

高信頼性電子機器のための放射光 CT 技術を基盤とした 統合化ヘルスマネジメントの構築

機械システム課 佐山利彦 コーセル(株) 高柳 毅 岡本佳之
(公財) 高輝度光科学研究センター 上杉健太朗 富山県立大学 森 孝男

1. はじめに

本研究では、エレクトロニクス実装基板(以下、基板)の信頼性に大きな影響を与える接合部の熱疲労損傷を対象とし、放射光 X 線マイクロ CT による非破壊モニタリング技術を基盤として、疲労破壊に対する余寿命診断技術、および基板の保守技術を統合化した新しい概念のヘルスマネジメント技術の実現を目的としている。初年度においては、放射光 X 線ラミノグラフィを適用して、パワーモジュール等で広く用いられているダイアタッチ接合体における疲労き裂の進展過程を可視化し、その余寿命を評価する技術の実用化を試みた。

2. 放射光 X 線ラミノグラフィ実験

放射光 X 線ラミノグラフィは、X 線が基板と平行な向きからわずかに傾いた方向から照射される状態で 360°分の透過画像を撮影し、断層画像を再構成する¹⁾。これにより、常に X 線が十分に透過する状態で撮影を行うことができる。実験に用いた試験体は、次の 2 種類である。FR-4 基板に Sn-3.0wt%Ag-0.5wt%Cu はんだによって、縦 3.2 mm × 横 1.6 mm のチップ抵抗を接合したもの、および縦 3 mm × 横 3 mm のセラミックチップをダイアタッチ接合したものである。はんだ接合部の厚さは、約 40 μm であった。また、熱疲労き裂の進展過程を観察するために、JIS 規格 C60068-2-14 環境試験方法(電気・電子)温度変化方法に準拠した加速熱サイクル試験を実施した。

3. 疲労き裂の進展過程および余寿命評価

3.1 チップ抵抗はんだ接合部における疲労き裂進展

図は、チップ抵抗はんだ接合部における疲労き裂の 3 次元画像の一例であり、試験体の上方から見た画像である。き裂およびポイドを明るいグレーで示す。図は、熱サイクル試験を 1200 サイクル実施した時点での画像であり、接合部全体に疲労き裂が進展している様子を確認することができる。また、疲労き裂の表面積を計測したところ、熱サイクル試験のサイクル数の増加に伴い、疲労き裂の表面積がほぼ直線的に増加していることが分かった。疲労き裂の平均進展速度は、 $5.52 \times 10^2 \mu\text{m}^2/\text{cycle}$ と測定された。はんだ接合部の全断面にこの速度で疲労き裂が進展

すると仮定すると、破断寿命は約 2470 サイクルと推定され、実験結果と比較して概ね妥当な推定値が得られた。

3.2 ダイアタッチはんだ接合部における疲労き裂進展

チップ抵抗と同様に、断層画像からき裂とポイドを抽出し、表面積を計測した。3 次元画像では、疲労き裂がはんだ接合部の周辺部のひずみ集中部から発生していること、およびサイクル数が増加するに伴い、はんだ接合部の内部に向かって疲労き裂が進展していることを、明確に捉えることができた。また、疲労き裂の表面積の計測については、初期ポイドの影響があるものの、サイクル数が増えると疲労き裂の表面積も直線的に増加していた。この場合も、破断寿命の推定が可能であった。

4. まとめ

完全な非破壊評価を可能にする放射光ラミノグラフィ技術を用いた疲労き裂の観察、定量評価技術を確立し、パワーモジュール等の接合部における実用的な信頼性評価が可能となった。

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:15K05708)の助成を得て実施されたことを記し、謝意を表す。

参考文献

1) Tsuritani, H. *et al.*, *Proc. of ASME InterPACK2015* (2015), InterPACK2015-48553.

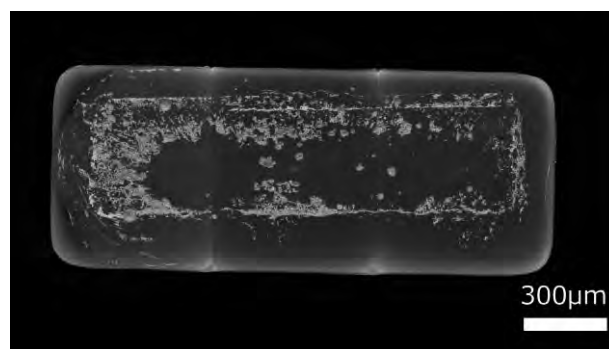


図 ラミノグラフィによるチップ抵抗
はんだ接合部における疲労き裂の可視化