参考資料

Application Note

ホール エフェクト電流センサのフューズド リード フレーム タイプとノンフューズド リード フレーム タイプの比較

Holly Roper, Carolus Andrews

概要

テキサス インスツルメンツは TMCS11xx デバイス ファミリ向けに独自の SOIC-10 パッケージを採用しており、従来の SOIC-16 スタイルのパッケージでは 8 本のリードが 2 本に融合されています。このフューズド リード フレームは、4 本リード 2 セットではなくパッケージに電流を伝達するために使用されます。ただし、アプリケーションではマルチソーシングが必要になることが多く、部品は *ピン* 互換型ですが構成にはいくつかの違いがあります。このアプリケーション ノートでは、テキサス インスツルメンツの SOIC-10 パッケージを SOIC-16 ランド パターンで使用した場合について検証し、プリント基板上の標準的な SOIC-16 フットプリントで SOIC-10 パッケージを問題なく使用できることを実証します。

目次

1 はじめに.....2
2 SOIC-10 のボード レベル信頼性試験.....2
2.1 X 線による半田接合の調査.....4
2.2 温度テスト.....5
2.3 断面.....7
3 まとめ.....8
4 参考資料.....8

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

1 はじめに

さまざまな業界で電動化が進む中、製造業は、さまざまな製品に対する急速な需要に対応するためにより一層の負担を強いられています。多くのメーカーは、デュアルソーシングというアプローチを採用してきました。このアプローチでは、複数のベンダーでさまざまなタイプを製作して複数のサプライチェーンを選べる場合以外、設計者が集積回路を使用することはできません。このアプローチでは製品の持続性を追求したより強固なソーシング計画が策定されるので、メーカーは長いリードタイムが存在する場合でもバックアップ計画を立てることができます。

1 つの製品の複数のバリエーションを見つけ出すことは必ずしも単純ではありません。製品ごとに電気的特性が大きく異なる場合があり、パッケージもピン配置も同じで、提供する伝達関数も同じというデバイスであっても、設計者が要求するレベルで動作しないことがあります。熱特性も異なる場合があります。代替品として有効であるにもかかわらず、部品表の予算を大幅に超過するほど高額になるというタイプもあるのです。ソーシング エンジニアは、2 つの製品が相互に *機能的代替品* として動作すると断定する前に、これらの条件が満たされていることを確認しなければなりません。

ホール エフェクト センサの分野において懸念される可能性のあるもう 1 つの領域はリード フレーム構造です。テキサス インスツルメンツの TMCS 製品ファミリでは、一部のタイプで標準 SOIC-16 パッケージを採用していますが、SOIC-10 ではフューズド リード フレーム方式を採用しています。この方式では、フレームの独特のリード スタイルにより、リード フレーム内の抵抗が許容され、フレームの入力側の電力損失が最適化されます。このアプリケーション ノートの目的は、設計においてこれら 2 種類のパッケージ スタイルを機能的同等品として両方を採用する際に、性能と信頼性に関るす懸念事項を検討することです。

2 SOIC-10 のボード レベル信頼性試験

これら 2 つのパッケージを交互に使用する場合の主な課題は、それぞれのランド パターンのレイアウトです。図 2-1 示されているのは、左側が SOIC-10、右側が SOIC-16 の標準的なランド パターンです。

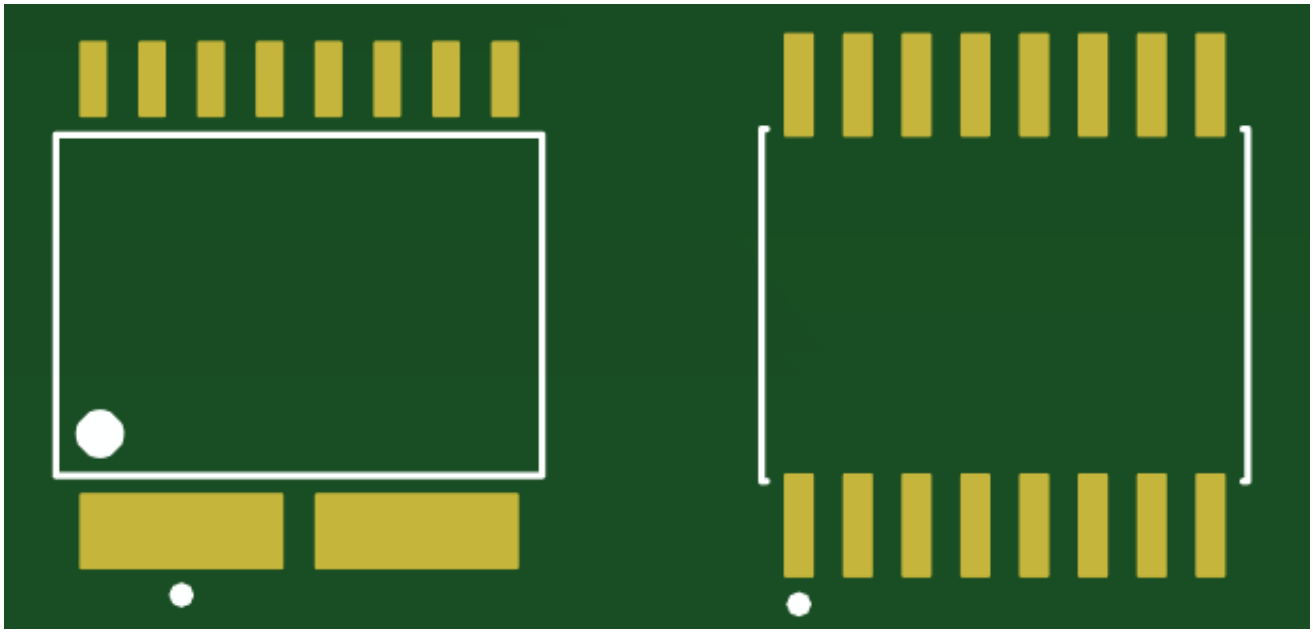

図 2-1. ランド パターン：SOIC-10 (左) 、SOIC-16 (右)

ランド パターンが示すように、寸法とレイアウトは比較的類似していますが、入力側のメイン半田ポイントは、入力ごとに、4 つの個別の半田パッドから 1 つの細長いパッドに移動します。この細長いパッドには後でフューズド リード フレームが半田付けされます。ただし、1 つのデバイスをもう 1 つのデバイスと交互に使用することを目標としている使用事例では、半田付けされたフューズド リード フレームを個別のパッドに配置すると性能が低下する可能性がまず疑われます。細長いパッド上の個々のリードの配置は平凡に見えます。4 本のリードはすべて、入力の同一ノードを共有しており、細長い半田パッドに配置しても性能に変化はありません。ただし、フューズド リード フレームを個別のパッド上に配置すると、電流の流れにボトルネックが発生する可能性がりあり、その場合は熱が加わります。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

これらの懸念の影響を調べるために、ボード レベルの信頼性実験を実施しました。この実験では、図 2-2 に示すように、弊社の評価 PCB で標準の SOIC-16 フットプリント上に SOIC-10 パッケージを実装しました。

図 2-2. SOIC-16 フットプリント上の SOIC-10 パッケージ

これらの PCB 8 枚を、20A の電流が連続的にリードフレームを流れるように直列に接続し、オーブンに入れました。このテスト期間中、基板に -40°C から +125°C と +125°C から -40°C の温度サイクルを 500 回実施しました (図 2-3 を参照)。

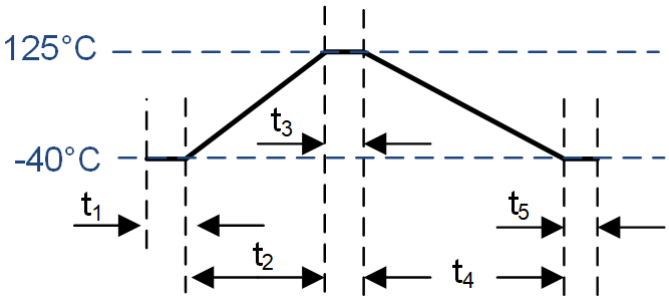

図 2-3. 温度サイクルのタイミング図

この場合:

- $t_1 = t_3 = t_5 = 7$ 分
- $t_2 = 45$ 分
- $t_4 = 70$ 分

温度の上昇と下降の速度は、使用したオーブン「テスト エクイティ モデル 115A」によって制限されます。次のサイクルに進む前に、基板を -40°C と 125°C で 7 分間浸しました。

これら 500 サイクルの事前試験と事後試験の両方で、熱平衡の観点からサンプル カードを調べ、半田接合部に X 線を通してこれらのサイクルがデバイスに及ぼす影響を調べました。さらに、カードを切断して断面を確認し、剥離の証拠を探しました。温度サイクル中にデバイス障害は発生しませんでした。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

2.1 X 線による半田接合の調査

SOIC-10 パッケージの入力の接合部のような大きな接合部を扱う場合は、最高の性能を得るために適切な半田を選択することが重要です。テキサス インスツルメンツでは、AIM M8 SAC Type 4 などの無洗浄スタイルのペーストの使用を推奨しています。水溶性タイプの多くはボイドの増加を招く恐れがあり、接合部にはボイドが存在するため、水溶性タイプを使用すると時間の経過とともに熱性能が低下する可能性があります。図 2-4 と 図 2-5 は無洗浄タイプの化学性能の例で、図 2-6 と 図 2-7 は大きな半田接合部に対する水溶性タイプの化学性能の例です。

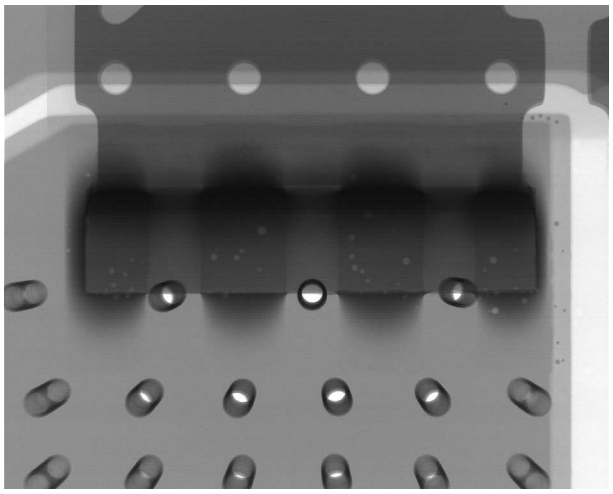

図 2-4. 無洗浄タイプ半田ペーストの X 線画像、左入力リード

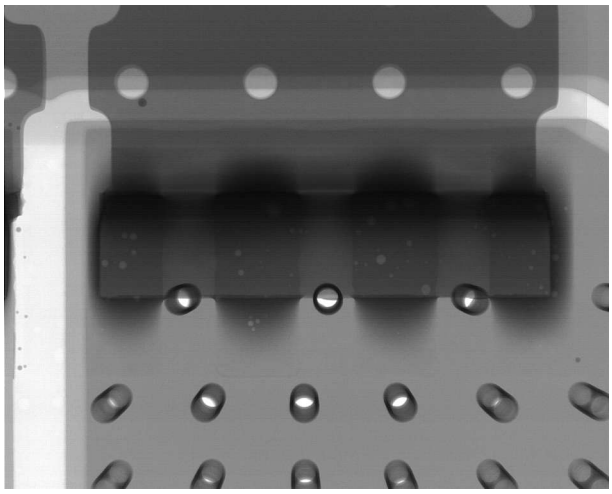

図 2-5. 無洗浄タイプ半田ペーストの X 線画像、右入力リード

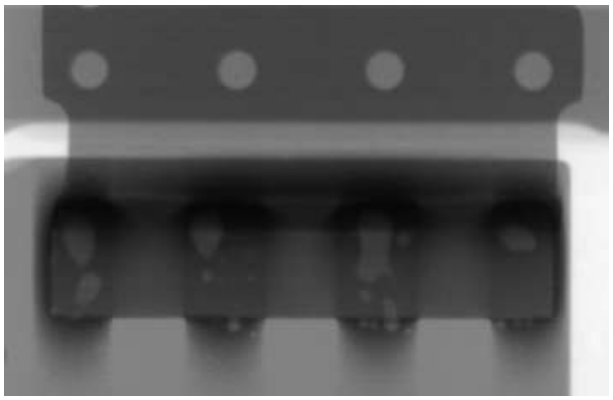

図 2-6. ゼロ時間の X 線画像、左入力リード

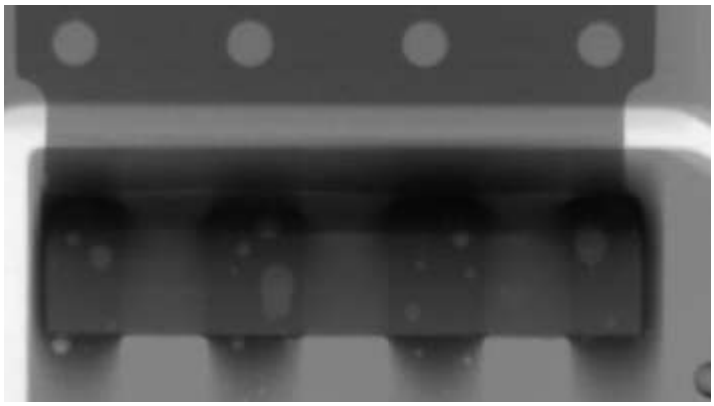

図 2-7. ゼロ時間の X 線画像、右入力リード

この実験では半田ペーストは水溶性 SAC305 type 4 半田ペーストを意図的に選択しましたが、それは、SOIC-16 フットプリント上の SOIC-10 パッケージにおける半田ボイドのワースト ケース シナリオの対象として、テスト用デバイスを使用するためです。

図 2-3 に概要を示した 500 回の温度サイクルの後で、デバイスの半田付け完全性を再度確認チェックしました。図 2-8 と 図 2-9 示されているデバイスは、テスト済みのカードからランダムに抽出されたサンプルであり、図 2-6 と 図 2-7 に示されている半田ボイドの続きではありません。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

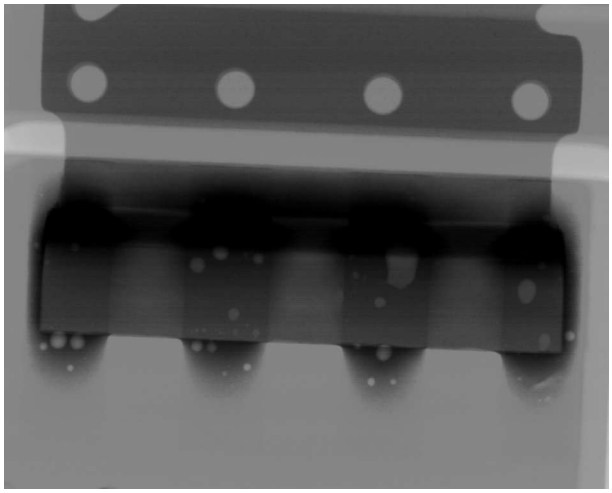

図 2-8. 500 温度サイクルの X 線画像、左リード

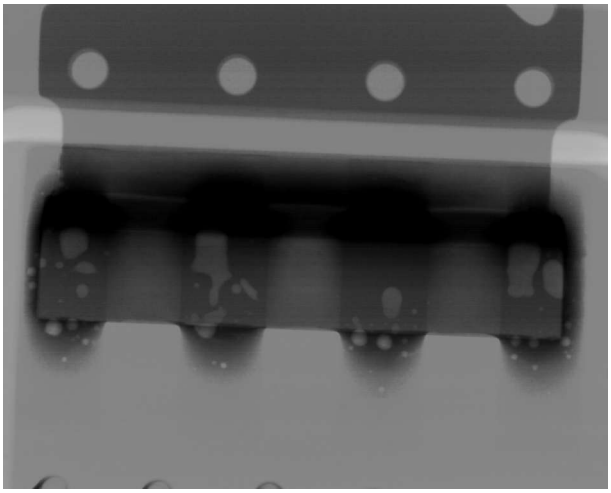

図 2-9. 500 温度サイクルの X 線画像、右リード

これらの X 線画像は、フューズド リードに半田ボイドが存在している間、その量がゼロ時間サンプルから著しく逸脱することはないことを実証しています。画像の半田ボイドは、サイクル開始前に確認した半田ボイドと同等であり、一定の DC 負荷で 500 回の温度サイクルを経た後も障害故障は発生しませんでした。これは、半田ボイドが、初期製造時の存在の有無にかかわらず、温度サイクルによって悪化することはないということを示しています。ただし、それでも通常の用途には無洗浄スタイルの半田が推奨されます。この半田を使用することで、製造時のこの問題を原因とする追加障害の発生が軽減されるためです。

2.2 温度テスト

最初から、500 回の温度サイクル後に両方のデバイスの DC 熱解析を実行し、リード フレームの温度サイクル前後のストレスの放熱性能を観測しました。さらに、標準ランド パターン上の TMCS デバイスをベースラインとして同じテストを実施し、無洗浄ペーストを使用した場合のランド パターン クロスの熱テストも実施しました。これらの各基板のリード フレームに 40A の DC 電流を 10 分間流した後、画像を撮影しました。これはデバイスが熱平衡に達するのに十分な長さでした。

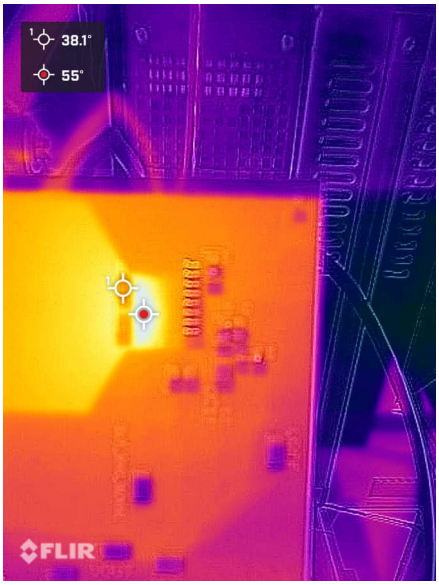

図 2-10. SOIC-10 フットプリント上の SOIC-10、ゼロ時間、SAC 水溶性ペースト

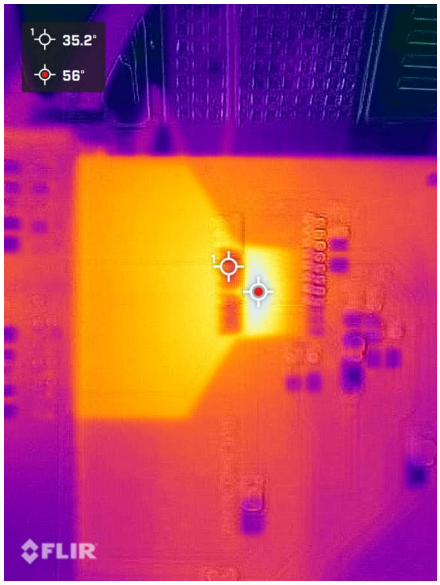

図 2-11. SOIC-16 フットプリント上の SOIC-10、ゼロ時間、SAC 水溶性ペースト

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

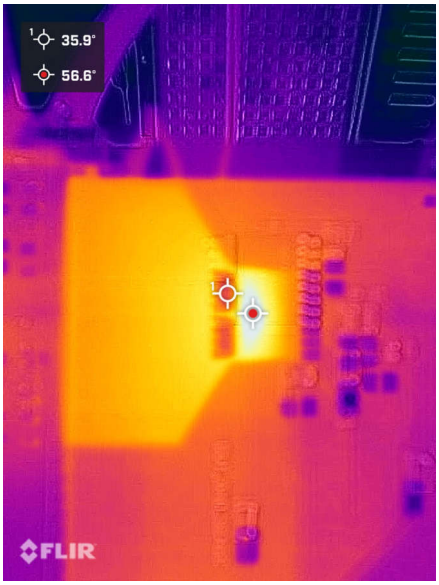

図 2-12. SOIC-16 フットプリント上の SOIC-10、500 サイクル後、SAC 水溶性ペースト

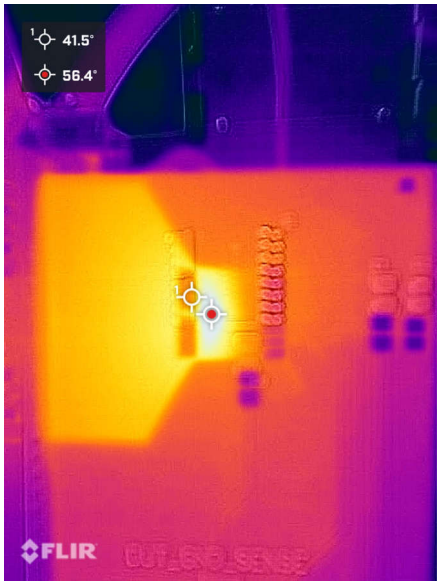

図 2-13. SOIC-16 フットプリント上の SOIC-10、ゼロ時間、SAC 無洗浄半田

熱画像は、基板のすべてのテストにおいて、リード フレームの温度が同等であることを示しています。最初のテストから 500 温度サイクル後の画像まで、最終温度の変化は 1°C 未満 (56°C と 56.6°C) です。これに対し、フットプリント上の TMCS のベースライン ボードは最終温度 55°C を示しています。無洗浄半田ペーストを使用している SOIC-16 フットプリント基板上の SOIC-10 も、56.4°C において他のボードとほぼ同じ温度に安定しました。要約すると、ランダム プロセス変動の予測を超える大きな熱変化は観測されなかったということです。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

2.3 断面

最終確認として、300 回と 500 回の温度サイクルにおいて、サンプル基板をオーブンから取り外して断面解析を行いました。多層基板では一般的ですが、2 層基板で剥離が発生する可能性があり、さらに、温度サイクルにおけるデバイスのリードや基板の膨張と収縮に伴って複合的な半田問題が発生する可能性もあります。以下の画像はワースト ケースのデバイス断面図で、図 2-14 は 300 サイクル、図 2-15 は 500 サイクルのものです。

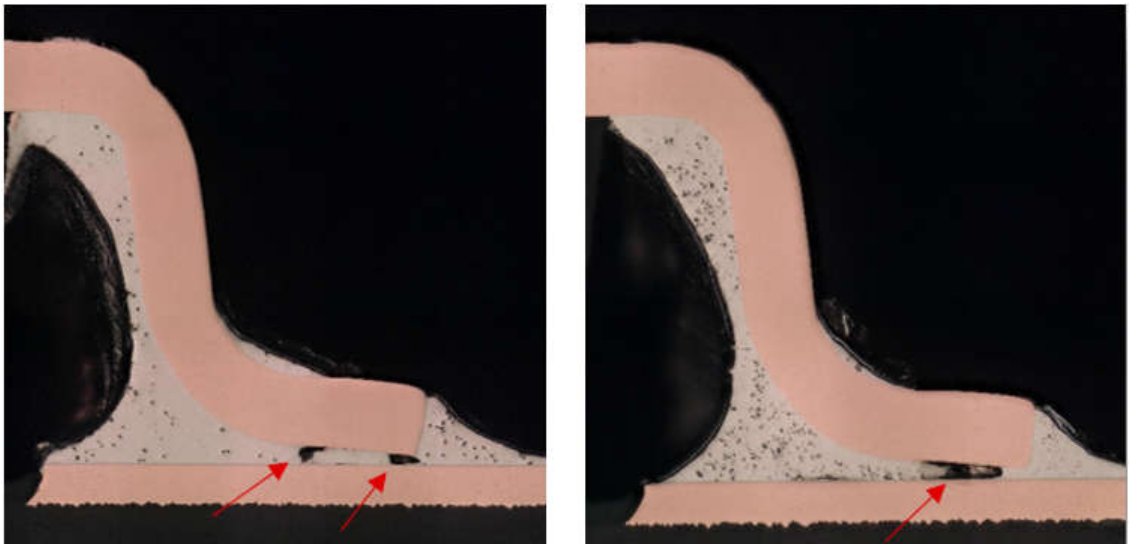

図 2-14. 断面図 - 300 回の温度サイクル

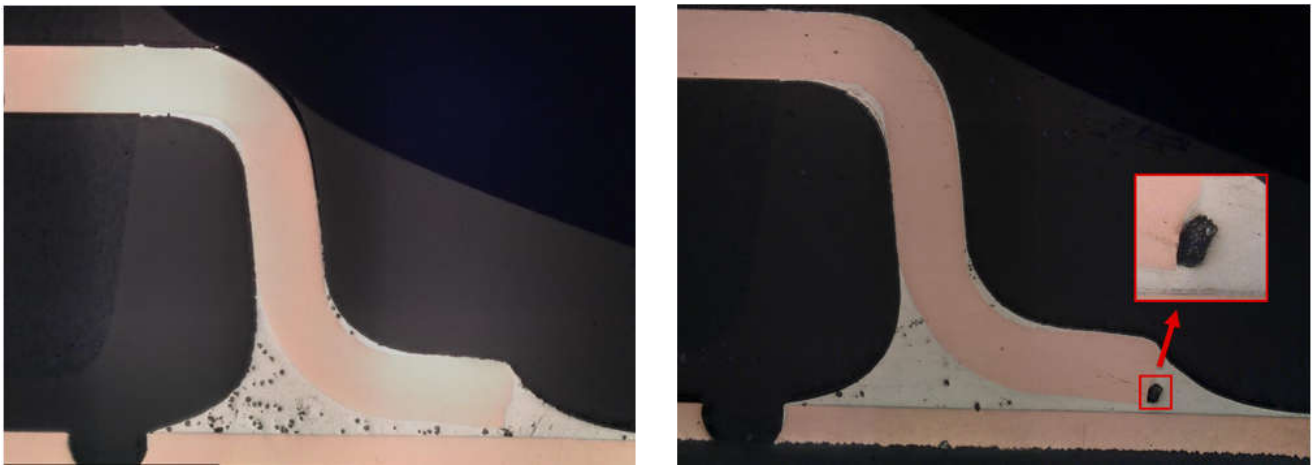

図 2-15. 断面図 - 500 回の温度サイクル

X 線撮影時の観測から予想されるように、半田ボイド (画像中の赤い矢印で示されている部分) の痕跡はありますが、これらのアーチファクトが存在していても、異常な熱兆候や開回路による障害はどの基板でも発生しませんでした。断面積には剥離の痕跡はなく、フレームへの半田付着が見られ、PCB は依然として公称値であり、損傷の痕跡はありません。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

3 まとめ

大きなパッドを使用する場合は、大きな半田接合部での半田ボイドの発生を軽減するために、適切な半田ペーストを選択する必要があります。通常、最高の性能を得るためにこれらの接合部を最適化するには、無洗浄半田ペーストが推奨されます。

概して、SOIC-16 フットプリントで SOIC-10 パッケージを使用する場合、リスクはほとんどありません。どの試験においても、1000 時間の連続温度ストレス後、デバイスの熱性能、PCB サブストレートの完全性、デバイス リードフレームの完全性に、変化はほとんど認められません。

4 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、『*TMCS1126 高精度 500kHz ホール エフェクト電流センサ、強化絶縁動作電圧、過電流検出、周囲磁界除去機能搭載*』データシート。
- テキサス インスツルメンツ、『*TMCS1123 ホール エフェクト電流センサの熱解析*』アプリケーション ノート。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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黙示保証、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、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ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す。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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、その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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所:Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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黙示保証、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、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、 テキサス・インスツルメンツ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す。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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、その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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、 テキサス・インスツルメンツ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。 テキサス・インスツルメンツ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、 テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、 テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、 テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。 テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用される テキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、 テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated