



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102843524 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201210362794. 7

CN 101536485 A, 2009. 09. 16, 全文.

(22) 申请日 2012. 09. 25

US 2005092894 A1, 2005. 05. 05, 全文.

(73) 专利权人 中国科学院上海高等研究院  
地址 201210 上海市浦东新区海科路 99 号

审查员 夏刊

(72) 发明人 苗田乐 方娜 田犁 汪辉 陈杰

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所 31219  
代理人 余明伟

(51) Int. Cl.

H04N 5/351(2011. 01)

H01L 27/146(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102265605 A, 2011. 11. 30, 说明书第  
2, 50-120 段, 图 1-11.

CN 101675657 A, 2010. 03. 17, 全文.

CN 101021668 A, 2007. 08. 22, 全文.

CN 102244744 A, 2011. 11. 16, 全文.

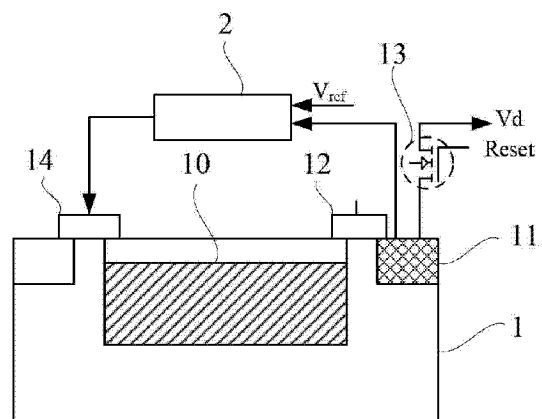
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

CMOS 图像传感器及其工作方法

(57) 摘要

本发明提供一种 CMOS 图像传感器及其工作方法, 所述图像传感器包括衬底以及在所述衬底上形成的光学传感区、浮动扩散区、转移晶体管、复位晶体管以及泄放晶体管, 该图像传感器还具有控制模块。此外, 所述图像传感器的工作方法为所述控制模块通过比较参考电位  $V_{ref}$  和浮动扩散区的电压值  $V_{FD}$ , 来判定所述浮动扩散区是否饱和, 并根据饱和程度选择性地输出不同的电压值作为所述泄放晶体管的栅压, 以控制该泄放晶体管的开关状态和打开程度, 从而将所述光学传感区过多的光生载流子泄放掉, 提高了所述图像传感器的动态范围。



1. 一种 CMOS 图像传感器,至少包括一衬底,形成于所述衬底上的光学传感区、浮动扩散区、连接于所述光学传感区与浮动扩散区之间的转移晶体管、以及连接所述浮动扩散区的复位晶体管,其特征在于,所述图像传感器还包括:

控制模块,具有第一输入端、第二输入端以及输出端;所述第一输入端连接一参考电位  $V_{ref}$ ;所述第二输入端连接所述浮动扩散区,该第二输入端的电位即为所述浮动扩散区的电位  $V_{FD}$ ;

泄放晶体管,其栅极与所述控制模块的输出端相连接,其源极连接所述光学传感区,其漏极连接所述衬底;

当浮动扩散区的电位  $V_{FD}$  小于参考电位  $V_{ref}$  时,所述控制模块输出一电压  $V_{G1}$ ,使所述泄放晶体管导通或部分导通;

当浮动扩散区的电位  $V_{FD}$  大于或等于参考电位  $V_{ref}$  时,所述控制模块无输出信号或输出一电压  $V_{G2}$ ,使所述泄放晶体管截止;

所述参考电位  $V_{ref}$  大于或等于所述浮动扩散区饱和时的电位。

2. 根据权利要求 1 所述的 CMOS 图像传感器,其特征在于:所述光学传感区为 PN 结形成的感光二极管、PIN 二极管或光门。

3. 根据权利要求 1 所述的 CMOS 图像传感器,其特征在于:所述控制模块为模数转换模块、比较器、或多路选择器。

4. 根据权利要求 1 所述的 CMOS 图像传感器,其特征在于:所述控制模块的输出电压  $|V_{G1}|$  大于或等于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ ,输出电压  $|V_{G2}|$  小于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ 。

5. 根据权利要求 4 所述的 CMOS 图像传感器,其特征在于:所述控制模块的输出电压  $|V_{G1}|$  为 0.7V、1.8V 或 3.3V。

6. 一种如权利要求 1 所述的 CMOS 图像传感器的工作方法,其特征在于,所述工作方法包括:

1) 将所述浮动扩散区复位到一电压值  $V_d$  后,对所述光学传感区进行曝光,然后将转移晶体管打开;

2) 所述控制模块比较浮动扩散区电压  $V_{FD}$  与参考电压  $V_{ref}$  的值,如果  $V_{FD} \geq V_{ref}$ ,则直接进行正常的读出,所述控制模块无信号输出,或输出一电压  $V_{G2}$  以关闭所述泄放晶体管;否则如果  $V_{FD} < V_{ref}$ ,则判定所述光学传感区饱和;接着将所述转移晶体管关闭,此时控制模块输出一电压  $V_{G1}$  使所述泄放晶体管导通或部分导通;所述参考电位  $V_{ref}$  大于或等于所述浮动扩散区饱和时的电位;

3) 重复步骤 1)、步骤 2) 至  $V_{FD} \geq V_{ref}$ ,并进行读出。

7. 根据权利要求 6 所述的 CMOS 图像传感器的工作方法,其特征在于,所述电压  $|V_{G2}|$  小于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ ,所述  $|V_{G1}|$  大于或等于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ 。

8. 根据权利要求 6 所述的 CMOS 图像传感器的工作方法,其特征在于:在所述步骤 3) 中,所述控制模块比较浮动扩散区电压  $V_{FD}$  与参考电压  $V_{ref}$  值,如果仍然  $V_{FD} < V_{ref}$ ,则判定所述光学传感区仍饱和;接着将转移晶体管关闭,所述控制模块输出电压  $V_{G11}$ ,且  $|V_{G11}| > |V_{G1}|$ ,并重复步骤 1)、步骤 2) 至  $V_{FD} \geq V_{ref}$ 。

9. 根据权利要求 8 所述的 CMOS 图像传感器的工作方法, 其特征在于, 所述泄放晶体管的输出电压  $|V_{G1}|$  为 0.7V、1.8V 或 3.3V,  $|V_{G11}|$  为 1.8V 或 3.3V。

10. 根据权利要求 6 或 8 所述的 CMOS 图像传感器的工作方法, 其特征在于, 所述参考电位  $V_{\text{ref}}$  为:

$$V_{\text{ref}} = V_d - \frac{Q}{C},$$

其中,  $V_d$  为电路工作电源电压,  $Q$  为所述浮动扩散区的满阱容量,  $C$  为所述浮动扩散区的等效电容。

## CMOS 图像传感器及其工作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像传感器,特别是涉及一种具有高动态范围的 CMOS 图像传感器及其工作方法。

### 背景技术

[0002] 图像传感器是构成数字摄像头的主要部件之一,被广泛应用于数码成像、航空航天以及医疗影像等领域。图像传感器根据元件的不同,可分为 CCD (Charge Coupled Device, 电荷耦合元件) 和 CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor, 金属氧化物半导体元件) 两大类。

[0003] CCD 图像传感器除了大规模应用于数码相机外,还广泛应用于摄像机、扫描仪,以及工业领域等。值得一提的是,在医学中为诊断疾病或进行显微手术等而对人体内部进行的拍摄中,也大量应用了 CCD 图像传感器及相关设备。在天文摄影与各种夜视设备中,也广泛应用到 CCD 图像传感器。CMOS 图像传感器正在数码相机、PC 摄像机、移动通信产品等领域得到日益广泛的应用。

[0004] CCD 图像传感器和 CMOS 图像传感器都是采用光电二极管收集入射光,并将其转换为能够进行图像处理的电荷。对于这种采用光电二极管的图像传感器,当没有入射光时仍然有输出电流,即“暗电流”,来自光电二极管的暗电流可能作为被处理图像中的噪声出现,从而减低画面质量。因此暗电流的大小是表征传感器性能的重要参数之一。

[0005] 目前,用于 CMOS 图像传感器的光电探测器主要有光电二极管和光栅晶体管两类。光电二极管具有版图结构简单、均匀性良好,填充系数大,以及增益高等优点,因而被广泛使用。但是基于标准 CMOS 工艺制作的光电二极管存在较大的 PN 结漏电流,因而存在噪声大,灵敏度低以及动态范围小的问题。

[0006] 动态范围是另外一个重要参数,它表示图像中所包含的从“最暗”至“最亮”的范围。动态范围越大,就越能显示非常暗以及非常亮的图像,所能表现的图像层次也就越丰富,所包含的色彩空也越广。换句话说,动态范围越大,能同时记录的暗部细节和亮部细节越丰富。为了得到较高的动态范围,一般集中在对浮动扩散区容量或光学传感区阱容量的提高上,但通过控制电路模块来提高动态范围的方法比较少见。

[0007] 鉴于此,如何提出一种 CMOS 图像传感器,在不改变现有标准 CMOS 工艺的条件下得到较高的动态范围,成为目前亟待解决的问题。

### 发明内容

[0008] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种具有高动态范围的 CMOS 图像传感器及其工作方法,用于解决现有技术中工艺改进复杂以及动态范围小的问题。

[0009] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明提供一种 CMOS 图像传感器,至少包括一衬底,形成于所述衬底上的光学传感区、浮动扩散区、连接于所述光学传感区与浮动扩散区

之间的转移晶体管、以及连接所述浮动扩散区的复位晶体管,所述图像传感器还包括:

[0010] 控制模块,具有第一输入端、第二输入端以及输出端;所述第一输入端连接一参考电位  $V_{ref}$ ;所述第二输入端连接所述浮动扩散区,且第二输入端的电位即为所述浮动扩散区的电位  $V_{FD}$ ;

[0011] 泄放晶体管,其栅极与所述控制模块的输出端相连接,其源极连接所述光学传感区,其漏极连接所述衬底;

[0012] 当浮动扩散区的电位  $V_{FD}$  小于参考电位  $V_{ref}$  时,所述控制模块输出一电压  $V_{G1}$ ,使所述泄放晶体管导通或部分导通;

[0013] 当浮动扩散区的电位  $V_{FD}$  大于或等于参考电位  $V_{ref}$  时,所述控制模块无输出信号或输出一电压  $V_{G2}$ ,使所述泄放晶体管截止。

[0014] 可选地,所述光学传感区为 PN 结形成的感光二极管、PIN 二极管或光门。所述控制模块为模数转换模块、比较器、或多路选择器。

[0015] 可选地,所述参考电位  $V_{ref}$  大于或等于所述浮动扩散区饱和时的电位。

[0016] 可选地,所述控制模块的输出电压  $|V_{G1}|$  大于或等于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ ,输出电压  $|V_{G2}|$  小于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ 。

[0017] 可选地,所述控制模块的输出电压  $|V_{G1}|$  为 0.7V、1.8V 或 3.3V。

[0018] 此外,本发明还提供上述 CMOS 图像传感器的工作方法,所述工作方法包括:

[0019] 1) 将所述浮动扩散区复位到一电压值  $V_d$  后,对所述光学传感区进行曝光,然后将转移晶体管打开;

[0020] 2) 所述控制模块比较浮动扩散区电压  $V_{FD}$  与参考电压  $V_{ref}$  值,如果  $V_{FD} \geq V_{ref}$ ,则直接进行正常的读出,所述控制模块无信号输出,或输出一电压  $V_{G2}$  以关闭所述泄放晶体管;否则如果  $V_{FD} < V_{ref}$ ,则判定所述光学传感区饱和;接着将转移晶体管关闭,此时控制模块输出一电压  $V_{G1}$  使所述泄放晶体管导通或部分导通;

[0021] 3) 重复步骤 1)、步骤 2) 至  $V_{FD} \geq V_{ref}$ , 并进行读出。

[0022] 可选地,所述电压  $|V_{G2}|$  小于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ ,所述  $|V_{G1}|$  大于或等于所述泄放晶体管的阈值电压  $|V_{th}|$ 。

[0023] 可选地,在所述步骤 3) 中,所述控制模块比较浮动扩散区电压  $V_{FD}$  与参考电压  $V_{ref}$  值时,如果仍然  $V_{FD} < V_{ref}$ ,则判定所述光学传感区仍饱和;接着将转移晶体管关闭,所述控制模块输出电压  $V_{G11}$ ,且  $|V_{G11}| > |V_{G1}|$ ,并重复步骤 1)、步骤 2) 至  $V_{FD} \geq V_{ref}$ 。

[0024] 可选地,所述泄放晶体管的输出电压  $|V_{G1}|$  为 0.7V、1.8V 或 3.3V,  $|V_{G11}|$  为 1.8V 或 3.3V。

[0025] 可选地,所述参考电位  $V_{ref}$  为:

$$[0026] \quad V_{ref} = V_d - \frac{Q}{C},$$

[0027] 其中,  $V_d$  为电路工作电源电压,  $Q$  为所述浮动扩散区的满阱容量,  $C$  为所述浮动扩散区的等效电容。

[0028] 如上所述,本发明的具有高动态范围的 CMOS 图像传感器及其工作方法,具有以下有益效果:

[0029] 该图像传感器具有一控制模块和泄放晶体管,在曝光及读出过程中,所述控制模

块通过比较参考电位  $V_{ref}$  和浮动扩散区的电压值, 来判定所述浮动扩散区是否饱和, 并根据饱和程度选择性地输出不同的电压值作为所述泄放晶体管的栅压, 以控制所述泄放晶体管的打开情况, 从而将曝光过程中所述光学传感区产生的过多的光生载流子通过该泄放晶体管转移, 从而避免因所述浮动扩散区饱和造成的读出信号失真, 实现强光条件下信号的正常读出, 提高图像传感器的动态范围。

### 附图说明

[0030] 图 1 显示为本发明提供的 CMOS 图像传感器的结构示意图。

[0031] 图 2 显示为本发明提供的 CMOS 图像传感器的工作方法流程图。

[0032] 元件标号说明

[0033]	1	衬底
[0034]	10	光学传感区
[0035]	11	浮动扩散区
[0036]	12	转移晶体管
[0037]	13	复位晶体管
[0038]	14	泄放晶体管
[0039]	2	控制模块
[0040]	S1-S4	步骤

### 具体实施方式

[0041] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式, 熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。

[0042] 请参阅图 1 至图 2。须知, 本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等, 均仅用以配合说明书所揭示的内容, 以供熟悉此技术的人士了解与阅读, 并非用以限定本发明可实施的限定条件, 故不具技术上的实质意义, 任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整, 在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下, 均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。同时, 本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语, 亦仅为便于叙述的明了, 而非用以限定本发明可实施的范围, 其相对关系的改变或调整, 在无实质变更技术内容下, 当亦视为本发明可实施的范畴。

[0043] 实施例

[0044] 如图 1 所示, 本发明提供的具有高动态范围的 CMOS 图像传感器, 至少包括一衬底 1, 形成于所述衬底 1 上的光学传感区 10、浮动扩散区 11、连接于所述光学传感区 10 与浮动扩散区 11 之间的转移晶体管 12、连接所述浮动扩散区 11 的复位晶体管 13, 以及连接所述光学传感区 10 的泄放晶体管 14; 进一步地, 所述 CMOS 图像传感器还包括一电路控制模块 2, 该控制模块 2 具有第一输入端、第二输入端以及输出端。

[0045] 下面分别对该图像传感器的各个组成部分进行详细描述。

[0046] 所述衬底 1 可以为单晶或非晶的硅、锗、硅锗等半导体材料, 或绝缘体上硅(SOI), 或砷化镓等 III - V 族化合物, 本实施例中暂选为单晶 P 型单晶硅衬底。

[0047] 所述光学传感区 10 用于将光信号转变为电信号, 可在光照条件下产生光生载流

子,即电子-空穴对,并收集光生载流子。本实施例中所述光学传感区 10 为 PN 结光电二极管,但并不限于此,在其它实施例中亦可为 PIN 光电二极管或光门等光敏半导体器件。

[0048] 所述浮动扩散区 11 用于接收从所述光学传感区 10 通过所述转移晶体管 12 传输的光生载流子,并作为像素输出区;所述转移晶体管 12 的源极与所述光学传感区 10 相连接,其漏极与所述浮动扩散区 11 相连接,用于控制所述光学传感区 10 收集的光生载流子传输到所述浮动扩散区 11;所述复位晶体管 13 的源极连接所述浮动扩散区 11,其漏极连接所述工作电压源  $V_d$ ,当该复位晶体管 13 的栅极施加复位信号时,将所述浮动扩散区 11 复位,其中的光生载流子被清空;所述泄放晶体管 14 的栅极连接所述控制模块 2 的输出端,该泄放晶体管 14 的源极连接所述光学传感区 10,漏极连接所述衬底 1,在不同光强照射条件下,通过控制其栅极电压将所述光学传感区 10 过多的光生载流子泄放掉。

[0049] 所述控制模块 2 具有第一输入端、第二输入端以及输出端,所述第一输入端连接一参考电位  $V_{ref}$ ,所述第二输入端连接所述浮动扩散区 11;所述第二输入端的电位即为所述浮动扩散区 11 的电位  $V_{FD}$ 。所述控制模块 2 通过比较  $V_{ref}$  和  $V_{FD}$  的电压值,来判定所述浮动扩散区 11 是否饱和,并依据饱和程度选择性地输出不同的电压值作为所述泄放晶体管 14 的栅压,以控制该泄放晶体管 14 的打开程度,从而将所述光学传感区 10 过多的电荷泄放掉。当浮动扩散区 11 的电位  $V_{FD}$  小于参考电位  $V_{ref}$  时,所述控制模块 2 输出一电压  $V_{G1}$ ,使所述泄放晶体管 14 导通或部分导通;当浮动扩散区 11 的电位  $V_{FD}$  大于或等于参考电位  $V_{ref}$  时,所述控制模块 2 无输出信号或输出一电压  $V_{G2}$ ,使所述泄放晶体管 14 截止。

[0050] 需要说明的是,所述参考电位  $V_{ref}$  大于或等于所述浮动扩散区 11 饱和时的电位;所述控制模块 2 的输出电压  $|V_{G1}|$  大于或等于所述泄放晶体管 14 的阈值电压  $|V_{th}|$ ,输出电压  $|V_{G2}|$  小于所述泄放晶体管 14 的阈值电压  $|V_{th}|$ 。本实施例中所述控制模块的输出电压  $|V_{G1}|$  的取值为 0.7V、1.8V 或 3.3V,但并不限于此,在其它实施例中亦可选取其它值。

[0051] 需要进一步说明的是,本实施例中所述控制模块 2 为比较器,根据浮动扩散区 11 的电压  $V_{FD}$  与参考电位  $V_{ref}$  的比较结果,控制输出电压。但并不限于此,在其它实施例中亦可选为模数转换模块、选择器模块、模数转换模块与选择器模块的结合、比较器与模数转换器的结合、或者其它能够实现  $V_{ref}$  和  $V_{FD}$  电压比较功能的电路模块都是本发明所涉及的保护范围,上述可选控制模块的功能实现可根据现有技术中数模转换相关技术实现,在此不作赘述。

[0052] 综上所述,本发明提供的具有控制模块和泄放晶体管的图像传感器中,所述控制模块可以检测浮动扩散区是否饱和,从而选择性的输出泄放晶体管的栅极电压,以控制所述泄放晶体管的开关状态及打开程度。该结构可以使 CMOS 图像传感器的光学传感区在不同的光照条件时具有不同的输出载流子总量,从而提高了 CMOS 图像传感器的动态范围。

[0053] 此外,本发明提供一具有高动态范围的 CMOS 图像传感器的工作方法,如图 2 所示为所述图像传感器的工作方法流程图,所述工作方法包括以下步骤:

[0054] S1:外部总线向所述复位晶体管 13 发出复位信号 Reset,将所述浮动扩散区 11 复位到一固定电压值  $V_d$ ;然后对所述光学传感区 10 进行曝光,并同时所述转移晶体管 14 打开,以将所述光学传感区 10 收集的光生载流子转移到所述浮动扩散区 11 中,此时浮动扩散区 11 具有电位  $V_{FD}$ 。所述控制模块 2 比较浮动扩散区电压  $V_{FD}$  与参考电压  $V_{ref}$  值,如果  $V_{FD} \geq V_{th}$ ,则直接进行正常的读出,所述控制模块 2 无输出信号或输出一电压  $V_{G2}$ ,使所述泄

放晶体管 14 截止。否则,判定所述光学传感区 10 饱和,则进入下一步骤。

[0055] 本领域技术人员所熟知的是,一般晶体管的阈值电压为 0.7V,因此本发明中所述控制模块 2 输出的电压  $V_{G2}$  小于 0.7V 时认为所述泄放晶体管 14 是关闭的。但并不限于此,由于晶体管工艺差别可能造成其阈值电压稍有差别,因此本发明的电压  $V_{G2}$  的值也随晶体管阈值电压的改变而变化。

[0056] S2:所述光学传感区 10 饱和时,将所述转移晶体管 12 关闭,此时控制模块 2 输出  $V_{G1}$  电压打开所述泄放晶体管 14,并重复步骤 S1。

[0057] S3:将所述转移晶体管 12 关闭,并提高所述控制模块 2 的输出电压  $V_{G1}$  到  $V_{G11}$ ,该步骤中  $V_{G11}$  的电压值暂取为 1.8V,但并不限于此,在其它实施例中亦可取其它值,例如 1V、1.5V、2V、或 2.5V 等,以更大程度的打开所述泄放晶体管 14,从而泄放过多的光生载流子,并重复步骤 S1。

[0058] S4:将所述转移晶体管 12 关闭,并提高所述控制模块 2 输出电压  $V_{G11}$  到  $V_{G12}$ ,以将所述泄放晶体管 14 处于几乎完全打开状态,接着进入步骤 S1。本实施例中  $V_{G12}$  的值暂选为 3.3V,该值通常足以将晶体管完全打开,但并不限于此,在其它实施例中亦可选用其它值。

[0059] 需要说明的是,所述复位电压值  $V_d$  与所述参考电压  $V_{ref}$  的关系式为:

$$[0060] \quad V_{ref} = V_d - \frac{Q}{C},$$

[0061] 其中,  $V_d$  为工作时的电源电压,  $Q$  为所述浮动扩散区 10 的满阱容量,  $C$  为所述浮动扩散区 10 的等效电容。

[0062] 由上可知,一个特定的 CMOS 传感器的像素结构,其复位电压值和参考电压值均为定值。

[0063] 综上所述,本发明提供了一种具有高动态范围的 CMOS 图像传感器及其工作方法中,该图像传感器具有一控制模块和泄放晶体管,该控制模块可以检测浮动扩散区是否饱和,从而选择性的输出泄放晶体管的栅极电压,以控制所述泄放晶体管的开关状态及打开程度;此外,所述图像传感器的工作方法为通过所述控制模块通过比较参考电位  $V_{ref}$  和浮动扩散区的电压值  $V_{FD}$ ,来判定所述浮动扩散区是否饱和,并根据饱和程度选择性地输出不同的电压值作为所述泄放晶体管的栅压;所述栅压控制该泄放晶体管的打开程度,以将所述光学传感区的光生载流子部分泄放掉,从而提高了所述图像传感器的动态范围。所以,本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0064] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。



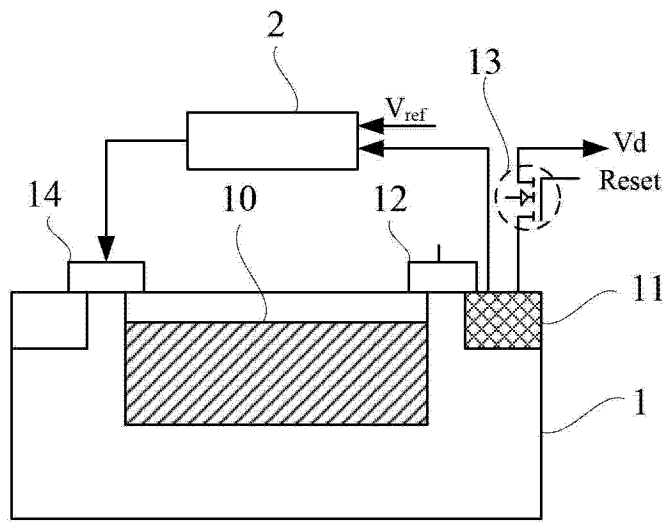


图 1

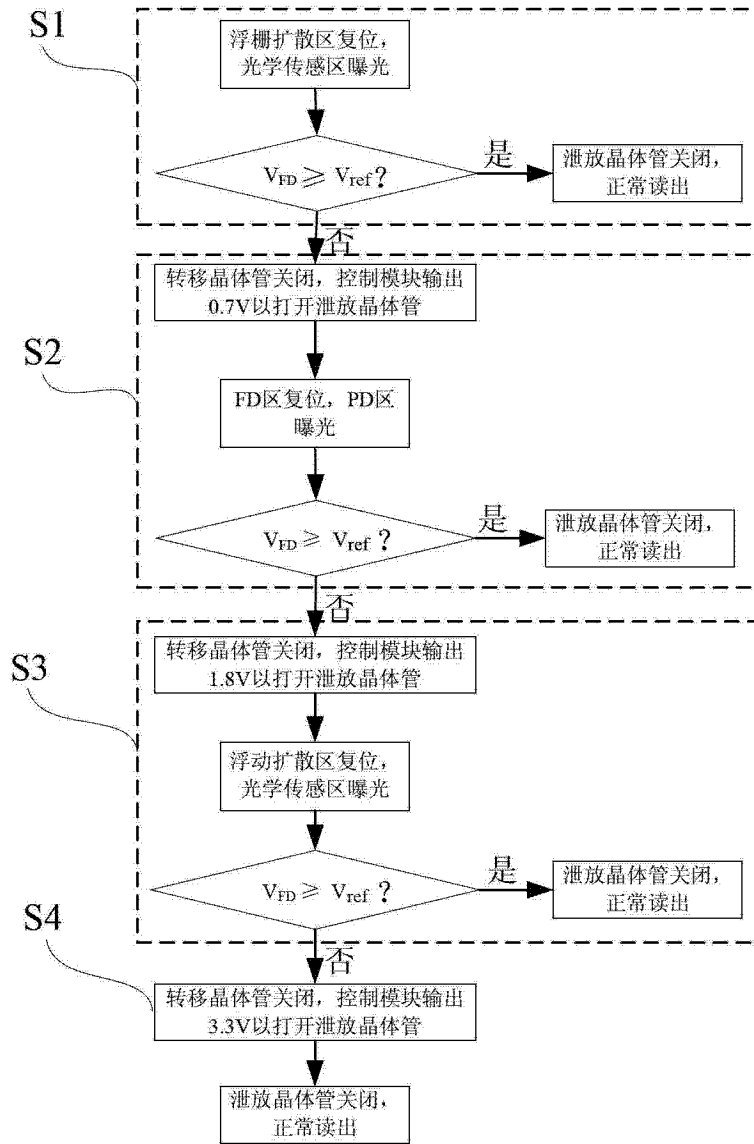


图 2