

顕微 PL イメージング：多結晶シリコンウエハ評価法としての可能性

Micro-PL imaging: potential of as a characterization method of multicrystalline silicon wafers

東北大金研¹, JST さきがけ², 名大院工³ ○二宮 駿也¹, 沓掛 健太郎^{1,2}, 出浦 桃子¹,
大野 裕¹, 宇佐美 徳隆³, 米永 一郎¹

Tohoku Univ.¹, JST PRESTO², Nagoya Univ.³ ○Shunya Ninomiya¹, Kentaro Kutsukake^{1,2},
Momoko Deura¹, Yutaka Ohno¹, Noritaka Usami³, Ichiro Yonenaga¹

E-mail: s.ninomiya@imr.tohoku.ac.jp

【背景・目的】フォトルミネッセンス(PL)イメージ測定は、1) 外観検査では見えない電氣的に活性な欠陥を検出できる、2) 太陽電池動作状況と類似した均一なキャリアの注入ができる、などの利点から、シリコン太陽電池の産業用評価法として用いられている。さらに、顕微鏡と組み合わせた顕微 PL イメージ法は、高い空間分解能が実現でき、個々の結晶欠陥の評価方法としても有用である。我々はこれまで、この顕微 PL イメージ法を用いてシリコン結晶中の欠陥の電氣的特性を定量評価してきた(転位：二宮他、2014 春季応物、19p-E12-4；粒界・亜粒界：二宮他、2014 秋季応物、18p-A25-11)。本発表では、顕微 PL イメージ法に関するこれまでの研究をまとめ、従来の多結晶シリコンウエハの評価法であるマイクロ波光導電減衰法(μ -PCD)や電子線誘起電流法(EBIC)などと比較して、その特徴や可能性を議論する。

【実験】人工的に導入した粒界と、転位および亜粒界を含んだシリコンウエハについて、顕微 PL イメージ測定を行った。ウエハは鏡面処理と HF エッチングをした後、キンヒドロン・メタノール溶液により表面をパッシベートした。532 nm の励起光を 120 mW/cm^2 ($\approx 1 \text{ sun}$) で照射した際のバンド間遷移の PL 分布を、顕微鏡に付けた Si-CCD カメラで撮影した。このときの空間分解能は 1 ピクセル $\approx 2.6 \mu\text{m}$ 角であった。

【結果・考察】図 1(a)は試料全体の PL イメージを、(b)は青枠領域の拡大イメージを示す。

①ライフタイム測定法としての可能性：顕微 PL イメージを $100 \mu\text{m}$ 角の領域に分け、領域内の平均 PL 強度とエッチピット密度(=孤立転位密度)との相関を調べた。その相関は、従来報告されている転位密度とライフタイムの関係[1]で良く表せることが分かった。これは、 $100 \mu\text{m}$ 角という微小領域の顕微 PL イメージでも、ライフタイムを正しく測定できることを示す。この空間分解能は従来のライフタイム分布の測定法である μ -PCD に比べて 1 桁高い。

②局所評価法としての可能性：本研究で得た空間分解能は、従来の局所評価法である EBIC に比較するとやや大きい、一般的なキャリア拡散長(数百 μm)より十分小さい。本研究では、粒界周囲の PL 強度の空間的变化に対して、キャリア分布計算結果をフィッティングすることで、粒界でのキャリア再結合速度を求めた。得られた値は均一なキャリア注入下でのものであり、局所的にキャリアを注入する EBIC よりも現実的な太陽電池動作時の特性を反映している。

[1] C. Donolato, J. Appl. Phys, **84**, 5 (1998).

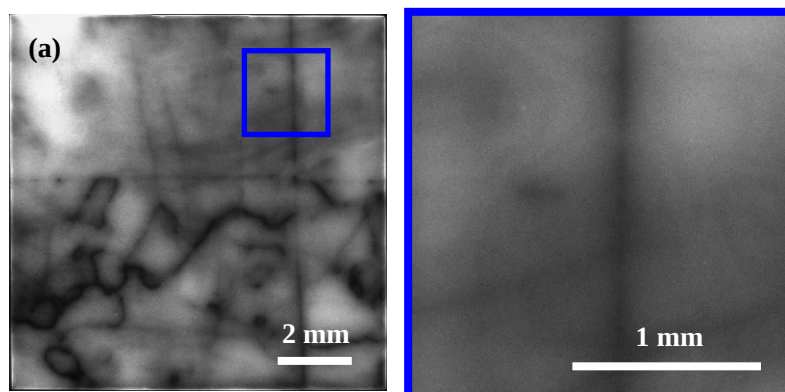


図 1 (a) 複数の視野を連結した試料全体の、(b) 拡大視野の PL イメージ。(b)の中央の縦黒線は粒界である。