レーザーTHz 放射顕微鏡による窒化物半導体特異構造の分極マッピング Polarization mapping of nitride semiconductors using laser THz emission microscopy

阪大レーザー研 川山 巌

ILE, Osaka Univ. Iwao Kawayama

E-mail: kawayama@ile.osaka-u.ac.jp

我々これまで、テラヘルツ(THz)波の透過・反射を利用する通常の THz 分光法とは異なり、試料 そのものから発生する THz 波に着目した分光・イメージング手法であるレーザーTHz 放射顕微 鏡/分光法 (LTEM/LTES)を開発し、様々な材料やデバイスに適用してきた。超短パルスレーザー を物質に照射した際に放射される THz 波の電界 E_{THz} は、 $E_{THz} \propto \partial J/\partial t + \partial^2 P/\partial t^2$ (J:電流, P:分 極)と近似できるため、THz 放射波形を解析することにより光励起キャリアや分極の動的変化に 関する情報を得ることができる。この手法により、強誘電体の自発分極[1]、グラフェンの吸着 分子ダイナミクス[2,3]、太陽電池の欠陥評価[4]など、様々な材料やデバイスの評価が可能であ ることを示してきた。フォトルミネッセンス(PL)やエレクトロルミネッセンス(EL)は、キャリア の再結合(失活)による発光を検出するが、LTEM/LTES は、主にキャリアの励起直後に強く THz 波を放射する。そのため、従来手法である PL や EL などの発光分光法と相補的であり、半導体 の新規な物性計測手法として有望である

近年我々は本手法を用いて、GaN を中心としたワイドギャップ半導体の表面分極や不純物・欠陥によるポテンシャル変化の観測に成功した[5, 6]。c面 GaN 基板においては、イエロールミネッセンス(YL)と呼ばれる PL 像と LTEM 像がほぼ一致しており、GaN からの THz 放射強度がある種の不純物・欠陥濃度に依存することを見いだした。この現象は、欠陥準位にトラップされた

キャリアによる表面ポテンシャルの変化が原因であ ると解釈出来る。また、m面GaNでは、自発分極に 起因する表面分極構造のベクトルマッピングに成功 した(Fig. 1)。このように、LTEM/LTES により不純 物・欠陥、表面分極、ヘテロ界面などの特異構造にお ける分極・ポテンシャル変化を選択的に評価可能であ る。本講演では、LTEM/LTES の原理および GaN を 中心とした最近の測定例、および今後の展望について 述べる。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 JP 16H04330、JP 17H05338 および倉田奨励金の助成を受けたものです。

【参考文献】

[1] D. S. Rana et al., Advanced Materials 21, 2881 (2009).

[2] Y. Sano et al., Scientific Reports 4, 6046 (2014).

- [3] F. R. Bagsican et al., Scientific Reports 7, 1774 (2017).
- [4] H. Nakanishi et al., Applied Physics Express 5, 112301 (2012).
- [5] Y. Sakai et al., Scientific Reports 5, 13860 (2015).

[6] Y. Sakai et al., APL Photonics 2, 041304 (2017).



Fig. 1 Vector mapping of local polarization in m-GaN surface.