

4H-SiC(11 $\bar{2}$ 0)面 (*a* 面) MOS 界面欠陥の電子スピン共鳴分光 (ESR/EDMR) 評価 Electron Spin Resonance spectroscopy (ESR/EDMR) study on interface defects at (11 $\bar{2}$ 0) face (*a*-face) 4H-SiC/SiO₂ interfaces

筑波大学¹, 産総研², 阪大³ ○近藤 蓮¹, 染谷 満^{2,3}, 渡部 平司³, 梅田 享英¹

Univ. of Tsukuba¹, AIST², Osaka Univ.³ ○R. Kondo¹, M. Sometani^{2,3}, H. Watanabe³, T. Umeda¹

Email: s2220264@s.tsukuba.ac.jp

【研究背景】

炭化ケイ素(4H-SiC)を用いた次世代パワー MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)は、標準的には 4H-SiC(0001) 面 (Si 面) で作製されるが、近年、より高いチャネル移動度が得られる(11 $\bar{2}$ 0)面 (*a* 面) 等が注目されている。*a* 面は熱酸化だけでは MOS 界面準位が極めて多いが、界面窒化することによって Si 面よりも数倍高いチャネル移動度が得られることがわかっている[1]。*a* 面 MOS 界面にどのような界面欠陥が発生しているのかを調べるべく、電子スピン共鳴 (ESR) 分光を *a* 面 MOS 界面に適用した。ESR やその派生である電流検出 ESR(EDMR)によって Si 面の界面欠陥の一端が明らかにされている[2]。Si 面の知見と *a* 面とを比較していく。

【実験内容・結果】

まず通常 ESR 法による界面欠陥観察を目指して、エピタキシャル成長自立 *a* 面基板 (アンドープ) を用意して、基板のみと熱酸化後の比較を行った (Fig. 1)。Si 面の場合、この種の試料から「*P_{bc}* センター」の ESR 信号を検出することができる[2]。しかし *a* 面の場合、室温～極低温、暗状態または波長 365 nm の紫外光を照射しての ESR スペクトルのいずれでも界面由来の ESR 信号を観測することはできなかった。この結果は、大量に存在するはずの界面準位が未占有か 2 電子占有になっていることを示している。

よって、界面準位の電子占有状態 (スピン状態) のチューニングが必須であるので、ゲート電圧 V_g を調整しながら EDMR 法で *n* チャネル *a* 面 4H-SiC MOSFET (界面窒化 10 分、

最大電界効果移動度 $0.15 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$) の MOS 界面の観察を行った。Si 面では負 V_g 下で *P_{bc}* センターの EDMR 信号が観測されるが、*a* 面では同条件で Si 面よりも数 10 分の 1 程度の EDMR 信号が観測されるのみだった (Fig. 2)。これは *a* 面の価電子帯側の界面準位密度が Si 面よりも低いことを示唆している。一方、伝導帯側は界面準位密度が多いことが予想されるので今後、伝導帯側の界面準位の EDMR 分光を行っていく予定である。

[1] T. Kimoto and H. Watanabe, Appl. Phys. Express. **13**, 120101 (2020).

[2] T. Umeda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **116**, 071604 (2020).
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。

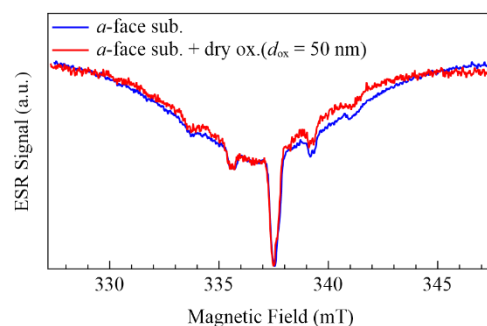


Fig. 1. ESR spectra of *a*-face MOS interface (dry oxidation) under UV illumination and 20K.

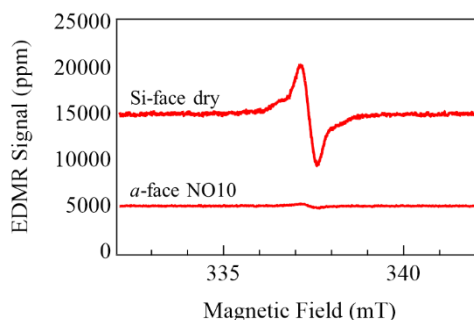


Fig. 2. EDMR spectra of *a*-face and Si-face MOSFETs under negative V_g .