二光子吸収フォトルミネッセンスによるダイヤモンド結晶欠陥の可視化 Visualization of crystal defects in diamond by two-photon-excited photoluminescence 産総研先進パワエレ O大曲 新矢,山田 英明,坪内 信輝,梅沢 仁,茶谷原 昭義,竹内 大輔 S. Ohmagari, H. Yamada, N. Tsubouchi, H. Umezawa, A. Chayahara, H. Umezawa, and D. Takeuchi

AIST Advanced Power Electronics Research Center (ADPERC) E-mail: shinya.ohmagari@aist.go.jp

半導体結晶中の転位は、各種デバイス特性の劣化を引き起こす要因となることから限りなく 低減することが望ましい.ダイヤモンドは次々世代の超低損失パワーデバイス材料として期待さ れているが、材料物性値より予測される究極のデバイス性能は未だ実証されていない.材料ポテ ンシャルを極限まで引き出すために、結晶の高品質・低転位化は重要な開発指針である.

ダイヤモンド結晶中の欠陥構造は、X線トポグラフィ、カソードルミネッセンス (CL)、エッ チピット法で評価可能である.しかしこれらの手法は、基板の厚み方向(結晶成長方向)への分解 能が乏しく、3次元的な転位の伝搬挙動を評価することは難しい.最近、SiC¹⁾、GaN²⁾では二光子 吸収フォトルミネッセンス (2PPL)法による貫通転位の可視化が報告されており、バンド端発光 のダークスポット(転位近傍のキャリア再結合に起因)を評価することで、転位の3次元イメージ ングに成功している.ダイヤモンドは5.5 eV (225 nm)のワイドバンドギャップを有するため、バ ンド端励起には短波長レーザを組み込んだ光学系構築が必要である.一方、ダイヤモンドにおい ては、転位に由来した Band-A発光が 2.9 eV (430 nm)近傍に観測されることから、2PPL法で欠陥 準位を励起し、転位を直接イメージングできる可能性がある.今回我々は、高い転位密度 10⁶-10⁸ cm⁻²を有するモザイクウェハやヘテロ基板を例に、ダイヤモンド結晶欠陥の可視化を試みた.

図 1(a)に 2PPL 法(高速多光子共焦点レーザ顕微鏡: Nikon A1MP⁺)の測定概略図を示す.波長 700 nm の Ti: Sapphire レーザ光を試料表面に集光し, X-Y スキャナとステッピングモータ(Z方向) により画像を取得した.サンプル表面でのレーザ強度は10-20 mW であった.各ピクセルの光強 度は、バンドパスフィルターを通じて GaAsP 検出器で記録した.図1(b)にモザイクウェハ接合部 の Band-A 発光像を示す.観測領域は X: 255 µm, Y: 255 µm, Z(深さ): 116 µm,画像取得時間は約 5 分であった.結晶の不連続性に起因するモザイク接合部の複雑な欠陥構造を,3次元的にイメー ジングすることに成功した.発表当日は、CL マッピング像との比較を議論する予定である.



<u>at RT, 1 atm</u>

図 1(a) 2PPL 法の測定概略図. (b) モザイクウェハ境界部の Band-A 発光 3 次元イメージング像.

【謝辞】多光子吸収フォトルミネッセンス測定は,文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業名古屋大学分子合成プラットフォームの支援を受けて実施された.測定および解析の補助 を頂いた,株式会社ニコンインステック伊藤様に深く感謝いたします.

1) R. Tanuma et al., Appl. Phys. Express 7, 121303 (2014)

2) T. Tanikawa et al., Appl. Phys. Express 11, 031004 (2018)