



「2元表面アーキテクトニクス」による微細印刷エレクトロニクスを確立

配布日時：2021年5月27日14時

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

株式会社C-INK

株式会社プリウエイズ

概要

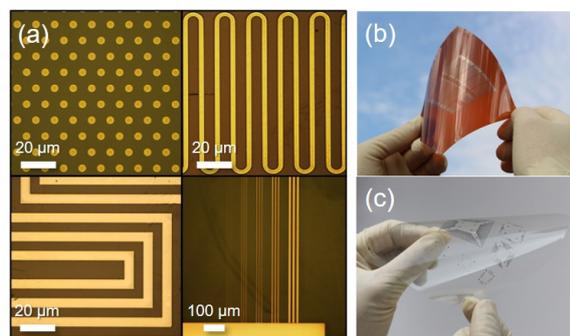
1. NIMS は、サブミクロンスケールの任意の領域を選択的に極性化し、金属ナノ粒子の選択吸着により微細な電子配線を形成する印刷技術「2元表面アーキテクトニクス」を開発しました。表面への簡便な処理によって、インクの吸着力と表面エネルギーが異なる領域を精密に作り分けることで、線幅 $0.6\ \mu\text{m}$ ($1\ \mu\text{m} = 1/1000\ \text{mm}$) の微細な印刷を実現しました。大気下における簡易なプロセスによって、金属ナノインクの微細な印刷が可能になったことで、次世代モバイルデバイスやウェアラブルデバイスといった、様々な応用展開に発展すると期待されます。

2. 金属や半導体のインクを用いる印刷プロセスによって電子回路を形成する試みは、「プリントドエレクトロニクス」として広く開発されてきましたが、インクジェットやスクリーン印刷といった既存の印刷技術では線幅が大きいという問題がありました。

3. 今回、研究チームは、表面の任意の微小領域を極性にするすることで、選択的に金属ナノ粒子を吸着し、サブミクロン幅の印刷を可能とする「2元表面アーキテクトニクス」を開発しました。これは、表面を部分的に活性化する紫外光照射と、活性化された表面のみ極性にする化学処理という2重のプロセスを行うことで、インクの吸着力と表面エネルギーが異なる領域を精密に作り分ける技術です。2つのプロセスともに大気下・短時間の簡便な処理であるため、フォトリソグラフィ等を用いる従来法と比較して、製造プロセスの大幅な短縮と低コスト化が見込めます。

4. 株式会社プリウエイズとC-INKは、金属ナノインク向けの微細印刷装置「金属ナノ粒子配列システム」を開発し、各種基板に対して金属インクを良好に密着させる専用プライマーとともに販売を開始します。プリントドエレクトロニクスの一層の普及に向けて、微細印刷技術の社会実装を目指します。

5. 本研究は、NIMS 機能性材料拠点プリントドエレクトロニクスグループの三成剛生グループリーダー、国際ナノアーキテクトニクス研究拠点(MANA)の中山知信副拠点長、李玲穎 JSPS 特別研究員、天神林瑞樹独立研究者、株式会社C-INKの金原正幸代表取締役社長、株式会社プリウエイズ(代表：川島勇人)らにより、物質・材料研究機構センサ・アクチュエータ研究開発プロジェクト「三次元フレキシブル回路」の一環として行われました。また、つくばイノベーションエコシステム「金属インク微細回路パターン描画システムの事業化」、科研費基盤研究(B)「サブミクロンスケール選択的的金属化プロセスによる革新的3次元実装技術の開発」の支援を受けました。本研究成果は、2021年5月14日に、独科学誌「Small」にオンライン掲載されました。



図：(a) 「2元表面アーキテクトニクス」で印刷した微細パターン。(b,c) ポリイミドおよび透明フィルム上に印刷した回路。

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、低コスト化が見込めることから、広く研究開発が行われています。一方で、インクジェット印刷⁽²⁾やスクリーン印刷⁽³⁾といった既存の印刷技術は精度や解像度が十分でなく、また、それらの要求を満たす一部の特殊な印刷技術は、スループットや再現性に乏しいという問題がありました。高精細な電子回路を描画可能な印刷技術の開発が望まれていました。

研究内容と成果

今回、研究チームは、表面の微細な領域に選択的に化学処理を行い、微細領域のインク吸着力と表面エネルギーを制御することで、選択領域にのみ金属ナノ粒子インク⁽⁴⁾を自己組織化的に吸着する手法を開発しました。表面への照射と化学処理の2ステップで表面に極性を付与することから、「2元表面アーキテクトニクス」と名付けています(図1)。

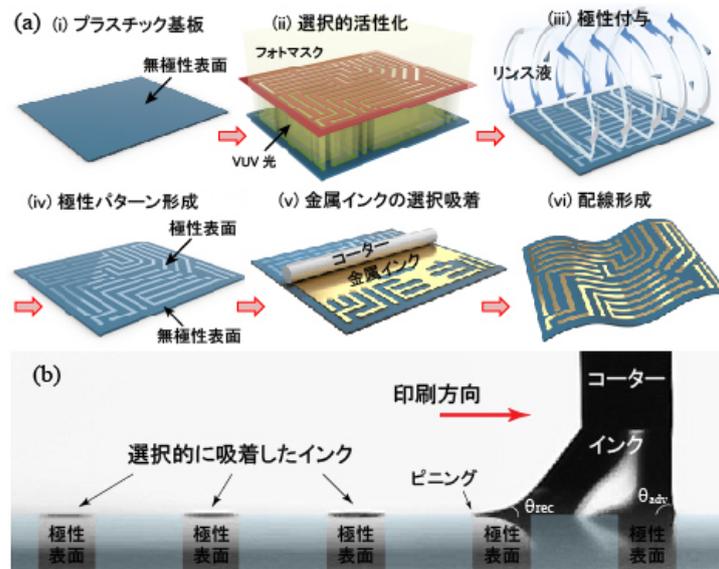


図1 (a) 「2元表面アーキテクトニクス」のプロセス。(b) 「2元表面アーキテクトニクス」によって金属インクを印刷しているところ。

この手法を用いることで、プラスチックフィルムの表面に様々な形状のパターンを形成し、最小0.6 μm の細線を描画することができるようになりました。

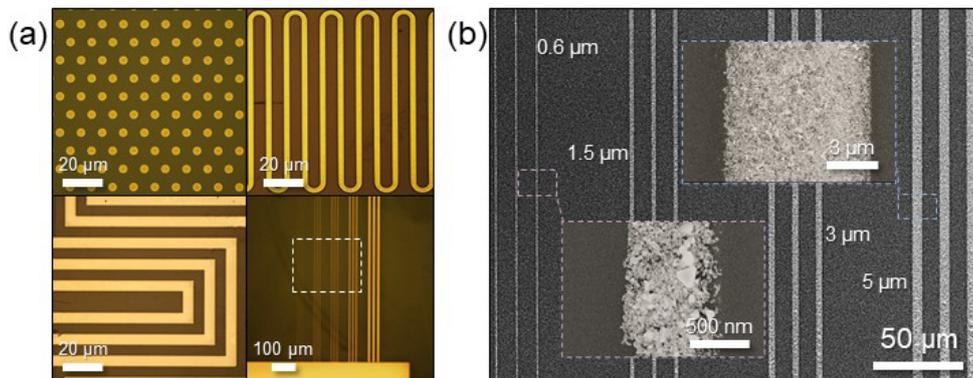


図2 (a) 「2元表面アーキテクトニクス」で印刷した金属ナノインクパターンの光学顕微鏡像。(b) 印刷配線の走査電子顕微鏡 (SEM) 像。

従来のプリントドエレクトロニクスによって金属配線を形成する場合、インクが乾燥する際に発生するコーヒーリング現象⁽⁶⁾の抑制も大きな課題でした。コーヒーリング現象が発生する原因は、印刷した金

属インクの液滴が周縁部分で速く乾燥し、液滴内部から周縁部へ向かう流れが発生するため、結果として周縁部に多くの金属ナノ粒子が堆積することです。「2元表面アーキテククス」で作製した極性表面は、コーヒーリング現象の原因となる液滴内部の対流を抑制し、より平坦な印刷電極を実現しました（図3）。

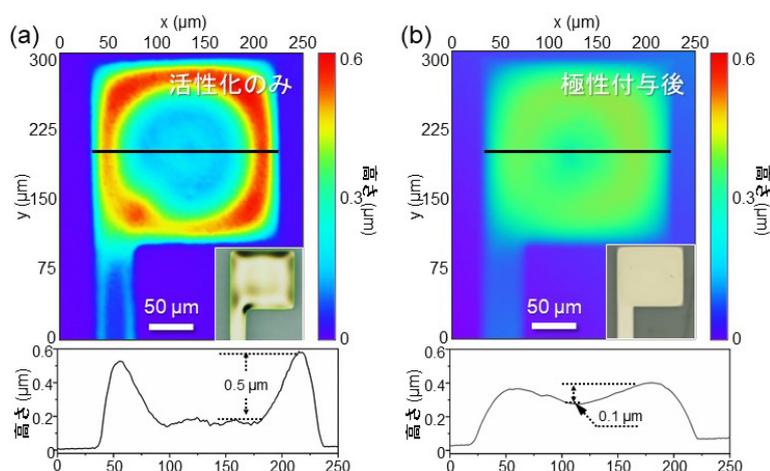


図3 (a) 表面活性化のみで印刷を行った金属電極の典型的な表面形状。(b) 「2元表面アーキテククス」によって印刷した金属電極の表面形状。

株式会社プリウエイズとC-INKは、金属ナノインクによる微細な印刷を行える「金属ナノ粒子配列システム」を開発し、一般向けに販売を開始します。専用のプライマーを用いることで、ガラス・ポリイミド・透明プラスチックフィルムに対して電子配線を描画し、基材との良好な密着性を得ることができます（図4）。

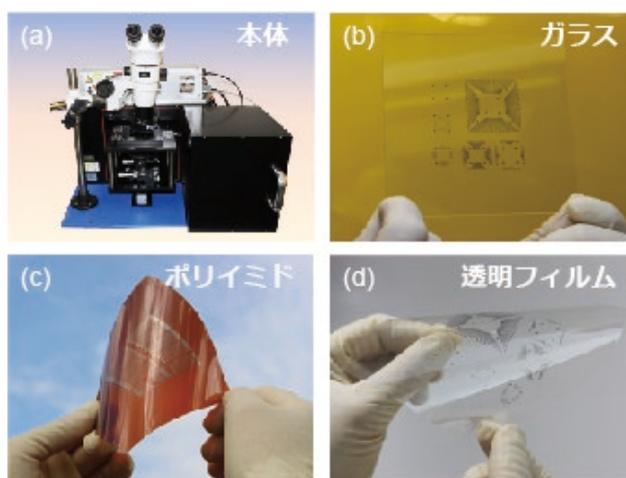


図4 (a) 「金属ナノ粒子配列システム」の装置外観図。(b-d) ガラス、ポリイミド、透明フィルムの表面に金属ナノインクを印刷したところ。それぞれの基材に良好な密着性を持つ。

今後の展開

これまでの印刷技術では製造が難しかった1~100μmの配線が簡単に印刷可能となったことにより、フレキシブルプリント基板や半導体パッケージといった、現代のエレクトロニクスに不可欠な領域へプリンテッドエレクトロニクスがさらに普及していくことが予測されます。NIMSでは、印刷による3次元配線と薄膜トランジスタ素子（プレスリリース「1Vで動作する高性能薄膜トランジスタを印刷のみで作製」参照）の開発や、印刷配線への接合技術といったその他の要素技術開発も進めています。将来的にはシリコンテクノロジーをはじめとした既存のエレクトロニクス製造技術と融合し、次世代モバイルデバイスやウェアラブルデバイスといった、様々な応用展開に発展すると期待されます。

掲載論文

題目： Dual Surface Architectonics for Directed Self-Assembly of Ultrahigh-resolution Electronics

著者： Lingying Li, Wanli Li, Qingqing Sun, Xuying Liu, Jinting Jiu, Mizuki Tenjimbayashi, Masayuki Kanehara, Tomonobu Nakayama, and Takeo Minari

雑誌： Small

掲載日時： 2021年5月14日

DOI： <https://doi.org/10.1002/sml.202101754>

用語解説

(1) プリンテッ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。

(2) インクジェット印刷

インクを微小な液滴とし、基材に吹き付けることで描画を行うオンデマンドな印刷技術。

(3) スクリーン印刷

メッシュの非印刷部を被覆し、印刷部のメッシュを露出させた版を用いて、メッシュ部のみにインクを通過させることで行う印刷技術。

(4) 金属ナノ粒子インク

ナノサイズの直径を持つ金属粒子を、溶媒に分散させて、印刷に適用できるインクとしたもの。

(5) コーヒーリング現象

微小な粒子を含む液滴が乾燥した後に、コーヒーが蒸発した後のような縞状の残渣を生じること。

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 C-INK

代表取締役社長 金原 正幸 (かねはら まさゆき)

E-mail: info@cink.co.jp

URL: <http://www.cink.jp/>

株式会社プリウェイズ

代表取締役社長 川島 勇人 (かわしま はやと)

E-mail: info@priways.co.jp

URL: <http://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