

イオンマイグレーション評価試験

信頼性保証 山田 憲作

信頼性評価手法の1つであるイオンマイグレーション評価試験は、製品の軽短小への推移によって事前評価としてますます重要な試験となってきています。ただ一方でイオンマイグレーション発生の要因は技術の進歩によってますます複雑に絡んできています。そのため、試験条件が評価の重要なポイントであります。また画一化された試験方法は確立されていません。ここでは、弊社での評価試験の一例を使用しましてイオンマイグレーション評価の概略及び試験実施内容を紹介いたします。併せて、評価試験において使用している常時測定(In Situ)装置の有用性についても説明を行います。

1. はじめに

製品の小型化に伴い使用する半導体・基板等の配線間隔は狭くなって来る傾向にあります。さらに、使用材料も鉛フリー化及び高密度化対応のためにさらに複雑な構成になってきています。このように電極間隔の狭ピッチ化により電界の強度も大きくなり、イオンマイグレーション（以下マイグレーションとする）の発生しやすくなってきています。また、新たな材料を使用することによりマイグレーション評価を行うことはさらに重要になってきています。弊社において各種製品のマイグレーション試験を実施してきました。その一例をもってマイグレーションの説明と評価試験実施事例の紹介をおこないます。

2. イオンマイグレーション

マイグレーションは、電界印加と水分が存在すれば金属のイオン化がおこり金属イオンの移動が発生します。この金属イオンの移動により金属が析出していき絶縁劣化を起こし最終的には短絡します。湿度の状態によってマイグレーションの発生状況は異なってきます。湿度が飽和状態の場合には、低電界の場合でも短時間で発生、不飽和の場合には長時間となります。特に、結露状態では発生速度は顕著に速くなります。マイグレーションは、ほとんどの金属において起こります。マイグレーションの起こり易さは金属の種類によって異なっており、Agは起こり易く、Auは起こり難い。ただ、この発生速度は金属のイオン化傾向とは異なっています。

マイグレーションの形態は大きく 2 種類に分類されます。

1) デンドライト (Dendrite)

金属の析出が基板等の表面上に発生したもの。

2) CAF (Conductive Anode Filaments)

金属の析出が基板等の内部に発生したもの。

基板等の繊維の隙間に沿って析出する。

よく基板のスルーホール間において観測される。

マイグレーションの発生に影響を与える要因は、電界、湿度、温度、電極間の距離、構成材料の吸湿性、不純物等です。マイグレーションの寿命時間は、電界、湿度、温度との関係が夫々において依存性があります。しかし、マイグレーションは各種の要因が絡み合って発生するため評価試験方法は画一的には決まっています。

3. イオンマイグレーション評価試験

1) 評価サンプル例

- ・ 櫛形状パターン (図 1)
評価のために L/S の各サイズを作成
- ・ 櫛形状以外のパターン
独自の評価形状を作成
- ・ 実装基板
実製品に使用されている部材及び設計にて作成

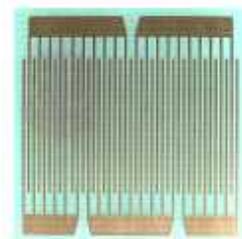


図1. 櫛形状パターン

2) 評価試験測定方法

- ・ 常時 (In-Situ) 測定方法

マイグレーション評価においては、代表的な測定方法です。

評価サンプルを環境試験槽内に設置を行い、サンプルの絶縁抵抗測定をサンプルを外部に取り出すことなく、常時一定周期で測定を行う。

マイグレーション試験の最初の時期では析出が発生して評価電極間で短絡が発生し始めます。この時、瞬間的に電流が流れますが自己のジュール熱によって短絡部が焼ききれて開放状態となります。この過程の繰り返しを経て最終的には短絡状態が固定化します。そのため、マイグレーション発生時間を測定する場合には常時に測定することが必要となります。

マイグレーション試験で使用する常時測定装置（In-Situ 装置）です。（図 2、3）

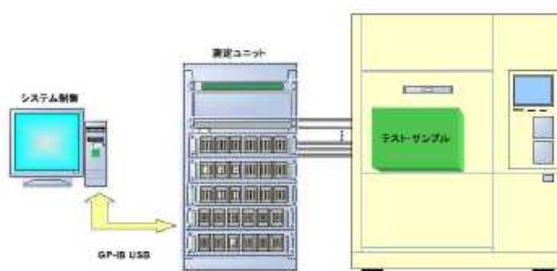


図2. In-Situ装置 構成

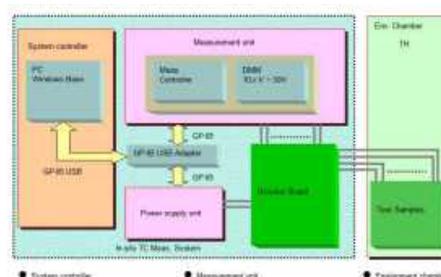


図3. In-Situ装置 システムブロックダイアグラム

3) 環境試験

- ・ 恒温恒湿試験

温度及び湿度環境下に評価サンプルを置き、直流電圧（電界）を印加を行うことによりマイグレーション発生までの時間を測定・評価を行います。高い温度及び湿度により加速され、室温環境下での評価時間と比較すると短縮することが出来ます。ただ、試験温度及び湿度の設定によって加速係数が異なってきます。また、実際の試験時間は 1000 時間位の長期間となる場合が大部分をしめます。そのため、試験条件の設定が重要となってきます。マイグレーション評価では、恒温恒湿試験は適用頻度の高い環境試験です。

- ・ その他の試験

- 温度湿度サイクル試験
- 高度加速寿命試験(HAST)

4. 評価方法

- ・ 電気測定

常時測定による個々の素子の絶縁抵抗値の測定

- ・ 観察/解析

光学顕微鏡による観察

評価サンプルの外観観察

走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）による観察

マイグレーション発生状況の確認

エネルギー分散型 X 線分析装置（EDX：Energy Dispersive X-ray spectroscopy）による解析

マイグレーション発生部の元素の同定を行う

5. 評価試験事例

櫛形形状パターンを用いての評価試験

試験サンプルは、櫛形形状パターンを使用して評価試験を行った事例です。

試験条件については、試験詳細の項目に記述。

試験データの収集は、常時測定装置（In-Situ 測定装置）を用いて抵抗値の変化を継続して測定を行っています。

・試験詳細

評価サンプル

櫛形形状パターン

環境試験

恒温恒湿試験

温度 85

湿度 85%

印加電圧 DC50V

マイグレーション判定基準

絶縁抵抗値： $1 \times 10^9 \Omega$ 以下

・試験結果

各評価素子の絶縁抵抗値の連続時系列測定の結果を図4に示します。

マイグレーション発生素子は、隣接の（+）端子と（-）端子間にデンドライト発生により短絡が発生している。短絡が発生するが瞬時に急激に流れる電流により、ジュール熱が発生し短絡箇所は焼き切られて開放状態に復帰します。この状態をリークタッチ現象と言います。この現象を繰り返して起こっていることがグラフの推移で見ることが出来ます。この現象が発生した後の時点でのサンプルを取り出してテスター等で測定を行った場合には、短絡不良はリークタッチ現象により開放状態となり不良と判定されない確率が高いです。そのため、常時測定を行っていることにより正確な時間でマイグレーション発生を捉えることが出来ます。不良発生個数及び不良発生時間の把握により、評価サンプルのマイグレーションの寿命予測を行うことも可能です。

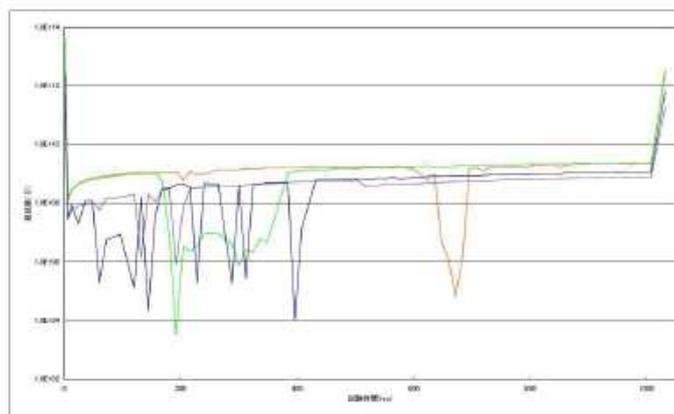


図4. In-Situ測定による抵抗値測定結果

・観察結果

抵抗値測定結果より、該当不良素子を観察することによりマイグレーション発生を確認することができます。外観検査として光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡 SEM を使用してデンドライト発生状況を確認します。

(図 5、 6)

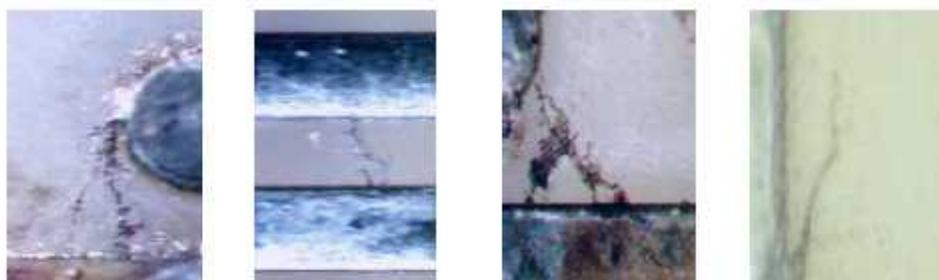


図5. 光学顕微鏡 観察像



図6. SEM 観察像

線

分析装置 EDX を使用することによって発生部の元素の同定が行えます。(図 7)

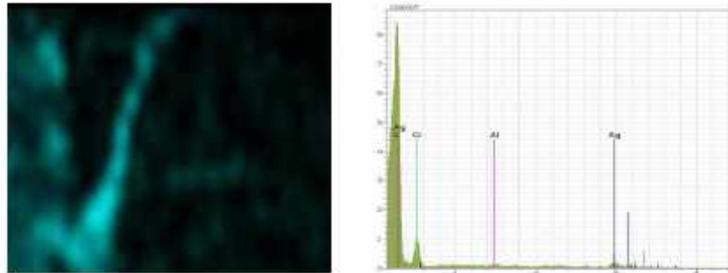


図7. EDX 解析データ

6. むすび

マイグレーション評価は、近年の製品の小型化・軽量化、あらゆる製品適用拡大による使用環境の変化及び環境対応のための鉛フリー化への変移によりたいへん重要となってきています。さらに、新規材料、製造形態及び最新技術の展開により、これらが複雑に絡んでマイグレーションによる製品の不良を起こさせています。このように発生要因が複雑になるにしたがってマイグレーション評価試験の条件は画一的でなく多岐にわたってきています。従って、今後さらにマイグレーションの評価は重要となってきますが、一方で評価試験のための条件の設定については、評価計画の開始段階で十分な検討と評価の対象となるサンプルの特質についても考慮することが大きなポイントとなってきています。よって、相関関係に基づく最適な評価試験条件(印加電圧・湿度・温度等)の決定方法及び試験方法の確立が今後の大きな課題となってきています。

7. 参考文献

- 1) マイグレーション試験方法分科会：「2003年度報告」、JEITA、(2004)
- 2) 竹本正、佐藤了平：「高信頼度マイクロソルダリング技術」、工業調査会、(1991)