

公称値を用いた太陽電池エネルギー変換効率・量子効率の導出と種類別評価

Derivation of Conversion Efficiency and Quantum Efficiency on Various Types of Solar Cells and Modules

○齋藤 輝文^{1,2}、佐藤 宏樹¹、阿部 大和¹、武澤 港斗² (1. 東北工大工、2. 東北工大院工)

○Terubumi Saito^{1,2}, Koki Sato¹, Yamato Abe¹, Minato Takesawa²

(1. Tohoku Inst. Tech., 2. Graduate School, Tohoku Inst. Tech.)

E-mail: terubumi.saito@tohotech.ac.jp

[背景と目的]

現在、様々な種類の太陽電池の開発が続いているが、その良し悪しの判断には、エネルギー変換効率（放射束に対する発生電力の比）が最も重要である。しかし、さらなる性能改善の余地があるかどうかは、エネルギー変換効率のみでは判断しにくい。その目的のためには、量子効率、特に内部量子効率（吸収された光子数に対する生成電子数の比）を知ることが最も重要である。

しかし、それらが公表されている太陽電池、モジュールはかなり限られている。その一方で、ほぼすべての太陽光発電モジュールについて、標準条件下での公称最大出力や公称短絡電流等の公称値が入手可能である。

そこで本研究では、公称値に加えセル数、セル面積、モジュール面積を用いてエネルギー変換効率と量子効率を導出するための定式化をすること、さらにこれを各種の太陽電池に適用して、種類別評価を行うことを目的とした。

[定義・解析方法]

以下で用いる変数とその意味は以下の通りである。

P_i [W]: 入射放射束、 P_a [W]: 吸収放射束、 $E(=1000)$ [W/m²]: 放射照度、 Φ_i [1/s]: 入射光子束、 Φ_a [1/s]: 吸収光子束、 X [1/(s m²)]: 光子放射照度、 S [m²]: モジュール面積、 A [m²]: セル面積、 n : セル数、 P_m [W]: 公称最大電力、 I_{sc} [A]: 公称短絡電流、 e [C]: 電子の素電荷、 α [J]: 平均光子エネルギー、 ε : 放射率=吸収率。

太陽電池の各種効率を求める定式化の結果は以下の通りである。

・モジュールの各効率:

外部エネルギー変換効率

$$C_{ext} = \frac{P_m}{P_i} = \frac{P_m}{ES}$$

内部エネルギー変換効率

$$C_{int} = \frac{P_m}{P_a} = \frac{C_{ext}}{\varepsilon}$$

外部量子効率

$$\eta_{ext} = \frac{nI_{sc}}{e\Phi_i} = \frac{nI_{sc}}{eXS} = \frac{n\alpha I_{sc}}{eES}$$

内部量子効率

$$\eta_{int} = \frac{nI_{sc}}{e\Phi_a} = \frac{\eta_{ext}}{\varepsilon}$$

・セルの各効率:

外部エネルギー変換効率

$$C'_{ext} = \frac{P_m}{nEA} = \frac{SC_{ext}}{nA}$$

内部エネルギー変換効率

$$C'_{int} = \frac{C'_{ext}}{\varepsilon}$$

外部量子効率

$$\eta'_{ext} = \frac{I_{sc}}{e\Phi_i} = \frac{\alpha I_{sc}}{eEA}$$

内部量子効率

$$\eta'_{int} = \frac{I_{sc}}{e\Phi_a} = \frac{\eta'_{ext}}{\varepsilon}$$

[結論]

各太陽電池モジュールの公称値等よりセルおよびモジュールの外部エネルギー変換効率を求めることができた。さらに平均光子エネルギーを仮定することにより、外部量子効率が求められる。一方、内部エネルギー変換効率、内部量子効率を求めるには太陽電池モジュールの反射率あるいは吸収率を知る必要がある。吸収率は放射率に等しいので、近似的手法として赤外線カメラを用いた放射率測定を実施し、これらを求めた。既知のデータとの比較により、本手法の有効性が確認された。

[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.