

WO 2015/158147 A1



本发明涉及 CMOS 图像传感器领域，为提供一种能够将两段比较技术中两段参考电压变化率统一起来的数字像素传感器，为此，本发明采用的技术方案是，采用多斜坡电压作参考电压的数字像素曝光方法，包括如下步骤：借助于 PWM 像素阵列实现，PWM 像素由光电二极管 PD、复位管 MRST、像素级、列级比较器和像素级、列级或阵列级存储器组成，像素级比较器的输入端分别为 PD 节点电压和设定的参考电压，PWM 型数字像素在复位之后进入曝光阶段，将曝光时间分成复位采样阶段 T_{rs} 和积分采样阶段 T_{is} ；复位采样阶段参考电压从 V_{ref_rsl} 线性上升到 V_{ref_rsh} 。本发明主要应用于 CMOS 图像传感器的设计制造。

采用多斜坡电压作参考电压的数字像素曝光方法

技术领域

本发明涉及 CMOS 图像传感器领域，尤其涉及一种采用多斜坡电压作为参考电压的数字像素传感器曝光方法。

5

背景技术

数字像素传感器 (digital pixel sensor, DPS) 属于 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 图像传感器中的一种。这种传感器在像素内部实现模拟数字的转换，后续的数据读出和处理都是在数字域进行。PWM (Pulse Width Modulation, 脉冲宽度调制) 是 DPS 的一种。参考图 1，基于 PWM 的像素结构和工作过程如下：一个典型的 PWM 像素由光电二极管 PD、复位管 MRST、像素级、列级比较器和像素级、列级或阵列级存储器组成 (图 1 以像素级比较器和像素级存储器为例)。像素级比较器的输入端分别为 PD 节点电压和设定的参考电压 V_{ref} 。像素级存储器的输入数据由像素阵列外部的全局计数器输入。PD 先复位至复位电压 V_{rst} ，在像素积分的过程中，PD 节点电容因外界光强作用产生的光生电流而放电，节点电压下降，像素级比较器比较 PD 节点电压与 V_{ref} 之间的关系，当它降低至 V_{ref} 时，该比较器的输出 V_{out} 发生由高电压到底电压的跳变，这一跳变信号控制像素级存储器停止“写”操作，保存当前全局计数器的数值。此时存储器中的数据即为该像素的积分时间 t_{int} 量化值，等价于像素从积分开始到其比较器输出翻转之间的时间间隔所形成的脉冲宽度，其值为：

$$t_{int} = \frac{(V_{rst} - V_{ref}) \cdot C_{PD}}{I_{ph}} \quad (1)$$

20

其中， I_{ph} 为光生电流， C_{PD} 为 PD 节点电容。参考图 2 所示， t_{int} 大小可表示像素光生电流值，且 t_{int} 与 I_{ph} 成反比，例如在图 2 所示的例子中，两种光强下 PD 的光生电流分别为 I_{ph1} 和 I_{ph2} ，则根据 (1) 式对应的脉冲宽度分别为 t_1 和 t_2 ，则

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{I_{ph2}}{I_{ph1}} \quad (2)$$

25 设 PWM 像素可探测的最大、最小信号分别为 I_{ph_max} 和 I_{ph_min} ，那么它的 DR (Dynamic Range, 动态范围) 为：

$$DR = 20 \times \log \left(\frac{I_{ph\_max}}{I_{ph\_min}} \right) = 20 \times \log \left(\frac{t_{max}}{t_{min}} \right) \quad (3)$$

从以上 PWM 像素的工作原理可以看出：在弱光条件下，当光强低于一定极限值时，PD 的光生电流很小 (小于 I_{ph_min})，节点电容放电缓慢，节点电压在规定的最长积分时间内将无法下降至 V_{ref} ，因此不会产生跳变信号控制存储器进行“写”操作，即该结构对弱光的探测能力受到 V_{ref} 的限制，对弱光的分辨能力弱。同样，在强光照条件下，PD 的光生电流很大 (大于 I_{ph_max})，节点电压很快下降到 V_{ref} ，计数器来不及产生有效值记录在存储器中，因此丢失了高光强部分的信息。综上所述，经典 PWM 像素结构在低光强环境和高光强环境中分别需要较高和较低的 V_{ref} ，来缩短或延长 t_{sig} 以被后续电路探测，所以该型 PWM 像素中

30

固定的 V_{ref} 取值往往不适合当前光照环境，导致 DR 较小。因此，为了获得较大的动态范围，有些技术采用随时间变化的参考电压 V_{ref} ，并且通过分段比较消除复位噪声和像素间偏差。其原理如下：

像素曝光期间参考电压比较分为两个大的阶段，第一段称为复位采样阶段，第二段成为积分采样阶段。如图 3 所示，曝光时间被分成了复位采样阶段 T_{rs} 和积分采样阶段 T_{is} 。在复位采样阶段 V_{ref} 从 V_{ref_rsl} 线性上升到 V_{ref_rsh} ，在积分采样阶段， V_{ref} 从 V_{ref_isl} 上升到 V_{ref_ish} 。在复位采样段和积分采样段中，光电二极管电压两次等于 V_{ref} 时的时间值 t_{PD_rs} 和 t_{PD_is} 。那么这两次的差值就是消除掉了复位噪声和像素间偏差的反应光强的时间值 t_{PD} 。这样做有一个前提就是复位采样阶段和积分采样阶段参考电压的变化斜率必须相同，不然 t_{PD_rs} 和 t_{PD_is} 无法完全消除复位噪声和像素间偏差，反而会引入新的偏差。但是复位采样阶段时间 T_{rs} 和积分采样阶段时间 T_{is} 时间差距通常非常大， T_{is} 通常是 T_{rs} 的 100~500 倍。所以很难做到这两段的参考电压斜率一致。

发明内容

为克服现有技术的不足，针对两段变化参考电压的两段变化率不能一致的问题，提供一种能够将两段比较技术中两段参考电压变化率统一起来的数字像素传感器，为此，本发明采用的技术方案是，采用多斜坡电压作参考电压的数字像素曝光方法，包括如下步骤：借助于 PWM 像素阵列实现，PWM 像素由光电二极管 PD、复位管 MRST、像素级、列级比较器和像素级、列级或阵列级存储器组成，像素级比较器的输入端分别为 PD 节点电压和设定的参考电压，PWM 型数字像素在复位之后进入曝光阶段，将曝光时间分成复位采样阶段 T_{rs} 和积分采样阶段 T_{is} ；复位采样阶段参考电压从 V_{ref_rsl} 线性上升到 V_{ref_rsh} ，积分采样阶段又细分为 N 个子阶段， N 为大于等于 2 的整数，除最后一个子阶段外，其余子阶段分别包括一个参考电压上升阶段和一个参考电压保持阶段，每个参考电压上升阶段参考电压由最低电压 $V_{ref\_isl\_n}$ 上升到每一段的最高电压 $V_{ref\_ish\_n}$ ， n 为大于等于 1 小于等于 N 的整数；在每个子阶段中的参考电压保持阶段，参考电压变化为固定值 V_{ref_hold} ，直到保持阶段结束，进入下一个子阶段，参考电压又开始从 $V_{ref\_isl\_n}$ 上升，经过 $N-1$ 个子阶段后，最后一个子阶段电压从 $V_{ref\_isl\_N}$ 上升到 $V_{ref\_ish\_N}$ ，这样一个曝光周期结束，像素进入读出和复位阶段。

子阶段的个数 N 取决于积分采样阶段的时间，子阶段个数 N 的选择通过 PWM 像素阵列芯片中数字电路来产生，在 PWM 像素阵列芯片设计时确定，最后固化在 PWM 像素阵列芯片中。

本发明的技术特点及效果：

在两段比较参考电压的基础上在第二段（积分采样阶段）划分出更多的斜坡来调整两段参考电压变化率的一致性。这样保证了两次比较得到的时间差能够真正消除掉复位噪声和像素间偏差。

附图说明

图 1 基于 PWM 的数字像素结构，

图 2 脉冲宽度 t_{int} 与光生电流 I_{ph} 之间的关系曲线,

图 3 两段比较式数字像素参考电压 (实线) 与光电二极管电压 (虚线) 变化示意图,

图 4 多段斜坡参考电压的数字像素参考电压 (实线) 与光电二极管电压 (虚线) 变化示意图。

5

具体实施方式

本发明中将参考电压两段比较方案的第二段 (积分采样阶段) 分为 N 个子阶段。子阶段的个数 N 取决于积分采样阶段的时间, 如果积分采样时间很长, 那么 N 需要取较大值, 可以选取 10 甚至以上; 如果积分时间较短, 那么 N 的取值范围在 1~10 之间。这个子阶段的选择通过芯片中数字电路来产生, 在芯片设计时确定的, 最后固化在芯片中。参考电压在这 N 个子阶段从每个子阶段的最低电压 $V_{ref\_isl\_n}$ 线性上升, 达到每段的最高电压 $V_{ref\_ish\_n}$ 之后跳变为 V_{ref_hold} 并且保持这个电压直至下一个进入子阶段。所以子阶段中包括了参考电压上升阶段和保持阶段。这样分段之后的参考电压可以保证每一个子阶段参考电压上升斜率与复位采样阶段的斜率一致。那么可以保证两段比较之后的时间差能够消除掉复位噪声和像素间偏差。

15 具体描述如下:

本发明所用像素结构与图 1 所示的常用 PWM 像素一样, 只是在参考电压和时序方面有改动。

PWM 型数字像素在复位之后进入曝光阶段。曝光时间被分成了复位采样阶段 T_{rs} 和积分采样阶段 T_{is} 。复位采样阶段参考电压从 V_{ref_rsl} 线性上升到 V_{ref_rsh} 。积分采样阶段又细分为 N (N 为大于等于 2 的整数) 个子阶段, 除最后一个子阶段外, 其余子阶段分别包括一个参考电压上升阶段和一个参考电压保持阶段。每个参考电压上升阶段参考电压由最低电压 $V_{ref\_isl\_n}$ (n 为大于等于 1 小于等于 N 的整数) 上升到每一段的最高电压 $V_{ref\_ish\_n}$ 。在每个子阶段中的参考电压保持阶段, 参考电压变化为固定值 V_{ref_hold} , 直到保持阶段结束, 进入下一个子阶段, 参考电压又开始从 $V_{ref\_isl\_n}$ 上升。经过 $N-1$ 个子阶段后, 最后一个子阶段电压从 $V_{ref\_isl\_N}$ 上升到 $V_{ref\_ish\_N}$, 这样一个曝光周期结束, 像素进入读出和复位阶段。

以 1.2v, 65nm 制作工艺为例给出本发明的一种实施方式。所设计图像传感器帧频为 60 帧每秒。那么每帧时间为 16.66ms。图 4 为曝光时间内参考电压与光电二极管电压变化示意图。其中 T_{rs} 设置为 102.4us, T_{is} 设置为 16153.6us。在复位采样阶段, 参考电压从 $V_{ref\_rsl}=1.076V$ 上升到 $V_{ref\_rsh}=1.2V$ 。积分采样阶段分为 7 个子阶段。7 个子阶段的时间分别为 636.8us、992us、1544us、2403.2us、3737.6us、5816us 和 1024us。前六个子阶段的参考电压上升阶段时间为 368us, 电压从 $V_{ref\_isl\_1} \sim V_{ref\_isl\_6}=0.2V$ 上升到 $V_{ref\_ish\_1} \sim V_{ref\_ish\_6}=0.568V$ 。前六个子阶段除 368us 的参考电压上升阶段, 其余时间为参考电压保持阶段时间。第 7 子阶段 1024us 全部为参考电压上升阶段, 参考电压从 $V_{ref\_isl\_7}=0.2V$ 上升到 $V_{ref\_ish\_7}=1.2V$ 。

35

权利要求

- 1、一种采用多斜坡电压作参考电压的数字像素曝光方法，其特征是，包括如下步骤：借助于 PWM 像素阵列实现，PWM 像素由光电二极管 PD、复位管 MRST、像素级、列级比较器和像素级、列级或阵列级存储器组成，像素级比较器的输入端分别为 PD 节点电压和设定的参考电压，PWM 型数字像素在复位之后进入曝光阶段，将曝光时间分成复位采样阶段 T_{rs} 和积分采样阶段 T_{is} ；复位采样阶段参考电压从 V_{ref_rsl} 线性上升到 V_{ref_rsh} ，积分采样阶段又细分为 N 个子阶段， N 为大于等于 2 的整数，除最后一个子阶段外，其余子阶段分别包括一个参考电压上升阶段和一个参考电压保持阶段，每个参考电压上升阶段参考电压由最低电压 $V_{ref\_isl\_n}$ 上升到每一段的最高电压 $V_{ref\_ish\_n}$ ， n 为大于等于 1 小于等于 N 的整数；在每个子阶段中的参考电压保持阶段，参考电压变化为固定值 V_{ref_hold} ，直到保持阶段结束，进入下一个子阶段，参考电压又开始从 $V_{ref\_isl\_n}$ 上升，经过 $N-1$ 个子阶段后，最后一个子阶段电压从 $V_{ref\_isl\_N}$ 上升到 $V_{ref\_ish\_N}$ ，这样一个曝光周期结束，像素进入读出和复位阶段。
- 2、如权利要求 1 所述的采用多斜坡电压作参考电压的数字像素曝光方法，其特征是，子阶段的个数 N 取决于积分采样阶段的时间，子阶段个数 N 的选择通过 PWM 像素阵列芯片中数字电路来产生，在 PWM 像素阵列芯片设计时确定，最后固化在 PWM 像素阵列芯片中。

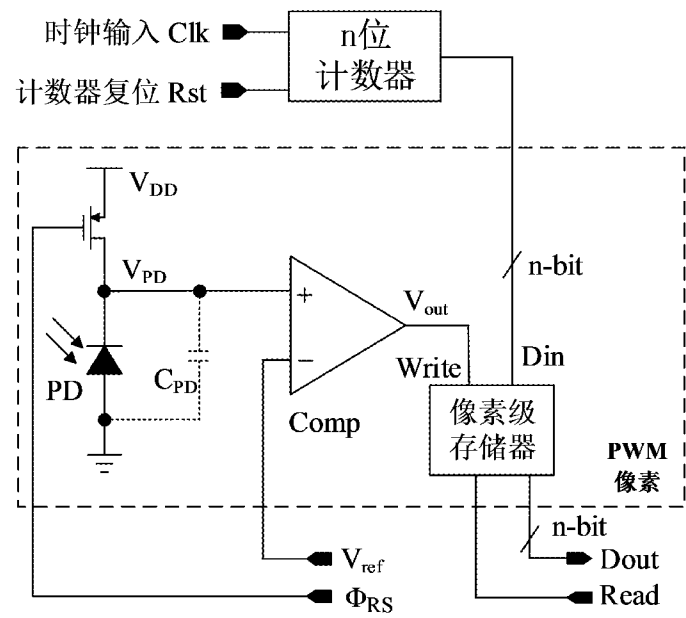


图 1

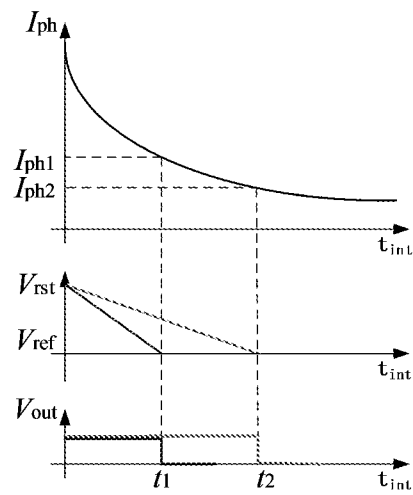


图 2

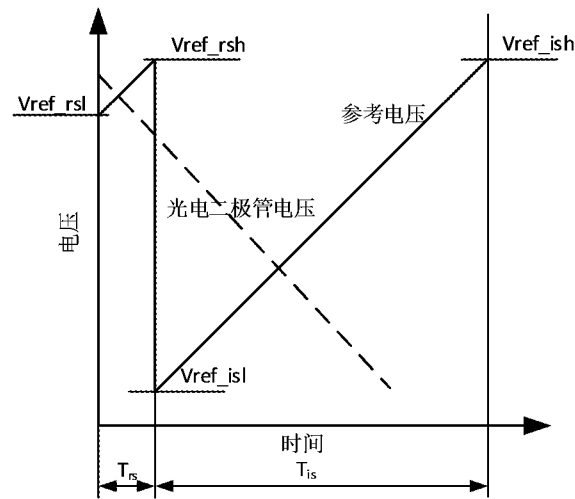


图 3

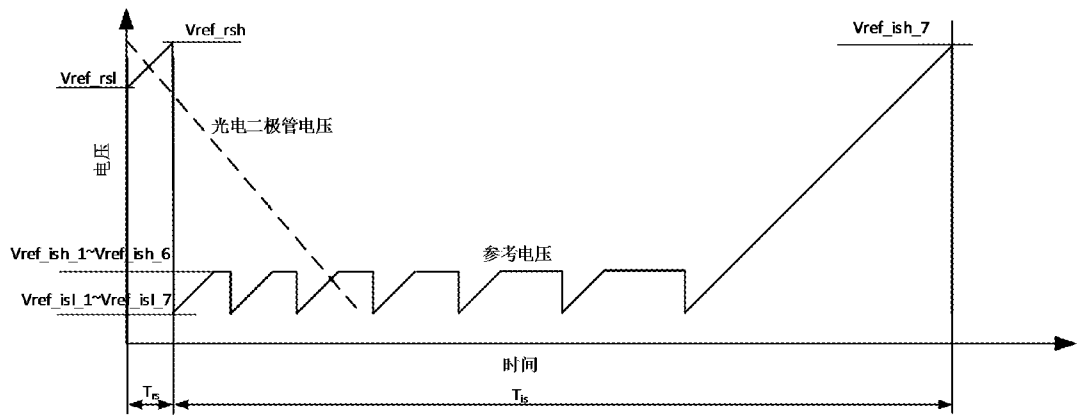


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/093762

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N 5/351 (2011.01) i; H04N 5/353 (2011.01) i; H04N 5/363 (2011.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX; CNABS; CNKI: reference, voltage, level, ramp, slope, sensor, exposure, stage, sample, pixel, "pmw", "cmos"

VEN: reference, voltage, ramp, slope, sensor, exposure, stage, sample, pixel, "pwm", "cmos"

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103369261 A (TIANJIN UNIVERSITY), 23 October 2013 (23.10.2013), the whole document	1-2
A	CN 1517964 A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.), 04 August 2004 (04.08.2004), the whole document	1-2
A	CN 102523392 A (TIANJIN UNIVERSITY), 27 June 2012 (27.06.2012), the whole document	1-2
PX	CN 103945144 A (TIANJIN UNIVERSITY), 23 July 2014 (23.07.2014), claims 1-2	1-2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 16 February 2015 (16.02.2015)	Date of mailing of the international search report 18 March 2015 (18.03.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer MA, Hui Telephone No.: (86-10) 62411524

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/093762

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103369261 A	23 October 2013	None	
CN 1517964 A	04 August 2004	JP 2004246320 A	02 September 2004
		EP 1439520 A3	24 December 2008
		EP 1439520 A2	21 July 2004
		KR 20040067965 A	30 July 2004
		US 2004207614 A1	21 October 2004
CN 102523392 A	27 June 2012	CN 102523392 B	12 March 2014
CN 103945144 A	23 July 2014	None	

A. 主题的分类		
H04N 5/351(2011.01)i; H04N 5/353(2011.01)i; H04N 5/363(2011.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
H04N		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CNTXT;CNABS;CNKI:参考, 电压, 电平, 斜坡, 斜率, 传感器, 曝光, 阶段, 采样, 抽样, 像素, 象素, "pmw", "cmos" VEN: reference, voltage, ramp, slope, sensor, exposure, stage, sample, pixel, "pwm", "cmos"		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 103369261 A (天津大学) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 全文	1-2
A	CN 1517964 A (三洋电机株式会社) 2004年 8月 4日 (2004 - 08 - 04) 全文	1-2
A	CN 102523392 A (天津大学) 2012年 6月 27日 (2012 - 06 - 27) 全文	1-2
PX	CN 103945144 A (天津大学) 2014年 7月 23日 (2014 - 07 - 23) 权利要求1-2	1-2
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2015年 2月 16日		2015年 3月 18日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国		马辉
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62411524

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/093762

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103369261	A	2013年 10月 23日	无			
CN	1517964	A	2004年 8月 4日	JP	2004246320	A	2004年 9月 2日
				EP	1439520	A3	2008年 12月 24日
				EP	1439520	A2	2004年 7月 21日
				KR	20040067965	A	2004年 7月 30日
				US	2004207614	A1	2004年 10月 21日
CN	102523392	A	2012年 6月 27日	CN	102523392	B	2014年 3月 12日
CN	103945144	A	2014年 7月 23日	无			