

レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡による 結晶 Si 太陽電池の局所特性評価 – シート抵抗値依存性 –

Characterization of Crystalline Si Solar Cell Using a LTEM - Dependence on Sheet Resistance -

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²

Dainippon 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

太陽光発電は、膨大で無尽蔵な太陽エネルギーが永続的に利用可能、設備設置の自由度が高い、設置期間が短いなどの理由によりその普及が期待されている。太陽電池は、光を電子・正孔（キャリア）に効率よく変換するだけでなく、生成されたキャリアを損失なく電極に輸送することが必要なデバイスである。そのキャリアの振る舞いを可視化する技術は重要である。

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・分析できることが特長である[1]。我々は、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]。以後、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。LTEM は EL/PL と相補的な太陽電池評価技術としての可能性を示した[4]。今回、太陽電池から発生する THz 波から抽出可能な情報を検証するため、シート抵抗値が異なる太陽電池を用いた LTEM 実験を行ったので報告する。

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は、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。実験で用いたシート抵抗値 10、80 Ω/□ が混在する p 型単結晶 Si 太陽電池 (PVGS 社) を用いた。10 Ω/□ セルをエッチングすることでシート抵抗値 80 Ω/□ を得た。表 1 に実験で使用した太陽電池諸特性を示す（単一シート抵抗値セル測定値）。

図 2 にシート抵抗値 10、80 Ω/□ の単結晶 Si 太陽電池領域から放射された LTEM 波形を示す。また、図 3(a),(b) にシート抵抗値の異なる領域を含む太陽電池の光学、LTEM イメージングをそれぞれ示す。80 Ω/□ 領域の THz 強度は 10 Ω/□ 領域に比べて強い。シート抵抗値と THz 波強度に相関性があるのがわかる。THz 波強度は、空乏層電界強度とエミッタ層 THz 波透過率を反映していると考えている。本実験結果から、LTEM は、太陽電池のエミッタ層を含む空乏層近辺の局所的な特性を非接触で分析可能な技術と言える。当日、詳細な実験結果と考察を紹介する。

[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 (2014) STh4F.4.

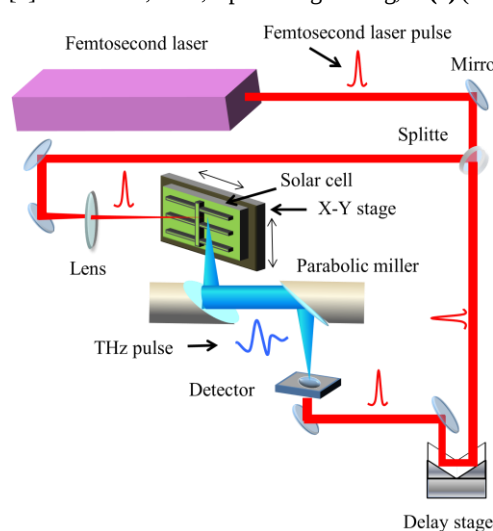


Fig.1 The experimental setup of a Laser THz Emission Microscope(LTEM).

Table 1 Solar cell parameters used for the experiments in Fig. 2,3

シート抵抗値	80Ω	10Ω
Voc[mV]	629.5	614.9
Isc[A]	8.10	6.72
Jsc[mA/cm ²]	33.91	28.12
FF[%]	69.78	79.84
Eff[%]	14.89	13.80

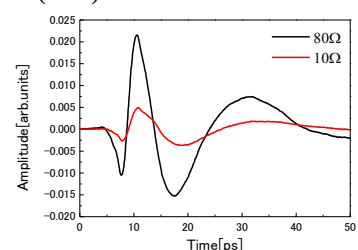


Fig.2 Time-domain waveforms of the THz pulse generated by the crystalline Si solar cell

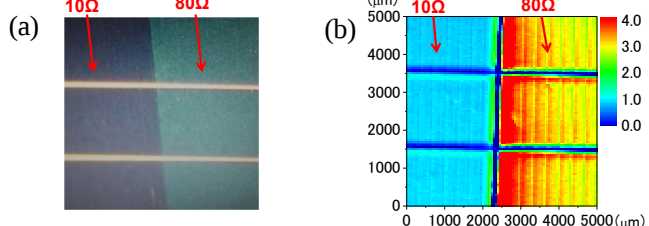


Fig. 3 Images of a Si solar cell (a) Optical image (5x5mm) (b) LTEM image (reverse bias voltage:10V, input power :50mW, spot size : 150μm, image size:100x100pixel)