

鉛フリーはんだ実装技術の開発実用化

Development and Applications of Lead-Free Soldering Technologies

鈴木元治*

Motoji Suzuki

松岡洋*

Hiroshi Matsuoka

加藤芳正*

Yoshimasa Katou

百川裕希*

Yuki Momokawa

石塚直美*

Naomi Ishizuka

金高善史*

Yoshifumi Kanetaka

要旨

電子・電気機器で用いられている鉛はんだについては、製品廃棄後の鉛成分溶出による人体や地球環境への影響が懸念され、その削減・全廃が急務とされています。NECではこれらへの対応として、鉛を含まないはんだ（鉛フリーはんだ）による実装技術開発を行い、積極的な製品展開を進め、2003年度から国内で生産するすべての新製品に対して鉛フリーはんだの採用を実現しました。

現在は2005年度末の鉛はんだ全廃へ向けての活動を継続しています。

In the field of electric and electronic equipment, many manufacturers are studying how to reduce lead solder, as environmental pollutant, which is conventionally used to connect materials on printed circuit boards, from their manufactured goods. Under such a situation, NEC has researched and developed the technologies of lead-free soldering. And NEC has promoted using of lead-free solder. As a result, NEC could eliminate lead solders from the new domestic products since April 2003.

Now NEC is trying to apply lead-free solders to all products in the 2005 fiscal year.

1. まえがき

NECでは、電子・電気製品に使用される半導体などの部品から、社会インフラ、通信ネットワークを形成する交換・伝送機器、大型コンピュータ、個人ユーザが直接的に使用するパソコンや携帯端末といった幅広い製品群を市場に展開しています。

これらの製品については、生産の形態、フィールドで使用される環境などはそれぞれ異なったものとなりますが、どの製品においても共通的により高い品質や信頼性が求め

られています。したがって、実装接合材料としてのはんだの鉛フリー化を考える場合も、材料特性、作業性、接合信頼性など、すべての面で従来から使用されている鉛はんだと比較して同等以上であることが必須条件となります。

NECではこのような観点から、鉛フリーはんだの選定、実装プロセスの確立、接合信頼性の確保などについて調査・研究を進めてきました。

本稿では、これら鉛フリーはんだ実装にかかる開発技術の概要および製品適用事例、2005年度末の鉛はんだ全廃に向けての今後の展開について紹介します。

2. 選定鉛フリーはんだ

NECは、従来の鉛はんだ同等かそれ以上の特性を備えており、リフロー、フロー、手付けのすべてのプロセスに対応できるという観点からも国内業界の標準はんだとして位置づけられている Sn-3.0Ag-0.5Cu を第一候補として選定し、製品への適用を進めています。

またリフローはんだ付けの非耐熱部品対応として、中融点の Sn-Zn 系はんだにもいち早く注目し、十分な接合信頼性評価と作業性改善により、Sn-8.0Zn-3.0Bi はんだペーストの一部製品への適用を実現しています。

以下にそれぞれのはんだについて NEC の現状と課題への対応を概説します。

3. Sn-3.0Ag-0.5Cu

3.1 リフローはんだ付け

リフローはんだ付けに用いるはんだペーストに対しては、部品や基板電極への濡れ性、ソルダーボール、印刷性、印刷ダレ・加熱ダレ、タッキング性、フラックス信頼性および実際の接合強度などの諸特性が、従来の鉛はんだと比較しても遜色ないことが必要とされます。

Sn-3.0Ag-0.5Cu の場合、鉛はんだに比べると濡れ性の点でやや悪くなる傾向にありますが、図1に示すように、初

* 生産技術研究所
Jisso and Production Technologies Research Laboratories

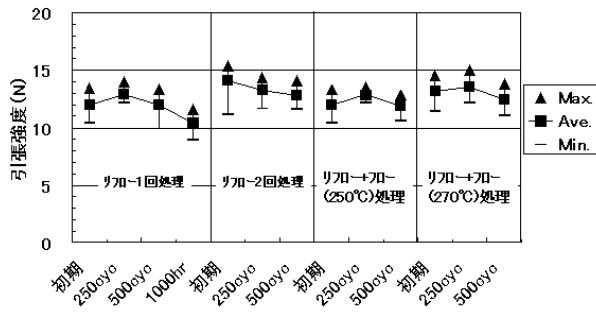


図1 Sn-3.0Ag-0.5Cu接合部の引張強度

(温度サイクル(-40 ~ 常温 ~ 125)・QFP208p(Cu/Sn-Bi))
Fig.1 Pull strength of QFP(Cu/Sn-Bi) solder joint at thermal cycle test (-40 ~ R.T. ~ 125).

期ならびに温度サイクル(-40°C↔常温↔125°C)などの加速試験後においても接合強度の劣化は少なく、実用上十分な接合信頼性を有しているものと判断しています。

Sn-3.0Ag-0.5Cuのリフローはんだ付けでの大きな課題は、はんだの融点が高くなることに起因した製造時の温度プロファイル設定の困難さが挙げられます。このことは鉛はんだによる製品製造時に使用していたリフローはんだ付け設備を流用して生産できる製品が極端に限定されることを意味します。

NECでは実装部品の耐熱性の詳細調査と部品ベンダ殿への改善要求を進めるのと並行して、リフローはんだ付け時の基板上の温度バラツキが小さく均一加熱性に優れた新規設備の導入を図り、対応を進めてきました。

3.2 フローはんだ付け

フローはんだ付けの場合は、従来の鉛はんだでも融点183°Cに対して240~250°Cという比較的高い温度領域でのはんだ付けが行われていたため、鉛フリー化に際して耐熱性で問題となる部品は、リフローはんだ付けに比べると多くはありません。しかし、はんだ付け品質面からは濡れ性が悪いこと、また作業性の点ではドロス(はんだの酸化物)が発生しやすいことが課題となります。

品質面での対応としては、噴流ノズル形状の工夫、プリヒートを含めた条件(温度、時間)の適正化、ポストフラックスの改良などを図ることで、大気雰囲気中でのはんだ付けが可能となりました。ただし、品質安定化やドロス軽減対策としては窒素雰囲気が有効であるため、可能な範囲で窒素の導入も進めています。

フローはんだ付けでは、接合信頼性上での課題がいくつもあり、その解決に多くの時間を割いてきました。1つはフィレット/ランド剥離現象の問題です。

写真1に示すようなフィレット剥離現象は、従来からBiを含んだはんだにおいて、その発生が指摘されていましたが¹⁾、Sn-3.0Ag-0.5CuのようにBiを含まない鉛フリーはんだでも実装部品のリードめっき処理にPbが含まれているケースでも発生することが分かりました²⁾。

この場合の根本対策としては、もちろん実装部品のリード

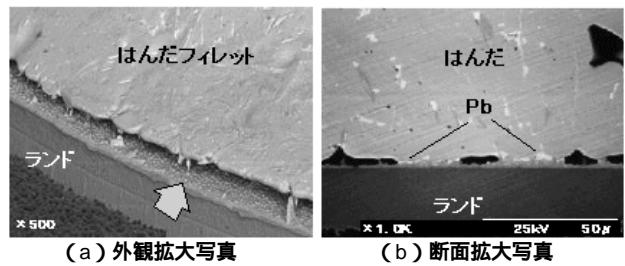


写真1 フィレット剥離

Photo 1 Fillet-lifting of through hole mount device's solder joint.

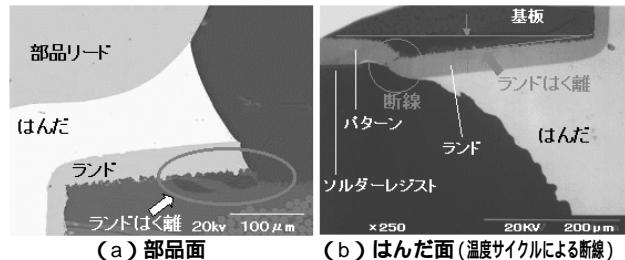


写真2 ランド剥離

Photo 2 Land-lifting of through hole mount device's solder joint.

ドメっきの鉛フリー化が挙げられますが、基本的にフィレットの剥離量自体は小さく、加速試験においても剥離が進行せず、電気的な導通不良などを引き起こすものではないということが実証できています。

一方、**写真2**に示すような基板上のランドと基材との間で剥離が生じるランド剥離現象は、製品としての使用時に電源のON/OFFなどの繰り返し熱ストレスが加えられると、基板上でランドから引き出された配線パターンが断線に至り、製品の信頼性上大きな問題となり得ます。

評価・解析の結果、このランド剥離現象はフローはんだ付け工程において基板やはんだが熱膨張・収縮することによって生じる応力が主要因となっていることが分かり、それらを低減・緩和できるような接合部構造を考案し、基板に対して設計変更を加えることで解決することができました^{3,4)}。

3.3 リフロー+フローはんだ付け

これまでSn-3.0Ag-0.5Cuを製品に適用していく上でのリフローはんだ付け工程、フローはんだ付け工程のそれぞれの課題と対応を述べてきましたが、実製品の実装形態を考えた場合には、表面実装部品と挿入実装部品が混在した実装形態、すなわちリフローはんだ付け工程とフローはんだ付け工程の両方を経なければ完成しない製品が数多く存在します。

そのような実装形態においては、**写真3**に示すように最初にリフローはんだ付けした表面実装部品の接合部が、後工程のフローはんだ付け工程で剥離するという現象が確認されました。

この現象に関する調査・解析を進めた結果、発生メカニズムとしては、**図2**に示すように、①リフローはんだ付け

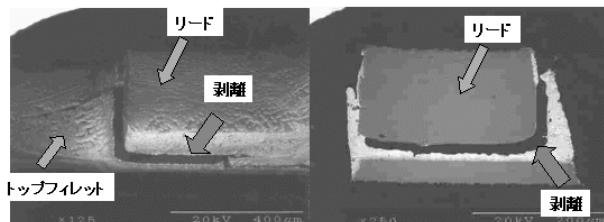


写真3 表面実装部品接合部の剥離

Photo 3 Fillet-lifting of surface mount device.

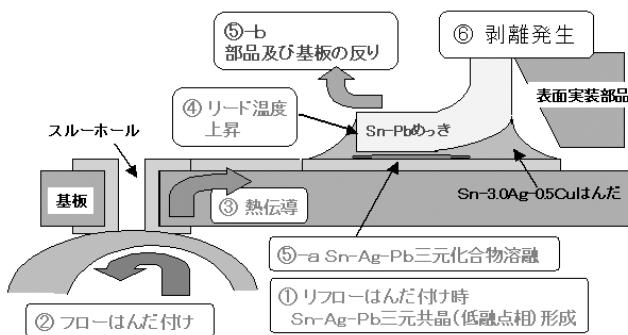


図2 再溶融剥離のメカニズム

Fig.2 Mechanism of surface mount device's fillet-lifting.

工程において、部品リードめっき中に含まれるPbと接合はんだ中のSn, Agとが反応してできる低融点相が接合部界面に偏析する、②その低融点相がリフローはんだ付け時の加熱により再溶融し、基板の反りなどの外力が加わることで接合部の剥離に至る、ということが分かりました。

これらの結果から、鉛フリーめっき部品の採用を促進することと並行して、リフローはんだ付けの品質を損なわない範囲で表面実装部品の接合部へ伝わる熱量を抑制できるプロセス条件を検討・確立することで、対策をとることができました^{5, 6)}。

4. Sn-8.0Zn-3.0Bi

Sn-3.0Ag-0.5Cuに代表されるSn-Ag系の鉛フリーはんだをリフローはんだ付けに適用するに当たっては、上述のように実装部品の耐熱性を向上させることと、均一加熱能力に優れたリフローはんだ付け装置の導入が必要となります。

これに対して、中融点といわれているSn-Zn系はんだは融点が200℃以下であり、現行の部品耐熱仕様の部品が現有設備を用いて実装できるという点で、鉛はんだの代替としては魅力的な材料といえます。しかしながら、一方でZn金属特有の反応性の高さに起因する作業性の悪さや、基板CuパッドとZnの反応層成長による高温環境での接合強度劣化が指摘されており、各セットメーカーではなかなか採用が進んでいませんでした。

NECでは、融点低下と濡れ性向上に主眼を置いて、Sn-8.0Zn-3.0Biはんだを選定し、はんだメーカーとの協力のもと、印刷性や保存安定性改良を進めるとともに、より安定した品質や接合信頼性を得るためにリフローはんだ付け時の窓

素使用と基板表面処理のNi下地のAuフラッシュめっきを採用することで、ノートパソコンでの製品実用化を実現しました^{7, 8)}。図3に示すように、これら条件下でのSn-8.0Zn-3.0Biは従来の鉛はんだと同等以上の接合信頼性が得られています。

一方で、たとえば85℃/85%のように一般製品にとって過酷な高温高湿環境下では、図4、写真4に示すようにZnの酸化により接合強度が劣化するというデータがあり、はんだ材料のさらなる改良を進めるとともに、適用拡大を進めるに当たっては、個別に使用環境を考慮した十分な事前

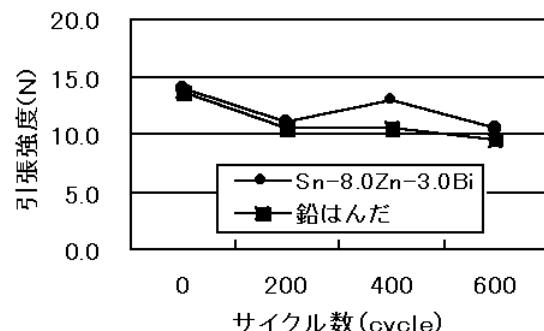


図3 Sn-8.0Zn-3.0Bi 接合部の引張強度

(温度サイクル -40 ~ 常温 ~ 125 → QFP208p(Cu/Sn-Pb))
Fig.3 Pull strength of QFP(Cu/Sn-Pb) solder joint at thermal cycle test (-40 ~ R.T. ~ 125).

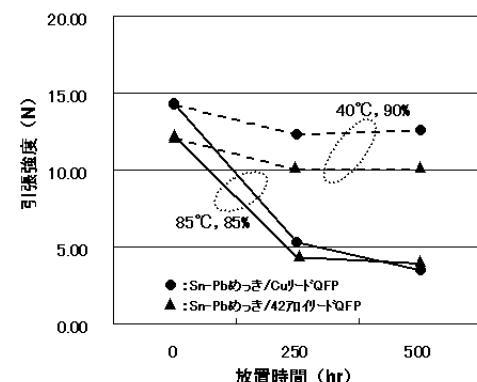


図4 Sn-8Zn-3Bi 高温高湿試験条件と接合強度

Fig.4 Pull strength of QFP solder joint at high temperature and high humid test (85℃, 85%, 90%).

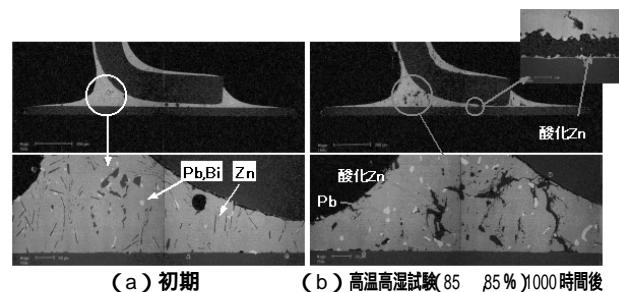


写真4 Sn-8.0Zn-3.0Bi 接合部状態

Photo.4 Appearance of Sn-8.0Zn-3.0Bi solder joint.

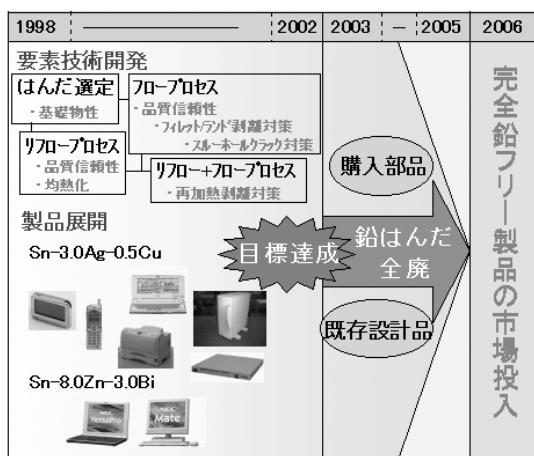


図5 NECにおける鉛フリーはんだ実用化ロードマップ
Fig.5 Lead-free soldering roadmap in NEC.

評価を行うことにしていきます。

5. 製品実用化と今後の展開

NECでは、以上述べてきたような継続した基礎研究と並行して、より実製品ベースの評価を進め、鉛フリーはんだの製品実用化を図ってきました。

1998年のページャへの製品適用を皮切りに、1999年には業界で初めてSn-8.0Zn-3.0Biのリフローをノートパソコンに採用し、さらに交換機やコンピュータに代表される基幹系製品へと段階的に展開し、2003年度以降は国内で生産する新規製品すべてに鉛フリーはんだを採用するまでに至っています(図5)。

今後は、2005年度末に目標設定している購入部品や従来設計品を含めた鉛はんだの完全全廃の実現をめざし、部品ベンダ殿との協力体制のもとでの耐熱性向上を含んだ部品鉛フリー化の促進、それらを補完する中低融点はんだの適用拡大、従来製品へ鉛フリーはんだを適用するに当たっての課題解決などを進めていきます。

6. むすび

本稿では、NECにおける鉛フリーはんだ実装にかかわる開発技術および製品展開の事例について述べてきました。

NECでは、今後ともこのような環境対応の実装技術開発を進め、ますます要求が強くなっていく環境配慮型製品の早期市場投入をめざしていきます。

最後に、本技術の開発および製品への展開に当たり、多大なる協力をいただいた関係各位に深く感謝します。

参考文献

- 1) 菅沼;「Sn-Biはんだの低温共晶」, 第11回回路実装学術講演大会講演論文集, pp.139-140, 1997.
- 2) 石塚ほか;「鉛フリーはんだのフィレットはく離現象に関する実験的考察」, Mate2000, pp.297-302, 2000.

- 3) 石塚ほか;「鉛フリーはんだのフィレット・ランドはく離現象と対策に関する考察」, Mate2001, pp.411-416, 2001.
- 4) 石塚ほか;「鉛フリーはんだのランドはく離現象における基板熱膨張の影響」, Mate2002, pp.339-344, 2002.
- 5) 百川ほか;「鉛フリーはんだのリフロー、フロー複合プロセスにおけるQFP フィレットはく離現象」, Mate2002, pp.345-350, 2002.
- 6) 百川ほか;「鉛フリーはんだ実装技術の複合プロセスにおけるフィレット剥離」, NEC技報, Vol.55, No.10, pp.67-70, 2002-10.
- 7) 鈴木ほか;「Sn-Zn鉛フリーはんだのリフローへの適用」, Mate2000, pp.325~328, 2000.
- 8) 酒井ほか;「Sn-Zn系鉛フリーはんだ実装技術」, NEC技報, Vol.55, No.10, pp.3-6, 2002-10.

筆者紹介



Motoji Suzuki
鈴木 元治 1986年, NEC入社。現在, 生産技術研究所主任研究員。



Yoshimasa Katou
加藤 芳正 1975年, NEC入社。現在, 生産技術研究所主任研究員。溶接学会, マイクロ接合委員会各会員。



Naomi Ishizuka
石塚 直美 1991年, NEC入社。現在, 生産技術研究所主任。



Hiroshi Matsuoka
松岡 洋 1991年, NEC入社。現在, 生産技術研究所主任。



Yuki Momokawa
百川 裕希 1998年, NEC入社。現在, 生産技術研究所勤務。溶接学会, エレクトロニクス実装学会, 軽金属学会各会員。



Yoshifumi Kanetaka
金高 善史 1999年, NEC入社。現在, 生産技術研究所勤務。