ガンマ線照射耐性におけるSiC-MOSFETの構造最適化

Optimum Structures for Gamma-ray Radiation Resistant SiC-MOSFETs

○三友啓[1,2]，松田拓磨[1,2], 村田航一[1,2], 横関貴史[1,2]，牧野高紘[2]，武山昭憲[2]，小野田忍[2]，大島武[2]，大久保秀一[3]，
田中雄季[3]，神取幹郎[3]，吉江徹[3], 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)

○S. Mitomo[1,2],T. Matsuda[1,2], K. Murata[1,2], T. Yokoseki[1,2],T. Makino[2], A. Takeyama[2], S. Onoda[2], T. Ohshima[2], S.Okubo[3],
Y. Tanaka[3], M. Kandori[3], T. Yoshie[3], Y. Hijikata[1] (1. Saitama Univ. ,2. JAEA, 3. Sanken Electric Co., Ltd.)

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

【はじめに】東京電力福島第一原発の廃炉作業のためには、高放射線環境下でも長寿命なロボットが必要となっている。その実現には高い耐放射線性を有するパワーデバイスが不可欠であり、我々は次世代パワーエレトロニクス用材料である炭化ケイ素(SiC)に着目し、その金属－酸化膜－半導体 電界効果トランジスタ(MOSFET)の耐放射線性強化技術を開発している。これまで、放射線照射による SiC MOSFET の劣化の主原因は酸化膜中に発生する正の固定電荷であることを見出しているが[1,2]、Si MOS デバイスにおいては、正の固定電荷発生量は酸化膜厚に依存し、ゲート酸化膜が薄いほど高い耐放射線性を有することが報告されている[3]。そこで本研究では、より耐放射線性の高い SiC MOSFET の構造条件に関する知見を得るために、ゲート酸化膜厚の異なる SiC MOSFET にガンマ線照射を行い特性の変化を調べた。

【実験方法】実験には耐圧 1.2 kV、定格電流 20 A、オン抵抗 100 mΩ(V_g=20 V)のサンケン電気製の 4H-SiC DMOSFET を用いた。ゲート酸化膜厚がガンマ線照射効果へ及ぼす影響を調べるため、酸化膜厚 35 nm と 60 nm の試料を用意した。これらに窒素雰囲気中、室温にて ^{60}Co ガンマ線(線量率 1~10 kGy/h)を 6845 kGy(SiO_2)まで照射し、V_d=10 V のときの I_d-V_g 特性からしきい値電圧 (V_{th})を算出した。

【結果】図 1 に、膜厚の異なる二つのサンプルの V_{th} の吸収線量依存を示す。両者とも 0.5 kGy で若干の減少を見せた後、横ばいとなり、400 kGy 以上で大きくマイナス電圧方向へのシフトを示した。しかし、酸化膜厚 60 nm の MOSFET の方が高線量での低下が大きく、より少ない線量でノーマリーオンへと至った。これより、SiC MOSFET においても酸化膜厚は放射線による特性劣化に影響を及ぼし、酸化膜が薄い方が高い耐性を持つことが判明した。本発表では、より耐放射線性に優れた構造・作製プロセスの提案を行うためゲート酸化膜の窒化処理とガンマ線耐性の関係についても報告を行う。

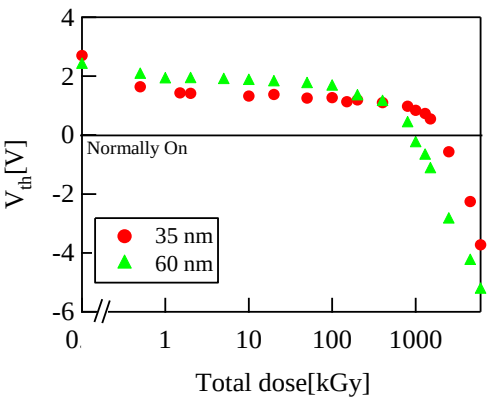

図 1 酸化膜厚の異なるサンプルの V_{th} の線量依存

●及び▲は、それぞれ、ゲート酸化膜厚 35 nm 及び 60 nm の MOSFET の結果

【参考文献】

[1] T. Yokoseki *et al.*, Mater.Sci. Forum **821-823**, 705 (2015).

[2] T. Ohshima *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 01AD01 (2015).

[3] James R. Schwank, IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference (2002), SectionⅢ.

【謝辞】本研究は原子力基礎基盤イニシアチブによる助成を受けて行われた。

© 2016年 応用物理学会