

プリント配線板におけるイオンマイグレーション過程の QCM および EIS による解析

無機工業化学研究室 糸川 和博

【緒言】

近年の機器の高密度化により、部品内のプリント配線板の高密度化が進み、イオンマイグレーションによる絶縁劣化故障が問題となっている。イオンマイグレーションとは、水分が付着した状態で導体金属に電圧が印加されることにより、溶解、移行、析出を繰り返し、回路間が短絡する現象である。

本研究では、エッチング工程による回路間の残留汚染物質の影響、導電性接着剤として用いられる銀ペーストおよび鉛フリーはんだのマイグレーションに対し、水晶振動子マイクロバランス法 (以下、QCM 法と略す)、電気化学的インピーダンス法 (以下、EIS 法と略す) を併用し、解析を行なった。

【実験方法】

作用極に共振周波数約 5MHz の金蒸着 AT カットクリスタルを用い、試験電極として用いる金属を電気めっきした。また、導電性ペースト電極の作製においてはスピンコート法を利用した。対極には、直径 3.0mm スズ、銀または銅の棒に作用極と同種の金属をめっきまたは塗布したものをを用いた。これをマイクロメーターにより電極間距離を保持し、電解質水溶液、イオン交換蒸留水、ろ紙など、各実験条件に合わせて電極間物質を設定した。

また、ウォータードロップ系 (WD 系) の場合には 1.5V/DC+0.05V/AC、ろ紙系の場合には 5.0V/DC+0.05V/AC の電圧を印加し、100kHz-0.1Hz の周波数領域に対してインピーダンス測定を行い、同時に QCM 電極の共振周波数変化、および電流値変化を観測した。

【実験結果および考察】

実験結果の基本的データとして、図 1 に銀ペーストおよび鉛フリーはんだをアノードとして QCM 電極に用い、カソードにも同種の金属をめっきまたは塗布したものをを用いた、イオン交換蒸留水を滴下した条件における電流値変化および共振周波数変化を示す。電流値の急増はマイグレーションによる短絡を示し、共振周波数変化は金属の溶出を示す。

マイグレーションによる短絡は、従来の鉛はんだ、銀ペースト、鉛フリーはんだの順におこった。このときの QCM 電極の共振周波数変化より、マイグレーションによる短絡の早かった、鉛はんだおよび銀ペーストは溶解量が多いことがわかる。

このとき、測定された Cole-Cole プロットは電圧に対して実際に電流が遅れて流れる際に現れる容量性半円を含むものであり、電荷移動と界面容量の関連した反応であるとわかった。この容量性半円は単純な電極系において得られるものと類似していると判断し、このインピーダンス測定により算出された、電荷移動抵抗 R_{ct} 、界面容量 C を図 2 に示す。

電荷移動抵抗において、銀ペース H は、鉛はんだおよび Sn-Ag はんだ同様に実験開始後に急激に増加し、その後減少傾向となり短絡に至った。

界面容量においては、銀ペース H は電極表面が複雑な形状であることから、電気交換が行なわれる面積が大きいため、他のはんだ合金と比較して非常に大きい値を示した。

以上の結果より はんだ金属は酸化皮膜を形成し、不動態皮膜となるため、耐マイグレーション性に優れるが、銀ペース H は硬化剤である樹脂被覆により反応が抑制される効果も得られず、耐マイグレーション性において劣っていた。

本論文ではこの他に、サブトラクティブ工法におけるエッチング工程により多層プリント配線板内部に残留すると考えられる汚染物質のマイグレーションに対する影響を検討した。

【まとめ】

QCM 法および交流インピーダンス法を利用し、イオンマイグレーション過程を解析した。鉛フリーはんだ系合金とは違い、銀ペース H により形成した銀の回路は耐マイグレーション性の面で実用に際し、十分な注意が必要であることが確認された。

投稿論文

・田中浩和, 平松洋昭, 糸川和博, 植田文崇, 吉原佐知雄, 白樫高史 :

交流インピーダンス法を用いた鉛フリーはんだのイオンマイグレーション発生過程の解析

エレクトロニクス実装学会誌 5(2), 188 (2002)

学会発表

糸川和博, 田中浩和, 平松洋昭, 植田文崇, 吉原佐知雄, 白樫高史 : 交流インピーダンス法を併用した QCM によるイオンマイグレーション過程の反応機構解析, 8th symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics ", 315 (2002)

糸川和博, 佐藤 誠, 高橋久弥, 吉原佐知雄, 白樫高史, 馬庭 亮 : プリント配線板の各種形成プロセスとイオンマイグレーションの関係, 第 12 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 395 (2002)

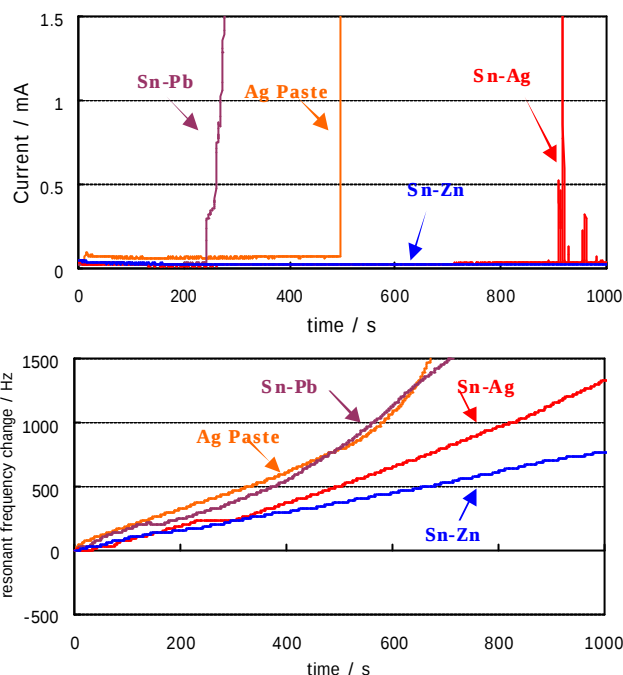


図 1 電流値変化および共振周波数変化

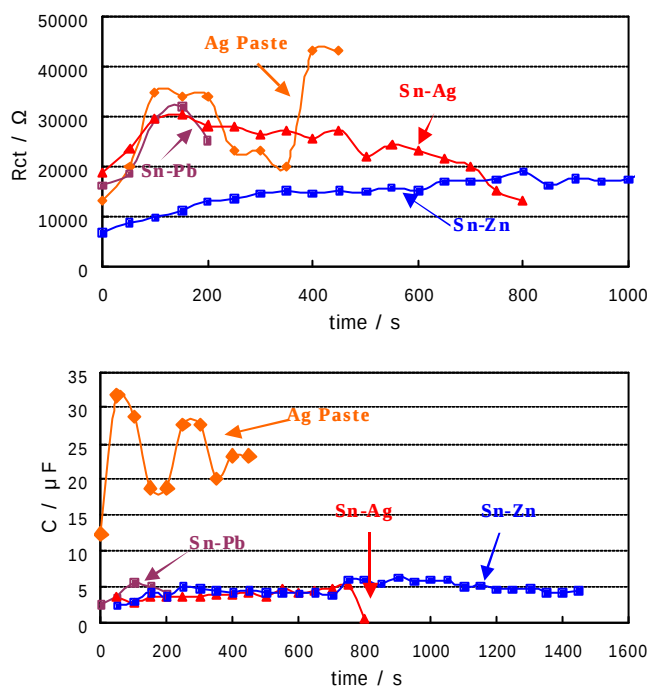


図 2 電荷移動抵抗 R_{ct} および界面容量 C