

# 電気印刷\*

三谷雄二\*\*，本庄和彦\*\*\*

「電気印刷」の文字を見て違和感か好奇心を覚えないだろうか。前者は印刷に詳しい人で、後者は技術に興味がある人に違いない。筆者たちが開発した新しい印刷技術を紹介したい。

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。『印刷雑誌』の読者からは「電気なんか印刷できない！」などと叱られそうだが、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」のだ。こうしてできた静電気の像（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メッキして電気回路を作る。電気印刷に使うトナーは銅メッキ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だ。

電気印刷は10 $\mu$ m (0.01mm)の細線を印刷できるので広範な用途がある。透明ヒーター、5G用の透明アンテナ、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・・・などの魅力的な特徴が多い2018年に誕生した新しい印刷技術である。（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。）

## 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する厄介者として扱われていて、電子業

\*本稿は、コンバーテック2023年2月号に補筆・修正したものである。

界では静電気対策にやつきになる迷惑な存在として認識されている。一方、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。

静電気の特徴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。電気印刷では静電気は大事な技術の要。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である。例えばPETなど、よく使っているポリエステルフィルム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。

## 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メッキができるトナーを準備する。
  - ② CADで回路を設計する。(図1)
  - ③ CAD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)メッキする(図4)
- 電気印刷には露光工程がない。

\*\* MITANI Yuji  
株式会社電気印刷研究所  
代表取締役  
\*\*\* HONJO Kazuhiko  
同上 技術部長  
〒193-0826 東京都八王子市元八王子町3-2750-793  
mitani@eprint.co.jp

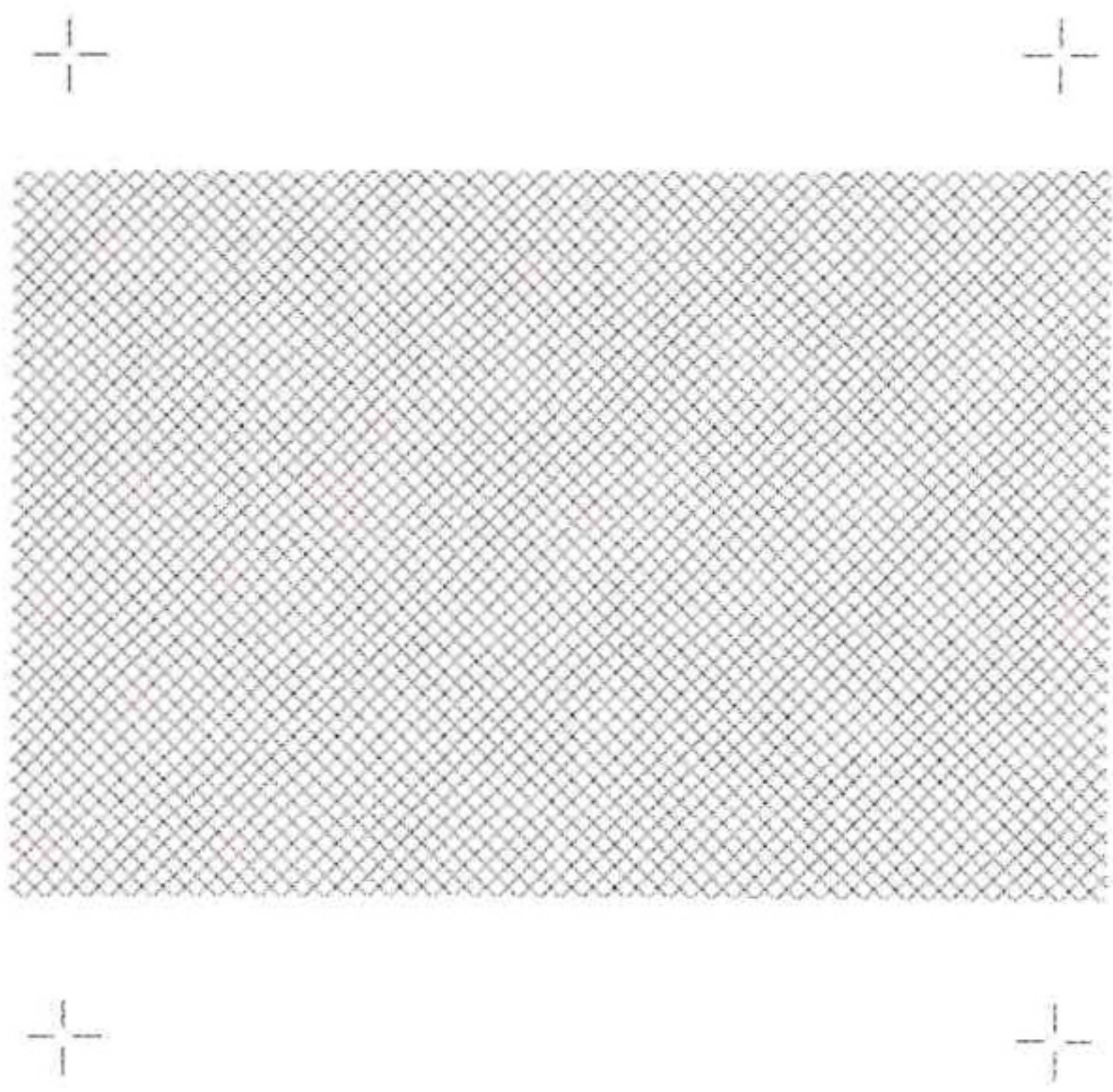


図1 CADで設計

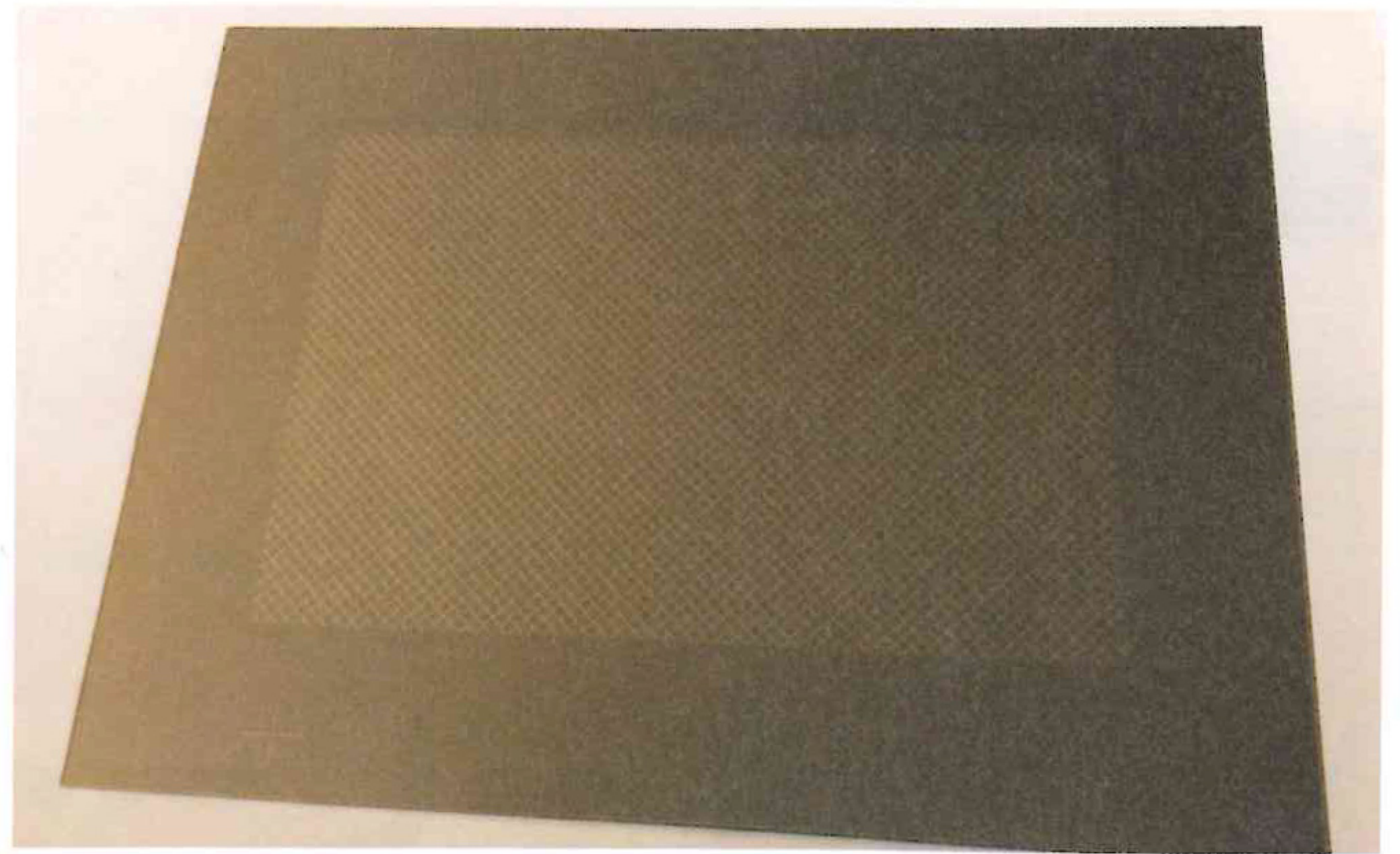


図2 CADデータを基に印刷版を作成目に見えない静電潜像ができる)

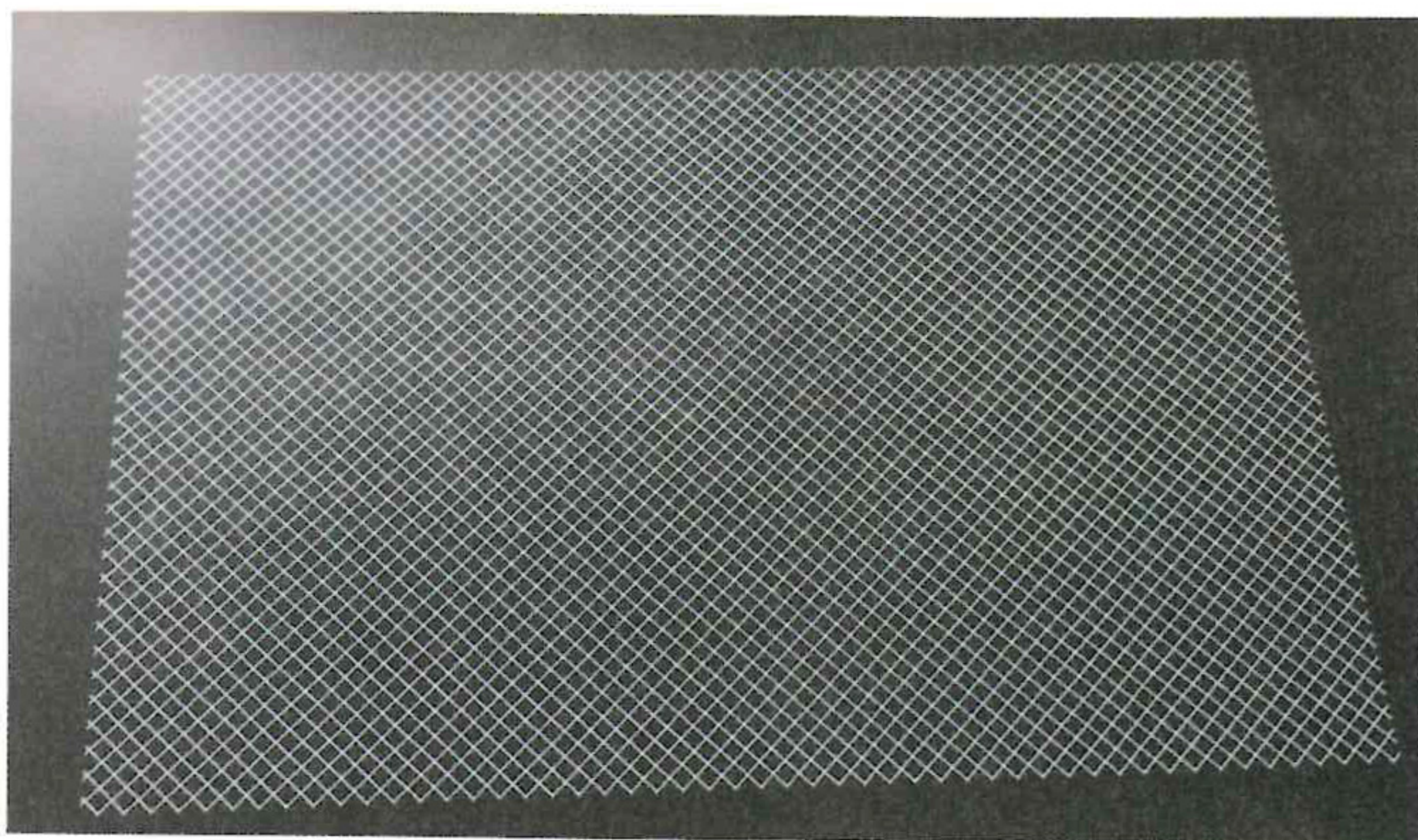


図3 トナーで現像 (静電潜像が見える)

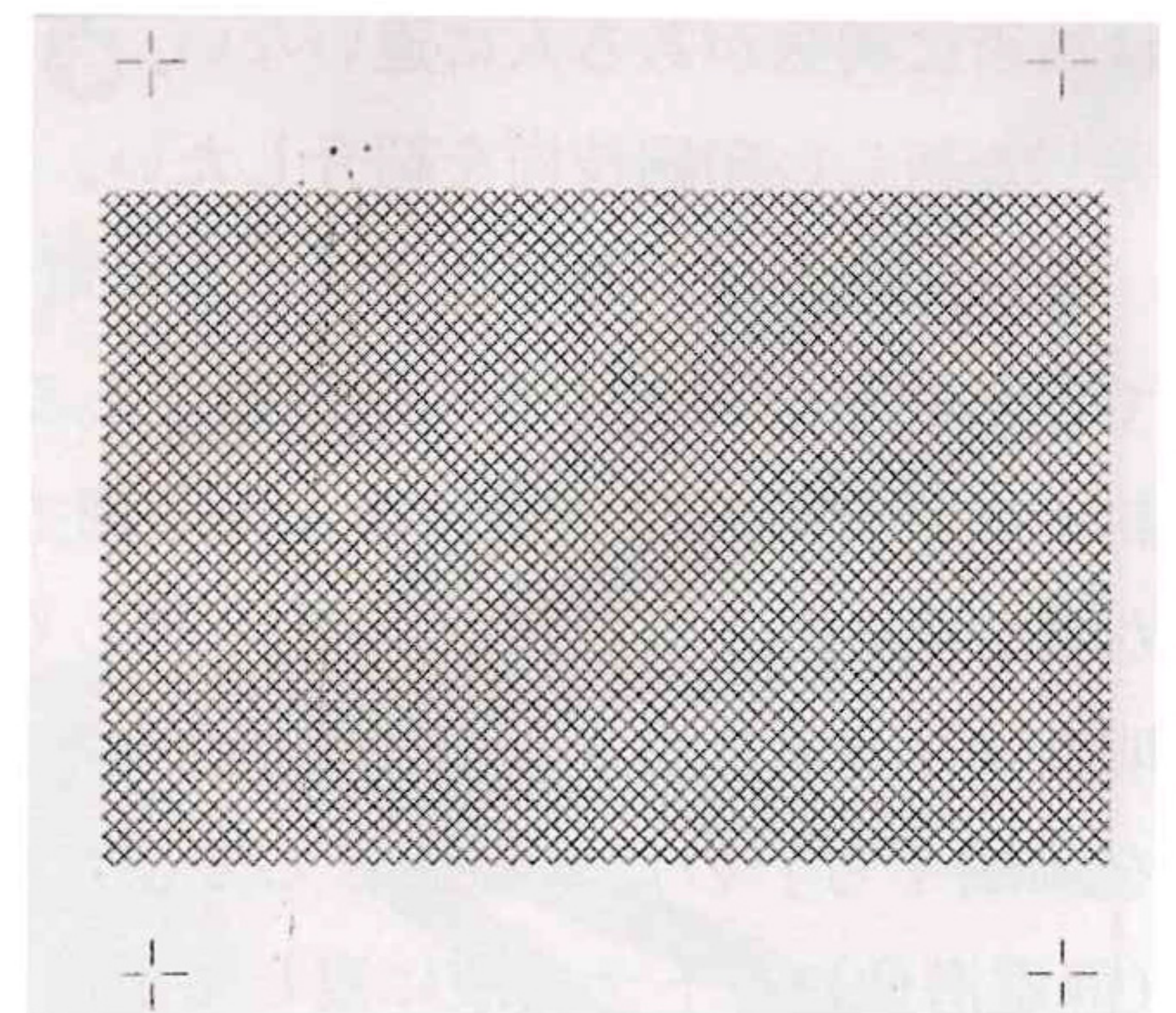


図4 銅を無電解メッキ

## 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やオフセットで印刷する方法
- ④ ナノ銀粒子をインクジェットで出力した後に銅メッキする方法

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、

- ① 細線 (10 $\mu$ 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 になると言われている。<sup>1)</sup>

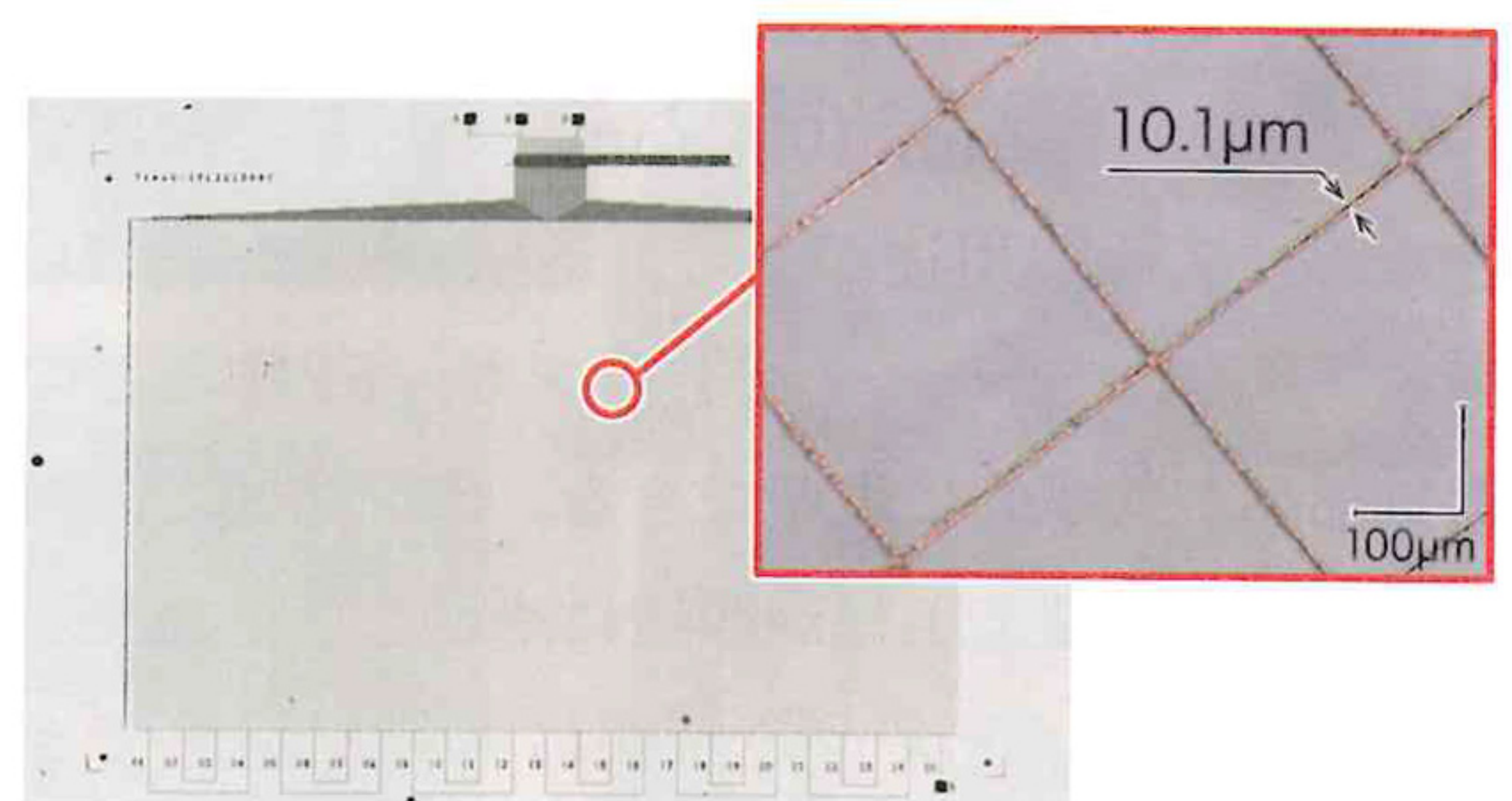


図5 電気印刷した細線 (10 $\mu$ m) の電気回路

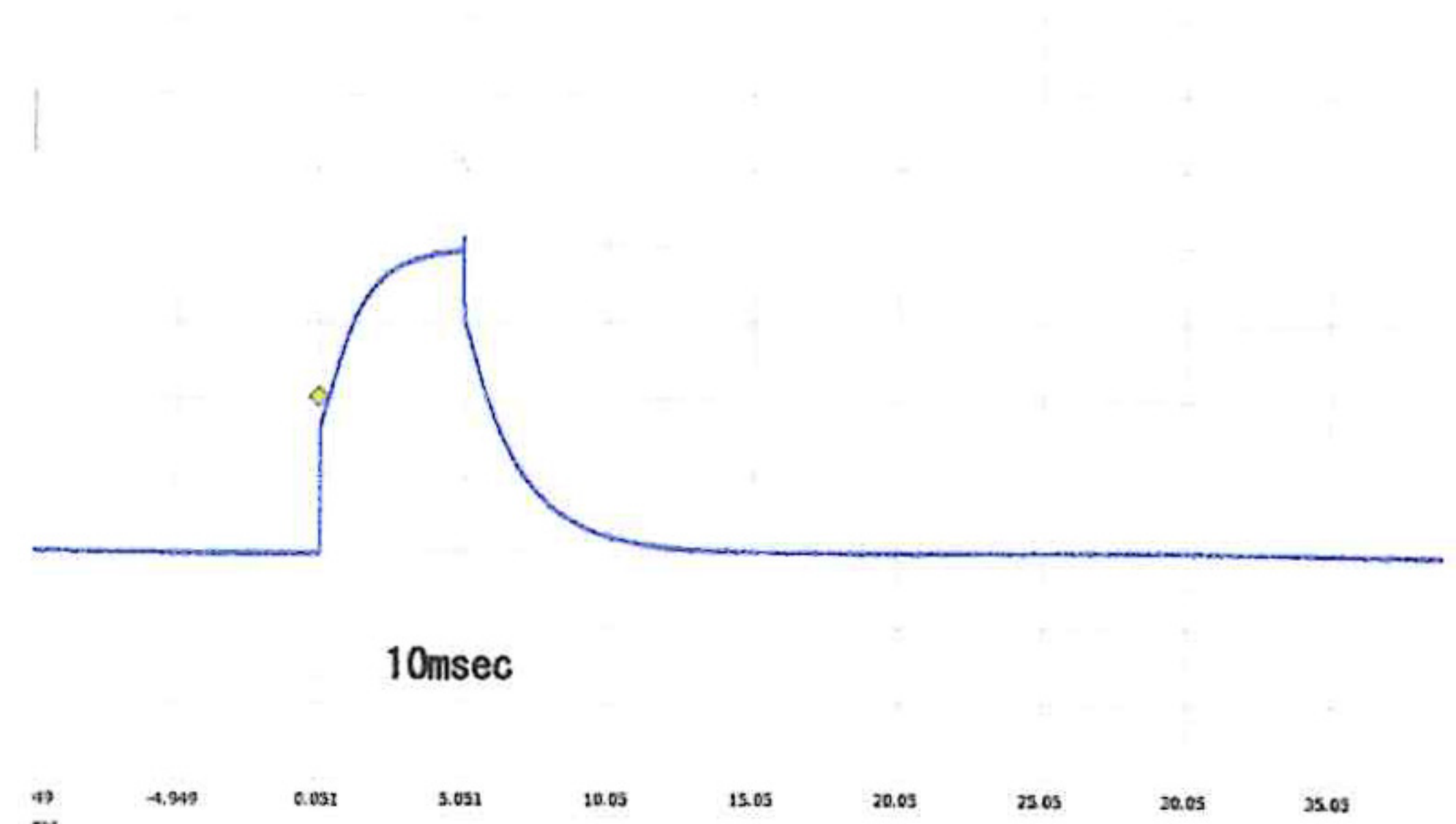


図6 電気印刷した時の電圧波形

### 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する。（図7）

電気印刷の場合、銅メッキする前のトナー現像したフィルムを曲面に加工する。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メッキできるので、断線のない銅回路を作成できる。（図8）

### 電気印刷した銅回路の密着性

メッキのプロはメッキ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メッキしたとき「メッキが剥がれる」との言葉が残っているようにメッキ膜は剥がれやすいものだと思い知らされた。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）

早速メッキのプロに教を乞うと「そうだろう、メッキは難しいんだよ」・・・と言いながら下処理の大切さを教えてくれた。プラズマ処理、UV照射などもらったヒントをいろいろ試した。効果抜群。密着力は合格した。（図10）

### 電気印刷技術の開発経緯

筆者らは1980年頃の帝人の研究所での「透明導電性フィルム」（ITOフィルム）の開発<sup>2)</sup>に参加していた。今ではITOフィルム<sup>3)</sup>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の用途はほとんどなかった。私たちはこのフィ



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

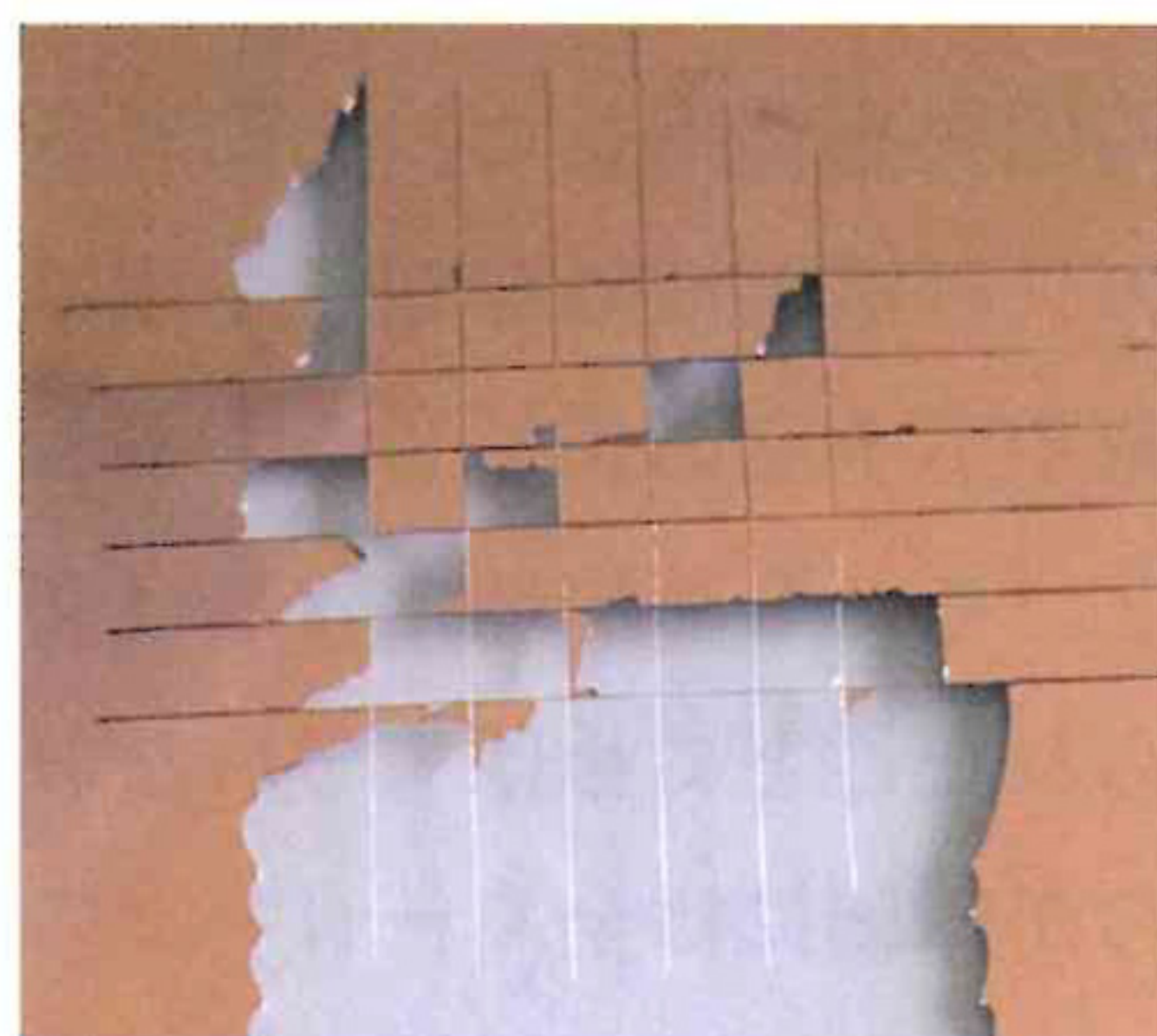


図9 剥離した銅膜

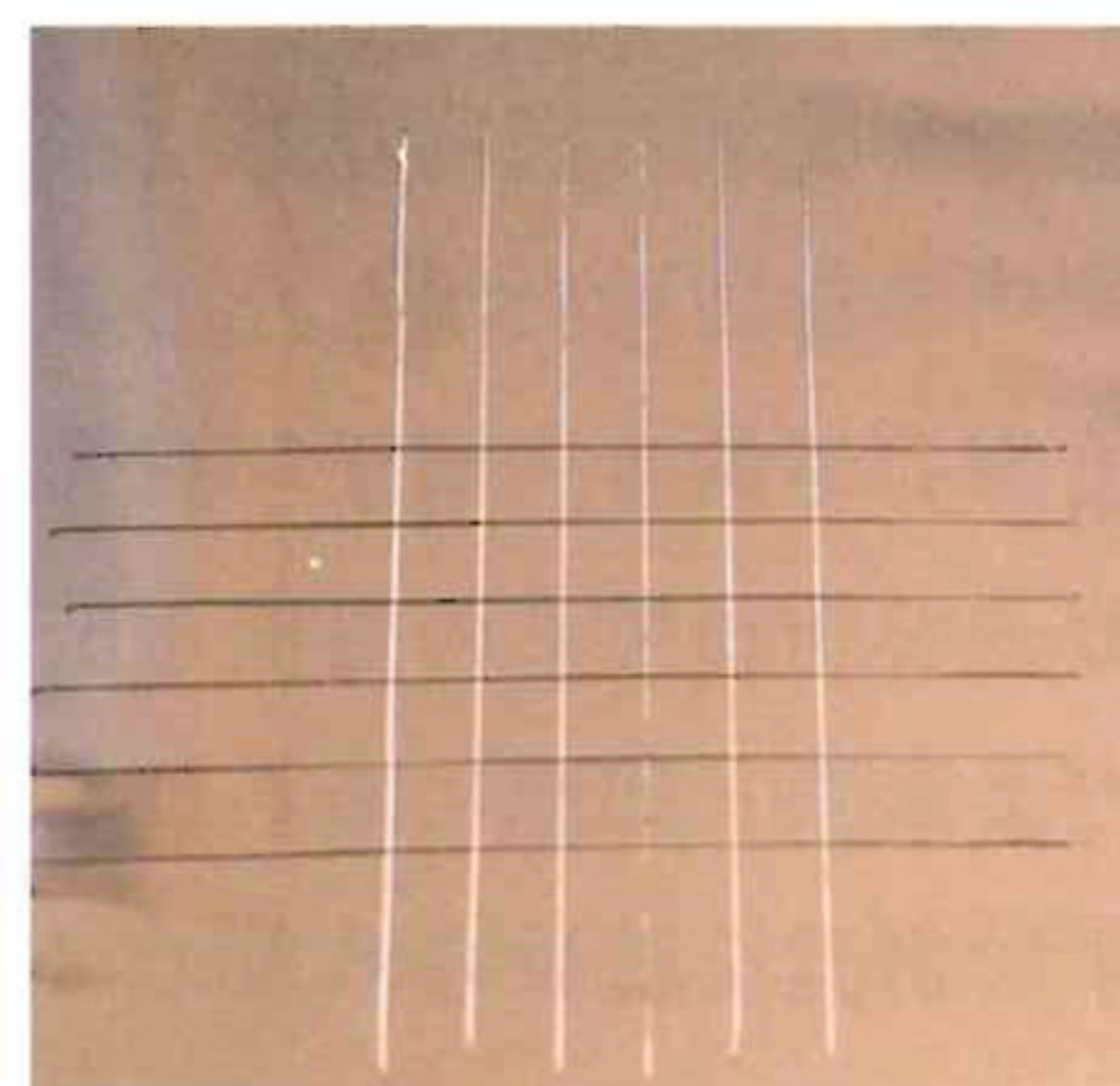


図10 クロスカット試験で剥離しなかった銅膜



図11 ITOフィルムに静電潜像転写法で形成した画像

3) ITO : Indium Tin Oxide. 酸化インジウムスズ。ITOフィルムは透明でありながら導電性があるフィルム

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)。この時筆者は静電潜像がフィルム上で安定していることと転写しても像が乱れないことを知る。

ITO フィルムを開発してから 10 年た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んで行った。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經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 に採用が始まった。これは表面に銅の薄膜スパッタリング加工したフィルムをフォトリソ加工して銅を細かいメッシュ状に加工して作成したものだ。

10 $\mu\text{m}$  程度の細か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 $\mu\text{m}$  以下の細線が要求される。筆者らは「3 $\mu\text{m}$  の細線をメッキ法で作成する技術」を目標に技術開発を目指した。

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。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は全くの素人だったからだろう。「目蛇に怖じず」の感だ。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ることを見つけびっくりした。電気印刷の研究はここからが出発点でだった。

電子写真の専門家、トナーや材料、現像機や印刷機、エッチング関係などの各メーカーのお世話になりながら開発を進め、各誌に寄稿して技術発表に至った。目標の達成までに 6 年が経っていた。

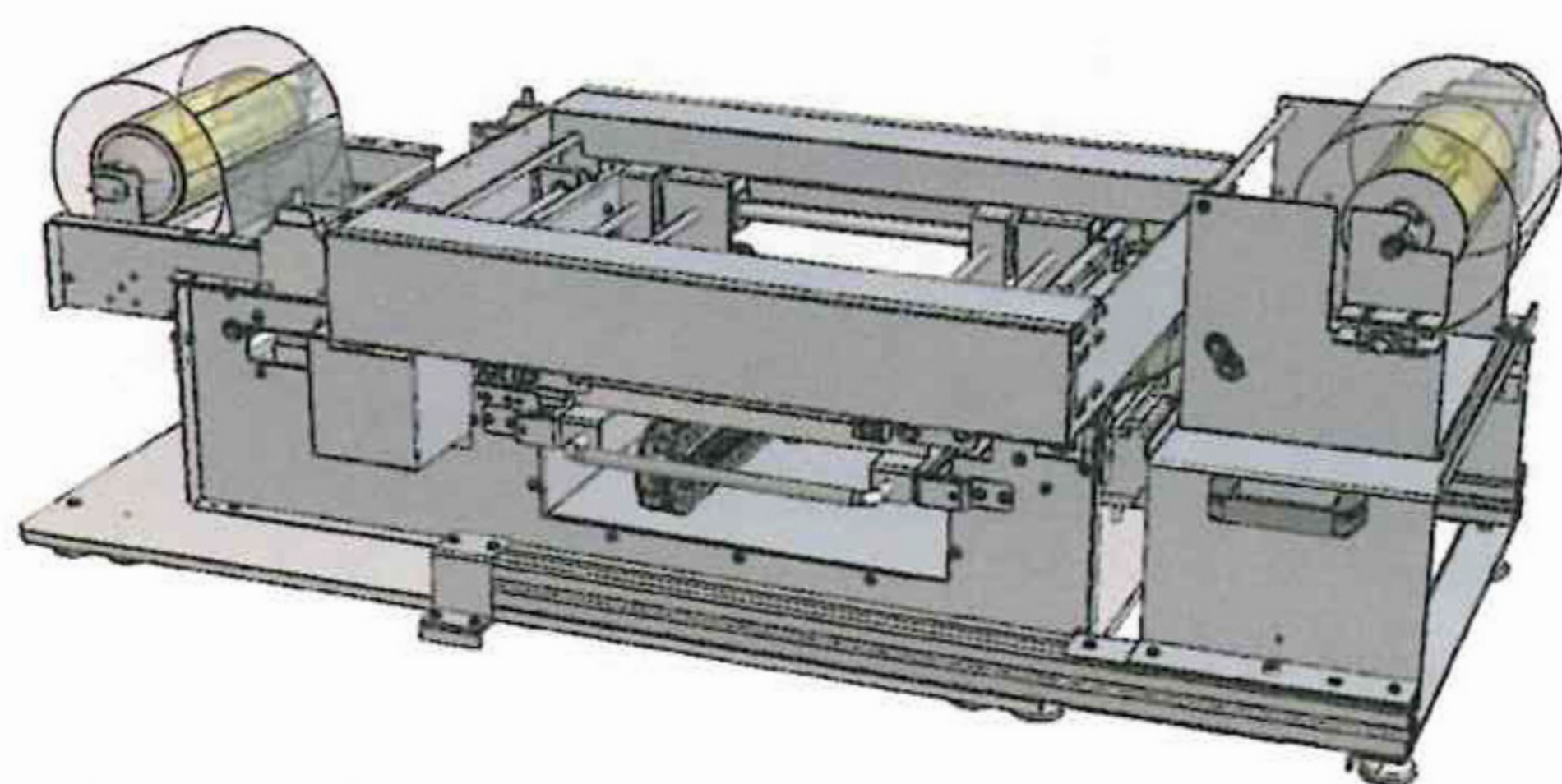


図 12 小型ロール to ロール電気印刷

## 今後の発展

電気印刷技術は生まれたばかりで名前を聞いたことがあるのはほんの少数だ。グラビア印刷、スクリーン印刷、オフセット印刷などの従来の歴史ある印刷技術と違った特徴がある。

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数多くありそうだ。

最近開発したロール to ロール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。印刷インキ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、透明アンテナ、FPC、曲面ヒータなどの試作を始めた。これから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けると期待している。

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い。したがって用途は無限にある。筆者らは 10 年後のこの技術の発展を楽しみにしている。例えば、感熱トナーを使って現像したフィルムは、金属箔を転写して電気回路を形成できる (図 13)。100 年後はもっと発展しているに違いない。

### 【参考文献】

- 1) エレファンテック株式会社 資料
- 2) 岡庭, 杉山, 御子柴, 側島, 三谷, 日経エレクトロニクス, p76 ~ 90 (1978)

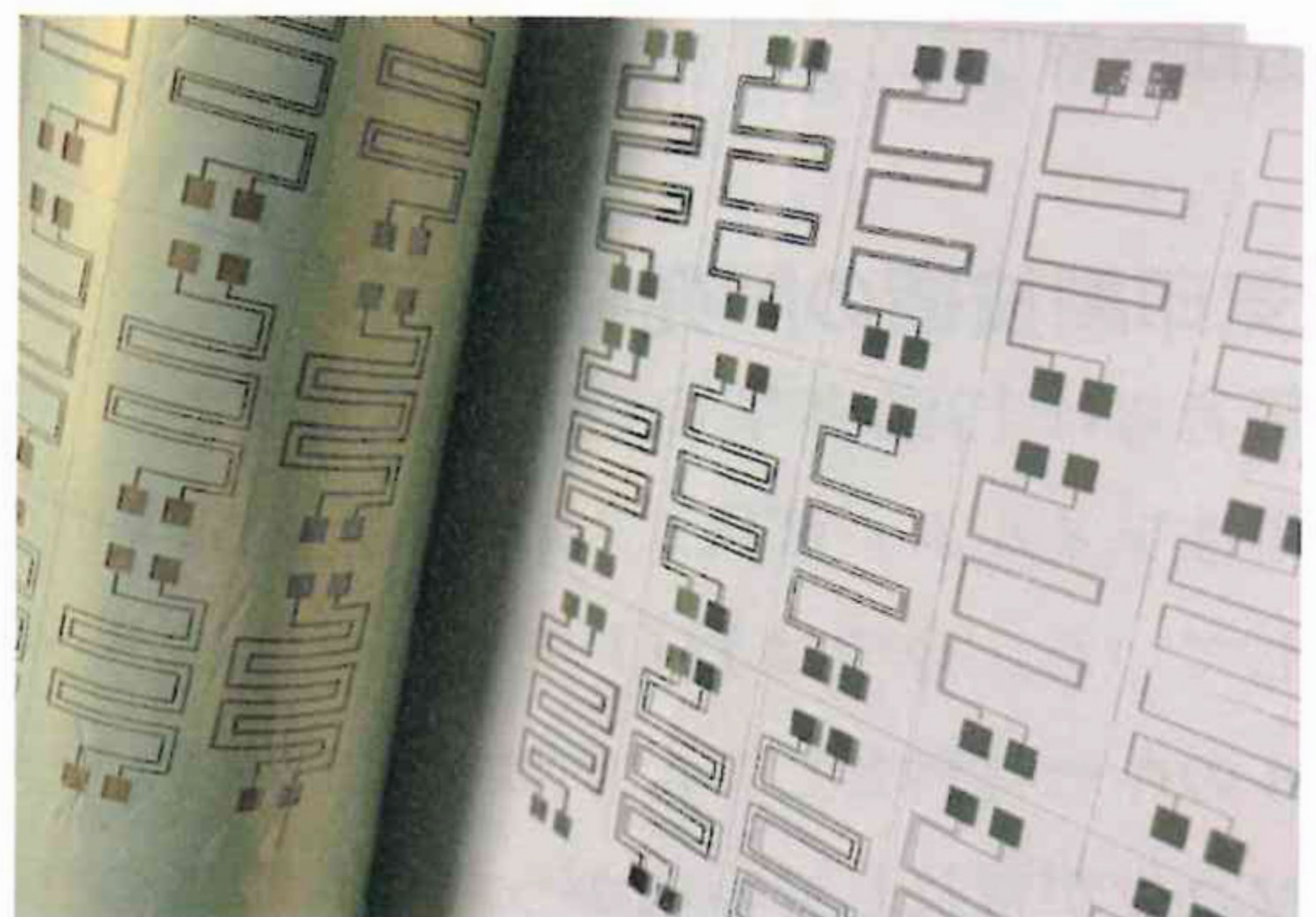


図 13 金属箔を転写した回路。右は電気印刷・トナー現像した PET フィルムに金属箔を転写した回路、左は転写後の金属箔