

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：32717

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2019～2023

課題番号：19H05636

研究課題名（和文）無鉛型高次元ハライドペロブスカイト材料による太陽電池の高効率・高耐久化

研究課題名（英文）Efficiency and durability enhancement of solar cells using lead-free high dimensional halide perovskite materials

研究代表者

宮坂 力 (Miyasaka, Tsutomu)

桐蔭横浜大学・医用工学部・特任教授 【東京大学先端科学技術研究センター・フェロー】

研究者番号：00350687

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 151,900,000円

研究成果の概要（和文）：鉛をAg、Bi、Sn、Ti等の無害な金属カチオンに置き換えた三次元結晶構造を持つハロゲン化ペロブスカイトの薄膜を溶液法ならびに気相(真空蒸着)法によって成膜し、その光物性を評価し、電荷輸送材料との接合による光電変換素子を作製して特性評価を行った。Ag-Bi系材料ではAg₂BiI₅の薄膜で光電変換効率2.7%が得られ、ダブルペロブスカイトCs₂AgBiBr₆では4%を超える効率が得られた。また新たな展開としてハロゲンをイオウに置き換えたAgBiS₂では5%以上の効率が得られた。Snペロブスカイトでは2価のSnの酸化抑制のパッシベーションを施す方法で作製した素子が11.4%の高い効率を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究成果をもとに、鉛を用いない組成によって環境に無害であり、かつ溶液塗布法を用いて成膜する安価なペロブスカイト光電変換素子が11%以上の高いエネルギー変換効率の性能をもって得られる。これによってペロブスカイト光電変換素子を屋外の太陽光発電に用いる応用から屋内のIoT電源として使う応用まで、社会実装における用途範囲が拡大し、環境上安全で安価な太陽電池が普及することで脱炭素社会への構築に貢献する。

研究成果の概要（英文）：Thin films of metal halide perovskite with a three-dimensional crystal structure in which lead is replaced with harmless metal cations such as Ag, Bi, Sn, and Ti are formed by solution process and vacuum deposition methods, and their optical properties are evaluated. Photovoltaic devices using these lead-free perovskite films are fabricated for evaluation of power conversion efficiency (PCE). Among Ag-Bi materials, a PCE of 2.7% was obtained with a thin film of Ag₂BiI₅, and an efficiency of over 4% was obtained with the double perovskite Cs₂AgBiBr₆. In addition, as a new development, AgBiS₂, which replaced halogen with sulfur, achieved an efficiency of more than 5%. Sn-based perovskites photovoltaic cells were fabricated using a passivation method to suppress the oxidation of divalent Sn and the best cell achieved a high efficiency of 11.4%.

研究分野：光電気化学、ペロブスカイト太陽電池

キーワード：ペロブスカイト太陽電池 光電変換 晶析 真空蒸着 鉛フリー スズ ビスマス ダブルペロブスカイト

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

溶液塗布の工程により作製するペロブスカイト太陽電池の高い変換効率、もっぱら金属に鉛 (Pb^{2+})、有機カチオンにメチルアンモニウムやホルムアミディニウムを用いるに限られた組成で得られてきた。しかし、有機カチオンは耐熱性が低く(約 150°C が限界)また吸湿性があるために大気の湿気に対して不安定である。そして、環境に有害な鉛を使用することは、産業上の実施を遅らせる。特に光電変換素子を IoT 用電源として一般消費者に普及させる応用においては、鉛を用いない材料を用いることが必須となる。鉛を用いないペロブスカイト組成としてはスズ (Sn)を用いるペロブスカイトが最も効率が高く、2018年には9%近くまで高まっていた。しかし Sn ペロブスカイトに用いる II 価の Sn は極めて不安定で酸化されやすいために、酸化を抑制する方法を構築することが必須であった。その1つが劣化につながる反応部位を不活性化するパッシベーション(passivation)の方法であり、もう1つが、 Pb と Sn に代わる別の金属カチオンを用いる組成で変換効率を高める方法であった。その候補として Ag 、 Bi 、 Ti 、 Sb などが選ばれ、ペロブスカイト型あるいはペロブスカイト類似構造の結晶を、溶液からの晶析法によって成膜する研究が試みられた背景があった。これらの無鉛型の結晶材料は、湿気等に対して安定で耐熱性が高い特徴があったが、光電変換の効率は2%程度と極めて低いレベルにとどまっていた。したがって、無鉛型の新しい材料を探索するとともに、成膜には溶液晶析法だけでなく気相蒸着法を含めた最適な方法を見出して、無鉛材料の高効率化を図る必要があった。

2. 研究の目的

(1) 有機基を含まない全無機組成のペロブスカイト太陽電池の高効率化

有機カチオンを含まない耐熱性に優れた全無機組成のペロブスカイト(あるいはペロブスカイト類似の)材料を用いて高効率化に取り組む。その準備として鉛系の全無機組成ペロブスカイトを用いて晶析と成膜方法を調べ、高効率化に必要な粒子界面の passivation (欠陥保護)の方法を探索しペロブスカイトに組み合わせる最適な電荷輸送材料の選択を検討する。

(2) 全無機組成の無鉛ペロブスカイト材料を用いる高効率化

① Bi系ハロゲン化ペロブスカイトの高効率化

耐熱性と耐湿性に優れる Bi 系無鉛材料として Ag_3BiI_6 、 Ag_3BiI_9 などを含める $\text{A}_x\text{Bi}_y\text{X}_z$ 組成の材料($\text{A}=\text{Ag}$, Cs , Sb , $\text{X}=\text{I}$, Br)について、粒子径が大きく緻密性に優れる多結晶薄膜の成膜法を構築し、X線回折をもとに純度と薄膜物性の均一性を高めることで、光電変換の効率を高める。

② Sn系ハロゲン化ペロブスカイトの高効率化

Sn ペロブスカイトについて Sn^{2+} を安定化させる結晶組成と添加剤の効果を検討する。 Sn に対し同じ 14 族の元素 (Ge 、 Si など) を添加する方法で、 Sn^{2+} の酸化を抑制する可能性を調べる。さらに酸化防止につながる粒子界面の passivation の方法を見出し高効率化につなげる。

③ Ti系ハロゲン化ペロブスカイトの合成と高効率化

Cs_2TiX_6 ($\text{X}=\text{I}$, Br)結晶の形成方法を溶液製膜と真空蒸着の両面から検討し、Ti ペロブスカイトを半導体に使った光電変換について、材料の光物性をもとに光電変換への応用可能性を調べる。

④ ダブルペロブスカイトの合成と高効率化

ダブルペロブスカイトとして 3D 構造を形成し、耐水性、耐熱性に優れる $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ 型ペロブスカイトに注目し、これを欠陥の少ない高品質の多結晶膜に成膜する方法、ならびに変換効率の向上につなげるために発電層の新たな層構成も検討する。

3. 研究の方法

(1) 全無機組成のペロブスカイトを用いる光電変換の高効率化

1 価の無機カチオンに Cs 、 Ag を用い、合成原料に CsX 、 AgX ($\text{X}=\text{I}$, Br)、 PbI_2 を用いて、これらの原料溶液から晶析する条件(濃度、温度)と溶媒種類を最適化して全無機組成のペロブスカイト多結晶膜 (CsPbI_2Br など) を成膜した。電荷輸送層の正孔輸送材料には耐熱性の高い導電性高分子(無ドーパ、新規に化学合成)を用いて耐熱性を担保した光電変換素子を作製した。

(2) 無鉛組成の各種のペロブスカイトを用いる光電変換の高効率化

全無機組成かつ無鉛組成のペロブスカイトとしては、鉛に代わる金属カチオンに Bi 、 Ag 、 Sn 、 Ti 、 Pd を選び、結晶薄膜(厚さ $< 0.5\mu\text{m}$)を溶液法と真空蒸着法の 2 つの方法によって成膜した。 Ag-B-X 系結晶(X はハロゲン)ならびに Ag に Cs を加えた Cs-Ag-Bi-X 系ダブルペロブスカイトは溶液法で製膜した。後者ではハロゲンに Br を用い CsBr 、 AgBr 、 BiBr_3 を混合した DMSO 溶液をスピコートして 280°C で 10 分アニールすることによって $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ からなる薄膜を作製した。 Ti 系の Cs_2TiI_6 ならびに Pd 系の Cs_2PdBr_6 についても溶液法と真空法の両面から合成を検討した。これらの薄膜について、結晶の質を解析し、光物性と光電変換特性を評価した。

スズ(Sn)系ペロブスカイトについては、溶液法を使う成膜のほか、真空蒸着法によって Sn/Pb モル比を変えた混晶 $\text{Cs}(\text{Sn}_x\text{Pb}_{1-x})\text{Br}_3$ と CsSnBr_3 の薄膜を作製した。溶液成膜では効率と耐久性の向上のために、粒子界面の passivation を行った。すなわち、不純物の Sn^{4+} イオンが電子をトラップして光電変換の性能を阻害するために、還元能力のある材料の溶液を少量添加し格子欠陥に吸着させる passivation によって不純物の Sn^{4+} イオンの濃度を低減した。

4. 研究成果

(1) 全無機組成のペロブスカイトの合成と光電特性評価

有機基を含まない全無機組成のペロブスカイトを高効率化する前段階として、全無機組成のCsPbX₃(X=Br, I)を溶液法によって成膜し、素子作りにおいて電荷輸送層との組み合わせを検討した。電子輸送層の正孔ブロッキング層にSnO_xの非結晶膜、正孔輸送層に新規に合成した導電性高分子を用いてCsPbI₂Brを用いるセルを最適化した結果、外部量子効率(EQE)が90%以上、開回路電圧(V_{oc})がペロブスカイト光電変換素子としては最高値の1.4V以上の出力をもつ素子を作ることに成功した(Miyasaka, et.al. *J. Am. Chem. Soc.* 2020)。この発電特性とV_{oc}値はAISTによる認証(国際証明)を得た(図1)。さらにI/Br比を変えたペロブスカイトをpassivationする方法では、ペロブスカイト太陽電池として最高値の1.5Vを超えるV_{oc}を得ることに成功した(Miyasaka, et.al. *Energy Environ. Sci.* 2022)。

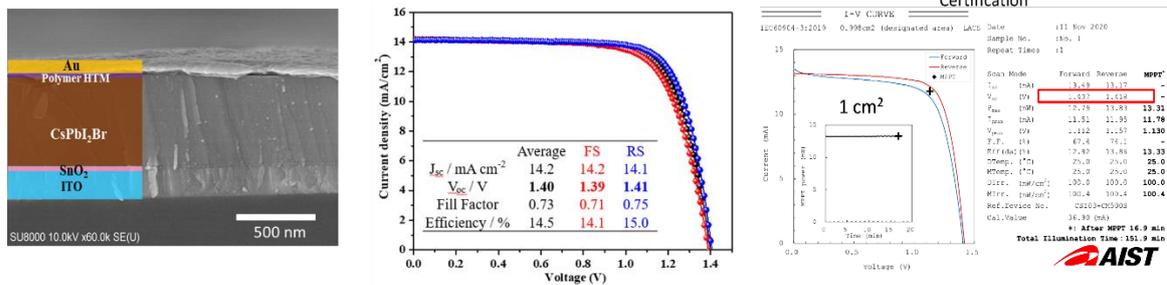


図1 全無機組成のペロブスカイト(CsPbI₂Br)を用いる素子の構成と開回路電圧>1.4Vの出力を示す光電変換特性、右はAISTによる認証値

(2) Ag-Bi系ペロブスカイトの薄膜合成と高効率化

耐熱性に優れるA-Bi-X(A:1価のカチオン、X:ハロゲン)系ペロブスカイトとして、AサイトにAg、Xサイトにヨウ素(I)を用いた組成について、AgIとBiI₃の比を変えた原料溶液からAg/Bi比の異なる各種のAg-Bi系結晶を合成した。AgI含量を低くしたAgBi₂I₇(AgI:BiI₃=1:2)は、結晶の純度が高く安定であることをX線解析で確認し、溶液晶析において溶媒にDMSOを用いることによって緻密性の良い多結晶膜を得ることに成功した。ここで、正孔輸送材料(HTM)を最適化することでAg-Bi系の光電変換素子の効率と耐久性を高めた。HTMに高分子P3HTを用いるTCO/TiO₂/AgBi₂I₇/P3HTの構成の素子では変換効率が2%と低いものの2か月以上性能劣化が見られず高温の100℃に暴露しても75時間の安定性を示した(Miyasaka, et.al. *Chem. Comm.* 2019)。また、Ruddorffite型結晶構造を持つAg₂BiI₅については、上記1の全無機組成ペロブスカイトの研究で高V_{oc}の効果を見出した正孔ブロッキングSnO_x膜を用いて、高V_{oc}化と高効率化を図った。この結果、TiO₂(SnO₂)/Ag₂BiI₅/HTMの構成のセルについて、上記1と同様な導電性高分子をHTMに用いることで効率は3%近くまで向上し、図2のようにAg-Bi系としてはこれまで報告される中で最も高い0.9Vに近いV_{oc}値を得ることに成功した(Miyasaka, et al. *ACS Appl. Energy Mat.* 2023)。

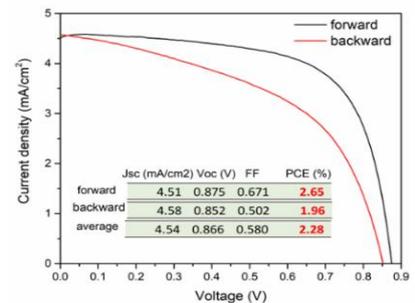


図2 Ag₂BiI₅ペロブスカイト多結晶膜の光電変換素子の特性

【Ag-Bi系硫化ペロブスカイトの創製による高効率化】

当初の計画からは進んだ展開としてAg-Bi系材料のハロゲンをイオウ(S)に置き換えた材料の合成と評価を行った。尿素などをイオウ原料として溶液晶析法によってAgBiS₂の薄膜を形成した。

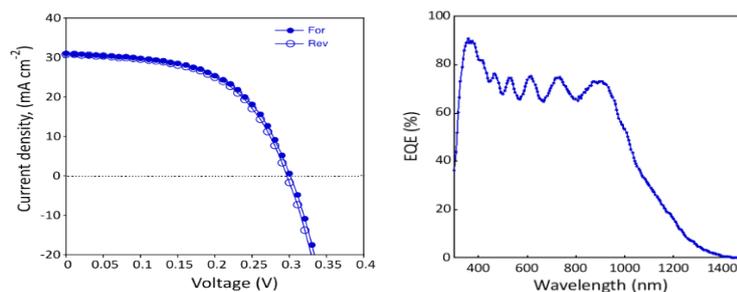


図3 AgBiS₂多結晶膜の素子の光電変換特性(左)と波長応答特性

この材料はバンドギャップが小さく赤外線までを吸収する特徴をもつ。成膜方法を改良した結果、光電変換素子は赤外波長の1300nmまでを吸収する特性を示し、30 mA/cm²を超える高い光電流を出力した (図3)。変換効率は5%以上に高まった。この素子は可視光から赤外光までを利用する点でシリコン太陽電池を置き換えるポテンシャルをもつと期待できる。この成果をもとに今後、成膜法を改良してさらなる高効率化に挑む。

(3) Sn系ハロゲン化ペロブスカイトの成膜と高効率太陽電池(効率>11%)の作製

Sn系ペロブスカイトの成膜には、溶液析出法と真空蒸着法の2つの方法でアプローチした。Sn系ペロブスカイトではSnの2価イオン(Sn²⁺)が結晶の光物性(光電変換)の発現にかかわるため、Snの2価(Sn²⁺)を酸化に対して安定化させ不純物イオンのSn⁴⁺を減少させる対策が必要となる。

溶液法によるペロブスカイトの成膜では、粒子界面を化学的にpassivationして保護することでSn(II)の酸化を防止した。ペロブスカイトには、有機無機ハイブリッドで混合ハロゲン(I₂Br)の組成のASnI₂Brを用いた(A=EDA_{0.01}(GA_{0.06}(FA_{0.8}Cs_{0.2})_{0.94}, EDA=エチレンジアミン、GA=グアニジウム)。こうして作製した太陽電池は、TCO glass/FTO/PEDOT-PSS/Snペロブスカイト/ASnI₂Br/C60/BCP/Agの構成であり、ここでSn²⁺を保護するpassivationに有効な無機、有機の添加剤(ドーパント)を検討した。金属イオンとしては、Snと同じ14族の金属としてGe(II)をドーピングすることがSn²⁺を安定化する効果も確認できたが、本研究では、Geドーピング以上の効果を持つ素材を探索した。

そこで、見出したのが14族の元素Siである。溶液に調製できるSiを含む種々の還元性化合物を検討した結果、フェニルシラン(PhSiH₃)が有効であることを見出した(Hayase, et al. *Next Materials*, 2024)。PhSiH₃は空气中で安定でありハンドリングしやすい。SiH₃のヒドリドイオンが還元性を持ち、PhSi部分が格子欠陥に吸着してpassivationにはたらく。ペロブスカイト膜は親水性であるのに対して、その上に被覆するフラーレン膜は疎水性であり、膜のコンタクトが悪かったが、PhSi部位が吸着することによりペロブスカイト表面が疎水性になり、コンタクトが良化した。このPhSiH₃がSn⁴⁺をSn²⁺に還元しSn²⁺を安定化する効果を検証した。すなわちPhSiH₃:SnBr₄(またはSnI₄)=1:1の組成でDMF中に混合すると、XPSから計測したSn²⁺/Sn⁴⁺+Sn²⁺の比は反応時間とともに増大した。図4にSnペロブスカイト太陽電池の効率とpassivation処理に用いたPhSiH₃溶液の濃度の関係を示す。濃度0.5 mM以上のPhSiH₃により素子の変換効率は3%程度から5.5%程度まで向上し、素子の連続光照射に対する安定性も大きく向上することを確認した。

光電変換の高効率化には、上記の混合ハロゲン(I₂Br)のペロブスカイトを用いるよりも、バンドギャップが小さく光電流値の高いASnI₃を用いることが有利である。しかし、PhSiH₃による効果は混合ハロゲン型のASnI₂Brに対しては有効であったが、ヨウ素100%のASnI₃には効果が十分ではなかった。このため、ASnI₃に有効なpassivationの材料を鋭意検討した結果、polysilaneを用いることが有効であることを見出した。plolysilaneはオリゴマーであり、PhSiH₃と同じく還元性で自身が酸化されシロキサンになりペロブスカイト表面を疎水性に変換するとともに、表面欠陥を修復する。そこで、plolysilaneの稀薄溶液を使ったpassivationの処方をも最適化した。

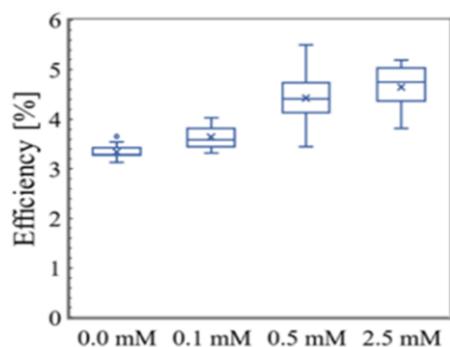


図4 Snペロブスカイト太陽電池の効率とPhSiH₃ passivation濃度の関係
錫ペロブスカイト組成:(EDA_{0.01}(GA_{0.06}(FA_{0.8}Cs_{0.2})_{0.94}SnI₂Br

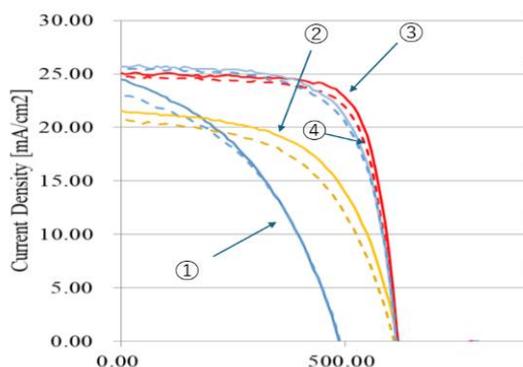


図5 ①passivationなし、②passivation 0.1 mM polysilane/EDA、③0.3 mM、④0.5 mM、③の条件で変換効率11.44%

ペロブスカイト組成(ASnI₃)として(Cs_{0.02}(FA_{0.9}EA_{0.1})_{0.98}EDA_{0.01}SnI₃(GeI₂/SnF₂添加)を用い、TCO glass/PEDOT-PSS/ASnI₃/C60/BCP/Agの構成のセルを作製した。このセルはpolysilaneのpassivationをしないものでは効率が4.88%であったが、0.3 mMのplolysilane溶液でpassivationを施したセルでは、V_{oc}値が増加し効率が2倍以上向上し、11.44%の変換効率を得ることができた。図5はこの方法で作製した太陽電池の光電変換特性をplolysilane濃度条件で比較した結果であり、③の特性が高い曲線因子(FF)を示して効率11%以上の高性能を達成している。

溶液法のほかに、真空蒸着法によるSnペロブスカイトの成膜も実施した。真空状態では Sn^{2+} を安定化できるのがメリットであり、気相中、 CsBr 、 PbBr_2 、 SnBr_2 を蒸着源とした多元蒸着の方法で成膜を行った。組成が $\text{Cs}(\text{Sn}_x\text{Pb}_{1-x})\text{Br}_3$ からなる結晶について $x=0$ 、 $x=0.33$ 、 $x=1$ (無鉛)の薄膜をガラス基板上に成膜した。このなかで CsSnBr_3 の吸収端エネルギーは溶液法で作製した試料とよく一致し、可視光の全波長域を吸収する特性を示した(Kondo, et. al. *J. Appl. Phys.* 2024)。

この蒸着法にもとづいて、新材料としてZnを2価金属カチオンとして添加したSnペロブスカイト $\text{CsSn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Br}_3$ を成膜した。CsBr、 SnBr_2 、 ZnBr_2 を蒸着源とした共蒸着において、少なくとも4%まではZnがSnを置換して混晶 $\text{CsSn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Br}_3$ が作製可能であることが判明した。また、xの増加とともに結晶粒子サイズが増加し、ピンホールも減少するという改善が確認され、新たな発見として、Zn添加が Sn^{2+} の酸化抑制にも効果があることが示された。

この蒸着法によって逆構造型のAg/BCP/C60/ $\text{CsSn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Br}_3$ /PEDOT:PSS/ITOの構成の太陽電池を作製した。素子のエネルギー変換効率はxの増加とともに大きくなり、 $x=0.04$ (4%)で効率が最大値の2.6%となった(図6)。蒸着法では、溶液法の成膜に比較して光電流値が小さい傾向があり、膜の厚みが十分でないことが原因の1つであると考えられる。しかし、無鉛組成のペロブスカイトでは、溶解度の問題から、溶液晶析によって結晶緻密性を高めるのが難しい材料があるために、蒸着法がより有利な成膜法となって応用されることが期待できる。

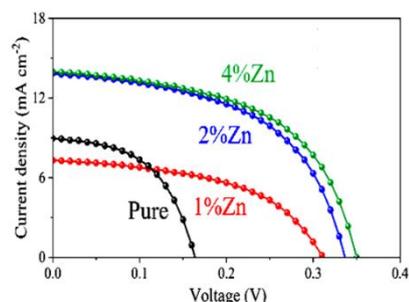


図6 Znを含む $\text{CsSn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Br}_3$ 薄膜の光電変換特性

(4) ダブルペロブスカイト材料の合成と評価

Cs-Ag-Bi系ダブルペロブスカイトの溶液成膜と高効率化

Ag-Bi系結晶組成にCsを加えたダブルペロブスカイトを合成した。ハロゲンにはBrを用い、 CsBr 、 AgBr 、 BiBr_3 を混合したDMSO溶液をスピコートして 280°C で10分アニールすることによって $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ の組成からなるダブルペロブスカイトの薄膜を作製した。光電変換特性の評価のために TiO_2 メソポーラス薄膜上に形成した薄膜は比較的良い緻密性を示しX線回折から3D格子構造の $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ 結晶の形成を確認した。SpiroOMeTADを正孔輸送層とする光電変換素子において、 TiO_2 層を色素分子によって増感した新奇なセル構成を提案した。

この色素増感型ダブルペロブスカイトの高効率化を図った結果、変換効率(PCE)として4.23%が得られた(図7)。これはダブルペロブスカイトの太陽電池として最高効率であり、またペロブスカイト光電変換に色素増感をハイブリッド化して高効率化を図った研究の成功例として革新的であると考えられる(Wang, Miyasaka, et.al. *J. Am. Chem. Soc.* 2021)。

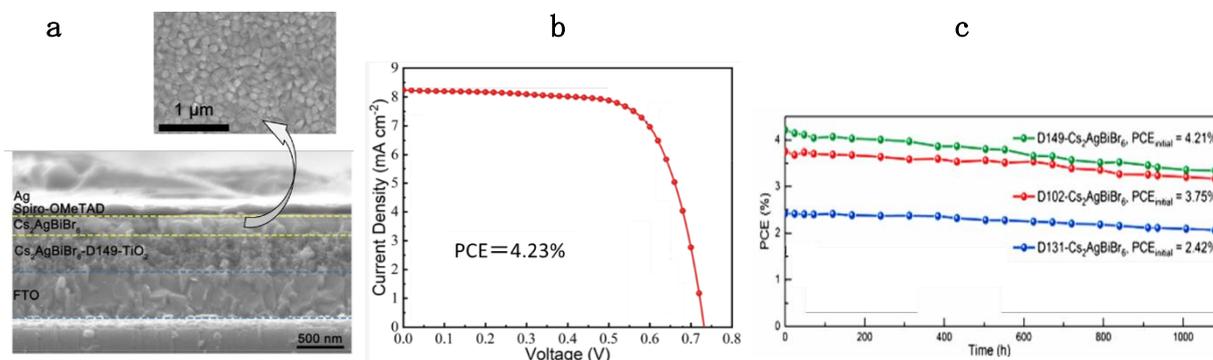


図7 $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ の素子の層構成(a)、光電変換特性(b)、素子の1000時間長期保存の耐久性(c)

Ti系およびPd系ダブルペロブスカイトの成膜と物性評価

ダブルペロブスカイト構造で適切なバンドギャップを有するTi系非鉛材料の Cs_2TiI_6 とPd系の Cs_2PdBr_6 についても検討した。Ti系ペロブスカイト材料は溶液法での成膜が困難なため、多元蒸着法を使った気相成膜をおこない、X線回折パターンに立方晶 Cs_2TiI_6 の(222)回折が明瞭に見られる Cs_2TiI_6 を得ることを確認した。しかし、この Cs_2TiI_6 は成膜後数時間で非ペロブスカイト型 $\delta\text{-CsTiI}_3$ へと分解することから、発電材料に用いることは困難と判定した。

また、新しい光電変換材料として鉛に換えてPdを使った Cs_2PdBr_6 についても気相蒸着合成による成膜を検討した。この材料は、 Br_2 脱離の問題のために蒸着による合成が困難と判明し、溶液プロセスで Cs_2PdBr_6 薄膜を合成した。この Cs_2PdBr_6 については光電特性の評価には至らなかったが、可視光に吸収を持ち、バンド計算では高エネルギー側に直接遷移のバンドギャップがあるとされており、 Cs_2PdBr_6 が光電変換用に適していることを予想する結果が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 30件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Kikuchi Sota, Okamoto Takayuki, Chen Mengmeng, Qing Shen, Hayase Shuzi	4. 巻 3
2. 論文標題 Efficiency-enhancement of lead-free ASnI ₂ Br perovskite solar cells by phenyltrihydrosilane passivation effective for Sn ⁴⁺ reduction and hydrophobization	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Next Materials	6. 最初と最後の頁 100098 ~ 100098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nxmate.2023.100098	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 Jung Hanbo, Liu Zihao, Sotome Masato, Kondo Takashi	4. 巻 63
2. 論文標題 Vapor phase deposition of lead-free halide perovskite alloy CsSn _{1-x} Zn _x Br ₃	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 01SP24 ~ 01SP24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acfdb3	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 Liu Zihao, Jung Hanbo, Sotome Masato, Kondo Takashi	4. 巻 63
2. 論文標題 Substrate temperature dependence of vapor phase deposition of all-inorganic lead-free CsSnBr ₃ perovskite thin films	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 02SP23 ~ 02SP23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ad1196	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 Correa Guerrero Natalia Belen, Guo Zhanglin, Shibayama Naoyuki, Jena Ajay Kumar, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 6
2. 論文標題 A Semitransparent silver-bismuth iodide solar cell with Voc above 0.8 V for indoor photovoltaics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 10274 ~ 10284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.3c00223	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 Tanaka Ellie, Kim Gyu Min, Maciejczyk M. R., Ishii Ayumi, Nichol Gary S., Miyasaka Tsutomu, Robertson Neil	4. 巻 11
2. 論文標題 A low-symmetry monothiatruxene-based hole transport material for planar n-i-p perovskite solar cells with 18.9% efficiency	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 8214 ~ 8222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3TC00119A	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 Guo Zhanglin, Jena Ajay Kumar, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 8
2. 論文標題 Halide Perovskites for Indoor Photovoltaics: The Next Possibility	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Energy Letters	6. 最初と最後の頁 90 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsenerylett.2c02268	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 Numata Youhei, Shibayama Naoyuki, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 10
2. 論文標題 FAPbBr3 perovskite solar cells with VOC values over 1.5 V by controlled crystal growth using tetramethylenesulfoxide	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 672 ~ 681
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TA08964A	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 Valastro Salvatore, Mannino Giovanni, Smecca Emanuele, Bongiorno Corrado, Sanzaro Salvatore, Deretzis Ioannis, La Magna Antonino, Jena Ajay Kumar, Miyasaka Tsutomu, Alberti Alessandra	4. 巻 6
2. 論文標題 Black Yellow Bandgap Trade Off During Thermal Stability Tests in Low Temperature Eu Doped CsPbI3	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Solar RRL	6. 最初と最後の頁 2200008 ~ 2200008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/solr.202200008	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 Li Na, Wang Baoning, Sasaki Shin-ichi, Miyasaka Tsutomu, Chen Gang, Wang Xiao-Feng	4. 巻 108
2. 論文標題 Bacteriochlorin aggregates as dopant-free hole-transporting materials for perovskite solar cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 106596 ~ 106596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2022.106596	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 Valastro Salvatore, Smecca Emanuele, Bongiorno Corrado, Spampinato Carlo, Mannino Giovanni, Biagi Simone, Deretzis Ioannis, Giannazzo Filippo, Jena Ajay Kumar, Miyasaka Tsutomu, La Magna Antonino, Alberti Alessandra	4. 巻 6
2. 論文標題 Out of Glovebox Integration of Recyclable Europium Doped CsPbI ₃ in Triple Mesoscopic Carbon Based Solar Cells Exceeding 9% Efficiency	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Solar RRL	6. 最初と最後の頁 2200267 ~ 2200267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/solr.202200267	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 Guo Zhanglin, Jena Ajay Kumar, Kim Gyu Min, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 15
2. 論文標題 The high open-circuit voltage of perovskite solar cells: a review	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Energy and Environmental Science	6. 最初と最後の頁 3171 ~ 3222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2EE00663D	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 Ishii Ayumi, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 4
2. 論文標題 Upconverting Near Infrared Light Detection in Lead Halide Perovskite with Core-Shell Lanthanide Nanoparticles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Photonics Research	6. 最初と最後の頁 2200222 ~ 2200222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adpr.202200222	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 Guo Zhanglin, Jena Ajay Kumar, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 8
2. 論文標題 Halide Perovskites for Indoor Photovoltaics: The Next Possibility	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Energy Letters	6. 最初と最後の頁 90 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsenerylett.2c02268	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 Yang Lin, Kan Dongxiao, Dall'Agnese Chunxiang, Dall'Agnese Yohan, Wang Baoning, Jena Ajay Kumar, Wei Yingjin, Chen Gang, Wang Xiao-Feng, Gogotsi Yury, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 9
2. 論文標題 Performance improvement of MXene-based perovskite solar cells upon property transition from metallic to semiconductive by oxidation of Ti3C2Tx in air	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 5016 ~ 5025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0TA11397B	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Baoning, Li Na, Yang Lin, Dall'Agnese Chunxiang, Jena Ajay Kumar, Sasaki Shin-ichi, Miyasaka Tsutomu, Tamiaki Hitoshi, Wang Xiao-Feng	4. 巻 143
2. 論文標題 Chlorophyll Derivative-Sensitized TiO2 Electron Transport Layer for Record Efficiency of Cs2AgBiBr6 Double Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2207 ~ 2211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c12786	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 Numata Youhei, Sanehira Yoshitaka, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 4
2. 論文標題 Drastic Change of Surface Morphology of Cesium-Formamidinium Perovskite Solar Cells by Antisolvent Processing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 1069 ~ 1077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c01717	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 Uenlue Feray, Kulkarni Ashish, Le Khan, Bohr Christoph, Bliesener Andrea, Oz Seren Dilara, Jena Ajay Kumar, Ando Yoichi, Miyasaka Tsutomu, Kirchartz Thomas, Mathur Sanjay	4. 巻 36
2. 論文標題 Single- or double A-site cations in A3Bi219 bismuth perovskites: What is the suitable choice?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Research	6. 最初と最後の頁 1794 ~ 1804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/s43578-021-00155-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Guo Zhanglin, Jena Ajay Kumar, Takei Izuru, Ikegami Masashi, Ishii Ayumi, Numata Youhei, Shibayama Naoyuki, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 31
2. 論文標題 Dopant Free Polymer HTM Based CsPbI 2Br Solar Cells with Efficiency Over 17% in Sunlight and 34% in Indoor Light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2103614 ~ 2103614
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202103614	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 Wang Baoning, Yang Lin, Dall'Agnese Chunxiang, Jena Ajay Kumar, Sasaki Shin-ichi, Miyasaka Tsutomu, Tamiaki Hitoshi, Wang Xiao-Feng	4. 巻 4
2. 論文標題 Photoactive Zn Chlorophyll Hole Transporter Sensitized Lead Free Cs2AgBiBr6 perovskite solar cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solar RRL	6. 最初と最後の頁 2000166 ~ 2000166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/solr.202000166	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 Guo Zhanglin, Jena Ajay Kumar, Takei Izuru, Kim Gyu Min, Kamarudin Muhammad Akmal, Sanehira Yoshitaka, Ishii Ayumi, Numata Youhei, Hayase Shuzi, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 142
2. 論文標題 Voc Over 1.4 V for Amorphous Tin-Oxide-Based Dopant-Free CsPbI2Br Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 9725-9734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c02227	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 Aversa Pierfrancesco, Oz Senol, Jung Eunhwan, Plantevin Olivier, Cavani Olivier, Ollier Nadege, Bouree Jean-Eric, Geffroy Bernard, Miyasaka Tsutomu, Mathur Sanjay, Corbel Catherine	4. 巻 3
2. 論文標題 Electron irradiation induced aging effects on radiative recombination properties of quadruple cation organic-inorganic perovskite layers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Emergent Materials	6. 最初と最後の頁 133 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42247-020-00096-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Valastro Salvatore, Smecca Emanuele, Sanzaro Salvatore, Giannazzo Filippo, Deretzis Ioannis, La Magna Antonino, Numata Youhei, Jena Ajay Kumar, Miyasaka Tsutomu, Gagliano Antonio, Alberti Alessandra	4. 巻 13
2. 論文標題 Improved Electrical and Structural Stability in HTL-Free Perovskite Solar Cells by Vacuum Curing Treatment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 3953 ~ 3953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en13153953	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sanehira Yoshitaka, Shibayama Naoyuki, Numata Youhei, Ikegami Masashi, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 12
2. 論文標題 Low-Temperature Synthesized Nb-Doped TiO2 Electron Transport Layer Enabling High-Efficiency Perovskite Solar Cells by Band Alignment Tuning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials and Interfaces	6. 最初と最後の頁 15175 ~ 15182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b23485	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 Chouhan Lata, Ghimire Sushant, Subrahmanyam Challapalli, Miyasaka Tsutomu, Biju Vasudevanpillai	4. 巻 49
2. 論文標題 Synthesis, optoelectronic properties and applications of halide perovskites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Society Reviews	6. 最初と最後の頁 2869 ~ 2885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cs00848a	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 Kulkarni Ashish, Jena Ajay K., Ikegami Masashi, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 55
2. 論文標題 Performance enhancement of AgBi2I7 solar cells by modulating a solvent-mediated adduct and tuning remnant BiI3 in one-step crystallization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4031 ~ 4034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC00733D	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 Miyasaka Tsutomu, Kulkarni Ashish, Kim Gyu Min, Oz Senol, Jena Ajay K.	4. 巻 10
2. 論文標題 Perovskite Solar Cells: Can We Go Organic Free, Lead Free, and Dopant Free?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Energy Materials	6. 最初と最後の頁 1902500 ~ 1902500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aenm.201902500	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 Yang Lin, Dall'Agnese Chunxiang, Dall'Agnese Yohan, Chen Gang, Gao Yu, Sanehira Yoshitaka, Jena Ajay Kumar, Wang Xiao Feng, Gogotsi Yury, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 29
2. 論文標題 Surface Modified Metallic Ti3C2Tx MXene as Electron Transport Layer for Planar Heterojunction Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 1905694 ~ 1905694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.201905694	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 Li Na, Dall'Agnese Chunxiang, Zhao Wenjie, Duan Shengnan, Chen Gang, Sasaki Shin-ichi, Tamiaki Hitoshi, Sanehira Yoshitaka, Miyasaka Tsutomu, Wang Xiao-Feng	4. 巻 3
2. 論文標題 Bilayer chlorophyll derivatives as efficient hole-transporting layers for perovskite solar cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 2357 ~ 2362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9qm00377k	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 宮坂 力	4. 巻 88
2. 論文標題 ペロブスカイト太陽電池の発見の背景と学際研究の推進	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用物理	6. 最初と最後の頁 432-436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Jena Ajay Kumar, Kulkarni Ashish, Miyasaka Tsutomu	4. 巻 119
2. 論文標題 Halide Perovskite Photovoltaics: Background, Status, and Future Prospects	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Reviews	6. 最初と最後の頁 3036 ~ 3103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemrev.8b00539	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45件 (うち招待講演 30件 / うち国際学会 28件)

1. 発表者名 實平義隆、宮坂 力、早瀬修二
2. 発表標題 Cu, Cs を A サイトカチオンとするヨウ化銀ビスマス-ダブルペロブスカイトの太陽電池特性
3. 学会等名 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮坂 力、Guerrero N. B. Correa, and A. K. Jena
2. 発表標題 Phase purity and performance of silver bismuth iodide solar cells and impact of [Bi, I] intermediate complexes
3. 学会等名 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ludmila Cojocaru, A. K. Jena, and T. Miyasaka
2. 発表標題 Environment-friendly and high-stability n-i-p solar cells based on full inorganic bismuth absorber
3. 学会等名 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Jung, Z. Liu, M. Sotome, and T. Kondo
2. 発表標題 Vapor phase deposition of lead-free halide perovskite alloy CsSn _{1-x} Zn _x Br ₃ , part II
3. 学会等名 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Efficiency and stability development in hybrid and inorganic perovskite photovoltaic cells
3. 学会等名 Nobel Symposium NS191 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Jung, Z. Liu, M. Sotome, and T. Kondo
2. 発表標題 Vapor phase deposition of lead free halide perovskite alloy CsSn _{1-x} Zn _x Br ₃
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM NANO 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 實平義隆、宮坂力、早瀬修二
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤ配向膜を電子輸送層としたヨウ化銀ビスマス-ペロブスカイト太陽電池
3. 学会等名 応用物理学会 2023 年度春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Interfacial passivation engineering for high Voc perovskite PV cells
3. 学会等名 The 3rd Virtual Perovskite Conference 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Interfacial molecular engineering for minimizing voltage loss in perovskite photovoltaics
3. 学会等名 Gordon Research Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Interfacial engineering for hybrid and all-inorganic perovskite photovoltaic cells
3. 学会等名 2022 International Conference on Green Energy Technologies Taiwan Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 N. Saito, K. Sakaki, N. Shibayama, Y. Nakamura, M. Ikegami, and T. Miyasaka
2 . 発表標題 Observation of halide perovskite crystal growth process by in situ heating WAXS measurements
3 . 学会等名 International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 K. Sakaki, N. Saito, N. Shibayama, Y. Nakamura, M. Ikegami, and T. Miyasaka
2 . 発表標題 Degradation mechanism of halide perovskite crystals due to exposure to light and humidity
3 . 学会等名 International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 A. K. Jena, Z. Guo, N. Shibayama, and T. Miyasaka
2 . 発表標題 Silver bismuth halides and silver bismuth sulfides as Pb-free absorbers for perovskite solar cells
3 . 学会等名 International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Z. Guo, Ajay K. Jena, and T. Miyasaka
2 . 発表標題 High-Voc all-inorganic CsPbX ₃ perovskite solar cells", International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33)
3 . 学会等名 International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Development of halide perovskite photovoltaic devices towards high voltage performance
3. 学会等名 The 15th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Interfacial Engineering for High-voltage Performance of Perovskite Photovoltaic Cells
3. 学会等名 23rd International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy 2022 (IPS-23) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Materials and interface engineering for high performance halide perovskite photovoltaics
3. 学会等名 3-day International Conference on Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 無機ペロブスカイト半導体の光電変換における高電圧発電特性の開発
3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 ペロブスカイト半導体の光電変換における高電圧・高効率化の材料開発
3. 学会等名 応用物理学会2023年度春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Development of high-efficiency perovskite solar cells by silution printing processes
3. 学会等名 化学工学会第88回年会 国際シンポジウム IChES（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 ペロブスカイト光電変換素子の高電圧化とフレキシブルモジュール開発の取り組み
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村 大介、劉 子豪、五月女 真人、松下 智紀、近藤 高志
2. 発表標題 4元共蒸着法によるハロゲン化鉛ペロブスカイト型半導体の導電性制御
3. 学会等名 応用物理学会2023年度春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Engineering on high Voc perovskite photovoltaic cells and smart applications to IoT power devices
3. 学会等名 13th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV21) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 ペロブスカイト光電変換素子の機能材料開発と将来展開
3. 学会等名 日本化学会第11回CSJ化学フェスタ2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 G. Zhanglin, A. K. Jena, I. Takei, and T. Miyasaka
2. 発表標題 Voc over 1.4 V for amorphous tin oxide-based dopant-free CsPbI ₂ Br perovskite solar cells
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PacifiChem) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. K. Jena, I. Takei, and T. Miyasaka
2. 発表標題 Potential indoor applications of semitransparent Ag ₂ BiI ₅ solar cells with Voc approaching 0.9V
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PacifiChem) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Interfacial chemical modifications of perovskite photovoltaic cells for high voltage performance
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PacifiChem) 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Design of high voltage perovskite photovoltaic cells for indoor IoT devices
3. 学会等名 Online Meeting on Perovskite, Organic Photovoltaics and Optoelectronics (IPEROP22) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 ペロブスカイト太陽電池の実用化へ向けた取り組み
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会、CIPシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 實平 義隆, 宮坂 力, 早瀬 修二
2. 発表標題 電子輸送層の表面修飾によるハロゲン化銀ピスマスを用いた非鉛系ペロブスカイト太陽電池の高効率化
3. 学会等名 応用物理学会 第69回春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. K. Jena, Z. Guo, G. Kim, Y. Numata, A. Ishii, Y. Sanehira, M. Ikegami and T. Miyasaka
2. 発表標題 Beautiful bulk and dynamic interfaces of organic-inorganic and all-inorganic perovskite solar cells
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 ペロブスカイト太陽電池の効率と耐久性向上
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会、オンライン (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Next generation of perovskite PV with all-inorganic absorbers and dopant-free hole transporters
3. 学会等名 Asia-Pacific International Conference on Perovskite, Organic Photovoltaics and Optoelectronics (IPEROP) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Guo Zhanglin、宮坂 力
2. 発表標題 Improving VOC and Stabilizing Black Phase for Allinorganic CsPbX3 Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 Materials Research Meetings (MRM) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Progress of lead halide perovskite solar cells and next directions of research by compositional engineering
3. 学会等名 Materials Research Meetings (MRM) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Progress and future perspectives of photovoltaics based on organic inorganic halide perovskites
3. 学会等名 2019年光化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 ハライドペロブスカイトを用いる太陽電池の高効率化と耐久性開発
3. 学会等名 第38回電子材料シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Progress of lead halide perovskite solar cells and next directions of research with all inorganic perovskites
3. 学会等名 The 16th International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Next directions of compositional engineering in perovskite photovoltaics towards industrialization
3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. K. Jena、宮坂 力
2. 発表標題 Performance deterioration and stability Issues with organic-inorganic hybrid and all-inorganic perovskite solar cells
3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Current progress and next challenge of perovskite photovoltaics towards industrialization
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Stabilizing perovskite solar cells with MA-free/all inorganic absorbers and dopant-free carrier transporters
3. 学会等名 The 8th Sungkyun International Solar Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. K. Jena、宮坂 力
2. 発表標題 Performance deterioration and stability issues with organic-inorganic hybrid and all-inorganic perovskite solar cells
3. 学会等名 11th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Focusing key directions of perovskite photovoltaic R&Ds towards industrialization
3. 学会等名 11th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮坂 力
2. 発表標題 Present status and next important challenge of perovskite photovoltaics towards industrialization
3. 学会等名 MRS Spring Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 宮坂力	4. 発行年 2024年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 208
3. 書名 ペロブスカイト太陽電池: 光発電の特徴と産業応用 (化学の要点シリーズ)	

1. 著者名 Tsutomu Miyasaka	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Wiley-VCH	5. 総ページ数 480
3. 書名 Perovskite Photovoltaics and Optoelectronics: From Fundamentals to Advanced Applications	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 光電変換素子及び発電デバイス	発明者 宮坂力、郭章林、ア ジェイ クマー ジェナ、武井出	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-053883	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光電変換素子及び発電デバイス	発明者 宮坂力、郭章林、ア ジェイ クマー ジェナ、武井出	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-052035	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光電変換素子	発明者 宮坂力、郭章林、ア ジェイ クマー ジェナ、實平義隆、	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-073582	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

桐蔭横浜大学 宮坂研究室 論文・学会発表 https://www.cc.toin.ac.jp/sc/miyasaka/publication/index.html

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
研究 分 担 者	近藤 高志 (Kondo Takashi) (60205557)	東京大学・先端科学技術研究センター・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分 担 者	早瀬 修二 (Hayase Shuzi) (80336099)	電気通信大学・i-パワードエネルギー・システム研究センター・特任教授 (12612)	

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			
イタリア	National Research Council (CNR)	University of Catania		
中国	Jilin University			
ドイツ	University of Colone			
アルゼンチン	Centro Atómico Constituyentes, CNEA	Instituto de Nanociencia Nanotecnología		
英国	University of Edinburgh			