

400 nm レーザーを利用したレーザーテラヘルツエミッション顕微鏡による 4H-SiC ウエハ特性評価

Characterization of 4H-SiC wafer using a Laser Terahertz Emission Microscope at 400 nm

SCREEN¹, 阪大レーザー研², 京大院エネ科³, 阪大院工⁴

○西村 辰彦¹, 中西 英俊¹, 川山 巖^{2,3}, 斗内 政吉², 細井 卓治⁴, 志村 考功⁴, 渡部 平司⁴

SCREEN¹, ILE, Osaka Univ.², Kyoto Univ.³, Graduate School of Eng., Osaka Univ.⁴

○T. Nishimura¹, H. Nakanishi¹, I. Kawayama^{2,3}, M. Tonouchi², T. Hosoi⁴, T. Shimura⁴, H. Watanabe⁴

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

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¹⁾。Si、SiC において THz 波の振幅強度と表面ポテンシャルの強い相関が示されている^{2,3)}。光子エネルギーがバンドギャップエネルギー以上の波長を用いる従来の LTEM では、光の侵入長による制約のため、材料内部の計測は困難であった。これまで SiC フォトダイオード (SiC-PD) をバンドギャップエネルギー (3.26 eV⁴⁾、波長約 380 nm 相当より長い波長 400 nm (仕様上の相対受光感度: 10^{-4}) で励起し、THz 波の放射を報告した⁵⁾。今回我々は 2 光子励起を利用した LTEM の原理検証のため、SiC ウエハ内部の計測を試みた。

LTEM システム構成を図 1 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) の第二高調波 (波長 400 nm、光量 100 mW、スポット径約 15 μm) 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 2 に 2 光子励起の確認として SiC-PD の光電流と THz 波形のピーク強度の計測結果を示す。光電流が光量の 2 乗に比例していることから、2 光子励起による電流と判断できる⁶⁾。THz 波ピーク強度も入力光量のほぼ 2 乗に比例しており、LTEM の原理的に 2 光子励起による電流変化の情報を反映していると考えられる。

試料は、p および n 型の 4H-SiC(0001) 面にホモエピ成長させたウエハ上に 100% O₂ 雰囲気中で 1200°C、40 分間のドライ酸化を行い作製した。エピ層のドーパ濃度と膜厚、熱酸化膜の膜厚を表 1 に示す。

図 3 は p および n 型試料から放射された THz 波時間波形である。12 ps 近傍のピーク強度は、p 型の方が n 型より 2 倍以上高い。本実験では試料の表面で放射される THz 波のピークが 5 ps 近傍に位置するよう遅延ステージを調整しているため、12 ps 近傍のピークはより光路長が長くなるウエハ表面以外の領域から THz 波が放射された可能性がある。

バンドギャップ未満の波長 (400 nm) のレーザー光による SiC ウエハからの THz 波放射を確認した。今後、THz 波の放射起源の考察を深めることで、2 光子励起の可能性も含めてウエハ内部の電流変化を非接触で計測することが可能になると考えている。

References

- 斗内, 応用物理, **84**, 1101 (2015).
- T. Mochizuki, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **110**, 163502 (2017).
- T. Nishimura, *et al.*, ICSCRM 2019, We-P-27 (2019).
- T. Kimoto, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 040103 (2015).
- 西村, 他, 第 78 回応物秋季予稿集, 7a-A201-8 (2017).
- T. Feurer, *et al.*, Appl. Phys. B **65**, 295 (1997).

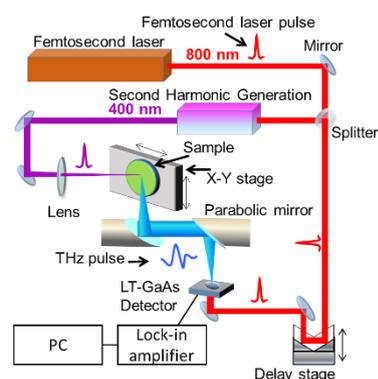


Fig.1 Schematic of the experimental set up.

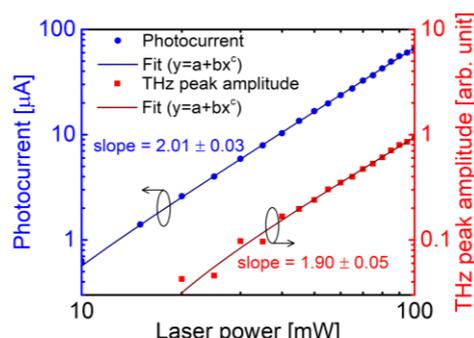


Fig.2 Measured photocurrent and THz peak amplitude of a 4H-SiC photodiode excited at 400 nm femtosecond laser pulse.

Table I Conditions of the samples.

Type	Doping concentration [cm ⁻³]	Epilayer thickness [μm]	SiO ₂ thickness [nm]
p	1E+16	5	11.7
n	5E+15	5	12.4

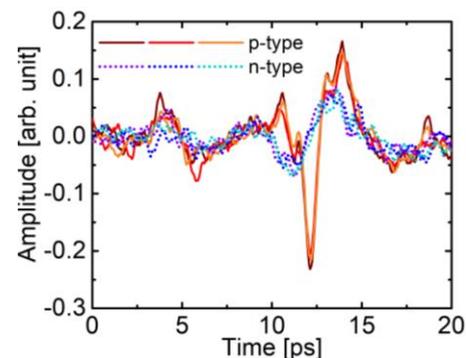


Fig.3 THz waveforms emitted from p-type and n-type samples.