

## SiC MOSFET の室温ゲート特性に着目した 伝導帯端近傍の界面準位密度評価

Estimation of interface state density in SiC MOS structures  
from gate characteristics of MOSFETs at room temperature

京大工 ○(B)伊藤 滉二, (M1)立木 馨大, (D)小林 拓真,  
堀田 昌宏, 須田 淳, 木本 恒暢

Kyoto Univ. , °Koji Ito, Keita Tachiki, Takuma Kobayashi,  
Masahiro Horita, Jun Suda, Tsunenobu Kimoto

E-mail: ito@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

**背景・目的：**SiC MOSFET では、高密度界面準位が移動度を律速しており、その理解は重要である。特に界面準位は伝導帯端近傍に高密度に存在するため、伝導帯端近傍の広いエネルギー範囲で  $D_{it}$  を評価する必要がある。本研究では、MOSFET の室温ゲート特性から  $D_{it}$  分布を決定する手法[1] を用いて浅いエネルギー領域の  $D_{it}$  の評価を行った。また MOS キャパシタによる評価も行い、広いエネルギー範囲で  $D_{it}$  のエネルギー分布を決定した。

**試料作製および計算モデル：**MOSFET のゲート酸化膜は、p 型 SiC エピ層 (Si 面,  $N_A = 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ) に熱酸化 + NO 処理 (1250°C, 70 分) を施し作製した。また、MOS キャパシタは n 型エピ層 ( $N_D = 9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ) に MOSFET と同一の条件で酸化を施し作製した。反転層の電子は全て一定の移動度で伝導に寄与し、界面準位に捕獲される電子は一切伝導に寄与しないと仮定して、ドレイン電流  $I_D$  およびゲート電圧  $V_G$  を理論的に計算し、実験  $I_D$ - $V_G$  特性を再現するような  $D_{it}$  分布関数を決定した。反転層電子密度および界面準位捕獲電子密度は、それぞれ二次元状態密度および  $D_{it}$  と Fermi-Dirac 分布との積のエネルギー積分で求めた。移動度はホール移動度の測定結果を参考に  $\mu = 100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  で一定と仮定した。なお、 $D_{it}$  分布の関数形は以下の式を仮定した。

$$D_{it} = D_1 + D_2 \exp(E/E_1)$$

$D_1, D_2, E_1$  および界面固定電荷密度  $Q_{\text{fixed}}$  をフィッティングパラメータとした。

**結果・考察：**図 1 に  $I_D$ - $V_G$  特性の実験および計算結果を示す。 $V_G = 0.5 - 5 \text{ V}$  ( $E_C - E_T = 0.05 - 0.25 \text{ eV}$  に対応) の範囲で良好な一致を示している。また、図 2 に一致した結果得られた  $D_{it}$  分布を MOS キャパシタの評価結果とともに示す。High-low 法では窒化処理で生成する応答の速い界面準位を検出できないが、 $C$ - $\psi_s$  法では応答速度によらず全ての界面準位が検出可能である[2]。得られた  $D_{it}$  分布は  $C$ - $\psi_s$  法の結果と比較的深いエネルギー領域 ( $E_C - 0.2 \text{ eV}$  程度) で整合した。さらに  $C$ - $\psi_s$  法では評価できない伝導帯端近傍のエネルギー領域 ( $> E_C - 0.2 \text{ eV}$ ) の  $D_{it}$  も同時に評価できた。窒化処理後も伝導帯端に向けて  $D_{it}$  は大きく増加し、伝導帯端極近傍 ( $E_C - 0.05 \text{ eV}$ ) では  $D_{it} > 10^{13} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  という結果になった。以上の結果より、室温におけるゲート特性の傾きは  $D_{it}$  分布を直接反映しているといえる。また、窒化処理で生成する速い準位も MOSFET のゲート特性を制限する。

[1] M. Hauck *et al.*, *Ext. Abstr. of ICSCRM 2017*, TU.B1.3 (2017).

[2] H. Yoshioka *et al.*, *J. Appl. Phys.* **112**, 024520 (2012).

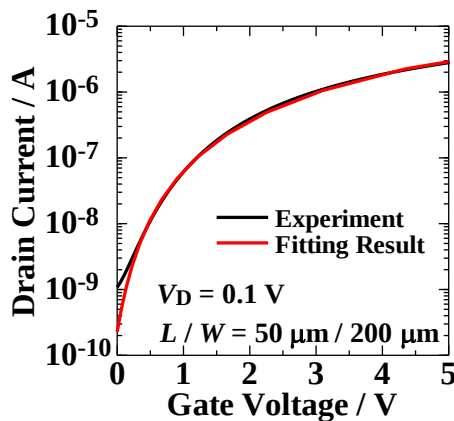


Fig.1 Fitting result of an experimental  $I_D$ - $V_G$  characteristic.

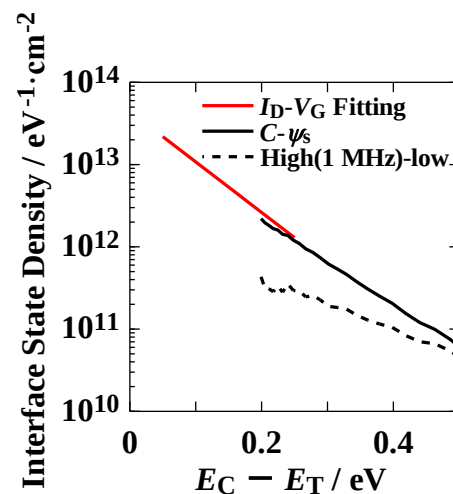


Fig.2 Comparison of interface state density estimated by different methods.