

高信頼性のエポキシ補強はんだペースト

High-Reliability Epoxy-Reinforced Solder Paste

福原 康雄* ・ 日野 裕久* ・ 福井 太郎*
Yasuo Fukuhara Hirohisa Hino Taro Fukui

プリント配線板等への部品実装に用いられる導電性ペースト材料として、エポキシ樹脂による補強効果を有するはんだペースト材料の可能性を見いだした。このエポキシ補強はんだペーストにはエポキシ樹脂との反応性を有するフラックスを用いているため、リフロー後フラックスの残留がなく、フラックス洗浄工程を不要にすることができる。また、温度サイクル試験等の信頼性試験においても、クリームはんだと比較評価して同等以上の特性を有しており、実用面から問題ないことを確認している。

In the conductive paste material used for component packaging on a printed wiring board, the possibility of a solder paste material reinforced by epoxy resin has been identified. Because this epoxy-reinforced solder paste contains flux that is reactive with epoxy resin, it does not leave flux residue after the solder reflow process, thereby not requiring a flux cleaning process. This material provides reliability characteristics comparable to or better than those of conventional solder paste in the reliability test such as temperature cycle tests, indicating its compatibility in practical applications.

1. ま え が き

近年、人体への影響や環境保護の観点から、有害物質排除への取組みが企業にとって必須課題となってきた。なかでも鉛は、廃棄された電子機器のプリント配線板などはんだから酸性雨などで溶出し、地下水を汚染するおそれがあるとして、2006年7月にEUで施行されたRoHS指令の規制対象物質となっており、家電製品を中心に鉛フリーはんだへの転換がなされてきた。

鉛フリーはんだに使用する金属の組合せは数種あるが、融点が低く、はんだ付け時のエネルギー使用量が少ないものは表1¹⁾に示す組合せに限られる。現時点では作業性と熱的・機械的信頼性の観点から、Sn-3.0Ag-0.5Cuがもっとも標準的な鉛フリーはんだとしてJEITA（電子情報技術産業協会）に推奨され、民生用製品において普及している。一方車載用部品に関しては、はんだ合金のもらさに対し、長期耐久性や安全設計の観点から、鉛フリーはんだの使用には自動車メーカ各社とも慎重な姿勢を示しており、カーオーディオやキーレスエントリーシステム等、実走行に関与しない部品のみでの使用に留まり、エンジンルーム内に設置される電装部品に関しては従来どおり使用実績のあるSn-37Pb共晶はんだが使われている。

また、プリント配線板等への部品実装方式は、実装部品の小型化と実装の高密度化の進展によってリフロー方式が主流となっている。その際用いられるクリームはんだには、基板や電極の金属表面の酸化被膜除去のためにフラックスが含まれている。リフロー後、はんだや基板の表面にフラックス残渣があると、金属を腐食させ接触不良を引き起こす可能性があり、それを除去するために有機溶剤を用いた洗浄工程が必要となる。さらに洗浄に使用した有機溶剤の処分も必要となり、環境負荷を増大させることにもなっている。

表1 代表的な鉛フリーはんだ合金

合金	融点
Sn-Ag-Cu 系	217 ~ 225 °C
Sn-Zn-Bi 系	187 ~ 196 °C
Sn-Cu 系	217 ~ 227 °C
Sn-Ag-In-Bi 系	196 ~ 210 °C
Sn-37 Pb (比較鉛はんだ)	183 °C

そこで筆者らは、エポキシ樹脂と反応するフラックスを導入したエポキシ補強はんだペーストにより、フラックス洗浄工程の省略の可能性を検討する（図1）。そしてその

* 電子材料本部 電子材料R & Dセンター Research & Development Center, Electronic Materials Business Unit

実現性を確認するため、本稿では実装するチップ部品の接続信頼性およびはんだ金属の耐マイグレーション性への影響についてクリームはんだとの特性差を比較・検証し、その結果を報告する。

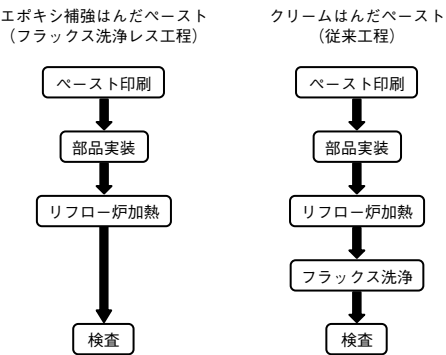


図1 実装工程の比較

2. エポキシ補強はんだペースト

図2にエポキシ補強はんだペーストの概要を示す。このペーストには熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂とその硬化剤およびフラックス成分を配合している。エポキシ補強はんだペーストは、リフローはんだ付けの際の加熱時にはんだペースト中のはんだ粉が溶融し、基板ランドおよびチップ電極と金属結合することで電氣的接続および機械的接合を行うとともに、溶融したはんだの周りのエポキシ樹脂を硬化させて機械的接合強度をさらに高める特徴がある。

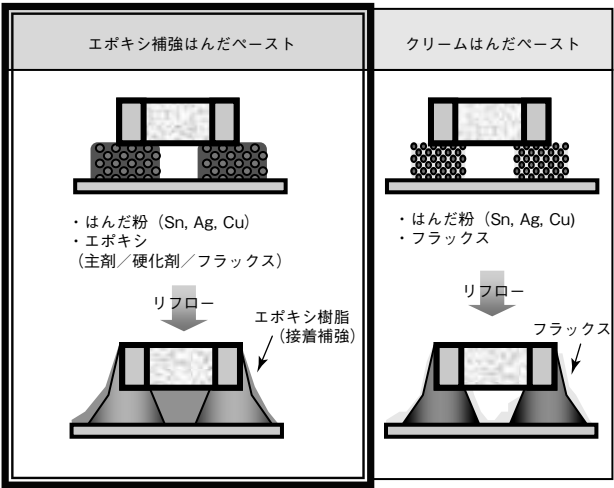


図2 エポキシ補強はんだペーストの概要

3. 評価方法

3.1 評価項目

評価は、接続信頼性に影響するはんだペーストへの熱的ストレスの印加試験と絶縁信頼性に影響を与えるイオンマイグレーション試験を行った。

接続信頼性としては温度サイクル試験および高温放置試験を実施し、おのこのチップ接続抵抗値およびチップ剪断

密着強度を測定することによって評価した。

また絶縁信頼性としては、先に述べたイオンマイグレーション試験を行い、エポキシ補強はんだペースト中のエポキシ樹脂やフラックスの吸湿拡散から金属イオンの溶出還元によって生じる絶縁抵抗の変化を時間経過に合わせて評価した。

3.2 試験材料

表2に評価に使用する試験材料を示す。はんだ成分としてSn-3.0Ag-0.5Cuを用いたエポキシ補強はんだペースト、比較材料としてSn-3.0Ag-0.5Cuクリームはんだペーストを用いた。加熱はリフロー炉で行い、リフロー後クリームはんだペーストを用いたものは、フラックスを除去するためイソプロピルアルコールで洗浄した後に評価した。

表2 試験材料

試料名	エポキシ補強はんだペースト	クリームはんだペースト
組成	はんだ粉 (Sn-3.0Ag-0.5Cu) エポキシ樹脂成分 フラックス成分	はんだ粉 (Sn-3.0Ag-0.5Cu) フラックス成分

3.3 評価基板

3.3.1 接続信頼性評価基板

図3に接続信頼性評価基板を示す。

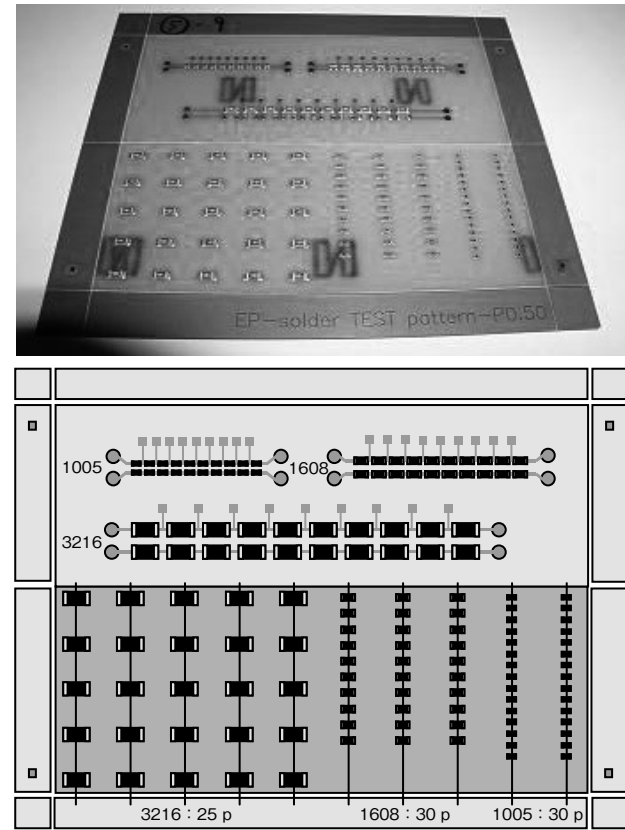


図3 接続信頼性評価基板

図の上部にチップ接続抵抗値測定用パターン，下部に剪断密着強度測定用パターンを配置し，パッド部に Au めっきを施した。また実装するチップ抵抗は，Sn めっき端子品で 3216 サイズ (13.3 Ω)，1608 サイズ (0 Ω)，および 1005 サイズ (0 Ω) の 3 種類を用いた。

3.3.2 イオンマイグレーション評価基板

図 4 にイオンマイグレーション評価基板を示す。

JIS-Z-3284 附属書 14 に規定された櫛型電極基板で，導体幅 0.15 mm，導体間隔 0.15 mm とし，導体部分には Au めっきを施した。

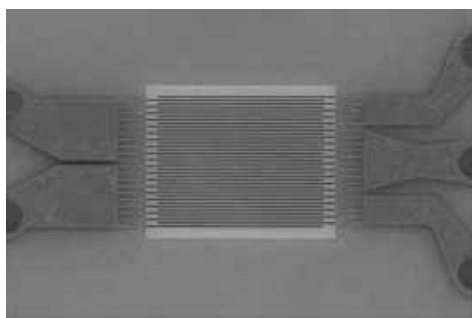


図 4 イオンマイグレーション評価基板

3.4 リフロープロファイル

図 5 (a) にエポキシ補強はんだペースト，図 5 (b) にクリームはんだペーストに用いたリフロープロファイルを示す。プロファイル設定にあたっては，はんだメカの推奨プロファイルをもとに決定した。エポキシ補強はんだペーストについてはプレヒートゾーンを設けずに早くピーク温度まで上昇させ，その後エポキシ樹脂の硬化を進めるために 200 $^{\circ}\text{C}$ を保持する設定とした。

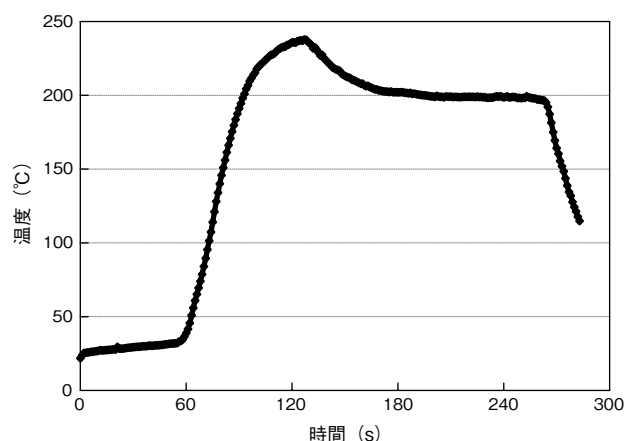
3.5 評価条件

表 3 に評価条件を示す。なお剪断密着強度の測定はダイボンドテスト (Dage Precision Industries 社製，series 4000) で行った (図 6)。

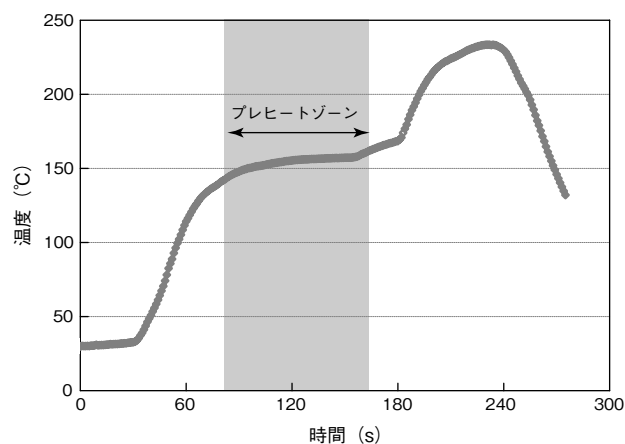
4. 評価結果および考察

4.1 温度サイクル試験

図 7 に温度サイクル試験の結果を示す。接続抵抗値は，1608 および 1005 サイズでは 2000 サイクル後も大きな差はみられないが，3216 サイズではともに 2000 サイクルで著しい上昇がみられた (図 7 (a))。また剪断密着強度は，エポキシ補強はんだペーストのほうがクリームはんだペーストより若干高い傾向がみられた。これは，エポキシ補強はんだペーストのほうがエポキシ樹脂のフィレットがチップ上部まで形成されたり，エポキシ樹脂がチップ下面の端子間にアンダフィル材のように満たされることで，剪断密着強度が高くなったものと考えられる。



(a) エポキシ補強はんだペースト用 (プレヒートゾーンなし)



(b) クリームはんだペースト用 (プレヒートゾーンあり)

図 5 リフロープロファイル

表 3 評価条件

評価項目		条件
接続信頼性	温度サイクル試験	-65 $^{\circ}\text{C}$ \leftrightarrow 150 $^{\circ}\text{C}$ (各 10 分) サイクル数: 2000 回
	高温放置試験	150 $^{\circ}\text{C}$ 放置時間: 1500 時間
イオンマイグレーション試験		85 $^{\circ}\text{C}$, 85 %RH 30 VDC 印加, 1000 時間

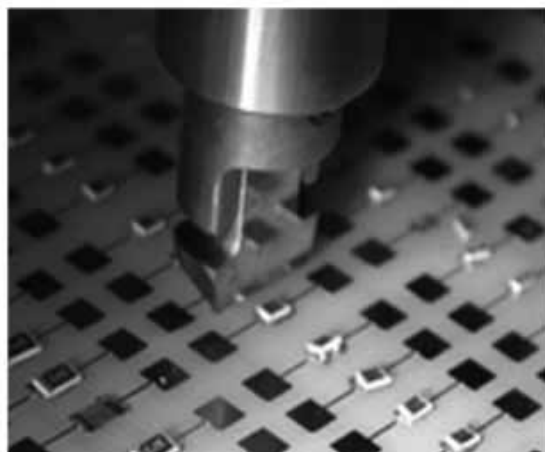
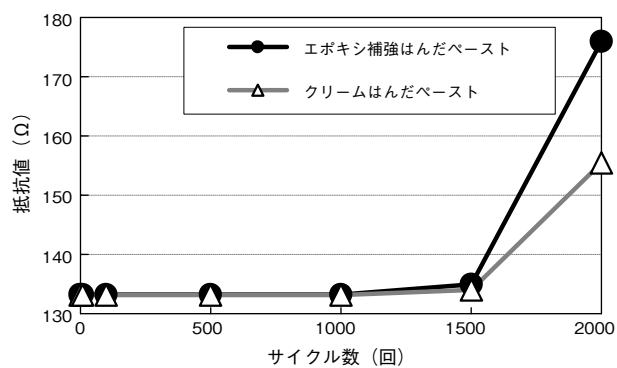
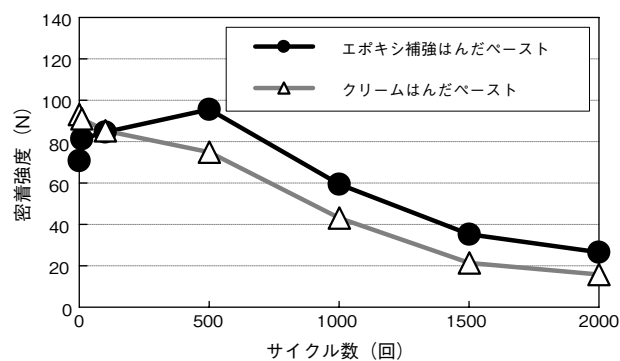


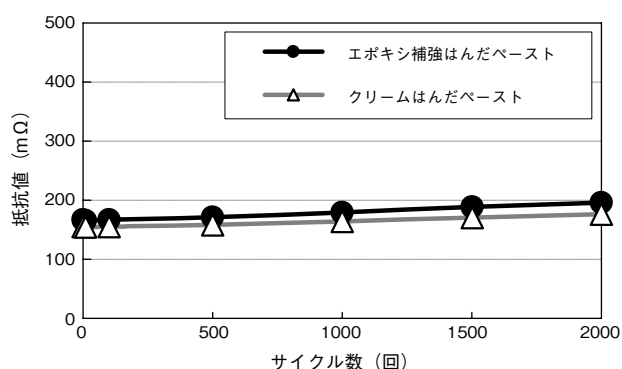
図 6 ダイボンドテストでの剪断密着力測定



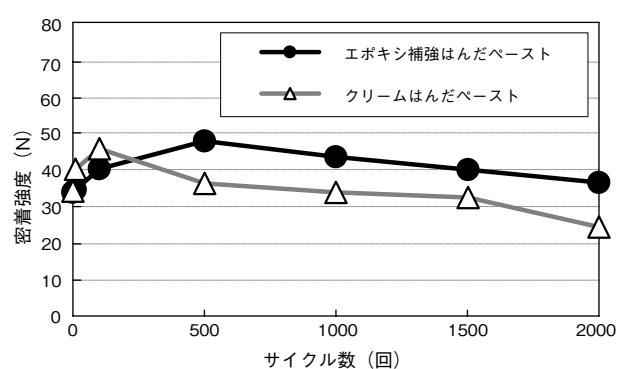
(a) 3216 チップ接続抵抗値



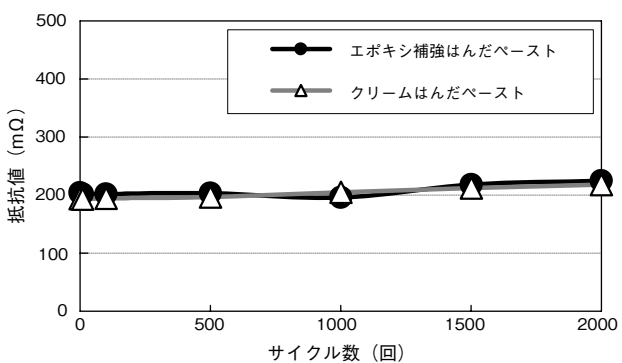
(b) 3216 チップ剪断密着力



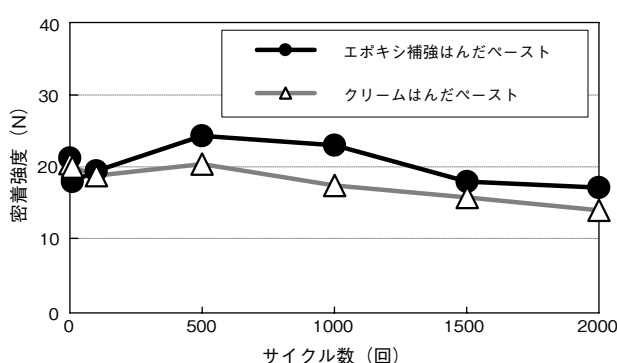
(c) 1608 チップ接続抵抗値



(d) 1608 チップ剪断密着力



(e) 1005 チップ接続抵抗値

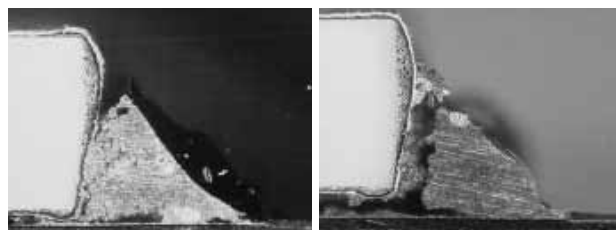


(f) 1005 チップ剪断密着力

図7 温度サイクル試験結果 (-65℃⇔150℃)

またチップサイズの大きい 3216 サイズでは、エポキシ補強はんだペースト、クリームはんだペーストともに剪断密着強度は 500 サイクル経過後より徐々に低下する傾向がみられた。これは、チップ部品と基板の線膨張係数の差、温度差、チップ端子間距離などから求められる変位量の差が、1608 サイズ、1005 サイズと比べて形状が大きい 3216 サイズでは大きくなり、結果としてチップ部品と基板の接合部に大きな応力が掛かり続けることになるためである。たとえば 3216 サイズでは、試験条件が -65℃⇔150℃の場合、1 サイクル当り約 4.8 μm の変位をはんだで吸収し続けなければならないことになる。図 8 に 3216 サイズで温度サイクル試験 2000 サイクル経過後の基板接合部の断面写真を示す。エポキシ補強はんだペースト、クリームはんだペーストともにクラックの発生が確認できた。500 サ

イクル経過後から剪断密着強度に低下傾向がみられたのは、その時点からはんだにクラックが生じていたためと考えられる。



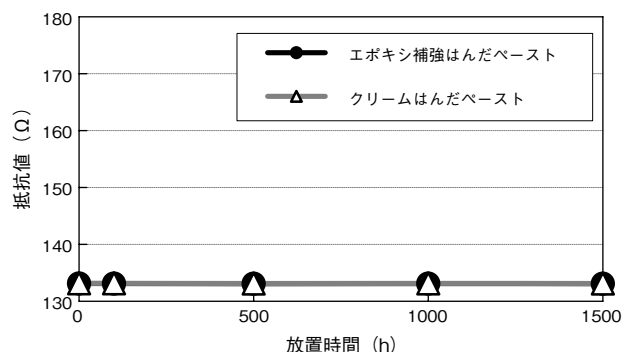
(a) エポキシ補強はんだペースト (b) クリームはんだペースト

図8 チップ・基板接合部断面写真 (×300)
温度サイクル試験 2000 回経過後

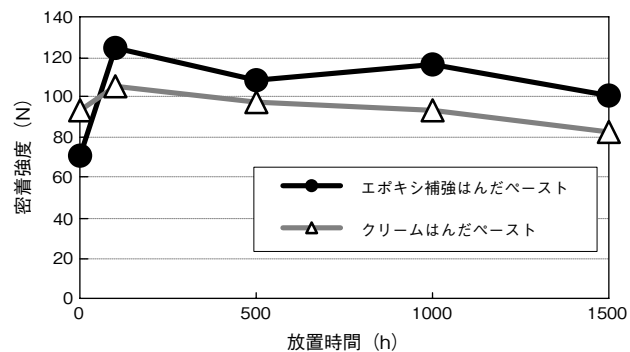
4.2 高温放置試験

図9に高温放置試験の結果を示す。エポキシ補強はんだペースト、クリームはんだペーストともに接続抵抗値には大きな差はみられなかったが、剪断密着強度は、温度サイ

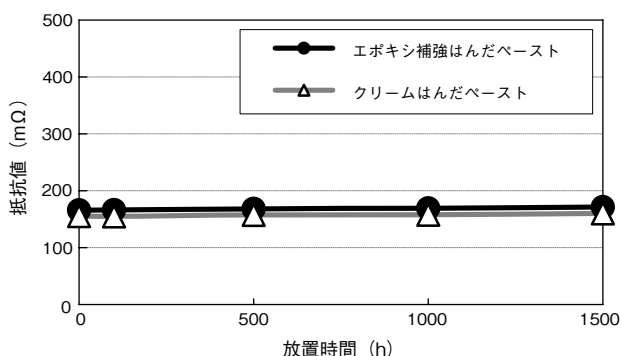
クル試験結果と同様、エポキシ補強はんだペーストのほうが若干高い傾向にあった。また、両サンプルともに1500時間経過後もすべてのチップサイズにおいて剪断密着強度の大きな低下はみられなかった。



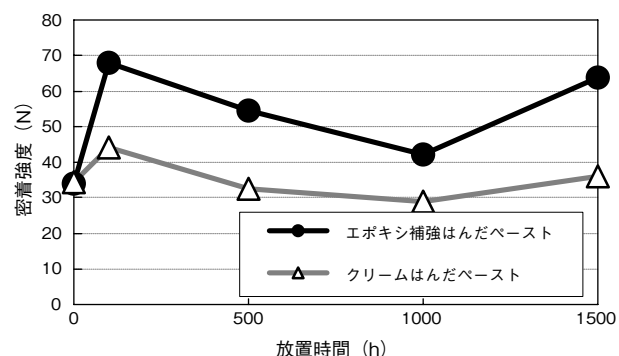
(a) 3216 チップ接続抵抗値



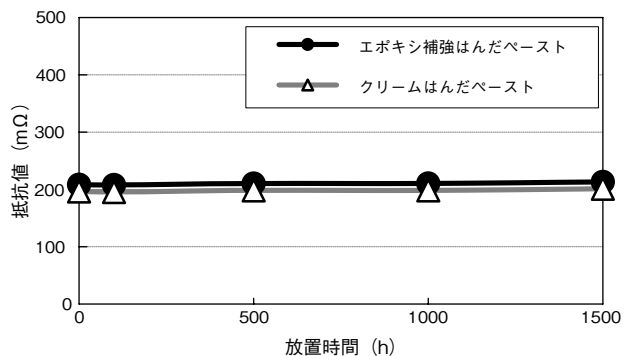
(b) 3216 チップ剪断密着力



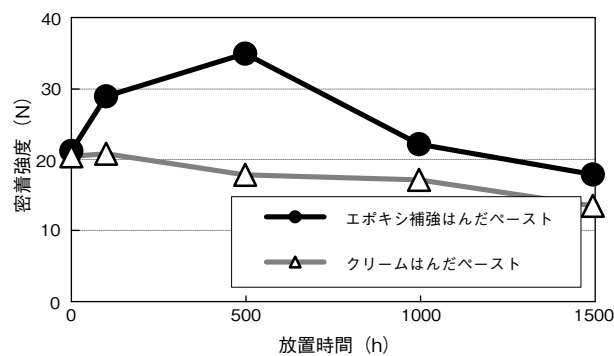
(c) 1608 チップ接続抵抗値



(d) 1608 チップ剪断密着力



(e) 1005 チップ接続抵抗値



(f) 1005 チップ剪断密着力

図9 高温放置試験結果 (150 °C)

4.3 イオンマイグレーション試験

図10にイオンマイグレーション試験の結果を示す。クリームはんだペーストを用いたサンプルはリフロー後フラックス洗浄を実施し、一方エポキシ補強はんだペーストを用いたサンプルはリフロー後洗浄処理なしで試験を行った。エポキシ補強はんだペーストは、はんだの周りがエポキシ樹脂で覆われており、エポキシ樹脂と一緒に配合されているフラックス成分がはんだ金属のAgやCuのマイグレーションを引き起こし、絶縁性を劣化させることが懸念された。しかし、処理時間1000時間経過後においても絶縁抵抗値の低下はみられず、 $10^{12} \Omega$ 以上の高い絶縁性を示した。このことから、エポキシ樹脂と反応するフラックス成分を導入することで、リフロー後のフラックス洗浄工程を省くことが可能であると考えられる。

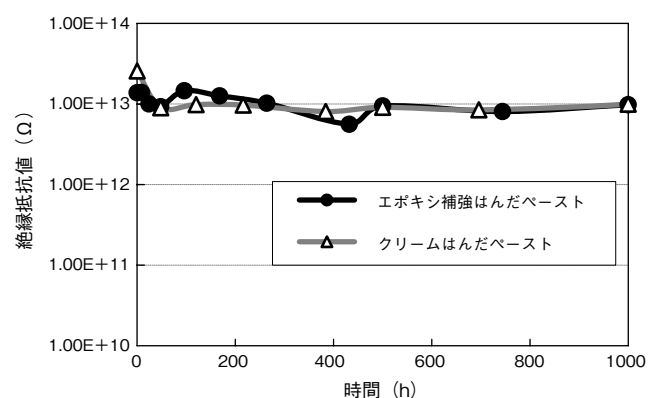


図10 イオンマイグレーション試験結果

5. あとがき

プリント配線板等への部品実装に用いられる導電性ペースト材料として、エポキシ樹脂による補強効果を有するはんだペースト材料の可能性を見いだした。このエポキシ補強はんだペーストにはエポキシ樹脂との反応性を有するフラックスを用いているため、リフロー後フラックスの残留がなく、フラックス洗浄工程を不要にすることができる。また、温度サイクル試験等の信頼性試験においても、クリームはんだと比較評価して同等以上の特性を有しており、実用面から問題ないことを確認した。

今回の評価結果より、エポキシ補強はんだペーストの、新たな電子部品実装用材料としての可能性が見いだせたと考えている。

*参考文献

- 1) 菅沼 克明：鉛フリーはんだ技術・材料ハンドブック，工業調査会，p. 57-59（2007）

◆執筆者紹介



福原 康雄

電子材料 R & D センター



日野 裕久

電子材料 R & D センター



福井 太郎

電子材料 R & D センター