

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03532

研究課題名(和文) 多接合型ペロブスカイト太陽電池を用いた高効率光無線給電システムの実現

研究課題名(英文) Development of high efficiency optical wireless power transmission system using multi-junction perovskite solar cells

研究代表者

宮島 晋介 (Shinsuke, Miyajima)

東京工業大学・工学院・准教授

研究者番号：90422526

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,900,000円

研究成果の概要(和文)：高効率光無線給電システムの実現を目指し、ワイドギャップペロブスカイト材料を光吸収層に用いた受光器の作製に関する検討を行った。出力電圧の高い2接合型受光器の構築のため、デバイスシミュレーションにより構造の最適化を行った。また、CsPbBr<sub>3</sub>およびCH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub>を光吸収層材料として検討し、光導電率0.0001 S/cm台(光感度>10000)を有する良好な薄膜の形成に成功した。これらの材料を受光器の光吸収層に用いた結果、青色LED光に対して20%を超える変換効率を実現した。その一方で、受光器の2接合化には熱耐性のある正孔輸送層材料を用いる必要があることも明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で着目している光無線給電システムは、遠距離への無線給電が可能であり、ドローンなどへの給電技術として期待されている。ただし、現状では受光器の変換効率が給電効率を制限している状況にあり、理論変換効率の高いワイドギャップ材料を用いた受光器の開発が望まれている。これまでにほとんど検討が行われたことのないワイドギャップ受光器の開発を行い、今後の改善方針を示した点が本研究の意義である。

研究成果の概要(英文)：Optical power converters with widegap perovskite materials were investigated to develop high efficiency optical wireless power transmission system. We optimized the structure of a tandem optical power converter with high output voltage by using device simulation. We also investigated CsPbBr<sub>3</sub> and CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub> as light absorbing materials for the optical power converter. We successfully deposited CsPbBr<sub>3</sub> and CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub> films with photoconductivity of about 0.0001 S/cm and photosensitivity of about 10000. A relatively high conversion efficiency of about 20% for a blue LED light source was realized by using these materials. On the other hand, our study showed that it is important to use a hole transport material with high thermal stability to realize the tandem optical power converter.

研究分野：半導体材料

キーワード：光無線給電 OWPT ペロブスカイト材料 ワイドギャップ材料 受光器 太陽電池

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ワイヤレス給電は様々な応用が期待される重要な技術である。図1に代表的なワイヤレス給電技術の位置づけを示す。スマートフォンなどの電子デバイスや電気自動車への応用に向けては、短距離での伝送効率の高い電磁誘導方式や磁界共鳴方式が本命視されている。ただし、これらの手法は高周波を用いているため、高周波の減衰が大きい場所(水中など)や漏えい高周波が悪影響を及ぼすような場所での使用は難しい。さらに、数 m 以上の長距離での伝送効率が低いという欠点も有している。このように高周波を用いるワイヤレス給電が苦手とする応用分野向けの技術として、光を用いたワイヤレス給電「光無線給電」が注目されつつある。

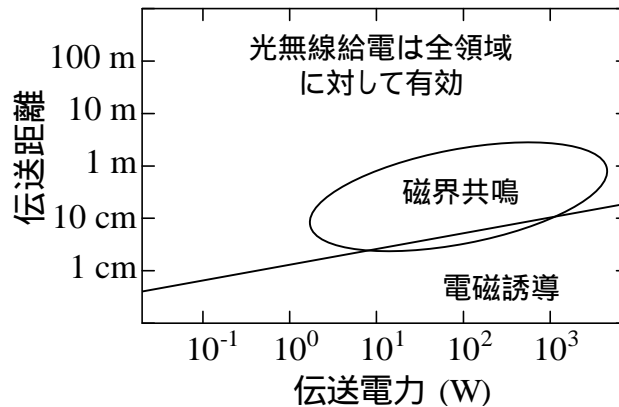


図1 各種ワイヤレス給電技術

光無線給電は、光源(レーザーやLEDなど)と太陽電池を組み合わせることで実現が可能である。アイデア自体は古くからあり、日本では JAXA により宇宙太陽光利用システムに向けた検討が行われてきた。また、ポータブルサイズのデバイスについては、2015年にイスラエルのベンチャー企業である Wi-Charge 社が、赤外線ビームを用いて 10 W の電力を 9 m 以上伝送する機器の開発を報告している。

上記の先行研究では、光電変換素子にシリコン太陽電池、光源に赤外光レーザーを用いている。波長 1000 nm 程度の単色光を使用した場合、シリコン太陽電池の理論変換効率は約 60% 程度となる。Knapczyk らは電力変換効率 70% の半導体レーザーを報告しており、両者の積である 40% 程度が現状の光無線給電の伝送効率上限となる。着実に研究が進みつつある光無線給電技術であるが、実用化に向けては伝送効率の改善が必要不可欠である。そのためには、ボトルネックである太陽電池側の改善が急務であるが、光無線給電の観点に立った太陽電池の検討はほとんど行われていない。

本研究に先立ち、太陽電池の光吸収層の禁制帯幅と単色光の変換効率上限の関係について理論的な検討を行った結果、禁制帯幅の増加とともに理論変換効率が向上することが明らかとなった。光強度が太陽光の 10 倍程度(1 W/cm<sup>2</sup>)の場合、禁制帯幅 2.0 eV 以上での理論変換効率は 80% 以上となる。このようなワイドバンドギャップかつ光電変換特性に優れた材料には、ペロブスカイト材料がある。近年開発が急速に進められているペロブスカイト太陽電池は、多結晶材料を用いているにも関わらず、単結晶材料を用いた太陽電池と同等の低い電圧ロスを示す。さらに、組成を調整することにより、禁制帯幅を約 2.0 eV 以上に増加させることが可能である。よって、ワイドギャップペロブスカイト材料は、高効率な光無線給電用の受光器材料の候補となる。

また、様々な電子機器を光無線給電により動作させるためには、3-5 V 程度の出力電圧が必要であり、受光器を直列接続したモジュールが必要となる。ただし、モジュールに均一に光照射できない場合、光電変換時のロスが大きくなるため、光源側の設計が複雑になるという問題がある。また、モジュールを構成する太陽電池間の接続部が発電に寄与せず、変換効率が低下する。これらの問題を解決するためには、3 V から 5 V の電圧を出力できる受光器が必要である。これを実現するための技術が多接合化であり、多接合型のワイドギャップペロブスカイト受光器の開発が重要となる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は「光無線給電に適した光電変換素子と高効率光無線給電の実現」である。光電変換素子(太陽電池)とレーザーを用いた光無線給電方式は、高周波を用いないこと、長距離の電力伝送が可能なこと、水中でも使用可能なことなどの特徴を有している。しかし、伝送効率の低さが現在の課題となっている。そこで本研究では、多接合型ペロブスカイト太陽電池を光無線給電用の受光器として用いることを提案している。電圧ロスが非常に小さい、大きな禁制帯幅を有する光吸収層の適用が可能、というペロブスカイト太陽電池の特徴を利用することにより、高

効率的な光無線給電用光電変換素子を実現することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、高効率な光無線給電に適した特性を有するペロブスカイト太陽電池を実現し、高効率光無線給電の可能性を示すことを目的としている。はじめに、デバイスシミュレーションによりデバイスの最適設計を行うとともに、素子の高効率化に重要となる禁制帯幅の大きな光吸収層材料の開発を行った。次に単接合型のデバイスの構築と光無線給電特性の評価を行い、最後に多接合化にむけた検討を行った。

#### 3.1 デバイスシミュレーションによるデバイスの最適設計

平坦基板上に形成したワイドギャップペロブスカイト膜の特性評価を行い、その結果を用いてデバイスシミュレーションモデルを構築し、デバイス構造の最適化を行った。多接合デバイスにおいては、トップセル（光源側に近い1段目の太陽電池）とボトムセル（2段目の太陽電池）の出力電流をマッチングさせることが高効率化のために重要であるため、デバイスシミュレーションにより最適な膜厚を決定する。また、作製したデバイスの特性をデバイスシミュレーションにより解析した。

#### 3.2 ワイドバンドギャップペロブスカイト材料の開発

太陽電池用として研究の進んでいる有機無機ペロブスカイト材料( $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 系材料)のバンドギャップは1.6 eV程度であるが、光無線給電の高効率化には2.0 eV以上の禁制帯幅が必要である。そこで、臭素(Br)を添加することにより、禁制帯幅の大きなペロブスカイト材料の作製を行い、その高品質化を行った。膜形成にはこの分野で一般的なスピコート法を基礎にした方法を用いた。また、より大気安定性に優れた無機ペロブスカイト材料である $\text{CsPbBr}_3$ の可能性についても並行して検討した。この材料の形成には真空蒸着法を用いた。

#### 3.3 ワイドバンドギャップペロブスカイト材料を用いた受光器の特性評価

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  および  $\text{CsPbBr}_3$  を光吸収層に用いた受光器を作製しその特性を評価した。初めに、単色光ではなく疑似太陽光照射下での特性評価(太陽電池としての特性評価)を行い、デバイス特性の制限要素を検討した。作製した受光器の構造は、ガラス/FTO/ $\text{TiO}_2$ / $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  もしくは  $\text{CsPbBr}_3$ /正孔輸送層(spiro-OMeTAD もしくは P3HT)/Au である。疑似太陽光照射下で比較的良好な特性を示したデバイスについては、LEDによる単色光照射を行い、光無線給電用受光器としての特性評価を行った。

### 4. 研究成果

#### 4.1 デバイスシミュレーションによるデバイスの最適設計

光無線給電に適したワイドギャップペロブスカイト材料を用いた受光器の設計を行うために、蒸着法により作製した平坦な $\text{CsPbBr}_3$ 薄膜の光学特性を測定し、それをもとにデバイスシミュレーションを行った。初めに単接合デバイスのシミュレーションを行い、拡散長が十分に長い(8  $\mu\text{m}$ 程度)  $\text{CsPbBr}_3$ 薄膜が実現できた場合には、520 nmの単色光(光強度は太陽光とほぼ同等)に対して約75%のエネルギー変換効率が得られることが明らかとなった。ただし、 $\text{CsPbBr}_3$ に最適な波長(520 nm)においては、変換効率の高い光源が現状では存在しない。そこで、比較的変換効率の高い青色LED波長(450 nm程度)に対しても同様にシミュレーションを行った。光源を短波長化することによりデバイス内での熱損失が増加し変換効率が低下するものの、拡散長の長い $\text{CsPbBr}_3$ 薄膜を用いた場合には約60%程度の変換効率が見込めることが明らかとなった。また、光強度を10倍に増加させることにより、変換効率が65%程度まで向上することも明らかとなった。これらの結果は、良質な $\text{CsPbBr}_3$ 薄膜を作製できれば、比較的変換効率の高い受光器の作製が可能であることを示している。また、2接合デバイスに関するデバイスシミュレーションについても検討を行った。青色LED波長の光源を仮定した場合、トップセルの膜厚を70 nm程度、ボトムセルの膜厚を650 nm程度とすることにより電流マッチングが可能であり、最適動作点において3.5 Vの出力電圧が期待できるという結果が得られた。ただし、図2に示すように、 $\text{CsPbBr}_3$ 薄膜のキャリア拡散長が小さくなるとデバイスの特性(特にフィルファクター)が大きく低下することも明らかとなった。

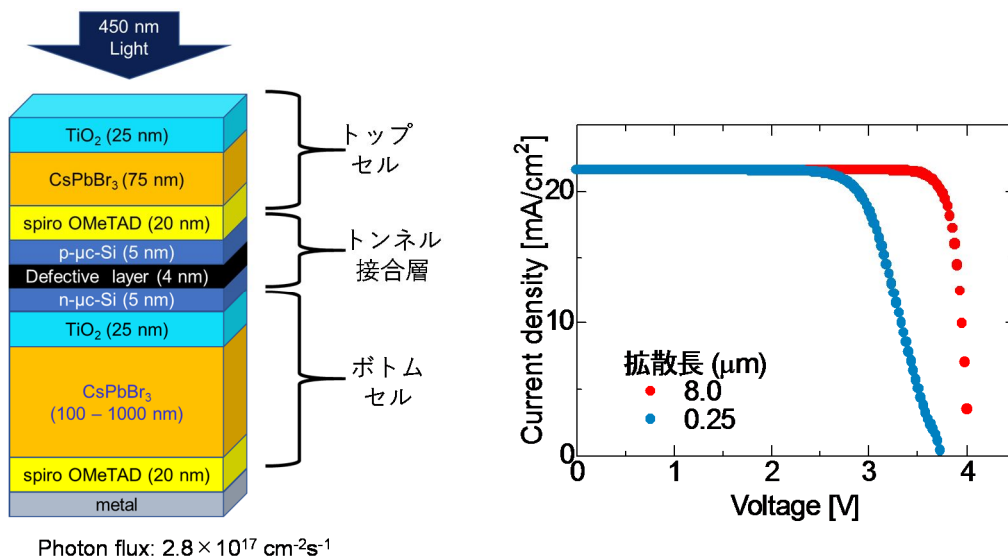


図2 シミュレーションに用いた構造(2接合デバイス)とその特性

#### 4.2 ワイドバンドギャップペロブスカイト材料の開発

本研究ではバンドギャップ約 2.3 eV の  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  を受光器の光吸収層の候補材料として検討した。アンチソルベント法の製膜条件を調整することにより、ガラス基板及び  $\text{TiO}_2$  上にピンホールの少ない  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  層を形成することに成功した。ガラス基板上に形成した  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  層は  $10^{-4}$  S/cm 台と高い光導電率(光感度  $> 10^4$ )を示し、光電変換材料として優れた特性を有していることが明らかとなった。この  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  層を受光器(ガラス/FTO/ $\text{TiO}_2$ / $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ /spiro-OMeTAD/Au)に適用した結果、疑似太陽光下での変換効率として約 4%程度の値が得られた。この疑似太陽光下での変換効率は他の機関の報告値に比べるとまだ低いものの、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  の光無線給電用受光器応用の検討のための、基礎的なデバイスの構築に成功した。受光器の更なる特性改善のため、受光器への Li 処理の適用を検討した。Li 処理は  $\text{TiO}_2$  層堆積後に Li-TFSI 溶液をスピンコートし、大気中で焼成することにより行った。PL 測定より、Li 処理を施すとバンド内準位を介する長波長側の発光が弱くなりバンド間発光が支配的になっていることが明らかとなった。これはペロブスカイト層の欠陥や粒界、界面での再結合が抑制されている可能性を示唆している。導電率測定の結果、暗導電率の低下による光感度の向上が確認された。一定光電流法によるサブギャップ吸収測定の結果からは、Urbach Energy の低減も確認された。これらの結果から Li 処理によって、電子輸送層/ペロブスカイト層界面状態の改善だけでなく、ペロブスカイト層の欠陥抑制やパッシベーション効果が存在することが推測される。

別の候補材料として、無機ペロブスカイトである  $\text{CsPbBr}_3$  の検討も行った。この材料は真空蒸着法を用いて形成した。 $\text{PbBr}_2$  と  $\text{CsBr}$  の積層膜を熱処理することにより、均一な  $\text{CsPbBr}_3$  の形成が可能である。特に積層膜形成後の熱処理が  $\text{CsPbBr}_3$  膜の特性に与える影響が大きいことが明らかとなった。図3はAFMにより観察した表面形状の熱処理時間依存性を示している。500の熱処理を60分程度行うことにより、ミクロンオーダーの粒径を有する  $\text{CsPbBr}_3$  の膜の形成が可能になることが明らかとなった。粒径の大粒径化とともにキャリアの拡散長(SSPC法

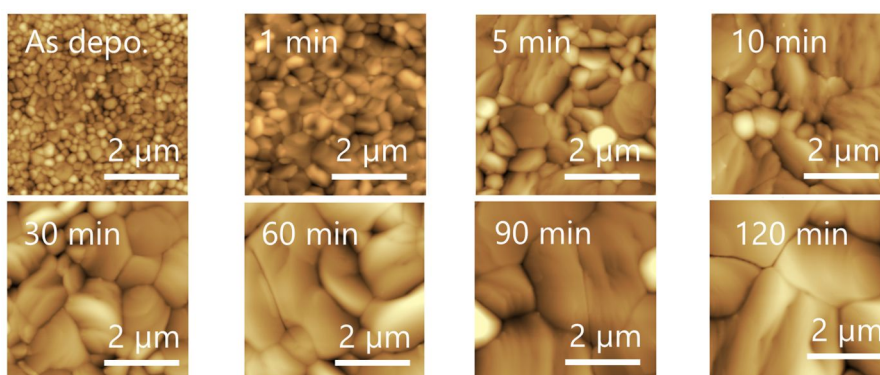


図3  $\text{CsPbBr}_3$  膜の表面形状の熱処理時間依存性(熱処理温度 500 )

により測定)の増加も確認されており、90分の熱処理時に約0.5 μmの拡散長が得られた。なお、この時の光導電率は $10^{-4}$  S/cm以上と高く、光感度も $10^4$ 以上と良好な値を示した。このように $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ および $\text{CsPbBr}_3$ の両材料は良好な光導電率を示し、受光器の光吸収材料として期待できることが明らかとなった。

#### 4.3 ワイドバンドギャップペロブスカイト材料を用いた受光器の特性評価

作製した $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ および $\text{CsPbBr}_3$ を光吸収層に用いた受光器の作製と評価を行った。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ を用いた受光器については、上述したLi処理を適用して作製した。Li処理を行った結果、疑似太陽光下での開放電圧が1.31 Vから1.41 Vに向上することが見出された。Li処理により $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ の膜質が改善されたためと考えられる。光無線給電用受光器としての特性の評価の為に、緑色LED光源(波長520 nm)および青色LED光源(波長455 nm)を用いて単色光の変換効率を評価した結果、それぞれ14.6%および20.2%の変換効率を得られた。緑色LED使用時に効率が低下しているのは、波長が $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ の吸収端に近く、光を完全に吸収できなかったためと推測される。

$\text{CsPbBr}_3$ を用いた受光器については、疑似太陽光下での変換効率6.62%( $V_{oc}=1.46$  V,  $J_{sc}=6.57$  mA/cm<sup>2</sup>,  $FF=0.688$ )が得られた。他機関から報告されている値と比較すると $J_{sc}$ の値が低めであり変換効率を制限しているが、 $V_{oc}$ の値は報告されているトップの値に近い値であり、光閉じ込め構造などを適用することにより、更なる高効率化が期待できる。ほぼ同等の特性を有する受光器に対して青色LED照射下での特性測定を行ったところ、図4に示す結果が得られた。図4には疑似太陽光スペクトルと青色LEDスペクトルも同時に示している。青色LEDの照射強度の増加に伴い開放電圧 $V_{oc}$ が増加し、1.5 Vを超える値が得られている。また、青色LED光に対しては20%を超える変換効率を得られた。なお、得られたデバイスをもとに2接合型受光器の作製を検討しているが、 $\text{CsPbBr}_3$ 形成プロセス温度(500 °C)が高いという問題がある。良質な $\text{CsPbBr}_3$ 膜を200 °C以下の温度で形成する手法の確立が2接合型受光器の実現には必須である。

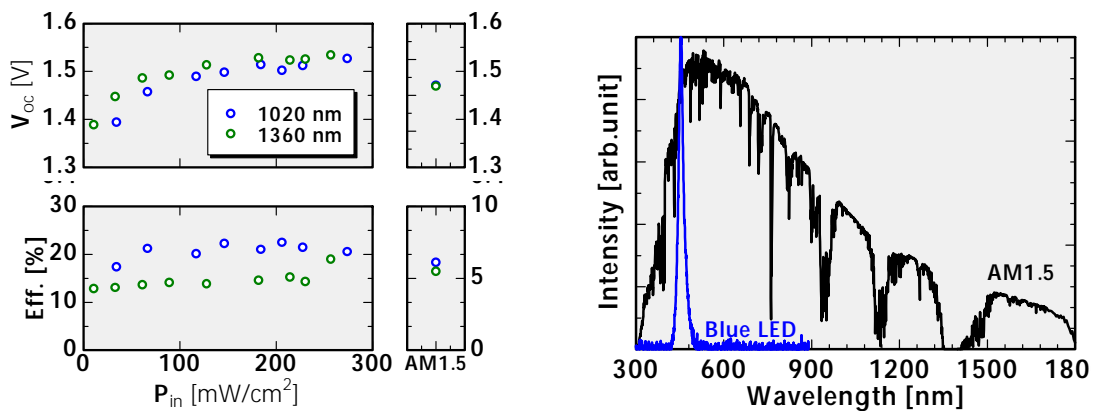


図4 CsPbBr<sub>3</sub>膜を光吸収層に用いた受光器(膜厚1020 nm および1360 nm)の青色LED下での開放電圧と変換効率。参考としてAM1.5(疑似太陽光)下での特性も同時に示した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 宮島晋介	4. 巻 35
2. 論文標題 光無線給電用の太陽電池には何が必要か	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Microoptics News 微小光学研究会機関誌	6. 最初と最後の頁 35-40
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 Murata Ayuki, Nishimura Tatsuya, Shimizu Hirofumi, Shiratori Yuta, Kato Takuya, Ishikawa Ryouyuke, Miyajima Shinsuke	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of high-temperature post-deposition annealing on cesium lead bromide thin films deposited by vacuum evaporation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 045031 ~ 045031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5139553	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 -
1. 著者名 Ishikawa Ryouyuke, Watanabe Sho, Yamazaki Sohei, Oya Tomoya, Tsuboi Nozomu	4. 巻 2
2. 論文標題 Perovskite/Graphene Solar Cells without a Hole-Transport Layer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 171 ~ 175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.8b01606	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 Ishikawa Ryouyuke, Watanabe Sho, Konno Ryo, Nomoto Takahiro, Tsuboi Nozomu	4. 巻 661
2. 論文標題 Modified solvent bathing method for forming high quality perovskite films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 60 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2018.07.014	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21件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 清水 裕文, 村田 歩紀, 宮島 晋介
2. 発表標題 CsPbBr <sub>3</sub> タンデム型受光器のデバイスシミュレーション
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村田 歩紀, 清水 裕文, 宮島 晋介
2. 発表標題 高温アニールによるCsPbBr <sub>3</sub> 薄膜の大粒径化
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川 亮佑, 加藤 拓也, 安蔵 涼太郎, 坪井 望, 宮島 晋介
2. 発表標題 ワイドギャップペロブスカイト太陽電池の光無線給電応用の試み
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayuki Murata, Hirofumi Shimizu, Shinsuke Miyajima, Takuya Kato, Ryouyuke Ishikawa
2. 発表標題 Effect of High-temperature Post-annealing on Cesium Lead Bromide Thin Films Deposited by Vacuum Evaporation
3. 学会等名 29th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-29) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryousuke Ishikawa, Takuya Kato, Keisuke Yamamoto, Ryotaro Anzo, Momoko Nagatake, Nozomu Tsuboi, Shinsuke Miyajima
2. 発表標題 Wide bandgap perovskite solar cells for OWPT applications
3. 学会等名 The 1st Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ayuki Murata, Tatsuya Nishimura, Shinsuke Miyajima
2. 発表標題 CsPbBr <sub>3</sub> photovoltaic devices for blue laser power converter
3. 学会等名 The 1st Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT), (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinsuke Miyajima, Tatsuya Nishimura
2. 発表標題 Device simulation of CsPbBr <sub>3</sub> photovoltaic power converter
3. 学会等名 The 1st Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT), (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西村 達矢, 村田 歩紀, 宮島 晋介
2. 発表標題 熱処理によるCsPbBr <sub>3</sub> 薄膜の特性変化
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 加藤 拓也, 長竹 桃子, 山本 啓介, 安蔵 涼太郎, 石川 亮佑, 坪井 望, 宮島 晋介
2. 発表標題 ワイドギャップペロブスカイト太陽電池のグラフェン層挿入による開放電圧向上の試み
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村田 歩紀, 西村 達矢, 宮島 晋介
2. 発表標題 PbBr <sub>2</sub> ・CsBr 同時蒸着による CsPbBr <sub>3</sub> 薄膜の電気的特性
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島晋介
2. 発表標題 光無線給電用受光器へのペロブスカイト系材料適用の可能性
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサイエティ特別企画 CI-3. 半導体レーザやLEDを用いた光給電技術(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村田 歩紀, 西村 達矢, 宮島 晋介
2. 発表標題 同時蒸着法による CsPbBr <sub>3</sub> 受光器の作製
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮島 晋介
2. 発表標題 光無線給電用の太陽電池には何が必要か
3. 学会等名 第144回微小光学研究会-無線給電に光の出番はあるか- (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西村 達矢, 宮島 晋介
2. 発表標題 光無線給電に向けたCsPbBr <sub>3</sub> 受光素子のデバイスシミュレーション
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川 亮佑, 加藤 拓也, 西村 達矢, 坪井 望, 宮島 晋介
2. 発表標題 光無線給電を目指したワイドギャップペロブスカイト太陽電池の開発
3. 学会等名 第65回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ayuki Murata, Shinsuke Miyajima
2. 発表標題 Characterizations of CsPbBr <sub>3</sub> optical power converter under blue LED illumination
3. 学会等名 The 2nd Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirofumi Shimizu, Ayuki Murata, Shinsuke Miyajima
2. 発表標題 Analysis of CsPbBr <sub>3</sub> optical power converter for optical wireless power transmission using device simulation
3. 学会等名 The 2nd Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryousuke Ishikawa, Takuya Kato, Ryotaro Anzo, Ayuki Murata, Nozomu Tsuboi, Shinsuke Miyajima
2. 発表標題 Monochromatic photovoltaic characteristics of wide bandgap perovskite solar cells
3. 学会等名 The 2nd Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川亮佑, 加藤拓也, 安蔵涼太郎, 村田歩紀, 宮島晋介, 坪井望
2. 発表標題 ワイドギャップペロブスカイト太陽電池におけるLi処理効果
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村田 歩紀, 清水 裕文, 宮島 晋介
2. 発表標題 青色LED照射下でのCsPbBr <sub>3</sub> 受光器の光電変換特性
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮島 晋介
2. 発表標題 ワイドギャップ材料の光無線給電用受光器への応用
3. 学会等名 日本学術振興会 ワイドギャップ半導体光・電子デバイス 第162委員会 第115回 研究会(招待講演)
4. 発表年 2019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
研究 分 担 者	石川 亮佑  (Ryousuke Ishikawa)  (50637064)	東京都市大学・付置研究所・准教授    (32678)	