

太陽電池内部変換効率の直接測定

—自動化電力置換法の実験評価—

齋藤研究室 1416116 佐藤みなみ

1. 背景と目的

現在、様々な種類の太陽電池があり、それらの太陽電池を評価するうえで重要なものとしてエネルギー変換効率がある。当研究室では、標準太陽電池を必要とせず、内部変換効率を求められる電力置換法という新しい測定方法を開発し、その妥当性を検証した。当初は電力置換を手動で操作していたが、測定に要する労力と時間が大きいという問題があった。

本研究では、内部変換効率を直接求められる電力置換法を負帰還回路によって測定を自動化し、その原理的な実証を行うことを目的とする。

2. 定義

吸収放射束 P_a を入力とする内部変換効率 ϵ_{int} は、発生電力を P_e すると以下ようになる。

$$\epsilon_{int} = P_e / P_a \quad (1)$$

本研究ではパネルに発生した熱を、同じ温度上昇をもたらす電力 P_s に置き換え、吸収放射束を次式で決定する。

$$P_a = P_e + P_s \quad (2)$$

3. 電力置換負帰還回路

図1に測定に用いた回路を示す。本回路は次のように動作する。

受光部で光を吸収→受光部の温度上昇→受光部と熱的に結合してある温度センサー(Pt1000)の抵抗値増加→OP アンプ反転入力電位上昇→OP アンプ出力電位低下→面ヒータ受光部の熱出力減少。前実験と同様に始めの変化を打ち消す方向に動作する。

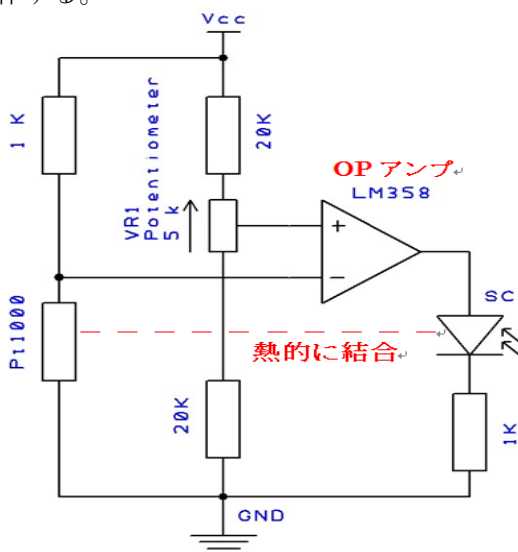


図1. 太陽電池 SC と温度センサーPt1000を別個にし、熱的に結合した方式の負帰還回路

4. 実験方法

本実験では、電力置換負帰還回路等の受光部を透明窓を持つ恒温槽（ペルチェ素子内臓）に入れたほか、さらに温度安定性を高めるために実験装置の壁面を保冷剤で覆った。

吸収放射束の測定では、光吸収の結果生じる熱パワーを、暗中の電力で置換することによって評価する。光による加熱と電氣的加熱の条件の差をちいさくするため、面ヒータとしてアモルファスシリコン太陽電池(AM-1456CA)を使用した。当初、太陽電池をそのまま使用する実験も行ったが、太陽電池の消費電力は、印加電圧のほか、光強度によっても影響を受けるため、動作点の特定が困難であることが判明したので、表面に黒色塗料を噴霧して、その影響を受けないようにした。可視域反射率はほぼ0であるので、電力置換で求まる吸収放射束は入射放射束とほぼ等しくなる。

光源として緑色 LED を使用し測定した。

測定結果の妥当性を判定するため、入射放射束測定用に標準の Si フォトダイオード S1337-1010BQ (ETL-G1) を用いた。測定対象太陽電池への入射放射束 P_i は、次式で計算できる。

$$P_i = I_s A / (s A_s) \quad (1)$$

ここで、 I_s , s , A_s はそれぞれ標準フォトダイオードの短絡電流、分光応答度、有効受光面積、 A は測定対象太陽電池への有効受光面積である。光源として使った緑色 LED のスペクトルを図2に示す。ピーク波長が 520 nm で、この波長における標準フォトダイオードの分光応答度は約 0.27 A/W である。

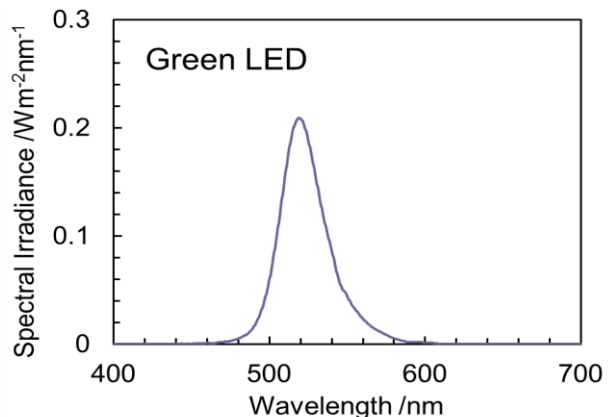


図2. 緑色 LED のスペクトル

5. 結果・考察

5.1. 吸収放射束の測定

光源に緑色 LED (ピーク波長 520 nm) を用いた時の測定例を図3と表1に示す。

LED 消灯時の太陽電池(AM-1456CA)の電力が約

0.32 mW、LED点灯時の電力が約0.0042 mWであり、吸収放射束は約0.31 mWという結果になった。フォトダイオードによって求めた入射放射束0.22 mWより約0.09 mW大きかった。電力置換法のS/Nが悪いので、この差0.09 mWは誤差の可能性が高い。しかし一度目のLED点灯時は変化が表れたものの、消灯時に小さな変化しか得られなかった。温度の安定性に問題があった可能性が高い。今後、原因を探り、改善を図る必要がある。

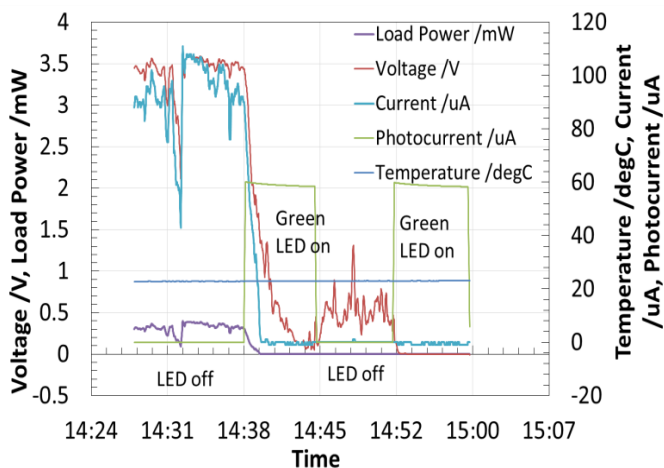


図3. 太陽電池を使用した時の経時変化グラフ

表1. 測定結果として計算に使用するデータ

時刻	15:53:33	15:55:21
	LED off	LED on
太陽電池印加電圧【V】	3.458	1.389
太陽電池通電電流【 μ A】	92	3
標準フォトダイオードの光電流出力【mA】	0	0.0594
太陽電池消費電力【 μ W】	318.1	4.17
電力置換法で求めた吸収(=入射)放射束【 μ W】	313.9	

表2. 標準フォトダイオードの変換効率の決定

短絡電流【mA】	0.0594
内挿した開放電圧【V】	0.364
FF	0.6959
発生電力【 μ W】	15.14
電力置換法で求めた入射放射束【 μ W】	313.9
外部変換効率	4.82 %

5.2. 変換効率の測定

まずアモルファスシリコン太陽電池を使用するにあたっての電流電圧特性の測定結果を図4に示す。5.1で示した標準フォトダイオードの測定

値を使い求めたところ、発生電力は15.14 μ Wであった。したがって、その内部変換効率は4.82 %と求まった。

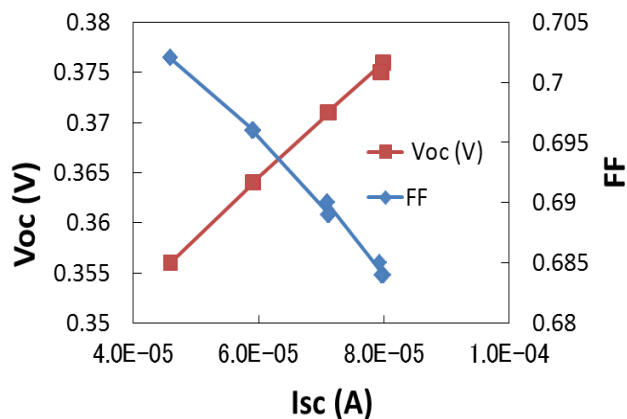


図4. 標準フォトダイオードの短絡電流と開放電圧とFFの関係

6. 結論・今後の課題

今回得られた要点は以下の通りである。

- 電力置換を負帰還回路により自動化できることを確認した。
- 実験装置の壁面を保冷剤で覆うことで、装置を操作する際の温度変化を最小限にすることに成功した。このことで抵抗値を安定させ、データのばらつきを少なくできた。
- 結果の一例として緑LEDの放射束は、電力置換法では0.31 mWと求まったが、標準フォトダイオードでは0.22 mWと、食い違いが見られた。
- Si フォトダイオードの変換効率として、4.82 %と求まった。
- 今回の研究では、負帰還による電力置換動作にノイズが以前より大きいことが認められた。
- ノイズが増加した原因を探り、改善していく必要がある。
- 本実験では、緑色LEDによる光源を使用した。他の色での実験も行っていきたい。

参考文献

1. T. Saito, M. Tatsuta, Y. Abe and M. Takesawa, "Calorimetric Measurement for Internal Conversion Efficiency of Photovoltaic Cells/Modules Based on Electrical Substitution Method", accepted for Journal of Physics: Conference Series (JPCS) (2018).
2. 阿部秀隆、自動化電力置換法による太陽電池内部変換効率の直接測定、2016年度卒論
3. 武澤港斗、単色放射に対する太陽電池エネルギー変換効率の波長依存性、2015年度修士論文