

## レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡と EL/LBIC 法による 多結晶 Si 太陽電池イメージの比較評価 (II)

Comparison between LTEM and EL /LBIC methods for the analysis of a polycrystalline Si solar cell

SCREEN ホールディングス<sup>1</sup>, 阪大レーザー研<sup>2</sup>  
 中西 英俊<sup>1</sup>, ○伊藤 明<sup>1</sup>, 高山 和久<sup>2</sup>, 川山 巖<sup>2</sup>, 村上 博成<sup>2</sup>, 斗内 政吉<sup>2</sup>  
 SCREEN Holdings Co., Ltd.<sup>1</sup>, ILE Osaka Univ.<sup>2</sup>  
 ○H. Nakanishi<sup>1</sup>, A. Ito<sup>1</sup>, K. Takayama<sup>2</sup>, I. Kawayama<sup>2</sup>, H. Murakami<sup>2</sup>, M. Tonouchi<sup>2</sup>  
 E-mail: nakanisi@screen.co.jp

レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡(LTEM)は、励起レーザーのスポット径程度の分解能で試料の局所電流、電界、および誘電分極構造などをイメージング・検査できることが特長であり、その産業応用が期待されている[1]。我々は、LTEM 技術を太陽電池特性評価に適用しその有効性を検証してきた。フェムト秒レーザーパルスが多結晶 Si 太陽電池に照射し、同デバイスから放射されるテラヘルツ波を検出し、太陽電池の光励起キャリアの動的な振る舞いのイメージ化に成功した[2]。CW 光照射 LTEM[3]、ポンプ-プローブ LTEM 技術(DTEM)を太陽電池局所評価に適用した[4,5]。前回、多結晶 Si 太陽電池の LTEM イメージとエレクトロルミネッセンス(EL)/フォトルミネッセンス(PL)イメージを比較した[6]。加えて、レーザービームインデュースドカレント(LBIC)との比較、THz 波分析を報告する。

Ti:サファイヤレーザーパルス (波長 800nm、繰り返し周波数 80MHz、パルス幅約 100fs) を太陽電池に 45 度の入射角で照射した。太陽電池から放射されたテラヘルツ波を放物面鏡により集光し、スパイラル型 LT-GaAs 光伝導素子で検出した[2]。EL イメージは、(株) アイテス製太陽電池 EL 検査装置 PVX550 を使用した。LBIC 装置は内作した (LD 波長:808nm)。

図 1, 2 の(a)~(d)に、多結晶 Si 太陽電池の光学イメージ、LTEM イメージ、EL、LBIC イメージをそれぞれ示す。図 1 では LTEM イメージと EL/LBIC イメージで差異が認められた(b)破線領域)。LTEM イメージは光学イメージに比較的相関性の高いイメージが得られた。図 2 の LTEM/EL/LBIC イメージ間で大きな差異は認められないが、スジ状の領域内で THz 強度が周辺領域に比べて弱くなっている部分(緑色、水色)、マイナス領域(濃紺)、強まっている部分(赤色)が混在しているのがわかる。

次に、多結晶 Si 太陽電池から発生する THz 波形の場所依存性を調べた(図 3,4(a)(b))。図 3(b)の各測定箇所の THz 波形は、THz 強度の差異があるものの THz 波形形状に差異はほとんどない。図 4(b)の測定箇所 3 の THz 波形は、THz 波の位相が他の領域に比べて顕著な差異があることが確認できる。

LTEM イメージ、THz 波形には、原理的に太陽電池の空乏層を含む表層部の情報を反映しており、太陽電池の p-n 接合を含む表層部に関する情報を非接触、非破壊で計測できる。LTEM は、従来の太陽電池計測技術に対して相補的な計測技術として意義があると考えている。

[1] M.Tonouchi, Nature Photonics, **1** (2007) 97.

[2] H. Nakanishi, *et al.*, Appl. Phys. Express, **5** (2012) 112301.

[3] K. A. Salek, *et al.*, Optical Engineering, **53**(3) (2014) 031204.

[4] H.Nakanishi,*et al.*, CLEO (2013) CM3J.2.

[5] H.Nakanishi,*et al.*, CLEO (2014) STh4F.4.

[6]中西,他,第 61 回応用物理学会春季講演会(2014) 19a-E12-1.

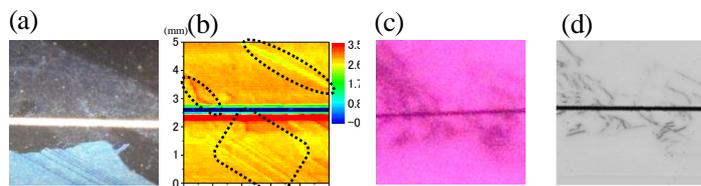


Fig.1 Images of a polycrystalline Si solar cell (sample1).

(a) Optical image (5 x 5 mm) (b) LTEM image (reverse bias voltage:10V, 100x100pixels)

(c) EL image (resolution 40μm)

(d) LBIC image(200x200pixels)

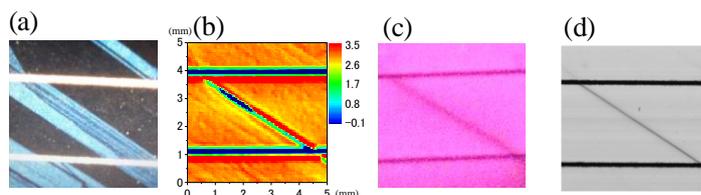


Fig.2 Images of a polycrystalline Si solar cell (sample2).

(a) Optical image (5 x 5 mm) (b) LTEM image (reverse bias voltage:10V, 100x100pixels)

(c) EL image(resolution 40μm)

(d) LBIC image(200x200pixels)

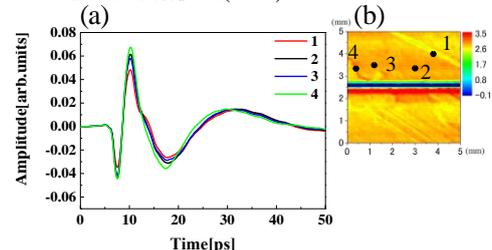


Fig.3 (a)THz waveforms at various points of the sample1

(b) Measurement points of Fig. 3(a)

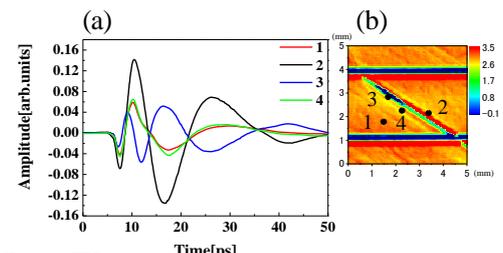


Fig.4 (a)THz waveforms at various points of the sample2

(b) Measurement points of Fig. 4(a)