

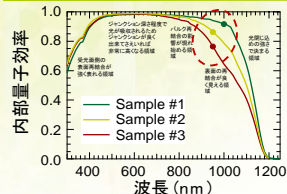
内部量子効率マッピング法によるPERC裏面の評価

望月敏光¹、Joonwichien Supawan¹、棚橋克人¹、白澤勝彦¹、坂田功²、高遠秀尚¹

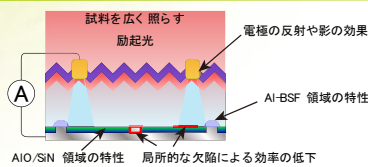
¹産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム

²産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 先進プロセスチーム

研究の目的

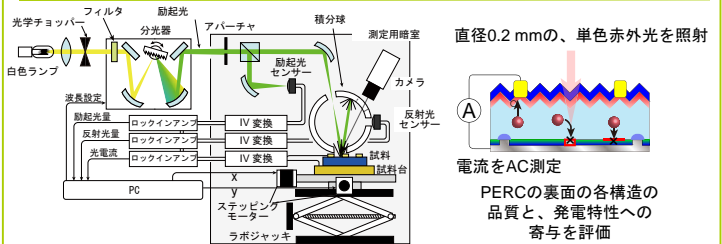


量子効率スペクトルは太陽電池の特性の代表的評価手法の一つであるが、



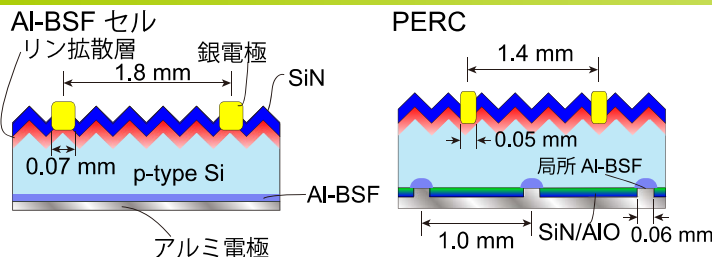
通常広い面積での平均が測られ、左の例では試料の裏面のどこかに欠陥があることだけ分かる。
⇒空間分解能を持たせるとより詳しい分析が可能となる

実験



試料を細かく移動させながら小スポット励起での内部量子効率を測定

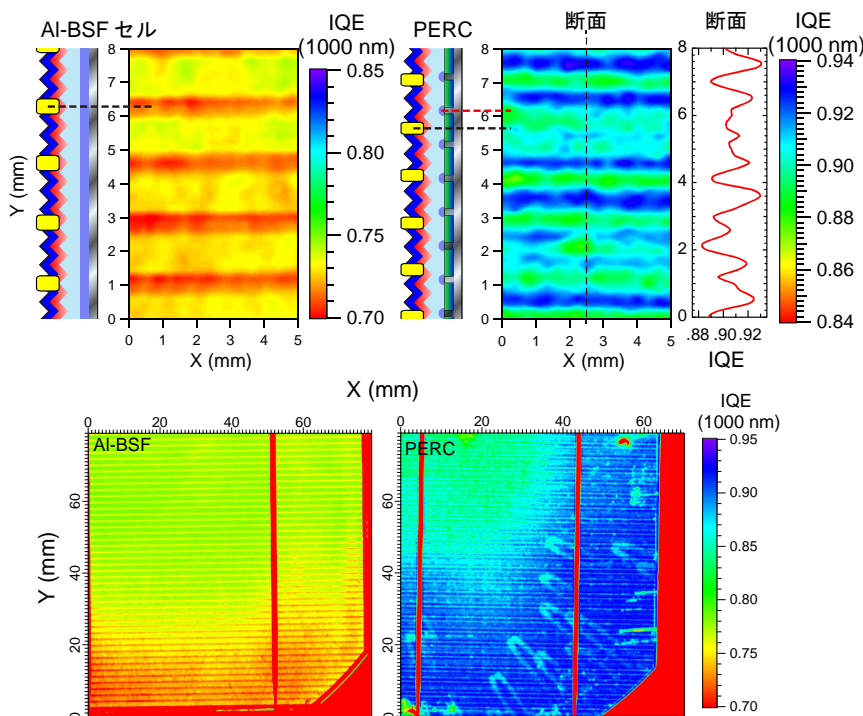
試料について：AI-BSFセルとPERCセルの比較



裏面以外類似の条件で作したAI-BSFとPERC[1]を比較した。開放電圧はそれぞれ624 mV, 649 mVで、効率はそれぞれ19%と20%。測定時の励起スポットは直径 0.2 mm, 励起パワーは2 μW程度で、測定間隔はAI-BSFセルでx軸y軸共に0.2 mm, PERCセルではx軸方向 0.3 mm, y軸方向 0.2 mm, ロックイン検出の周波数は81 Hz, 時定数100 ms。

試料の詳細：(100) CZ 結晶Si, ポロンドープ 2-2.2 Ω cm, 156 mm×156 mm, 厚み200 μm, リン拡散エミッタ抵抗率 105 Ω/□, 裏面構造に関わらないプロセスは共通

結果と考察：全体に付けたAI-BSFセルと局所についているPERCの局所AI-BSFの品質比較



上段はAI-BSFとPERCの小さい領域のIQEマップ結果、下段は試料の1/4に相当する領域の結果である。励起波長はいずれも1000 nmで、キャリアが試料の厚さ方向にほぼ均一に励起されるため、裏面の再結合の影響を強く受ける。小さい方には1200 nmの反射率マップ結果より割り出した電極の位置も示す。

AI-BSFセルは電極の影になっていないところで0.73程度のIQEを示し、ほぼ均一である一方、PERCセルは表面電極や裏面の局所AI-BSFから遠い所で0.94程度の高いIQEを示した。PERCは電極の影で0.025、局所AI-BSF上で0.030程度落ち込んでいる。

断面プロファイルから分かるように本測定は空間分解能が0.4 mm程度である。大まかに本測定が0.4 mm程度の領域の平均を見ていると考え、かつPERCの裏面の局所AI-BSFがAI-BSFセル裏面と同程度の品質と考えれば、局所AI-BSF上でのIQEの落ち込みは0.038程度と実験値と概ね一致しており、局所AI-BSFの品質は全面にAI-BSFを付けた場合と概ね等しいものと考えられる。

より大きな範囲でIQEを測定すると定性的に異なる情報が得られる。AI-BSFはY軸方向に沿って不均一が見えるが、これは焼成温度の非一様性を示しているかもしれない。PERCについては試料中心の円状の領域及び試料周辺の筋状の領域でIQEが低くなっている。局所的な構造に留まらないこのようなデータを得ることで、裏面パッシベーションに関連するプロセスを推定することが可能となる。

まとめ

- 0.2 mmの移動する励起スポットと試料に近接した積分球を含む測定系で、0.4 mm程度の空間分解能で内部量子効率をマッピングできた。[2]
- 測定された値は定量的に裏面の各構造の V_{oc} などへの寄与を評価するのに使える。IQEマッピング法は太陽電池の開発や最適化に寄与するデータが得られる。[3-4]

参考文献

- [1] S. Joonwichien, T. Mochizuki, K. Shirasawa, H. Takato, Energy Procedia 124, 412-417, (2017).
- [2] T. Mochizuki, S. Joonwichien, K. Tanahashi, K. Shirasawa, I. Sakata, H. Takato, APEX 11, 086601, (2018).
- [3] S. Simayi, T. Mochizuki, Y. Kida, K. Shirasawa, H. Takato, JJAP 56, 102303, (2017).
- [4] T. Tachibana, K. Tanahashi, T. Mochizuki, K. Shirasawa, H. Takato, JJAP 57, 040315, (2018).

謝辞



本研究はNEDOプロジェクトの一環として行われました。この場を借りて関係各位に感謝いたします。