法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-12-26

電気光学プローブを用いた 有機薄膜太陽電 池の電圧校正技術に関する研究

齋藤, 凌 / Saito, Ryo

(出版者 / Publisher) 法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要.理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要.理工学・工 学研究科編

(巻 / Volume)
58
(開始ページ / Start Page)
1
(終了ページ / End Page)
4
(発行年 / Year)
2017-03-31
(URL)
https://doi.org/10.15002/00014222

電気光学プローブを用いた 有機薄膜太陽電池の電圧校正技術に関する研究

CALIBRATION TECHNOLOGY OF ORGANIC PHOTOVOLTAIC CELL VOLTAGE USING ELECTROOPTIC PROBE

齋藤凌 Ryo SAITO 指導教員 品川満

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士課程

This paper describes the use of a transverse electrooptic probe to measure the electric field strength of an organic photovoltaic (OPV) cell model. It is necessary to measure the voltage of each OPV cell in order to diagnose failure of the OPV. We confirmed the principle of superposition for the electric field strength from each OPV cell model. These results show that the calibration of each OPV cell voltage can be accomplished by measuring the electric field strength over the OPV cells.

Key Words : Organic photovoltaic, electrooptic probe, electric field strength

1. 序論

近年,日常生活のありとあらゆる場面でエネルギーを 生み出すために様々な発電機が一般家庭などに広く普及 しつつある.その日常生活におけるエネルギー生産方法 の1つとして有機薄膜太陽電池(OPV)が注目されてい る.OPV は薄い,柔軟,軽量,低コストといった特徴を持つ 次世代型の太陽光パネルで,従来型のパネルよりも様々 なシーンや物へ適用することができる[1][2].現在 OPV は 研究・開発段階にあり,高品質な OPV パネルを効率的に 生産するために,製造した OPV パネルの質を開発プロセ ス中で測り,故障箇所などの情報を即座にフィードバッ クする故障検知システムが必要とされている.この製造 過程における故障検知を可能にするのが電気光学(EO)プ ローブ[3][4]である.EO プローブを用いた OPV 計測の様 子を図1に示す.



図1 EO プローブを用いた OPV 計測

2. 有機薄膜太陽電池モデル

(1)重ね合わせの理

OPV パネルの評価を行うには、光を入射させたときに OPV の各セルに発生している電圧を高精度に測る必要 がある.しかし、EO プローブはセルから発生した電界の強 度を測る電界センサのため、直接的に電圧を測ることは できない.そのため、測定した電界強度から各セルの発生 電圧を推定する方法を検討していく必要がある.セル発 生電圧とセル表面の電界強度の関係を図3に示す.



OPV は直列に接続された複数のセルで構成されている.複数あるセルのうち1つのセルだけに電圧が発生している場合,セル表面の電界強度は発生電圧に比例する.し

かし複数のセルに電圧が発生している場合,OPV 表面の 電界強度はすべてのセルの発生電圧に影響されるため, 各セルの発生電圧の推定が難しい.この複数セルに電圧 発生パターンでの電界計測から各セルの電圧を推定する には,OPV 表面の電界強度に関して重ね合わせの原理が 成立することを確かめる必要がある.

重ね合わせの原理とは、電界の発生源が複数あるとき、 それらがつくる電界分布は発生源の1つ1つが単独で存 在している場合の重ね合わせに等しくなるという物理現 象である.これを OPV セルに当てはめると、複数セルに電 圧が発生している場合の電界分布は、各セル単体に電圧 が発生しているパターンの重ね合わせに等しくなるとい うことである.本研究では、まず OPV モデルのテストボー ドを用いて、OPV 表面の電界分布に関して重ね合わせの 原理が成立することを確認した.

(2) 有機薄膜太陽電池モデル

OPV 表面の電界分布について重ね合わせの理が成立 することを検証する実験を行うには、1 つのセルに光を照 射させて電圧を誘起させる単セル照射の状態と、全ての セルに光を照射して電圧を誘起させる全セル照射の状態 を任意に再現するシステムが必要である.しかし,OPV の 実デバイスを用いた実験では、特に単セル照射の状態を 完全に再現することが困難という課題がある.その課題 の解決方法として、光の入射によって電圧を発生させる という OPV の動作原理をモデル化することで、OPV の発 電状態を任意に再現可能となる OPV モデルについて説 明する.OPV の構造とそれに基づいた OPV モデルを図 3 に示す.





まず,OPV 実デバイスの構造の例について説明す る,OPV セルはバルクヘテロ接合された p 型有機半導体 とn型有機半導体の半導体溶液を用いた発電層と,その発 電層を挟む2枚の電極によって構成され,さらに複数のセ ルを全て直列に接続することで1つの太陽電池として形 成される.次に図 3(b)に示した OPV モデルについて説明 する.OPV モデルのセルは2 枚の電極の間に誘電体を置 き,2 枚の電極間にフォトダイオード(PD),内部抵抗素子 を接続して形成され,各セルは導線を用いて直列に接続 する,この PD にレーザ光などの光を入射させると,光の 強度に応じた電流が生じる.PD から生じた電流と電極間 に接続された内部抵抗素子によって,2 枚の電極間に電位 差が生じることから,この OPV モデルを用いることで光 を当てて電圧を発生させるという太陽電池の動作を再現 することが可能になる.

3. 電気光学プローブ

EO プローブはレーザ光と EO 結晶[5]の組み合わせに よって,測定対象物の周囲,もしくは空間中の電界強度を 計ることが可能なセンサである.また EO 結晶とは,結晶 中に電界が印加された際に,結晶の持つ屈折率が変化す る EO 効果を示す結晶である.本研究で用いる EO プロー ブシステムは EO 結晶や波長板などを用いて OPV などか ら生じた電界強度をセンシングするプローブヘッド部と、 プローブヘッドからのレーザ光を PD で受光し、プロー ブヘッド部で検出した電界強度を電気信号に変換して出 力する EO/OE 回路部の 2 つで構成される。EO プローブ システムのブロック図を図4に示す。



EO/OE 回路部は LD ドライバ,LD,PD,差動アンプ,コン デンサ等によって構成されている.LD ドライバによって LD を駆動させ,LD から照射されたレーザ光は光ファイ バを通ってプローブヘッド部へ送られる.波長板や EO 結 晶などを透過したレーザ光は偏光ビームスプリッタ (PBS)によって P 波と S 波の 2 つの直線偏光に分割され る.分割された 2 つのレーザ光は EO/OE 回路部の 2 つの PD によって電気信号に変換され,2 つの信号の強度差が 差動アンプによって増幅される.増幅された信号はコン デンサによって DC 成分をカットした後にオシロスコー プやスペクトラムアナライザ,ロックインアンプなどの 計測機器へ出力される.

4. 実験及び電磁界シミュレーション

EO プローブを用いた OPV モデルの電界計測を行うた めに,ロックインアンプや制御用 PC などを用いて OPV モ デル計測システムを構築した.構築したシステムの構成 を図5に示す.



テストボードから生じた電界をプローブヘッド内の EO 結晶で検出し EO/OE 回路から出力された信号はロック インアンプに入力される.ロックインアンプはリファレ ンス信号と同じ周波数成分の信号から振幅と位相情報を 取り出すことが可能であり、このロックインアンプを制 御用 PC とシリアル接続することで EO/OE 回路から出力 された信号の振幅と位相を制御用 PC 上で観測すること ができる.また.テストボードの各セルに電圧を発生させ るために交流電流を出力可能な LD ドライバ.LD.光カプ ラの 3 つを用いた.LD ドライバを用いて LD を駆動さ せ.LDから発生したレーザ光を光カプラに入射させる.レ ーザ光は光カプラによって3つのレーザ光に分岐され, テストボードの3つのセルに接続した PD にそれぞれ入 射させることで,PDから生じた電流と内部抵抗により,各 セルに電圧を発生させることができる.光カプラと PD の 接続は取り外しが可能で.電圧を発生させるセル以外に 接続された光カプラを取り外すことで.テストボードの 電圧発生状態を任意に再現することができる.本研究で は1つのセルにのみ光を入射させる単照射モードと全て のセルに光を入射させる全照射モードの2通りで実験を 行う.2 つの照射モードの概要を図6に示す.



各セル単照射モード時における各セル直上の電界強度 の重ね合わせと全照射モードにおける電界強度の計測結 果の比較を図7に示す.各セル直上の単照射モードにおけ る1セル目,2セル目,3セル目直上の電界強度の重ね合わ せをそれぞれ S1,S2,S3とし,全照射モードにおける1セル 目,2セル目,3セル目直上の電界強度をそれぞれ A1,A2,A3 とした.



図7 単照射モードの重ね合わせ(a)と全照射モード(b)

2つの結果を比較すると、各セル直上の電界強度はほぼ一 致していることが分かる.また、OPV モデル計測システム を用いた OPV テストボード表面の電界強度計測につい て,実験結果の確からしさを検証するために電磁界シミ ュレーションによる OPV モデル表面の電界解析を行っ た.本研究ではKeysight Technologies 社の EMPro というソ フトを用いて解析を実行した.シミュレーションの様子 と,シミュレーションそれぞれを図8と図9に示す.







図9 全照射モード時の電磁界シミュレーション結果

図9に示した結果は,図7に示した実験結果の2つのグラ フと傾向が一致していた.このことから、OPV モデル表面 の電界分布には重ね合わせの理が成り立つという実験結 果の確からしさを示すことが出来た.

5. 結論

本研究では,OPV モデルを用いた実験と電磁界シミュ レーションの結果より,表面の電界分布についても重ね 合わせの理が成立するという結果が得られた.今後は,電 界強度の測定結果から OPV セルに発生した電圧を推定 する方法を探り,OPV 故障検知システムの製品化を目指 す.

参考文献

- C. W. Tang, "Two-layer organic photovoltaic cell," Appl. Phys. Lett., Vol.48, No.2 pp.183-185, 1986.
- 2) C. Lungenschmied, G. Dennler, H. Neugebauer, S. N. Sariciftci, M. Glatthaar, T. Meyer, and A. Meyer, "Flexible, long-lived, large-area, organic solar cells," Sol. Energy Mater. Sol. Cells, Vol.91, No.5 pp.379-384, 2007.
- 3)品川満, "フォトニック電界センサの応用技術に関する 研究,"博士論文, 2005.
- 4) J. Katsuyama, K. Matsumoto, R. Sugiyama, S. Hasegawa, M. Shinagawa, and Yoshiki Yanagisawa, "Failure Diagnosis of Organic Photovoltaic Using Electro-Optic Probe" Optical Review 21, No. 5, pp.621-627, 2014.
- 5) 応用物理学会光学懇話会,「結晶光学」,森北出版, 1975.