エレクトロニクス実装
―第二世代鉛フリーハンダ
JEITAリフロー用第二世代
低Ａｇ化目指し開発

群馬大学 理工学研究院 知能機械創製部門
マテリアルシステム理工学分野　教授
荘司　郁夫

エレクトロニクス実装用鉛フリーハンダは第二世代の実用化検討が活発になっている。ハンダ材料のコスト低減を目的に開発された低Ａｇ（銀）ハンダはフローからリフローまでさまざまなソルダリングへの展開が期待される。ここでは低Ａｇハンダの開発・標準化動向に加え、低温鉛フリーハンダの動向についても紹介する。

国内では主な鉛フリーハンダとして、Ｓｎ（スズ）―３Ａｇ―０・５Ｃｕ（銅）（ＳＡＣ３０５）が普及した。ＳＡＣ３０５のＡｇ含有率はわずか３％だが、Ａｇ地金相場の高騰に伴い、Ａｇの材料コストがハンダの材料コストの半分以上を占めるようになった。そのため、Ａｇ含有量を減じた低Ａｇハンダの研究開発が進められてきた。

実用化検討はハンダ使用量の多いフローソルダリングから進められた。２００５年７月―07年２月、電子情報技術産業協会（ＪＥＩＴＡ）で「第二世代フロー用ハンダ標準化」プロジェクトが実施され、低コストフロー用ハンダにＳｎ―０・３Ａｇ―０・７Ｃｕと、Ｓｎ―１Ａｇ―０・７Ｃｕ（ＳＡＣ１０７）の２組成が提案された。その後、実用化検討はリフロー用途へも展開。10年８月―12年10月実施の「第二世代リフロー用鉛フリーソルダペースト標準化」プロジェクトではＳｎ―１Ａｇ―０・７Ｃｕ―２Ｂｉ（ビスマス）が推奨組成として提案された。

一般的に低ＡｇハンダはＳＡＣ３０５に比べ、液相線温度（凝固開始温度）が高く、溶融温度域が広い。**表１**に代表的な低Ａｇハンダの溶融特性を示す。ＳＡＣ３０５と比較すると、低Ａｇ化に伴い液相線温度が上昇する。液相線温度の上昇はソルダリング温度の上昇をもたらすため、低Ａｇハンダの開発ではＳＡＣ３０５と同一条件でソルダリングできることが目標とされた。

そこで液相線温度の低下を目的に、ＢｉやＩｎ（インジウム）が添加された。ＳＡＣ１０７にＢｉやＩｎを添加すると、液相線温度はＳＡＣ３０５のそれに近づき、固相線温度も低下する。先のＪＥＩＴＡプロジェクトではリフローにおけるＳＡＣ３０５との互換性を優先し、Ｓｎ―１Ａｇ―０・７Ｃｕ―２Ｂｉが推奨組成とされた。

表１：低Ａｇハンダと ＳＡＣ305ハンダの溶融特性比較

ハンダ組成 (mass%)	固相線 温度(℃)	液相線 温度(℃)
Sn-1.0Ag-0.7Cu	217	224
Sn-0.3Ag-0.7Cu	217	227
Sn-1.0Ag-0.7Cu-2.0Bi	211	222
Sn-1.0Ag-0.7Cu-1.6Bi-0.2In	211	222
Sn-3.0Ag-0.5Cu	217	219

（ＪＥＩＴＡ環境調和型先端実装技術成果報告会2012および2013資料より）

図１は示差走査熱量測定による低Ａｇハンダの溶融温度測定例。図中の下向きの変化はハンダ溶融時の吸熱反応に対応する。ＳＡＣ３０５で吸熱量のピークは一つだが、低Ａｇハンダでは吸熱ピークが二つとなるツインピーク現象が見られる。ツインピークにより溶融温度域が広くなるため、低Ａｇハンダではソルダリング時にハンダが固相―液相の共存状態となる時間は長くなる。この特徴は表面実装においてチップ立ち不良を抑制する効果をもたらすことが報告されている。

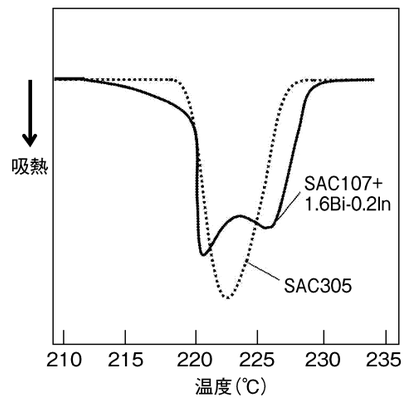

図１：低Ａｇハンダにおけるツインピーク

Ｂｉおよび―ｎの添加
熱疲労特性を向上

表２は微小試験片（直径０・５ミリメートル、標点距離２ミリメートル）を用いて評価した低Ａｇハンダの引っ張り特性。ＳＡＣ１０７へのＢｉ添加で、耐力および引っ張り強さともに上昇。２％のＢｉ添加ではＳＡＣ３０５より高強度になる。Ｉｎの微量添加も同様の効果が得られ、１％Ｂｉと０・２％Ｉｎの添加で、ＳＡＣ３０５並みの強度となる。

延性について、低ＡｇハンダはＳＡＣ３０５よりもやや劣り、伸びは２割程度低下する。数千倍程度の電子顕微鏡観察でＢｉはＳｎ相中に固溶され、ＩｎはＳｎ相と金属間化合物のＡｇ３Ｓｎ相中に固溶されることが確認されている。２％程度のＢｉおよびＩｎの添加は添加元素を生成相に固溶させ、ハンダを強化する。過剰なＢｉ添加は溶融温度域を拡大してソルダリング条件を難しくし、さらにハンダの延性も劣化させるため、添加量は２％程度が良い。

表２：低Ａｇハンダと ＳＡＣ305ハンダの引っ張り特性比較

ハンダ組成 (mass%)	0.1%耐力 (MPa)	引っ張り強さ (MPa)	伸び (%)
Sn-1.0Ag-0.7Cu	24.2	32.8	43.8
Sn-1.0Ag-0.7Cu-1.0Bi	28.0	43.0	27.6
Sn-1.0Ag-0.7Cu-1.0Bi-0.2In	31.2	44.8	29.4
Sn-1.0Ag-0.7Cu-2.0Bi	37.1	64.1	30.6
Sn-3.0Ag-0.5Cu	31.4	45.9	39.2

（試験温度：室温、歪み速度：2x10―3　S―1）

ＳＡＣより低融点低温系ハンダ
Ｓｎ―Ｂｉ系開発活発

低Ａｇ化でハンダ中に生成するＡｇ３Ｓｎ相が減少すると、Ａｇ３Ｓｎによる分散強化効果が小さくなり、ＳＡＣ３０５に比べ耐熱疲労性が劣化する。そのため、ＢｉおよびＩｎの添加は固溶強化による熱疲労特性の向上も期待される。

低Ａｇハンダを用いた表面実装部品の信頼性評価として熱疲労試験、落下試験、繰り返し曲げ試験などが実施されている。接合部の信頼性は部品や試験条件に依存するが、ＳＡＣ３０５と同レベルの信頼性を示す結果も得られており、低Ａｇハンダ導入の進行が期待される。

低温系ハンダの研究開発も継続的に行われている。従来のＳｎ―Ｐｂ（鉛）系ハンダの融点が１８３度Ｃだったことから、ＳＡＣよりも低融点の低温ハンダの開発要求は強い。低温ハンダとしてＳｎ―Ｂｉ系の研究開発が活発だ。Ｓｎ―Ｂｉ系はその共晶成分の融点が１３９度Ｃで、実装温度を高くできない製品に使用されてきた。共晶成分であるＳｎ―58Ｂｉは室温および高歪み速度における延性に乏しく、モバイル機器などで要求される耐衝撃性が課題。そこで延性改善に向け、第三元素の添加が検討された。中でも富士通研究所と大阪大学が共同開発したＳｂ（アンチモン）添加ハンダでは破断伸びが４倍程度も改善された。

Ｓｎ―Ｂｉ―Ｓｂハンダの信頼性は銅電極との接合部を中心に評価されてきた。ＢＧＡ接合部を用いた落下試験ではＳｂ添加によりミクロ組織が微細化すると、クラックの進展が抑制されることが確認されている。低温ハンダでは高温環境下で、接合界面での反応層の成長による信頼性の劣化が懸念される。試験温度が１２５度Ｃの場合、銅電極との接合部では界面反応の進行が速く、反応に寄与しないＢｉが接合界面に層状に濃化して信頼性を劣化させる。その対策としてＺｎの微量添加が検討されている。Ｚｎ添加で接合界面の反応層がＳｎ―Ｃｕ系からＣｕ―Ｚｎ系に変化し、Ｂｉ濃化層の生成が抑制される。ＳｂおよびＺｎの微量添加で先のＢＧＡ接合部の耐落下寿命がＳＡＣ３０５と同等になることが報告されている。

（次ページ下段に続く）

鉛フリーはんだフラックス洗浄システム
マイクロクリーナー ECO
専用洗浄剤マイクロクリン ECO-3002
＊VOC を約 70%カット！
＊1液洗浄システムで液管理ラクラク！
＊液の連続蒸留再生で低コストと廃液レス！
高導電性接着剤 TK ペースト
低銀含有 50wt%！ 低コストタイプ
低温無加圧焼結銀！ 高導電・高伝熱タイプ
低耐熱部材に最適！ 常温乾燥タイプ
当社オリジナル！ユニークな特殊形状銀粉がキー！
未来材料に挑戦する
化研テック株式会社
大阪府交野市森北1-23-2　TEL：072-894-2590　FAX：072-894-2592
http://www.kaken-tech.co.jp
250℃での焼結状（ポーラス状）

Chemicals for Electroless Plating 無電解めっき薬品
Treatment Chemicals for Printed Wiring Boards プリント配線板用処理薬品
Treatment Chemicals for Plating on Plastics プラスチックめっき用処理薬品
Chemicals for Metal Finishing 金属表面処理薬品
Treatment Chemicals for Aluminum Alloys アルミニウム合金用処理薬品
Glass Color for Firing 焼き付け用ガラスカラー
Lead-Free Glass Color 無鉛ガラスカラー
Chemicals for Electronics Parts / Components 精密電子部品材料
技術のオクノ
Outstanding Company, OKUNO
奥野製薬工業株式会社　OKUNO CHEMICAL INDUSTRIES CO., LTD.
Future Chemical Future Life
本社／〒541-0045　大阪市中央区道修町4-7-10　URL http://www.okuno.co.jp　E-mail kikakukaihatsu@okuno.co.jp
大阪表面処理営業部 TEL(06)6968-6931　国際部 TEL(06)6961-7802　東京支店 TEL(03)3912-9244　名古屋支店 TEL(052)871-1601
営業所／東北・信州・京浜・浜松・九州　総合技術研究所

半田マスキングパレット用（標準/静電気対策品）
ガラス繊維強化高耐熱エポキシ樹脂積層板
RICOCEL®
リコセル®
▲当社設計・加工品
薄底・薄壁でも十分な強度。設計・加工も承ります。
URL:http://www.risho.co.jp/
利昌工業株式会社
RISHO KOGYO CO., LTD.
SINCE 1921
東京 03-3272-3771　大阪 06-6345-8334　名古屋 052-582-2971

NS e-SOLDER LEAD FREE　your partner for soldering solutions
好評発売中！
ePaste ■ 汎用 鉛フリーソルダペースト
SN100C P504 D4
ダレ、サイドボールなど量産時の課題を解決！
錫銀銅系と同等の温度プロファイルで使用できる、SN100Cソルダペースト。未溶融の抑制、良好なぬれ性、安定した印刷性を示し、高密度実装に最適な汎用タイプ。
完全ハロゲンフリーシリーズ　ハロゲン元素（F,Cl,Br,I）を含有していません。
ePaste ■ 完全ハロゲンフリー 鉛フリーソルダペースト
SN100C P604 D4
活性力の向上により、ハロゲン入りと同等のぬれ上がりを実現！
新製品
eCore
優れた連続はんだ付性で作業効率向上！
溶融速度が速く、フラックス飛散を低減した、高信頼性はんだ。
■ 汎用 鉛フリーやに入りはんだ
SN100C (031)
新製品
eCore ■ 完全ハロゲンフリー 高作業性 鉛フリーやに入りはんだ
SN100C (044)
従来の完全ハロゲンフリーやに入りはんだと比べて、連続はんだ付性を約30%向上、作業性を重視した高信頼性やに入りはんだ！
NEXT ONE は、いつもスペリアから！
提案型開発品
Ag 食われを抑制する Sn-Zn 系はんだ LF-Z3
腐食に強い！ アルミ接合用新合金
高温鉛フリーソルダペースト SN100C7A
新素材で未来をつなぐ
株式会社 日本スペリア社
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目16番15号(NSビル)
TEL 06(6380)1121 / FAX 06(6380)1262
NIHON SUPERIOR
日本スペリア　検索
www.nihonsuperior.co.jp

UYEMURA
ウエムラは先端めっき技術をトータルに提供する開発提案型企業です。
低コスト実装技術へのアプローチ ― 最終表面技術 ―
トータルコストの削減 Lower total cost
はんだ実装信頼性 Solder soldering
耐マイグレーション Anti-migration
低接触抵抗 Low contact resistance
最終表面処理 Final finishing
ワイヤボンディング性 Bonding ability
耐腐食性 No corrosion
柔軟性 Ductility
無金ワイヤボンディング Pure Au wire bonding
鉛フリーはんだ実装 Lead free soldering
電気接点特性 Electric contact
ENIG　ENAG　ENEPAG　ENEPIG　EPIG
ウエムラでは、表面処理用薬品・機械・液管理装置、シミュレーション技術（ＣＡＥ）やウエムラグループ内のめっき加工会社からの現場ノウハウを駆使し、多様な製品・プロセスを提供いたします。
上村工業株式會社
http://www.uyemura.co.jp
本社　〒541-0045 大阪市中央区道修町3-2-6　☎06-6202-8871
支社　〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町12-7　☎03-5645-2525
支店　〒451-0044 名古屋市西区菊井1-20-11　☎052-571-5381
海外　米国・香港・深圳・上海・台湾・韓国・シンガポール・マレーシア・タイ・インドネシア