

# 電力置換法による太陽電池変換効率測定自動化技術の開発

齋藤研究室 1516124 土屋薫生

## 1. 背景と目的

再生可能エネルギーとして注目される太陽光発電における重要なパラメータには、エネルギー変換効率がある。しかし一般的に知られる変換効率は外部変換効率とよばれ、太陽電池に入射した光の放射束を入力とする効率である。しかし太陽電池の性能を評価するうえでは吸収された放射束を入力とする内部変換効率の方が重要である。入射放射束は校正された検出器を用いることで容易に求められるが、これまで吸収放射束を直接求めることはできていない。

本研究では吸収熱を電力で置換（電力置換方式）し吸収放射束さらには太陽電池の内部変換効率を負帰還回路によって自動測定する方式の開発を目的とする。

## 2. 装置の概要と実験方法

### 2.1. 実験回路

以下の2方式を試みた。なお、本要旨では温度センサとして負の温度係数を持つサーミスタを使用した例についてのみ記す。

・方式1：温度センサを通電ヒータとしても兼用（回路図：図1）。以下の通り、センサでの自己加熱電力を変化させて抵抗値・温度を一定に保つ。光入射→センサ温度上昇→センサ抵抗値減少→非反転入力端子電圧低下→OP アンプ出力低下→センサへの通電減少→センサの温度上昇が打ち消される。

・方式2：温度センサとヒータを別個にする（回路図を図2に示す）

こちらは太陽電池を出力に接続。センサへの通電量は一定である。方法1同様に稼働するが、通電量が変化するのは太陽電池のみとなる。入射光→センサの温度上昇→非反転入力端子の電圧が低下→太陽電池への通電減少→太陽電池とセンサの温度上昇が打ち消される。

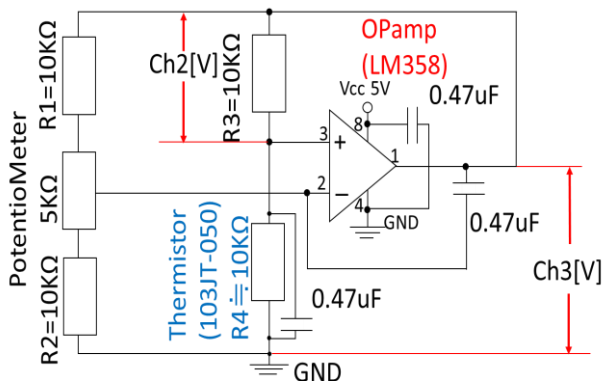


図1. 温度センサをヒータにも兼用する方式1

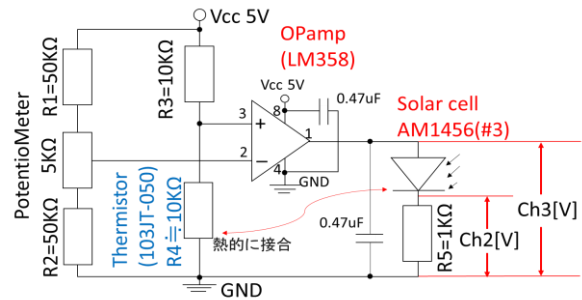


図2. 温度センサとヒータが別個の方式2

### 2.2. 光源等使用機器

実験は暗室ボックス内で行う。本要旨ではレーザ・ポインターを使用した例についてのみ記す。温度センサを貼り付けた太陽電池、標準フォトダイオード(S1337-1010BQ)、フィルター(mc0520 C-2)、レーザ・ポインター(532 nm)のこれらをボックス内に配置。標準フォトダイオードは入射放射束を測定するときのみ光路上に配置し、実験時は外す。

・太陽電池：AM-1456CA(#3)

タイプ：アモルファスシリコン

短絡電流	開放電圧	有効面積
6uA	2.4V	1.57cm <sup>2</sup>

・サーミスタ 103JT-050(RS352-976)

公称抵抗値 10KΩ（太陽電池に熱的に結合）

### 2.3. 実験方法

#### 2.3.1 太陽電池の電流電圧特性の測定

直流電圧電流源モニタ(6241A)を使用し、自動的に通電電圧を変更ながら通電流量を記録する。対象は太陽電池(AM-1456CA)

#### 2.3.2. 吸収放射束測定

暗室内で可変抵抗を調節し OP アンプ出力を安定点で維持。レーザを点灯し、OP アンプ出力が低下し、安定したところでレーザ照射遮断、出力が入射前の値に落ち着くのを確認する。この装置では標準フォトダイオードと太陽電池両方同時に光を当てることができないため、実験前後の光電流測定と入射期間の記録が必要。

### 2.4. 解析方法

・吸収放射束

吸収放射束  $P_a$  [W] は暗中で消費電力  $P_1$  [W]、入射光中の消費電力を  $P_2$  [W] とすると

$$P_a [W] = P_1 [W] - P_2 [W] \text{---} \textcircled{1}$$

で表す。

消費電力を  $P$  [W] は、図1、図2における各チャンネルの測定値と抵抗値を用いると

$$P [W] = (CH3[V] - Ch2[V]) * \frac{CH2[V]}{R3[\Omega]} \text{---} \textcircled{2}$$

で表される。(方式2の場合  $R3$ は  $R5$ )

・入射放射束

標準フォトダイオードの光電流を  $I$ [A]、分光応答度を  $s$ [A/W]とすると入射放射束  $P_i$ [W]は次式で表される。

$$P_i = I/s \text{---} \textcircled{3}$$

### 3. 結果

#### 3.1. 太陽電池の電流電圧特性の測定

太陽電池 (AM-1456CA)(#3)の電流電圧特性の測定結果を図5に示す。カッコ内の数字は入射放射束である。

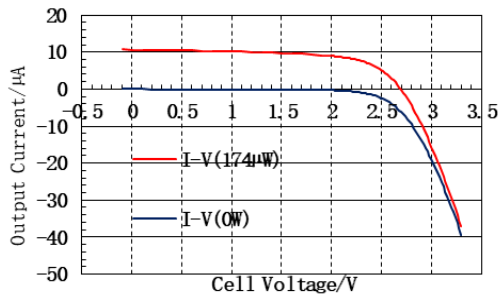


図3. 暗中与明中の電流電圧特性

#### 3.2. 吸収放射束測定

##### 3.2.1. 温度センサをヒータにも兼用する方式1

図1の回路と緑色レーザを用いて行った結果を図4に示す。この測定では入射レーザのスイッチを入射時のみ入れている。光入射前の平均電力は338  $\mu$ W、光入射後のそれは225  $\mu$ Wのため、吸収放射束は113  $\mu$ Wである。波長520 nmにおける分光応答度は0.27 [A/W]であるため、入射放射束は700  $\mu$ Wである。

これ以前の実験では  $Ch3$  と  $Ch2$  の加法性が成り立たず、オシロスコープで長周期の発振現象が確認された。コンデンサを回路に組込むことで加法性は成立し、出力が安定するようになった。

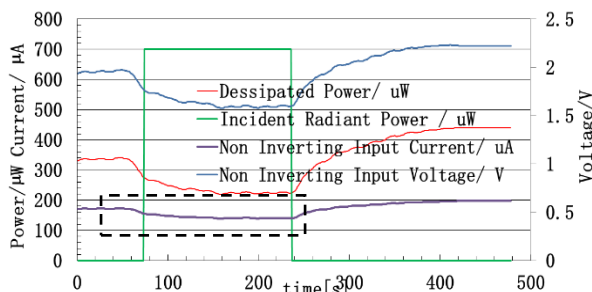


図4. 方式1回路(図1)のOPアンプの発生電力と入射放射束の経時変化グラフ

##### 3.2.2. 温度センサとヒータが別個の方式2

図2の回路と緑色レーザを用いて行った結果を図5に示す。光入射前の平均電力は190  $\mu$ W、光入射後のそれは70  $\mu$ Wのため、吸収放射束は130  $\mu$ Wである。なお入射放射束は740  $\mu$ Wである。

暗中、太陽電池は、電圧が3 Vの時、60  $\mu$ Aを記録しているが、3.1より暗中の太陽電池は電圧が3 V時19  $\mu$ Aの計測結果を得ている。この不一致の原因として、発振による影響が疑われる。

もし吸収放射束が正しいと仮定すると、暗中の

短絡電流が274 nAであったので、最大電力は約448 nWとなる。よって内部変換効率、0.344%となる。吸収放射束は過少評価されているはずにも関わらず、このような結果となった最大の原因として、この太陽電池は室内用であるので、レーザ入射のような強力な光での使用は想定していないので、直列抵抗が大きいこ大幅な効率低下が生じていると推測されるが、

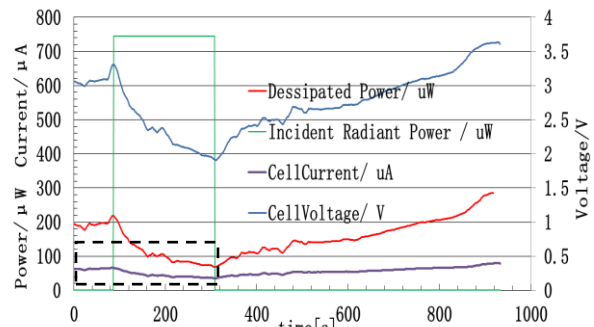


図5. 方式2回路(図2)のOPアンプの発生電力と入射放射束の経時変化グラフ

なお、方式1、方式2とも光入射終了後、出力が光入射前に戻ることなく飽和状態になり、連続して測定することが出来なくなる事態が生じることがあり、安定性の向上が課題である。

### 4. 考察とまとめ

- 温度センサに白金抵抗測温体(本要旨中では割愛)およびサーミスタ、さらにこれら温度センサ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。
- 吸収放射束においては方式1、方式2とも、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16%程度と小さく、反射損失があまり大きくないことを考慮すると、大幅な過少評価となっていることが推測された。
- 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。
- 今後改善すべき課題の一つとして、加法性を成り立たせなくする発振現象の抑止を確実にする必要がある。
- 現在、長い計測時間中に出力がドリフトして下限ないし飽和値に達する場合があるので、さらに安定性を向上させるか、さらには電源電圧を上げる必要がある。

### 5. 参考文献

1. <http://www.fabtech.jp/>
2. T. Inoue and K. Yamamura, "Quantum efficiency measurement of a photodiode based on a calorimetric method", J. Appl. Phys. 54, 6782 (1983)
3. 斎藤輝文、阿部秀隆、小原仁成、三上将輝、佐藤みなみ(東北工大)