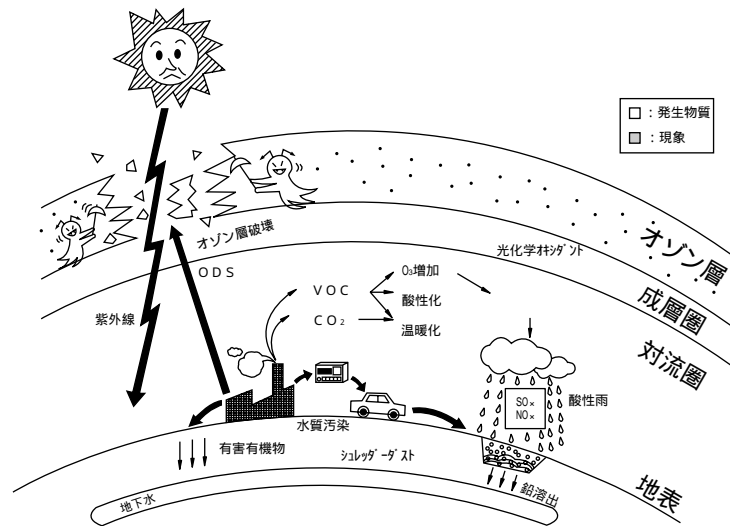


鉛フリーソルダペースト

Pb-Free Solder Paste

村上 至 *Itaru Murakami*
成井 譲司 *Joji Narui*
鷓殿 直靖 *Naoyasu Udono*
加地 節雄 *Setsuo Kaji*



要 旨

近年、地球環境問題の一つとして自動車の廃棄段階における産業廃棄物の処理問題が真剣に議論されているが、その中の一つに電子機器のはんだに含まれる鉛の溶出による地下水汚染の問題がある。

Sn-Pb 共晶はんだは、安価で優れた電気接続材料として古くから使われてきたが、最近、上記環境問題を受けて車載用の電子機器においても「鉛フリーはんだ」の研究が盛んになってきた。

自動車用の鉛フリーはんだを議論する上で特に重要な要素は、その使用温度環境からくる耐環境性である。また同時に電子機器の小型化、高密度化からくる低耐熱化やリフロー工法の増加も無視できない重要な要素となっている。本技報では、自動車用として要求される材料特性を基本に、今後の車載用電子機器の動向を踏まえ、リフロー工法対応のための「鉛フリーソルダペースト」の材料評価データ、解析、選定等について述べる。

Abstract

Industrial waste from scrapping processes of automobiles has been discussed worldwide as a serious environmental problem of the earth. This is because the lead that elutes from inside solder joints of the abandoned car electronic devices is carried down into the ground by rainfalls, and it consequently contaminates underground water.

The electronics industry, since long ago, has been using the "Pb-Sn" (tin-lead) solder owing to its low price and superb metal-jointing capability. Now that the industry has become aware of the lead-caused pollution, it has recently started researching "Pb-free" solder as a solution to the environment ailing.

If we are to use the lead-free solder, we need to thoroughly examine its touch-environment-endurance characteristic, since the car must perform under grueling temperature. There still are two other inevitable heat-related matters to be considered: one is whether or not the solder melting temperature affect the components on P.C. Boards, and the other is that if the solder suits now-increasing "re-flow" methods.

In this treatise, believing that the safe solder will soon be used for car electronic devices, we discuss material evaluation, analysis and other assessments of Pb-free solder paste.

1. はじめに

近年、企業活動が与える地球環境の問題が大きくクローズアップされ、中でも産業廃棄物の処理に関わる問題が毎日のようにニュースを賑わしている。

製品の廃棄時における環境影響は、最近の欧州を中心としたLCA (Life Cycle Assessment) の思想が一般化するに伴い急速にクローズアップされてきた問題であり、それだけに技術的課題も多い領域である。

廃棄段階の環境影響を考える時、電子製造業としてまず筆頭に上がる問題として、廃製品のはんだに含まれる鉛の溶出の問題がある。産業廃棄物として地中に埋められた鉛は、酸化鉛として溶けやすい形に変化、雨水にさらされる事で図-1のような化学反応がおこり、地下水の鉛汚染を引き起こす。

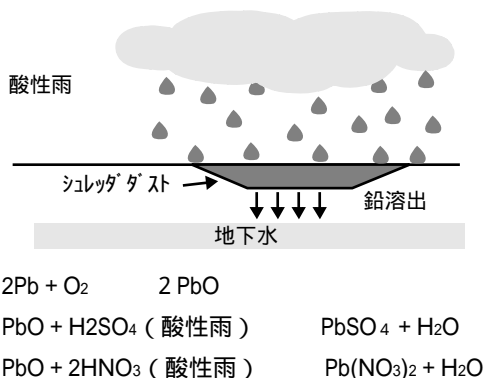


図-1 鉛による環境汚染
Fig.1 How lead pollutes environment

Sn-Pb 共晶はんだ(Sn63:Pb37)は安価で優れた電気接続材料として古くから使われてきたが、環境問題意識の高まる中、近年になって鉛フリーはんだの研究が盛んに行われるようになった。

鉛フリーはんだといっても使用できる金属の選択肢は極めて限られており、これまで提案されたものは全て、第1元素にSn, 第2元素にAg, Bi, Zn, 第3元素にCu, In, その他を含むもの及びこれらの組合せとなっている。これら元素の組合せと配合比によって、はんだ材料の物性は決まるが、Pbは長年使われているだけあって、はんだに極めて適した金属であり全ての特性で万遍なくPbに勝る元素、配合比は考えられない。

従って、使用する用途、環境に応じて必要な特性を満足する元素の組合せを選択するしかない。

一般にはんだ材料の重要な物性値としては、融点、機械的性質、濡れ性、が上げられる。

自動車用としては、その搭載環境の厳しさから、一般には、特に耐熱衝撃性が重要視される。しかし、これも合金層の組成や部品の線膨張が影響するため、使用条件の前提抜きでは議論できない。

ここでは車載用の電子機器のはんだ付け、中でも最近のSMD化の拡大にともなってウエイトが増大しているリフローはんだ付け用ソルダペーストについて議論する。車載用鉛フリーソルダペーストは、その工法的な厳しさや小型化に伴う部品耐熱の低下から、融点が重要な要素として浮上してくるため、一層材料選択が限定される結果となる。と同時に実装構造の特徴から、においても独特の挙動を示す事がわかってきた。

2. とりまく環境

2.1 鉛規制について

はんだに含まれる鉛は、先に述べたように地下水の汚染につながり、それが人体に摂取される事で影響が出てくる。鉛が人体に入ると、神経が冒されて精神を不安定にすることは良く知られており、人体に与える悪影響が重大問題となっている。

このような鉛に対する規制については、本紙第28号でも取り上げている、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」で廃棄時の溶出基準値が示されているが、ここでは、自動車用の鉛という切り口でその規制動向を述べてみたい。

現在、国内で年間約500万台発生する使用済み自動車は、一般に図-2のような処理ルートで処分されている。当社が生産・納入している製品も、再利用出来るものについては、自動車販売業者や解体業者等が取り外して再利用されているが、そのほとんどは、シュレッダダストとして埋め立て処分されているのが現状である。そのため、使用済み自動車の処理に関する問題として、次の対応が必要になってきた。

鉛などの有害物質の使用量削減と、廃棄時の分別除去廃棄物処分場不足に対応するため、シュレッダダストの減量化と、自動車のリサイクル率の向上
処分費用の上昇に伴う、不法投棄、不適性処理の防止
これらを実現するために、通産省の産業構造審議会廃棄物処理再資源化部会・廃自動車処理再資源化小委員会において、1997年4月に表-1に示す数値目標が設定された。これによると、新型車の鉛の使用量は、バッテリーを除いて、1996年に比べて2000年末までに1/2以下、2005

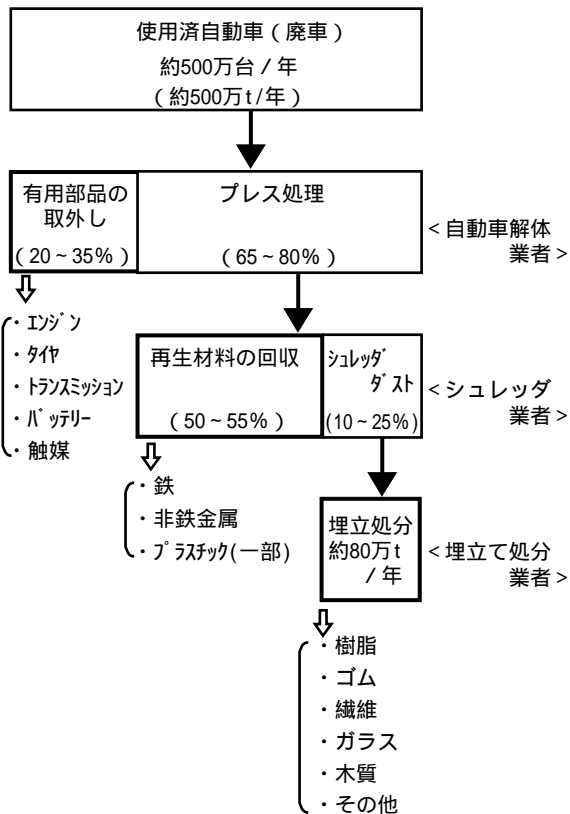


図-2 使用済自動車の処理ルート
Fig.2 Processing flow of abandoned cars

表-1 使用済自動車のリサイクル目標など

項目	目標値
新型車のリサイクル可能率	2002年以降の新型車より90%以上
全ての使用済自動車のリサイクル実行率	2002年以降 85%以上
	2015年以降 95%以上
埋め立て処分されたシュレッダダストの容積の年間総量	2002年までに1996年の3/5以下
	2015年までに1996年の1/5以下
新型車の鉛の使用量 (バッテリーを除く)	2000年末までに1996年の1/2以下
	2005年末までに1996年の1/3以下
新造車及び後付けのSRSエアバッグ・インフレタ処理	2000年までに処理時の展開に容易な構造

年末までには1/3以下にする必要があり、電子機器に使用されているはんだ中の鉛も例外ではない。はんだに含まれる鉛は、その分別や再生にコストがかかり、リサイクルが困難である。このような具体的な削減目標が設定された事は、プリント基板中のはんだ使用量の削減とともに、今後の鉛フリーはんだの開発に拍車がかかるものと思われる。

2.2 市場動向

鉛フリーはんだは、現在家電メーカーやコンピュータメーカー、自動車機器メーカーなどさまざまな業界や、はんだメーカー、大学などの研究機関等で開発されている。国内の学会においては、回路実装学会が「鉛フリー研究会」、溶接学会では、「エレクトロニクス実装における環境問題研究会」で鉛フリーはんだの研究が行われており、論文等も多数見られるようになった。

また、はんだメーカー各社からは、鉛フリーはんだの市販やサンプル提供も始まり、さまざまなタイプの鉛フリーはんだについて、その基本特性や電氣的・機械的信頼性などの試験結果も明らかになってきた。現在鉛フリーはんだとして実用化されているものとしては、SnにAgやBiを加えたものが代表的である。これは、従来からコンピュータなどの特殊用途に使用されてきた、低温はんだや高温はんだなどである。最近では、家電業界なども、これらの材料をベースに改良を加えた鉛フリーはんだを、一部の製品に使用し始めている。

しかし、これらの製品の使用環境、特に温度範囲は、車載機器に比べて狭く、しかも振動なども加わらないため、鉛フリーはんだに求められる信頼性も、車載用に比べて緩やかである。そのため、車載用の鉛フリーはんだを実用化するには、家電製品などよりも多くの項目を検討し、長期にわたる高い信頼性を確保しなくてはならない。

ここで、車載機器用の鉛フリーはんだの開発状況を見ると、その使用量の関係から、現在ではフロー用の材料開発やそのプロセスが議論の主流である。しかし、家電機器等の弱電業界においては、小型・高密度化に伴って、リフローはんだ付けが多くなっており、鉛フリーソルダペーストの要求が高い。当社の製品においても、製品の小型・高密度化の進展に伴って、リフローはんだ付けの比率が50%以上になり、フローはんだ付けよりもリフローはんだ付けでの鉛フリー化が重要視されてきた。さらに、リフローによるはんだ付けでは、製品毎に使用するはんだ材料を変える事が出来るため、部分的な実用化が可能である。そのため、鉛フリーはんだはフローはんだ付けよりも先に、リフローはんだ付けから、製品への適用が開始されるものと思われる。

当社は、今述べた経緯から、ソルダペーストについてもはんだメーカーと協力しながら開発・評価を進めている。

3. 評価材料の選定

鉛フリーはんだとはいえ、はんだ材料として要求される性質としては、現行のSn-Pb共晶なみの性質が要求される。また、毒性のある鉛を除去するので、鉛フリーはんだには、毒性元素の添加はできない。

鉛フリーはんだに要求される性質を上げると、

毒性がない。

安価である。

溶融温度が現行はんだ並みである。

はんだ特性が現行はんだ並みである。

安定的な供給が可能である。

であり、以上の性質を満足するものとして、Snをベースとした合金が有望視されている。

SnをベースとしたSn-X二次合金の特徴について述べる。(表-2参照)

1) Sn-Ag系

Sn-Ag系はんだでは、機械強度、濡れ性ともSn-Pbはんだに若干劣るものの、他の2元系材料に比べれば、優れた材料である。

本系での最大のネックは、合金の溶融温度が、他に比べ、著しく高いことにある。

2) Sn-Bi系

Sn-Bi系はんだは、前に述べたSn-Ag系とは反対に、融点が139と低く、使用環境、特に車載機器を考えた場合には、融点が低すぎることによる高温環境下での著しい劣化につながる。さらには、この系の特徴として、伸びが小さく、引張り強度が高い点が挙げられる。この性質は、熱ストレスによるはんだ付け部の寿命の低下につながる。

3) Sn-Zn系

この系の融点、機械的性質は、Sn-Pbはんだと比べても

遜色ないレベルである。しかしながら、濡れ性・酸化性、反応性の点での問題が大きく、最近になって、ようやく一部のメーカーで、サンプル供給が始まった程度であり、まだまだ開発段階にある材料と思われる。また、この系における上記のような問題についてははんだメーカーのみならず、ユーザ側のプロセス検討の比重も高い点を付け加えておく。

以上から、融点が高いという問題があるものの、他の特性においてSn-Pbはんだに劣らないSn-Ag系をベースとし、

部品耐熱を考え、はんだ付けピーク温度が240未満であること。

Biの添加量が5%以下であること。

を考慮してはんだ材料を選定した。

Biの添加量に関しては、フローはんだ材料の評価において、高Bi(5%以上)はんだが、温度サイクル試験後でスルーホール接続部のはんだクラックの発生率が高かったことから、5%以下とした。

はんだ付け温度に関しては、240未満を満足する材料が得られなかったため、溶融温度のなるべく低い材料を選んだ。

表-3に今回評価した材料を示す。

表-3 評価対象材料

No.	組成 (mass%)							コスト
	Ag	Bi	In	X	Cu	Pb	Sn	
1							bal.	2.7
2							bal.	2.7
3							bal.	3.5
4							bal.	4
5							bal.	2.5
6							bal.	5.5
7						37.0	63.0	1

: Large amount : Small amount

表-2 Sn-X二次合金の特性

合金	共晶組成	融点 ()	特性 (Sn-Pb共晶比較)						コスト比
			融点	濡れ性	強度	伸び	ドロス	反応性	
Sn-Pb	Pb:37	183	比較	比較	比較	比較	比較	比較	1
Sn	-	232	x						1.5
Sn-Ag	Ag:3.5	221	x						3
Sn-Bi	Bi:42	139	低い			x	x		2
Sn-Zn	Zn:9.0	199	~	x	~		x	x	1.5

凡例 : 現行より優れる : 現行と同等 : 現行よりやや劣る x : 現行より劣る

4. 基礎特性

4.1 プロセス上の留意点

新はんだ材料を実用化するには、プロセス上、留意すべき点がある。リフローはんだ付けのプロセスは図-3に示すように、aはんだ材料の供給 b部品実装 cはんだ溶融（リフロー加熱）から成り立っている。

これらの工程に関する事以外に、はんだ付けの対象となる、使用する基板や部品の被接合面の材質や状態の影響、および作業性の一環である、はんだ材料の取り扱い（保管、使用）方法についても検討する必要がある。

ここでは新はんだ材料の実用化に際し、留意すべき点について述べる。

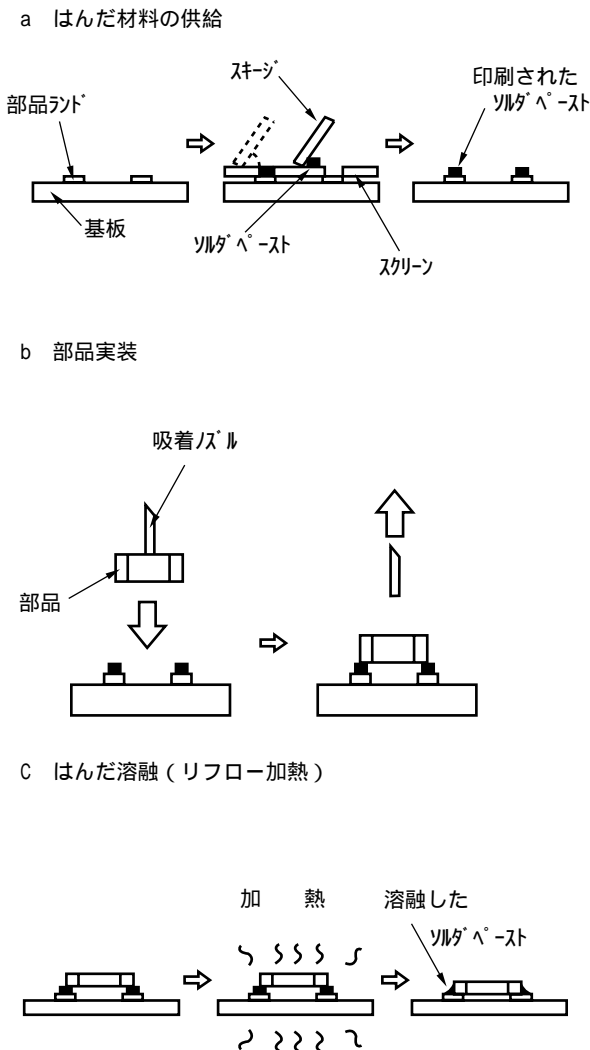


図-3 リフローはんだ付けのプロセス
Fig.3 Process of reflow solder

1) はんだ材料の供給

部品ランドへのはんだ材料の供給はスクリーン印刷で行う。供給状態を安定させるためには「印圧」、「スキージ速度」、「スクリーン製法」といった印刷条件や「連続印刷性」という作業性と密接な関係のある要素が重要である。一方、従来の設計ルールや今後の高密度実装に伴うファインパターン化に対応可能なことも必要である。なお、印刷条件については段取り替えなどから従来と同条件であることが望ましい。

2) 部品実装

はんだ材料が供給された部品ランドへ部品を実装する際のバラツキには、実装機の精度によるものと、はんだ溶融時までの部品保持性によるものがある。前者の場合はセルフアライメント性、後者の場合はタック性が材料選定のポイントとなる。

3) はんだ溶融

リフローはんだ付け時の加熱ピーク温度は、現有設備で対応出来ることと、基板や部品などの耐熱性を考慮して、現行はんだ付け温度に近いほど良い。一般に、はんだ付け時の加熱ピーク温度は、液相温度 + 50 と言われているが、それだと、Sn-Ag共晶はんだでは271 になってしまう。そのため、どの程度はんだ付け温度をSn-Pbはんだに近づけるかが大きなポイントとなる。

また、はんだ付け性に関しては、現行のSn-Pbはんだが最も優れており、鉛を含まないはんだは、濡れ性が劣る。そのため、ソルダペーストに使用するフラックスの特性（特に活性力）が非常に重要になる。ただ、活性力を強くしすぎると、はんだ付け後の絶縁信頼性にも影響が出てくるため、低活性のフラックスを使用して、窒素雰囲気ではんだ付けする方法が有効である。

4) 被接合部の影響

はんだ付け性やはんだ付け信頼性は、はんだ材料だけではなく、基板上の部品ランド表面や部品電極との相性で決まる。現在使用している基板や部品は、Sn-Pbはんだを対象に、材料選定され表面処理されている。鉛フリーはんだを使用するためには、現行のままで問題ないのか、あるいは鉛フリーはんだ用に、基板表面処理や部品電極材質を変更すべきなのかを見極める必要がある。

5) はんだ材料の取り扱い

はんだ付け品質を安定させるためには、はんだ材料を正しく取り扱う（保管、使用）必要がある。これは量産工程での作業性に係わることであり、できるだけ管理が容易であることが望ましい。このため、現行材料と同等

以上に取り扱いが容易であることを目標に材料選定を行う必要がある。

以上のプロセス上の留意すべき点を踏まえ、今回は、鉛フリーはんだ材料の合金組成に起因する項目についての評価を実施することとした。

4.2 材料評価結果

4.2.1 溶融特性

溶融特性として、各材料の液相温度、固相温度を調査した。図-4に示す。Sn-Ag共晶にInやBiを添加することで、固相温度の低下が顕著に現れる。特にBiの影響は大きく、Biを含む材料の固相温度はいずれも、200 以下に抑えられる（サンプル4, 5, 6）。この溶融特性と、はんだメーカーの推奨温度とから、今回は、下記のリフローピーク温度で評価した。

サンプル1～6・・・ピーク温度250

サンプル7・・・ピーク温度230

また、参考として、サンプル2の材料において、ピーク温度を235 に設定してはんだ付けを行い、はんだ付け状態を観察した。

4.2.2 はんだ付け性

はんだ付け性の評価として、微小チップ（1608サイズ）のリフローによる部品立ちの発生状況、及び銅ベタパターン上での濡れ広がり性を評価した。

1) チップ立ち状況

チップ立ち発生率を図-5に示す。特に、Sn-Ag-Cuの共晶であるサンプル1での発生が目立つ。この材料は、溶融特性として、液相温度と固相温度との差が無く、はんだ付け中に半溶融状態が起こらない。そのため、チップ両電極間の溶融タイミングずれを吸収できずに、チップ立ちが多発した。

しかし、Sn-Ag共晶のサンプル2は半溶融領域を持たないにもかかわらず、チップ立ち発生率が低い。これは、はんだの濡れ性やフラックス材料が大きく影響していると考えられる。

2) 濡れ広がり性

濡れ広がり性調査結果を図-6に示す。

また、濡れ広がり率は、次式により算出した。

$$\text{濡れ広がり率} = (\text{リフロ後寸法} - \text{印刷寸法}) / \text{印刷寸法} \times 100$$

今回のSn-Agベースの鉛フリーはんだは、現行Sn-Pbは

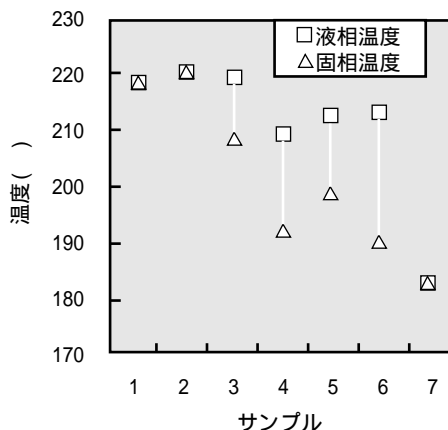


図-4 溶融特性図
Fig.4 Melting characteristic chart

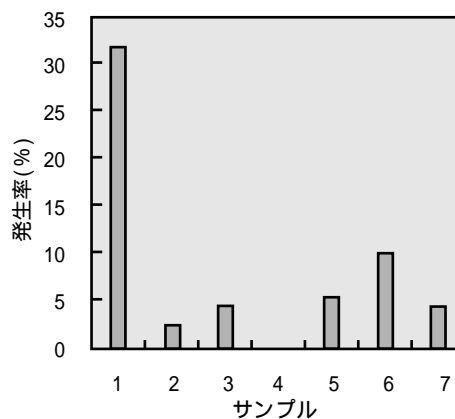


図-5 チップ立ち発生率
Fig.5 " Chip standing " occurring rate

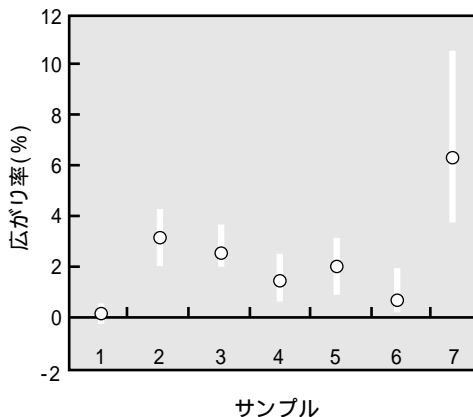


図-6 濡れ広がり性
Fig.6 " Wet extension " characteristic

んだに比べ明らかに濡れ広がり性が低下している。

その中でも特にCuを含むサンプルでは、広がり率が低くなっており、Cuの含有が濡れ性を低下させることを示している。他の元素については、今回の試験では明確な差が得られなかった。

ただし、このはんだ濡れ広がり性についても、チップ立ち状況と同様、合金そのものの濡れ性よりも、フラックスの影響を強く受けるため、今後の検討課題と考えられる。235 ではんだ付けしたサンプル2を見ると、はんだは全て溶融していたが、表面のツヤが250 ではんだ付けした基板より劣り、明らかに熱量不足を呈している。

熱容量の大きな部品（QFP,BGAなど）と、小型チップ部品とを混載する場合は、特に注意を要する。

4.2.3 はんだ付け強度

リフローによりはんだ付けした2125サイズのチップジキコンの接合強度の調査結果を図-7に示す。

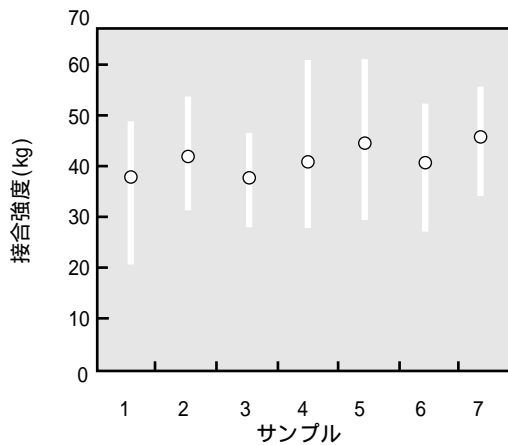


図-7 はんだ付け強度
Fig.7 Soldering strength

サンプル4, 5のようにBiを含有する材料では接合強度は高くなるようである。特にBiを5%含むサンプル5では、現行Sn-Pb共晶はんだと同等の強度を確保している。反対にCuを含有した材料では接合強度がやや低下する傾向が見られるが、これは、前項4.2.2にあるように、Cuが含有するはんだは、濡れ広がり性が低下し、接合面積が小さくなったことが原因と推定する。

伸びのデータを図-8に示す。本データはメーカーのカタログ値を参考に、Ag系（サンプル2）、高Bi系（サンプル5）、低Bi系（サンプル6）、現行（サンプル7）を比較した。これを見ると、Bi含有量が増えるほど伸びの低下が顕著に現れている。

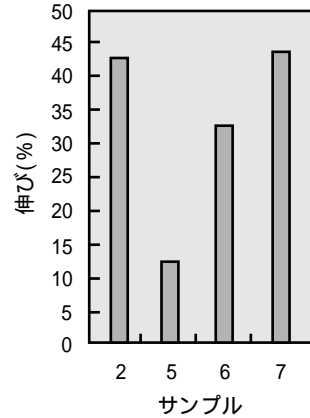


図-8 伸び特性
Fig.8 Expansion characteristic

4.2.4 マイグレーション性

クシ歯基板を各材料ではんだ付けしたのち、アルコールで十分洗浄したものをサンプルとした。クシ歯電極の間隔は0.3mm（JIS型）である。この電極間に純水を滴下し、16Vの電圧印加後のマイグレーションの発生時間と、対向電極への到達時間を調査した結果を図-9に示す。

サンプル4, 5, 6のようにBiを含む材料では、マイグレーション発生開始時間の遅延が見られた。これは、Biの含有がマイグレーションを抑制することによるものである。

Sn-Agの2元共晶は、現行のSn-Pb共晶に近い耐マイグレーション性であり、マイグレーションが起りやすいと言われているAgも3.5%程度の含有であれば影響はないと思われる。

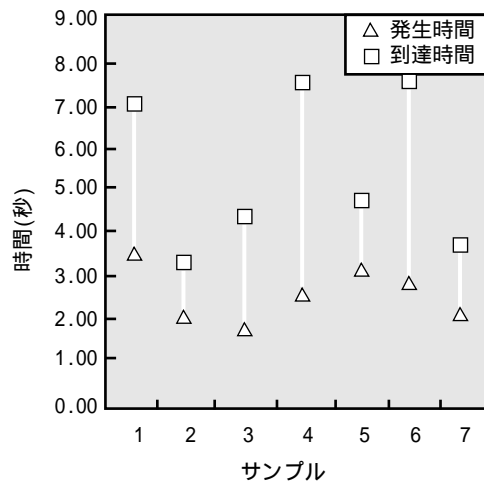


図-9 マイグレーション到達時間
Fig.9 Attaining time of migration

4.2.5 はんだ付け信頼性評価結果

FR-4基板にチップ部品をリフローはんだ付けし、温度サイクル試験を行った時の、はんだ付け部のクラックの発生率を図-10に示す。

実装した部品は角チップ抵抗（6432～1608サイズ）、メルフ抵抗、2極ダイオード、タンタルコンデンサ、ミニモールドTrである。また、試験条件は -40 / +125 × 1000サイクルとした。

鉛フリーはんだにおけるクラックの発生率は、現行のSn-Pb共晶はんだに比べ低く、はんだ寿命は延命することが分かった。尚、発生したクラックはいずれも電極幅の1/2以下のレベルであり、断面カットによる内部観察でも、クラックの内部進行は見られなかった。

今回の試験結果では、Bi含有のはんだの方が、現行のSn-Pbはんだよりも長寿命であり、一般的にフローはんだ付けで言われている、「Biが入ると、寿命が落ちる」とは全く逆の結果となった。しかも、Bi含有量の多いサンプル5のはんだの方が、含有量の少ないサンプル6よりも、長寿命である。但し、サンプル4は、Bi以外の金属の影響を受けたため、クラックの発生率が高くなったものと思われる。

図-11は、フローはんだ付けにおけるスルーホール接続部と、リフローはんだ付けにおける面実装部品接続部との、温度サイクル試験時の熱応力の方向を示したものである。一般的にプリント基板の熱膨張係数は、基板の面方向よりも厚み方向が高い。しかも、フローはんだ付けでは、スルーホール内全体にはんだが充填され、基材が膨張・収縮する応力は、はんだ付け部に集中する。そのため、高Biのはんだ材料を用いると、伸びが悪いという特性から、クラックの発生が多くなる。

これに比べ、リフローはんだ付けした面実装部品では、基材と実装部品との熱膨張係数の差がはんだに加わる事になる。高Biのはんだ材料は、はんだ自体が硬く強度も

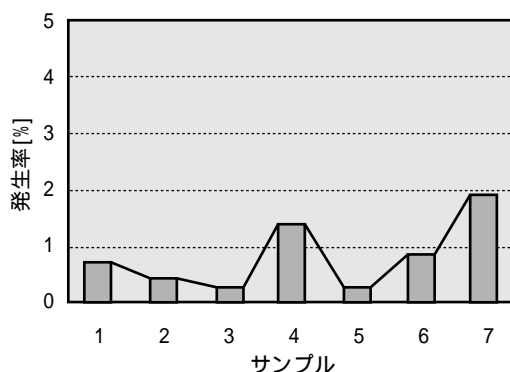


図-10 はんだクラック発生率
Fig.10 Occurring rate of solder crack

高いため、はんだ自体が変形する前に、基板表面の弾性層でその応力を吸収してしまい、はんだ自体の歪みが小さくなる。それで、クラックが発生しにくくなっていると考えられる。

この様に、同一材料を使用しても、フローはんだ付けとリフローはんだ付けでは、はんだ付け信頼性に違いが出ており、使用用途によって、合金組成を変えていく必要があると思われる。

5. 材料選定

5.1 材料選定

今回の評価結果のまとめを、表-4に示す。

全ての特性を満足するものは、残念ながら無かった。しかし、実用化する上でポイントとなる信頼性において、現行のSn-Pbはんだと同等かそれ以上という結果が得られ、また今後のはんだの改善ポイントが掴めた。

まず、熔融温度であるが、今回選定したサンプルは全て現行よりも高く、部品耐熱を考えると、改善が不可欠である。この方法については5.2項で述べる。



図-11 温度サイクル試験によるはんだへの応力方向
Fig.11 Direction of stress in solder caused testing

表-4 材料評価結果のまとめ

No.	組成(mass%)					溶融特性		伸び	濡れ性	チップ立ち	はんだ強度	マイグレーション		クラック	コスト
	Ag	Bi	In	X	Cu	液相	固相					発生	到達		
1						x	x		x	x	x				
2						x	x		x			x	x		
3						x	x		x		x	x			x
4								x	x						x
5								x	x						
6									x	x					x

: large amount : Small amount 凡例 : 現行より優れる : 現行と同等 : 現行よりやや劣る x : 現行より劣る

次に濡れ性については、全ての材料で劣っているという結果となった。濡れ性やチップ立ちについては、前項でも述べたように、フラックス材料の影響が大きく、鉛フリーはんだに合った特性に改善していく必要がある。

はんだ付け強度に関しては、濡れ性も含めて、最終的にははんだ寿命に影響すると考えられ、クラックの発生率が低ければ、濡れ性や強度が劣っても、信頼性上問題が無いと思われる。その点から見ると、今回選定した材料は全て現行のはんだよりも長寿命であり、実用上の問題は無い。マイグレーションに関しても、Bi入りはんだは、現行はんだより信頼性が高い。

以上の様な点を総合して、サンプルNo.4, 5, 6の3種類をベースに、材料改良を行っていく。

5.2 今後の材料改良

鉛フリーはんだの接続信頼性については、前述したように、実用レベルに達していると思うが、いずれも融点が高く、部品耐熱を考えると、低融点化が不可欠の課題である。

はんだの溶融温度を下げる手段としては、Bi添加量を上げてやる事が最も効果的である。ただ、今まで一般的に、高Bi材料は高硬度・低延性のため、はんだ付信頼性上不適であると言われてきた。実際に高Biの鉛フリーはんだ用いてフローはんだ付けし、温度サイクル試験を行うと、スルーホール接続部のはんだクラック発生率は、現行はんだよりも高くなる事を確認している。

しかし、4.2.5項で述べたように、リフローはんだ付け(面実装)工法に関しては、むしろ高Bi材料の高硬度が、はんだ寿命を伸ばしており、リフローはんだ付けに限っては、Bi添加は有効な手段と考えられる。

ただし、Biの添加量によっては、低温共晶(低融点相

の存在)が出たり、伸びが低下し過ぎて、逆にクラックの発生率が高くなる事も考えられる。そのため、Biの添加量とともに、低融点相をなくす、あるいは伸びを良くする、第3, 第4の添加金属の選定が重要である。

6. おわりに

鉛による環境問題に対処するため、はんだの鉛フリー化について取り組んできた。本稿でも述べている様に、「最終的にこれだ」といった材料まで追い込めていないのが現状である。しかし、今まで考えられてきた材料特性を一つずつ解明する事で、着実にゴールに近づいていると感じている。

環境に配慮した製品「グリーン製品」を送り出すためにも、一日も早く実用化を行い、地球環境保護に役立ちたい。

筆者紹介



村上 至(むらかみ いたる)

1980年入社。以来生産技術開発やデバイス開発に従事。1991年よりFAシステムの開発に従事。現在生産技術開発部材料実験課長。



成井 謙司(なるい じょうじ)

1985年入社。以来高密度実装技術の開発を経て、材料開発に従事。現在、生産技術開発部材料実験課在籍。



鶴殿 直靖(うどの なおやす)

1986年入社。以来実装技術・材料開発に従事。現在生産技術開発部材料実験課在籍。



加地 節雄(かじ せつお)

1974年入社。以来オーディオ機器の製造技術に従事。現在生産技術開発部材料実験課在籍。

