TOPICS

電子実装部の信頼性設計に活躍する機械工学

1. はじめに

電子実装部には，半導体，セラミックス，金属，樹脂，複合材料など多種多様な材料が接合されており，その信頼性の確保には，それらの材料の性質を考慮する必要がある．また，集積回路やパワーデバイスの小型化などにより，非常に小さな体積に大きな発熱部を有するようになり，その放熱も大きな問題となっている．

2. 日本機械学会における電子実装部の信頼性設計に関する研究分科会活動

日本機械学会では，1992年に横浜国立大学の白鳥正樹教授によりRC113「電子デバイス／電子機器設計における計算力学の適用研究分科会」が設立されて，その後2年おきに24年間にわたり継続し，現在，2016年4月よりRC-271「高密度エレクトロニクス実装における信頼性評価と熱設計に関する研究分科会」主査：石塚勝（富山県立大学学長）が運営されている．

3. 電子実装部の信頼性設計手法の例

3.1　ナノ銀を用いた耐高温接合部の有限要素法解析[1]

パワーデバイスなどでは，はんだに代わる高温耐熱接合材料の開発が望まれている．その一つとして期待されているのが金属ナノ粒子であり，銀ナノ粒子がその代表格である．**図1**は，銀ナノ粒子接合部をFIBでスライスし，三次元構造を求めて有限要素法でその微細構造内部の応力解析を行った例である．

3.2　電子デバイス上細配線のエレクトロマイグレーション損傷解析[2]

LSI上の配線幅は，現在20nmに達し，物理上の限界に達しつつある．このような細配線では，電子の流れによる原子の移動による断線が問題となる．このエレクトロマイグレーション損傷を定量的に解析し，その予測が可能になってきている．**図2**は，エレクトロマイグレーションの実験による断線状態とシミュレーション結果の比較である．両者は定量的によく一致している．

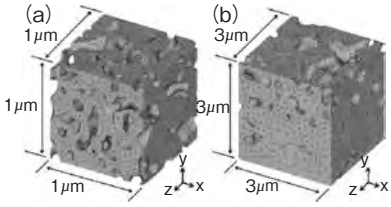

図1　FIBでスライスして作成した銀ナノ粒子焼結体の有限要素モデル
（芝浦工業大学　苅谷義治教授　提供）

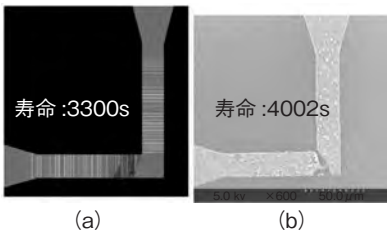

図2　エレクトロマイグレーションの解析結果（a）と実験結果（b）
（弘前大学　笹川和彦教授　提供）

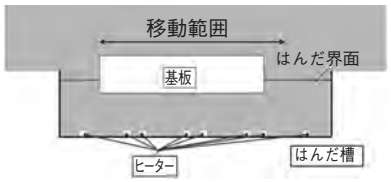

図3　はんだ槽のモデル図

3.3　OpenFORMを使った，ディップはんだ付け工程の熱流動シミュレーション[3]

図3のようにはんだ槽にPCBをつけた状態で右に動いた際のはんだ槽内の温度分布を予測している．**図4**に示すように，PCBの周囲の温度が下がり，温度が下がった塊が下部に降下していく様子がわかる．

3.4　電子パッケージの反りの熱履歴によるヒステリシス挙動の解析[4]

電子パッケージの反りはしばしば，加熱時と冷却時で違う経路を示す，ヒステリシスを示す．粘弾性物性の変化を考慮に入れることで，**図5**に示すようにそのヒステリシス挙動をシミュレーションで再現した．

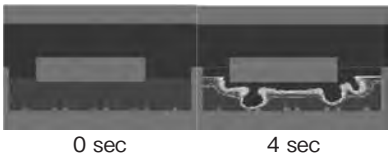

図4　はんだ槽内の温度分布
（図3，4 富山県立大学 中川慎二教授 提供）

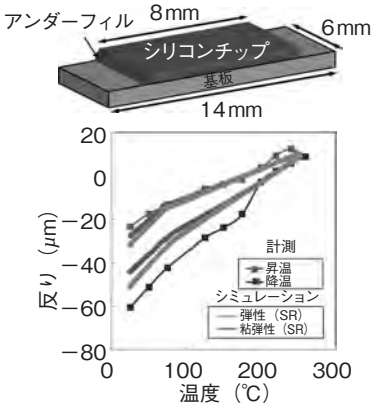

図5　PoPパッケージの反りヒステリシスの実測と解析結果の比較

4. おわりに

そのほかにもRC-271では，電子実装に関する信頼性と熱制御に関する多岐にわたった研究が行われており，機械工学が電子製品の開発に寄与している．

（原稿受付　2016年7月7日）

〔池田　徹　鹿児島大学〕

●文　献
（1）Shioda, R, Kariya, Y., Mizumura, N. and Sasaki, K., Effect of Sintering Temperature on Stress Relaxation Behavior of Sintered Nano-sized Ag Particles, スマートプロセス学会誌，**5**-4（2016），259-265.
（2）Fujisaki, K., Narita, H. and Sasagawa, K., Numerical Analysis of Allowable Current Density for Electromigration of Interconnect Tree Structure with Reservoir, *ASME (InterPACK)*，**2**（2015），V002T02A015.
（3）塩原裕規・ほか，ディップはんだ付け工程の熱流動シミュレーション（水平移動する基板による液面変形と温度変動），日本機械学会2015年度年次大会，（2015-9），J0610201.
（4）尾崎秋子・ほか，電子パッケージの反りが示す熱履歴によるヒステリシス挙動の解析手法の開発，エレクトロニクス実装学会誌，**18**-7（2015），486-494.