

# 携帯電話基板への鉛フリーはんだ適用

Application of Lead-Free Solder to Cellular Phone Circuit Boards

坂本 宏文

SAKAMOTO Hirofumi

山部 光治

YAMABE Mitsuharu

大石 昌子

OOISHI Masako

携帯電話機の回路基板と部品を接合するはんだ材料は、環境調和型製品開発の観点から、鉛フリーにする必要がある。鉛フリーはんだは融点が高いため、はんだ付け温度が高くなる。このことは、高耐熱性部品の採用やはんだ付け温度を高精度に制御できるリフロー炉が必要となるなど、製品原価の低減を阻害する要因となってしまう。

このため東芝は、はんだペーストの開発やリフロープロファイルの最適化など、はんだ付け条件全般の見直しを実施した。これにより、従来と同等の耐熱仕様の部品と、従来と同じ大気リフロー炉を用いることができ、ローコストオペレーションを維持しつつ携帯電話への鉛フリーはんだ適用を実現した。

Eliminating lead from the solder used to join parts in the printed circuit boards of cellular phones is required from the perspective of environmentally conscious product development. The melting point of lead-free solder is generally higher than that of conventional solder. This necessitates the use of parts with high heat resistance as well as a high-performance reflow furnace, thus increasing product costs.

Due to significant improvements in soldering conditions such as the development of solder paste and optimization of the reflow profile, Toshiba has realized the application of lead-free solder to its cellular phones, thereby maintaining low-cost operation.

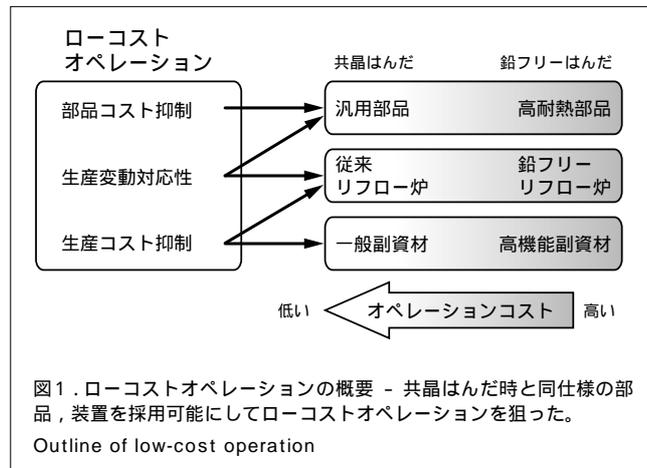
## 1 まえがき

携帯電話機の回路基板と部品を接合するはんだについて、環境調和型製品開発の観点から、鉛を含まないはんだ(以下、鉛フリーはんだ)を適用した。

携帯電話は、現在もっとも身近な情報ツールの一つであることから、様々な使用環境や利用形態が考えられる。このため、日常的に加わる各種外部応力に耐えられる製品信頼性が要求される。また、携帯電話は販売ピーク期間が短く、市場需要の予測が困難であることから、価格競争力や急激な生産変動への対応力も要求される。

そこで、各種鉛フリーはんだの中から、耐衝撃性などの機械的強度特性が現行の共晶はんだと同等の鉛フリーはんだを選定した。ただし、選定した鉛フリーはんだは融点が高く、それに伴いリフローはんだ付け温度(以下、リフロー温度)が高くなり、高耐熱部品や鉛フリーはんだ対応リフロー炉が必要になる。しかし、高耐熱部品の採用による部品価格上昇や、鉛フリーはんだ対応化によるリフロー炉の高額化のための製品原価への影響、リフロー炉の選択自由度(生産変動対応力)の低下などを十分配慮する必要がある。

そこで今回、従来タイプのリフロー炉で最適な鉛フリーはんだリフロー温度を明確にし、併せて鉛フリーはんだペーストの開発や汎用部品の耐熱性の詳細調査などを行った。その結果、従来と同等の部品耐熱性仕様で、かつ、従来タイプのリフロー炉でも、はんだ付け及び製品の信頼性に問題な



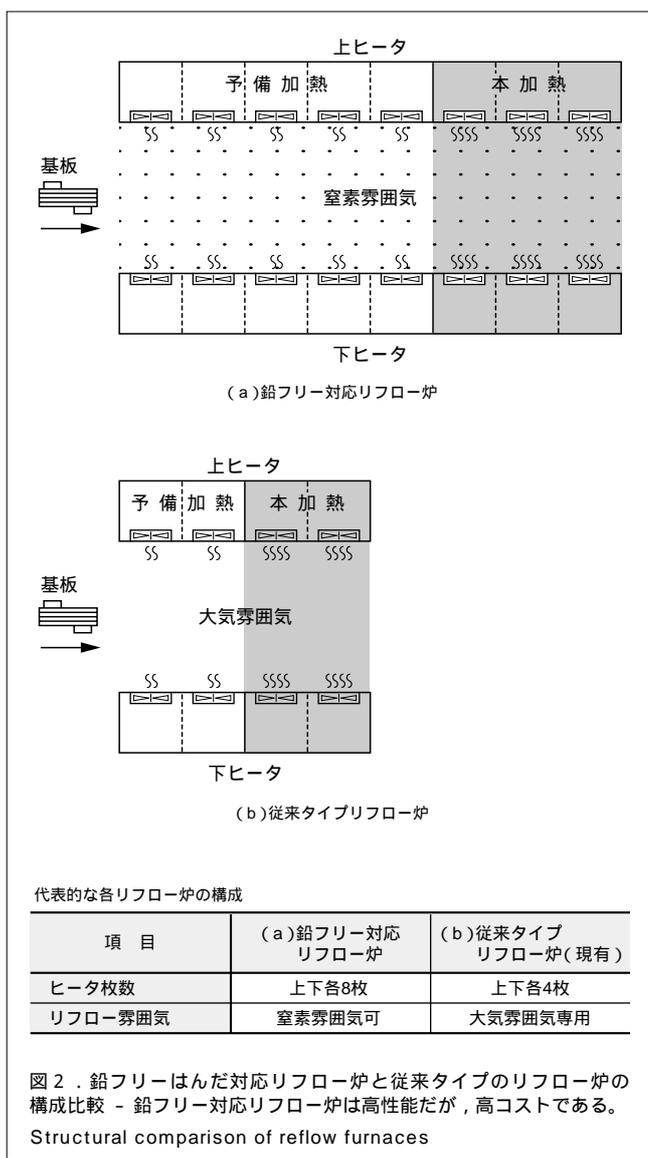
いことを確認することができ、ローコストオペレーション(図1)を維持することができた。そして、2003年2月発売の国内向け携帯電話の高密度実装基板へ、鉛フリーはんだを適用した。

## 2 ローコストオペレーション

鉛フリーはんだ(96.5 mass%Sn(すず)-3.0 mass%Ag(銀)-0.5 mass%Cu(銅))の融点は約220 であり、従来の共晶はんだ(63 mass%Sn-37 mass%Pb(鉛))に対して高くなる。これは、Snの割合が非常に多いため、Sn単体の融点(232 )に近づくためであると考えられる。

共晶はんだの場合、融点が183 と低いうえ、通常の汎用部品の耐熱温度が240 だったので、制御能力が57 までのリフロー炉を使用することが可能であった。このため、リフロー炉に高精度な制御能力を要求する必要がなかった。しかし、鉛フリーはんだの場合には融点が220 であるため、単純に同じ制御能力のリフロー炉を使用すると、277 程度にまでリフロー温度が上がってしまい、部品の熱ダメージと電極の高温酸化が懸念される。電極の酸化は、はんだ付け信頼性に悪影響を与える。

高温のリフロー温度に耐えられ、はんだ付け信頼性も確保できるような高耐熱部品は、仕様が特別になり、価格が高くなる可能性がある。このため、汎用部品で高信頼性の鉛フリーはんだ付けをする目的で、鉛フリーはんだ対応リフロー炉を用いることが多い。鉛フリーはんだ対応リフロー炉とは、一般に次の特長を備えている(図2)。



- (1) 熱容量の高いヒータを多数配置したり、熱風循環に最適なリフロー炉の構造にしたりすることで、温度制御能力を高くしている。その結果、温度分布のばらつきを抑えられ、リフロー温度を低く抑えることが可能になる。
- (2) リフロー中の雰囲気、酸素を取り除いた窒素雰囲気とすることで、部品電極の金属酸化を抑え、信頼性の高いはんだ接合が得られる。

ところが携帯電話基板は小型であり、各部品の大きさも比較的小さいことから、リフロー温度への影響が少ない。このため、他の製品のように鉛フリーはんだ対応リフロー炉を使わなくても、はんだ付け条件の見直しによりリフロー温度を抑えられ、信頼性の高いはんだ接合を確保できる可能性があると考えられる。

具体的には、次のようなはんだ付け条件全般の見直しにより、リフロー温度の低温化とはんだ付け信頼性の確保を実施した。

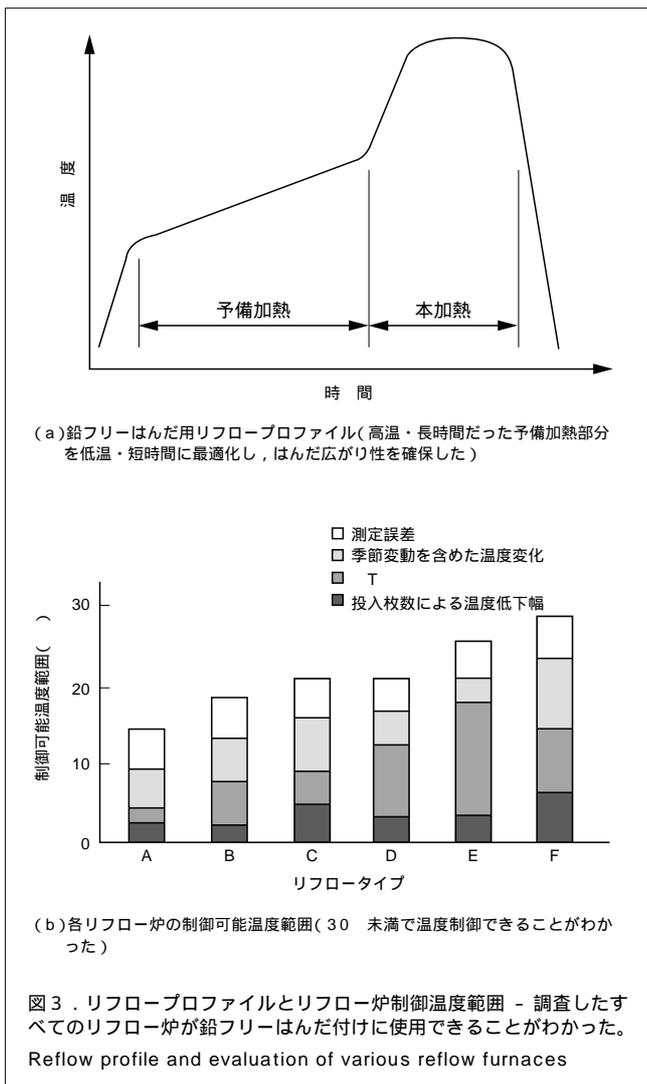
- (1) 従来タイプのリフロー炉における制御能力を明確化することによる、リフロー温度の決定
- (2) 大気リフローに最適な鉛フリーはんだの開発
- (3) 汎用部品の耐熱性詳細調査

これにより、部品価格とリフロー炉などの設備コスト、窒素のランニングコストなどを抑えることや、生産変動への対応性が確保できたことにより、ローコストオペレーションを実現した。

### 3 リフロー炉の制御能力分析

加熱方式やヒータ数などの違いにより、大きく分けて6タイプのリフロー炉がある。まず、大気リフローにおける下限リフロー温度が融点と同じ220 であることと、リフロープロファイルの適正範囲を、評価により明確にした。その次に、リフロー炉の温度ばらつきを制御することができる要因を分析した。分析の結果、部品の大小による基板上的温度分布( T )や、リフロー炉への基板連続投入による温度低下、季節変動を含めた温度変化、などがもっとも影響する要因であることを導き出した。このため今回、すべてのリフロー炉について、各要因の制御能力データを取得して、ばらつきを抑えられる条件の見極めを行った(図3)。

その結果、すべてのリフロー炉において温度ばらつきを30 未満に制御できる、各要因の条件を導き出すことができた。リフロー温度の下限が220 で、リフロー炉の温度ばらつきが30 であるため、実際のリフロー温度の最高温度は250 となる。このことから、250 でのリフロー温度ではんだ付け信頼性が得られる鉛フリーはんだの開発と、250 での汎用部品の耐熱性の確認を行った。



#### 4 鉛フリーはんだの開発

携帯電話基板は、高密度の表面実装基板であることから、スクリーン印刷法により必要箇所にはんだを供給するのに適したペースト状のはんだを用いる。このため、大気雰囲気リフロー用鉛フリーはんだペーストの開発を行った。はんだ印刷工程において、経時変化などで短時間に劣化してしまうはんだペーストだと、劣化したはんだペーストを廃棄し、新品のはんだペーストへの入替えが必要になる。特に、鉛フリーはんだはSnが多いため、ペースト成分の組合せによっては劣化の傾向が顕著になることがある。当社の携帯電話の基板実装工程は24時間稼働で生産しているため、24時間の連続はんだ印刷評価などを実施することで、各特性や経時変化の安定性を確認した。

その結果、開発した鉛フリーはんだペーストは、24時間という長時間の連続はんだ印刷後でも、印刷性や250 の大気雰囲気リフローにおけるはんだ広がり性などの各特性が

良好であることが確認できた。また、経時変化に対しても安定していることから、はんだの廃棄量削減になり、環境に配慮するともできた。

#### 5 部品の耐熱性

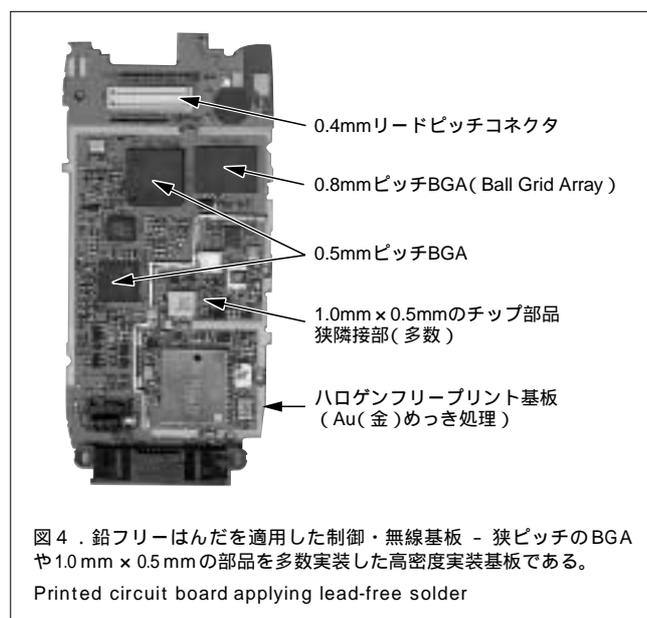
250 のリフロー温度における汎用部品の耐熱性調査を、各部品メーカーに依頼した。依頼した耐熱調査の温度プロファイル条件については、共晶はんだ時はマージンを考慮していたために240 × 3回リフローとしていたが、現在実際に3回リフローをすることはないため、条件を緩和し250 × 2回リフローとした。

部品メーカーでの調査結果から、250 × 2回リフローの耐熱性については、すべての部品で問題がないことが確認できた。なお、この耐熱条件はJEDEC(Joint Electron Device Engineering Council)で規定されている鉛フリーはんだでの部品耐熱温度<sup>(1)</sup>ともほぼ合致する。

#### 6 試作品の実機評価結果

前記で確認したリフロー温度範囲内ではんだ付けして問題ないかどうかを確認するために、はんだ融点温度に近い温度(低温)ではんだ付けした実基板と、部品耐熱性温度に近い温度(高温)ではんだ付けした実基板を試作し、はんだ付け信頼性や部品耐熱性、電気的特性をはじめとする実装基板品質を評価した。

その結果、どちらの温度の場合でも問題はなく、従来の共晶はんだと比較しても差異がないことが確認できた。試作した基板の外観を図4に、はんだ付け状態を図5に示す。

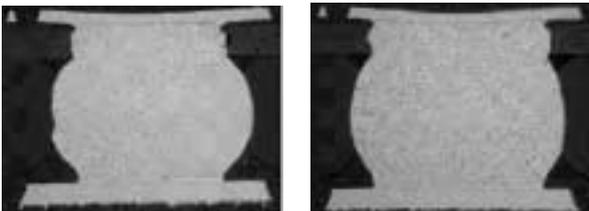




低温はんだ付け後

高温はんだ付け後

(a) 1.0mm x 0.5mmサイズのチップ抵抗のはんだ付け外觀



低温はんだ付け後

高温はんだ付け後

(b) 電極ピッチ0.5mmのBGAのはんだ付け部の断面

図5. 鉛フリーはんだのはんだ付け状態 - 温度によるはんだ付けの状態に差はなく、どちらも良好なはんだ付け状態であった。

Soldering state

なお今回は、鉛フリーはんだ適用と並行して、環境に配慮したハロゲンフリー基板を採用した。ハロゲンフリー基板とは、低温焼却時にダイオキシンを発生させるおそれがある臭素などのハロゲン化合物を、極力低減させた基板である。また、採用したハロゲンフリー基板は曲げ弾性率が高く、リフロー時の基板の反りを低減できるため、はんだ付け信頼性が向上する効果もある。

## 7 あとがき

鉛フリーはんだ適用において、携帯電話必須の高信頼性と高密度実装が可能なはんだ付け条件の見直しを行い、ローコストオペレーションを実現した。

今後は、鉛フリーはんだ適用機種拡大や、部品の電極のめっきを鉛フリー化することにより、環境調和型製品の開発を進め、地球環境負荷の低減に貢献していきたい。

## 文献

- (1) IPC/JEDEC. J-STD-020B. Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Non-hermetic Solid State Surface Mount Devices.

表1. 機械的強度試験の結果

Evaluations of mechanical strength

試験項目	結果
落下試験	合格
落下耐久試験	合格
キー押し試験	合格
コネクタ着脱試験	合格
ねじり試験	合格
曲げ試験	合格
押し試験	合格

また、それぞれのリフロー温度の基板で機械的強度試験を行い、問題ないことも確認した(表1)。そのほか、当社の製品試験の規格をすべて満足することを確認し、量産開始当初から鉛フリーはんだを適用した。



坂本 宏文 SAKAMOTO Hirofumi

モバイルコミュニケーション社 日野モバイル工場 フィールド技術部。鉛フリーはんだをはじめとする高密度実装技術開発業務に従事。

Hino Operations - Mobile Communications



山部 光治 YAMABE Mitsuharu

生産技術センター 実装技術研究センター研究主務。高密度実装技術、鉛フリーはんだ実装技術の研究・開発に従事。溶接学会会員。

Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center



大石 昌子 OOISHI Masako

生産技術センター 実装技術研究センター。BGA実装技術、鉛フリーはんだ実装技術の研究・開発に従事。

Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center