



報道機関 各位

東北大学多元物質科学研究所

固体蓄電デバイスの3Dプリンティング製造法を開発 ～ウェアラブルデバイス電源の基盤技術として期待～

【発表のポイント】

- 3D プリンティング技術により成形可能なプロトン伝導膜^(注1)の開発に成功し、固体蓄電デバイスの3Dプリンティング製造を可能にした。
- 本研究で開発した3Dプリント可能なプロトン伝導膜により、疑似固体電気化学キャパシタ^(注2)の安定動作を実証。
- 近年注目されているウェアラブル/フレキシブルデバイスに搭載可能な電気化学キャパシタ/バイオ電池へ展開できると期待。

【概要】

3Dプリンティング^(注3)によるデバイス作製技術は、オンデマンドによるデバイス作製や微小デバイスの設計を可能とすることから注目されています。東北大学多元物質科学研究所本間格教授、シュタウススヴェン准教授、岩瀬和至助教らの研究グループは、プロトン伝導性イオン液体^(注4)、無機ナノ粒子、光硬化樹脂を混合して作製したインクを用いて、3Dプリント可能かつ固体蓄電デバイスに応用できるプロトン交換膜を開発することに成功しました。

本研究で用いた手法は、多様なイオン液体や無機材料を出発原料として利用することから、現在開発が活発に行われているウェアラブルデバイスやフレキシブルデバイスの電源として機能する固体蓄電デバイスを作製するための基盤技術となると期待できます。

本成果は、2021年3月29日に、ACS Applied Energy Materials 誌にオンライン掲載されました。

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学多元物質科学研究所
教授 本間 格 (ほんま いたる)

電話：022-217-5815

E-mail：itaru.homma.e8@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学多元物質科学研究所
広報情報室

電話：022-217-5198

E-mail：press.tagen@grp.tohoku.ac.jp

【詳細な説明】

3Dプリンティング技術によるデバイス作製は、オンデマンドによるデバイス作製や小型～大型デバイスの設計が可能であること、インクの原料に様々な機能性物質を用いることで任意のデバイスを作製できることから注目されている技術です。二次電池や電気化学キャパシタなどのエネルギー貯蔵デバイスは、近年注目されているウェアラブルデバイスやフレキシブルデバイスの電源としても注目されており、それらをデザインの自由度が高い3Dプリンティング技術により作製する技術開発も近年注目され始めています。

プロトン移動を伴うことでエネルギー貯蔵、変換を行うデバイス（例えば電気化学キャパシタやバイオ電池）は、基本的に2つの電極とその電極間に存在するプロトン伝導膜から構成されます。これまでの研究では、それらに用いられる電極を3Dプリントやスクリーンプリントで成形することによるデバイス作製が検討されてきました。しかしながらこれまでのところ、プロトン伝導膜を3Dプリンティング技術により成形できる技術は開発されておらず、そのためデバイス全体を3Dプリンティング技術により作製することはできていませんでした。

3Dプリンティング技術により三次元造形を行う際、インクの粘度を適切に制御することが重要です。例えば、粘度が低いともとの形状を全く維持できないことから任意の形状に物体を成形できず、粘度が高すぎるとインクの吐出がうまくできず形状が乱れてしまう、という課題があります。そこで、東北大学多元物質科学研究所本間格教授、シュタウススヴェン准教授、岩瀬和至助教らの研究グループは、任意の粘度を有する3Dプリント可能なプロトン伝導膜インク作製のため、イオン液体に無機ナノ粒子を混合することでイオン液体の粘度が変化しゲル状になる、という現象に着目しました。本研究では、プロトン性イオン液体及び無機ナノシリカ、及び光硬化樹脂を用いる手法を提案し、3Dプリンティングに適したナノインクが作製できることを実証しました(図a)。さらに、3Dプリント吐出したインクに紫外線ランプを照射することで光硬化樹脂を硬化させることにより、吐出形状を維持できることも確認しました。この技術を用いて疑似固体電気化学キャパシタを作製し(図b)、作製したキャパシタが充放電可能であることを実証しました(図c)。

【今後の展望】

本研究で開発した技術及び材料には、上述の3Dプリント造形が可能であるというメリットがあります。さらに、疑似的に固体状態を維持していることから、従来の電気化学キャパシタ等のように内部液の液漏れの心配がない、難揮発性かつ難燃性のイオン液体を使用していることから高い安全性を有する、ということも本技術の大きなメリットです。本研究で用いた手法では、多様なイオン液体や無機材料、樹脂原料を出発原料として利用することが可能であり、任意のイオン伝導性・機械耐久性・柔軟性を付与できると期待できます。また、短時間・

低コストで小型～大型固体蓄電デバイス用の電解質材料を製造できることも期待できます。本技術を応用すれば電極自体も3Dプリント技術により成形することが可能であり、電極—電解質全てを3Dプリンティングにより造形した固体蓄電デバイスの作製、ひいてはオンデマンドなフレキシブル/ウェアラブルデバイスの作製が可能になるのでないかと期待できます。

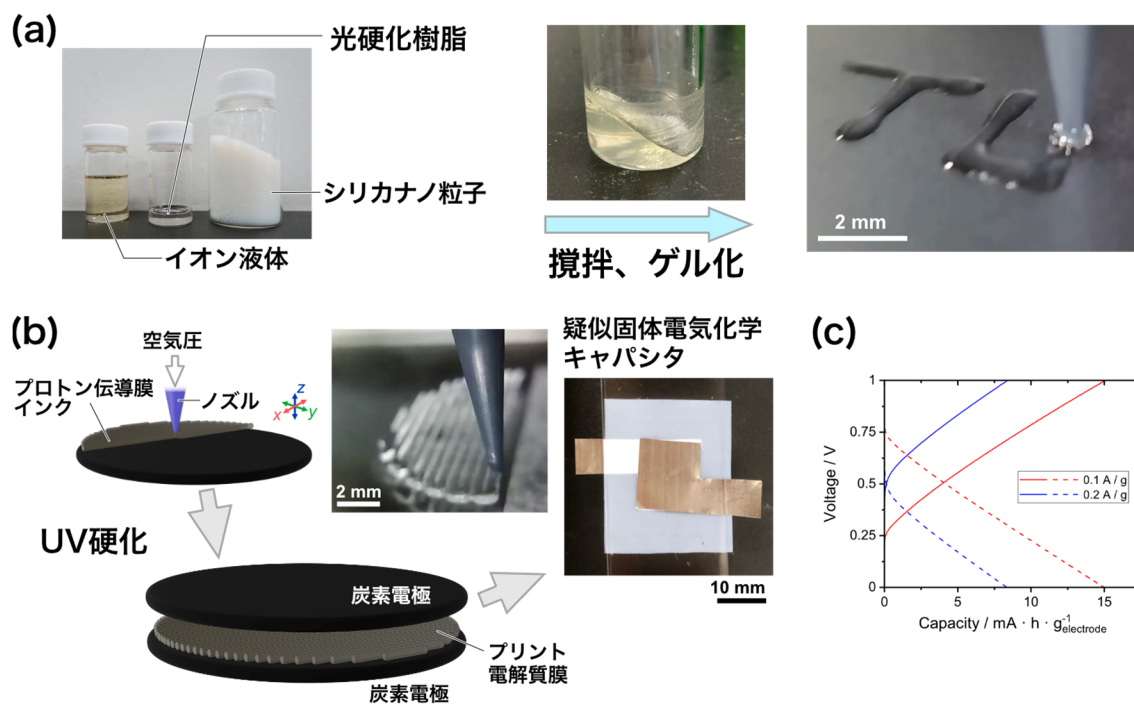


図 本研究の概略図。(a)3Dプリント可能なプロトン伝導性インクの開発。(b)疑似固体電気化学キャパシタの作製。(c)作製したキャパシタの充放電特性。

【用語説明】

注1. プロトン伝導膜：プロトンが伝導する絶縁膜であり、電池やキャパシタの電解質材料として使用される。

注2. 電気化学キャパシタ：炭素電極材料と電解質材料との界面に形成される電気二重層により蓄電を行うデバイス。

注3. 3Dプリンティング：立体物を表す3次元データをもとに3D形状を造形する技術。

注4. イオン液体：室温で液体として存在する塩であり、陽イオン（カチオン）と陰イオン（アニオン）のみから構成される。燃えにくいという特徴を有していることから安全性に優れている。

【研究について】

本研究の成果は、JST COIプログラム東北拠点（さりげないセンシングと日常人間ドックで実現する自助と共助の社会創生拠点、 Grant 番号: JPMJCE1303）、及び文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究C、「Development of 3D-printed soft batteries using functionalized hydrogels」、課題番号:20K05677）の支援を主に受けて実施されたものです。

【論文情報】

タイトル： Direct printable proton conducting nano-composite inks for all-quasi-solid-state electrochemical capacitors

著者： Kazuyuki Iwase, Sven Stauss, Yoshiyuki Gambe, Ryuichi Miyazaki, Itaru Honma

掲載誌： ACS Applied Energy Materials

DOI： 10.1021/acsaem.1c00076