

ペロブスカイト太陽電池の新しい展開

石川 亮佑*†

*東京都市大学理工学部電気電子通信工学科 東京都世田谷区玉堤1-28-1 (〒158-8557)

† Corresponding Author, E-mail: rishikaw@tcu.ac.jp

(2023年5月2日受付, 2023年5月12日受理)

要 旨

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、塗布製膜が可能な次世代太陽電池としてペロブスカイト太陽電池への期待が高まる。1) 耐久性の向上を目指した正孔輸送層フリーペロブスカイト太陽電池や2) フィルム型モジュールのためのスルーホール集電技術, 3) 軽量・フレキシブルなペロブスカイト/シリコンタンデム型太陽電池, さらには4) 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について著者らが取り組むペロブスカイト太陽電池研究について紹介する。

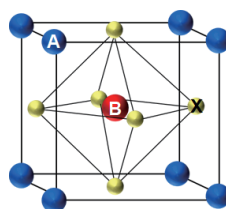
キーワード: ペロブスカイト太陽電池, グラフェン, フィルム型太陽電池, タンデム型太陽電池, 光無線給電

1. はじめに

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、再生可能エネルギー、とくに太陽光発電のさらなる普及が必須となっている。2050年に向けて国内で300 GWの太陽光発電の導入を目指している。土地利用に制限があるわが国において、さらなる太陽光発電の普及のためには、市場の95%を占めるシリコン太陽電池では設置が困難であった場所への導入や、シリコン太陽電池では到達できない効率を低コストで製造できる高効率太陽電池の開発が望まれる。このような背景のもと近年着目されているペロブスカイト太陽電池について、著者らが取り組む研究について紹介する。

2. ペロブスカイト太陽電池の基本と開発動向

ペロブスカイト太陽電池は2009年に桐蔭横浜大学の宮坂教授により最初に提唱された新しい太陽電池である¹⁾。ペロブスカイトとはチタン酸カルシウムを主成分とする鉱物「灰チタン石」の英名であり、現在は灰チタン石と同じ結晶構造の名称である。現在注目されている太陽電池材料は鉛などの金属原子と臭素などのハロゲン原子、炭素や窒素などからなる有機物を組み合わせた有機金属ハライドペロブスカイトが主流となっている(図-1)。この有機金属ハライドペロブスカイトは高い光吸収係数²⁾ や長いキャリア拡散長³⁾、デバイスに影響を与え



- A カチオン: CH_3NH_3^+ , $\text{NH}_4\text{CH}_2\text{NH}_2^+$, Cs^+ など
- B 金属: Pb^{2+} , Sn^{2+} , Mn^{2+} , Ge^{2+} など
- X ハロゲン: I^- , Br^- , Cl^- , F^- など

図-1 ペロブスカイトの結晶構造

く浅い結晶欠陥準位⁴⁾ など太陽電池材料として非常に優れた特徴をもち合わせており、さらには簡便な塗布プロセスによりデバイスを作製できることから世界中の研究者がペロブスカイト太陽電池の研究開発に挑み、2023年現在で25.8%という非常に高いエネルギー変換効率が達成されている⁵⁾。ペロブスカイト太陽電池が誕生してからわずか数十年でその変換効率は、市場のほとんどを占めるシリコン太陽電池の変換効率に迫る勢いである。また、ペロブスカイト太陽電池の厚さは数 μm 以下で非常に薄く、軽量であり、さらに塗布製膜が可能なためプロセスを低温化することでプラスチックなどのフレキシブル基板にも作製することが可能である。このような特徴を活かして、現在多くの研究者が高効率タンデム応用、室内環境発電向け、車載・移動体向け、住宅・BIPV (Building Integrated Photovoltaics) 向けなどさまざまな応用展開に取り組んでいる。ペロブスカイト太陽電池に関する詳しい総説は以下の文献などを参考にされたし^{6,7)}。

3. 正孔輸送層フリーペロブスカイト太陽電池

ペロブスカイト太陽電池の最大の課題である耐久性、とくに水に対する耐性を改善するために、グラフェンを用いた正孔輸送層フリーペロブスカイト太陽電池の開発を行っている。ペロブスカイト太陽電池を劣化させる要因の一つは、大気中の水や酸素がペロブスカイト層まで浸入しペロブスカイト結晶を分解してしまうことである⁸⁾。この問題に関しては封止技術により



【氏名】 いしかわ りょうすけ
 【現職】 東京都市大学理工学部電気電子通信工学科
 【趣味】 音楽, 旅行, 子供と遊ぶ
 【経歴】 2007年東京工業大学大学院理工学研究科化学専攻, 修士修了。2007-2009年NECエレクトロニクス(株)先端デバイス開発部。2012年東京工業大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻, 博士修了。2012-2014年JST研究員。2014-2019年新潟大学工学部工学科, 助教。2019-2023年東京都大学総合研究所, 准教授。2023年より現職。

【図表について】 電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/