

顕微 EL イメージングによる多結晶 Si 中粒界の電気的特性の定量評価

Quantitative analysis of electrical property of grain boundaries in multicrystalline Si using microscopic EL imaging

東北大金研¹, 明大理工², JST さきがけ³ 沓掛健太郎^{1,3}, 宮崎直人², 鮫島崇², 立花福久²,
小椋厚志², 大野裕¹, 徳本有紀¹, 宇佐美徳隆¹, 米永一郎¹

Tohoku Univ.¹, Meiji Univ.², JST PRESTO³ Kentaro Kutsukake^{1,3}, Naoto Miyazaki²,
Takashi Sameshima², Tomihisa Tachibana², Atsushi Ogura², Yutaka Ohno¹, Yuki Tokumoto¹,
Noritaka Usami¹, Ichiro Yonenaga¹ E-mail: kutsukake@imr.tohoku.ac.jp

【背景・目的】太陽電池用をはじめとする半導体結晶中で電気的に活性な欠陥の空間分布やキャリア再結合特性の評価には、従来、EBIC などの電子線や光線を走査する方法が用いられてきた。これらの方法に対して顕微 EL(PL)イメージングは、均一にキャリアを注入するため、測定条件が太陽電池の動作時に近いという利点がある。しかし、定量評価の方法は確立されていない。そこで本研究では、顕微 EL イメージングを用いて多結晶 Si 中の結晶粒界の電気的特性（キャリア再結合速度）を定量評価することを目的として、同一粒界の顕微 EL と EBIC の結果を比較検討した。

【実験方法】測定試料には表面テクスチャを形成していない自作の多結晶 Si 太陽電池を用いた。この試料内で、試料表面にほぼ垂直かつ電気的に活性な結晶粒界を選択し、その周囲で顕微 EL および EBIC 測定を行なった。EL の注入電流は $30\text{mA}/\text{cm}^2$ とし、赤外顕微鏡を通して Si-CCD にて EL 強度分布を取得した。EBIC は、加速電圧 25kV、最大 EBIC 約 $3\mu\text{A}$ の条件で測定した。

【結果と考察】図 1 に同一箇所の(a)EL、(b)EBIC イメージを示す。また図 2 に、図 1 中の点線に沿った EL と EBIC の強度プロファイルを示す。なおプロファイルは粒界から十分に離れた粒内の値を 1 として規格化した。両イメージともに粒界上で信号強度が低下しており、注入したキャリアが粒界で再結合していることを示す。さらに、EL イメージの方が粒界での落ち込みが深く、幅も広いことがわかる。これは、EL イメージの方が粒界でのキャリア再結合の検出に対して敏感であり、より不活性な粒界の測定および、より正確な再結合速度の見積の可能性を示す。さらに、EBIC については Donolato の式(JAP 54 (1982) 1314.)を用いてキャリア再結合速度を求めた。また EL についてはキャリア再結合を考慮して定常状態のキャリア分布を計算し、EL プロファイルを求めた。両者の比較の結果、キャリア再結合速度の定量のためには、試料内部からの EL に起因する光学系のピンツボけおよび、注入キャリア密度依存性を考慮する必要があることがわかった。

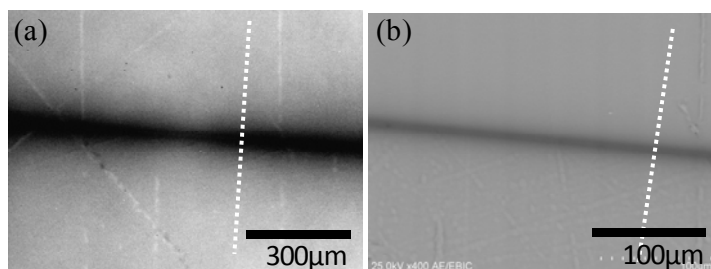


図 1 (a)EL、(b)EBIC イメージ。中央の横黒線が粒界。

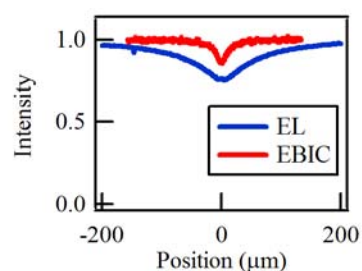


図 2 EL・EBIC 強度プロファイル