

多結晶 Si 基板の変換効率予測のための平均キャリアライフタイム評価

Derivation of average minority carrier lifetime of multicrystalline silicon wafers for prediction of photovoltaic conversion efficiency

京セラ (株) 総合研究所¹、Fraunhofer ISE² ○雨堤 耕史¹、豊倉 祥太¹、Johannes A. Giesecke²

Kyocera Corporation¹、Fraunhofer ISE² ○K. Amazutsumi¹、S. Toyokura¹、J. A. Giesecke²

E-mail: koji.amazutsumi.gt@kyocera.jp

太陽電池製造に用いられる多結晶 Si 基板の潜在的な変換効率を工程の初期で正確に予測できることは、基板開発の加速や工程内での基板選別による不良損金削減の役に立つ。今回、フォトルミネセンス (PL: photoluminescence) を用いた Si 基板の過剰少数キャリアライフタイム (τ) マッピング技術 [1] により得られた τ マップから変換効率予測のための平均 τ を導出する手法について研究したので報告する。

多結晶 Si 基板合計 14 枚に Al_2O_3 膜の表面パッシベーションを施し、変調 PL 測定 [1] によって励起光強度 1 sun 相当にて τ マップを得た。また、それぞれの基板のインゴット中の隣接基板 5 枚から太陽電池セルを作製し、ソーラーシミュレータにより変換効率を測定した。

セル作製プロセスのばらつきに起因する変換効率のばらつきを補正し、基板特性で決まる変換効率を得るために、太陽電池セル試料に対し暗電流測定、外部量子効率測定、表面反射率測定を行った。暗時と光照射下での電流-電圧測定データから各試料の直列抵抗を計算し、直列抵抗が全試料で等しかった場合の変換効率を導出した。加えて、外部量子効率測定と表面反射率測定の結果から、表面反射率スペクトルが全試料で同一であった場合の変換効率を導出した。

得られた τ マップの平均値と補正前の変換効率の関係を図 1(a) に示す。 τ マップの平均に Wagner らの提案する手法 [2] を用いると、平均 τ と (規格化) 変換効率の回帰誤差 (RMSD) は 0.014 であった。RMSD をさらに小さくするため、今回のセル構造を模した PC1D のシミュレーションモデルにて、変換効率の τ およびドーピング濃度 N_a 依存性を計算した。得られたデータ $\eta(\tau)$ に最もよくフィットする関数を、基板の N_a に依存する重み付け関数として τ マップ平均の際に使用し、かつ上述の変換効率の補正を行うと RMSD は 0.0042 まで下がることがわかった (図 1(b))。

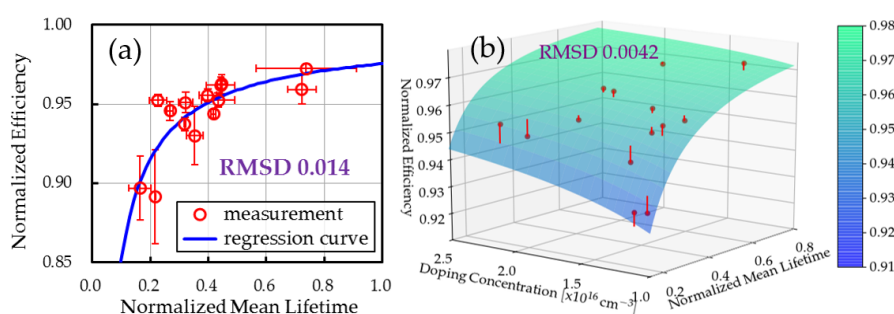


図 1: (a) Relation between lifetime map averages of passivated wafers and efficiency of solar cells fabricated from their 5 sister wafers. Lifetime and conversion efficiency are normalized. (b) Relation among lifetime, doping concentration and modified efficiency. One sides of longitudinal lines are on the data point and the others are on the regression surface.

本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の支援により行われた。

[1] J. A. Giesecke, *et. al.*, Solar Energy Materials & Solar Cells, **95**, 1011(2011).

[2] H. Wagner, *et. al.*, J. Appl. Phys., **114**, 054501(2013).