ノーマリーオフ型 4H-SiC JFET のガンマ線照射効果

Gamma-rays irradiation effect of normally-off 4H-SiC JFETs

量研 [1]，産総研 [2]，広島大学ナノデバイス [3]

○武山 昭憲 [1]，清水 奎吾 [2]，牧野 高紘 [1]，山﨑 雄一 [1]，大島 武 [1]，黒木 伸一郎 [3]，田中 保宣 [2]

QST[1], AIST[2], RNBS, Hiroshima Univ.[3]

°Akinori Takeyama[1], Keigo Shimizu[2], Takahiro Makino[1], Yuichi Yamazaki[1], Takeshi Ohshima[1], Shin-ichiro Kuroki[3], Yasunori Tanaka[2]

E-mail: takeyama.akinori@qst.go.jp

【はじめに】炭化ケイ素接合型電解効果トランジスタ (SiC JFET) は、金属-酸化膜-半導体 (MOS) FET のようなゲート酸化膜を持たず、ガンマ線照射による酸化膜固定電荷の生成としきい値電圧(V_{th})シフトがない、耐放射線性素子として期待されている [1] [2]。SiC JFET はゲート電圧によりゲート - チャネル間の空乏層を伸縮させ電流制御を行うが、消費電力の小さいノーマリーオフ型 SiC JFET は高温用集積回路素子としても有用である [3]。これまでノーマリーオン型 SiC JFET のガンマ線照射効果についてはいくつか研究例があるものの [4]、ノーマリーオフ型についてはほぼ皆無であるため、試作したノーマリーオフ型 4H-SiC JFET のガンマ線による劣化を調べた。

【実験】実験には産総研で作製されたノーマリーオフ横型 n チャネル JFET を用いた（Fig. 1）。ノーマリーオフ型ではゲート - チャネル間の空乏層幅の制御が鍵であり [5]、n 型 4H-SiC 単結晶基板に成長させた n 型エピタキシャル層にアルミニウムイオンを注入し、ゲート領域とベース層から成る p 型ウェルを形成した。ソース、ドレイン領域はリンイオン注入で形成し、素子間の分離は p 型ウェルで行った。JFET に対し窒素雰囲気中、室温にて ^{60}Co ガンマ線(線量率 8 kGy/h)を 1.5 MGy まで照射した。照射試料のドレイン電流－ゲート電圧 (I_D-V_G)特性を、ドレイン電圧を 6 V 印加して測定し、しきい値電圧(V_{th})および相互コンダクタンス(g_m)を求めた。

【結果】Fig. 2 (a)に I_D-V_G 特性を示す。照射前後において曲線の形やリーク電流に著しい変化は見られず、ノーマリーオフ特性が維持されている。これは表面保護酸化膜の帯電やバルク領域への欠陥生成による、リークパス形成が起きていないことを示す。Fig. 2 (b)に未照射試料からのしきい値電圧シフト(ΔV_{th})と未照射試料の値で規格化した g_m を示す。こちらもほぼ変化せず、照射で生成した電荷で素子が帯電していないこと、および期待されたとおり MOSFET で見られるΔV_{th} の負電圧シフトがないことが確認できた。発表では、さらに高線量域の実験結果について報告する。

【参考文献】

[1] 清水 他，先進パワー半導体分科会 第 4 回講演会 IB-28，2017 年 11 月.
[2] 武山 他，第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 21p-PB6-7，2018 年 9 月.
[3] M. Kaneko et al., IEEE Electron Device Lett., **39**, 723 (2018).
[4] B. Tala-Ighil et al., Microelectron. Reliab., **55**, 1512 (2015).
[5] 清水 他，先進パワー半導体分科会 第 5 回講演会 IA-27，2018 年 11 月.

【謝辞】本研究（の一部）は、文部科学省「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業　戦略的原子力共同研究プログラム」の成果である。

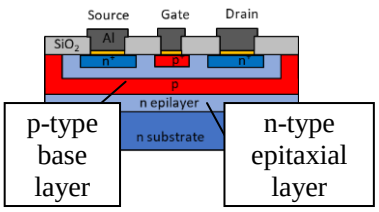

Fig.1 Cross sectional view of SiC JFET.

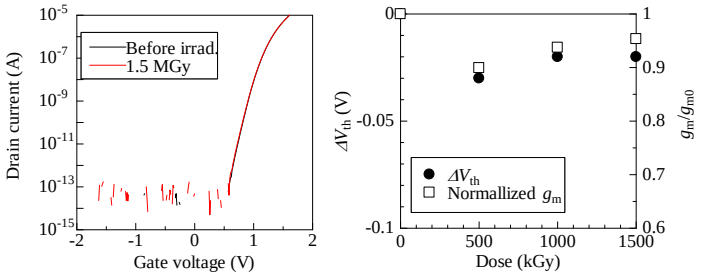

Fig.2 (a) I_D-V_G curves of SiC JFETs.

(b) ΔV_{th} and normalized g_m plotted against dose.