

機械学習を用いた発光強度プロファイルからの 欠陥の電気的特性の推定とイメージマッピング

Prediction and image mapping of electrical characteristics of crystal defects from photoluminescence profile using machine learning

°(M1)三田村 和樹¹, 杵掛 健太郎², 小島 拓人³, 宇佐美 徳隆¹

(1.名大院工, 2.理研 AIP, 3.名大院情報)

○Kazuki Mitamura¹, Kentaro Kutsukake², Takuto Kojima³, Noritaka Usami¹

(¹Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., ²AIP, RIKEN, ³Grad. Sch. Inf., Nagoya Univ.)

E-mail: mitamura.kazuki@k.mbox.nagoya-u.ac.jp

【緒言】多結晶 Si は太陽電池用の主要な基板材料であるが、粒界でのキャリア再結合が高変換効率化への障壁の一つである。この粒界の悪影響を減らす手法の開発のために、まずは粒界の電気的特性の正確な評価が必要であり、我々は Photoluminescence(PL)イメージ測定と粒界周囲でのキャリアシミュレーションによる PL プロファイルの計算とを組み合わせることで、キャリア再結合速度 v_{GB} を定量した[1]。しかし、同手法ではシミュレーションを繰り返し行う必要があるため、粒界上の一点の再結合速度を求めるのに数十時間かかる。そこで我々は機械学習を用いることで、図 1 のような実験から得られた PL プロファイルから直接粒界の物性パラメータを推定し、計算時間を約 1/10000 に短縮した[2]。本研究では、一つの粒界に対して連続的に自動で PL プロファイルを取得し、機械学習の高速計算の利点を活かして粒界上での電気的特性の分布を推定・可視化することを検討した。

【研究方法】図 2 に示される PL 像中の粒界に対して、等間隔に 151 個の点を取り、その点を通る粒界垂直方向の PL プロファイルを自動的に取得した。ただし、図 2 右上の傷による線状コントラストに近い部分については、粒界位置から右上側のプロファイルは使用せず、左下側のプロファイ

ルを反転させてプロファイルを作成した。得られた 151 個の PL プロファイルを機械学習モデルに入力し、151 箇所での再結合速度を推定した。最後に得られた再結合速度を粒界上にカラーマッピングした。

【結果と考察】図 3 に機械学習により推定された粒界上のキャリア再結合速度の分布を示す。一つの粒界に対して連続的に再結合速度を取得することで、粒界に沿った電気的特性の変化の定量が可能となった。図 3 の結果からは、一つの粒界においても、位置によって電気的特性が大きく変化することが分かった。この機械学習モデルによる推定に必要な時間は 151 箇所合計でも 1 秒以下であり、PL プロファイルの自動抽出と合わせて、PL イメージから粒界の再結合速度分布を瞬時に得ることが可能である。このような粒界でのキャリア再結合速度の高速な定量や可視化は、太陽電池用の多結晶 Si の開発に大きく貢献する。

【謝辞】本研究は、JST CREST (JP MJCR17J1) と科研費(16H03856)の支援を受けたものです。

【参考文献】

[1]K. Mitamura et al., : Abstr. (80th Autumn Meet. 2019); JSAP, 20a-E314-2.

[2]K. Kutsukake et al., : Abstr. (80th Autumn Meet. 2019); JSAP, 21a-B01-2.

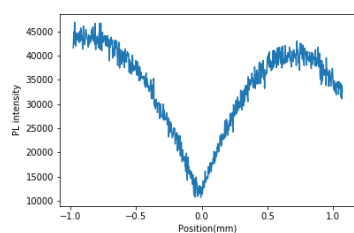


Fig.1 PL profile around a grain boundary.

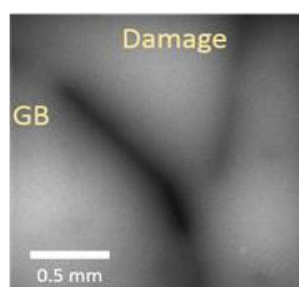


Fig.2 PL image

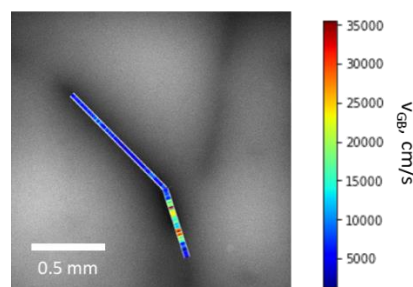


Fig.3 V_{GB} map for GB in mc-Si by using machine learning