

ニッケル・パラジウム金メッキ表面実装ICの評価

Douglas Romm, Bernhard Lange, and Donald Abbott

要約

Texas Instruments(TI)は、集積回路(IC)パッケージのリードに弊社のNiPd(ニッケル・パラジウム)メッキの改良版を採用しました。改良版のリード・メッキは、NiPdAu(ニッケル・パラジウム金)です。

TIでは、長期にわたりNiPdメッキを使用し、成功を収めてきました。TIのNiPdメッキ・リードを使用したデバイスは、400億個以上に及びます。TIは1989年にNiPdメッキを採用し、これに関する多くの論文や研究を公表してきました。鉛フリー化の推進に伴い、TIでは鉛フリー半田ペーストとともに使用する場合のNiPdメッキの性能の改善に努めました。その結果がNiPdAuメッキです。

2000年9月に公表した半田付け性試験では、数種類の鉛フリー半田ペーストとともに使用した場合のNiPdメッキの優れた性能が報告されています。この研究の予備データでは、SnPbAg半田(比較基準品)ペーストおよびSnAgCu半田(鉛フリー)ペーストの

いずれを使用した場合にも、NiPdAuメッキ部品のリードは優れた性能を示しました。

このアプリケーション・レポートでは、SnPbAg半田ペーストおよびSnAgCu半田ペーストを使用した場合のNiPdAuメッキIC(デュアル・インライン・パッケージ/クアッド・パッケージ型)の優れた濡れ性について、より詳細な結果を示します。ウェットテイング・バランス試験では、NiPdメッキ部品およびSnPbメッキ部品のリードに比べて、NiPdAuメッキ部品のリードの濡れ時間が短縮されるという結果が得られました。NiPdAuメッキ・リードとの半田接合の目視検査では、工業標準の基準に適合する十分な濡れ性が確認できました。半田接合の断面からも優れた濡れ性が確認できました。また、3種類の部品のメッキに対してリード引っ張り試験を行なった結果、2種類の半田ペーストおよび2種類の鉛フリーPWB(プリント基板)メッキとともに使用した場合すべてにおいて、適合基準に達しました。

目次

はじめに	2
実験	2
半田付けの評価	5
結果および結論	16
謝辞	16
References	16

はじめに

ICリードのNiPd(ニッケル・パラジウム)メッキは、1980年代後半に初めて採用されました[1, 2]。2001年6月現在、400億以上のNiPdメッキICパッケージが存在しています。4層からなるNiPd構造を図1に示します。

1990年代のはじめに、NiPdAu(ニッケル・パラジウム金)リード・メッキが日本市場で採用されました。この標準化された3層からなるNiPdAuメッキを図2に示します。どちらのメッキ・システムでも、TI製品のメッキ層は指定により供給されます。

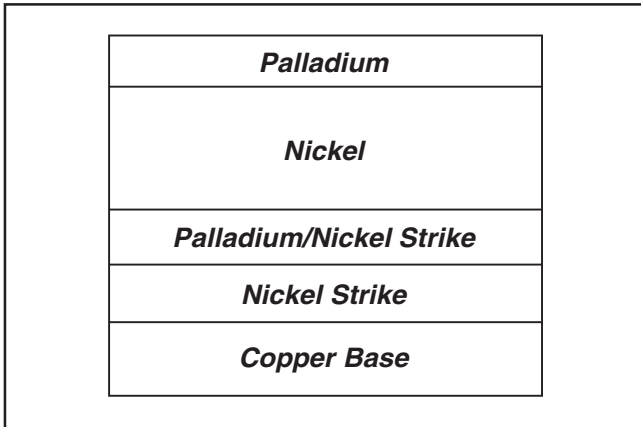


図1. TIの4層NiPdメッキ

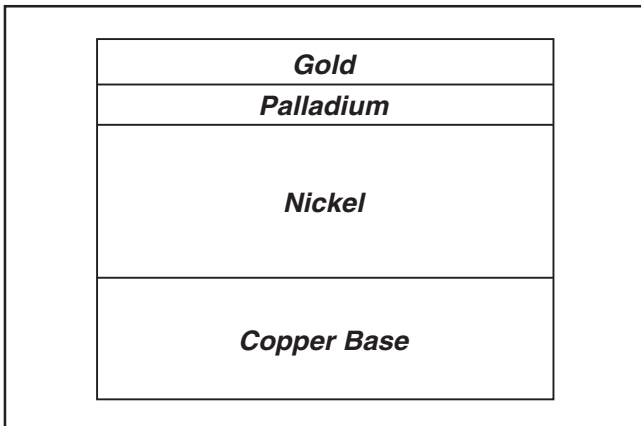


図2. 3層NiPdAuメッキ

NiPdAuメッキの採用後、日本のICユーザはNiPdAuメッキ品を選択するようになりました。NiPdAuメッキの実用上の重要な特性は、半田付け性試験における濡れ性が向上した点です。この特性により、NiPdAuメッキは日本市場において広く受け入れられました。半田付け性試験で濡れ時間が短いということは、現在エレクトロニクス業界で広く使用されている各種の鉛フリー半田ペーストにおいて濡れ性が向上することを意味します。

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]。NiPdもNiPdAuも鉛フリーメッキであるため、部品に使用して、鉛フリー半田ペーストでOSP PWB(有機半田付け性保護プリント基板)のパッドと接合すれば、鉛フリー半田接合

部ができます。4層NiPdメッキIC部品を、数種類の鉛フリー半田ペーストおよびOSP PWBの表面メッキとともに使用した場合に形成される鉛フリー半田接合を評価する研究が、過去に2例あります[10, 11]。これらの研究では、半田濡れ性の比較のために、NiPdAuメッキ品も数点使用されています。

これらの研究では、リード引っ張り試験および温度サイクル試験において、NiPdメッキもNiPdAuメッキも、SnPbメッキ部品のリード(比較基準品)と同等、あるいは、それ以上の性能を示しています。3種類のリード・メッキ(SnPb、NiPd、NiPdAu)の差は、ごくわずかでした。

部品のリードにNiPdAuメッキを使用することへの関心が高まり、業界で最も使用されている鉛フリー半田合金であるSnAgCuペーストとともに使用した場合の評価が求められるようになりました。その評価をここに示します。

実験

評価のために、95.5%Sn/3.9%Ag/0.6%Cuの鉛フリー半田合金ペーストを選択しました。NEMI(National Electronics Manufacturing Initiative)が「鉛フリー半田の標準(standardized Pb-free solder alternative)ペースト」として推奨している合金です[12]。この合金が鉛フリーペーストの主流になりつつあることから、NiPdAuメッキ部品を使用した場合の性能に焦点を当てるために、選択しました[13]。比較のための比較基準品のペーストには、62%Sn/36%Pb/2%Agを使用しました。2種類のペーストの融点および使用したピーク・リフロー温度を表1に示します。

表1. 評価に用いた半田合金

ALLOY	MELTING POINT (°C)	PEAK REFLOW USED (°C)
62Sn/36Pb/2Ag	179	225
95.5Sn/3.9Ag/0.6Cu	217	235

SnAgCu合金に関して、NEMIは次のように指摘しています。

「推奨合金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ー・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。」[12]

ピーク・リフロー温度260°Cが、業界ではSnAgCu合金のワーストケースとされています。この評価では、ピーク・リフロー温度が低い場合のSnAgCu合金の性能を調べるために、ピーク・リフロー温度として235°Cを選択しました。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[14]。また、SnAgCu半田合金とNiPdメッキ部品に関する過去の評価では、ピーク温度を235°Cとして半田付けした場合と260°Cとして半田付けした場合に、差が認められていません[11]。

この評価では試験方法として、ウェットティング・バランス、目視外観検査、リード引っ張り、および接合部の断面検査を使用しました。これらの試験に使用した部品の種類を表2に示します。

表2. 試験に使用した部品

PIN COUNT	LEAD PITCH	PACKAGE DESIGNATOR	PACKAGE STYLE
20	1.27 mm	NS	Dual inline
176	0.4 mm	PBL	Quad
176	0.5 mm	PGF	Quad
208	0.5 mm	PDV	Quad

ウェットティング・バランス試験

ウェットティング・バランス(メニスコグラフ)試験は、ICリードの濡れ性の試験に使用されます。ただし、ウェットティング・バランス試験は、ANSI/J-STD-002において「合否基準が設定されていない試験(Test without established Accept/Reject Criterion)」に分類されています[15]。この試験法は、技術評価試験としては推奨されていますが、製品の適合/不適合の評価法としては推奨されていません。

ウェットティング・バランス試験では、試験片を半田槽に浸漬させた際に、溶融半田から試験片が受ける力を計測します。この濡れ力を一定時間ごとに計測し、プロットします。標準的なウェットティング・バランス曲線を図3に示します。はじめは負の力がかかっており、試験片が半田で濡れていない状態、つまり、浮力を受けている状態を示しています。試験片が半田で濡れはじめると、半田から受ける力がゼロに近づきます。性能を表すものとして一般的に使用されている基準の1つに、濡れ力がゼロ軸とクロスする時間(t_0)があります。濡れていない状態($F < 0$)から濡れている状態($F > 0$)への遷移を表す時間です。

この実験では、3種類のリード・メッキの濡れ性を比較するために、ウェットティング・バランス試験を使用しました。試験には、NS(デュアル・インライン)パッケージを使用しました。各部品リード・メッキのサンプルの試験を実施し、測定値をプロットしました。図4にSnPb、図5にNiPd、図6にNiPdAuの曲線をそれぞれ示します。3種類の部品リード・メッキすべてについて、SnPbおよびSnAgCu半田それぞれと組み合わせて試験しました。

評価基準としては、ゼロになる時間(t_0)および最大時の力の3分の2に達する時間($t_{2/3}$)を使用しました。前述のとおり、 t_0 は濡れていない状態から濡れている状態へ遷移する時間であり、力の曲線がゼロ軸とクロスする点で表されます。最大時の力の3分の2に達する時間は、サンプル間で濡れ時間を比較するために任意に選択した測定基準です。

NiPdAuメッキのサンプルのウェットティング・バランス曲線(図6)を見ると、SnPbメッキ部品およびNiPdメッキ部品に比べて、ゼロ軸とクロスするまでの時間が短く、最大時の力のバラツキが少ないことがわかります。SnPb半田を使用した場合にも、同様の結果が得られました。

3種類のメッキ部品を、SnPb(235°C)およびSnAgCu(250°C)とともに試験したウェットティング・バランス・データを、表3にまとめて示します。

表3. ウェットティング・バランス・データ

SnPb GLOBULE		
COMPONENT FINISH	t_0 (s)	$t_{2/3}$ MaxForce (s)
SnPb	0.41	1.16
NiPd	0.6	0.87
NiPdAu	0.31	0.61
SnAgCu GLOBULE		
COMPONENT FINISH	t_0 (s)	$t_{2/3}$ MaxForce (s)
SnPb	0.41	0.79
NiPd	0.49	0.62
NiPdAu	0.33	0.57

ウェットティング・バランス・データから、NiPdAuメッキは、NiPdおよびSnPbメッキ部品に比べて、濡れた状態になるまでにかかる時間(t_0)が短いことがわかります。また、最大時の力の3分の2に達する時間も、NiPdAuメッキでは短縮されています。

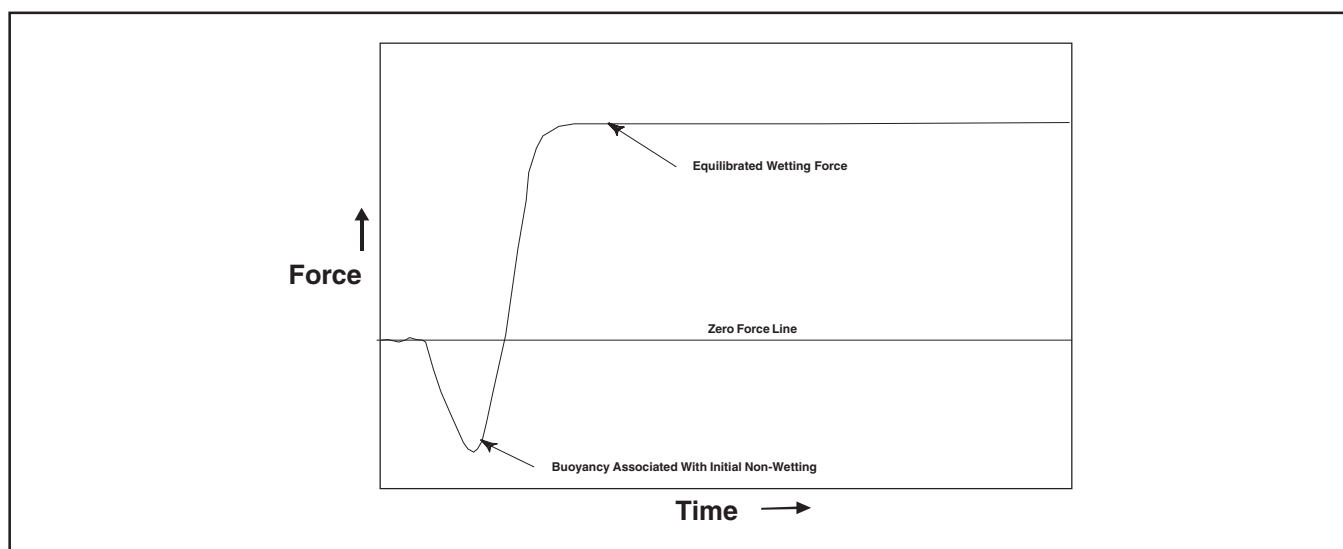


図3. 標準的なウェットティング・バランス曲線

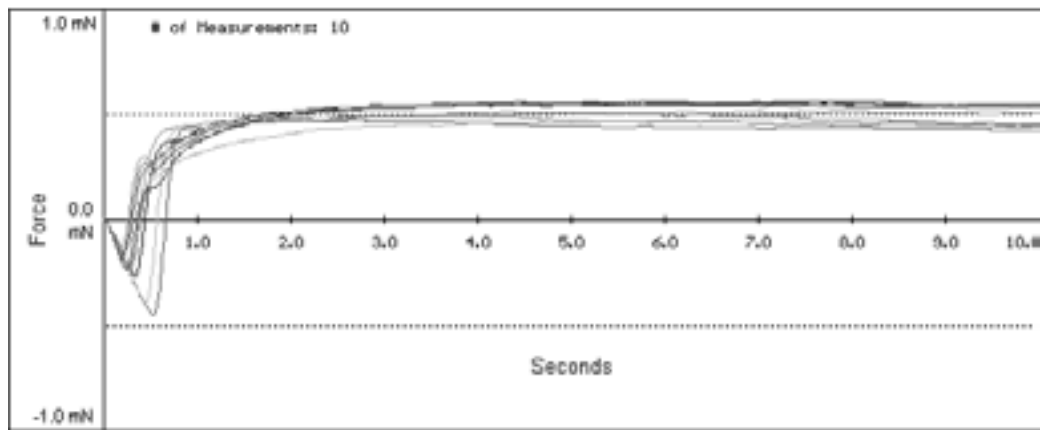


図4. SnPbメッキ部品とSnAgCu半田のウェットティング・バランス曲線

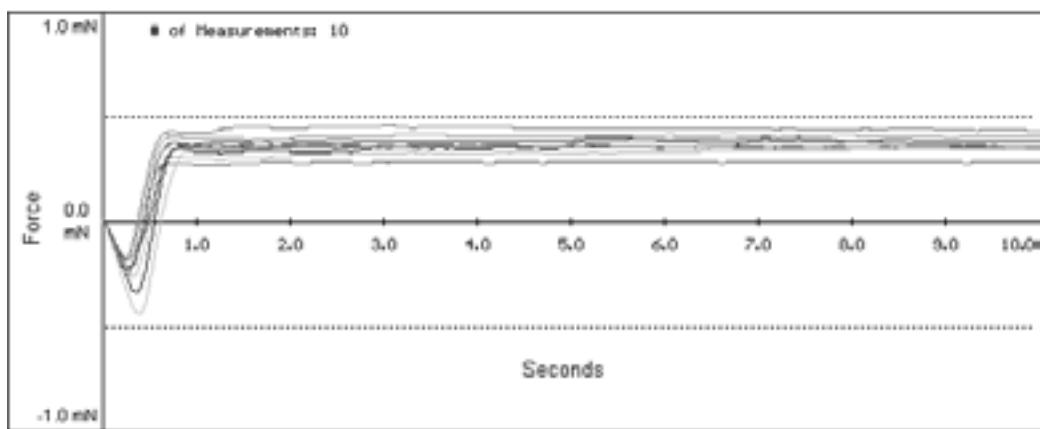


図5. TIのNiPdメッキ部品とSnAgCu半田のウェットティング・バランス曲線

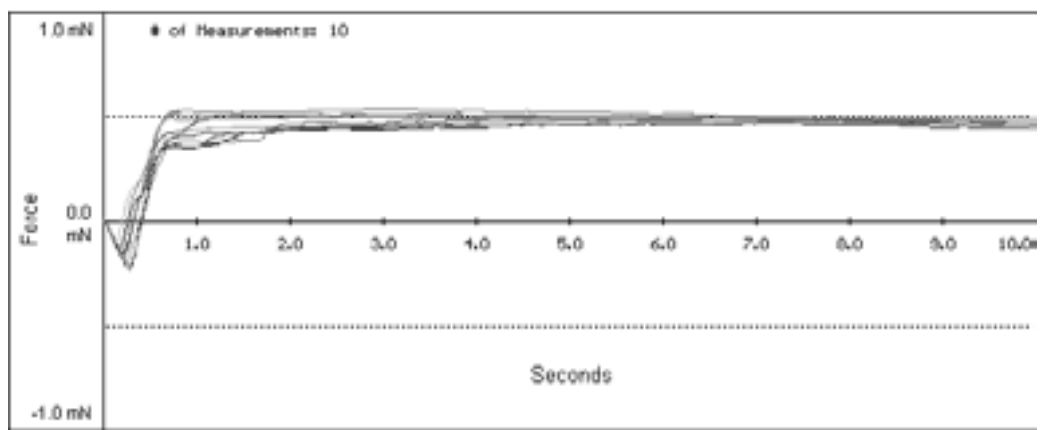


図6. TIのNiPdAuメッキ部品とSnAgCu半田のウェットティング・バランス曲線

半田付けの評価

PWBコーティング

鉛フリー半田接合を評価するために、2種類の鉛フリーPWBを使用しました。1種類は、OSP(ENTEK® PLUS CU-106A)です。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の半田付け性を保護できます。2種類目のパッドコーティングはNiAuメッキです。Ni層およびAu層の基準値は、Niが5μmから7μm、Auが0.09μmから0.11μmです。

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数値に基づいています。今回の評価では、リフロー・プロファイル温度を部品リードの温度で計測しました。1回目の実験(比較基準品SnPbAg)で使用したプロファイルを図7に示します。このプロファイルは、約60秒で予備加熱温度120°C~160°Cに達し、その後、ピーク温度225°C~228°Cまで上昇します。

2回目の実験(SnAgCu合金、ピーク235°C)で使用したプロファイルを図8に示します。このプロファイルは、約100秒で予備加熱温度120°C~170°Cに達し、その後、ピーク温度235°C~238°Cまで上昇します。

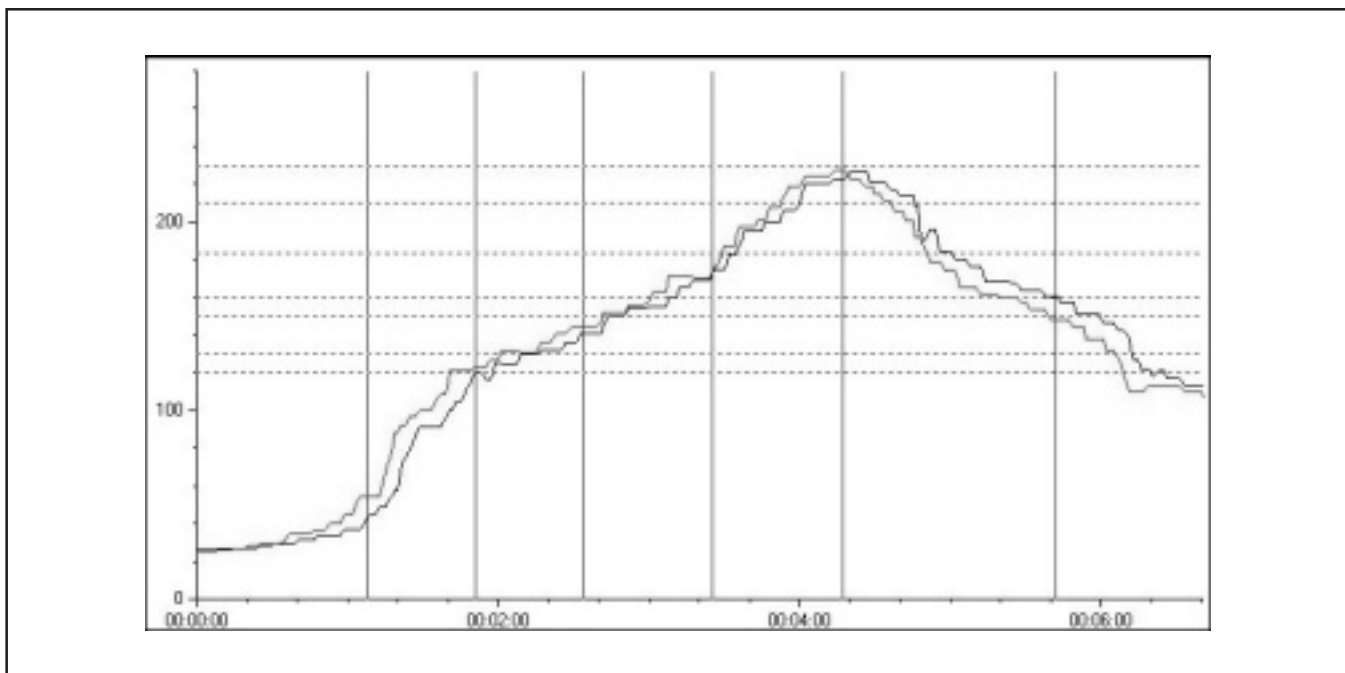


図7. SnPbAg半田合金のリフロー・プロファイル

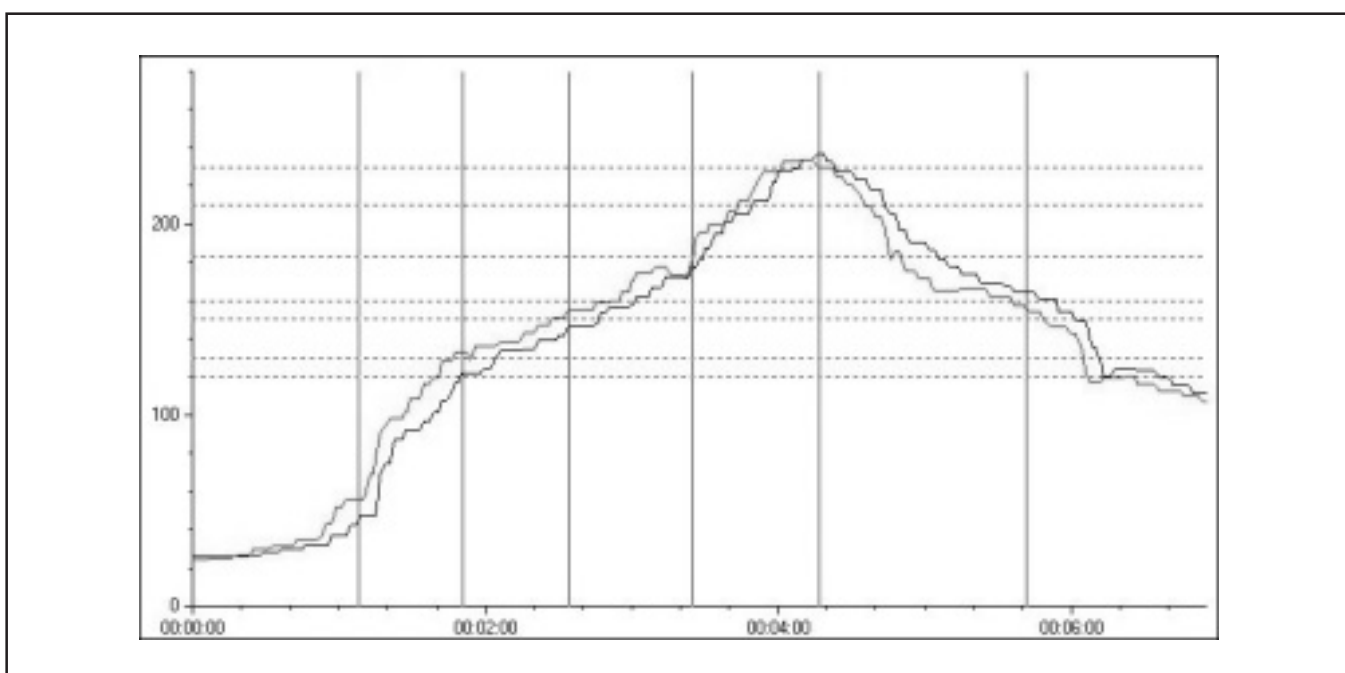


図8. SnAgCu半田合金のリフロー・プロファイル

試験用機器および手順

半田ペーストは、150 μ mの研磨済みレーザーカット加工ステンレス製ステンシルを使用してプリントしました。パッケージのリードの半田ペースト・プリントへのアライメントには、手動部品配置用の光学式アライメント・ツールを使用しました。プリント基板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。リフロー半田付けプロセスでは、Rehmの全対流リフロー炉を窒素(N₂)雰囲気で使用しました。残留酸素(O₂)濃度は500ppm~1000ppmでした。

性能の判断基準および結果

今回の研究では、半田接合の性能を調査するために、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、以下の節で説明します。

目視外観試験

NiPdAuメッキとSnPbAg(比較基準品)およびSnAgCu半田合金ペーストと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に関する基準を満たすかどうか判断しました[16]。

デュアル・インライン・パッケージの目視外観試験結果

NSパッケージの各半田接合の写真を図9から図16に示します。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以上になっており、リードの側面に良く濡れていることを示しています。これは、IPC-A-610Cにおける製品の3つのクラスすべてに関して、適合と判断される性能です[16]。



図9. NiPdAuメッキNSパッケージ、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB



図10. SnPbメッキNSパッケージ、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB

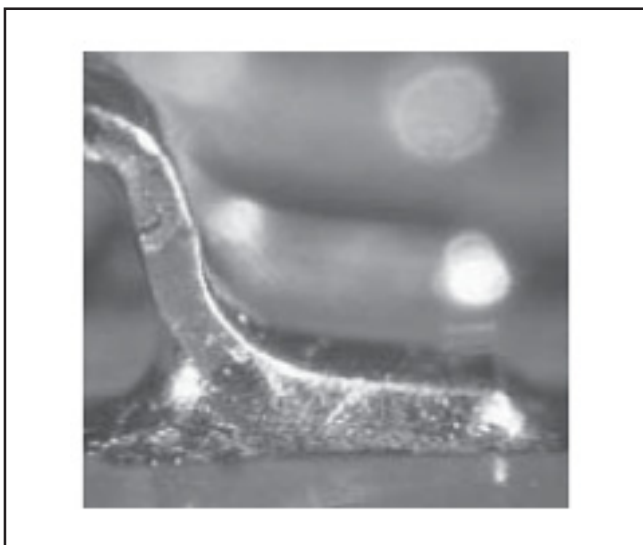


図11. NiPdAuメッキNSパッケージ、SnPbAg半田、OSPコーティングPWB



図12. SnPbメッキNSパッケージ、SnPbAg半田、OSPコーティングPWB

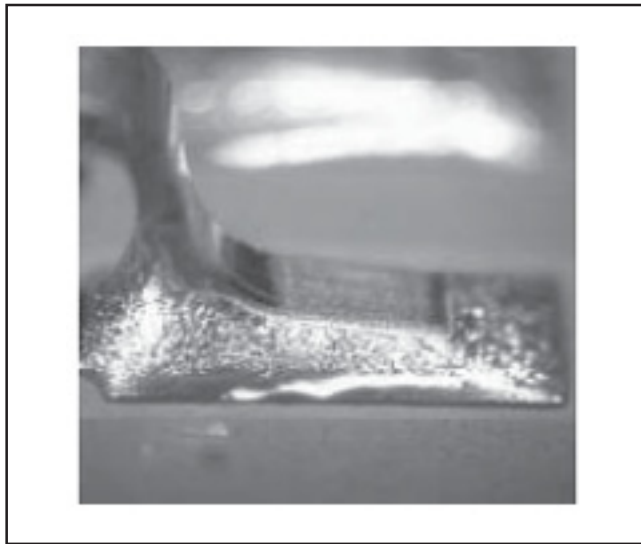


図13. NiPdAuメッキNSパッケージ、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB

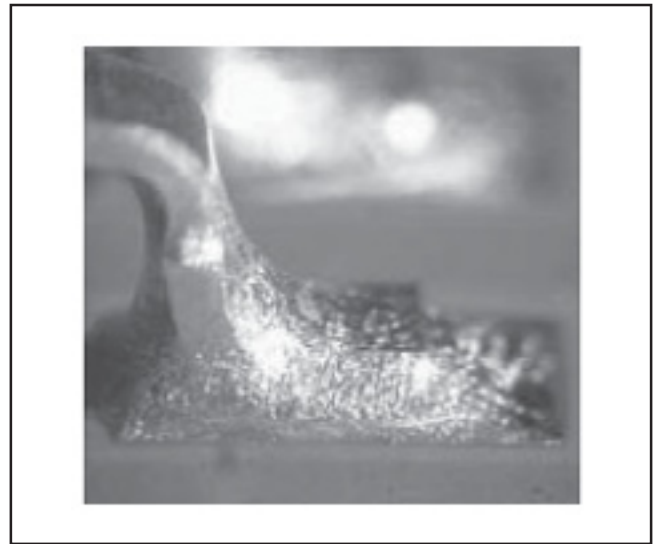


図14. SnPbメッキNSパッケージ、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB



図15. NiPdAuメッキNSパッケージ、SnAgCu半田、OSPコーティングPWB



図16. SnPbメッキNSパッケージ、SnAgCu半田、OSPコーティングPWB

クアッド・パッケージの目視外観試験結果

クアッド・パッケージの各半田接合の写真を図17～図22に示します。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以上になっており、リードの側面に良く濡れていることを示しています。これは、IPC-A-610Cにおける製品の3つのクラスすべてに関して、適合と判断される性能です[16]。

リード引っ張り試験

リード引っ張り試験では、半田付け後に、PWBのランド・パターンから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、リードすべて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表面に対して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。リード引っ張り値は、温度サイクルの前後で測定しました。

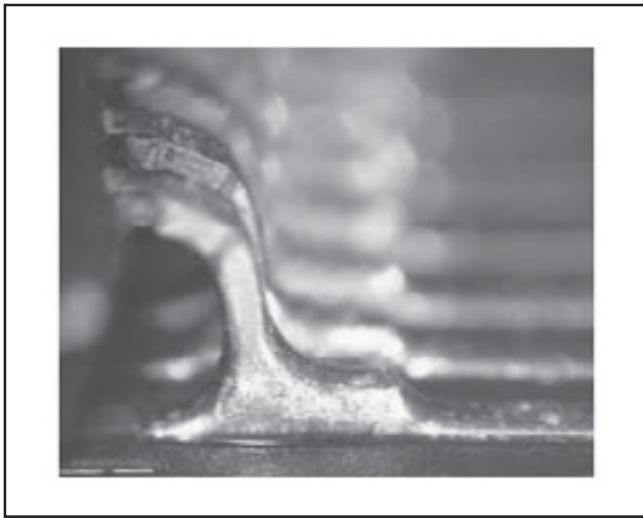


図17. NiPdAuメッキ176ピンPBL、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB

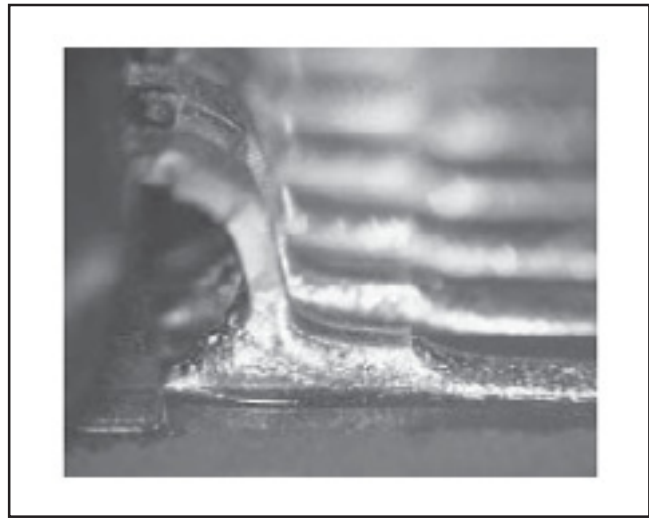


図18. NiPdAuメッキ176ピンPBL、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB

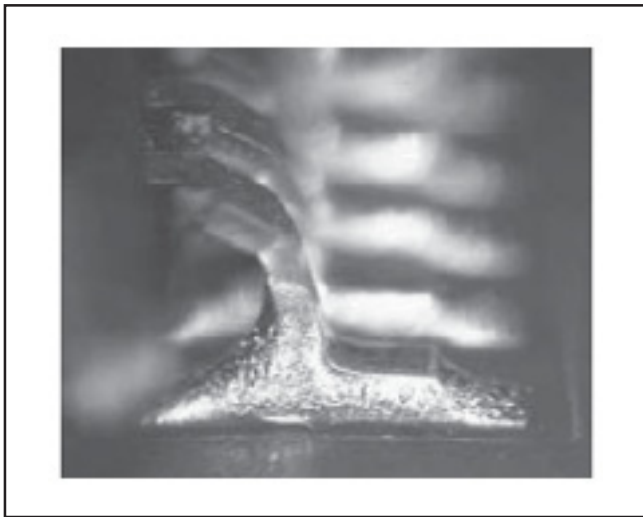


図19. NiPdAuメッキ176ピンPGF、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB

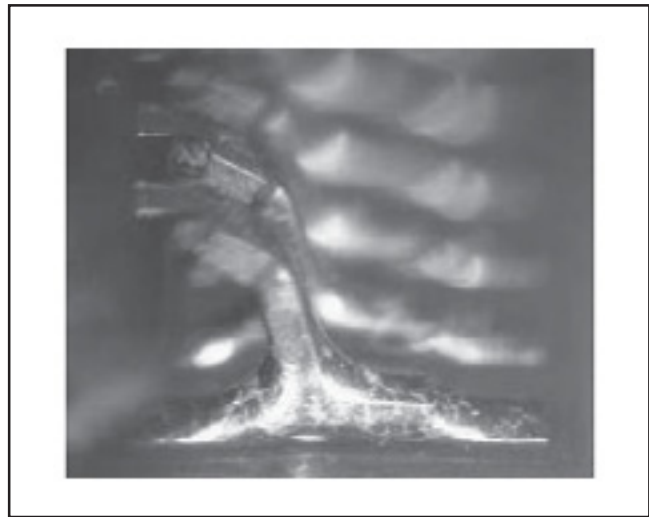


図20. NiPdAuメッキ176ピンPGF、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB

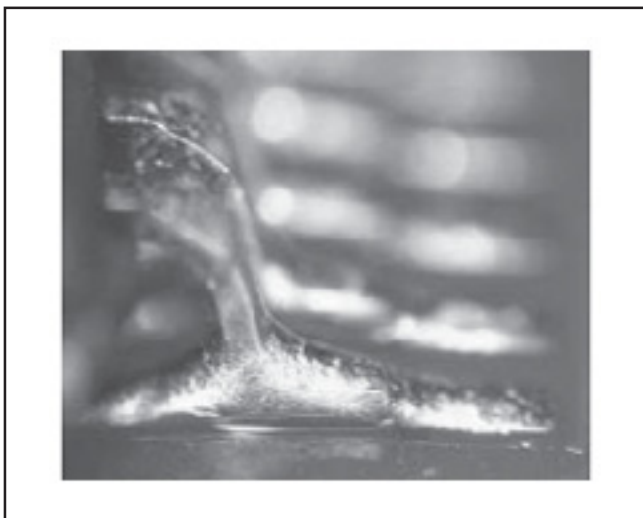


図21. NiPdAuメッキ208ピンPDV TQFP、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB

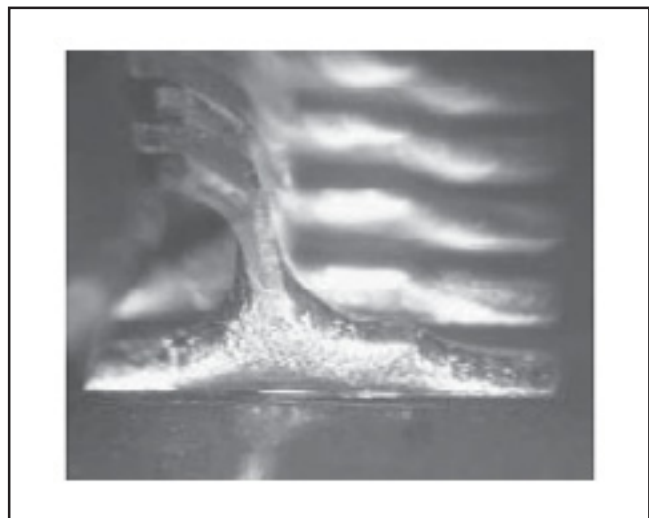


図22. NiPdAuメッキ208ピンPDV TQFP、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB

デュアル・インライン・パッケージのリード引っ張りデータ

リード引っ張り試験は20ピンのSOPパッケージで行ないました。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。引っ張り値の測定単位はニュートン(N)です。図23および図24に、NiPdAuメッキ、NiPdメッキ、およびSnPbメッキ・パッケージをSnPbAg半田ペーストおよびSnAgCu半田ペーストで実装した場合のリード引っ張り値の平均を示します。それぞれ、OSPコーティングおよびNiAuメッキしたPWBに関するデータになっています。ひし形(◆)が温度サイクル前のデータ、四角(■)が温度サイクル後のデータです。

温度サイクルは、-40℃から125℃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℃のチャンバーから125℃のチャンバーまで移動させて行う熱衝撃試験です。-40℃から125℃

までは急激に変化し、徐々に上昇するものではありません。

図23(OSPコーティングPWB)および図24(NiAuメッキPWB)を見ると、基本的にすべてのリード・メッキにおいて、温度サイクル前後でリード引っ張り値に大きな差はありません。温度サイクル前のサンプル(今回の試験で使用したリード断面積のサンプル)における最小リード引っ張り値は、工業標準で10Nです[17,18]。ひし形(◆)が温度サイクル前のデータ、四角(■)が温度サイクル後のデータです。すべてのリード引っ張り値が、この最小要件以上になっていました。

SEMI標準では「温度サイクル後の平均リード引っ張り値は、温度サイクル前の平均リード引っ張り値の2分の1以上であることが望ましい」と規定しています[17]。図23および図24に示すとおり、リード引っ張り値は、この工業標準の要件を満たしています。

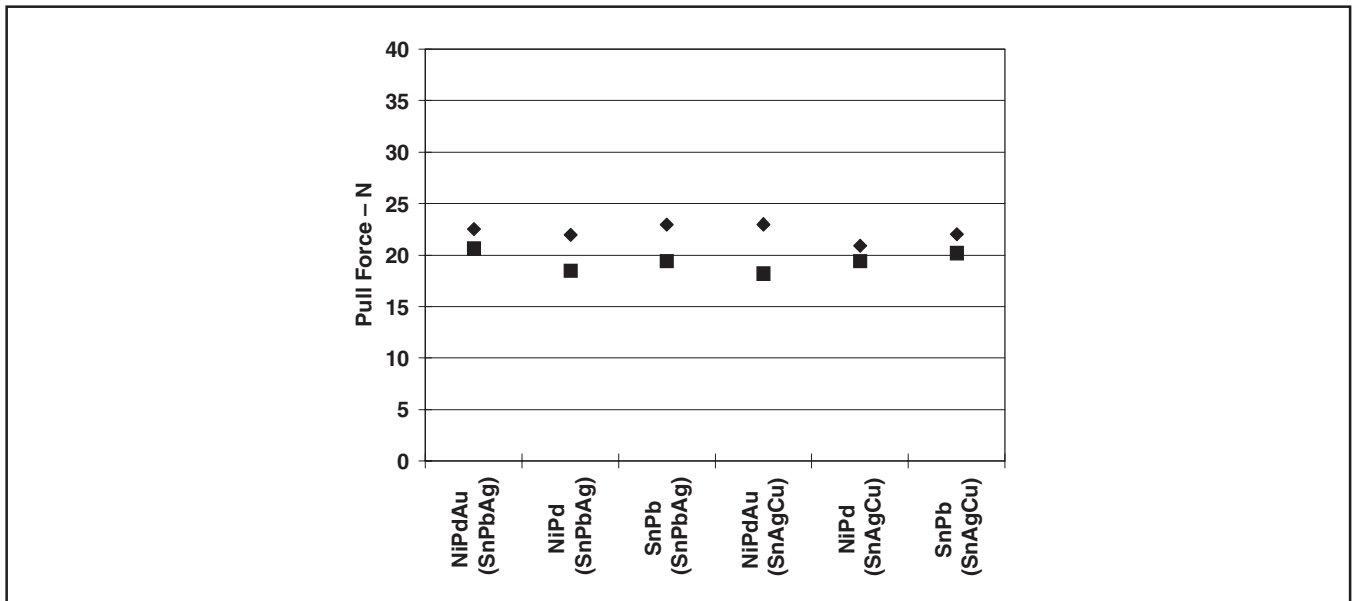


図23. 20ピンNS SOPのリード引っ張り試験結果(OSPパッド・コーティング、温度サイクル前後のデータ)

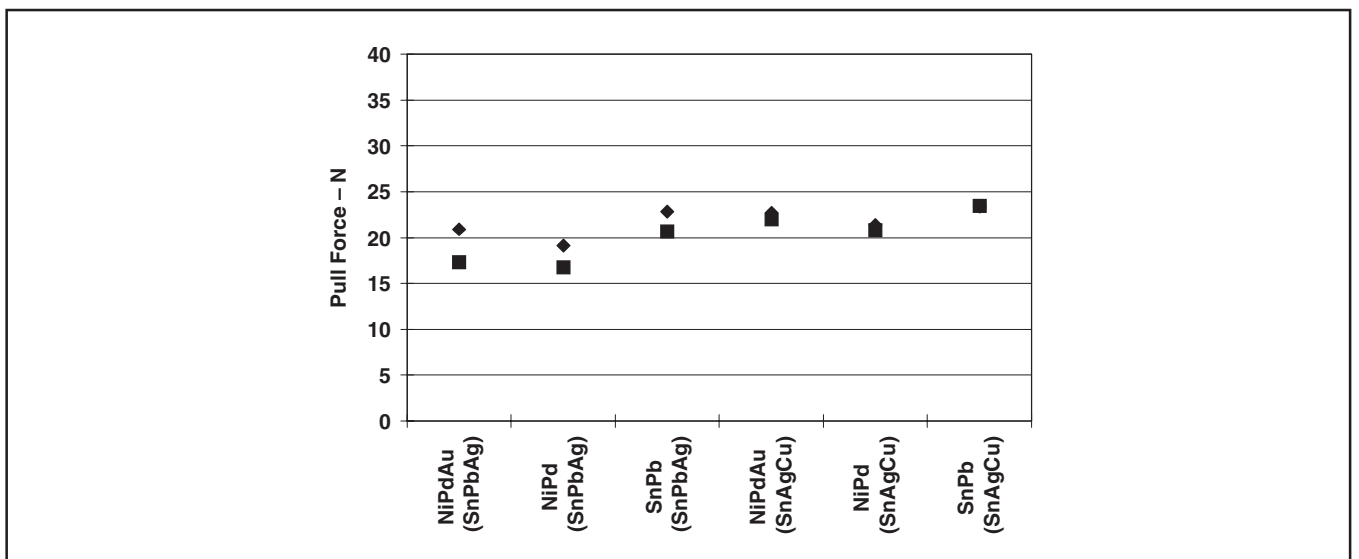


図24. 20ピンNS SOPのリード引っ張り試験結果(NiAuメッキ、温度サイクル前後のデータ)

クアッド・パッケージのリード引っ張り・データ

表2に示した3種類のクアッド・パッケージに対して、リード引っ張り試験を実施しました。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。試験した3種類のTQFPパッケージについては、温度サイクル前のサンプル(今回の試験で使用したリード断面積のサンプル)における最小リード引っ張り値は、5Nです[17]。

図25および図26に、NiPdAuメッキ、NiPdメッキ、およびSnPbメッキの176ピンPBL TQFPパッケージをSnPbAg半田合金およびSnAgCu半田合金ペーストで実装した場合のリード引っ張り値の

平均を示します。それぞれ、OSPコーティングおよびNiAuメッキしたPWBに関するデータになっています。

ひし形(◆)が温度サイクル前のデータ、四角(■)が温度サイクル後のデータです。この表記は、このレポートのリード引っ張り試験の結果すべてに該当します。

176ピンPBL TQFPのリード引っ張り試験結果を見ると、基本的にすべてのリード・メッキにおいて、温度サイクル前後でリード引っ張り値に大きな差はありません。すべてのリード引っ張り値が、温度サイクル前の最小要件である5N以上になっています[17]。

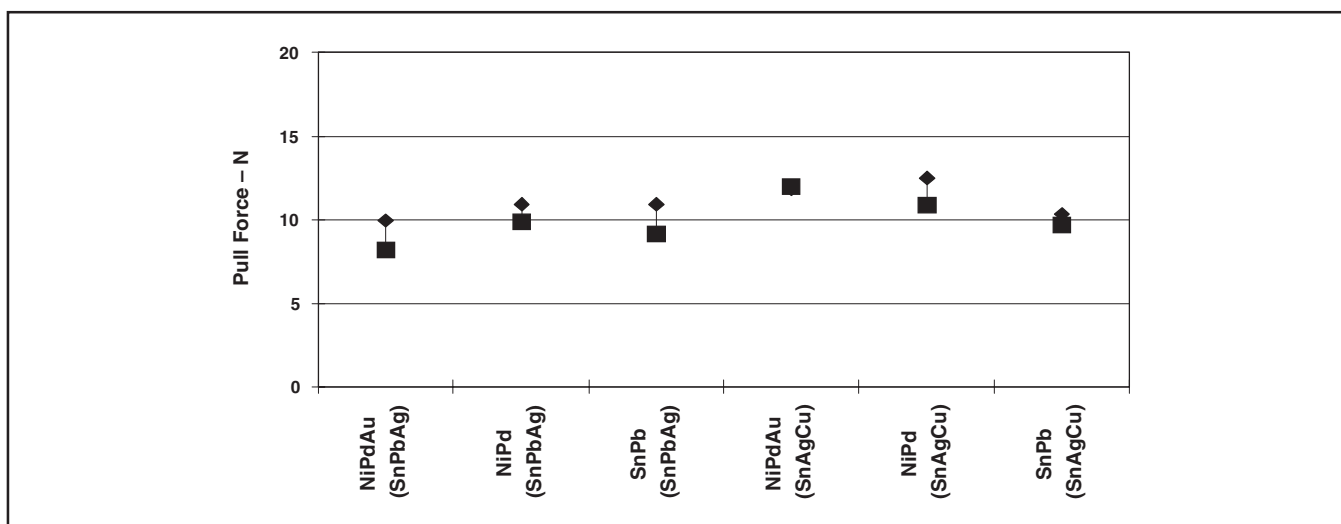


図25. 176ピンPBL TQFPのリード引っ張り試験結果(OSPパッド・コーティング、温度サイクル前後のデータ)

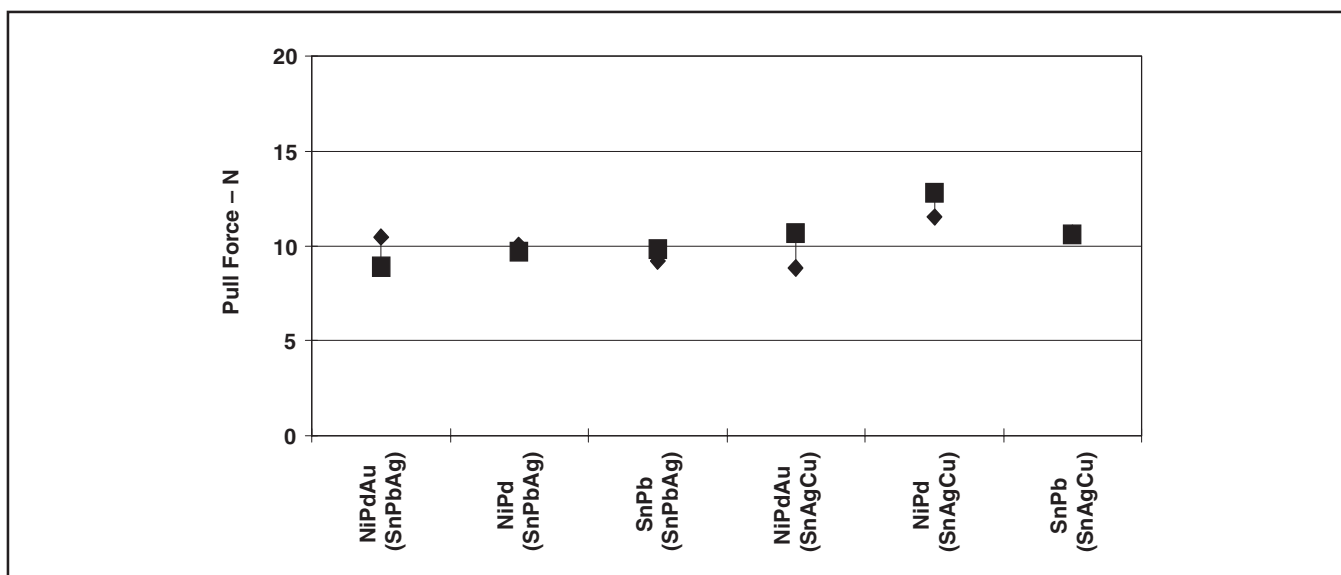


図26. 176ピンPBL TQFPのリード引っ張り試験結果(NiAuメッキ、温度サイクル前後のデータ)

図27および図28に176ピンPGF TQFPパッケージの結果、図29および図30に208ピンPDV TQFPパッケージのリード引っ張り試験の結果を示します。それぞれに関して、OSPコーティングおよびNiAuメッキPWB、評価対象の半田ペーストを使用していま

す。図25および図26に示した結果とほぼ同様の結果が得られており、SEMI標準に照らし合わせた性能についても同様の結論が導きだせます。

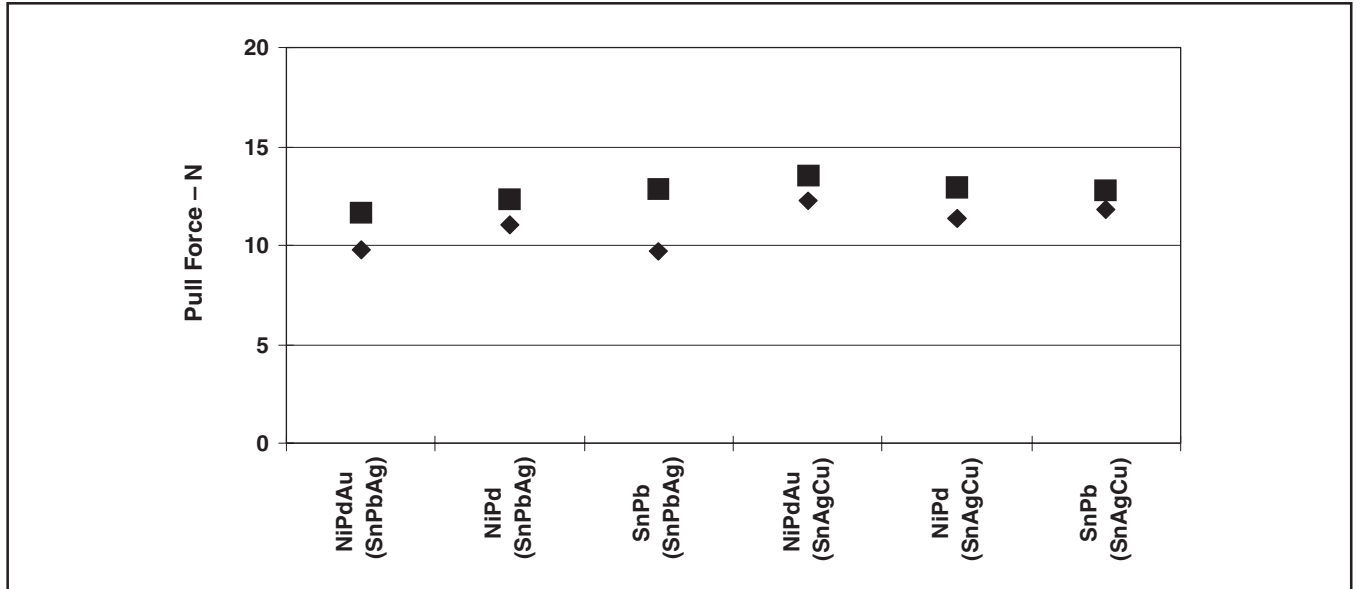


図27. 176ピンPGF TQFPのリード引っ張り試験結果(OSPパッド・コーティング、温度サイクル前後のデータ)

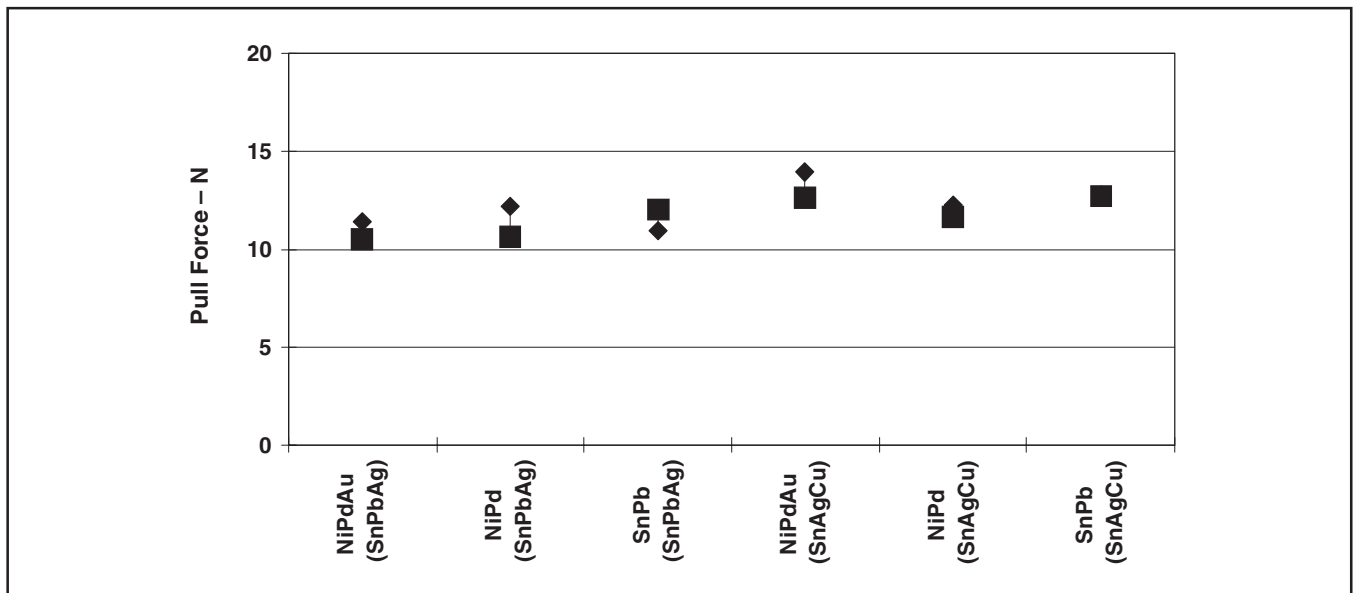


図28. 176ピンPGF TQFPのリード引っ張り試験結果(NiAuメッキ、温度サイクル前後のデータ)

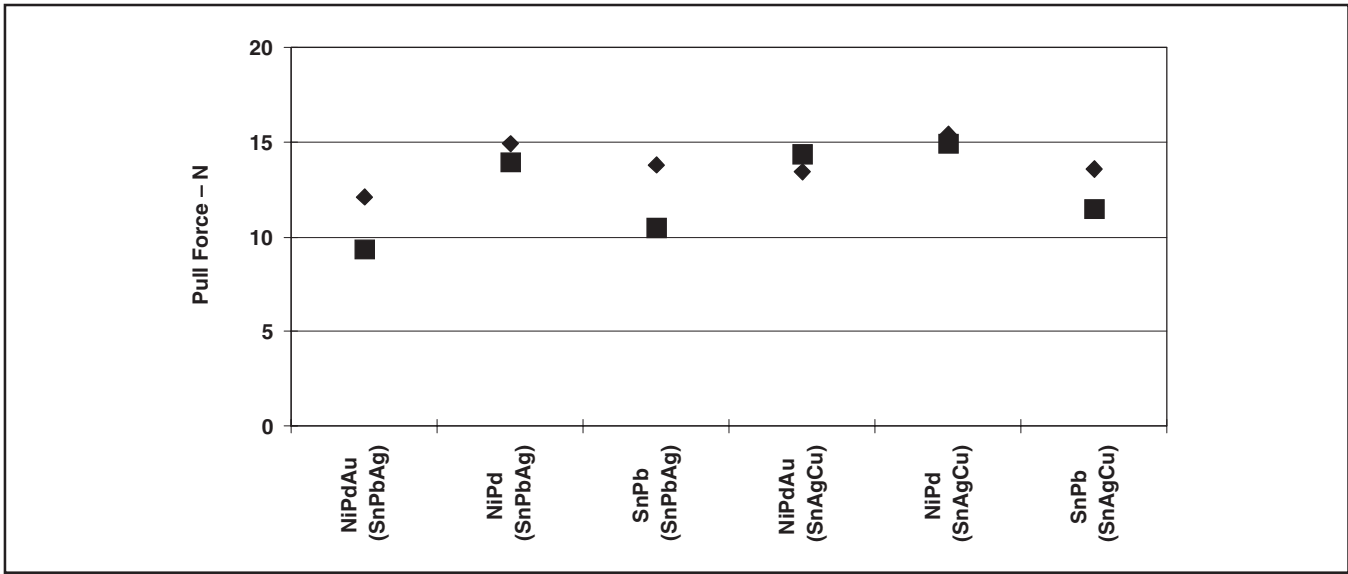


図29. 208ピンPDV TQFPのリード引っ張り試験結果(OSPコーティング、温度サイクル前後のデータ)

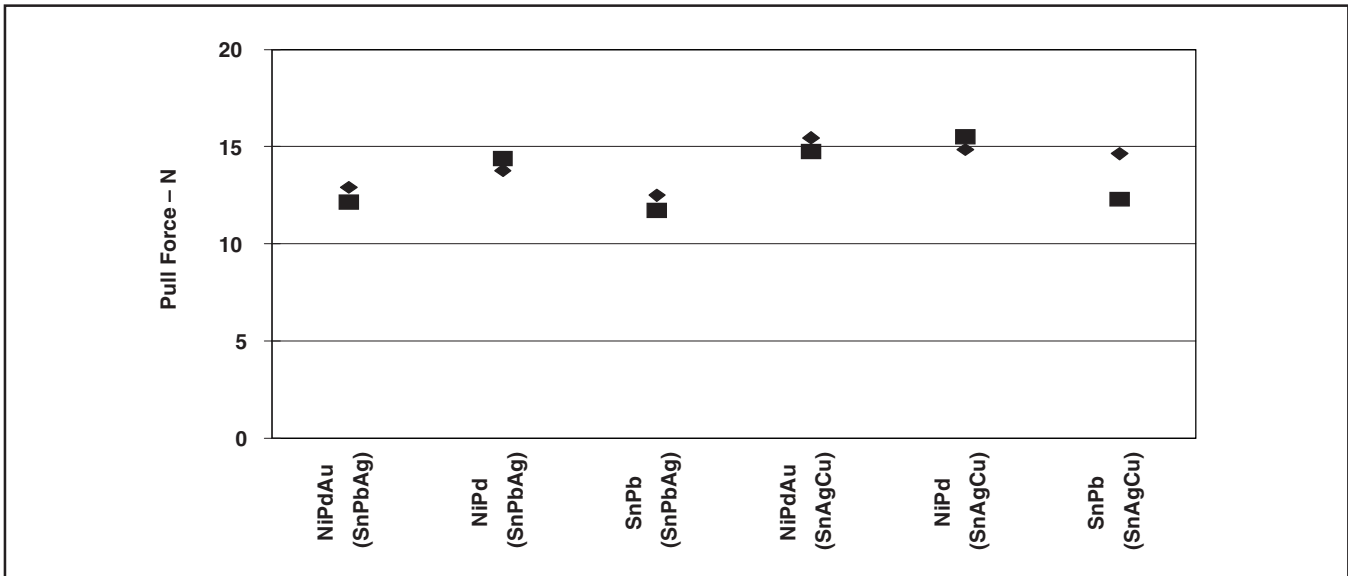


図30. 208ピンPDV TQFPのリード引っ張り試験結果(NiAuメッキ、温度サイクル前後のデータ)

半田接合の断面データ

デュアル・インライン・パッケージの断面

図31から図38に、 -40°C から 125°C の温度サイクル前と1000回後の、NSデュアル・インライン・パッケージの断面を示します。デュアル・インライン・パッケージの断面試験の結果から、工業標準の要件を満たす優れた濡れ性が確認できました[16]。

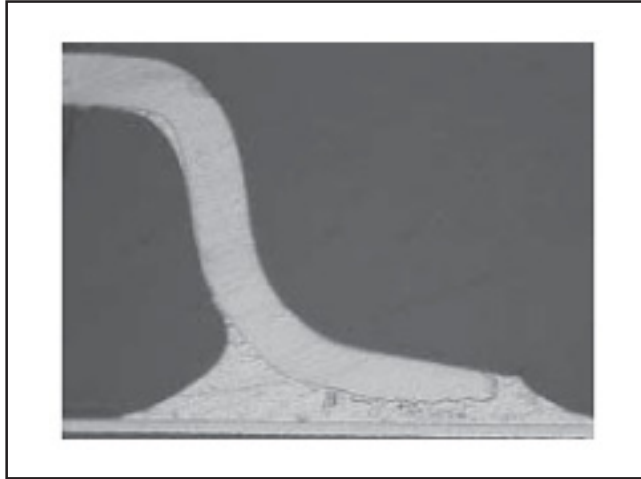


図31. NiPdAuメッキSOPパッケージ、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)

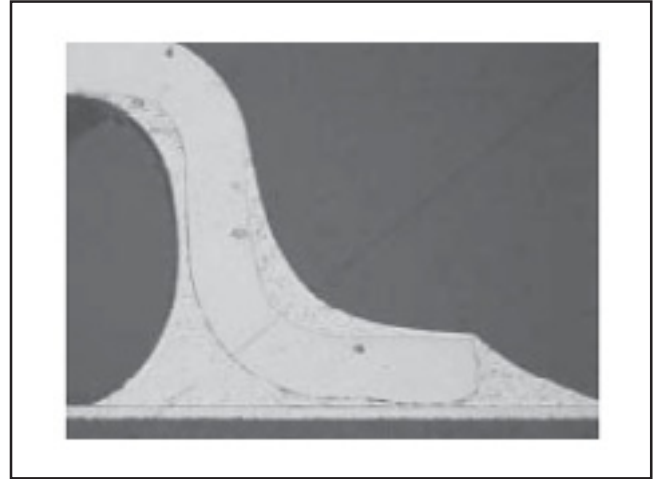


図32. SnPbメッキSOPパッケージ、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)

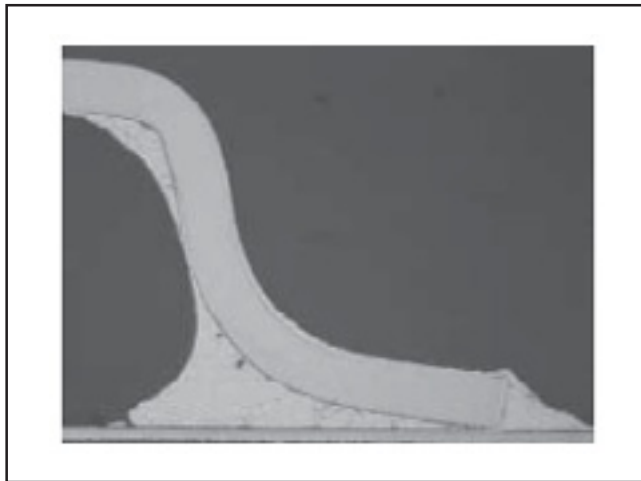


図33. NiPdAuメッキSOPパッケージ、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル1000回後)

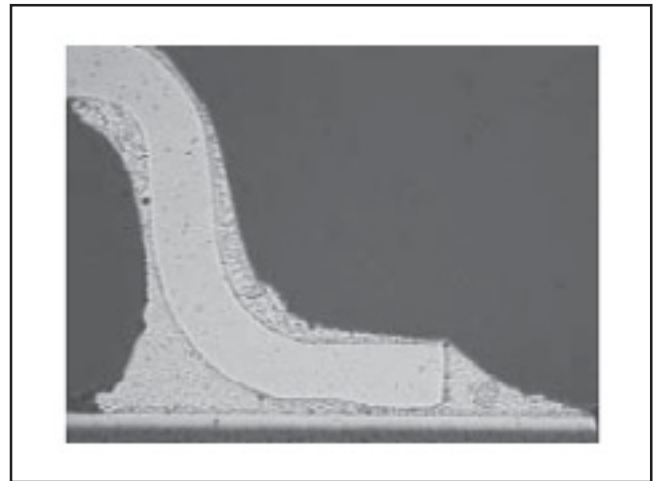


図34. SnPbメッキSOPパッケージ、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル1000回後)

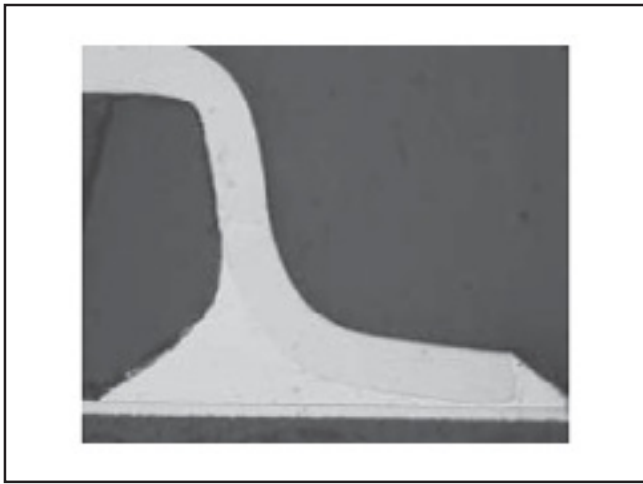


図35. NiPdAuメッキSOPパッケージ、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)

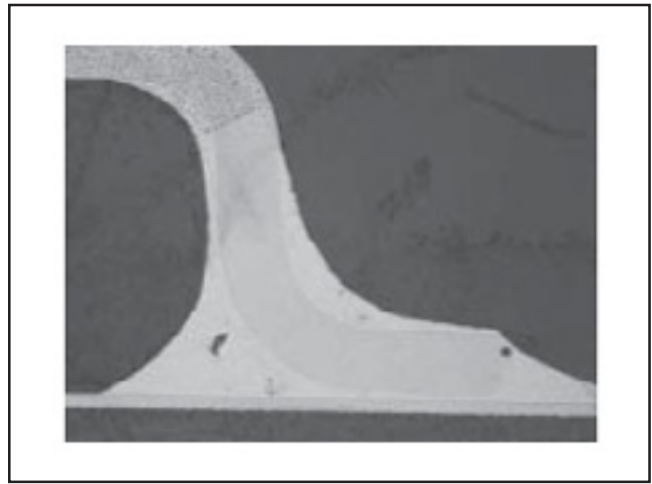


図36. SnPbメッキSOPパッケージ、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)



図37. NiPdAuメッキSOPパッケージ、SnAgCu半田(温度サイクル1000回後)

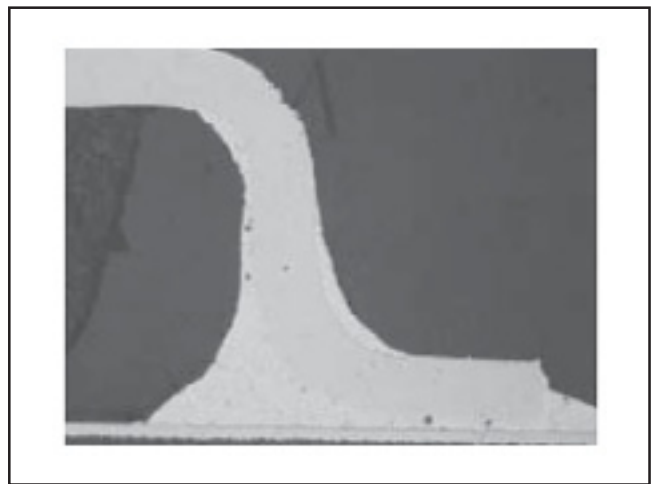


図38. SnPbメッキSOPパッケージ、SnAgCu半田(温度サイクル1000回後)

クアッド・パッケージの断面

図39から図42に、温度サイクル前のTQFPパッケージの断面を示します。クアッド・パッケージの断面試験の結果から、工業標準の要件を満たす優れた濡れ性が確認できました[16]。

断面試験の結果

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以上になっており、リードの側面に良く濡れていることを示しています。これは、IPC-A-610Cにおける製品の3つのクラスすべてに関して、適合と判断される性能です[16]。

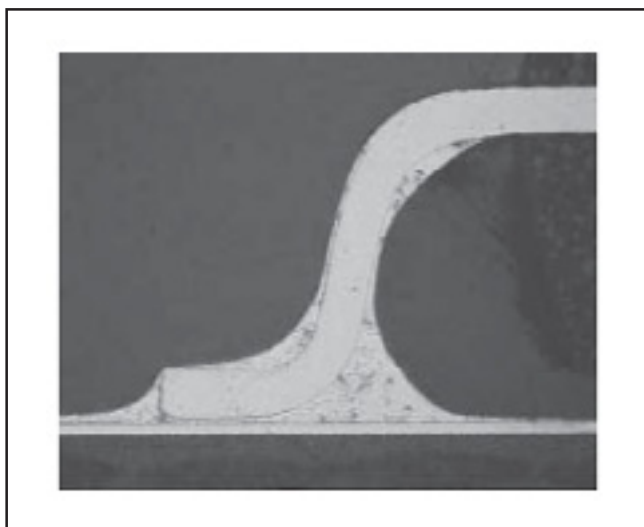


図39. NiPdAuメッキ208ピンPDV TQFP、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)

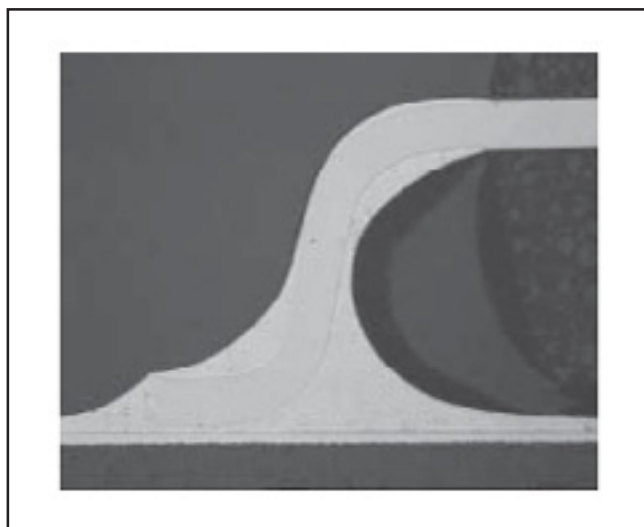


図40. SnPbメッキ208ピンPDV TQFP、SnPbAg半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)

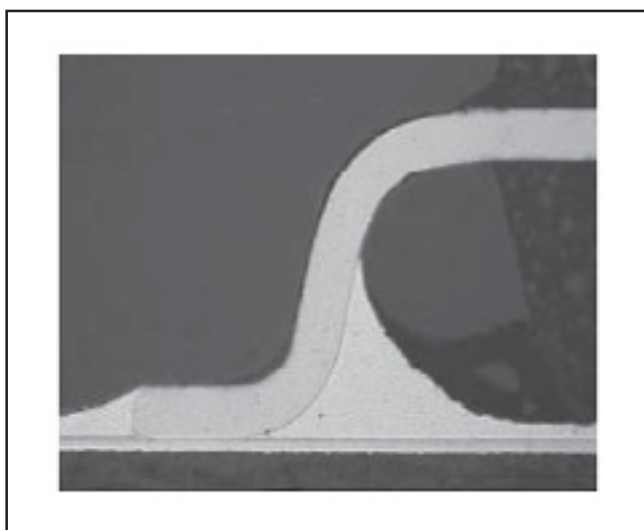


図41. NiPdAuメッキ208ピンPDV TQFP、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)

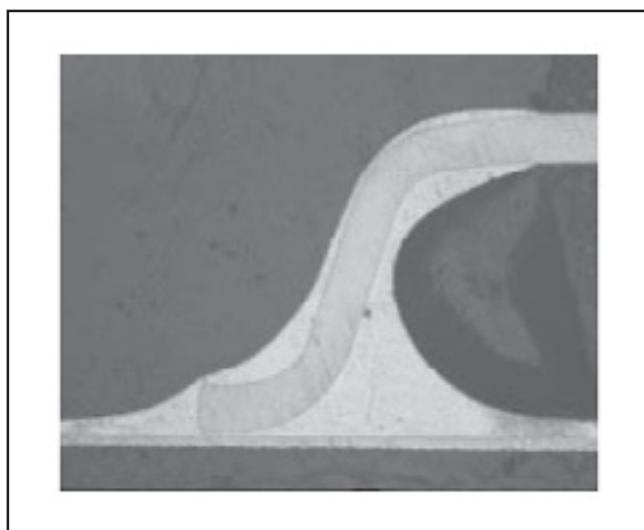


図42. SnPbメッキ208ピンPDV TQFP、SnAgCu半田、NiAuメッキPWB(温度サイクル前)

結果および結論

ウェットテイング・バランス試験では、NiPdメッキ部品およびSnPdメッキ部品に比べて、NiPdAuメッキの濡れ時間が短縮されることが証明されました。この結果は、SnPbAg半田およびSnAgCu半田の両方で得られています。

目視外観試験の結果および断面データにより、3種類のメッキ部品とSnPbAgおよびSnAgCu半田合金ペーストのすべての組み合わせにおいて、半田フィレットがリードの厚さ以上という適合基準に達していました。

温度サイクル前後のリード引っ張り試験の結果も、すべてのリード・メッキに関して、工業標準の基準に適合するものでした。

今回の評価で、鉛フリー半田付けは、現在使用されているピーク・リフロー温度である235°C~240°Cで可能であることが実証されました。また、最先端の全対流リフロー炉を使用する限り、SnAgCu鉛フリーペーストに関しては、ピーク・リフロー温度が260°Cである必要がないことも実証されました。

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、以下のサプライヤにご協力いただきました。

合金	サプライヤ
SnPbAg	Multicore
SnAgCu	Heraeus

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, and 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, and Masaki, *Plating and Surface Finishing*, 51, February 1998.
7. R. Schetty, IPC Works 99 Proceedings, October 1999.
8. Y. Zhang, J. A. Abys, C. H. Chen, and T. Siegrist, SUR/FIN 96 (1996).
9. Ji-Cheng Yang, Kian-Chai Lee, and Ah-Chin Tan, Electronic Components and Technology Conference Proceedings, 49th, 842-847 (1999).
10. D. W. Romm and D. C. Abbott, *Lead Free Solder Joint Evaluation*, Surface Mount Technology, March 1998.
11. D. Romm, B. Lange, D. Abbott, *Evaluation of Nickel/Palladium-Finished ICs With Lead-Free Solder Alloys*, Texas Instruments literature number SZZA024, January 2001.
12. NEMI Group Recommends Tin/Silver/Copper Alloy as Industry Standard for Lead-Free Solder Reflow in Board Assemblies, NEMI press release, January 24, 2000.
13. *IPC Roadmap*, Third Draft (www.leadfree.org)
14. T. Skidmore and K. Walters, *Circuit Assembly Magazine*, April 2000.
15. IPC/EIA J-STD-002A, *Solderability Tests for Component Leads, Terminations, Lugs, Terminals, and Wires*, October 1998.
16. IPC-A-610C, *Acceptability of Electronic Assemblies*, January 2000.
17. SEMI Draft Document #2910A, *Test Method for the Solderability of Nickel/Palladium Lead Finish on Surface Mount Semiconductor Devices*, January 2001.
18. IEC 60068-2-21, *Environmental Testing - PART 2-21: Robustness of Terminations and Integral Mounting Devices* (1999).

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 © 2005, 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