









## ．用語解説

### (注1) スーパーナップ法

表面光反応性ナノメタル印刷 (Surface Photo-Reactive Nanometal Printing; SuPR-NaP (R)) 法。従来の印刷法では、液状やペースト状のインクを流体としてパターン塗布した後に溶剤を乾燥させるが、スーパーナップ法では、インク中の銀ナノ粒子のみを基材表面パターン上に選択的に化学吸着 (注3を参照) させることで、従来印刷法にない超高精細な銀配線の形成が実現した

([http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2016/pr20160420/pr20160420.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2016/pr20160420/pr20160420.html))。現在、スーパーナップ法を用いて製造したほぼ不可視な極細線 (線幅 2~4 マイクロメートル) のメタルメッシュフィルムにより、曲がるタッチパネルセンサを製品化する取り組みが進められている (<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20171214/index.html>)。

### (注2) 脂肪酸

アルキル鎖 (メタン系炭化水素から水素 1 原子を除いた残りの原子団からなる鎖) の末端にカルボン酸 (COOH) がついた弱酸。カルボン酸イオン (COO<sup>-</sup>) として銀などに配位結合する。

### (注3) 真空紫外光

波長が 200nm 以下の紫外光。光子エネルギーが高く、表面改質のためしばしば用いられる。スーパーナップ法では、Xe<sub>2</sub> エキシマーランプにより発生させた波長 172nm の真空紫外光が用いられる。

### (注4) 化学吸着

一般に固体表面上でのインクなどの流体の濡れ現象 (親水性や撥水性) は、固体表面と溶剤などの間の弱い分子間力 (ファン・デル・ワールス力) によってひきおこされ、これを物理吸着という。これに対し、化合物の生成をひきおこす力と同程度の力によっておこる吸着現象を化学吸着という。固体表面への化学吸着は物理吸着の場合とくらべてはるかに大きい力で生じ、一種の表面化合物の形成とみなすことができる。スーパーナップ法では、インク中の銀ナノ粒子の選択的な表面化学吸着現象を利用している。

### (注5) ブラウン運動

媒質中におかれた微小粒子が普遍的に示す熱運動。平均運動速度はエネルギーの等分配によって導かれ、粒子の速度は質量 (粒径) が大きいほど遅く、質量が小さいほど速い。

### (注6) アルキルアミン

アルキル鎖の末端にアミン基 (NH<sub>2</sub>) がついた弱塩基。本研究で用いた銀ナノ粒子の主たる保護基のひとつでアミン基が銀原子に配位する。

### (注7) 保護基 (脂肪酸と脂肪族アミン)

保護基のない金属ナノ粒子の裸の金属表面は非常に活性に富んでおり、粒子どうしが一旦接触すると、金属どうしの融着や溶融がはじまって切り離すことはできなくなる。このため金属

ナノインクの形成には、金属ナノ粒子表面を様々な有機官能基で保護し、粒子の凝集を防ぐ必要がある。金属ナノ粒子の保護基には、金属に配位結合する様々な有機分子が用いられる。そのうち脂肪酸は、アルキル鎖（メタン系炭化水素から水素 1 原子を除いた残りの原子団からなる鎖）の末端にカルボン酸（COOH）がついた弱酸。脂肪族アミンは、アルキル鎖の末端にアミン基（NH<sub>2</sub>）がついた弱塩基。

（注 8） 分散媒（オクタンとブタノール）

オクタンは炭素を 8 個持つ飽和炭化水素（C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>）。ブタノールは炭素数 4 の一価アルコール（C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O）。いずれもごく一般的な有機溶剤だが、これらの混合溶媒は多種の表面に対するきわめて高い濡れ性を示し、スーパーナップ法で用いる銀ナノインクの溶剤として用いられる。

（注 9） オクタンとブタノールの混合液

オクタンは炭素を 8 個持つ飽和炭化水素（C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>）。ブタノールは炭素数 4 の一価アルコール（C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O）。いずれもごく一般的な有機溶剤だが、これらの混合液体は多種の表面に対するきわめて高い濡れ性を示し、スーパーナップ法で用いる銀ナノインクの分散媒として用いられる。

（注 10） 動的光散乱（DLS）法、共焦点 DLS 法

動的光散乱（Dynamic Light Scattering; DLS）法は、液体中に分散した粒子からの散乱光が粒子のブラウン運動により時間変化する様子から、粒子の運動速度を計測し、その粒径を求める実験法。共焦点 DLS 法は、光源近くと検出器近くにスリットを挟み、レンズで集光した微小空間からの散乱光のみを検出する動的光散乱法。

（注 11） 共焦点 DLS 法

共焦点 DLS 法は、光源近くと検出器近くにスリットを挟み、レンズで集光した微小空間からの散乱光のみを検出する動的光散乱法。

（注 12） コロイド

物質が原子あるいは低分子よりは大きい粒子として液体などの分散媒の中でバラバラな状態で存在（分散）しているとき、コロイド状態にあるという。金属ナノインクはコロイドの一種である。

7. 添付資料

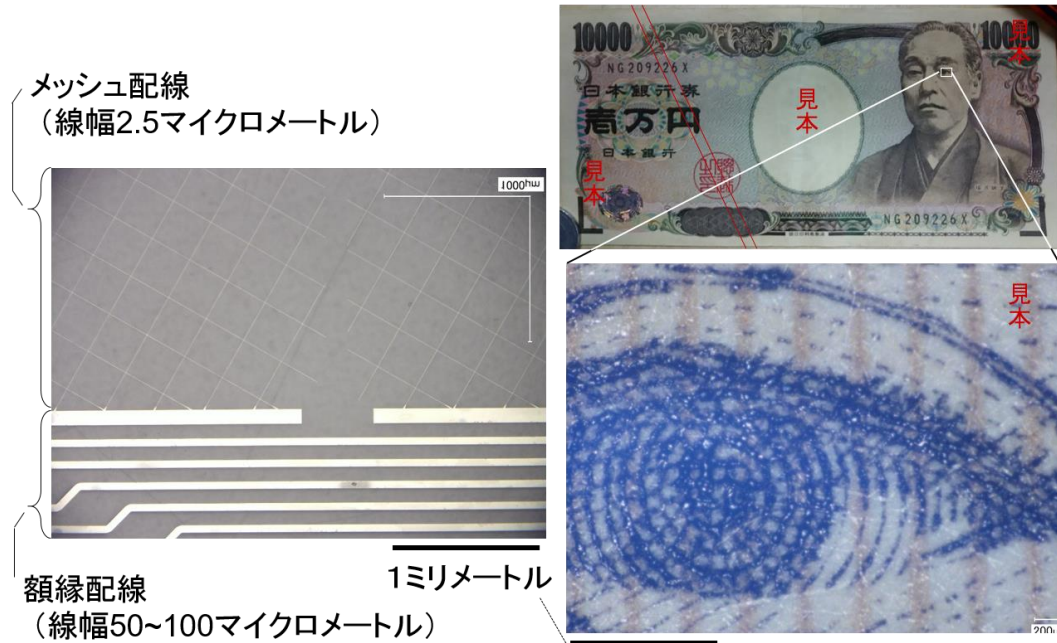


図1 スーパーナップ法により作製した銀配線の拡大写真(左)、紙幣(老万円札)に印刷された高精細画の拡大写真(右)。スーパーナップ法の精細度は、従来の高精細印刷(最小線幅は約25マイクロメートル)と比べて二十倍以上に達している。

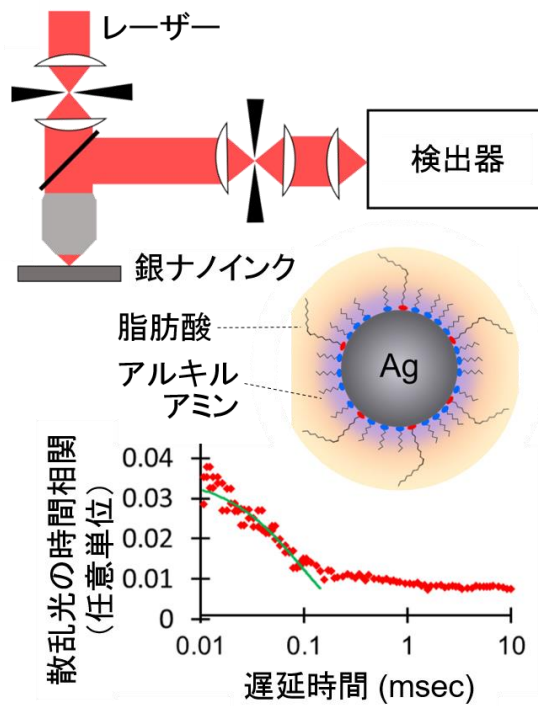


図2 共焦点動的散乱測定系の模式図(上)、銀ナノ粒子の模式図(中)、散乱光の時間相関の一例(下)。

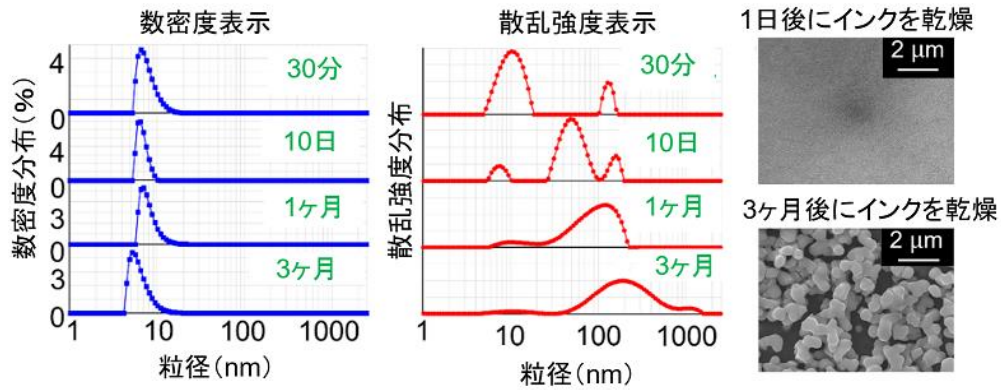


図3 最適組成インク内の粒径分布が経時により変化する様子（左：数密度表示、中：散乱強度表示）。インク乾燥後の電子顕微鏡像（右）。

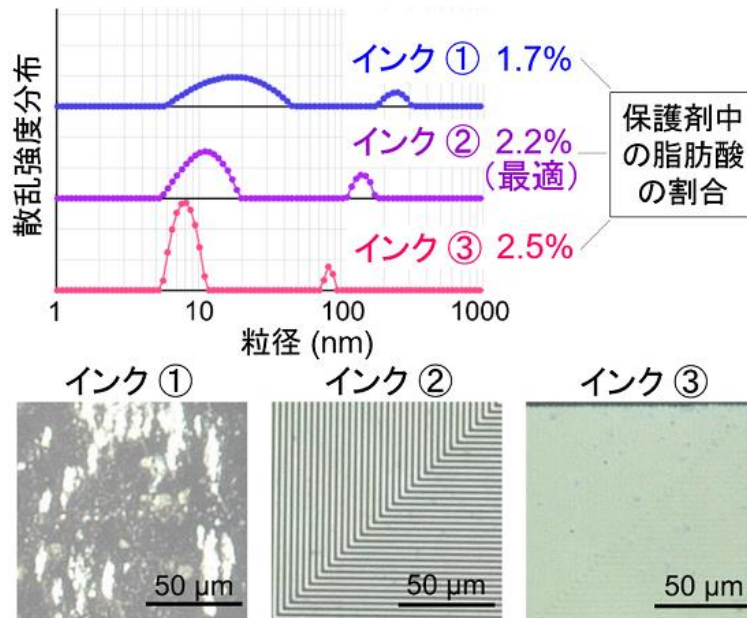


図4 脂肪酸の組成比を変えた場合の粒径分布（上）、各インクによる高精細配線印刷の結果（下）。



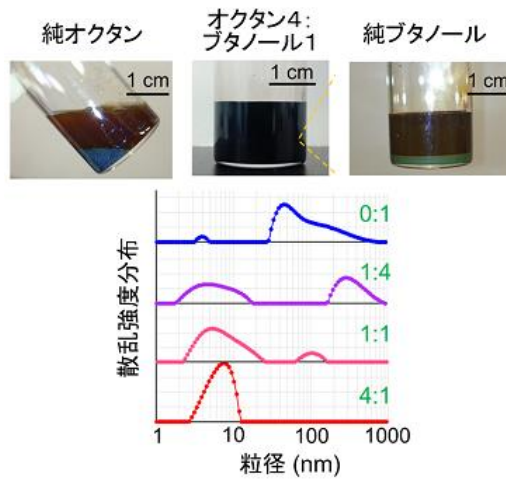


図5 分散媒組成を変えた場合のインクの様子（上）、オクタン vs.ブタノールの混合比を変えたインクの粒径分布（下）。

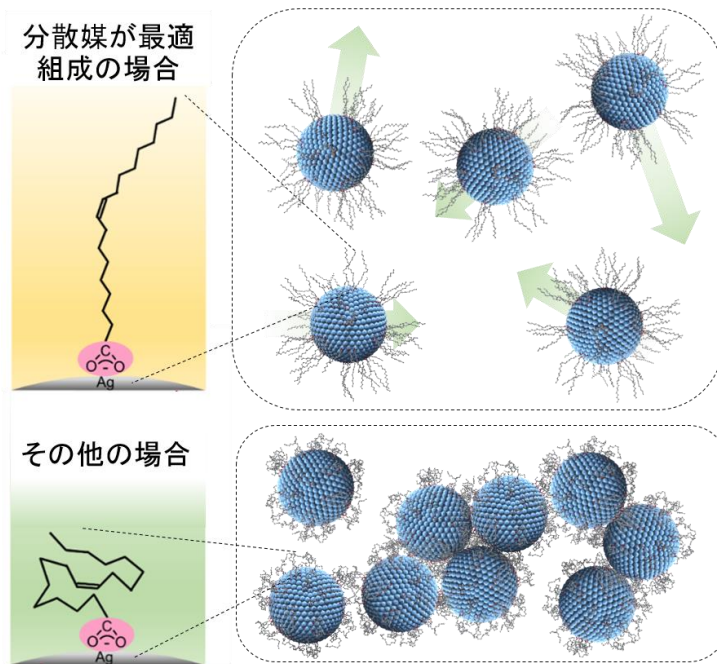


図6 銀ナノ粒子を表面保護する脂肪酸の分子鎖の振る舞いと、銀ナノ粒子の分散・凝集のメカニズム。