

## 時間分解・局所 DLTS 法を用いた マクロステップ を有する SiO<sub>2</sub>/SiC の界面準位密度分布の測定(2)

Observation of interface state density distribution in macrostepped SiO<sub>2</sub>/SiC using local-DLTS (2)

保坂 杏奈<sup>a)</sup>, 山末 耕平<sup>a)</sup>, Judith Woerle<sup>b,c)</sup>, Gabriel Ferro<sup>d)</sup>, Ulrike Grossner<sup>b)</sup>,  
Massimo Camarda<sup>c,b)</sup>, 長 康雄<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> 東北大通研, <sup>b)</sup> ETH Zurich, <sup>c)</sup> Paul Scherrer Institute, <sup>d)</sup> リヨン大

SiC は Si に代わるパワーデバイス用の新規材料として近年期待されている。しかしながら、SiC-MOSFET の性能は、SiC の物性限界から期待されるレベルに現状では及ばないため、さらなる性能改善が望まれている[1]。特に、チャンネル移動度はバルク移動度よりも 1~2 桁低いため、その向上が課題となっている。チャンネル移動度の低下は SiO<sub>2</sub>/SiC 界面の品質と強く関連すると考えられており、界面品質低下の原因を探ることが求められている。先行研究において、オフ角を有する SiC 基板上的エピ層に生じる多数の表面ステップが高い界面準位密度 ( $D_{it}$ ) の原因となる可能性が指摘されている[2]。表面ステップが  $D_{it}$  に及ぼす影響を議論するため、前回の報告では、広いテラスと大きなステップライザを持たせたマクロステップ SiO<sub>2</sub>/SiC を作製し、テラスとステップライザの  $D_{it}$  を時間分解・局所 DLTS 法[3]を用いてナノスケールで評価した。その結果、ステップライザ上の  $D_{it}$  はテラス上の約 2 倍であることが明らかになった [4, 5]。また、走査型非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) を用いた評価でも、ステップライザ上に有意に高い  $D_{it}$  を生じることが示唆されている [6]。本報告では、引き続き、ステップライザがテラスと成す角度と  $D_{it}$  の関係を議論する。

試料は 4° のオフ角を有する 4H-SiC (0001) 基板上的 n 型エピ層 (Wolfspeed 社,  $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  のドーピング濃度, 15  $\mu\text{m}$  厚) であり、典型的なエピ層に比較して広いテラス ([0001] 方向) および高低差の大きなステップ (マクロステップ, [11-2x] 方向,  $x \gg 1$ ) を有する[7]。探針には Pt-Ir コートされたカンチレバー (Nanosensors R-150-T3L450BPt, 先端半径 150 nm) を使用した。測定は大気中、室温で行った。 $D_{it}$  像を得るために、5  $\mu\text{s}$  の長さで -5 V のパルス電圧を周期的に印加した。解析した  $D_{it}$  のエネルギー深さは伝導帯端から 0.38 eV の深さである。同時に、文献[8]に基づいて、SNDM 像の相対標準偏差 (RSD) を用いた  $D_{it}$  の評価を行った。RSD は  $D_{it}$  に正の相関を持つことが知られている。図 1, 2 に、それぞれ局所 DLTS 法および SNDM を用いて得られた  $D_{it}$  および RSD の角度依存性を示す。ステップライザの角度は、コンタクトモード AFM で得られる形状像において、テラスの角度を基準に算出した。どちらの手法からも、 $D_{it}$  とステップライザの角度には負の相関がみられた。(11-20)面では、(0001)面に比較して  $D_{it}$  が低減可能であり、(11-20)面を用いた SiC-MOSFET では高いチャンネル移動度を実現できることが知られている [9]。ステップライザは [11-2x] ( $x \gg 1$ ) の方向を持つため、(0001)面とは垂直にはならないが、角度が大きくなり、垂直に近くなるほど (11-20)面に近づく。このため、角度が増加するにつれて  $D_{it}$  が減少している可能性があるものと考えられる。

**謝辞** 本研究の一部は科学研究費補助金 (16H06360) および NEDO SIP/次世代パワーエレクトロニクスの補助を受けています。

**参考文献** [1] T. Kimoto, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 040103 (2015). [2] M. Camarda *et al.*, Mater. Sci. Forum **897**, 107 (2017). [3] Y. Yamagishi and Y. Cho, Appl. Phys. Lett. **111**, 163103 (2017). [4] 保坂ら, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 20a-E311-4, 北海道大学, 9 月 18-21 日 (2019). [5] J. Woerle *et al.*, Phys. Rev. Mater. **3**, 084602 (2019). [6] 保坂ら, 第 39 回ナノメスティングシンポジウム, 国際ファッションセンター, 東京都, 11 月 18 日-19 日 (2019) [7] V. Soulière *et al.*, Mater. Sci. Forum **858**, 163 (2016). [8] N. Chinone *et al.*, Appl. Phys. Lett. **111**, 061602 (2017). [9] H. Yano, T. Kimoto, and H. Matsunami, Appl. Phys. Lett. **81**, 301 (2002).

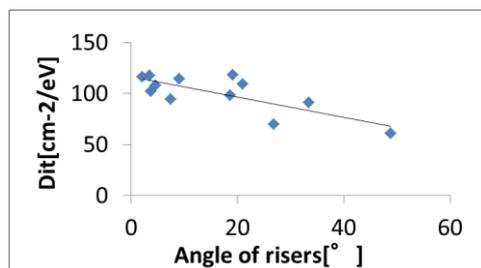


Fig. 1. Dependence of  $D_{it}$  on the angle of risers

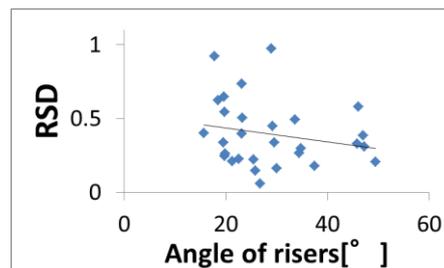


Fig. 2. Dependence of RSD of SNDM images on the angle of risers