

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 3 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25288084

研究課題名(和文) デバイスレス有機薄膜太陽電池性能予測診断システムの開発

研究課題名(英文) Development of Device-less Evaluation and Prediction System of Organic Solar Cell Performance

研究代表者

佐伯 昭紀 (Akinori, Saeki)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10362625

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,600,000円

研究成果の概要(和文)：独自開発したXe-flash白色光・時間分解マイクロ波伝導度評価法を発展させ、有機薄膜太陽電池の性能予測診断システムの開発を目指して、(1)装置の高精度化、(2)性能予測診断システムの確立と基礎過程の解明、(3)新規材料の設計・合成への展開を行った。その結果、先端マイクロ波分光法の開発に成功し、光電変換機能の性能予測と材料診断に有効な新たな評価法を確立した。さらに、この手法を用いて新規高分子・フラーレン太陽電池の設計・合成へと展開した。また、近年注目を集めているペロブスカイト太陽電池への適用をはかり、性能予測・基礎物性評価に有効な手法であることを示した。

研究成果の概要(英文)：On the basis of the originally-designed Xe-flash time-resolved microwave conductivity technique, this project aimed at the development of measurement and analysis system that allows facile evaluation and prediction of organic photovoltaic performance. To this end, the following research topics were planned, (1) improvement of the precision and expansion of applicability, (2) establishment of evaluation and prediction method of organic photovoltaic performance as well as elucidation of fundamental physical chemistry in solar cell, and (3) application to the design and synthesis of new optoelectronic organic materials. Through the efforts during the three-year project, we have established a novel efficient evaluation system based on advanced microwave spectroscopy. Furthermore, the system was proved very effective in designing conjugated polymer/fullerene, and thus we succeeded in developing new polymers with high power conversion efficiencies.

研究分野：有機エレクトロニクス

キーワード：有機薄膜太陽電池 時間分解マイクロ波伝導度 (TRMC) 白色光 共役高分子 フラーレン ドナー・アクセプター 光化学 バルクヘテロジャンクション

1. 研究開始当初の背景

バルクヘテロジャンクション (BHJ) 型に代表される、フレキシブルかつ軽量な有機薄膜太陽電池 (OPV、図 1) は、低コスト化と用途拡大が期待でき、太陽光発電の“急速な普及”のきっかけになると期待されている。p 型高分子にフルーレン誘導体といった n 型有機半導体を内包し、ナノスケールの相分離構造を利用した BHJ 型 OPV の変換効率向上には、新規材料の開発、最適なデバイス構造の開発、ならびに新規評価法の開発が望まれる。有機材料は多種多様な化学構造を持つ反面、そのバルクの電気物性は材料自身の特性だけでなく、不純物の存在など多くの外部要因によって激しく増減し、特に電荷キャリア移動度は幅広い値を示す。通常の電荷キャリア移動度測定には、FET 等のデバイス評価が用いられるが、この方法では界面障壁、不純物や構造不整によるキャリアトラップ、高電場下での非熱拡散キャリア移動など、多くの“負の”要因によって、有機半導体が本来持つ電気特性を評価できないケースもある。

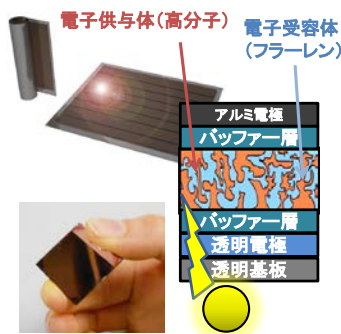


図 1 有機太陽電池のデバイス構造

一方、本課題で用いる時間分解マイクロ波伝導度法 (Time-Resolved Microwave Conductivity: TRMC) では、電極を用いずに GHz 電磁波で電荷キャリアをプローブするため、電極界面の問題は完全に排除でき、電荷キャリアのナノメートルスケールでの輸送特性を明らかにできる特徴を持つ。代表的な BHJ 層である P3HT:PCBM の OPVc デバイスを作製・評価し、同時に作製した電極レスサンプルの TRMC 測定を行い、両者の相関を検討した結果、変換効率 (PCE) と過渡伝導度に良い相関があることを明らかにし、TRMC 法は不純物・劣化効果を最小化し、迅速かつ簡便な BHJ 層の電極レス直接評価手法として、プロセス・材料スクリーニングに有効であることを証明した。さらに研究代表者は、Xe flash lamp からの白色光パルス照射源として用いた新規な有機薄膜太陽電池評価装置を考案した (図 2)。通常、Xe-flash lamp は、過渡吸収分光のプローブとして用いられることがほとんどだが、発想の転換と自身が開発した TRMC システムの高感度測定、および Xe フラッシュランプの改良により“サ

ブマイクロ秒白色パルス”を励起源とする画期的な新規評価システムを実現した。

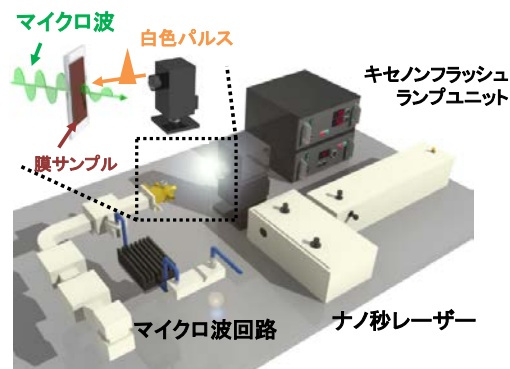


図 2 デバイスレス性能評価装置

2. 研究の目的

本課題の目的は、有機薄膜太陽電池の迅速・安定デバイスレス評価システムをさらに高度化し、材料・プロセススクリーニングへの適応範囲を広げることで、現場サイド・研究サイドの両面で真に使えるシステムを構築することにある。また、通常用いている 9 GHz 帯マイクロ波を、18~34 GHz 帯に拡張し、周波数と光電変換機能の相関を明らかにする。さらに異方性 (配向) 評価・電荷分離効率の定量評価・モデリングを行い、測定結果から直ちにデバイス性能の予測・診断すること可能にし、材料開発→材料評価のサイクルを飛躍的に短縮することで、有機薄膜太陽電池の開発に大きく貢献する。この手法は基礎科学研究に有効であるだけでなく、材料開発現場においても非常に有用であると期待できる。

3. 研究の方法

TRMC マイクロ波立体回路と電気系統の最適化等により、S/N 比を向上させる。また、高周波帯のマイクロ波立体回路を設計し、周波数変調マイクロ波分光装置を開発する。一方、太陽電池デバイス性能の最適化には、溶媒の選択や p 型 n 型材料の混合比率等、数多くのパラメータが存在する。しかも、混合比率を変えた時は、溶液の濃度・膜厚等のすべてを最適化しなければならない、時間と労力という点だけでなく、多量の材料を消費してしまう問題がある。一方、Xe-flash TRMC では同じ量で、多くの混合比率を振ることが可能である。また、低バンドギャップポリマーで pn 混合比を変えたときの TRMC 評価と、その信号を電荷分離効率 (ϕ) と移動度 ($\Sigma\mu$) へ実験的に分離する手法を開発する。それにより、どの因子が最終的なデバイス性能を大きく左右しているのかを明らかにし、新たな理論を構築する。また、各種ポリマーの測定を並行して、ポリマーを固定して各種フルーレン材料を変えた実験を行い、Xe-flash TRMC の有効性を確認する。

さらに Xe-flash TRMC システムを駆使して、高効率太陽電池実現のための新たな材料設計・合成も並行して行う。ベンゾビスチアゾール (BBTz) は、通常はアクセプターユニットとして認識され、ドナーユニットと組み合わせた共重合体が報告されている。しかし、その変換効率は 1~3% 程度に留まっている。そこで従来とは異なり、BBTz をドナーとした新たな分子設計に基づく高分子を設計・合成する。Xe-flash TRMC を用いてどの組み合わせが良いのかを探索し、高効率化の設計指針を迅速に確立する。BBTz がこれまであまり注目されてこなかった理由の一つは、凝集性が高く溶解性が悪いことが挙げられる。しかし、TRMC 法では粉末材料でも本来の性能に相関した信号が得られるため、分子設計初期段階においても非常に有効と考えられる。このように、本課題では「評価法の開発」と「材料の設計合成」を並行して進めることで、相乗的効果が期待できる。

4. 研究成果

通常マイクロ波周波数 (9 GHz) に加えて、高周波数 (15, 23, 34 GHz) の回路を設計・開発し、GHz 周波数変調測定システム (FM-TRMC) を構築した。FM-TRMC を用いて酸化チタンナノ粒子を評価したところ、他の有機材料と比べて 3 倍以上大きい伝導度の虚部成分 (共振周波数のシフトに相当) が観測され、しかも時間とともに虚部成分が減少する現象が観測された。そこで、独自に構築した Drude-Smith-Zener モデルを用いて実虚部比の周波数分散を解析したところ、電荷キャリアトラップの深さと密度を得ることに成功した (図 3)。伝導度のアレニウスプロットの傾きから得られる活性化エネルギーからもほぼ同等のトラップ深さが得られており、周波数・実虚部・時間・温度から多面的に電荷分離・輸送過程メカニズムを調べる手法を確立した。この周波数変調の結果と併せることで、有機薄膜太陽電池の性能をデバイスレスで、トータルに診断できるシステムの構築に成功した。また、S/N 比改善のための装置改良を行い、研究開発当初に比べて S/N 比を 1 桁程度向上させた。

この性能診断予測システムを駆使し、そのスクリーニングの結果を基に BBTz とベンゾビスチアゾール (BT) あるいはフッ素化 BT からなる高分子を合成した。BBTz-BT 高分子では、当初 3.8% の変換効率に留まっていたが、TRMC 評価を根拠としてデバイス構造を再度検討した結果、6.5% に急上昇させることに成功した。さらに、通常は溶媒プロセスに添加剤が必要なところを、BBTz-FT 高分子では添加剤なしで高い変換効率 (6.4%) ができることを見出した (図 4)。他にも、イソインディゴ (IDG) の類似体であるチエノインディゴ (TIDG) を開発し、高分子太陽電池へ展開した。しかし、長波長吸収のトレードオフとして励起子寿命が短くなり、拡散長の低

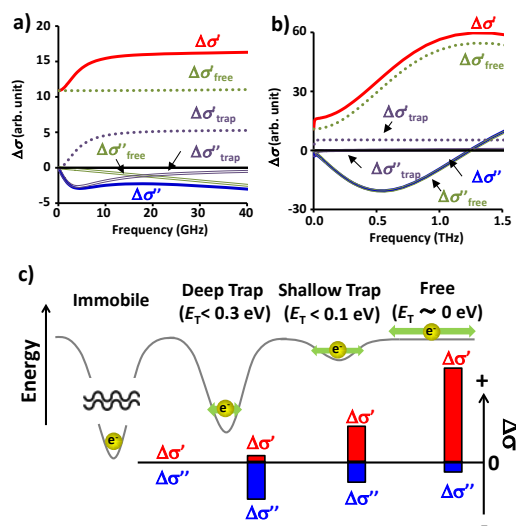


図 3 a) b) Drude-Smith-Zener モデルによる TiO₂-NP の光過渡伝導度周波数分散。c) Drude-Smith-Zener モデルに基づくマイクロ波領域における電荷キャリアトラップ深さと複素伝導度。

下と太陽電池効率の低下を引き起こすことが分かった。そこで、IDG と TIDG の両者を非対称に結合させたベンゾチエノインディゴ基 (BTIDG) を設計し、新規高分子を合成した。2次元微小角 X 線回折の結果から、この高分子単膜は 95% にも上る最高水準の face-on 配向度を示した。太陽電池効率は 4.2% まで向上し、BTIDG 骨格の優れた電子受容性とホール輸送特性、さらには太陽電池への有効性を実証した。また、5-7 員環を有するスピロ (チオ) アセタール基に注目し、可溶性フラレン SAFn, STAFn (n = 5-7) を設計・合成した。溶媒中では (チオ) アセタール構造の柔軟性が十分な溶解性を確保しつつ、膜中ではフラレン間の隙間に折りたたまれるように密に充填され効率的な電子輸送が可能となる設計に基づいている。さらに、2つの (チオ) アセタール基は電子供与性基として作用し、LUMO 準位を上昇させ開放電圧

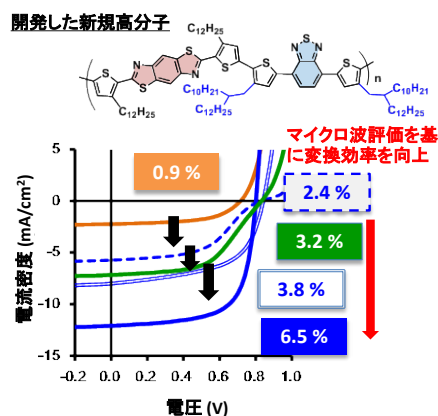


図 4 マイクロ波評価法を基盤とした高効率・新規太陽電池材料とデバイスの開発

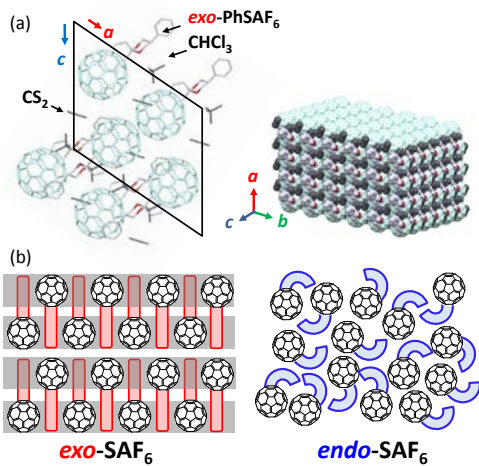


図 5 スピロアセタールフラーレンの(a)結晶構造と(b)膜内集合体構造

の向上が期待できる。加えて、高収率かつ簡便な 2 段階合成法により系統的に誘導体を合成できるため、分子構造と光電変換機能における正確な性能支配因子を詳細に検討した。このような戦略のもと、スピロ (チオ) アセタール化フラーレンの開発と、光電変換特性とそれに関連する電気化学、表面形状、結晶構造を系統的に明らかにした (図 5)。

新規に開発した白色光パルス TRMC 法は、薄膜の光吸収特性・電荷分離効率・電荷移動度・輸送特性 (電荷寿命) のすべてを含む評価を一度に行えることが最大の利点である。一方で、これらの情報を分離することができないため、得られる個別の物性値は少なくなるという欠点を有する。すなわち、光照射マイクロ波法だけでは電荷キャリア生成効率 ϕ と移動度 ($\Sigma\mu$) を分離して評価することはできない。そこで、過渡電流測定法を用いた ϕ 定量手法を開発し、10 種類の高分子とそれらの PCBM との混合膜で $\Sigma\mu$ の評価を行った (図 6)。その結果、高分子単膜の移動度と太陽電池デバイス性能には相関はなかったが、PCBM との混合膜の $\Sigma\mu$ とは正の相関があることが分かった。マイクロ波法で得られる移動度は正負移動度の和であるため、この結果は混合膜中でホールあるいは電子の少なくとも一方の局所的電荷移動度が高いほど、電荷分離効率や電荷輸送効率が高くなること

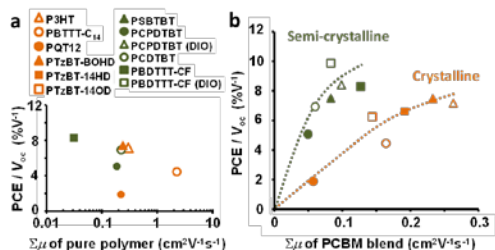


図 6 局所的移動度 ($\Sigma\mu$) と太陽電池デバイス性能 (変換効率/開放電圧) の相関。a) 高分子単膜の $\Sigma\mu$ 、b) PCBM 混合膜の $\Sigma\mu$ 。

を意味する。さらに結晶性高分子と準結晶性高分子の二種類に対して異なる曲線が得られ、X 線回折で評価した高分子結晶子サイズからも高分子の結晶性に依って異なる高効率電荷分離機構があることが示唆された。このことは白色 TRMC 法を利用した今後の高分子太陽電池材料開発において重要な知見である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 70 件)

- ① 1) M. Kumano, M. Ide, N. Seiki, Y. Shoji, T. Fukushima, and A. Saeki, "A ternary blend of a polymer, fullerene, and insulating self-assembling triptycene molecules for organic photovoltaics" *J. Mater. Chem. A* **4** (2016) 18490-18498. (査読有)
DOI: 10.1039/C6TA07705F
- ② 3) Y. Shimata, M. Ide, M. Tashiro, M. Katouda, Y. Imamura, and A. Saeki, "Charge Dynamics at Heterojunction between Face-on/Edge-on PCPDTBT and PCBM Bilayer: Interplay of Donor/Acceptor Distance and Local Charge Carrier Mobility" *J. Phys. Chem. C* **120** (2016) 17887-17897. (査読有)
DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b04827
- ③ H. Nishimura, N. Ishida, A. Shimazaki, A. Wakamiya, A. Saeki, L. T. Scott, and Y. Murata, "Hole-Transporting Materials with a Two-Dimensionally Expanded π -System around an Azulene Core for Efficient Perovskite Solar Cells" *J. Am. Chem. Soc.* **137** (2015) 15656-15659. (査読有)
DOI: 10.1021/jacs.5b11008
- ④ M. Ide, A. Saeki, Y. Koizumi, T. Koganezawa, and S. Seki, "Molecular engineering of benzothienoisindigo copolymers allowing highly preferential face-on orientations" *J. Mater. Chem. A* **3** (2015) 21578-21585. (査読有)
DOI: 10.1039/c5ta05885f
- ⑤ E. Al-Naamani, M. Ide, A. Gopal, A. Saeki, I. Osaka, and S. Seki, "Study of Photoelectric Conversion in Benzotrithiophene-Based Conjugated Semiconducting Polymers" *J. Photopolym. Sci. Tech.* **28** (2015) 605-610. (査読有)
DOI: 10.2494/photopolymer.28.605
- ⑥ T. Fukumatsu, A. Saeki, and S. Seki, "Modulation and evaluation of the charge carrier mobility in a polymer alloy of polythiophene and an insulating matrix with an electron accepting molecule" *Polym. Chem.* **6** (2015) 5860-5868. (査読有)
DOI: 10.1039/C5PY00796H
- ⑦ S. Yoshikawa, A. Saeki, M. Saito, I. Osaka, and S. Seki, "On the role of local charge carrier mobility in the charge separation

- mechanism of organic photovoltaics” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **17** (2015) 17778-17784. (査読有)
DOI: 10.1039/C5CP01604E
- ⑧ T. Mikie, A. Saeki, N. Ikuma, K. Kokubo, and S. Seki, “Hetero Bis-Addition of Spiro-Acetalized or Cyclohexanone Ring to 58 π Fullerene Impacts Solubility and Mobility Balance in Polymer Solar Cells” *ACS Appl. Mater. Interfaces* **7** (2015) 12894-12902. (査読有)
DOI: 10.1021/acsami.5b02456
- ⑨ T. Mikie, A. Saeki, Y. Yamazaki, N. Ikuma, K. Kokubo, and S. Seki, “Stereochemistry of Spiro-Acetalized [60]Fullerenes: How the Exo and Endo Stereoisomers Influence Organic Solar Cell Performance” *ACS Appl. Mater. Interfaces* **7** (2015) 8915-8922. (査読有)
DOI: 10.1021/acsami.5b01818
- ⑩ T. Mikie, A. Saeki, H. Masuda, N. Ikuma, K. Kokubo, and S. Seki, “New Efficient (Thio)acetalized Fullerene Monoadducts for Organic Solar Cells: Characterization Based on Solubility, Mobility Balance, and Dark Current” *J. Mater. Chem. A* **3** (2015) 1152-1157. (査読有)
DOI: 10.1039/c4ta05965d
- ⑪ A. Saeki, M. Tsuji, S. Yoshikawa, A. Gopal, and S. Seki, “Boosting photovoltaic performance of a benzobisthiazole based copolymer: a device approach using a zinc oxide electron transport layer” *J. Mater. Chem. A* **2** (2014) 6075-6080. (査読有)
DOI: 10.1039/c3ta14109h
- ⑫ A. Wakamiya, H. Nishimura, T. Fukushima, F. Suzuki, A. Saeki, S. Seki, I. Osaka, T. Sasamori, M. Murata, Y. Murata, and H. Kaji, “On-Top π -Stacking of Quasipolar Molecules in Hole-Transporting Materials: Inducing Anisotropic Carrier Mobility in Amorphous Films” *Angew. Chem. Int. Ed.* **53** (2014) 5800-5804. (査読有)
DOI: 10.1002/anie.201400068
- ⑬ A. Saeki, Y. Yasutani, H. Oga, and S. Seki, “Frequency-Modulated Gigahertz Complex Conductivity of TiO₂ Nanoparticles: Interplay of Free and Shallowly Trapped Electrons” *J. Phys. Chem. C* **118** (2014) 22561-22572. (査読有)
DOI: 10.1021/jp505214d
- ⑭ H. Oga, A. Saeki, Y. Ogomi, S. Hayase, and S. Seki, “Improved Understanding of the Electronic and Energetic Landscapes of Perovskite Solar Cells: High Local Charge Carrier Mobility, Reduced Recombination, and Extremely Shallow Traps” *J. Am. Chem. Soc.* **136** (2014) 13818-13825. (査読有)
DOI: 10.1021/ja506936f
- ⑮ H. Li, T. Earmme, G. Ren, A. Saeki, S. Yoshikawa, N. M. Murari, S. Subramaniyan, M. J. Crane, S. Seki, and S. A. Jenekhe “Beyond Fullerenes: Design of Nonfullerene Acceptors for Efficient Organic Photovoltaics” *J. Am. Chem. Soc.* **136** (2014) 14589-14597. (査読有)
DOI: 10.1021/ja508472j
- ⑯ A. Gopal, A. Saeki, M. Ide, and S. Seki, “Fluorination of Benzothiadiazole–Benzobisthiazole Copolymer Leads to Additive-Free Processing with Meliorated Solar Cell Performance” *ACS Sustainable Chem. Eng.* **2** (2014) 2613-2622. (査読有)
DOI: 10.1021/sc5005617
- ⑰ M. Tsuji, A. Saeki, Y. Koizumi, N. Matsuyama, C. Vijayakumar, and S. Seki, “Benzobisthiazole as Weak Donor for Improved Photovoltaic Performance: Microwave Conductivity Technique Assisted Molecular Engineering” *Adv. Funct. Mater.* **24** (2014) 28-36. (査読有)
DOI: 10.1002/adfm.201301371
- ⑱ S. Suwa, Y. Maeyoshi, S. Tsukuda, M. Sugimoto, A. Saeki, and S. Seki, “Fullerene Nanowires Produced by Single Particle Nanofabrication Technique and Their Photovoltaic Applications”, *J. Photopolym. Sci. Tech.* **26** (2013) 193-197. (査読有)
DOI: 10.2494/photopolymer.26.193
- ⑲ M. Ide, Y. Koizumi, A. Saeki, Y. Izumiya, H. Ohkita, S. Ito, and S. Seki, “Near-Infrared Absorbing Thienoisoindigo-Based Copolymers for Organic Photovoltaics” *J. Phys. Chem. C* **117** (2013) 26859-26870. (査読有)
DOI: 10.1021/jp4104728
- ⑳ 佐伯昭紀, “ペロブスカイト太陽電池の電荷キャリア移動度と輸送過程” *ファイナケミカル*, **44**, (2015) 34-41. (査読無)
https://www.cmcbooks.co.jp/products/detail.php?product_id=4915
- 21 佐伯昭紀, “デバイスレス光伝導度評価法による有機薄膜太陽電池材料の開発” *生産と技術*, **66**, (2014) 92-95. (査読無)
<http://seisan.server-shared.com/66-2-pdf.html>
- 22 佐伯昭紀, “白色光パルス・マイクロ波伝導度法による有機薄膜太陽電池性能の直接評価” *高分子論文集*, **70**, (2013) 370-385. (査読有)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/koron/70/8/70_2013-0025/_article/-char/ja/

[学会発表] (計 21 件)

- ① A. Saeki, “Charge Carrier Dynamics in Organic/Inorganic Semiconductors Evaluated by Microwave Technique” *7th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials*, 2015/9/2, Osaka

- City University (Osaka, Japan).
- ② A. Saeki, “Device-less Evaluation of Organic/Perovskite Photovoltaics Towards Improving their Efficiencies” *The 2nd ANGEL Symposium 2015*, 2016/11/4, Yamagata University (Yamagata, Japan)
- ③ 佐伯昭紀 “ペロブスカイト太陽電池の光電気物性” *光反応・電子用材料研究会*, 2015/7/17, 東京理科大学 森戸記念館 (東京)
- ④ 佐伯昭紀 “マイクロ波分光によるデバイスレス有機太陽電池開発” *次世代有機太陽電池シンポジウム*, 2015/9/19, 首都大学東京秋葉原サテライトキャンパス (東京)
- ⑤ 佐伯昭紀 “高分子・フラーレン太陽電池の性能支配因子” *異分野融合ワークショップ「有機太陽電池開発の現場と展望」* 2015/11/27, 奈良先端大学 (奈良)
- ⑥ A. Saeki, “Frequency-Modulated GHz Complex Conductivity of Organic Photovoltaics” *第10回 有機太陽電池シンポジウム*, 2014/7/17 京都大学宇治キャンパス (京都)
- ⑦ A. Saeki, “Molecular Engineering of Organic Photovoltaics Inspired by Device-less Evaluation” *NIIST-CSIR Seminar Supported by JSPS-DST*, 2014/9/1, NIIST-CSIR (Trivandrum, India)
- ⑧ A. Saeki, “Electronic and Energetic Landscape of Perovskite Solar Cell: A Microwave Conductivity Study” *WCPEC-6 Pre-Symposium (JST-PRESTO Session)*, 2014/11/22, (Kyoto Int. Conf. Center, Japan).
- ⑨ 佐伯昭紀 “近赤外吸収チエノイソインデイド高分子の太陽電池特性” *M&BE 新分野開拓研究会 2014「有機エレクトロニクスの長波長領域への進展」*, 2014/9/5, 理化学研究所 (埼玉)

[図書] (計 4 件)

- ① 佐伯昭紀 “マイクロ波伝導度測定を用いた自己組織化半導体材料の評価”, 自己組織化マテリアルのフロンティア, フロンティア出版 (2015) 96-103. ISBN 978-4-902410-26-6 (Total 336 pages)
- ② 松浦和則, 角五彰, 岸村顕広, 佐伯昭紀, 竹岡敬和, 内藤昌信, 中西尚志, 舟橋正浩, 矢貝史樹, “有機機能材料 - 基礎から応用まで (エキスパート応用化学テキスト)” 講談社 (2014). ISBN-10: 4061568027 (Total 256 pages)
- ③ S. Seki, T. Sakurai, M. Omichi, A. Saeki, and D. Sakamaki, “High-Energy Charged Particles: Their Chemistry and Use as Versatile Tools for Nanofabrication” *Springer Briefs in Molecular Science*, Springer (2015). ISBN 98-4-431-55683-1

(Total 74 pages).

[産業財産権]

○取得状況 (計 3 件)

名称: 有機太陽電池用有機材料の評価装置および評価方法

発明者: 佐伯昭紀、関修平

権利者: 科学技術振興機構

種類: 特許

番号: 第 5354632 号

取得年月日: 平成 25 年 9 月 6 日

国内外の別: 国内

名称: System and Method for Evaluating Organic Material for Organic Solar Cell

発明者: Akinori Saeki, Shuhei Seki

権利者: Japan Science & Technology Agency

種類: Patent (PCT)

番号: US 8823408 B2, PCT/JP2012/055993

取得年月日: 平成 26 年 9 月 2 日

国内外の別: 国外

名称: Device and Method for Evaluating Organic Material for Organic Solar Cell

発明者: Akinori Saeki, Shuhei Seki

権利者: Japan Science & Technology Agency

種類: Patent (PCT)

番号: EP2735864B1, PCT/JP2012/055993

取得年月日: 平成 27 年 8 月 26 日

国内外の別: 国外

[その他]

Researcher ID

<http://www.researcherid.com/rid/B-7756-2011>

ORCID

<https://orcid.org/0000-0001-7429-2200>

研究室ホームページ

<http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~cmpec-lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐伯 昭紀 (SAEKI, Akinori)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 10362625

(3) 連携研究者

関 修平 (SEKI, Shuhei)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 30273709

小泉 美子 (KOIZUMI, Yoshiko)

理化学研究所・基幹研究所・研究員

研究者番号: 40611778

櫻井 庸明 (SAKURAI, Tsuneaki)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 50632907