

インクジェットによる新規細線形成技術

小俣 猛憲*, 牛久 正幸, 新妻 直人

コニカミノルタ株式会社 IJ コンポーネント事業部 第2開発部

New Fine Patterning Process by Inkjet

Takenori Omata, Masayuki Ushiku, and Naoto Niizuma

2nd R&D Division, IJ Component Business Unit, Konica Minolta, Inc.

As patterns become finer, attempts are being made to form finer lines by reducing the droplet size in inkjet printing, but the limit with conventional methods is around 50 μm . To address this issue, Konica Minolta has developed a new fine patterning process with a line width of 10 μm or less by applying its accumulated material and coating technologies. We have also succeeded in producing a high-definition metal mesh and has also developed a technology to improve transmittance. We will report on this fine patterning process and metal mesh generation technology.

1. はじめに

インクジェット（以下 IJ）によるプリントドエレクトロニクスは版不要なアディティブな方式であり、小ロット多品種対応可能な方法として注目されている。一方でパターンの高精細化が進み、IJ では液滴を小さくして細線化する試みがなされているが、通常の方法では 50 μm 程度の線を形成するのが限界であった。この課題に対し、コニカミノルタではこれまで蓄積した材料技術や塗布技術を応用し、10 μm 以下の新規細線形成技術を開発した。またこの技術を用いて高精細なメタルメッシュを生成することに成功、さらに IJ プロセスを工夫することで透過率を向上する技術も開発した。本稿ではこの細線形成およびメタルメッシュ生成技術について報告する。

2. 細線形成技術について

細線形成に関し、上述の通り液滴微小化による方法は限界であるため、自己組織化に着目して技術探索を実施した。その中で、IJ では不具合とされることが多いコーヒーリング現象によりリング状の導線を形成する報告を発見(Fig. 1)¹⁾、我々はこの現象に着目した。検討を重ね、IJ により吐出された液滴を基材上で合一してライン状液体を形成し、その後コーヒーリング現象による自己組織化で固形分を両サイドに堆積させ、2本の平行な細線を形成する技術を見出した (Fig. 2)²⁾。以下にその実施状況について説明する。

3. 実験

インクは銀ナノ粒子（固形分 1%）、界面活性剤、水溶性溶媒、およびイオン交換水により調整した。

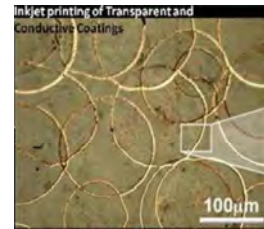


Fig. 1 Transparent Conductive Coatings by Printing Coffee Ring Arrays¹⁾

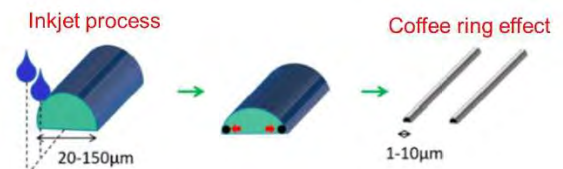


Fig. 2 Fine patterning process

調整したインクをコニカミノルタ製 IJ ヘッド KM1024i-LHE (液滴体積 30pl) より PET 基材上に吐出し、約 100 μm 幅のライン状液体を形成、その後すぐに乾燥させて形成される画像を光学顕微鏡にて観察した。

4. 結果と考察

4.1 細線の形成

銀ナノ粒子を含むインクを用いてライン状の画像を形成し乾燥することで、コーヒーリング現象による銀ナノ粒子の自己組織化が進行し、線幅約 5 μm の平行細線を形成できた (Fig. 3)。

この細線形成は実験毎にばらつきがあり安定性に課題があった。そこで IJ の描画性に関わるインク表面張力と基材表面エネルギーについて検討を実施し、インクの基材上の接触角を 10~30° に制御することで安定して平行細線を形成できることがわかった。

〒191-8511 東京都日野市さくら町1番地

No1 Sakura-machi, Hino-shi, Tokyo, 191-8511, Japan

e-mail: takenori.omata@ikonicaminolta.com

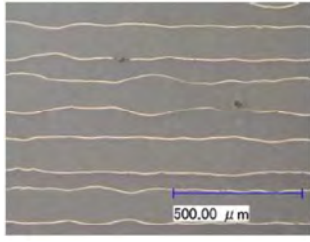


Fig. 3 Example of fine silver lines

接触角が 10° 未満では IJ によるライン状液体は綺麗に形成されるが、端部の固形析出が進まず平行細線が形成できず、また接触角 30° を超えると IJ で形成したライン状液体にバルジが発生する不具合があった。接触角を $10\sim 30^\circ$ に制御することで、バルジが発生することなく、かつ端部析出も適度に進む条件となり、平行細線を安定して生成できたものとする (Fig4)³⁾。

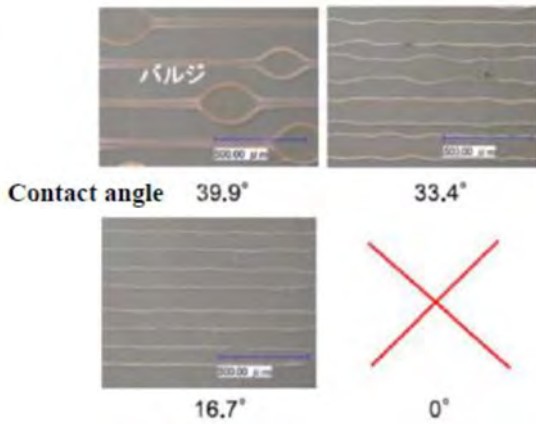


Fig. 4 Fine patterning condition by contact angle

4.2 メタルメッシュ形成について

上記細線を応用しメタルメッシュの形成を試みた。まず PET 上に斜めに複数の平行細線を形成し、その後形成済みの細線と交差する形で再度平行細線を重ねることでメッシュを作成した。斜めに細線を形成したのは 1 回目と 2 回目の細線の形成を類似した状態とするためである。作成したメッシュにめっき処理をすることで線幅 $7\mu\text{m}$ 、抵抗値 $0.5\Omega/\square$ 、透過率 79% のメタルメッシュフィルムが得られた (Fig5)。



Fig. 5 Example of the metal mesh

透明導電膜として使用できるようにするにはさらに透過率を上げる必要があるが、本稿のコーヒーリング現象を利用した細線形成方法では、平行細線の間隔がインクの dot 径に依存しメッシュのピッチを

拡大できない課題があった。この課題に対し、IJ のパターン形成方法と、めっき処理を組み合わせた細線ピッチを自在に制御できる方法を見出した。

まずインクを基材に下図のように 1 つ飛びで辺の長さが 1mm のひし形パターンを IJ で塗布し平行細線を形成する。次に 1 回目で形成されていない部分のひし形のパターンを重ねて形成する。この際に 1 回目と 2 回目のひし形の外側の細線のみがお互いに重なるように形成し、内側の細線はどこの線にも接触しないように形成する。その後、得られたフィルムを焼成し、めっき処理をすることでひし形の外側の導通している細線はめっきされ、内側の非導通の細線はエッジングされて消失する (Fig6)。このようにして得られたメタルメッシュフィルムは線幅 $7\mu\text{m}$ 、抵抗値 $1\Omega/\square$ 、透過率 86% で非常に透明度が高い結果であった (Fig7)⁴⁾。

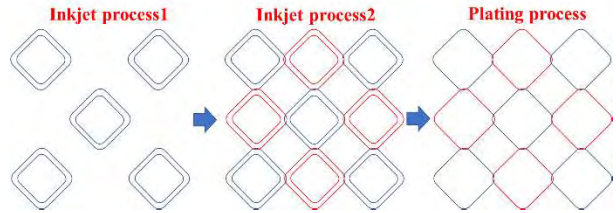


Fig. 6 Fine patterning process with pitch expansion

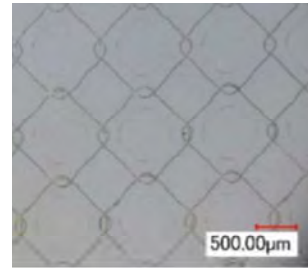


Fig. 7 Improved example of the metal mesh

5. 終わりに

コーヒーリング現象による自己組織化を活用した細線形成技術を開発。線幅 $5\mu\text{m}$ の細線が形成でき、かつ安定して細線形成できる条件を見出した。この細線形成技術を応用してメタルメッシュを試作、さらに透過率を向上させるプロセス技術を開発できた。今後、透明導電膜として熱線ヒーターや各種センサーフィルムとして応用が期待できる。

参考文献

- 1) S. Magdassi, ACS Nano, **3**, pp 3537–3542 (2009).
- 2) N. Niizuma, H. Ohya, M. Ushiku, and M. Yamauchi, Japan Patent, JP6007776 B2 (2016), 18 p. [in Japanese].
- 3) N. Niizuma, H. Ohya, M. Yamauchi, and T. Omata, Japan Patent, JP6658418 B2 (2016), 17 p. [in Japanese].
- 4) N. Niizuma, H. Ohya, M. Yamauchi, T. Omata, and K. Suzuki, Japan Patent, JP6413978 B2 (2015), 29 p. [in Japanese].