光ニードル顕微鏡法によるワイドバンドギャップ半導体内欠陥の高速３次元計測

High Speed 3D Measurement of Defects in Wide Bandgap Semiconductors using Light Needle Microscopy

東北大多元研　○三浦 祐樹，土屋 裕祐，小澤 祐市，上杉 祐貴，佐藤 俊一

IMRAM, Tohoku Univ.　°Yuki Miura, Yusuke Tuchiya, Yuichi Kozawa, Yuuki Uesugi, Shunichi Sato

E-mail: yuki.miura.r7@dc.tohoku.ac.jp

窒化ガリウム（GaN）やシリコンカーバイド（SiC）などのワイドバンドギャップ(WBG)半導体は、耐圧が高く電力損失が小さいという特性から、高効率な次世代パワーデバイスなどへの応用が広まりつつある。しかし、異種基板上に成長した WBG 半導体エピタキシャル層には、格子不整合のため多数の貫通転位が発生することが知られている。転位分布の計測法として、X 線トポグラフィや透過型電子顕微鏡などを挙げることができるが、いずれも深い部分の観察を十分に行うことはできなかった。この課題の解決法として、近年、多光子励起フォトルミネッセンス(MPPL)を用いた観察手法が注目されている[1]。本観察法は、近赤外波長域のフェムト秒パルスレーザーを励起光として半導体内部から生ずる MPPL を信号光とするイメージング法であり、非発光再結合中心となる転位部分は暗点として観察される。本観察法は試料の 3 次元的な転位分布を非破壊で可視化できるという利点を持つ一方で、観察深度の増大に伴って画像取得に時間を要するという課題が残されている。本研究では、WBG 半導体内転位を高速かつ 3 次元的に計測する手法の確立を目的とし、長焦点深度のベッセルビームを励起光とした新しい転位観察法の開発を目指している。本イメージング法は、我々がこれまで蛍光イメージングにおいて実証してきたベッセルビームによる深さ方向への一斉励起と、自己湾曲性をもつエアリービームへ検出信号を変換することによる深さ情報の復元[2]を原理とする。今回は、実際に本イメージング法を GaN の MPPL に適用した結果を報告する。

本手法を用いて GaN 内転位の観察および 3 次元画像構築を行った結果を Fig. 1 に示す。ベッセルビームに変換した波長 1 μm のフェムト秒レーザー光を励起光として、1 回の 2 次元走査のみから深さ方向の 3 次元画像の取得が可能であり、貫通転位によるものと思われる暗線が複数確認された。一方、半導体材料に特有の高屈折率性に起因した球面収差の発生[3]も明らかとなった。本イメージング結果の詳細ならびに観察深度増大に伴う収差の検討については、当日報告する。

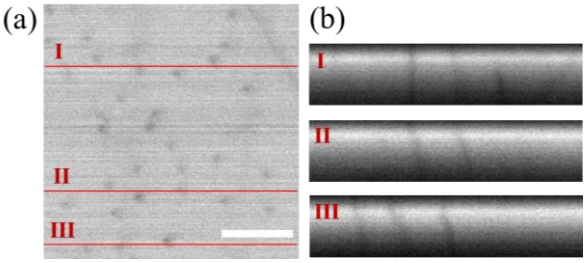

Fig.1 Reconstructed three-dimensional MPPL image of a GaN sample. (a) Image on the lateral plane (*xy*-plane), projected along the axial (*z*) direction. Scale bar, 10 μm. (b) Cross-sectional images on the *xz*-plane, indicated by red lines in (**a**). Note that the axial (vertical) dimension in (**b**) is not calibrated.

参考文献

[1] T. Tanikawa, K. Ohnishi, M. Kano, T. Mukai and T. Matsuoka, Appl. Phys. Express **11**, 031004 (2018)
[2] Y. Kozawa and S.Sato, Sci. Rep. **9**, 11687 (2019).
[3] 土屋、小澤、佐藤、第 75 回応用物理学会 東北支部学術講演会、4pB03 (2020).

© 2022年 応用物理学会