

計測器の耐放射線化技術の検討

Study on radiation resistance technology of measurement instruments

*桑名 諒¹, 増永 昌弘¹, 江川 恵造², 佐藤 慎太郎¹, 原 勲¹, 赤平 寿朗²

¹日立製作所, ²日立ハイテクソリューションズ

原子力発電プラント内で使用される計測器の更なる高信頼化のために、日立では耐放射線化技術の開発に着手した。今回は、計測器用の回路について、耐放射線化の検討と照射試験を実施した結果を報告する。

キーワード：計測器、耐放射線、半導体、オペアンプ、ガンマ線、SiC

1. 緒言

原子力プラント用計測器の高信頼化のために、計測器用回路の耐放射線性向上が望まれている。今回、回路部品中で最も耐放射線性が低いオペアンプに対し、その構成要素である Field Effect Transistor (FET) を現状のケイ素 (Si) 製から耐放射線性に優れた炭化ケイ素 (SiC) 製に変更し^[1]、ガンマ線照射試験を実施した。

2. 試験内容及び結果

計測器用回路を構成する各素子(オペアンプ、トランジスタ、ダイオード、コンデンサ、抵抗)の耐放射線性を評価するために、ガンマ線 (Co-60 線源) を用いて照射試験を実施した。試験の結果、多数の FET で構成されているオペアンプの耐放射線性が最も低いことが分かった。オペアンプの特性パラメータのうち、特に計測器のドリフトに直結するオフセット電圧は、約 0.3kGy で仕様範囲(±5mV)を逸脱した(図 1)。主な原因は、ガンマ線照射で酸化膜に電荷が蓄積しやすい回路構成であると推定した。その他の素子はオペアンプより 100 倍以上高い積算線量でも仕様範囲内で動作できることを確認したことから、オペアンプの耐放射線性の向上が必要と分かった。そこで、オペアンプの構成要素である FET を、現状の Si 製から耐放射線性に優れた SiC 製に変更してガンマ線照射試験を実施した結果、従来比の約 100 倍である 30kGy 以上の耐放射線性を確認した(図 2)。一方、33kGy 以降では電荷の蓄積により動作が不安定となった。今後は、SiC オペアンプの更なる耐放射線性・安定性の向上及び計測器への適用を進める。

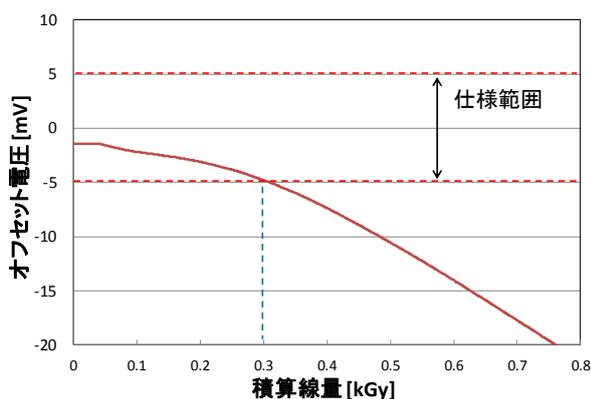


図 1 Si オペアンプの積算線量とオフセット電圧の関係

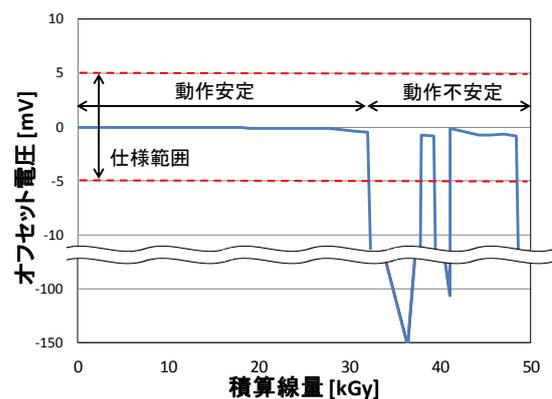


図 2 SiC オペアンプの積算線量とオフセット電圧の関係

参考文献

[1] M. Masunaga, S. Sato, R. Kuwana, I. Hara, and A. Shima : Electrical Characterization of the Operational Amplifier Consisting of 4H-SiC MOSFETs after Gamma Irradiation ; ICSCRM2017 (2017/9)

*Ryo Kuwana¹, Masahiro Masunaga¹, Keizou Egawa², Shintaroh Sato¹, Isao Hara¹, and Toshiroh Akahira²

¹Hitachi, Ltd., ²Hitachi High-Tech Solutions Corp.