

マイクロ接合部の高強度化技術の研究

機械システム課 佐山利彦 藤井弘之 電子技術課 二口友昭* 中央研究所 釣谷浩之

1. はじめに

LSI チップの性能を十分に引き出すための電子基板への高密度実装技術が、電子機器の開発にとって障害となっている。特に重要な課題の一つは、 μm オーダーの電気的・機械的接合部（以下、マイクロ接合部）における高信頼性技術であり、そのためのツールとして、高分解能を有する非破壊検査技術の開発が急務となっている。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、 $1\mu\text{m}$ 程度の空間分解能を有する X 線 CT 装置 (SP- μ CT) の開発¹⁾が進められ、結晶成長組織の 3 次元構造解析²⁾などの研究を実施してきた。さらに、我々は、電子基板はんだ接合部において、熱サイクル負荷による微細組織の変化を観察し、その熱疲労寿命を推定する手法を確立している³⁾。

本研究では、CPU などの実装に用いられており、典型的なマイクロ接合部であるフリップチップのはんだボール接合部を対象とし、SP- μ CT 装置を用いて、熱疲労による微細組織の変化を解析した。本研究は、将来的に放射光を利用した X

線 CT 技術を電子基板の非破壊検査に適用することを目指すものであり、エレクトロニクス実装の高度化を加速するために重要な意義がある。

2. 実験

典型的なマイクロ接合部であるフリップチップを想定し、これに用いられているはんだボール接合部を模擬した試験体を製作した。すなわち、直 径 $100\mu\text{m}$ のはんだボール (Sn-37wt%Pb 共晶) を鋼製のピンにリフロー接合した試験体を準備した。この試験体を用いて、熱サイクル試験を実施した。試験には、 $-40^\circ\text{C} \leftrightarrow 125^\circ\text{C}$ 、各 30min 保持の温度プロファイルを用いた。

SP- μ CT 装置を用い、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 750 枚の透過像を撮影した。試験体の回転軸は、ピンの長手方向と平行になるように設定した。透過像一枚あたりの X 線の露光時間は 1sec である。透過像から CT 画像の再構成には、疊み込み逆投影法を用いた。CT 画像は、 $0.5\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m}$ の voxel によって構成され、X 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、

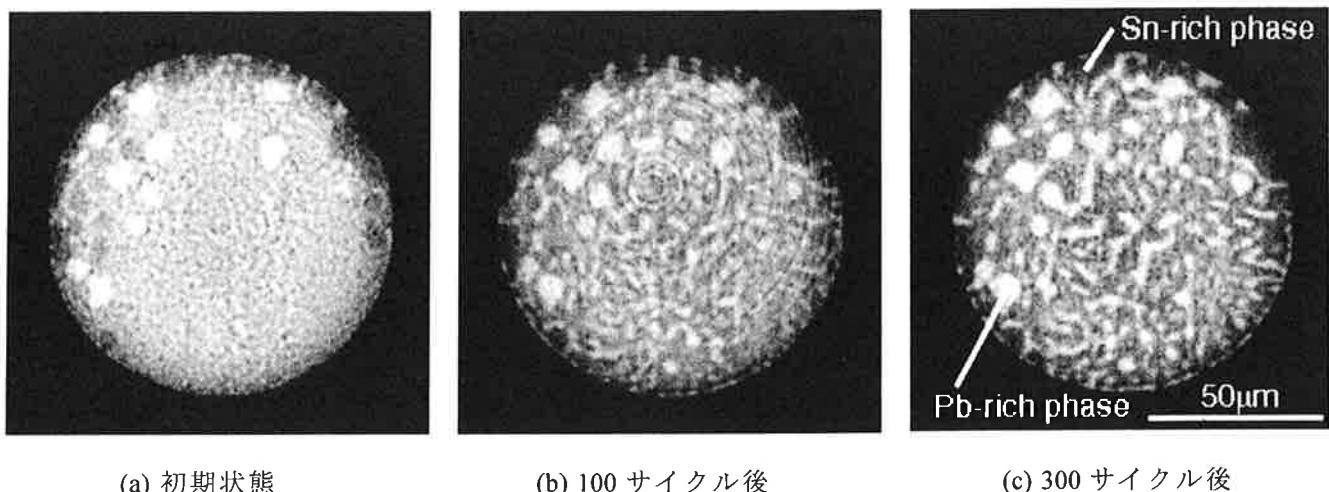


図 1 同一のはんだボールにおける同一断面での CT 画像の変化

*現 中央研究所 評価技術課

Pb 相と Sn 相とをコントラストを付けて表示するために、29.0keV の X 線エネルギーを選択した。

3. 結果および考察

図 1 は、熱サイクル試験を実施した同一試験体の同一断面における CT 画像の変化を示す。なお、CT 画像は、試験体の回転軸と垂直な断面において再構成を行った。白および灰色の部分は、各々 Pb 相および Sn 相に対応している。共晶はんだをリフロー接合した時に現れる不規則な形状を有する Pb 相の分布が認められる。また、熱サイクルの進行に伴い、各相の凝集、粗大化が、急速に進行する様子も、明確に観察できる。各相における平均相寸法の変化率は、はんだ内の疲労損傷量と対応することが明らかとなっている³⁾ので、CT 画像からマイクロ接合部の寿命評価が可能である。これは、実際の電子基板におけるマイクロ接合部の寿命評価に、X 線 CT による非破壊検査を利用できる可能性を示した点で重要な成果である。

さらに、微細組織の構造を 3 次元的に捕らえるために、全 CT 画像を 2 値化し、これらを用いて 3 次元画像を抽出した。図 2 は、Pb 相の分布を 3 次元イメージで示した例である。比較的大きな Pb 相は、Sn 相中に粒子として存在しているのではなく、はんだボール全体に広がってスponジのような一体構造をとっている。Pb 相が屈曲し、枝分かれしながら、Sn 相と 3 次元的に絡み合っている状態が良く分かる。これらの情報は、断面観察のみでは捕らえることができなかつた情報であり、SP-μCT 装置による 3 次元観察の有効性を

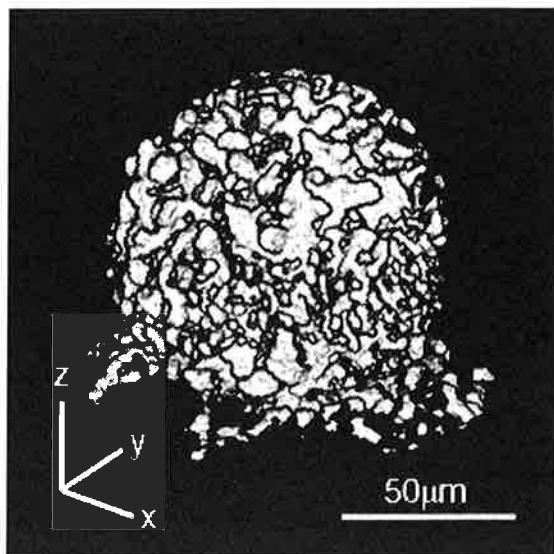


図 2 はんだボール組織 (Pb 相) の 3D 画像

示すものである。

4. おわりに

今後、実際の電子基板構造の観察に SP-μCT 装置を適用することができるようになれば、マイクロ接合部における疲労損傷（相成長、疲労き裂の進展など）に対して、3 次元的な解析、評価を行うことが可能になるものと期待される。

参考文献

- 1) Uesugi, K., et al., *Nucl. Instr. Method., Sec. A*, **467-468** (2001), 853-856.
- 2) 安田秀幸・ほか, 放射光, **16** (2003), 21.
- 3) Sayama, T., et al., *Proc. of InterPACK'03, ASME*, (2003), IPACK2003-35096.

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

Microstructure Evaluation of Thermal Fatigue Damage in Micro Solder Joints

Toshihiko SAYAMA, Hiroyuki FUJII, Tomoaki FUTAKUCHI and Hiroyuki TSURITANI

Microstructure evolution caused by thermal fatigue in micro solder joints was analyzed by using the micro X-ray CT system called SP-μCT in SPring-8. Both high flux density of highly collimated synchrotron radiation X-ray and high-resolution X-ray detector have realized SP-μCT with spatial resolution about 1 μm. SP-μCT was applied to three-dimensional observation of the microstructure evolution in solder ball microjoints 100 μm 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 lifetime evaluation of microjoints on PCBs (Printed Circuit Boards).