機械学習を用いた太陽電池用シリコンのレッドゾーンの効率的推定

Efficient estimation for red-zone in silicon wafers for solar cells using machine learning

名工大院情報[1]，理研 AIP[2]，物材研[3] ○(M1)穂積祥太[1]，沓掛健太朗[2]，松井孝太[2]，竹内一郎[1, 2, 3]

NITech.[1], RIKEN[2], NIMS[3], Shota Hozumi[1], Kentaro Kutsukake[2], Kota Matsui[2], Ichiro Takeuchi[1, 2, 3]

E-mail:hozumi.s.mllab.nit@gmail.com

試料表面上で測定位置を変えて物理量の空間分布を求めるマッピング測定は基礎的な材料評価法である。通常では格子状の座標でマッピングされるが、その場合、測定の目的に対して非効率な測定点も含まれる。そこで、我々はより少ない測定点数からより確からしい物理量分布を得ることを目指し、マッピング中に測定座標を逐次に決定する適応的マッピングを提案し、キャリア寿命[1]やμビーム X 線回折[2]のマッピングへ応用してきた。本研究では、[1]で使用した太陽電池用シリコンのキャリア寿命マッピングに対し、境界位置を効率良く推定する Level Set Estimation (LSE) [3]を用いて、低品質領域(レッドゾーン)の推定を行った。

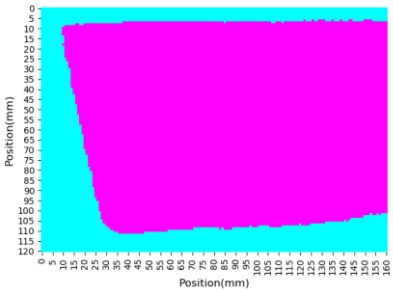


Figure 1 True red-zone

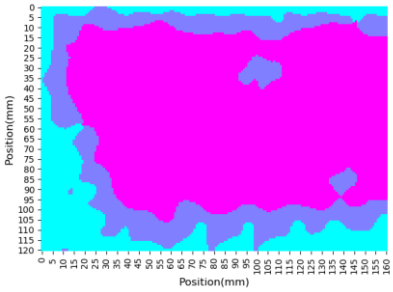


Figure 2 Estimated red-zone using LSE

LSE は、データ点上の関数（以下目的関数と呼ぶ。ここではキャリア寿命分布）の値が閾値を越えるかどうか、すなわち閾値境界の位置を、部分的な測定結果から統計的に推定する手法である。LSE では、関数値の不確実性を考慮するためにガウス過程により目的関数をモデル化し、境界の情報が最大となるような測定座標を逐次的に選択し、マッピングを行う。

本研究では，縦 120 mm、横 160 mm のマッピング範囲において、レッドゾーンの境界位置の推定を LSE で行った。実験では、キャリア寿命の最大値に 0.15 を掛けた値を閾値とし、それ以下の領域（Figure 1 の青い領域）をレッドゾーンであると定義し、F 値（完全一致 1，完全不一致 0）で結果を評価した。LSE による推定結果を Figure 2 に示す。濃青はレッドゾーンかどうかの不確実性がまだ残っている領域を表している。平均の F 値は 0.73 を達成した。従来のマッピングでは合計 19481 点の測定が必要となるが、LSE は 100 点の測定で上述の推定結果を得ることができた。LSE により、レッドゾーンの境界推定が少ないマッピング点で実現できていることが分かる。

謝辞 本研究の一部は，科学研究費（17H00758, 16H06538），JST CREST (JPMJCR1302, JPMJCR1502)，理化学研究所革新知能統合研究センター，JST イノベーションハブ構築支援事業・情報統合型物質・材料開発イニシアティブの補助を受けて行われた．

[1] 沓掛他, 2017春応物, 14p-F201-2. [2] 沓掛他, 2018秋応物, 19a-131-1. [3] A. Gotovos, N. Casati, G. Hitz, and A. Krause, “Active learning for level set estimation” in Int. Joint Conf. Art. Intel., 2013.

© 2019年 応用物理学会