

耐放射線化技術の開発

(2) SiC オペアンプを搭載した圧力伝送器の耐放射線性評価

Development of Radiation Resistant Technology

(2) Radiation Resistance Evaluation of Pressure Transmitter using SiC Op-amp

*桑名 諒¹, 増永 昌弘¹, 江川 恵造³, 原 勲¹, 辺見 秀行³, 浅野 保²,

¹日立製作所, ²日立 GE ニュークリア・エナジー, ³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圧力伝送器の更なる耐放射線性向上のために、耐放射線 SiC オペアンプを開発した。圧力伝送器の回路に SiC オペアンプを適用し、照射試験を実施した結果を報告する。

キーワード: 原子力計装, 圧力伝送器, 耐放射線, SiC, オペアンプ

1. 緒言

圧力伝送器は、原子力プラントの流体圧力や水位、流量等の計測に用いられる重要計器の一つである。この計器の耐放射線性向上(積算 50kGy 以上)を目的に、放射線に弱い従来のケイ素(Si)から耐放射線性に優れる炭化ケイ素(SiC)をベースとしたオペアンプを開発した^[1]。開発した SiC オペアンプを搭載した圧力伝送器を試作し、耐放射線性能を確認するための γ 線照射試験を実施した。

2. 試験内容及び結果

圧力伝送器を構成する電子部品のうち、オペアンプが最も放射線に弱く、オペアンプ単体では約 0.3kGy でオフセット電圧の仕様範囲($\pm 5\text{mV}$ 以内)を逸脱することを確認している^[2]。これは γ 線による電離作用により、酸化膜界面に電荷が蓄積するためである^[1]。その対策として、耐放射線性に優れる SiC を用いたオペアンプを開発した。圧力伝送器への適用には初期オフセット電圧の低減が重要課題であり、対策として酸化膜の薄膜化により目標仕様の $\pm 5\text{mV}$ 以内に抑えることに成功した。この SiC オペアンプを圧力伝送器に複数実装し、入出力特性(1-5V 出力)等の計測性能が仕様を満たすことを確認できたため、 γ 線照射による耐放射線性能評価を実施した。Co-60 線源に対し線量率を 1kGy/h とし、圧力伝送器出力の初期値に対して許容誤差($\pm 10\%$)を逸脱するまで γ 線を照射した。その結果、積算 423kGy まで許容誤差以内で動作できることを確認した(図 1)。なお、許容値を逸脱した原因はオフセット電圧のドリフト(約 10mV)であるが、オフセット補償など回路側の対策追加により更なる耐放射線向上が見込める。本結果より、これまで適用できていなかった過渡的な高線量環境下においても、既存の圧力計測システムで長時間安定して圧力や水位等の重要パラメータを計測できる見通しを得た。今後は、実機適用に向けた製品化を進める計画である。

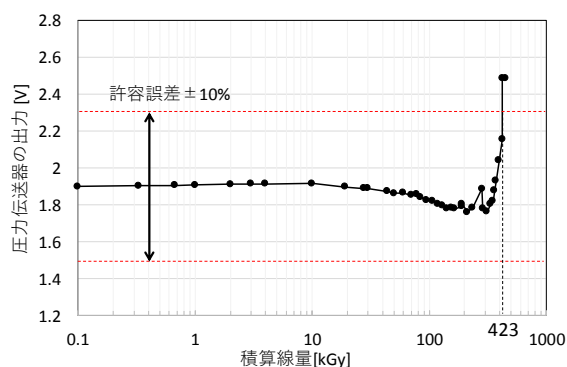


図 1 γ 線照射による圧力伝送器の出力影響

参考文献

- [1] M. Masunaga, S. Sato, R. Kuwana, and A. Shima ; The Performance of Operational Amplifiers Consisting of 4H-SiC CMOS After Gamma Irradiation ; IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 66, no. 1, pp. 343-348, Jan. 2019. (2019/1)
- [2] 桑名, 増永, 江川, 佐藤, 原, 赤平 ; 計測器の耐放射線化技術の検討 ; 日本原子力学会 2018 年春の大会(2018/3)

*Ryo Kuwana¹, Masahiro Masunaga¹, Keizo Egawa³, Hideyuki Henmi³, Isao Hara¹ and Tamotsu Asano²

¹Hitachi Ltd., ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ³Hitachi High-Tech Solutions Corp.