

ポンプ・プローブ・レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡による 太陽電池局所特性評価

Characterization of Solar Cell Using a Pump-Probe Laser Terahertz Emission Microscope

大日本スクリーン製造¹, 阪大レーザー研²○中西 英俊¹, 伊藤 明¹, 高山 和久², 川山 巖², 村上 博成², 斗内 政吉²Dainippon Screen Mfg.¹, ILE Osaka Univ.²○H. Nakanishi¹, A. Ito¹, K. Takayama², I. Kawayama², H. Murakami², M. Tonouchi²

E-mail: nakanisi@screen.co.jp

再生可能エネルギー開発は、低炭素社会の実現に向けた重要な課題である。特に、太陽電池開発は、膨大な太陽エネルギーを電力に変換するため期待されている。太陽電池の変換効率を上げるため様々な改善・提案が行なわれている[1]。同時に、開発・製造に必要な分析手法も重要である。我々は、レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡 (LTEM) 技術を太陽電池特性評価に適応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、フェムト秒レーザー照射による発電状態のイメージング化に成功した[2,3]。今回、ポンプ-プローブ LTEM 技術(DTEM)[4,5]を太陽電池局所評価に適応した結果を報告する。

図 1 に実験装置構成を示す。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) をハーフミラーで、ポンプ光、プローブ光、トリガー光の 3 つのパルスに分けた。ポンプ光には時間遅延ステージを挿入した。ポンプ光とプローブ光を太陽電池に 90 度と 45 度でそれぞれ照射し、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。イメージングは、太陽電池を保持するステージを 2 次元に移動させることで実現した。

図 2(a) (b)に、多結晶 Si 太陽電池の光学イメージと、ポンプ光を 80mW で固定した場合のプローブ THz 波強度時間変化をそれぞれ示す。結晶粒界 (赤線) と結晶粒内 (黒・緑) の THz 波強度の差異(17ps)が顕著に見られる。図 2(a)と同じ場所の LTEM イメージを図 3(a)に示す。図 2(b)の 17ps、23.5ps で時間遅延ステージを固定した場合の DTEM イメージを図 3(b),(c)にそれぞれ示す。通常の LTEM では明瞭に判別できていない多結晶 Si 太陽電池の結晶粒界を、DTEM を用いることにより撮像できた。このように、DTEM を用いることにより、光電流生成効率の差を高い感度で捉えることが可能であることが確認できた。

謝辞: JST A-STEP フィージビリティスタディ シーズ顕在化タイプの支援によって行われた。

[1] A. Luque, S. Hegedus, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering," Wiley(2011).

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

[3] H. Nakanishi *et al.*, SSDM 2012, H-5 (2012) H-5-3.

[4] M. Tonouchi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **41**(2002)L706.

[5] S. Fujiwara *et al.*, TeraNano 2011 (2011)28P-20.

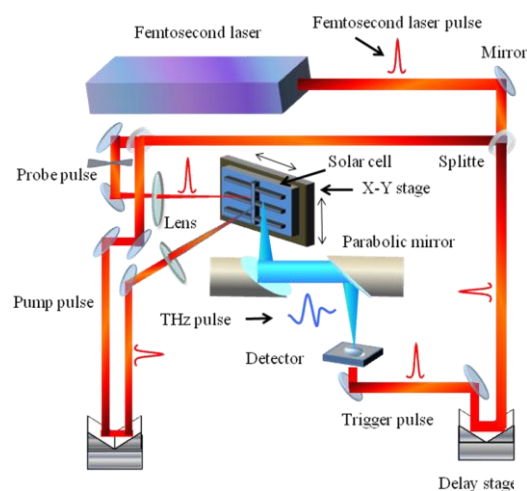


Fig.1 The experimental setup of the pump-probe THz emission microscope.

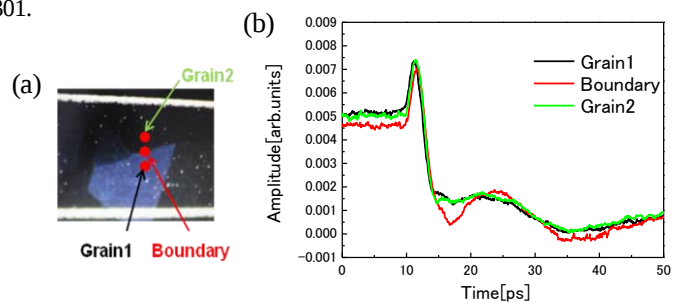


Fig. 2 (a) Optical image of the polycrystalline silicon solar cell. (b) Pump-probe delay time dependence of THz peak amplitude at reverse bias voltage of 5.0 V, pump and probe pulse intensities are 80 mW and 10 mW, respectively.

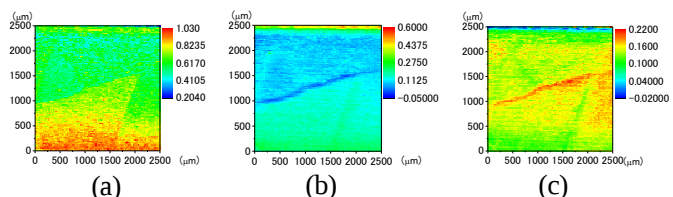


Fig.3 DTEM image of the polycrystalline silicon solar shown Fig. 2 (a). (a) LTEM image (Probe THz image without irradiating pump pulses). (b) DTEM images at the delay time 17ps between pump and probe in the Fig. 2 (b). (c) DTEM images at the delay time 23.5ps between pump and probe in the Fig. 2 (b).