

ソーラーセルの電流-電圧特性に関する研究

竹林 敬太

(指導教員 佐藤 憲史)

1. はじめに

再生可能エネルギーの一つである太陽光発電は、その変換効率の低さに大きな問題を抱えている。本研究では電流-電圧(I-V)特性の光強度依存性と変換効率の低下要因について明らかにすることを目的とする。

2. ソーラーセルの等価回路

ソーラーセルの I-V 特性を表すために一般的に用いられる理想係数 n を導入したモデルでは光強度が大きく増加した場合に適切に表すことができないため、内部抵抗 R_s 、 R_{sh} とダイオード D_1 、 D_2 を導入した図1に示すような等価回路を用いる。

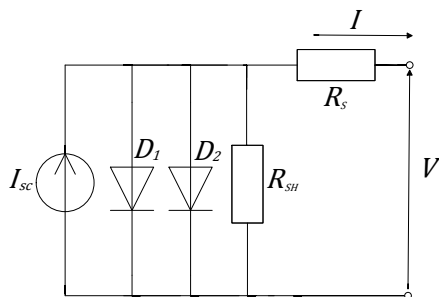


図1 2つのダイオードを用いた等価回路

図1において I と V の関係は次式で表される。

$$I = I_{sc} - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} - I_{s1} \left(e^{\frac{q(V + R_s I)}{kT}} - 1 \right) - I_{s2} \left(e^{\frac{q(V + R_s I)}{2kT}} - 1 \right) \quad (1)$$

理想的なモデルの等価回路は(1)式において $R_s = 0$ 、 $R_{sh} = \infty$ 、 $I_{s2} = 0$ としたものになる。 I_{s1} はダイオードの逆飽和電流として定義される。また、 I_{s2} は不純物再結合により付加的に流れる電流の係数として導かれる[1]。

3. 実験

単結晶 Si ソーラーセル(面積 4cm^2)の I-V 特性をハロゲンランプを光源として測定する。まず感度校正されたフォトダイオードで光強度を測定し、フォトダイオードと受光表面の位置が等しくなるようソーラーセルをスライドさせる。次にソーラーセルの I-V 特性を四端子法を用いて測定する。測定時はペルチェ素子を用いた温度コントローラー(NT-7V3A22W)を用いてソーラーセルの温度を 25°C に保つ。測定結果に対して R_s 、 R_{sh} 、 I_{s1} 、 I_{s2} を変数とした(1)式でフィッティングを行い、各変数を評価する。

4. 結果と考察

フィッティングの際に I_{s1} 、 I_{s2} を変数として扱うことで光強度が増加した場合にも I-V 特性を適切に表せることが分かった。

ここではソーラーセルの変換効率に寄与する曲線因子(Fill Factor: FF)を評価する。 FF は、

$$FF = \frac{I_m V_m}{I_{sh} V_{oc}} \quad (2)$$

で定義される。 V_m は発電電力が最大となる電圧で、 I_m は V_m における電流である。 I_{sh} は短絡電流、 V_{oc} は開放電圧である。理想的な FF は V_{oc} から計算することができる[2]。実験的に得られた FF と理想的な FF を図2に示す。光強度 8.6 が日射量 1 kW/m^2 に相当する。

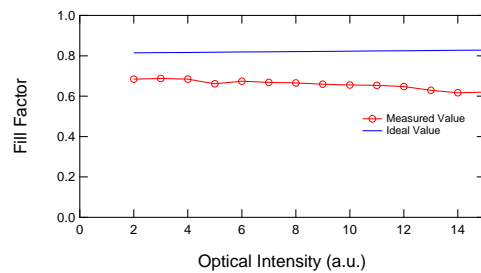


図2 FF (曲線因子) の光強度依存性

図2より測定した FF は光強度が増加するに伴って、理想的な FF のおよそ 85% から 80% 程度へ減少していくことが分かった。

測定結果にフィッティングを行うことで I_{s1} は光強度に対してほぼ一定であることが分かった。また、 I_{s2} は光強度に対して単調増加の関係にあることが分かった。その結果を図3に示す。

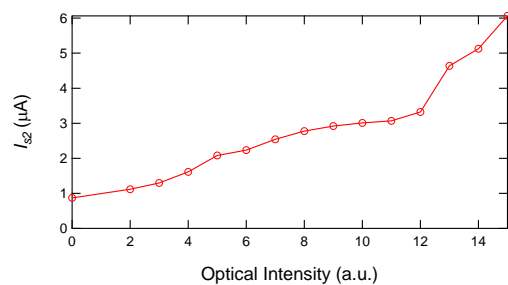


図3 I_{s2} の光強度依存性

各変数の FF への影響を解析したところ R_s 、 I_{s2} の影響が大きく、特に I_{s2} が R_s に比べて少なくとも2倍以上の影響を及ぼすことが分かった。したがって光強度の増加に伴う FF 低下の主な要因は不純物再結合により付加的に流れる電流の増加にあると考えられる。

5. まとめ

太陽光発電の問題の一つである変換効率の低さの要因に曲線因子 FF の低下がある。解析から不純物再結合により付加的に流れる電流を表す I_{s2} が FF に主な影響を及ぼすことが分かった。光強度の増加に伴って I_{s2} は増加している。光強度の増加に伴う FF 低下の主要因はこの電流の増加によるものだと分かった。

参考文献

[1] Peter Würfel :Physics of Solar Cells,P144,WILEY-VCH(2009)
 [2] 喜多隆：「太陽電池のエネルギー変換効率」, P63,コロナ社, (2012)