

集光型太陽電池評価技術

上田孝、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

研究の目的と概要

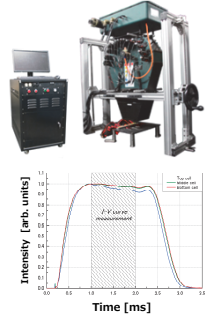
集光型太陽電池セルは45%を超える変換効率が報告されており、将来にわたってさらなる変換効率の向上が期待されている。これらの超高効率セルは多接合であり、その電流電圧特性の評価のためには正確な分光放射スペクトルが必要であるとともに、高照度によるセル温度の上昇を抑制することが求められる。そこで、我々は、セル温度の上昇が十分に小さい短パルス高照度ソーラシミュレータを導入し、その問題点を改善しつつ評価精度の向上を進めてきた。

ここではソーラシミュレータの照度分布および放射スペクトル等の基本性能の評価、電流電圧(IV)特性測定装置の高速測定精度の検証、IV特性のバイアス電圧掃引方向による変化の補正方法の検討を実施した結果を示す。これらの検討に基づいて集光型3接合セルを評価し、再現性よく測定できることを確認した。さらに、米国の再生可能エネルギー研究所(NREL)およびドイツのフ라운ホーファー太陽エネルギー研究所(Fraunhofer-ISE)と比較測定を行った結果、3機関の変換効率は±1.5%以内で、良く一致することが確認できた。

評価装置

高照度パルスソーラシミュレータ(T-HIPSS)の外観写真、光パルス形状を図に示す。パルス幅は2.5msで電流電圧特性測定時間は1msである。IV特性測定中の照射光エネルギーは基準太陽光を約2秒照射した場合に相当し、セル温度の上昇は2度以下と見積もられる。放射照度は金属のメッシュにより調整し、0.8-1000sunの範囲で調整が可能である。放射スペクトルは主として光源ランプの印加電圧により決定し、光源ランプ周囲に設置したミラーおよび外部に設置した光学フィルターにより微調整している。

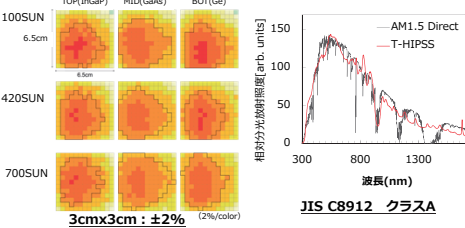
電流電圧特性を測定するためのIVトレーサは、ソーラシミュレータ付属のものに加え、別途、高速・高精度のIVトレーサを使用し、それらの比較を行うことにより測定精度の検証を行った。



結果

1. 高照度パルスソーラシミュレータの基本性能評価

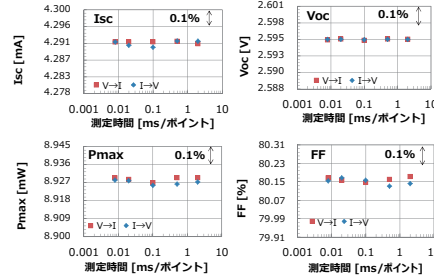
各照度での照度分布をアインタイプセルを使用して評価した結果を示す。照度および要素セルによって分布が変化している。そのため測定セル、基準セルおよびスペクトル測定反射拡散板の位置を自動XYステージで正確に一致させて照度むらの影響を受けないようにした。高速測定での分光放射計の測定精度の改善を行い、ソーラシミュレータのスペクトルを評価した。基準太陽光に対してJISC8912におけるクラスAの合致度を有している。



2. 高速測定における精度検証

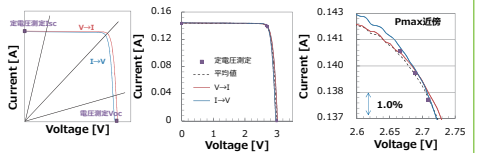
2-1. 電流電圧特性測定

高速測定におけるIVトレーサの精度を評価するために新規にIVトレーサを導入し、定常光下で測定時間を変化させてIVトレーサの性能評価を行った。導入したIVトレーサにおいては長時間測定と同等の測定結果が高速測定においても得られることが確認できた。



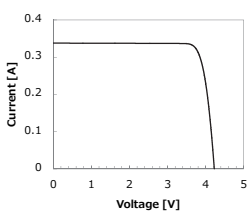
2-2. 掃引方向依存性

高速測定では、バイアス電圧の掃引方向によりIV特性が異なることが知られている。そこで、電圧を一定にしてIscおよびPmax付近の電流値を測定する手法を導入した。VocもIV特性とは独立に電圧のみを測定した。IV曲線は掃引方向の異なる2つのIV曲線を原点を通る直線に従って平均化することにより求め、そのIsc、Vocが先に測定した値と一致するようにIV曲線を補正した。この手法によりPmax付近で一定電圧で測定した測定点をよく再現できた。Isc、Vocを含めて高速測定による変換効率評価への影響を低減する方法として、この手法が有効であることが確認できた。



3. 集光型多接合セルの測定例

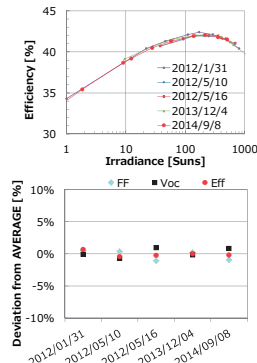
集光型多接合セルの集光下でのIV特性の測定結果の一例を図に示す。測定照度は508sunである。



	測定値	単位
照度	508	sun
Isc	0.3379	A
Voc	4.227	V
Pmax	1.215	W
Ipmx	0.3298	A
Vmpmx	3.686	V
FF	85.1	%
面積	0.0520	cm ²
変換効率	46.0	%

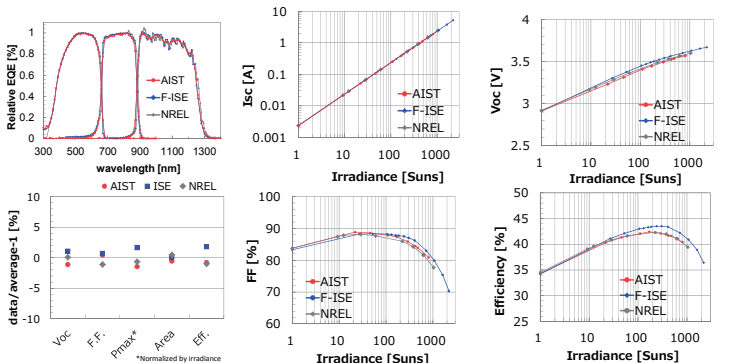
4. 測定再現性

同一の集光型3接合セルを2年間にわたって繰り返し測定を行った結果を示す。変換効率は±0.2%以内で再現しており良好な再現性が得られていることがわかる。



5. 国際比較

米国の再生可能エネルギー研究所(NREL)およびドイツのフ라운ホーファー太陽エネルギー研究所(Fraunhofer-ISE)との間で国際比較を実施した。相対分光感度は非常に一致していることがわかる。Voc、FF、変換効率の研究機関による差も±1.5%以内で、良く一致することを確認した。



結論

- IVトレーサの高速測定性能を評価し、1ms程度の高速測定でも正しくIV特性が測定できることを確認した。
- 高速測定に伴うIV特性の掃引方向依存性の影響を低減するために一定電圧での電流測定と独立でのVoc測定およびIV曲線の補正方法を考案し、良好な結果を得た。
- 変換効率の測定再現性は2年間で±1%以内と良好な結果が得られた。
- NRELおよびFraunhofer-ISEと集光型3接合セルの国際比較を行い、測定結果の差は±1.5%以内とよく一致することを確認した。

参考文献、謝辞

- D. Nishi, T. Ueda, H. Ohshima, and Y. Hishikawa, "Approach to Precise Indoor Characterization of Multi-Junction CPV Cells Using Reference Component Cells", 9th International Conference on Concentrator Photovoltaic Systems, AIP Conf. Proc. 1556, 133-137 (2013).
- T. Ueda and Y. Hishikawa, "Accurate current-voltage characteristics measurement of CPV cells with a high intensity pulsed solar simulator", Technical Digest of WCPEP-6.

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。