

低コストと高品質を両立させる 鉛フリーはんだの製品適用

Application of Lead-Free Solder to Products to Achieve Low Cost and High Quality

菅井 崇弘 宮元 利明 板垣 達也

■ SUGAI Takahiro ■ MIYAMOTO Toshiaki ■ ITAGAKI Tatsuya

ノートPC（パソコン）やTV（テレビ）では、プリント配線板と部品を接合するはんだ材料として、合金組成Sn（すず）-3.0Ag（銀）-0.5Cu（銅）の鉛フリーはんだペーストが用いられている。しかし近年、Agの価格上昇に伴いはんだ材料のコストが上昇しており、製品コストを増大させる要因の一つとなっている。これまでに、低コスト化を目的としたはんだ合金組成Sn-1.0Ag-0.7CuやSn-0.3Ag-0.7Cuなどが提案されてきたが、接続信頼性の低下や融点の上昇などの課題があった。

そこで東芝は、Agの含有量を低減しつつ特定の元素を微量添加することにより、低コストで、かつ接続信頼性と製造性に優れた鉛フリーはんだペーストを検証評価して、その有効性を確認した。2014年から当社製PCに適用している。

SAC305 is a lead-free solder paste alloy formed from a composition of tin (Sn), silver (Ag), and copper (Cu), represented by Sn-3.0Ag-0.5Cu, that has been widely used to solder electronic parts on printed circuit boards (PCBs) for notebook PCs and TVs. In recent years, increases in solder material costs due to the rising price of Ag have become a factor in increasing product costs. Although solder alloy compositions such as Sn-1.0Ag-0.7Cu and Sn-0.3Ag-0.7Cu have been proposed to reduced costs, issues regarding the degradation of solder joint reliability and increase in the solder melting point have been pointed out in relation to these compositions.

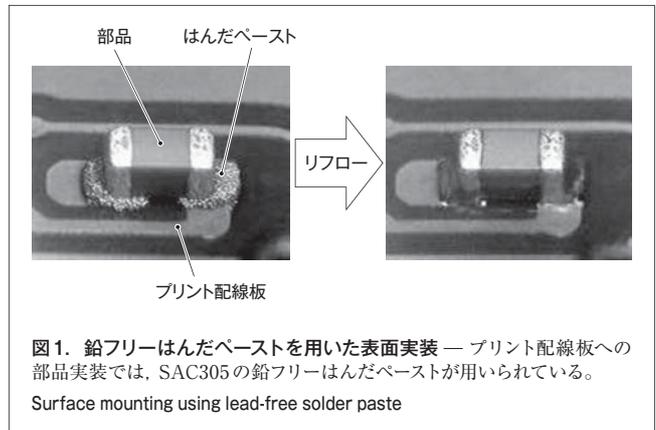
As a solution to these issues, Toshiba has developed lead-free solder pastes that achieve low cost as well as high solder joint reliability and manufacturability by adding small amounts of specific elements while reducing the Ag content, and confirmed their effectiveness through the results of product evaluations. We have applied these lead-free solder pastes to our notebook PCs since 2014.

1 まえがき

ノートPCやTVに内蔵されるプリント配線板への部品実装では、合金組成Sn-3.0Ag-0.5Cu（以下、SAC305と略記）の鉛フリーはんだペーストが用いられている（図1）。しかし近年、Agの価格高騰に伴って、はんだペーストの価格が高値で推移しており、製品コストを上昇させる要因の一つとなっている。そのため、低コスト化を目的とした抜本的な解決策の一つとして、はんだ合金組成からAgの含有率を低減しようとする動きが活発になってきている。

これまでも低コスト化に向けて、Agの含有率を低下させたタイプ（以下、低Agと記す）やAgを含まないタイプなど様々な合金組成が提案されてきたが、接続信頼性や製造性の課題が多く、ノートPCやTVへの適用は困難であった。しかし最近では、これらの課題を改善する新しいタイプの低コストはんだ合金の開発が進められている。

東芝は、これらについて調査及び評価を行い、低コストでかつ従来と同等の接続信頼性と製造性を備えた鉛フリーはんだペーストを製品に適用した。ここでは、低コストと高品質を両立させる鉛フリーはんだの概要と信頼性評価結果について述べる。

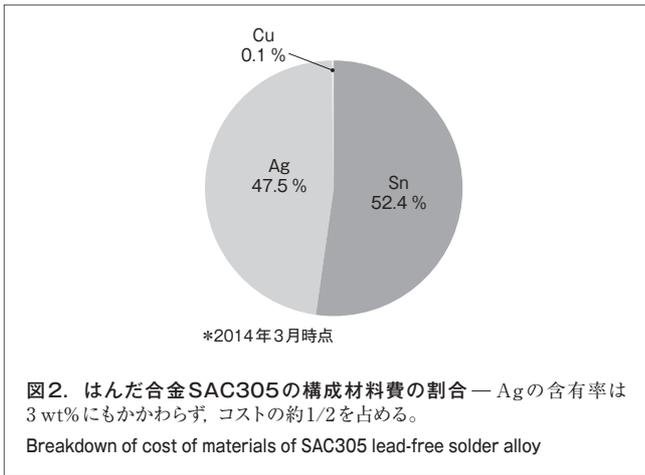


2 低コストと高品質を両立させる鉛フリーはんだ

2.1 はんだ合金の低Ag化

鉛フリーはんだペーストの低コスト化を図るためには、材料費の多くを占めるはんだ合金のコスト削減が必要不可欠である。

はんだ合金SAC305を構成する材料費の割合を図2に示す。Agの含有率は3 wt%にもかかわらず、コストの約1/2を占めている。例えばAgを3 wt%から1 wt%にした場合、はんだ合金の材料費を約30%削減できるため、Agの低減は優先事項であると考えられる。



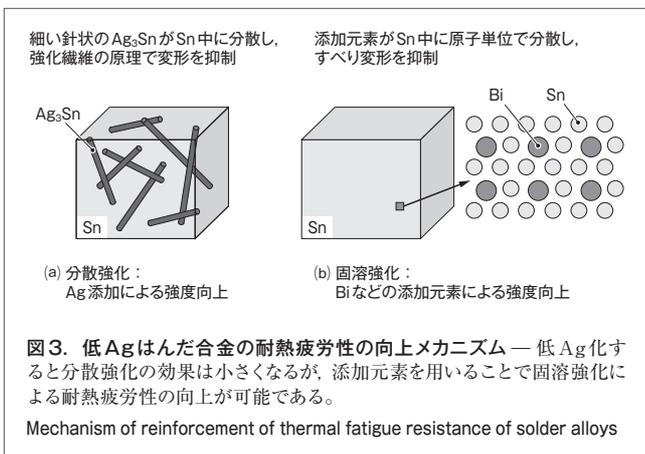
2.2 低Agはんだ合金の課題と対策

これまでに低コストタイプとして提案されてきた代表的なはんだ合金組成としては、Sn-1.0Ag-0.7Cu (以下、SAC107と略記) やSn-0.3Ag-0.7Cu (以下、SAC0307と略記) などが挙げられる。しかしこれらは、SAC305と比べて耐熱疲労性の低下や融点の上昇などの課題があるため、一般に普及していない。

そこで近年、ビスマス (Bi) をはじめとする様々な添加元素を用いることで耐熱疲労性の向上や融点の低下を図った、新たな低Agはんだ合金の開発が進んできている。SAC107やSAC0307をベースとした1Ag系や0.3Ag系のはんだ合金が主流となっているが、添加元素の組合せや配合比率は各メーカーによって様々であり、特性もそれぞれ異なる。

耐熱疲労性を向上させるメカニズムとしては、**図3**に示すように主に分散強化と固溶強化の二つが挙げられる。低Ag化するとAg₃Snによる分散強化の効果は小さくなるが、添加元素を用いることで固溶強化による耐熱疲労性の向上が可能であると考えられる。

当社は、従来のSAC305と同等の接続信頼性及び製造性を備えていることを条件とし、6社11品種の調査及び評価を



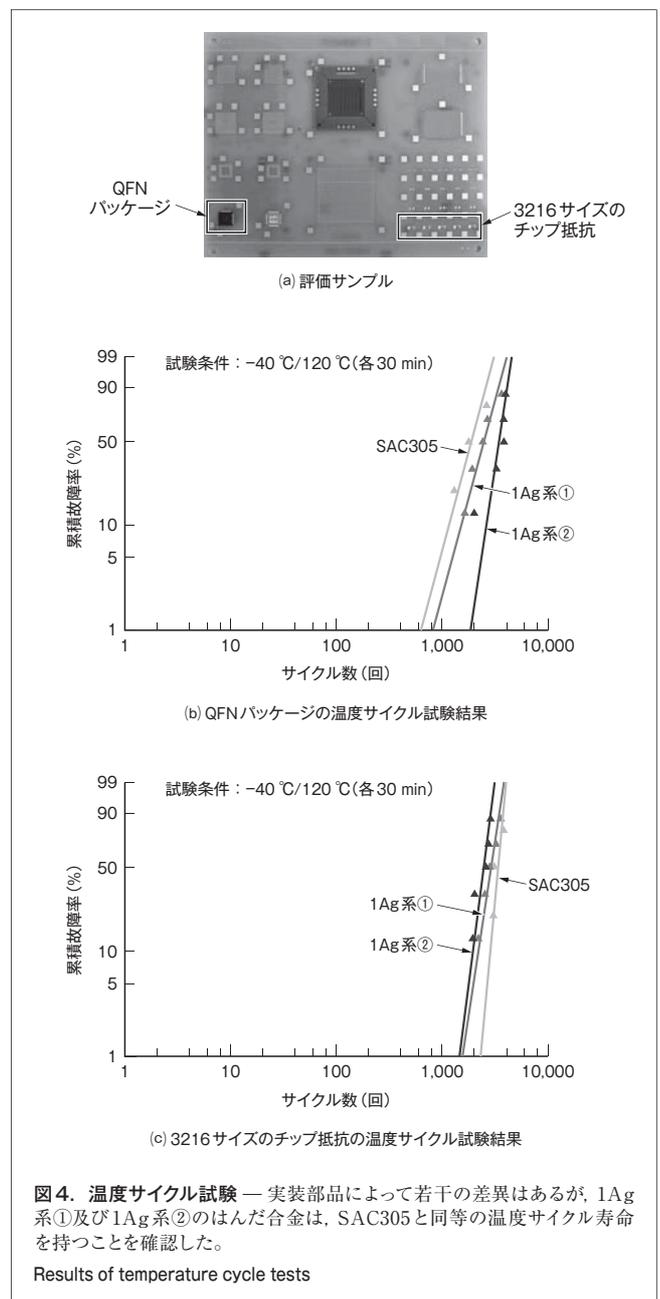
行い、1Ag系の2品種 (以下、1Ag系①、及び1Ag系②と記す) のはんだ合金を選定した。

3 信頼性評価

当社が選定した2品種の1Ag系はんだ合金について、耐熱疲労性及び機械的強度の評価結果を以下に述べる。

3.1 温度サイクル試験

評価サンプルを**図4(a)**に示す。実装部品はQFN (Quad Flat No Lead) パッケージ及び3216サイズ (3.2×1.6 mm) のチップ抵抗とした。プリント配線板は、材質FR-4 (Flame Retardant Type 4), 外形150×120×1.6 mmとした。-40℃/



120℃ (各30 min) の条件で温度サイクル試験を行い、はんだ接合部の電気抵抗 (電圧) に異常な変化が生じたときのサイクル数で耐熱疲労性を評価した。

温度サイクル試験結果のワイブルプロットを図4(b)及び(c)に示す。1Ag系①及び1Ag系②のはんだ合金は実装部品によって若干の差異はあるが、SAC305とほぼ同等の温度サイクル寿命を持つことを確認した。

3.2 落下衝撃試験

評価サンプルを図5(a)に示す。実装部品は、外形40×40 mm、ボールピッチ0.8 mm、ボール数2,025、ボール組成Sn-4.0Ag-0.5CuのBGA (Ball Grid Array) パッケージとした。プリント配線板は、材質FR-4、外形132×77×0.85 mmとした。

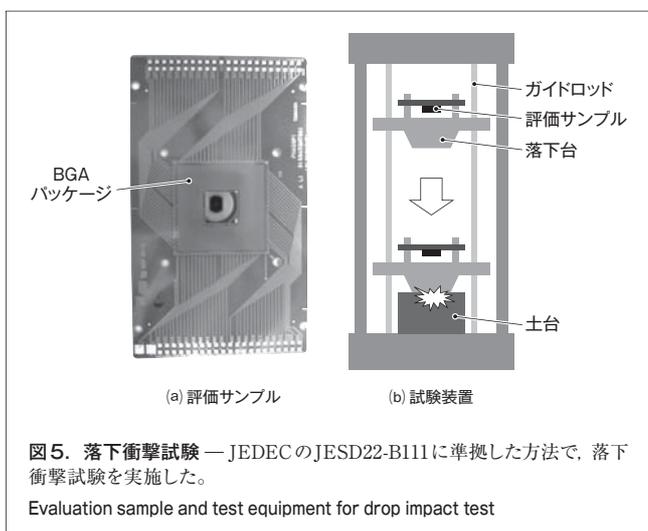
落下衝撃試験は、JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association: 半導体技術協会) の規格JESD22-B111に準拠した方法とした。落下台に与えられる衝撃波の波形が、最大加速度1,500 Gで作用時間0.5 msの正弦半波となるように落下高さを設定した後に、評価サンプルを落下台に固定して自由落下させ、繰り返し衝撃を与えた。このとき、BGAはんだ接合部の電気抵抗 (電圧) を常時監視し、異常な変化が生じたときの落下回数で落下衝撃耐性を評価した。

落下衝撃試験結果のワイブルプロットを図6に示す。1Ag系①及び1Ag系②のはんだ合金は、SAC305と比べて落下衝撃耐性が同等以上であるという結果が得られた。

3.3 繰返し曲げ試験

3.2節と同様の評価サンプルを用いて、繰返し曲げ試験を実施した。図7(a)に示すように、BGAパッケージ実装面を下にして、支持具上に設置した評価サンプルを、圧子により規定する荷重で繰り返し押し込んだ。このとき、BGAはんだ接合部の電気抵抗 (電圧) を常時監視し、異常な変化が生じたときの押し込み回数で繰返し曲げ耐性を評価した。

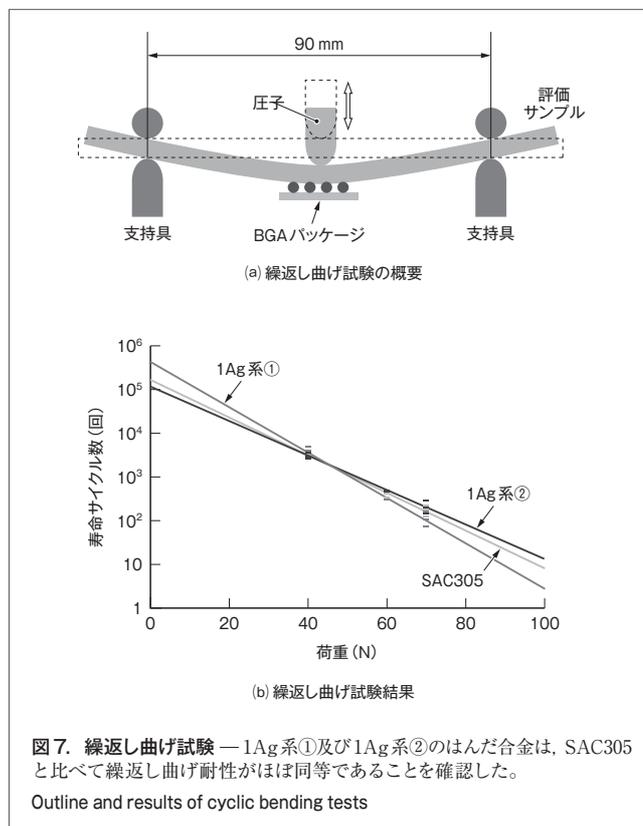
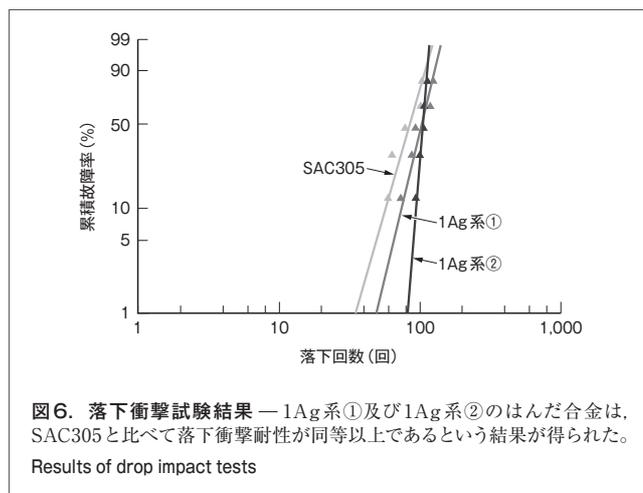
繰返し曲げ試験結果を図7(b)に示す。40 ~ 70 Nの荷重で

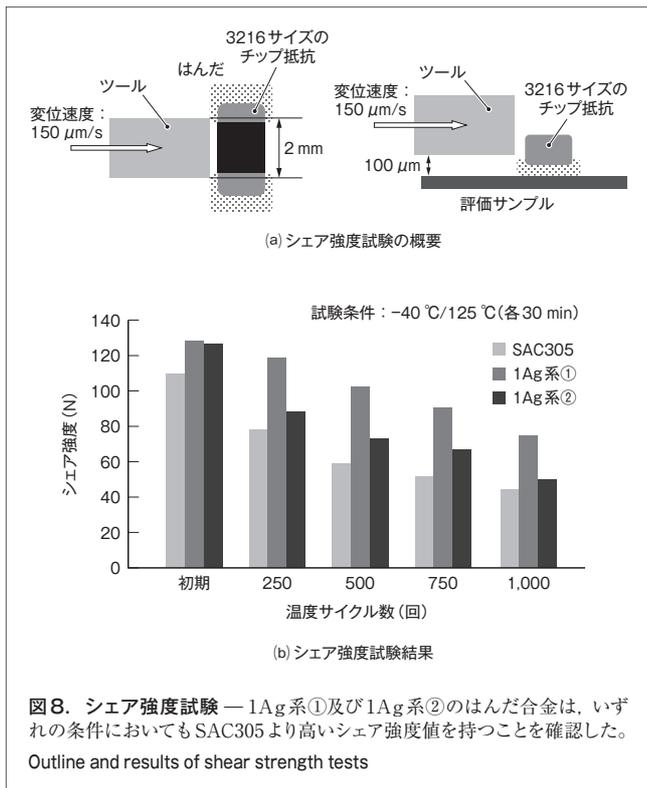


押し込んだとき、1Ag系①及び1Ag系②のはんだ合金の寿命サイクル数はSAC305とほぼ同等の値となり、それらの近似直線も同様の傾向となることを確認した。

3.4 シェア強度試験

3216サイズのチップ抵抗を実装した評価サンプルを用いて、-40℃/125℃ (各30 min) の温度サイクル負荷を与え、任意のサイクルごとにシェア強度試験を行った。試験条件は図8(a)に示すように、ツール幅2 mm、シェア高さ100 μm、変位速度150 μm/sとし、3216サイズのチップ抵抗のはんだ接合部が破壊するまで押し込んだときの最大荷重を、シェア強度とした。



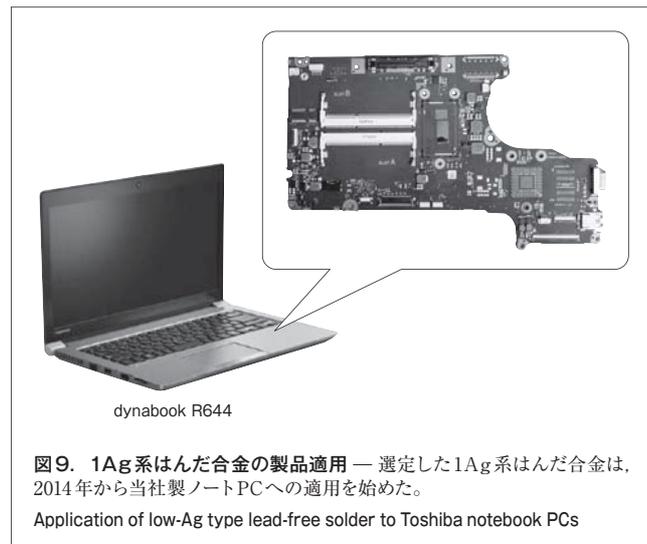


シェア強度試験結果を図8(b)に示す。いずれも温度サイクル負荷の増加に伴ってシェア強度は低下する傾向が見られたが、1Ag系①及び1Ag系②のはんだ合金はいずれの条件においてもSAC305より高いシェア強度値を持つことを確認した。

4 製品評価

ノートPC実製品における信頼性及び堅ろう性を検証するため、次の製品評価を行った。

- (1) パームレスト加圧試験 パームレストを連続的に加圧し、内蔵デバイスへの影響を確認
- (2) 振動試験 XYZ軸の3方向にノートPCを揺さぶり、振動周波数をリニアに変化させて影響を確認
- (3) 一点加圧試験 ノートPC本体の一点に大きな圧力が加かった場合でも破損しないかを検証
- (4) 長作用・短作用衝撃試験 ノートPCを金属製又はゴム製の土台に落下させ、耐落下衝撃性を検証
- (5) 落下試験 76 cmの高さから製品を落下させ、その直後に電源を入れて正常に動作することを確認
- (6) 100 kgf 面加圧試験 液晶カバー全面に均等に100 kgfの圧力を加え、その直後に正常動作を確認
- (7) HALT (Highly Accelerated Life Test) ランダムに発生する強力な振動や急激な温度変化などが同時に起こる過酷な環境を作り出し、高レベルのストレスをかけ、品質に問題ないかを検証



これらの評価から、製品においても信頼性及び堅ろう性に問題がないことを確認し、当社製ノートPC dynabook R644などへの適用を2014年から開始した(図9)。

5 あとがき

低コストと高品質を両立させる製品に向けて、プリント配線板への部品実装に使用する鉛フリーはんだペーストにおいて、従来と同等の接続信頼性及び製造性を備えた低Agの鉛フリーはんだペーストを適用した。

今後もノートPCやタブレットなどのデジタルメディア機器において、低コストと高品質という二律背反の課題に積極的に取り組んでいく。



菅井 崇弘 SUGAI Takahiro

研究開発センター ライフスタイルソリューション開発センター 実装&パッケージング技術開発部。PCの実装要素技術開発に従事。

Lifestyle Solutions Development Center



宮元 利明 MIYAMOTO Toshiaki

パーソナル&クライアントソリューション社 生産・調達センター グローバル生産技術部主務。PCの製造技術として副資材などの新規導入に従事。

Global Production & Procurement Management Center



板垣 達也 ITAGAKI Tatsuya

東芝ライフスタイル(株) VS生産統括部 生産技術部主務。TVの実装技術に従事。

Toshiba Lifestyle Products & Services Corp.