

Roberts の g 関数を用いて計算した電流—電圧特性の傾斜から推定される 太陽電池の直列／並列抵抗の誤差

Error in series/parallel resistance of solar cell estimated by current-voltage slope
calculated by Roberts g -function

兵庫県立大工, °多田 和也

Univ. of Hyogo, °Kazuya Tada

E-mail: tada@eng.u-hyogo.ac.jp

太陽電池の直列抵抗及び並列（シャント）抵抗は、パワー変換効率や電流—電圧特性の形状に大きな影響を与える。これらの直列抵抗及び並列抵抗は、特に何も断り書きがなければ、図 1 に示す太陽電池の等価回路モデルにおける R_s 及び R_p であると考えるのが一般的であるといえる。

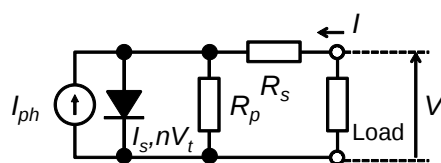


図 1 太陽電池の等価回路

これらの値を実験的に得られた太陽電池の電流—電圧特性から見積もる方法としては、等価回路の電流—電圧特性の理論式との誤差が最小になるようにカーブフィットを行って推定する方法が妥当であると考えられ、現在では Excel のソルバー機能を用いることでも実行可能である。一方で、有機薄膜太陽電池やペロブスカイト型太陽電池などの研究報告では、しばしば電流密度—電圧特性曲線の傾斜の逆数 dV/dI の短絡時 ($V=0$) 及び開放時 ($J=0$) における値をそれぞれ並列抵抗と直列抵抗として示すことが、簡易的な方法としてしばしば採用される。この簡易的な方法で得られる値と、図 1 における真の R_s 及び R_p との値の誤差については、あまり議論されることがないようである。本年度春季の講演会で筆者はこの誤差を Lambert の W 関数 $W_0(x)$ を用いた dV/dI の解析的な表式を用いることで調べた結果を報告した。[1] その中で、これまで知られている dV/dI の解析的な表式は、通常のプログラミング環境や Excel のような表計算ソフトで使われる倍精度浮動小数点で実装するとオーバーフローを起こしやすく、 I_s と R_p がともに大きい高効率の太陽電池については、実際には計算が難しい場合があることを指摘した。

本研究ではこのようなオーバーフローの問題を回避する方法として、近年 Roberts によって提案された g 関数 $g(x) = \ln(W_0(\exp(x))) = x - W_0(\exp(x))$ [2,3] が有用であることを報告する。すなわち、 dV/dI は以下の表式で表されるが、この式はオーバーフローの問題が実質的には生じない。

$$\frac{dV(I)}{dI} = R_s + R_p \cdot \frac{1}{1 + x(I) - g(x(I))} \quad \text{ここで, } x(I) = \ln\left(\frac{I_s \cdot R_p}{n \cdot V_t}\right) + \frac{(I + I_s + I_{ph}) \cdot R_p}{n \cdot V_t}$$

謝辞 本研究の一部は岩谷科学技術研究助成金及び JSPS 科研費 JP18K04241 の補助を受けて実施した。

[1] 多田, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 18p-G202-6.

[2] K. Roberts, arXiv:1504.01964v1 [math.NA], 2015.

[3] K. Roberts K, S. R. Valluri, arXiv:1601.02679v1[physics.comp-ph], 2015.