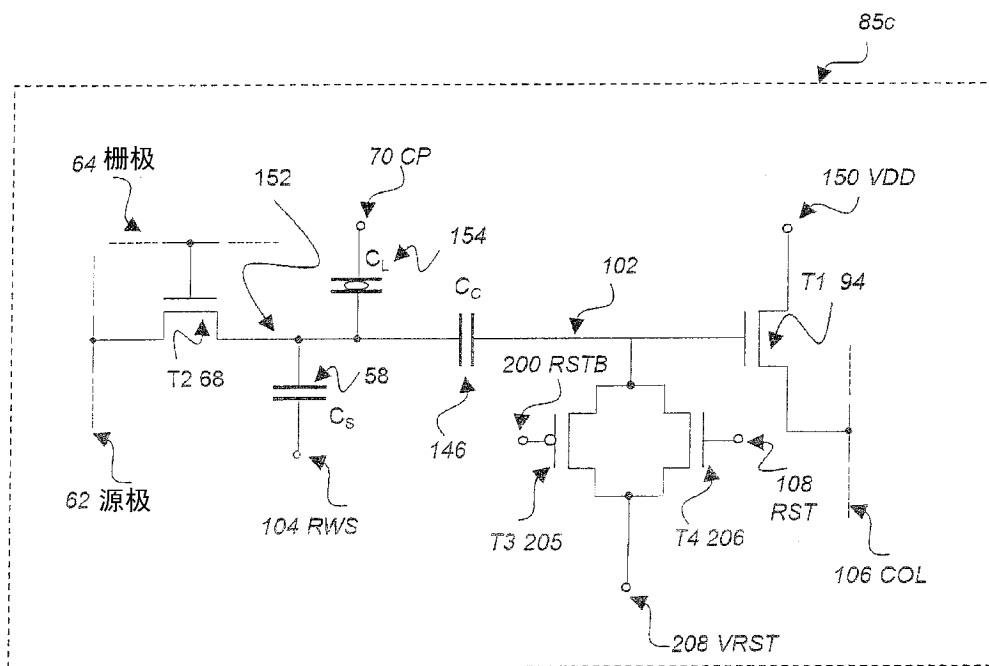


图 32

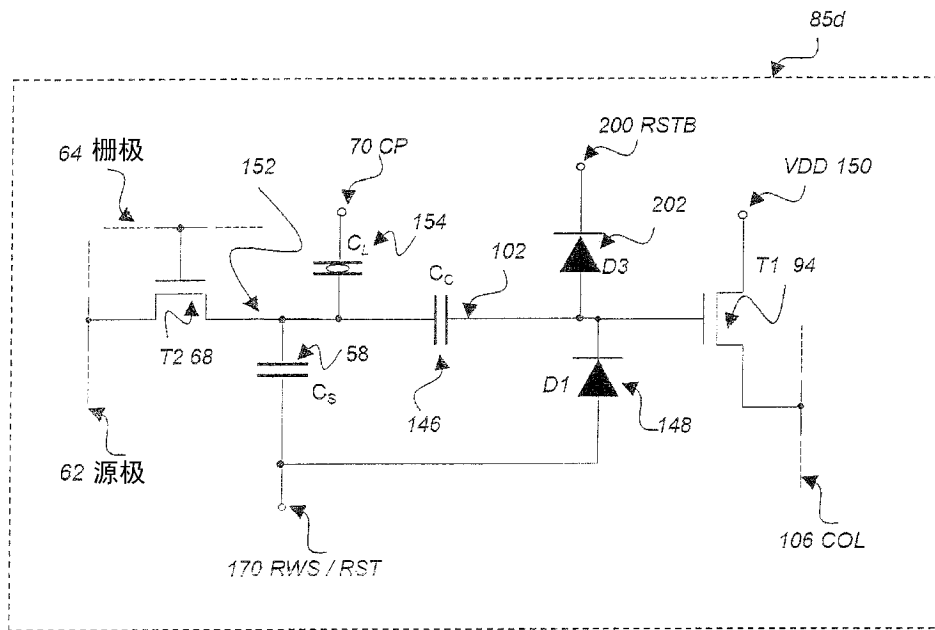


图 33

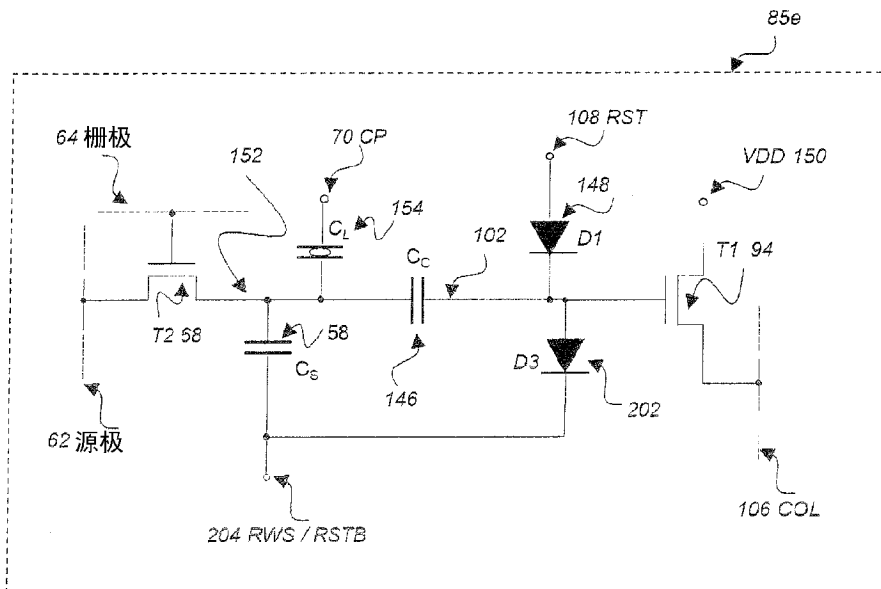


图 34

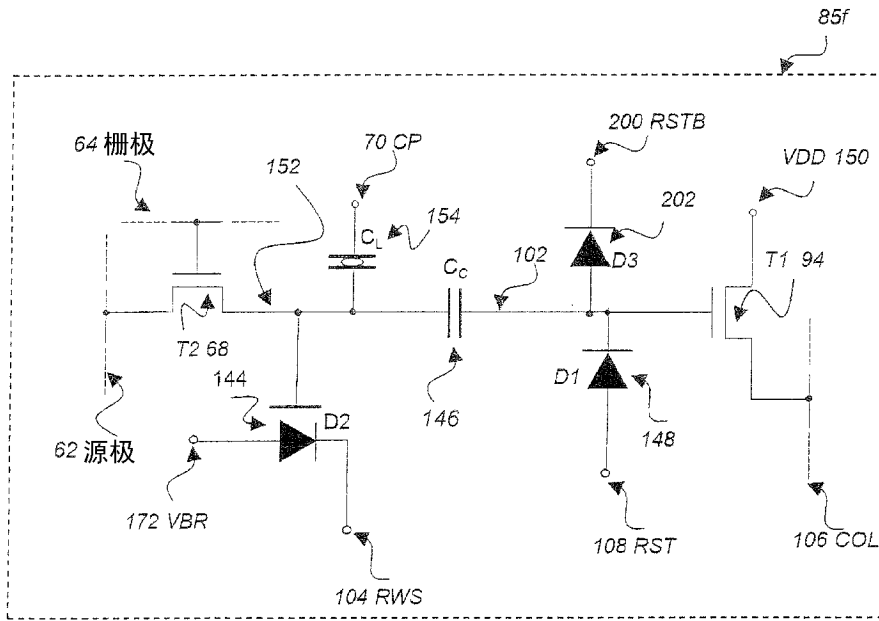


图 35

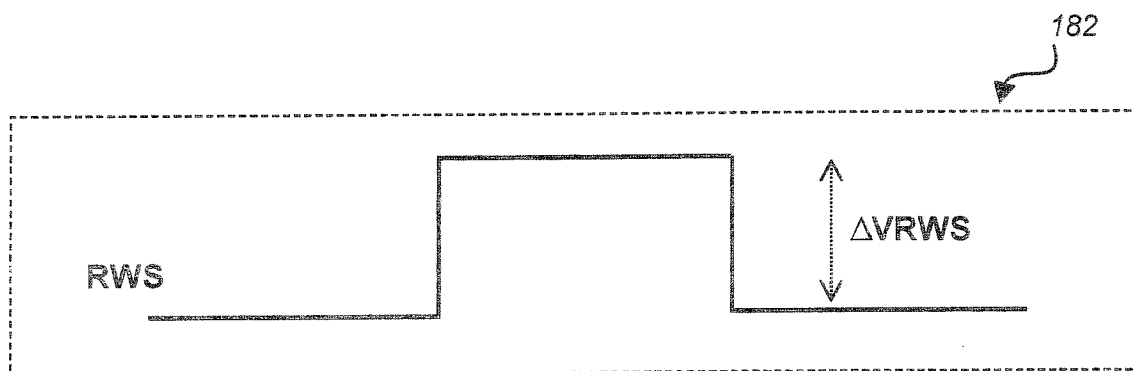
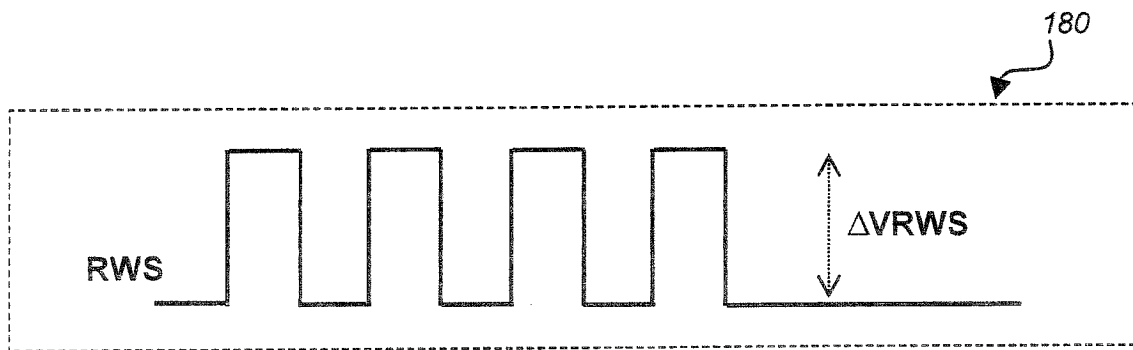


图 36

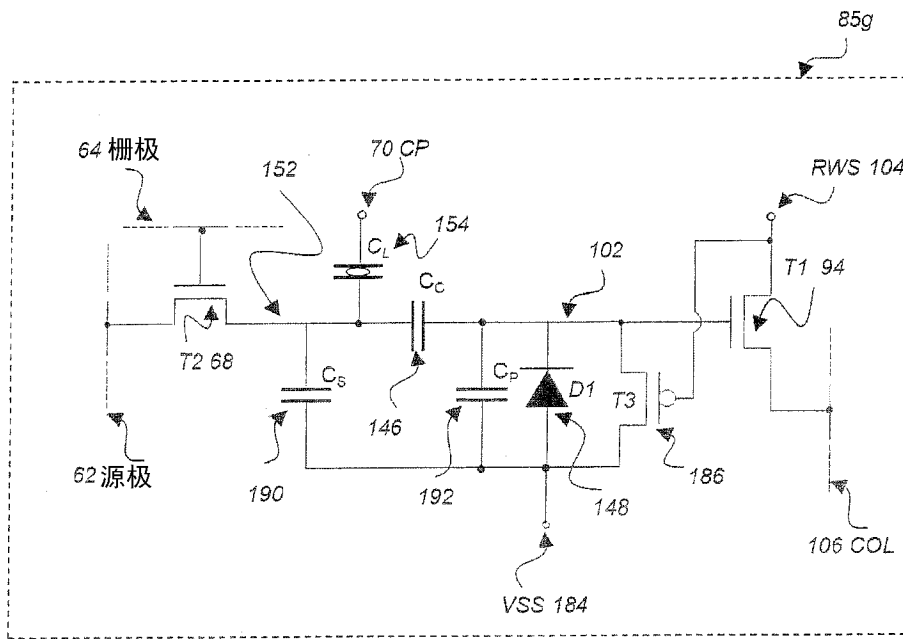


图 37

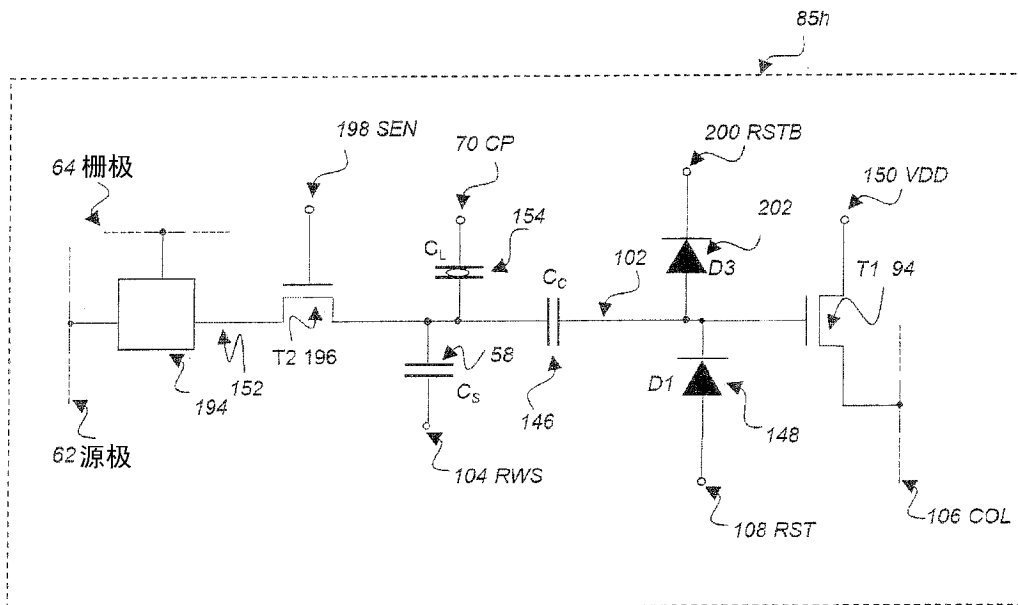


图 38

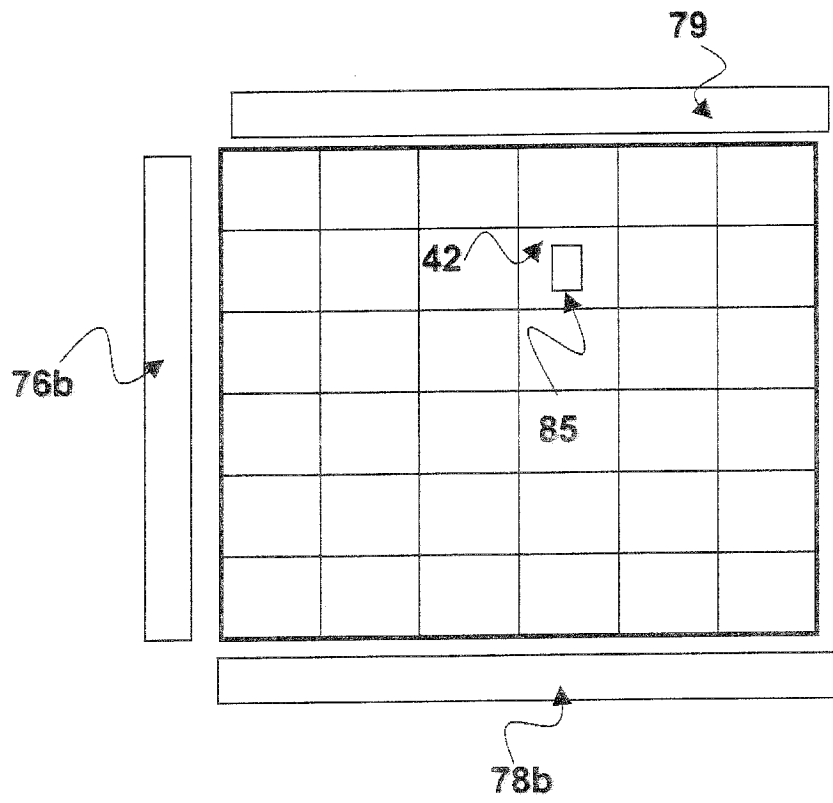


图 39

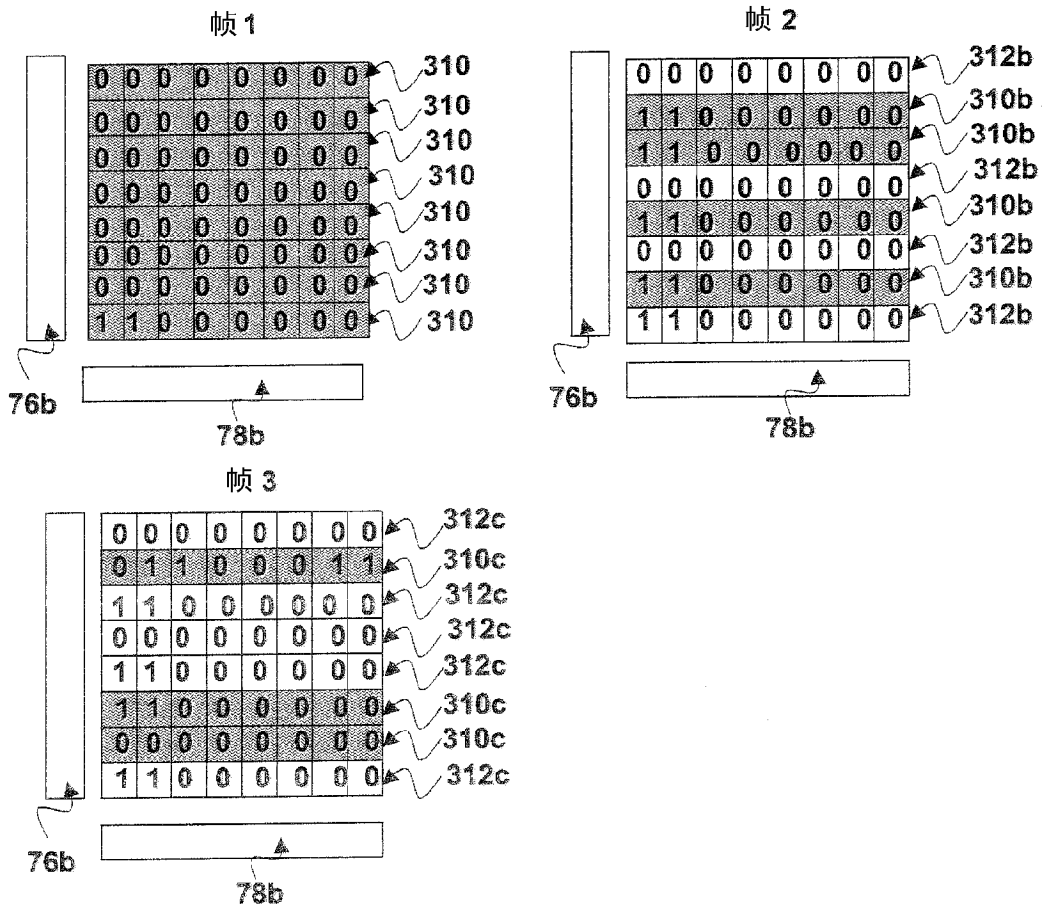


图 40

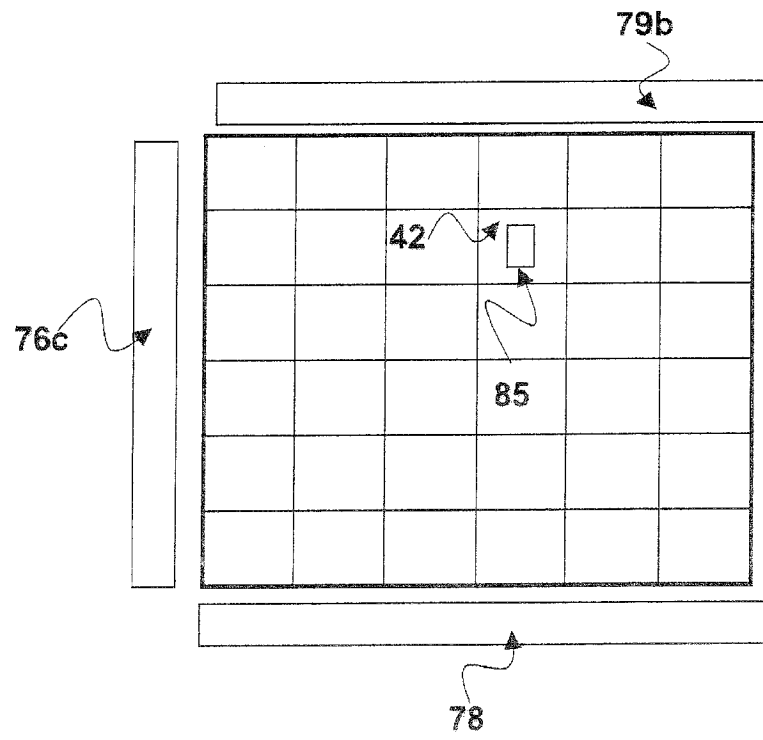


图 41

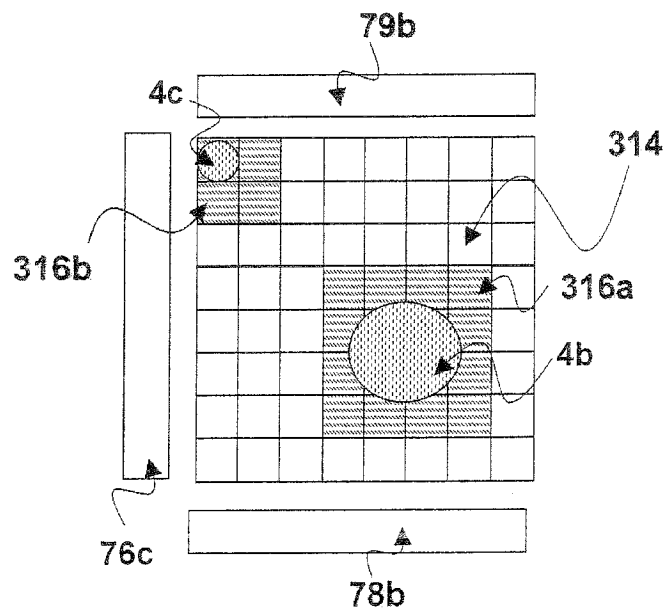


图 42



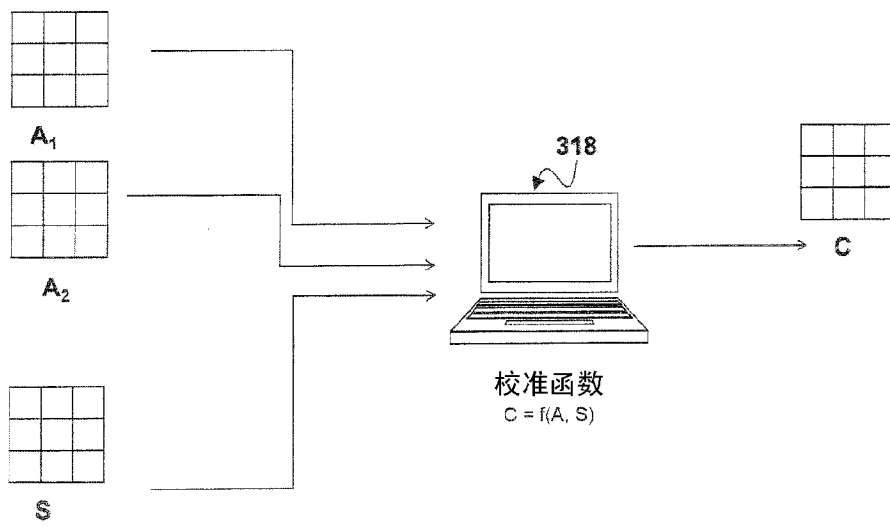


图 43

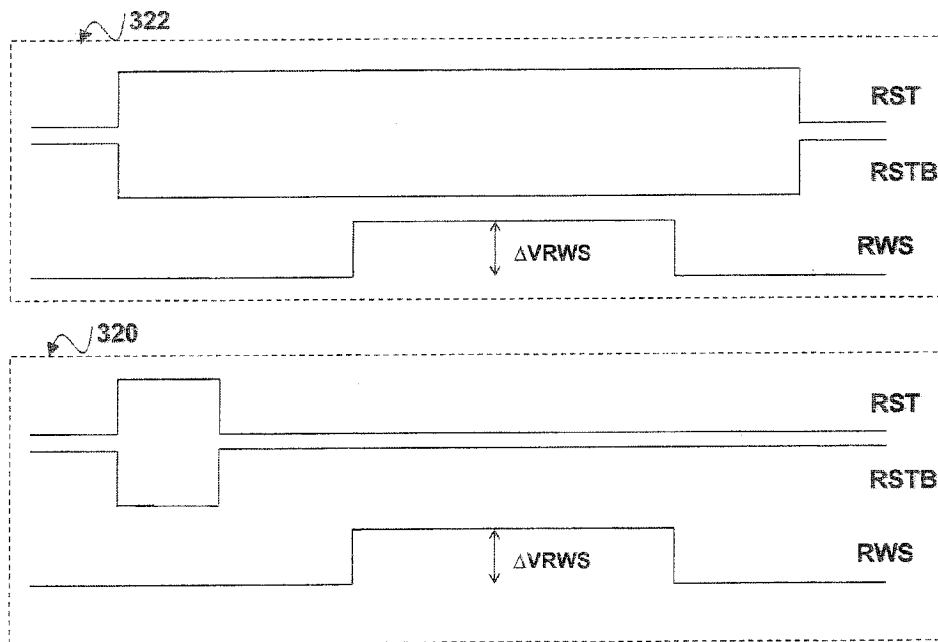


图 44