

高信頼性鉛フリーソルダペースト「SN100C P500 D4」と リニア型リフロー温度プロファイルのご紹介

株式会社日本スペリア社
国内営業部 東京営業所
山部英喜

1. 序 文

弊社が開発した Sn-0.7Cu-0.05Ni+Ge 組成の高信頼性鉛フリーはんだ「SN100C」は、民生用機器に量産採用されてからすでに9年を迎える高い信頼性実績を誇る鉛フリーはんだ合金である。液相線温度は 227℃と Sn-3.0Ag-0.5Cu より約 8℃高いため、基板全体を加熱するリフロー実装工法には不向きと考えられがちだが、実際にはリフロー実装での実績も多い。以下に SN100C 合金の信頼性に優れた特長、及び溶融性を改善した新製品ソルダペースト「SN100C P500 D4」の紹介と、Sn-3.0Ag-0.5Cu ソルダペーストと同等のピーク温度 (240℃) で SN100C ソルダペーストをリフローする際のリニア型推奨温度プロファイルについて説明する。

2. SN100C の合金特性

Fig. 1 は SN100C、Sn-3.0Ag-0.5Cu (以下 SAC305 と表記する)、Sn-37Pb の合金特性について簡単にまとめたものである。

	SN100C	Sn-3.0Ag-0.5Cu	Sn-37Pb
融点*1	227	218-219	183
比重	7.4	7.4	8.3
引張強度 *2	32	50	44
伸び率 *3	48	32	25
クリープ強度 *4	>300	>300	3

*1 : °C

*2 : MPa、10mm/min. (25°C)

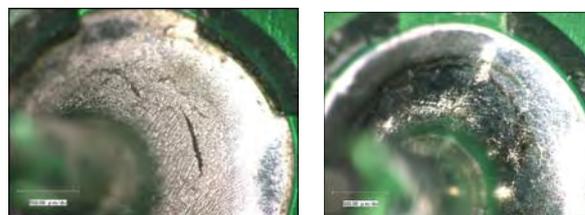
*3 : %、10mm/min. (25°C)

*4 : hrs、150°C、荷重 1Kg

Fig. 1 各種合金の特性

以下に SN100C の合金自体の特長について、ポイントごとに簡単に解説する。

(1) 凝固時に引け巣を抑制し、フィレット表面に光沢がある



SAC305

SN100C

Fig. 2 フィレット表面の比較

Fig. 2 は SAC305 はんだと SN100C のフィレットである。SAC305 (写真左) のフィレット中央には大きな引け巣が見える。このような表面状態では外観検査での良否判定がしづらいだけでなく、振動等によって引け巣を起点としてクラックを引き起こす要因ともなる。対して、SN100C (写真右) は共晶組成であることに加え、Ni の添加効果により金属間化合物の粗大化が抑えられ、表面には引け巣がなく全体に光沢がある。

(2) 伸びが良く、柔軟性に優れる

はんだ接合部には、熱、振動、落下衝撃等様々な形で応力がかかる。はんだに伸びがあり柔軟性に優れているとこれらの応力をはんだ自身が緩和し、接合界面 (合金層) や基板、部品への応力を軽減することができる。ここで大事な特性は、はんだの伸び率である。Fig. 1 にあるとおり SN100C の伸び率は Sn-37Pb 共晶はんだの約 2 倍、SAC305 はんだに対して 1.5 倍と、この中では最も伸びの良いはんだ合金である。

(3) 安定した合金層の形成と成長の抑制

はんだが母材にぬれる際には金属間化合物による合金層が形成される。合金層が形成されなければはんだ接合はできないが、この金属間化合物は硬くて脆い性質で破断しやすい。また、常温に於いても成長し、高温に於いてはさらに成長速度が加速される。Fig. 3 は SN100C と SAC305 の合金層の断面写真である。銅箔へのはんだ付けで、上段がリフロー 2 回後、下段が 2 回リフローした後に 125°C で 500h 放置後の写真である。

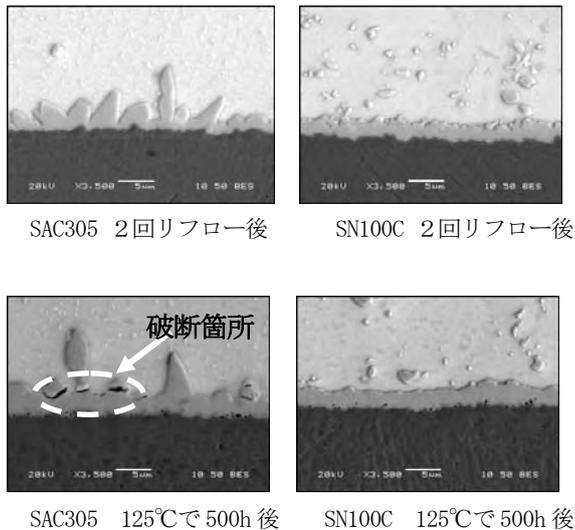


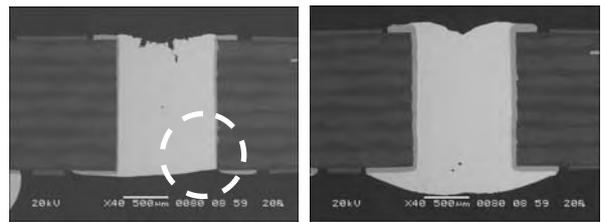
Fig. 3 合金層成長の違い

左下写真 SAC305 には金属間化合物 (Cu_6Sn_5) が細長く成長した部位で応力による破断が見られる。SN100C でののはんだ付けでは $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ の合金層が形成される。形状的に破断しにくいフラットな形状であり、また、その成長も抑制されていることがわかる。

(4) はんだによる銅食われが少ない

鉛フリーはんだは一般的に Sn リッチ組成であるため銅のパターンやリード線が溶食されやすい。リフロー実装では銅食われが問題になるケースは少ないが、フローやコテ付け (特にリワークやタッチアップ時) には注意が必要である。

SN100C は先に説明した合金層 $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ のバリア効果により銅食われが少ない。Fig. 4 はスルーホール部の SN100C と SAC305 の銅食われテストの結果である。部分噴流槽を使い、はんだ付け条件は 260°C で 20sec. とし、基板は OSP の両面スルーホール基板を使用した。噴流の流れは写真左から右で、SAC305 では右側コーナー部分の食われが特に大きく、完全に溶食されて無くなっている。対して SN100C は銅食われが非常に少ないのがわかる。



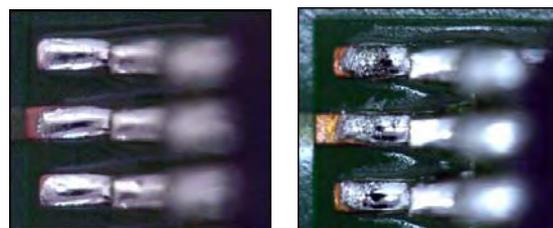
SAC305 260°C 20sec. SN100C 260°C 20sec.

Fig. 4 銅食われテスト結果

3. ソルダペースト「SN100C P500 D4」について

前項で SN100C 合金の優れた信頼性について述べた。特に合金の伸びが良いことと接合界面における合金層が安定していることはリフロー実装での接合信頼性に於いて重要なポイントである。高密度実装になるほど部品電極やランドの微細化によって、接合部のはんだ量や接合界面の面積が減少する。また、部品や基板の厚みも薄くなり、曲げ、たわみといった応力も加わりやすい。特にモバイル製品では、落下による衝撃を受ける可能性も高くなる。これらの応力を緩和し高い接合信頼性を確保するために、はんだの伸びが良く柔軟性があり、凹凸が少ない安定した合金層を形成し、その硬くて脆い合金層の成長を抑制する SN100C の特長が有効に作用するものと考えられる。弊社では今年 1 月にこの高信頼性鉛フリーはんだ合金 SN100C を使用したソルダペーストの新製品として「SN100C P500 D4」をリリースした。従来品に比べてはんだの溶融性及びぬれ性を向上させ、残渣割れを低減させた製品である。

(1) 溶融性に優れはんだボールを抑制



SN100C P500 D4 SN100C 従来品ペースト

Fig. 5 従来品との比較 (溶融性)

Fig. 5 は 0.4mm ピッチ QFP を昇温速度 1.5°C/sec.、ピーク温度 240°C、227°C 以上を 50sec. 保持するプロファイルでリフローしたフィレットの外観である。従来品では溶融不足ぎみとなっているが、SN100C P500 D4 は確実に溶融しており、光沢のあるフィレットが形成されている。

(2) 黄銅、Ni に対するぬれ性が良好

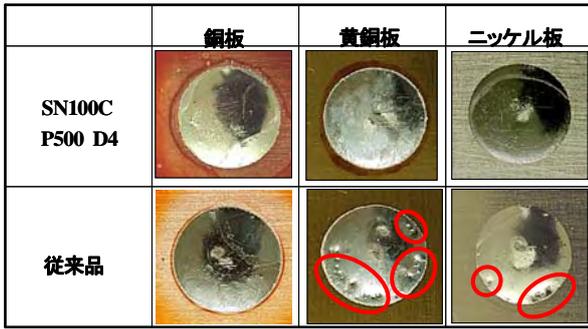


Fig. 6 従来品との比較 (黄銅、Ni へのぬれ性)

黄銅や Ni に対してのぬれ性も従来品より向上している。Fig. 6 下段の写真、従来品では黄銅板と Ni 板でディウェッティングが発生しているが、写真上段の SN100C P500 D4 ではディウェッティングがなく良好なぬれ広がりとなっている。

(3) 残渣割れを低減

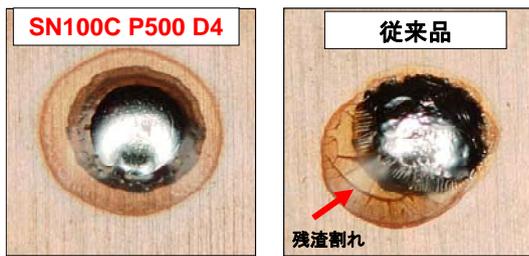


Fig. 7 従来品との比較 (残渣割れ)

フラックス残渣は従来品よりも透明感をアップし、割れにくいものとなっている。

(3) 安定した印刷性を持続

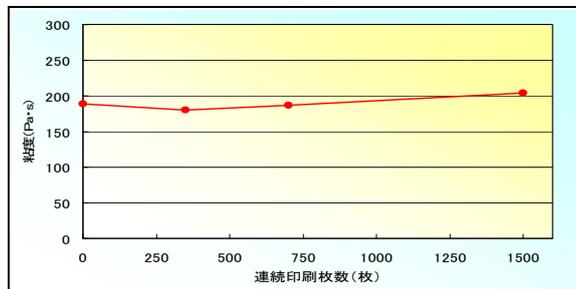


Fig. 8 SN100C P500 D4 連続印刷性試験

SN100C P500 D4 の連続印刷性について評価を行なったところ、約 1500 枚まで大きな粘度変化が無く、安定した印刷性が得られた。(Fig. 8)

4. SN100C P500 D4 推奨温度プロフィール

SN100C の融点は SAC305 の液相線温度に比べ約 8°C 高い 227°C で、リフローピーク温度もその分高くする必要がありと考えられがちだが、実際には温度プロフィールの設計次第でピーク温度を上げずに (SAC305 と同等のピーク温度約 240°C) 良好なはんだ付けをすることが可能である。以下にその推奨リニア型温度プロフィールについて紹介する。

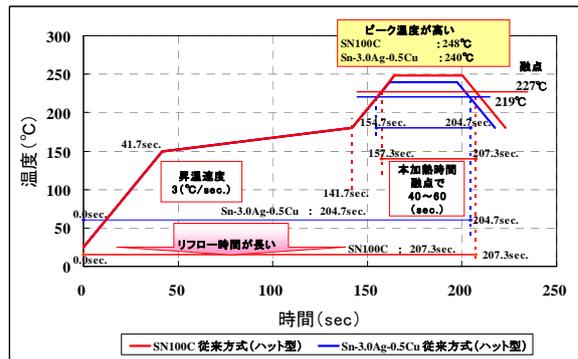


Fig. 9 従来 (ハット) 型温度プロフィール

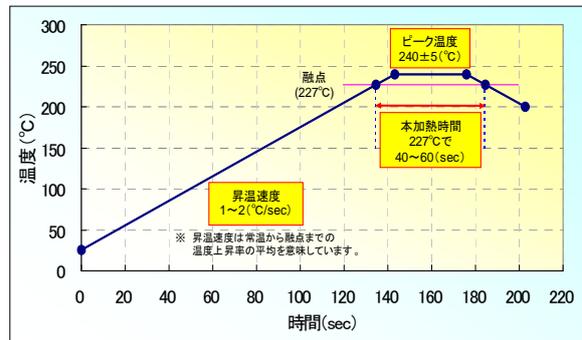


Fig. 10 SN100C P500 D4 推奨リニア型温度プロフィール

一般的に Fig. 9 のようなハット型リフロー温度プロフィールが採用されている。プリヒートゾーンで ΔT を抑えるためフラットな温度勾配の部分を経て、本加熱に入る形のリフローカーブとなっているが、融点が高い鉛フリーはんだでは、このフラットな予熱部分の高温環境を長時間維持するため、フラックスの活性力を消耗させてしまうことになる。

Fig. 10 は、SN100C P500 D4 の推奨温度プロフィールである。ハット型温度プロフィールとの大きな違いはプリヒートでフラットなゾーンを作らずに、立ち上がりから融点・ピーク温度まで直線的に温度上昇させている点である。このためフラックスへの負担が減り、

本加熱突入時にフラックスの活性力を最大限活用でき、ピーク温度を高くしなくても良好な実装品質を得ることができる。弊社ではこの形状の温度プロファイルを「リニア (Linear : 直線的) プロファイル」と呼んでいる。このプロファイルの利点は次の通りである。

(1) 加熱ダレを抑制

ハット型プロファイルでは、リフローへ投入時からプリヒートまでの立ち上がり部分の昇温が通常約 3°C/sec. と急激であるため、加熱ダレが生じやすい。リニア型では昇温速度が 1~2°C/sec. と緩やかであり、加熱ダレを生じにくい。

(2) はんだ溶融速度が速い

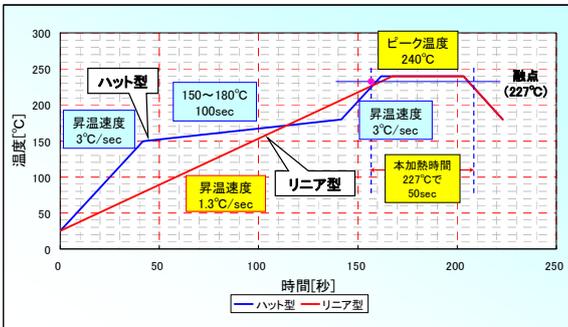
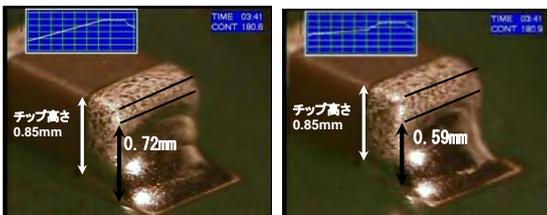


Fig. 11 融点までの時間を合わせた実験プロファイル

SN100C P500 D4 を用いてはんだ付け部分がはんだの融点 227°Cに達するまでの時間を合わせてハット型とリニア型プロファイルでのリフローを行なった結果、はんだの溶融速度はハット型よりリニア型の方が約 5sec. (約 30%) 速かった。これは 170°C以上での加熱量がリニア型の方が大きいためと考える。(Fig. 11)

(3) むれ上がりが良好



リニア型プロファイル ハット型プロファイル

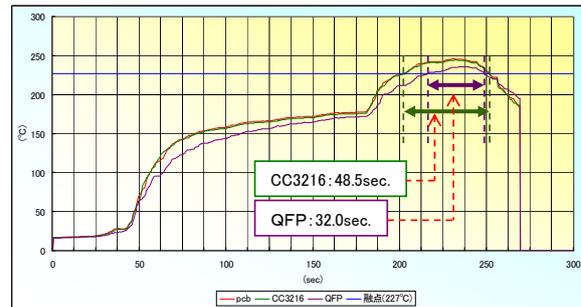
Fig. 12 プロファイルの違いによるチップへのぬれ上がりの差 (チップ高さ : 0.85mm)

また、上記の比較実験でチップ部品へのはんだのぬ

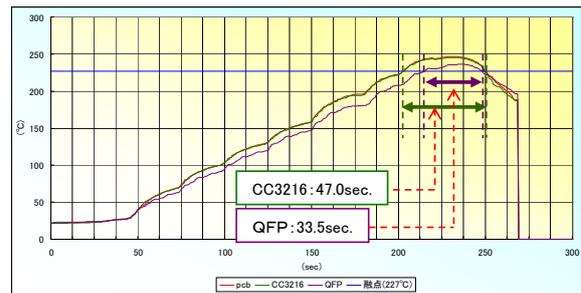
れ上がりを比較すると、リニア型はハット型よりも約 22%ぬれ上がりが良いことが確認された。リニア型はハット型に比べ加熱ダレが小さいためフラックスの流れ出しが少ないことに加え、融点以上の温度領域での活性力残存の差がぬれ上がりの違いを生じている。

(Fig. 12)

(4) 基板内融点 (227°C) 保持時間のバラツキを抑制



従来 (ハット) 型温度プロファイル



推奨リニア型温度プロファイル

Fig. 13 温度プロファイル別、基板内融点保持時間バラツキの違い

基板には熱の上がりやすい部品、上がりにくい部品が混載されており、融点以上の温度保持時間にバラツキが生じる。ハット型のプロファイルよりもリニア型の方が約 8%バラツキが小さく、安定した溶融接合ができることがわかった。

また、SN100C P500 D4 のリフローはんだ付けで、はんだを溶融し安定した合金層を形成するためには、融点 (227°C) 以上の保持時間が約 40~60sec. 必要である。(Fig. 13)

※製品についての問い合わせ先

(5) リフロー時間を短縮できる

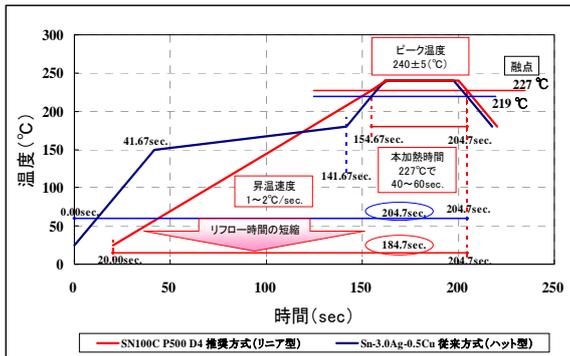


Fig. 14 リフロー時間の比較

Fig. 14 は SN100C P500 D4 の推奨リニア型温度プロファイルと従来のハット型プロファイルを重ねたものである。リニア型では全体のリフロー時間がハット型より約 10%短縮できるため、使用するリフロー炉のゾーン数を減らしたり、タクトの短縮が可能である。

5. おわりに

9 年間の量産実績を誇る高信頼性鉛フリーはんだ SN100C 合金の液相線温度は SAC305 より約 8°C高いが、溶解性を改良した新製品ソルダペースト「SN100C P500 D4」とリニア型温度プロファイルによって、SAC305 と同等のピーク温度約 240°Cで理想的な表面実装が実現できた。

参考文献

1. “「Sn-0.7Cu-0.05Ni+Ge」 はんだ合金について” 山部 2007 年 マイクロ接合研究委員会 ソルダリング分科会
2. 2008 年 INJ セミナー “高信頼性鉛フリーはんだ Sn-0.7Cu-0.05Ni+Ge について” 山部
3. “鉛フリーはんだを用いた BGA パッケージの耐衝撃性評価” 西村、末永、宮岡、関 2007 年 MES2007
4. “Sn-Cu-Ni 系及び Sn-Ag-Cu 系鉛フリーはんだを用いた BGA 接合部の信頼性” 関、宮岡、末永、西村 2008 年 Mate2008

株式会社日本スペリア社

URL : <http://www.nihonsuperior.co.jp>

本社 : 大阪府吹田市江坂町 1-16-15

TEL : 06 (6380) 1121

東京 : 東京都江東区木場 2-7-15

TEL : 03 (3642) 5234

名古屋 : 愛知県名古屋市中区昭和区福江 2 丁目 5-4-802

TEL : 052 (882) 6011