チャージポンピング法を用いた p チャネル SiC MOSFET の界面特性評価

Evaluation of interface properties in p-channel SiC MOSFETs by charge pumping method

筑波大学 ○(M2) 秋葉淳宏，矢野裕司

Univ. of Tsukuba ○Atsuhiro Akiba and Hiroshi Yano

E-mail: s2120252@s.tsukuba.ac.jp

SiC MOSFET では高密度の界面欠陥が問題となっており、性能向上のために MOS 界面の多角的な評価が重要である。チャージポンピング(CP)法は有用な界面評価手法の 1 つである。これまで我々は、n チャネル SiC MOSFET に CP 法やその応用手法である 3 レベルチャージポンピング(3LCP)法を適用し評価を行ってきた[1, 2]。しかし、p チャネル SiC MOSFET に CP 法を適用した事例はない。SiC の価電子帯側に多く存在すると考えられる正孔トラップの評価のためには、正孔が多数キャリアである p チャネル MOSFET を CP 法によって解析することが有用であると考えられる。

CP 法では MOSFET を図 1 のように接続し、ゲートに MOS 界面が強反転、蓄積となるような 2 値のパルスを印加する。この際基板から流れ出る電流(CP 電流)は欠陥密度に比例するため、電流値から直接界面欠陥の量を評価することができる。また、CP 法でパルスの立ち上がり時間 t_r, 立ち下がり時間 t_f を変えるとバンド端付近の欠陥の評価可能なエネルギー準位を変えることができる。

3LCP 法では上記の 2 値のパルス電圧に加え MOS 界面が弱反転となるような電圧 V_{STEP} を導入し、V_{STEP} の印加時間 t_{STEP} を変化させた際の CP 電流を測定する。n チャネル SiC MOSFET では t_{STEP} が長くなるにつれ CP 電流が増加する特性が観測され、これは界面近傍酸化膜トラップ(NIT)の影響であることを報告した[3]。

図 2 に p チャネル SiC MOSFET の CP 特性のパルスの立ち上がり時間 t_r および立ち下がり時間 t_f 依存性を示す。図 2 より、CP 電流の大きさは t_f に大きく依存し、t_r にほとんど依存しないことが分かる。図 2 の結果から、バンド端から少し離れたエネルギーにおける平均の欠陥密度を算出した結果、伝導帯下端から 0.28～0.46 eV 離れた位置における欠陥密度は 2.7×10^{12} $cm^{-2}eV^{-1}$, 価電子帯上端から 0.3～0.47 eV 離れた位置における欠陥密度は 3.5×10^{11} $cm^{-2}eV^{-1}$ となった。この大小関係は n チャネル SiC MOSFET と同様の傾向であり、p チャネル SiC MOSFET においても界面欠陥の多くが伝導帯側に集中していることを示すものである。

次に、図 3 に p チャネル SiC MOSFET の 3LCP 特性を示す。n チャネル SiC MOSFET の場合と同様に、t_{STEP} が長くなるにつれ CP 電流が増加する特性が得られた。n チャネル SiC MOSFET では、長い t_{STEP} で CP 電流が増加する 3LCP 特性は伝導帯側に存在する NIT が原因であった。極性が反対の p チャネル SiC MOSFET の場合、図 3 のような 3LCP 特性は価電子帯側に存在する NIT の影響を受けていると示唆される。

以上のことから、p チャネル SiC MOSFET においても界面欠陥は伝導帯側に多く存在しており、また伝導帯側のみならず価電子帯側にも NIT が存在していると考えられる。

【謝辞】本研究は、文部科学省革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 JPJ009777 の助成を受けたものです。

[1]王 他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 16a-C302-11, 2016. [2] 秋葉 他, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 24p-E302-16, 2022. [3] Y. Matsuya et al., ICSCRM, We-P-30, 2019.

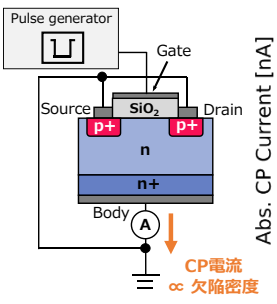

Fig.1: Connection diagram of CP method.

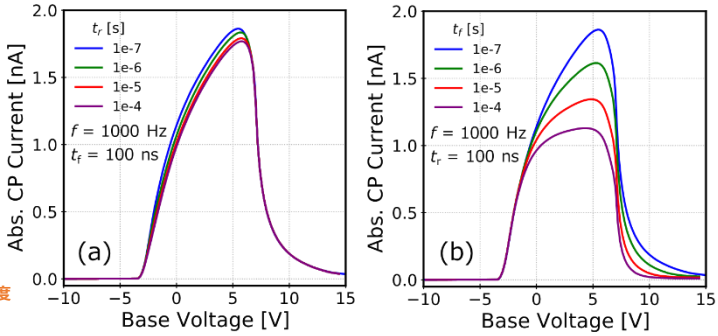

Fig.2: (a)t_r and (b)t_f dependence of CP currents in p-channel SiC MOSFET.

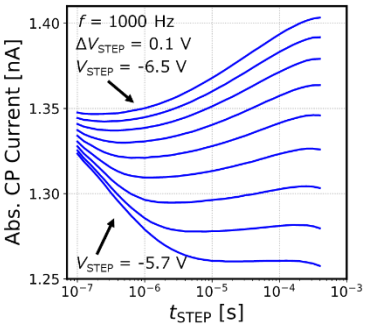

Fig.3: 3LCP characteristics of p-channel SiC MOSFET.

© 2023年 応用物理学会