

屋内応用へ向けたペロブスカイト太陽電池の 高効率化に関する取り組み

Optimization of Perovskite Solar Cells Toward Indoor Applications

來福 至*, 浅田 智樹*, 石河 泰明*

1. はじめに

モノのインターネット (IoT) の普及に伴い、身の回りのエネルギーを利用して発電を行う環境発電素子が IoT デバイスの電源として注目されている。それに伴い、従来の屋外用途のみでなく、屋内でも利用可能な太陽電池への関心も高まっている。アモルファスシリコン (a-Si) 太陽電池が主に屋内用途の太陽電池として用いられている中で、さらに高効率化が可能な太陽電池として色素増感型太陽電池や有機薄膜太陽電池、およびペロブスカイト太陽電池に注目が集まっている。中でも変換効率の高さから、ペロブスカイト太陽電池が新たな屋内用太陽電池として期待されている。

ペロブスカイト太陽電池は光吸収層に金属ハライドペロブスカイト化合物を用いた太陽電池の総称であり、 ABX_3 の組成を有する化合物が主に用いられる¹⁾。ここで A は 1 価のカチオン、B は 2 価の金属カチオン、X は -1 価のハロゲン化物イオンである。この化合物の組成は比較的自由に調節することが可能であり、(1) 式に示す許容因子 (t) が $0.8 < t < 1.0$ に収まっているとペロブスカイト構造が安定な傾向にある²⁾。ここで r_A 、 r_B 、および r_X はそれぞれ A サイト、B サイト、および X サイトのイオン半径である。 $Cs_{0.05}(MA_{0.17}FA_{0.83})_{0.95}Pb(I_{0.83}Br_{0.17})_3$ (MA: メチルアンモニウム, FA: ホルムアミジニウム) のような一見複雑な化合物についても許容因子を計算するとおよそ 0.97 となり、実際に安定なペロブスカイトとして太陽電池にも用いられている³⁾。

$$t = \frac{r_A + r_X}{\sqrt{2}(r_B + r_X)} \quad (1)$$

ペロブスカイト化合物の特徴の一つとして、組成を制御することによりバンドギャップを調節するこ

とが可能な点が挙げられる。特に X サイトのヨウ素 / 臭素比を変えた時にバンドギャップが大きく変化し、 $MAPbX_3$ の系の場合、臭素含有量を増やすことにより、1.57 eV ($MAPbI_3$) から 2.33 eV ($MAPbBr_3$) までバンドギャップが広がる⁴⁾。従って、組成を制御することにより、光源のスペクトルに合わせたバンドギャップの調節が可能となる。

上述したバンドギャップの制御性や、疑似太陽光照射下において結晶シリコン太陽電池に匹敵する 26% の変換効率を達成している点、および材料やプロセスの選択によってフレキシブル基板上への作製が可能である点などから、ペロブスカイト太陽電池は屋内用太陽電池として高いポテンシャルを有しているもの考えられる⁵⁻⁶⁾。本稿ではペロブスカイト太陽電池のデバイス構造、ペロブスカイト化合物の組成制御、および電子輸送層の材料物性に着目した低照度環境下におけるペロブスカイト太陽電池の高効率化に関する取り組みを紹介する⁷⁻⁹⁾。

2. 実験方法

2.1 デバイス構造による照度依存性の変化

図 1 に示すように、ペロブスカイト太陽電池のデバイス構造は多孔質酸化層の有無によりメソポーラス構造およびプラナー構造に大別される。電子輸送層として酸化チタンを用いた太陽電池を作製し、それぞれの太陽電池の照度依存性を測定することにより、デバイス構造による特性の変化について検討を行った。

評価用の試料として、透明導電性膜 (TCO) 付き基板 / 電子輸送層 / ペロブスカイト層 / 正孔輸送層 / 金電極の構造を有するペロブスカイト太陽電池を作製した。ペロブスカイト層には $MAPbI_3$ 、正孔輸

* 青山学院大学理工学部電気電子工学科

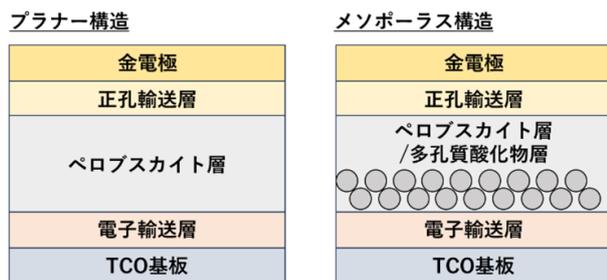


図1 ペロブスカイト太陽電池のデバイス構造

送層には Spiro-OMeTAD を用いた。プラナー構造では緻密酸化チタン層(compact-TiO₂)を電子輸送層として用い、メソポーラス構造では compact-TiO₂ 層の上にメソポーラス酸化チタン(mp-TiO₂)層を積層したものを電子輸送層として用いた。作製した太陽電池を AM 1.5G スペクトル照射下、様々な光強度下で測定を行うことにより評価した。光強度の調節は光源と試料の間に ND フィルターを挿入することにより行った。

2.2 ペロブスカイトの組成制御による高効率化

ペロブスカイト化合物の組成を変化させることにより、バンドギャップの調節を行うことが可能である。本実験では X サイトのヨウ素 / 臭素比率を変化させたペロブスカイト薄膜を光吸収層として用いた太陽電池を作製し、AM 1.5G 照射下および蛍光灯 (200 lx, 65 μW/cm²) 照射下における特性の比較を行った。デバイス構造は TCO/compact-TiO₂/mp-TiO₂/ペロブスカイト層/Spiro-OMeTAD/金電極とした。ペロブスカイト層には臭素含有量の異なる 3 カチオンペロブスカイト、Cs_{0.05}FA_{0.79}MA_{0.16}Pb(I_{0.84}Br_{0.16})₃(pero-Br16) および Cs_{0.05}FA_{0.79}MA_{0.16}Pb(I_{0.50}Br_{0.50})₃(pero-Br50) を用いた。

2.3 電子輸送層材料による特性の変化

ペロブスカイト太陽電池の電子輸送層として金属酸化物が主に用いられており、TiO₂ および SnO₂ が代表的な材料として用いられている。この二種類の材料を比較すると電荷輸送の機構に違いが見られる。TiO₂ 中では Ti の 3d 軌道によって電荷が輸送される一方、SnO₂ 中では Sn の 5s 軌道によって電荷が輸送されることが知られている¹⁰⁾。軌道の形状から s 軌道の方が軌道の重なりを生じやすく、結晶状態のキャリア輸送阻害が抑制されるという特徴を有している。この電荷輸送機構の違いに着目し、TiO₂ および SnO₂ を電子輸送層として用いた太陽電池の低照度特性の比較を行った。デバイス構造は TCO/電子輸送層/ペロブスカイト層/Spiro-OMeTAD/金電極とし、ペロブスカイト層には 3カ

チオンペロブスカイト(Cs_{0.09}FA_{0.81}MA_{0.10}Pb(I_{0.9}Br_{0.1})₃)を用いた。作製した太陽電池の照度依存性について AM 1.5G スペクトル照射下において比較検討を行った。

3. 結果と考察

3.1 デバイス構造による照度依存性の変化

メソポーラス構造のペロブスカイト太陽電池の開放電圧 (V_{OC}) の照度依存性を図 2 に示す。1 sun 条件下 (100 mW/cm²) における V_{OC} の値を基準として規格化した値を示している。また、同図に結晶シリコン(c-Si)太陽電池およびアモルファスシリコン(a-Si)太陽電池の V_{OC} についても示している。図 2 より、c-Si 太陽電池の V_{OC} は低照度条件下において急激に低下することが分かる。太陽電池の V_{OC} は以下の近似式で与えられる。

$$V_{OC} \approx \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{J_{SC}}{J_0} \right) \quad (2)$$

ここで q は電荷素量、k はボルツマン定数、T は絶対温度、J₀ は飽和電流である。飽和電流はキャリア寿命の低下により増加するため、キャリア寿命の低下により V_{OC} の低下が引き起こされる。c-Si 太陽電池のキャリア寿命は低照度環境のような低注入状態において著しく低下することから、低照度環境下において V_{OC} の大幅な低下が見られたものと考えられる¹¹⁾。

一方で、すでに屋内用途に応用されている a-Si 太陽電池は 0.1 mW/cm² の条件下において、1 sun 条件下の約 70% の V_{OC} を維持可能であることが確認された。メソポーラス構造型ペロブスカイト太陽電池についても a-Si 太陽電池と同様に、0.1 mW/cm² の条件下において、1 sun 条件下の約 70% の V_{OC} を維持可能であることが確認された。ペロブスカイト太陽電池と a-Si 太陽電池を比較すると、これまでに

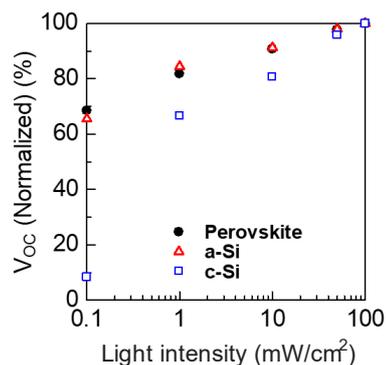


図2 太陽電池の V_{OC} の照度依存性

報告されている変換効率はペロブスカイト太陽電池 (26.0%) の方が a-Si 太陽電池 (10.2%) よりも高いことから, ペロブスカイト太陽電池は a-Si よりも高出力な屋内太陽電池として利用可能であると期待される。

次に, プラナー型ペロブスカイト太陽電池について, 同様に照度依存性に関する検討を行った。図 3 (a) にプラナー型およびメソポーラス型ペロブスカイト太陽電池の V_{OC} の照度依存性を示す。検討の結果, 0.1 mW/cm^2 の条件下において, プラナー構造はメソポーラス構造よりも高い V_{OC} を維持可能であることが明らかとなった。

ペロブスカイト太陽電池の電子輸送層として広く用いられている酸化チタンは本来導電率の低い材料であるが, 電荷によってトラップサイトが埋められることによって導電率が改善されることが報告されている¹²⁻¹³⁾。低照度環境においてはトラップサイトを埋めるのに十分な電荷が生成せず, 酸化チタンが抵抗となって太陽電池の特性を低下させた可能性が考えられる。プラナー型およびメソポーラス型ペロブスカイト太陽電池の直列抵抗を比較すると, 図 3(b) に示す様に低照度になるにつれてメソポーラス型の直列抵抗が大幅に増加することが確認された。これらの結果より, 低照度用途に向けたペロブスカイト太陽電池において, 内部抵抗が低くなるような構造や材料を用いることが重要である可能性が示唆された。

メソポーラス型ペロブスカイト太陽電池は一般的にメソポーラス酸化物層の形成に 450°C 以上の高温焼成が必要となるため, フレキシブル基板上への作製は困難である。一方でプラナー型ペロブスカイト太陽電池は電荷輸送層の選択により低温プロセスが可能であり, フレキシブル基板上への作製も可能であることから, 屋内用途のみでなく, 様々な応用先が期待される。

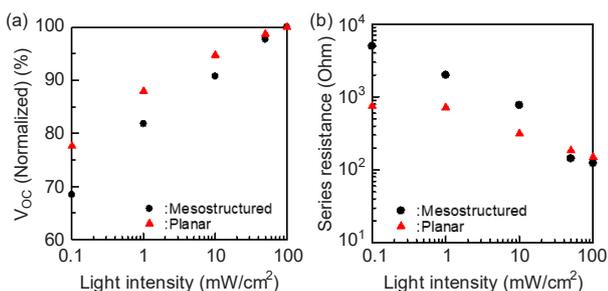


図 3 プラナー型およびメソポーラス型ペロブスカイト太陽電池の (a) V_{OC} および (b) 直列抵抗の照度依存性

3.2 ペロブスカイトの組成制御による高効率化

一般的な屋内照明として用いられている蛍光灯や白色 LED は屋外光と大きく異なる発光スペクトルを有している。屋内照明には 700 nm 以上の長波長成分がほとんど含まれていないため, 光吸収層の最適なバンドギャップは AM1.5 G スペクトル照射下における最適値よりも大きな値となる。1章で述べたように, ペロブスカイト薄膜のバンドギャップは組成を制御することにより調節することが可能であるため, これまでの太陽電池にないアプローチでの高効率化が期待される。本実験では 2 種類の異なる Br 含有量を有するペロブスカイト薄膜を光吸収層として用いたペロブスカイト太陽電池を作製し, AM1.5 G スペクトル照射下および蛍光灯照射下における特性の評価を行った。

図 4(a) に本実験に用いた蛍光灯の発光スペクトルを示す。短絡電流密度 (J_{SC}) の損失を抑えつつ, V_{OC} を最大化するため, 700 nm 付近に吸収端を持つペロブスカイト薄膜の作製およびデバイス応用を行った。一般的に AM 1.5G スペクトル照射下で用いられている $\text{Cs}_{0.05}\text{FA}_{0.79}\text{MA}_{0.16}\text{Pb}(\text{I}_{0.84}\text{Br}_{0.16})_3$ (pero-Br16) のヨウ素 / 臭素比を 0.5:0.5 (pero-Br50) とすることにより, 680 nm に吸収端を有するペロブスカイト薄膜が得られた。この薄膜を光吸収層に用いた太陽電池を作製し, 外部量子効率 (EQE) 測定を行った。図 4(b) にそれぞれの太陽電池の EQE スペクトルを示す。組成を変えた場合にも, 光吸収層の吸収可能な波長領域においては同程度の EQE を示すことが確認された。

作製したペロブスカイト太陽電池の評価を蛍光灯 (200 lx , $65 \mu\text{W/cm}^2$) 照射下において行った。表 1 に pero-Br16 および pero-Br50 を光吸収層として用いた太陽電池の特性を示す。表 1 に示すように, 光源の発光スペクトルに合わせたバンドギャップ制御により, J_{SC} の低下を引き起こさずに V_{OC} および変換効率 (PCE) の改善が可能であることが確認され

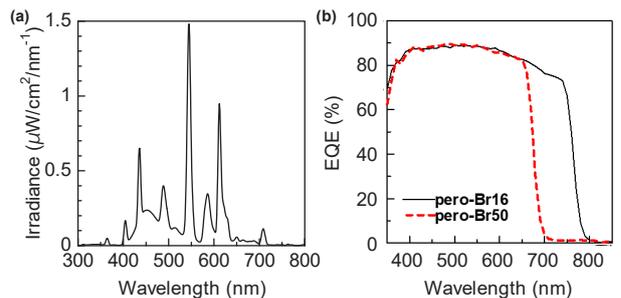


図 4 (a) 本実験に用いた蛍光灯の発光スペクトル, (b) pero-Br16 および pero-Br50 の EQE スペクトル

表1 蛍光灯照射下におけるペロブスカイト太陽電池の特性

Pero-	J_{SC} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	V_{OC} (V)	FF	PCE (%)
Br16	30.53	0.778	0.742	27.1
Br50	31.02	0.815	0.780	30.3

表2 1 sun 条件下におけるペロブスカイト太陽電池の特性

Pero-	J_{SC} (mA/cm^2)	V_{OC} (V)	FF	PCE (%)
Br16	20.72	1.033	0.730	15.8
Br50	15.19	1.026	0.634	9.9

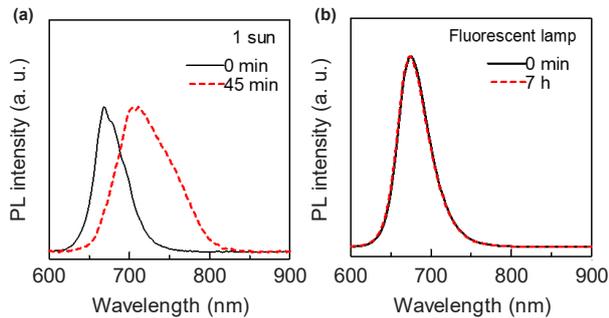


図5 (a) 疑似太陽光 ($100\text{mW}/\text{cm}^2$) および (b) 蛍光灯 ($0.7\text{mW}/\text{cm}^2$) 照射による pero-Br50 薄膜の PL スペクトルの変化

た. 表2に1 sun 条件下における特性を示す. 蛍光灯照射下とは異なり J_{SC} が低下しているほか, 曲線因子(FF)にも低下が見られた.

1 sun 条件下における FF の低下はペロブスカイト薄膜中の相分離に由来するものと考えられる. 相分離とはペロブスカイト薄膜に光照射を行った際に, 薄膜中においてヨウ素リッチ (I-rich) な領域と臭素リッチ (Br-rich) な領域が生成する現象であり, ある一定以上の臭素を含有するペロブスカイト薄膜において見られる現象である¹⁴⁾. 相分離が発生すると I-rich 領域が再結合サイトとなり, 太陽電池の特性を低下させる. 図5(a) に pero-Br50 薄膜に対して疑似太陽光を照射した際のフォトルミネッセンス (PL) スペクトルの変化を示す. 光照射は大気中, 室温条件下で行った. 光照射前はバンドギャップに相当する 680 nm 付近にピークが見られたが, 光照射後にピーク位置が長波長側へシフトすることが確認された. この PL ピークシフトは I-rich 領域の形成を示しており, 1 sun 条件下において pero-Br50 薄膜中で相分離が発生することが確認された.

蛍光灯照射下で同様の検討を行った. 図5(b) に pero-Br50 薄膜に対して強度 $0.7\text{mW}/\text{cm}^2$ の蛍光灯を用いて光照射を行った際の PL スペクトルの変化

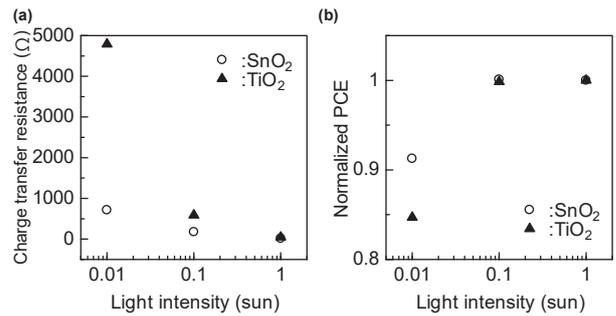


図6 電子輸送層による (a) 電荷輸送抵抗および (b) 変換効率 (PCE) の照度依存性の変化

を示す. 疑似太陽光照射下と異なり, 蛍光灯照射下においては7時間光照射を行った場合にも PL ピークのシフトが確認されなかったことから, 光源や光強度によっては相分離が発生しない可能性が示唆された. これらの結果より, Br 含有量の調節によるバンドギャップ制御は屋内環境におけるペロブスカイト太陽電池の高効率化において有用な手法であると期待される.

3.3 電子輸送層材料による特性の変化

2章で述べたように, ペロブスカイト太陽電池の電子輸送層として TiO_2 および SnO_2 が広く用いられている. この2種類の材料を比較すると, 材料中での電荷輸送機構に違いが見られる. TiO_2 中では Ti の 3d 軌道によって電荷が輸送される. 3d 軌道はその形状から, 原子が規則正しく配列していない場合軌道同士が重なりにくくなり, 電荷の輸送に影響を及ぼすと考えられる. 一方で SnO_2 中では Sn の 5s 軌道によって電荷が輸送される. 5s 軌道は球状であるため原子の配列によらずに軌道が重なりやすく, アモルファス状態でも効率良く電荷を輸送することが知られている¹⁵⁻¹⁶⁾. 低照度環境においてはキャリアの数が1 sun 条件下と比較して少ないため, 結晶状態によらず効率良く電荷の輸送が可能な SnO_2 が電子輸送層として適している可能性が考えられる. 本実験では電荷輸送機構の違いに着目し, TiO_2 および SnO_2 を電子輸送層として用いたペロブスカイト太陽電池の低照度特性の比較を行った.

TiO_2 および SnO_2 を電子輸送層として用いたペロブスカイト太陽電池の電荷輸送抵抗の比較を行った. 本検討では低臭素含有量ペロブスカイト ($\text{Cs}_{0.09}\text{FA}_{0.81}\text{MA}_{0.10}\text{Pb}(\text{I}_{0.9}\text{Br}_{0.1})_3$) を光吸収層として用いた. 図6(a) に電荷輸送抵抗の照度依存性を示す. 電荷輸送抵抗は AM 1.5G スペクトル照射下でインピーダンス測定を行うことにより算出した. 1 sun 条件下において電子輸送層材料によって電荷輸

送抵抗に大きな差は見られなかったが、照度が低下するにつれ TiO_2 を用いた太陽電池の電荷輸送抵抗が SnO_2 を用いたものよりも大幅に増加することが確認された。

原子間力顕微鏡により電子輸送層表面の表面粗さを測定した結果、 TiO_2 および SnO_2 表面の二乗平均粗さはそれぞれ 1.82 nm および 1.56 nm であり、大きな差が無いことが確認された。また、電子輸送層上に成膜を行うペロブスカイト層について走査型電子顕微鏡および X 線回折測定により評価を行った結果、電子輸送層の種類によって表面形状や粒径、および結晶性にほとんど変化が無いことが確認された。以上の結果より、電子輸送層材料による電荷輸送抵抗の照度依存性の差は材料の電荷輸送機構に由来するものと考えられる。

次に電子輸送層材料による、変換効率の照度依存性の変化について検討を行った。図 6(b) に TiO_2 および SnO_2 を電子輸送層として用いた際の変換効率の照度依存性を示す。図 6(b) では 1 sun における変換効率を基準として規格化した値を示している。 TiO_2 および SnO_2 を用いた太陽電池を比較すると、0.01 sun の条件下で SnO_2 を用いた太陽電池は TiO_2 を用いたものと比較して、低照度環境下において変換効率の維持率が高いことが確認された。0.01 sun 条件下で SnO_2 を用いた太陽電池の変換効率は 15.2%、 TiO_2 を用いたものでは 13.6% であり、絶対値について比較を行った場合にも SnO_2 を用いた太陽電池がより高い値を示すことが確認された。より低い光強度条件下においても同様の傾向を示しており、1000 lx の白色 LED (0.3 mW/cm^2) 照射下において TiO_2 を用いた太陽電池は 22.5% の変換効率を示したのに対し、 SnO_2 を用いたものは 27.7% と、より高い変換効率を示すことが確認された。以上の結果より、屋内用ペロブスカイト太陽電池の開発において、デバイス構造のみでなく、材料物性に着目した電荷輸送材料の選択が重要であることが示唆された。

4. 結論

本研究では屋内用途に向けたペロブスカイト太陽電池の高効率化について、(1) デバイス構造、(2) 光吸収層の組成、(3) 電荷輸送材料の材料物性、これらの 3 つの観点から検討を行った。メソポーラス型およびプラナー型ペロブスカイト太陽電池の照度依存性を比較することにより、多孔質 TiO_2 層が内部抵抗として働くことから、多孔質 TiO_2 層を含ま

ないプラナー構造が低照度用途に適していることを明らかとした。ペロブスカイト薄膜の臭素含有量を増加させ、光源に合ったバンドギャップに調節することによって高効率化が可能であることを示した。また、1 sun 条件下においては変換効率を低下させる要因となる相分離が屋内照明下では発生しないことが確認され、薄膜の組成制御によるバンドギャップ制御が屋内環境におけるペロブスカイト太陽電池の高効率化において有用な手法であることを示した。さらに、異なる電子輸送層材料を用いて太陽電池を作製し、特性を比較することによって低照度環境においては材料中の電荷輸送メカニズムに着目した材料選択の重要性を示した。これらの知見は屋内応用に向けたペロブスカイト太陽電池の開発において重要な知見になるものと考えられる。

参考文献

- 1) A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, and T. Miyasaka, Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells, *J. Am. Chem. Soc.* **131**, 6050-6051 (2009).
- 2) P.-Y. Lin, I. Raifuku, M.-H. Li, P. Chen *et al.*, Pseudo-Halide Perovskite Solar Cells, *Adv. Energy Mater.* **11**, 2100810 (2021).
- 3) M. Saliba, T. Matsui, J.-Y. Seo, K. Domanski, J.-P. C. Baena *et al.*, Cesium-containing triple cation perovskite solar cells: improved stability, reproducibility and high efficiency, *Energy Environ. Sci.* **9**, 1989-1997 (2016).
- 4) I. E. Castelli, J. M. G. Lastra, K. S. Thygesen, and K. W. Jacobsen, Bandgap calculations and trends of organometal halide perovskites, *APL Mater.* **2**, 081514 (2014).
- 5) Y. Zhao, F. Ma, Z. Qu, S. Yu, T. Shen *et al.*, Inactive $(\text{PbI}_2)_2\text{RbCl}$ stabilizes perovskite films for efficient solar cells, *Science* **377**, 531-534 (2022).
- 6) L. J. Sutherland, D. Vak, M. Gao, T. A. N. Peiris, J. Jasieniak *et al.*, *Adv. Energy Mater.* **12**, 2202142 (2022).
- 7) I. Raifuku, Y. Ishikawa, S. Ito, and Y. Uraoka, Characteristics of Perovskite Solar Cells under Low-Illuminance Conditions, *J. Phys. Chem. C* **120**, 18986-18990 (2016).
- 8) I. Raifuku, Y. Ishikawa, Y.-H. Chiang, P.-Y. Lin, P.

- Chen *et al.*, Segregation-free bromine-doped perovskite solar cells for IoT applications, *RSC Adv.* **9**, 32833-32838 (2019).
- 9) 浅田智樹, 村田文浩, 来福至, 石河泰明, 電子輸送層がペロブスカイト太陽電池の低照度特性に及ぼす影響, 「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム(日本太陽光発電学会学術講演会)予稿集, (2023年7月), 40, 京都府京都市.
- 10) J. Kim, K. S. Kim, and C. W. Myung, Efficient electron extraction of SnO₂ electron transport layer for lead halide perovskite solar cell, *NPJ Comput. Mater.* **6**, 100 (2020).
- 11) A. G. Aberle, Crystalline Silicon Solar Cells Advanced Surface Passivation and Analysis, Center for Photovoltaic Engineering, University of New South Wales, Sydney, Australia (1999).
- 12) A. Solbrand, A. Henningsson, S. Sodergren, H. Lindstrom, A. Hagfeldt, and S.-E. Lindquist, Charge Transport Properties in Dye-Sensitized Nanostructured TiO₂ Thin Film Electrodes Studied by Photoinduced Current Transients, *J. Phys. Chem. B* **103**, 1078-1083 (1999).
- 13) P. M. Sommeling, H. C. Rieffe, J. A. M. Roosmalen, A. Schonecker, J. M. Kroon *et al.*, Spectral response and IV-characterization of dye-sensitized nanocrystalline TiO₂ solar cells, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **62**, 399-410 (2000).
- 14) M. C. Brennan, S. Draguta, P. V. Kamat, and M. Kuno, Light-Induced Anion Phase Segregation in Mixed Halide Perovskites, *ACS Energy Lett.* **3**, 204-213 (2018).
- 15) J. Srivastava, S. Nahas, S. Bhowmick, and A. Gaur, Electronic structure and transport in amorphous metal oxide and amorphous metal oxynitride semiconductors, *J. Appl. Phys.* **126**, 125702 (2019).
- 16) T. Matsuda, K. Umeda, Y. Kato, D. Nishimoto, M. Furuta, and M. Kimura, Rare-metal-free high-performance Ga-Sn-O thin film transistor, *Sci. Rep.* **7**, 44326 (2017).

著者略歴



来福 至 (ライフク イタル)

青山学院大学理工学部助教。2019年奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了, 博士号(工学)取得。台湾・国立成功大学博士研究員, 奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科助教を経て2023年4月より現職。主にペロブスカイト太陽電池の研究開発に従事。



浅田 智樹 (アサダ トモキ)

2022年3月青山学院大学理工学部電気電子工学科卒業。同年4月から青山学院大学理工学研究科電気電子学コースに博士前期課程学生として在籍。主に電子輸送層材料の電荷輸送機構に着目した研究に従事。



石河 泰明 (イシカワ ヤスアキ)

青山学院大学理工学部教授。2003年博士(工学)(奈良先端科学技術大学院大学)。ドイツ・シュトゥットガルト大学博士研究員, 米国トレド大学博士研究員, シャープ株式会社, 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科准教授, 青山学院大学理工学部准教授を経て, 2023年4月より現職。主に太陽電池の研究開発に従事。