

レーザーテラヘルツ放射顕微鏡による GaN-HEMT のヘテロ界面ポテンシャル分布のオペランド計測 Operando measurement of hetero-interface potential distribution in GaN-HEMT using a Laser Terahertz Emission Microscope

産総研¹, SCREEN², 阪大レーザー研³, 京大院工能科⁴

○高橋 言緒¹, 西村 辰彦², 中西 英俊², 川山 巖^{3,4}, 斗内 政吉³, 清水 三聡¹, 高田 徳幸¹
AIST¹, SCREEN², ILE, Osaka Univ.³, Kyoto Univ.⁴

○T. Takahashi¹, T. Nishimura², H. Nakanishi², I. Kawayama^{3,4}, M. Tonouchi³, M. Shimizu¹, N. Takada¹

E-mail: tokio-takahashi@aist.go.jp

窒化物半導体を用いた HEMT デバイスは、5G 通信市場における高周波・高出力トランジスタとして注目されている。HEMT デバイスのさらなる高性能化に向け、2 次元電子ガス (2DEG) 領域の界面ポテンシャルに関する情報を得ることは重要である¹⁾。今回我々は、レーザーテラヘルツ放射顕微鏡 (LTEM) 技術に着目し、GaN-HEMT デバイスへの適用を試みた。

LTEM は、半導体表面・界面にフェムト秒光パルスを照射し、光電流や分極の時間変化に由来して放射される THz 波を検出することで、電場/電荷移動等の情報分析を可能にする技術である²⁻⁴⁾。本研究では、励起レーザー光の波長を調整して、GaN 膜を直接励起させたことで、動作中の GaN-HEMT における AlGaIn/GaN 界面ポテンシャル変化を計測・可視化できたので報告する。

本研究に用いた GaN-HEMT デバイス構造 (ゲート長: 4 μ m、ゲート幅: 50 μ m、ゲート～ドレイン間距離: 50 μ m) を図 1 に示した。LTEM 計測は、Ti:サファイアレーザー (パルス幅 100fs) の第二高調波 (波長 355nm、光量 0.5mW、ビーム径 6 μ m) を素子に 45 度で入射し、素子から放射された 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 はエリプソメトリーで計測した AlGaIn 膜及び GaN 膜の吸収係数を示している。355nm 励起レーザー光は、パッシベーション膜 (SiO₂) や AlGaIn 膜には吸収されず、ヘテロ界面の GaN 膜を直接励起していることが確認できた。

図 3 は、a) GaN-HEMT の顕微鏡写真と LTEM 測定範囲、b) $V_{ds}=5V$ 、 $V_{gs}=0V$ (上図) 及び $V_{gs}=-3V$ (下図) における THz 振幅強度の 2 次元イメージである。ここで、THz 振幅強度がプラス域 (赤黄色) 及びマイナス域 (青色) は、ヘテロ界面ポテンシャルがそれぞれ上向き、下向きに曲がっていることに相当する。図 3b からは、 V_{gs} を 0V から -3V に変化させることで、ゲート側にプラス域が広範囲に形成されているのが分かる。この結果は、ゲート電極近くでは、2DEG 領域の空乏化が進んできていることを示唆している。

本研究では、GaN-HEMT デバイスを駆動させながら、非破壊で LTEM 評価を行い、ゲート電極側の空乏層が形成されていく様子を可視化することに成功した。GaN-HEMT デバイスのさらなる性能向上に向け、現在 LTEM データの詳細解析を進めている。

References

- 1) K. Omika, et al., Sci. Rep. **8** (2018) 13268.
- 2) 斗内, 応用物理, **84** (2015) 1101.
- 3) Y. Sakai, et al., Sci. Rep. **5** (2015) 13860.
- 4) Y. Sakai, et al., APL Photonics, **2**, 041304 (2017).

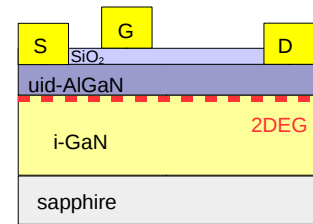


Fig.1 Schematic of GaN-HEMT device

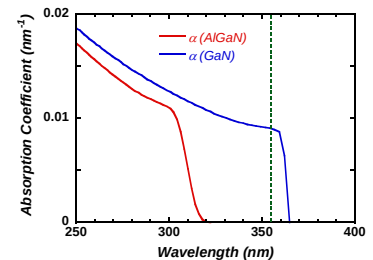


Fig.2 Absorption coefficient of AlGaIn and GaN films. Green broken line shows excitation wavelength (355nm).

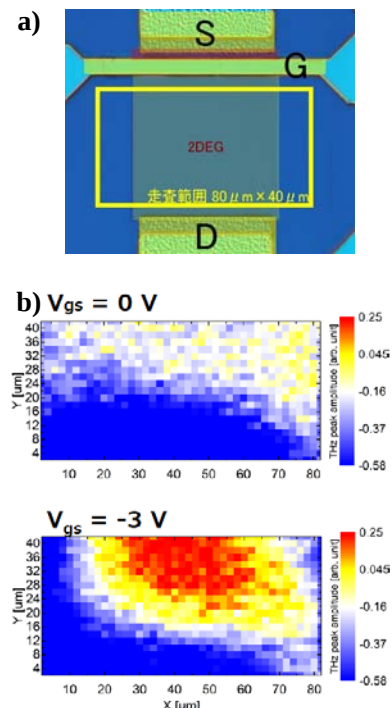


Fig.3 a) Photomicrograph of GaN-HEMT and the scanned area by LTEM, and b) 2D-images of THz amplitudes at $V_{gs}=0V$ and -3V.