

# 太陽電池エネルギー変換効率の波長依存性

齋藤研究室 1016234 武澤港斗

## 1. 背景・目的

太陽電池は結晶シリコン系が広く普及している。シリコンのバンドギャップは約 1.1 eV であり、これに相当する吸収端波長(約 1150 nm)より長い波長の光は吸収が起きず短い波長の光のみを吸収するが、短すぎる波長の光の場合は、電子の過剰な運動エネルギーは最終的に熱エネルギーに転嫁、つまり熱損失となり効率が低下する。このように太陽光スペクトルと材料のバンドギャップの不整合による熱損失が太陽電池の変換効率が低く留まる大きな要因である。理論的にはバンドギャップ近傍の光子エネルギーの光のみを入射させれば太陽電池の変換効率は高まるはずであるので、様々な波長の光に対する太陽電池の変換効率を測定し、波長依存性について調べることを目的とした。

## 2. 測定原理

太陽電池の変換効率  $\eta$  は次式で与えられる。

$$\eta = P_{\max} / P_{\text{in}} \quad (1)$$

$$P_{\max} = I_{\max} \times V_{\max} = FF \times I_{\text{sc}} \times V_{\text{oc}} \quad (2)$$

$$P_{\text{in}} = I_{\text{sc}} / s \quad (3)$$

$$FF = (I_{\max} \times V_{\max}) / (I_{\text{sc}} \times V_{\text{oc}}) \quad (4)$$

$$I = V / R \quad (5)$$

ここで、 $P_{\text{in}}$ : 放射束[W]、 $P_{\max}$ : 最大動作電力[W]、 $I_{\max}$ : 最大動作電流[A]、 $V_{\max}$ : 最大動作電圧[V]、 $FF$ (Fill Factor): 形状因子、 $I_{\text{sc}}$ : 短絡電流[A]、 $V_{\text{oc}}$ : 開放電圧[V]、 $s$ : 分光応答度[A/W]、 $I$ : 電流[A]、 $V$ : 電圧[V]、 $R$ : 抵抗[Ω]である。入力光の放射束は、分光応答度が既知の Si フォトダイオード S1337-1010BQ を用いて決定した。最大動作電力を求めるために電流電圧特性を測定するため、太陽電池に可変抵抗器を接続し、その両端の電圧を測定する。

## 3. 実験方法

### 3.1. 実験方法

図 1 の実験台を用いて次の 2 種を対象にして電流電圧特性を測定した。

- ・結晶 Si 太陽電池モジュール (OPL15A25101)

- ・Si フォトダイオード

(浜松ホトニクス製,S1337-1010BQ)

その際太陽電池に赤、緑、青色の LED 電球を照射し、Si フォトダイオードには白熱電球を用いて干渉フィルターを通した光を照射する。また、太陽電池においてはスペクトロメーターにて LED 電球のスペクトルを測定し、分光応答度を求め変換効率を計算する。

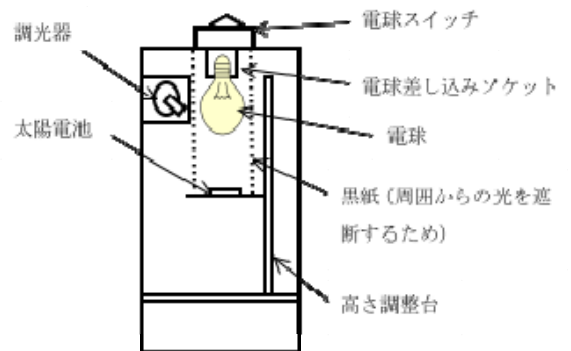


図 1. 電流電圧特性測定用実験台概略図

### 3.2. 測定器材

- ・テスター (FLUKE, 179TURE RMS MULTIMETER)
- ・スペクトロメーター (Stellar Net Inc, BLUE-WAVE)
- ・光ファイバー (Stellar Net Inc, F600-UVVIS-SR)
- ・干渉フィルター

表 1. 干渉フィルター

メーカー	ASAHI SPECTRA CO
製品名	OPTICAL FILTERS
型式	M. C. $\lambda_0=500$ nm $\Phi 25$ No. 1
	M. C. $\lambda_0=630$ nm $\Phi 25$ No. 1
	M. C. $\lambda_0=700$ nm $\Phi 25$ No. 1
	M. C. $\lambda_0=800$ nm $\Phi 25$ No. 1
	M. C. $\lambda_0=900$ nm $\Phi 25$ No. 1

## 4. 結果

表 2. 各 LED 電球のピーク波長と光源からの距離 5.7cm における放射照度

LED 電球の色	波長[nm]	放射照度[W/m <sup>2</sup> ]
赤	650	4.92
緑	510	0.74
青	450	2.78

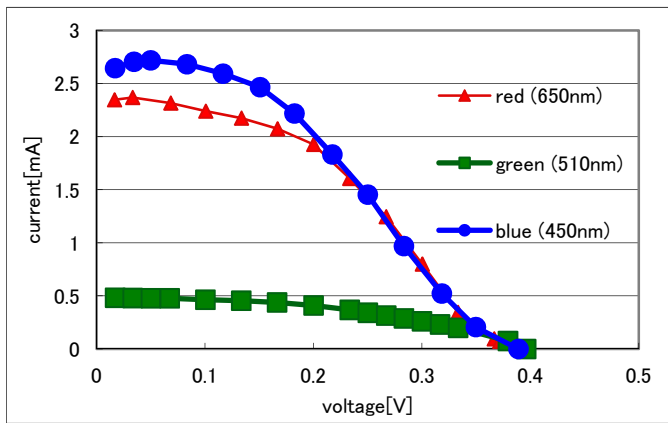


図2. 各 LED 電球による結晶 Si 太陽電池の電流電圧特性

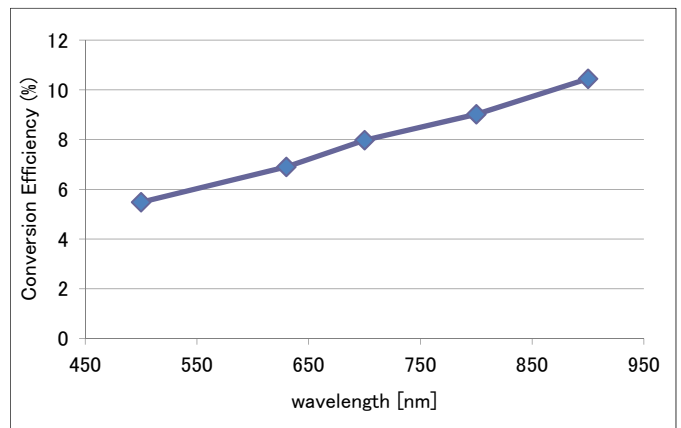


図6. 同放射照度下における Si フォトダイオード変換効率の波長依存性

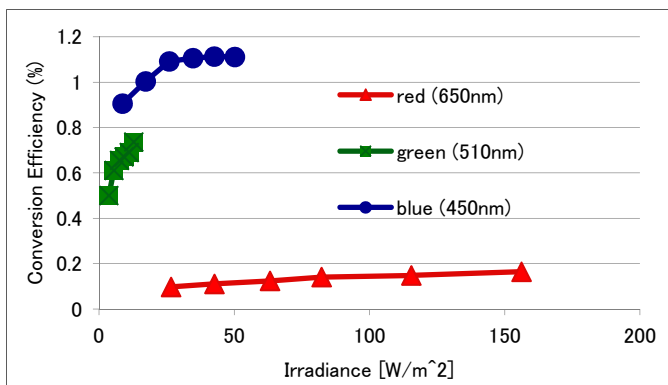


図3. 各 LED 電球による結晶 Si 太陽電池の変換効率

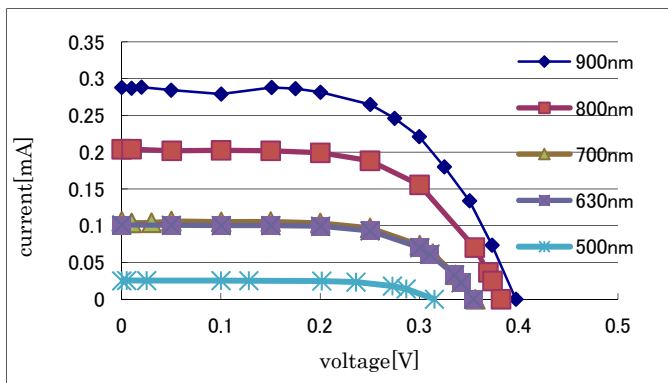


図4. フィルター別の Si フォトダイオード電流電圧特性

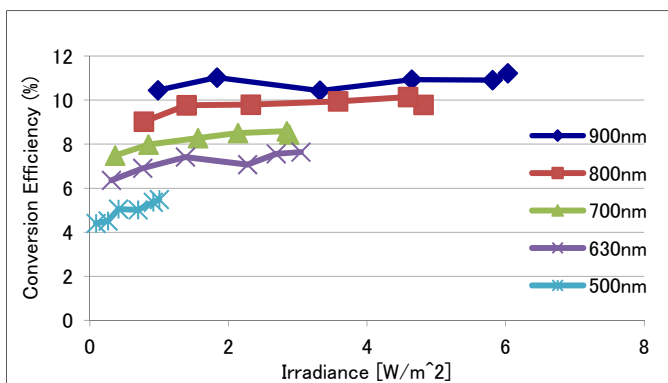


図5. Si フォトダイオード変換効率の放射照度依存性

## 5. 考察・まとめ

光源である LED 電球から同じ距離で太陽電池の電流電圧特性を測定したところ図2の結果となった。それぞれの LED 電球に対する太陽電池の最大電力を計算したところ、緑色に対する太陽電池の最大電力が他の2色よりも低くなっている。これは、表2のように緑色の LED 電球の放射束が他の2色より低いためである。また、図3から太陽電池における変換効率の波長依存性は認められず理論通りにはいかなかった。これは、手元にあった太陽電池が低品質な上、基板厚さが薄いためと考えられるが、今後の検証が必要である。

変換率は入力光のパワーの対数に比例することが理論的に予測されているが、図5の実験結果もそれをほぼ裏付ける傾向が認められる。図6から Si フォトダイオードの変換率は波長にほぼ比例して増加しており、理論の予測通りとなっている。したがって、高効率を実現するためには、長波長の単色光を可能な限り高い放射照度で入射すれば良いことを実験的に裏付けた。

## 6. 参考文献

- 1) T. Saito, "Spectral properties of semiconductor photodiodes", Chapter 1 (pp. 3-24) in "Advances in photodiodes"(ISBN 978-953-307-163-3), Intech, Croatia, March 2011
- 2) マイナビニュース  
<http://news.mynavi.jp/news/2012/07/10/143/>