

熱酸化 SiO₂/SiC 界面近傍に形成される SiC 中の深い準位

Deep levels formed near the SiO₂/SiC interface by thermal oxidation of SiC

京大院工 °藤井 開, 鐘ヶ江 一孝, 金子 光顕, 木本 恒暢

Kyoto Univ., °H. Fujii, K. Kanegae, M. Kaneko, T. Kimoto.

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

SiO₂/SiC 界面に存在する高密度界面準位は, SiC MOSFET の低損失化を妨げており, 界面準位密度低減のためには, その起源を特定することが重要である. 理論計算では, 熱酸化によって界面近傍 SiC 側に欠陥準位が形成されうると報告されているが[1], 実験による同定は行われておらず, 界面準位の起源はいまだ不明である. そこで, 本研究では, 熱酸化後に酸化膜を除去した SiC 試料を用いてショットキー障壁ダイオードを作製し, DLTS 測定により SiC 表面極近傍 (MOS 界面極近傍に相当) に存在する深い準位の検出と密度の深さ方向分布の解析を行ったので報告する.

n⁺型 4H-SiC 基板上 n 型 SiC エピ層に対して, 2 つの条件で熱酸化を行った. 熱酸化の条件は試料(a)で 1300°C・15 分, 試料(b)で 1300°C・10 時間とした. 熱酸化後に酸化膜を除去し, エピ層表面にショットキー電極を形成した. 本研究では, 界面極近傍に存在する深い準位を DLTS 法により測定するため, 空乏層幅が小さくなる, 高ドープ(ドナー密度: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)のエピ層を用いた.

図 1 に as-grown 試料と熱酸化試料で得られた DLTS スペクトルを示す. as-grown 試料において観測されたトラップ密度は検出下限($\sim 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)以下であった. 一方, 熱酸化後の試料では, 低温側に大きなピークが現れており, 伝導帯下端(E_c)近傍に高密度で準位が形成されていることがわかる. DLTS 測定に用いた逆バイアス電圧-1.5 V における深い準位の測定領域は界面より 25 nm 程度であり, 熱酸化誘起の深い準位が, 界面極近傍に形成されていると言える. 熱酸化時間を長くすることで, より高密度の深い準位が形成されることが確認された. DLTS スペクトルのピーク強度から得られる見かけ上のトラップ密度 $\tilde{N}_T$ は, 真のトラップ密度 $N_T(x)$ を DLTS 検出領域内で平均化した値をとる[2]. DLTS 測定における検出領域は逆バイアス電圧印加時の空乏層幅(w_R)に依存するため, 真のトラップ密度 $N_T(x)$ が深さ分布を持つ場合, $\tilde{N}_T$ は w_R の大きさによって変化する. 図 2 に試料(b)において, DLTS スペクトルの解析により分離された電子トラップ(OI センター: $E_c-0.35 \text{ eV}$)密度 $\tilde{N}_T$ の w_R 依存性を示す. w_R を大きくするにつれて $\tilde{N}_T$ は減少している. $N_T(x)$ としてガウス分布を仮定し, 界面での欠陥密度と密度分散をフィッティングパラメータとして解析を行った結果, 熱酸化誘起の深い準位が界面近傍($x < 6 \text{ nm}$)に局在していることがわかった. また, トラップ密度は界面で約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ となった. 得られたトラップ密度の深さ方向分布から, $E_c-0.35 \text{ eV}$ の位置における欠陥の面密度を算出した結果は $3 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ となり, MOS キャパシタの $C-V$ 測定より得られた D_{it} [3]とよい一致を示した. この結果は, 界面準位の多くが SiC 側に存在することを強く示唆する.

[1] T. Kobayashi *et al.*, *J. Appl. Phys.* **126**, 145302 (2019). [2] K. Kanegae *et al.*, *J. Appl. Phys.* **130**, 105703 (2021).

[3] H. Yoshioka *et al.*, *J. Appl. Phys.* **111**, 014502 (2012).

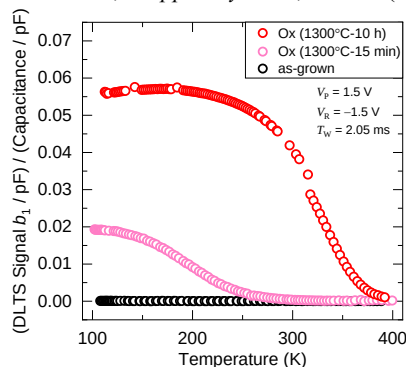


Fig. 1. DLTS spectra of n-type 4H-SiC after thermal oxidation at 1300°C for 15 min and 1300°C for 10 h.

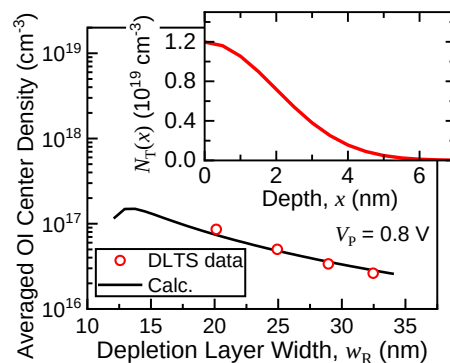


Fig. 2. Dependence of the averaged OI center ($E_c-0.35 \text{ eV}$) density on the depletion layer width. The inset shows the obtained depth profile of the OI center.