

レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡を用いた SiO₂/SiC 界面の表面ポテンシャル評価

Evaluation of the surface potential of oxidized silicon carbide by a Laser Terahertz Emission Microscope

SCREEN¹, 阪大レーザー研², 阪大院工³

○西村 辰彦¹, 中西 英俊¹, 川山 巖², 斗内 政吉², 細井 卓治³, 志村 考功³, 渡部 平司³

SCREEN¹, ILE, Osaka Univ.², Graduate School of Eng., Osaka Univ.³

○T. Nishimura¹, H. Nakanishi¹, I. Kawayama², M. Tonouchi², T. Hosoi³, T. Shimura³, H. Watanabe³

E-mail: tat.nishimura@screen.co.jp

熱酸化 SiO₂/SiC 界面には界面欠陥/トラップが高密度に存在するため、チャネル移動度やゲート絶縁膜信頼性の劣化が課題である。さらに、チャネル伝導は界面構造の不均一性に由来する表面ポテンシャル揺らぎによっても制限されうる¹⁾。酸化膜/半導体界面の評価技術として、容量-電圧(C-V)測定法が用いられている。

レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡(Laser Terahertz Emission Microscope: LTEM)は、絶縁膜/半導体界面、半導体表面などの材料界面から放射される THz 波を検出・イメージ化し、電場/キャリアダイナミクスなどの情報分析を可能とする技術である²⁾。Si において THz 波の振幅強度と表面ポテンシャル(ψ_s)の強い相関が示されており³⁾、今回は、SiC における相関について検討を行った。

n 型 4H-SiC(0001) 面上にホモエピ成長させたウエハ(n 型、エピ膜厚 5 μm , ドープ濃度 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) に表 1 に示す条件でドライ酸化(1200°C と 1600°C)により熱酸化膜を形成した。ゲート電極として ITO 透明電極を、裏面に Al 電極を作製し、MOS キャパシタ構造とした。

図 1 の実線は実測した C-V カーブ(周波数: 1 kHz)、破線は高周波かつ界面電荷がない条件として計算^{4, 5, 6, 7)}した C-V カーブである。実測 C-V カーブは、計算値からのストレッチアウトが見られ、界面準位の影響が見られる。1600°C の C-V カーブはヒステリシスが小さく急峻であり、1200°C より界面特性は良好である⁸⁾。

LTEM システム構成を図 2 に示す。Ti:サファイヤレーザー(パルス幅 100 fs、繰返し周波数 80 MHz)の第三高調波(波長 280 nm、光量 1 mW、ビーム径約 0.7 mm)を試料に 45 度で照射した。試料から放射された THz 波を放物面鏡により集光し LT-GaAs 光伝導素子で検出した。

図 3 に THz 波形のピーク強度⁹⁾(実線)と、実測・計算の両 C-V カーブから求めた^{5, 6, 7)} ψ_s (破線)を示す。1600°C 試料では、THz ピーク強度と ψ_s の変化に相関が見られるが、1200°C 試料では比較的相関が弱い。1200°C 試料では界面準位密度の影響を受けていると推測される。 $\psi_s = 0$ のとき THz 波ピーク強度が 0 になっていない理由は、拡散電流による THz 波成分の関与が考えられる。

SiC においても THz 波振幅強度と ψ_s に相関が認められ、LTEM が ψ_s の評価技術になりえると考えている。

References

- 1) T. Kimoto, Jpn. J. Appl. Phys. **54** (2015) 040103.
- 2) 斗内, 応用物理, **84** (2015)1101.
- 3) T. Mochizuki, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **110** (2017) 163502.
- 4) D. K. Schroder, Semiconductor Material and Device Characterization, 3rd ed. (Wiley, Hoboken, NJ, 2006).
- 5) R. G. Southwick III and W. B. Knowlton, IEEE Trans. Device Mater. Rel. **6** (2006) 136.

- 6) R. G. Southwick III, *et al.*, IEEE Trans. Device Mater. Rel. **11** (2011) 236.
- 7) R. G. Southwick III, *et al.*, "Program for multi-dielectric energy band diagram," <http://nano.boisestate.edu/research-areas/multi-dielectric-energy-band-diagram-program/>
- 8) T. Hosoi, *et al.*, Appl. Phys. Express. **11** (2018) 091301.
- 9) 西村, 他, 第 79 回応物秋季予稿集 20a-141-10 (2018).

Table I Oxidation conditions of the samples.

Oxidation temperature [°C]	Oxygen partial pressure [%]	Oxidation time [min]	SiO ₂ thickness [nm]
1200	100	60	19.5
1600	0.3	4	22.0

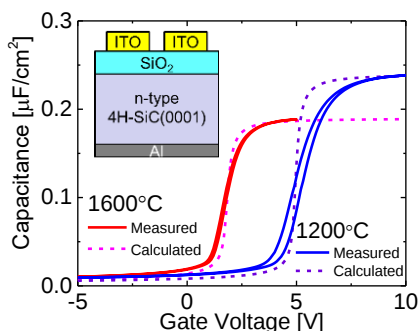


Fig.1 C-V curves of the samples.

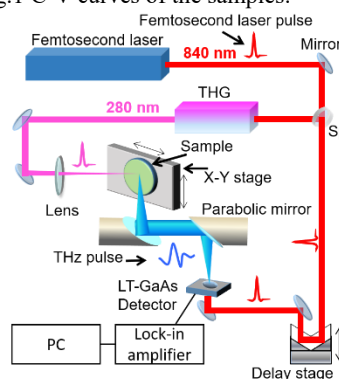


Fig.2 Schematic of the experimental set up.

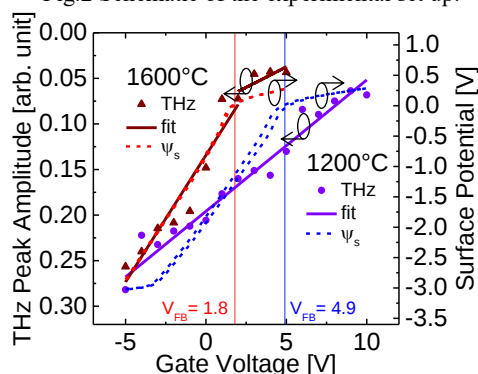


Fig.3 THz peak amplitude and surface potential.