IDEALS 鉛フリーはんだプロジェクト

James H. Vincent*

1. 背景—ヨーロッパにおける鉛含有はんだの法的規制

エレクトロニクス機器に含まれる鉛に対する法的規制は、過去15ヶ月の間(1999年8月の時点)にヨーロッパにおいて急な展開を見せつつある。米国においては一時はんだに対する鉛使用の法的規制が検討されたが⁽¹⁾、最終的には成立しなかった。これまで幾つかの予備的な研究なされ⁽²⁾、更にIDEALS[†]プロジェクトではプロセス条件を調査することで遂行された⁽³⁾。しかしながら、量産化プロセスへの適用計画は無く、この問題は「何かが起こるかもしれない」という法的な問題よりも、技術的な課題と見なされていた。しかし、それが現実の問題として起こった。

1998年4月にEUの環境理事会(DG XI)は、「エレクトロニクス機器からの廃棄物(Waste from Electrical and Electronic Equipment—the WEEE Directive⁽¹⁾)」指令を公表した⁽⁴⁾。廃棄されたエレクトロニクス機器からの環境への鉛の流出を防ぐために、エレクトロニクス機器への鉛使用を2004年1月から禁止しようとするものである。最近のドラフトは、本年7月に発行されている。この内容には、正式に発効する前段階の委員会で検討された事項が考慮されている。従って、この件は更に他の理事会(DG III など)からの要請で変更される可能性はある。しかし、1年間の強力な工

業貿易振興財団(Industrial Trade Organisations)の反対活動が、はんだの鉛フリー化に関して第2次ドラフトから第3次ドラフトへ全く寄与できなかったことは大きな意味があると認識している。委員会での議論は1999年の間は続くであろうが、予断を許さないものである。ただ、一度指令が発効されれば問題は政治的な領域に入り、結論を予測することは不可能になる。

ヨーロッパの工業界も法律家(政策者)たちも、鉛フリーはんだの問題をヨーロッパのみの問題とは考えていない。最も重要な動きは日本において見られるもので、エレクトロニクス各社が2001年に発効する家電リサイクル法を視野に入れて自主的な鉛規制宣言している事実である。市場において鉛フリーはんだ実装をはじめて遂げたコンパクトMDは、最も興味深い対象として見る事が出来る。ヨーロッパにおける鉛フリー製品が市場に受け入れられるかどうかは、大きな問題である。一つだけ言えることは、消費者は自らが常に最良の環境対応製品を購入していることを証明されのを望むであろうことである。初めの「鉛フリーはんだ実装」製品が発売されるときが鍵となるであろうし、ぜひ注目したい。

2. IDEALS プロジェクト

IDEALS プロジェクトは、1996年6月から1999年4月の期間に、はんだメーカーやユーザー会社を中心に実施され

* Marconi Materials Technology, UK; Senior Scientist

Improved Design Life and Environmentally Aware Manufacturing of Electronics Assemblies by Lead-Free Soldering; J. H. Vincent (Marconi Materials Technology, Caswell, Towcester NN12 8EQ, UK. [www: http://www.gmmt.co.uk](http://www.gmmt.co.uk).)

Keywords: lead-free, soldering, electronics, process, IDEALS project

† 菅沼克昭(訳): 大阪大学教授; 産業科学研究所(〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘8-1)

†† Marconi Materials Technology, 英国(プロジェクト企画)
1999年10月6日受理

た。このプロジェクトの主目的は、1999-2000年に初期製品の実用化を想定した鉛フリーはんだ実装プロセスの確立にあった。参加各社は、環境対応への強い責任を持ち、同時に製品の質と信頼性を確保しなければならない立場にある。対象となる製品には、携帯電話、照明、音響機器、自動制御機器など、環境と高信頼性が同時に要求される。メンバーには、以下の各社が参加した。

- Marconi Materials Technology, 英国(プロジェクト企画)
- Multicore Solders Ltd, 英国
- National Microelectronics Research Centre, アイルランド
- Nederlandse Philips Bedrijven BV, オランダ
- Siemens AG, ドイツ
- Witmetaal BV (Cookson Group), オランダ

Marconi Materials Technology(General Electric Companyの一部), Philips, Siemens は、それぞれイギリス, オランダ, ドイツの最大エレクトロニクスメーカーである。EC より50%の費用が Brite/EuRam プロジェクトの一環として支給された。

プロジェクトは1995年の早い時期に企画されたが、その時点では WEEE ばかりでなく世界的にも鉛フリー化への大きな動きはなかった。この最近15ヶ月の展開は、IDEALS がもたらした結果が技術情報源として大きな意味を持つように変化させた。結果は徐々に公表されるだろうが⁽⁵⁾、次節以降にはその主な点を概説する。

3. 合金開発と選択

合金の開発は、Sn-3.8Ag-0.7Cu 3元共晶合金($T_m=217^{\circ}\text{C}$)を基本とし、これに Bi, Ni, Sb などを添加したものを選択した。フローはんだ付けに対しては、低 Ag や Bi 添加は液相線を3元共晶へ合わせるために検討した。0.25% Sb 添加は、これらの合金への微細化剤として有効であることが分かった。Sn-57Bi($T_m=138^{\circ}\text{C}$)と Sn-9Zn($T_m=199^{\circ}\text{C}$)の2つの合金は、それぞれ、利用できる場合もあるが低融点すぎること、プロセス上の問題と耐食性の問題から除外された。従って、選択された合金は以下のようである。

- Sn-3.8Ag-0.7Cu : リフロー用
- Sn-3.8Ag-0.7Cu-0.25Sb : フロー用(片面および両面基板)
- Sn-Bi-Sb-Ag+ : フロー用(リフトオフの問題から片面基板に利用⁽²⁾⁽⁶⁾)

Bi 含有合金は、低温化が可能となりリフロー用としたが、部品の表面処理に含まれる Pb と共存する場合に寿命を短くする。これは Bi-30Pb-18Sn の共晶点が 95°C となることが主原因であるが、詳細に関しては更に検討を要する。

4. はんだ付けプロセスの確立

本プロジェクトではプロセス・ウィンドウを明らかにすること、即ちリフロー、フロー、リワークなどで、幅広い製品種類や加速試験に対して目視評価が可能で信頼性のある接続を可能にするような温度-時間の幅を明確にすることに置いた。試験基板、製品基板を用い、試行を繰り返した。基板の表面処理は、OSP-Cu, 溶融 Sn メッキ, 溶融 Ag メッキ(Alpha-level), Ni/Au, HASL Sn-0.7Cu 処理である。部品の表面処理は、純 Sn, Sn-40Pb, Sn-15Pb, Ni/Au, Ni/Pd である。

リフローでは、 217°C 以上で保持された温度と時間の積、 $QT(^{\circ}\text{C}\cdot\text{s})$ をパラメーターとして評価した。最適化したはんだペーストを用いた場合、 QT が $120\sim 1200^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}$ の範囲となった。ここで、最高値は $1200^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}$ 以上である可能性もあるが、これは詳細には検討していない。下限値の $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}$ は、ピーク温度 $225\sim 227^{\circ}\text{C}(\Delta T=8\sim 10^{\circ}\text{C})$ で時間およそ 25 s に相当する。これは、Sn-Pb 共晶で考慮されてきた過熱条件よりもかなり低いものである。欠陥率は実測されるほどではなく、少なくとも Sn-Pb より悪いことはないと判断された。

図1は、Sn-Pb と Sn-Ag-Cu-Sb に対して得られた窒素雰囲気でのプロセス条件を比較して示している。リフローに対しても同様に条件が得られている。最適化された条件では欠陥率は Sn-Pb に比較しても顕著ではない。従って、生産に置いてもプロセスの最適化が可能であると考えられる。

5. 実装基板の信頼性

多くの潜在的破壊モードに関する情報を蓄積するために、熱疲労を中心とする加速試験を行った。上限温度は 125°C とし、それぞれのケースで Sn-Pb との比較を行った。データ

図1 鉛フリーはんだを用いたフローはんだ付けに対するプロセス・ウィンドウ。鉛含有はんだ(波線)との比較。基板は両面 FR4。

の整理はまだ完了していないが、現時点で言えることは、いずれの場合でも鉛フリー合金は Sn-Pb や Sn-Pb-Ag に匹敵し代替可能であることである。この他の主な点を下記する。

- コンデンサチップ部品の PdAg 処理は、Ag のはんだ中への溶解が大きく寿命を縮める。
- Bi 含有はんだと Sn-Pb 表面処理はそれぞれの応用で判断が必要である。
- リフローはんだへの 0.25-0.5% Sb 添加は、接合体寿命へほとんど影響しない。
- 全ての基板の表面処理は許容できる。
- 窒素雰囲気はんだ付けは寿命へ影響しない。
- Sn-Ag-Cu ははんだ付け基板の動作温度上昇を許すものではない。

6. ま と め

Sn-(Ag, Cu, Bi, Sb)を基本組成とするはんだ合金による実装は、はんだ付け性を改良する第3の微量元素を添加する場合もあるが、技術的および工業的に実現可能である。鉛フリーはんだによるリフローのプロセス・ウィンドウは、多くの現状の部品に対応できるが、最低はんだ付け温度が225～230℃であることは、一部のIC、コンデンサ、コネ

クタなどで問題を生じる。信頼性に関しては、鉛フリーはんだは Sn-Pb はんだと同等か或いはそれ以上である。IDEALS の目標の一つとして、1999年中に EU で初めての鉛フリーはんだ実装製品が発売される予定である。

本解説は、IDEALS プロジェクトの協力者によって得られた結果を引用し述べるものである。EC の Brite/EuRam プログラムに深甚の謝意を表する。

文 献

- (1) S729 "Lead Exposure Reduction Act".
- (2) J. H. Vincent and G. Humpston: GEC Journal of Research, 11(2), (1994).
- (3) Brite/EuRam III, Project BE95-1994, see D. M. Jacobson & M. R. Harrison: GEC Journal of Research, 14(2), (1997).
- (4) Draft of the WEEE Directive, European Commission, DGXI, 1st draft dated 15 April 1998, 2nd draft dated 27 July 1998, 3rd draft dated 5 July 1999. The 3rd draft is available on <http://www/icer.org.uk>.
- (5) M. R. Harrison and J. H. Vincent: 12th European Conference on Microelectronics & Packaging, IMAPS Europe (1999), 98-104.
- (6) K. Suganuma: 12th European Conference on Microelectronics & Packaging, IMAPS Europe, (1999), 505-509.