

題名

イオンマイグレーション発生と評価法

キーワード

イオンマイグレーション、水、電界

発生形態

1. デンドライト (Dendrite)
一般的には、基板表層の平行した電極間において樹枝状に金属が析出した状態をデンドライトと呼ぶ。(図1)
2. CAF (Conductive Anodic Filament)
基板内層の主としてガラス繊維とエポキシ樹脂との境界で、陽極から溶出した金属イオンが析出したものをCAFと呼ぶ。(図2)

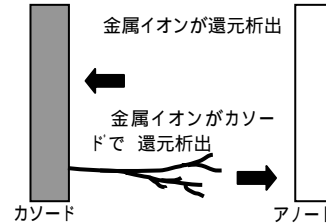


図1. デンドライトの発生形態

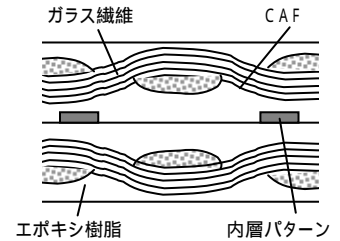


図2. CAFの発生形態

発生箇所⁽¹⁾

1. 基板表面
表面回路パターン間では主にデンドライトが発生する。(図3)表面がレジストで覆われている状態では、基板とレジストの界面に発生し、レジストを破って表面に伸びることもある。これは、浸透した水分により金属が腐食して膨張し、レジストにクラックが入り、イオンマイグレーションが外表面に出たものと考えられる。
2. 基板内層
内層のスルーホール間では、陽極と陰極となる導体金属の両方に近接するガラス繊維に沿ってCAFが発生する。(図4) これは、層間の接着が不十分な場合や、基板製造時にイオン残差の影響により発生すると考えられる。
3. その他
近年、銀ペーストをスルーホールの導体材料に用いた紙フェノール基板が多く使用されている。銀は銅よりもイオンマイグレーションが発生しやすいため、内層間に銀のCAFが発生する。また、はんだ付け箇所や、はんだコートの露出部では、鉛や錫のデンドライトが発生する。

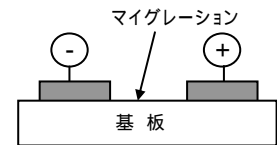


図3. 基板表面

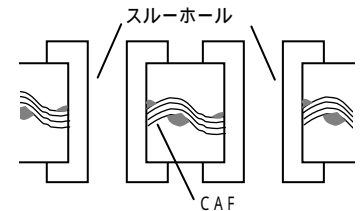


図4. 基板内層

発生に影響する要因

これまでにイオンマイグレーションについての多くの論文が報告されており、これらの中で指摘された要因を結果と共に挙げてみる(表1)。

表1. 発生に影響する要因

項目	報告内容
金属材料による要因	代表的な電子部品に用いられている導体金属でイオンマイグレーションの起こりやすさについて報告。 $Ag > Cu > Pb > Sn > Zn > 黄銅$ これは、電気化学列やイオン化傾向では説明できず様々な影響がある。
電界強度	金属の溶解速度は、電界強度の増大により大きくなる。そのため、高電圧回路や近年の高密度実装では電界強度が高くイオンマイグレーションの発生を加速と報告されている。 (電界強度 = 電圧/電極間距離)
温度・湿度の影響	銅の溶解速度は温度に依存するという報告がある。一方、湿度は高温高湿条件になるほど材料への吸収が早まり、高温高湿条件ほどイオンマイグレーションの発生は加速される。
pHの影響	銅薄膜の溶解速度実験より、pHが低下(酸性)するほど溶解速度は早まるため(銅の場合、pH4の溶解速度はpH7の10倍以上)、pHが低下するほどイオンマイグレーションの発生速度は早いと考えられる。また、pHに影響を与える物質は雰囲気中の不純物である。
イオンの影響	プリント配線板上のイオンマイグレーションは、様々なイオン残差の影響を受けている。塩素イオンは、プリント配線板の製造環境の中で特に検出される。(例:紙フェノール基板材料の紙の漂白、エポキシ樹脂の合成時の不純物など)。また、部品実装時に用いられるフラックスの活性材であるハロゲン物質(塩素や臭素)もイオンマイグレーションの発生に影響する。

イオンマイグレーションの評価試験方法⁽²⁾

(1) 簡易試験法

この方法は、電極金属や絶縁材料、イオンマイグレーション性を評価する方法で、相対的な評価を短時間に行うのに有効である。

代表的な簡易試験法を表2に示す。

表2. 代表的な簡易試験法

試験名	試験方法
浴液浸漬法	脱イオン水、希薄電解液に電極を浸漬した状態で直流電圧を印加
脱イオン水滴下法	くし形基板などに脱イオン水を滴下し直流電圧を印加
ろ紙吸水法	ガラス板上にろ紙を置き、その上に電極を対向させ直流電圧を印加

(2) 環境試験法

環境試験器中で電極間に直流電圧を印加し短絡または絶縁劣化までの時間を比較する方法である。一般に材料の吸湿による要因には高温高湿試験、表面の結露による要因の評価には結露サイクル試験を用いる。

マイグレーション評価に関する試験規格を表3に示す。

表3. 主な試験規格

試験名	規格
はんだ付用樹脂系フラックス試験方法	JIS Z 3197
ソルダーペースト(マイグレーション試験)	JIS Z 3284
ソルダーペースト(絶縁抵抗試験)	JIS Z 3284
高温高湿(定常)試験	JIS C 60068-2-3
温湿度組み合わせ(サイクル試験)	JIS C 60068-2-38
温湿度サイクル試験	JIS C 60068-2-30

(3) 測定方法

イオンマイグレーション評価の測定方法には、
 ・製品の誤動作を確認する。
 ・デンドライドの状態を顕微鏡や目視により観察する。
 ・電極間の絶縁性を絶縁抵抗計で測定する。
 などの方法がある。しかしイオンマイグレーション初期においては、陰極に達すると過電流が流れて焼き切れることがあるため、絶縁抵抗の劣化が一時的に回復することがある。そこで、正確な故障寿命を求めするために、試験を行いながら連続的に抵抗値を測定することが必要な場合がある。

試験後の分析

(1) 光学顕微鏡観察

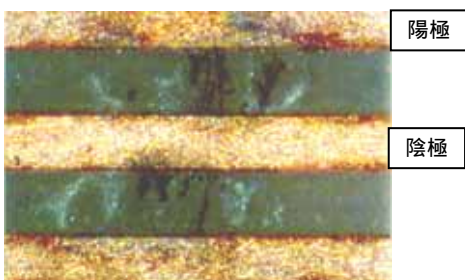


図5. 結露サイクル試験後のガラスエポキシ基板に発生したイオンマイグレーションの例(陰極より発生)

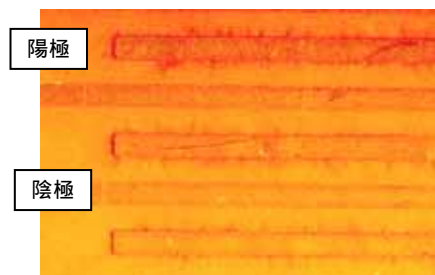


図6. 高温高湿試験(85℃/85%rh)後の紙フェノール基材中のCAFの例(陽極より発生)

(2) SEMによる観察、元素分析



図7. 結露サイクル試験後のガラスエポキシ基板(はんだコート電極)に発生したイオンマイグレーションのSEM像

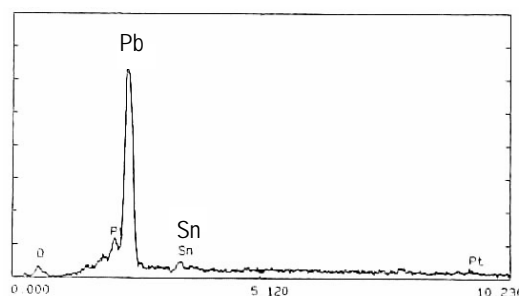


図8. 左写真に発生したイオンマイグレーション部のEPMA分析(はんだ成分が析出)

参考文献

- (1) 大鳥利行、プリント回路板の絶縁劣化要因としてのイオンマイグレーション、回路実装学会 Vol.10 NO.2、1995、pp. 80-86
- (2) 電気学会 誘電・絶縁材料技術委員会、プリント配線板の絶縁信頼性に関する研究の動向 - 特にイオンマイグレーション性について -、電気学会技術報告第615号、1996