

耐酸化性を向上した銅・ニッケル系コアシェル型インクを開発

配布日時：2022年2月22日14時

国立研究開発法人物質・材料研究機構

株式会社プリウェイズ

概要

1. 国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）は、自己組織化的に銅・ニッケルコアシェル構造を形成することで、耐酸化性を大幅に向上させたプリントドエレクトロニクス向けの新たなインクを開発しました。本研究により、安価で安定な金属インクの供給が可能になり、プリントドエレクトロニクスの一層の普及が期待されます。

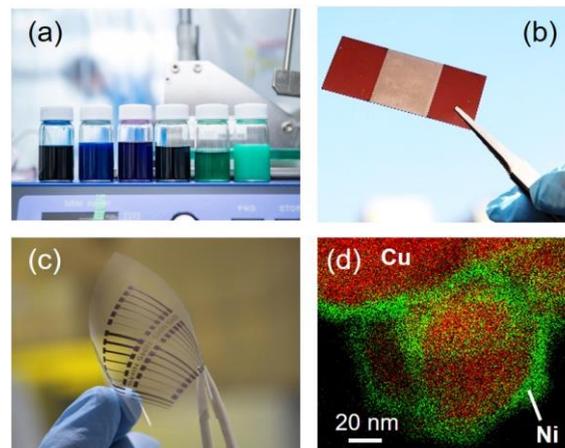
2. 現在のプリントドエレクトロニクスで主流の銀ナノ粒子インクは、高価ではんだ耐性が低いという問題があり、代替する金属インクとして安価な銅が有望視されています。一方で、銅ナノ粒子は極めて酸化に弱いため、プリントドエレクトロニクスに用いることが難しく、新たなインクの開発が望まれています。

3. 今回、研究チームは、大気下で安定な、有機アミンが金属イオンに結合（配位）した錯体を使ったインクに着目し、異なる金属の錯体を混合することで、インクの組成や条件により多層コアシェル構造から合金までを印刷可能であることを発見しました。この原理を用いて、銅およびニッケル錯体を混合したインクを印刷することで、自己組織化的に銅・ニッケルコアシェル構造を形成しました。酸化に強いニッケルが銅表面を覆うことによって、耐酸化性を従来の銅インクより大幅に改善し、なおかつ安価なインクを開発しました。銅・ニッケル印刷配線の抵抗率は、最高で $19\ \mu\Omega\text{cm}$ という、従来の金属インクと遜色ない値を示しました。

4. 本インクにさらに微粒銅粉を添加することで、膜厚を大きくした印刷が可能になります。現在、研究チームは、本インクに添加する微粒銅粉を開発する住友金属鉱山株式会社および NIMS ベンチャー企業株式会社プリウェイズと共同で開発を進めています。両社より、近日中にサンプル提供を開始する予定です。

5. 本研究は、NIMS 機能性材料研究拠点の三成剛生グループリーダー、李万里ポスドク研究員（現江南大学准教授）、同川上亘作グループリーダー、国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 中山知信副拠点長、李玲穎 JSPS 特別研究員からなる研究チームによって行われました。

6. 本研究成果は、2022年2月1日に ACS Applied Materials & Interfaces 誌にオンライン掲載されました。



図：(a) 銅およびニッケルの錯体インク。(b, c) 銅ニッケル合金をポリイミドおよび透明フィルム上に印刷したところ。(d) コアシェル構造を示す走査電子顕微鏡マッピング像。

研究の背景

金属や半導体のインクを用いて印刷プロセスによって電子回路を形成する「プリントドエレクトロニクス^①」は、既存の半導体製造技術と比較して簡便であり、フレキシブル基板と親和性が高いことから、ウェアラブルデバイスやセンサとしての応用に向けて広く研究開発が行われています。一方で、現在の主流である銀ナノ粒子インク^②は、コスト高であること、はんだ耐性が低いこと、マイグレーション^③を起こしやすいといった問題があり、安価な銅をベースとした金属インクの開発が望まれていました。しかし、銅ナノ粒子は酸化に極めて弱いいため、生産や印刷プロセスに特別な設備や工夫が必要であり、最終的なコストはあまり下がらないことが分かってきました。

研究内容と成果

今回、研究チームは、大気下で安定な金属錯体^④を使ったインクに着目し、異なる金属の錯体を混合することで、インクの組成や条件により多層コアシェル構造^⑤から合金までを印刷可能であることを発見しました。この原理を用いて、銅およびニッケル錯体を混合したインクを印刷することで、自己組織化的に銅・ニッケルコアシェル構造を形成し、安価なインクによって安定な銅・ニッケル配線を形成することができました。銅・ニッケル印刷配線の抵抗率は、最高で $19\mu\Omega\text{ cm}$ という、従来の金属インクと遜色ない値を示しました。



図1 銅およびニッケル錯体インクを混合することで、安定なコアシェル構造を形成する金属インクを安価に製造できる。

銅・ニッケルインクを印刷した配線を走査型電子顕微鏡（SEM）によって元素マッピングすると、銅粒子の周辺をニッケルが覆っているコアシェル構造を観測することができました。高分解能透過電子顕微鏡（HRTEM）像からは、銅とニッケルはそれぞれ結晶性を有し、きれいな界面によって接合されていることが分かりました。

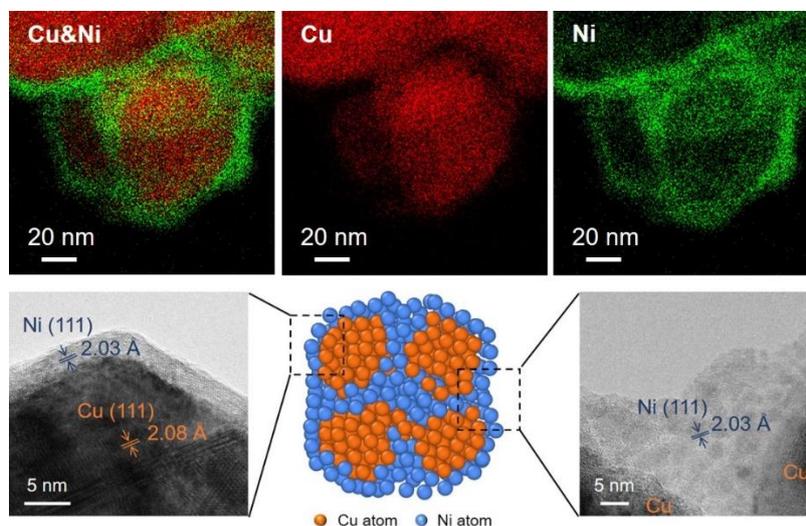


図2 （上段）銅・ニッケル印刷配線のSEMによる元素マッピング。（下段）HRTEMによる観察結果。

また、銅・ニッケルインクは、フレキシブル基板に対して良好な密着性を有し、はんだへの高い耐性が確認されました。

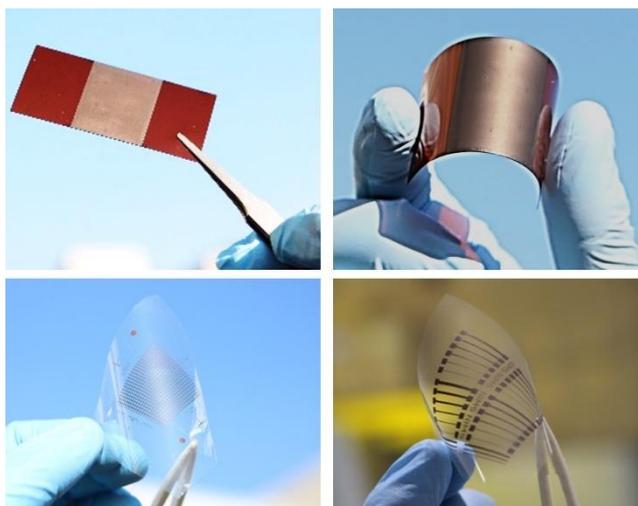


図3 様々なフレキシブル基板に対して銅・ニッケルインクを印刷したところ。

今後の展開

本インクにさらに微粒銅粉を添加することで、膜厚を大きくした印刷が可能になります。現在、研究チームは、本インクに添加する微粒銅粉を開発する住友金属鉱山株式会社およびNIMSベンチャー企業株式会社プリウエイズと共同で開発を進めています。両社より、近日中にサンプル提供を開始する予定です。安価で安定な金属インクが供給されることにより、プリントドエレクトロニクスの一層の普及が期待されます。また、異なる金属の錯体を混合するという簡便な方法によって、様々なコアシェル構造や合金の形成を可能とする本手法を応用することで、今後も新たな機能を有するインクの開発につながると予想されます。

掲載論文

題目：Self-Organizing, Environmentally Stable, and Low-Cost Copper-Nickel Complex Inks for Printed Flexible Electronics

著者：Wanli Li, Lingying Li, Fei Li, Kohsaku Kawakami, Qingqing Sun, Tomonobu Nakayama, Xuying Liu, Masayuki Kanehara, Jie Zhang, and Takeo Minari

雑誌：ACS Applied Materials & Interfaces

掲載日時：2022年2月1日

用語解説

(1) プリントドエレクトロニクス

金属ナノ粒子や半導体分子をインク中に分散させ、塗布・印刷プロセスによってパターンニングを行い、電子回路や半導体デバイスを製造する技術です。

(2) 銀ナノ粒子インク

ナノオーダーの直径を持つ銀の微小な粒子を用いたインク。インクジェット印刷で吐出できるため、現在のプリントドエレクトロニクスで主流となっています。

(3) マイグレーション

エレクトロニクスにおけるマイグレーションは、金属配線を回路の中で用いた際に、電界などの原因によって金属が移動し、断線などが生じることです。

(4) 金属錯体

金属イオンに負電荷を持った有機分子イオンなどが結合（配位）し、電荷が中和されて安定な構造となっ

たものです。

(5) コアシェル構造

中心の「コア」となる物質の周りを「シェル」が取り囲むことで、多層構造となったものです。

本件に関するお問い合わせ先

(研究内容に関すること)

国立研究開発法人物質・材料研究機構 機能性材料研究拠点 プリンテッドエレクトロニクスグループ
グループリーダー 三成 剛生 (みなり たけお)

E-mail: MINARI.Takeo@nims.go.jp

TEL: 029-860-4918

URL: <https://www.nims.go.jp/group/minari/>

株式会社プリウエイズ

代表取締役 川島 勇人 (かわしま はやと)

E-mail: info@priways.co.jp

URL: <https://priways.co.jp/>

(報道・広報に関すること)

国立研究開発法人物質・材料研究機構 経営企画部門 広報室
〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp