特集　はんだ技術

弘輝の先端ニーズに対応したはんだ技術

ハロゲンフリーソルダペーストと車載向け高信頼性はんだ合金

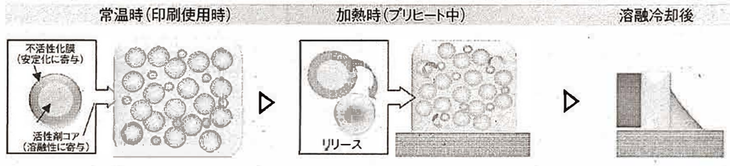
●市場の先端ニーズに対応する弘輝の取り組み

近年、電子機器の接合に対する市場要求が多様化している。モバイル市場では小型化に伴い、狭ピッチ・微細接合が進み、ウエアラブル端末市場では軽量化に伴う耐熱性低下から低い接合温度で実装され、車載市場ではエンジン制御による電子制御や、電気・ハイブリッド車におけるパワーモジュールの高機能化により、従来より長寿命で信頼性の高い接合材料が要求されるようになっている。一方で、環境に対する要求も2000年以降急速に増加し、RoHs指令公布によるはんだのPbフリー化が推進され、近年ははんだ付けに使用するフラックスのハロゲンフリーの需要も高まっている。

弘輝はそれら市場の先端ニーズにいち早く対応し、種々の製品を世に送り出してきた。今回は、特に要望の高い、標準Pbフリーはんだ SAC305合金ペーストの「ハロゲンフリーソルダペーストS３X58-M501」および、パナソニック（株）のはんだ合金技術と弘輝のフラックス技術で製品化した「車載向け高信頼性はんだ合金SB6NX」の概要を紹介する。

●ハロゲンフリーソルダペースト S３X58-M501

環境を配慮したハロゲンフリーへの動きが電子材料業界として進んでいる。ハロゲンは金属酸化膜を効率的に除去できるためハロゲンフリーでの高濡れ性能を発現することは従来困難であった。高濡れ性能を発現するためには、ハロゲン以外の活性成分を多量に添加する必要があるが、この場合貯蔵中にはんだ粉と活性剤が過剰に反応し消費されることによる濡れ性の低下や貯蔵安定性の低下、加熱後残渣中に活性剤が多量に残留することによって絶縁信頼性が低下することは避けられないものであった。弘輝では常温での反応性を抑えた形で活性剤を添加する方法（カプセル化技術）で上記の不具合に対処した。貯蔵中の反応による活性成分の消費を軽減することで多量添加の必要がなく、加熱時に活性剤成分が放出され、効率的に金属表面の酸化膜を除去することができる。反応後、活性剤は残さ中で再び不活性化するため絶縁性、腐食耐性といった信頼性確保に有効である（図１）。



〔図1〕カプセル化技術（モデル図）

◇酸化処理金属への優れた濡れ性

大気リフロー対応ソルダペーストS３X58-M501はハロゲンフリーでありながら、各種酸化処理基板に対して優れた濡れ性を示す。活性剤成分は低温領域から活性力を発動するものから高温領域で作用するものまで様々ある。低温領域では予熱での金属表面近傍の酸化膜を除去する効果がある。高温領域ではははんだ溶融時の酸化膜除去や再酸化の抑制効果として機能することで濡れ性への影響が大きい。M501では低温から高温域まで効果的に活性剤を配置し最適化した。さらに前述したカプセル効果により予熱段階で活性力が発動し金属酸化膜が除去されることで、本加熱で十分に濡れ性を発現することができる。

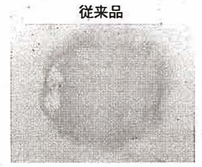
150℃のオーブンで16時間酸化処理を施した各種金属基板への濡れ広がり性試験では、従来品はディウェッティングが発生していることに対し、M501は良好な濡れ広がりを示す。濡れ不良が発生しやすい0603サイズチップ部品やCSPバンプなどの微細部の濡れ性、パワードランジスタやQFPといったリード部品に対してもしっかりと濡れ上がり接合信頼性を確保する。このように表面状態が好ましくない部品や基板を使用した場合でも安定した実装が可能となる（図２、３、４）。

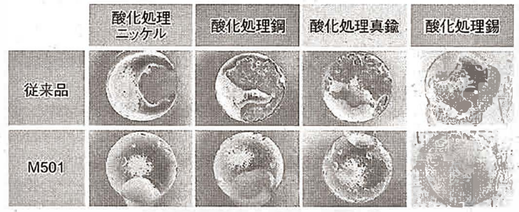
◇様々な部品に対するボイド低減効果

M501はボイド低減に対して効果的な設計をしているため、従来のハロゲンフリーソルダペーストの中でも低ボイド性に優れている。

一般的に予備加熱では溶剤の揮発が生じ、本加熱において溶剤の揮発の他に活性剤成分の分解ガス、金属酸化膜除去による還元水ガスが発生する。溶融時にはんだが酸化反応を受け続けることで還元ガスが発生すること、酸化を受けはんだの流動性が低下しボイドが排出されにくくなることからボイドが増加していた。

金属表面に対して濡れ広がり性に優れた添加剤を導入することでディウェッティング箇所がなく気泡が残留しない。耐熱性活性剤を導入することで溶融はんだの表面が被覆され、はんだの再酸化が抑制されることによって還元ガスや活性剤の分解ガスが低減した。

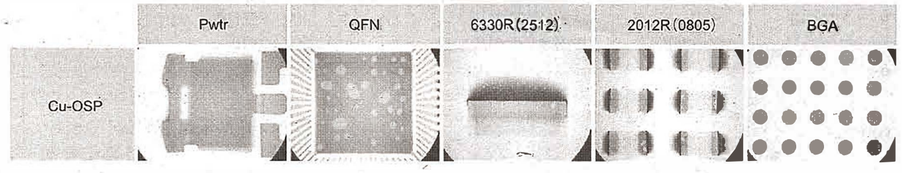




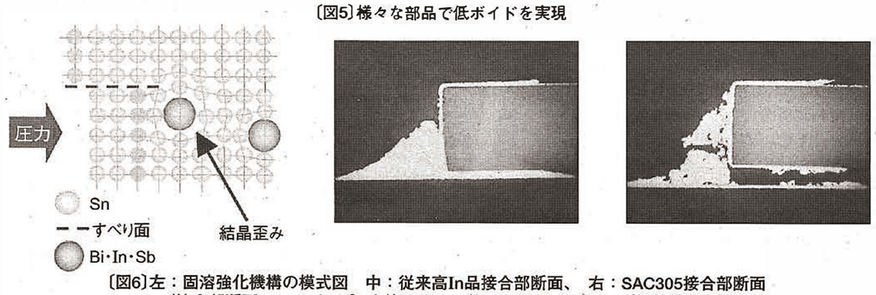
〔図3〕酸化処理金属板への濡れ性

〔図2〕予熱時の酸化還元作用

〔図4〕微細溶融性、真鍮への濡れ上がり



〔図5〕様々な部品で低ボイドを実現



〔図6〕左：固溶強化機構の模式図　中：従来高In品接合部断面、　右：SAC305接合部断面
（接合部断面：−40／125℃冷熱サイクル後の6330サイズチップ抵抗接合部）

はんだが酸化されにくいことで継続的に流動性を維持しボイドを排出し続ける。そのため、パワートランジスタおよびQFNといった大型部品からチップ部品やBGA、LGAまで低ボイドを実現している（図５）。

◇ハンドリング性、信頼性

貯蔵中の増粘を抑制し、乾燥に強いことから印刷安定性に優れている。活性剤添加量が適正化されていることから加熱溶融後は低腐食性かつ高い電気絶縁性を示す。このようにハンドリング性、接合信頼性、接合後信頼性を見ると従来ハロゲンフリーソルダペーストの中でも秀でた性能を有していると言える。

●車載向け高信頼性はんだ合金SB6NX

弘輝はペーストフラックス開発だけでなく、新たなはんだ合金の開発や採用に積極的に取り組んでおり、最新の高信頼性はんだ合金SB6NXについて紹介する。

エンジン周りの環境は氷点下からエンジン駆動温度までの温度差に繰り返しさらされることで、はんだ組織・接合界面は著しく変化し、熱疲労による接合部破壊に至る。ECUなどのエンジン周囲に使用されるはんだは民生品に比べ、接合寿命が長いはんだ合金が求められており、特に冷熱サイクル耐久性が重要になっている。

SAC305以上の耐久性にするために、機械的特性を改善する必要がある。その手段として固溶強化に着目し、Sn基合金に対し固溶しやすい元素を適切な量を添加することで、延性の低下を抑えて機械的強度の向上を図っている。

パナソニック（株）にてBi、Inを有効に添加したはんだ合金（JPN　PAT.#3040929）が開発され、弘輝のフラックス技術と組み合わせることでSn-3.5Ag-6In-0.5Biはんだを製品化し、約５年前から販売してきた。しかしながら、Inを多く含むはんだは接合対象の表面処理によっては信頼性に影響を受けることがあり、本稿ではその点を改善した最新のはんだ合金SB6NX（Sn-3.5Ag-6In-0.5Bi-0.8Cu）（JPN PAT.#5280520）について説明する（図６）。

◇接合界面の組織安定化による信頼性向上

はんだの接合信頼性ははんだ合金だけでなく、接合後の界面組織の状態に大きく依存する。

一般的なSn基はんだ合金は、接合界面でSnを含む化合物（IMC）層を形成する。このIMCは延性に乏しく強度が著しく高いセラミックス材料のような挙動を示すため、これが振動、衝撃や熱疲労における応力集中部となり、破壊の基点になることがある。

従来の高In系はんだでは、ENIG表面処理材料に接合することで、本来の信頼性を維持できない現象が見られた。これは、はんだ接合時に無電解Ni層の表層がはんだに溶融した際に、無電解Ni層に含まれる微量Pがはんだ中のInと反応し、In-P層を形成することで信頼性の低減を引き起こすものであった。

パナソニック（株）では従来品に界面安定化のためにCuを添加したSB6NXを開発し、In-P層形成を抑制することに成功した。これは、はんだ接合時に接合界面にCuを含む化合物層を形成することで、無電解Ni層のはんだへの溶出を抑制し、結果としてIn-P層の形成を最小限に抑えている。BGA搭載基板で基板落下衝撃試験によりENIG表面処理基板における従来の高Inはんだ合金とSB6NXの破壊モードを比較するとその差がより明確になる。

従来品で実装した場合、ENIG処理基板側の接合界面で破断し、SB6NXで実装した場合はBGA部品側の接合界面で破断する。

このことから、SB6NXはENIG表面処理品に対する接合界面組織に対しても接合強度を低下させず、表面処理に依存しない接合信頼性を達成している（図７、８）。

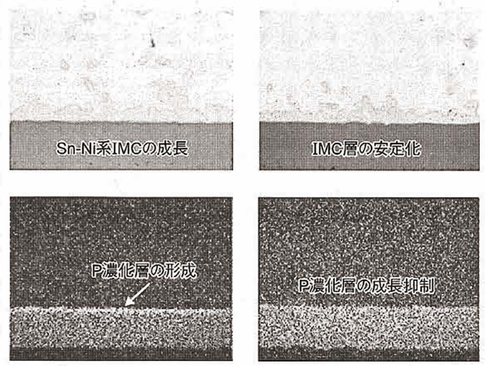
◇SB6NXのはんだ製品ラインアップ

弘輝は、SB6NX合金のはんだ製品として、標準ソルダペースト製品である「SB6NX58-500SI」をはじめ、残渣クラックレス技術を組み合わせた「SB6NX58-N300」、濡れ特性とはんだブリッジを改善したやに入りはんだ「SB6NX-72M」をラインアップに加え、お客さまのご要望にお応えしていく。

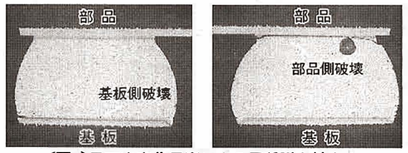
●弘輝の製品開発体制

今回紹介した製品以外にもソルダペーストを中心として、より高温耐久接合材、極低ボイドなど、より特化した製品開発も行っている。多くのお客さまの先端ニーズにいち早く対応出来るよう、将来的に高まってくるであろう需要を見すえた製品開発体制を整えている。

＜（株）弘輝＞



〔図7〕ENIG表面処理基板接合界面におけるP濃化層の成長抑制
上段：SEM像　下段：EDXによるP元素マッピング分析
左：従来品、　右：SB6NX
150℃×500時間保持後において



〔図8〕界面安定化元素による衝撃耐久性向上
左：従来品、　右：SB6NX
ENIG基板-BGA（SAC305ボール）接合部
150℃×500時間保持後において