

偏光を識別した可変入射角反射率測定装置の製作と測定

齋藤研究室 1216212 大友遼平

1. 背景・目的

太陽光発電システムのスペックの評価における重要な指標としてエネルギー変換効率があり、メーカーカタログにも掲載されている。しかし、この値は国際規格により、太陽光が太陽電池に垂直に入射する条件下であるのに対し、実際の太陽電池が設置されている環境では、時間経過に従い入射角が変化しており、原理的に効率も変化することになる。

本研究では、太陽電池の変換効率の入射角依存性を把握するため、可変入射角反射率測定装置を製作し、これにより実際の太陽電池について、偏光を識別した分光反射率を入射角の関数として測定することを目的とした。分光反射率は、p 偏光と s 偏光それぞれについて測定する。p 偏光とは、電場が入射面内で振動している光、s 偏光とは入射面に垂直に振動している光である。

2. 測定原理

光がパネルに当たった後の光の行方については反射、吸収、透過の3通りがあり、 R (反射率) + T (透過率) + A (吸収率) = 1 の式で表される。実験による計測で調べられるのは、反射率と透過率のみである。吸収率は上記の式に当てはめることにより、減算によって求められる。今回は透過が無視できるとして、そのうちの反射を測定することにした。

反射率は次式によって求められる。

$$\text{反射光} / \text{入射光} \times 100 = \text{反射率 } R$$

反射光は StellarNet 製のスペクトルメーターで計測、入射光は StellarNet 製の光源となる。

3. 実験

3.1 使用機器

以下の機器を使用した。

- ・多チャンネル分光器 (StellarNet RoHS e1100)
- ・光源 (StellarNet SL1)
- ・光ファイバー (StellarNet)
- ・光源用レンズ (Edmund ファイバーコリメータ-ASSY 0.25NA SMA 633NM)
- ・測定用レンズ (StellarNet)
- ・コンパクトオプティカルレール 100MM (Edmund)
- ・コンパクトベンチキャリア 25MM (Edmund)
- ・パーティタイプパーティプレズホルダー M6 25MM (Edmund)
- ・レール (THK HCR/HMG)

3.2 測定方法

- (1) 光源と光源用のレンズを光ファイバーで繋ぐ。スペクトルメーターと測定用レンズを繋ぐ。
- (2) 光源をコンセントに繋ぎ、スペクトルメーターをPCに接続して、専用のソフト SpectraWiz

を開く。

- (3) 可動式の固定台は図1のように作る。
- (4) 固定台に光源のレンズと測定用のレンズをそれぞれ設置する。
- (5) 項目にある積分時間を 20ms に設定し、画面を SCOPE にし、T%R ボタンをクリックする。スペクトルメーターと光ファイバーを一旦取り外し黒いキャップをスペクトルメーターの接続口に被せ DARK のボタンをクリックする。
- (6) %T %R は Transmittance (透過率)、Reflectance (反射率) それぞれを計るための画面であることを意味する。
- (7) DARK をとることによってスペクトルメーターの検査精度をニュートラルに戻す。
- (8) 光源のスイッチを押して計測する。30 度、45 度、60 度の角度にレール上を動かして調節する。光源側のレンズに偏光レンズがついているので p 偏光と s 偏光は 90 度回転させて変更する。

4. 実験結果・考察

太陽電池モジュール (CN-SM-013(#1) サイズ: 300×605nm 出力: 16V 660mA) についての結果を以下に示す。

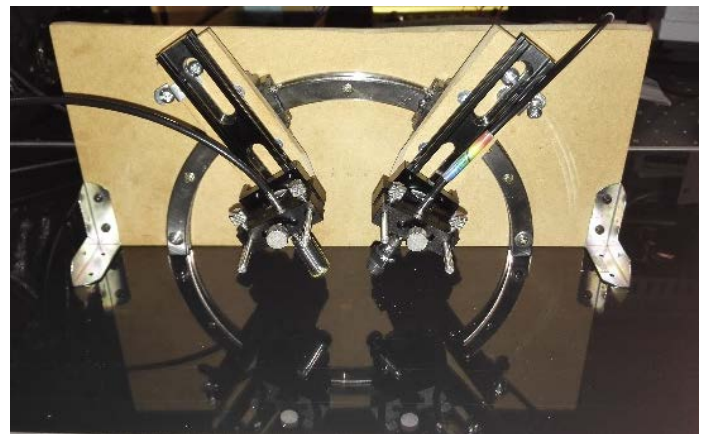


図1 製作した可変入射角反射率測定装置

図2、図3いずれのグラフにも、今回の計測対象の太陽電池モジュールには、波長の関数で反射率に大きなうねりが認められる。他の太陽電池の測定結果にはこのようなうねりはないことから、これは測定系の問題ではなく、測定対象に原因があると考えられ、表面に薄膜が存在することによる干渉効果と推測される。

以下ではそれぞれの角度における偏光別の違いを述べる。

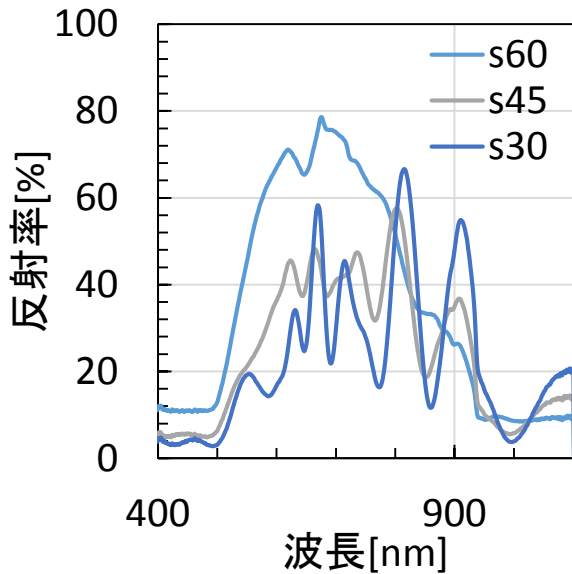


図2 入射角 30 度、45 度、60 度の s 偏光反射率

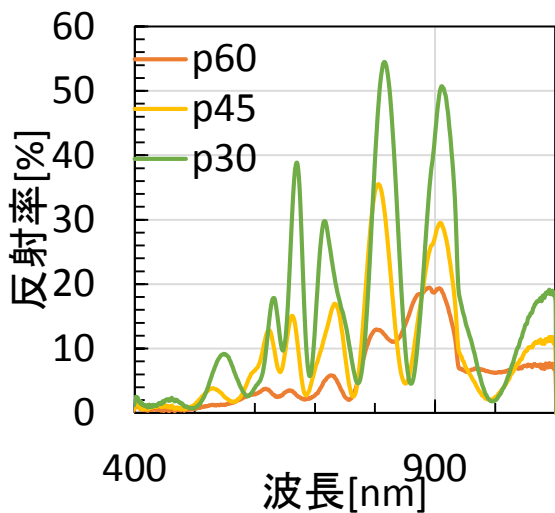


図3 入射角 30 度、45 度、60 度の p 偏光反射率

(a)入射角が 30 度するとき

s 偏光と p 偏光においてグラフの形が似たようになっているがすべての波長において s 偏光が上回っている。特に 800nm 付近では s 偏光において 66% 近くまで反射率が上昇している。

(b)入射角が 45 度するとき

p 偏光と s 偏光において形は似たようになっているが s 偏光のほうが反射率が高く見られた。特に 600~800nm では反射率の差が大きくなっている。

(c)入射角が 60 度するとき

入射角が 60 度ときは p 偏光と s 偏光で大きく形が変わっており反射率に差がみられる s 偏

光では波長 700nm 付近において 78%まで反射率が上昇している。それに対して p 偏光では波長 900nm 付近での反射率 20%が最大となっており、また 0~700nm では反射率がほぼ 0 になくなっており非常に値が小さくなっている。

次に p 偏光、s 偏光それぞれにおける角度別の違いを記述する。

(d)p 偏光のとき

反射率の大きさの順は、30 度>45 度>60 度となっている箇所が多い。この結果は、単一界面での反射において、p 偏光反射率は、(擬)ブリュスター角(多くの場合 60 度~70 度)で、最小になるという理論と合っている。

(e)s 偏光のとき

s 偏光では 0~800nm では反射率の高さは 60 度>45 度>30 度となっている箇所が多い。この結果は、単一界面での反射において、s 偏光反射率は、入射角が大きくなるほど単調に増加するという理論と合っている。800nm 以降ではグラフの上下の変動が大きい。

5. まとめ

太陽電池の効率を計算するために重要なファクターである分光反射率を、偏光を識別し、入射角の関数として測定することができた。

また、反射率測定について入射角や偏光の反射率に対する影響を確認できた。s 偏光では入射角が大きいほど反射率が高い箇所が多かったが、p 偏光では逆に入射角が小さいほど反射率が高くなる傾向は、いずれも単一界面反射の理論の予測と一致した。しかし、今回測定対象とした太陽電池では、表面に薄膜が存在していることが示唆され、理論的な解析には複雑さがともなう。今後は複素屈折率を用いた理論計算との比較を試みる予定である。また、短波長側では光源の強度は弱く、S/N 比(信号対雑音比)が悪いため、重水素ランプを用いた改善を予定している。

6. 参考文献

高橋佳織理、太陽電池の実発電量に影響を及ぼす要因に関する研究、東北工業大学工学部環境情報工学科 2012 年度卒業論文要旨集 p15-16