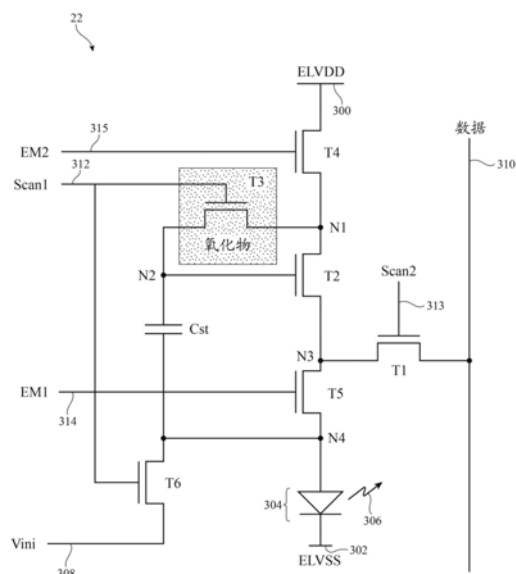




(43)申请公布日 2019.03.19

权利要求书3页 说明书11页 附图10页

本申请涉及包括具有氧化物晶体管阈值电压补偿的显示器的电子设备。显示器可具有有机发光二极管显示器像素的阵列。每个显示器像素可包括与一个或多个发射晶体管串联耦接的驱动晶体管和相应的有机发光二极管(OLED)。半导体氧化物晶体管可耦接在驱动晶体管的漏极端子与栅极端子之间,以帮助减少低刷新率显示操作期间的泄漏。为了补偿半导体氧化物晶体管的阈值电压的变化,可调节提供给半导体氧化物晶体管的栅极端子的扫描控制信号的高电压电平的量值。感测电路可用于感测在显示校准图像时的显示电流。可将感测到的显示电流和与校准图像相关联的预期显示电流进行比较。处理电路可基于与预期显示电流相比较的实际显示电流更新所述高电压电平。



1. 一种显示器,包括:

像素阵列,其中所述像素阵列中的每个像素包括发光二极管、驱动晶体管、以及开关晶体管;

栅极驱动器电路,其被配置成以第一电压电平向所述开关晶体管提供控制信号,以接通所述开关晶体管;

感测电路,所述感测电路耦接至所述像素阵列;以及

处理电路,其被配置成基于来自所述感测电路的信息改变所述第一电压电平。

2. 根据权利要求1所述的显示器,其中所述开关晶体管具有在半导体氧化物中形成的沟道。

3. 根据权利要求2所述的显示器,其中所述驱动晶体管具有在硅中形成的沟道。

4. 根据权利要求1所述的显示器,其中每个像素的发光二极管耦接在第一电源端子与第二电源端子之间。

5. 根据权利要求4所述的显示器,其中所述感测电路包括耦接至所述第二电源端子的电流感测电阻器和耦接至所述电流感测电阻器的模拟-数字转换器。

6. 根据权利要求5所述的显示器,其中所述感测电路包括介于所述电流感测电阻器与模拟-数字转换器之间的放大器。

7. 根据权利要求5所述的显示器,其中所述模拟-数字转换器的输出端子耦接至所述处理电路。

8. 根据权利要求7所述的显示器,其中所述处理电路被配置成基于预期电流与所述电流感测电阻器感测到的实际电流之间的比较而改变所述第一电压电平。

9. 根据权利要求8所述的显示器,其中所述处理电路被配置成增量改变所述第一电压电平,直到所述电流感测电阻器感测到的所述实际电流匹配所述预期电流。

10. 根据权利要求9所述的显示器,其中所述栅极驱动器电路被配置成以第二电压电平向所述开关晶体管提供所述控制信号以关断所述开关晶体管,并且其中所述处理电路被配置成改变所述第二电压电平。

11. 根据权利要求10所述的显示器,其中所述处理电路被配置成响应于确定所述实际电流小于所述预期电流而将所述第一电压电平降低第一量并将所述第二电压电平降低所述第一量。

12. 根据权利要求7所述的显示器,其中所述处理电路被配置成使用查找表以至少基于温度和所述感测电阻器感测到的所述实际电流来确定更新的第一电压电平。

13. 一种操作显示器的方法,所述显示器具有像素阵列、耦接至所述像素阵列的感测电路、以及耦接至所述感测电路的处理电路,所述方法包括:

使用所述像素阵列显示图像;

在使用所述像素阵列显示所述图像时,使用所述感测电路获得显示电流值;以及

至少基于所述显示电流值和预期显示电流值,更新提供至所述像素阵列的扫描控制信号的活动电压电平。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述像素阵列中的每个像素包括发光二极管、与所述发光二极管串联连接的驱动晶体管、以及具有接收所述扫描控制信号的栅极端子的开关晶体管,并且其中更新所述扫描控制信号的所述活动电压电平包括响应于确定所述显示

电流值小于所述预期显示电流值而降低所述扫描控制信号的所述活动电压电平。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述开关晶体管具有在半导体氧化物中形成的沟道。

16. 根据权利要求14所述的方法, 其中更新所述扫描控制信号的所述活动电压电平包括使用查找表以至少基于所述显示电流值、所述预期显示电流值和温度来确定更新的活动电压电平。

17. 根据权利要求14所述的方法, 其中更新所述扫描控制信号的所述活动电压电平包括使用所述扫描控制信号的所述活动电压电平重复显示所述图像, 使用所述感测电路获得所述显示电流值, 并且增量调节所述扫描控制信号的所述活动电压电平, 直到所述显示电流值匹配所述预期显示电流值。

18. 根据权利要求13所述的方法, 其中使用所述像素阵列显示所述图像包括使用所述像素阵列显示电池充电状态画面。

19. 一种电子设备, 所述电子设备包括显示器, 所述显示器包括:

像素阵列, 其中所述像素阵列中的每个像素包括:

发光二极管;

驱动晶体管, 所述驱动晶体管与所述发光二极管串联耦接, 其中所述驱动晶体管具有漏极端子和栅极端子; 以及

开关晶体管, 所述开关晶体管耦接在所述驱动晶体管的所述漏极端子与所述栅极端子之间, 其中所述开关晶体管具有接收在高电压电平与低电压电平之间切换的扫描控制信号的栅极端子;

接地电源电压迹线, 其中所述像素阵列中每个像素的发光二极管耦接至所述接地电源电压迹线;

感测电路, 所述感测电路耦接至所述接地电源电压迹线, 并且被配置成确定显示电流; 以及

处理电路, 其被配置成基于由所述感测电路确定的所述显示电流改变用于每个像素的所述扫描控制信号的所述高电压电平的量值。

20. 根据权利要求19所述的电子设备, 其中所述驱动晶体管具有在硅中形成的沟道, 并且其中所述开关晶体管具有在半导体氧化物中形成的沟道。

21. 根据权利要求19所述的电子设备, 还包括:

外壳, 其中所述显示器安装在所述外壳中且位于所述外壳的第一侧和相反的第二侧之间; 以及

腕带, 所述腕带附接到所述外壳的所述第一侧和所述第二侧, 其中所述开关晶体管是第一开关晶体管并且像素阵列中的每个像素还包括:

第一发射晶体管, 所述第一发射晶体管耦接在所述驱动晶体管和正电源电压迹线之间;

第二发射晶体管, 所述第二发射晶体管耦接在所述驱动晶体管和所述发光二极管之间;

第二开关晶体管, 所述第二开关晶体管耦接在数据线与介于所述驱动晶体管和所述第二发射晶体管之间的节点之间;

电容器,所述电容器耦接在所述驱动晶体管的所述栅极端子与介于所述第二发射晶体管和所述发光二极管之间的节点之间;以及

第三开关晶体管,所述第三开关晶体管耦接在初始化电压端子和所述电容器之间。

包括具有氧化物晶体管阈值电压补偿的显示器的电子设备

技术领域

[0001] 本申请整体涉及电子设备,并且更具体地涉及具有显示器的电子设备。

背景技术

[0002] 电子设备通常包括显示器。例如,蜂窝电话和便携式计算机包括用于向用户呈现信息的显示器。

[0003] 显示器,诸如有机发光二极管显示器,具有基于发光二极管的显示器像素阵列。在这种类型的显示器中,每个显示器像素都包括发光二极管和薄膜晶体管,薄膜晶体管用于控制向发光二极管施加信号以产生光。

[0004] 例如,显示器像素通常包括控制流经发光二极管的电流的量的驱动薄膜晶体管和连接至驱动薄膜晶体管的栅极端子的开关晶体管。开关晶体管可被实现为半导体氧化物晶体管,其通常在开关晶体管被关闭时表现出低泄漏。半导体氧化物开关晶体管的这种低泄漏特性有助于在驱动薄膜晶体管使电流通过到发光二极管以产生光时,在显示器像素的给定发射时段期间,保持驱动薄膜晶体管的栅极端子处的电压相对恒定。

[0005] 然而,半导体氧化物开关晶体管在显示器的使用寿命期间表现出可靠性问题。具体地讲,半导体氧化物晶体管具有由于半导体氧化物晶体管反复接通和关闭而随时间推移而漂移的阈值电压。当半导体氧化物晶体管的阈值电压改变时,临发射之前驱动薄膜晶体管的栅极端子处的电压也将受到影响。这直接影响流经发光二极管的电流的量,该发光二极管控制由显示器像素产生的光量或辉度(luminance)。发光二极管电流对半导体氧化物开关晶体管的阈值电压的这种敏感性增大了非理想显示行为的风险,诸如在显示器的使用寿命内的辉度下降、在显示器的使用寿命内不期望的色彩偏移(例如,从而导致显示器上的青色/绿色色调)等等。

发明内容

[0006] 电子设备可包括具有显示器像素阵列的显示器。显示器像素可以是有机发光二极管显示器像素。

[0007] 每个显示器像素可包括发光二极管、与发光二极管串联耦接的驱动晶体管、耦接在驱动晶体管的漏极端子与栅极端子之间的第一半导体类型的晶体管(例如,半导体氧化物薄膜晶体管)、与驱动晶体管和发光二极管串联耦接的第一发射晶体管、与驱动晶体管和功率线串联耦接的第二发射晶体管、耦接至发光二极管的初始化晶体管、以及耦接至驱动晶体管的源极端子的数据加载晶体管。具体地讲,半导体氧化物晶体管可被配置成减少驱动晶体管的栅极端子处的泄漏。

[0008] 控制半导体氧化物晶体管的扫描控制信号可适应半导体氧化物晶体管的阈值电压的变化,以补偿显示器中的任何辉度下降。在一个补偿方案中,半导体氧化物晶体管的阈值电压的变化的预测可用于根据预定分布来改变扫描控制信号的高电压电平。扫描控制信号的高电压电平的变化可跟踪半导体氧化物晶体管的阈值电压的变化,从而防止显示器辉

度下降。

[0009] 在另一个合适的布置中,电流感测电路可耦接至显示器以测量校准图像被显示时的显示电流。与校准图像相关联的预期显示电流可以是已知的。可将实际显示电流(通过电流感测电路获得)与预期显示电流进行比较。实际显示电流与预期显示电流之间差异的发生可能是由于半导体氧化物晶体管的阈值电压的变化。如果检测到差异,那么可相应地补偿半导体氧化物晶体管的扫描控制信号的高电压电平。在一个示例中,高电压电平可基于查找表设置,所述查找表包括与预期显示电流、实际显示电流和温度相关联的信息。在另一个示例中,高电压电平可增量调节,直到实际显示电流匹配预期显示电流。

附图说明

[0010] 图1是根据一个实施方案的具有显示器的示例性电子设备的图示。

[0011] 图2是根据一个实施方案的具有有机发光二极管(OLED)显示器像素阵列的示例性有机发光二极管显示器的图示。

[0012] 图3是根据一个实施方案的低刷新率显示器驱动方案的图示。

[0013] 图4是根据一个实施方案的被配置成产生发射电流的有机发光二极管显示器像素的电路图。

[0014] 图5是示出图4所示的有机发光二极管显示器像素的操作的时序图。

[0015] 图6是示出根据一个实施方案,半导体氧化物晶体管的阈值电压以及硅晶体管的阈值电压如何随着时间的推移而变化的图示。

[0016] 图7是示出根据一个实施方案,图4所示的有机发光二极管显示器像素中OLED发射电流对半导体氧化物晶体管的阈值电压的敏感性的图示。

[0017] 图8是根据一个实施方案,可提供给半导体氧化物晶体管诸如图4中的T3的栅极的扫描控制信号的图示。

[0018] 图9是示出根据一个实施方案,像素中的半导体氧化物晶体管的扫描控制信号的高电压电平可如何预测性地降低以跟踪晶体管的阈值电压的预期漂移的图示。

[0019] 图10是根据一个实施方案的包括用于主动监测显示电流并相应地补偿半导体氧化物晶体管的扫描控制信号的高电压电平的感测电路的示例性显示器的示意图。

[0020] 图11是根据一个实施方案的包括用于主动监测显示电流的感测电阻器和模拟-数字转换器的示例性显示器的示意图。

[0021] 图12是根据一个实施方案的基于所测量的显示电流并使用查找表来补偿半导体氧化物晶体管的扫描控制信号的高电压电平的示例性方法的流程图。

[0022] 图13是根据一个实施方案的通过增量改变高电压电平来补偿半导体氧化物晶体管的扫描控制信号的高电压电平的示例性方法的流程图。

具体实施方式

[0023] 图1示出了可具有有机发光二极管显示器的类型的示例性电子设备。电子设备10可为计算设备诸如膝上型计算机、包含嵌入式计算机的计算机监视器、平板电脑、蜂窝电话、媒体播放器或其他手持式或便携式电子设备、较小的设备(诸如腕表设备、挂式设备、耳机或听筒设备、被嵌入在眼镜中的设备或者佩戴在用户的头部上的其他设备,或其他可穿

戴式或微型设备)、显示器、包含嵌入式计算机的计算机显示器、不包含嵌入式计算机的计算机显示器、游戏设备、导航设备、嵌入式系统(诸如其中具有显示器的电子设备被安装在信息亭或汽车中的系统)、或其他电子设备。

[0024] 设备10可包括控制电路15。控制电路15可包括用于支持设备10的操作的存储和处理电路。存储和处理电路可包括存储装置,诸如非易失性存储器(例如,被配置成形成固态驱动器的闪存存储器或其他电可编程只读存储器)、易失性存储器(例如,静态或动态随机存取存储器)等。控制电路15中的处理电路可用于收集来自传感器和其他输入装置的输入并且可用于控制输出装置。处理电路可基于一个或多个微处理器、微控制器、数字信号处理器、基带处理器和其他无线通信电路、功率管理单元、音频芯片、专用集成电路等。

[0025] 为支持设备10与外部设备之间的通信,控制电路15可使用通信电路21进行通信。电路21可包括天线、射频收发器电路以及其他无线通信电路和/或有线通信电路。电路21(有时可称为控制电路和/或控制和通信电路)可支持设备10与外部设备之间经由无线链路的双向无线通信(例如,电路21可包括射频收发器电路,诸如被配置成支持经由无线局域网链路的通信的无线局域网收发器电路、被配置成支持经由近场通信链路的通信的近场通信收发器电路、被配置成支持经由蜂窝电话链路的通信的蜂窝电话收发器电路,或被配置成支持经由任何其他合适的有线或无线通信链路的通信的收发器电路)。可以例如经由Bluetooth®链路、WiFi®链路、60GHz链路或其他毫米波链路、蜂窝电话链路、或其他无线通信链路支持无线通信。如果需要,设备10可包括用于传输和/或接收有线和/或无线功率的功率电路并且可包括电池或其他储能设备。例如,设备10可包括线圈和整流器以接收向设备10中的电路提供的无线功率。

[0026] 设备10可包括输入-输出设备,诸如设备12。设备12可安装在电子设备的外壳(例如,由形成电子设备的外表面的金属和/或玻璃形成的电子设备外壳)中。在电子设备10是手表设备的情况下,腕带可附接到电子设备的外壳。例如,腕带可附接到电子设备外壳的第一侧和相反的第二侧,其中显示器14插置在第一侧和相反的第二侧之间。输入-输出设备12可用于收集用户输入、收集关于用户周围环境的信息,和/或向用户提供输出。设备12可包括一个或多个显示器,诸如一个或多个显示器14。显示器14可以是有机发光二极管显示器、液晶显示器、电泳显示器、电润湿显示器、等离子显示器、微机电系统显示器、具有由结晶半导体发光二极管管芯形成的像素阵列的显示器(有时称为microLED)、和/或其他显示器。显示器14可具有被配置成为用户显示图像的像素阵列。显示器像素可在基板诸如柔性基板上形成(例如,显示器14可由柔性显示面板形成)。用于显示器14中的电容触摸传感器的导电电极和/或重叠在显示器14上的氧化铟锡电极或其他透明导电电极的阵列可用于形成用于显示器14的二维电容触摸传感器(例如,显示器14可以是触敏显示器)。

[0027] 输入-输出设备12中的传感器17可包括力传感器(例如,应变仪、电容传感器、电阻力传感器等)、音频传感器诸如麦克风、触摸和/或接近传感器诸如电容传感器(例如,集成到显示器14中的二维电容触摸传感器、重叠在显示器14上的二维电容触摸传感器,和/或形成按钮、轨迹板、或与显示器不相关联的其他输入设备的触摸传感器),以及其他传感器。如果需要,传感器17可包括光学传感器诸如发射和检测光的光学传感器、超声传感器、光学触摸传感器、光学接近传感器、和/或其他触摸传感器和/或接近传感器、单色和彩色环境光传感器、图像传感器、指纹传感器、温度传感器、用于测量三维非接触手势(“空中手势”)的

传感器、压力传感器、用于检测位置、取向和/或运动的传感器(例如,加速度计、磁性传感器诸如罗盘传感器、陀螺仪和/或包含一些或所有这些传感器的惯性测量单元)、健康传感器、射频传感器、深度传感器(例如,基于立体成像设备的结构光传感器和/或深度传感器)、光学传感器诸如自混合传感器以及收集飞行时间测量结果的光检测和测距(激光雷达)传感器、湿度传感器、水分传感器、凝视跟踪传感器、和/或其他传感器。在一些布置中,设备10可使用传感器17和/或其他输入-输出设备来收集用户输入(例如,按钮可用于收集按钮按压输入,重叠在显示器上的触摸传感器可用于收集用户触摸屏输入,触摸板可用于收集触摸输入,麦克风可用于收集音频输入,加速度计可用于监测手指何时接触输入表面因此可用于收集手指按压输入,等等)。

[0028] 如果需要,电子设备10可包括另外的部件(参见,例如,输入-输出设备12中的其他设备19)。另外的部件可包括触觉输出设备、音频输出设备诸如扬声器、用于状态指示器的发光二极管、光源诸如照亮外壳和/或显示器结构的部分的发光二极管、其他光学输出设备、和/或用于收集输入和/或提供输出的其他电路。设备10还可包括电池或其他储能设备、用于支持与辅助设备的有线通信且用于接收有线功率的连接端口、以及其他电路。

[0029] 电子设备中的显示器可提供有用于在显示器像素阵列上显示图像的驱动器电路。示例性显示器在图2中示出。如图2所示,显示器14可具有一个或多个层,诸如基板24。诸如基板24的层可由诸如平面玻璃层的材料的平面矩形层形成。显示器14可具有显示器像素22的阵列27以用于为用户显示图像。显示器像素22的阵列可由基板24上的显示器像素结构的行和列形成。这些结构可包括薄膜晶体管,诸如多晶硅薄膜晶体管(例如,具有由多晶硅形成的有源区的薄膜晶体管)、半导体氧化物薄膜晶体管(例如,具有由半导体氧化物形成的有源区的薄膜晶体管)等等。在显示器像素22的阵列中可以有任何适当数目的行和列(例如,十个或更多个、一百个或更多个、或一千个或更多个)。

[0030] 可以利用焊料或导电粘合剂将显示驱动器电路诸如显示驱动器集成电路16耦接至导电路径诸如基板24上的金属迹线。显示驱动器集成电路16(有时称为定时控制器芯片)可包含用于经由路径25与系统控制电路通信的通信电路。路径25可由柔性印刷电路上的迹线或其他缆线形成。系统控制电路可位于电子设备中的主逻辑板上,所述电子设备诸如蜂窝电话、计算机、平板计算机(computer tablet)、电视、机顶盒、媒体播放器、手表、便携式电子设备、或在使用显示器14的其他电子设备。在操作期间,系统控制电路可以为显示驱动器集成电路16提供与要经由路径25在显示器14上显示的图像有关的信息。为了在显示器像素22上显示图像,显示驱动器集成电路16可以向显示驱动器电路,诸如行驱动器电路18和列驱动器电路20,提供时钟信号和其他控制信号。行驱动器电路18和/或列驱动器电路20可由基板24上的一个或多个集成电路和/或一个或多个薄膜晶体管电路形成。

[0031] 行驱动器电路18可位于显示器14的左右边缘上,仅在显示器14的单个边缘上,或显示器14中的别处。在操作期间,行驱动器电路18可在水平线28(有时称为行线或“扫描”线)上提供行控制信号。因此,行驱动器电路18有时可称为扫描线驱动器电路。如果需要,行驱动器电路18还可用于提供其他行控制信号,诸如发射控制线。

[0032] 可使用列驱动器电路20向多个对应的垂直线26上提供来自显示驱动器集成电路16的数据信号D。列驱动器电路20有时可称为数据线驱动器电路或源驱动器电路。垂直线26有时称为数据线。在补偿操作期间,列驱动器电路20可使用路径诸如垂直线26来提供基准

电压。在编程操作期间,利用线26向显示器像素22中加载显示数据。

[0033] 每一数据线26都与相应列的显示器像素22相关联。多组水平信号线28通过显示器14水平延伸。电源路径及其他线也可将信号提供至像素22。每组水平信号线28都与相应行的显示器像素22相关联。每行中的水平信号线的数目可由显示器像素22中被水平信号线独立控制的晶体管数目决定。不同配置的显示器像素可由不同数目的控制线、数据线、电源线等来操作。

[0034] 行驱动器电路18可以断言(assert)显示器14中的行线28上的控制信号。例如,驱动器电路18可从显示驱动器集成电路16接收时钟信号和其他控制信号,并可响应于所接收的信号断言每行显示器像素22中的控制信号。可以依次处理显示器像素22的行,(例如)针对每帧图像数据的处理开始于显示器像素阵列的顶部,并结束于阵列的底部。在断言行中的扫描线时,由电路16提供给列驱动器电路20的控制信号和数据信号指示电路20对关联的数据信号D解复用并驱动到数据线26上,从而将利用出现在数据线D上的显示数据来对行中的显示器像素进行编程。显示器像素然后能够显示加载的显示数据。

[0035] 在有机发光二极管(OLED)显示器诸如显示器14中,每个显示器像素包含用于发射光的相应有机发光二极管。驱动晶体管控制从有机发光二极管输出的光量。显示器像素中的控制电路被配置为执行阈值电压补偿操作,使得来自有机发光二极管的输出信号的强度与加载到显示器像素中的数据信号的大小成比例,而与驱动晶体管的阈值电压无关。

[0036] 显示器14可被配置成支持低刷新率操作。使用相对低的刷新率(例如,1Hz、2Hz、1-10Hz、小于100Hz、小于60Hz、小于30Hz、小于10Hz、小于5Hz、小于1Hz的刷新率、或其他合适的低刷新率)操作显示器14可适用于输出静态或几乎静态内容的应用,和/或需要很小功率消耗的应用。图3是根据一个实施方案的低刷新率显示器驱动方案的图示。如图3所示,显示器14可在短的数据刷新阶段(如时段T_refresh所指示)与延长的消隐时段T_blank之间交替。在时段T_refresh期间,每个显示器像素中的数据值可被刷新、“重画”或更新。

[0037] 例如,根据60Hz数据刷新操作,每个数据刷新时段T_refresh可为大约16.67毫秒(ms),而每个时段T_blank可为大约1秒,由此使得显示器14的总体刷新率降低至1Hz(作为低刷新率显示操作的示例)。如此配置,可调节T_blank的持续时间,以调整显示器14的总体刷新率。例如,如果将T_blank的持续时间调整为半秒,那么总体刷新率将增加至2Hz。又如,如果将T_blank的持续时间调整为四分之一秒,那么总体刷新率将增加至4Hz。在本文所述的实施方案中,消隐间隙T_blank可为T_refresh的持续时间的至少两倍、T_refresh的持续时间的至少10倍、T_refresh的持续时间的至少20倍、T_refresh的持续时间的至少30倍、T_refresh的持续时间的至少60倍、T_refresh的持续时间的2-100倍、T_refresh的持续时间的多于100倍等等。

[0038] 可用于支持低刷新率操作的显示器14中的例示性有机发光二极管显示器像素22的示意图在图4中示出。如图4所示,显示器像素22可包括存储电容器Cst和晶体管,诸如n型(即,n沟道)晶体管T1、T2、T3、T4、T5和T6。像素22的晶体管可以是由半导体诸如硅(例如,使用低温工艺沉积的多晶硅,有时称为LTPS或低温多晶硅)、半导体氧化物(例如,氧化铟镓锌(IGZO))或其他合适的半导体材料形成的薄膜晶体管。换句话说,这些薄膜晶体管的有源区和/或沟道区可由多晶硅或半导体氧化物材料形成。

[0039] 显示器像素22可包括发光二极管304。正电源电压ELVDD(例如,1V、2V、多于1V、0.5

至5V、1至10V、或其他合适的正电压)可提供至正电源端子300,并且接地电源电压ELVSS(例如,0V、-1V、-2V、或其他合适的负电压)可提供至接地电源端子302。电源电压ELVDD和ELVSS可从相应电源迹线提供至端子300和302。例如,导电层可用作接地电源电压迹线,其向显示器内的所有像素提供接地电源电压ELVSS。晶体管T2的状态控制通过二极管304从端子300流至端子302的电流的量,并且因此控制来自显示器像素22的发射光306的量。因此,晶体管22有时被称为“驱动晶体管”。二极管304可具有相关联的寄生电容 C_{OLED} (未示出)。

[0040] 端子308用于提供初始化电压 V_{ini} (例如,诸如1V、2V、小于1V、1至5V的正电压或其他合适的电压),以在二极管304未使用时帮助关闭二极管304。来自显示驱动器电路诸如图2的行驱动器电路18的控制信号被提供至控制端子,诸如端子312、313、314和315。端子312和313可分别用作第一扫描控制端子和第二扫描控制端子,而端子314和315可分别用作第一发射控制端子和第二发射控制端子。扫描控制信号Scan1和Scan2可分别施加于扫描端子312和313。发射控制信号EM1和EM2可分别提供至端子314和315。数据输入端子诸如数据信号端子310耦接至图2的相应数据线26,以用于接收用于显示器像素22的图像数据。

[0041] 晶体管T4、T2、T5和二二极管304可串联耦接在电源端子300与302之间。具体地讲,晶体管T4具有耦接至正电源端子300的漏极端子、接收发射控制信号EM2的栅极端子,以及耦接至晶体管T2和T3的源极端子(标记为节点N1)。晶体管的术语“源极”和“漏极”端子有时可互换使用。驱动晶体管T2具有耦接至节点N1的漏极端子、耦接至节点N2的栅极端子,以及耦接至节点N3的源极端子。晶体管T5具有耦接至节点N3的漏极端子、接收发射控制信号EM1的栅极端子,以及耦接至节点N4的源极端子。节点N4经由有机发光二极管304耦接至接地电源端子302。

[0042] 晶体管T3、电容器 C_{st} 和晶体管T6串联耦接在节点N1与端子308之间。具体地讲,晶体管T3具有耦接至节点N1的漏极端子、从扫描线312接收扫描控制信号Scan1的栅极端子,以及耦接至节点N2的源极端子。存储电容器 C_{st} 具有耦接至节点N2的第一端子和耦接至节点N4的第二端子。晶体管T6具有耦接至节点N4的漏极端子、通过扫描线312接收扫描控制信号Scan1的栅极端子,以及通过端子308接收初始化电压 V_{ini} 的源极端子。

[0043] 晶体管T1具有通过数据线310接收数据信号的漏极端子、通过扫描线313接收扫描控制信号Scan2的栅极端子,以及耦接至节点N3的源极端子。以此方式连接,发射控制信号EM2可被断言以使能晶体管T4(例如,信号EM2可被驱动至高电压电平以接通晶体管T4);发射控制信号EM1可被断言以激活晶体管T5;扫描控制信号Scan2可被断言以接通晶体管T1;并且扫描控制信号Scan1可被断言以同时导通晶体管T3和T6。晶体管T4和T5有时可被称为发射晶体管。晶体管T6有时可被称为初始化晶体管。晶体管T1有时可被称为数据加载晶体管。

[0044] 在一个合适的布置中,晶体管T3可被实现为半导体氧化物晶体管,而其余晶体管T1、T2和T4-T6为硅晶体管。半导体氧化物晶体管表现出比硅晶体管相对较低的泄漏,因此将晶体管T3实现为半导体氧化物晶体管将有助于降低在低刷新率下的闪烁(例如,通过防止电流在信号Scan1被去断言(deassert)或驱动为低时通过T3泄漏)。

[0045] 图5是示出图4所示的有机发光二极管显示器像素22的操作的时序图。在时间 t_1 之前,信号Scan1和Scan2被去断言(例如,扫描控制信号均处于低电压电平),而信号EM1和EM2被断言(例如,发射控制信号均处于高电压电平)。当两个发射控制信号EM1和EM2高时,发射

电流将流经驱动晶体管T2进入对应的有机发光二极管304以产生光306(参见图4)。发射电流有时被称为OLED电流或OLED发射电流,并且期间OLED电流在二极管304处主动产生光的时段被称为发射阶段。

[0046] 在时间 t_1 处,发射控制信号EM1被去断言(即,驱动为低)以暂时中止发射阶段,这开始数据刷新或数据编程阶段。在时间 t_2 处,信号Scan1可脉冲跳变为高以激活晶体管T3和T6,这将电容器Cst两端的电压初始化为预定电压差(例如,ELVDD减去 V_{ini})。

[0047] 在时间 t_3 处,扫描控制信号Scan1脉冲跳变为高,而信号Scan2被断言且信号EM1和EM2均被去断言,以将来自数据线310的所需数据信号加载到显示器像素22中。在时间 t_4 处,扫描控制信号Scan1被去断言(例如,驱动为低),这表示数据编程阶段的结束。发射阶段然后在发射控制信号EM1和EM2被再次断言时在 t_5 处开始。

[0048] 虽然将晶体管T3实现为半导体氧化物晶体管有助于使驱动晶体管T2的栅极端子处的泄漏电流最小化,但半导体氧化物晶体管T3可能存在可靠性问题。在显示器像素22的数据编程操作期间,扫描时钟信号Scan1可被拉升至高电压电平VSH(例如,10.5V、高于10V、1-10V、高于5V、1-5V、7-11V、10-15V、20V、高于20V、或其他合适的正/升高电压电平)并且还可被拉低至低电压电平VGL(例如,-5V、-1V、0至-5V、-5至-10V、小于0V、小于-1V、小于-4V、小于-5V、小于-10V、或其他合适的负/压低电压电平)。具体地讲,在发射阶段期间在半导体氧化物晶体管T3的栅极端子处施加负电压VGL将负栅极-源极电压应力置于晶体管T3两端,这可导致氧化物退化(oxide degradation)(有时称为老化效应),并且将导致半导体氧化物晶体管T3的阈值电压(有时称为 V_{th_ox})随时间推移而漂移。

[0049] 图6是示出半导体氧化物晶体管T3的阈值电压如何随时间推移而变化的图示。迹线550代表硅晶体管在显示器14的使用寿命内的阈值电压。如图所示,该阈值电压在显示器的整个使用寿命期间可保持相对稳定。相比之下,迹线500代表半导体氧化物晶体管T3在显示器14的使用寿命内的阈值电压。如迹线500所示, V_{th_ox} 将随时间推移而变化(例如,在1-4周的正常显示操作期间、在1-12个月的正常显示操作期间、在至少一年的显示操作期间、在1-5年的显示操作期间、在1-10年的显示操作期间等)。具体地讲,当显示器操作时, V_{th_ox} 可随时间的推移而降低。在预期显示器14在一天的大部分时间使用(例如,可穿戴设备诸如手表设备中的显示器,有时称为“常显(always on)”显示器)的情况下,这可能存在问题,因为 V_{th_ox} 可能比在不“常显”的显示器中降低得更快(由于频繁使用)。

[0050] 图7绘出作为 V_{th_ox} 的电压变化量的函数的OLED发射电流 I_{OLED} 的百分比变化。如迹线552所示,OLED发射电流 I_{OLED} 对像素内硅晶体管的阈值电压的变化不是非常敏感。迹线502示出 I_{OLED} 对图4的有机发光二极管显示器像素22中的晶体管T3的阈值电压 V_{th_ox} 的敏感性。如图7中的迹线502所示,电流 I_{OLED} 可在 V_{th_ox} 偏离标称阈值电压量1.5V时增加大约50%并且可在 V_{th_ox} 偏离标称阈值电压量-1.5V时降低大约40%。如通过迹线502代表的OLED电流对 V_{th_ox} 变化的这种相对高的敏感性可导致非理想行为,诸如当 V_{th_ox} 随时间推移而漂移时显示器中的辉度下降和不期望的色彩偏移。

[0051] 图8是用于在像素22的操作期间控制T3的扫描控制信号(例如,Scan1)的图示。如图所示,控制信号可上升至正电压电平VSH,以断言晶体管T3。为了关闭T3(还有别的晶体管),信号Scan 1可从正电压电平VSH(有时称为活动电压电平、接通电压电平、或高电压电平)被驱动至负电压电平VGL(有时称为非活动电压电平、关断电压电平、或低电压电平)。

[0052] 当T3被去断言(通过将扫描控制信号Scan1从VSH驱动至VGL)时,N2上的电压可改变一定的量,所述量跟VSH与 V_{th_ox} 之间的差成比例(例如, $\Delta V \propto VSH - V_{th_ox}$)。由于N2上的电压控制通过二极管304的电流的量以及因此像素的辉度,因此N2电压的精确控制对于显示器的最佳操作是重要的。T3所经历的 V_{th_ox} 漂移因此导致非理想行为(因为它导致N2上的 ΔV 随时间变化)。为了防止由 V_{th_ox} 漂移造成的非理想行为,VSH可改变以跟踪 V_{th_ox} 的变化。如果VSH与 V_{th_ox} 改变相似的量,那么 ΔV 将随时间推移保持恒定(尽管存在 V_{th_ox} 漂移)。

[0053] 存在可用于更新VSH以补偿 V_{th_ox} 漂移的许多方案。在一个示例中,VSH可基于随时间推移的预期 V_{th_ox} 下降而以预定速率下降。图9是示出根据一个实施方案,扫描控制信号Scan1的VSH可如何调节以适应 V_{th_ox} 的变化并从而减轻显示器辉度下降的图示。在时间 t_0 处(即,当显示器仍然相对新时),VSH可被偏置于标称正电源电平 VSH_0 。在某一时间段之后且在时间 t_1 处,由于氧化物晶体管T3的阈值电压漂移,显示器14的辉度可能已经下降了一些。 t_0 与 t_1 之间的时间量可以是至少50小时、至少100小时、100至500小时、多于500小时、或其他合适的操作时间段,在此期间显示器14可能遇到不希望的辉度变化。为减轻辉度下降,VSH可降低至新的正电源电平 VSH_1 。在另一时间段之后且在时间 t_2 处,由于在 t_1 与 t_2 之间氧化物晶体管T3的阈值电压漂移,显示器14的辉度可能已经下降了一些。 t_1 与 t_2 之间的时间量可以是至少50小时、至少100小时、100至500小时、多于500小时、或其他合适的操作时间段,在此期间显示器14可能遇到不希望的辉度变化。为减轻辉度下降,VSH可降低至新的正电源电平 VSH_2 。

[0054] 这一过程可无限期地继续下去,直到显示器14的寿命周期结束、持续至少2年的正常操作使用、2-5年或正常操作、5-10年的正常操作使用、或超过10年的正常操作使用。

[0055] VSH可通过显示驱动器集成电路16调节。另选地,另外的控制和处理电路(例如,图1中的控制电路15)可向显示驱动器集成电路16发送指令以更新VSH。为了知道何时调节VSH以及调节多少,可进行测试以确定 V_{th_ox} 的平均漂移曲线。例如,可随时时间推移监测给定数量的设备(例如,一百个设备、五百个设备、多于一百个设备、多于一千个设备、少于一千个设备等)的 V_{th_ox} 。设备的平均 V_{th_ox} 值可在各种时间获得。然后可使用平均 V_{th_ox} 值产生平均 V_{th_ox} 漂移曲线。平均 V_{th_ox} 漂移曲线可通知VSH更新。如果需要,VSH可以趋近 V_{th_ox} 漂移曲线的逐阶方式更新。

[0056] 在电子设备的使用期间,实际 V_{th_ox} 漂移可能偏离平均 V_{th_ox} 漂移曲线。然而,相对于VSH从未更新的显示器来说,根据平均 V_{th_ox} 漂移曲线更新VSH仍可改善显示性能。为了进一步改善显示性能,可使用电流感测来主动监测显示性能并周期性地更新VSH以保持显示器亮度。因此,基于实时数据而不是预测的 V_{th_ox} 变化来更新VSH。

[0057] 包括用于主动VSH补偿的感测电路的例示性显示器的示意图在图10中示出。如图10所示,显示器14包括具有多个像素22的像素阵列27。每个像素可耦接至接地电源迹线ELVSS。在一个例示性示例中,接地电源迹线ELVSS可以是在整个像素阵列上形成的覆盖金属层,其中每个像素具有电连接至该覆盖金属层的对应的二极管端子。

[0058] 为了主动补偿VSH,可首先使用起始VSH值在像素阵列上显示图像(例如,校准图像)。可将VSH值从显示驱动器集成电路16提供至像素阵列。接地电源迹线ELVSS(有时称为接地电源端子ELVSS)可电连接至感测电路102。感测电路102可包括电路部件,所述电路部

件允许检测在通过像素阵列显示校准图像时接地电源端子ELVSS处的电流。感测电路102可将感测电流值输出至处理电路104。处理电路104可使用感测电流值确定更新的VSH值,所述更新的VSH值接着被提供至显示驱动器集成电路。

[0059] 为了允许处理电路104基于在校准图像被显示时的感测电流值更新VSH,可能需要预期的显示电流值。例如,可在设备制造完成之前执行测试,以确定当校准图像以第一亮度值显示时,第一显示电流值应由感测电路102感测到。然后,在设备的操作期间,可以第一亮度值显示校准图像。如果感测到的显示电流值匹配预期的第一显示电流值,那么处理电路104可确定显示器正在正确操作且无需改变VSH。然而,如果感测到的显示电流值不同于(例如,低于)第一显示电流值,那么处理电路可确定VSH需要更新以针对 V_{th_ox} 漂移进行校正。可执行在许多亮度水平和温度处的校准,以确定在各种条件下的预期显示电流值。然后,在操作电子设备时,可将实际显示电流值与针对当前条件的预期显示电流值进行比较。处理电路然后可基于比较采取补救措施(例如,更新VSH)。

[0060] 可使用任何希望的电路形成图10的感测电路。图11是感测电路102的例示性实施方案的示意图,其中感测电阻器被用于感测显示电流。如图11所示,接地电源端子ELVSS可耦接至感测电阻器106。通过使显示电流流入到感测电阻器106中,在节点108处可存在与该电流成比例的电压,可选地,所述节点108可耦接至放大器110。放大器110可放大来自节点108的电压,以允许更高分辨率的电流感测(以及因此在低电流电平下更准确的感测)。如果需要,可选地,可省略放大器110。来自节点108的电压(放大或未放大的)可被提供给模拟-数字转换器(ADC) 112。从ADC 112输出的感测电流值可以是代表显示电流的数字值。

[0061] 处理电路104可接收感测电流值,并基于感测电流值确定更新的VSH值。在确定更新的VSH值时,处理电路104可将其他信息考虑在内。例如,显示电流可能取决于电子设备操作的环境温度。处理电路104可使用查找表114确定更新的VSH。查找表可基于温度(例如,从温度传感器接收的温度数据)、实际显示电流、显示亮度和/或预期显示电流而输出更新的VSH值。一旦确定更新的VSH值,可将更新的VSH值提供给显示驱动器IC 16以用于显示器的后续操作。

[0062] 图11所示的感测电路102和处理电路104的示例仅为示例性的。一般来说,感测电路102可包括任何希望的电路部件。另外,在图10和11中,感测电路被描绘成与显示驱动器集成电路16分开形成(例如,感测电路可作为显示驱动器IC外部的离散部件形成)。该示例仅为示例性的。作为替代,如果需要,感测电路102可结合到显示驱动器IC 16中。类似地,在图10和11中,处理电路104被描绘成与显示驱动器集成电路16分开形成。例如,处理电路104可作为图1中的控制电路15的一部分形成,可形成于电子设备的主处理器中,等等。这些示例仅仅是示例性的,并且如果需要,处理电路104可结合到显示驱动器IC 16中。

[0063] 在图10和11的实施方案中,显示器全局感测整个显示器的电流(例如,电连接至像素阵列中所有像素的接地电源端子ELVSS处的电流)。应当理解的是,在其他实施方案中,可测量每个像素(或具有多于一个像素但少于阵列中所有像素的像素组)的电流并且可局部更新该像素的VSH。换言之,作为替代,VSH可基于每个像素进行更新,而不是全局更新。然而,本文将讨论VSH被全局更新的示例。

[0064] 图12是可用于操作具有用于动态VSH补偿的感测电路的显示器(例如,图11的显示器)的例示性方法步骤的流程图。如图12所示,在步骤202处,可在显示器上显示校准图像。

校准图像可以是预期显示电流已知(由于显示器现场操作之前的显示器测试)的任何图像。只要执行VSH更新就必须显示校准图像,以便存在与实际显示电流进行比较的已知标准。

[0065] 可能希望校准对电子设备的用户来说是不可察觉的。因此,在显示器的常规使用期间显示的图像可被选择为校准图像。例如,具有用于解锁电子设备的小键盘的图像(有时称为锁定画面)、电子设备的徽标的图像、在电子设备启动期间显示的启动画面、或电池充电状态符号的图像(有时称为电池充电状态画面)可被选择作为校准图像。将电池充电状态符号作为一个示例来考虑。为了操作电子设备,用户可例行对设备进行充电,从而保证定期显示电池充电状态画面。这提供了VSH补偿的定期机会且不会被用户察觉。如果需要,可获得多于一个校准图像(例如,电池充电状态画面和锁定画面)的校准数据。这可增加可在用户未察觉的情况下执行VSH补偿的时间的灵活性。

[0066] 选择校准图像时可考虑的另一个因素是由该图像生成的显示电流的量值。为了确保足够准确地测试显示电流,可能希望显示电流高于给定量值。增加显示器亮度可增加显示电流的量值。类似地,增加阵列内活动的像素的百分比可增加显示电流的量值。例如,如果校准图像主要包括活动像素(例如,主要为白色的图像),那么VSH校准的必需显示器亮度可低于校准图像包括低百分比的活动像素(例如,主要为黑色的图像)的情况。在步骤202处,校准图像可按足够高以实现准确电流感测的亮度水平显示。

[0067] 接下来,在步骤204处,可使用感测电路(例如,图10和11中的感测电路102)确定实际显示电流值。显示电流值可通过将接地电源电压端子ELVSS耦接至感测电阻器并感测与显示电流成比例的对应电压来确定。在步骤206处,实际显示电流值可被用于确定新VSH电流值(VSH_{NEW})。例如,可使用查找表(例如,图11中的查找表114)或算法基于实际显示电流值、预期显示电流值、温度等生成 VSH_{NEW} 。最后,在步骤208处, VSH_{NEW} 可用作后续显示操作的VSH。一般来说,VSH可在任何需要的电压值之间调节。例如,VSH可在7V和11V之间调节、在7V和10.5V之间调节、或在任何其他需要的电压之间调节。

[0068] 可选地,Scan1的负电压电平VGL可在步骤210处调节。一般来说,VGL的电压越低,T3在显示器的操作期间将关断得越快。然而,较低的VGL可能在晶体管上导致较大偏置,最终导致像素性能随时间推移劣化。然而,如果VGL过高,那么当Scan1根据需要被驱动至VGL时,T3可能不会完全关断。可在步骤210中基于诸如VSH、显示器的年龄等多种因素更新VGL。在一个示例性示例中,VGL可跟踪VSH。这意味着VGL与VSH之间的差可保持恒定(即使在VSH改变时)。例如,如果VSH从10.5V下降至9.5V,那么VGL可具有从-5V至-6V的对应下降。作为替代,如果需要,可以允许VGL与VSH之间的差改变(例如,VGL可保持处于-5V,即使VSH从10.5V下降至9.5V)。一般来说,电子设备内的处理电路(例如,图10中的处理电路104)可将VGL更新为任何希望的电压。

[0069] 图12所示的方法可间断地重复以确保VSH连续跟踪 V_{th_ox} 漂移。VSH补偿过程(例如,图12的方法)可每天一次、每周一次、每月一次、多于一天一次、多于一周一次、少于一天一次等等执行。VSH补偿过程可基于实际时间(例如,日历日、日历周等)的流逝而执行或可基于显示器接通的时间的流逝而执行。一般来说,VSH补偿可在任何希望的时间以任何希望的频率执行。

[0070] 在图12的示例中,基于感测电流值生成更新的VSH值。然而,用于更新VSH的这一示例仅仅是示例性的。与使用校准数据选择更新的VSH值(例如,基于查找表)不同,VSH可增量

调节,直到实际显示电流匹配预期显示电流(或在匹配的给定百分比内)。这种类型的VSH补偿方法在图13的流程图中示出。

[0071] 如图13所示,在步骤212处,可在显示器上显示校准图像。如先前所论述,校准图像可以是预期显示电流已知的任何图像(例如,电池充电状态画面)。校准图像可按足够高以实现准确电流感测的亮度水平显示。高扫描电压VSH可用于图像被显示时的扫描信号Scan1。

[0072] 接下来,在步骤214处,可使用感测电路(例如,图10和11中的感测电路102)确定实际显示电流值。显示电流值可通过将接地电源电压供应端子ELVSS耦接至感测电阻器并感测与显示电流成比例的对应电压来确定。在步骤206处,可将实际显示电流值(I_{ACTUAL})和与校准图像相关联的预期显示电流值($I_{EXPECTED}$)进行比较。如果实际显示电流值与预期显示电流值不匹配,那么该方法可前进至步骤218。

[0073] 在步骤218处,可通过向VSH添加(或减去)预定调节因子(例如, $VSH_{NEW} = VSH + / - ADJUSTMENT$)来增量调节VSH。调节因子可以是10mV、10-50mV、30-70mV、50-100mV、小于1mV、介于1mV与10mV之间、小于10mV、小于50mV、小于100mV、小于1V、大于10mV、大于50mV、大于100mV、大于1V、或其他合适的调节因子。VSH调节之后,该方法可经反馈回路222循环回到步骤212。在步骤212再次发生之前,将VSH设置为来自步骤218的 VSH_{NEW} 。只要 I_{ACTUAL} 不等于 $I_{EXPECTED}$,该过程即可重复。一旦 I_{ACTUAL} 等于 $I_{EXPECTED}$,那么该方法可前进至步骤220,其中确定VSH补偿完成并且使用VSH继续正常显示操作。

[0074] 例如,在显示器的使用寿命开始时,VSH可等于10.5V。如果在测试期间,确定 I_{ACTUAL} 不等于 $I_{EXPECTED}$,那么可将VSH减少0.1V得到10.4V。测试将重复以获得新 I_{ACTUAL} 值。更新的 I_{ACTUAL} 将再次与 $I_{EXPECTED}$ 相比较。在此示例中,确定 I_{ACTUAL} 仍然不等于 $I_{EXPECTED}$ 。可再次将VSH减少0.1V得到10.3V。测试将重复,以获得新 I_{ACTUAL} 值。在此示例中, I_{ACTUAL} 现在等于 $I_{EXPECTED}$ 。因此,VSH补偿可完成并且可在以后操作显示器时使用VSH的新值(10.3V)。

[0075] 应当理解,确定 I_{ACTUAL} 是否等于 $I_{EXPECTED}$ 可包括容差。例如,如果 I_{ACTUAL} 在 $I_{EXPECTED}$ 的1%内、在 $I_{EXPECTED}$ 的2%内、在 $I_{EXPECTED}$ 的3%内、在 $I_{EXPECTED}$ 的5%内、在 $I_{EXPECTED}$ 的10%内等等,那么 I_{ACTUAL} 可被认为等于(匹配) $I_{EXPECTED}$ 。

[0076] 在前述示例中,通过高态活动(active-high)扫描控制信号来控制氧化物晶体管T3(例如,当T3被断言时,Scan1是高的,并且当T3被去断言时,Scan1是低的)。然而,该示例仅仅是例示性的,并且不旨在限制本发明实施方案的范围。普通技术人员可认识到,作为替代,T3可以通过低态活动(active-low)扫描控制信号来控制的p沟道薄膜晶体管(即,扫描控制信号Scan1被驱动为低以接通晶体管T3,并且被驱动为高以关断晶体管T3)。在此类实施方案中,上述原理(修改VSH以跟踪 V_{th_ox} 的原理)仍可应用。然而,代替降低VSH来补偿 V_{th_ox} 减小,当T3为p沟道薄膜晶体管时,可升高VGL。如上文所述的用于调节VSH的相同技术可在T3为p沟道薄膜晶体管时应用于调节VGL。

[0077] 前述内容仅为示例性的并且可对所述实施方案作出各种修改。前述实施方案可独立实施或可以任意组合实施。

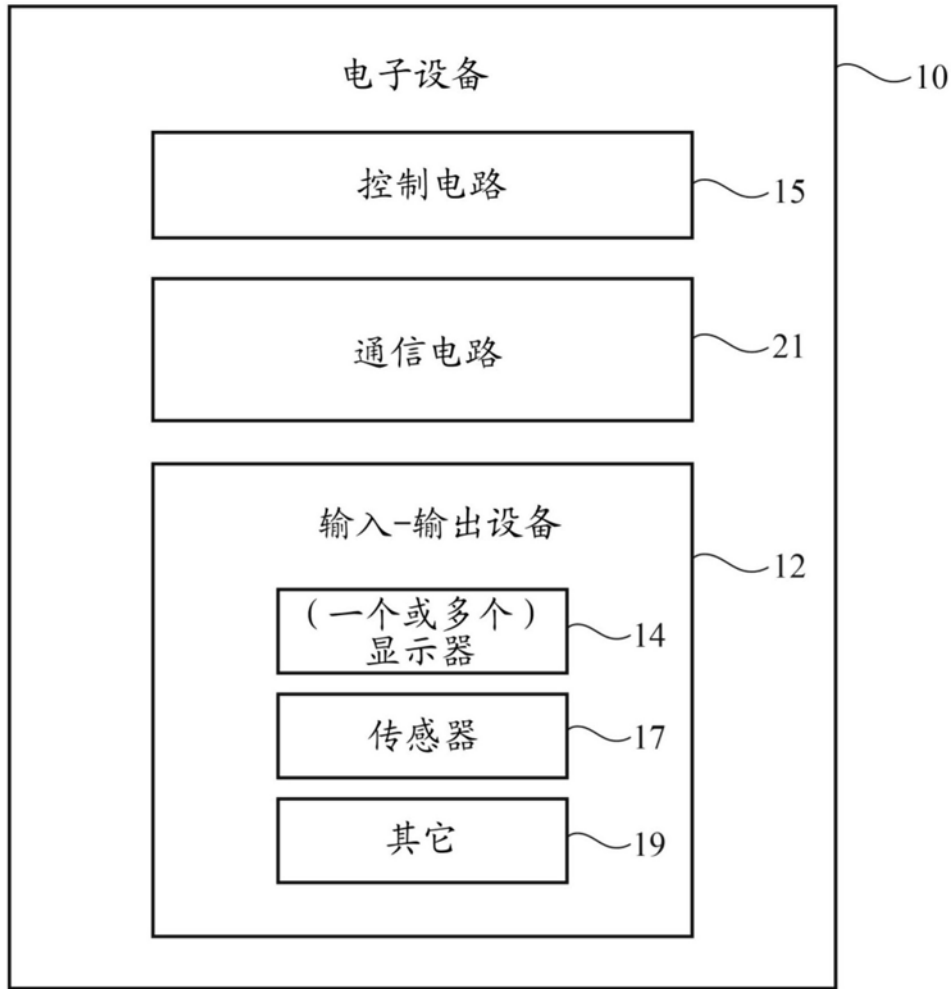


图1

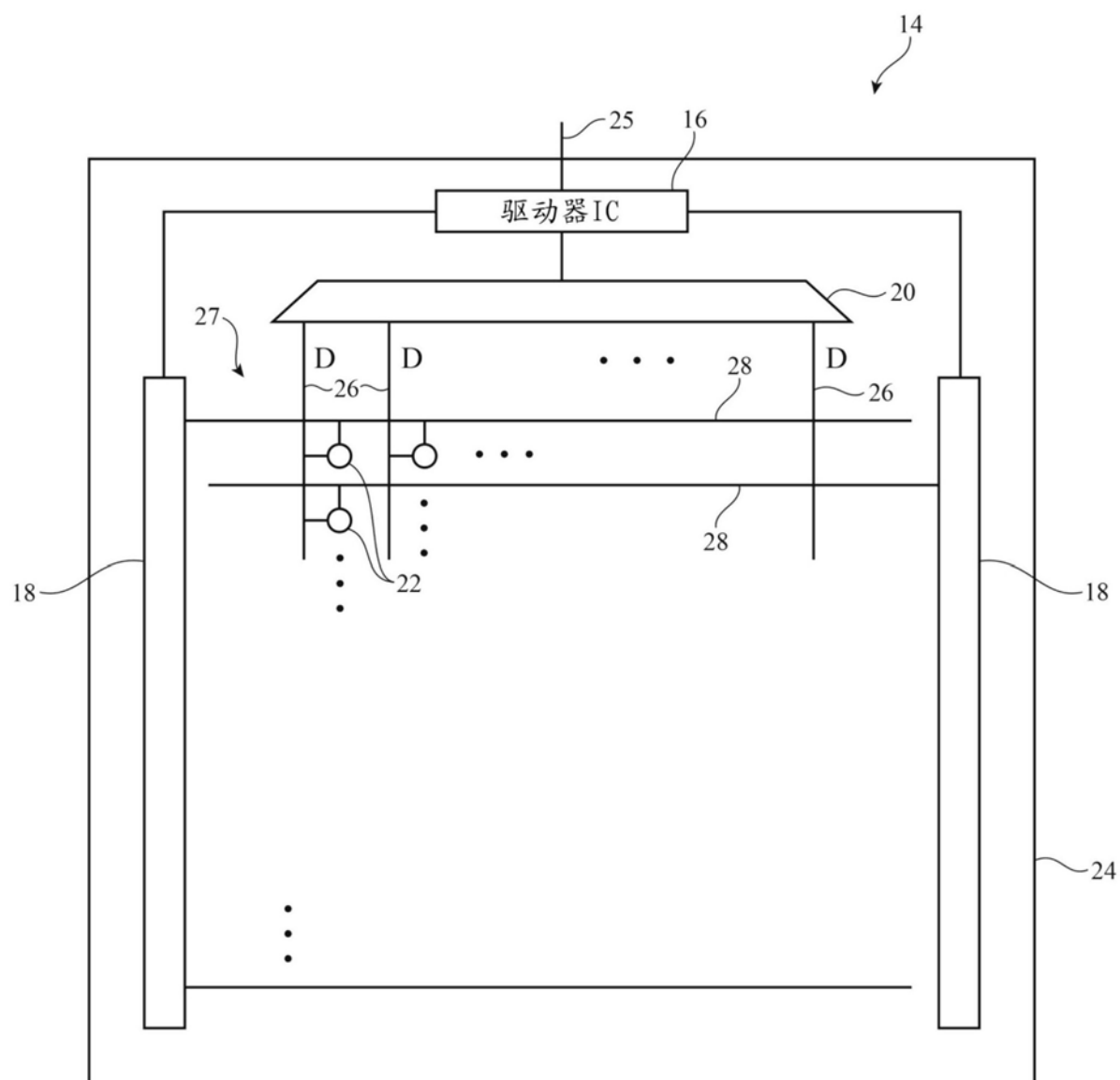


图2

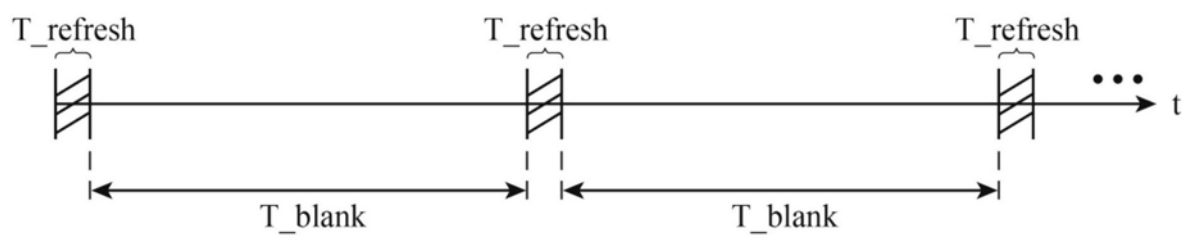


图3

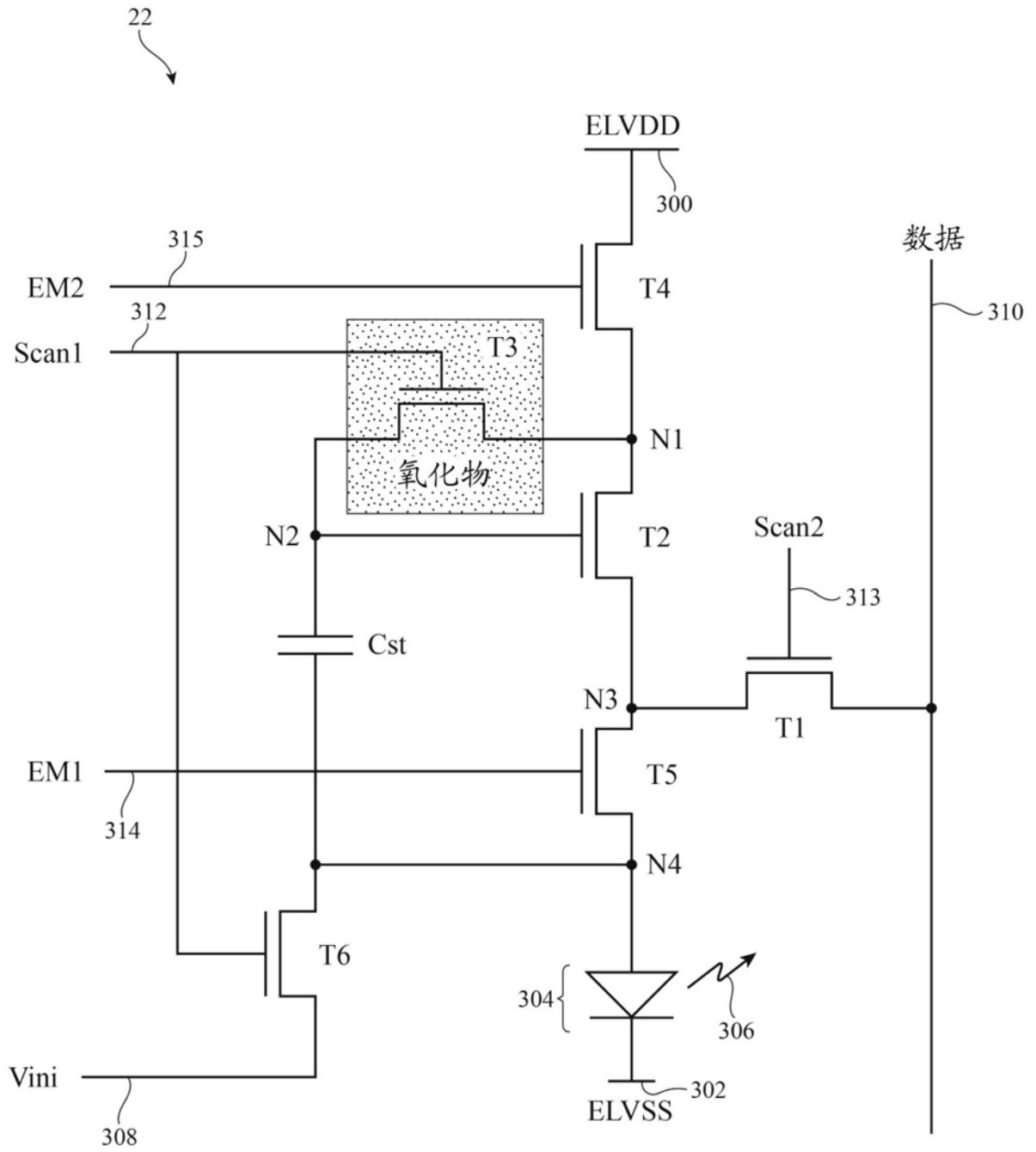


图4

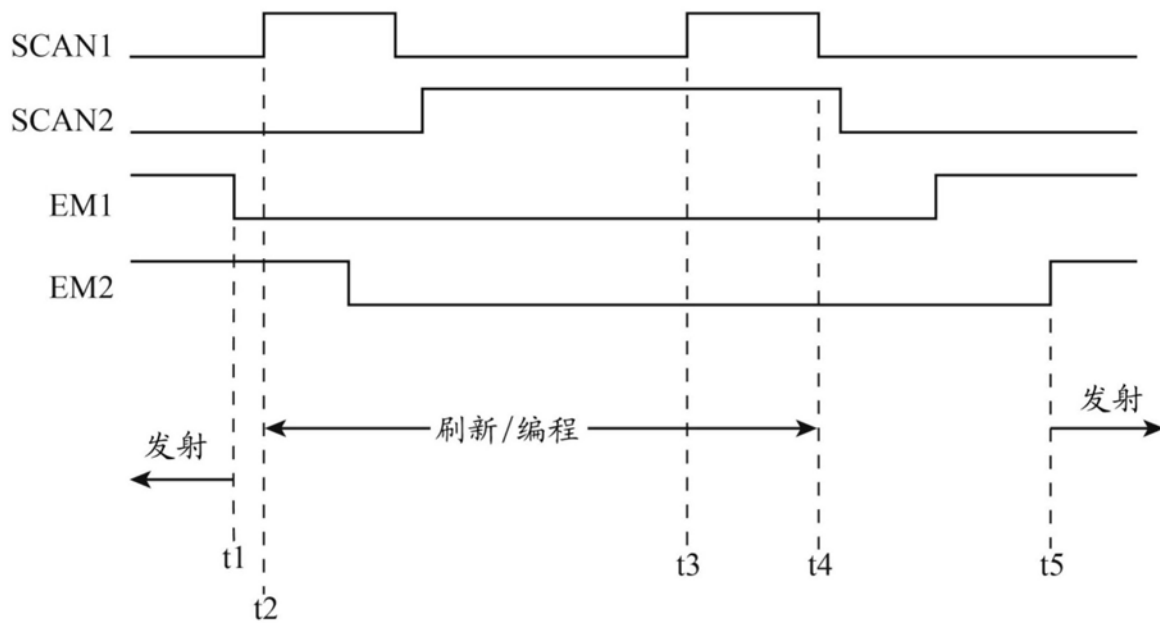


图5

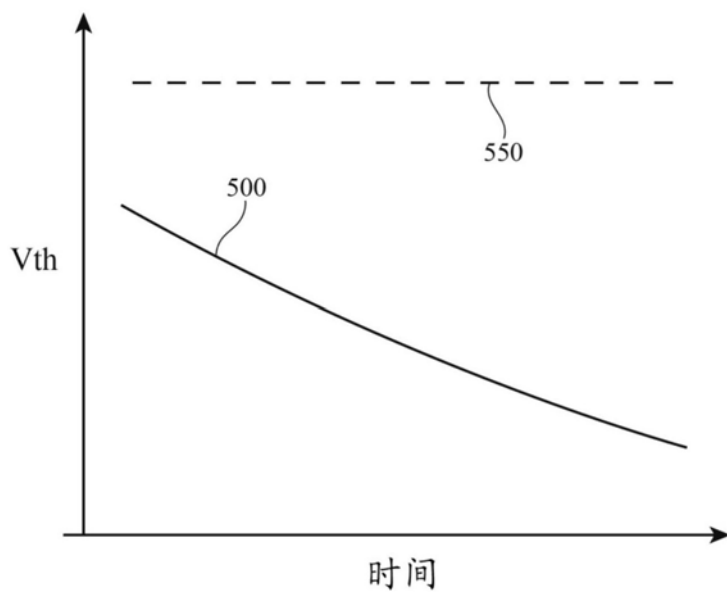


图6

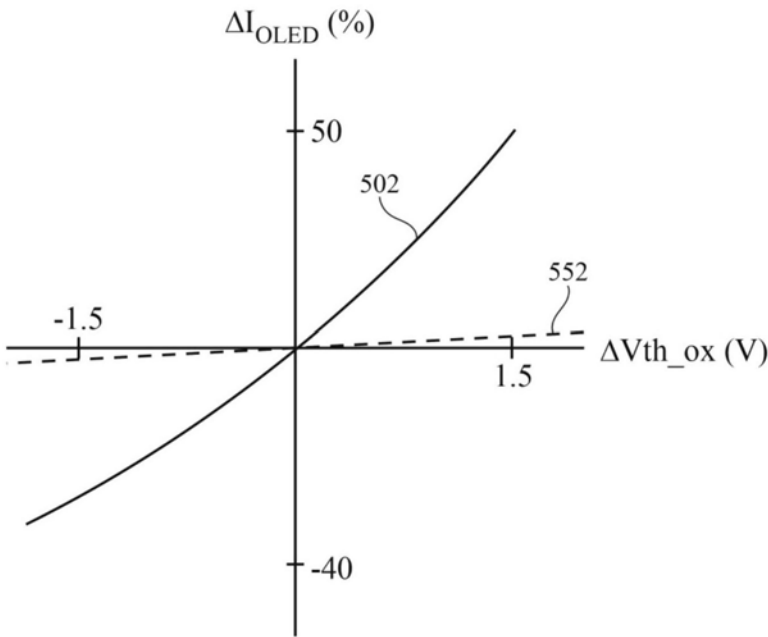


图7

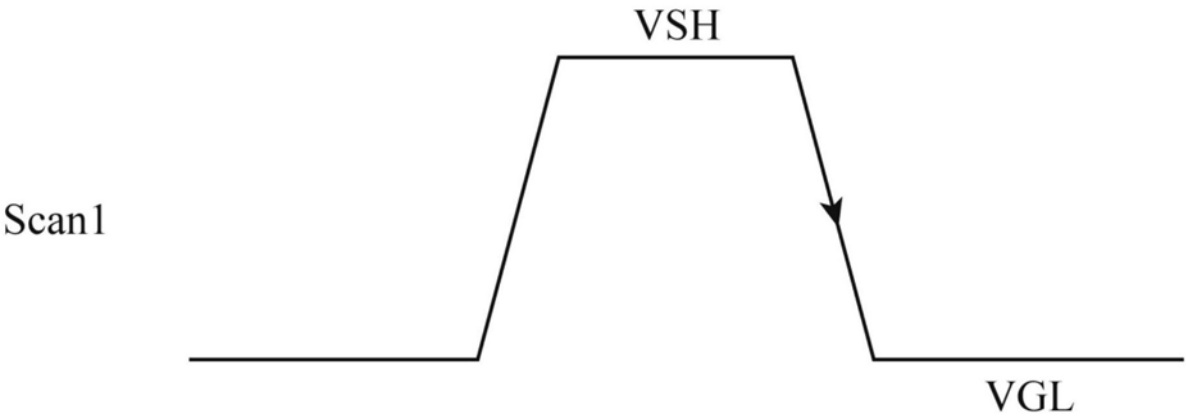


图8

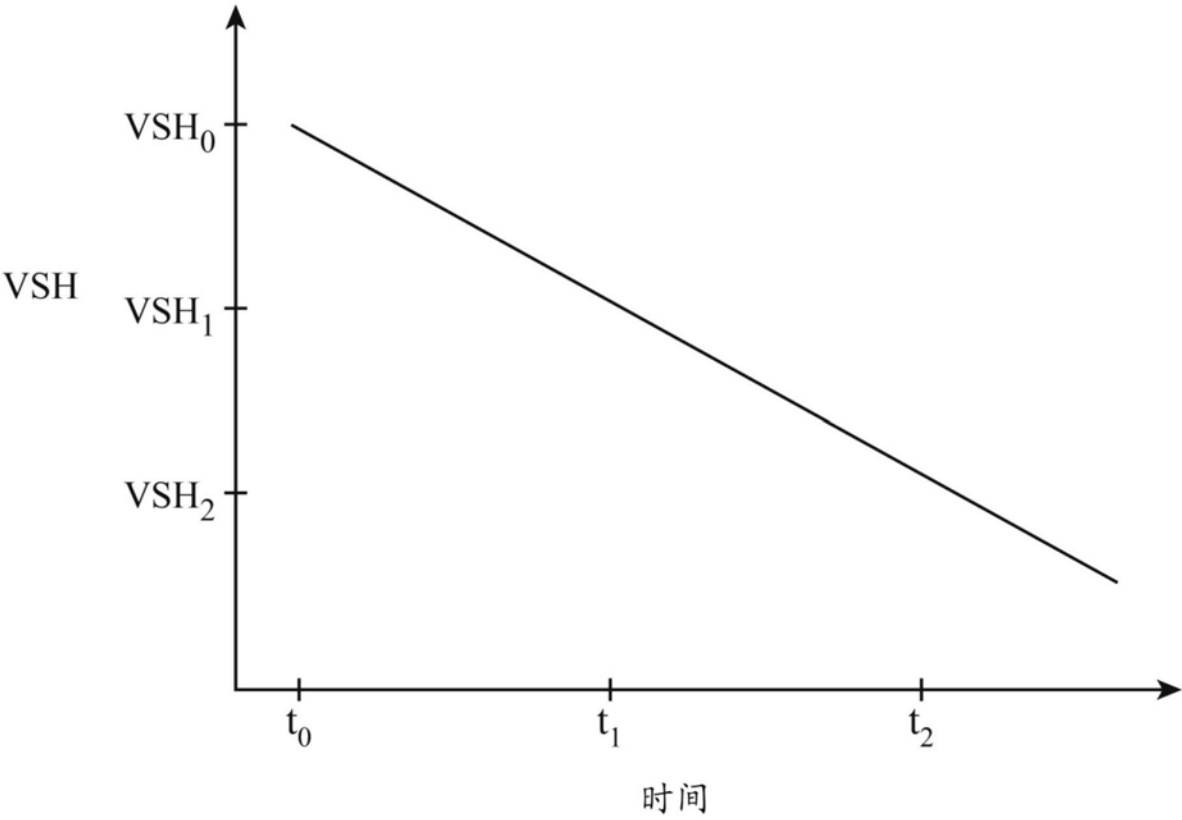


图9

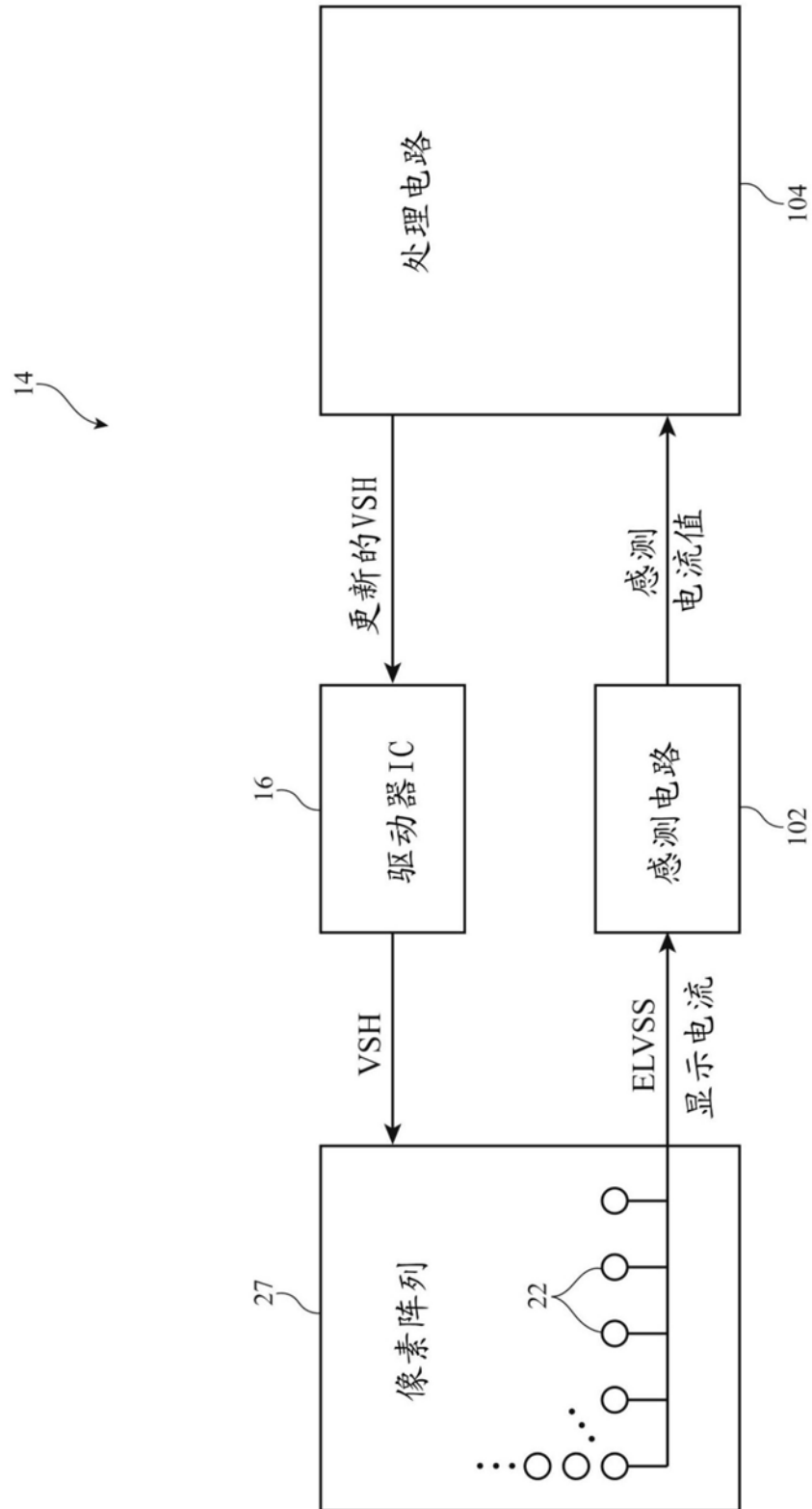


图10

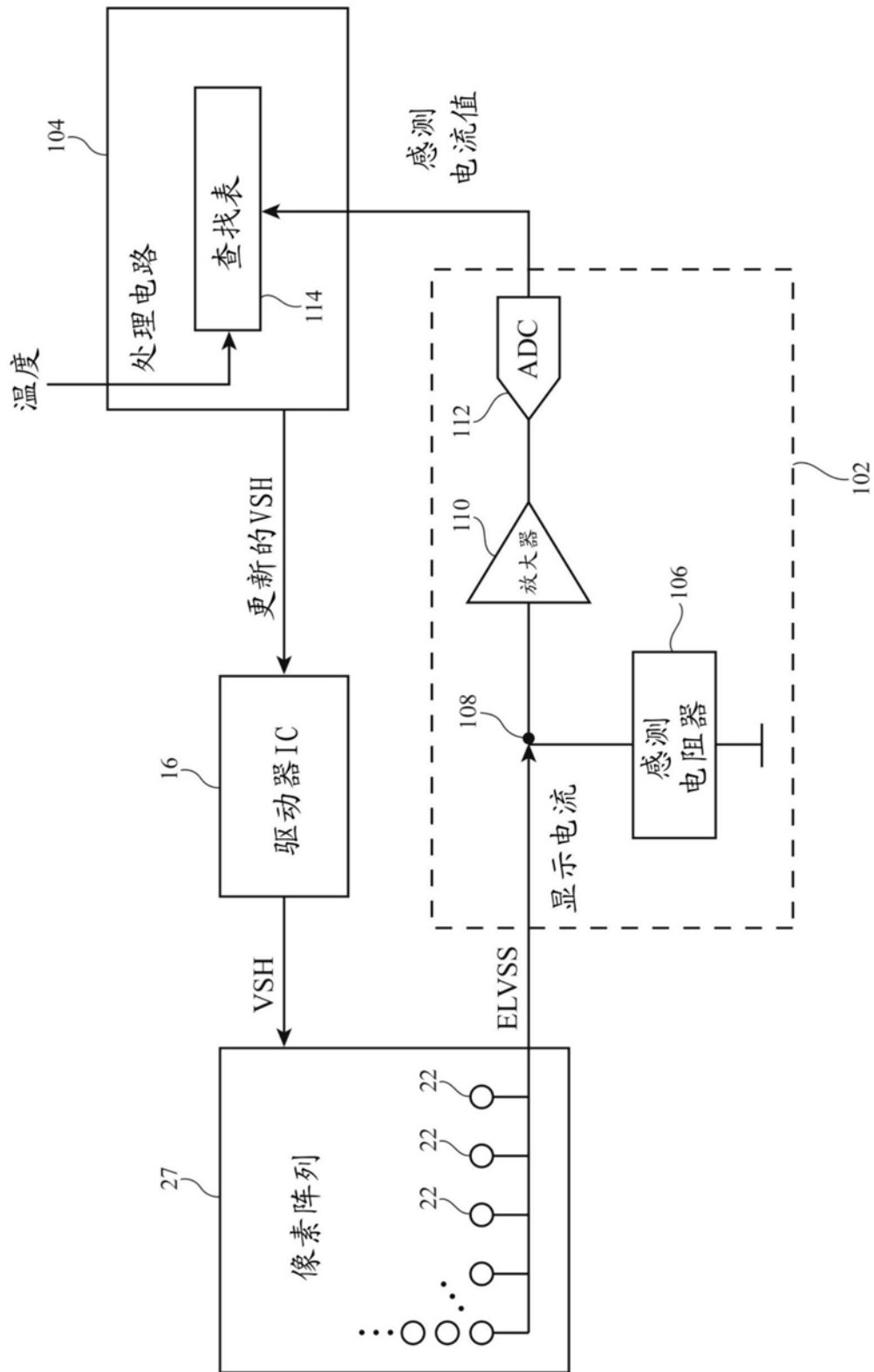


图11

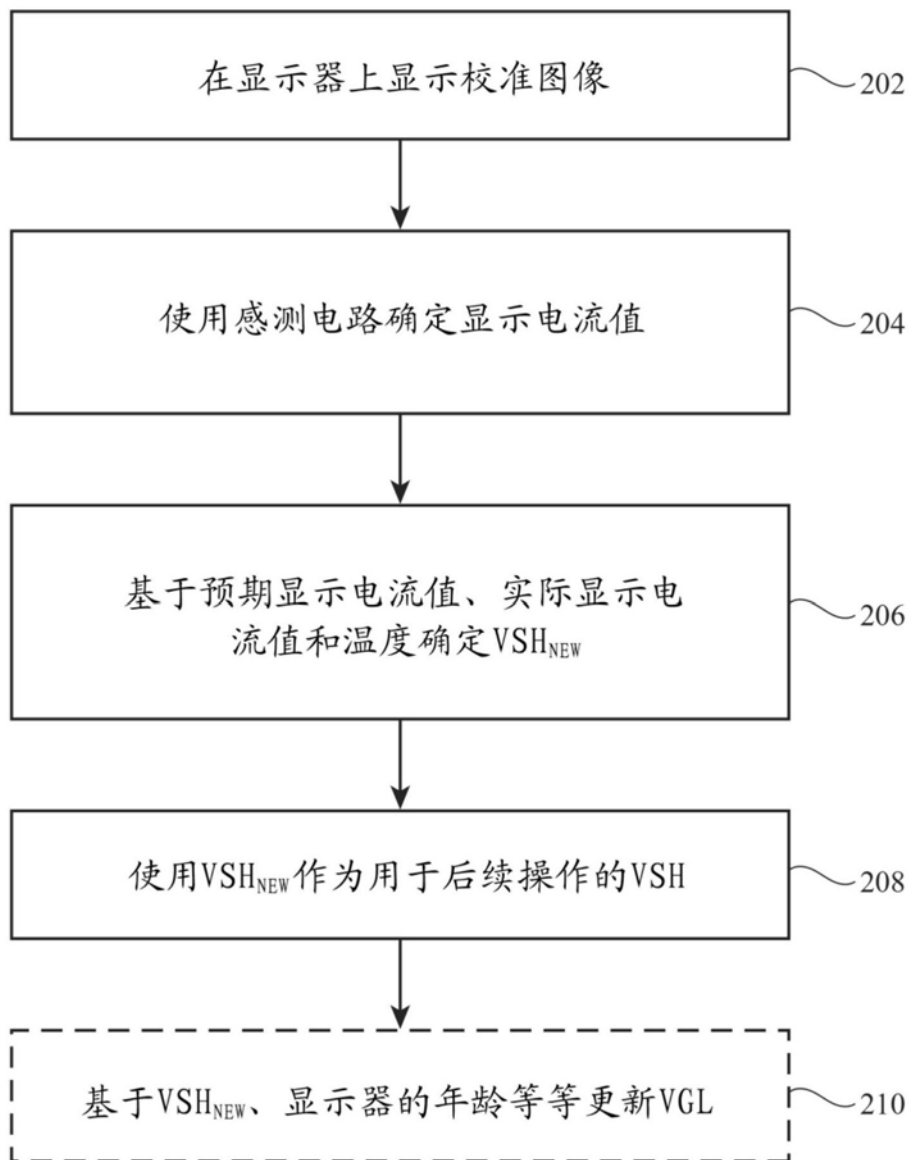


图12

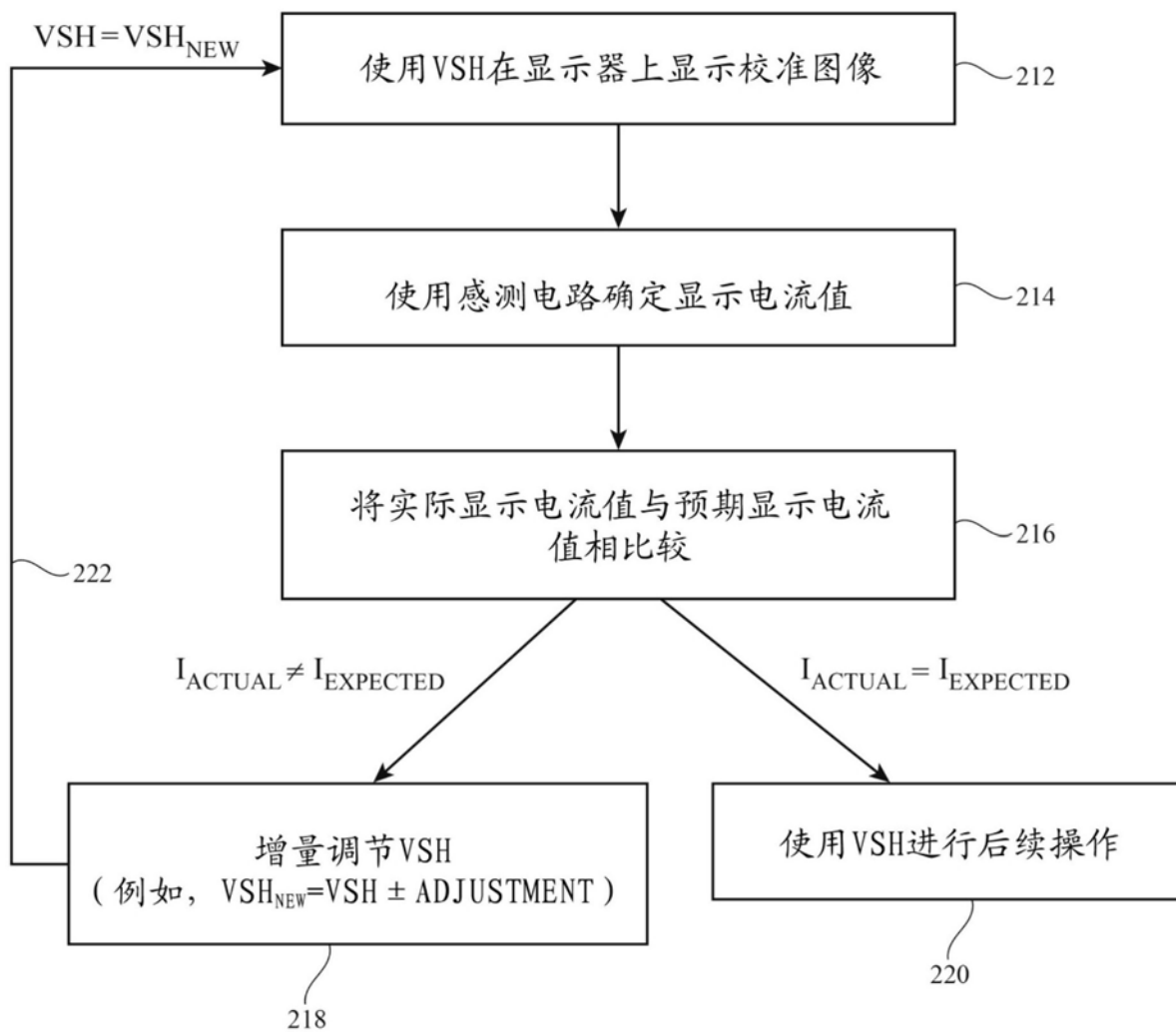


图13

