

コールコールプロットによる太陽電池モジュールの故障検出技術の基礎検討

—LCR メータによる印加電圧の影響—

Fundamental Study Failure Detection Technology of Solar Cell Module by Cole-Cole Plot

—Effect of Applied Voltage by LCR Meter—

○小林将太<sup>1</sup>, 西川省吾<sup>2</sup>

\*Shota Kobayashi<sup>1</sup>, Shogo Nishikawa<sup>2</sup>

Since failure detection of solar cells in the field may be influenced by disturbance such as solar intensity fluctuation, shadows of surrounding buildings, and so on, accuracy of fault detection may be difficult in some cases. In this research, as a method that is not easily affected by disturbance, it is to establish a technology to create a Cole-Cole plot (CCP) with an LCR meter and to detect a fault of a solar cell module ( module). For this purpose, modeling of high-precision solar cells is necessary. We investigated how CCP in various states changes depending on applied voltage as a basic study and report the results in this paper.

1. はじめに

フィールドでの太陽電池の故障検出は、日射強度変動や周囲の建物の影など外乱の影響を受け、正確な故障検出が困難な場合がある。本研究では、外乱の影響を受けにくい方法として、LCRメータによりコールコールプロット（以下、CCP）を作成し、太陽電池モジュール（以下、モジュール）の故障検出を行える技術を確認することである。このためには高精度な太陽電池のモデル化が必要であり、本論文では基礎検討として各種状態でのCCPが、印加電圧によりどのように変化するか調査したので結果を報告する。

2. 原理

モジュールは一般的には複数のセルが直列接続され、セルの保護としてバイパスダイオード（以下、Db）が並列接続されている。セルはダイオード、直列抵抗、並列抵抗の素子で構成されている。つまりこの抵抗値の部分が故障によって変化が現れることで故障を検出することが出来る。

3. 測定回路

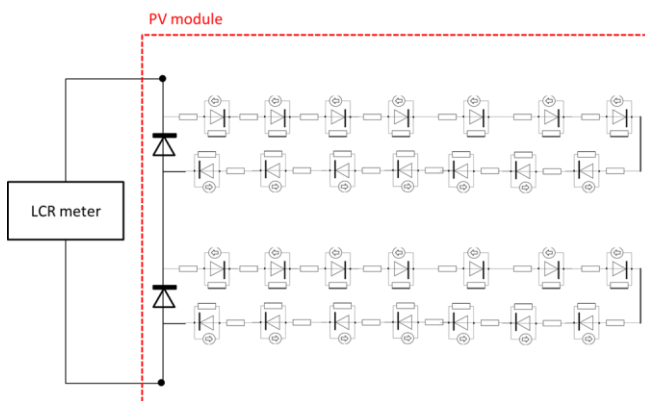


Figure 1. Measuring circuit

LCRメータをモジュールに接続し交流電圧をかける。この時に流れる電流の大きさと電圧との位相差を計測<sup>[1]</sup>し CCP を作成する。

4. 測定条件

測定では周波数範囲を 0.1Hz~100 kHz と定め、印加電圧の実効値を 1V~5V の 1V 刻みとした。測定対象は以下の通りである。

- ① 正常状態モジュール（1枚）
- ② 正常状態モジュール直列接続（2枚）
- ③ バイパスダイオード（以下、Db）無モジュール（Dbの開放故障を模擬）
- ④ Dbのみ

5. 測定結果

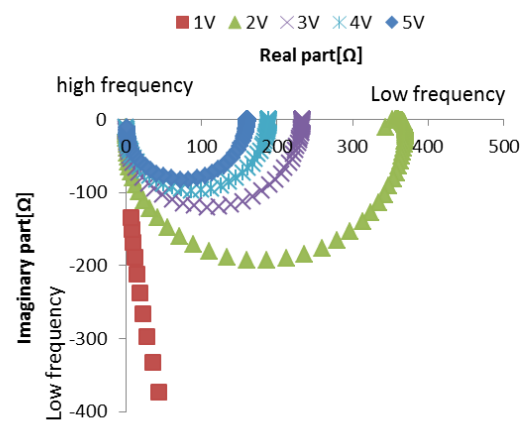


Figure 2. Normal PV module

正常なモジュールを①の条件で測定した結果を図 2 に示す。全ての CCP が一致せず、電圧の大きさに影響を受けることが分かる。電圧 3V~5V は下向き半円の正常な CCP となり、電圧が低いほど CCP の半径が大きくなっている。1V は半円になっていないが、これは

1 : 日大理工・学部・電気 Electrical Engineering, CST.,Nihon-U. 2 : 日大理工・教員・電気 Electrical Engineering, Co.,Ltd

電圧が小さく半円が大きくなり過ぎたと考える。またどの測定結果も低周波はばらつきがある。高周波の 2V ~ 5V の結果は抵抗成分が 0 になるが 1V は抵抗成分が残ることが分かる。

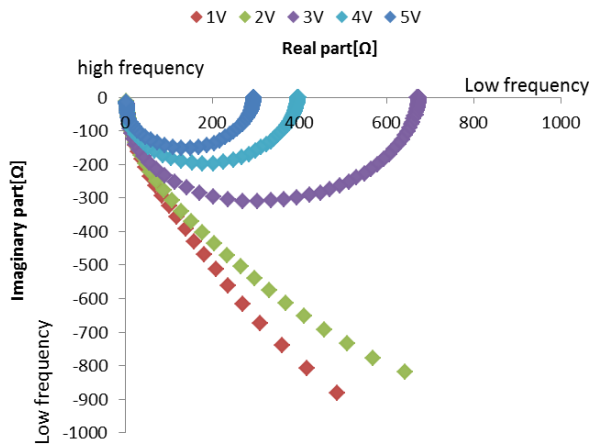


Figure 3. Two normal PV module

図 3 は実験②の条件で測定した結果である。正常のモジュールのように下向き半円の形をした正常な CCP の形をしているが電圧 3V~5V のときであり二枚になると 2V では測定できないことが分かる。また、二枚のモジュールの直列接続であるのに抵抗の値が 2 倍となっている測定結果は 4V の結果のみとなった。

図 4 より Db 無しモジュールは抵抗成分の大きさが違うが、正常のモジュールのように下向き半円の CCP となることが分かる。さらに 1V~5V すべての電圧で測定することができた。抵抗成分の大きさも低周波でわずかに違いが出たがほぼ同じになった。CCP の形は Db を取り除いたが状態でも半円を描くような RC 並列のグラフの特性になっている。つまりセルの一つ一つに RC の役割をする素子が含まれていることが分かる。

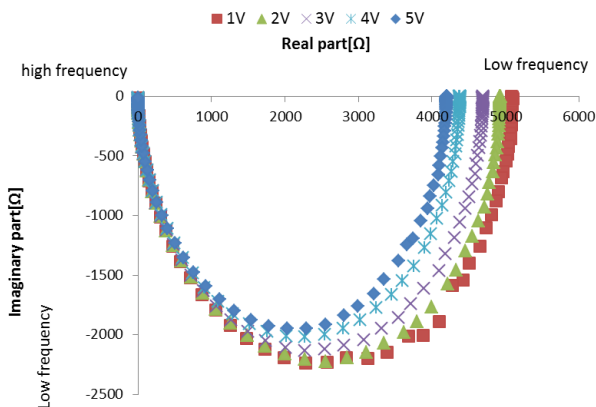


Figure 4. PV module without bypass diode

Db 無しモジュールの計測結果から RC の性質が含まれていることが分かり。モジュールの等価回路からダイオードの部分に当てはまるのがコンデンサであると推測する。

図 5 に、Db のみの CCP を示す。等価回路から抵抗は接触抵抗などで残りの素子成分はコンデンサである。

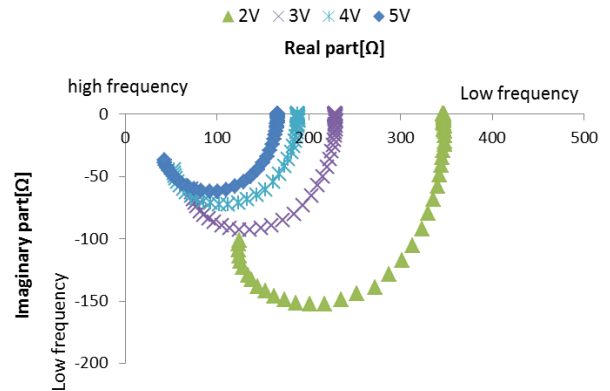


Figure 5. Bypass diode only

1V の CCP は半円となったが CCP の半径が大きすぎたため同じ図にまとめなかった。また、低周波の時、測定すら出来なかった。図 5 の結果より、Db の抵抗成分は一致しなかった。ダイオードのみでもある程度 RC 並列の CCP の様な性質が見られたが、コンデンサのような CCP にはならなかった。よってダイオードの抵抗成分は電圧が 3V~5V ほどなければ測定できず、高周波になればある程度まとまった値になるということが分かる。ダイオードには PN 接合において、電子や正孔が無い領域を空乏層といい、空乏層は逆方向バイアスによって広がり電子の移動を妨げる空乏層がコンデンサのような役割をしていると考える。また順方向電流を流したときのダイオードの電圧降下を順電圧という。可変の電源の電圧を上げ、順電圧を越えたところで順電流が流れる。順電圧は温度などにも影響されるがおおよそ 0.5~1.5V 程度の範囲であり、測定が安定していた 3V~5V は LCR メータの印加電圧が Db の順電圧越えたため安定して測定できていたのではないかと考える。

## 6. まとめ

LCR メータの電圧を変えてモジュールを測定した。測定結果から正常状態モジュール一枚の時、二枚直列接続された時、ともに高周波になれば抵抗成分が 0 となることが分かる。しかし低周波になると抵抗成分に差が生じた。Db 無しモジュールの場合、抵抗成分の差がすくない。このことから Db の影響で CCP は電圧ごとに差が生じることを確認した。

## 7. 参考文献

- [1] 電子計測(改訂版) : 都築 泰雄 コロナ社 pp. 99~100
- [2] 太陽エネルギー工学 : 浜川 圭弘 培風館 pp. 26~27