

CMOS 图像传感器电路噪声分析

杨 涛¹, 吴孙桃^{1,3}, 郭东辉^{1,2*}

(1. 厦门大学物理与机电工程学院, 2. 厦门大学信息科学与技术学院,

3. 厦门大学萨本栋微米纳米科学技术研究院, 福建 厦门 361005)

摘要: 从基本电路原理出发, 分析了采用互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器获取图像的基本噪声来源, 以及各噪声源的基本特性及其对输出图像的影响, 讨论了不同系统结构 CMOS 图像传感器的图像噪声表现与相应噪声消除以及提高图像质量的系统解决方案, 并进行了仿真验证。

关键词: CMOS 图像传感器; 电路噪声; 噪声消除

中图分类号: TN 4

文献标志码: A

文章编号: 0438-0479(2012)03-0321-06

时至今日, 互补金属氧化物半导体(CMOS)图像传感技术以其独特的技术优势, 如: 低功耗、高速信号处理与大规模系统集成能力等, 逐渐克服了诞生初期的技术限制^[1], 在与电荷耦合器件(CCD)图像传感技术的竞争中, 获得了极大的认可。但在高端图像应用领域, CMOS 图像传感器仍无法完全与 CCD 传感器竞争, 这主要源于 CMOS 图像传感技术的一些不足之处, 特别是其图像噪声指标方面还无法与 CCD 图像传感技术相比^[2-3]。

CMOS 图像传感器的噪声主要源于光电探测器的固有器件噪声与 CMOS 读出电路噪声^[4-5], 因此提升 CMOS 图像传感器的噪声性能指标通常是从器件结构(或工艺)和系统电路结构这两个方面的改进设计来考虑的, 前者诸如: 埋入型光探测器^[6], 源跟随管器件结构设计^[7]等, 后者包括: 各种相关双采样电路^[8], 增益适应性列电路^[9]等实现方法, 都极大促进了 CMOS 图像传感技术的持续进展。为了能够自主设计一款高性能的 CMOS 图像传感器, 我们希望通过具体分析其中的各种噪声源, 针对性解决图像传感器的噪声问题。

文中从信号的产生、放大、处理过程, 阐明了典型 CMOS 图像传感器中的噪声源及其各自特性, 并对噪声源进行分类讨论, 重点分析了各类型噪声源对图像效果的影响、不同系统结构的噪声表现与噪声消除方

案, 并进行了仿真验证。

1 CMOS 图像传感器与噪声源

1.1 CMOS 图像传感器的原理

典型单片集成的 CMOS 图像传感器^[1-3]如图 1 所示, 主要是由光电转换器件(PD)与像素电路、列读出电路、芯片读出电路、时序控制电路以及行、列控制电路共同构成。

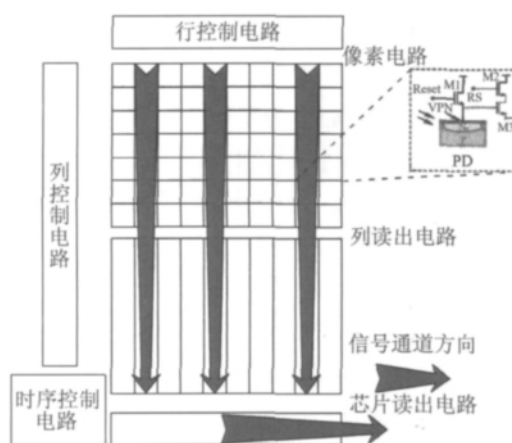


图 1 典型 CMOS 图像传感器原理结构图

Fig. 1 Typical structure of CMOS image sensor

基本工作过程如下: 当外部图像的光信号通过透镜平行入射到 CMOS 图像传感器的 PD 上后, 像素电路把各自入射的光信号转为电信号, 随后由列读出电路对信号处理, 并送至 ADC, 实现模拟信号的数字化, 最后再根据设定的数字图像格式把图像信号输出。与之相应, CCD 传感器^[1]则是把所有像素的电荷以耦合

收稿日期: 2011-11-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(60940029); 福建省科技重点项目(2009H0043); 高等学校博士学科点专项科研基金(20090121110019)

* 通信作者: dhguo@xmu.edu.cn

方式通过移位寄存单元直接转移到输出端口,再由统一的电路完成电荷到模拟信号的转化、处理与数字化过程。

因此,CMOS 图像传感器与 CCD 传感器的信号读取,首先在像素电路上就存在差异,不同于 CCD 像素电路的电荷移位作用,CMOS 图像传感器在像素电路上即已实现电荷到电信号的转换;其次,CCD 采用统一的电路完成电信号转化、处理与数字化,CMOS 图像传感器则需要对应的各自电路,以实现后续信号的处理。考虑到当前 CMOS 图像传感器的噪声性能普遍低于 CCD 传感器,从电路上分析 CMOS 图像传感器的噪声特性,便成为设计高质量 CMOS 传感器的必然选择。

1.2 CMOS 图像传感器的噪声源

影响 CMOS 图像传感器系统的噪声源主要有 3 种形式^[4-5]:散粒噪声、热噪声和固定模式噪声(FPN)。

1) 散粒噪声主要包括输入光子散粒噪声、光生电流散粒噪声与暗电流散粒噪声。它们是由大量单个事件的统计不确定性引起的,在时间上服从泊松分布^[10],通常采用噪声值的标准差 σ 来描述,总的散粒噪声可记为

$$\sigma_{\text{shotn}} = \sqrt{\sigma_{\text{psn}}^2 + \sigma_{\text{pcsn}}^2 + \sigma_{\text{dcsn}}^2}, \quad (1)$$

式中, $\sigma_{\text{psn}} = q \sqrt{N}/C_{\text{pd}}$ 为光子散粒噪声, $\sigma_{\text{pcsn}} = \sqrt{qI_1 T_{\text{int}}}/C_{\text{pd}}$ 为光生电流散粒噪声, $\sigma_{\text{dcsn}} = \sqrt{qI_2 T_{\text{int}}}/C_{\text{pd}}$ 为暗电流散粒噪声。其中, N 、 I_1 、 I_2 分别为入射光子数目、光生电流、暗电流, C_{pd} 、 T_{int} 分别表示探测器等效电容、积分时间,而 q 为单电荷电量。

2) 热噪声主要包括器件读出的热噪声和电路复位、充放电模式引起的复位噪声。它们是金属氧化物半导体(MOS)器件固有的噪声,由热电子随机运动的不确定性引起,在时间上服从高斯分布^[10],也采用噪声值的标准差 σ 描述,相应总的热噪声可记为

$$\sigma_{\text{thermaln}} = \sqrt{\sigma_{\text{tn}}^2 + \sigma_{\text{rn}}^2}, \quad (2)$$

式中, $\sigma_{\text{tn}} = \sqrt{4kTBR}$ 为电路中阻性元件引起的热噪声, $\sigma_{\text{rn}} = \sqrt{\frac{kT}{C}}$ 为电路中容性元件充放电引起的复位噪声,其中 k 、 T 、 B 、 R 、 C 分别为玻尔兹曼常数、绝对温度、等效带宽、等效电阻和复位电容。

3) FPN 包括各电路的失配和探测器阵列的光照不均匀响应(PRUN)两种类型的噪声,此类噪声主要是由 CMOS 工艺生产过程中电路或器件失配引起的,一般可认为它在空间上服从高斯分布^[11],因此,也用噪声值的标准差 σ 来描述,总的可记为

$$\sigma_{\text{fixedn}} = \sqrt{\sigma_{\text{fpn}}^2 + \sigma_{\text{PRNU}}^2}, \quad (3)$$

式中, σ_{fpn} 为电路的失配,主要包括 MOS 器件对应的掩膜刻蚀失准和工艺偏差情况造成的器件尺寸、宽长比、阈值电压等失配;同样, σ_{PRNU} 为像素电路阵列或摄像头镜头偏差造成光照不均匀所引起的噪声。

可见,CMOS 图像传感器系统的噪声源从产生特性上看可归类为:时间噪声和空间噪声。前者表现为噪声幅值随时间而变化,包括散粒和热噪声;后者则是噪声幅值随空间分布的差异,来自于系统的 FPN。考虑到时间噪声和空间噪声普遍存在于 CMOS 图像传感器系统的各个电路中,有效区分 CMOS 图像传感器各电路的噪声影响对改善 CMOS 图像传感器系统设计就显得非常重要。

2 CMOS 图像传感器噪声分析

2.1 信号通道与噪声图像

图 2 以位置 (i, j, t) 为例,标出了图 1 所示的 CMOS 图像传感器结构输出信号通道上的各种噪声影响。其中, V_{ijt} 、 V'_{ijt} 、 V''_{ijt} 、 V'''_{ijt} 分别为原始输入光信号幅值及经过各级电路后输出的带噪声信号幅值, a_1 、 a_2 、 a_3 分别表示各级电路的放大因子,下标 i, j 对应像素空间所属坐标, t 对应信号的输出时间。由此,可具体分析各级电路噪声给输入图像信号 V_{ijt} 带来的影响:

$$V'_{ijt} = a_1 \times (V_{ijt} + N'), \quad (4)$$

$$V''_{ijt} = a_2 \times (V'_{ijt} + N''), \quad (5)$$

$$V'''_{ijt} = a_3 \times (V''_{ijt} + N'''), \quad (6)$$

式中, N' 、 N'' 、 N''' 分别表示各级电路对信号施加的等效噪声,由于噪声非相关特性,各自的标准差分别以

$\sigma_{\text{pixel}_{ijt}}$ 、 $\sigma_{\text{column}_{jt}}$ 、 σ_{chip_t} 表示:

$$\sigma_{\text{pixel}_{ijt}} = \sqrt{\sigma_{\text{shotn}_{ijt}}^2 + \sigma_{\text{ptn}_{ijt}}^2 + \sigma_{\text{prn}_{ijt}}^2 + \sigma_{\text{pfpn}_{ij}}^2 + \sigma_{\text{PRNU}_{ij}}^2}, \quad (7)$$

$$\sigma_{\text{column}_{jt}} = \sqrt{\sigma_{\text{crn}_{jt}}^2 + \sigma_{\text{ctn}_{jt}}^2 + \sigma_{\text{cfpn}_j}^2}, \quad (8)$$

$$\sigma_{\text{chip}_t} = \sqrt{\sigma_{\text{chiprn}_t}^2 + \sigma_{\text{chiptn}_t}^2 + \sigma_{\text{chipfpn}_{jt}}^2}, \quad (9)$$

其中, σ_{ptn} 、 σ_{ctn} 、 σ_{chiptn} 、 σ_{prn} 、 σ_{crn} 、 σ_{chiprn} 分别对应像素电路、列电路与芯片电路读出热噪声与复位噪声在各自端口的等效标准差; σ_{pfpn} 、 σ_{cfpn} 、 σ_{chipfpn} 则为 FPN 在各级电路的等效标准差。

由此,可依据公式(4)~(6),用数值方式计算 CMOS 图像传感器系统摄取的视频图像受噪声的影响,因各信号强度与工艺、设计紧密相关,以下是具体数值幅度估计:

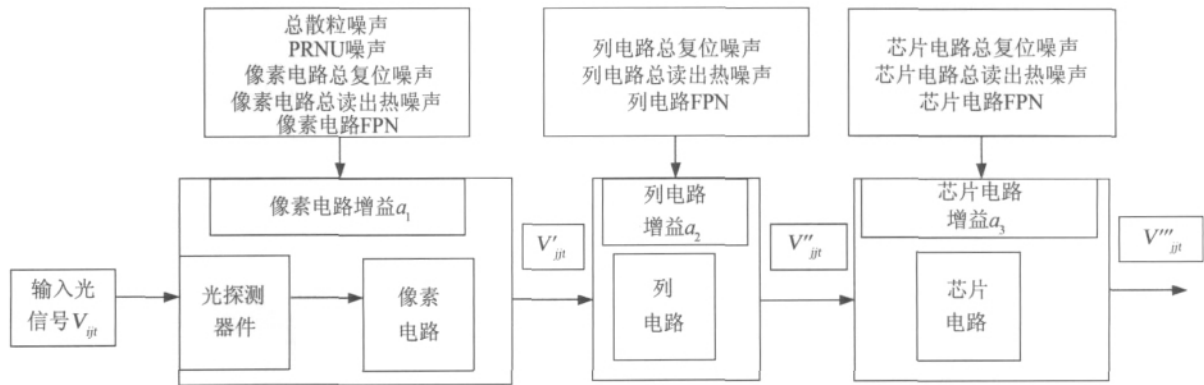


图2 信号通道示意图

Fig. 2 Signal channel diagram

以采用 TSMC-0.18 μm CMOS 工艺开发的 CMOS 图像传感器芯片为例,若每个像素电路中 PD 器件版图大小取为 $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$,经估算 PD 的等效电容 C_{pd} 约为 $35\ \text{fF}$ 。该电容在积分时间 $T_{\text{int}} = 30\ \text{ms}$, $100\ \text{lx}$ 的光照下(对应的光生电流 I_1 、暗电流 I_2 的速率分别约为 $0.22\ \text{pA/s}$ 、 $1\ \text{fA/s}$),累积信号幅度约为 $0.185\ \text{V}$ 。散粒噪声主要受光照、器件性质与工艺影响,其各种形式的噪声数值估计可参照式(1),于是有 $\sigma_{\text{psn}} = 1.4\ \text{mV}$, $\sigma_{\text{pcsn}} = 900\ \mu\text{V}$, $\sigma_{\text{dcsn}} = 62.5\ \mu\text{V}$ 。热噪声、FPN 与电路结构直接相关,在未考虑实际电路的情况下,难以估计具体数值。本文以选用文献的结果,作为这类噪声幅值的一般估计。以热噪声为例,文献[8]数据显示,传感系统热噪声电子数覆盖范围在几个 e^- 至近千个 e^- ,对应热噪声幅值约为几微伏至近 $10\ \text{mV}$,幅值变化很大。本文参考文献[12]中相关数值,以其总热噪声 $\sigma_{\text{thermaln}} = 600\ \mu\text{V}$ 作为传感器热噪声的一般水准,约为满幅输出电压 $1\ \text{V}$ 的 0.06% 。同样,参考文献[13]中 FPN 受设计方案与工艺水准影响,其数据变化范围相当于满幅输出的 $0.2\% \sim 1.5\%$,若考虑到某些系统设计不合理的因素,幅值变化会更大。本文以文献[20]中的 0.68% 作为传感器 FPN 的一般估值。

因此可构造图 3,可见,一般噪声估值下,各噪声图像对人眼视觉影响并不显著;而大噪声估值下,噪声视觉较为明显:其中因时间噪声与像素 FPN 在最终图像上杂散分布,呈现标准的雪花状效果;列 FPN 因与列电路水平方向分布相关,表现为竖直条纹失真;而芯片 FPN,相当于对整个图像施加的一个偏移量,引起图像的变暗或变亮。

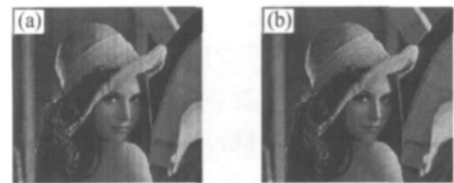
一般来说,人类视觉系统对 FPN 比较敏感,这在图 3 中已有所体现。图 4 进一步说明了该现象。结果表明标准差为 2% 的高斯噪声已不易察觉,而噪声标准



(a1)、(b1)为未添加噪声的原始图像;(a2)、(a3)、(a4)分别对应添加一般噪声估值下 V'_{ijt} 、 V''_{ijt} 、 V'''_{ijt} 的输出,此时,时间噪声、FPN 分别取为 0.35% 、 0.68% ;(b2)、(b3)、(b4)则分别为添加大噪声估值下 V'_{ijt} 、 V''_{ijt} 、 V'''_{ijt} 的输出,时间噪声、FPN 分别取 3.9% 、 5% 。

图3 原始图像与噪声图像对比

Fig. 3 Comparison between original pictures and noisy pictures



(a)、(b)为分别添加标准差为 2% 的列 FPN 噪声与高斯噪声图像。

图4 添加不同噪声的图像比较

Fig. 4 Comparison between pictures with different noise source

差为 2% 的列 FPN 却仍然很明显。因此,有效地消除 FPN 就尤为重要。

2.2 系统实现方案及其噪声效果比较

另一类对 CMOS 图像传感器图像效果有很大影响的因素是系统实现方案。以图 1 基本电路模块为准,处理电路、功能电路与 AD 转换电路就可根据实际应用需求选择该模块在芯片中的实现位置^[8,14-15]。以 ADC 为例,就存在像素 ADC、列 ADC 和芯片 ADC 3

种不同实现方法,相应噪声组成也有很大差别.图5(a)、(b)、(c)分别为芯片、列与像素 ADC 实现方案的噪声图像,其各自噪声表述分别对应公式(6)、(5)与(4).一般说来,列 ADC 和芯片 ADC 方案因包含较多的噪声因子,与像素 ADC 的方案相比,难以抑制像素外的噪声成分,总体噪声较大.另一方面,像素 ADC 方案因将部分处理功能移至像素中,像素模块总噪声的相对数值势必增大,在实现过程中,该方案还面临着较高的工艺及版图设计要求.

由图5可以看出,芯片与列 ADC 方案兼有时间与空间噪声效果,像素 ADC 方案中的噪声源最少,其噪声图像上甚至无需考虑条纹失真,表现为典型的雪花状分布.



(a) 芯片 ADC 噪声图像; (b) 列 ADC 噪声图像;
(c) 像素 ADC 噪声图像.

图5 系统方案对噪声图像的影响

Fig. 5 The noise effect of different system structures

3 噪声消除与仿真分析

对于设计者而言,更为重要的是有效降低各噪声的影响,本节讨论几种可应用于模拟电路设计的噪声消除方法及其噪声消除效果.

1) 时间噪声也即泊松与高斯噪声.泊松噪声(即散粒噪声),与工艺、器件有很大关系,设计人员只能尽力改善光电二极管的结构,并优化工艺,以减小二极管的暗电流;高斯噪声也即电路整体热噪声,是分子热运动的必然结果,只能尽量抑制.目前减少该噪声效果的方法主要有2种:平均^[16]和电路优化.平均的方法被数字图像处理广泛使用,电路优化主要是指依照低噪声系统的设计原则,尽量降低电路中各部分的噪声贡献.

由式(6),各级电路总的热噪声在输入端标准差 $\sigma_{tn, tot}$ 记为

$$\sigma_{tn, tot} = \sqrt{\sigma_{pin_{jt}}^2 + \sigma_{prn_{jt}}^2 + \frac{\sigma_{ctn_{jt}}^2}{a_1^2} + \frac{\sigma_{crn_{jt}}^2}{a_1^2} + \frac{\sigma_{chiptn_t}^2}{a_1^2 a_2^2} + \frac{\sigma_{chprn_t}^2}{a_1^2 a_2^2}}.$$

因此控制各级电路的噪声成分和电路对信号放大

因子成为低噪声系统设计的主要内容.主要体现在对各个管子宽长比、电流的调整,信号带宽以及各级增益的控制,类似噪声分析与优化可参考文献[17-18]等论述.图6示意了平均处理后的噪声图像,图像表明平均的方式却能很好地抑制高斯噪声成分,但该方法对FPN噪声却无能为力.



(a) 未经处理的噪声结果; (b) 经3次平均处理后的噪声图像;
(c) 经5次平均处理后的噪声图像.

图6 噪声处理后图像

Fig. 6 The effect of average on noisy picture

2) 空间噪声即 FPN. 消除该类噪声常用的方法如:校准^[19]和添加各级 FPN 消除电路^[20-21],如相关双采样电路^[22].这两种方法的核心在于通过对比前后两次待处理信号值 V_1 与 V_2 ,因为空间噪声与时间无关,经过 $V_1 - V_2$,可将噪声去除.采用校准的方法往往需要占用额外的存储电路,增加了芯片成本;而相关双采样的消除方法则可能出现抑制电路自身导致的 FPN,应尽量抑制该类电路的 FPN 影响,并抑制其中的热噪声成分.

图7为各级 FPN 消除电路添加后的噪声图像,可见 FPN 确实得到较好的抑制.



(a) 添加各级 FPN 图像; (b) 添加像素 FPN 抑制电路后的结果;
(c) 为在(b)基础上添加列 FPN 抑制电路后的输出.

图7 各级 FPN 消除示意

Fig. 7 The effect of FPN reduction

还有一类从系统结构考虑的噪声消除方法,如:动态列开关技术^[23]和金字塔形的像素电路结构^[11]等.前者通过在像素电路与列电路中增加动态开关模块,从而分散了列电路带来的 FPN;后者采用了独特的读出结构.这两种方法虽然并未实质上减小各部分电路的噪声贡献,但在视觉效果上都能有效地减轻 FPN 的影响.

图 8 为动态列开关技术的仿真图像,结果表明,该方法确实能起到抑制 FPN 的作用,此外该电路实现也较为简便,提供了一种在最大保留原设计基础上,仍能改善噪声特性的新思路。



(a)添加 10%FPN 图像;(b)经动态列开关电路处理后的噪声图像。

图 8 动态列开关技术消去噪声图像

Fig. 8 The effect of dynamic column switch technology

4 结 论

本文从 CMOS 图像传感器几种基本的噪声源出发,结合不同类型的系统方案,根据信号通道的噪声计算,讨论了图像传感器中普遍存在的噪声问题,并通过数值仿真,再现了各噪声源与几类典型系统方案的视觉效果;之后,为消除噪声影响,讨论了三类适用于电路的噪声消除方法。总的说来,尽管时间噪声与 FPN 普遍存在,但不同电路的噪声贡献却因为分布不同有很大差异。因此在具体电路设计中,必须遵从低噪声的设计原则,通过优化抑制各噪声成分;或者合理选择消除方法降低噪声影响,这样才能设计出符合要求的 CMOS 图像传感器。

参考文献:

- [1] Bigas M, Cabruja E, Forest J, et al. Review of CMOS image sensors[J]. *Microelectronics Journal*, 2006, 37(5): 433-451.
- [2] El Gamal A, Eltoukhy H. CMOS image sensors[J]. *IEEE Circuits and Devices Magazine*, 2005, 21(3): 6-20.
- [3] Theuwissen A. CMOS image sensors: state-of-the-art and future perspectives[C]//ESSDERC 2007 Conference Proceedings. Munich, Germany: IOP, 2008: 21-27.
- [4] Grant L. Characterisation of noise sources in CMOS image sensors[C]//Solid-State Circuits Conference. San Francisco, USA: IEEE, 2005: 32-37.
- [5] Pain B, Cunningham T J, Hancock B. Noise sources and noise suppression in CMOS imagers[C]//The International Society for Optical Engineering. San Diego, USA: SPIE, 2004: 111-120.
- [6] Inoue I, Tanaka N, Yamashita H, et al. Low-leakage-current and low-operating-voltage buried photodiode for a CMOS imager source[J]. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2003, 50(1): 43-47.
- [7] Martin G P, Havard E, Magnan P. Custom transistor layout design techniques for random telegraph signal noise reduction in CMOS image sensors[J]. *Electronics Letters*, 2010, 46(19): 1323-1324.
- [8] Kozlowski L J, Rossi G, Blanquart L, et al. Pixel noise suppression via SoC management of tapered reset in a 1920×1080 CMOS image sensor[J]. *IEEE Journal of Solid-State Circuit*, 2005, 40(12): 2766-2776.
- [9] Kawahito S, Sakakibara M, Handoko D, et al. A column-based pixel-gain-adaptive CMOS image sensor for low-light-level imaging[C]//International Solid-State Circuits Conference. San Francisco, USA: IEEE, 2003: 224-225.
- [10] Costantini R, Süssstrunk S. Virtual sensor design[C]//The International Society for Optical Engineering. San Jose, USA: SPIE, 2004: 408-419.
- [11] Saffih F, Hornsey R. Reduced human perception of FPN noise of the pyramidal readout CMOS image sensor[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2007, 17(7): 924-930.
- [12] Lee D, Cho K, Kim D, et al. Low-noise in-pixel comparing active pixel sensor using column-level single-slope ADC[J]. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2008, 55(12): 3383-3388.
- [13] Anaxagoras T, Kent P, Allinson N, et al. ELLeNA: a parametric CMOS active-pixel sensor for the evaluation of reset noise reduction architectures[J]. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2010, 57(9): 2163-2175.
- [14] Park J H, Aoyama S, Watanabe T, et al. A $0.1e^-$ vertical FPN $4.7e^-$ read noise 71 dB DR CMOS image sensor with 13b column-parallel single-ended cyclic ADCs [C]//International Solid-State Circuits Conference. San Francisco, USA: IEEE, 2009: 268-269.
- [15] Sakakibara M, Kawahito S, Handoko D, et al. A high-sensitivity CMOS image sensor with gain-adaptive column amplifiers[J]. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 2005, 40(5): 1147-1155.
- [16] Chi Y M, Mallik U, Clapp M A, et al. CMOS camera with in-pixel temporal change detection and ADC[J]. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 2007, 42(10): 2187-2196.
- [17] Yadid P O, Belenky A. In-pixel autoexposure CMOS APS[J]. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 2003, 38(8): 1425-1428.
- [18] Tian Hui, Fowler B, El Gamal A. Analysis of temporal

- noise in CMOS photodiode active pixel sensor[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2001, 36(1): 92-101.
- [19] Degerli Y, Lavernhe F, Magnan P, et al. Analysis and reduction of signal readout circuitry temporal noise in CMOS image sensors for low-light levels [J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2000, 47(5): 949-962.
- [20] Bosco A, Findlater K, Battiato S, et al. A noise reduction filter for full-frame data imaging devices [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2003, 49(3): 676-682.
- [21] Kim D, Han G. A low noise and low power CMOS image sensor with pixel-level correlated double sampling[C]// Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems. Krakow, Poland: IEEE, 2007: 113-115.
- [22] Sunetra K M, Sabrina E, Russell C, et al. Progress in CMOS active pixel sensors [C]// Charge-Coupled Devices and Solid State Optical Sensors IV. San Jose, USA: SPIE, 1994: 19-29.
- [23] Snoeij M F, Theuwissen A J P, Makinwa K A A, et al. A CMOS imager with column-level ADC using dynamic column fixed-pattern noise reduction [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuit, 2006, 41(12): 3007-3015.

Analysis of Noise Behavior in CMOS Image Sensor

YANG Tao¹, WU Sun-tao^{1,3}, GUO Dong-hui^{1,2*}

(1. School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University,

2. School of Information Science and Engineering, Xiamen University,

3. Pen-Tung Sah Micro-Nano Technology Institute, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The system of a complementary metal oxide semiconductor (CMOS) image sensor and its operating mode are introduced. As noise problem is a key issue for image acquisition, a suitable noise model must be established. Here, we describe various noise sources, its fundamental factors, influences on image distortion and some different CMOS image sensor structures with their noise behavior, and then view general idea of noise reduction. Experiment results confirm the idea.

Key words: CMOS image sensor; circuit noise; noise elimination