

超高次非線形誘電率顕微鏡法のパワーデバイス評価への応用 —SiC-MOSFET の断面測定—

Application of super-higher-order nonlinear dielectric microscopy for power-device analysis: Cross-sectional imaging of SiC-MOSFET

東北大通研¹, ローム株式会社² ○ 茅根 慎通¹, 中村 孝², 長 康雄¹
RIEC, Tohoku Univ.¹, ROHM Co., Ltd.² ○ Norimichi Chinone¹, Takashi Nakamura², and Yasuo Cho¹
E-mail: chinone@riec.tohoku.ac.jp

1 はじめに

持続可能な発展をする社会を実現する上で、エネルギーを高効率に利用するための技術は必要不可欠であり、電源などの電力効率を高めるためにパワーデバイスの技術は目覚ましく進歩してきた。ところが技術の成熟に伴い、デバイスの性能がシリコン (Si) の物性に由来する限界に近づいてきており、現在以上の劇的な改善は望めなくなっている。そこで注目を集めているのがワイドギャップ半導体である。ワイドギャップ半導体はバンドギャップが広いために Si に比べてパワーデバイスに有利な特徴を持っている [1]。代表的な例は SiC であり、SiC を用いたパワーデバイスは既に実用化されている。しかしながら、SiC-MOSFET をはじめとする SiC デバイスは Si デバイスに比べまだ未熟であり、性能向上のために解決すべき課題を持っている [1]。このような現状においてデバイス構造の評価技術の果たす役割は大きく、特に電界や電流が集中するソース周辺のキャリア分布の詳細な評価は重要と考えられる。半導体デバイス内のキャリア分布測定するのに有効な手法として、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 (SNDM) [2] がある。SNDM は高い容量感度 ($\sim 10^{-22}$ F) を持つ顕微鏡で、試料に印加した電圧 V に対する探針試料間容量 C_s の高階微分応答 ($\partial^n C_s / \partial V^n, n = 1, 2, 3, 4$) までを測定することができる。ここで、 $n = 2$ の測定を高次法 [3]、 $n \geq 3$ の測定を超高次法もしくは超高次非線形誘電率顕微鏡法 [4] と呼ぶことにする。SNDM は半導体測定においてナノメートルオーダーの高い水平空間分解能と高いキャリア濃度分解能を持つため、パワーデバイス内のキャリア分布の詳細な解析に有効と考えられる。そこで SNDM のパワーデバイス評価への有用性を検討するため、SiC-MOSFET の断面を SNDM を用いて測定したのでその結果を報告する。

2 実験結果と考察

SiC-MOSFET の断面を化学機械研磨して SNDM で測定を行った。Fig. 1(a) は 1 つのセル全体をスキャンして得た $\partial C_s / \partial V$ 像 (1 次微分像) である。信号が正、負の領域がそれぞれ p 型、n 型を示しており、ゲートの両側にあるソースの構造が確認できる。Fig. 1(b)–(d) はソースの n^+ 領域を拡大してスキャンし、超高次法を用いて得た像である。Fig. 1(b), (c), (d) はそれぞれ 1 次、2 次、3 次微分像である。Fig. 1(b) で p 領域と n^+ 、 n^- 領域が明確に区別されている。さらに、高階微分像 (c) と (d) は 1 次微分像 (b) よりキャリア分布を詳細に可視化していることが分かる。これは $\partial C_s / \partial V$ よりも $\partial^2 C_s / \partial V^2$ や $\partial^3 C_s / \partial V^3$ のほうがキャリアの濃度変化を大きく反映するためであると考えられる。この結果は超高次非線形誘電率顕微鏡を用いることでパワーデバイスの構造を詳細に分析することが可能であることを示しており、本手法のパワーデバイス評価への有用性が示された。

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] 吉川明彦 監修, 赤崎勇, 松波弘之 編著: ワイドギャップ半導体—あけぼのから最前線へ—, 培風館
- [2] Y. Cho, A. Kirihaara, and T. Saeki: Rev. Sci. Instrum. **67** (1996) 2297.
- [3] Y. Cho and K. Ohara: Appl. Phys. Lett. **79** (2001) 3842.
- [4] N. Chinone, K. Yamasue, Y. Hiranaga, and Y. Cho: Appl. Phys. Lett. **101** (2012) 213112.

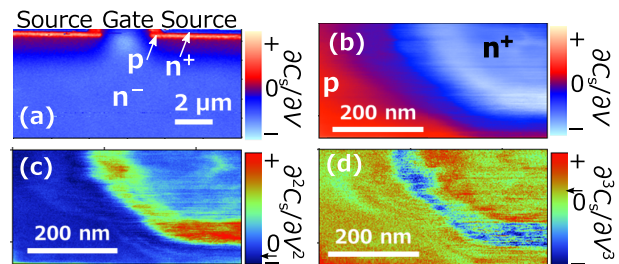


Fig. 1: (a) A cross-sectional image of SiC-MOSFET acquired by SNDM. (b)–(d) Images of n^+ region which were acquired by super-higher-order method. (a) shows the full cell with Source, Gate, and Source regions labeled. (b) shows the n^+ region with a 200 nm scale bar. (c) and (d) show higher-order derivatives of the n^+ region with 200 nm scale bars.