

PL イメージングによる 4H-SiC 結晶欠陥の評価

Characterization of extended defects in 4H-SiC by PL imaging

○土田 秀一、鎌田 功穂、田沼 良平、長野 正裕(電中研)

○Hidekazu Tsuchida, Isaho Kamata, Ryohei Tanuma, Masahiro Nagano (CRIEPI)

E-mail: tsuchida@criepi.denken.or.jp

シリコンカーバイド (SiC) パワーデバイスは、各種の電力変換における損失低減を通じて、大きな省エネ効果をもたらすものとして注目されている。最近では、直径 150 mm の大口径 4H-SiC 基板の製造が開始されるとともに、数々の用途で SiC パワーデバイスの実用化が始まっている。一方、SiC パワーデバイスの適用を大規模なものにしていくために、SiC 単結晶の高品質化が求められている。昇華法バルク成長で得られた現状の市販 4H-SiC 基板には、*c* 軸方向に伝播する貫通転位 (TSD: 貫通らせん転位, TED: 貫通刃状転位), 基底面内を伝播する基底面転位 (BPD) が内包されている。これらの転位は、エピタキシャル (エピ) 成長時にエピ膜中に伝播して引き継がれる。また、エピ成長時に転位や積層欠陥が新たに導入されることもある。これらのエピ膜中に存在する拡張欠陥は、素子の電氣的性能に様々な影響を及ぼすため、4H-SiC パワーデバイスの開発において、SiC ウェーハ中の転位や積層欠陥の検出・分別手法や制御手法を得ることが重要である。ここでは、PL イメージングによる 4H-SiC 結晶欠陥の評価技術に関する研究成果を紹介する。

平面 PL イメージングでは、励起光源として Ar⁺レーザ ($\lambda=364$ nm) を使用し、試料を X-Y 移動させつつ、SiC ウェーハが生じる発光を対物レンズ、バンドパスフィルタを通して CCD カメラで取り込むことで画像を取得した。4H-SiC 中の積層欠陥は、その積層構造に対応する固有の波長 (420-540 nm) で発光することから、非破壊で、各種の積層欠陥の二次元イメージング、分類が可能である [1]。また、エピ膜中の TSD, TED, BPD は、600-1000 nm の波長で発光するため、平面 PL イメージングによって各種転位の位置情報を輝点として得ることができる [2]。TED の平面 PL 像は、その発光形状によって 6 種類に分類することができ、バーガースペクトルの向きに応じて平面 PL 像の形状が変化することが確認されている [3]。

4H-SiC 中の拡張欠陥の立体的挙動を明らかにすることを目的に、4H-SiC のバンドギャップエネルギーの 1/2 以上に相当する波長 700 nm (1.77 eV) のレーザ光を単結晶内で局所的に集光して二光子励起を生じさせ、その焦点位置 (励起位置) を X-Y-Z スキャンさせることで、二光子励起 PL による三次元イメージングを実現した [3]。これにより、各種の積層欠陥, TSD, TED, BPD の三次元像を取得することに成功した。一方、励起光波長を 800-1000 nm とした場合においては、4H-SiC 単結晶中の 3C 欠陥からの光第二高調波発生 (SHG) による三次元像を得ることができた [4]。

[1] I. Kamata, X. Zhang, and H. Tsuchida, Appl. Phys. Lett. 97, 172107 (2010).

[2] M. Nagano, I. Kamata, and H. Tsuchida, Jpn. J. Appl. Phys. 52, 04CP09 (2013).

[3] R. Tanuma, M. Nagano, I. Kamata, and H. Tsuchida, Appl. Phys. Express 7, 121303 (2014).

[4] R. Tanuma and H. Tsuchida, Appl. Phys. Express 7, 021304 (2014).