

SEMとSNDMによるドーパント分布観察

SHEET No. 009

製品：環境制御型原子間力顕微鏡 AFM5300E, 超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡

SU9000

背景と目的

低エネルギー二次電子から表面ポテンシャルを反映したコントラストが得られることから、SEMを用いた半導体デバイスのドーパント分布観察が可能です。私たちは、すでにエピ層の不純物濃度ステップ ($10^{13}\text{~}16/\text{cm}^3$) 試料をSEMとSNDM(走査型非線形誘電率顕微鏡)を用いて観察し、両者に良い相間があることを報告しています。^[2] SSRMによりドーパント観察の分解能や観察の安定性が向上することは広く知られていますが、高真空中 SNDM観察でも大気中SNDMと比べてパフォーマンスが向上し、 $10^{13}\text{~}14/\text{cm}^3$ 台の低濃度観察や高精度なCV特性カーブ測定を実現してきました。^[3, 4]

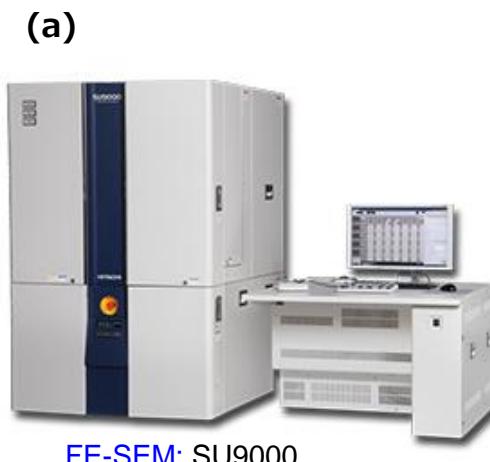
ここでは、SiC MOS FET断面の2次元ドーパント分布をSEMおよび真空SNDMで行った事例を紹介します。

[1] Cho, Y. *et al.*, "Scanning nonlinear dielectric microscope," *Rev. Sci. Instrum.*, **67**, 2297–2303, 1996.

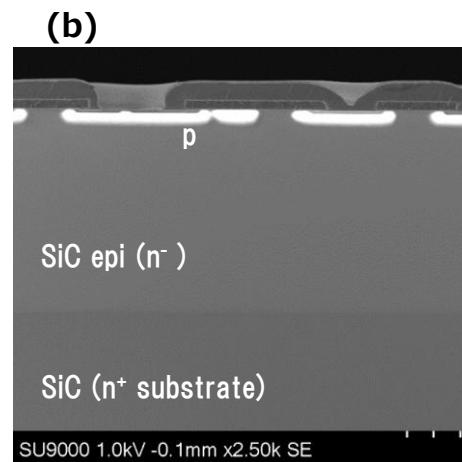
[2] 砂押ら, "SEMによる半導体ドーパント層の観察", 日本顕微鏡学会第71回学術講演会, P_M-06, 2015.

[3] 山岡ら, "AFMでナノ表面物性を観る~真空中の電磁気物性観察とSEM・ミリング技術連携", 第34回ナノテスティングシンポジウム会議録, 13-18, 2014.

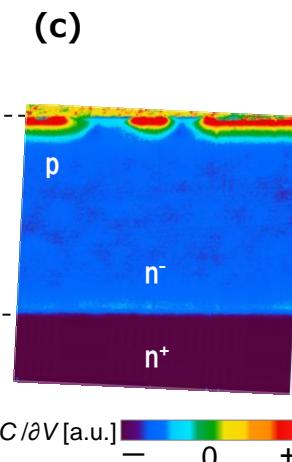
[4] Jing-jiang Yu *et al.*, "Environmental control scanning nonlinear dielectric microscopy measurements of p-n structures, epi-Si Wafers, and SiC crystal defects", *ISTFA 2015: Conference Proceedings*, 341-348, 2015.



FE-SEM: SU9000



SU9000 1.0kV -0.1mm x2.50K SE



dC/dV [a.u.]



AFM: AFM5300E

図1 (a) FE-SEM装置 (b, C) SiC MOS FET断面のSEM、SNDM観察 (d) 原子間力顕微鏡

実験結果

図1にSU9000およびAFM5300EによるSiC Power MOS FET 断面のSEMと真空中SNDMの観察結果を示します。どちらもデバイス構造に対応したドーパント（キャリア）濃度分布像が得られています。SEM像でもSiC基板のn⁺層と、n⁻のエピ層の差異がわかりますが、SNDM像は、より明瞭なコントラストになっています。

図2はpn接合領域付近で、SEM像の中にSNDM像を重ね合せた画像です。低加速SEM手法の普及により、SEMでもドーパント領域の可視化への応用が進められていますが、SNDMでは高感度かつp型／n型を判別した濃度分布を鮮明に得ることができます。

まとめ

SEMは広範囲な領域を高速で観察が可能なため、比較的時間のかかるSNDM観察の前のスクリーニング、あるいは断面出しされたデバイス構造の確認に用い、興味領域をSNDM観察によって明確なp型/n型判定、あるいは定点での $\partial C/\partial V$ -VカーブおよびC-Vカーブ測定など詳細解析を行うという使い方を提案します。

※ SNDMの製品開発には、SNDMを発明された東北大学 電気通信研究所 教授 長康雄様のご指導をいただきました。

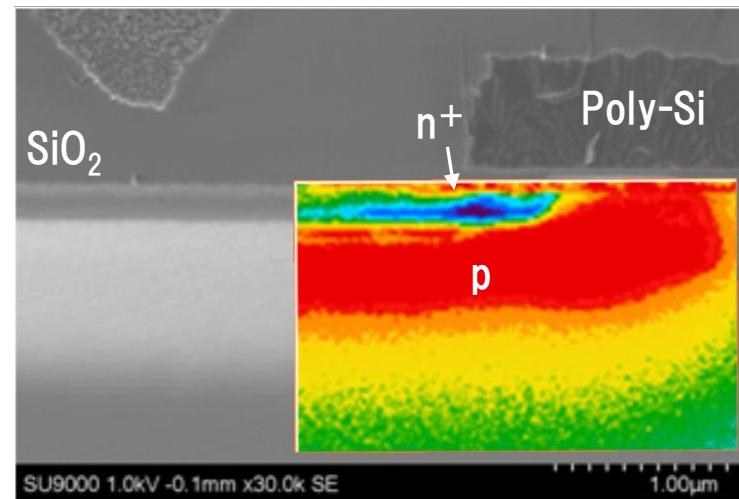
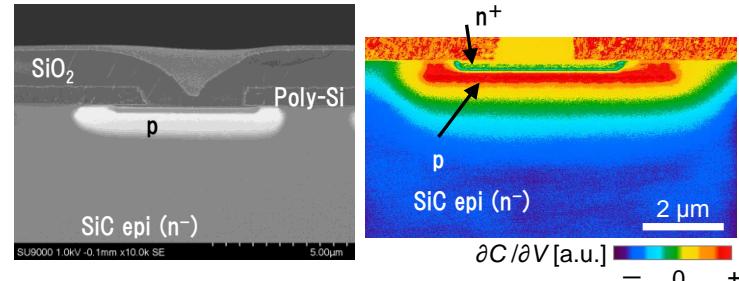


図2 SiC MOS FETのFE-SEM/SNDM観察結果
(SEM画像の上にSNDM像を重ね合せ)

執筆者： 日立ハイテクサイエンス 応用技術部 山岡武博
日立ハイテクノロジーズ アプリケーション開発部 砂押毅志