

超高次非線形誘電率顕微鏡法を用いた 実動作中 SiC-DMOSFET の断面観察

In-situ cross-sectional observation of operated SiC-DMOSFET using
super-higher-order nonlinear dielectric microscopy

東北大通研 ○茅根 慎通, 長 康雄

RIEC, Tohoku Univ., ○Norimichi Chinone, and Yasuo Cho

E-mail: chinone@riec.tohoku.ac.jp

はじめに 近年, ワイドギャップ半導体を用いたパワー半導体デバイスが注目を集め, 特に SiC を用いたパワーデバイスは既に実用化が始まっている. 一方, Si デバイスを置き換えるには歩留まりや信頼性の向上など, 解決すべき課題は多い. デバイスの評価技術は低コストで課題を克服するために欠かせない技術であり, 特にデバイス動作時の空乏層の挙動の評価はデバイスの電気特性に強く関わるため, 需要は大きい. 著者らは前回の応用物理学会で, 走査型プローブ顕微鏡の一種である走査型非線形誘電率顕微鏡法 (SNDM) [1] を拡張した超高次 SNDM (SHO-SNDM) により MOSFET 断面の空乏層分布を解析する手法を提案した [2]. この手法は DC バイアスを印加すること無く局所的な CV 特性を測定データから再構成し, その形状から空乏層を判別する方法である. 本研究ではこの手法を用いて実動作中の SiC-DMOSFET の断面を測定し, 空乏層の挙動を観察する.

原理 まず SHO-SNDM の原理を説明する. SNDM は GHz 帯で発振する LC 発振器に導電性カンチレバー探針を取り付けた容量センサ (SNDM プローブ) を用いる [1]. 探針を試料表面に接触させ, 交流電圧 $V(t) = V_p \cos \omega_p t$ を印加すると, 探針試料間容量 C_s が変調され, この容量変化 $\Delta C_s(t)$ に比例して SNDM プローブの発振周波数 f_{probe} が変調される. $\Delta C_s(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (\Delta C_n^{\cos} \cos n\omega_p t + \Delta C_n^{\sin} \sin n\omega_p t)$ と表されるため, SNDM プローブの出力を周波数復調し, n 次高調波を同期検波することで $\Delta C_n^{\cos}$ と $\Delta C_n^{\sin}$ が得られる. V_p が比較的小さい場合には $\Delta C_n^{\cos} \propto \partial^n C_s / \partial V^n|_0$ が成り立つ. 特に, $\partial C_s / \partial V|_0$ の符号は導電型の極性に対応する (正: p 型, 負: n 型) ため, 試料表面をスキャンして $\partial C_s / \partial V|_0$ を 2 次元にマッピングすることでドーパント分布を可視化することができる.

実験と結果 SiC-DMOSFET の断面を化学機械研磨により鏡面に仕上げ, ゲート (G) 及びドレイン (D), ソース (S) にバイアスを印加できるように配線を施した. 本測定系により以下の条件の下で, G 直下の S 近傍の測定を行い, $\Delta C_1^{\cos} (\simeq \partial C_s / \partial V|_0)$ 像を取得した. 環境: 大気, SNDM 測定: $V_p = 0.5$ V, $f_p = \omega_p / 2\pi = 30$ kHz, サンプルへのバイアスは, DS 間電圧 (V_{DS}) = 0 V とし, GS 間電圧 (V_{GS}) = 0 V または 9.4 V とした. V_{GS} の印加による探針試料間電圧の変化の影響を取り除くため, 常に探針試料間電圧を 0 V に制御した. Fig. 1(a) と (b) はそれぞれ $V_{GS} = 0$ V と 9.4 V の場合に得られた $\partial C_s / \partial V|_0$ 像である. n^- 層と p 層の接合部に注目すると Fig. 1(a) に比べて Fig. 1(b) の方が n 型領域が p 層の近くまで接近している. V_{GS} の印加により FET がオン状態になり, ゲート下の空乏層が収縮したためと考えられる. 講演当日には $\Delta C_n^{\cos}$ を用いたより詳細な議論を行う予定である.

謝辞 本研究の一部は, 科学研究費補助金基盤研究 S(23226008) の補助を受けている.

参考文献 [1] Y. Cho, A. Kirihaara, and T. Saeki: Rev. Sci. Instrum. **67** (1996) 2297.

[2] 2014 年第 61 回応用物理学会春季学術講演会 20a-D8-6.

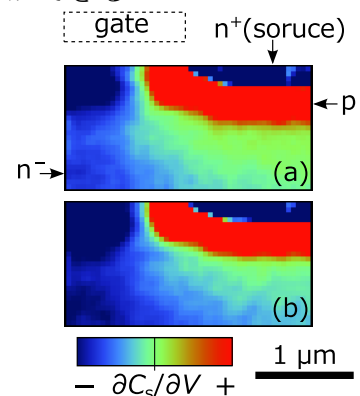


Fig. 1: (a) $V_{GS} = 0$ V, (b) $V_{GS} = 9.4$ V