

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26390047

研究課題名(和文) シャトルコック型フタロシアニン系タンデム逆型有機太陽電池の作製と物性評価

研究課題名(英文) Fabrication and characterization of organic solar cells using shuttle cock type phthalocyanine

研究代表者

鈴木 厚志 (SUZUKI, ATSUSHI)

滋賀県立大学・工学部・助教

研究者番号：30281603

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：シャトルコック型フタロシアニン金属錯体や可溶性フタロシアニン錯体をホール輸送層に導入もしくは微量添加しながら有機・無機ハイブリッド系ペロブスカイト太陽電池を作製し、その導入効果について検討を行った。フタロシアニン錯体の種類や添加量を調節することによりペロブスカイト結晶成長のみならずバンド構造、輸送特性、光起電力特性、光電変換効率に影響を与えた。条件を最適化することによって従来のホール輸送層であるspiro-OMeTADよりも光起電力特性、光電変換効率、吸収特性、長期安定性が向上した。第一原理計算による電子構造に基づいて光起電力機構を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Fabrication and characterization of perovskite solar cells using soluble metal phthalocyanine complex as hole-transporting layer were performed. Additive effects of metal phthalocyanines into spiro-OMeTAD as hole-transporting layers on the photovoltaic and optical properties, microstructure was investigated. Control of molecular structure with adding a small amount of metal phthalocyanine as hole-transporting layer influenced the perovskite crystal growth, band structure, the transporting behavior, photovoltaic properties, and conversion efficiency. The photovoltaic and optical properties with long-term stability were improved by optimization of the doping condition. The photovoltaic mechanism was revealed on the basis of the electronic structure using first-principles calculation.

研究分野：有機・無機太陽電池、有機半導体、スピンドバイス

キーワード：有機・分子エレクトロニクス 高効率太陽光発電材料・素子 有機太陽電池 表面・界面物性 スピンドバイス

### 1. 研究開始当初の背景

有機薄膜太陽電池は軽量で、安価であり、建築壁用、自動車用発電、アウトドアなどのスポーツ製品への応用などその用途が広がり始めている。高性能かつ高効率な有機薄膜太陽電池を開発・実用化するうえで吸収広域化、開放電圧、キャリア移動の向上が重要なポイントとなる。

これまで本研究ではシャトルロック型フタロシアニン金属錯体を利用することにより吸収広域化と輸送特性を向上させ、独創的かつ高性能な有機太陽電池を構築することを行ってきた。シャトルロック型フタロシアニン金属錯体からなる有機活性層に中間層を導入しながら多層積層し、高性能な有機太陽電池を作製し、結晶構造の制御、吸収広域化を行い、光起電力特性の向上を行う。照射下 STM/STS 分光測定、分子軌道計算による電子構造、輸送特性から光起電力機構を解明する。光起電力特性として変換効率 5%以上を目標とする。

### 2. 研究の目的

高性能かつ高効率な有機・無機ハイブリッド系太陽電池を開発・実用化するうえで吸収広域化、開放電圧、キャリア移動の向上が重要なポイントとなる。これまで本研究は、有機・無機ハイブリッド系太陽電池の光起電力特性、吸収広域化、輸送特性を向上させるために、p型有機半導体であるシャトル型フタロシアニン金属錯体を利用しながら独創的かつ高性能な有機・無機ハイブリッド系太陽電池を作製した。

特に従来の蒸着膜のみならず可溶性フタロシアニン金属錯体をホール輸送層に微量添加し、ホール輸送層を製膜しながら有機・無機ハイブリッド系ペロブスカイト太陽電池を作製し、ホール輸送層としてのフタロシアニン金属錯体の導入効果について検討を行う。光起電力特性や吸収特性、ペロブスカイト結晶の表面形態と結晶性、電荷移動、光起電力機構との関連性を解明する。製膜条件、熱処理条件、ホール輸送層、ペロブスカイト結晶のハロゲンやカチオンの組成比などを調節しながら性能の向上を行う。

### 3. 研究の方法

(1)太陽電池セル (光活性層・ホール輸送層) を図1のように構成する。ペロブスカイト結晶を合成するために温度制御付きスターラーを用いて反応を行い、電子輸送層の TiO<sub>2</sub> 層にスピコート法で製膜する。ホール輸送層としてフタロシアニン錯体 (PbPc, SiPc, GePc, GeNc) (図2) をホール輸送層 Spiro-OMeTA に導入する。中心金属、置換基の影響を検討する。電極として Au を蒸着してペロブスカイト系太陽電池セルを完成する。

(2)光起電力特性の評価として光起電力特性 (JV 特性)、吸収 (UV-vis-NIR)、量子効率 (IPCE) を行う。

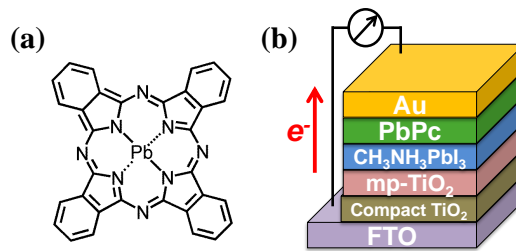


Fig.1. (a) PbPc と (b) ペロブスカイト太陽電池

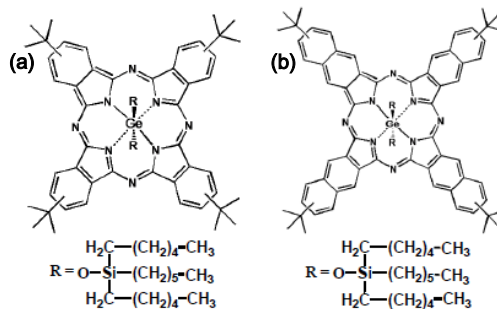


Fig. 2. (a) フタロシアニン錯体と (b) ナフタロシアニン錯体の構造

太陽電池の作製条件を最適化し、最適な条件を検討する。結晶構造、表面形態の観察を光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて行う。エネルギー分散型 X 線分光法 (EDX) や X 線回折を用いてペロブスカイト層の結晶構造、組成成分を決定する。

### 4. 研究成果

(1) PbPc を用いたペロブスカイト系太陽電池の電流-電圧特性を Fig.3 に示す。ホール輸送層として PbPc を導入することでキャリアの再結合および漏れ電流が減少し、開放電圧  $V_{oc}$  が向上した。PbPc がホール輸送層として機能した。光照射するとペロブスカイト層で光を吸収し、TiO<sub>2</sub> 層との界面で電荷分離が起こり、電子は TiO<sub>2</sub> 層へ流れ、ホールは PbPc のホール輸送層を流れることで発電が生じた。PbPc を導入することでペロブスカイト層と Au 電極間の障壁が緩和され、直列抵抗、並列抵抗、FF が改善し、変換効率  $\eta$  が向上した。PbPc を導入すると 28 日間性能を維持し、大気中の安定性が向上した。

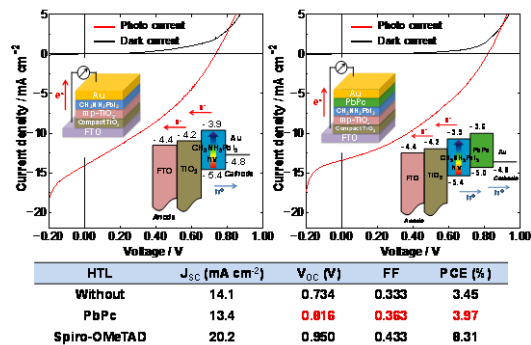


Fig. 3 光起電力特性のホール輸送層の影響

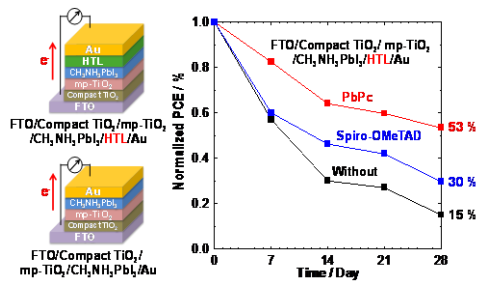


Fig. 4 変換効率の経時変化と耐久性

Table 1 Photovoltaic parameters

HTL	$J_{sc}$ (mA cm <sup>-2</sup> )	$V_{oc}$ (V)	FF	$\eta$ (%)
Spiro-OMeTAD	5.49	0.886	0.531	2.56
H <sub>2</sub> Pc doping	5.74	0.902	0.518	2.68
GeNc doping	10.3	0.851	0.531	4.43

(3) ホール輸送層に Spiro-OMeTAD を用いた系と Spiro-OMeTAD に H<sub>2</sub>Pc を導入した系の太陽電池の電流-電圧特性を Table 1 に示す。通常の Spiro-OMeTAD 系では  $J_{sc} = 5.49$  (mA cm<sup>-2</sup>),  $V_{oc} = 0.886$  (V),  $FF = 0.531$ ,  $\eta = 2.56$  (%) を示した。H<sub>2</sub>Pc を添加した系では,  $J_{sc} = 5.74$  (mA cm<sup>-2</sup>),  $V_{oc} = 0.902$  (V),  $FF = 0.518$ ,  $\eta = 2.68$  (%) を示した。H<sub>2</sub>Pc を添加した系では,  $J_{sc}$ ,  $V_{oc}$  ともに向上し, 変換効率が 2.68 % に上昇した。GeNc をドーブした系では  $J_{sc} = 10.3$  (mA cm<sup>-2</sup>),  $V_{oc} = 0.851$  (V),  $FF = 0.531$ ,  $\eta = 4.43$  (%) を示し, 変換効率が改善した。

(4) ホール輸送層に H<sub>2</sub>Pc を添加した系では X 線回折の回折ピークが  $2\theta = 14.08^\circ$  に観測され, 格子間隔  $d = 6.287$  Å, 結晶サイズ 476 Å を示した。ホール輸送層に Spiro-OMeTAD を用いた系は,  $2\theta = 14.06^\circ$ ,  $d = 6.295$  Å, 結晶サイズ 408 Å であった。

(5) 外部量子効率 (EQE) の結果から Spiro-OMeTAD の場合, 波長 320–800 nm の光が効率よく電流に変換された。H<sub>2</sub>Pc を少量添加すると 500 nm, 750 nm 付近の EQE が上昇し, GeNc を導入すると波長 350 nm, 480 nm 付近の EQE が上昇した。H<sub>2</sub>Pc 添加に伴い, 励起した電子や生成したホールが逆電流で損失せずに電荷移動し, 性能を向上した。

(6) Spiro-OMeTAD に H<sub>2</sub>Pc を少量添加した系の表面形態の SEM 像を Fig. 5 に示す。Spiro-OMeTAD を用いた系ではペロブスカイト結晶が不均一に成長し, やや大きくなっているが, H<sub>2</sub>Pc を少量添加した系ではペロブスカイト結晶のサイズは小さいが均一に成長していることが確認できた。GeNc 系も同様の傾向を示した。

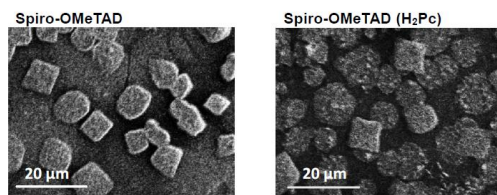


Fig. 5. SEM images of perovskite solar cell using spiro-OMeTAD doped with H<sub>2</sub>Pc.

(7) Fig.6 (a)に spiro-OMeTAD 系, (b)に H<sub>2</sub>Pc 添系の EDX 像を示す。いずれの系も結晶内に Pb 及び I が幅広く分布し, ペロブスカイト結晶を形成していた。元素分析により Pb, I の組成比は Pb:I=1:2 であった。予想値 Pb:I=1:3 よりも I の割合が低下した。製膜過程でペロブスカイト結晶から I が抜けたと考えられる。

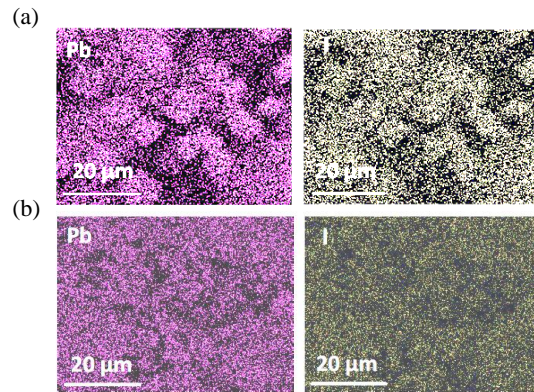


Fig. 6. EDX mapping images of perovskite solar cell using (a) spiro-OMeTAD with (b) H<sub>2</sub>Pc.

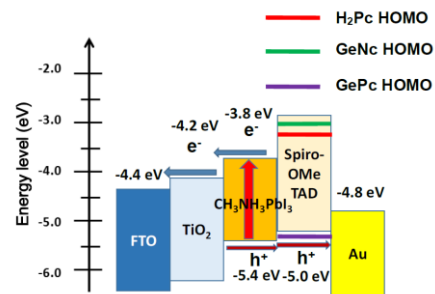


Fig. 7. Energy diagram and photovoltaic mechanism of the perovskite solar cells.

(8) ホール輸送層にフタロシアニン錯体を添加した系では, ペロブスカイト結晶の結晶性向上によりキャリア移動が改善し, 光起電力特性, 変換効率が向上した。フタロシアニン錯体, ナフタロシアニン錯体を添加した系のバンド図(図 7)から, 光を吸収するとペロブスカイト層で光電荷分離が生じ, 励起した電子が TiO<sub>2</sub> 層に電荷移動する。ホールは spiro-OMeTAD 層から Au 電極に移動する。フタロシアニン錯体, ナフタロシアニン錯体を添加すると電子の逆電流やキャリアの再結合を抑制し, キャリア移動が改善し, 変換効率が向上したと考えられる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

- 1) M. Iwase, A. Suzuki, T. Akiyama, T. Oku, Fabrication and characterization of phthalocyanine-based organic solar cells, *Materials Sciences and Applications*, 査読有, 5, 278-284 (2014).
- 2) M. Iwase, A. Suzuki, T. Akiyama, T. Oku, Fabrication and characterization of organic solar cells using titanylphthalocyanine as hole transport layer, *Physica Status Solidi (a)* 査読有, 211, 12, 2861-2864 (2014).
- 3) T. Kida, A. Suzuki, T. Akiyama, T. Oku, Fabrication

and characterization of organic solar cells using metal complex of phthalocyanines, *AIP Conference Proceedings*, 査読有 1649, 102-106 (2015).

- 4) A. Suzuki, R. Furukawa, T. Akiyama, T. Oku, Fabrication and characterization of inverted organic solar cells using shuttle cock-type metal phthalocyanine and PCBM:P3HT, *AIP Conference Proceedings*, 査読有 1649, 107 (2015).
- 5) H. Maruhashi, T. Oku, A. Suzuki, T. Akiyama, Fabrication and characterization of silicon haphthalocyanine/fullerene-based photovoltaic devices with inverted structures, *JJAP Conference Proceedings* 査読有 3, 011405-1-7 (2015).
- 6) A. Suzuki, T. Kida, T. Takagi, T. Oku, Effects of hole-transporting layers of perovskite-based solar cells, *Japanese Journal of Applied Physics*, 査読有 55, 02BF01-1-5 (2016).
- 7) S. Baba, A. Suzuki, T. Oku, Electronic structures and magnetic/optical properties of metal phthalocyanine complexes, *AIP Conference Proceedings*, 査読有 1709, 020012 (2016).
- 8) A. Suzuki, T. Oku, Theoretical study of NMR, infrared and Raman spectra on triple-decker phthalocyanines, *AIP Conference Proceedings*, 査読有 1709, 020013 (2016).
- 9) A. Suzuki, H. Okada, T. Oku, Fabrication and characterization of  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Br}_x\text{Cl}_y$  perovskite solar cells, *Energies*, 査読有, 9, 376, (2016).
- 10) A. Suzuki, T. Oku, Effects of central metal on electronic structure, magnetic properties, infrared and Raman spectra of double-decker phthalocyanine, *Applied Surface Science*, 査読有, 380, 1, 127–134, (2016).
- 11) A. Suzuki, H. Ueda, Y. Okada, Y. Ohishi, Y. Yamasaki, T. Oku, Effects of metal phthalocyanines as hole-transporting layers of perovskite-based solar cells, *Chemical and Materials Engineering*, 査読有 5, 34-42 (2017).
- 12) Y. Okada, A. Suzuki, Y. Yamasaki, T. Oku, Fabrication and characterization of perovskite based solar cells using phthalocyanine as hole-transporting layer, *AIP Conferences Proceedings*, 査読有, 1807, 20015 (2017).

[学会発表] (計 38 件)

- 1) A. Suzuki, R. Furukawa, T. Akiyama, T. Oku, Fabrication and Characterization of Inverted Tandem Organic Solar cells, Tenth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP14), May 30<sup>th</sup>-June 1<sup>st</sup>, 2014, Epoch Ritumei 21, Biwako-Kusatsu Campus, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga, Japan. P26.
- 2) A. Suzuki, M. Iwase, T. Akiyama, T. Oku, Fabrication and Characterization of Organic Thin Solar Cells Using Titanyl Phthalocyanine as Hole Transport Layer, Tenth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP14), May 30<sup>th</sup>-June 1<sup>st</sup>, 2014, Epoch Ritumei 21, Biwako-Kusatsu

Campus, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga, Japan. P27.

- 3) 鈴木厚志, 奥健夫, フタロシアニン金属錯体の電子構造と磁気的性質 第58回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集 平成26年10月27-28日 京都テルサ p. 241.
- 4) 木田智康, 鈴木厚志, 奥健夫, フタロシアニン金属錯体を利用した有機薄膜太陽電池の作製と評価第58回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集平成26年10月27-28日京都テルサp. 242.
- 5) 丸橋晴人, 奥健夫, 鈴木厚志, 秋山毅, 山崎康寛フタロシアニン系逆型有機太陽電池の作製と評価第58回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集平成26年10月27-28日京都テルサp. 243.
- 6) H. Maruhashi, A. Suzuki, T. Akiyama, Y. Yamasaki, T. Oku, Fabrication and characterization of phthalocyanine/fullerene-based thin film organic solar cells with inverted structures, The Irago Conference 2014, AIST, Tsukuba, 6-7 Nov, 2014. 7P-39.
- 7) T. Kida, A. Suzuki, T. Oku, Fabrication and Characterization of Organic Thin Film Solar Cells using Metal Complex of Phthalocyanines, The Irago Conference 2014, AIST, Tsukuba, 6-7 Nov, 2014, 7P-42.
- 8) A. Suzuki, R. Furukawa, T. Akiyama, T. Oku, Fabrication and Characterization of Inverted Organic Solar Cells using Shuttle Cock-Type Metal Phthalocyanine and PCBM:P3HT, The Irago Conference 2014, AIST, Tsukuba, 6-7 Nov, 2014, 7P-43.
- 9) A. Suzuki, T. Oku, Electronic Structures and Magnetic Properties of Vanadyl-based Decker Phthalocyanines: Characterization of Nuclear Spin Dynamics, KANSAI Nanoscience and Nanotechnology Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, The Congres Convention Center, 2014, December 10<sup>th</sup>-11<sup>th</sup>, p. 117.
- 10) T. Kida, A. Suzuki, T. Oku, Y. Yamasaki, Fabrication and characterization of perovskite-based solar cells using metal phthalocyanines as hole transport layers, KANSAI Nanoscience and Nanotechnology Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, The Congres Convention Center, 2014, December 10<sup>th</sup>-11<sup>th</sup>, p. 59.
- 11) A. Suzuki, T. Kida, T. Oku, “Fabrication and Characterization of Perovskite based Solar Cells using Lead Phthalocyanine as Hole Transport Layer” 4th Annual International Conference on Sustainable Energy and Environmental Sciences (SEES 2015), 9-10th February (2015), Singapore, p.85-88.
- 12) A. Suzuki, T. Oku, “Electronic Structures and Magnetic Properties of Shuttle Cock-Type of Phthalocyanine” 4th Annual International Conference on Sustainable Energy and Environmental Sciences (SEES 2015), 9-10th February (2015), Singapore, p.89-93.
- 13) H. Maruhashi, T. Oku, A. Suzuki, T. Akiyama,

- “Fabrication and characterization of silicon naphthalocyanine / fullerene- based photovoltaic devices with inverted structures”, Proc. Int. Conf. and Summer School on Advanced Silicide Technology 2014, JJAP Conf. Proc. (2015) 011405-1-7.
- 14) 鈴木厚志、木田智康、奥健夫「シャトル型フタロシアニン系太陽電池の作製と評価」p-04 平成 26 年度第 3 回講演会「関西発グリーンエレクトロニクス研究の進展」平成 27 年 2 月 27 日奈良先端科学技術大学院大学応用物理学会関西支部
  - 15) A. Suzuki, T. Kida, T. Takagi, T. Oku, “Fabrication and Characterization of Perovskite- based Solar cells Using Shuttle-Cock Type Phthalocyanines”, P26 Eleventh International workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPPI15), May 29<sup>th</sup>-31<sup>st</sup>, 2015, Epoch Ritsumei 21, Biwako-Kusatsu Campus, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga, Japan.
  - 16) A. Suzuki, T. Oku, “Electronic Structures, Magnetic and Optical Properties of Multi-Decker Vanadyl-based on Phthalocyanines” P25 Eleventh International workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPPI15), May 29<sup>th</sup>-31<sup>st</sup>, 2015, Epoch Ritsumei 21, Biwako-Kusatsu Campus, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga, Japan.
  - 17) A. Suzuki, T. Takagi, T. Kida, T. Oku, Effects of Hole-transport Layers on Perovskite solar cells, The 5<sup>th</sup> International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EN-NANO 2015), 2015, 16-19 June, Niigata.
  - 18) A. Suzuki, T. Oku, “Electronic structures and magnetic properties of multi-decker phthalocyanines”, A-P15, Eight International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8), June 22-24, 2015, Tower Hall Funabori, Tokyo, Japan, p. 127. Sponsored by: JSAP - the Japan Society of Applied Physics
  - 19) A. Suzuki, T. Oku, “Effect of Central Metal of Multi-Decker Phthalocyanines on Electronic Structures, Magnetic Properties, Infrared and Raman Spectra” 10<sup>th</sup> International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT Conference), Manchester Conference Centre, Manchester, United Kingdom, 13-16 September 2015, p. 109.
  - 20) 馬場慎太郎、鈴木厚志、奥健夫「金属フタロシアニン錯体の電子構造と磁気的・光学的性質」応用物理学会関西支部 平成27年度第2回講演会 ナノスケール材料の構造・物性制御技術の最前線 ～関西若手研究者を中心としたイノベーションの発信～ 2015年9月30日大阪大学中ノ島センター P-26
  - 21) 鈴木厚志、奥健夫「デッカー型フタロシアニン金属錯体の電子構造および磁気的・光学的性質」応用物理学会関西支部 平成27年度第2回講演会 ナノスケール材料の構造・物性制御技術の最前線～関西若手研究者を中心としたイノベーションの発信～ 2015年9月30日大阪大学中ノ島センター P-27
  - 22) 鈴木厚志、奥健夫、マルチデッカー型フタロシアニン金属錯体の電子構造と磁気的、分光学的性質 第1回材料WEEK 材料シンポジウム・若手学生研究発表会 平成27年10月13日-14日、京都テルサ 714
  - 23) S. Baba, A. Suzuki, T. Oku, “Electronic structures and magnetic optical properties of metal phthalocyanine complexes”, The Irago Conference 2015, Irago Sea-Park & Spa, Tahara, 22-23 Oct, 2015 P59. Toyohashi University of Technology
  - 24) A. Suzuki, T. Oku, “Theoretical NMR, IR / Raman Spectra of triple-decker phthalocyanines”, The Irago Conference 2015, Irago Sea-Park & Spa, Tahara, 22-23 Oct, 2015, P60. Toyohashi University of Technology
  - 25) A. Suzuki, T. Oku, “Electronic structure, optical and magnetic properties of quadruple- decker phthalocyanine]” The 19th SANKEN International Symposium, The 14th SANKEN Nanotechnology Symposium, Recent Advances in Cyber-Physical Systems, Organizer: The Institute of Scientific and Industrial Research (ISIR), Osaka University, The ICHO Hall in Suita Campus Osaka University, December 7<sup>th</sup>-9<sup>th</sup>, 2015, PS-15, p31.
  - 26) S. Baba, A. Suzuki, T. Oku, “Electronic structures, magnetic and optical properties of metal phthalocyanine complexe”, The 19th SANKEN International Symposium, The 14th SANKEN Nanotechnology Symposium, Recent Advances in Cyber-Physical Systems, Organizer: The Institute of Scientific and Industrial Research (ISIR), Osaka University, The ICHO Hall in Suita Campus Osaka University, December 7<sup>th</sup>-9<sup>th</sup>, 2015, PS-18, p.34.
  - 27) H. Ueda, A. Suzuki, T. Oku “Fabrication and characterization of the perovskite- based photoelectric devices using shuttle-cock-type of phthalocyanineas hole-transport layer”, The 19th SANKEN International Symposium, The 14th SANKEN Nanotechnology Symposium, Recent Advances in Cyber-Physical Systems, Organizer: The Institute of Scientific and Industrial Research (ISIR), Osaka University, The ICHO Hall in Suita Campus Osaka University, December 7<sup>th</sup>-9<sup>th</sup>, 2015, PS-28, p.44.
  - 28) 岡田祐基、大石雄也、鈴木厚志、山崎康寛、奥健夫、「フタロシアニンをホール輸送層に用いたペロブスカイト系太陽電池」応用物理学会関西支部平成27年度第3回講演会 関西地域における省エネ・創エネデバイス研究 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、2016年2月5日、P-19
  - 29) 鈴木厚志、奥健夫「マルチデッカー型金属フタロシアニン錯体の電子構造と磁気的性質における中心金属と共役系の影響」応用物理学会関西支部平成27年度第3回講演会 関西地域における省エネ・創エネデバイス研究 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、2016年2月5日、P-21
  - 30) 鈴木厚志、奥健夫「マルチデッカー型フタロ

- シアニン金属錯体の電子構造、磁気的性質における中心金属の効果」日本化学会第96春季年会(2016)講演予稿集 2016年3月24日～27日、2PC-052、同志社大学 京田辺キャンパス
- 31) A. Suzuki, H. Ueda, Y. Okada, Y. Ohishi, Y. Yamasaki, T. Oku, "Effects of metal phthalocyanine as hole-transporting materials on photovoltaic properties of perovskite solar cells", Twelfth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP16), June 17<sup>th</sup>-19<sup>th</sup>, 2016, Epoch Ritsumei 21, Biwako-Kusatsu Campus, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga, Japan.
- 32) A. Suzuki, H. Ueda, Y. Okada, Y. Ohishi, Y. Yamasaki, T. Oku, "Effects of metal phthalocyanine as hole-transporting materials on photovoltaic performance of perovskite solar cells", International Conference on Nanotechnology, Nanomaterials & Thin Films for Energy Applications (NANOENERGY 2016), ENR-103, 27-29 July 2016 Liverpool, UK.
- 33) 鈴木厚志、上田葉瑠香、岡田祐基、大石雄也、山崎康寛、奥健夫「ペロブスカイト系太陽電池のホール輸送層による特性への影響」p10 応用物理学関西支部平成28年度第2回講演会「光・ナノ・バイオの融合基礎～応用：エネルギー～医療まで」講演予稿集 2016年10月7日関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス、関西学院大学理工学部
- 34) 岡田祐基、大石雄也、上田葉瑠香、鈴木厚志、山崎康寛、奥健夫、「フタロシアニン錯体をホール輸送層に添加したペロブスカイト系太陽電池の作製と評価」P-11 第2回材料WEEK 若手学生研究発表会平成28年10月11日～12日京都テルサ 日本材料学会
- 35) A. Suzuki, T. Oku, "Electronic Structures, Optical and Magnetic Properties of Multi-Decker Phthalocyanines", P35, The Irago Conference 2016, Interdisciplinary Research and Global Outlook, The University of Electro-Communications, Tokyo and Toyohashi University of Technology, 1-2 Nov. 2016, Auditorium, University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo.
- 36) A. Suzuki, H. Ueda, Y. Okada, Y. Ohishi, Y. Yamasaki, T. Oku, "Effects of metal phthalocyanine as hole-transporting materials on photovoltaic properties of perovskite solar cells", P36, The Irago Conference 2016, Interdisciplinary Research and Global Outlook, The University of Electro-Communications, Tokyo and Toyohashi University of Technology, 1-2 Nov. 2016, Auditorium, University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo.
- 37) Y. Okada, A. Suzuki, Y. Yamasaki, T. Oku, "Fabrication and characterization of perovskite solar cells using phthalocyanines as hole-transporting materials", P41, The Irago Conference 2016, Interdisciplinary Research and Global Outlook, The University of Electro-Communications, Tokyo and

Toyohashi University of Technology, 1-2 Nov. 2016, Auditorium, University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo.

- 38) A. Suzuki, T. Oku, "Molecular design of organometallic complex on electronic structure and magnetic properties for development of quantum computer", The 20th ISIR International Symposium "Molecular Technology Frontiers towards IoT World", 13 Dec. 2016, Knowledge Capital Congress Convention Center Second Basement, North Building, Grand Front Osaka, Osaka

〔図書〕 (計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.mat.usp.ac.jp/energy/staff.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木厚志 (SUZUKI, Atsushi)  
滋賀県立大学工学部材料科学科・助教  
研究者番号：30281603

### (2) 研究分担者

( )  
研究者番号：

### (3) 連携研究者

奥健夫 (OKU, Takeo)  
滋賀県立大学工学部材料科学科・教授  
研究者番号：30221849

秋山毅 (AKIYAMA, Tsuyoshi)  
滋賀県立大学工学部材料科学科・准教授  
研究者番号：20304751

### (4) 研究協力者

( )