



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1910903 B

(45) 授权公告日 2011. 01. 12

(21) 申请号 200580003110. 2

(22) 申请日 2005. 01. 20

(30) 优先权数据

0401406. 4 2004. 01. 23 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006. 07. 24

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2005/050239 2005. 01. 20

(87) PCT申请的公布数据

W02005/071942 EN 2005. 08. 04

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 M·J·蔡尔兹

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 李静岚 梁永

(51) Int. Cl.

H04N 3/15(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6417504 B1, 2002. 07. 09, 全文.

CN 1387264 A, 2002. 12. 25, 全文.

US 6538245 B1, 2003. 03. 25, 全文.

WO 0157554 A2, 2001. 08. 09, 全文.

US 4540952 A, 1985. 09. 10, 全文.

M. A. Abdalla, C. Frojdh,

C. S. Petersson. "An integrating CMOS APS for X-ray imaging with an in-pixel preamplifier". Nuclear instruments & methods in physics research 466 1. 2001, 466 (1), 232-236.

审查员 严佳琳

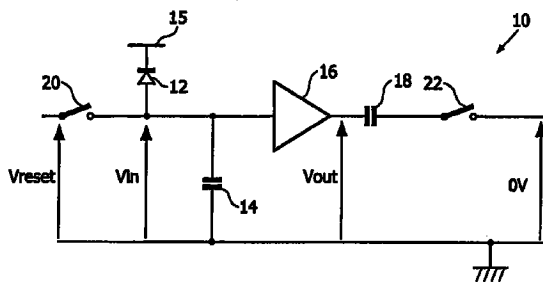
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

图像传感器

(57) 摘要

一种图像传感器, 具有多个像素, 各个像素具有光电二极管 (12)、增益幅度大于 1 的电压放大器 (16) 和由该电压放大器充电的采样电容器 (18)。按照这种方案, 各个像素通过电压放大给出增益。这使得采样电容器能够得以保持为较低的尺寸, 从而使得像素电路占用最小的可能空间, 由此使得大孔径的像素能够得以形成。在电压放大器的输入端设置有源极跟随器缓冲晶体管 (49)。这克服了由电压放大器的输出晶体管的寄生电容造成的电荷共享的影响。



1. 一种图像传感器,包括多个像素,各个像素包括:

光传感器元件 (12),该元件两端的传感器电压随入射在该元件 (12) 上的光变化;

电压放大器 (16),具有大于 1 的增益幅度;和

采样电容器 (18),由电压放大器充电,

其中电压放大器包括串联连接的第一 (40) 和第二 (38) 晶体管,对该电压放大器的输入是提供给第一晶体管 (40) 的栅极的,并且输出由第一和第二晶体管 (40,38) 之间的接点限定,

并且其中各个像素此外还包括第三晶体管 (49),该第三晶体管的栅极与光传感器元件 (12) 的一个端子连接,并且第三晶体管 (49) 的源极与第一晶体管 (40) 的栅极连接。

2. 按照权利要求 1 所述的图像传感器,其中各个像素此外还包括与光传感器元件 (12) 相连的像素存储电容器 (14)。

3. 按照权利要求 2 所述的图像传感器,其中采样电容器 (18) 的电容小于像素存储电容器 (14) 的电容的 10 倍。

4. 按照权利要求 3 所述的图像传感器,其中采样电容器 (18) 的电容小于像素存储电容器 (14) 的电容的 2 倍。

5. 按照权利要求 4 所述的图像传感器,其中采样电容器 (18) 的电容近似等于像素存储电容器 (14) 的电容。

6. 按照权利要求 3、4 或 5 所述的图像传感器,其中采样电容器 (18) 的电容处于 0.5pF 到 3pF 的范围内,并且像素存储电容器 (14) 的电容处于 0.5pF 到 3pF 的范围内。

7. 按照权利要求 1 所述的图像传感器,其中采样电容器 (18) 的电容小于光传感器元件 (12) 的自身电容的 10 倍。

8. 按照权利要求 7 所述的图像传感器,其中采样电容器 (18) 的电容小于光传感器元件 (12) 的自身电容的 2 倍。

9. 按照权利要求 7 或 8 所述的图像传感器,其中采样电容器 (18) 的电容处于 0.5pF 到 3pF 的范围内,并且光传感器 (12) 的自身电容处于 0.5pF 到 3pF 的范围内。

10. 按照权利要求 1 所述的图像传感器,其中电压放大器 (16) 的增益幅度处于 2 到 5 的范围内。

11. 按照权利要求 1 所述的图像传感器,其中偏置电压 (44) 与第二晶体管 (38) 的栅极相连。

12. 按照权利要求 11 所述的图像传感器,其中电压放大器 (16) 的输出端与采样电容器 (18) 的一个端子相连,采样电容器 (18) 的另一个端子通过输出开关 (22 ;34) 与像素输出端相连。

13. 按照权利要求 1 所述的图像传感器,其中各个像素此外还包括用于将固定电位 (V_{reset}) 施加在光传感器元件两端的输入开关 (20 ;30)。

14. 一种测量要使用多个各自构成图像传感器的像素的光传感器元件 (12) 加以检测的图像的光强度的方法,这些元件两端的传感器电压 (V_{in}) 随入射在这些元件上的光变化,该方法包括:

通过源极跟随器缓冲晶体管向像素内电压放大器提供传感器电压 (V_{in});

使用增益幅度大于 1 的像素内电压放大器 (16) 放大由源极跟随器缓冲晶体管提供的

电压；

用经过放大的电压 (V_{out}) 对采样电容器 (18) 进行充电, 并且测量对采样电容器 (18) 进行充电所需的电荷流量。

15. 按照权利要求 14 所述的方法, 其中在放大由源极跟随器缓冲晶体管提供的电压之前执行重置操作, 该重置操作包括将已知电位施加给采样电容器 (18) 的一个端子并且将固定电位 (V_{reset}) 施加在传感器元件两端, 随后将经过放大的电压 (V_{out}) 施加给采样电容器 (18) 的另一个端子。

16. 按照权利要求 14 或 15 所述的方法, 其中采样电容器 (18) 的电容小于像素的像素存储电容器 (14) 的电容的 10 倍。

17. 按照权利要求 16 所述的方法, 其中采样电容器 (18) 的电容小于像素存储电容器 (14) 的电容的 2 倍。

18. 按照权利要求 17 所述的方法, 其中采样电容器 (18) 的电容近似等于像素存储电容器 (14) 的电容。

19. 按照权利要求 14 所述的方法, 其中电压放大器 (16) 的增益幅度处于 2 到 5 的范围之内。

图像传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及图像传感器,具体来说是具有图像感测像素的图像传感器,例如用作固态 X 射线成像装置的图像传感器。

背景技术

[0002] 在开发固态 X 射线成像装置来代替当前医院中使用的图像增强器方面有着浓厚的兴趣。

[0003] 已经提出了各种不同的像素结构,其中各个像素包括诸如光电二极管之类的光敏元件和至少一个开关装置。例如,一种已知的像素设计包括单独一个薄膜晶体管 (TFT) 和光电二极管。在曝光周期期间,使 TFT 截止,从而将光电二极管隔离。入射光造成少数载流子流得以产生,这一少数载流子流造成二极管的寄生固有电容放电。在下一次读出期间,二极管的电容得到重置并且由放大器检测电荷的变化。

[0004] 还提出了提供像素内增益来改善图像传感器像素的信号噪声比。这在平面动态 X 射线检测 (FDXD) 中尤其令人满意。在引入额外的电噪声之前,进行像素内 (in-pixel) 放大。

[0005] 实现像素内增益的一种途径是将额外的存储 / 采样电容包含在像素结构内,其中存储在采样电容器上的电荷大于由光电二极管产生的电荷。于是可由读出放大器测量采样电容器电荷。

[0006] W001/57554 公开了一种像素结构,其中将像素光电二极管两端的电压 (代表亮度电平) 提供给源极跟踪器电路结构,该源极跟踪器电路结构起单位增益电压缓存器的作用。输出电压为采样电容器充电,并且像素的增益取决于采样电容器的电容值与像素电容值之比。该电路按照所谓的“双相关采样”(DCS) 的原理进行工作。双采样的办法消除了因重置采样电容器而引起的噪声并且尤其合乎低噪声放大器的要求。DCS 牵涉到对与传感器元件的重置条件相应的采样电容器两端的电压进行采样,从而电荷向采样电容器的后续流动代表传感器元件两端的电压的变化,而并不取决于传感器元件的重置状态。

[0007] 虽然这一电路发挥了良好的作用,但是这种办法的一个问题是,采样电容器需要占用一定的面积,这可能会限制能够到达的可能分辨率。不过,存在着在低噪声的前提下提供像素增益的需求。

[0008] 本发明人已经提出了在像素电路内提供电压放大。这使得较小的采样电容器能够得以使用。

[0009] 不过,由于米勒 (Miller) 效应,出现了与使用电压放大器电路相关联的问题。具体来说,电压放大器的输入阻抗造成部分输入电荷要在输入存储电容与驱动晶体管的寄生栅 - 源电容之间分享。米勒效应有增大这一阶段的表现寄生电容的趋势。

发明内容

[0010] 按照本发明,给出了一种包括多个像素的图像传感器,各个像素包括:

- [0011] 光传感器元件,该元件两端的传感器电压随入射在该元件(12)上的光变化;
- [0012] 电压放大器,具有大于1的增益幅度;和
- [0013] 采样电容器,由电压放大器充电,
- [0014] 其中电压放大器包括串联连接的第一和第二晶体管,对该电压放大器的输入是提供给第一晶体管的栅极的,并且输出端由第一和第二晶体管之间的接点限定,
- [0015] 并且其中各个像素此外还包括第三晶体管,该第三晶体管的栅极与光传感器元件的一个端子连接,并且第三晶体管的源极与第一晶体管的栅极连接。
- [0016] 按照这种方案,各个像素通过电压放大给出增益。这使得采样电容器能够得以保持为较低的尺寸,从而使得像素电路占用最小的可能空间,由此使得大孔径的像素能够得以形成。两个串联连接的晶体管的放大器结构利用了要使源极-漏极电流相等的要求来提供栅极-源极电压信号的电压放大。第三晶体管充当信号放大之前的缓冲器,并且这克服了由电压放大器的第一晶体管的寄生电容造成的电荷共享的影响。
- [0017] 虽然光传感器元件的自身电容可能足以暂时存储光电二极管电压,但是各个像素最好此外还包括与光传感器元件相连的像素存储电容器。采样电容器的电容小于像素存储电容器的电容的10倍,优选小于像素存储电容器的电容的2倍,并且可以等于像素存储电容器的电容。
- [0018] 这样,可以使采样电容器的尺寸保持为最小。
- [0019] 采样电容器的电容可以处于0.5pF到3pF的范围内,并且光传感器的自身电容或像素存储电容器的电容也可以处于0.5pF到3pF的范围内。电压放大器的增益幅度可以处于2到5的范围内。
- [0020] 电压放大器的输出端最好与采样电容器的一个端子相连,采样电容器的另一个端子通过输出开关与像素输出端相连。这一输出开关可以同时用于将对电荷敏感的放大器连接到输出端和用于重置操作。各个像素优选此外还包括用于将固定电位施加在光传感器元件两端的输入开关。
- [0021] 本发明还给出了一种测量要使用多个各自构成图像传感器的像素的光传感器元件加以检测的图像的光强度的方法,这些元件两端的传感器电压随入射在这些元件上的光变化,该方法包括:
- [0022] 通过源极跟随器缓冲晶体管向像素内电压放大器提供传感器电压;
- [0023] 使用增益幅度大于1的像素内电压放大器放大由源极跟随器缓冲晶体管提供的电压;
- [0024] 用经过放大的电压对采样电容器进行充电,并且测量对采样电容器进行充电所需的电荷流量。
- [0025] 优选地,在放大由源极跟随器缓冲晶体管提供的电压之前执行重置操作,该重置操作包括将已知电位施加给采样电容器的一个端子并且将已知电位施加在传感器元件两端,随后将经过放大的电压施加给采样电容器的另一个端子。
- [0026] 这一重置操作对与重置像素相应的电压放大器的输出进行采样,能够实现双相关采样。

附图说明

- [0027] 现在将参照附图并且按照附图中所示、以举例的方式介绍本发明的实例,其中:
- [0028] 附图 1 示意性表示用在由本申请人提出的图像传感器中的像素结构;
- [0029] 附图 2 更加详细地表示附图 1 的像素电路的实现方式;
- [0030] 附图 3 表示本发明的第一种像素电路;
- [0031] 附图 4 表示用于解释说明附图 3 的电路的工作过程的时序图;
- [0032] 附图 5 表示本发明的第二种像素电路;
- [0033] 附图 6 表示本发明的第三种像素电路;和
- [0034] 附图 7 表示本发明的图像传感器。

具体实施方式

[0035] 附图 1 以示意图的形式表示本发明人提出的供固态图像传感器中使用的像素结构。

[0036] 像素 10 包括光传感器元件 12, 该元件具有光电二极管的形式。

[0037] 光电二极管信号具有取决于光输入并且在限定时间(采样时间)内流动的电流的形式。所要检测的信号因此是流动电荷, 该流动电荷是少数载流子流, 该少数载流子流使光电二极管的固有电容在受照射期间放电。由像素电容器 14 将这一电荷流转换成电压。

[0038] 光电二极管两端的电压因此随入射在该光电二极管上的光而变化。在下面的例子中, 像素电容器 14 是独立于光电二极管的组成部分, 但是光电二极管的固有电容能够实现同样的功能。

[0039] 在附图 1 中, 像素电容器 14 连接在光电二极管输出端(阴极)与地之间。代替地, 可以将像素电容器与光电二极管并联。各个像素的光电二极管的阳极与电压馈电线 15 相连。

[0040] 由像素内放大器 16 按照增益 G 对光电二极管给出的电压 V_{in} 进行放大, 从而将处于放大器输出端的采样电容器 18 充电到比光电二极管电压高的电压。结果, 需要更大的电荷流, 并且测量这一电荷流, 作为像素的输出。

[0041] 如果采样电容器 18 具有与像素电容器 14 相同的电容值, 则像素的增益为 G , 并且不存在电荷增益。不过, 采样电容器 18 可以大于像素电容器 14, 从而该电路能够实现电压放大以及电荷增益。

[0042] 这一电路能够使采样电容器的尺寸得到减小, 从而像素电路的组成部分能够占用较小的空间, 故而提高了像素的光学孔径。

[0043] 在像素的输入端设置有重置输入开关 20, 并且这使得重置电压 V_{reset} 能够在读出周期之间得以施加给光电二极管和像素电容器, 以重置光电二极管。输出开关 22 使得输出端能够与对电荷敏感的放大器相连, 并且还使得重置采样操作能够如下面进一步介绍的那样进行。

[0044] 在曝光时段之前, 通过闭合重置输入开关 20 使重置操作得以执行。这导致光电二极管得以充电到已知电压。然后通过闭合输出开关 22 来将采样电容器的输出板充电到固定电位(典型地为 0V), 使出现在放大器 16 输出端的电压得到采样。这样, 与重置状态下像素的采样信号相应的输出电压得以保持在采样电容器的两端上。然后断开输出开关 22 以及输入开关 20, 并且使像素受到照射。

[0045] 像素电容器 14 保持结果得到的光电二极管 / 像素电容器电压, 并且由放大器 16 对此进行放大。由于没有到采样电容器 22 输出板的电荷路径, 因此这个板上的电压随着放大器的输出电压上升。在照射完成之后, 闭合输出开关 22 并且测量电荷流, 以将采样电容器的输出板还原到 0V (即, 还原到在初始重置操作期间施加到采样电容器上的同一电压)。这样, 所测得的电荷与重置操作造成的电压无关, 并且这样就实现了双相关采样。

[0046] 附图 2 更加详细地示出了附图 1 的像素电路的第一种 NMOS 实现方案, 并且该电路可以使用非晶硅晶体管实现。对相同的组成部分使用与附图 1 中相同的附图标记。

[0047] 将输入开关 20 实现为输入 TFT (薄膜晶体管) 30, 其栅极与重置输入控制线 32 相连。将输出开关 22 实现为输出 TFT 34, 其栅极与输出控制线 36 相连。将放大器 16 实现为第一和第二 NMOS 晶体管 38、40, 它们串联连接在电压馈电线 15 和地之间。

[0048] 当放大器工作时, 由输出开关 22 将采样电容器隔离, 从而将流过这两个晶体管的电流约束为相等。经过晶体管 40 的电流是输入电压的函数, 该输入电压是栅极-源极电压。类似地, 经过晶体管 38 的电流是输出电压 V_{out} 的函数, 因为输出 V_{out} 与固定电压偏置 44 之间的电压限定了晶体管 38 的栅极-源极电压。这样, 当输出电压达到了与两个晶体管的源极-漏极电流相匹配的程度的时候, 放大器达到稳定。

[0049] 通过适当设计两个晶体管 38、40, 为了实现源极-漏极电流的变化相同, 通过要求晶体管 38 的栅极-源极电压中的变化比晶体管 40 所要求的栅极-源极电压中的变化更大, 使该放大器提供了电压增益。各个晶体管 38 的漏极与固定电压馈电线 15 相连。

[0050] 可以使晶体管 38 的栅极 44 与电源线 15 相连, 从而使得栅极和漏极连接在一起。这种晶体管 38 的二极管连接给出了二极管加载的放大器结构。

[0051] 放大器是倒相的, 并且所给出的增益可以处于 1.5 到 10 的范围之内, 优选处于 2 到 5 的范围之内。放大器部分的增益基本上是两个 TFT 的跨导 (g_m) 的比值的平方根。该跨导与 TFT 沟道的宽长比成比例, 并且因此能够通过选择晶体管沟道的大小和形状来加以控制。例如, 对于上 TFT 宽度为 $5\mu\text{m}$ 、下 TFT 宽度为 $100\mu\text{m}$ (二者长度都为 $5\mu\text{m}$) 的放大器, 宽度比为 20。这与跨导 g_m 直接 (在第一近似值中) 相关, 所以增益为大约 4.5。实际上, TFT 实际上在理想饱和区中并不起作用, 所以增益略有不同。

[0052] 对于饱和区中 (或接近饱和区) 的操作, 必须要对 TFT 进行适当的偏置。栅极电压越高, 流过放大器的 DC 偏置电流越大。这加速了像素的动作。不过, 它还有减小放大器的有效范围的趋势, 所以减小了动态范围。

[0053] 放大器的具体实现方式以及针对适当操作的偏置条件是本领域技术人员的公知常识。

[0054] 光传感器元件与晶体管之一 40 的栅极连接, 并且偏置电压 44 与另一晶体管 38 的栅极相连, 将电压放大器的输出规定在第一和第二晶体管之间的连线上。

[0055] 这一电路的问题是, 输入电荷的一部分是输入存储电容 14 与放大器晶体管 40 的寄生栅极-源极电容间共用的。米勒 (Miller) 效应有增大这一级的表观寄生电容的趋势, 尤其是因为放大器是倒相的。

[0056] 附图 3 表示本发明的像素电路。本发明给出了对进入放大器 TFT 40 的信号电压进行缓冲。额外的源极跟随器晶体管对进入放大器晶体管的输入信号进行缓冲。

[0057] 附图 3 的像素电路使用与附图 2 的电路相同的附图标记。将额外的源极跟随器晶

晶体管表示为 49。这个晶体管充当进入放大器晶体管 40 栅极的源极跟随器。放大器晶体管 40 的栅极因此有达到一个低于源极跟随器晶体管 49 的栅极电压的阈值电压的倾向。

[0058] 使源极跟随器晶体管 49 的源极与放大器晶体管 40 的栅极相连接,并且将输入电压提供给源极跟随器晶体管 49 的栅极。源极跟随器晶体管的漏极与电源线 15 相连接。这限定出了非倒相单一增益缓冲级。

[0059] 额外的源极跟随器晶体管 49 仅仅激励放大器 TFT 40 的栅极电容,并且在读出过程中不会受到干扰,所以可以将它的尺寸制作得很小。这大大减小了寄生电容的大小对输入存储电容 14 的影响。由于额外的源极跟随器晶体管 49 是非倒相的并且没有增益,因此米勒效应可以忽略不计。放大器 TFT 40 的比较大的米勒电容不再影响电路的工作,因为该缓冲器电压激励放大器的输入,从而缓冲器归还了丢失的电荷。

[0060] 附图 4 表示用来解释说明附图 3 的电路的工作过程的时序图。

[0061] 曲线 50 表示曝光时段,在该曝光时段期间,像素电容器上的电压随输入电压变化。在曝光时段期间,输入和输出开关都是断开的。

[0062] 曲线 52 表示输出开关 22 的工作过程并且代表施加给输出控制线 36 的信号。曲线 54 表示重置输入开关 20 的操作过程并且代表施加给重置输入控制线 32 的信号。曲线 56 表示与输出端相连的电荷测量电路的操作过程。

[0063] 所有像素都是同时得到照射的,并且随后按行读出。因此,各个曲线 52、54、56 可以依次适用于像素阵列的不同行。

[0064] 当要读取存储在像素行中的信号的时候,首先闭合各个像素列的输出开关,并且相应的对电荷敏感的放大器于是对采样电容器 18 进行充电或放电,直到输出板上的电压等于对电荷敏感的放大器的电压。将此表示为曲线 56。对电荷敏感的放大器具有虚接地输入端,从而它将电容器输出板保持为 0V,同时放大器维持经过放大的输出电压,因为输入到放大器的电压得到了像素电容器 14 的保持。对电荷的流量进行测量,并且该电荷流量代表了光电二极管两端的电压的变化。

[0065] 可以使各个列与对电荷敏感的放大器相关联,从而使得所有的像素列一行一行地同时得到读取。不过,可以使用多路复用方案来减少所需要的对电荷敏感的放大器的数量。

[0066] 在电荷测量操作的最后,由曲线 54 的脉冲重置光电二极管。这个脉冲将固定电压施加在光电二极管的两端。由于输出开关 22 保持闭合,因此可以在采样电容器的两端存储电荷,从而有效地采样到重置噪声,并且这样就实现了双相关采样。

[0067] 然后重置脉冲结束,短时之后输出开关断开,为下一个照射时段做好准备。

[0068] 重置开关可以并联连接与输入开关 20 同步工作的采样电容器 18,以帮助采样电容器在电荷测量周期之后进行放电。在这种情况下,此时优选断开输出开关,如曲线 52 中的虚线所示。

[0069] 附图 5 表示附图 3 的像素电路的第二种实现方式,这种实现方式是 CMOS(多晶硅)实现方式。附图 5 与附图 3 之间唯一的差别是,将晶体管 38 实现为 PMOS 晶体管,同时将其源极和栅极连接在一起。

[0070] 附图 6 表示对附图 3 的像素电路的改造,其中电流源 58 提供源极跟随器晶体管 49 的偏置。如果要使像素电路在高速下工作,就可以使用这种电路。

[0071] 附图 7 表示公知的 X 射线检查设备,该设备包括用于借助 X 射线束 64 照射检查对

象 62 (例如要进行放射检查的病人) 的 X 射线源 60。由于病人体内对 X 射线的吸收存在局部差异, 因此在 X 射线检测器 68 的对 X 射线敏感的表面 66 上形成了 X 射线图案。

[0072] 我们知道可以使用固态光学图像传感器作为 X 射线检测器 68。使用磷闪烁体 66 将入射 X 射线辐射转换为光。这个光可由固态装置 68 检测。按照另外一种可选方案, 可以使用对 X 射线敏感的光电导体来直接将 X 射线转换成电子。

[0073] 本发明的像素设计适合用在固态光学图像传感器中。

[0074] 各种不同的修改方式对本领域技术人员来说是显而易见的。

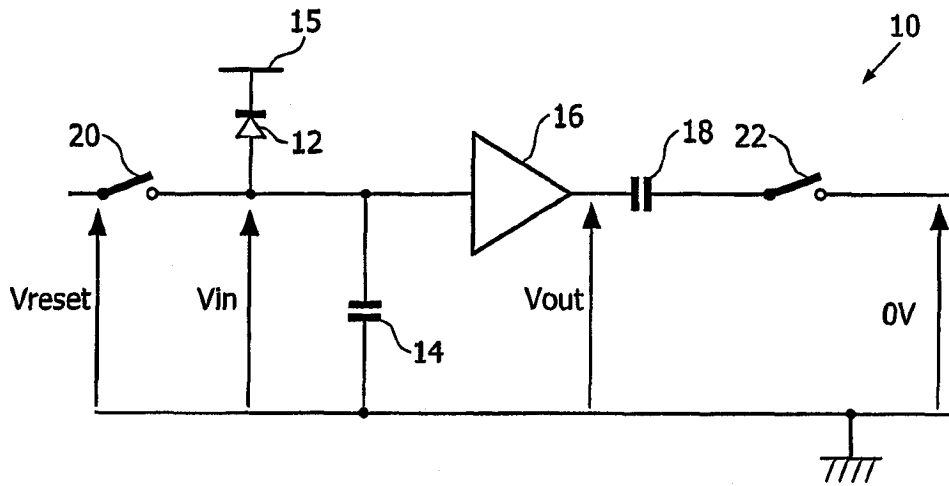


图 1

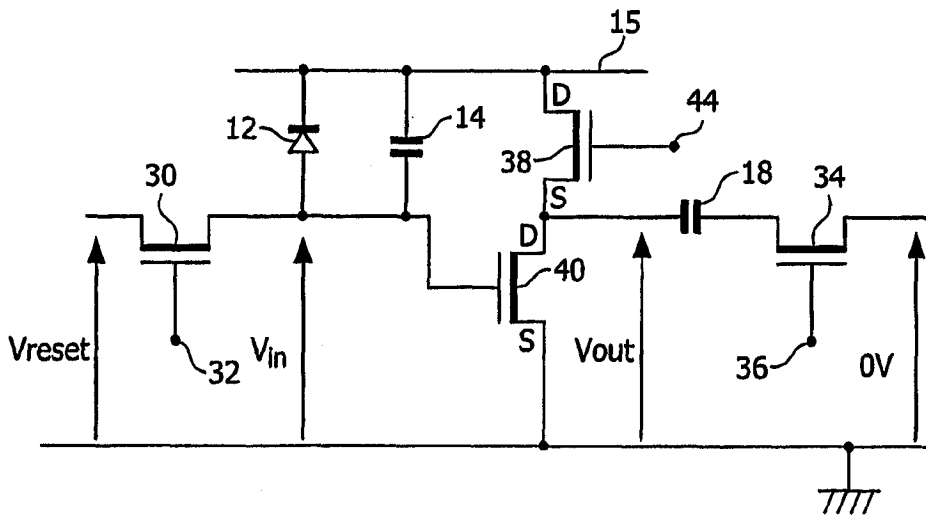


图 2

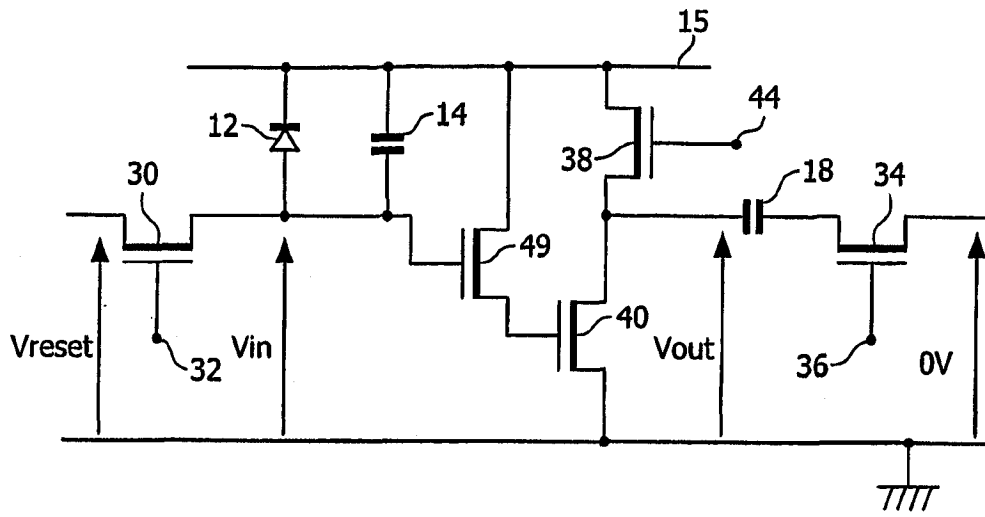


图 3

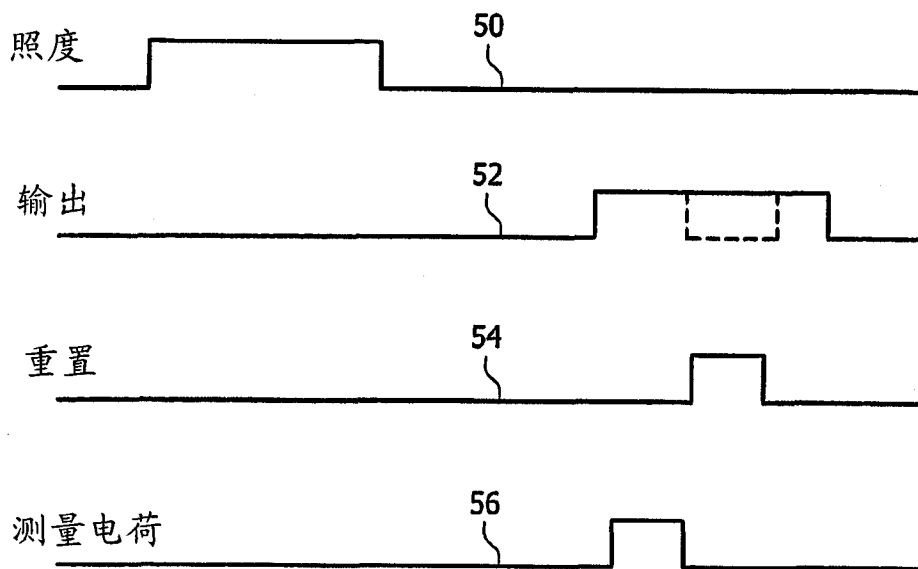


图 4

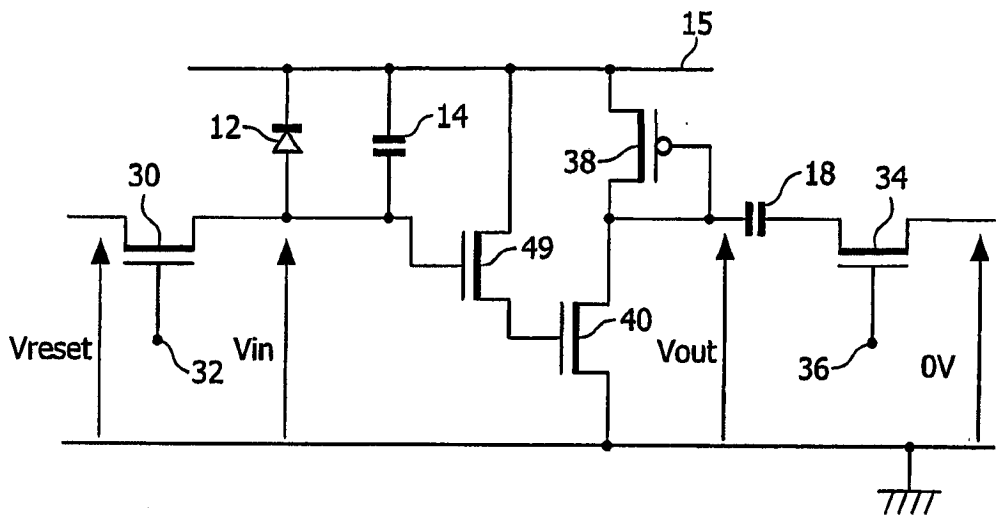


图 5

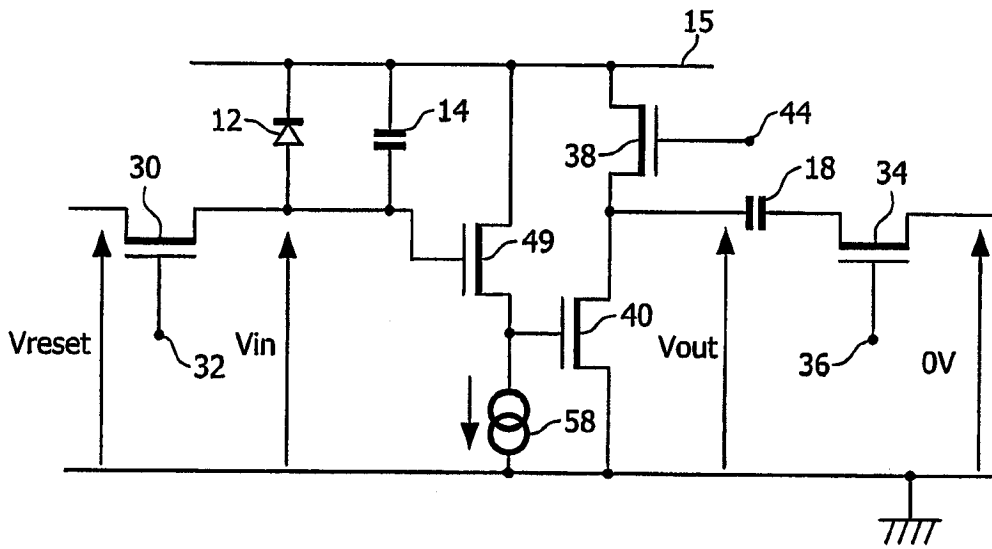


图 6

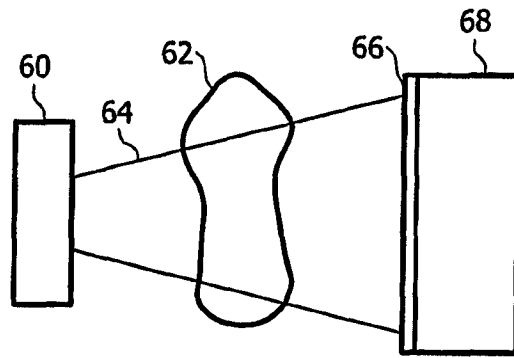


图 7