

# 放射光 X 線 CT を用いた マイクロ接合部における熱疲労寿命の評価技術の開発

機械システム課 佐山利彦 中央研究所 釣谷浩之  
(財) 高輝度光科学研究中心 上杉健太朗 富山県立大学 森 孝男

## 1. はじめに

電子基板のマイクロ接合部においては、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る。しかし、き裂の幅がサブミクロンオーダーであるため、非破壊による検査はほぼ不可能という状況にある。一方、SPring-8においては、上杉を中心として、放射光光源を用いた高分解能の X 線マイクロ CT 装置の開発を進めている。そこで、本研究では、フリップチップに用いられているマイクロはんだバンプ接合体構造を対象とし、このマイクロ CT を用いて、熱疲労き裂およびその進展過程を、3 次元的に観察し、評価を行った。

## 2. マイクロ CT によるき裂の観察

マイクロ CT 用い、任意のサイクル数において、はんだボール接合体を観察した。試験体を  $180^\circ$  回転させて 1800 枚の透過画像を撮影した。透過画像一枚あたりの X 線の露光時間は 0.3sec である。また、透過画像の撮影領域は、 $1000\mu\text{m} \times 656\mu\text{m}$  とした。さらに、放射光 X 線のコヒーレントな特性を利用し、フレネル回折によってエッジを強調表示させること（屈折コントラスト法）が可能である。すなわち、き裂や物質境界における X 線のわずかな屈折および干渉を利用して、エッジコントラストを強調した透過画像を得る。これを再構成することにより、voxel（3 次元での画素）サイズの 1/10 オーダーの微小き裂などが検出可能となった。

## 3. 疲労き裂進展の 3 次元評価

疲労き裂の 3 次元的な進展状況を把握するためには、CT 画像からき裂部分のみを抽出し、3 次元画像を作成した。熱サイクル負荷を継続すると、約

300 サイクルで、Cu パッドとはんだバンプとの界面付近 4箇所から疲労き裂が発生した。さらに、疲労き裂は、はんだバンプの内部を進展しており、界面き裂ではなかった。熱サイクル負荷に伴い、疲労き裂は、屈曲、分岐しながら、はんだバンプの中心部へと進展を続けていった。また、ボイドがはんだバンプの変形に伴って潰れたり、疲労き裂と連結したりする状況も観察された。これらの情報は、X 線管球を用いた CT 装置ではとらえることができなかったものであり、放射光 X 線マイクロ CT による観察の有効性を示すものである。

さらに、このき裂の 3 次元形状データに基づき、き裂の表面積の変化を調べた。その結果、サイクル数の増加に伴って、き裂表面積も直線的に増加することが明らかとなった。これは、き裂がひずみの集中点からあらゆる方向に進展するのではなく、一向向に進展していることを意味する。したがって、き裂の表面積の変化に着目することにより、はんだバンプの疲労寿命も推定することが可能となった。

## 4. まとめ

放射光光源を利用した X 線マイクロ CT 装置に、屈折コントラスト法を併用することにより、マイクロはんだバンプ接合体構造における疲労き裂の非破壊での観察、およびその進展過程の評価が初めて可能となった。今後、実際の電子基板構造の観察に対しての適用が期待される。

## 謝 辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究(C)研究課題番号：18560096）の助成を得て実施されたことを記し、謝意を表する。