

課題名	炭化ケイ素半導体を用いた超耐放射線性エレクトロニクスの開発			
参画機関	埼玉大学、量研機構、サンケン電気			
事業規模	期間	平成25～27年度	総額	67百万円

【研究代表者】

土方 泰斗

埼玉大学 准教授

(大学院理工学研究科数理電子情報部門)

**【研究概要】**

東電福島第一原発の廃炉措置においては高線量環境場での作業が必須で、人間の被ばくを低減するためにもロボット等の使用は避けられなくなっています。加えて、東電福島第一原発の圧力容器内等の実環境を考えると、高放射線量だけでなく温度や湿度といった複合環境下における耐性も強化される必要があります。炭化ケイ素(SiC)半導体は、従来用いられてきた Si 半導体と比べ高い耐放射線性をもち、このようなロボットへの応用が期待されています。また、SiC はパワーデバイスとしての優れた物性を有するので、同耐压の Si 素子と比べると損失を数 100 分の 1 まで低減できます。

本研究では、強い放射線環境場での長時間作業を可能にするロボットの開発に必須となる“超耐放射線性エレクトロニクス”を実現するため、SiC 半導体を用いた金属-酸化膜-半導体 (MOS) 電界効果トランジスタ (FET) の耐放射線性能を数 MGy レベルにまで引き上げ、放射線場だけでなく温度や湿度も考慮した複合環境下においても動作可能な超耐性ならびに高信頼性技術の開発を行います。さらに、開発したデバイスを用いてモータ制御回路(インバータ)を試作し、その耐放射線性を回路レベルで検証することを目的としています。

本研究において、SiC MOSFET へのガンマ線照射試験を様々な素子環境(温度や湿度)、素子駆動条件(正/負直流バイアス、交流バイアス)、デバイス構造(酸化膜厚・窒素濃度、埋め込みチャンネル有無)に対し実施しました。そこで得た試験データを総括し、ガンマ線耐性強化のための最適なデバイス構造・動作環境・駆動条件を導き出しました。なお、高温下でのガンマ線照射試験では、開発目標の数 MGy を大きく上回る 10.4 MGy 耐性が達成されました。これは半導体素子としては世界最高水準の放射線耐性です。さらに、インバータ回路に対する照射試験では、1 MGy を超える連続運転を今回達成することができました。

【その後の取り組み】

今後は、本研究で培った放射線耐性技術をふんだんに盛り込んだ SiC パワーデバイスを用い、非接触充電装置等のパワーエレクトロニクス機器に応用し、超耐放射線性を備えた電力制御機器やロボットを実現していきたいと考えています。

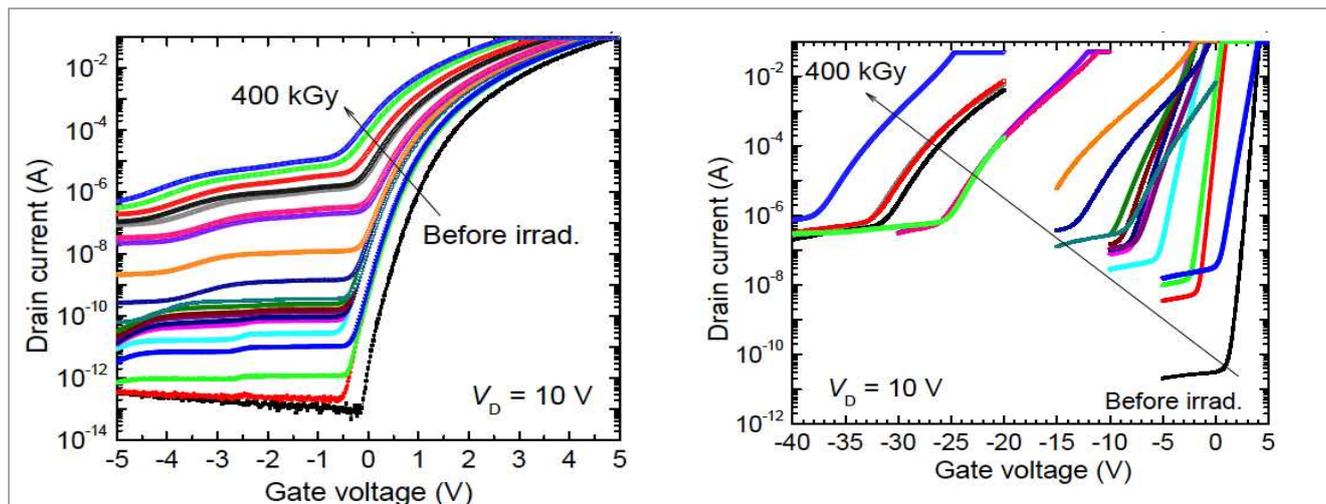


図1 ガンマ線照射によるパワーMOSFETのドレイン電流(I_d)-ゲート電圧(V_g)特性の変化(左図: SiC 半導体、右図: Si 半導体)

線量増加と共に、① I_d - V_g 曲線の負電圧側へのシフト、②オン状態($V_g > 0$)での傾き低下、等の劣化が見られますが、SiC 半導体は大幅に劣化を抑制

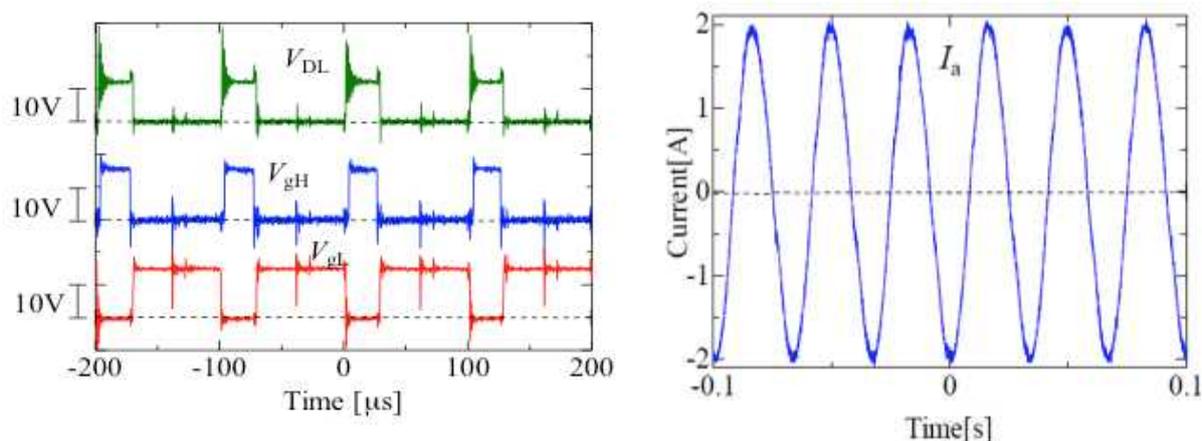


図2 1.1MGy ガンマ線照射後のドレイン/ゲート電圧波形(左)とモータ駆動電流波形(右)

1MGy を超える線量のガンマ線照射を行った後も正常なモータ回転駆動を確認

代表的な 特許、論文 受賞など	【発表論文等】
	1. T. Ohshima <i>et al.</i> , Radiation Response of Silicon Carbide Metal-Oxide-Semiconductor Transistors in High Dose Region, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 55, a.n.01AD01 (2016).
	2. T. Miyazaki <i>et al.</i> , Effect of gamma-ray irradiation on the device process-induced defects in 4H-SiC epilayers, Superlattices and Microstructures, Vol. 99, pp.197-201 (2016).
	3. A. Takeyama <i>et al.</i> , Improvement of radiation response of SiC MOSFETs under high temperature and humidity circumstance, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 55, a.n. 104101 (2016).
	4. K. Murata <i>et al.</i> , Impacts of Gate Bias and its Variation on Gamma-ray Irradiation Re-sistance of SiC MOSFETs, Physica Status Solidi A, (in press).
	5. S. Mitomo <i>et al.</i> , Optimum Structures for Gamma-ray Radiation Resistant SiC-MOSFETs, Physica Status Solidi A, (in press).
	6. 平成 29 年 2 月 1 日付埼玉新聞経済面サイテックこらむ「SiC 半導体応用の新展開」