

# トレンドを探る

## 高信頼性鉛フリー実装のソリューションはんだ材料

Singapore Asahi Chemical & Solder Industries Pte Ltd  
長谷川 雅幸

この度の東日本大震災により、お亡くなりになられた方々のご冥福をお祈り申し上げますとともに、被災された方々ならびにご家族、関係者の皆様に心よりお見舞い申し上げます。被災地の一日も早い復興を心より祈念申し上げます。

### 【1】総論

本稿は、現在、無鉛はんだ実装が抱える重要課題のいくつかを解決できる優秀なはんだ材料を日本電子工業界に紹介し、日本の無鉛実装の信頼性向上と競争力向上に貢献できることを期待するものである。本稿で紹介する2種類の次世代無鉛はんだ材料は、下記の無鉛実装の課題を解決できる実力を備えているといえる。

#### ① Virometシリーズ 低融点と高信頼性を兼ねた無鉛はんだ合金

このはんだ合金組成はSn-Ag-Cu-Inであり、その特徴としてInがベース合金であるSn (88.5%) -Ag (4.1%) -Cu(0.5%) の融点を下げ、実装プロセス温度が低く、はんだ結合部の安定性と信頼性も高い。Viromet合金のはんだ結合部は特に温度サイクル信頼性と高温環境(125℃)信頼性が高く、Viromet合金で作られるBGAはんだボールは大型BGAパッケージ及び熱に弱いBGA部品の電極材に適する。Viromet合金の電極バンププロセス及び実装後のポイド発生が低く、信頼性も高い。車載マイコン、医療機器、高周波通信設備など高い信頼性が求められる実装に適する。

#### ② SCS7シリーズ 低コストと高信頼性を兼ねた無鉛はんだ合金

このはんだ合金組成は画期的な発明といえる。その特徴として半導体材料である単結晶Si(ケイ素)がベース合金(Sn-0.7Cu)の実装性向上と信頼性向上に大きく貢献し、Sn-Cu系はんだ合金の弱点を克服しながら、はんだ合金自体のコストを低く抑制できる。このはんだ合金は海外ですでに大手電機メーカーに採用され、フローはんだ付けプロセスにおいて、Sn-Ag-Cu系はんだ合金を代替可能な高信頼性材料である。このはんだ合金はコストが安いだけでなく、基板と部品に対する銅食われもほとんどなく、はんだ付け設備に対する腐食もほとんどないので、自動車用電源をはじめ、インパネ関連に大量に使用されるポイント噴流実装にも大変適した材料である。

本稿では、上述2種類の材料が生産現場で活用されるプロセスモデルを挙げて、この2種類の材料の特徴をご紹介する。

### 【2】はじめに

20世紀の末頃から、日本の民生電子機器メーカーが主導してきた鉛フリーはんだ実装は世界的に広く波及しており、これによって廃棄電子機器による鉛汚染防止が世界的に重要視されるようになった。『環境保護型電子産業』、『ROHS指令適応』、『JIS Z 3282』なども今日の重要なキーワードになっている。

日系企業は過去十数年にわたって研究、使用され

てきた無鉛はんだ材料 (Sn/Ag/Cu系、Sn/Zn/Bi系、Sn/Cu系、Sn/Ag/In/Bi系、Sn/Zn/Al系 など) が、やがて、『Sn/Ag/Cu系 (すず/銀/銅、以下SAC) 系合金』と『Sn/Cu系 (すず/銅系、以下SC) 系合金』を主流として『定着』してきた。SAC系はんだ合金は、日本電子情報技術産業協会 (JEITA) が推奨する『Sn-3.0% Ag-0.5% Cu』が日本の電子産業界の標準組成であり、主にはんだペースト、ボール電極、フローはんだ実装、プリフォームはんだなど幅広く使用される。一方、貴金属の銀を含まないSC系はんだ合金は融点が高い(226℃)が、価格の安さから民生用電子機器のフローはんだ付けと、こてはんだ付けプロセスにも使用されてきた。しかし、SAC系合金に比べてSC系合金の結合部の機械的な信頼性が弱いと考えられ、微量なNi (ニッケル) やを添加するSn/Cu/Niはんだ合金やこれにGe (ゲルマニウム) が添加されるSn/Cu/Ni/Ge合金も近年使用されてきた。

しかし、日本の電機業界は今でも無鉛はんだ材料と無鉛はんだ実装に様々な課題を抱えており、その課題は大きく下記のように六つに分類できる。これらについては本稿中でまた詳しくご説明したい。

#### I. 無鉛はんだ合金融点の高さによる課題:

低融点高信頼性の無鉛はんだ合金の必要性

#### II. はんだ合金のはんだ付け性能改善の課題:

- a. 表面張力抑制 (改善) の必要性: ぬれ広がり性の向上、はんだビーズの抑制
- b. はんだ合金流動性改善の必要性: 結合部のポイド対策 (特にBGA、LGA実装等)

#### III. 苛酷環境に使用可能な高信頼性はんだ合金の研究開発:

- a. はんだ結合部のIMC (内部合金) 層の信頼性向上
- b. 苛酷な使用環境に耐え得る組織構造をもつはんだ合金
- c. IC内部チップに対する応力ストレスの抑制

#### IV. はんだ合金による『食われ (エロージョン) 現象』抑制の必要性:

- a. 基板の銅パターンに対する浸食

- b. 噴流はんだ付け装置に対する浸食

#### V. すずウィスカ対策

#### VI. 貴金属含有型はんだ材料コストの課題 (2009年以降に深刻)

筆者は10年以上に渡って米国の『はんだ付けプロセス最適化システム』の日系市場開拓活動を行ってきた経験から、はんだ付けの加熱プロセスの角度から日本の電子工業界が抱える前述の課題を痛感しており、前述課題を解決できる『次世代無鉛はんだ材料』の情報収集を行ってきた。2010年末、筆者はKIC社との業務提携が終わり、冒頭で紹介した2種類のはんだ合金を開発した材料メーカーから声をかけられた。この会社はSingapore Asahi Chemical & Solder Industries Pte Ltd (以下、シンガポールアサヒ、Asahi Solder) である。本来ならば、もっと早く国内の皆様はこのメーカーの技術をご紹介すべきであったが、2011年3月11日に起こった未曾有の大災害は筆者の計画を大きく狂わせた。しかし今回、『実装技術』誌を借りて、国内の皆様にご紹介するものである。

#### [3] Viromet 合金シリーズ—— 苛酷な使用環境に対応可能なBGA 電極材料

シンガポールアサヒ社といえば、その高信頼性無鉛はんだ製品であるVirometシリーズが有名であり、Virometシリーズもまた『In入り無鉛はんだ』として有名である。しかし、このViromet合金の組成は同社独自のものであり、Sn(88.5%) -Ag(4.1%) -Cu(0.5%) のベース合金に一定の割合 (主に4%、7%) のInを組み合わせたものである。Viromet合金の組成はすべて同社の自社特許であり、その特徴は今まで日本国内で評価されてきたIn入りはんだと違い、Bi (ビスマス) をまったく使っていないことにある。同社との技術交流の中で膨大な技術データとユーザー (日本企業も含む) の使用実績データを見ることができ、このVirometはんだ合金が日本の電子工業界が抱える課題のいくつかを解決できる力を秘めているかと考えられる。

Virometシリーズ合金の主な特徴を紹介したい。このシリーズはSAC系合金にInを添加して融点を低く下げるだけでなく、SAC系合金がもついくつかの欠点も克服できた合金といえる。位置づけとしてViromet合金は、Sn/Ag/Cu合金にIn(インジウム)を加えたSn/Ag/Cuの改良品として考えるべきかと思う。

- Viromet 347: Sn/Ag4.1/Cu0.5/In7.0  
融点: 202-207 °C
- Viromet 349: Sn/Ag4.1/Cu0.5/In4.0  
融点: 205-210 °C
- Viromet 302: Sn/Ag3.0/Cu0.5/In2.5  
融点: 210-212 °C

筆者は長年にわたって、独立した立場で世界範囲におけるViromet合金の信頼性情報をモニタしてきたが、今回の交流活動でAsahi Solder側から膨大な信頼性情報と使用実績情報を提供していただいた。個人的に、このVirometシリーズ合金はSAC系とSC系に比べてはんだ付けプロセス温度が低く、信頼性が高いのがメリットである一方、貴金属のAg(4.1%)とレアメタルのIn(2.5%~7%)が使用されるので、はんだ合金のコスト高がこのはんだ普及のボトルネックであることは否めないと思う。筆

者はAsahi Solder側との技術交流の中で、率直に同社の経営陣と技術陣営にこのコスト高の問題点と日本の電機業界の『In入りはんだ合金に対する偏見と誤解』を打ち明けた。そして実際、同社の経営陣も技術陣もViromet合金の市場占有率よりも『苛酷な使用環境に対応できる高信頼性の無鉛はんだ』として産業界に供給する義務があると、社会責任を第一に考えていることを明かしてくれた。筆者もその考えに同意見である。Viromet合金は今後『適材適所』に活用され、高信頼性が求められる電子・電機産業に貢献できると期待する。

調査によると、Virometシリーズのはんだ製品は量こそが少ないが、日本国内ですでに6年以上の使用実績を誇っている。現在使用されているはんだ製品は『Virometはんだペースト』と『やに入り糸はんだ』と『棒はんだ』であり、日本国内のユーザーは主に『医療機器製造業』『鉄道車両制御機器』『空港管制機器』『業務用通信機器』など『安全第一』『信頼性第一』の電機メーカーである。特に、Virometはんだは数年前から日本の新幹線の地震対策安全装置に使用され、今も日本の新幹線の安全神話を支えているのがあまり知られていない事実である。

Viromet合金のユーザーの声のまとめとして、この合金は、以下のようなものであると考えられる。

- ①物理的、機械的特性がすぐれており、ヒートサイクル疲労に強い

	Viromet 349	Viromet 347	Sn/Pb 共晶
合金組成	Sn/ Ag4.1/ Cu0.5/ In4.0	Sn/ Ag4.1/ Cu0.5/ In7.0	Sn63/Pb37
<b>物理的特性</b>			
融点	205 - 210°C	202 - 207°C	183°C
熱膨張係数	22.9 μm/moC	21.9 μm/oC	23.3 μm/moC
比重	7.40 g/ml	7.40 g/ml	8.42 g/m
<b>機械的特性</b>			
サイクル疲労抵抗	6000 - 9000	> 15000	3650 - 3971
引張り強度	72.03 MPa	76.17 MPa	55.41 Mpa
降伏強度	52.98 MPa	56.18 Mpa	44.64 Mpa
最大ひずみ率	49.15%	39.08%	62.15%
降伏点	0.24 J	0.25 J	0.17 J
破壊点	21.41 J	18.39 J	16.47 J
靱性	30.29 MPa	26.01 Mpa	20.07 Mpa

表1 Virometシリーズ合金の主な物理的特性

- ②融点が高いので、比較的に低いプロセス温度条件下でも優れたぬれ性と流動性を示す
- ③各種材質の表面処理と相性が良い: Sn, Ni/Au, Ag,OSPなど広い範囲の材料に対応
- ④業務用多層PCB板のめっきスルーホールにおけるはんだ接合部のリフトオフが発生しない
- ⑤実装後はんだ結合部の内部合金層(Snベースはんだと銅基板の接合界面に形成されるCu6Sn5金属間化合物)が安定し、ほとんど成長しない
- ⑥Virometはんだ結合部のSnリッチの部分でもSnウィスカの発生がほとんど見られない

表1はViromet349(In,4%)とViromet347(In,7%)とSn/Pb共晶はんだ合金との物理的特性の比較データである。

筆者がもっとも関心を寄せたのは、芝浦工業大学の荻谷先生が行った微細電極の低サイクル疲労寿命評価実験の報告であった(1。この報告によると、高温398K(125℃)環境におけるV349合金のマイクロジョイントは、SAC305合金と同等のクリープ特性をもちながら、低サイクル疲労寿命はSAC305合金の4倍程度にすぐれることである。これはまさに筆者が長年探し求めていた『低融点・高信頼性電極材料』であり、苛酷な環境条件で使用され、高い信頼性が求められるBGAパッケージに適用可能と期待できる。

筆者が『はんだ付けプロセスの最適化』業務に携わっていた時に、日本の実装現場からもっとも多く寄せられた相談が、『大型BGAパッケージに使用できる高信頼性の無鉛BGA電極材料』についてであった。これらの大型パッケージは熱容量が大きく、往々にして熱容量の多い大型多層基板に実装されるので、リフロープロセスの際に大型パッケージの中央下部に熱が伝わりにくく、SAC合金の電極を融かすために基板とその他の電子部品に苛酷な熱ストレスを与え、実装製品自体の信頼性を脅かすことになる。また、ハイブリッド自動車や電気自動車のようにIT化が高度に進んだ自動車には『より省エネ、より演算速度の高い』車載マイクロコンピュータが必

要となり、制御に関わる車載電子部品のBGA化に拍車がかかっている。

しかし、現実として、海外も含めて日本の車載電子部品メーカーは車載電子部品パッケージBGA化の信頼性実験で苦勞している。とりわけ、SAC合金の電極を使用するパッケージが実装後の温度サイクル実験(-55~150℃)の失敗情報が多く寄せられ、『深刻な状態』と伺っている。

筆者はかつて、日本国内の某液晶パネルメーカーにITO材料を供給した経験をもっており、電子工業におけるインジウムの需要の大きさとインジウムの産出量情報に常に注目している。今まで、個人的にレアメタルであるインジウムを大量にはんだ材料に採用することには疑問をもっていたが、近年、FPD産業におけるITO材料利用効率の向上されると同時に、ITO材料のリサイクル技術も向上された。筆者は苛酷環境に使用可能な低温無鉛電極材料の開発が遅れている今日、特殊な電子部品と電子製品に限ってVirometはんだ合金を限定的に採用することも必要かと考える。したがって、本稿は主にVirometのBGA電極材料(はんだボール)を採用する大型BGAパッケージのプロセスモデルを説明する。

#### 【4】大型BGAパッケージの実装プロセス・モデル

図1は、Viromet電極をもつ大型BGAパッケージをPCB板に実装する前のイメージ図である。

同図は大型BGA部品がはんだペーストが印刷されたPCB板の上に搭載され、リフロー加熱される前のイメージである。はんだペーストはViromet合金系またはSAC系合金系であっても使用可能である。本稿ではもっとも実用的な『Viromet349Ball/SAC305ペースト』の組み合わせで説明する。

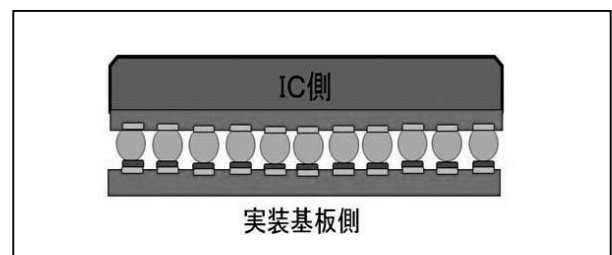


図1 搭載直後のBGA部品

図1を局所的に拡大したのが図2である。この組み合わせで実装プロセスを表2の条件でリフローした場合、融点が高いViromet電極側の合金が217℃で完全にとけ、重力の影響でまだとけていないSAC合金側に流れて拡散する。SAC合金粒子はその融点に達していないにもかかわらず、液状のViromet合金に溶解されるようになる。これは固液拡散現象といわれる。この『固液拡散現象』こそ、大型BGA部品を比較的に低いピーク温度で実装できる鍵である。

図3はリフロープロセスにおける『固液拡散』を説明するモデル図である。Viromet349のはんだボールとSAC305のはんだペーストを用いたリフローシミュレーションのビデオ観察が行われたことがあるが、その観察には山陽精工(株)の高温観察設備が使用された。観察実験でこの固液拡散現象が動画で確認され、Viromet349合金が222℃で優秀な流動性を示し、フラックス活性化ガスが抜け出る現象も確認された。図4はこの観察ビデオの画面である。

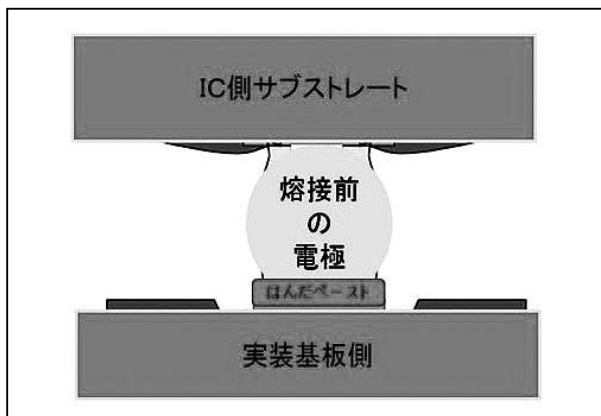


図2 BGA電極拡大図

Process 管理項目	SPEC 範囲	単位
最大加熱勾配	<2.0	℃/sec
予備加熱時間 150→190℃	60→150	sec
リフロー時間 (>210℃)	30→80	sec
加熱時間 (>220℃)	20→50	sec
ピーク温度	221→240	℃
冷却勾配	-2.0~-5.0	℃/sec

表2 プロセス条件事例

- 図4-① Viromet側は217℃で固液拡散が進行、SAC/SAC側はまだ明白な熔融が見られない
- 図4-② Viromet側は220℃で固液拡散が完了、SAC側が本格的に熔融開始
- 図4-③ Viromet側は222℃で流動性良好、ガスが抜け、SAC/SAC側は完全融合できない
- 図4-④ Viromet側は225℃で完全融合、SAC/SAC側はまだ完全融合できない

さらにこの観察実験で判明したのは、図4-③が示す『Viromet合金が220～225℃における流動性』の良さである。図5は図4-③を拡大した画面である。

この画面でははっきりとフラックス活性化反応で生じたガスが抜け出る瞬間を捉えた。この流動性の良さこそ、高信頼性BGA実装の課題であるボイド対策として期待できるものである。

重複になるが、筆者に寄せられたBGA実装の信頼性に関する相談の中に、BGAボイド発生部位における亀裂発生の悩みが圧倒的に多い。特に車載向けのBGA部品開発を行う部品メーカーや高周波高機能通信機器を製造する実装メーカーにとってボイドがBGA実装の信頼性に対する影響は致命的なものである。使用環境条件が比較的に穏やかな民生電子機器よりも、常に苛酷な使用環境におかれる車載電子機器や高機能通信機器などの信頼性は決して妥協できないものであり、これらの製品を実装する際に無理なプロセス温度や熱ストレスを与えられないの

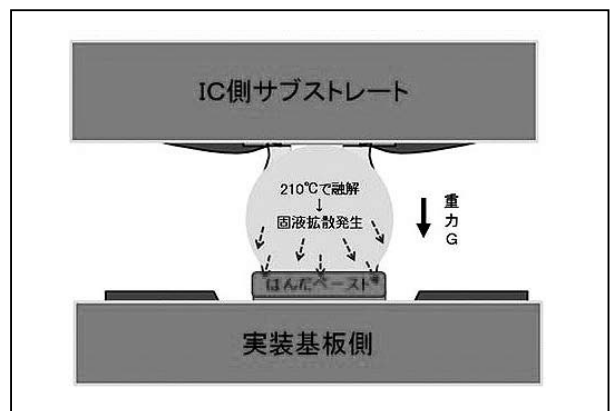


図3 固液拡散現象の発生

で、いかにすべての電子部品と回路基板を熱から守りながら、SAC系合金が高い流動性を示す235℃以上の加熱時間を管理するのが至難の業である。特に大型多層基板を使用する高機能通信機器、医療機器、半導体生産・検査設備のような産業機器の場合、熱に弱い部品がある一方、大型セラミックBGAパッケージ部品を多数使用しており、これら製品の無鉛実装にはViromet合金の電極材料は最適なソリューションであるといえよう。

### [5] 大型BGA部品が実装される 基板の熱疲労対策

そもそも、苛酷な環境で使用される高機能電子機器にとってそのはんだ結合部の信頼性を脅かす主な要因は、発熱による『熱疲労』である。図6として、BGA部品を搭載する電子機器が使用時における熱疲労の発生メカニズムを示す。BGA部品側の熱膨張係数は往々して回路基板の膨張係数より小さく、特に業務用電源や高周波電子部品（高機能CPUや

アナログ部品）は多くの熱を発する。電子部品側のサブストレートと実装基板の熱膨張係数の差が大きければ大きいほどこの熱疲労による信頼性低下の危険性が高くなる。

したがって、合金自体の信頼性はもちろん、はんだ結合部内部のボイドはその大きさや発生する部位によってはんだ結合部の強度と電通特性を大きく悪化させ、さらに信頼性を損なう。いかににはんだ結合部（電極）のボイド

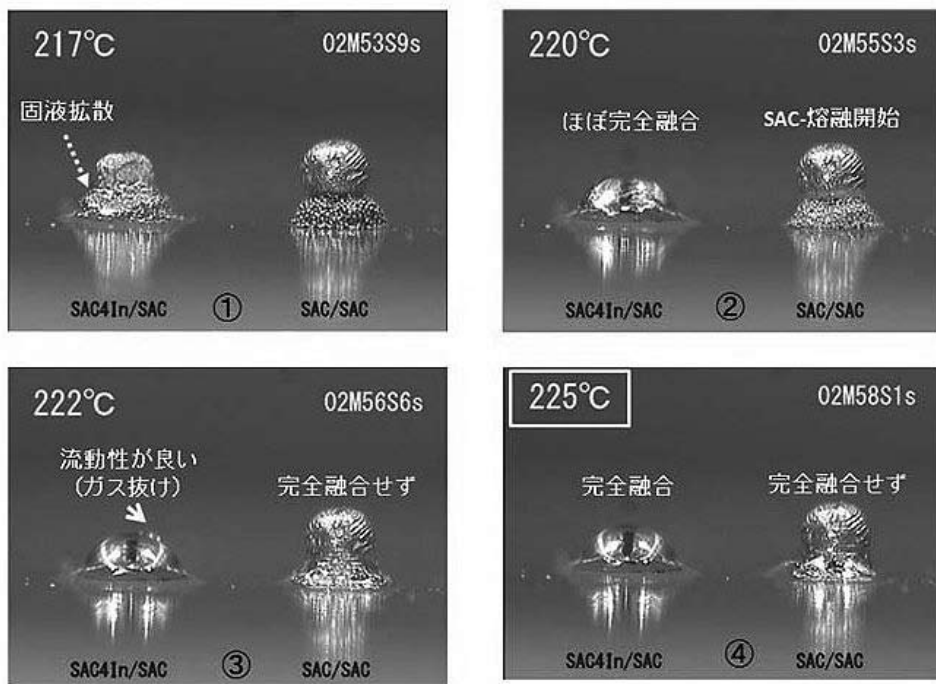


図4 Viromet349合金/SAC305合金間の固液拡散観察画面



図5

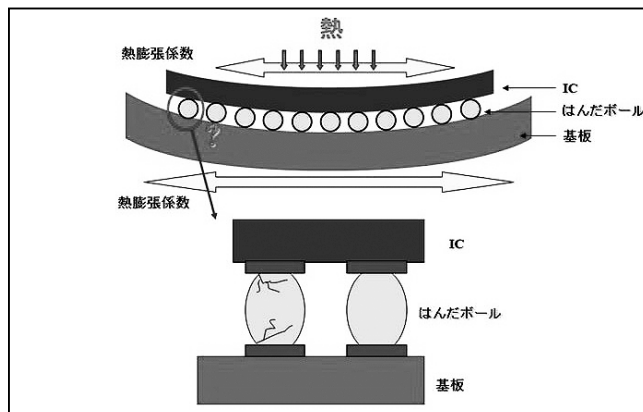


図6 BGA部品実装後の熱ストレス発生

発生を防ぐことは大変重要な課題である。図7は前述した芝浦工業大学の苅谷先生が行った『高温境におけるBGA電極材料の熱疲労サイクル加速実験』注のデータである。この実験の結果は日本で発表されているので、ここでそのグラフを引用したい。この実験のグラフが示したように、熱疲労耐性においてViromet349合金(Sn/Ag/Cu/4In)はSAC305の4倍であり、Viromet347合金はSAC305合金の2倍であることが分かる。

この実験結果によって『Viromet合金は車載電子機器に搭載されるBGA部品の電極として使用可能』と推測できる。

## [6] Viromet合金の 化学的な安定性と信頼性

車載電子機器など苛酷な環境で使用される電子機器類のはんだ結合部の信頼性は、前述した機械的な信頼性の他にも大変重要な要項がある。

- a. 電気化学的なマイグレーション特性
- b. はんだ結合部の内部合金層が安定する

図8はシンガポールアサヒ社のデータであるが、参考に引用したい。同図はViromet合金の電気化学マイグレーション評価実験後の写真である。写真が示すように『85℃、85%RH、B.V.= -50V』の条件で信頼性実験を行った後、金属イオンの遊離も、 dendrite結晶の成長も認められないほど安定している。

一方、図9は1,000回の熱サイクル実験を経たViromet BGA結合部の切断面の顕微鏡写真である。

この観察では、①はんだと銅基板の接合界面に形成されるCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>金属間化合物(IMC)層は均一的であり、安定している、②基板側との結合部の亀裂も認められないこと、などが判明した。

また、芝浦工業大学の苅谷先生の研究報告によると、Viromet合金は長時間の高温環境耐性実験にも優秀な信頼性を示した。一方、日本国内で使用されてきたSn-Ag-Bi-In合金は125℃の高温耐性実験でBiやInが合金組織から遊離し、合金組織がスポンジのようにスカスカになり、結合部の強度が急に低下する『自己崩壊現象』があるので、『In入り無鉛はんだの信頼性が良くない』という誤解は『Sn-Ag-Bi-In』合金に対するものであり、Viromet合金の信頼性はSAC合金よりすぐれる、ということ再度強調しておきたい。

## [7] SCS7はんだ合金シリーズ—— 低コストと高信頼性を兼ねた 無鉛はんだ合金

ここ数年、国際的な金融危機をはじめとして、地域紛争などの影響もあって、国際的に資源材料価格が急騰している。特に無鉛はんだに使用される金属材料の高騰は凄まじい。2011年5月6日時点における金属相場は、すず = 2476円/kg、銀 = 912,420円/kg、銅 = 750円/kg、となっている。今年の5

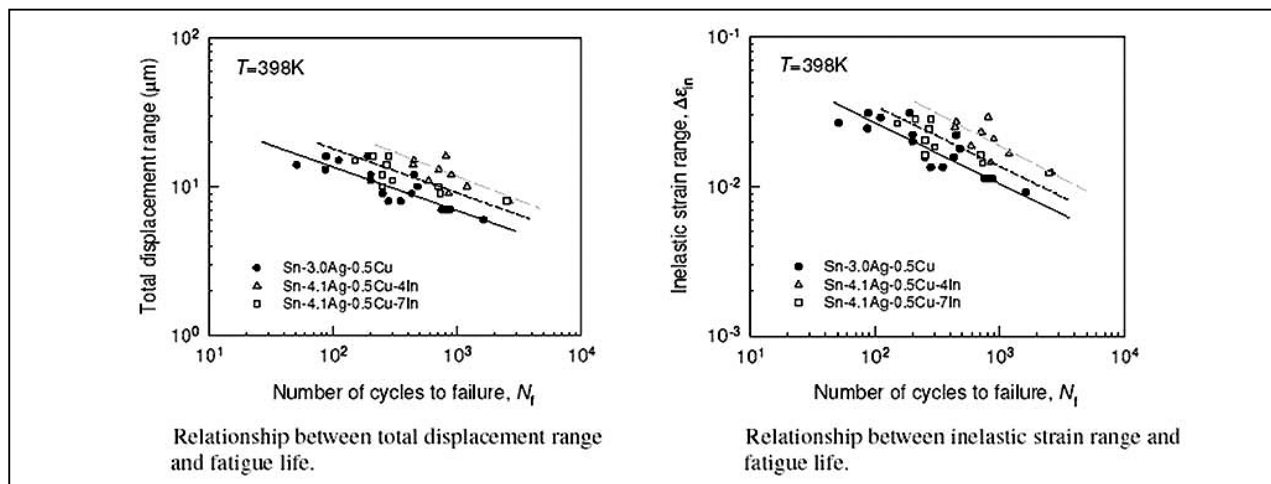


図7

月に入り、銀の価格はいくぶん下落しているが、一時は11万円/kgに届きそうな勢いであった。特に日本の電子電機産業は主にSAC305合金を使用してきたので、はんだ材料地金の価格高騰ははんだメーカーにも使用者側にも大きな影響を及ぼしている。

表3は2011年3月頃のSAC305合金のメタルコストである。コスト対策として『低銀型SAC合金』が開発されたが、低銀型SAC合金の融点はSAC305合金より大きく上昇し、Sn-Cu合金の融点との差はほとんどなくなった。逆に低銀型SAC合金の信頼性が問題視され、ユーザー(特にコスト優先の民生電気メーカー)はもはや『銀レス型無鉛はんだ』を再検討しはじめた。Sn-Cu合金の改良版ともいえるSn-Cu-Ni-Ge合金が脚光を浴びはじめ、筆者にも『組成元素が少なく、信頼性の高い無鉛はんだを紹介してほしい』という、特に大量なはんだ合金を消費するフロー(噴流)はんだ付け作業を行う電源メーカーや自動車のインパネ(計器パネル)はんだメーカー、事務機器メーカーからの要請が強い。これらのアセンブリメーカーははんだ結合部の信頼性の観点からSn-Cu合金をそのまま使えない背景がある。

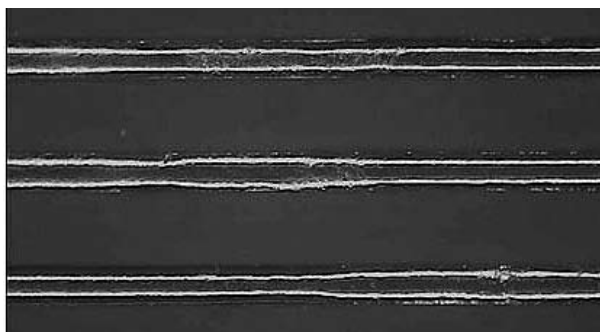


図8 Viromet合金の電気化学マイグレーション評価実験後の様子

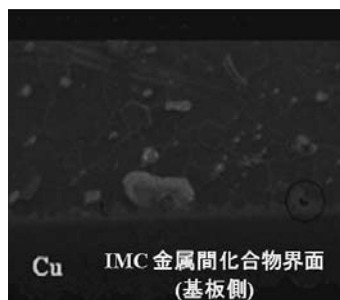


図9 1,000回の熱サイクル実験を経たViromet BGA結合部の切断面

本稿の文字数に制限があるので、Sn-Cuはんだ合金の特性説明を省きたい。ここで重点的に紹介したものはシンガポールアサヒ社が開発した画期的な『銀レス+高信頼性+低コスト』の無鉛はんだ合金SCS7合金である。『画期的』は決して大げさな表現ではない。SCS7合金の組成はSn-0.7Cuのベース合金に半導体材料であるSi(ケイ素)を添加してSn-0.7Cu-0.02Siの合金組成でSn-Cu合金の信頼性改良に成功した快挙である。同社はすでにこの合金組成の特許を取得しており、今後、高信頼性Sn-Cu系無鉛はんだ材料として普及するに違いない。このはんだの融点は227℃であり、Sn-Cuと同等でありながら、SnCu0.7はんだのすぐれた延性を示すだけでなく、室温環境及び高温環境の下ですぐれた機械的特性をもっている。SCSの疲労抵抗は、すす/鉛はんだと同等で、SCSはすす/銅合金の基本的問題を解決できる実力をもっている。

以下に、SCS7合金の特徴をまとめた。

- ① Sn-0.7Cuに元素Siを微量に添加するのでコストパフォーマンスが高い
- ② Si原子がSnCu0.7合金の組織構造を強化して、信頼性が高い
- ③ エイジングを掛けた後でも優れた機械的特性をもっている
- ④ 良い熱疲労耐性をもっている
- ⑤ ほとんどの部品表面処理の種類に関係なく優れたぬれ性を示す
- ⑥ はんだ槽や噴流ノズルに対する喰われ(エロージョン)の傾向が非常に低い
- ⑦ 基板パターン銅に対する浸蝕(溶け込み)速度が遅い

はんだメタルコスト (Sn-3.0Ag-0.5Cu)	
Sn(96.5%)	¥2,465/kg
Ag(3.0%)	¥2,864/kg
Cu(0.5%)	¥4/kg
合計	¥5,333/kg

表3 SAC305合金のメタルコスト(2011年3月頃)

⑧ぬれ性能がよく多層基板のめっきスルーホールのはんだ上がりが良い

⑨酸化しにくく、はんだの酸化カスの発生量が少ない

これは、冒頭で述べた無鉛実装の課題をいくつも解決できる『本命材料』の可能性が高い。事実上、このSCS7はんだ合金は、2006年発売以来、シンガポールアサヒ社の主な収益源となっており、海外では大手電機メーカーが次々と採用を決め、日本の電機メーカーも積極的に評価している情報もある。

液状のSCS7合金ははんだ付け設備のSUS鋼製部品に対する侵食性が大変低い上、回路基板の銅パターンに対する浸食も低いので、フローはんだ付け、特にポイント式噴流はんだ付けプロセスに大変適したはんだ材料といえる。SCS7合金のはんだペーストは十分な耐熱性能があるアプリケーションのリフロープロセスにも使用可能である。また、基板のHASL仕上げ処理、ディッピングプロセス、手付け/自動機はんだ付け、はんだ接合タッチアップなどのはんだ付け作業などにも使用可能である。

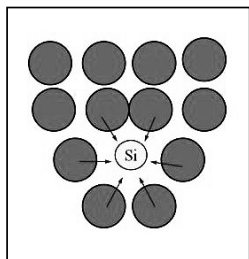


図10

元素	密度(g/ml)
珪素 (Si)	2.33
銀 (Ag)	10.5
銅 (Cu)	8.96
ニッケル (Ni)	8.90
錫 (Sn)	7.30

表4 元素周期表(抜粋)

1																	18
1	2											13	14	15	16	17	2
H	He											B	C	N	O	F	Ne
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Na	Mg	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	*1	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	*1	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	*2	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra	*2	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

表5 元素周期表

本稿では日本人技術者がもっとも関心示すケイ素 (Si) 添加による Sn-0.7Cu 合金の性能改善のメカニズムを紹介したい。

## 1.なぜケイ素(Si)を添加するのか？

ケイ素は地殻中にもっとも豊富にある元素であり、原料コストが低い上、毒性が非常に低い。研究によると、合金に微量のケイ素を正しく添加して合金の機械的信頼性を改善することができる。

## 2.SCS7にわずか0.02%のSiしか添加されないのに、なぜ改善効果が期待できるのか？

表4が示すように、ケイ素の密度は他の金属に比べて大変小さい。SCS7合金の中にケイ素の重量%は0.02%であるが、合金の中に添加されるケイ素原子は決して少なくない。表5の元素周期表にも示されているが、ケイ素は『炭素-C、ゲルマニウム-Ge、すず-Sn、鉛-Pb』と同じ14族の元素であり、ケイ素は同属のすず合金との相性が大変良い。日本ではSn-Cu合金にゲルマニウム(Ge)を添加する事例もある。しかし、噴流はんだ付けプロセスは大量にはんだ合金を使用するので、そのリサイクルを配慮すべきである。したがって、無鉛はんだ合金の組成元素は少ないほうが望ましい。SCS7合金は大変環境にやさしい材料といえる。

## 【8】SCS7合金組織構造の特徴

図11～14が示すように、Sn0.7Cu合金に比べてSCS7合金の結晶組織が細かく、特に125℃の環境におけるエージング実験の後、Sn0.7Cu合金の結晶組織が巨大化する一方、SCS7の結晶構造に巨大化現象がほとんど見られない。

筆者はSCS7合金の発明者からさらに詳しい説明を伺っているが、同社の企業秘密に関わるために、本稿で公開することはできない。かわりに、SCS7の信頼性評価データをいくつか開示し、本稿を終わりたい(図15～17)。

シンガポールアサヒ社の特許はSn-Cu合金にSiを添加する割合を最大0.12%までカバーしており、しかし、研究の結果、0.02%のSi添加はもっとも合金の信頼性を改善できるものである。

## [9]おわりに

2010年以降、無鉛はんだ実装は新しい局面を迎え、車載電子部品のBGA化など高信頼性の無鉛はんだが求められる一方、民生電子機器産業では『貴金属を使わない、安価且つ高信頼性の無鉛はんだ』へのシフトが始まっている。これを機に、産業界全体が一丸になって、国内・海外の垣根を取り除き、Viromet 合金やSCS7合

金のような本当に信頼性が高く、環境にやさしく、省エネに貢献できる無鉛はんだ材料を真剣に評価すべきであると思う。

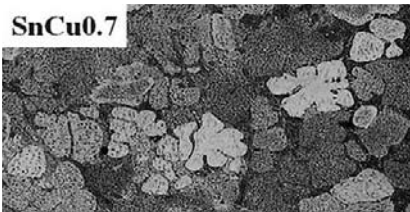


図11 通常状態下のSn0.7Cu合金組織

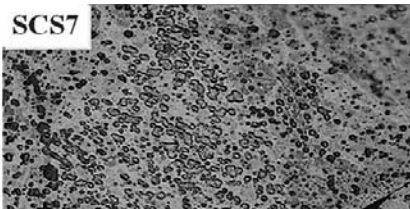


図12 通常状態下のSCS7合金組織

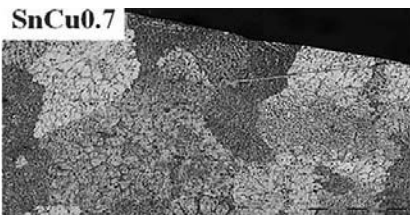


図13 125°Cエージング後のSn0.7Cu合金組織

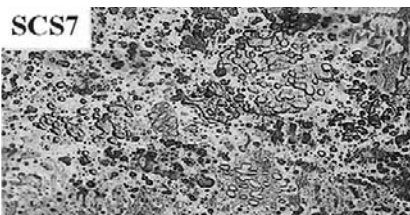


図14 125°Cエージング後の合金組織

Mechanical Properties under normal condition of SnCu Base Alloy

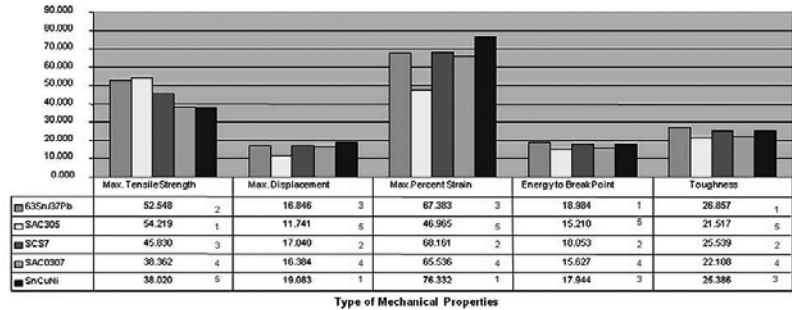


図15 機械的信頼性比較 (※)評価値は1(優秀)→5(悪い)の順番

Mechanical Properties After 96 Hours Ageing @125Deg C

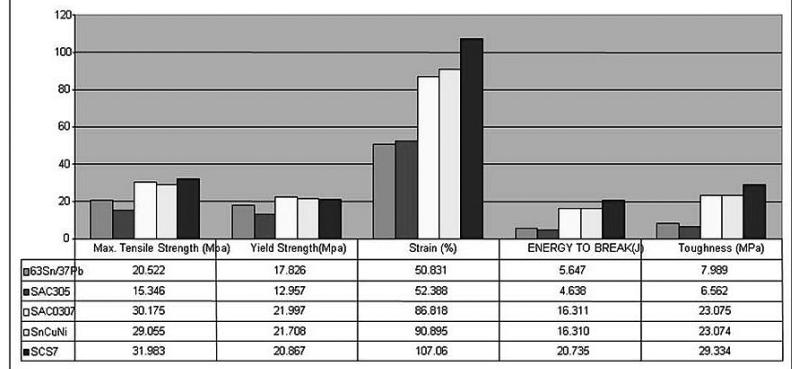


図16 高温エージング後の機械特性比較

Mechanical properties of Sn/Cu/XSi

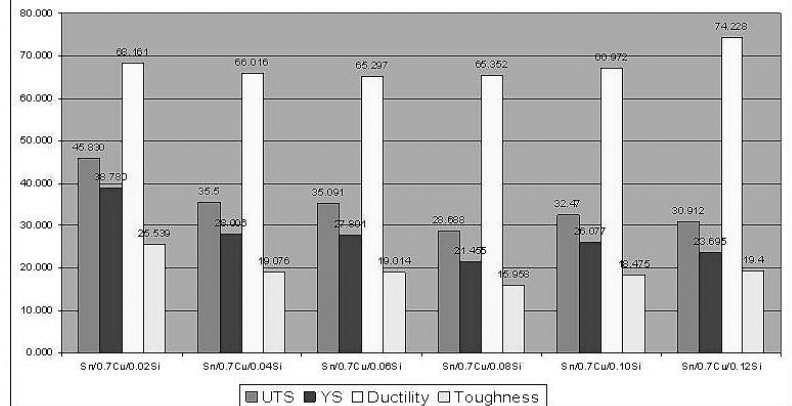


図17 Sn-Cu合金にSi添加の割合が機械的特性への影響