

電子部品電極用銅ペースト

Copper paste for the electronic parts electrode

山林芳昭 / 研究開発カンパニー 研究開発センター 筑波研究所
Yoshiaki Yamabayashi Tsukuba Research Laboratory, R&D Center, R&D Company



1 はじめに

近年、スマートフォンの急速な普及や自動車の自動運転などの高機能化、IoT (Internet of Things) 化の進展により、これらを含むエレクトロニクス製品に搭載される電子部品の需要が高まっている。電子部品にはさまざまな種類があり、種類によって機能や特性には特徴がある。一般的な電子部品の種類・用途・特徴を表1に示す¹⁾。

表1 一般的な電子部品の種類・用途・特徴

品目	種類	用途・特徴
受動部品	抵抗器	回路内の電流の流れを制御
	積層セラミックコンデンサ	電気を蓄え、放出する。電圧安定化、ノイズ除去、信号取り出しなどに使用
	アルミ電解コンデンサ	
	タンタル電解コンデンサ	
	インダクタ	電線をらせん状に巻き、発生した磁場にエネルギーを蓄える。特定周波数の信号処理、変圧器などに使用
	水晶振動子	電圧を加えると特定の周波数で振動
	SAWフィルタ	通信に必要な信号のフィルタリング
接続部品	コネクタ	配線を接続
	スイッチ	電流のオン・オフの切り替えや流れの方向を変化させる
変換部品	音響部品	音と電気信号の相互変換
	小型モータ	電磁力により回転力を生み出す

たとえばスマートフォン1台には表1に示すような電子部品が500個以上使用されている。そうした中で製品のコストダウンが電子部品市場での競争力を高める重要な要因のひとつとなっている。

本稿で述べる電子部品電極用銅ペーストCP-5000Dは、電子部品の中でも積層セラミックコンデンサやインダクタなどのチップ部品のコストダウンを実現するための一端を担う材料である。チップ部品の概観を図1に、積層セラミックコンデンサおよびインダクタの断面構造の概略図を図2に示す。

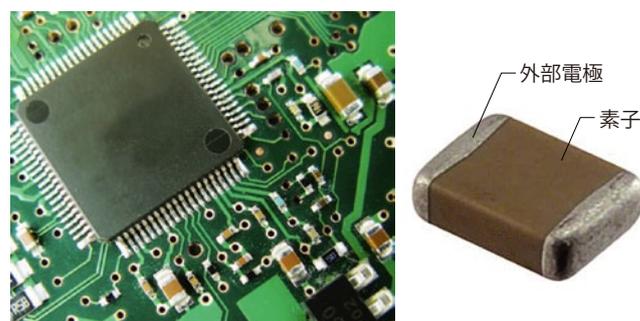


図1 チップ部品の概観

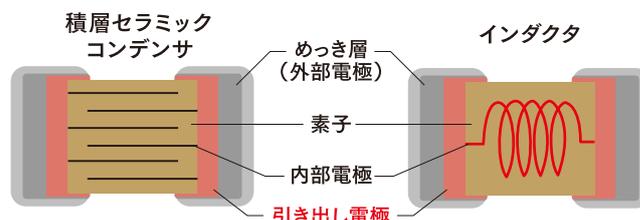


図2 積層セラミックコンデンサとインダクタの断面模式

CP-5000Dが適用可能な電子部品電極とは、チップ部品の素子内部と外部を電気的に接続し、電気伝導性を得るために必要であり、引き出し電極と呼ばれる。引き出し電極を介して内部電極と外部電極を接続することでチップ部品は本来の特性を発揮できるようになる。従来、電極形成用の導電性ペーストとして銀ペーストが多く使用されている。しかしながら、銀は銅と比較して非常に高価であること、またマイグレーションを起こしやすいため導電性ペーストを使用する際の信頼性に懸念があるといった欠点を有している。

一方、銅を使用するうえでの懸念点としては、酸化の影響を受けやすいため、一般的には還元雰囲気下または不活性雰囲気下で熱処理する必要がある。それによりプロセスコストが増加するため、材料コスト削減が相殺されてしまう可能性がある。そのため、大気雰囲気下での熱処理が可能な銅ペーストが求められている²⁾。

当社では、電子部品の電極形成用として窒素雰囲気下および大気雰囲気下での熱処理が可能であり従来の銀ペーストの代替となる銅ペーストCP-5000Dを開発した。本稿では、銅ペーストの設計と特性について報告する。

2 電子部品電極用銅ペースト CP-5000Dの概要

2-1 銅ペーストの設計

電子部品電極用銅ペーストの開発においては、当社ですでに上市しているスルーホール用銅ペーストの技術を応用した³⁾。

銅ペーストの組成を図3に示す。銅ペーストは、樹脂バインダーおよび溶剤中に銅粉が分散した混合物である。樹脂バインダーはペーストの塗布性、基材への密着性および長期使用時の信頼性を向上させる設計としている。

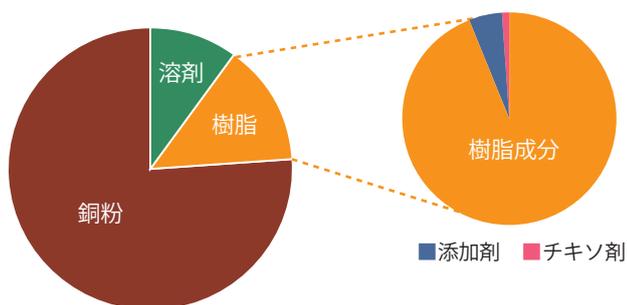


図3 銅ペーストの組成

銅ペーストの導電性の発現は、熱硬化による樹脂バインダーの硬化収縮により銅粉同士が接触することによる。しかしながら、銅は銀と比較して容易に酸化される特性があり、銅粉表面に形成された銅酸化物が導通阻害の要因となる。当社の銅ペーストは、フラックス成分の配合などの独自技術により銅粉の酸化皮膜除去と再酸化の抑制を行っており、良好な導通性を得ている。そのため、大気硬化、窒素硬化の両方の条件で使用することが可能である。

CP-5000Dは、導電性成分に銀を含まず、銅のみであるため、積層セラミックコンデンサやインダクタ製品のコストの低減が可能となる。また、基板実装のためのめっき形成性が良好であるという特徴を有している。

2-2 銅ペーストの使用方法

導電性ペーストの塗布方法として、一般的にディップコート法、スクリーン印刷法、ロール転写法などがある。CP-5000Dは、電子部品の電極形成に幅広く使用されている工法であるディップコート法での塗布を想定している。樹脂成分およびチキソ剤の最適化、銅粉形状および配合比率の検討によりディップコート法で使用可能な銅ペーストを設計した。

銅ペーストは、図4に示すような工程で素子へ塗布される。浴中に薄く広げた銅ペーストに素子をディップし引き上げた後、素子に付着した過剰ペーストをプロットで除去し銅ペースト塗布膜を形成する。これにより、均一な塗布膜形成を行う。また、ディップコート法以外の塗布方法についても、ペーストの粘度調整により使用可能である。本稿で

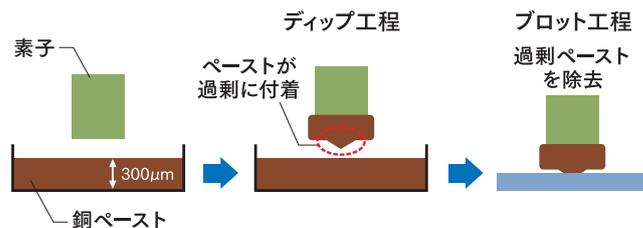


図4 銅ペーストの塗布方法

は、ディップコート法で塗布したチップ部品に関する評価結果について後述する。

銅ペーストの使用条件は、たとえば図5に示す硬化プロファイルで硬化させる。硬化条件は、大気雰囲気下にて120℃で30分溶剤を乾燥し、続いて大気雰囲気下の場合240℃で1時間、窒素雰囲気下の場合200℃で1時間バインダー樹脂を硬化させる。その後、銅ペースト硬化膜上にニッケルめっきとスズめっきを形成し基板実装される（図6、図7）。

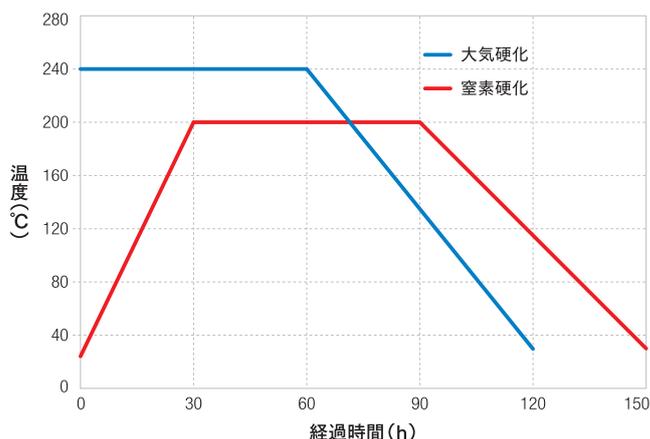


図5 銅ペーストの硬化プロファイル

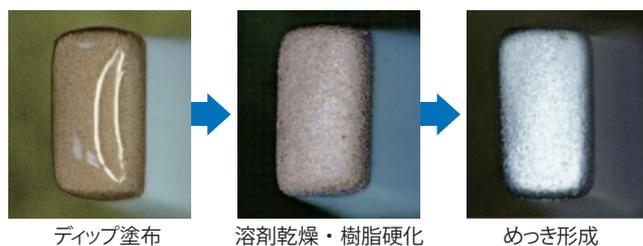


図6 電子部品への電極形成のプロセスフロー

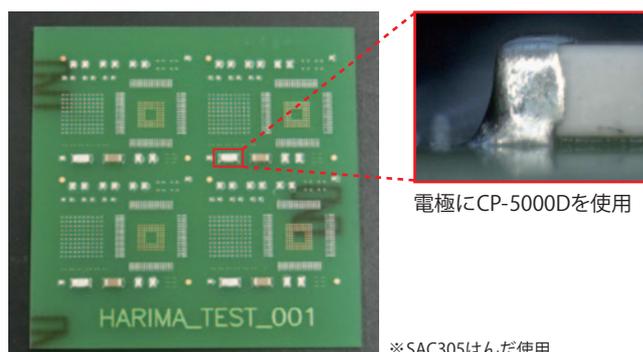


図7 CP-5000Dを使用したチップ部品の基板実装例

3 電子部品電極用銅ペースト CP-5000Dの特性

3-1 銅ペーストの基本特性

銅ペーストの一般的な性能評価項目とCP-5000Dの評価結果について表2に示す。体積固有抵抗率は、ガラス基板上に任意の塗布面積および膜厚で塗布した銅ペースト硬化膜の抵抗値から算出している。大気硬化、窒素硬化ともに低い数値であり良好な導電性であると言える。

表2の接合強度以降の評価については、次項より詳しく述べる。

表2 CP-5000Dの性能評価結果

評価項目	特性	備考
体積固有抵抗率	2.5E-5Ω・cm	大気硬化
	2.0E-5Ω・cm	窒素硬化
接合強度	90N	大気硬化、SAC305はんだ実装
	90N	窒素硬化、SAC305はんだ実装
高温高湿試験	○銀ペースト同等*	85℃/85%RH、1000h
高温負荷	○銀ペースト同等*	85℃、1000h
熱衝撃	○銀ペースト同等*	-40℃⇄85℃@30min、100サイクル

*当社顧客での評価結果

3-2 接触抵抗値評価

電子部品電極用銅ペーストに要求される性能のひとつとして、接触抵抗値がある。銅ペーストで電極を形成した際、銅ペーストと内部電極間には接触抵抗が発生する(図8)。接触抵抗は電子部品の性能に大きく影響する。

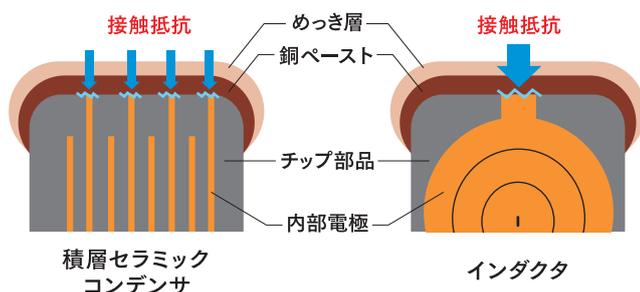


図8 電子部品の接触抵抗

接触抵抗が高くなり、導通が阻害される不具合が発生する要因としては、銅粉の酸化被膜およびチップ部品の内部電極の酸化被膜の影響が考えられる。一般的に内部電極は銀または銅が多く使用されているが銅の場合、表面に酸化被膜が形成されており接触抵抗が悪化してしまう。CP-5000Dは、フラックス成分の検討と配合量の調整により、銅粉の酸化被膜除去効果とチップ部品の内部電極の酸化被膜除去効果を付与することで接触抵抗を低下させている。

図9にフラックス成分配合量と接触抵抗の関係を示す。

フラックス成分配合量の最適化により接触抵抗を下げ、ばらつきを抑制することが可能であった。

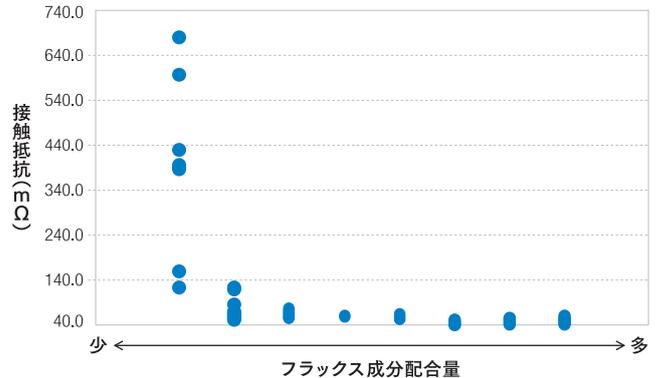


図9 フラックス成分の配合量の最適化

3-3 めっき形成性

チップ部品を基板実装するためには、導電性ペースト硬化膜上にめっき形成する必要がある。一般的には、ニッケルめっきおよびスズめっきの2層を形成する。表3に大気硬化および窒素硬化における銅ペースト硬化膜上へのめっき形成後の写真を示す。CP-5000D硬化膜上へは、めっき不良なく良好なめっき形成が可能である。

表3 銅ペースト硬化膜上へのめっき形成性

	CP-5000D ペースト硬化膜	ニッケルめっき後	スズめっき後
大気硬化			
窒素硬化			

基板実装後の接合強度をダイシエア測定にて評価した(図10)。CP-5000Dはダイシエア測定において、大気硬化および窒素硬化ともに90N以上の高い接合強度を有している。また、剥離モードについても硬化条件による差異はない結果である。

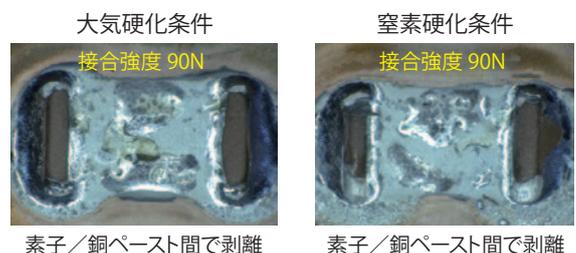


図10 各硬化雰囲気下における接合強度と剥離モード

3-4 信頼性評価

基板に実装された電子部品の信頼性を確認するため、数種の試験が実施される。これらの信頼性試験は、実際の使用環境以上の厳しい条件下での劣化耐性試験であり、製品の本来の性能や機能が維持可能かを確認するための重要な評価項目である⁴⁾。

表4に当社で評価した信頼性試験条件を示す。高温放置試験、高温高湿試験、冷熱サイクル試験の各条件下における抵抗値と接合強度の変化を測定した。本項で示す抵抗値および接合強度の結果は窒素雰囲気下で硬化させたCP-5000Dの結果であるが、大気雰囲気下でも同等の結果であった。

表4 信頼性試験条件

試験項目	条件
高温放置試験	125℃、1000h
高温高湿試験	85℃／85%RH、1000h
冷熱サイクル試験	-55℃⇔125℃ @30min、1000サイクル

銅ペースト硬化膜の信頼性試験による抵抗値変化率を図11に示す。いずれの条件下においても抵抗値の上昇率は20%以内であり良好な結果であった。

図12に接合強度変化率を示す。いずれの条件下において

も接合強度の低下率は5%以内であり良好な結果であった。これらの結果より、CP-5000Dは高い信頼性を有すると言える。

4 おわりに

本稿で紹介した電子部品電極用銅ペーストCP-5000Dは、電子部品の電極形成用として必要な性能である接触抵抗、基板実装するために必要なめっき形成性が良好であり高い接合強度が得られた。また、基板実装後の信頼性試験においても良好な結果が得られた。

大気雰囲気下および窒素雰囲気下で使用することが可能であり銀ペーストの代替として使用することで電子部品のコストダウンに貢献することが期待できる。

今後も電子部品の電極用に限らず、顧客に必要とされる導電性ペーストの開発を進めていきたい。

<参考文献>

- 1) 清水 誠、日本の電子部品産業の強みと競争力強化に向けた方策、<http://www.dbj.jp/reportshift/topics/>、2018/1/26アクセス
- 2) 瓦井健太、西田進一、小山信司、井上雅博、大気キュアした銅系導電性ペーストの湿熱環境下での導電特性変化に及ぼすフィラー表面処理剤の影響、Mate2018 論文集、pp.295-300、2018。
- 3) 小川孝之、Harima Quarterly No.115 (2013) /ソリマ化成グループ株式会社
- 4) 田中浩和、導電性接着剤実装の信頼性評価技術、エレクトロニクス実装学会誌、vol.11、No.3、2008、pp.231-238。

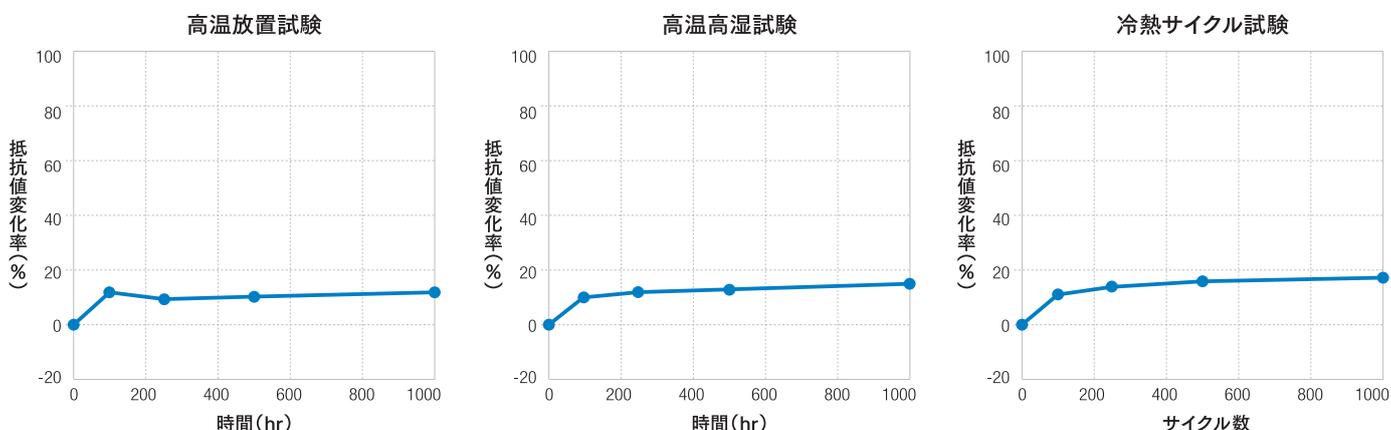


図11 当社での信頼性試験評価結果 (抵抗値変化率)

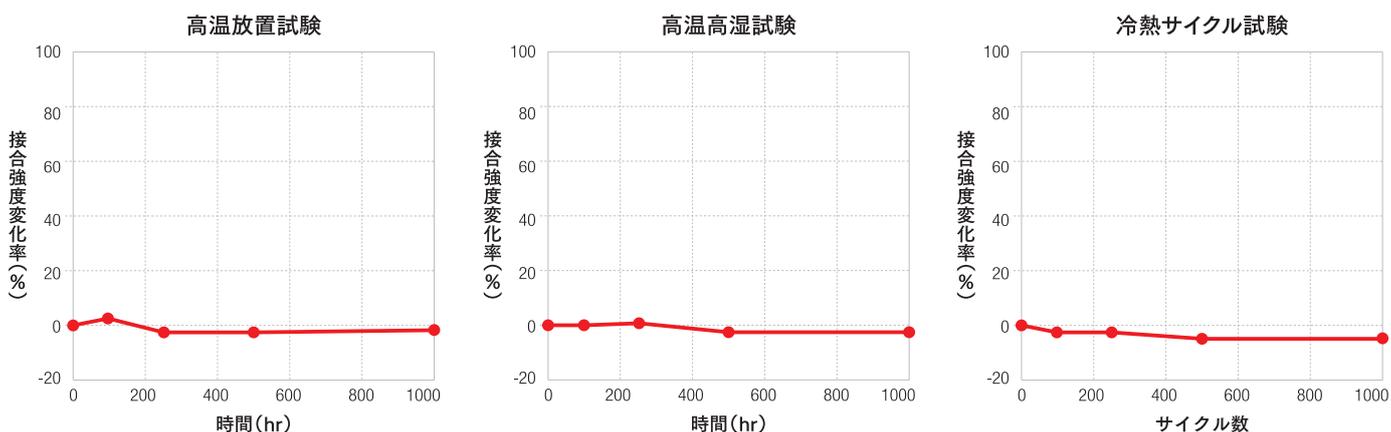


図12 当社での信頼性試験評価結果 (接合強度変化率)