



# イオンマイグレーションにより生じたデンドライトの三次元形状計測

— 三次元形状測定システムの構築とその評価 —

水戸部 一孝\*, 吉村 昇\*

(1999年6月14日受付, 1999年7月12日受理)

## Three Dimensional Measuring of Dendrite that Caused by Ion-Migration

— Construction and Evaluation of Three Dimensional Measuring System —

Kazutaka MITOBE<sup>\*1</sup> and Noboru YOSHIMURA<sup>\*</sup>

(Received June 14, 1999; Accepted July 12, 1999)

The purpose of this study is to construct the measuring system that enables to record the three-dimensional surface structures. X-Y stage and laser focus displacement meter were used. These devices were controlled by a computer, so it can automatically measure and record the three-dimensional surface of FR-4. Using this system, we can measure the rise of surface in a cathode side after WDT (water-drop test). Furthermore, it makes clear that the relationship between the thickness of the electrode and the time to failure.

### 1. まえがき

近年, 通信機器やコンピュータ等の電子回路の集積化, 小型化に伴い, プリント配線板のファインパターン化および多層化がはかられている. そのため, 配線間の絶縁距離は短くなり, より高い電界下で使用されるようになってきている. その結果, プリント配線板の設計にあたっては, 絶縁信頼性の検討が不可欠になっている<sup>1)</sup>.

プリント配線板における絶縁劣化の主原因として考えられているイオンマイグレーションは, プリント配線板の吸湿および電界によって導体金属が電気化学的の反応により溶出, および析出する現象である. 現在までにイオンマイグレーションに関する絶縁抵抗の低下に着目した研究<sup>2), 3)</sup>, 誘電特性に着目した研究<sup>4)</sup>等, 多数研究されてきたが, 電極およびデンドライトの立体形状に着目して分析した研究はまだ少ない.

本論文では, 表面形状を自動計測することの出来る三次元計測システムを構築し, 絶縁抵抗値が低下する前後での電極および析出物の立体形状を計測したので報告する.

### 2. 計測装置および試料

#### 2. 1 三次元形状計測システム

本論文で構築した三次元形状計測システムは, XYステージ (MM-40: 中央精機 (株)), ステージ用コントローラ (MMC-2: 中央精機 (株)), レザフォーカス変位計 (LT-8010: (株) キーエンス), 変位計用コントローラ (LT-8100: (株) キーエンス) およびコンピュータ (G6: Gateway2000) で構成した. XYステージおよびレザフォーカス変位計はそれぞれのコントローラを経由して, RS-232Cによりコンピュータと接続した. 自作したプログラムにより, 各装置のパラメタの設定, 変更および制御を行っており, 立体形状の自動計測を実現した. 図1に計測システムのブロック図を示す. なお, XY方向の可動範囲 $\pm 5$  [mm], 分解能  $1$  [ $\mu$ m], 繰り返し精度 $\pm 1$  [ $\mu$ m]であり, Z方向の計測可能深度 $600$  [ $\mu$ m], 分解能 $0.1$  [ $\mu$ m]である.

#### 2. 2 試料の作製

基板材料にはガラスエポキシ基板 (FR-4) を用いており, 表面の凹凸が $\pm 1$  [ $\mu$ m]の範囲であることを事前に確認している. 電極材には短時間でイオンマイグレーション現象が発生し

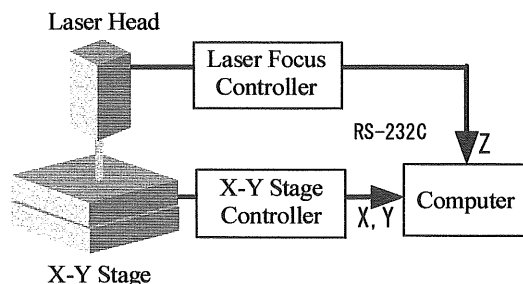


図1 三次元形状計測システムのブロック図  
Fig.1 Block diagram of three-dimensional measuring system

キーワード: イオンマイグレーション, デンドライト, 三次元形状計測, レザフォーカス変位計

\*秋田大学工学資源学部電気電子工学科 (010-8502秋田市手形学園町1-1)

Dep. of EEE/ Faculty of Engineering and Resouce Science/ AKITA UNIV., 1-1, Tegata Gakuencyo AKITA 010-8502, Japan

<sup>1</sup> mitobe@ipc.akita-u.ac.jp

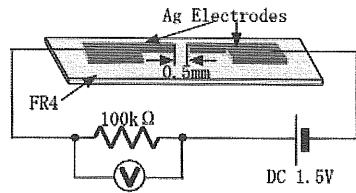
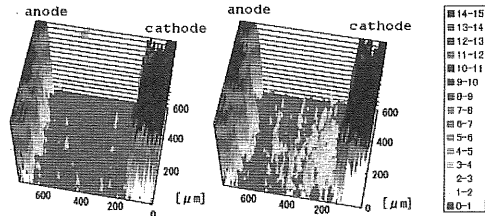


図2 電圧印加回路  
Fig.2 Circuit for applied voltage



(a) WDT前 (b) WDT後  
(a) Before WDT (b) After WDT  
図3 電極間での立体形状の変化  
Fig.3 Difference of three-dimensional surface

やすい銀導電性塗料を用いた。以下に作製の手順を示す。ポリエチレンテレフタートのフィルムで作製した型をFR-4基板上にシリコングリスで貼り付け、型以外の部分をアルコール洗浄した後、銀導電ペーストを塗布する。型を外した後、120°Cの恒温槽内で30分焼き付けを行い、アルコールにより基板上的シリコングリスを取り去った。

本論文ではWDT (Water-drop test) <sup>1)</sup>により、イオンマイグレーション現象を発生させた。図2に示した回路を用いて、電極間に脱イオン水を3[mm<sup>3</sup>]滴下した後、直流電圧1.5Vを印加した。試験は電極間が短絡した時点、つまり回路に直列接続された抵抗に発生する電圧が1.5V (電極間の抵抗値が数十Ω) となった時点で終了とした。

### 3. 結果

WDTの前後における電極間の立体形状を図3に示す。試験前の立体形状を同図(a)に、試験後のそれを同図(b)に示した。図の右側は負極、左側は陽極を示す。各軸の単位は[μm]であり、基板表面からの高さは色で示した。同図(b)より、カット側には黄色、橙で示された3~6[μm]程度の隆起が見られ、析出物が分布していることがわかる。これは、銀イオンがカット側で還元されるため dendrite がカット側から進展するとの過去の知見に一致する<sup>2)</sup>。

本論文では同一の型により6種類のサンプルを作製し、WDTを行ったのだが、短絡に至るまでの時間には大きな個体

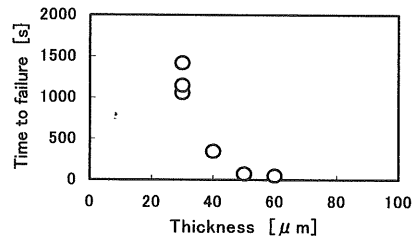


図4 電極の厚さと短絡時間の関係  
Fig.4 Relationship between thickness of electrode and time to failure

差が見られた。個体差の要因の一つに、電極の厚さの違いを考えた。試作した6種類の電極の厚さと短絡時間の関係を図4に示す。横軸に電極部の厚さの平均値、縦軸に短絡時間を示す。電極の厚さが50[μm]以上では80s程度で短絡に至る。一方、30[μm]以下では1000sと10倍以上の耐久性を示していた。この結果は、本論文で設定した実験条件に限定した結果ではあるが、電極を薄くすることでマイグレーションの発生を抑制できること、比較の際に電極間距離に加え、電極の厚さも考慮する必要があることを示唆している。

### 4. おわりに

本論文では三次元形状計測システムを構築し、これを用いてイオンマイグレーションの発生前後での電極間の基板表面状態を比較した。その結果、WDT後にはカット側に3~6[μm]程度の隆起が分布することを示した。また、電極の厚さに依存して短絡時間が低下することを明らかにした。

今後、測定サンプル数を増やすと共に、イオンマイグレーションの進行過程における析出物の立体形状の推移について調べていく予定である。

謝辞 本研究を進めるにあたり、御尽力いただいた本研究室卒業生竹山直樹君に謝意を表す。

### 参考文献

- 1) プリント基板高信頼性絶縁技術調査専門委：電気学会技術報告，第615号(1996)
- 2) 吉村昇，西田眞，藤田成隆，能登文敏：静電気学会誌，11 (1987) 119
- 3) Fujiki, S., Tanino, K., Sato, J. and Tatsuyama, C., : IEE Jpn., 118-A, 3 (1998) 268
- 4) 津久井勤，横須賀洋児，山口元男：回路実装学会誌，12 (1997) 247