

マイクロ接合部の欠陥評価技術の研究

機械システム課 佐山利彦 中央研究所 釣谷浩之

1. はじめに

電子基板のマイクロ接合部においては、初期接合不良および疲労損傷が、電子基板の信頼性に大きな影響を与える因子であり、微細組織レベルでの信頼性評価が必要とされている。しかし、 μm オーダーの欠陥や損傷を検出し、マイクロ接合部の信頼性を評価することは、断面観察以外の方法では極めて困難である。非破壊検査手法として、超音波検査やX線管球を用いた透過検査が試みられているが、現状では、微細組織を観察できる十分な分解能を有する画像が得られていない。

一方、SPring-8においては、放射光光源を用いた高分解能のX線マイクロCT装置（以下、SP- μ CT）の開発を進めている^{1,2)}。そこで、本研究では、フリップチップに用いられているはんだボール接合体構造を対象とし、SP- μ CTを用いて、熱サイクル負荷による疲労損傷について非破壊で解析、評価を行った。

2. X線マイクロCT装置の概要

SP- μ CTは、SPring-8の研究開発用の共用ビームラインBL47XUに設置されている^{1,2)}。アンジュレータからの放射光X線を試料に照射する。このX線は、擬似的に平行光と見なせる高い平行度を有しており、高分解能の3次元画像を再構成することが可能である。さらに、単色光化することにより、そのX線エネルギーに対するX線線吸収係数の3次元分布を定量的に評価することが可能である。

SP- μ CT本体は、試料を回転させる精密回転ステージ、およびX線の透過像を撮影するX線検出装置によって構成される。X線検出装置は、試料を透過したX線を蛍光板で可視光に変換し、顕微鏡用対物レンズによって拡大した後、CCDカメラで撮影するものである。最終的に、 $0.47\text{mm} \times 0.47\text{mm} \times 0.47\text{mm}$ のvoxel（3次元での画素）で構成されるCT画像を得ることが可能であり、 $1\mu\text{m}$ 程度の空間分解能を達成していることが確認された。

3. 試験方法

3.1 試験体および熱サイクル試験

観察用の試験体は、SiチップとFR-4基板が、マイクロはんだボール（Sn-37wt%Pb共晶、以下、共晶はんだ）によって、フリップチップ接合された構造である。直径約 $150\mu\text{m}$ のはんだボールが、約 $250\mu\text{m}$ 間隔で千鳥に配列されている。

この試験体の熱負荷による組織変化を観察するために、次の加速熱サイクル試験を実施した。すなわち、高温保持温度 125°C 、低温保持温度 -40°C 、保持時間30min、およびランプ時間2minの条件を設定した。

3.2 透過像の撮影およびCT画像の再構成

SP- μ CT用い、任意のサイクル数において、はんだボール内の微細組織の変化を観察した。試験体を回転ステージに固定し、これを 180° 回転させて1800枚の透過画像を撮影した。試験体の回転軸は、試験体の長手方向と平行になるように設定した。透過画像一枚あたりのX線の露光時間は0.2secである。また、透過画像の撮影領域は、 $1000\text{mm} \times 656\text{mm}$ とした。透過画像からCT画像の再構成には、畳み込み逆投影法を用いた。CT画像においては、X線線吸収係数の分布を表示することで、Pb相およびSn相の形状を可視化することができる。また、X線エネルギーは、 29.0keV を選択した。

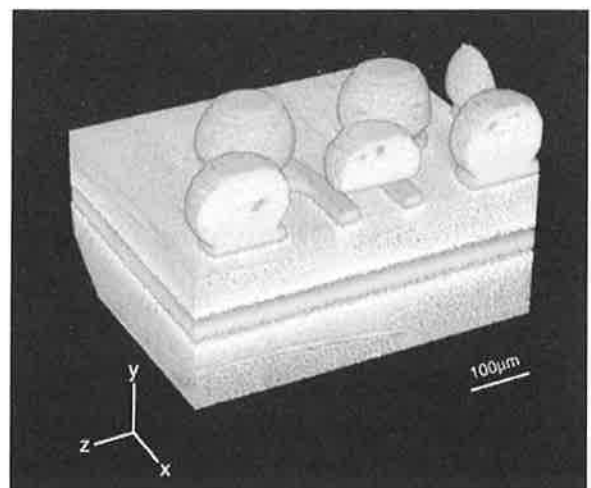
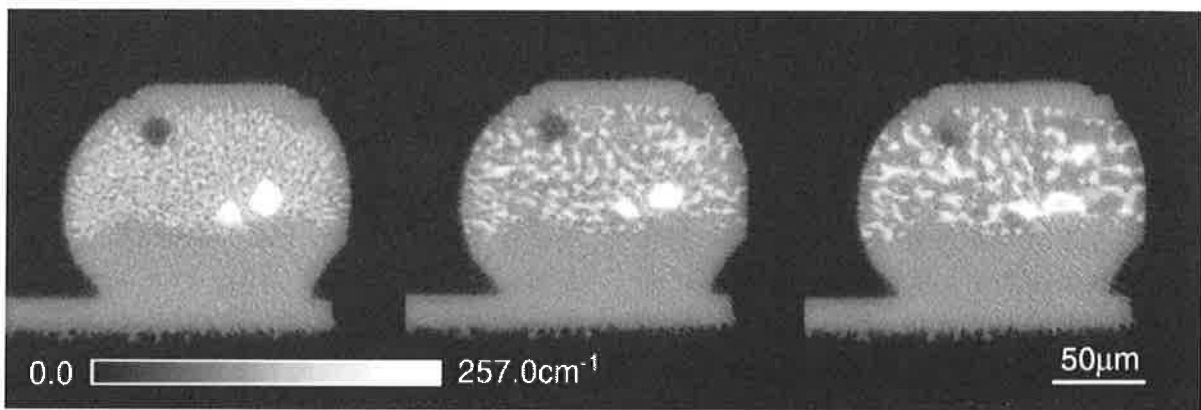


図1 フリップチップ構造体の3D画像



(a) 初期状態 (b) 100 サイクル後 (c) 300 サイクル後

図 2 同一のはんだボールにおける同一断面での CT 画像の変化

4. フリップチップ構造体の3次元観察

フリップチップ構造体を3次元的にとらえるために、全CT画像を用いて、3次元のボリュームレンダリング画像を抽出した。Fig.1は、熱サイクル試験を300サイクル実施した後の試験体について、3次元画像の例を示す。なお、内部構造の観察を容易にするために、Siチップおよびアンダーフィルは表示していない。この画像から、はんだボールおよび基板の内部構造が、X線線吸収係数の違いとして明確にとらえられていることが分かる。次に、Fig.2は、Fig.1と同一の試験体について、回転軸（z軸）と垂直な平面（x-y面）での、はんだボール付近のCT画像の例を示す。図中のグレースケールは、X線線級数係数の大きさを示す。白い部分は線吸収係数が大きいPb相に、また灰色の部分は線吸収係数が小さいSn相に、各々対応している。また、CT画像では、ボイド（ボールの左上）やリフロー接合した時に特徴的に現れる組織である比較的大型のPb相（ボールの右下）も認め

られる。共晶はんだを比較的速い冷却速度によって不均一凝固を行った場合は、このような組織が現れるものと推測される。はんだボールの微細組織は、X線管球を用いたCT装置では捕らえることができなかった情報であり、SP- μ CTによる観察の有効性を示すものである。

5. おわりに

放射光光源を利用したX線マイクロCT装置（SP- μ CT）を用いて、フリップチップはんだ接合構造体における熱サイクル負荷による組織変化（相成長）の観察が可能となった。今後、実際の電子基板構造の観察に対して、SP- μ CTを適用することが期待される。

参考文献

- 1) Uesugi, K., *et al.*, *Nucl. Instr. Method., Sec. A*, 467-468 (2001), 853-856.
- 2) <http://www.spring8.or.jp/e/bl/BL47XU/index.html>

キーワード：はんだ 表面実装 熱疲労 マイクロ接合部 X線CT

Nondestructive Observation of Microstructure Evolution in Flip Chip Interconnects

Toshihiko SAYAMA and Hiroyuki TSURITANI

Microstructure evolution caused by thermal fatigue in micro solder joints was observed by using the micro X-ray CT system called SP- μ CT in SPring-8. Both high flux density of highly collimated synchrotron radiation X-ray and high-resolution X-ray detector have realized SP- μ CT with spatial resolution about 1 μ m. SP- μ CT was applied to three-dimensional observation of the microstructure evolution in flip chip solder interconnects 150 μ m in diameter. The distribution of the constituent phases in Sn-Pb eutectic solder was identified based on the estimation value of X-ray linear attenuation coefficient. This result shows the possibility that nondestructive testing by micro CT system is useful for the observation of microjoints on PCBs (Printed Circuit Boards).