

X線マイクロCT技術の電子基板の信頼性評価

および設計への適用

加工技術課 釣谷浩之* 機械電子研究所 佐山利彦 コーセル(株) 岡本佳之 高柳毅
(財)高輝度光科学研究センター 上杉健太郎 富山県立大学 森孝男

1. はじめに

現在、電子基板のマイクロ接合部の熱疲労損傷が、基板全体の信頼性に大きな影響を与える要因となっている。我々の研究グループでは、このようなマイクロ接合部の信頼性を非破壊で評価するために、大型放射光施設 SPring-8 において、放射光を用いた高分解能の X 線 CT 装置¹⁾ (以下 SP- μ CT) を用いて、マイクロはんだ接合部の熱疲労き裂を非破壊で評価する技術を開発してきた。これまで、典型的なマイクロ接合部の一例として、Sn-Pb 共晶はんだによって接合されたフリップチップ接合構造体を対象として、評価技術の開発を行ってきた。しかし現在、鉛フリーはんだが電子基板の接合部に広く用いられており、接合部の形状についても、BGA 接合部やフリップチップ接合部に見られるような球形に近いものだけでなく、接合部の形状がより複雑となるチップ部品が多く用いられている。そこで、本研究では、Sn-Ag-Cu 鉛フリーはんだによって接合された BGA 接合部とチップ抵抗接合部を対象に熱疲労き裂の非破壊評価技術の開発を行った。

2. 試験方法

観察には、Sn-3.0wt%Ag-0.5wt%Cu 鉛フリーはんだによって接合された 2 種類の試験体を用いた。一つは FBGA(Fine pitch Ball Grid Array)接合試験体であり、LSI チップが直径約 360 μ m のはんだバンプによって FR-4 基板に FBGA 接合されたものである。もう一つは、長さ 1.6mm 幅 0.8mm のチップ抵抗が、同種の基板上に固定されたものである。これらの試験体を厚さ 1mm \times 幅 1mm \times 長さ 10mm の柱状に加工したものを使用した。試験体に熱サイクル負荷を加えて、任意のサイクル数において、SP- μ CT を用いて観察を行った。

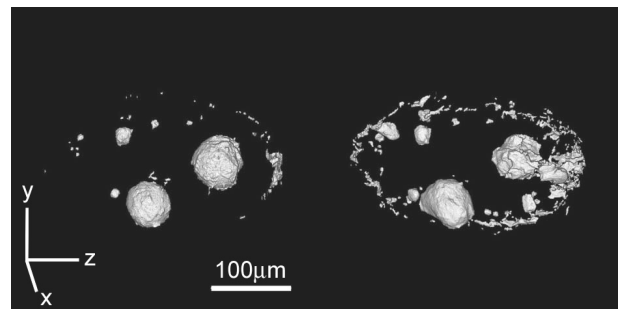
3. FBGA 接合構造体のき裂進展

3.1 き裂の三次元観察

疲労き裂の三次元的な進展状況を把握するために CT 画像からき裂部分を抽出し、き裂の三次元画像を作成した。図 1 は、同一のはんだ接合部に対して、熱サイクル試験を 500 および 1500 サイクル実施した際の疲労き裂の三次元画像を示す。き裂が、バンプと UBM (Under Bump Metallization) の界面の外周から発生し、バンプの内部へ進展している様子が観察できる。大部分のき裂の進展は、最も熱ひずみが大きい試験体の長手方向 (Z 軸) で生じている。

3.2 き裂進展速度および破断寿命の評価

さらに、同じ疲労き裂について表面積の測定を行った。図 2 は、同一のはんだバンプのき裂進展を示しており、熱サイクル数 N とき裂表面積の関係を示している。き裂の進展速度は、ほぼ一定であり、平均進展速度は、11.9 $\mu\text{m}^2/\text{cycle}$ と計算された。疲労き裂進展寿命は $N_p = 4940\text{cycle}$ となった。SEM 観察により求められたき裂発生寿命 $N_i = 300$ を加算し、破断寿命 N_f は、 $N_f = 5240$ サイクルと推定された。SEM による観察から決定した破断寿命は、おおよそ 5000 サイクルであり、この予測と非常によく一致している。



(a) 500 cycles (b) 1500 cycles
図 1 BGA 接合部の疲労き裂の三次元画像

*現 機械電子研究所

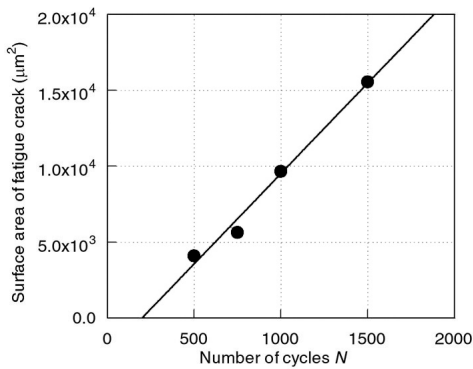
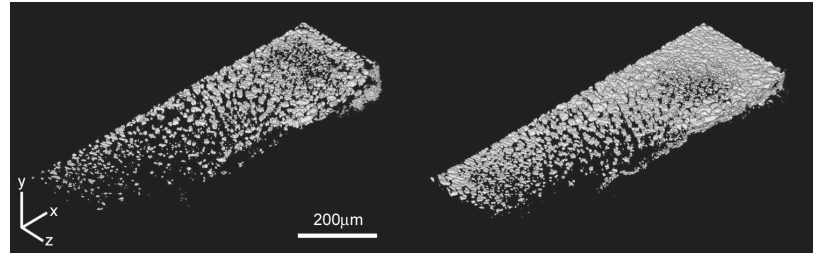


図 2 BGA 接合部のき裂表面積



(a) 500 cycles

(b) 650 cycles

図 3 チップ抵抗接合部の疲労き裂の三次元画像

4. チップ抵抗接合構造体のき裂進展

4.1 き裂の三次元観察

チップ抵抗接合部についても、チップ下に発生する疲労き裂について、三次元画像を作成した。図 3 は、同一の試験体に対して、熱サイクル試験を 500 および 650 サイクル実施した際の疲労き裂の三次元画像を示す。大きなき裂の進展に先立って、多数のポイドが形成されているのが確認できる。このような現象は、SEM による断面観察では確認が困難であり、SP-μCT による観察の有効性を示している。

4.2 き裂進展速度

加えて、同じ疲労き裂について、き裂の表面積を測定した。FBGA 接合部の場合と同様に、き裂進展速度はほぼ一定であり、平均進展速度は、 $5.8 \times 10^2 \mu\text{m}^2/\text{cycle}$ と計算された。このことから、チップ抵抗のはんだ接合部のように複雑な形状で、比較的大きなサイズのはんだ接合部のほうが、FBGA はんだ接合部と比較してき裂の進展が速いことがわかる。

5. まとめ

SP-μCT を用いて Sn-Ag-Cu 鉛フリーはんだによって接合された BGA 接合部や、より複雑な接合部形状を持つチップ抵抗接合部においても、熱疲労き裂を非破壊で観察することが可能となった。またき裂表面積を計測することで、き裂進展過程について定量的な評価を行うことが可能となった。これにより SP-μCT を用いた非破壊での信頼性評価技術の適用範囲を大幅に拡大することができた。

謝辞

本研究における SP-μCT を用いた放射光実験は、財団法人高輝度光科学研究センターの支援を受け、SPring-8 のビームライン BL20XU において実施されたことを記し、謝意を表する。

「参考文献」

- 1) Uesugi, K. *et al.*, *Nucl. Instr. Method.*, Sec.A, Vol. **467-468**(2001),853-856.

キーワード：鉛フリーはんだ、熱疲労き裂、放射光、X線マイクロCT、表面実装

Application of Synchrotron Radiation X-ray Micro-Tomography to Design and Evaluation of Reliability for Electronic Substrate

Hiroyuki TSURITANI, Toshihiko SAYAMA, Yoshiyuki OKAMOTO, Takeshi TAKAYANGI,

Kentaro Uesugi and Takao MORI

An X-ray micro-tomography system called SP-μCT, which has a spatial resolution of 1μm, has been developed in SPring-8. In this work, SP-μCT was applied to the nondestructive evaluation of fatigue crack propagation due to thermal cyclic loading in FBGA joints and chip joints connected by Sn-3.0wt%Ag-0.5wt%Cu lead-free solder. Consequently, the obtained CT images clearly show the process of the crack propagation of the same solder joint.