金属短繊維の静電植毛による 配線板の製造

増子 和久*, 田代 勉*,
野口 裕之**, 中川 威雄**

Wiring Board Production by Flocking
Process of Fine Metal Fiber.

Kazuhisa MASUKO*, Tsutomu TASHIRO*,
Hiroyuki NOGUCHI** and Takeo NAKAGAWA **

* 富士ゼロックス株式会社生産技術研究所 (〒243-04 神奈川県海老名市本郷 2274)

** 東京大学生産技術研究所 (〒106 東京都港区六本木 7-22-1)

* Manufacturing Engineering Research Lab., Fuji Xerox Co., Ltd. (2274, Hongo, Ebina-shi, Kanagawa 243-04)

** Institute of Industrial Science, University of Tokyo (7-22-1 Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106)

概要 ドライブプロセスでの、新たな配線板の製造法を研究し、基板上に接着剤で所望の配線パターンを描き、この上に金属の短繊維を静電植毛し、植毛部を支持体（アンカー）にしてはんだを厚く保持固定し、はんだ層で導体を作る、金属繊維植毛法を開発した。金属短繊維は、びびり振動切削法で製作することにより、金属繊維植毛法に用いるに適当な、長さ $140\ \mu\text{m}$ 、太さ $30\ \mu\text{m}$ の真直な金属短繊維を得ることができた。製作した導体の抵抗は、幅 $1 \times$ 長さ $100\ \text{mm}$ の導体で $360\ \text{m}\Omega$ で、銅張り積層板の銅はくよりも 6 倍高いが、導電ペーストの約 $1/10$ であった。はんだ付け性がよく、5 回の繰り返しはんだ付けに耐えることができた。

Abstract

To produce the wiring board without using liquid, the new process named "Flocking process of Fine Metal Fiber" is developed. This process uses the fine metal fiber made by "Chatter Machining" as conductor base, flock them over the adhesive patterns on the substrate, and combine them with the solder. The conductors have lower resistance $360\ \text{m}\Omega$ of $1 \times 100\ \text{mm}$ pattern than that of conductive paste, and well solderability.

1. まえがき

配線用基板の製造法の主流となっているのは、銅張り積層板の銅はくをエッチングするサブトラクティブ法である。サブトラクティブ法の工程は十分確立されており、良好な精度と性能をもつ導体を作ることができる。一方、サブトラクティブ法以外の導体形成法として、ドライブプロセスでの導体形成法が各種研究され実用化されている¹⁾。

その主な方法として、有機系の導電ペーストを印刷するペースト法や、銅はくを所望のパターンに打

ち抜いて基板に貼り付けるダイスタンプ法が知られている。

しかしペースト法の導体は、微細な金属粉を樹脂で固めて導電性を得ているので、抵抗が高く、金属粉の間の樹脂や金属粉の表面の酸化層のため、はんだ付け性が悪いという問題をもっている。

一方ダイスタンプ法は、導体の抵抗やはんだ付け性は良好であるが、専用の金型を使うので、金型費がかさむほか回路変更が難しいという問題をもっている。

そこでドライブプロセスでありながら、低抵抗ではんだ付け性がよい導体を、簡単に製作する方法を研

究し、基板上に接着剤で所望の配線パターンを描き、静電植毛法を利用し接着剤に金属の短繊維を植え付け、この部分をアンカーにしてはんだを厚く保持固定し、このはんだ層を導体とする、新たな配線板の製造方法（金属繊維植毛法）を開発した。

本報告は、金属繊維植毛法と金属繊維植毛法で作られた導体の諸特性について述べたものである。

2. 金属繊維植毛法

低抵抗ではんだ付け性のよい導体を作ろうと考えた場合、ペーストのように金属粉を固める方法よりも、金属で一体となった導体を作ることがよい。この観点からはんだ層を導体に利用する方法を検討した。

一般的に、はんだで導体を作るとは不適当と考えられている。この主な理由は次のように考えられる。

- (1) はんだの比抵抗は、 $15.7 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ と銅の約10倍である²⁾。配線板の導体には銅を使うのが一般的であるので、あえて抵抗の高いはんだを導体に使う必要性が認められていない。

図1. 金属繊維植毛法による配線板の製造法

- (2) はんだ層を保持固定する方法が確立されていなかった。そのため、工程での再度のはんだ付けのときにはんだが流れてしまったり、はんだ層の厚さが変わってしまうなど、安定した性能をもつ導体が作れなかった。

低い抵抗値を得るためはんだ層を厚くし、後工程ではんだが流れないようにはんだ層をしっかりと保持するため、はんだ層のベースとして金属短繊維を用い、静電植毛法を利用し金属短繊維を直立して植え付けて、この部分にはんだを乗せることを特長とする、金属繊維植毛法を開発した（図1）。

試作結果について述べる前に、金属短繊維の製法と静電植毛法について説明する。

3. 金属短繊維の製作法

金属短繊維の製法を大別すると、熔融法と切削法に分けられるが、金属短繊維の表面の酸化が少ないという観点から、切削で作った金属短繊維に注目した。切削による金属短繊維の製法として、金属線を切断する方法や板材を切断する方法、および、びりり振動切削法などが知られている。金属線や板材を切断する方法は、金属短繊維がカールしたり、寸法のばらつきが大きい等の問題があるので、金属繊維植毛法に用いるには適当ではない。

これに対しびりり振動切削法では、寸法の揃った、真直な金属短繊維を容易に製作することができる（図2）。また切削チップの形状や旋盤の送りを変えることによって、金属短繊維の長さや太さを、数mmから数10μmまで幅広く変えることができると

図2. びりり振動切削法による金属短繊維の製作法

図3. 静電植毛法原理図

いう特徴がある³⁾。

4. 静電植毛法

静電植毛法は、高電圧を印加した電極間におかれた導電性繊維が飛翔する現象を利用した加工法である⁴⁾。いま平行な電極間に直流高電圧を印加し、この中に導電性の短繊維を置くと、静電誘導現象により短繊維の電荷が分極する⁵⁾。電極に接触している方の電荷は中和されるので、短繊維は反対側の電極にクーロン力によってひきつけられ、飛び上がる。上側の電極に、接着剤を塗布した加工すべき基材を取り付けておけば、短繊維は接着剤に直立して植え付けられる（図3）。

このため、静電植毛法を用いると単にふりかけた場合と違って、短繊維を高い集中度でしっかりと固定することができる。

図4. 金属短繊維の電子顕微鏡写真

5. 配線板の試作実験

5.1 試作条件

(1) 金属短繊維

金属短繊維の長さが短くなるほどパターン間隔を狭くでき、太さが細くなるほどパターン幅を細くできるので、金属短繊維の寸法はできるだけ小さいことが望ましい。

今回、長さ140 μm 、太さ30 μm の従来にない、微細な金属短繊維を作成した。材質は、はんだ付け性を良好にするため銅を用いた。作成した金属短繊維を図4に示す。

(2) 接着剤および塗布方法

接着剤は、はんだ付けに耐えられるよう、耐熱性のあるフェノール系接着剤を用い、スクリーン印刷法で塗布した。

(3) 植毛条件

電圧—30kVDC、電極間距離5cmで1分間植毛した。

(4) はんだ付け

はんだ付けは、はんだ層の厚さを均一にしやすい、はんだレベラで行った。

5.2 試作結果および考察

試作した配線板を図5に示す。

5.2.1 植毛状態の観察

図6に金属短繊維を植毛した状態を示す。植毛さ

図5. 試作した配線板

れた繊維の密集度は、次式で定義する植毛率で評価することができる。

$$\begin{aligned} \text{植毛率} &= 100 \times (\text{植毛された金属短繊維の断面積の総和}) / (\text{植毛部の面積}) [\%] \cdots \cdots (1) \\ &= 100 \times (\text{植毛された金属短繊維の重量}) / \{ (\text{植毛部の面積}) \times (\text{金属短繊維の平均長さ}) \times (\text{金属短繊維の比重}) \} [\%] \cdots \cdots (2) \end{aligned}$$

図6の植毛率は約19%であった。
図7に、植毛率と植毛状態のイメージを示すが、

図6. 植毛状態の電子顕微鏡写真

a) 立体図

b) 平面図

図7. 20%の植毛率のイメージ

植毛率20%でも植毛部には、かなりの隙間がある。しかし実際には、金属短繊維は植毛された際傾くので、図6の様に密な状態になる。

5.2.2 導体の観察

図8に導体の断面を示す。

5.2.3 導体の抵抗値

図9に、金属繊維植毛法の導体と、従来の導体との抵抗値の比較結果を示す。金属繊維植毛法でははんだ層の厚さをまだコントロールできないので、導

図8. 導体の断面図

図9. 各種導体の抵抗値の比較

図10. はんだが付いていない部分

体の抵抗の比較に当たっては、導体の抵抗を表す(3)式を変形し、(4)式から単位面積当たりの抵抗値(R_s)を算出し、 R_s で比較した。

$$R = \rho \times L / (t \times W) \dots \dots \dots (3)$$

$$= R_s \times L / W \dots \dots \dots (4)$$

R : 導体の抵抗値の実測値 $[\Omega]$

R_s : 単位面積当たりの抵抗値 $[\Omega / \square]$

ρ : 比抵抗 $[\Omega \cdot \text{cm}]$

L : 導体の長さ $[\text{cm}]$

W : 導体の幅 $[\text{cm}]$

t : 導体の厚さ $[\text{cm}]$

金属繊維植毛法の導体の抵抗は、銅張り積層板の銅はくよりは高いが、銀や銅の導電ペーストよりも低く、ドライプロセスで低抵抗の導体を作るという当初の狙いは達成されているといえる。

ところで、金属繊維植毛法の導体の厚さは、150 μm であったが、はんだで150 μm の導体を作った場合の抵抗値を(3)から計算してみると、 $\rho = 15.7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ なので、幅3 mm、長さ150 mmの導体では、52 m Ω となる。実測値は139 m Ω であった。導体を観察してみると、図10の様にはんだが付いていない部分があった。計算値と実測値の違いは、はんだがついていないところがあるためではないかと考えられる。

5.2.4. はんだ付け性

J I S C 5012 8.2.2 項に準拠して5回の繰り

返しはんだ付けを行ってみたが、問題なくはんだ付けすることができた。はんだ付け可能な、銅の導電ペーストでは同一条件で2～3回しかはんだ付けできなかった。

6. ま と め

ドライプロセスでの、新たな配線板の製法を研究し、

- (1) 静電植毛法と金属短繊維を利用し、はんだを厚く保持固定し、はんだ層の導体を作る、金属繊維植毛法を開発した。
- (2) 金属繊維植毛法では、1. 接着剤印刷 → 2. 金属短繊維植毛 → 3. 接着剤硬化 → 4. はんだ溶着という方法で導体を作る。
- (3) 金属繊維植毛法は、同じドライプロセスの導体形成法である導電ペースト法に比べ、低抵抗(抵抗値が約1/10)ではんだ付け性がよい導体を作ることができる。

今後、性能と信頼性の確認を進め、導体製法についてもより詳細な検討を加えていく。

さらに、当技術を応用し、立体物の上に配線用導体を形成する研究を進めていく。

(1988. 10. 18 - 受理)

文 献

- 1) 日本プリント回路工業会編：プリント回路技術便覧，日刊工業新聞社，1987.
- 2) R. J. Klein Wassink : Soldering in Electronics pp. 86～201，日刊工業新聞社，1986.
- 3) 小川浩幸，中川威雄：びびり振動を利用した金属短繊維の製造，芝浦工大研報理工系 26-1, pp. 9～15, 1982.
- 4) 飯沼憲政：静電植毛の現状，静電気学会誌，5. 2 (1981)，pp. 84～88.
- 5) 浅野和俊：静電気工学入門，静電気学会誌，5. 5 (1981)，pp. 360～366.