



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113228623 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 201980069870.5

(74) 专利代理机构 北京三幸商标专利事务所

(22) 申请日 2019.10.10

(普通合伙) 11216

代理人 刘卓然

(30) 优先权数据

16/169,895 2018.10.24 US

(51) Int.Cl.

H04N 5/235 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H04N 5/374 (2006.01)

2021.04.22

H04N 5/355 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

H04N 5/378 (2006.01)

PCT/US2019/055625 2019.10.10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/086287 EN 2020.04.30

(71) 申请人 BAE系统成像解决方案有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 H·T·杜 C·宫 P·G·利姆

A·M·麦格纳尼

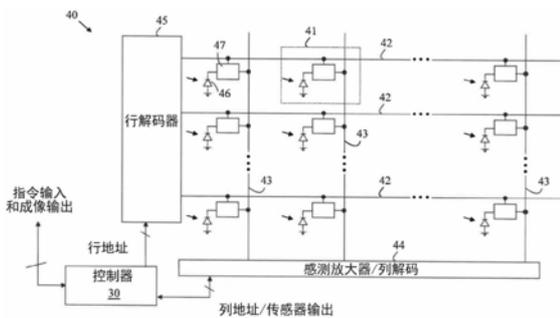
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

超高动态范围CMOS传感器

(57) 摘要

公开了具有连接到位线的多个像素传感器的成像阵列。每个像素传感器包括：电容性溢流像素传感器，其特征在于具有具有开关端子的溢流电容器、和浮动扩散节点；缓冲放大器，其响应于行选择信号将浮动扩散节点连接到位线的；开关，其将该开关端子连接到地或升压电压的。所述成像阵列还包括开关控制器，其控制所述开关并且连接到所述位线，所述开关控制器确定所述位线上的电压，所述开关控制器在所述像素传感器曝光期间将所述开关端子连接至所述升压电压，并且根据所述位线上的电压，在读取存储在所述溢流电容器中的电荷期间将所述开关端子连接到地或所述升压电压。



1. 一种设备,包括连接到位线的多个像素传感器,所述像素传感器中的至少一个包括:电容性溢流像素传感器,其特征在于具有:具有开关端子的溢流电容器、和浮动扩散节点;

缓冲放大器,其响应于行选择信号而将所述浮动扩散节点连接至所述位线;

开关,其将所述开关端子连接到地或升压电压;和

开关控制器,其控制所述开关并连接至所述位线,所述开关控制器确定所述位线上的电压,所述开关控制器在所述像素传感器曝光时将所述开关端子连接至所述升压电压,并且根据所述位线上的所述电压,在读出存储在所述溢流电容器上的电荷期间连接到地或所述升压电压。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述开关控制器在所述读出期间输出指示所述开关端子是连接到地还是所述升压电压的信号。

3. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述开关控制器包括比较器,所述比较器将所述位线上的所述电压与预定参考电压进行比较,如果所述位线上的所述电压分别大于、小于或等于所述预定参考电压,则所述比较器具有连接到地或所述升压电压的输出。

4. 根据权利要求1所述的设备,其中,在如下步骤中构造所述电容性溢流像素传感器:设置横跨所述电容性溢流像素传感器的栅极的最大允许电压,并且其中在将所述设备曝光之前,将所述浮动扩散节点复位至复位电压,所述升压电压加上所述复位电压小于所述最大允许电压。

5. 根据权利要求3所述的设备,其中,所述浮动扩散节点的特征在于具有在所述浮动扩散节点上的电压摆幅,并且其中,选择所述预定参考电压以使所述电压摆幅最大化。

超高动态范围CMOS传感器

技术领域

[0001] 非常高动态范围的图像传感器是解决多个领域中许多问题的关键,这些领域包括汽车感测、机器视觉、专业视频、科学成像等。汽车成像应用特别苛刻。通常会有非常宽的动态范围场景,其中包括室外阳光照射的场景、过渡到黑暗区域(例如隧道和树冠排列的街道)、明亮的LED灯(在场景拍摄中引入分散注意力的闪烁)等。

背景技术

[0002] 一类解决方案利用具有不同曝光时间的多次曝光来生成高动态范围图像。但是,最终的场景可能会受到运动模糊的影响。

[0003] 另一类解决方案依赖于每个像素中的多个光电二极管,其中光电二极管具有不同的光转换效率。这种多个光电二极管系统受到在光电二极管之间具有不同的光谱响应的影响,因此,通过转换各个光电二极管响应并组合这些响应来提供高动态范围输出提出了重大挑战。

发明内容

[0004] 本公开的系统广泛地包括成像阵列,该成像阵列具有连接到位线的多个像素传感器。每个像素传感器包括:电容性溢流像素传感器,其特征是具有具有开关端子的溢流电容器、和浮动扩散节点;缓冲放大器,其响应于行选择信号将浮动扩散节点连接到位线;以及开关,其将开关端子接地或升压电压(boost voltage)。成像阵列还包括开关控制器,该开关控制器控制该开关并且连接到该位线,该开关控制器确定该位线上的电压,该开关控制器在该像素传感器曝光期间将该开关端子连接至该升压电压,并且根据该位线上的电压,在读取存储在溢流电容器中的电荷期间将该开关端子连接到地或升压电压。

[0005] 在系统的一方面,开关控制器在读出期间输出指示开关端子是连接到地还是升压电压的信号。

[0006] 在系统的另一方面,开关控制器包括比较器,该比较器将位线上的电压与预定参考电压进行比较,如果位线上的电压分别大于或小于或等于预定参考电压,则比较器具有连接到地或升压电压的输出。

[0007] 在系统的另一方面,在如下步骤中构造电容性溢流像素传感器:设置横跨电容性溢流像素传感器的栅极的最大允许电压,并且其中在将设备曝光之前,将浮动扩散节点复位至复位电压,升压电压加上复位电压小于最大允许电压。

[0008] 在系统的另一方面,浮动扩散节点的特征在于具有浮动扩散节点上的电压摆幅(voltage swing),并且其中,选择预定参考电压以使电压摆幅最大化。

附图说明

[0009] 图1是CMOS成像阵列的一个实施例的示意图。

[0010] 图2示出了现有技术的像素传感器,该像素传感器在每个像素传感器中利用单个

光电二极管和溢流电容器来扩展像素传感器动态范围的范围。

[0011] 图3示出了根据系统的一个实施例的一个像素传感器和相关联的列读出电路。

[0012] 图4示出了根据系统的一个实施例的一个像素传感器和开关控制器。

[0013] 图5示出了在像素传感器89的读出期间的各种控制信号的时序。

具体实施方式

[0014] 现在参考图1,其是CMOS成像阵列的一个实施例的示意图。成像阵列40由像素传感器41的矩形阵列构成。每个像素传感器包括光电二极管46和接口电路47。接口电路的细节取决于特定的像素设计。但是,所有像素传感器都包括连接到用于将像素传感器连接到位线43的行线42的栅极。在任何时候启用的特定行都由输入到行解码器45的行地址来确定。行选择线是导体的平行阵列,其在基底上方的金属层中水平延伸,在该基底中构造了光电二极管和接口电路。

[0015] 每条位线终止于通常包括感测放大器和列解码器的列处理电路44。位线是导体的平行阵列,其在基底上方的金属层中垂直延伸,在该基底中构造了光电二极管和接口电路。每个感测放大器读取由当前连接到由该感测放大器处理的位线的像素产生的信号。感测放大器可以通过利用模数转换器(ADC)来产生数字输出信号。在任何给定时间,都会从成像阵列中读取单个像素传感器。读出的特定列由列地址确定,列解码器利用该列地址将来自该列的感测放大器/ADC输出连接到成像阵列外部的电路。控制信号的排序和其它功能由控制器30来执行。为简化附图,从图中省略了控制器30和各种控制线之间的连接。

[0016] 参照在2017年1月25日提交的PCT申请PCT/US17/14976(特此全文并入)中教导的现有技术的扩展范围像素传感器的阵列,可以更简单地理解成像阵列提供其优点的方式。现在参考图2,其示出了现有技术的像素传感器,其在每个像素传感器中利用单个光电二极管和溢流电容器来扩展像素传感器的动态范围的范围。

[0017] 为了简化下面的讨论,像素传感器60在70处示出的部分将被称为电容性溢流像素传感器。电容性溢流像素传感器包括光电二极管11,并且溢流电容器61的特征在于具有第一电容器端子和第二电容器端子。光电二极管11通过光电二极管传输栅极12连接到浮动扩散节点13。光电二极管11也通过溢流栅极15连接到溢流电容器61的第一电容端子。溢流电容器61的第一电容端子也通过溢流电容器栅极62连接到浮动扩散节点13。浮动扩散节点13的特征在于具有如14所示的寄生电容。通过将栅极16置于导通状态,可以将浮动扩散节点13上的电压设置为电压 V_r 。

[0018] 再次参考像素传感器60,浮动扩散节点13连接到源极跟随器17,源极跟随器17产生指示浮动扩散节点13上的电势的输出电压。源极跟随器17的输出可以通过栅极18耦合到位线19。溢流电容器61的第二电容性端子在像素传感器60中接地。

[0019] 位线19终止于列处理电路55。列处理电路55包括位线放大器50和两个采样保持电路,其功能将在下面更详细地描述。第一采样保持电路包括栅极22和电容器23,第二采样保持电路包括栅极24和电容器25。这些采样保持电路的输出由ADC 51处理以提供当前连接到位线19上的像素传感器的输出值。使用采样保持电路的方式将在下面更详细地讨论。

[0020] 节点67上的电势在曝光期间达到由节点67上的电压和TX2的电压确定的电势之后,溢流电容器61收集由光电二极管11产生的光电荷。在曝光开始时,光电二极管11和溢流

电容器61被设置为由 V_r 确定的复位电压。随着光电荷累积在光电二极管11上,光电二极管11上的电压降低。在由溢流栅极15上的栅极电压确定的电压下,多余的电荷流经溢流栅极15并流到溢流电容器61,电容器14和溢流电容器栅极62的寄生电容的组合上,该溢流电容器栅极62在曝光期间自始至终保持导通状态。

[0021] 可以如下读取在节点67或溢流电容器61上累积的电荷:在一个实施例中,首先读取溢流电容器61。在曝光期间,TX3为高电平,因此,溢流电容器61连接至浮动扩散节点13。浮动扩散节点13上的电势是下一次曝光的开始之前施加至浮动扩散节点13与溢流电容器61的复位电势之间的差。浮动扩散节点13上的电势存储在电容器23上。然后,浮动扩散节点13和节点66被复位,并且复位电势存储在电容器25上。然后,电容器23和25上的电势差由ADC 51数字化。

[0022] 然后读取光电二极管11上的电势。首先,通过将溢流电容器栅极62置于非导通状态来隔离溢流电容器61,并且浮动扩散节点13再次被复位为 V_r 。然后,将浮动扩散节点13上的实际电势存储在电容器23上。然后将栅极12置于导通状态,这会将光电二极管11上的电荷转移到浮动扩散节点13。浮动扩散节点13上的电势存储在电容器25上。然后,电容器23和25上的电势差由ADC 51数字化。

[0023] 在像素传感器60在曝光之前被复位之后,能够存储在溢流电容器61中的最大光电荷由节点66上的电压而确定。通过将栅极16、12和62置于导通状态,然后将栅极16和12置于非导通状态来隔离光电二极管11和溢流电容器61,来复位像素传感器60。这使节点66和67和13处于 V_r 电位。随着曝光的进行,在光电二极管11中产生的电子使节点67上的电势降低。当节点67上的电势下降到由溢流栅极15上的电压来确定的值时,光电子溢流到溢流电容器61上。存储在溢流电容器61上的每个光电子使节点66处的电位降低。当节点66或13上的电位在读出阶段达到位线19饱和时的电位时,达到最大的满阱容量或最大的光电荷。当位线的电压非线性地跟随浮动扩散节点13上的电压时,位线饱和。

[0024] 像素传感器60的动态范围是能够存储在像素传感器中的最大光电荷与可以由读出电路检测到的最小光电荷之比。最大光电荷是读出时存储在溢流电容器61上的电荷与存储在光电二极管11上的电荷之和。因此,为了增加图2所示的像素中的动态范围,将需要增加溢流电容器61的电容。但是,由于每个像素传感器必须有一个这样的电容器,因此溢流电容器的尺寸受到限制。

[0025] 系统通过在节点已被复位为 V_r 之后升高节点66的电压并改变读出电路以适应增加的电压来克服该问题。现在参考图3,其示出了根据系统的一个实施例的一个像素传感器和相关联的列读出电路。为了简化以下讨论,像素传感器80的那些元件和执行类似于图2所示的元件的功能的相应列处理电路已被赋予相同的附图标记。

[0026] 像素传感器80与像素传感器60的不同之处在于,已经接地的溢流电容器61的第二电容器端子现在连接到开关81,该开关81将该端子接地或连接到电位 V_1 。在下面的讨论中,该端子将被称为开关端子。每个像素传感器中都有一个这样的开关。开关81由作为读出电路的一部分的开关控制器82控制,并且由列中的每个像素传感器共享。像素传感器80的操作可以看作由三个阶段组成:复位、电荷累积、和读出。在复位期间,开关81将开关端子接地。栅极16、12和62处于导通状态,因此,节点13、67和66被设置为 V_r 。然后将栅极16和12设置为非导通状态,并且将开关端子连接到电势 V_1 。这导致节点66处的电势从 V_r 增加了量 Δ

VFD,并且因此,用于存储来自光电二极管11的溢流电荷的溢流电容器61的存储容量增加了V1乘以溢流电容器61的电容。公式1示出了 ΔVFD 与V1之间的关系。

[0027] 在电荷累积阶段,像素传感器80以与上述像素传感器60相同的方式操作。在电荷累积阶段结束时,读出存储在光电二极管11和溢流电容器61上的电荷。节点67上存储的电荷的读出以与上述像素传感器60类似的方式进行。

[0028] 溢流电容器61上存储的电荷的读出取决于溢流电容器61上存储的电荷的水平。考虑到溢流电容器61上存储的电荷较小并且开关81将开关端子连接至V1的情况。节点66处的电压将很高,甚至可能大于 V_r 。因此,位线上的电压将很高,并且在节点66上的电压大于 V_r 的情况下,不能被读出。因此,如果节点66上的电压太高,则开关端子必须接地以进行读出。

[0029] 现在考虑溢流电荷大的情况。开关端子连接至V1的节点66处的电压将小于 V_r ,因此,即使开关端子连接至V1,也可以读出该电压。应当注意的是,如果由于启动电压增加了 ΔVFD 而在溢流电容器61上累积的电荷非常大,则如果开关端子接地,则节点66处的电势可能为负。因此,对于较大的溢流电荷曝光,开关端子在读出时连接到V1。

[0030] 开关控制器82设置开关81的状态,该开关控制器82在像素传感器80被读出时监视位线19上的电压。在溢流电容器61的读出开始时,开关控制器82将开关81设置为使得开关端子接地。溢流电容器栅极62保持导通。如果位线上的电压小于参考电压,则开关控制器82将开关端子切换至V1。开关控制器还输出指示开关端子是接地还是V1的信号。

[0031] 现在参考图4,其示出了根据系统的一个实施例的一个像素传感器和开关控制器。为了简化下面的讨论,像素传感器89的那些元件和执行类似于图3所示的元件的功能的相应的列处理电路已被赋予相同的数字标记。图3所示的开关81由像素传感器89中的栅极84和85实现。开关控制器82包括比较器86,其输出是地或V1。比较器86的开关电平由参考电压 V_{ref} 设定。比较器86被信号CR复位为零。

[0032] 现在参考图5,其示出了在像素传感器89的读出期间各种控制信号的时序。读出被分为两个阶段。在阶段91中,测量溢流到溢流电容器61上的光电荷。在阶段92中,读取由光电二极管11在节点67上累积的电荷。在前一帧的阶段92结束时,信号 R_p 、TX3和TX1变为高电平从而清空光电二极管11,并将浮动扩散节点13和节点66设置为电压 V_r 。在这段时间内,信号 V_{c2} 和CR为高电平;因此,开关端子处的电压等于零,其为比较器86的输出值。接下来,信号TX1变为低电平从而开始将光电荷集成到光电二极管11上。

[0033] 接下来,信号 R_p 变为低电平从而将浮动扩散节点13与电压 V_r 隔离。信号 V_{c2} 也变为低电平从而将开关端子与比较器86的输出隔离。然后,信号 V_{c1} 变为高电平从而将开关端子连接到电压V1。因此,节点66和13的电压增加了

$$[0034] \quad \Delta VFD = (C_p * V_1) / C_{total} \quad (1)$$

[0035] 其中 C_p 是溢流电容器61的电容,而 C_{total} 是溢流电容器61的电容、溢流电容器栅极62的寄生电容、节点66的寄生电容、和浮动扩散节点13的寄生电容之和。

[0036] 此时,位线电压 V_{bit} 也增加了

$$[0037] \quad \Delta V = \Delta VFD * GSF \quad (2)$$

[0038] 其中GSF是源极跟随器增益,而 ΔVFD 是浮动扩散节点13或节点66上的电压增加。

[0039] 接下来,信号 R_s 变为低电平从而将选择的像素与位线隔离。一帧集成后,当信号 R_s 变为高电平时,将再次选择该像素。读出步骤从阶段91开始。这时,信号AR变为高电平从而

复位列位线放大器83。信号S1和S2也变为高电平,从而将放大器输出Vout连接到采样电容器23和25。信号Vc1变为低电平,从而使节点96与电压V1隔离。接下来,信号Vc2变为高电平,从而将溢流电容器61的开关端子连接至比较器86的输出。由于此时的信号CR为高电平,所以比较器86的输出为零,因此,开关端子处于接地。结果,节点66和浮动扩散节点13处的电压减小了 ΔV_{FD} 的量。位线电压Vbit也减少了 ΔV 的量。

[0040] 接下来,信号CR为低电平以使比较器86能够相对于参考电压测试位线上的信号。此时,比较器86将位线电压Vbit的值与参考电压Vref进行比较。有两种感兴趣的情况。在情况1中,位线19上的电压Vbit高于或等于参考电压Vref,比较器输出MODE等于零。节点66和浮动扩散节点13的电压没有变化。

[0041] 在情况2中,Vbit低于Vref,并且比较器输出MODE等于电压V1。在这种情况下,开关端子上的电压返回到电压V1。结果,节点66和浮动扩散节点13处的电压增加了 ΔV_{FD} 的量。而且,Vbit增加了 ΔV 的量。

[0042] 接下来,信号AR变为低电平从而在列位线放大器83的输出处生成参考电压Voutm。此后,信号S1变为低电平从而捕获电容器23上的电压Voutm。接下来,使用信号Rp的脉冲来复位节点66和浮动扩散节点13。这时,列放大器输出等于Voutp。此后,信号S2变为低电平从而捕获电容器25上的电压Voutp。在阶段91结束时,电压Voutp和Voutm之间的差被数字化。同样,比较器输出MODE被读出以计算溢流电荷。

[0043] 电子数量的溢流电荷由下式给出:

$$[0044] \quad \text{溢流电荷} = (C_p * \text{MODE} + (\text{SwingFD} * C_{\text{total}})) / q \quad (3)$$

[0045] 其中情况1的MODE为零,情况2的MODE为V1。这里,SwingFD是浮动扩散节点13的电压摆幅,q是电子电荷。SwingFD的值由下式给出

$$[0046] \quad \text{SwingFD} = |V_{\text{outp}} - V_{\text{outm}}| / (G_A * G_{\text{SF}}) \quad (4)$$

[0047] 其中GA和GSF分别是列位线放大器83和源极跟随器17的增益。在下面的讨论中,“摆幅电压”定义为SwingFD,如公式(4)所示。

[0048] 在阶段91完成之后,阶段92开始。在阶段92的开始,信号AR变为高电平从而复位列位线放大器83。信号S1和S2也变为高电平从而将列放大器输出Vout连接到采样电容器23和25。信号TX3变为低电平从而将节点66与浮动扩散节点13隔离。信号Rp的脉冲被用来复位浮动扩散节点13。信号CR变为高电平从而复位比较器86。在阶段92期间,信号Vc1为低电平而Vc2为高电平;因此,开关端子连接到MODE,并且其电压等于零。接下来,信号AR变为低电平从而在列放大器输出端产生参考电压Voutm。之后,信号S1变为低电平以捕获电容器23上的电压Voutm。之后,信号TX1的脉冲用于将残留在光电二极管11上的光电荷转移到浮动扩散节点13。此时,列位线放大器83具有等于Voutp的输出。此后,信号S2变为低电平从而捕获电容器25上的电压Voutp。在阶段92结束时,电压Voutp与Voutm之间的差被数字化。

[0049] 上述实施例取决于V1和Vref的选择。优选将V1选择为尽可能高。提供的V1小于像素传感器中结点将击穿的最大电压。另外,V1优选小于Vr。在一个示例性制造步骤中,节点66处的击穿电压为约3.88伏。如果复位电压Vr和SwingFD分别等于2.4伏和1.3伏,则电压V1约为1.3伏。由于V1等于1.3伏,所以电压Vr和V1之和仍小于3.88伏。V1的最小值等于零。在这种情况下,像素无法在“超高动态范围”模式下运行。

[0050] 参考电压Vref被优化以获得在浮动扩散节点13处的最大电压摆幅。换句话说,该

电压被优化以获得最大的阱容量。利用上述参数,当浮动扩散节点13处的电压小于1.1伏(这是 V_r 与 $SwingFD$ 之间的差)时,选择 V_{ref} 以使比较器86切换。 $SwingFD$ 的最大值为1.3伏,因为在该值之上,来自光电二极管11的光电荷可能不会完全转移到浮动扩散节点13或位线19饱和。

[0051] 在上述实施例中,在耦合到位线之前,在源极跟随器中放大了电容性溢流像素的输出。但是,应该理解,可以将其它形式的放大器或缓冲器用于该功能,包括电容性跨阻放大器。

[0052] 在上述实施例中,溢流电容器的开关端子连接到地或大于接地的升压电压。然而,将理解的是,“接地”仅是一个电源轨的标签,而 V_{dd} 是另一个大于地的电源轨的标签,升压电压 V_1 介于 V_{dd} 与地之间。

[0053] 已经提供了系统的上述实施例以示出系统的各个方面。然而,应当理解,可以在不同的特定实施例中示出的系统的不同方面进行组合以提供系统的其它实施例。另外,根据前述说明书和附图,对系统的各种修改将变得显而易见。因此,该系统仅由所附权利要求的范围来限制。

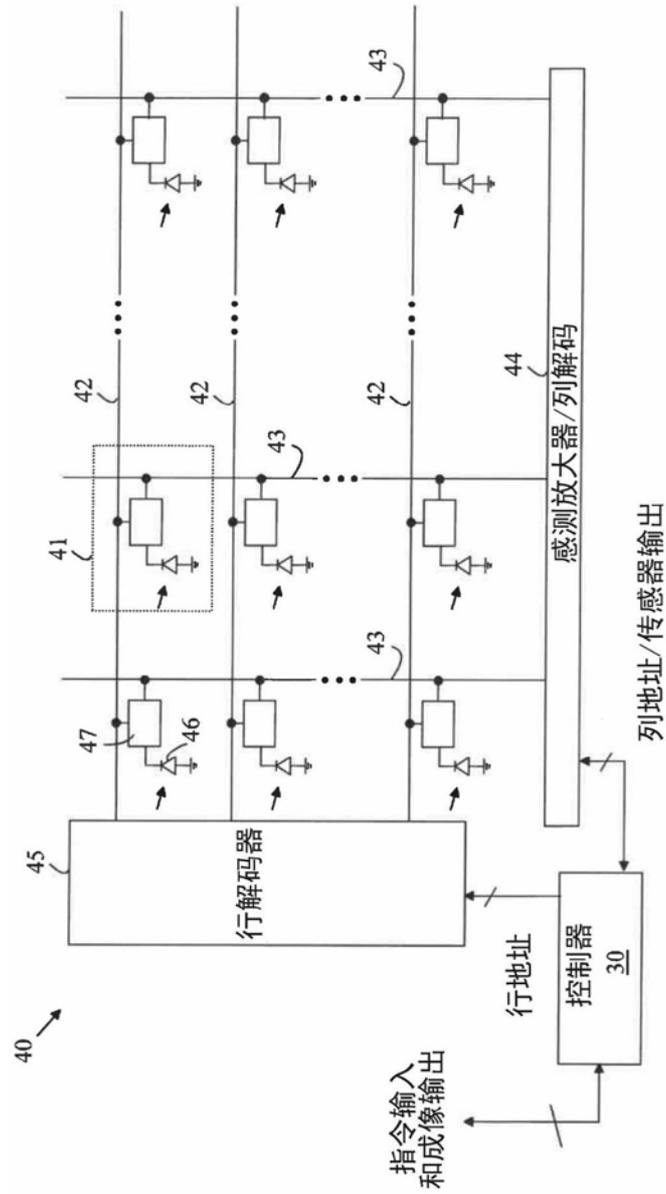
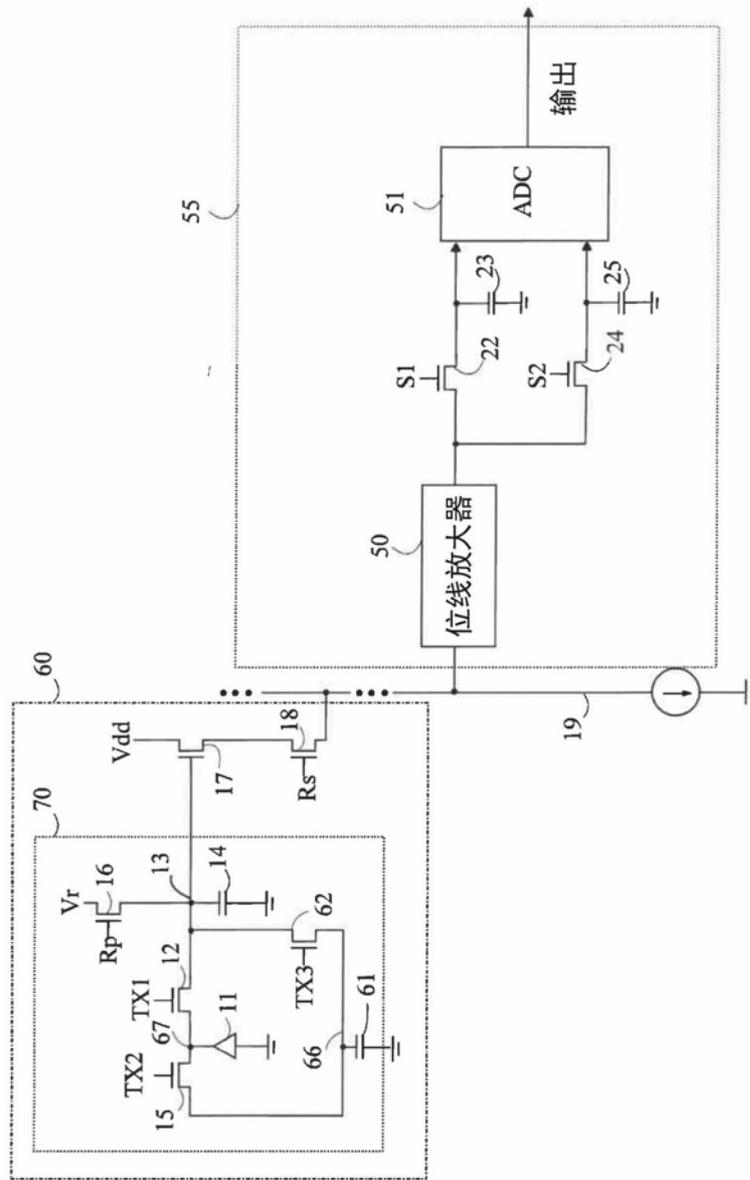


图1



现有技术

图2

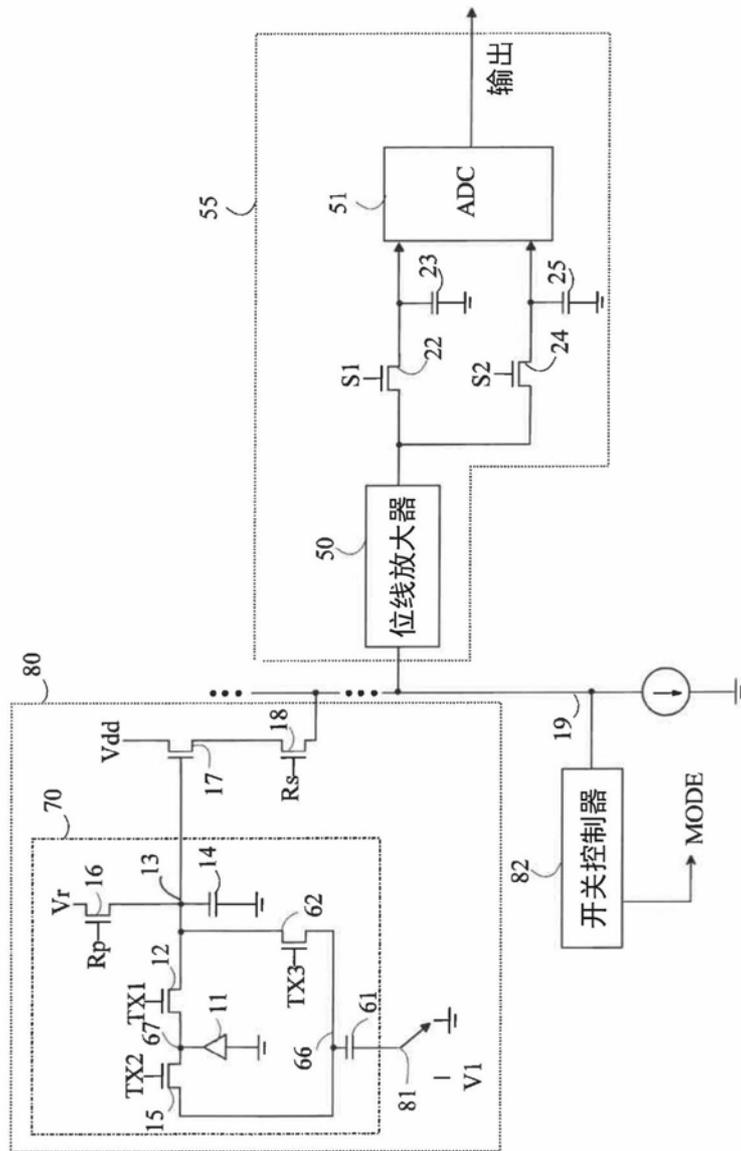


图3

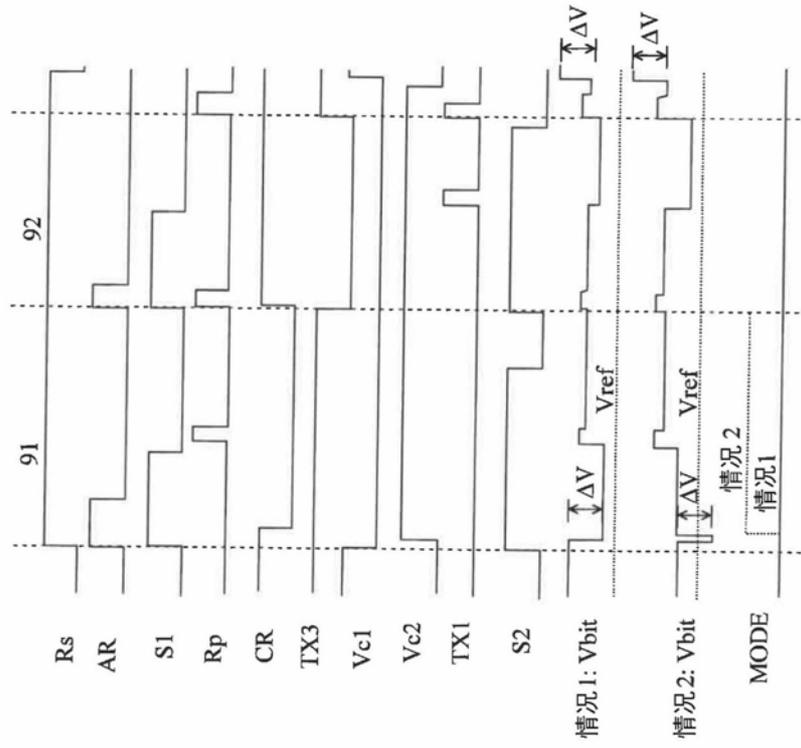


图5