

窒化した SiC MOSFET に対するチャージポンピング特性の周波数依存性

Frequency dependence of charge pumping characteristics in SiC MOSFETs with nitrated gate oxides

筑波大¹、産総研² ○(M2)王 緒昆¹、岡本 大¹、原田 信介²、岩室 憲幸¹、矢野 裕司¹

U. Tsukuba¹, AIST²

○Xukun Wang¹, Dai Okamoto¹, Shinsuke Harada², Noriyuki Iwamuro¹, Hiroshi Yano¹

E-mail: s1520381@u.tsukuba.ac.jp

1. はじめに

4H-SiC MOSFET においては、SiO₂/4H-SiC 界面に存在する界面トラップの影響によるチャネル移動度の劣化が長年問題となっている。SiO₂/4H-SiC 界面に存在するトラップの性質の理解は未だ十分ではなく、界面欠陥を正確に評価し、界面物理を理解する必要がある。本研究においては、チャージポンピング (Charge Pumping: CP) 法に着目し、CP 電流のパルス立ち上がり・立下り時間依存性、および CP 電流の周波数依存性によって、異なる窒化条件で作製した 4H-SiC MOSFET の評価を試みた。この方法は、界面準位が電子あるいは正孔を捕獲、放出する際に流れる基板電流を測定する方法である。そのため、周波数依存性から界面近傍酸化膜トラップ (Near Interface Trap: NIT) の性質を解明することが期待できる。

2. 実験方法

NO 窒化処理 (1250 °C、60 min) により形成したゲート酸化膜を有する n チャネル 4H-SiC MOSFET ($L/W=5/200\ \mu\text{m}$ 、 $T_{\text{ox}}=51\ \text{nm}$) に対し、図 1(a) の接続で CP 測定を行った。図 1(b) に示すようなデューティ比 50% の台形波パルスをゲートに印加した。パルスの振幅 V_a を一定とし、パルスの最低電圧値 (V_{GL}) を掃引し、基板に流れる CP 電流 (I_{CP}) を測定した。

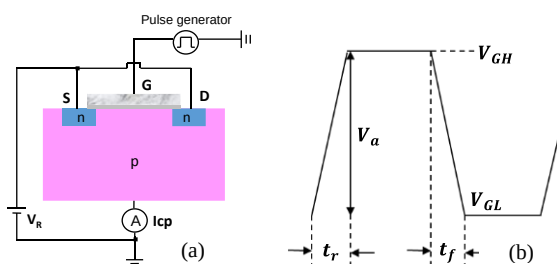


Fig.1: (a) Connection of CP measurement and (b) Pulse waveform

3. 結果と考察

CP 測定では、パルス立ち下がり時間 t_f を変化させると伝導帯付近の界面準位に対する評価可能エネルギーが変化し、パルス立ち上がり時間 t_r を変化させると価電子帯付近の界面準位に対する評価可能エネルギーが変化することが知られている[1]。図 2 に t_f 依存性および t_r 依存性を示す。評価可能なエネルギー範囲に対する D_{it} を算出したところ、伝導帯から 0.2~0.4 eV のエネルギー範囲に存在する D_{it} は $3.1 \times 10^{11}\ \text{cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$ 、価電子帯から 0.2~0.4 eV のエネルギー範囲に存在する D_{it} は $6.6 \times 10^{10}\ \text{cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$ であると見積もられた。これらの結果より、界面準位の大部分は伝導帯側に存在していることが分かる。

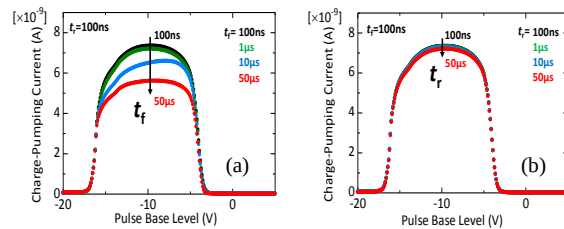


Fig. 2: (a) t_r and (b) t_f dependence of CP current

一方、周波数が低くなると NIT への充放電の影響が CP 電流に現れ、CP 特性の周波数依存性から放射線照射した Si MOSFET の NIT 解析が知られている[2]。このような界面近傍の酸化膜トラップを求める手法として、CP 法の測定周波数依存性による解析法が知られている[2]。界面からの距離に応じて、欠陥準位に捕獲された電子の応答時間あるいは放出時間が長くなるため、CP 測定の測定周波数を変化させることにより酸化膜中の欠陥準位の検出が可能である。図 3 に CP 電荷量 (Q_{CP}) の周波数依存性を示す。周波数が低いほど CP 電荷量が大きくなっており、酸化膜中の NIT の影響があることが示唆される。また、 D_{it} と NIT の影響を分ける周波数がはっきり見えないことから、NIT は界面から酸化膜内に連続的に分布していると考えられる。

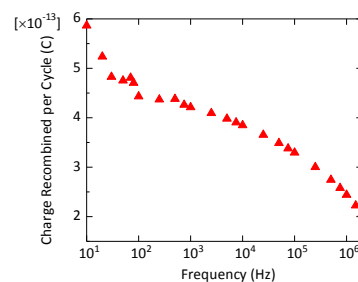


Fig. 3: Frequency dependence of charge recombined per cycle

【謝辞】本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 「次世代パワーエレクトロニクス」(管理法人:NEDO) によって実施されました。

参考文献

- [1] G. Van den Bosch *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices **38**, 1820 (1991).
- [2] R. E. Paulsen *et al.*, IEEE Electron Device Lett. **13**, 627 (1992).