

MGy オーダーの耐放射線埋込みフォトダイオード CMOS イメージセンサーの開発

Development of Multi-MGy Radiation Tolerant CMOS Active Pixel Image Sensor

マツハコーポレーション¹, JAXA 宇宙科学研究所² ◯原口 能純¹, 池田 博一², 福田 盛介²

Mach Corp.¹, ISAS/JAXA², ◯Yoshizumi Haraguchi¹, Hirokazu Ikeda², Seisuke Fukuda²

E-mail: y.haraguchi@machcorp.jp

福島原発の廃炉用途など高い線量下に耐えうる可視光の撮像装置としては旧来からの撮像管があげられるが、撮像管はその大きさや取り扱いにくさ、現在ではあまり生産されていない等の問題があり、代替となる小型で高い耐放射線（耐 TID）性を持つ半導体撮像素子の開発が求められている。しかし放射線のトータルドーズ効果による電離作用で発生した固定正電荷により半導体チップの絶縁膜が帯電する影響で画素に暗電流増加が生じ、CMOS APS(Active pixel image sensor)では 10~100kGy の累積照射線量が一般的な限界となっている。本開発では CMOS APS(5Tr 型)の耐放射線性を高める為、通常用いられている Bulk-Si ウエハをベースとして耐放射線施策を組み込んだ CMOS APS のチップ試作とそれに対する Co60- γ 線照射試験及び撮像評価を行った。

目標として当初累積照射線量 100kGy の高線量照射後も撮像可能なセンサー画素の開発を目指した。センサー画素は 12 μ m ピッチで 240 \times 240 の画素数で構成しており、実験で用いたものは ①通常の埋め込みフォトダイオードのセンサーチップ、②埋め込みフォトダイオードのアクティブ領域と素子分離(STI)の間に P+イオン注入でガードリング強化したオーソドックスな手法を用いたセンサーチップ、③フォトダイオード (①と同じもの) 間の、通常は素子として用いられない STI 上にポリシリコンの配線状電極を配置したセンサーチップの主に 3 つである。

フレームレート約 43fps で Co60- γ 線照射後に通常環境で撮像評価を行った結果、①,②,③のチップはいずれも累積照射線量 130kGy で暗電流増加による顕著な画質劣化が生じ、さらに 330kGy では暗電流で信号出力が飽和して画像がいずれもホワイトアウト状態(Fig.2)となった。ここで Fig1. は初期状態である。しかしここで③のチップでは STI 上に配置したポリシリコン電極にマイナス電圧(Vsti=-11V)を印加することで暗電流の大幅な低減が確認された(Fig3.)。暗電流は低減前と比較して $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$ 倍程度まで低下、画像も十分視認できる状態に回復する。またその後マイナス電圧を -36V まで印加すれば累積照射線量約 2.5MGy でもまだ十分視認が可能なサンプルもあり、当初目標の累積照射線量 100kGy の耐放射線性を大きく超える結果が得られた。

本発表では以上の詳細結果報告と高線量照射後の暗電流低減作用にマイナス電圧 Vsti 印加後の時間依存性があることから、その様子を撮像した動画の紹介も交えて説明する予定である。

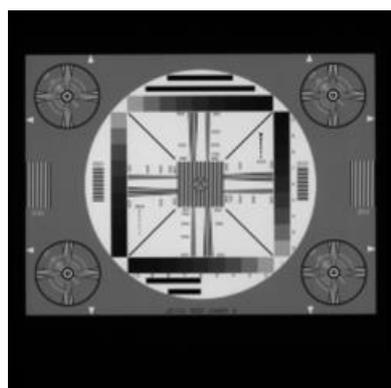


Fig1. TID=0kGy, Vsti=0V



Fig2. TID=332.5kGy, Vsti=0V

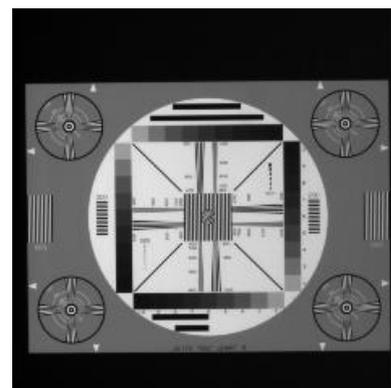


Fig3. TID=332.5kGy, Vsti=-11V