

ゲートバイアス印加を伴う SiC MOSFET へのガンマ線照射効果

Gamma-ray Irradiation Effect on SiC MOSFETs with Gate-Bias Voltage

○村田 航一^{1,2}, 三友 啓^{1,2}, 松田 拓磨^{1,2}, 横関貴史^{1,2}, 牧野 高紘², 阿部 浩之²,
小野田 忍², 大久保 秀一³, 田中 雄季³, 神取 幹郎³, 吉江 徹³, 大島 武², 土方 泰斗¹

(1. 埼玉大学, 2. 日本原子力機構, 3. サンケン電気)

○K. Murata^{1,2}, S. Mitomo^{1,2}, T. Matsuda^{1,2}, T. Yokoseki^{1,2}, T. Makino², H. Abe²,
S. Onoda², S. Okubo³, Y. Tanaka³, M. Kandori³, T. Yoshie³, T. Ohshima², Y. Hijikata¹

(1.Saitama Univ., 2.JAEA, 3.Sanken Electric Co., Ltd.)

E-mail: murata@opt.ees.saitama-u.ac.jp

【はじめに】炭化ケイ素半導体 (SiC) は原子炉付近などの過酷な放射線環境で使用する半導体デバイスの材料として期待されており、我々はSiC 金属-酸化膜-半導体 電界効果トランジスタ (MOSFET) の耐放射線性を強化する技術の開発を進めている。これまで、SiC MOSFETにガンマ線を照射すると、しきい値電圧 (V_{th}) の負電圧側へのシフトといったデバイス特性の劣化が確認されている[1, 2]。SiC MOSFETの場合、この V_{th} のシフトが最大の劣化要因であり[2]、これを抑制することが耐放射線性の強化に繋がる。シリコン (Si) MOSFETでは、ガンマ線により酸化膜中に生成される電子-正孔対のうち、正孔が酸化膜/Si界面付近の酸化膜中にトラップされ、それらが正の固定電荷として蓄積することで V_{th} が負電圧側にシフトすると考えられているが[3]、同じ酸化膜(SiO_2)を持つSiC MOSFETでも同様のメカニズムを有することが推測される。そこで本研究では、SiC MOSFETのゲートに対し、正孔が酸化膜界面に近づく正のバイアスと、逆に負のバイアスとを印加した状態でガンマ線照射効果を調べ、無バイアスの場合と併せて比較検討することで酸化膜劣化メカニズムの検証を試みた。

【実験方法・結果】実験には、耐圧1.2 kV、定格電流20 A、オン抵抗100 m Ω ($V_g = 20$ V)、酸化膜厚45 nmのサンケン電気製nチャンネル4H-SiC DMOSFETを用いた。ゲート電極にそれぞれ+4.5 V (1.0 MV/cm), 0 V, -4.5 V (-1.0 MV/cm)を印加した3つのデバイスに対し、窒素雰囲気下でCo-60ガンマ線を総線量800 kGy (SiO_2) まで照射した。途中で何度か照射を中断し、 I_d-V_g 特性及び I_d-V_d 特性を測定し、 V_{th} を算出した。下図に、各吸収線量におけるSiC MOSFETのしきい値の照射前からの変化量 ΔV_{th} を示す。ゲートに正電圧を印加したSiC MOSFETは、負電圧を印加した場合や印加しない場合と比較して、しきい値が大きく負電圧側にシフトするが、総線量20 kGy以降ではあまり変化しないことがわかる。また、負電圧印加の場合と無デバイスでは総線量100 kGy程度までは ΔV_{th} の違いは見られないが、さらに線量を増加させると、無バイアスのデバイスに負電圧側へのシフトが見られるようになった。

以上の結果から、Si MOSFETと同様に、正のバイアスにより酸化膜界面付近における正孔トラップが増加しSiC MOSFETの V_{th} シフトを招いていることが示唆される。また、正バイアス下照射の場合 ΔV_{th} が-14.7 Vで飽和したことから、実効的な正孔トラップの密度は $7.03 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 程度であることが推察される。

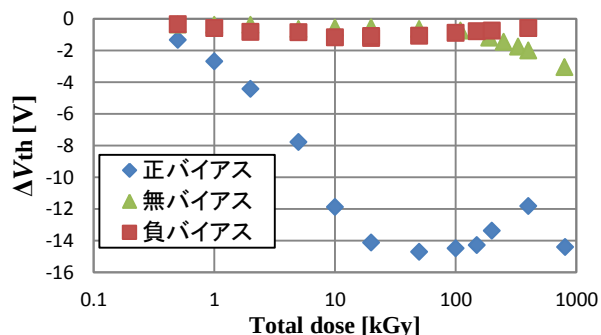


図. SiC MOSFET の V_{th} の照射前からの変化量

【参考文献】

- [1] A. Akturk *et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci., **59**, p.3258 (2012).
- [2] T.Yokoseki *et al.*, Mater. Sci. Forum, (in press).
- [3] E.H. Nicollian and J.R. Brews, *MOS Physics and Technology*, p.549 (Wiley Inter-Science, 2003).

【謝辞】本研究は原子力基礎基盤研究イニシアティブによる助成を受けて行われた。