

# 自動化電力置換法による絶対放射計の開発

齋藤研究室 1316209 小原 仁成

## 1. 背景と目的

現在、様々な種類の太陽電池が開発されており、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。

外部/内部エネルギー変換効率は入射放射束/吸収放射束に対する発生電力の比として定義され、電力は簡単に測定できるが、太陽光のような波長範囲の広い放射束の測定は簡単ではない。

太陽電池の変換効率以外でも、異なる波長成分を含む光の放射束を知りたいニーズが高い。

当研究室では、太陽光発電パネル自体が放射束を吸収した結果生じる熱出力を電力で置換する事により吸収放射束を測定できる新たな方法を開発した。当初は電力置換を手動で操作していた。

本研究では、吸収あるいは入射放射束を求めるため、この電力置換を負帰還回路により自動化するシステムを開発し、その原理を実証することを目的とする。

## 2. 実験方法

本研究では、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小さくするため、受光部の面ヒータとして太陽電池を使用した。受光部には太陽電池をそのままあるいは表面に黒色塗料を塗布したものを使用した。

回路については、以下の2つの方式について実験を行った。

- ・電力置換用ヒータ内臓受光部と温度センサーを別個にして熱的に結合する方式
- ・電力置換用ヒータ内臓受光部の太陽電池を温度センサーとしても兼用する方式

本実験では、原理の実証を目的としているので温度と光を制御しやすいように室内で実験を行った。そのため実験用には熱容量の小さい小型のアモルファス Si 太陽電池を使用し、太陽電池の裏側には温度センサーとして白金抵抗測温体 PTC100 (FK1020-100-A) を貼り付けた。

実験の際、太陽電池は、ペルチェ素子により容器内の温度を一定に保ち、透明な蓋の上から LED 光で照らし実験を行った。まず、太陽電池を暗中に置き、光入射時に予想される吸収パワーを少し上回る程度の加熱電力となるように可変抵抗を設定し、熱平衡状態になるまで待つ。熱平衡状態になったら LED を点灯し平衡状態になるまで待つ。最後に LED を消灯して再び平衡状態になるまで待つ。データ収集はデータ・ロガー GL820 により行った。

### 2.1. ヒータと温度センサーを別個にする方式

受光部の写真を図 1、回路図を図 2 に示す。本回路は次のように動作する。SC で光吸収→SC の温

度上昇→SC と熱的に結合してある温度センサー Ptc100 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 SC の熱出力減少。

このように始めの変化を打ち消す方向に動作し常に温度一定を保つ。つまり、光が入射している状態(明状態)から、光を遮った状態(暗状態)にすると温度が下がろうとするが、本回路は自動的に、太陽光発電パネルへ順方向に通電し、太陽電池をヒータとして外部から電力を加えることで光照射時の温度と同等になるよう電力を調整する。すなわち、熱を電力で置換し、その電力が吸収した放射束として求まる。

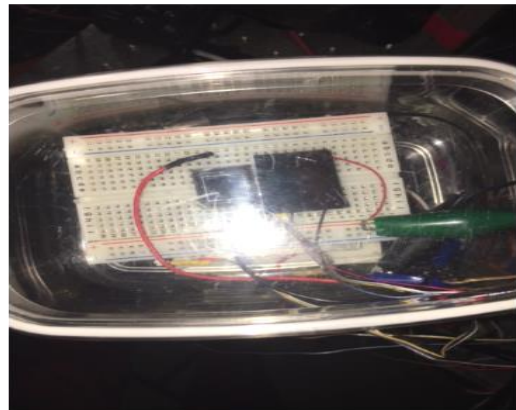


図 1. 右が無塗装太陽電池、中央が黒色塗装した太陽電池、左が検証用フォトダイオード

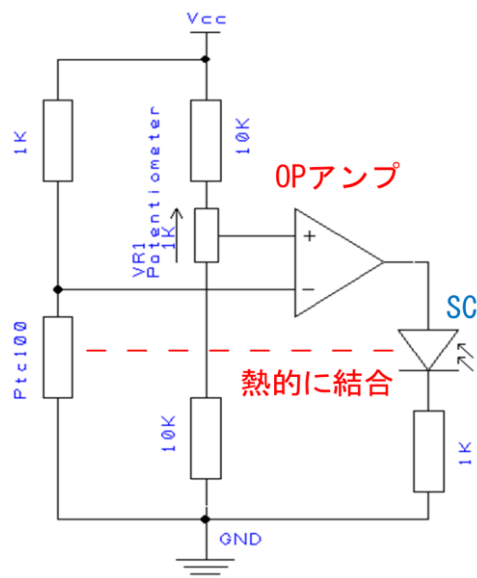


図 2. 太陽電池 SC と温度センサー PTC100 別個にし熱的に結合した方式の負帰還回路図

### 2.2. ヒータと温度センサーを兼用する方式

回路図を図 3 に示す。本回路は次のように動作すると想定して設計した。SC で光吸収→SC の温

度上昇→SC の抵抗値低下→OP アンプ非反転入力電位低下→OP アンプ出力電位低下→SC の通電電力低下→SC の熱出力減少。このように始めの変化を打ち消す方向に動作し、常に SC と R1 による電圧分割比を一定に保つ。すなわち SC の抵抗を、したがって温度を一定に保つ。

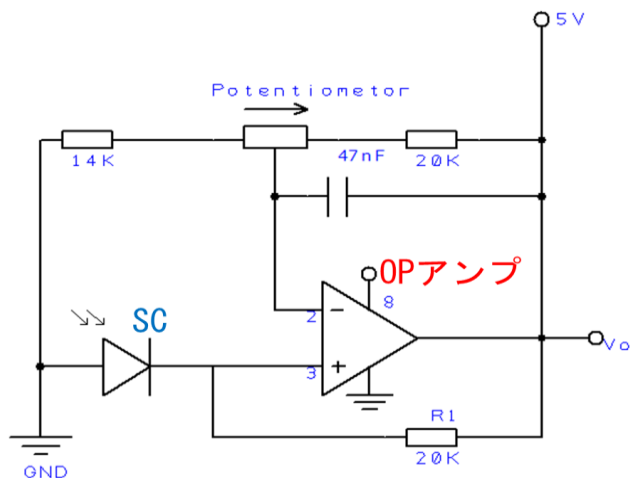


図 3. 太陽電池をヒータ兼温度センサーとして利用した方式の負帰還回路図

### 3. 結果と考察

#### 3.1. ヒータと温度センサーを別個にする方式

受光部の太陽電池表面に黒色塗料を塗布した。光源に赤 LED (ピーク波長 616 nm) を用いたときの測定例を図 4 に示す。赤 LED の点灯前の太陽電池の電力が約 2.0 mW、LED 点灯後の電力が約 1.0 mW であり、点灯前と点灯後の電力の差すなわち吸収放射束は約 1.0 mW という結果になった。一方、分光応答度既知の Si フォトダイオード (S1337-1010BQ) の光電流から求めた入射放射束は 0.91 mW であった。電力置換法の S/N が大きいので、この差 0.09mW は誤差の可能性が高い。

次に青 LED (ピーク波長 475 nm) の結果を図 5 に示す。点灯前の太陽電池の電力が約 1.9 mW、LED 点灯後の電力が約 0.8 mW であり、吸収放射束は約 1.1 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約 1.7 mW より約 0.6 mW も小さい。反射損失の可能性もあるが差が大き過ぎると思われる。

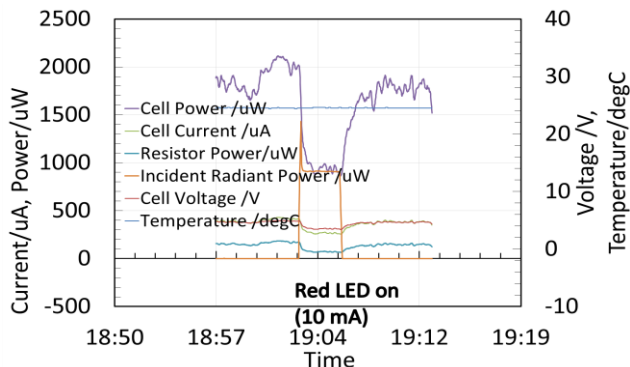


図 4. 図 2 の回路を用いた電力置換自動測定における太陽電池の電圧、電流、電力等の経時変化 (光源は赤色 LED)

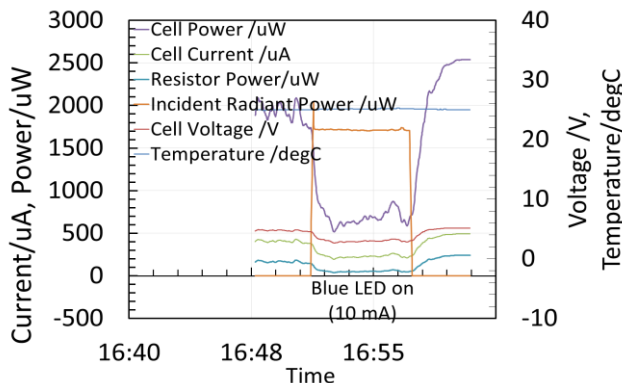


図 5. 図 2 の回路による経時変化データ (青色 LED)

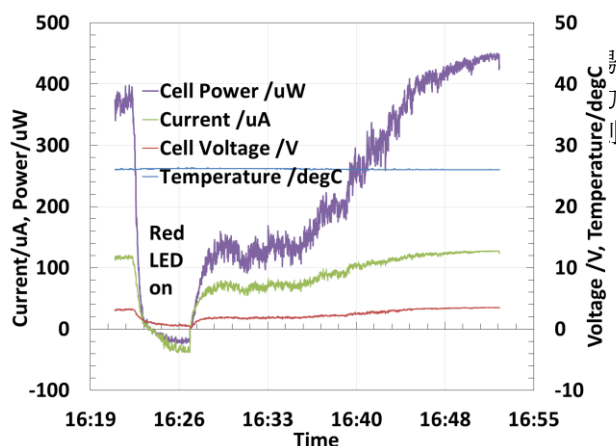


図 6. 図 3 の回路による経時変化データ (赤色 LED)

### 4. 結論

本研究で明らかになったこと、今後の展望等は以下の通りである。

- 受光部のヒータと温度センサーを別個にする方式の自動化電力置換法により、温度を一定に保つ負帰還が期待通りに正常に動作できることを確認した。
- 受光部のヒータと温度センサーを兼用する方式では、負帰還動作を確認したものの、分光応答度既知の Si フォトダイオードから求めた入射放射束と大きく異なる結果となった。原因は受光部の太陽電池の等価的な抵抗値は温度のみの単純な関数ではなく、動作点依存性があるためと推測された。
- 赤色 LED については、分光応答度既知の Si フォトダイオードから求めた入射放射束に近い吸収放射束が得られた。
- 青色 LED については、追試の実験が必要である。
- 本実験では、ヒータとして太陽電池を使用したのが、電流電圧特性が直線でないことからくる解析の複雑さ等の問題がある。純粋な抵抗による面状ヒータを入手し、それを用いて実験を重ねたい。