

半導体ストレージのはんだ接合部を対象とする 損傷パスシミュレーション技術

1. はじめに

近年、SSD (Solid State Drive) を始めとする半導体ストレージが、さまざまな用途に利用されるようになってきている。とくに、高信頼性が求められるエンタープライズ向けのストレージは、今後のビッグデータのニーズとマッチして、現在の需要からさらに高い市場成長が期待できる。半導体ストレージは、HDD (Hard Disk Drive) と比較すると、機械的可動部がないことから振動・衝撃などの機械的負荷に対する高い信頼性が期待できる。一方で、装置内部の半導体パッケージは、他の電子機器と同様、基板にはんだを介して接続されるため、基板と半導体パッケージの間の線膨張率差による熱応力を受ける。企業向けのエンタープライズ用途では、熱応力によるはんだ接合部の熱疲労に対しても高い信頼性が要求される。

2. 半導体パッケージの熱疲労寿命

はんだ接合部の熱疲労寿命を予測する手法として、有限要素法が広く用いられている。熱応力によるはんだ接合部の低サイクル疲労においては、き裂が発生するまでの寿命は非弾性ひずみ範囲により整理できることが知られている。はんだ接合部に発生する非弾性ひずみを有限要素法を用いて評価することにより、き裂発生寿命の予測が行われる。しかしながら、一般的にはんだ接合部の寿命はき裂発生寿命ではなく、き裂が進展して電気的接続が失われた時点とされる。また、熱応力による疲労の場合、はんだ接合部はパッケージの外周側から破断していくが、この現象を見越してパッケージの外周側はダミー接合部として電気的には使用されないことが多い。これらの要因から、熱疲労によるはんだ接合部の破断の挙動を正しく知るためには、はんだ接合部のき裂の進展を考慮した解析手法が必要とされる。

3. 損傷パスシミュレーション

上述のように、き裂を考慮した解析のニーズは存在するものの、幾何学的なき裂を有する FEM (Finite Element Method) モデルによる解析は多大な労力と時間を要するため、設計現場での実用化は一般的に困難である。そこで、(株) 東芝では、実用性の高いはんだ接合部のき裂進展を考慮した解析手法として、損傷パスシミュレーション技術を提案している⁽¹⁾。過去に QFP (Quad Flat Package) や BGA (Ball Grid Array) などのパッケージに対し、有用性を検証してきた。図 1 に示すように、はんだ接合部のき裂進展経路と、損傷パスシミュレーションによるき裂の経路はよく一致している。

損傷パスシミュレーションでは、はんだを構成する各要素にパラメータとして損傷値を与える。損傷値は、はんだ接合部の非弾性ひずみ履歴から線形損傷則により算出される。ヤング率を損傷値の関数として定義することで、き裂の進展による剛性の変化を表現することができる。はんだ部分の構成式として、速度依存分離型非弾性構成式⁽²⁾と、上述の損傷力学的モデルを組み込んだ非線形有限要素法コードを用いて解析を行った。

4. SSD はんだ接合部のき裂進展

図 2(a) にはんだ接合部をモデル化した SSD 基板の有限要素モデルを示す。図 2 のモデルでは、BGA タイプの SoC (System On a Chip) が 1 個、NAND パッケージ 8 個が基板上に実装されている。境界条件としてボス穴を固定し、TCT (Temperature Cycle Test) を模擬した温度サイクル負荷を与えて、はんだ接合部の損傷の進行を調査した。図 2 (b) に温度サイクル進行後のはんだ接合部の損傷分布を示す。黒い部分が損傷が進行して破壊された要素を示す。角部分を起点として外周や内側のはんだ接合部に向かって損傷が進行している様子がわかる。ダミー接合部や他の接合部のレイアウトを検討する際に、損傷パスの分布を

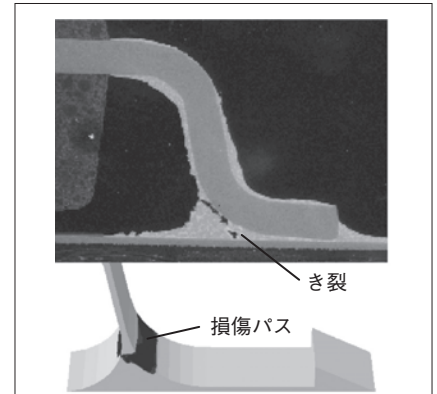


図 1 損傷パスシミュレーションと実試験によるき裂

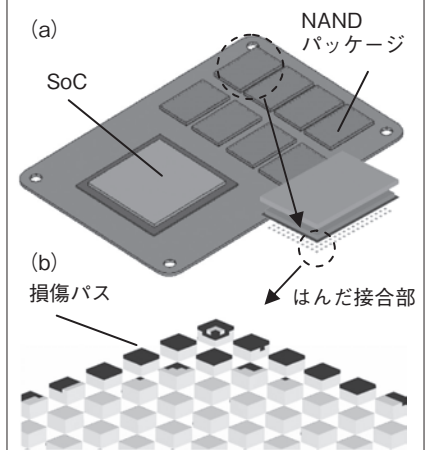


図 2 SSD 基板の有限要素モデルとはんだ接合部の損傷パス

利用することにより、高い信頼性を持つはんだ実装を行うことが可能になる。

5. おわりに

SSD のはんだ接合部を対象として、き裂進展を表現できる損傷パスシミュレーション技術について紹介した。ハードウェア的な計算能力の向上に従い、き裂進展を考慮した解析の適用性も実用的な段階に到達しつつある。今後、より広い分野への適用が期待される。

(原稿受付 2013 年 8 月 30 日)

[大森隆広, 向井 稔 (株) 東芝]

●文 献

- (1) 向井 稔・ほか, はんだ接合部の損傷パスシミュレーション, 日本機械学会論文集, 72-721, A (2006), 80-85.
- (2) Kobayashi, M., ほか, Implicit Integration and Consistent Tangent Modulus of a Time-dependent Non-unified Constitutive Model, *Int. J. Numerical Methods in Engineering*, 58 (2003), 1523-1543.