

令和3年4月15日

各報道機関文教担当記者 殿

イオン液体を一滴加えるだけでペロブスカイト太陽電池の高性能化と長寿命化に成功！

金沢大学ナノマテリアル研究所のシャヒドウザマンモハマド助教、當摩哲也教授の研究グループは、ペロブスカイト太陽電池の高性能化と長寿命化に成功しました。

今回の基盤となる技術は、ペロブスカイトを塗布で製膜する前に、イオン液体をペロブスカイト前駆体溶液に少量添加するだけで膜が数十ナノメートルサイズのナノ粒子膜化する技術です。この技術は、6年前に本研究グループが開発しました。今回はこの技術を、高性能なトリプルカチオン型ペロブスカイト太陽電池作製に応用しました。最初に、イオン液体添加によりナノ粒子膜化したペロブスカイト膜を作製し、その上にトリプルカチオン型ペロブスカイトを製膜することで、ナノ粒子を成長核としてトリプルカチオン型ペロブスカイトが欠陥の少ない高品質な膜に成長することを見出しました。この高品質化により太陽電池性能が向上しました。また、長時間使用では、この技術で製膜した膜の欠陥が少ないため、劣化の原因となる大気中の水などの膜に入りこみを抑えることができ、太陽電池の長寿命化に成功しました。従来の手法で作製したペロブスカイト太陽電池は 2500 時間で発電しなくなりましたが、本研究のイオン液体を添加したペロブスカイト太陽電池は 6000 時間を超えても初期性能の 8 割を保持し続けることがわかりました。

ペロブスカイト太陽電池は、材料が安く、塗布で製膜できるため製造コストも低い夢の太陽電池です。これらの知見は将来、太陽電池のさらなる普及に活用されることが期待されます。

本研究成果は、2021 年 4 月に米国化学会誌『ACS Applied Materials & Interfaces』に掲載される予定です。

【研究の背景】

ペロブスカイト太陽電池は、2008年に桐蔭横浜大学の宮坂教授が開発した無機・有機ハイブリット材料であるペロブスカイト材料をシリコンの代わりに発電材料として用いた太陽電池であり、シリコンではできない印刷などの塗布技術により安価に製造できる特徴を持ちます（参考文献 1）。菅首相初の所信表明演説で 2050 年に温室効果ガス「実質ゼロ」を目指すと言明し、環境省も目標を法律に明記する方針を示すなど、次世代のペロブスカイト太陽電池の研究開発は、温室効果ガスゼロ排出をもたらすエネルギー創製デバイスとして注目されています。

【研究成果の概要】

本研究グループは、現在市販されているシリコン太陽電池が抱える「重い、価格が高い」という問題を解決する次世代の太陽電池である「ペロブスカイト太陽電池」の研究開発に取り組んでいます。さらに、本研究で導入されたイオン液体は、常温で液体として存在できる塩であり、金沢大学でも木質バイオマスのセルロースを溶解する溶媒かつ反応を促進する触媒として研究開発が活発化しています（参考文献 2）。2015 年に本研究グループは、有機無機ハイブリットである新しい材料のペロブスカイト太陽電池の塗布成膜の時に、このイオン液体を添加するのみでナノ粒子薄膜が得られることを見出しています（図 2、参考文献 3）。この技術は、単純に溶液に少量加えて、従来通りスピコートで製膜するとナノ粒子化する技術であり、簡便性と低コスト化の可能性をもたらす技術として開発を進めています（参考文献 4）。

本研究では、この技術をペロブスカイトの構成分子であるカチオン種をセシウム・ホルムアミジニウム・メチルアンモニウムの 3 つの陽イオンをベースとした高性能なトリプルカチオン型ペロブスカイト太陽電池に応用しました。このトリプルカチオン型ペロブスカイト太陽電池は、結晶 Si 太陽電池に匹敵する性能をもつことで注目されています（参考文献 5）。イオン液体をメチルアンモニウムのみの MAPbI_3 ペロブスカイト前駆体溶液に添加し塗布製膜すると、 MAPbI_3 ペロブスカイトナノ粒子薄膜が基板上に初期成長します。その上にトリプルカチオン型ペロブスカイトを塗布製膜すると、 MAPbI_3 ペロブスカイトナノ粒子を成長核として、大粒で高結晶性の高品質なグレインサイズの大きい、いわゆる欠陥が少ないトリプルカチオン型ペロブスカイト膜を得ることに成功しました（図 3）。この太陽電池のエネルギー変換効率は 19.4% と高く、電流値である短絡電流密度も 25.3 mAcm^{-2} と大きな値を示すことが分かりました。これはイオン液体添加により高品質化し、全体的な光捕集効率の向上およびキャリア輸送性能向上に起因するものと考えられます。本技術でもたらされる最も重要な利点は、暴露試験において湿度 30%～40% の範囲の通常大気下で 6000 時間性能が 8 割保持され、ペロブスカイト太陽電池の欠点であった低寿命を克服したことです（図 4）。これは、イオン液体添加により膜が高品質化したこと、およびイオン液体層が外部からの水の侵入を防いだため、長寿命化したと考えられます。

以上のイオン液体添加による高品質化により、性能が上がり、耐久性も上がることを確認できました。

【今後の展開】

本研究により、ペロブスカイト太陽電池の実用化およびさらなる高性能化と低コスト化を目指していく予定です。さらに、イオン液体は太陽電池だけではなく、何にでも効く万能薬の可能性があり、金沢大学がその研究活動の中心地となることが期待されます。

本研究は、 科研費 20H02838 の助成を受け実施しました。



図 1. 本研究で作製したペロブスカイト太陽電池の写真

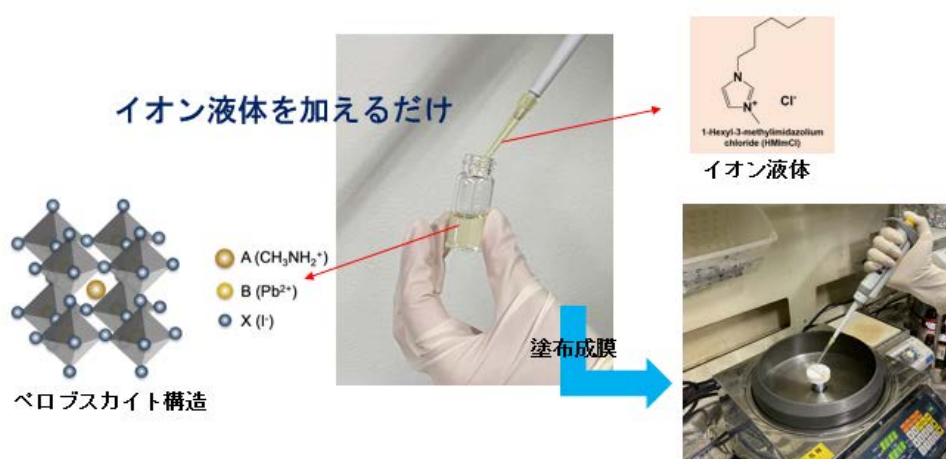


図 2. イオン液体を一滴加えるだけでペロブスカイトナノ粒子薄膜が得られる技術を開発

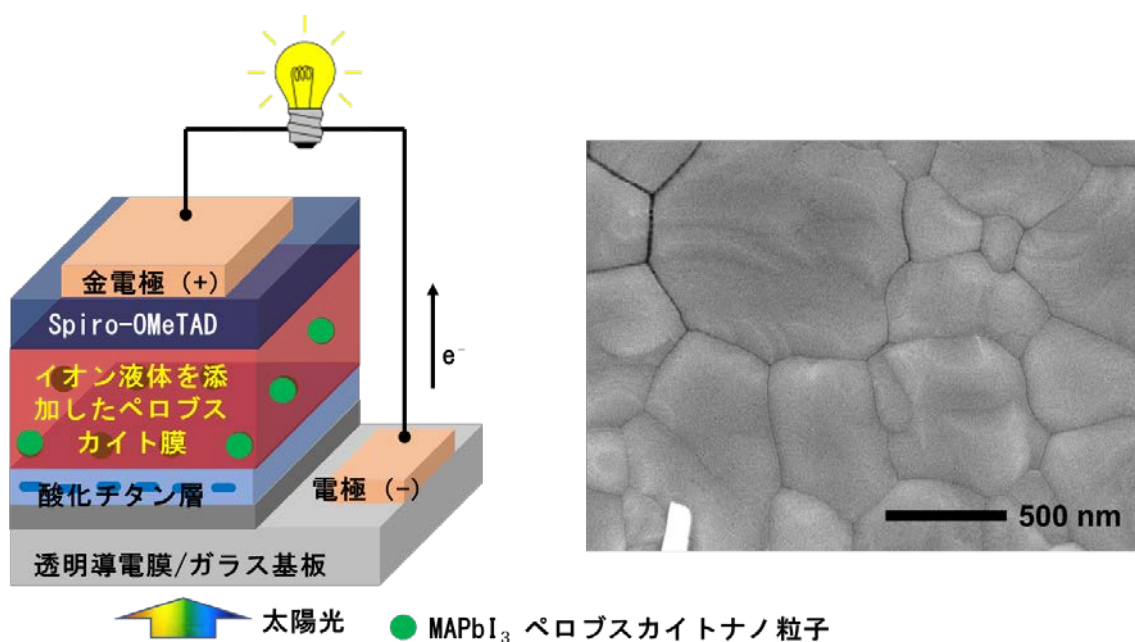


図 3. 本研究の太陽電池の構造とイオン液体を添加して高品質化したトリプルカチオン型ペロブスカイト膜の表面電子顕微鏡写真

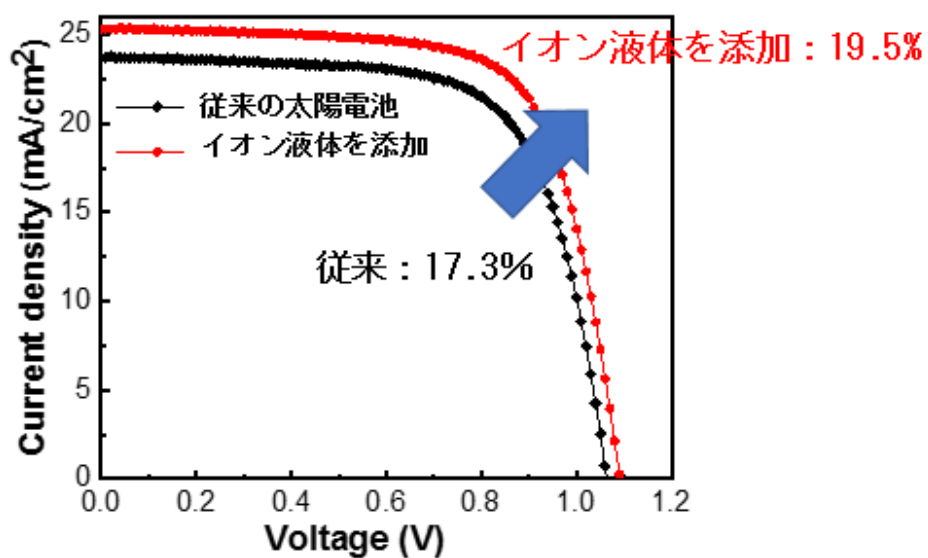


図 4. 疑似太陽光照射時の電流-電圧特性

横軸が電圧で、縦軸が電流を示す。電圧×電流がエネルギー (W) なので、カーブが膨らんでいるほど発電エネルギーが大きい。このグラフは、本研究のイオン液体添加が太陽電池の発電性能が良いことを示している。

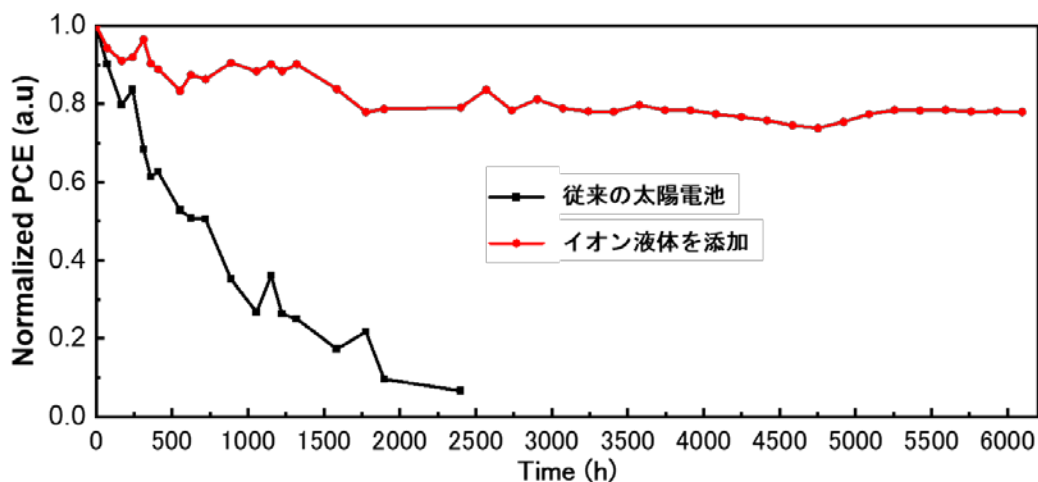


図 5. 湿度 30%～40%範囲の通常大気下での暴露試験の結果
最初の性能を 1 としてそれぞれ規格化している。従来の手法で作製したペロブスカイト太陽電池は 2500 時間で発電しなくなるが、本研究のイオン液体を添加したペロブスカイト太陽電池は 6000 時間を超えても初期性能の 8 割を保持し続けることが分かった。

【参考文献】

1. <http://nanomari.w3.kanazawa-u.ac.jp/>
金沢大学ナノマテリアル研究所創エネデバイス開発グループ HP 参照
2. https://wwwr.kanazawa-it.ac.jp/icc/coi_stream/p-02.html
金沢大学 高橋憲司ら, COI STREAM 革新的イノベーション創出プログラム HP 参照
3.
 - ・ M. Shahiduzzaman, K. Yamamoto, Y. Furumoto, T. Kuwabara, K. Takahashi, and T. Taima, “Ionic Liquid-assisted Growth of Methylammonium Lead Iodide Spherical Nanoparticles by a Simple Spin-coating Method and Photovoltaic Properties of Perovskite Solar Cells”, RSC advances, 5, 77495(2015).
 - ・ 特許第 6501303 号：當摩，シャヒドゥザマン，山本，「微粒子化ペロブスカイト膜及びそれを用いた機能性素子」
4.
 - ・ M. Shahiduzzaman, E. Y. Muslih, A. K. M. Hasan, L. Wang, S. Fukaya, M. Nakano, M. Karakawa, K. Takahashi, M. Akhtaruzzaman, J. M. Nunzi and T. Taima, “The Benefits of Ionic Liquids for the Fabrication of Champion Perovskite Photovoltaics”, Chemical Engineering Journal (2020)
5. ペロブスカイト太陽電池のエネルギー変換効率の現在の最高値は，下記の論文の 25.2%である。
G. Kim, H. Min, K. S. Lee, D. Y. Lee, S. M. Yoon, S. I. Seok, “Impact of strain relaxation on performance of α -formamidinium lead iodide perovskite solar cells”, Science, 370, 108(2020).

【掲載論文】

雑誌名：ACS Applied Materials & Interfaces

論文名：Ionic Liquid Assisted-MAPbI₃ Nanoparticle-Seeded Growth for Efficient and Stable Perovskite Solar Cells

（イオン液体による MAPbI₃ のナノ粒子化と、それを核にした膜成長による高耐久・高性能化）

著者名：Shahiduzzaman, Md., Wang, Liang, Fukaya, Shoko, Muslih, Ersan Y., Kogo, Atsushi, Nakano, Masahiro, Karakawa, Makoto, Takahashi, Kohshin, Tomita, Koji, Nunzi, Jean-Michel, Miyasaka, Tsutomu, Taima, Tetsuya

（シャヒドゥザマンモハマド、王良楽、深谷翔子、エルサンムスリム、古郷敦史、中野正浩、辛川誠、高橋光信、富田恒之、ヌンジジャーンミッシェル、宮坂力、當摩哲也）

【本件に関するお問い合わせ先】

■研究内容に関すること

金沢大学ナノマテリアル研究所 特任助教

Shahiduzzaman Md.（しゃひどうざまん もはまど）

TEL：076-234-4937（直通）

E-mail：shahiduzzaman@se.kanazawa-u.ac.jp

金沢大学ナノマテリアル研究所 教授

當摩 哲也（たいま てつや）

TEL：076-264-6279（直通）

E-mail：taima@se.kanazawa-u.ac.jp

■広報担当

金沢大学理工系事務部総務部総務課

吉田 和史（よしだ かずちか）

TEL：076-264-6821

E-mail：s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp