

Technical White Paper

QFN パッケージの SMT におけるリードオーバーハングの影響



Maydha Kohli

概要

ワイヤボンディングされたチップオンリード QFN パッケージでは、ワイヤボンディングで安定して処理できるようにするために、リードフレーム上のダイのサポートを最小限にする必要があります。ただし、シリコン性能が向上してダイサイズが縮小され、既存のパッケージフットプリントではより小型のダイサイズをサポートすることが困難になっています。可能な選択肢の 1 つは、リードフレーム上のリードの露出金属を拡張することです。ただし、この種のフットプリントの変更が既存の PCB との互換性に与える影響については評価されていません。そのため、この調査では、SMT プロセスにおいてリードが PCB 上のランドパッドをオーバーハングする際に、半田付け接合部の品質と信頼性に与える可能性のある影響を評価します。

本調査中、様々なレベルのリードオーバーハングをシミュレーションする PCB の設計のための試験車両を選定し、代表的なユニットサンプルを各基板に半田付けしました。半田付け接合部厚の測定は、ユニットに対する温度サイクル基板レベルの信頼性試験前に実行しました。結果は、ボードレベルの性能に関係なく、十分な半田付け接合部の形成により、最大 200 μm のリードオーバーハングをサポートできることを示しています。また、この調整によりチップオンリード QFN パッケージで同じパッケージ記号を維持できます。これはお客様の継続性にとって重要です。

目次

1 概要.	2
2 背景.	2
3 手順.	3
4 評価方法と結果.	5
4.1 初期データの収集.....	5
4.2 In Situ モニタリングによる BLR.....	8
4.3 In Situ モニタリングなしの BLR.....	8
5 結果のまとめ.	11
6 まとめ.	11
7 謝辞.	11
8 参考資料	11

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 概要

この調査では、PCB を変更せずにリードの露出金属が QFN パッケージ上で伸びているときに、SMT プロセス中に PCB 上のランドパッドを超えるリードが半田付け接合部の品質および信頼性に及ぼす可能性がある影響について考慮します。チップオンリード試験車を選択し、さまざまなレベルのオーバーハングをシミュレーションするように設計された PCB を使用しました。各オーバーハング量の半田付け接合部の信頼性を評価するため、代表的なサンプルサイズで温度サイクルボードレベルの信頼性試験を実施しました。半田付け接合部の厚さと断面画像のデータを取得し、応力を加えたときの半田付け接合部の形成と性能を定量的および定性的に評価しました。

リードなしのパッケージでは、このタイプの評価は過去に実行されませんでした。この調査は、チップオンリード QFN パッケージのダイサポートを向上させるためにリードの露出金属を延長する必要が生じたために実行されました（パッケージのフットプリントを変更しながら、お客様の継続性を高めるために特定のパッケージ記号を維持）。

2 背景

標準的なワイヤボンドの QFN パッケージと比較すると、ワイヤボンディングされたチップオンリード (COL) QFN パッケージでは、より小さいパッケージのボディサイズでピン数をサポートできます。図 2-1 に示すように、非導電性ダイ接続を使用して、パッケージのリード上のダイを絶縁します。

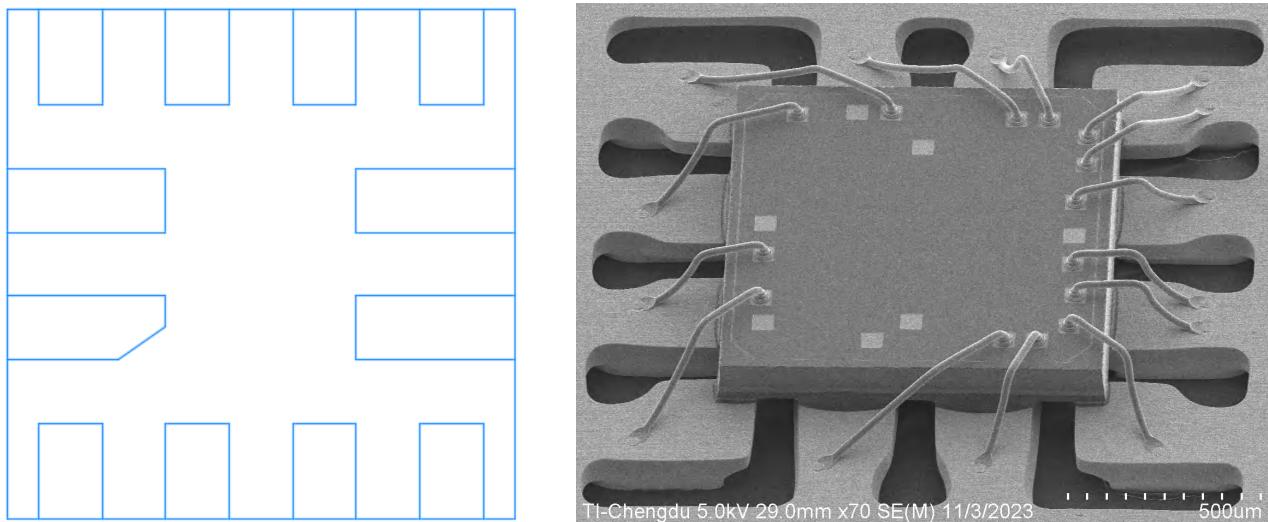


図 2-1. COL QFN のフットプリントの例 (左) と成形前の COL デバイスの SEM 画像 (右)

ワイヤボンディングプロセス中の故障を防止するため、リード上のダイを適切にサポートする必要があります。これらの故障には以下のものが含まれます：

- ・ **ノンステイックラミパッド (NSOP)**。ワイヤがボンドパッドに正しく接触していないことをワイヤボンディングマシンが検出すると、マシンが停止します。
- ・ 奇形ポール。ポールボンドが適切に形成されません。
- ・ 平均故障間隔 (MTBA)。ワイヤボンディングマシンを頻繁に再起動する必要があります。

そのため、指定の露出リードの寸法と特定の COL QFN のレイアウトに基づいてワイヤボンディングを行うには、ダイサイズを最小化する必要があります。ただし、シリコン性能が向上してダイが縮小するにつれて、同じパッケージ記号を維持するという課題が増加します（お客様の継続性のために必要）。

COL QFN パッケージでより小型のダイをサポートするための選択肢の 1 つは、リードフレームを変更して、パッケージの外部に見えるリードの露出金属を拡張することです。この調整によりリード間距離が短くなり、リード間でより小型のダイをサポートできます。ただし、この種の変更が SMT のパッケージフットプリントに及ぼす影響はまだ評価されていません（お客様がパッケージを PCB に半田付けする祭）。

新しい基板を設計しない限り、図 2-2 の図に示すように、延長されたリード線が既存の PCB のランドパッドにある程度オーバーハングします。ただし、新しい PCB の設計には時間がかかり高価であるため、SMT の影響（半田付け接合部の

異常または半田付け部分の厚さなど)を心配せずに既存の PCB とステンシルを再利用する方が妥当です。PCB を変えずにリード線を延長して半田付けする場合の半田付け接合部の信頼性と疲労に対する影響を評価するため、温度サイクルのボードレベルの信頼性 (BLR) 試験を選択しました。



図 2-2. リードオーバーハングの概念

許容可能なオーバーハング量に関しては、堅牢性を保つために(リード幅に沿った)サイドオーバーハングは最大 25% が推奨されますが、リード長に沿ったオーバーハングについては推奨がありません。唯一のガイダンスは IPC-A-610 によるものです [1]。

3 手順

試験車両として、16 ピン WQFN パッケージを選択しました。16 ピン WQFN パッケージにはメッキ済みの NiPdAu リードが含まれ、公称寸法は幅 0.2mm、長さ 0.6mm、ピッチ 0.4mm です(図 3-1 のフットプリントの寸法を参照)。まず、その場でのイベントモニタリングのために、ダイ面積/パッケージ面積比が 42% となるダイのデイジーチェーンユニットを組み立てました。

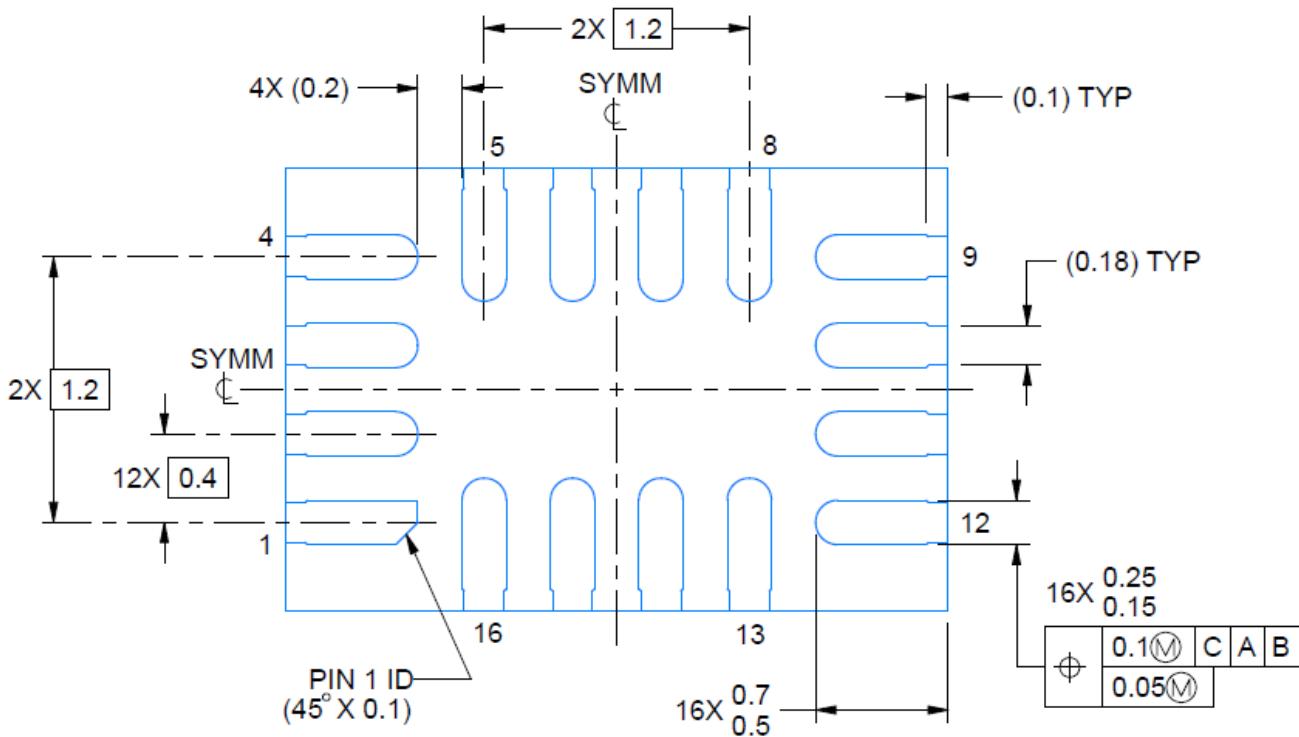


図 3-1. 試験車両のフットプリント

次に、試験車両用に 2 セットの PCB を設計しました。最初の PCB は 8 つの金属層を持つ厚さ 1.6mm で、PCB のランドパッドをリードが 100μm オーバーハングするように設計されています。2 番目の PCB は 8 つの金属層を持つ厚さ 1.6mm で、PCB のランドパッドをリードが 200μm オーバーハングするように設計されています(図 3-2 の図の最上部)。組み立てられたユニットは、次の 2 つの構成で SAC305 を使用して PCB に半田付けされました。

- 構成 1: SON の構成をシミュレーションするため、2 つの側面のみが(西と東で)はんだ付けされます。
- 構成 2: 4 つの側面は、QFN 構成の典型的な方法で半田付けされます

2つの側面のみを半田付けしたユニットのサンプルでは、光学的な外観画像と、半田付けされたリードの断面画像を撮影し、半田付け接合部厚の測定を実施しました。

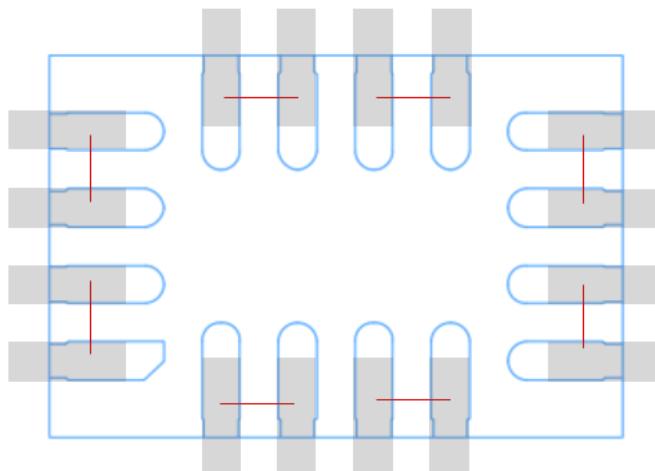


図 3-2. ランドパッド上にオーバーハングするリード(灰色)とデイジーチェーン接続(赤)と試験車両のフットプリント(青)

32 ユニットを 4 つの側面を各 PCB セットに半田付けし (100 μm のオーバーハングと 200 μm のオーバーハング)、JEDEC 規格の JESD22-A104D に従って温度サイクルを実施しました。選択した温度プロファイルでは、車載アプリケーションで一般的な 60 分間のサイクルで $-40 \sim +125^\circ\text{C}$ のユニットを使用しました [2, 3]。

各 PCB 上で 2 つの側面のみを半田付けした追加の 24 ユニットで同じ温度サイクルプロファイルを実行しましたが、連続性はモニタリングされませんでした。1000 サイクル後、8 つのユニットが取り除かれました。BLR 試験開始前のユニットと比較するため、半田付けリードの断面画像とこれらのユニットの半田付け接合部厚の測定を実行しました。2000 サイクル後に削除される 8 つの追加ユニット、3000 サイクル後に削除される 8 つの追加ユニットのため、これが繰り返されました。

評価分割の概要については、表 3-1 および 表 3-2 を参照してください。

表 3-1. 4 つの側面すべてを半田付けしたユニットで実施された評価の概要

オーバーハング量	テスト
100 μm	BLR、その場でのモニタリング – 32 ユニット
200 μm	BLR、その場でのモニタリング – 32 ユニット

表 3-2. 2 つの側面を半田付けしたユニットで実施された評価の概要

オーバーハング量	テスト	ブルアウトサイクル
100 μm	なし	8 ユニット – 0 サイクル
	BLR、その場でのモニタリングなし – 24 ユニット	8 ユニット – 1000 サイクル
		8 ユニット – 2000 サイクル
		8 ユニット – 3000 サイクル
200 μm	なし	8 ユニット – 0 サイクル
	BLR、その場でのモニタリングなし – 24 ユニット	8 ユニット – 1000 サイクル
		8 ユニット – 2000 サイクル
		8 ユニット – 3000 サイクル

参考のため、同じ試験車両を使用したオーバーハングなしの BLR 温度サイクル試験が事前に実施されました。前回のテストでは、9740 サイクル後も電気的故障が発生しませんでした。**図 3-3** は、前回の試験完了後のコーナーリードの断面図を示しています。半田付け接合部には試験範囲に起因する亀裂が見られます、オーバーハングがないときのこの「ベースケース」の半田付け接合部が完全であることを示しています。

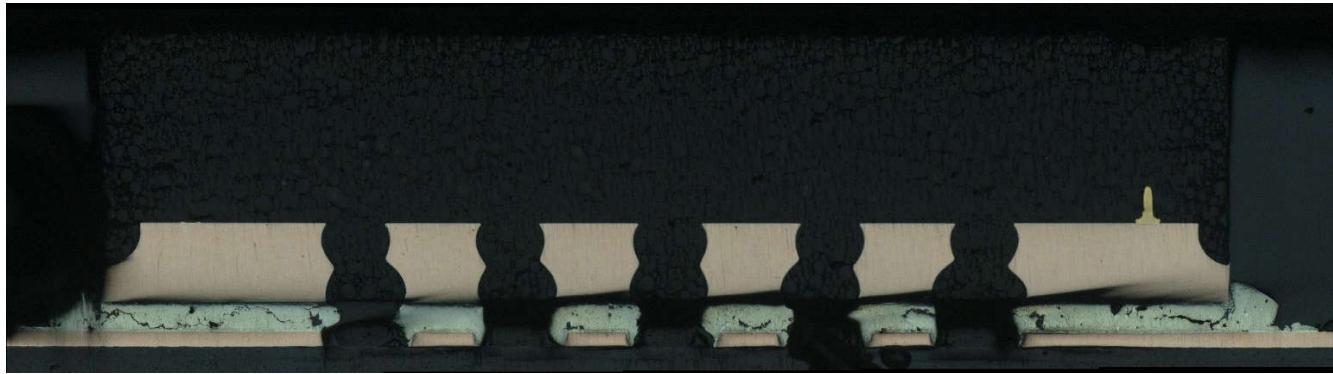


図 3-3. 10000 サイクル近い BLR 後にオーバーハングなしで半田付けされたリードの断面

4 評価方法と結果

4.1 初期データの収集

PCB に半田付けした後、半田付け接合部の厚さを測定するために構成の SON 形式の 3 つのユニットを断面化して、半田の隅肉形成を確認するために SEM 画像を撮影しました。**図 4-1** に半田付け接合部の測定値をまとめます。指定のユニットのすべての半田付け接合部厚の値は平均 50 μm 以上で、これは望ましい信頼性の高い半田付け接合部圧に関する IPC-7351 の指針の範囲内です [4]。

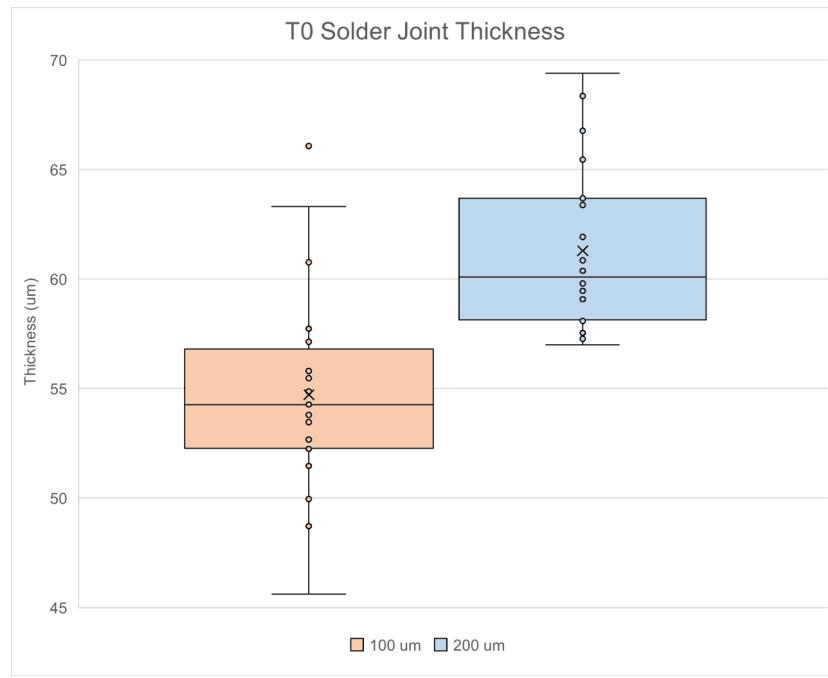


図 4-1. 応力試験を行わない構成の SON 形式によるユニットの T0 半田付け接合部測定

図 4-2 および 図 4-3 は、半田付け接合部に異常がない、100μm および 200μm のオーバーハンジングの代表的な断面画像を示しています。

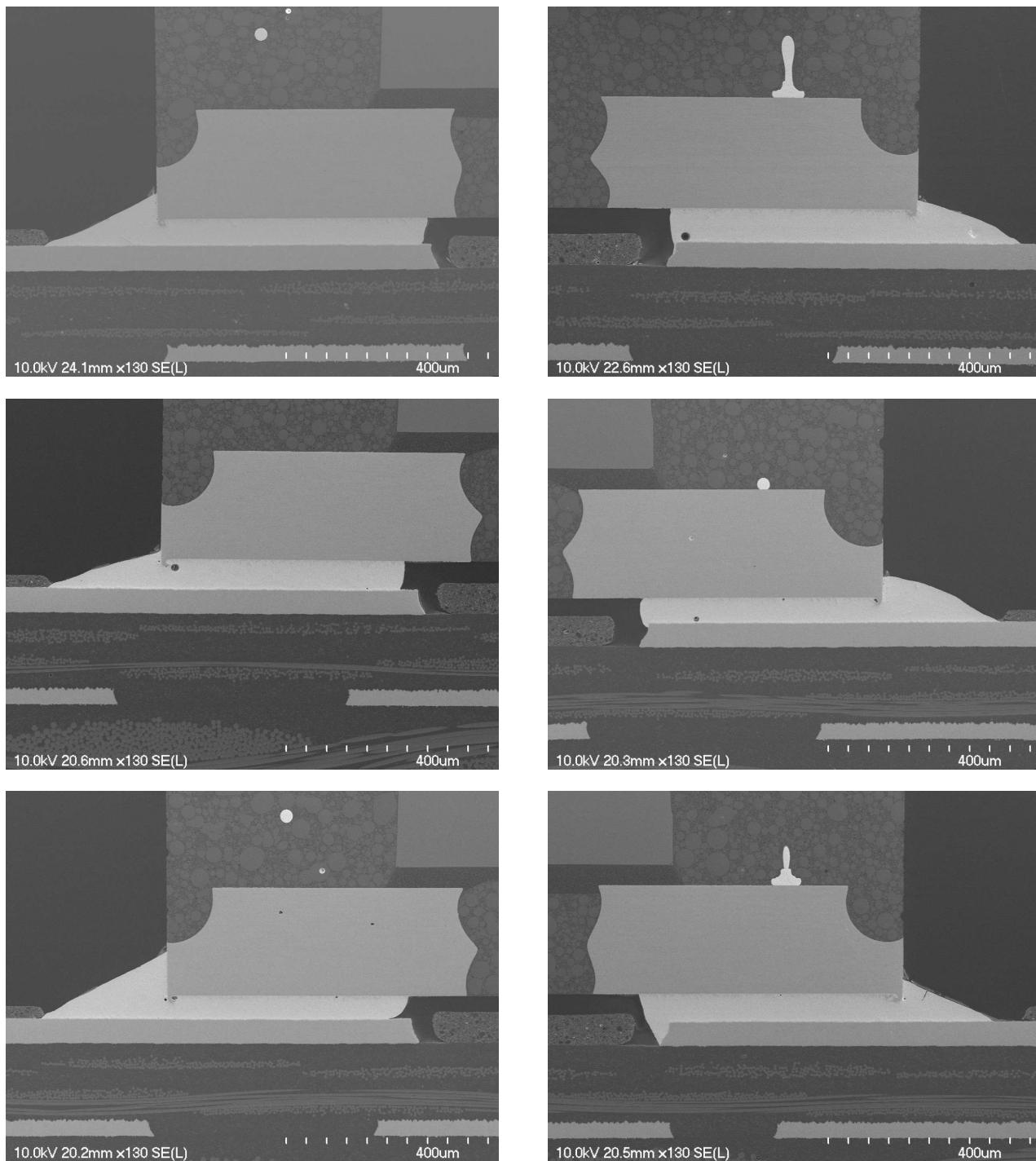


図 4-2. 100μm のオーバーハンジングで半田付けしたリードの断面 (応力試験なし)

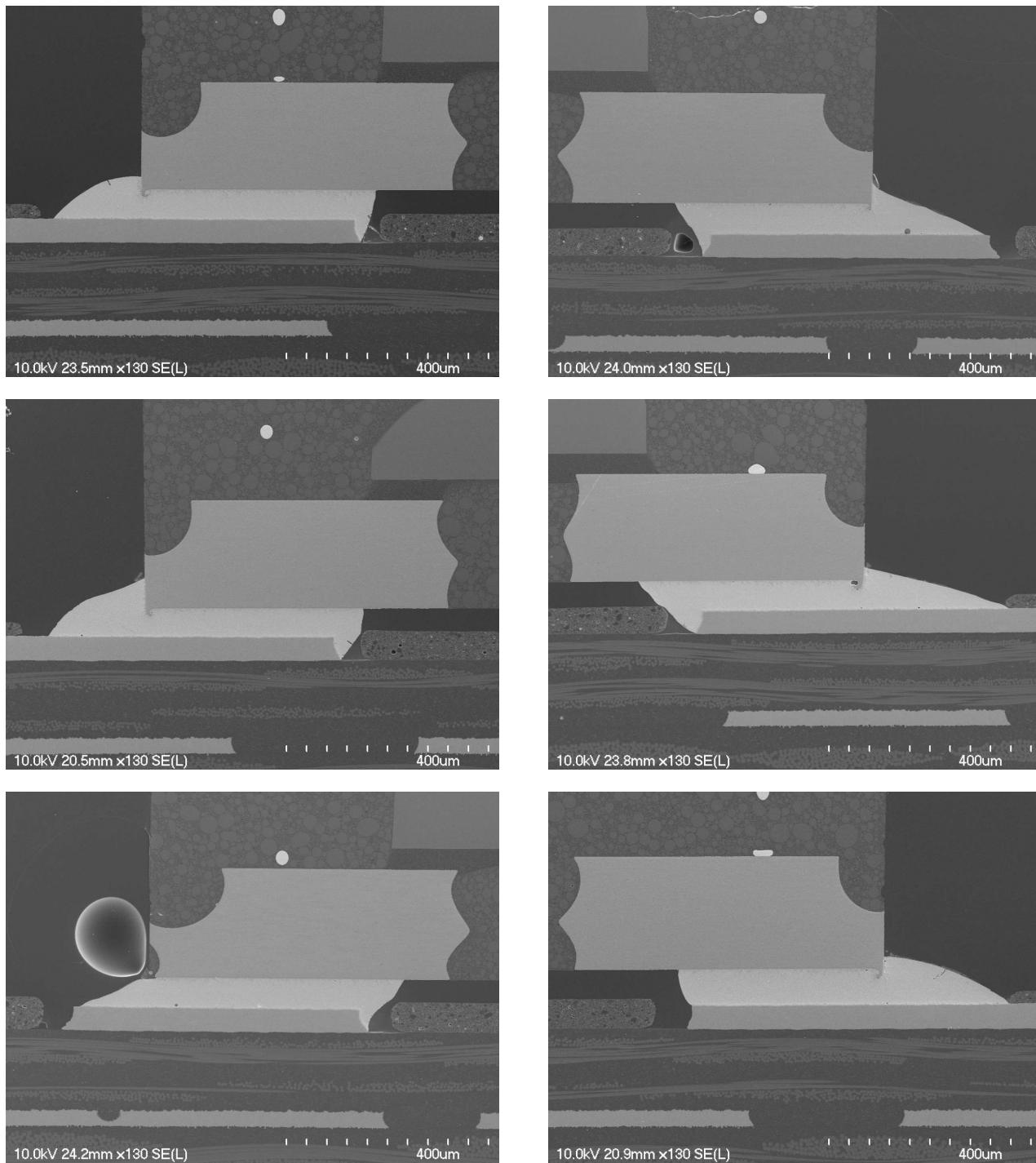


図 4-3. 200µm のオーバーハングで半田付けしたリードの断面 (応力試験なし)

半田付け接合部には部分的な隅肉があり、低ぬれ角からぬれ角なしの状態でした。ただし、これらの外見は必ずしも性能の低下を示すわけではありません。この概念の詳細は、基板レベルの信頼性を評価する次のセクションで説明します。

4.2 In Situ モニタリングによる BLR

4つの側すべてが半田付けされたユニットで温度サイクルが実行されてイベント検出がモニタリングされました。基板レベルの信頼性試験は一般的に加速試験であり、これを使用すると、デバイスアプリケーションに応じた加速係数に基づいて、半田付け接合部の実際の領域寿命を試験性能と比較できます。IPC-9701A(温度サイクル試験に関する基準を提供)によれば、電気的故障せずに最低でも 1000 サイクル合格する必要があります [3]。本調査のユニットは、100 μm と 200 μm の両方のオーバーハングで 6870 サイクル後でも故障は見られず、基板レベルの信頼性が良好であることが示されました。

4.3 In Situ モニタリングなしの BLR

2つの側のみが半田付けされた追加ユニットで温度サイクルが実行されましたが、イベント検出はモニタリングされませんでした。代わりに、1000 サイクル後、8つのユニットが取り除かれました。BLR 試験開始前のユニットと比較するため、半田付けリードの断面画像とこれらのユニットの半田付け接合部厚の測定を実行しました。2000 サイクル後に削除される 8 つの追加ユニット、3000 サイクル後に削除される 8 つの追加ユニットのため、これが繰り返されました。この場合も、指定ユニットのすべての半田付け接合部厚の値は平均 50 μm 以上でした。各半田付け接合部に目視できる異常または応力は観測されませんでした。BLR の 3000 サイクル後にはユニット内に隙間やひび割れが見えるようになります。これはユニットがさらに応力を受けたためで予想どおりです。ただしこの損傷により電気的または機械的故障が発生することは予想されません。

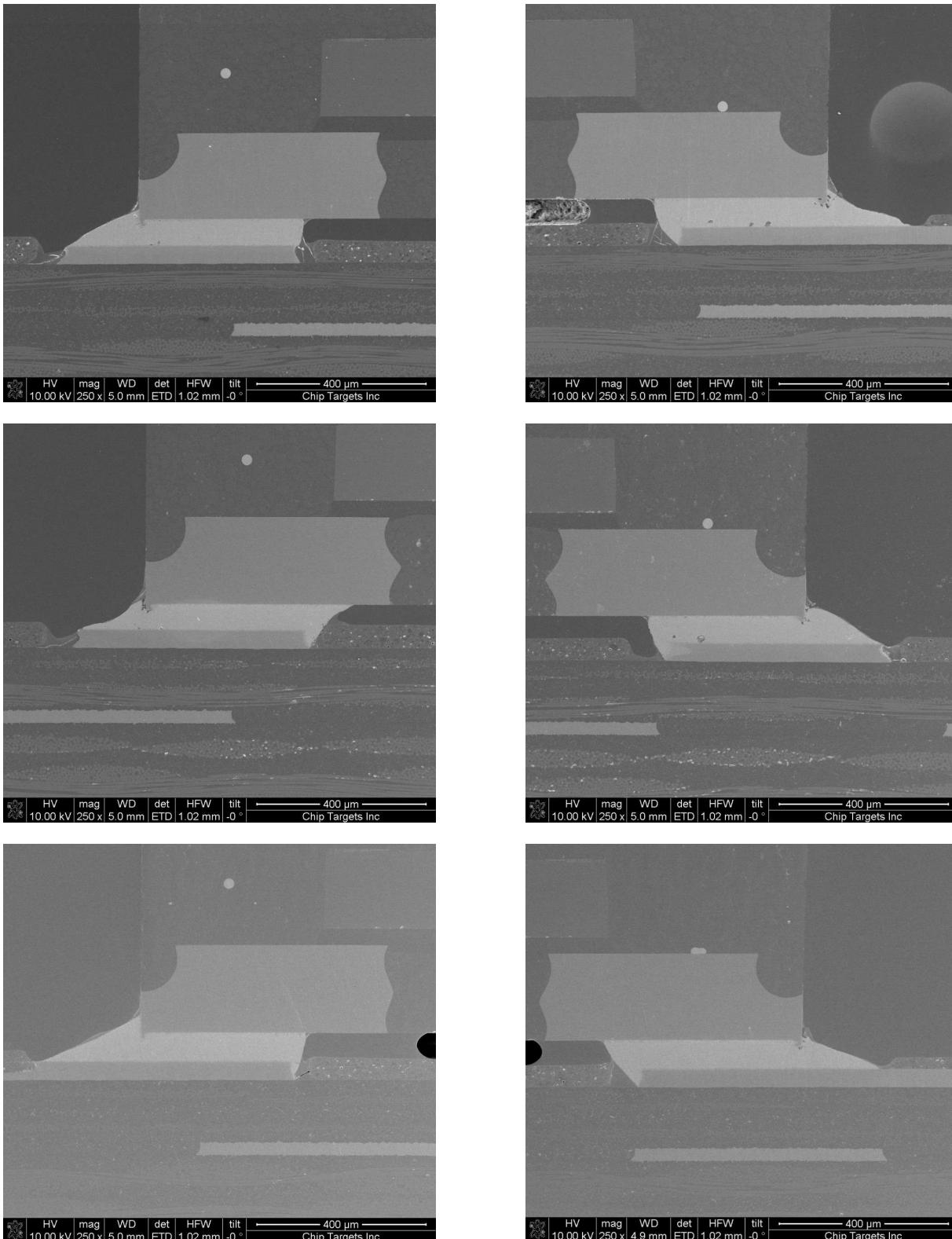


図 4-4. BLR の 1000 サイクル後に 200μm のオーバーハングで半田付けされたリード断面

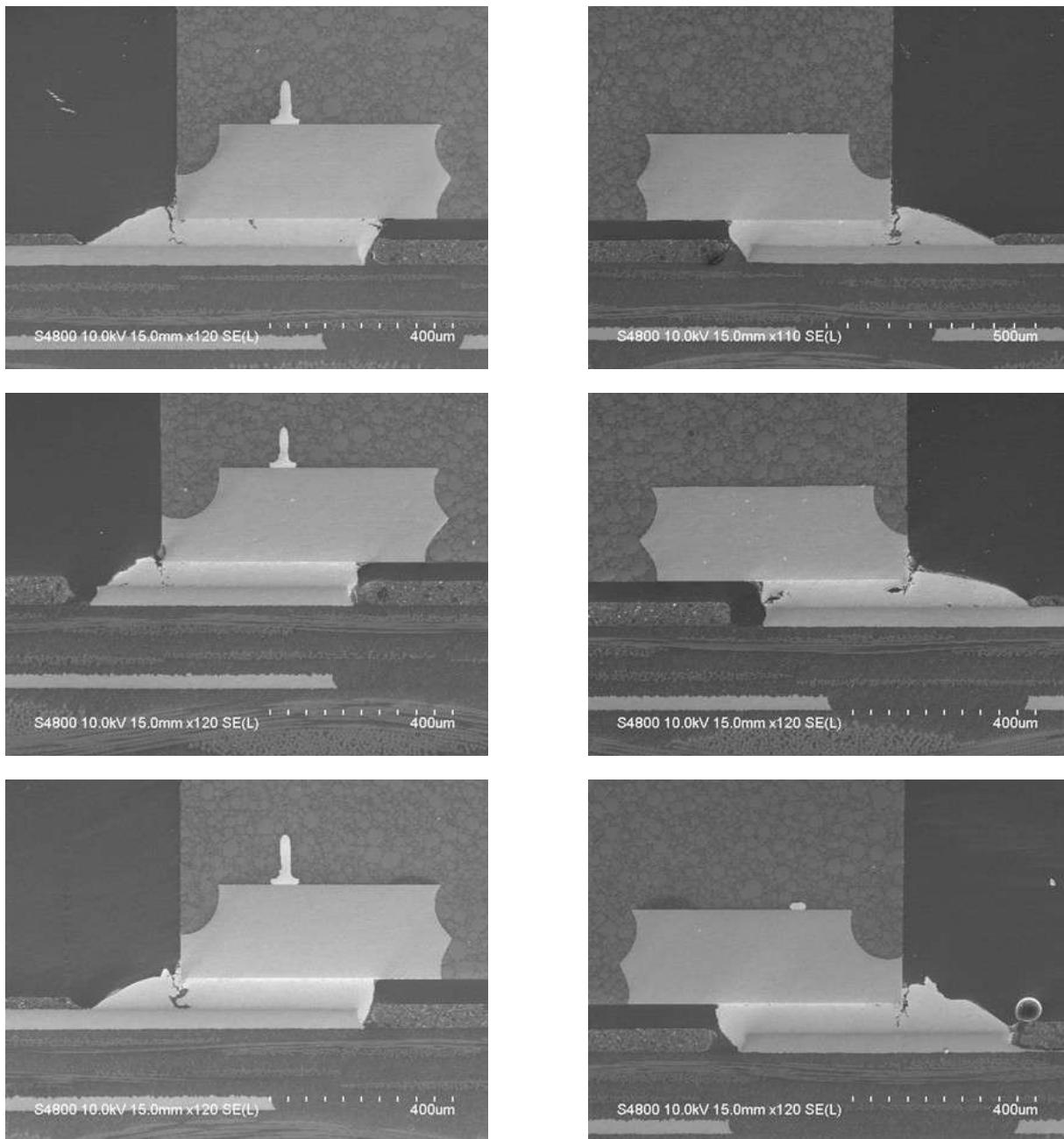


図 4-5. BLR の 3000 サイクル後に 200 μm のオーバーハングで半田付けされたリード断面

5 結果のまとめ

- T0 での半田付け接合部厚の測定は、 $100\mu\text{m}$ と $200\mu\text{m}$ の両方のオーバーハングユニットで許容されました。
- PCB 上のユニットの断面画像では、 $100\mu\text{m}$ と $200\mu\text{m}$ の両方のオーバーハングな部分的な隅肉があり、低ぬれ角から濡れ角なしの状態でした。
- $100\mu\text{m}$ と $200\mu\text{m}$ のオーバーハングに対応する全ユニットは、1000 サイクルを超える温度サイクルの BLR 試験に失敗することなく合格しました。
- $200\mu\text{m}$ のオーバーハングでは、3000 サイクルの温度サイクルの BLR 試験後であっても半田付け接合部の隅肉に目視できる異常はありませんでした。隙間やひび割れが電気的または機械的な故障の原因となることは想定されていません。

6 まとめ

この調査における T0 半田接合部の測定と断面画像は、PCB のランドパターンを覆うリード線が、リードの SMT プロセスでの半田付け接合部の信頼性や品質に影響を与えないことを示しています。この結論は基板レベルの信頼性試験の結果によってさらに支持されています。1000 サイクルを超える試験で故障は記録されず、ストレスを受けたユニットの断面積には異常が見られませんでした。これらの結果に基づき、お客様は既存の PCB との互換性に影響を与えることなく、パッケージのフットプリントのリード長を最大 $200\mu\text{m}$ まで変更することを検討できます。

7 謝辞

筆者は以下の支援提供者に感謝いたします：

- テキサスインスツルメンツのパッケージングテクノロジーソリューション(Dallas) の Bailey Cordell, Rey Javier, Steve Kummerl, Frank Mortan (技術的情報および結果の分析)。
- テキサスインスツルメンツのダラス信頼性試験ラボ(ダラス) の Andy Zhang, William Gifford, Paul Hull (PCB 設計および基板レベルの信頼性試験実行)。
- テキサスインスツルメンツのダラス設計解析オペレーション(ダラス) の Robert Milotta, Alison Stutzmann, Paul Talbot (パッケージ画像処理と半田付け接合部測定)。
- Chip Targets Inc. (ダラス) の Peter Nguyen (パッケージ画像処理と半田付け接合部測定)。

8 参考資料

1. IPC-A-610E-2010、Acceptability of Electronic Assemblies、2010 年 4 月。
2. JESD22-A104D、Temperature Cycling、2009 年 3 月。
3. IPC-9701A、Performance Test Methods and Qualification Requirements for Surface Mount Solder Attachments、2006 年 2 月。
4. IPC-7351、Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard、2005 年 2 月。

重要なお知らせと免責事項

TIは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Webツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したもので、(1)お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2)お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3)お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月