耐放射線化技術の開発
(1) 放射線耐性 2 MGy を上回る 4H-SiC CMOS オペアンプの開発

Development of radiation resistant technology

(1) Development of 4H-SiC CMOS operational amplifier with gamma radiation resistance over 2 MGy

*増永 昌弘[1]，桑名 諒[1]，原 勲[1]，浅野 保[2]

[1]㈱日立製作所，[2]日立 GE ニュークリア・エナジー㈱

原子力発電プラントで使用される計測器の更なる高信頼化のため，炭化ケイ素(SiC)の相補型 MOS(CMOS)を用いて放射線耐性 2 MGy を上回るオペアンプを開発した。

キーワード：原子力計装，耐放射線，炭化ケイ素，相補型 MOS，オペアンプ，ガンマ線，蓄積効果

1. 緒言

原子力プラント用計測器の放射線耐性向上が望まれている。本報告では，これら計器に適用され，かつ放射線耐性の低いオペアンプ[1]を，従来のケイ素(Si)から SiC へ変更し，γ線照射試験を実施した。

2. 作製および照射条件

開発したオペアンプは，4° オフの 4H-SiC 基板上に複数形成された CMOS から構成される(図 1)。CMOS のゲート酸化膜は，ガンマ線による蓄積効果を抑制するため，前回報告[1, 2](25 nm)より薄い 8 nm とした。また，CMOS の酸化膜/SiC 界面の移動度劣化を抑制するため，1300℃の窒化処理を施した。照射試験には，ガンマ線(Co-60 線源)を使用し，線量率を 1 kGy/hr とした。照射中のオペアンプには電源端子に±4 V を印加すると共に，入力端子にグラウンド電位を入力した。また，評価環境は室温とした。照射中のオフセット電圧は利得 13 dB の閉ループ回路に接続した状態で測定した。

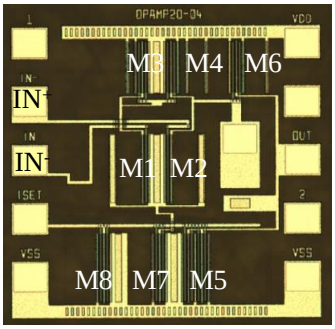

図 1. SiC オペアンプの外観

3. 結果

図 2 は入力オフセットの積算線量依存性で，仕様が同じ 2 つのサンプルを同時に測定した。SiC オペアンプのオフセット電圧は，2 MGy を超えても 3 mV 以下で推移し安定していた。また，測定した 2 つのサンプルは同じ積算線量でオフセット電圧が急増しており，再現性があることも確認された。今後は，計器適用に向け，製品化を進める計画である。

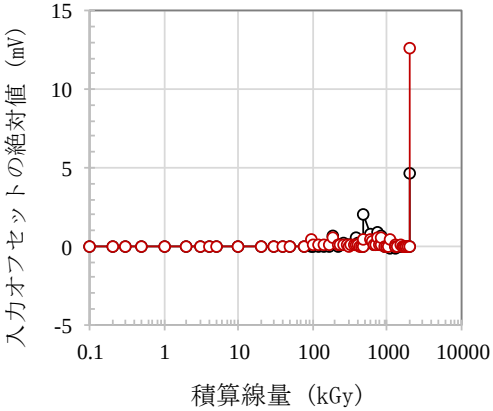

図 2. 入力オフセットの積算線量依存性

参考文献

[1] 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)

[2] 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.

*Masahiro Masunaga[1], Ryo Kuwana[1], Isao Hara[1] and Tamotsu Asano[2]

[1]Hitachi, Ltd., [2]Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.