

低融点はんだ付け技術

Low-Temperature Soldering Technology

青野 孝一
K. Aono

堀田 倍生
M. Hotta

山口 政義
M. Yamaguchi

清末 明弘
A. Kiyosue

あらゆる電子機器に欠かすことのできないプリント基板は、電子部品との接合に共晶はんだ(63 Sn/37 Pb : 融点 183°C) が一般的に用いられている。特に移動通信機器端末では、プリント基板の多層・薄型化、電子部品の小型・薄型化の傾向が著しく、これらのプリント基板、電子部品を使用するうえで、基板の反りに起因する接合不良の発生、低耐熱性の電子部品の後付けに伴う作業工数の増加などの問題がある。

このような問題点を解決するため、基板の反り低減、後付け電子部品の一括リフロー化が実現できる 120~150°Cの低融点はんだ(開発名: α T3) を東芝と日本アルファメタルズ(株)とが共同開発した。

63Sn/37Pb solder (melting point : 183°C) has been widely used for connecting electronic parts to printed circuit boards (PCBs) for all types of electronic products. The trend in market demand, especially for mobile telecommunications terminals, has been for thin multilayer PCBs and miniature electronic parts. There are various problems associated with 63Sn/37Pb solder, however, such as warping of PCBs, post-soldering of low-heat-resistant electronic parts, and so on, when the above-mentioned PCBs and electronic parts are adopted.

To resolve these problems, Toshiba has developed a low-temperature solder (α T3) in partnership with Alpha Metals of Japan Ltd. This paper describes low-temperature soldering technology using α T3.

1 まえがき

低融点はんだの開発は、数年前から始まっており、各はんだメーカーからさまざまな低融点はんだが紹介されている。ユーザ側でも多くの評価・実験を実施し、一部のユーザは製品への適用を図っている。しかし、現状の低融点はんだでは、リフロー炉内のはんだ付け温度が 200°C以上であるため、プリント基板の反り低減、後付け電子部品の一括リフロー化に対して十分対処できない。

そこで、リフロー炉内の実温度が 200°C以下ではんだ付けできる低融点はんだ α T3 を東芝と日本アルファメタルズ(株)とが共同開発したので紹介する。

2 開発目標

低融点はんだ α T3 の開発目標を以下に示す。

- (1) 融点 合金の融点は、120~150°Cであり、リフロー炉内のはんだ付け実温度が 200°C以下であること。
- (2) 合金 毒性がなく、安定した供給が得られ、コストが安いことと他社特許を侵害しないこと。
- (3) フラックス 無洗浄用タイプ(MIL規格 RMA (Mildly Activated Rosin) 相当)のフラックスであり、信頼性試験に合格すること。
- (4) 濡(ぬ)れ性 プリント基板のパッドの表面処理方法に依存せず、印刷面積に対して 100%以上の濡れが

得られること。

- (5) 接合状態 プリント基板のパッドと電子部品の電極が、滑らかなフィレットで接合されること。
- (6) 接合強度 接合強度は共晶はんだの 60%以上であり、環境試験による強度劣化がほとんどないこと。
- (7) コスト 現状の共晶はんだと比べ、かけ離れた高い価格にならないこと。

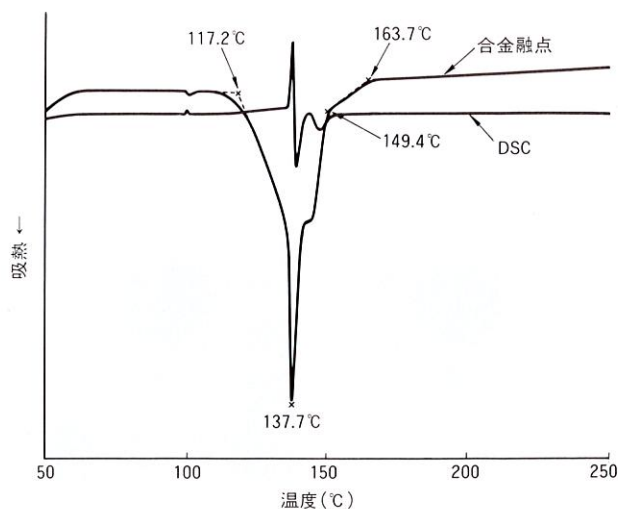


図1. DSC チャート 示差走査熱量計により、低融点合金の融点を測定した。

Differential scanning calorimeter chart

3 低融点はんた α T3 の基本特性

3.1 融点

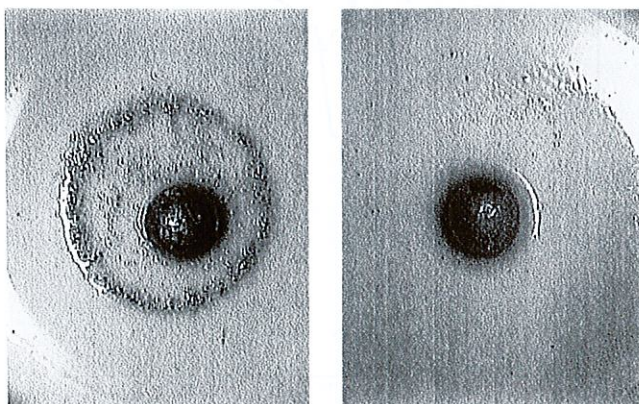
3.2 節で述べる低融点はんた α T3 の合金の融点および DSC (Differential Scanning Calorimeter) チャートを図 1 に示す。実際の融点域は、117.2~163.7°C (ピーク値: 137.7°C) となっており、目標値より若干高くなっている。しかし、DSC チャートを見ると 140~150°C の時点で液体状態になっていると読みとれる。このことから完全なはんた付けができる温度を、190~200°C に設定できる。

3.2 合金

はんたを構成する金属についてのおのおの特徴を調査し、この段階で、毒性・供給性・コストに問題があると判断した金属については除外した。並行してパトリスによる特許検索を実施し、他社特許を侵害することなく、なおかつ目標融点を達成できる候補合金を選定した。さらに選定した候補合金を評価し、最終的なベース合金を、Sn/Pb/Bi に決定し、組織の微細化および強度改善のための添加金属を微量含有させた。

3.3 フラックス

当初、ペーストフラックスは無洗浄タイプで実績のある現行の共品はんた用ペーストフラックスをそのまま適用する予定であったが、試作合金を使用してセラミックス基板でのはんたボールテストを実施したところ、はんた粉末が完全に凝集せず、はんたボールが多発した(図 2(a))。はんたボールの発生は、はんた合金組成および低温域での活性力不足が原因であり、これを補う活性剤を選定した。高信頼性を維持し、低温域での活性効果をもつ活性剤を選定することにより、はんたボールの低減と高品質なはんた付け性を確保することができた(図 2(b))。



(a)改善前フラックス

(b)改善後フラックス

図 2. はんたボール発生状況 改善後、はんたボールの低減と高品質なはんた付け性を確保することができた。

Occurrence of solder ball

活性剤の増加により、水溶液抵抗値は若干低いが、 $5 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上を確保している。活性剤にハロゲンを使用しているが、含有量は MIL 規格 RMA スペックを十分満たしている。フラックスの信頼性試験結果を表 1 に示す。

表 1. フラックス信頼性試験
Flux reliability test

項目	結果		
ハロゲン含有量	0.09 wt%		
銅鏡腐食試験	合格		
クロム酸銀ペーパ試験	合格		
乾燥度試験	合格		
水溶液抵抗試験	52,500 $\Omega \cdot \text{cm}$		
清浄度 (リフロー後, 無洗浄)	7.23 $\mu\text{gNaCl}/\text{in}^2$		
はんたボール試験	良		
表面絶縁抵抗試験 (Ω)	試験フラックス		
		JIS-2 型	JIS-3 型
	初期	2.07×10^{14}	1.22×10^{13}
	500 h	2.09×10^{10}	1.21×10^{10}
	1,000 h	3.02×10^{10}	1.47×10^{10}

3.4 濡れ性

濡れ性実験による低融点はんた α T3 の濡れ広がり、無電解金めつき処理で約 102%、銅ブリフラックス処理で約 119% である。これに対し共品はんたの濡れ広がり、無電解金めつき処理で約 115%、銅ブリフラックス処理で約 116% である。

良好なはんた付けを得るには、基板パッドの表面処理方法に依存せず、印刷面積以上の濡れ広がりが必要である。この印刷面積 100% を基準に、濡れ広がり度で濡れ性のよしあしを判断した。低融点はんた α T3 の場合、無電解金めつき処理での濡れ広がり、共品はんたに比べ小さい。これは、低融点はんた α T3 の合金組成成分とプリント基板側のめっきとの相性によるものと考えられる。濡れ性に関しては、フラックスの改善や、窒素雰囲気リフロー炉内ではんた付けすることにより改善が可能である。

3.5 接合状態

低融点はんた α T3 ではんた付けした電子部品の外観を図 3 に示す。プリント基板のパッドと電子部品の電極が滑らかに接合されており、ピンホールの発生もほとんどなく、共品はんたと同レベルの接合がなされている。

3.6 接合強度

1608 チップと 0.5 mm リードピッチ QFP (Quad Flat Package) を対象に共品はんたと低融点はんた α T3 の初期と温度サイクル試験後の平均接合強度を図 4 に示す。初期において、1608 チップおよび 0.5 mm リードピッチ QFP とも基板の表面処理方法に依存せず、低融点はんた α T3 の平均接合

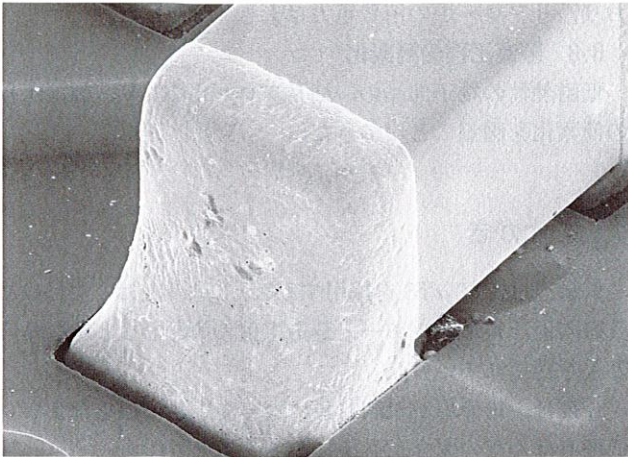
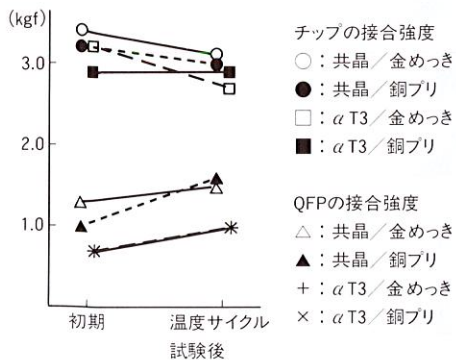


図3. 1608 チップ部品接合状態 共晶はんだと同レベルのはんだ付け性を示している。

Soldering junction of 1608-chip component



サンプル数: チップ: $n=75p$, QFP: $n=80pin$
 試験条件: $+85^{\circ}\text{C} \leftrightarrow -40^{\circ}\text{C}$ (各15分), 1,000サイクル

図4. チップ部品とQFPの接合強度 低融点はんだαT3と共晶はんだとの強度比較を示す。

Soldering strength of chip components and QFPs

強度は、共晶はんだの平均接合強度に比べ低いが、目標値である共晶はんだの接合強度の60%以上は確保している。

温度サイクル試験後の平均接合強度は共晶はんだ、低融点はんだαT3とも、1608チップにおいて初期の平均接合強度に比べて若干の強度低下がみられるが、0.5mmリードピッチQFPでは初期の平均接合強度より増加している。今後詳細な解析が必要であるが、全体的に見ると、温度サイクル試験後の平均接合強度は、初期の平均接合強度のほぼ90%を達成している。

3.7 コスト

低融点化するために、ベース合金をSn/Pb/Biとし、さらに添加金属が含まれていることなどから、現在使用している共晶はんだに比べて若干のコストアップにつながる。

しかし、品質の向上、作業工数の削減および省エネルギー化などトータルのみるとメリットがあると結論づけた。

4 製品レベルでの低融点はんだαT3の信頼性

低融点はんだαT3を製品に適用した場合の信頼性を検証した。まず初期状態で機能検査を実施し、信頼性試験後に再び機能検査を実施して電氣的、機械的に性能を満たしていることを確認した。信頼性試験項目およびその結果を表2に示す。

表2から、製品レベルでの信頼性試験の結果も良好であり、部品落下および接合部のクラックの発生もなく、実用レベルでの信頼性は確保されている。

表2. 製品での信頼性試験
 Reliability test for products

項目	結果
温度サイクル試験	(2/2) OK
温湿度サイクル試験	(2/2) OK
恒温恒湿動作試験	(2/2) OK
振動耐久試験	(2/2) OK
振動試験	(2/2) OK
衝撃試験	(2/2) OK
こん包落下試験	(2/2) OK
コネクタ挿抜試験	(2/2) OK

()の分母は投入セット数, 分子は良品セット数

5 適用事例

5.1 デジタル携帯電話

適用事例の一つとして、低融点はんだαT3を用いて製造したデジタル携帯電話の実装基板の外観を図5に示す。

5.2 新型ページャ(子機)

低融点はんだαT3を使用して製造した新型ページャの実

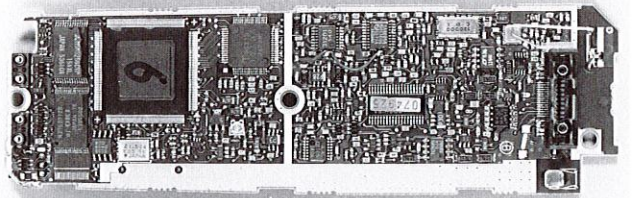


図5. デジタル携帯電話の実装基板 低融点はんだを用いることにより、はんだ付け品質が向上した。

PCB unit of personal digital cellular telephone

装基板を図 6 に示す。

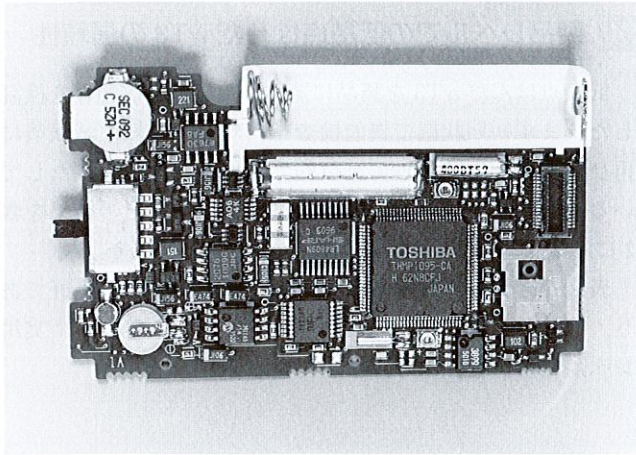


図 6. 新型ページの実装基板 低融点はんだを用いることにより、基板反り量の低減を図った。
PCB of new type pager

6 低融点はんだ α T3 の効果

6.1 品質

携帯電話のプリント基板で行った低融点はんだ α T3 の量産性評価では、共晶はんだと同レベルのはんだ付け品質を維持している。特に、コネクタのはんだ付け不良率は、この低融点はんだ α T3 を採用することにより、共晶はんだに比べて 1/10 に低減できた。

6.2 省エネルギー

共晶はんだの温度プロファイルに比べて、低融点はんだ α T3 の温度プロファイルは、全体的に 40~50°C 低くなって

おり、リフロー炉の消費電力は大きく低減した。

6.3 製造工程の簡素化

低耐熱性の電子部品の一括リフロー化により、製造工程の簡素化を図ることができた。

7 あとがき

低融点はんだ α T3 を採用することにより、はんだ付け品質の向上、省エネルギー、製造工程の簡素化などかなりの効果が得られている。

今後は、鉛使用が規制対象になっていき、鉛を含まない低融点はんだの開発が必要になると考えられる。



青野 孝一 Kouichi Aono

日野工場生産部実装担当。
はんだ付け技術開発に従事。
Hino Works



堀田 倍生 Masuo Hotta

東芝日野通信工業株。
はんだ付け技術開発に従事。
Toshiba Hino Telecommunication Industry



山口 政義 Masayoshi Yamaguchi

日野工場生産部実装担当グループ長。
実装技術の開発に従事。
Hino Works



清末 明弘 Akihiro Kiyosue

日本アルファメタルズ(株)技術部 製造技術セクションマネージャー。
はんだ材料開発に従事。
Alpha Metals of Japan Ltd.