

高効率バックコンタクト型太陽電池, PERC型太陽電池, シリコンヘテロ接合型太陽電池モジュールの温度特性測定と解析

原 重臣¹、Jaffar Abdu¹、崔 誠佑²、千葉 恭男²、増田 淳²、嘉数 誠^{1,2}
¹佐賀大学大学院工学系研究科、²産業技術総合研究所太陽光発電研究センター

研究の目的

稼働中の太陽光発電所用の太陽電池モジュールは温度変化する外部環境にある。その温度係数はカタログ値で示されているが、その決定要因は十分に明らかではない。

また、近年開発されたバックコンタクト(IBC)型太陽電池, PERC型太陽電池, シリコンヘテロ接合(SHJ)型太陽電池などの高効率太陽電池の高温特性は、まだ報告されていない。

そこで、高効率太陽電池の開放電圧、短絡電流、最大電力、直列抵抗、並列抵抗、フィルファクター、効率等各種パラメータの温度依存性を調べた。

実験方法

- ① 太陽電池モジュールを室外で1~2時間太陽光に曝し、70°C前後に昇温
- ② 太陽電池モジュールを室内に移動し、ソーラーシミュレータに設置
- ③ 自然冷却中にソーラーシミュレータで基準太陽光下のI-V特性を繰り返し測定
- ④ 熱電対でモジュール裏面の温度を常時測定
- ⑤ 開放電圧等の特性パラメータをI-V特性より抽出

実験対象・装置

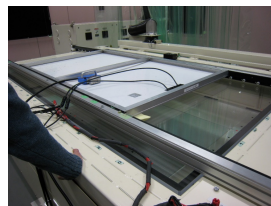
測定した太陽電池モジュール



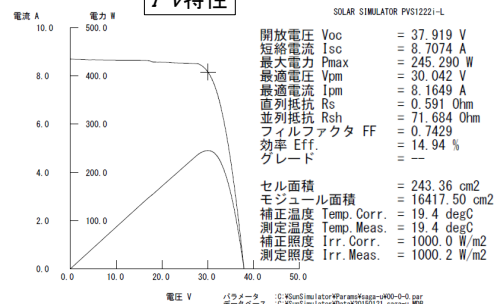
バックコンタクト型太陽電池

測定に用いたソーラーシミュレータ

PVS1222i-L (日清紡 産総研九州センター)



I-V特性



実験結果

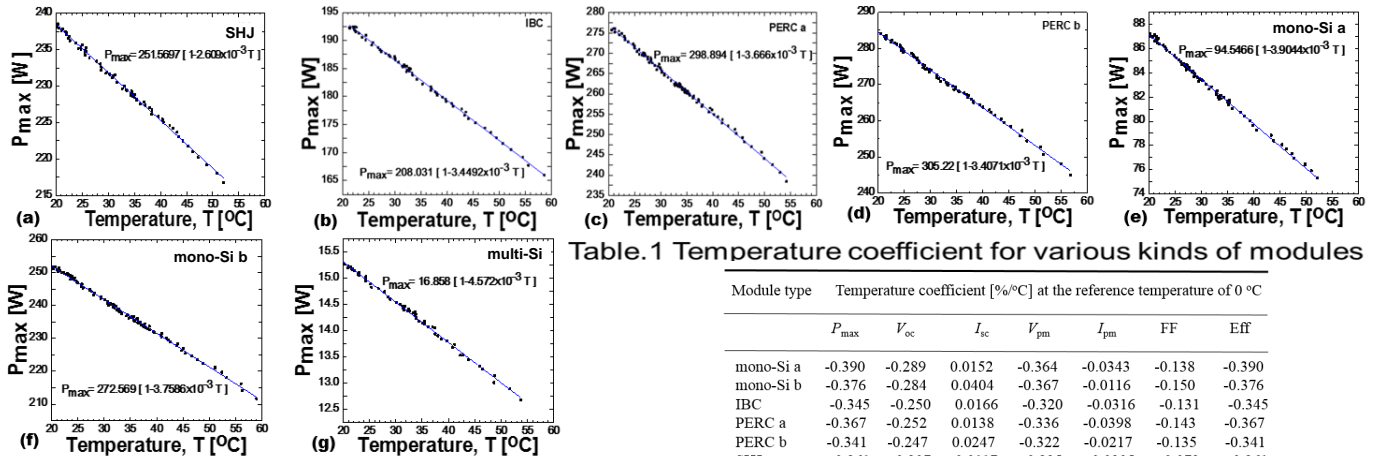


Table. 1 Temperature coefficient for various kinds of modules

Module type Temperature coefficient [%/°C] at the reference temperature of 0 °C

Module type	P_{max}	V_{oc}	I_{sc}	V_{pm}	I_{pm}	FF	Eff
mono-Si a	-0.390	-0.289	0.0152	-0.364	-0.0343	-0.138	-0.390
mono-Si b	-0.376	-0.284	0.0404	-0.367	-0.0116	-0.150	-0.376
IBC	-0.345	-0.250	0.0166	-0.320	-0.0316	-0.131	-0.345
PERC a	-0.367	-0.252	0.0138	-0.336	-0.0398	-0.143	-0.367
PERC b	-0.341	-0.247	0.0247	-0.322	-0.0217	-0.135	-0.341
SHJ	-0.261	-0.207	0.0117	-0.235	-0.0305	-0.073	-0.261
multi-Si	-0.457	-0.308	0.0377	-0.433	-0.0337	-0.218	-0.457

PERC型と単結晶シリコン(mono-Si)は2種類(a, b)測定した。

解析

$$P_{max} = V_{oc} I_{sc} FF \quad (1)$$

であるので、

$$P_{max0}(1 + \alpha_{pm0}T) \quad (2)$$

$$= V_{oc0} I_{sc0} FF_0 (1 + \alpha_{V_{oc0}}T) (1 + \alpha_{I_{sc0}}T) (1 + \alpha_{FF0}T)$$

$$= V_{oc0} I_{sc0} FF_0 (1 + (\alpha_{V_{oc0}} + \alpha_{I_{sc0}} + \alpha_{FF0})T + O(T^2))$$

よって、次が成り立つ。

$$P_{max0} = V_{oc0} I_{sc0} FF_0 \quad (3)$$

$$\alpha_{pm0} = \alpha_{V_{oc0}} + \alpha_{I_{sc0}} + \alpha_{FF0} \quad (4)$$

表1の実験結果は6%の精度でこの関係を満たしている。

結論と参考文献

- IBC型, PERC型, SHJ型高効率太陽電池モジュールと汎用型単結晶, 多結晶シリコン太陽電池モジュールの温度特性を測定した。
- IBC, PERC, SHJの P_{max} の0°Cでの温度係数は、-0.345%/°C、-0.341~-0.367%/°C、-0.261%/°Cとなり、いずれも汎用型単結晶, 多結晶の温度係数より小さかった。
- SHJ型太陽電池は、効率が21.40%と最も高く、 P_{max} の温度係数が-0.261%/°Cと最も低かった。これは、25°C以上の高温でも、SHJは最も高効率であることを示している。

[1] M. Kasu *et al.* "Temperature dependence measurements and performance analyses of high-efficiency interdigitated back-contact, passivated emitter and rear cell, and silicon heterojunction photovoltaic modules", JJAP 57, 08RG18 (2018).