



「電気印刷」～電気回路形成における新たな印刷手法とその開発経緯、特性

電気印刷研究所
三谷 雄二、本庄 和彦

1. はじめに

「電気印刷」の文字を見て皆さんは違和感か好奇心を覚えるのではないだろうか。前者は印刷に詳しい人、後者は技術に興味がある人に違いない。本稿では筆者らが開発した新しい印刷技術を紹介する。

電気印刷とは透明なフィルムに電気を印刷して電気回路を形成する印刷技術である、と言うと『電気なんか印刷できない!』等と叱られそうだが、もう少し詳しく書くと『透明なフィルムに小さな雷を発生させて静電気の像を印刷する』ことである。こうしてできた静電気の像は電子写真の用語で静電潜像(静電気でできた目に見えない画像)として知られている。静電潜像をトナー液に浸して現像してできたトナー画像に銅めっきして電気回路を作るのだが、電気印刷に使うトナーは銅めっきできるように工夫して設計しているのが技術のポイントである。

電気印刷は10 μ m(0.01mm)の細線を印刷できるので広範な用途があり、透明ヒーター、5G用透明アンテナ、タッチセンサ、FPCなどの電気部品が効率的に生産できる。印刷が速い、細線ができる、製造工程が環境にやさしい、露光装置が要らない、3次元の曲面に電気回路ができる等の魅力的な特徴が多い21世紀型の新しい印刷技術で、筆者らはこの技術を電気印刷と名付け、商標として登録した。

2. 静電潜像

静電気は知らぬ間に発生していて、突然パチッと放電してICを破壊したり、ドアノブに触れた手に放電したりする厄介者として扱われていて、電子業界では静電気対策にやっきになる迷惑な存在として認識されているが、電子写真業界では貴重な画像技術として大事に扱われている。

静電気の特性を把握してうまくコントロールできたら技術の要になるため、電気印刷では静電気は大事な技術要素であ

る。電気絶縁性の高いプラスチック・フィルムの表面にできた静電潜像は意外に安定しており、例えば、よく使っているポリエステルフィルム(PETなど)の表面にできた静電潜像は安定していて、室内で数日間も放置した後に現像しても正確な画像ができるのには最初は誰でも驚くことになる。

3. 電気印刷の工程

電気印刷の工程は以下の通り。

- ①記録用のフィルムとめっきができるトナーを準備する
 - ②CADで回路を設計する(図1)
 - ③CADデータを基に印刷版を作成する(図2)
 - ④フィルムに印刷版を重ねて電圧を印加する(目に見えない静電潜像ができる)
 - ⑤トナーで現像する(目に見えない静電潜像が可視化する、図3)
 - ⑥銅を無電解めっきする(図4)
- 電気印刷には露光工程がない。

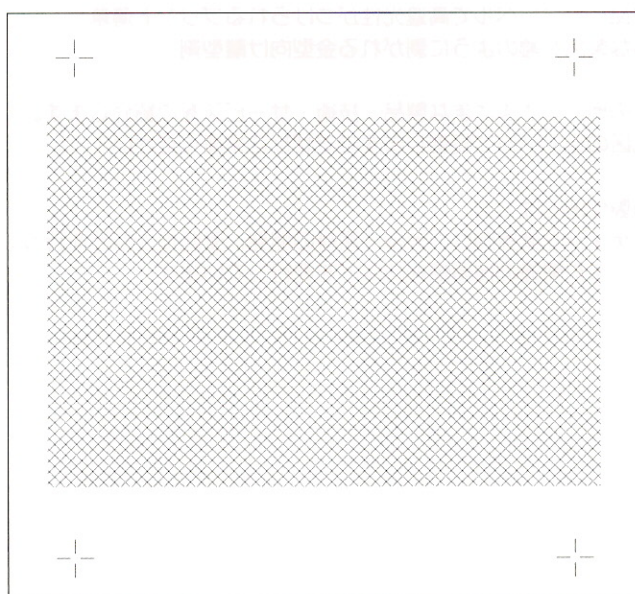


図1 CADで設計

問い合わせ

三谷 雄二

✉ mitani@eprint.co.jp

CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH



図2 CADデータを基に印刷版を作成
(目に見えない静電潜像ができる)

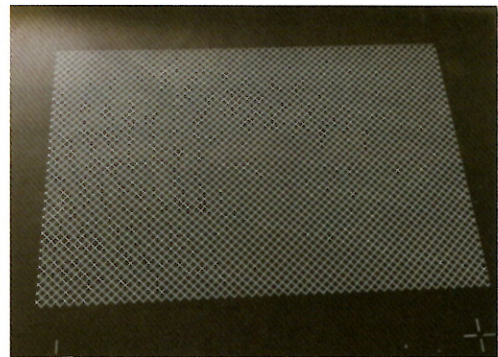


図3 トナーで現像 (静電潜像が見える)

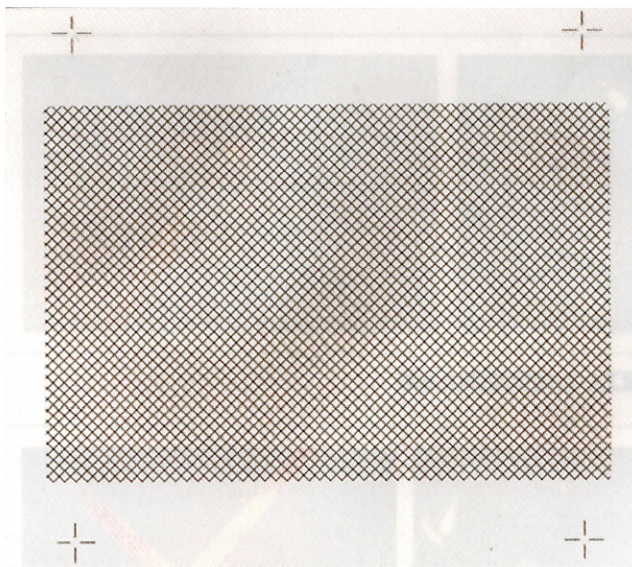


図4 銅を無電解めっき

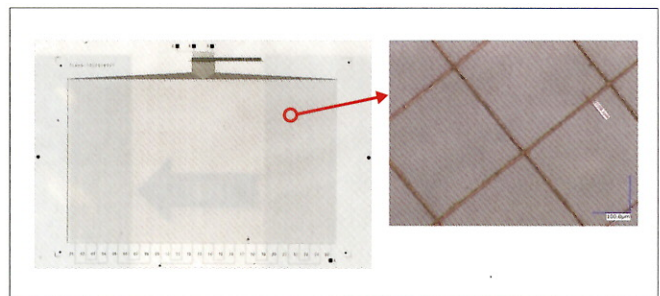


図5 電気印刷した細線 (10 μ m) の電気回路

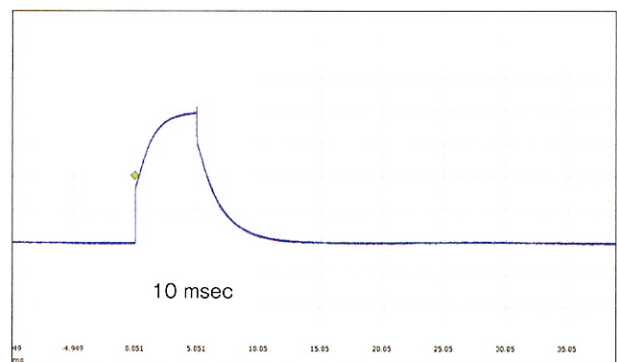


図6 電気印刷した時の電圧波形

4. 電気印刷のメリット

電気回路を作成するには、①銀インキやナノ銀をスクリーンで印刷する方法、②銅箔をエッチングする方法、③銀インキをグラビア・オフセットで印刷する方法、④ナノ銀をインクジェットでプリントした後に銅めっきする方法など多くの方法があり、それぞれの特徴を活かして使い分けている。

電気印刷のメリットは以下の通り。

- ①細線 (10 μ m幅) の電気回路が印刷できる (図5)
- ②印刷速度が速い。静電潜像を1/100秒で印刷できる (図6)
- ③エッチング法に比べてプロセスが環境にやさしい。使用する水やエネルギー、廃棄物がおよそ1/10とされている¹⁾

5. 3次曲面の電気回路の作成

平面に加工した銅の電気回路を円筒状 (2次曲面) に加工できる。これは表面にした銅の電気回路に伸縮がないからであ

る。しかし、半球状 (3次曲面) に加工すると銅回路は伸びてしまい断線してしまう (図7)。電気印刷の場合、銅めっきする前のトナー現像したフィルムを曲面に加工。トナーは樹脂成分が多いので3次曲面に加工しても断線しない。断線のないトナー回路に銅めっきできるので、断線のない銅回路を作成することができる (図8)。

6. 電気印刷した銅回路の密着性

めっきのプロはめっき膜と基材との密着性を重要な特性と強く認識している。研究を通じて自分で初めてめっきした時、『めっきが剥がれる』との言葉が残っているようにめっき膜は

剥がれやすいものだと思います。粘着力の弱いテープで銅膜を剥離すると簡単に剥がれてしまった(図9)。早速めっきのプロに教を乞うと『そうだろう、めっきは難しいんだよ』と言いながら下処理の大切さを教えてくれたため、プラズマ処理、UV照射などのもらったヒントを色々試してみたところ効果抜群であった(図10)。

7. 電気印刷技術の開発経緯

筆者らは40年前、帝人の研究所で「透明導電性フィルム」(ITOフィルム)の開発に参加していた²⁾。今ではITOフィルムはタッチパネルのキー材料としてよく知られているが、ま

だパソコンが普及していなかった当時はこのフィルム用途はほとんどなく、筆者らはこのフィルムが非銀塩記録材料として有用だと証明するために、電子写真の静電潜像転写法でITOフィルムに画像を形成した(図11)。この時筆者らは静電潜像がフィルム上で安定していること、転写しても像が乱れないことを知った。

ITOフィルムを開発してから10年経った頃にタッチパネルの風が吹き始め、筆者らはその道を突き進むことになる。業界ではITOフィルムの抵抗膜タッチパネル、静電容量タッチパネルの普及を経由して、メタルメッシュ式の静電容量タッチパネルがノートPCに採用され始めた。これは表面に銅

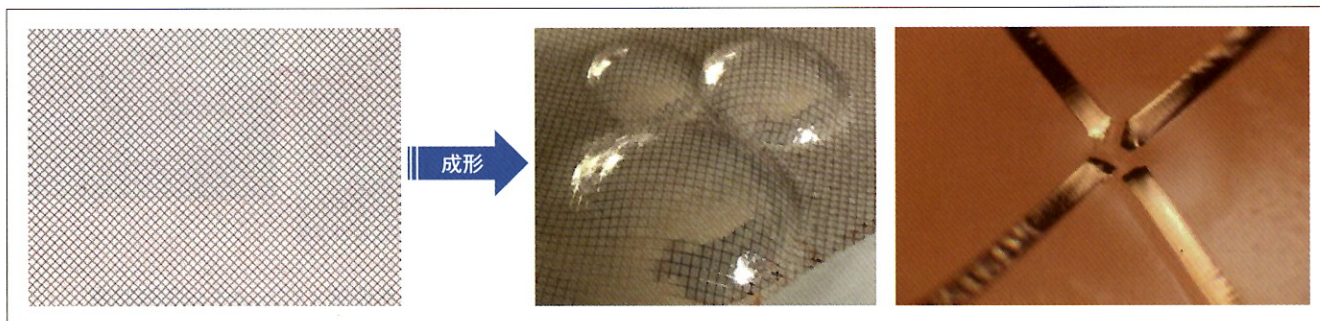


図7 半球状(3次曲面)に加工した電気回路は断線

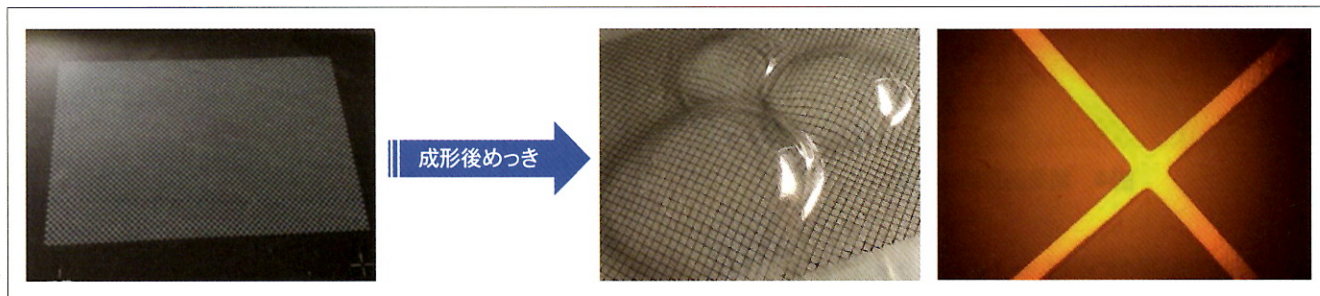


図8 断線のない電気回路

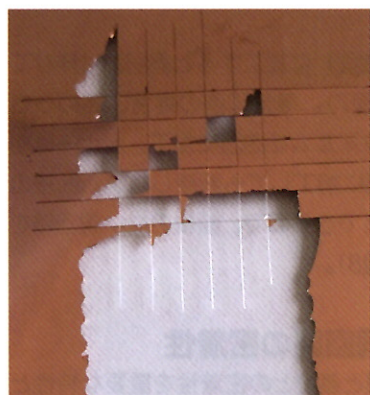


図9 剥離した銅膜

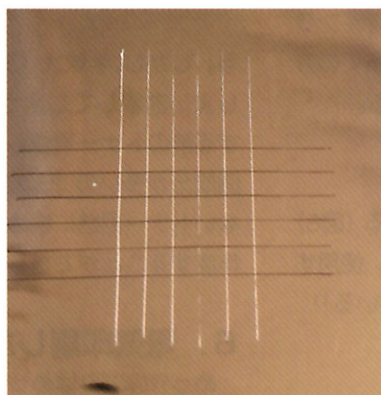


図10 クロスカット試験で剥離しなかった銅膜



図11 ITOフィルムに静電潜像転写法で形成した画像

の薄膜スパッタリング加工したフィルムをフォトエッチングして銅を細いメッシュ状に加工して作成したもので、10 μ m程度の細いメッシュをディスプレイに重ねてもメッシュは人の目では見えない。モバイル用途では目に近付けて見るので3 μ m以下の細線が要求される。筆者らは『3 μ mの細線をめっき法で作成する技術』を目標に技術開発を目指したが、その時に思い出したのが先述の「静電潜像転写技術」である。電子写真の専門家やトナーのメーカーを訪ねてこの目標を伝えると『そんなの無理だよ!』と即座に断られたが、断られたことにめげずに研究を続けられたのは筆者らが印刷に関して全くの素人だったからである。『盲蛇に怖じず』の感。そのうちに偶然、フィルム上に綺麗な静電潜像ができていたことを見つけ驚いたが、電気印刷の研究はここが出発点となった。電子写真の専門家、トナーや材料のメーカー、現像機や印刷機のメーカー、エッチング関係のメーカーなどのお世話になりながら開発を進めて、今回初めて本誌に寄稿して技術を発表するに至ったが、気付けば目標の達成までに6年の年月が経っていた。

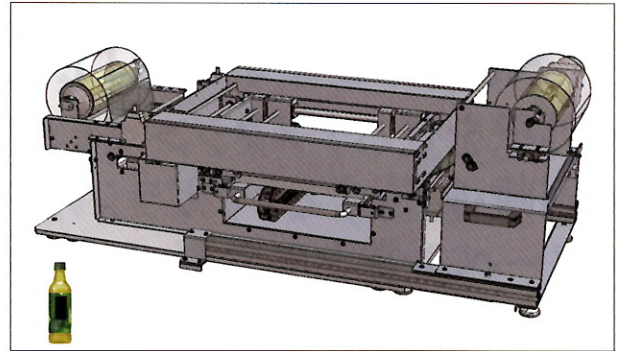


図12 小型Roll to Roll電気印刷機

は多くの技術者がこの技術を活用して多様な電気部品を開発していただくと期待している。この技術は印刷技術の一種なので、応用の範囲が限りなく広く用途は無限にある。筆者らは10年後のこの技術の発展を楽しみにしている。100年後はもっと発展しているに違いないが、100年は待てそうにない。

※電気印刷は電気印刷研究所の登録商標

8. 電気印刷技術の今後の発展

電気印刷は生まれたばかりの技術で、名前を聞いたことがある方はほんの少数だと思われる。グラフィア、スクリーン、オフセットなどの従来の歴史ある印刷技術と違った特徴があり、細線ができる、曲面回路ができる、環境にやさしい、印刷速度が速いなどの利点を活かした用途が沢山ありそうである。最近開発したRoll to Rollの電気印刷機は長さが約1mのコンパクト装置だ(図12)。200mm幅のフィルムを電気印刷して巻き取る。インクを使わないので乾燥は要らない。筆者らはこの装置でタッチパネル、透明ヒーター、透明アンテナ、FPC、曲面ヒーターなどの試作を始めている。これから

<参考文献>

- 1) エレファンテック社 資料
- 2) 岡庭宏、杉山征人、御子柴均、側島重信、三谷雄二：日経エレクトロニクス、1978、10、30、pp.76-90 (1978)。

誰でもわかるラミネーティング

発行：2019年7月20日 増補版第2刷発行
 体裁：B5判 本文288頁
 著者：松本 宏一 氏
 定価：5,500円
 (本体5,000円+税10%)、送料別



詳細、購入はWEBサイトにて! www.ctiweb.co.jp/store/

～ササクラの熱交換技術で省エネしませんか～

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

排気熱を貴重なエネルギーに変換
加熱コストを大幅低減

ヒートパイプ熱回収ユニット

省エネ大賞受賞
廃水=0 (ZLD) の実現

排水処理装置

卓越した冷却性能で
生産効率の大幅アップ

ヒートパイプ式冷却ロール

「水を造り、熱を活かし、音を究め、よりよい環境をつくる」

本 社 〒555-0011 大阪市西淀川区竹島4丁目7番32号 東京本社 〒104-0033 東京都中央区新川1丁目17番25号
 機器営業室 TEL.06-6473-2134 FAX.06-6473-5540 機器営業室 TEL.03-5566-1212 FAX.03-5566-1233

株式会社 **ササクラ**

WEBサイト: <http://www.sasakura.co.jp>