





<u>吴梦施</u>、高武*、唐尹、刘媛

西北工业大学微电子研究所,陕西 西安,710072 *通讯作者: gaowu@nwpu.edu.cn













基于CMOS的有源像素传感器结构





4



大面阵COMS图像传感器辐射环境应用





总剂量辐射效应

长时间工作在辐射环境下



累积效应(总剂量效 应、位移损伤效应)

总剂量效应导致暗电流噪声恶化,使读出噪声增强,信噪比严重**衰降**。





辐射致噪声



7



2 测试系统及实验方案



实验商用芯片介绍

满井容量	91ke-	像素结构	4T
有效成像面积	22.5mm(H)×22.5mm(V)	工作温度	-55°C~+80°C
像元尺寸	11μm×11μm	最大功耗	<600mW
像元个数	2048×2048	最大信噪比	>49dB
固定模式噪声	<2e-	读出噪声	1.45e-
ADC	12bit	暗电流	<0.15e ⁻ /s/pix@-20°C
光响应不均匀性	<0.8%	动态范围	高动态范围模式>96dB
最大量子效率	58%(<u>0</u> 600nm	灵敏度	$1.81 \times 10^{8} \text{e}^{-/((W/m^2) \cdot s)}$
RESET M2 VDD			







测试系统及环境



支架用于固定测试板, 同时通过调节传感器与 积分球的距离来控制光 强。 测试板夹 轨道



上位机





辐照实验方案









辐射致暗电流



主要结论/特性:

- 在温度不变的条件下,暗电流随 辐照剂量增加而增加的过程表现 为两个特征;
- 存在暗电流明显增长的剂量阈值 TID_{thres},在剂量达到该阈值之前, 暗电流大致呈线性增长;
- 当剂量超过该阈值后,暗电流呈 较明显的指数式增长。

辐射致暗电流经验模型:
$$I_{dark} \cong \begin{cases} C_1(I_0 + K \cdot \phi)e^{-E_a/k_BT} & \phi \ge TID_{thres} \\ C_2I_0 & \phi \ge TID_{thres} \end{cases}$$



高低增益模式暗电流对比



结论:低增益模式下γ射线对器件暗电流的影响更大→提 高传感器增益能降低γ射线辐射对器件的总剂量效应



暗电流三维分布





暗电流幅值分布





辐射致暗电流非均匀性



主要结论/特性:

- ➢ 温度不变的情况下,在总 剂量达到60krad(Si)之前大 致呈线性增长趋势,
- 当总剂量达到80krad(Si)之 后暗电流非均匀性迅速增 大,输出图像不均匀性已 经较为严重,肉眼可明显 观测到图像质量的下降。

辐射致暗电流非均匀性经验模型: DCNU = D(n) = $\lambda = \Phi \cdot \sigma \cdot N_{atom} \cdot V_{dep}$



辐射致固定模式噪声







辐射致等效噪声电荷



等效噪声电荷随辐射剂量增加表现为两个特性:

- 存在等效噪声电荷明显增长的剂量阈值TIDthres,在达到该阈值之前等效噪声电荷增长不明显
- ➢ 超过该阈值后等效噪声电荷呈明显的指数增长



总结与展望

总结

- 主要介绍了大面阵CMOS有源像素传感器γ射线辐射效应研究的实验内容及结果分析;
- 实验采用了较为先进的商业大面阵CMOS有源像素传感器,同时对暗电流、暗电流非均匀性、固定模式噪声、等效噪声电荷这四项噪声参数进行了测量;
- 实验结果得出了暗电流、暗电流幅值分布、暗电流非均匀性、固定模式噪声、等效噪声电荷随总剂量的变化情况;结合测量的四项参数的实验结果得出总剂量导致的噪声参数变化都表现为两个特性,存在一个剂量阈值,超过该阈值后噪声参数都会迅速增大;通过曲线拟合并结合前人的研究得到了相应噪声的经验模型;

■ 展望

- □ 对辐射致固定模式噪声和等效噪声电荷做进一步研究;
- □ 开展其他辐射粒子的辐射效应研究;
- 根据理论推导及实验研究验证得出的辐射致噪声模型指导抗辐射CMOS有源像 素传感器的硬件设计和图像处理的软件设计。



请各位专家批评指正! 谢谢! 问题?

