

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K14744

研究課題名（和文）マルチポッド型単分子膜材料を正孔回収層に用いたペロブスカイト太陽電池の高性能化

研究課題名（英文）Development of Multipodal Hole-Transporting Monolayer Materials for High Performance Perovskite Solar Cells

研究代表者

TRUONG MINH ANH (TRUONG, MINH ANH)

京都大学・化学研究所・助教

研究者番号：40792718

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：ペロブスカイト太陽電池の開発研究では、デバイスの光電変換効率および耐久性のさらなる向上が依然課題となっている。本研究では、ペロブスカイト層からの正孔を回収する材料に着目し、独自のマルチポッド型正孔回収単分子膜材料の開発に取り組んでいる。こちらの単分子膜材料では、上下のペロブスカイト層および電極基板のそれぞれに対して水平に配向制御できるとともに、上向きに張り出した極性官能基を介してペロブスカイト層との密な相互作用を実現できるため、デバイスの光電変換効率および耐久性の向上が期待できると考えた。実際、これらの正孔回収単分子層を用いた太陽電池が23%の高い光電変換効率と高耐久性を示すことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ペロブスカイト太陽電池の分野において、これまでにほとんどの正孔回収材料がバルクの厚膜層として用いられてきた。しかし、正孔回収材料自体の厚膜による光吸収が取り出せる電流密度を低下させてしまい、又、この厚膜のモルフォロジーの安定性がデバイス自体の低い熱安定性の原因となっている。これに対して、本研究ではマルチポッド型構造をもつ単分子膜材料の配向配列制御による各層の界面の精密制御を実証し、太陽電池の高効率化・高耐久性化を達成した。マルチポッド型の有用性を実証することにより、本太陽電池の開発分野に多大なインパクトをもたらすとともに、その実用化を大きく加速できるものと期待できる。

研究成果の概要（英文）：Hole-collecting monolayers have significantly advanced the performance of inverted perovskite solar cells. However, to date, all of the reported monolayer materials have only one anchoring group, align edge-on to the adjacent substrate, and show low wettability. In this work, we developed face-on oriented multipodal monolayer materials based on triazatruxene derivatives bearing multiple phosphonic acid anchoring groups. The face-on oriented tripodal material was found to facilitate hole extraction, leading to perovskite solar cells with enhanced stability and high power conversion efficiencies up to 23.0%. In addition, to improve the surface wettability of the monolayer, we also developed tetrapodal molecules by introducing four phosphonic anchoring groups into a saddle-like cyclooctatetraene skeleton. We found that the tetrapodal molecules can adsorb on the electrode surface with some phosphonic groups pointing upward, leading to a hydrophilic surface and improved wettability.

研究分野：有機化学、材料科学

キーワード：ペロブスカイト太陽電池、マルチポッド型、電荷回収層、変換効率、単分子膜、化学吸着、トリアザト
リキセン、シクロオクタテトラインドール

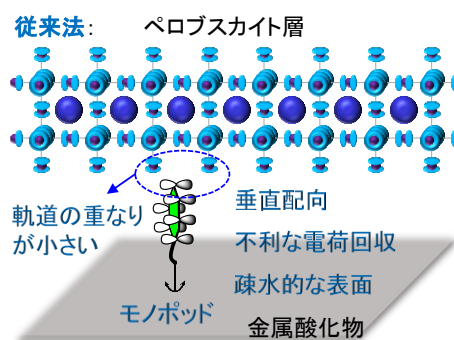
1. 研究開始当初の背景

ABX₃型 (A: 1価の陽イオン、B: 2価の陽イオン、X: ハロゲン化物イオン) のペロブスカイト半導体を光吸収材料に用いたペロブスカイト太陽電池が塗布法で作製できる次世代の高性能太陽電池として注目されている。ペロブスカイト太陽電池の実用化に向けては、高い光電変換効率の実現とデバイスの耐久性の向上が求められている。

これまで、主に、ペロブスカイト層の作製法の改良により、光電変換効率が向上してきた。その一方で、ペロブスカイト層で光吸収により生成した電荷 (正孔と電子) を選択的に取り出す電荷回収材料の開発がさらなる特性向上のためのボトルネック課題となっている。特に正孔回収材料については、世界的に活発に開発研究が行われているにもかかわらず、従来の高分子材料であるポリトリアリールアミンなどを超える性能を示す材料がほとんどないのが現状である。従来の材料では、各層間でのリークを防ぐために100-200 nm 程度のアモルファス性の厚膜層として用いられてきた。しかし、この材料自体の厚膜による光吸収が取り出せる電流密度を低下させてしまい、また、この厚膜のモルフオルジューの安定性がデバイス自体の低い熱安定性の原因となっている。さらに、従来の厚膜材料では正孔移動度が比較的低いため、電気伝導度を向上するためには p 型のドーパントやイオン性の添加剤を必要とする。しかし、これらの添加剤の高い吸湿性と各イオンのペロブスカイト層への遊泳が、ペロブスカイト層や電極などへのダメージとなり、太陽電池デバイスの耐久性を低下させている。ペロブスカイト太陽電池の耐久性を向上させるためには、これらの視点から、優れた添加剤フリー正孔回収材料の開発が重要となる。

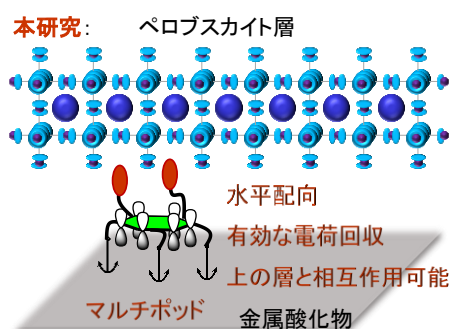
近年、Getautis らによってホスホン酸アンカー基を導入したカルバゾール誘導体を透明導電酸化膜に吸着させ、単分子膜を正孔回収層として用いることで、優れた効率と安定性を示すペロブスカイト太陽電池が得られることが報告された (V. Getautis, et al. *Adv. Energy Mater.* **2018**, *15*, 1870139; V. Getautis, et al. *Science* **2020**, *370*, 1300.) .

その後、単分子材料の開発が注目されつつあるが、報告例では、 π 骨格にアンカー基を一つ導入したモノポッド型分子に限られ、 π 平面が基板に対して垂直配向をとっていると考えられている (右図)。しかし、ペロブスカイト層と単分子膜材料の軌道の重なり観点からは、水平配向の方が電荷の取り出しに有利であり、より高性能なペロブスカイト太陽電池が作製できると期待されている。また、これまでの単分子膜の表面が疎水的であり、ペロブスカイト材料の極性溶液に対する相互作用が低く、高品質なペロブスカイト層の作製が難しいことが現状である。



2. 研究の目的

上記の背景を踏まえて、一つのコア骨格に複数種のアンカー基を導入したマルチポッド型単分子膜材料を開発する (右図)。これにより、アンカー基が一つの従来のモノポッド型単分子膜材料と違って、 π 共役骨格が上のペロブスカイト層に対して水平配向に制御できるとともに、上向きに張り出した極性官能基を介してペロブスカイト層とも密な相互作用を実現でき



る。これらの開発により、光電変換効率とデバイスの耐久性の観点からも世界最高レベルのペロブスカイト太陽電池の実現を目指す。

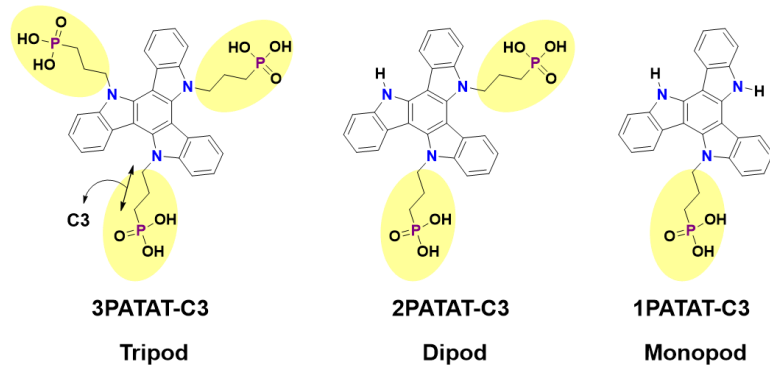
3. 研究の方法

マルチポッド型正孔回収分子として、ホスホン酸やカルボン酸などの複数の同一種のアンカー基をトリアザトリキセン (TAT), またはテトラヒドロトリンドロシクロオクタインドール (TTI) 骨格に導入した標的分子を合成する。

合成した分子の金属酸化物に対する吸着特性やペロブスカイト層に対する濡れ性については、接触角度, IR (p-MAIRS法), CV, XPS, UPS, またはSEMなどの各表面分析手法で評価を行う。用いる骨格や置換基の組み合わせを最適化した後、正孔回収単分子膜として用いたペロブスカイト太陽電池を作製し、その特性評価を行う。長期耐久性と光電変換効率の飛躍的向上 (>23%) を実現する。

4. 研究成果

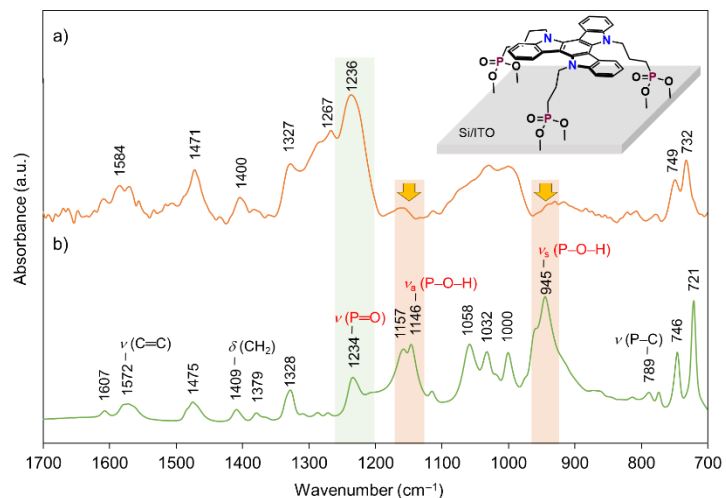
まず、 π 共役骨格として、ベンゼン環に三つのインドール骨格が縮環した平面な構造をもつトリアザトリキセン骨格 (TAT) に着目し、アンカーとしてアルキルホスホン酸基 (PA) を三つ導入したトリポッド型 **3PATAT-C3** を設計および合成した (右図)。比較化合物として、アンカー基を一つ導入したモノポッド型 **1PATAT-C3** および二つ導入したジポッド型 **2PATAT-C3** も合成した。



合成した **PATAT** 誘導体の DMF 溶液を金属酸化物 (ITO) 上にスピコートすることで **PATAT** 誘導体の薄膜を作製した。水の接触角度を測定した結果、何も塗っていない ITO 基板では 8° の接触角を示したのに対して、**PATAT** を塗った基板では、アンカー基の数に関わらず、いずれも 75° 程度の接触角を示すことがわかった。このことは、ITO 基板表面が疎水的に改質され、上向きに張り出した **PATAT** 分子のホスホン酸基が残らないことを意味している。

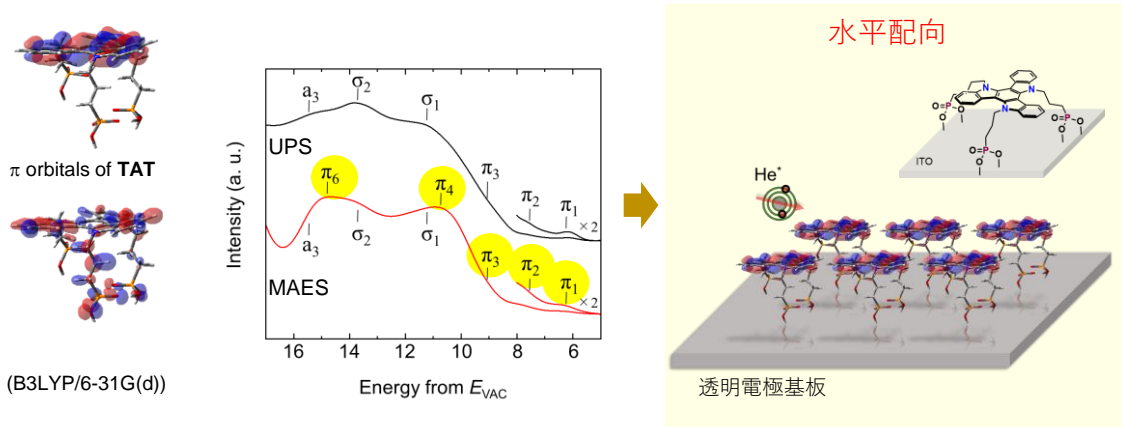
つぎに、基板上での **PATAT** 分子の吸着様式について調べた。

3PATAT-C3 の粉末と金属酸化物に吸着した膜に対して、赤外線反射吸収分光測定を行ったところ、粉末状態に比べて吸着膜では P-O-H 伸縮振動に対応するピーク ($1157, 1146$ および 945 cm^{-1}) と P=O 伸縮振動に対応するピーク (1234 cm^{-1}) の比が大きく減少し (右図)、**3PATAT-C3**



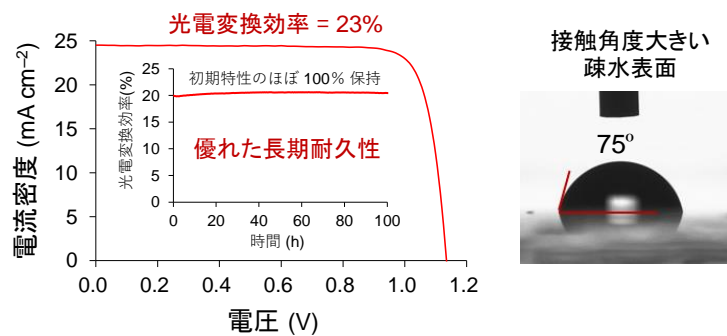
はほぼ全てのホスホン酸アンカー基が金属酸化物表面に二座の様式で化学吸着していることがわかった。

また、紫外光電子分光法 (UPS) と準安定原子電子分光法 (MAES) を用いることで、基板上



での分子配向についても確認した。サンプル表面の数ナノメートル程度の電子情報が得られる UPS スペクトルと比較するとサンプルの最表面のみの電子情報が得られる MAES スペクトルでは **3PATAT-C3** の π 軌道に由来するピークが顕著に観測され、また、 σ 軌道に由来するピークの寄与が小さくなることがわかった (上図-左)。この結果から、単分子膜では、トリポッド型 **3PATAT-C3** 分子が水平に配向していることが明らかになった (上図-右)。

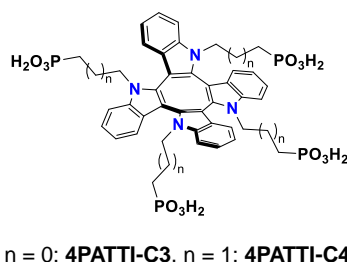
実際に、一連の **PATAT** 単分子膜を正孔回収層として用いてペロブスカイト太陽電池デバイス (FTO/**PATAT**/perovskite/ $EDAI_2/C_{60}/BCP/Ag$) を作製し、特性を評価した。いずれの場合も 21% 以上の光電変換効率が得られたとわかった。特に、水平配向のトリポッド型 **3PATAT-C3** を用いたデバイスでは、垂直配向のモノポッド型 **1PATAT-C3** や部分的な水平配向のジポッド型 **2PATAT-C3** を用いたデバイスと比べて、ペロブスカイト界面での再結合がより抑制され、正孔回収効率が向上することが明らかになった。その結果、**3PATAT-C3** を用いたデバイスは最高で 23% の効率を示すことがわかった (下図-左)。また、得られた太陽電池は高い耐久性を示し、不活性ガス雰囲気下で保管したデバイスは、2000 時間後でも初期とほぼ同様の特性を保持し、連続光照射条件下でも、100 時間でも初期特性のほぼ 100% を保持した。しかしながら、従来のモノポッド型単分子膜材料の場合と同様に、膜の疎水性 (つまり、水に対する接触角度が大きい) が課題として残されている (右図-右)。



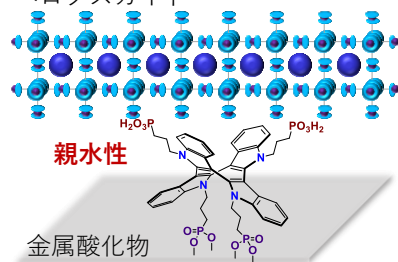
上記の **3PATAT-C3** の低濡れ性に対して、次の標的分子として、サドル型のシクロオクタテトラリンドール骨格 (TTI) に四つのアルキルホスホン酸基を導入したテトラポッド型の **4PATTI-C3** と **4PATTI-C4** を設計・合成した (右図)。

得られた **PATTI** 分子を DMF に溶解させ、透明電極

サドル型 + テトラポッド型



ペロブスカイト



上にスピコートした単分子膜の基礎特性を調べた。 π 共役骨格が平面構造をもつ **3PATAT-C3** を ITO 基板に吸着させた膜では接触角が 75° と疎水的であったのに対し、サドル型構造の **4PATTI-C3** では 40°, **4PATTI-C4** では 45° と親水性がどちらも向上したことが分かった。その結

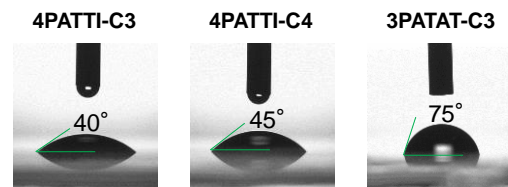
果, ITO/4PATTI-C3, C4 の上に塗ったペロブスカイトフィルムは ITO/3PATAT-C3 の上に塗ったペロブスカイトフィルムより高い表面カバレッジを示すことも可能になった (右図). このことから, 透明電極に吸着したアンカー基に加え, ペロブスカイト層に張り出しているホスホン酸アンカー基が存在することが示唆される. このことは PATTI 分子が平面型ではないサドル型の母骨格をもつからであると考えられる.

また, 光電子収量分光測定によって FTO 基板に吸着させた PATTI の HOMO エネルギー

準位の見積もりを行ったところ, FTO/4PATTI-C3 と FTO/4PATTI-C4 はそれぞれ -5.44 と -5.43 eV を示すことが分かった.

この結果に基づいて, 本研究で用いるペロブスカイト層を次の2つの組成に絞り込み, 価電子帯 (VB) と HOMO のギャップによるデバイス特性への影響について検討した. 具体的にはバンドギャップが同程度で VB が 0.1 eV 程度異なる組成である $\text{Cs}_{0.05}\text{FA}_{0.80}\text{MA}_{0.15}\text{PbI}_{2.75}\text{Br}_{0.25}$ (Shallow VB, VB = -5.58 eV) と $\text{Cs}_{0.05}\text{FA}_{0.87}\text{MA}_{0.08}\text{PbI}_{2.76}\text{Br}_{0.24}$ (Deep VB, VB = -5.69 eV) を用いることとした (下図 - a) .

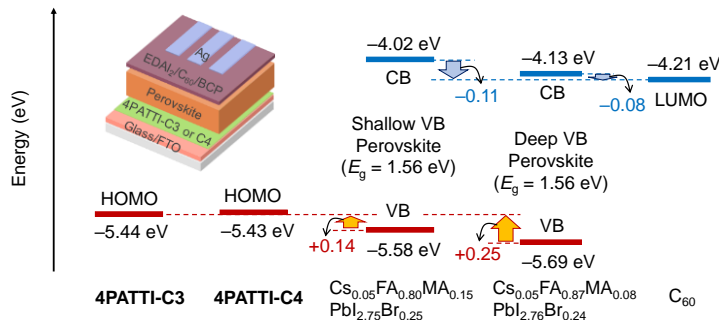
(a) 水に対する接触角度



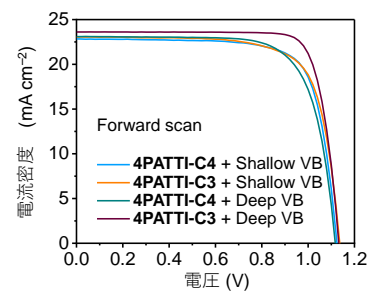
(b) 成膜ペロブスカイトの写真



(a) デバイス構造とエネルギーダイアグラム



(b) J-V 曲線



浅い VB のペロブスカイト組成を用いた場合, ペロブスカイトの VB が FTO/PATTI の HOMO と近すぎることで効率的な電荷の取り出しができなくなり, 特性が 19% 程度にとどまった. 一方で, 深い VB のペロブスカイト組成を用いた場合, PATTI 分子の HOMO 準位がペロブスカイトの VB に対して $+0.25$ eV 浅くなることで, 太陽電池特性が向上することが確認された. 特に 4PATTI-C3 を用いたものでは光電変換効率が 21.7% まで向上したことがわかった.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nakamura Tomoya, Kondo Yoshio, Ohashi Noboru, Sakamoto Chihiro, Hasegawa Akio, Hu Shuaifeng, Truong Minh Anh, Murdey Richard, Kanemitsu Yoshihiko, Wakamiya Atsushi	4. 巻 97
2. 論文標題 Materials chemistry for metal halide perovskite photovoltaics	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/bulcsj/uoad025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Daskeviciute-Geguziene Sarune, Truong Minh Anh, Rakstys Kasparas, Daskeviciene Maryte, Hashimoto Ruito, Murdey Richard, Yamada Takumi, Kanemitsu Yoshihiko, Jankauskas Vygintas, Wakamiya Atsushi, Getautis Vytautas	4. 巻 16
2. 論文標題 In Situ Thermal Cross-Linking of 9,9 -Spirobifluorene-Based Hole-Transporting Layer for Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 1206 ~ 1216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscami.3c13950	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tan Tiancheng, Nakamura Tomoya, Murdey Richard, Hu Shuaifeng, Truong Minh Anh, Wakamiya Atsushi	4. 巻 -
2. 論文標題 BAR2 bridged Azafulvene Dimers with Tunable Energy Levels for Photostable Near infrared Dyes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry-A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202300529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202300529	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ruito Hashimoto, Tomoya Nakamura, Minh Anh Truong, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya	4. 巻 215
2. 論文標題 Effects of electron-accepting substituents on the fluorescence of oxygen-bridged triarylamine	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dyes and Pigments	6. 最初と最後の頁 111281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2023.111281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Truong Minh Anh, Funasaki Tsukasa, Ueberricke Lucas, Nojo Wataru, Wakamiya Atsushi, et al.	4. 巻 145
2. 論文標題 Tripodal Triazatruxene Derivative as a Face-On Oriented Hole-Collecting Monolayer for Efficient and Stable Inverted Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 7528 ~ 7539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c00805	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shuaifeng Hu, Pei Zhao, Kyohei Nakano, Robert D. J. Oliver, Jorge Pascual, Joel A. Smith, Takumi Yamada, Minh Anh Truong, Richard Murdey, Nobutaka Shioya, Takeshi Hasegawa, Masahiro Ehara, Michael B. Johnston, Keisuke Tajima, Yoshihiko Kanemitsu, Henry J. Snaith, Atsushi Wakamiya	4. 巻 35
2. 論文標題 Synergistic Surface Modification of Tin-Lead Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2208320 - 2208320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.202208320	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shuaifeng Hu, Jorge Pascual, Wentao Liu, Tsukasa Funasaki, Minh Anh Truong, Shota Hira, Ruito Hashimoto, Taro Morishita, Kyohei Nakano, Keisuke Tajima, Richard Murdey, Tomoya Nakamura, and Atsushi Wakamiya	4. 巻 14
2. 論文標題 A Universal Surface Treatment for p-i-n Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 56290 - 56297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c15989	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Tomoya, Otsuka Kento, Hu Shuaifeng, Hashimoto Ruito, Morishita Taro, Handa Taketo, Yamada Takumi, Truong Minh Anh, Murdey Richard, Kanemitsu Yoshihiko, Wakamiya Atsushi	4. 巻 5
2. 論文標題 Composition-Property Mapping in Bromide-Containing Tin Perovskite Using High-Purity Starting Materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 14789 ~ 14798
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c02144	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Vaitukaityte Deimante, Truong Minh Anh, Rakstys Kasparas, Murdey Richard, Funasaki Tsukasa, Yamada Takumi, Kanemitsu Yoshihiko, Jankauskas Vyginas, Getautis Vytautas, Wakamiya Atsushi	4. 巻 6
2. 論文標題 Molecular Engineering of Enamine Based Hole Transporting Materials for High Performing Perovskite Solar Cells: Influence of the Central Heteroatom	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Solar RRL	6. 最初と最後の頁 2200590 ~ 2200590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/solr.202200590	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Murdey Richard, Ishikura Yasuhisa, Matsushige Yuko, Hu Shuai Feng, Pascual Jorge, Truong Minh Anh, Nakamura Tomoya, Wakamiya Atsushi	4. 巻 245
2. 論文標題 Operational stability, low light performance, and long-lived transients in mixed-halide perovskite solar cells with a monolayer-based hole extraction layer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Solar Energy Materials and Solar Cells	6. 最初と最後の頁 111885 ~ 111885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.solmat.2022.111885	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Aruto Akatsuka, Minh Anh Truong, Gaurav Kapil, Atsushi Wakamiya, Shuzi Hayase, Hiroyuki Yoshida
2. 発表標題 Molecular Orientation of Hole-Collecting Monolayers for High-Efficiency Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 The 40th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-40) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Aruto Akatsuka, Minh Anh Truong, Atsushi Wakamiya, Gaurav Kapil, Shuzi Hayase, Hiroyuki Yoshida
2. 発表標題 Molecular Orientation and Hole-Collecting Efficiency of Monolayer Materials for Hole-Transport Layer of Inverted Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 2023 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 チョン ミンアン, 船崎 司, 赤塚 有杜, 中村 智也, マーデー リチャード, 吉田 弘幸, 若宮 淳志
2. 発表標題 カルボン酸基を有するトリポッド型正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 第20回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 翔太 平, 船崎 司, 中村 智也, マーデー リチャード, チョン ミンアン, 若宮 淳志
2. 発表標題 スクアリン骨格を用いた正孔回収単分子膜材料の開発とペロブスカイト太陽電池への応用
3. 学会等名 第20回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 チョン ミンアン, 船崎 司, ユーベリック ルーカス バイト, 能條 航, マーデー リチャード, シュアイフェン フ, 赤塚 有杜, 中村 智也, 塩谷 暢貴, 長谷川 健, 吉田 弘幸, 鈴木 孝紀, 若宮 淳志
2. 発表標題 多脚型正孔回収単分子膜材料の開発とペロブスカイト太陽電池への応用
3. 学会等名 第33回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 翔太 平, 船崎 司, 中村 智也, マーデー リチャード, 赤塚 有杜, チョン ミンアン, 吉田 弘幸, 若宮 淳志
2. 発表標題 スクアリン骨格を有する正孔回収単分子膜材料の開発とペロブスカイト太陽電池への応用
3. 学会等名 第33回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Aruto Akatsuka, Minh Anh Truong, Atsushi Wakamiya, Kapil Gaurav, Shuzi Hayase, Miura Makoto, Hiroyuki Yoshida
2. 発表標題 Energy Level Alignment and Molecular Orientation of Carbazole Derivative Hole-Collecting Monolayers
3. 学会等名 The 84th Autumn Meeting of Japan Society of Applied Physics
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村 智也, 原田 布由樹, 山田 琢允, 金光 義彦, Truong Minh Anh, Richard Murdey, 若宮 淳志
2. 発表標題 イオン混合型スズペロブスカイト単結晶の合成と物性
3. 学会等名 第70応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Richard Murdey, Ai Shimazaki, Ryuji Kaneko, Minh Anh Truong, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Minimizing Voltage Losses in Stable Wide Bandgap Mixed Halide Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 第70応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 赤塚 有杜, Truong Minh Anh, 若宮 淳志, 吉田 弘幸
2. 発表標題 マルチポッド型正孔収集材料の導電性酸化物電極上での分子配向
3. 学会等名 第70応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原田 布由樹, 中村 智也, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 若宮 淳志
2. 発表標題 溶液法を用いたスズ系ペロブスカイト半導体膜の表面処理法の開発
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三宅 悠季, 中村 智也, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 若宮 淳志
2. 発表標題 ロダニン骨格を用いたペロブスカイト太陽電池の単分子電子回収材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 翔太 平, 司 舟崎, リチャード マーデー, 中村 智也, ミンアン チョン, 若宮 淳志
2. 発表標題 高性能化ペロブスカイト太陽電池のためのスクアリン骨格を用いた正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ミンアン チョン, 船崎 司, ルーカス ユーベリック, 能條 航, リチャード マーデー, 山田 琢允, シュアイフェン フ, 中村 智也, 塩谷 暢貴, 長谷川 健, 金光 義彦, 鈴木 孝紀, 若宮 淳志
2. 発表標題 高性能ペロブスカイト太陽電池のためのマルチポッド型正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 高分子学会第71高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	船崎 司・ユーベリック ルーカス バイト・フ シュアイフェン・中村 智也・マーデー リチャード・チョン ミンアン・若宮 淳志
2. 発表標題	シクロオクタテトラインドール骨格を用いたテトラポッド型正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名	第19回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Deimante Vaitukaityte, Minh Anh Truong, Kasparas Rakstys, Richard Murdey, Vygintas Jankauskas, Vytautas Getautis, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Engineering the central heteroatom of hole transporting enamines for efficient perovskite solar cells
3. 学会等名	The 14th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV22), Valencia, Spain (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Tomoya Nakamura, Kento Otsuka, Shuaifeng Hu, Tarou Morishita, Ruito Hashimoto, Taketo Handa, Yoshihiko Kanemitsu, Richard Murdey, Minh Anh Truong, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Systematic investigations on properties of bromide containing tin perovskites
3. 学会等名	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2022), Gwangju, Korea (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Deimante Vaitukaityte, Minh Anh Truong, Kasparas Rakstys, Richard Murdey, Vygintas Jankauskas, Vytautas Getautis, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Engineering the central heteroatom of hole transporting enamines for efficient perovskite solar cells
3. 学会等名	The 23rd International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (IPS-23), Lausanne, Switzerland (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Minh Anh Truong, Tsukasa Funasaki, Lucas Ueberricke, Wataru Nojo, Richard Murdey, Takumi Yamada, Shuaifeng Hu, Tomoya Nakamura, Nobutaka Shioya, Takeshi Hasegawa, Yoshihiko Kanemitsu, Takanori Suzuki, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Efficient Inverted Perovskite Solar Cells Enabled by Multipodal Hole-Collecting Monolayers Based on Triazatruxene Skeleton
3. 学会等名	International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Shuaifeng Hu, Pei Zhao, Kyohei Nakano, Jorge Pascual, Minh Anh Truong, Richard Murdey, Nobutaka Shioya, Takeshi Hasegawa, Masahiro Ehara, Keisuke Tajima, Yoshihiko Kanemitsu, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Interfacial Modifications for Efficient Tin-lead Perovskite Solar Cells
3. 学会等名	International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Richard Murdey, Minh Anh Truong, Ai Shimazaki, Ryuji Kaneko, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Operational stability and low light performance of wide-bandgap perovskite solar cells
3. 学会等名	International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Richard Murdey, Yasuhisa Ishikura, Yuko Matsushige, Shuaifeng Hu, Jorge Pascual, Minh Anh Truong, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Halide segregation and the operational stability of monolayer-based p-i-n perovskite solar cell
3. 学会等名	Asia-Pacific International Conference on Perovskite, Organic Photovoltaics and Optoelectronics (IPEROP23), Kobe, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 Tomoya Nakamura, Kento Otsuka, Shuaifeng Hu, Ruito Hashimoto, Taro Morishita, Taketo Handa, Takumi Yamada, Minh Anh Truong, Richard Murdey, Yoshihiko Kanemitsu, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Composition-Property Mapping in Bromide-Containing Tin Perovskite Prepared with High Purity Starting Materials
3. 学会等名 Asia-Pacific International Conference on Perovskite, Organic Photovoltaics and Optoelectronics (IPEROP23), Kobe, Japan (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
リトアニア	Kaunas University of Technology			
英国	University of Oxford			