



COBの耐湿性試験における加速性

Acceleration In Humidity Testing for COB

友池 稔^{*1}
Minoru Tomoike

中原 浩二^{*1}
Kouji Nakahara

あらまし

COB(Chip on Board)の耐湿性試験として、不飽和の加圧水蒸気を用いる不飽和プレッシャークッカバイアス試験(USPCBT)の有効性を検証した。一般的な高温高湿バイアス試験(THB試験)との比較で相関性と加速性について検討し、以下の結果を得た。

- 1) THB試験とUSPCBTとの間に相関性があり、加速性が認められる。
- 2) THB試験(85℃, 85%RH)に対するUSPCBT(120℃, 85%RH)の加速係数は25倍である。
- 3) アルミ腐食による平均故障時間は水蒸気圧の -2.6 乗に比例する。

Abstract

We verified the effectiveness of an unsaturated pressure cooker bias test (USPCBT) using unsaturated pressurized vapor as a humidity test for chips on board (COB). We compared the USPCBT with a conventional temperature humidity bias test (THB test), and obtained the following results on correlation and acceleration:

- 1) A correlation exists between a THB test and a USPCBT. Acceleration is recognized.
- 2) The acceleration coefficient of USPCBT (120℃, 85%RH) to a THB test (85℃, 85%RH) is 25 times.
- 3) The mean time to failures due to aluminum corrosion is proportional to the water vapor pressure to the power of -2.6 .

* 1 (株)富士通電装アール・アンド・ディー Cプロジェクト

1. ま え が き

COB (Chip on Board) では、一般的にエポキシ系樹脂による封止が行われている。樹脂封止された半導体デバイスでは、COBに限らずその耐湿性については、十分な評価が必要とされる。これは、樹脂特有の性質として、吸湿性、浸透性があるためであり、水分の浸入によってアルミ配線の腐食が起こり、故障が発生することがよく知られている。

当社ではこれまで、COBの耐湿性試験として、一般的な耐湿性試験方法である高温高湿バイアス試験 (THB試験)^{注1)} を用いてきたが、この試験方法では評価時間を多く必要とする。これに代わるものとして、樹脂封止半導体デバイスの耐湿性加速試験方法として開発された、不飽和プレッシャーコッカバイアス試験 (USPCBT)^{注2)} に注目した。

本稿では、COBの耐湿性試験方法として、USPCBTの有効性について評価を行い、加速性について検討したので報告する。

2. 耐湿性試験の状況

樹脂封止半導体デバイスの耐湿性試験方法の一般的状況について述べる。

一般的な耐湿性評価方法としては、85℃、85%RHの環境下でバイアス印加する高温高湿バイアス試験 (THB試験) が定着している。この方法は、加速性が低く、通常1000H以上の試験時間を要する。

また、加速性を高めた短期評価方法として、プレッシャーコッカ試験 (PCT)^{注3)} が古くから用いられてきた。しかし、この方法は、相対湿度が100%であるため結露しやすく、バイアス印加が困難であり、市場故障との相関がとれにくいという難点がある。

PCTに代わる試験方法として、不飽和プレッシャーコッカバイアス試験 (USPCBT) が最近の主流になっており、国内外の規格でも、PCTからUSPCBTへの移行が進んでいる。

USPCBTとは、100℃以上の温度領域において、水蒸気圧を1気圧以上に高めた不飽和水蒸気雰囲気中で、試料への水分の浸入を時間的に加速させる試験方法で、HAST (Highly-accelerated Temperature

表1 樹脂封止半導体デバイスの耐湿性試験方法

| 試験項目 | 条件の一例 |
|--------------|---------------------|
| THB試験 | 85 / 85 %RH+バイアス印加 |
| PCT (飽和) | 120 / 100 %RH |
| USPCBT (不飽和) | 110 / 85 %RH+バイアス印加 |
| | 120 / 85 %RH+バイアス印加 |
| | 130 / 85 %RH+バイアス印加 |

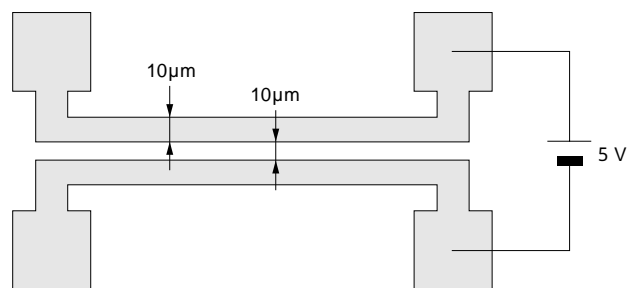


図1 評価用アルミ配線パターン

and Humidity Stress Test) と呼ぶこともある。この方法は、IEC規格 (国際電気標準会議規格) でも1991年以降、半導体デバイスおよび、電気、電子機器の標準的な耐湿性試験方法として扱われている。

表1に、代表的な樹脂封止半導体デバイスの耐湿性試験方法を示す。

3. 試験の概要

3.1 試料

評価に用いる試料は、図1に示すアルミ配線パターンを有する評価用TEG (Test Element Group) チップ (チップには保護膜としてSiN膜を施してある) を有機基板に搭載し、金線によるワイヤボンディング後、樹脂封止したものである。

3.2 試験条件

試験条件は、周囲温度85℃、110℃、120℃でそれぞれ湿度85%RHの3条件とした。85℃/85%RHでは従来の恒温恒湿器を用い、それ以外の試験には不飽和型PCT装置を用いた。

試料には5Vのバイアス電圧を印加し、故障発生までの時間を調べた。故障の判定は、一定時間ごとにアルミ配線の抵抗値を測定し、抵抗変化率が50%になったときとした。

注1) THB試験 : Temperature Humidity Bias Test.

注2) USPCBT : Unsaturated Pressure Cooker Bias Test.

注3) PCT : Pressure Cooker Test.

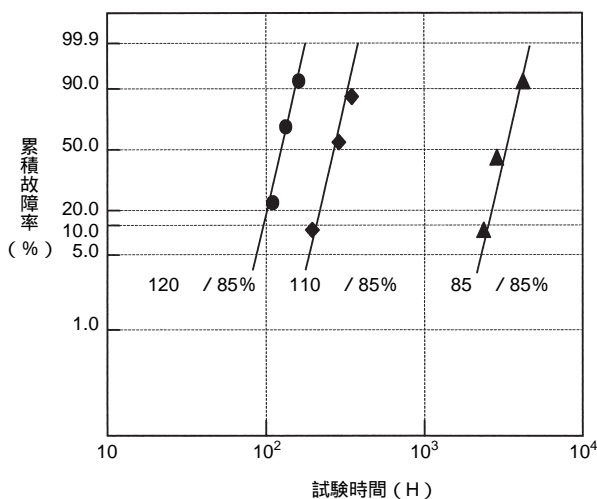


図2 COB耐湿性試験結果

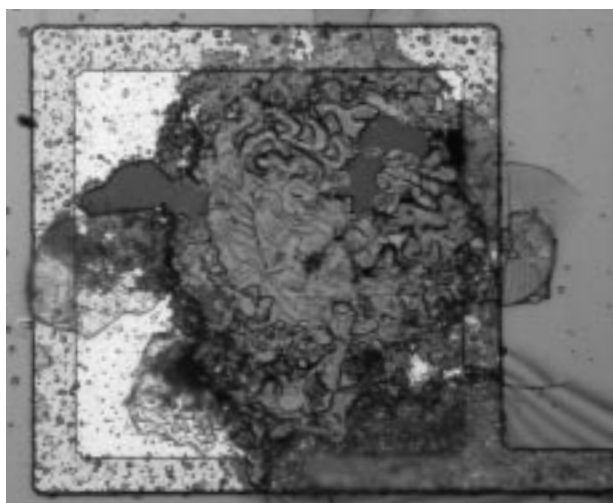


図3 アルミ配線腐食による故障例

4. 試験の結果および分析

4.1 USPCBTの有効性

図2に、THB試験とUSPCBTで発生した故障のワイブルプロットを示す。各条件での試験結果を比較すると、故障発生時間は 120 / 85 % RH, 110 / 85 % RH, 85 / 85 % RH の順に長くなっており、加速性が認められた。

故障した試料を開封し、故障モードを調べた結果は、すべてアルミ配線の腐食によるものであった。また、腐食箇所についても同一であり、故障モードの相関性を確認した。

図3に、その一例を示す。

表2 試験条件における水蒸気圧

| 条件 | 水蒸気圧 |
|--------------|------------|
| 85 / 85 %RH | 0.0491 MPa |
| 110 / 85 %RH | 0.1218 MPa |
| 120 / 85 %RH | 0.1688 MPa |

このことから、USPCBTは、COBの耐湿性試験として有効であり、THB試験の加速試験として適用できることがわかる。

THB試験(85 / 85 % RH)に対しての加速係数は、110 / 85 % RHで12倍、120 / 85 % RHでは25倍である。言い換えれば、COBの耐湿性試験としてUSPCBTを適用した場合、試験時間を従来の1/25 ~ 1/12に短縮することができる。

4.2 信頼度予測と加速性

耐湿性試験の結果から、実際の使用環境における信頼度予測を行うことは重要である。信頼度予測を行う場合は、試験に適合した加速モデルを設定し、検証する必要がある。耐湿性試験における加速性は、温度・湿度・電圧などのストレスと、封止材料・チップ保護膜・パッケージ構造などの違いによって異なる。したがって、一般的な加速係数を求めることは、非常に困難であるが、実験からある程度実用レベルの値を求めることができる。

耐湿性試験の結果から、信頼度予測を行うための加速モデルが、これまでに多く報告されている。その中で、次に示す水蒸気圧を用いる比較的単純なものがあり、USPCBTの結果から信頼度予測を行うのに有効であると思われる。

ある累積故障に至るまでの時間 t と水蒸気圧 V_p の関係は次式で表される。

$$t = V_p^{-(6) \sim (8)n} \quad (n: \text{定数})$$

上記は樹脂封止半導体パッケージを想定したものである。そこで我々は、この加速モデルがCOBに適用できるかどうかについて、4.1項の結果をもとに検討した。

表2に、今回の試験条件における水蒸気圧、図4に、平均故障時間と水蒸気圧の関係を示す。

両軸に対数をとれば、故障時間と水蒸気圧との間に直線性が得られている。このことから、COBについてもこの加速モデルが適用可能であるといえる。

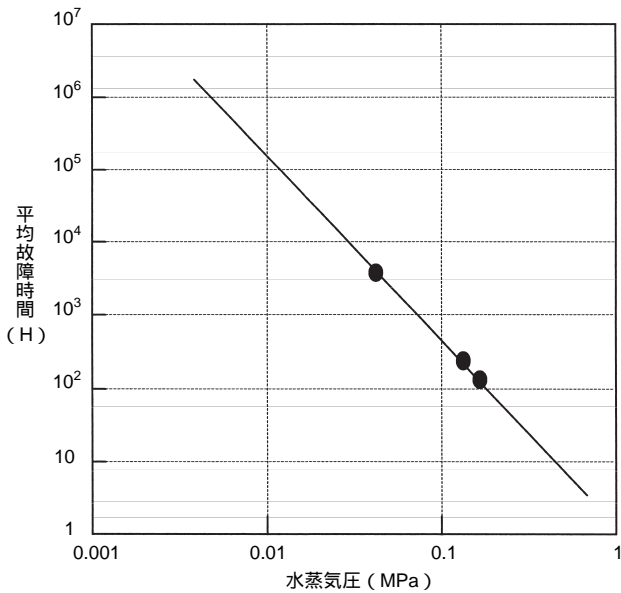


図4 水蒸気圧と平均故障時間の関係

さらに、この直線の傾きから定数 n の値は 2.6 であり、次の関係が成り立つ。

$$[\text{平均故障時間} \quad (\text{水蒸気圧})^{-2.6}]$$

上記の関係をを用いた実際の計算例を以下に示す。

通信装置の一般的な最大使用条件（絶対湿度^{注4)} 25 g / m³）を考慮して、実際の使用環境を 60 / 30 % RH と仮定する。120 / 85 % RH / 48 H の耐湿性試験を行った場合、

60 / 30 % RH の水蒸気圧：0.00598 MPa

120 / 85 % RH の水蒸気圧：0.1688 MPa

であるから、加速係数 α として以下の値を得る。

$$\alpha = (0.1688 / 0.00598)^{2.6} = 5\,860 \text{ 倍}$$

したがって、

$$48 \text{ H} \times 5\,860 = 281\,280 \text{ H} \quad 32 \text{ 年}$$

相当の試験と評価される。

5. む す び

以上、COBの耐湿性試験方法と加速性について

述べた。USPCBTがCOBの耐湿性試験方法として、樹脂封止半導体パッケージと同様に有効なことを立証した。また、当社のCOB製品に対する、耐湿性加速モデルを求めることができた。

参考文献

- 1) 安食恒雄監修 松下電子工業株式会社編：半導体デバイスの信頼性技術，日科技連出版社（1988），pp.215-245.
- 2) 鹿沼陽次：信頼性加速試験の効率的な進め方とその実際，日本テクノセンター（1997），pp.188-191.
- 3) 山本敏男：加速試験と信頼性へのガイダンス，ESPEC技術情報 No.4，タパイエスペック（1995），pp.7-12.
- 4) 山本敏男：HASTにおける湿度計測と制御，ESPEC技術情報 No.5，タパイエスペック（1995），pp.5-11.
- 5) 三菱半導体信頼性ハンドブック，第5版（1991）.
- 6) F.N.Sinnadurai：The Accelerated Aging of Plastic Encapsulated Semiconductor Devices in Environment Containing A High Vapour Pressure of Water，Microelectronics and Reliability, Vol.13, p.23 (1974).
- 7) N.Licoudes：Practical uses of accelerated testing, 13th Annual Proc. of Intern. Reliability Physics Symp., p.257 (1975).
- 8) J.L.Flood：Reliability Aspects of Plastic Encapsulated Integrated Circuits, 10th Annual Proc. of Intern. Reliability Physics Symp., p.95 (1972).



[開発者] 左から、友池，中原

注4) 気体の単位体積中にある水蒸気の質量。