

電力置換法による吸収放射束測定自動化技術の開発

齋藤研究室 1516213 後藤州那

1. 背景と目的

再生可能エネルギーの中でも代表格とされる太陽電池は、その性能の評価項目として内部エネルギー変換効率が最も重要である。そのためには、入力として入射ではなく吸収される放射束の測定が不可欠である。

当研究室では、標準太陽電池を必要とせずに吸収放射束を直接求められる電力置換法を開発した。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、電力置換の操作を負帰還回路によって自動化する方式の開発を継続し、種々の方式を比較評価することを目的とした。

2. 実験

2.1. 実験機器

実験には以下の器材を使用した。

- ・電源 (PR18-1.2)
- ・データロガー (LOGGER GL900)
- ・緑色 LED (ピーク波長 520 nm)
- ・アモルファス太陽電池 (型式 AM-1456CA)
- ・サーミスタ 公称抵抗 100 k Ω (104JT-50)

2.2. 実験方法

熱の電力置換を自動的に行う代表的な仕組みは次の通りである。受光部に温度センサーとヒータを組み込み、ヒータに通電してジュール熱を発生させた状態にして光を入射し、光の吸収によって物体の温度が上がるのを、負帰還制御によりヒータ電力を減少させて恒温を維持する。光の入射前後でのヒータ電力の差が求めたい吸収放射束となる。

本研究では、表 1 に示すように、温度センサーについてはサーミスタと白金抵抗測温体、ヒータについては太陽電池以外に温度センサー自身とする様々な組み合わせと回路方式を試みた。本主旨では、このうちの 2 つの回路図を図 1 と図 2 に示す。

測定対象とする太陽電池は、標準フォトダイオード、温度センサーとともに周囲の温度変化を避けるためペルチェ素子を用いた恒温容器内に入れた。さらに温度を安定させるため、恒温容器を含む装置の周りを保冷剤で覆った。また室内の光の影響を避けるために実験は暗室内で行った。

表 1 本研究で実施したヒータと温度センサーの組み合わせと回路

受光部 ヒータ	温度センサー	回路 図	結果 グラフ
太陽電池	白金抵抗測温体	割愛	割愛
	サーミスタ	図 1	図 3
黒塗り 太陽電池	白金抵抗測温体	割愛	割愛
	サーミスタ	割愛	割愛
センサーと兼 用	白金抵抗測温体	割愛	割愛
	サーミスタ：光入力	割愛	割愛
	サーミスタ：電熱入力	図 2	図 4

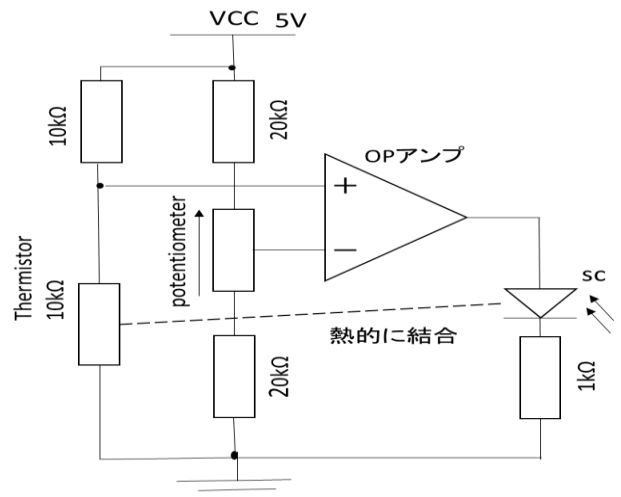


図 1. ヒータとセンサー別個の負帰還回路

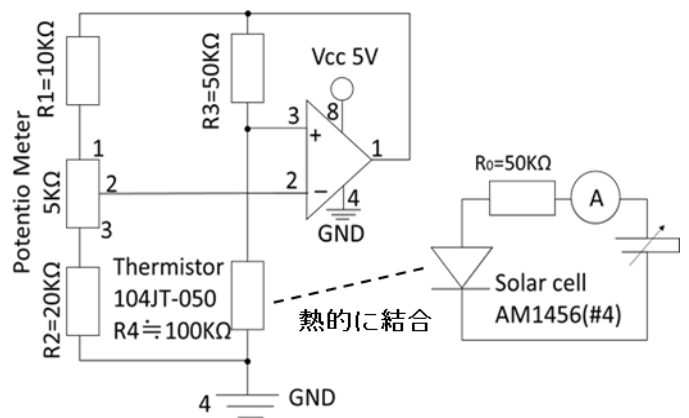


図 2. ヒータとセンサー(サーミスタ)兼用の負帰還回路

図1、図2に測定に用いた回路図を示す。図1において、太陽電池と温度センサー(thermistor)は熱的に結合してあり、本回路は次のように動作する。太陽電池に光が入射し温度が上昇→thermistorの抵抗値が減少→オペアンプの非反転入力電位低下→オペアンプの出力低下→太陽電池でのジュール熱減少。つまり最初の温度変化を打消す方向の動作をするので、温度を一定に保つ仕組みとなっている。

図2において、thermistorは温度センサーとしてだけではなくヒータとしても動作する前提で設計されている。オペアンプの出力がブリッジ抵抗の電源として接続されており、thermistorの抵抗つまり温度を一定に保つように動作する。

光の入射前後のオペアンプの出力の差が、太陽電池の吸収した放射束と同等と考えられる。

太陽電池の表面を黒く塗って反射率をほぼ0にすることで入射放射束から直接吸収放射束を求める実験も行ったが、本要旨では割愛した。

3. 結果・考察

3.1. ヒータ・サーミスタ別個負帰還回路(光入力)

図1の回路を用いた時の実験結果を図3に示す。表1の解析の結果から、サーミスタの消費電力の段差は104.45 μW 、入射放射束=564.408 μW となった。

表2 測定結果

	サーミスタの消費電力/ μW	太陽電池の消費電力/ μW
入力前(63s)	131.71	3.484
入力後(244s)	-27.26	567.892

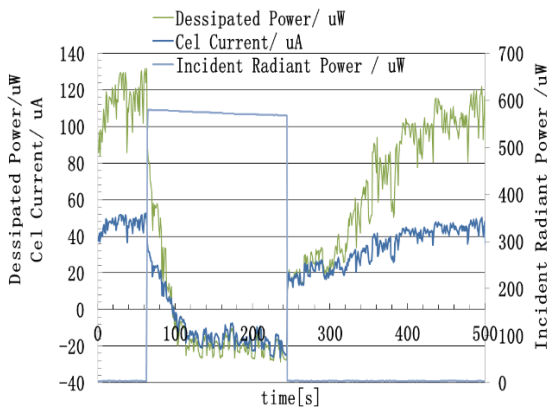


図3. ヒータとセンサーを別個に使用した時の経時変化グラフ

3.2. ヒータ・サーミスタ兼用負帰還回路(電熱入力)

サーミスタをヒータ兼センサーとして使用し、太陽電池をヒータとして動作させ、そのジュール熱を入力とした場合の実験結果を図4に示す。

入射放射束=854.4 μW に対し、サーミスタの消費電力の段差は23.65 μW の結果となった。

表3 測定結果

	サーミスタの消費電力/ μW	太陽電池の消費電力/ μW
入力前(298s)	14.4248	0
入力後(793s)	-9.22378	854.389

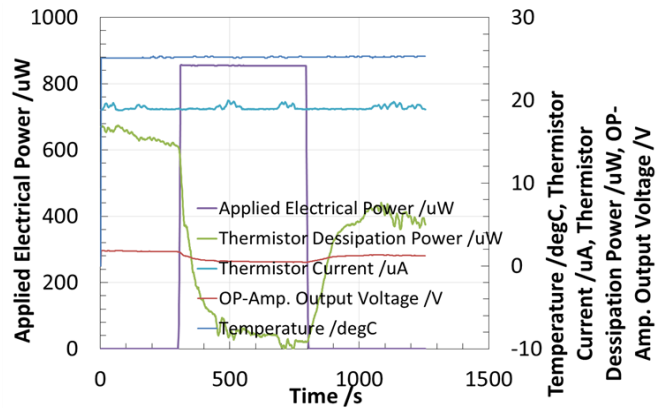


図4. サーミスタをヒータ兼センサーとして使用し、電気加熱を入力にした場合の経時変化

4. 結論・今後の課題

今回得られた要点は以下の通りである。

- ・温度センサーに白金抵抗測温体およびサーミスタ、さらにこれら温度センサーを別個および兼用にする恒温制御に基づく熱を介したすべての負帰還回路の安定動作を確認した。
- ・サーミスタをヒータ兼センサーとして使用する方式では、サーミスタの消費電力段差は、分光応答度既知のフォトダイオードから求めた入射放射束の約6%程度と、予想していた吸収放射束を正しく測定していないことが確認された。不一致の原因は、温度勾配と想定外の伝熱経路が存在するためと思われる。

参考文献

佐藤みなみ 太陽電池内部変換効率の直接測定-自動化電力置換の特性評価- 2017年度卒論