

# 各種鉛フリー半田ペーストを使用した ニッケル/パラジウム・メッキICの評価

Douglas Romm, Bernhard Lange, and Donald Abbott

## 要約

集積回路 (IC) 用にニッケル/パラジウム (Ni/Pd) リード・メッキが導入されたのは、1989年のことです。1998年には、Sn/Ag/Cu/Sb鉛フリー (Pbフリー) 半田ペーストとOSP (有機半田付け性保護材) でコーティングされたPWB (プリント基板) を使用したNi/Pdメッキ部品に関する半田付け性テストの結果が発表されました。以来、さまざまな鉛フリー半田ペーストが導入されてきました。

この評価では、現在エレクトロニクス業界で広く使用されている鉛フリー半田ペーストを使用したNi/Pdメッキ部品の半田付け性と信頼性を示します。テストに使用したICは、4層Ni/Pdメッキを施したガルウィング式のリードを持つ20ピンのSOIC (Small-Outline Integrated Circuit) および56ピンのSSOP (Shrink Small-Outline Package) です。半田ペーストは、Sn/Pb/Ag (比較基準)、Sn/Ag/Cu、Sn/Bi、Sn/Ag/Cu/Sb、Sn/Zn/Bi、Sn/Znです。試験用PWBのランド・パッドはOSPでコーティングされています。鉛フリーNi/Pdメッキ部品、鉛フ

リー半田ペーストおよびOSPコーティングを使用することで鉛フリー・アセンブリを行い、これを評価の対象としました。さらに、Sn/Ag/Cuペーストを使用してNi/Pd/Auメッキ部品を半田付けしました。

各ペーストについて、外観、リード引っ張り (1000回の温度サイクルの前と後)、半田接合部の断面 (温度サイクルの前と後) を評価しました。

評価の結果、試験を行ったすべての鉛フリー半田ペーストの中で、Ni/Pdメッキ部品が優れた濡れ性を持つことがわかりました。1つの事例 (Sn/Zn/Bi合金) でのみ、ヒール部で濡れ角度がごくわずかに負の角度になりました。リード引っ張りのデータについては、Sn/Biを除くすべての鉛フリーペーストが比較基準のSn/Pb/Agペーストよりも高い平均引っ張り力を示しました。一部の半田接合でボイドが発生しましたが、リード引っ張り強度には影響しませんでした。Ni/Pd/AuメッキICリードは、Sn/Ag/Cuペーストを使用した場合に優れた濡れ性を示しました。

## 目次

はじめに.....	2
実験.....	2
リフロー・プロファイル.....	3
試験用機器および手順.....	4
性能の判断基準および結果.....	4
目視外観試験.....	4
リード引っ張り試験.....	5
半田接合の断面写真.....	6
断面観察の結果.....	8
断面に見られる金属間化合物.....	8
Ni/Pd/Auメッキ.....	11
結果および結論.....	12
謝辞.....	12
References.....	13

## はじめに

ICのNi/Pdメッキは、1980年代後半に初めて導入されました[1,2]。2000年9月現在、350億以上のNi/PdメッキICパッケージが存在しています。

1990年代半ばに開発された鉛フリー処理に対する関心が高まり、鉛フリーパッケージ端子のニーズが明らかになりました[3,4,5,6,7,8,9]。Ni/Pdは鉛フリーメッキであるため、Ni/Pdメッキ部品に鉛フリー半田ペーストとPWBパッドを使用することで、鉛フリー半田接合部を作成できます。1998年には、4層Ni/PdメッキIC部品(比較基準としてNi/Pd/Auメッキ部品およびSn/Pbメッキ部品を使用)、Sn/Ag/Cu/Sb鉛フリー半田ペースト、PWBの表面仕上げとしてのOSP(有機半田付性保護材)を使用して形成される鉛フリー半田接合を評価する研究が行われました[10]。この研究では、接触角度の計測とリード引っ張り試験も行われました。温度サイクル試験を行い、パッケージの信頼性を評価しました。ウェットリング・バランス試験を行い、Ni/PdメッキとNi/Pd/Auメッキの半田濡れ時間の特性を調査しました。

この研究から、Ni/PdメッキとNi/Pd/Auメッキを使用すると接触角度が増加することがわかりました。しかし、Ni/PdメッキとNi/Pd/Auメッキはリード引っ張り試験と温度サイクル試験においてSn/Pbメッキ部品(比較基準)と同等もしくはそれ以上の結果でした。このことから、3種類のリードメッキ(Sn/Pb、Ni/Pd、Ni/Pd/Au)の性能差は外観上のものに過ぎないことがわかりました。Ni/PdメッキとNi/Pd/AuメッキのどちらのIC部品でも、Sn/Ag/Cu/Sb鉛フリー半田ペーストとOSPでコートされたPWBを使用することで、鉛フリー半田接合を作成することが可能でした。

1999年後半から2000年にかけて、ヨーロッパで提案された法案や日本の法案[11,12,13]により、鉛フリー処理への関心が高まりました。このような関心の高まりから、エレクトロニクス業界で選択されている鉛フリー半田ペーストを使用したNi/Pdメッキ部品の評価が行われることになったのです。

## 実験

この評価に使用する鉛フリー半田合金は、顧客、業界団体、規格制定組織から得られたデータを基に決定されました。表1にそれを示します。

Sn/Pb/Ag半田ペーストは比較基準として使用されるペーストです。Sn/Ag/Cuペーストが選ばれたのは、NEMI(National Electronics Manufacturing Initiative)が鉛フリー半田の代替品の標準[14]として推奨しているペーストであるためです。また、Sn/Ag/Cuクラスのペーストは、IPC、ITRI、およびNCMSでも推奨または提案されています[15,16,17]。Sn/Biペーストは、低融点合金を利用した開発について一部のエンドユーザーで関心が高まっているため選択されました。Sn/Ag/Cu/Sb(Castin™)は1993年に開発されたものです。これは1998年[10]に評価された合金ですが、ここでは他の合金との直接比較のために使用しています。Sn/Zn/BiペーストおよびSn/Znペーストは現在日本市場で評価されていることから、この研究に加えられています。

Sn/Ag/Cuペーストについては、2種類のピーク・リフロー温度が使用されました。NEMIでは「推奨ペーストを使用すると融点が約40°C上昇するため、多くの部品やアセンブリ・プロセスの各ステップに確実に影響が及びます。これは、サプライチェーンのすべての企業の問題となるでしょう。」[14]と指摘しています。業界ではピーク・リフロー温度260°CがSn/Ag/Cuペーストの最悪条件とされています。ピーク・リフロー温度が低い場合のSn/Ag/Cuペーストの性能を調べるために、235°Cのピーク・リフロー温度を使用した試験を行いました。Skidmoreは、半田合金、フラックス、およびプロファイルの評価において、ピークが235°Cの直線的なプロファイルを使用した場合に、最も良い結果が得られたと報告しています[18]。

鉛フリー半田接合を評価するために、OSP(ENTEK™ PLUS CU-106Aの主成分はBenzimidazole)を使用してPWBパッドをコーティングしました。このコーティングはベンズイミダゾールの代わりに使用されるもので、複数の半田付け作業を経てもCuの半田付け性を維持できます。リフローを行うと、OSPの大部分が融解した半田に置き換わり、半田ペーストの残留物にわずかに含まれるだけになります。OSPの一部(25%未満)はリフロー温度で揮発します[19]。

表 1. 評価に使用された半田合金

RUN	ALLOY	MELTING POINT (°C)	PEAK TEMPERATURE (°C)
1	62Sn/36Pb/2Ag	179	225
2	95.5Sn/3.9Ag/0.6Cu	217	235
3	95.5Sn/3.9Ag/0.6Cu	217	260
4	42Sn/58Bi	139	170
5	96.2Sn/2.5Ag/0.8Cu/0.5Sb	215–217	240
6	89Sn/8Zn/3Bi	187–197	225
7	91Sn/9Zn	199	225

## リフロー・プロファイル

使用したリフロー・プロファイルは、半田ペーストの製造者から提供された情報に基づいています。試験1、6、7 (Sn/Pb/Agペースト、Sn/Znペースト、Sn/Zn/Biペースト)では、図1に示すプロファイルを使用しました。このプロファイルでは約100秒で予備加熱温度140℃～180℃に達した後、ピーク温度の225℃まで上昇します。

試験2 (Sn/Ag/Cuペースト)では、図2に示すプロファイルを使用しました。このプロファイルでは約100秒で予備加熱温度

140℃～180℃に達した後、ピーク温度の235℃まで上昇します。

試験3 (Sn/Ag/Cuペースト)では、図3に示すプロファイルを使用しました。このプロファイルでは約100秒で予備加熱温度140℃～200℃に達した後、ピーク温度の260℃まで上昇します。

試験4 (Sn/Biペースト)では、図4に示すプロファイルを使用しました。このプロファイルでは約100秒で予備加熱温度100℃～130℃に達した後、ピーク温度の170℃まで上昇します。

試験5 (Sn/Ag/Cu/Sbペースト)では、図5に示すプロファイルを使用しました。このプロファイルでは約100秒で予備加熱温度140℃～180℃に達した後、ピーク温度の240℃まで上昇します。

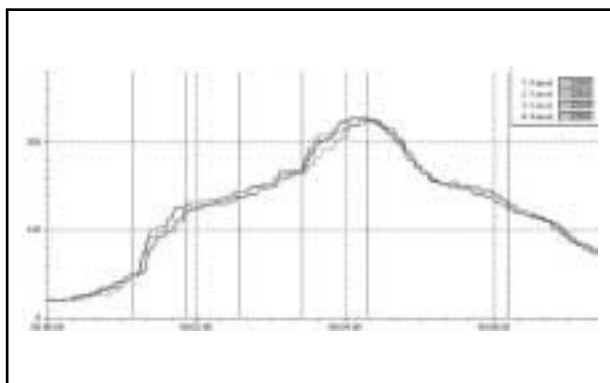


図 1. 試験1、6、7に使用したプロファイル

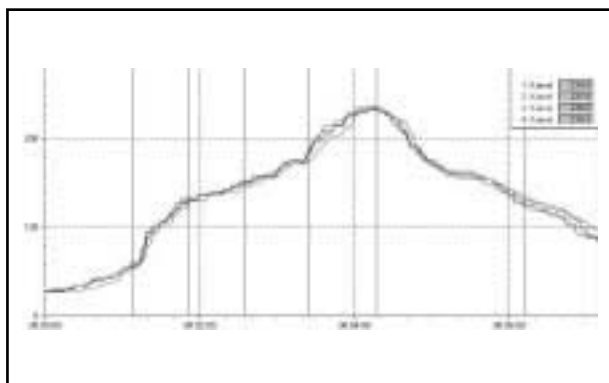


図 2. 試験2に使用したプロファイル

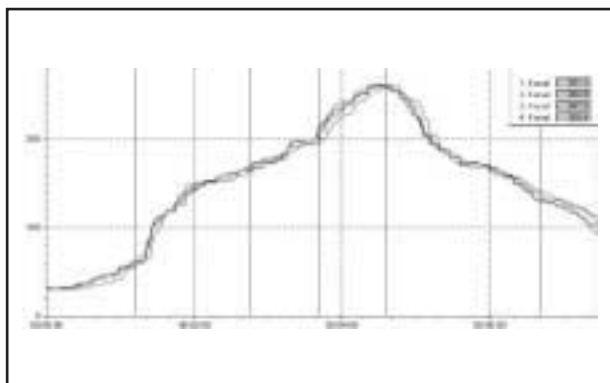


図 3. 試験3に使用したプロファイル

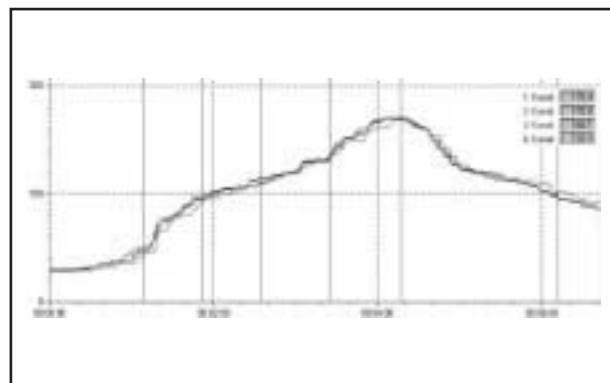


図 4. 試験4に使用したプロファイル

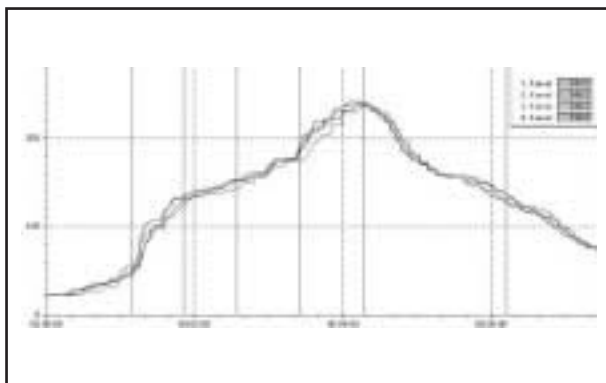


図 5. 試験5に使用したプロファイル

## 試験用機器および手順

半田ペースト・ステンシルには150mmのステンレス製ステンシルを使用し、レーザー・カット加工と研磨を行いました。半田ペーストのプリントは手作業で行いました。手動部品配置用の光学式アライメント・ツールを使用して、パッケージのリードを半田ペースト・プリントに配置しました。プリント基板の上にプリントされた半田ペーストを光学的に検査して、ペーストの高さが適切で、かすれることなくプリントされていることを確認しました。リフローにはRehmの全対流炉を、N<sub>2</sub>およびO<sub>2</sub>濃度は500ppm～1000ppmで使用しました。

## 性能の判断基準および結果

今回の評価では、半田接合の性能を判断するために、目視試験、機械的試験、および信頼性試験を実施しました。各試験の方法とその結果を、以降の節で説明します。

## 目視外観試験

各合金ペーストをNi/Pdメッキ部品に使用した場合の濡れ性を調べるために、接合部の外観を撮影しました。各サンプルについてIPC-A-610Cの基準を適用し、判断しました<sup>[20]</sup>。主な半田接合(前述のとおりSOICまたはSSOP)の写真を図6から図12に示します。図11に示すSn/Zn/Biペーストの場合、外観が荒くざらついています。図12に示すSn/Zn合金でも、程度は低いものの同様のざらつきが見られます。この現象は、Sn/Znベースの半田ペーストを評価した他の研究でも報告されています。

すべての半田接合において、半田フィレットの高さはリードの厚さの1倍以上になっており、リードの側面にしっかりと密着していました。これは、IPC-A-610Cにおける製品の3つのクラス(汎用電子製品、特殊サービス用電子製品、および高性能電子製品)すべてに関して、適合と判断される性能です。半田の種類によって側面の半田フィレットの高さが異なっていますが、リード引っ張り強度が極端に小さかったSn/Bi半田の場合を除いて、側面の半田フィレットの高さはリードプル強度に影響しませんでした(図13および図14を参照)。この現象は従来の報告と矛盾していますが、その原因を明確に説明することはできていません。

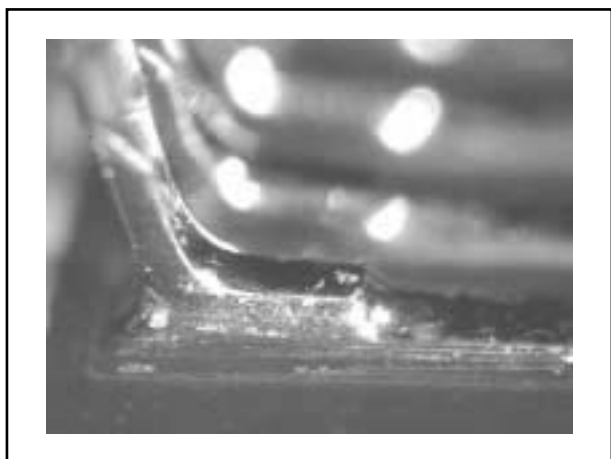


図 6. Sn/Pb/Ag比較基準ペースト、SSOPパッケージ

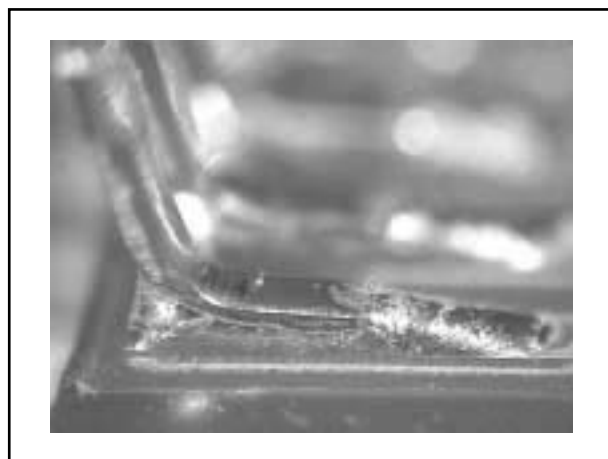


図 7. Sn/Ag/Cuペースト (ピーク温度235℃)、SSOPパッケージ

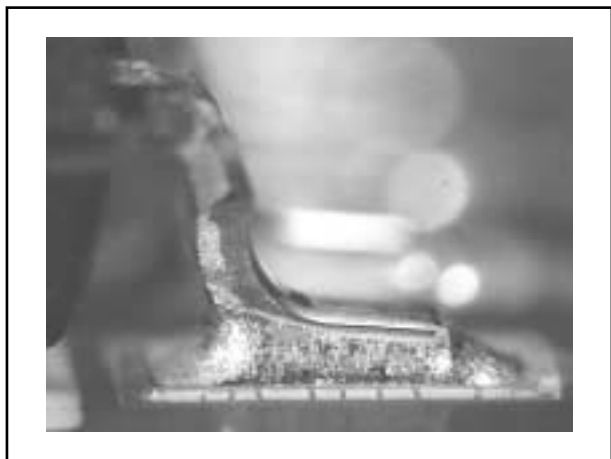


図 8. Sn/Ag/Cuペースト (ピーク温度260℃)、SOICパッケージ

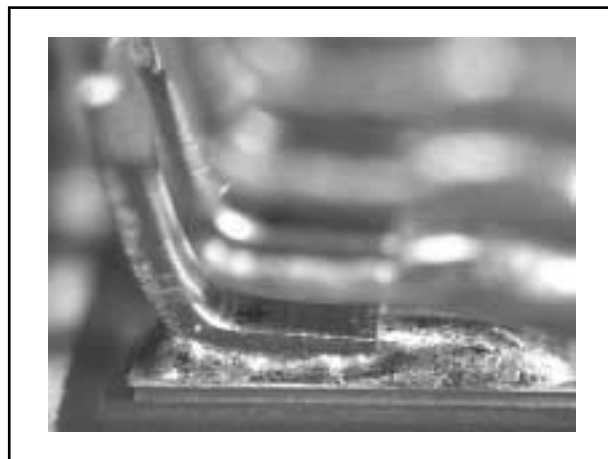


図 9. Sn/Biペースト、SSOPパッケージ

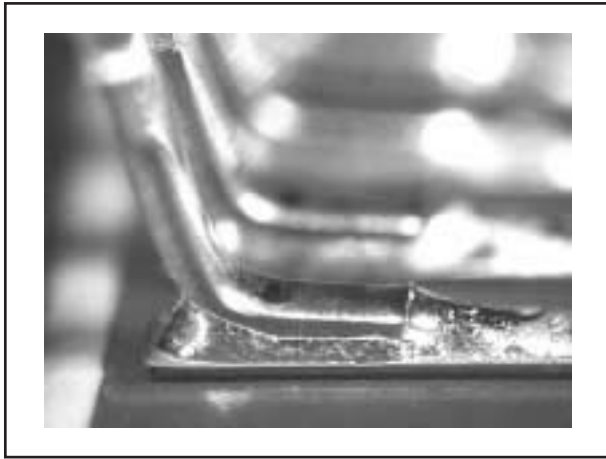


図 10. Sn/Ag/Cu/Sbペースト、SSOPパッケージ

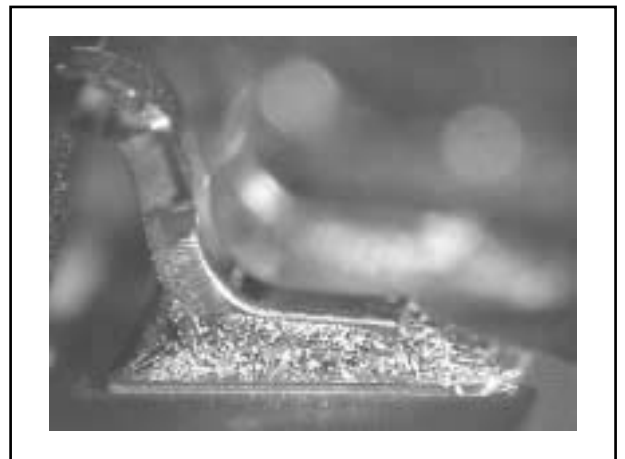


図 11. Sn/Zn/Biペースト、SOICパッケージ

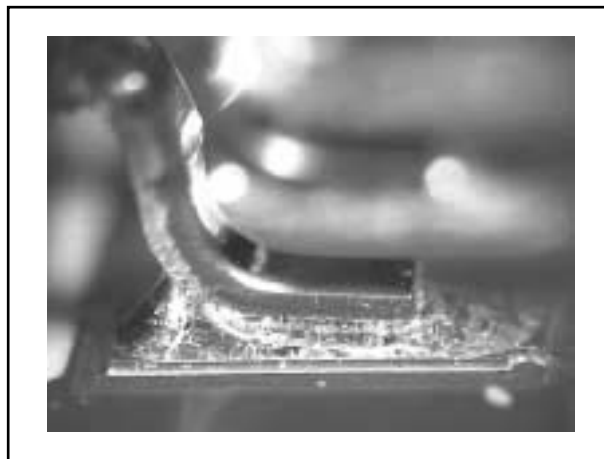


図 12. Sn/Znペースト、SOICパッケージ

## リード引っ張り試験

各リード引っ張り試験では、半田付け後に、PWBパッドからICリード1本を引き上げて離すために必要な力を測定しました。まず、PWBのリード1本を引っ張ることができるように、リードをパッケージ本体に近い位置で切断しました。次に、パッケージ本体とリードを離して、PWBを試験装置に固定しました。最後に、PWBからリードが離れるまで、PWB表面から垂直方向にリードを引っ張りました。その移動速度は、PWB表面に対して垂直方向に0.4mm/秒です。リードをPWBから引き離すために必要な力を測定し、記録しました。温度サイクルの前後で、リード引っ張り値を測定しました。

リード引っ張り試験は20ピンのSOICパッケージで行いました。各グループの40本のリードを対象とし、平均の引っ張り値を算出しました。図13に、各半田ペーストでNi/Pdメッキパッケージを半田付けした場合のリード引っ張り値の範囲と平均値を示します。リード引っ張り力の測定単位はニュートン(N)です。

温度サイクルの前のリード引っ張り試験の結果では、すべての鉛フリーペーストの平均引っ張り力は、比較基準であるSn/Pb/Agを上回っています。

図14は、Ni/Pdメッキリードの温度サイクル後のリード引っ張り値の範囲と平均値を示しています。

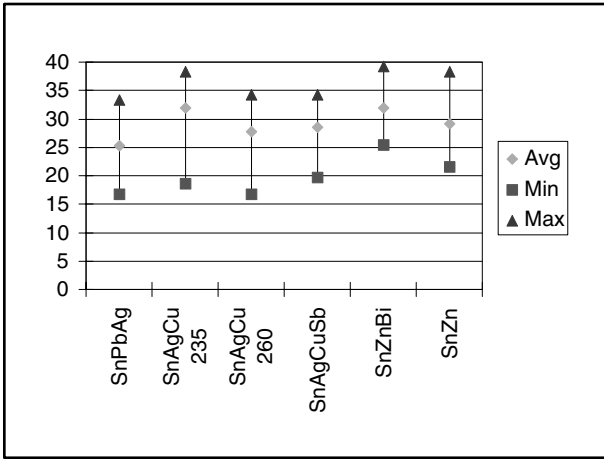


図 13. 温度サイクル前のリード引っ張り結果

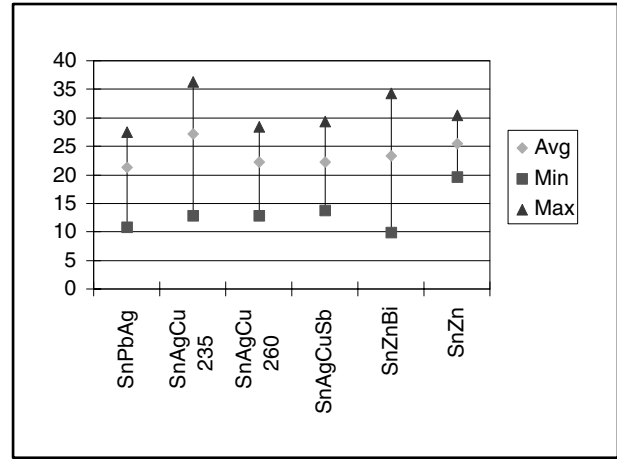


図 14. 温度サイクル後のリード引っ張り結果

温度サイクルは、 $-40^{\circ}\text{C}$ から $125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で1サイクル10分間です。これは、プリント基板を $-40^{\circ}\text{C}$ のチャンバーから $125^{\circ}\text{C}$ のチャンバーまで移動させて行う熱衝撃試験です。 $-40^{\circ}\text{C}$ と $125^{\circ}\text{C}$ の間は急激に変化し、徐々に上昇するものではありません。

温度サイクルを実施した後のリード引っ張りの結果を見ると、すべての鉛フリー合金ペーストの平均引っ張り力が比較基準であるSn/Pb/Agペーストを上回っています。Sn/Ag/Cuペーストを $235^{\circ}\text{C}$ でリフローした場合に、最も高い平均引っ張り力が記録されました。全体的には、温度サイクルの後にはすべての半田

合金ペーストでリード引っ張り値が10%から30%低下しました。

Sn/Biペーストの引っ張り力値は掲載していません。特異な結果が得られ、その原因がよくわからなかったため、この合金についてはさらに詳しい研究が進められています。

## 半田接合の断面写真

図15から図21に、鉛フリー合金に $-40^{\circ}\text{C}$ ~ $125^{\circ}\text{C}$ の温度サイクルを1000回行った後の断面写真を示します

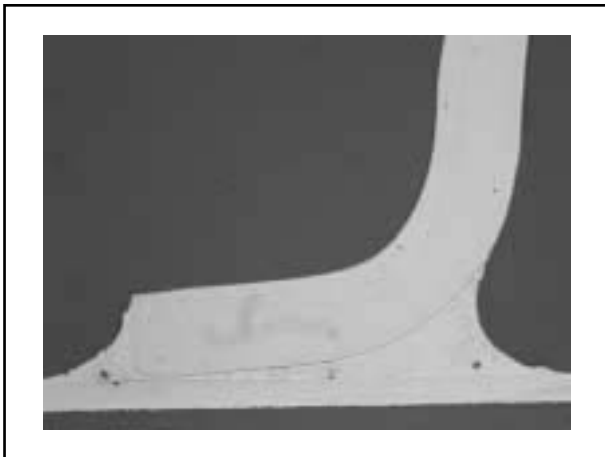


図 15. Sn/Pb/Ag半田、温度サイクル1000回

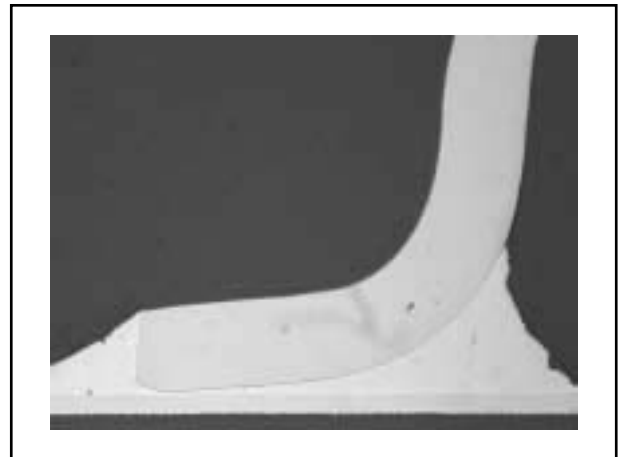


図 16. Sn/Ag/Cu半田(ピーク温度 $235^{\circ}\text{C}$ )、温度サイクル1000回

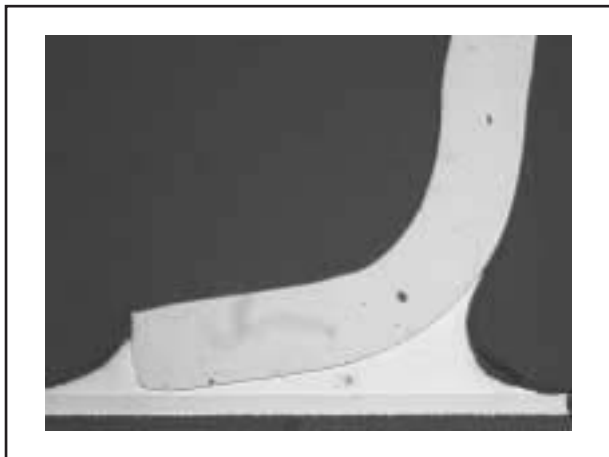


図 17. Sn/Ag/Cu半田 (ピーク温度260℃)、  
温度サイクル1000回

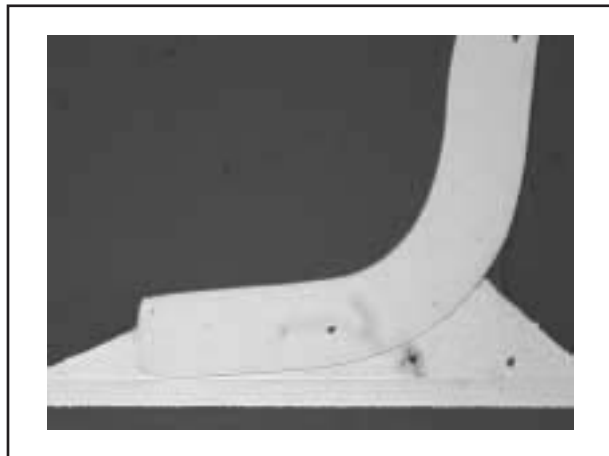


図 18. Sn/Bi半田、温度サイクル1000回

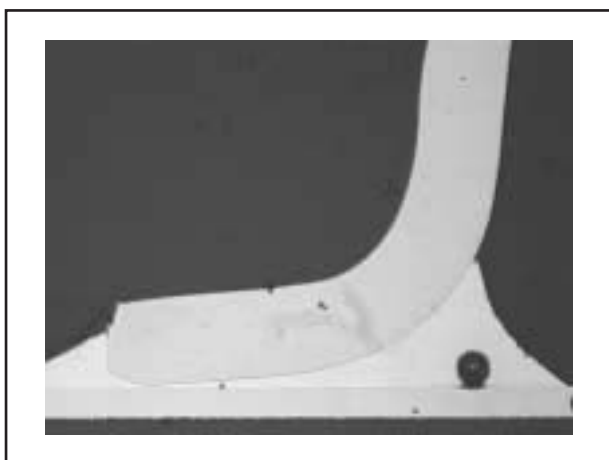


図 19. Sn/Ag/Cu/Sb半田、温度サイクル1000回

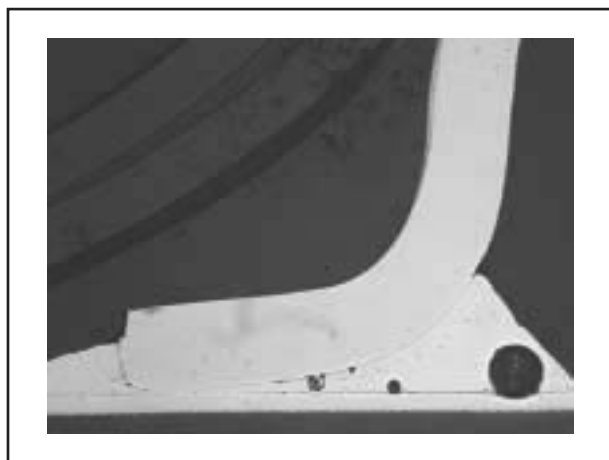


図 20. Sn/Zn/Bi半田、温度サイクル1000回

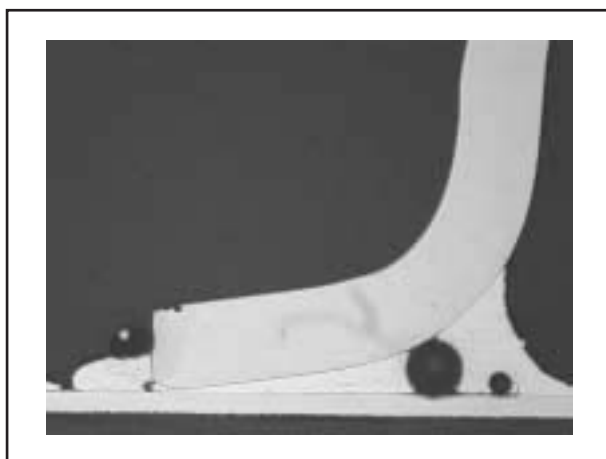


図 21. Sn/Zn半田、温度サイクル1000回

## 断面観察の結果

初期状態では、すべての半田がすぐれた濡れ性を示しました（フィレットの高さがリードの厚さの1倍以上）。そのため、温度サイクル後の断面のみを示しています。235°Cおよび260°CのSn/Ag/Cu半田（初期状態）には、わずかなポイドが見られます。ポイドが最も大きいのはSn/Zn/Bi半田とSn/Zn半田です（図20と図21）。この2つについては、試験した合金/ペーストに適していないフラックス化学処理が使用された可能性があります。この2つの合金は比較的新しい半田ペーストです。すべての鉛フリー半田の初期状態の平均引っ張り力がSn/Pb/Ag半田を上回っていたため、ポイドの大きさとリード引っ張り強度の間には関連性が確認されませんでした。また、Sn/Zn/Biペーストのサンプルでは、ヒール部の最上部でごくわずかに濡れ角度が負の角度になりました。これらの断面は、さらなる研究の対象となるでしょう。調査対象として考えられるのは、半田/リードの接合面です。ペーストの特性、つまり半田合金、粒子の大きさと分布、フラックスの種類などについては、さらに開発が必要であり、さまざまな合金の性能に影響することが考えられます。

## 断面に見られる金属間化合物

図22から図35に、1000回の温度サイクルを行う前と後の、金属間化合物の断面を示します。すべての図で、PWBパッドが下、Ni/PdメッキされたCuリードが上になっています。

前述のように、Ni/PdメッキCuリードに半田付けを行うことで、表面にNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>金属間化合物が形成されます。非常に薄い(0.075μm)層となっているPdは表面から拡散してPd-Ni-Snの三元金属間化合物となり、半田の内部に移動します<sup>[21,22]</sup>。そのため、このようなSnが豊富な系の場合、バルク半田接合の金属間化合物形成にPdは関わりません。

図22と図23は、Sn/Pb/Ag系を温度サイクルにさらしたときに粗い粒子が形成された様子を示しています。断面の上部では、1μm程度のNiの層があり、Niとの境界面にはNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>金属間化合物があるのがわかります。断面の下部では、基板のCuパッドとの境界面にCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>金属間化合物があるのがわかります。図24と図25を見ると、粗い粒子はほとんど確認できませんが、針状の構造体が間隔を置いて広がっているのがわかります。ここでも、境界面にNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>とCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>が見られます。図26と図27には、図24および図25と同じような特徴が見られますが、境界面のNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>とCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>金属間化合物の厚さがより大きいと考えられます。図28と図29の場合は、Ni境界面とCu境界面における金属間化合物形成が非常に厚くなっています。バルク半田の内部には、温度サイクルによって非常に粗い粒子が形成されます。このことが、Sn/Bi半田で計測された異常なリード引っ張り値に関係している可能性があります。形成された金属間化合物を調べると、試験結果の分析に役立ちます。図30と図31は、図24から図27までの結果に似ていますが、針状の構造物はありません。図32から図35までの断面を見ると、温度サイクル後に形成された単発的な形成物が存在しているようです。Ni表面とCu表面の境界面における金属間化合物形成は、温度サイクルにより増加しており、これまでの図で示してきた結果と符合します。



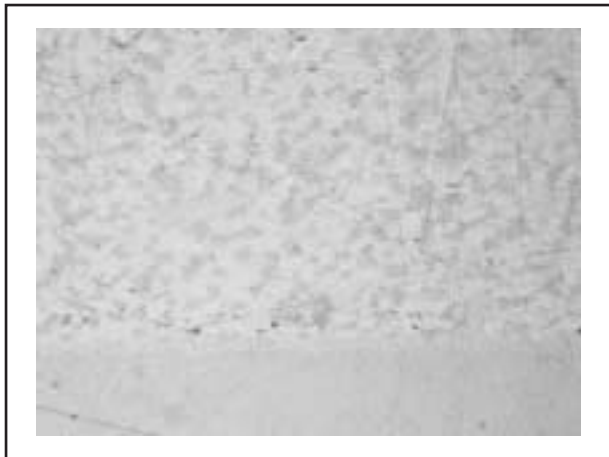


図 22. Sn/Pb/Ag半田、温度サイクル0回

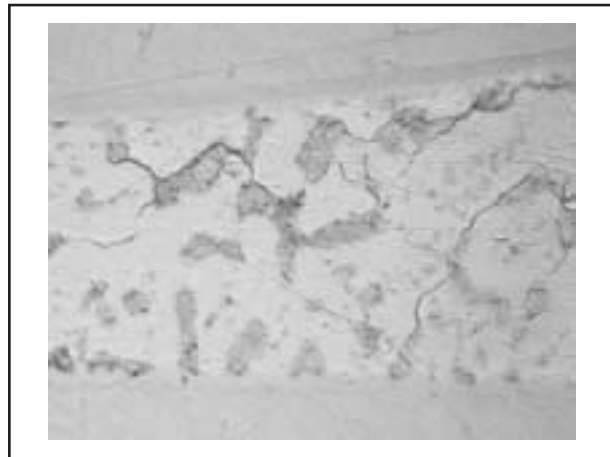


図 23. Sn/Pb/Ag半田、温度サイクル1000回

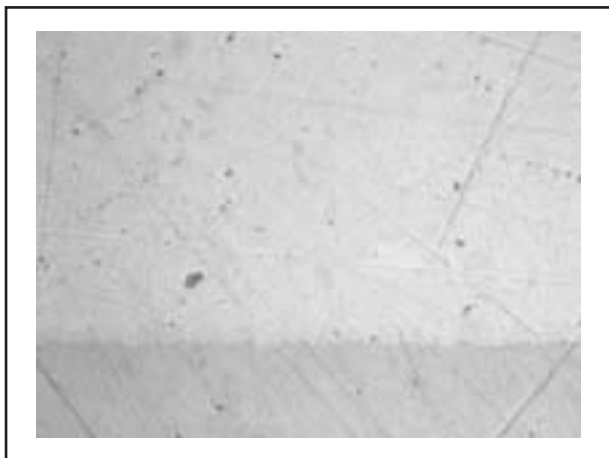


図 24. Sn/Ag/Cu半田 (ピーク温度235°C)、  
温度サイクル0回

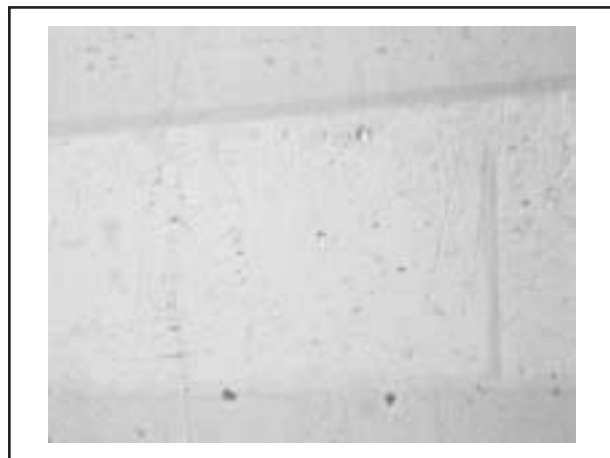


図 25. Sn/Ag/Cu半田 (ピーク温度235°C)、  
温度サイクル1000回

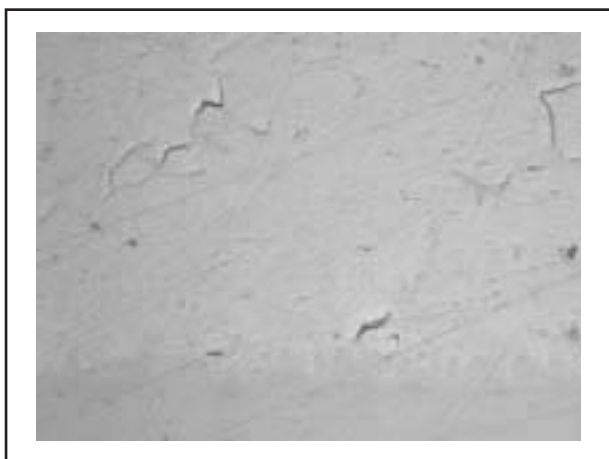


図 26. Sn/Ag/Cu半田 (ピーク温度260°C)、  
温度サイクル0回

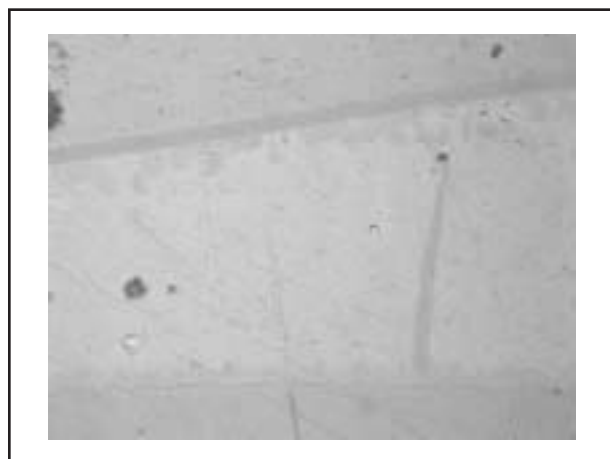


図 27. Sn/Ag/Cu半田 (ピーク温度260°C)、  
温度サイクル1000回

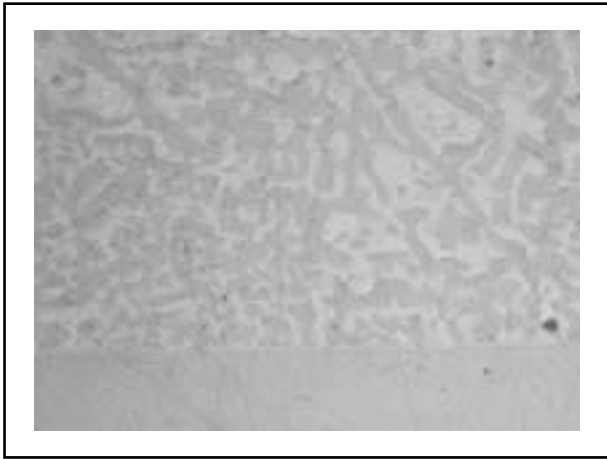


図 28. Sn/Bi半田、温度サイクル0回

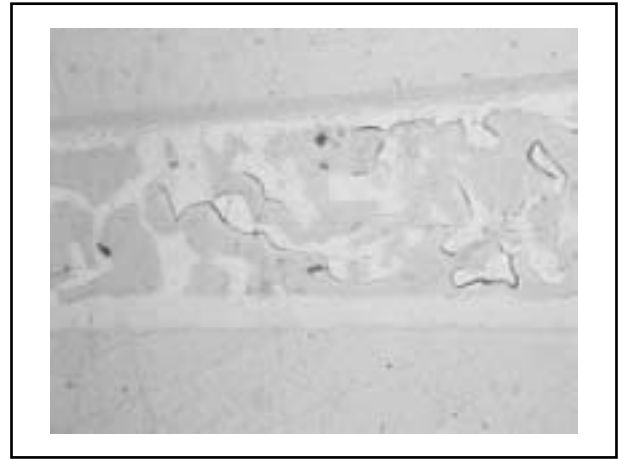


図 29. Sn/Bi半田、温度サイクル1000回



図 30. Sn/Ag/Cu/Sb半田、温度サイクル0回



図 31. Sn/Ag/Cu/Sb半田、温度サイクル1000回

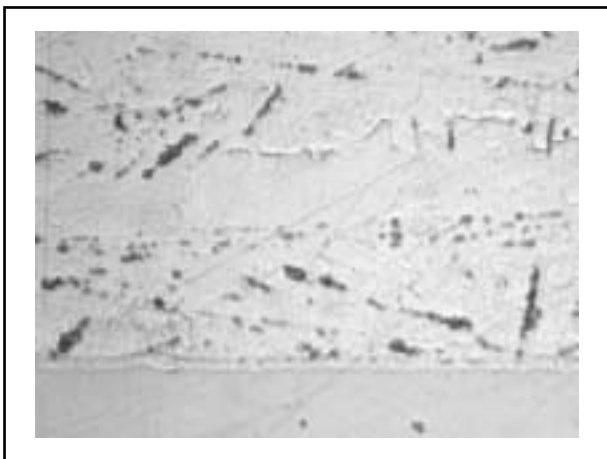


図 32. Sn/Zn/Bi半田、温度サイクル0回



図 33. Sn/Zn/Bi半田、温度サイクル1000回

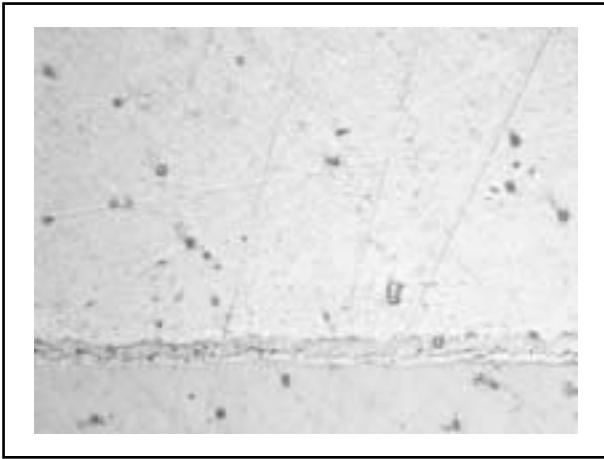


図 34. Sn/Zn半田、温度サイクル0回

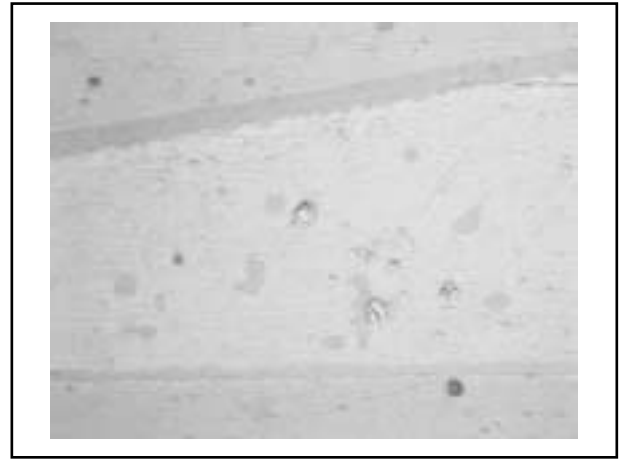


図 35. Sn/Zn半田、温度サイクル1000回

## Ni/Pd/Auメッキ

前述したように、Ni/Pdリード・メッキは1989年に導入されました。約7年後、日本でNi/Pdメッキの代替としてNi/Pd/Auメッキが提唱されました。これまでの評価で、Ni/Pd/Auメッキはウェットティング・バランス試験で優れた性能を発揮し、半田接合の外観もNi/Pdメッキと同等以上の結果を残しています。鉛フリー処理への移行の動きにともない、Ni/Pd/Auメッキへの関心が新たに高まっています。

Ni/Pdメッキ部品に対する評価だけでなく、リードフレームをNi/Pd/Auメッキした14ピンのSOICパッケージにSn/Ag/Cu半田ペーストを使用した場合の評価も行われています。Ni/Pd/Auメッキ部品の外観を図36（ピーク・リフロー温度235℃）と図37（ピーク・リフロー温度260℃）に示します。このリード・メッキは現在評価中であり、2001年の第2四半期にアプリケーション・レポートを発行する予定です。

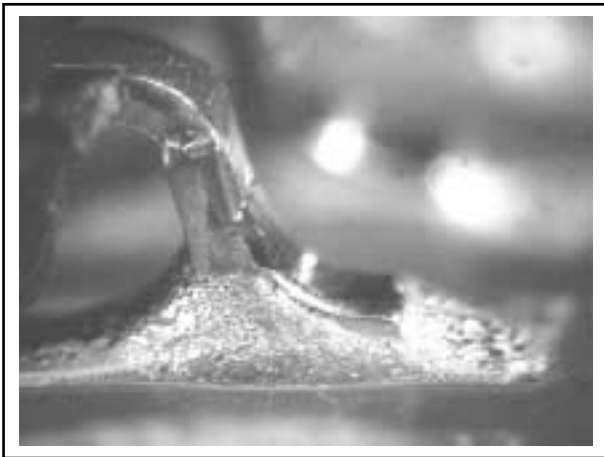


図 36. Sn/Ag/Cu合金ペースト（ピーク温度235℃）、Ni/Pd/AuメッキSOICパッケージ

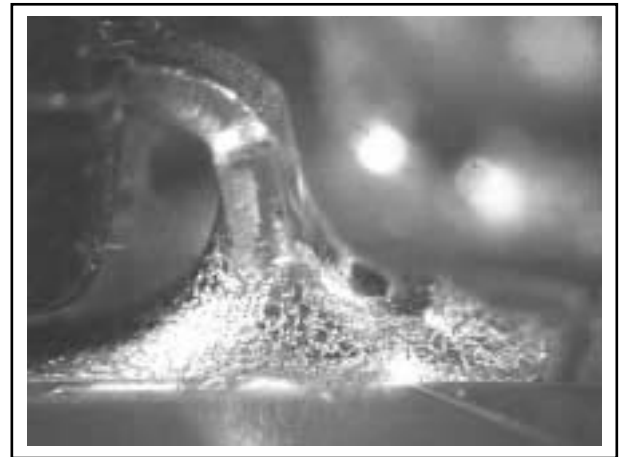


図 37. Sn/Ag/Cu合金ペースト（ピーク温度260℃）、Ni/Pd/AuメッキSOICパッケージ

## 結果および結論

- 外観と断面から、評価したすべての半田でヒール・フィレットの高さがリードの厚さの1倍以上になっていることがわかりました。Sn/Zn/Biサンプルでのみ、ごくわずかに濡れ角度が負の角度になりました。Sn/Biの結果は予想通りでした。
- リード引っ張りの結果(温度サイクルの前と後)では、すべての鉛フリー合金が比較対象のSn/Pb/Ag合金よりも高い平均引っ張り力を示しています。温度サイクルの後では、リフロー温度が235℃のSn/Ag/Cu合金が最も高い平均引っ張り力を示しました。全体的には、温度サイクルの後にはすべての半田合金でリード引っ張り値が10%から30%低下しました。ただしSn/Bi半田は例外で、半田結合強度がほとんど測定されませんでした(試験機器の計測限界を下回りました)。
- 一部の半田フリー合金で、半田内にポイドが見られました。ポイドが最も大きかったのは、Sn/Zn/Bi合金とSn/Zn合金です。半田内にポイドが発生したことから、合金/ペーストに適していないフラックスが使用されたか、ピーク・リフロー温度が適していなかった可能性があります。ポイドの量はリード引っ張り強度に影響しませんでした。
- 形成された金属間化合物の外観は、他の調査による報告と符合していました。CuとNiそれぞれでの境界でのNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>とCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>の金属間化合物形成は予想通りであり、リード引っ張り値の結果にも一致していました。
- Ni/Pd/Auメッキ・リードにSn/Ag/Cu合金ペーストによる半田付けを行った場合、優れた濡れ性を示しました。

## 謝辞

このアプリケーション・ノートの執筆に際しては、Texas Instrumentsの社員であるKay HaulickおよびMartin Pauliに、プリント基板実装、目視試験の記録、ならびにリード引っ張り試験に関して多大な協力を得ました。

また、半田ペーストの素材および技術情報に関して、以下の半田ペースト・サプライヤにご協力いただきました。

ALLOY	SUPPLIER
Sn/Pb/Ag	Multicore
Sn/Ag/Cu	Multicore
Sn/Bi	Multicore
Sn/Ag/Cu/Sb (Castin)	AIM
Sn/Zn/Bi	SDK
Sn/Zn	SDK

この文書は、2000年9月にProceedings of IPC Worksにて発行されたものです。

## References

1. D. C. Abbott, R. M. Brook, N. McLelland, and J. S. Wiley, *IEEE Trans. CHMT*, 14, 567 (1991).
2. A. Murata and D. C. Abbott, *Technical Proceedings, Semicon Japan*, 415 (1990).
3. M. Kurihara, M. Mori, T. Uno, T. Tani, T. Morikawa, SEMI Packaging Seminar, Taiwan, 59(1997).
4. I. Yanada, IPC Printed Circuits Expo 1998.
5. M. Jordan, *Trans IMF*, 75(4), 149, (1997).
6. T. Kondo, K. Obata, T. Takeuch & Masaki, *Plating and Surface Finishing*, 51, Feb. (1998).
7. R. Schetty, *IPC Works 99 Proceedings*, Oct. (1999).
8. Y. Zhang, J. A. Abys, C. H. Chen, & T. Siegrist, *SUR/FIN 96* (1996).
9. Ji -Cheng Yang; Kian-Chai Lee; Ah-Chin Tan, *Electronic Components and Technology Conference Proceedings*, 49<sup>th</sup>, 842-847 (1999).
10. D. W. Romm and D. C. Abbott, *Lead Free Solder Joint Evaluation, Surface Mount Technology*, March, (1998).
11. *Proposal for a Directive on Waste from Electric and Electronic Equipment 76/769/EEC*, Third Draft, European Commission Directorate General XI: Brussel, July 5, 1999.
12. K. Suganuma, *IPC Works 99 Proceedings*, Oct. (1999).
13. T. Nitta, *Proceedings of EcoDesign 99*, p 970.
14. *NEMI Group Recommends Tin/Silver/Copper Alloy as Industry Standard for Lead-Free Solder Reflow in Board Assemblies*, NEMI press release, January 24, 2000.
15. IPC Roadmap 3<sup>rd</sup> Draft ([www.leadfree.org](http://www.leadfree.org))
16. *Lead-free Alloys - The Way Forward*, Solderterc (ITRI) Limited, October, 1999 [www.lead-free.org](http://www.lead-free.org).
17. *National Center for Manufacturing Sciences Lead-Free Solder Project Final Report*, Aug.1997, NCMS, 3025 Boardwalk, Ann Arbor, MI 48108-3266.
18. T. Skidmore, K. Walters, *Circuit Assembly Magazine*, April 2000.
19. Enthone-OMI, technical information about ENTEK PLUS Organic Solderability Preservative (OSP).
20. IPC-A-610C, *Acceptability of Electronic Assemblies*, January 2000.
21. P.G. Kim, K.N. T, and D.C. Abbott, *J. of Applied Physics*, 84, 770, (1998).
22. P.G. Kim, K.N. Tu, and D.C. Abbott, *Appl. Phys. Lett.*, 71, 1, (1997).

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJおよびTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIの標準契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは是認するということの意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、且つその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、且つ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

なお、日本テキサス・インスツルメンツ株式会社半導体集積回路製品販売用標準契約約款をご覧ください。

<http://www.tij.co.jp/jsc/docs/stdterms.htm>

Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上