

導電性ペーストによるビア接続技術の開発

岡 良 雄*・春 日 隆・富 岡 寛
 上 原 澄 人・朴 辰 珠・上 西 直 太
 奥 田 泰 弘

Development of Via Connection Technology with Conductive Paste — by Yoshio Oka, Takashi Kasuga, Hiroshi Tomioka, Sumito Uehara, Jinjoo Park, Naota Uenishi and Yasuhiro Okuda — Flexible printed circuit (FPC) boards need to have fine pitch patterns for lighter, thinner and smaller electronic equipment, and connection technology for metal layers (other than copper) is required for FPC diversification. Conductive paste via connection technology offers advantages for manufacturing fine pitch FPC boards and can be applied to non-copper metal layers. The authors have developed highly reliable via connecting technology using conductive paste containing silver nano particles.

Keywords: FPC, conductive paste, nano particle, via connection

1. 緒 言

フレキシブルプリント配線板 (FPC) は、小型、薄型、高屈曲という特長により、電子機器には必要不可欠なものとして広く使われている。当社では研究部門で1969年にFPC開発を開始して以来、柔軟な創造力と銅電線の製造技術を礎とした独自技術の開発によって、エレクトロニクス業界のニーズに応える製品を送り出してきた⁽¹⁾。

近年、エレクトロニクス機器のデジタル化の進展に伴い軽薄短小化・高機能化は益々進展し、ファインピッチをベースにした高機能製品の開発が必要とされている。特に層間接続技術は高密度化に不可欠な技術である。またFPCの多機能化のため銅以外の金属回路との接続の必要性も高くなっている。我々はこのような課題に対応するため、当社独自のナノ導電粒子を用いた高導電性ペーストの開発を行い、小径のビア及び銅以外の不導体被膜を有する金属層との間でも、信頼性の高い接続技術を開発したので報告する。

2. ペースト接続技術

2-1 導電性ペースト接続技術 従来のめっきによる層間接続技術は図1(1)のように貫通孔を開け、無電解めっき後に電気めっきを行い、その後パターン形成を行うスルーホールめっき法が、一般的に用いられている。しかしながら、電気めっきにより全体の銅厚が厚くなることから、ファインピッチ化には限界がある。

これに対して図1(2)に示すペーストビア法は、最初に回路形成を行い、次にレーザー等によりビア開孔加工を行い、最後に導電粒子を樹脂に分散した導電性ペーストを印

刷し、層間の接合を行う方法である。この方法では最初に回路形成が可能となるため、銅厚は最初の基材厚のまま加工可能となるためファインピッチ化には好適となる。

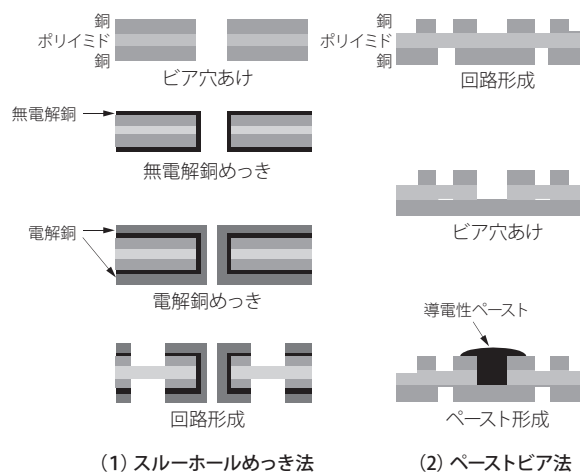


図1 層間接続法

2-2 導電性ペースト 当社では、真空装置を用いない独自の液相還元法によるナノ粒子製造法⁽²⁾により、安価でかつ粒径の揃った製造方法を確立している。既にニッケル粒子についてはファインピッチ回路接続用異方導電膜(ACF)として⁽³⁾、銀ナノ粒子については配線材料等の銀インクの構成材料として実用化している⁽⁴⁾。

ペーストビア法に用いる導電性ペーストにはこの銀ナノ粒子（写真1）と従来のミクロンオーダーの導電性粒子を組み合わせることにより以下に示す高い信頼性を実現している。

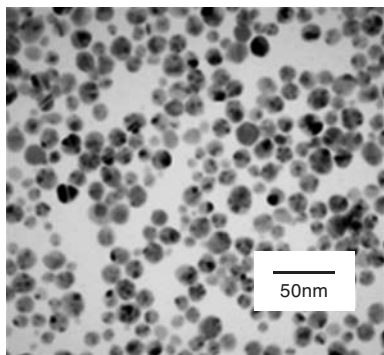


写真1 当社独自液相還元法による銀ナノ粒子

また、ビアへの良好な充填性と印刷性の確保と、高信頼性化のため、導電性粒子、樹脂、添加剤の種類・配合設計の最適化を行った。また、この材料設計の際には、耐マイグレーション性の向上、RoHS指令*1等環境への配慮も行っている。

2-3 ビアへの導電性ペーストの充填 写真2、写真3は、開発した導電性ペーストを用い、スクリーン印刷法により、印刷・充填したビア径 $\phi 60\mu\text{m}$ 、 $\phi 40\mu\text{m}$ のビア

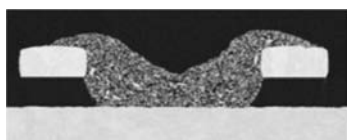


写真2 ビア径 $\phi 60\mu\text{m}$ への導電性ペースト形成



写真3 ビア径 $\phi 40\mu\text{m}$ への導電性ペースト形成

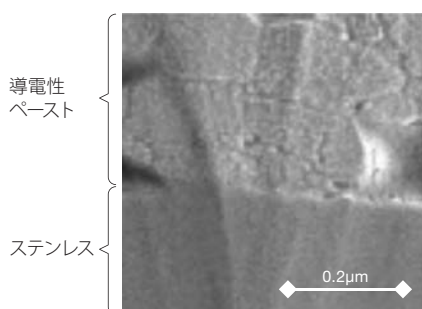


写真4 導電性ペースト/ステンレス界面

の断面写真であり、良好に充填されていることが分かる。また、写真4は印刷後の処理を行ったビア部分の導電性ペースト/ステンレス層の界面の状態を示したものであり、導電性ペースト中の銀粒子とステンレス間に介在層がなく良好に接続されていることが分かる。

2-4 信頼性

(1) 評価サンプル

信頼性の評価は図2のような断面構造を有する評価サンプルを作製し実施した。このサンプルはビア径 $\phi 60\mu\text{m}$ で表層側の導電層として銅、裏面層側の導電層をステンレスとしたデジチェーンパターン*2となっており、この抵抗値を測定した。

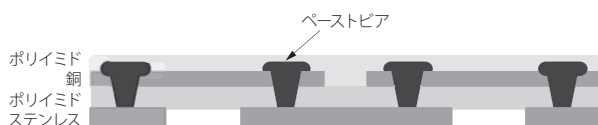


図2 評価サンプル（デジチェーンパターン）の構成
ビア径/ランド径= $\phi 60\mu\text{m}/\phi 120\mu\text{m}$

(2) 冷熱衝撃試験

この評価サンプルを、低温側 -40°C 、高温側 125°C に設定した冷熱衝撃試験器に投入し、抵抗値の経時変化を評価した。結果を図3に示す。冷熱衝撃試験1000サイクル後も大きな抵抗上昇はなく安定していることが確認できた。

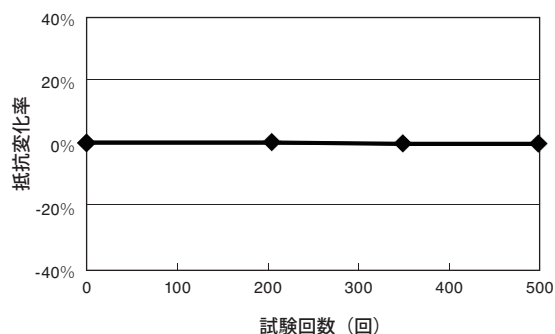


図3 熱衝撃試験結果

(3) 耐湿試験

次に 85°C 85%に設定した恒温恒湿試験器に投入した結果を図4に示す。恒温恒湿試験1000hにおいても大きな接続抵抗の上昇はなく安定していることを確認した。

またHAST試験*3（条件： 120°C 85% 96h）についても、同様な評価サンプルを用いて試験を実施した結果、抵抗変化率は1%程度となっていることを確認した。

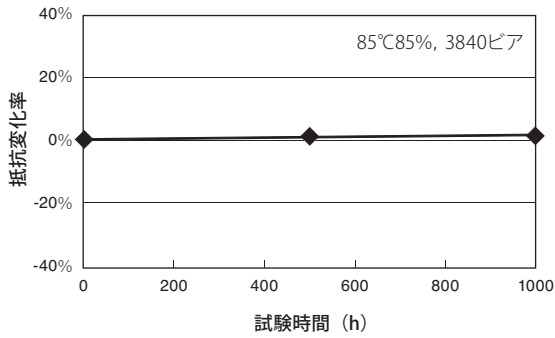


図4 恒温恒湿試験結果

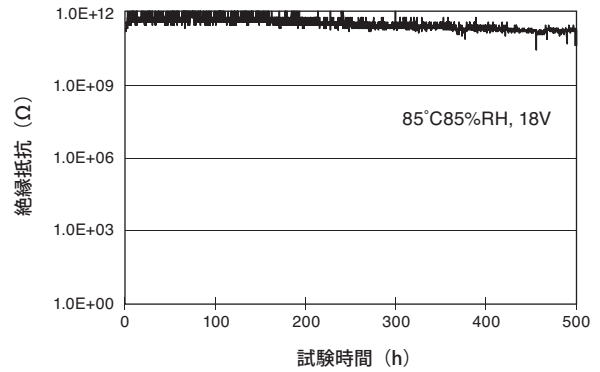


図6 絶縁性能評価結果

(4) 耐熱評価

大気中での耐熱性を評価するため、高温（300℃、325℃、350℃、400℃）下にてサンプルを暴露し、抵抗を測定し、抵抗変化が20%以上となる時間を寿命とした。これをアレニウスプロットしたのが図5であり、150℃では数十年以上の寿命が推定でき、耐熱信頼性の高い接続であることを示している。

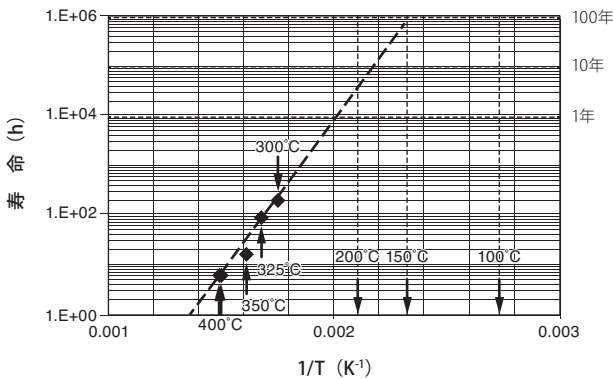


図5 高温放置信頼性

(5) マイグレーション評価

85℃85%の環境下にて、ビア径/ランド径 = $\phi 60\mu\text{m}/\phi 120\mu\text{m}$ のペーストビアを含む最小回路間 $15\mu\text{m}$ に電圧18Vを印加し絶縁抵抗をモニターした。結果は図6の通り、500h後においても高い絶縁抵抗を示し、この導電性ペーストをビア接続に用いても、絶縁性を阻害しないことが分かった。

(6) 屈曲性

層間接続部分は従来のめっき法を用いたものでも、通常屈曲させる部分には使用されないが、機械的な歪に対する耐性を評価するため、導電性ペーストにて接続した部分への屈曲テストを以下のように実施した。図2の断面構造を

有するサンプルを用い、R = 1、2、3、5mmの曲率を有する真鍮製の治具に図7のように沿わせて、摺動させた。順序としては、①ステンレス面を内側にして試料を沿わせてスライド（往復）させた後、②ステンレス面を外側にしてスライド（往復）させこれを1回としてカウントし、合計6回（計24回の屈曲）実施した。試験後の抵抗変化を図8に示す。試験後も大きな抵抗変化は見られず機械的な信頼性も高いことが判明した。

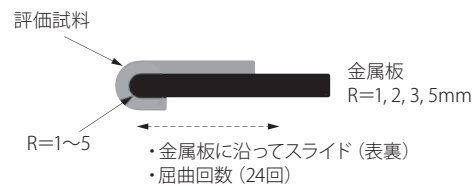


図7 屈曲試験前後の抵抗変化

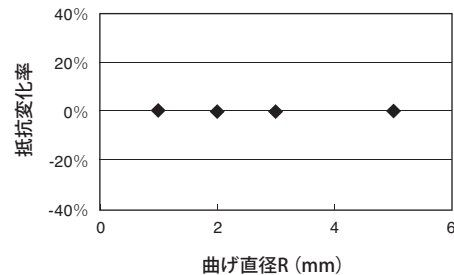


図8 屈曲試験の評価結果

以上のように耐熱、耐湿、絶縁、屈曲試験の結果から、本導電性ペーストを用いた接続技術は高い信頼性を有していることを示している。

3. 結 言

当社独自の金属ナノ粒子製造技術、材料配合技術を生かし、FPC用の層間接続用の導電性ペーストを開発した。この導電性ペーストにより、小径のビア内でも良好に充填することが可能となり、また、銅だけではなく不導体被膜が存在するような金属に対しても、接続が可能となるとともに、熱衝撃試験、恒温恒湿試験、高温放置試験、マイグレーション試験、屈曲性試験などの結果より、長期信頼性及び機械的な信頼性の高い接続が得られた。

用語集

※1 RoHS指令

電子・電気機器における特定物質の使用制限についての欧州連合（EU）による指令。2006年7月に施行。

※2 デイジーチェーンパターン

各要素を直列に接続したパターン。1箇所での異常を検出しやすくするために、評価試験に良く用いられる。

※3 HAST試験

不飽和加圧蒸気下で行う加速性試験。

参 考 文 献

- (1) 兼広昌之、柏木修二、中間幸喜、西川潤一郎、荒牧秀夫、「当社のフレキシブルプリント回路事業の展開」、SEIテクニカルレビュー第172号、pp.1-6 (2008)
 - (2) 真嶋政利、小山恵司、谷佳枝、年岡英昭、小副川みさ子、柏原秀樹、稲沢信二、「金属ナノ粉末を用いた導電材料の開発」、SEIテクニカルレビュー第160号、pp.6-8 (2002)
 - (3) 年岡英昭、中次恭一郎、山本正道、佐藤克裕、新原直樹、奥田泰弘「ファインピッチ回路接続用異方導電膜の開発」、SEIテクニカルレビュー第179号、p.43-47 (2011)
 - (4) 岡田一誠、下田浩平、宮崎健史、「金属ナノインキを用いた微細配線形成技術」、SEIテクニカルレビュー第168号、pp.90-92 (2006)
-

執 筆 者

岡 良雄*：エレクトロニクス・材料研究所
グループ長
FPC研究開発に従事



春日 隆：エレクトロニクス・材料研究所 主査
富岡 寛：住友電工プリントサーキット(株)
上原 澄人：住友電工プリントサーキット(株) 主査
朴 辰珠：住友電工プリントサーキット(株) グループ長
上西 直太：住友電工プリントサーキット(株) 部長
奥田 泰弘：エレクトロニクス・材料研究所 部長 博士（工学）

*主執筆者