

Sn-Ag-Cu 鉛フリーはんだを採用したノート型 PC 実装技術と信頼性

Sn-Ag-Cu Alloy Lead-Free Soldering Technology and Reliability of Latest Notebook PCs

小川 英紀

OGAWA Hideki

高橋 邦明

TAKAHASHI Kuniaki

槇田 貞夫

MAKITA Sadao

鉛フリーはんだによる実装技術開発は、まず(Sn)-銀(Ag)-銅(Cu)鉛フリーはんだペーストをノート型パソコン(PC)のプリント配線板に採用するために、プリント配線板の試作による接合信頼性評価などを中心に進めてきた。しかし、Sn-3.0Ag-0.5Cu はんだペーストは融点が高く、必然的にリフロー温度が上昇し、電子部品への熱ダメージが心配される。現状では、電子部品の鉛フリー対応の過渡期にあり、耐熱性が確認されていない部品も多い。そこで、製造プロセスの最適化による部品耐熱性や接続信頼性の確認などを行い、2001年10月に発表された“DynaBook_{TM} SS4000”のシステムボードへ鉛フリーはんだペースト適用を実現した。

This paper describes the adoption of Sn-Ag-Cu alloy lead-free solder paste for the printed circuit boards (PCBs) of notebook PCs. Since the melting point of lead-free solder paste is higher than that of Sn-37Pb alloy solder paste, the reflow peak temperature of the PCB also becomes higher. Attention must therefore be paid to the heat-resistance reliability of electronic devices.

We investigated the heat-resistance reliability of electronic devices and confirmed the soldering joint reliability of PCBs in which the lead-free solder paste was used. The lead-free solder paste was adopted for the system board of the DynaBook_{TM} SS4000 notebook PC.

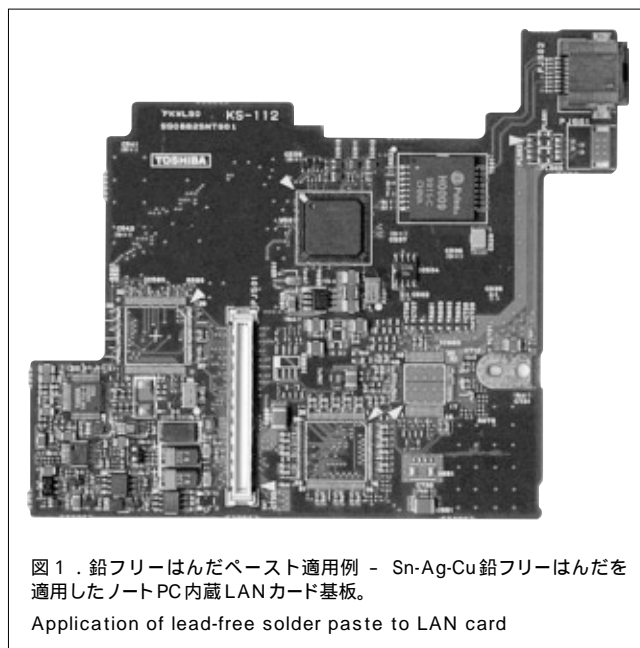
1 まえがき

2001年4月、日本国内では特定家庭用機器再商品化法(通称:家電リサイクル法)が施行され、指定機種4品目(エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機)のメーカーによるリサイクルが始まった。一方、欧州では5月に、家電・電子製品のリサイクル関連法案が欧州議会で可決された。これには有害物質の使用禁止項目が含まれており、2007年から、鉛、水銀、カドミウム、六価クロムなどが使用禁止となる。

このような社会的背景の中、2000年3月に発表された当社の第3次ボランタリープランでは、2003年度までに全製品で鉛(Pb)を含まないはんだ(以下、鉛フリーはんだ)を採用することを最終目標に定めている。

2001年2月には、B5サイズノート型PC“DynaBook_{TM} SS3490”に内蔵のサブボード(図1)を、6月には2.5インチ磁気ディスク装置(HDD)(一部機種)のプリント配線板に96.5mass%Sn-3.0mass%Ag-0.5mass%Cu(以降、Sn-3.0Ag-0.5CuのようにSn以外の添加量を表記し、mass%は略す)はんだペーストを採用した。

しかし、Sn-3.0Ag-0.5Cu はんだペーストは融点が高く、必然的にリフロー温度が上昇し、電子部品への熱ダメージが心配される。現状では、電子部品の鉛フリー対応の過渡期にあり、耐熱性が確認されていない部品も多い。ノートPCの



システムボードは多種多様で、多数の部品が搭載されており、これらの耐熱性の確認・対応を検討していかなければ、鉛フリー化は非常に難しくなってくる。

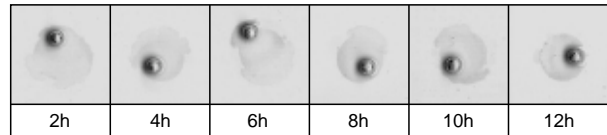
そこで、実際にプリント配線板をSn-3.0Ag-0.5Cu はんだペーストを用いて製造し、耐熱性や接続信頼性の確認を行い、

DynaBook™SS4000のシステムボードへの鉛フリーはんだ適用を実現した。

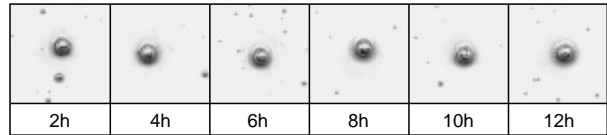
2 鉛フリーはんだペースト開発

鉛フリーはんだによるリフロー実装の実現にあたり、まずははんだペースト選定のための基礎特性評価を実施した(表1)。リフロー実装するうえで、タック力(ペーストの持つ粘着力)が高い、ステンシルライフが長い、はんだボールが少ない(小さい)、などをポイントとして、製造プロセスに合わせた条件で評価を行い、結果をはんだペーストメーカーにフィードバックして改善し、Sn-37Pbはんだペーストとほぼ同等性能を持つはんだペーストが開発できた。図2にタック力試験結果、図3にはんだボール試験結果の例を示す。いずれもA社が優れる結果となった。図2では、A社が、常温(25℃/50%RH(相対湿度))、加湿(30℃/90%RH)条件ともに、印刷後の放置時間が各目標時間(常温:24h、加湿:8h)経過しても、初期タック力(0h)から大きく低下していないのに対し、B社は特に加湿条件において著しい低下を示した。また、図3でも、A社は放置時間12hにおいても、溶融時のはんだボール発生はほとんど見られないが、B社は放置時間2hで既にはんだボール発生が見られる。

また、当社3工場の製造ラインの温湿度を1年間測定し、



A社



B社

図3. はんだペースト基礎特性評価結果(はんだボール) - 30℃/90%での放置時間(h)でメーカーにより差が出てくる。B社は凝集したはんだの周囲に、はんだボールが散在しており、不良である。

Evaluation of basic characteristics of solder paste (state of solder ball)

それを基に製造時環境を模擬した連続印刷及び放置試験を実施することで、現行量産用Sn-37Pbはんだペーストと同等以上の性能を備えることが確認できた。その環境放置試験結果を図4に示す。グラフの一番奥が初期タック力(印刷及び放置時間0h)で、手前に向かって印刷及び放置時間経過によるタック力変化を示しているが、いずれの温湿度条件においても時間経過による大きなタック力低下は見られず、十分な性能を備えていると判断した。

表1. はんだペースト基礎評価項目

Items for basic evaluation of solder paste

基礎特性評価による選定項目(JIS評価方法を参考に条件を見直し)

- | | | |
|-----------|-------------|------------|
| ・合金組成 | ・だれ性試験 | ・シェルライフ |
| ・はんだ粒径調査 | ・加熱だれ性試験 | ・ステンシルライフ |
| ・タック力試験 | ・ぬれ性試験 | ・温湿度条件付加試験 |
| ・はんだボール試験 | ・マイグレーション試験 | ・接合信頼性評価 |

3 部品の耐熱性

Sn-3.0Ag-0.5Cuはんだペーストは融点が約220℃と高く、リフロー温度の上昇は避けられない。このはんだペーストを採用したサブボードとHDD用プリント配線板は、製造時の大きさがA5サイズほどで実装部品点数も少ないため、リフロープロファイル条件の温度バラつきが少なく、予備加熱温度や本加熱ピーク温度をそれほど上昇させずに、十分なりフローはんだ付けが可能である。

しかし、ノート型PC用のシステムボードになるとB5~A4サイズほどになり、実装部品点数も非常に多くなってくる。また、BGA(Ball Grid Array)など熱容量の大きな部品が載っているため、はんだ付けに十分な熱量を与えようとすると予備加熱、本加熱温度を上げ、加熱時間が長くなる傾向にある。したがって、搭載される部品の耐熱性が問題となってくる。

当社では、今回紹介するDynaBook™SS4000のシステムボードにSn-3.0Ag-0.5Cuはんだペーストを採用するにあたり、部品耐熱性確認用要求リフロー温度プロファイル条件を設定している(図5)。予備加熱温度150~190℃、時間110~150s、本加熱温度225℃以上(ピーク245℃)、15~60sとし、この温度プロファイルでリフロー実装したときに問題が

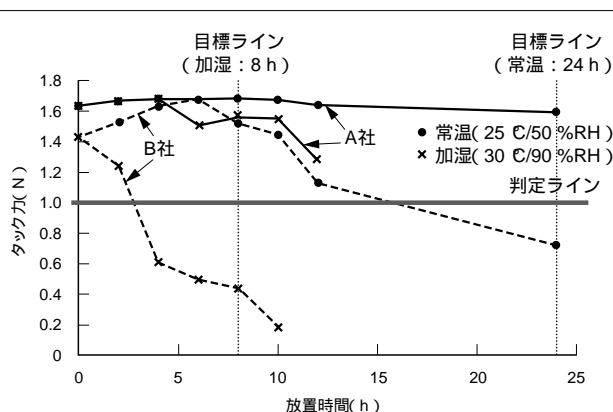
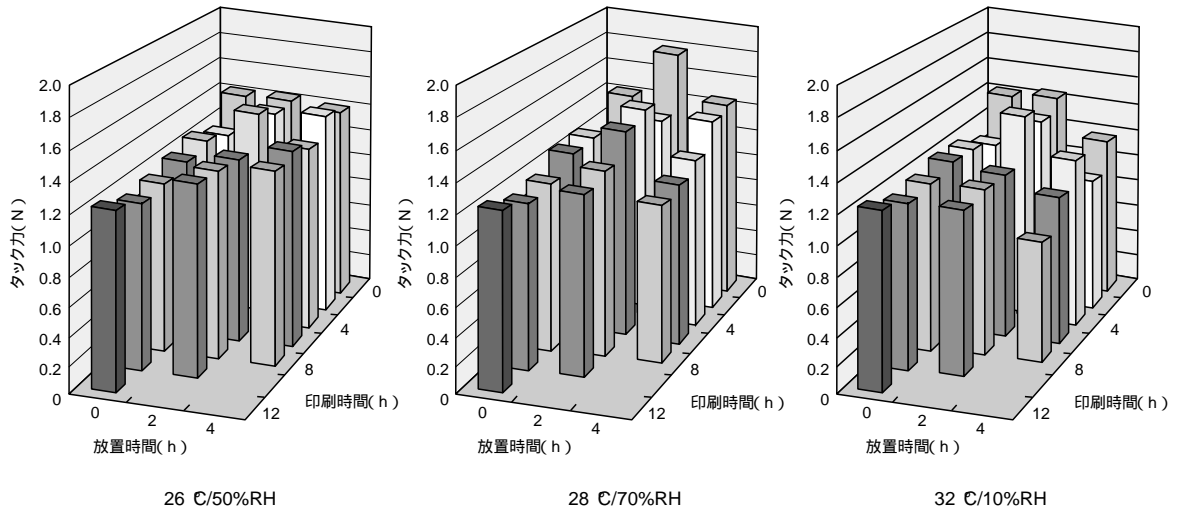


図2. はんだペースト基礎特性評価結果(タック力) - 常温24h、加湿8hまで大きなタック力低下がないこと、及び1N以上が必要である。

Evaluation of basic characteristics of solder paste (tackiness)



印刷時間：はんだペーストを印刷機に投入後、入替え・継足しなしで連続印刷したときの経過時間を想定
 放置時間：印刷機で印刷後、部品実装されるまでの時間を想定

図4．環境放置試験結果 - 温湿度条件によらず安定したタック力を示すSn-Ag-Cu鉛フリーはんだペーストが得られた。
 Change in tackiness with passage of time

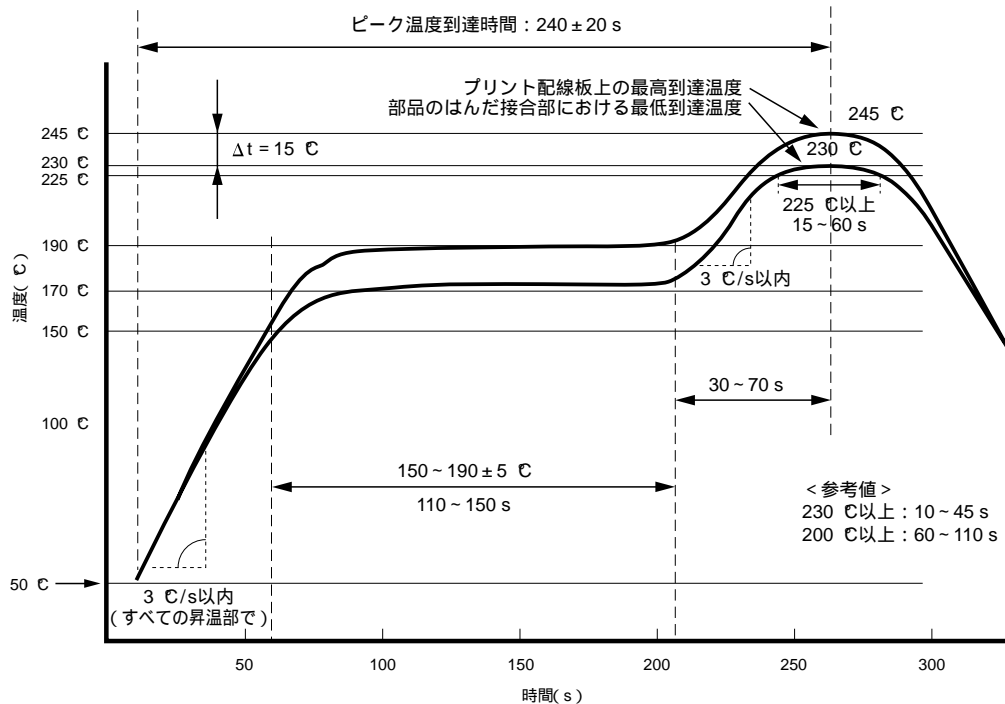


図5．要求リフロー温度プロファイル - 部品ベンダーに対し提示したリフロー温度条件。これでリフロー2回を要求している。
 Requirements for reflow temperature profile

ないが、部品メーカーに対し表2の前処理条件で調査・確認を依頼した。CPUやチップセットパッケージはインテル社と共同で耐熱性評価を行い、問題のないことを確認した。

また、部品個別の耐熱性確認だけでなく、実際にPCのシステムボードを鉛フリーはんだペーストで量産前に先行し

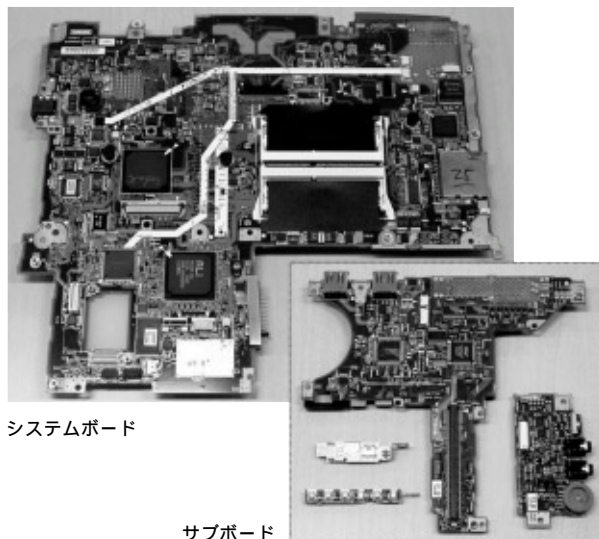
て製造し、動作や耐熱問題がないか確認を行った。DynaBook_{TM} SS4000のプリント配線板外観を図6に示す。このプリント配線板の主要な部品について試作時に温度測定を行ったところ、プリント配線板上でもっとも高温になる部品が245°Cのとき、ほとんどの部品は240°C以下、CPUな

表2. 部品耐熱性の要求条件

Requirements for heat resistance of parts

| | 前処理 | 温度 |
|-------|---|---|
| リフロー用 | JEDEC レベル3相当(最低条件) 吸湿条件 ① プリベーク 125℃, 24h ② 吸湿 30℃/60%RH, 192h 又は, 60℃/60%RH, 40h ③ リフロー 2回以上 | はんだ付け部 225℃以上, 60s プリント配線板表面最高 245℃ピーク 図5(要求リフロー温度プロファイル)参照 |
| フロー用 | ① プリベーク 125℃, 24h ② 吸湿 30℃/80%, 24h ③ フロー 2回 | フローはんだ浸せき 260℃ピーク, 5s |
| 手付用 | なし | こて先温度 380±10℃, 3s (参考) はんだ付け部(部品電極部) 260±10℃, 3s |

JEDEC: Joint Electron Device Engineering Council



システムボード

サブボード

図6. 鉛フリーはんだペーストの高密度プリント配線板への適用 (DynaBook_{TM} SS4000用) - 従来のSn-Pbはんだ実装品と同等の信頼性が確認された。

PCBs for DynaBook_{TM} SS4000 notebook PC

ど大型ICパッケージ表面は230~235℃となっていた。しかし、チップ部品など小型表面実装部品は、部品レイアウトによっては245℃に限りなく近い温度になっているため、今後の鉛フリーはんだ採用機種拡大時にはレイアウト設計などに十分な配慮が必要である。

4 信頼性評価

はんだ材料が替わるにより、部品の電極めっきとの相性によるはんだ接合部信頼性の確認も行った。既存のB5サイズノート型PCのプリント配線板をSn-3.0Ag-0.5Cuはんだペーストで試作し、温度サイクル試験により信頼性評価を実

施した。温度サイクル条件は、-25℃(30min)~100℃(30min)とした。任意のサイクルで温度サイクル試験槽から取り出し、PCに組み上げて動作確認を行った。

評価結果から、一部の部品のはんだ接合部にクラックが発生しているが、発生する部品接合部、破壊モードともSn-37Pbはんだペースト実装品と同様で、製品レベルのプリント配線板実装においては、Sn-37PbはんだとSn-3.0Ag-0.5Cu鉛フリーはんだによる寿命差はほとんどないと考えられる。

今回のように、製品のプリント配線板を使った一括評価は、各部品の電極めっき相性によるはんだ接合部の確認や、接続信頼性が低い部品(接合部)の確認には有効である。しかし、各部品の製品稼働時の温度はそれぞれ違うため、温度サイクル試験による加速性もそれぞれ違ってくる。そのため、温度サイクル試験での各部品接合部寿命(クラック破断)順位が、製品の場合のそれと必ずしも一致しない。今回破断した部品や主要部品の接合部についてはシミュレーションなどを行い、想定される実使用市場温度環境下でも当社製品として十分な信頼性を備えていると判断した。

このように、耐熱性や接続信頼性の確認を行い、2001年10月に発表したDynaBook_{TM} SS4000のプリント配線板への鉛フリーはんだ適用を実現した。

5 あとがき

今回はSn-3.0Ag-0.5Cu鉛フリーはんだペーストによるノート型PCシステムボードリフロー実装について紹介した。Sn-3.0Ag-0.5Cu鉛フリーはんだペーストによる実装では、やはり電子部品の耐熱性確保が重要であり、その確認・評価にはもっとも時間を費やした。今後も鉛フリーはんだ適用製品拡大を進めるうえで、部品メーカーには耐熱性向上をお願いするとともに、耐熱問題をうまく回避できるような実装技術開発を進めていく。



小川 英紀 OGAWA Hideki

デジタルメディアネットワーク社 デジタルメディアデベロップメントセンター 実装開発センター主務。実装技術の研究・開発に従事。エレクトロニクス実装学会会員。
Digital Media Development Center



高橋 邦明 TAKAHASHI Kuniaki

デジタルメディアネットワーク社 デジタルメディアデベロップメントセンター 実装開発センター主査。実装技術の研究・開発に従事。エレクトロニクス実装学会、電子情報通信学会、日本機械学会会員。
Digital Media Development Center



槇田 貞夫 MAKITA Sadao

デジタルメディアネットワーク社 デジタルメディアデベロップメントセンター 実装開発センターグループ長。実装技術の研究・開発に従事。
Digital Media Development Center