

## めっきプライマーインクに関する印刷プロセス研究

小松 迅人, 高田 健一, 今野 奈穂\*, 佐藤 勲征\*

機械電子情報技術部, \*材料開発・分析技術部

近年、印刷技術を応用した電子デバイス作製手法は、抵抗値が低いインクやプリントドエレクトロニクス用の装置開発などにより大幅な進展が見られてきている。印刷技術を用いたデバイスは、スマートフォンへの応用や塗布型半導体などの開発が本格化し大幅な世界市場になると予想されている。

印刷技術による配線形成手法は、従来プロセスと比較すると工程数低減および必要な部分への材料付与が可能と考えられるためコスト低減化、省資源化として期待されているプロセスである。

そこで、本研究では、当センターと地域企業が自動車部品への加飾用に開発した「めっきプライマーインク」<sup>1)</sup>を用いて、印刷による基板上への配線描画への展開をはかりながら、印刷プロセスへ展開した場合の課題等を検証する。

当センター保有の印刷試験機をインク(粘度30mPa・s)に合致した印刷手法への仕様検討と変更およびこのインクによる配線形成実験を行ったので報告する。

キーワード: めっき, プロセス, フレキシ印刷, グラビア印刷, 塗布

## 1 緒言

近年、プリントドエレクトロニクス関連のアプリケーション提案が、装置開発および材料開発の進展により、研究所からの報告や企業からの発表が増加してきている<sup>2)~5)</sup>。プリントドエレクトロニクスは、印刷技術で電子回路を形成する手法であり、インクの種類により成膜とパターンニングが同時または連続工程内で行えることから「高スループット化」や従来の形成手法で用いている除去加工とは違い必要な箇所へのインク付与のため「原材料の省資源化(環境保護)」が可能であることなどが見込まれている。

また、この手法を用いるメリットとしては、真空成膜、フォトリソやエッチングを活用した既存の製造プロセス手法と比較すると、「大幅な工程低減(製品の価格下落対応)」、「設備投資費の抑制」、「薄型や大面積化(需要量への対応)」などが考えられること、「フレキシブル性への対応(薄型化)」や「有機エレクトロニクスへの親和性」などがあり、材料開発に伴いながら新たなアプリケーションがこの手法で生み出されることが期待されている。

ところで、地域中小企業等は、従来からメンブレンス イッチ等の一部に印刷プロセスを用いた回路形成が採用されていることや最近の進展している報告等から活用を検討し始めているが、インクが比較的成本高で扱い難い部分があること、高性能の印刷装置を導入すれば

出きるというモノではないことなどが見えるため消極的になっていると考えられる。

本研究では、プリントドエレクトロニクスの手法を当センターと地域企業が開発した「めっきプライマーインク」をモチーフに地域中小企業が活用する上での課題を抽出することで、印刷手法で回路形成等を検討している地域企業の試行および製品開発に情報提供等で寄与することを目的とする。

## 2 実験方法

使用するめっきプライマーインク(図1)は、触媒粒子・バインダー・ナノ粒子・溶剤からなるインクである。

このインクは、触媒粒子および溶剤が調整されているため、従来のめっき工程に見られる触媒を付与・活性させる工程が省けること(図2)や、付与されたところのみめっきが析出するため印刷手法への展開が考えられるが、インクの飛び散りなどでも反応してしまうほど活性度

※ 特許取得済



⇒特殊なインクで書いたところのみ、めっきが析出する技術  
 ……活性触媒を含む樹脂成形品との密着するインク

図1 めっきプライマーインクの概要

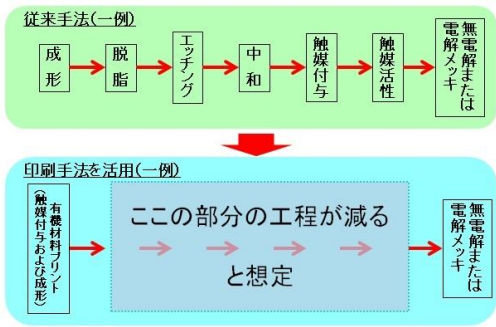


図 2 従来めっき手法と印刷手法との比較

が高く、配線形成には印刷手法を選ぶ必要がある。

当初は加飾用に開発されたインクであったが、無電解銅めっき後のサンプルを、低抵抗測定器(ロレスタ)による抵抗値測定ではバルクと近い値が出ており、配線への応用が期待されている。

そこで、このインクに合致した配線形成に関する印刷手法については、国立研究開発法人 産業技術総合研究所 フレキシブルエレクトロニクス研究センターにて指導いただきながら実験を行い、インク量がアニロックスによりコントロールできるフレキシ印刷手法が合致することが事前の検証で分かっている。このことから、当センター保有の印刷適正試験機(図3)はグラビア印刷(図4)仕様であったため、適正なアニロックスの選択を行いフレキシ印刷(図5)仕様に変更して実験を行った(図6)。



印刷適性試験機の制御概要	
印刷速度(m/s)	0.2~1.5
印圧(N)	10~500
アニロックス圧(N)	10~500

図 3 F1 印刷適正試験機 (IGT 社製)とスペック概要

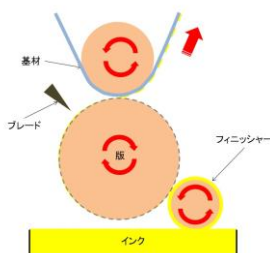


図 4 グラビア印刷の概要

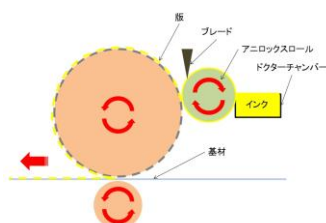


図 5 フレキシ印刷の概要

## 2.1 転写時間

フレキシ版については、旭化成株式会社製板状感光性樹脂AFP™を用いて株式会社精好堂にて作製した。

転写条件のひとつである、基材転写前の安定時間を割り出すため、フレキシ版(板状感光性樹脂AFP™)から試験片(サイズ:10×10mm t=0.7mm)を作成して、フレキシ樹脂版上のインクの重量変化実験を以下の順序で行った。

- ①フレキシ版の初期重量測定
  - ②フレキシ版をめっきプライマーインクに30秒間浸漬
  - ③フレキシ版を取りだし余分なインクを除去
  - ④フレキシ版の重量測定
- ② ~ ④ を9回繰り返した。

重量測定には、電子天秤(Sartorius社製 MAS524S-000-DI)を用いた。

## 2.2 印圧およびアニロックス圧の変化と転写精度

0.35mmの線幅を持ったフレキシ版(硬度74° 旭化成株式会社製板状感光性樹脂AFP™)を、基材にはABS(サイズ: 90×20mm t=2mm)用い、印刷スピードを0.2m/sと一定にして、印圧およびアニロックス圧をそれぞれ変化させた際の線幅を表面粗さ・形状測定機(アメテックテラーホブソン社製 フォームタリサーフ PGI1250A)を使用し計測した。

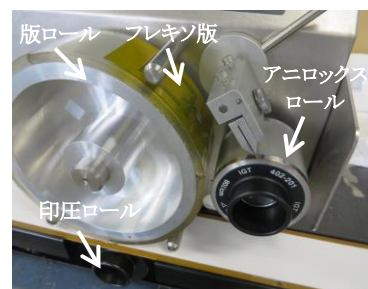


図 6 版ロール、アニロックスロール、印圧ロール、フレキシ版の位置

## 3 実験結果及び考察

### 3.1 インク浸漬によるフレキシ樹脂版の重量変化の傾向

サンプルとして3つの試験片を測定した結果を図7に示す。60秒以前のインク浸漬では、目視で版の表面に

あるインクが弾いているように見られた。210秒以降からは、余分な拭き取りの際にベタつきが徐々に強くなっていくことが感じられた。

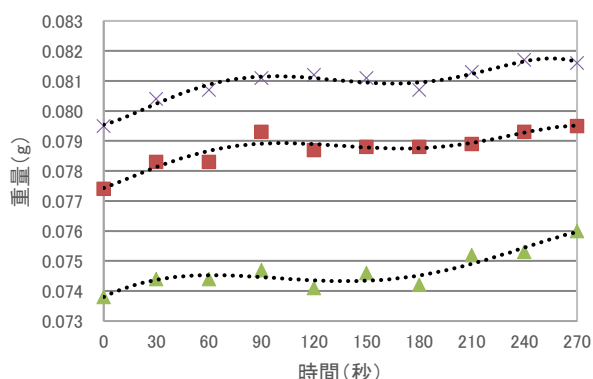


図7 めっきプライマーインクとフレキシ版の時間と重量変化の傾向

このグラフ(図7)からは、インクを着けてから60秒から180秒の時間にインク重量が安定するところが見られた。このことは、このインクを配線形成するのに合致する手法を検討する際に、国立研究開発法人 産業技術総合研究所 フレキシブルエレクトロニクス研究センターにて実験した際の転写条件に近い値であった。

また、ベタつきについては、このインクの組成にある基材との密着性向上に使われている溶剤が時間に伴い揮発することで、徐々に強くなっていくことが推測される。

この実験から、フレキシ版にインクをつけてから基材への転写を行うまでの時間は60秒から180秒が良いことが分かった。

### 3.2 印圧を変化させた際の転写されたインクの高さと線幅の傾向

0.35mm線幅のフレキシ版を用いて、アニロックスの圧力を200Nおよび印刷スピードを0.2m/sと固定して、インクが安定する時間として120秒後に、それぞれの印圧により転写されたインクの高さを測定した結果を図8に示す。

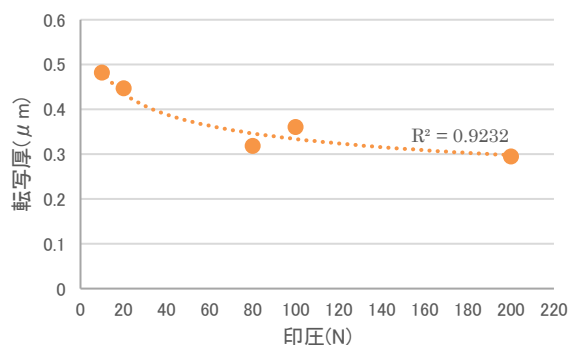


図8 転写印圧のみを変化させた際の転写された高さのグラフ(各サンプル n=3)

印圧のみを10, 20, 80, 100, 200Nに変化させていくと、印圧の増加に伴い、高さは0.3 μmに近づくことが見られた。

同様に、アニロックス圧を200Nおよび印刷スピードを0.2m/sと固定して、0.35mm線幅のフレキシ版を用いて、インクが安定する時間として120秒後に、印圧のみを変化させて、それぞれの印圧で転写されたインクの幅を測定した結果を図9に示す。

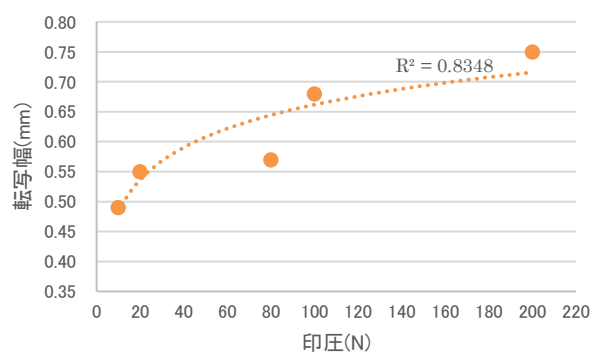


図9 印圧を変化させた際の転写されたインク幅のグラフ(各サンプル n=3)

印圧を低くすると転写されたインク幅が0.5mmと減少していくことが見られたが、版の線幅0.35mmにはならなかった。

この結果から、印圧を下げっていくことに伴って、細く高い形状転写となることが示された。

### 3.3 アニロックスの圧力を変化させた際の基材に転写されたインクの線幅の傾向

印圧を10Nおよび印刷スピードを0.2m/sと固定して、アニロックスの圧力を10, 20, 80, 100, 200Nと変化させ、版上でのインクが安定する時間において、基材に転写されたインクの線幅を測定した結果を図10に示す。

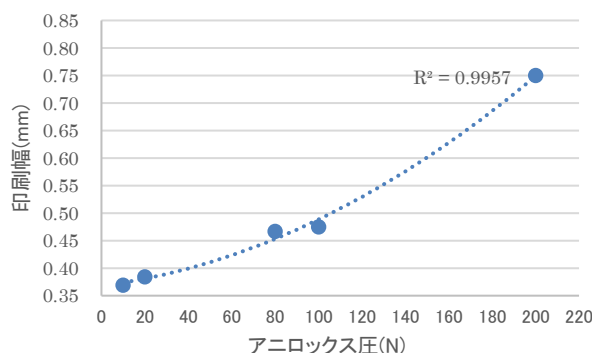


図10 アニロックス圧力を変化させた際の基材に転写されたインク幅のグラフ(各サンプル n=3)

このグラフ(図10)より, アニロックスの圧力を低くすることで転写されたインクの幅が, 版の線幅0.35mmに近づくことが見られた。

これは, アニロックスの圧力を適正以上にかけると版が潰れ, 転写に必要な形状以外の部分にインクが載ってしまい, その部分が転写されることにより精度が出難くなると推測する。

今回使用した印刷試験機による実験結果から, アニロックスの圧力および印圧を10N以下に制御することができれば, 目標精度の転写が可能であることが推測できる結果となった。

### 3.4 モチーフ配線の印刷

NFCタグアンテナパターンを模したフレキシ版(図11)を, アニロックス圧を10Nおよび印刷スピードを0.2m/sと固定し, インクが安定する時間として120秒後に版ロールから取り外して, 印圧を10N以下の想定で手押しロールを用い基材に転写を行った。

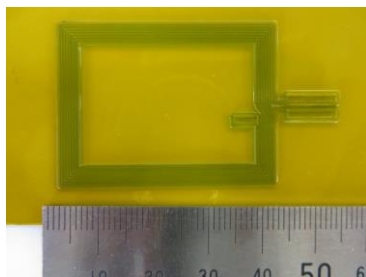


図 11 NFC タグアンテナパターンを模したフレキシ版

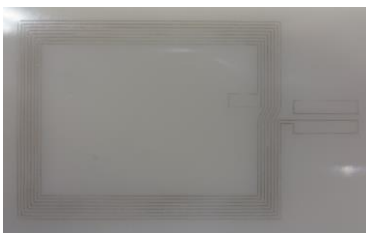


図 12 手押しロールでABS基材に転写した配線サンプル

手押しロールで配線印刷したサンプル(図12)の線幅を測定した結果, フレキシ版の線幅と転写された線幅が0.21mmとなり同等の値が得られ, 印圧を下げることによる転写精度の向上が検証出来た。

## 4 結言

本研究では, 下記のとおり, 当センター保有の印刷試験機を, めっきプライマーインク用に仕様変更を行い, 実験により精度に寄与する条件を把握することで, 印刷

手法による配線の形成が出来る結果となった。

- (1) めっきプライマーインクを用いた配線形成に合致した印刷手法の調査
- (2) 保有機器のフレキシ印刷仕様への改良
- (3) インク浸漬によるフレキシ樹脂版の時間と重量変化の傾向
- (4) 印圧を変化させた際の転写されたインクの高さの傾向
- (5) 印圧を変化させた際の転写されたインクの線幅の傾向
- (6) アニロックスの圧力を変化させた際の基材に転写されたインクの線幅の傾向
- (7) モチーフ配線の印刷

この研究によって, フレキシ印刷での回路形成とめっきプライマーインクの配線材料への展開の可能性を見いだせる結果となった。また, 基本的な部分を把握出来たことや研究機関とネットワーク形成が可能となったことにより, プリントドエレクトロニクスへの展開を検討している地域企業等への情報展開等が図れればと考える。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり国立研究開発法人 産業技術総合研究所 フレキシブルエレクトロニクス研究センター 牛島洋史副研究センター長(現:人間拡張研究センター副研究センター長)をはじめとした研究室の皆様には多大なるご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 特許第6072330号 パターンめっき用無電解めっき前処理インキ組成物及び無電解めっき皮膜の形成方法
- 2) 次世代プリントドエレクトロニクスコンソーシアム(JAPEC). <https://unit.aist.go.jp/flec/consortium/>
- 3) 牛島洋史. プリントドエレクトロニクス実現を目指したプロセス技術開発. 日本印刷学会誌. 50(6), 458-462 (2013)
- 4) 沼倉研史. 「よくわかるプリンタブル・エレクトロニクスのできるまで(厚膜印刷回路による部品実装技術)」。日本工業新聞社 (2009)
- 5) 日本印刷学会 P&I 研究会. 「次世代プリントドエレクトロニクスへ(印刷による付加型生産技術への転換)」。印刷学会出版部(2013)