

はんだの鉛フリー化に伴う金属基板の信頼性向上の研究

機械システム課 佐山 利彦 藤井 弘之
コーセル(株) 高柳 毅 長井 喜昭 谷川 正人

1. はじめに

電子機器においては、PC、家電製品を中心に、鉛フリーはんだの普及が進んでいる。しかし、発熱量が非常に大きい電源基板、特に金属基板などでは、実装デバイス（チップ部品）の熱応力損傷などの問題があり、鉛フリーはんだ導入には至っていない。そこで、本研究では、金属基板に鉛フリーはんだ実装を行うために、はんだ、基板、およびデバイスについて材料を選択し、開発の方向を探ってきた。これまでは、実装時および初期の過大な熱応力による損傷を対象とし、その評価方法を確立して、金属基板の信頼性を高めてきた。本年度は、長期の熱サイクル負荷（1000 サイクル以上）を受けた場合について、熱サイクル試験を実施し、チップ部品の損傷を評価する実験手法について検討した。

2. 初期の熱衝撃損傷

まず、初期の過大な熱応力による損傷について概要を述べる。チップ部品の損傷モードは、電極剥離とチップ割れの二つに大別される。電極剥離は、チップ下面から側面にかけての電極が剥離する破壊形態であり、チップ破壊は、電極端部を起点としてチップ本体が破壊する形態である。いずれの場合も、直接回路が切断される可能性が高く、基板の信頼性を大きく左右する。

チップ本体と電極との剥離強度を評価するために、チップを基板に表面実装した状態でのせん断試験を実施した。せん断速度は、熱衝撃によるひずみ速度に対応するように設定した。試験の結果、熱応力負荷によって電極剥離を起こす種類のチップは、せん断試験においても電極剥離を起こすことが分かった。したがって、実装チップのせん断試験により、電極剥離を起こさないチップの選定が可能である。また、電気特性上の理由で、電極剥離を起こす可能性があるチップを使用する場合は、接合界面でのせん断応力を剥離強度以下とするように、熱衝撃負荷の条件に制限をつける必要がある。

チップ割れの評価は、チップ自体の構成材料（主にセラミック）の強度評価である。しかし、材料の組成は同じでも、チップ寸法によって焼結条件が異なるので、破壊強度も異なる。そこで、評価の対象とするチップの種類ごとに3点曲げ試験を実施して、その抗折応力を破壊応力とした。この破壊応力を、

有限要素解析によって得られる破壊発生点付近での応力値と比較することにより、チップ割れを評価することが可能となった。

3. 熱サイクル負荷による損傷

チップ部品を実装した試験基板を作成し、熱サイクル試験を実施した。はんだ、基板、およびデバイスについて適切な材料を選択して、初期の熱応力損傷を防止することができた。

しかし、熱サイクル負荷によって、新たなチップ割れが発生した。すなわち、熱サイクル負荷の進行に伴い、チップ下面の電極端部から微小なき裂が発生し、これが成長してチップ割れに至る、というものである。

このチップ割れを詳細に調査したところ、必ずはんだの熱疲労き裂が伴っていること、チップ単体の熱サイクル試験でもチップにき裂が発生することが、明らかになった。これらの事実より、チップ割れ発生のメカニズムは次のようなことであると推定された。すなわち、(1)熱サイクル負荷によってはんだに熱疲労き裂が発生し、(2)チップの電極端部では、局所的な熱膨張のミスマッチにより大きな熱応力が発生し、(3)チップに局所的な微小なき裂を生じ、(4)これが成長してチップ割れに至る、ということである。また、チップ表面の微小なき裂については、チップサイズが小さいほど応力を拡大する程度が大きいので、チップサイズが小さいほど、このチップ割れが顕著となった。

このチップ割れの原因はチップ自体にあるということなので、チップ本体とチップ電極との熱膨張のミスマッチをできる限り小さくすることが対策となる。そこで、チップ単体でも熱サイクル負荷によって微小なき裂を発生しないチップを新たに選定した。このチップの実装基板では、1000 サイクルまではチップ割れを生じないことを確認した。

4. まとめ

以上の試験結果から、鉛フリーはんだを金属基板に使用するにあたって、チップ、基板、およびはんだを適切に選択し、損傷を評価することにより、熱サイクル負荷による電極剥離やチップ損傷を防止することが可能となった。これは、金属基板の鉛フリー化に大きく貢献する成果といえる。