

# 太陽電池高精度性能評価へのLBIC測定の実用

上田孝・吉田正裕・菱川善博  
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 評価・標準チーム

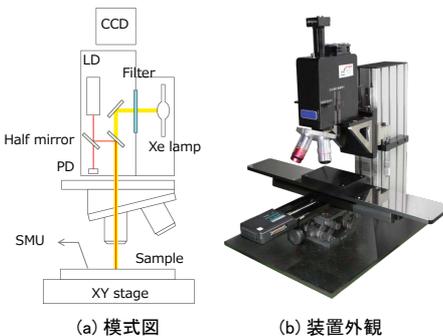
## 研究の目的

レーザー光誘起電流測定 (LBIC測定: Laser Beam Induced Current) は試料にレーザー光を照射して出力電流を測定する手法で、照射レーザーを絞ることにより高い空間分解能で出力電流分布を知ることができる。太陽電池の高精度性能評価の分野においては光電変換領域の判定に利用でき、面積の判定に有効な技術であると考えられる。ここでは実際にLBIC測定装置を導入して、セルの素子分離の判定、セルの実装形態が受光面積に与える影響、多接合セルの光電変換領域の判定、測定プローブの反射の影響の評価を行い、太陽電池の高精度性能評価の分野におけるLBIC測定の有効性と測定上の課題について検討を行った。

## 装置

レーザー波長: 635 nm ※1  
レーザー強度: 0-2 mW ※2  
レーザー最小直径: < 5 μm ※3  
作動距離 (WD): 24 -30 mm  
バイアス光: Xeランプ ※4  
XYステージ分解能: 1 μm  
測定速度: 10,000点/時 ※5  
出力電流測定: SMUによるDC測定

※1: レーザ交換により変更可能  
※2: 無段階NDフィルターによる  
※3: 対物レンズ50x使用時  
※4: フィルター挿入によりスペクトル調整可能  
※5: 測定ステップ、電流測定積分時間に依存

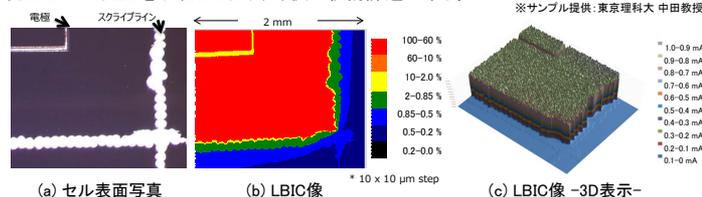


## 測定結果

### 1. CIGSセルの素子分離

同一基板上に複数のセルが形成されエッチングやスクライプにより素子分離されている場合には、それぞれのセルが電気的に分離されているかどうかを目視では判断できない。そのため素子分離の判定にLBIC測定は非常に有効である。

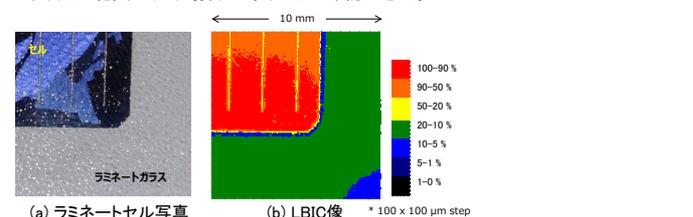
CIGSセルについて測定した結果を図に示す。表面写真(a)とLBIC像(b)を比較すると、写真で判断できるスクライプライン境界で出力電流は大きく低下し、スクライプラインの外側のCIGS領域での出力の増加は認められない。従って、このセルはスクライプラインで素子分離されていると考えられる。一方で、スクライプライン上でピーク電流値の0.85-2%の出力が認められ、基板による反射が変換効率に影響を与えている可能性があることを示している。また、セル領域から離れるほどバックグラウンドの電流値が低下するように見えるが、これは対物レンズ等の測定系によるレーザー光の散乱により出力電流が発生していることを示唆しており、今後の検討課題である。



### 2. ラミネートセル

低反射加工ガラスによりラミネートされた多結晶Siセルの周辺部分を測定し、ラミネートガラスのセル電流への影響を評価した。

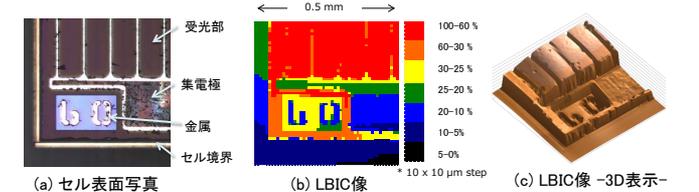
図にセル写真とLBIC像を示す。下部にセルがないラミネートガラスのみの領域においても、セルの境界から5 mm以上の範囲にわたって、セル上の10-20%の効率で光電変換されている。セルを15 cm角とすると、電流に影響する周辺の面積は約 15 cm x 0.5 cm x 4=30 cm<sup>2</sup>となる。平均的な電流の発生量をセル上の15%とすると、出力電流への影響は2%と見積もられる。セルの上面に入射した光がラミネートによりセルの受光領域外に導波される効果も同様に発生しているため、この値からセル電流への影響を定量的に判断することはできないが、ラミネートガラスにより光が導波される範囲が、かなり広い範囲に及ぶ場合があることが確認できた。



### 3. 多接合セル

多接合セルでは測定対象の要素セルが電流律速セルとなるようにバイアス光を照射して、LBIC測定する必要がある。セラミック基板に実装されたInGaP/GaAs/Ge についてTOP律速となるようにバイアス光を照射して測定した結果を図に示す。

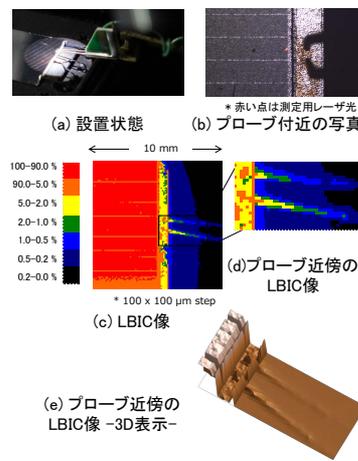
バイアス光による電流とレーザー光による電流が重畳されて測定されることと、バイアス光はレーザーよりも広い範囲に照射されるためセルの端でバイアス光の照射領域の一部がセルをはみ出すとバイアス光による電流が減少していくことから、図(c)の3D表示でよく分かるようにセル周辺に近づくとも電流値が減少していく。また、本来電流が生じない範囲(図(b)左上および集電極上の緑色領域)でもバイアス光による出力電流が観測される。一方、バイアス光による電流値の変化は緩やかであるため、受光領域の境界は明瞭に観察することができている。測定目的によっては測定速度を考慮しつつAC測定を導入することも必要であると思われる。



### 4. プローブによる反射

測定時にプローブを必要とする場合はプローブの反射による電流の増加を見積もる必要がある。そこでプローブ付近のLBIC測定を行った。

図(d)にプローブ周辺を拡大したLBIC像を示す。プローブ近傍で出力電流が0.5%以上ある領域を反射のある領域とすると、この領域は213点 (2.13mm<sup>2</sup>)あり、平均的な電流値はセル領域の2.8%であった。電流値の増加を面積に換算すると 5.9x10<sup>-4</sup> cm<sup>2</sup>となる。1 cm<sup>2</sup>のセルの場合には0.06%に相当し、評価結果への影響は小さいと考えられる。一方、プローブを複数使用する場合やセル面積が0.6 cm<sup>2</sup>以下の場合には、プローブの反射の寄与が0.1%以上となり、無視できない値となってくる。ソーラーシミュレータとの反射の差異も考慮し、さらに検討を進めていく必要がある。



## まとめと今後の課題

LBIC測定により、

1. セルの素子分離状態が明確に判定できることが確認できた。
2. ラミネートには広い範囲で光を導波する場合があることが確認できた。
3. 多接合セルの受光領域の境界を明瞭に判断できることが確認できた。
4. バイアス光を使用した測定ではセル周辺でバイアス光による電流が変化するため、目的によりAC測定を検討する必要があることがわかった。

5. セルにコンタクトをとるためのプローブによる反射光の影響が、小面積セルの場合には無視できない可能性があることが確認できた。
6. 本装置では測定系内のレーザー光の散乱により0.2%程度の出力が生じており、これによりSN比が制限されることがわかった。

<謝辞>本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の受託研究として実施したものであり、関係各位に感謝する。