

熱特性強化型パッケージ PowerPAD™

Steven Kummerl

概要

熱特性強化型パッケージPowerpad™を採用すると、標準的なサイズのデバイス・パッケージの設計が大幅に柔軟になり、これまでよりも高い熱効率を持つパッケージが実現できます。PowerPADパッケージの使用でパフォーマンスが向上することにより、クロックの高速化やシステムのコンパクト化がさらに進み、設計基準をさらに積極的に縮小できるようになります。PowerPAD™パッケージは、表面実装構成の代表例のいくつかで利用可能です。パッケージは一般的なPCB(プリント回路板)アセンブリの技術でマウントでき、取り外しや交換も一般的なリペア手順で行えます。PowerPAD™パッケージの熱効率を最大限に活用するには、本論で紹介する技術を念頭においてPCBを設計する必要があります。また、PowerPAD™パッケージから熱性能というメリットを十分に得るには、露出した状態でパッドをボードにはんだ付けする必要があります。本論では、PCBの設計にPowerPAD™パッケージを組み込む方法の詳細に重点をおいて説明します。

目次

1. はじめに.....	2
2. 取り付けと使用.....	3
3. アセンブリ.....	13
4. リペア.....	16
5. 要約.....	17
付録A 定義およびモデリング.....	18
付録B ヒート・シンク(放熱板)使用のTQFP 型/TSSOP 型PowerPAD™ パッケージの再加工(リワーク)プロセス - Air-Vac Engineering 社の装置を使用した場合.....	25
付録C PowerPAD™ のプロセス・リワークに関するアプリケーション・ノート(Metcal 社).....	29
改版履歴.....	31

図目次

この資料は、Texas Instruments Incorporated (TI) が英文で記述した資料を、皆様のご理解の一助として頂くために日本テキサス・インスツルメンツ (日本TI) が英文から和文へ翻訳して作成したものです。資料によっては正規英語版資料の更新に対応していないものがあります。日本TIによる和文資料は、あくまでもTI 正規英語版をご理解頂くための補助的参考資料としてご使用下さい。製品のご検討およびご採用にあたりましては必ず正規英語版の最新資料をご確認下さい。TI および日本TI は、正規英語版にて更新の情報を提供しているにもかかわらず、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。

SLMA002G 翻訳版

最新の英語版資料
<http://www.ti.com/lit/slma002>

図 1 PCBにマウントされたPowerPAD™パッケージの断面図と、その結果生じる熱伝達..... 3

図2 20ピンTSSOP型PowerPAD™パッケージの下面図と上面図 4

図3 64ピンTQFP型PowerPAD™パッケージ (ボディ寸法14×14×1.0mm)..... 4

図 4単層PCBを使用する場合のパッケージと、PCB上のランド構成 5

図 5 多層PCBを使用する場合のパッケージと、PCB上のランド構成 6

図 6 PowerPAD™を実装した64ピンTQFP型パッケージ..... 7

図 7 熱特性強化型TQFP型パッケージの、PCBサーマル・ランドの設計に関する考慮事項 8

図 8 サーマル・ビア数 vs チップ面積(ダイ面積)の影響 9

図 9 直径0.33mm(0.013インチ)のサーマル・ビア数 vsチップ面積(ダイ面積)の影響 9

図 10 PowerPAD™のサーマル・ランドのサイズとサーマル・ビア・パターンの例..... 10

図 11熱強化されたTQFPパッケージのランド・パターンとステンシル設計の例 12

図 12 20ピンDWPパッケージでの、はんだ被覆率とスタンドオフ高さの変化に対応する、 θ_{JA} の変化の熱モデリング 13

図 13 100ピンDWPパッケージでの、はんだ被覆率とスタンドオフ高さの変化に対応する、 θ_{JA} の変化の熱モデリング 13

図 14 JSTD-020C のリフロー温度範囲 14

図 15 湿度感度のラベル表示 15

図 16 熱抵抗のダイアグラム 18

図 17 Texas Instruments推奨ボード(側面図)..... 19

図 18 PowerPAD™のサーマル・パッドとリードをPCBに接着する 20

図 19 一般的なリードフレームの構成図 22

図 20 PowerPAD™の θ_{JP} の測定 23

図 21 標準的なパッケージの θ_{JC} の測定..... 23

図 22各種パッケージの θ_{JA} の比較..... 24

図 23 リワーク用ステーション「DRS22C」 25

図 24 各種サイズのリワーク用ノズル..... 26

図 25各種サイズのリワーク用ノズル..... 26

図 26 ノズルの構成 26

図 27 Air-Vac社の目視システム..... 27

表目次

表 1 PowerPAD™ パッケージの標準的なパワー処理能力⁽¹⁾ 3

表 2 PowerPAD™中央部のはんだステンシル開口部..... 8

表 3 リフロー温度プロファイルの分類⁽¹⁾ 15

表 4表4 PowerPAD™パッケージのテンプレートの記述 21

表 5 Metcal 社の熱伝導チップ(にて先)..... 29

1. はじめに

PowerPAD™のコンセプトは、標準的なエポキシ樹脂のパッケージ素材で実現されます。ダイ(集積回路)は、熱伝導性のエポキシ樹脂を使用してリードフレームのダイ・パッドに貼り付けられます。パッケージをモールド封止する時には、リードフレームのダイ・パッドがパッケージ表面に露出するようにします。このようにすると、デバイス接合部とケース外側の間に極めて低い熱抵抗パス(θ_{JP} の文字を小さくする)ができます。リードフレームのダイ・パッドの露出面はパッケージのPCB側にあるため、通常のリフローはんだ付け技法でボードに接着できます。このためにボードへの接着が効率的になり、ボードの構造をダイの放熱に利用できるようになります。ビアを使用すれば、内層銅プレーンや、PCBに組み込まれた特殊放熱構造にリードフレームのダイ・パッドを取り付けられます。各製品のデータ・シートを調べて、信号プレーン、電源プレーン、グラウンド・プレーンのうち、どれにデバイスをはんだ付けする必要があるかを確認してください。従来のパワー・パッケージの実装では、ハードウェアを追加したり、通常とは違うアセンブリ方法に従ったり、熱グリースを塗布したり、放熱器を追加したりする必要がありましたが、PowerPAD™パッケージの実装ではPCBの設計者がそのような制約を受けることはありません。

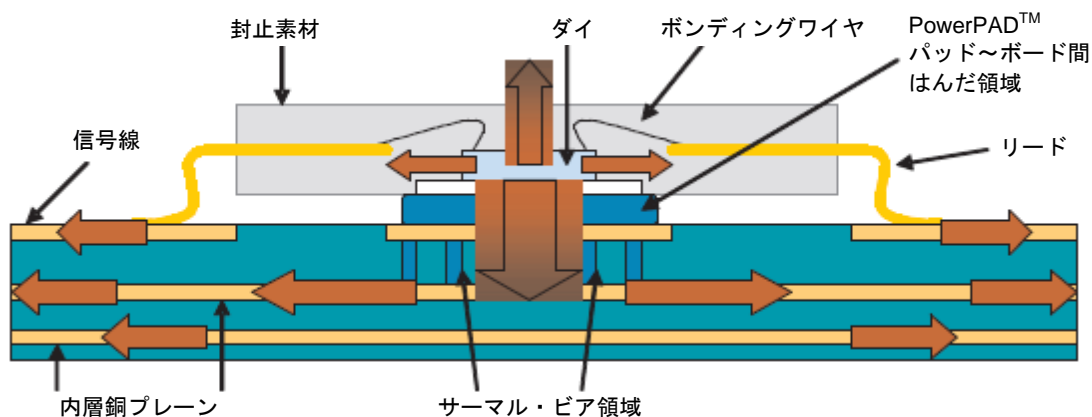


図 1 PCBにマウントされたPowerPAD™パッケージの断面図と、その結果生じる熱伝達

熱性能の正確な値は、個々のPCBの回路設計と部品の取り付け状態によって変わってくるため、この文書の中で正確な性能係数を出すことはできません。ただし、標準的なパフォーマンスを知っておくことは設計を決定する上で非常に重要です。表1のデータは、PowerPAD™パッケージから得られると予測できる標準的なパフォーマンスです。

表 1 PowerPAD™ パッケージの標準的なパワー処理能力⁽¹⁾

パッケージ・タイプ	ピン数	パワー処理(W)	
		標準的なパッケージ	PowerPAD™ パッケージ
SSOP	20	0.75	3.25
TSSOP	24	0.55	2.32

(1) 接合部の温度(T_J) T_J のJを小さく表記が+150° C、周囲温度が+80° Cであることを前提としています。各値は、付録Aに記載の θ_{JA} の数値をもとに計算してあります。

例えば、20ピンSSOP型PowerPAD™パッケージではパワー処理能力が3.25Wになると予測できますが、同じSSOP型の標準的なパッケージではわずか0.75Wしか処理できません。すべてのパッケージの型とサイズについては、付録Aを参照してください。

上記の例の標準的なパッケージは完全密封されていますが、対照的にPowerPAD™パッケージでは、露出したダイ実装用パッドがPCBに直接はんだ付けされています。PowerPAD™パッケージは、露出したパッドをPCBにはんだ付けして使用するように設計されています。

2. 取り付けと使用

2.1 PCB への接着

PowerPAD™パッケージの熱を適切に制御するには、PCB側での下準備が不可欠です。これは難しいことではなく、特殊なPCB設計技法を使用するわけでもありませんが、放熱を適切に行うために必要な準備です。露出パッドを下側に向けて使用するタイプのPowerPAD™パッケージは、PCBにはんだ付けするように設計されています。PCBにはんだ付けせずにPowerPAD™パッケージを使用することは、Texas Instrumentsでは推奨しません。熱性能と、機械的完全性が低下するおそれがあるためです。

露出パッドを上側に向けて使用するタイプのPowerPAD™パッケージには、それに合った設計のヒート・シンクを装着する必要があります。この種のヒート・シンクには様々なバリエーションがあり、性質も柔軟であるため、詳細な情報については具体的なヒート・シンクのメーカーに問い合わせてください。

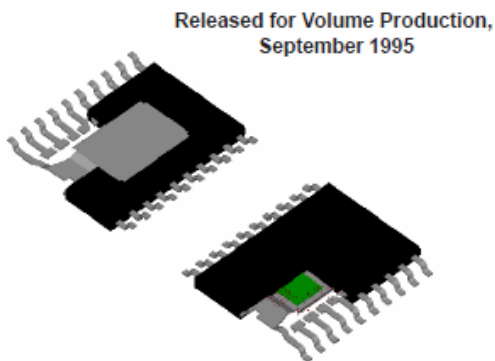


図20 28ピンTSSOP型PowerPAD™パッケージの下面図と上面図

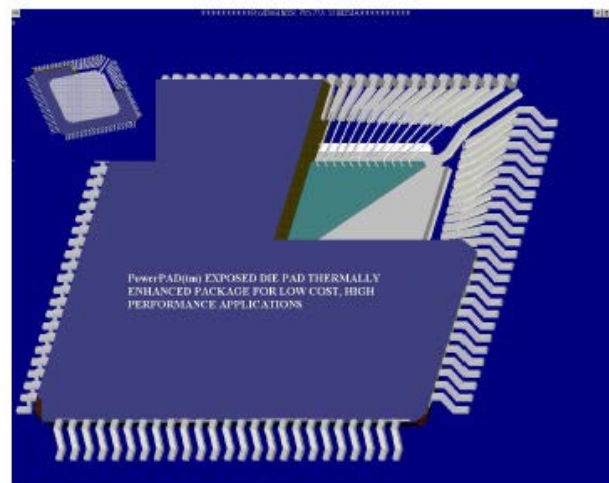


図3 64ピンTQFP型PowerPAD™パッケージ (ボディ寸法14×14×1.0mm)

すべての熱特性強化型のパッケージには、ダイから熱を逃がすための非常に低い熱抵抗パスを形成する機構が組み込まれています。この熱抵抗パスは、(空気の流れが無い環境で)ダイからPCB表面を貫いて内層に通じているか、外部ヒート・シンクに通じています。パッケージのボディ上面にヒート・スラグを埋め込むという方法もありますが、TIのPowerPAD™ではそれとは逆に、ダイ・パッド底面が露出した状態のリードフレームを作ることによって熱抵抗パスを形成しています。(図2と図3を参照してください)

2.2 PCB 設計の考慮事項

PowerPAD™パッケージを搭載するPCBの設計には、パッケージから熱を逃がすための効率の良いサーマル・パスを形成する機構を組み込む必要があります。少なくともPowerPAD™パッケージの真下には、はんだ付け可能な銅エリアが必要です。このエリアは、サーマル・ランド(放熱エリア)と呼ばれます。後述するように、サーマル・ランドのサイズは、使用しているPowerPAD™パッケージのタイプや、PCBの構造や、必要な放熱量によって変わります。また、サーマル・ランドにサーマル・ビア(放熱ビア)があるかどうかPCBの構造によって違ってきます。サーマル・ランドとサーマル・ビアの詳細な要件については、次のセクションで説明します。

2.3 サーマル・ランド

PCB表面にあるPowerPAD™パッケージのボディ直下には、サーマル・ランドを設ける必要があります。通常の実装リフローはんだ付けの工程では、パッケージ底面のリードフレームをこのサーマル・ランドにはんだ付けて、非常に効率の良いサーマル・パスを形成します。また、PCBのサーマル・ランドの内側にはたいてい多数のサーマル・ビアがあります。このサーマル・ビアは内層銅プレーン(またはPCBの裏側)に接続しているため、さらに高効率の放熱が可能なサーマル・パスとなっています。サーマル・ランドは、放熱が十分に行えるだけのサイズにする必要があります。

内層を持たない単層両面のPCBでは、表面層を利用して放熱を行う必要があります。図4は24ピン・パッケージのサーマル・ランドの例であり、パッケージ、サーマル・ランド、必要なはんだマスク(ソルダ・レジスト)が詳細に示されています。パッケージ表面に露出したパッドの詳細な寸法については、デバイスごとのデータ・シートを参照してください。PCBの銅エリアだけでは十分な放熱ができない場合は、銅プレーンと適当なシャーシ部材等のハードウェアを接続するなど、外部的な放熱手段について考慮することもできます。

24ピンPWPサーマル・レイアウト(単層の場合)

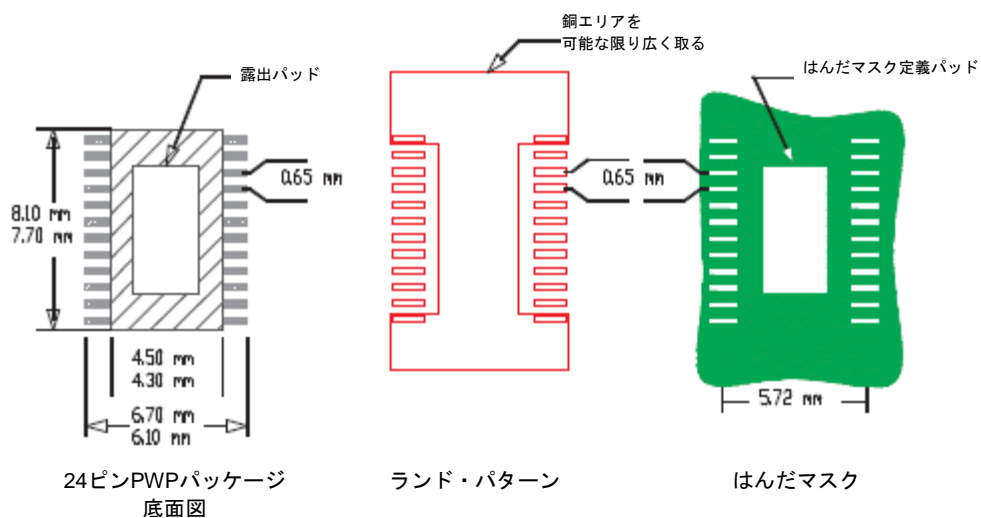


図 4 単層PCBを使用する場合のパッケージと、PCB上のランド構成

図4に示すPWP-24の設計例では、ボード上の銅エリアを最大限に広く取ってあります。このPCB上の「はんだマスク定義パッド」のサイズは、各デバイス製品のデータ・シートに記載された露出パッドの最大サイズに合わせる必要があります。

注: 使用するデバイスのパッドの正確な寸法については、各デバイスのデータ・シートで確認してください。

多層PCBの場合は、内層銅層(グラウンド・プレーンなど)を利用した放熱が可能です。各製品のデータ・シートを調べて、信号プレーン、電源プレーン、グラウンド・プレーンのうち、どれにデバイスをはんだ付けする必要があるかを確認してください。表面層の外部サーマル・ランドはこの場合も必要ですが、サーマル・ビアの熱伝導により内層電源プレーンや内層グラウンド・プレーンに放熱することも可能です。

図5は、多層PCBの構造に使用されるサーマル・ランドの例です。この場合は、サーマル・ビアを通して内層銅プレーンに熱を逃がすという方法が一番適切です。

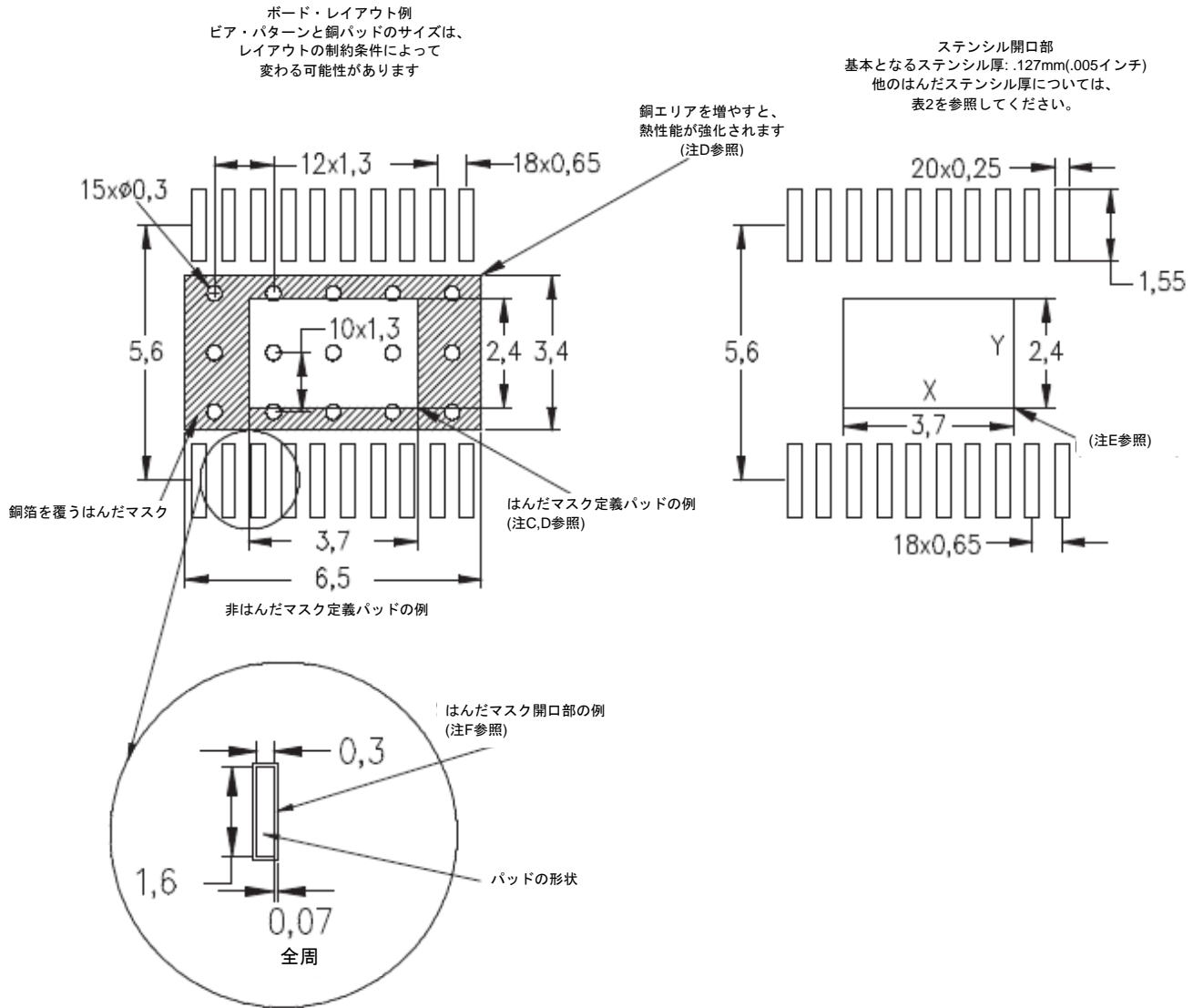


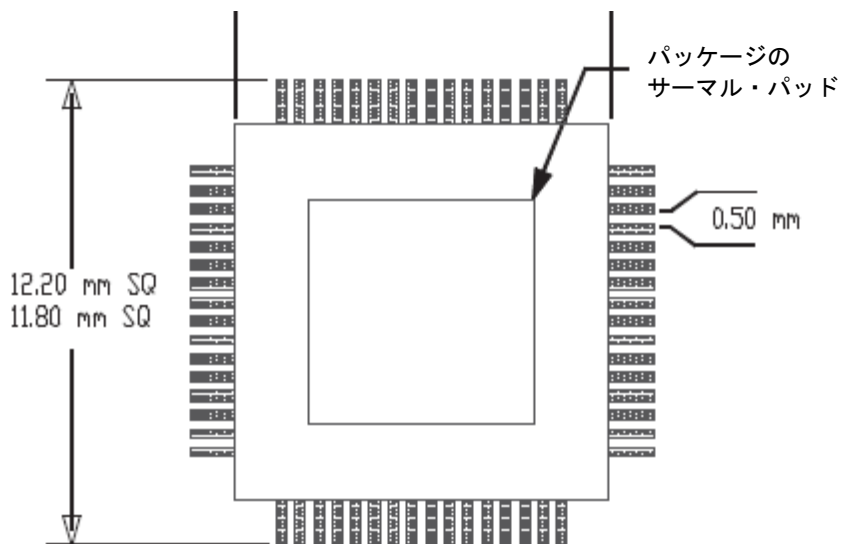
図5 多層PCBを使用する場合のパッケージと、PCB上のランド構成

注: 図5に示す24ピンPWPパッケージの寸法は、あくまでも参考用です。使用するパッケージの正確な寸法については、個々のデバイスのデータ・シートを参照してください。

図6は64ピンTQFP型PowerPAD™パッケージの細部、図7はこのパッケージに推奨されるPCBサーマル・ランドです。TQFP型パッケージの銅ランドの最大サイズは、パッケージのボディのサイズから2.0mmを引いた値になります。各製品データ・シートに記載された露出パッドの最大サイズに合わせた銅ランド上に、はんだマスク定義パッドを作ります。

PowerPAD™パッケージ各製品のランドのパターンは、各製品データ・シートに記載された露出パッドのサイズによって変わってくることに注意してください。通常ではこのランドをPCBに接着して熱を逃がしますが、外部ヒート・シンクまで熱を運ぶようにランドを構成することも可能です。空気の流れがある場合は、この方式のほうが適切です。

64-PAP PowerPAD™ パッケージ



64ピンPAPパッケージ 底面図

図 6 PowerPAD™を実装した64ピンTQFP型パッケージ

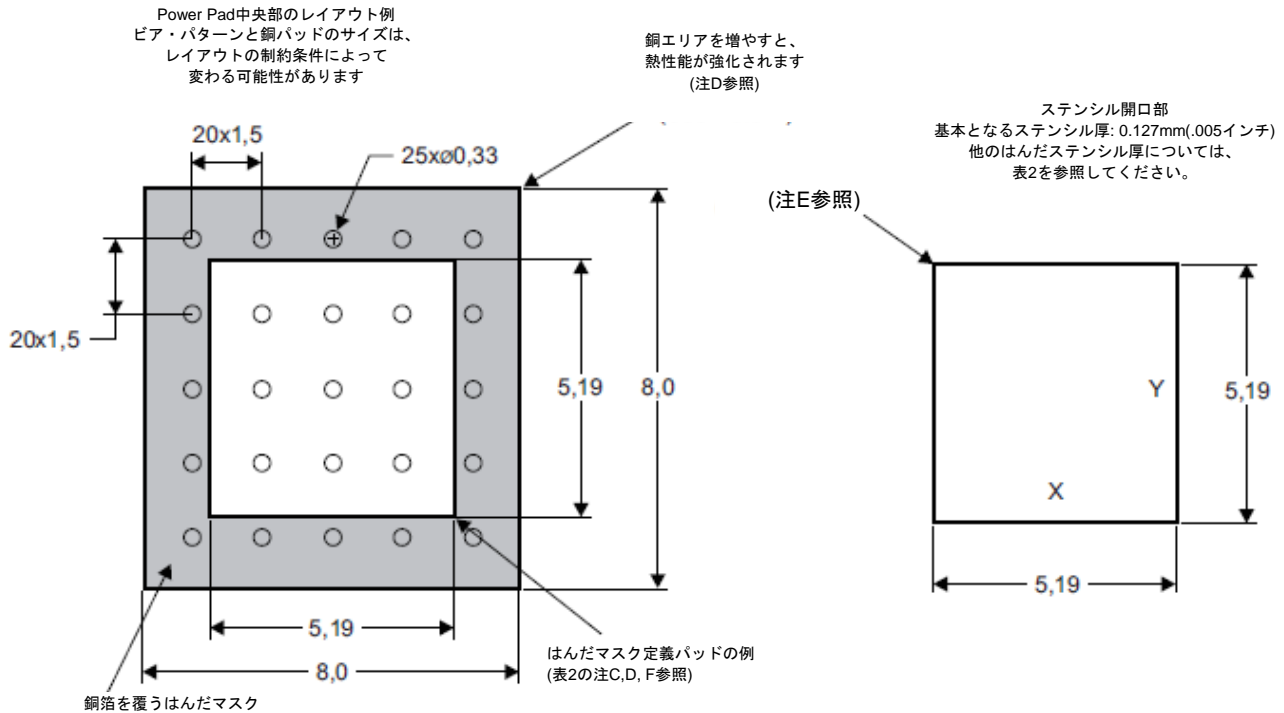


図 7 熱特性強化型TQFP型パッケージの、PCBサーマル・ランドの設計に関する考慮事項

表 2 PowerPAD™中央部のはんだステンシル開口部

ステンシルの厚さ (mm)	平面座標	
	X	Y
0.1	5.55	5.55
0.127	5.19	5.19
0.152	4.90	4.90
0.178	4.60	4.60

- (A) 線の寸法はすべてミリメートル単位です。
- (B) この図面は予告なく変更されることがあります。
- (C) 顧客側で、回路ボード製作図上に「中央部にあるはんだマスク定義パッドの位置を変更しないでください」という注意を明記してください。
- (D) このパッケージは、ボード上のサーマル・パッドにはんだ付けするように設計されています。具体的な放熱に関連する情報、ビア要件、推奨されるボード・レイアウトについては、テクニカル・ブリーフ “PowerPAD™ Thermally Enhanced Package” (TI 文献番号 SLMA004) および各製品のデータ・シートを参照してください。これらの文書は、<http://www.ti.com>から入手できます。代替設計用としては、文書IPC-7351が推奨されます。
- (E) レーザー切断加工でステンシルに開口部を作る時に、開口部の壁面を台形にして角に丸みを付けると、はんだペーストの版離れ性がよくなります。ステンシル設計の推奨事項については、顧客側で各自のボード・アセンブリ・サイトに問い合わせてください。ステンシルの設計例では、金属負荷(金属含有率)が50体積%のはんだペーストを使用することを前提としています。ステンシルに関するその他の推奨事項については、IPC-7525を参照してください。
- (F) はんだマスクの推奨許容差については、ボードのメーカーに問い合わせてください。
- (G) はんだマスク下の銅エリアは、信号リードのビア要件に合わせて変更することが可能です。

注: 図6と図7に示した64ピンPAPパッケージの寸法は、あくまでも参考用です。使用するデバイスの正確なパッケージ寸法については、各デバイスごとのデータ・シートを参照してください。

2.4 サーマル・ビア

サーマル・ビアは、PCBのサーマル・ランドから内層銅プレーン等の放熱源へ熱を伝える最も有効な手段です。使用するビアの数、ビアのサイズ、ビアの構造はどれも、PowerPAD™パッケージの熱性能の重要な要因であり、またPCBにパッケージを取り付ける際にも注意の対象になります。以下、サーマル・ビアに関する推奨事項とガイドラインを説明します。

図8と図9では、2層構成と4層構成のPCBで使用するダイのサイズとサーマル・ビア数を様々に変えた場合に、PCBの熱抵抗がどのように変化するかを示しています。2つのグラフ曲線を見ると、それ以上ビアを増やしてもボードの垂直方向の熱伝達あまり向上しなくなる「収益逡減点」があることが分かります。小型ダイの場合は、ビアが5～9個あればたいのアプリケーションに対応できるはずですが、大型ダイになると、パッケージが大きいほど利用できるスペースも広くなるという単純な理由で、使用可能なビアの数が小型ダイの場合よりも増えます。図10は、銅1オンスでめっきした直径0.33mm(13ミリアンチ)のビアを使用するPowerPAD™パッケージでの、理想的なサーマル・ランドのサイズとサーマル・ビア・パターンの例です。このサーマル・ビア・パターンのセットは、サーマル・ランド全体の面積の約1%を占める、ひとつのサーマル・ビア円筒の銅断面積と考えることができます。図8と図9からも分かるように、図10に示すより少ないビア数を使用した場合でも、PCB内部への放熱やPCBを貫通する放熱は十分に達成できます。

パッケージから逃がす必要のある熱の量、およびシステムの放熱方式の効率性は、PCBに組み込む製品ごとに違います。そのため、サーマル・ビアの数も各製品ごとに違ってきます。「放熱効率 vs サーマル・ビアの銅表面積」の特性化により、新規の設計がどのようなものであっても、所要の放熱値を実現するために必要なビアの数が判断できるようになります。

PCBにサーマル・ビアを組み入れるのは、デバイス・パッケージからの放熱を効率的に行うためです。サーマル・ビアの効果は、PCBに対する露出パッドのはんだ付け状態によって変わります。はんだ付け状態が良くない場合には放熱が不十分になるため、デバイスのパフォーマンスと信頼性に悪い影響が出ることになります。

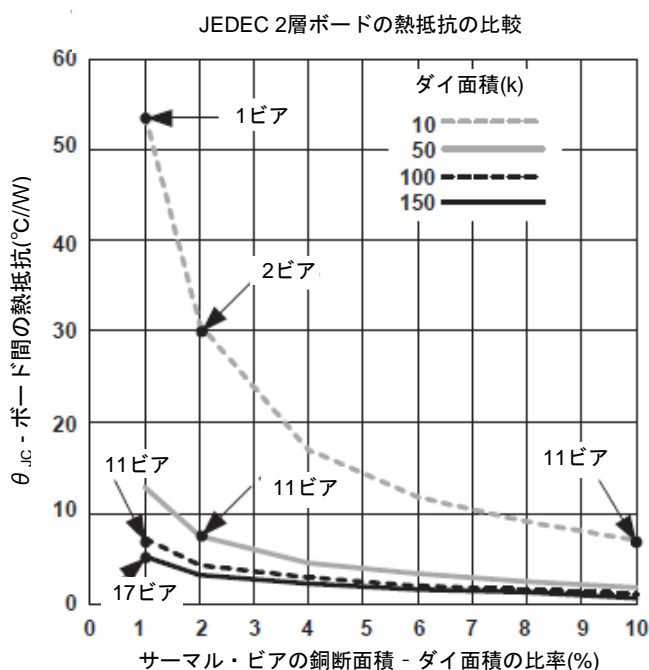


図 8 サーマル・ビア数 vs チップ面積(ダイ面積)の影響

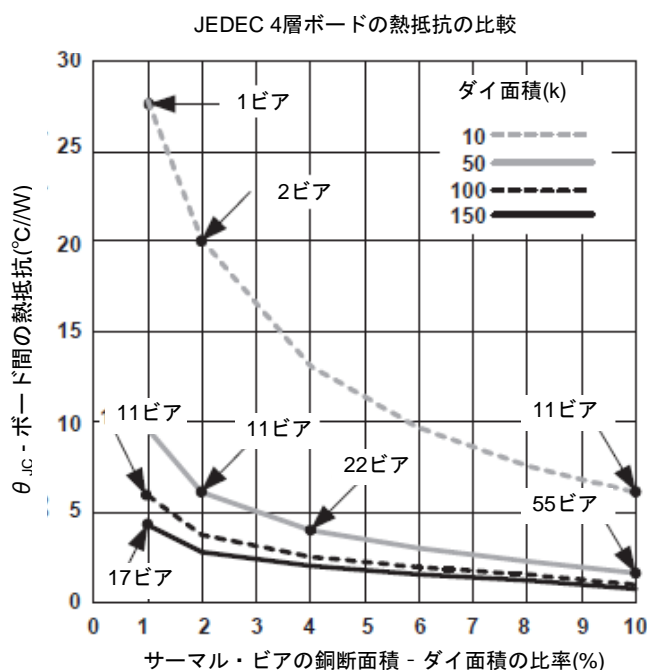


図 9 直径0.33mm(0.013インチ)のサーマル・ビア数 vs チップ面積(ダイ面積)の影響

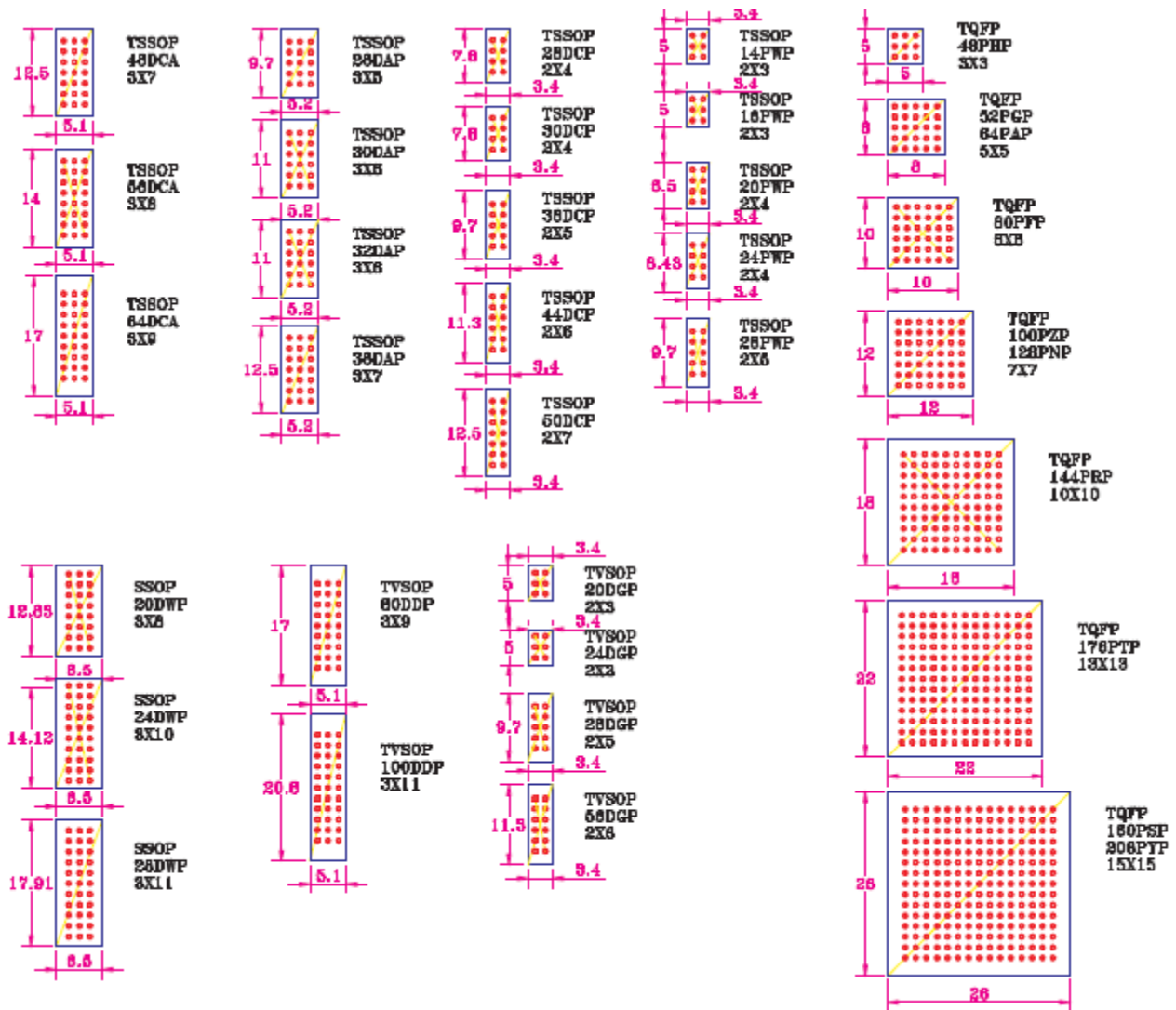


図 10 PowerPAD™のサーマル・ランドのサイズとサーマル・ビア・パターン例

注: 各デバイスのデータ・シートに記載された、露出パッドの寸法とサーマル・ビアの推奨事項について確認しておいてください。データ・シートにある露出パッド・サイズの最大値は、はんだマスク定義パッドの設計に必要となります。露出パッドとパッケージ間のリードのショートを防止するために、はんだマスク定義パッドの使用が推奨されます。

サーマル・ビアは、サーマル・ランドと外層/内層銅プレーンを接続する役割を持ちます。サーマル・ビアのドリル径が大きすぎると、サーマル・パッドに供給されたはんだがビア・ホールに吸い取られる量が多くなりすぎるため、ドリル径は十分に小さくする必要があります。ビア・ホールのサイズを最小限にしておけば、はんだリフロー時にパッケージ・ボディとボード上のサーマル・ランドの接触面から吸い取られてなくなるはんだの量も減ります。TIがSolectron Texasと合同で行った実験によると、ドリル径が0.33mm(13ミリンチ)以下のビアを作成して、ボード表面を銅箔1オンスでめっきする(plated)と同時にビアの内壁(バレル)にも銅めっきを形成させた(plating)場合により結果が出ることが分かっています。もうひとつの方法として、銅めっき(copper plating)を行う時にサーマル・ビアを銅めっきで充填しない(plugged)場合には、はんだマスク材を使用して、寸法がビア径+0.1mm以上の円を作り、部品側のビアをテンティング法でふさぐ必要があります。テンティングはなるべく部品側から行います。部品側でなくボードの裏側からビアをふさぐと、リフロー後にフラックスから発生するガスと、閉じ込められた空気が原因で、ボイドが増加することがX線検査で確認できます。また、部品側からビアをふさいだ場合には、サーマル・ビアを通してはんだが吸い取られなくなるために金属充填(metal fill)が不十分になり、パッケージ底部とPCB表面のサーマル・ランド間の領域にはんだボイドができる可能性があります。

内層プレーンやPCBの裏側への放熱をサーマル・ビア経由で行う場合に、熱伝達を確実に最適にしようと思うならば、サーマル・ランドの内側で使用するサーマル・ビアに「サーマル・リリーフ構造(網目状構造)」を適用することはできません。この、ビア周囲に網目状の(馬車の車輪状の)断熱領域を設ける技法は「サーマル・リリーフ・ビア・デザイン」とも呼ばれ、高い熱抵抗を持つようにPCBのビアを構成することではんだ付けを容易にします。サーマル・リリーフ構造は現在ほとんどのPCBのビアで標準的に採用されていますが、PowerPAD™パッケージによる放熱にはかえって妨げとなります。逆に推奨されるのは、ビア周囲での熱伝導を完全に保った状態で、パッケージ底部のすべてのビアと内層プレーンを接続することです。サーマル・リリーフ構造をサーマル・ビアに適用することは推奨されません。

2.5 はんだステンシルの決定

電子素子技術連合評議会(JEDEC)では、PowerPad™ デバイスの加工(process)を正常に行うために利用できるTSSOPおよびTQFPのスタンドオフ高さを、0.05~0.15mm(1.97~5.91ミリインチ)範囲と規定しています。

5ミリインチ厚のステンシルを設計する場合は、はんだペーストの量を最大限にしてはんだによる完全な接着を促進するために、ボードのパッドに対するステンシル穴径の開口率を1:1にする必要があります。ステンシル厚をそれよりも小さくしたい場合は、開口部のサイズを広げて、リフロー後に充填できる金属の量を増やす必要があるかもしれません。金属充填の量が十分でないと、ボイドの量が増加する結果になる可能性があります。図11に記載の例では、金属負荷(金属含有率)が50体積%のはんだペーストが使用されています。これは、サーマル・パッド中央部用の標準的なランド・パターンおよびステンシルの設計となっています。なお、露出したパッドの形状は各デバイスによって異なる可能性があります。このため、デバイスごとの具体的なランド・パターン形状については、このドキュメントではなくデータシートの巻末を参照して確認してください。このドキュメントはあくまで、読者が標準的な形式について学べるようにすることを目的としているためです。

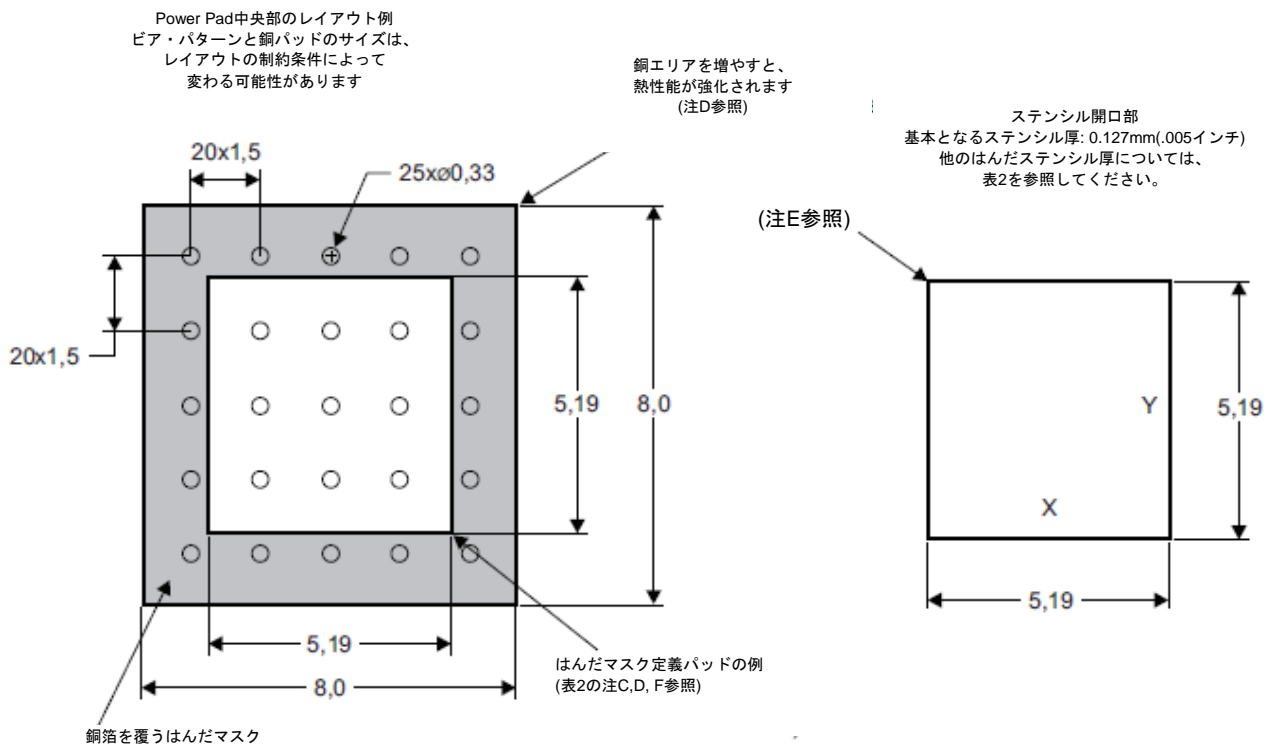


図 11 熱強化されたTQFPパッケージのランド・パターンとステンシル設計の例

ステンシルの厚さ (mm)	平面座標	
	X	X
0.1	5.55	5.55
0.127	5.19	5.19
0.152	4.90	4.90
0.178	4.60	4.60

3. アセンブリ

3.1 はじめに

熱特性強化型パッケージのサーマル・パッドをPCB上のサーマル・ランドに接着した後に、はんだ接合部分を目視で検査することは困難です。そのため、X線による検査が現在まで最適の手段として使用されています。

Texas Instrumentsが独自に行ったテストと、TIとSolectron-TexasによるPCBについての合同実験が示すように、X線検査を使用すれば、はんだ接合部の内側に発生したボイドも検知できます。

実験データとモデリング・データ(図 12と図 13)に基づいて、Texas Instrumentsでは部品をPCBに実装する時のはんだ接合面積を、最低でもパッケージのサーマル・パッド面積の50%とすることを推奨しています。

Solectron-Texasが行ったPCBアセンブリに関する研究では、標準的なボード・アセンブリ・プロセスと材料を使用していれば、熱特性強化型パッケージ用にプロセスの最適化を特に試みなくても、通常ならばはんだ接合面積を80%以上にすることが可能であるという結果が出ています。任意のプロセスで行われたはんだ接合の結果を特性化して、テスト中に得られた結果が顧客アプリケーションにそのまま当てはまるかどうか、また顧客アプリケーションでの熱効率が、熱抵抗用テスト・ボードを使用してパッケージ部品のパワー・レベルを調べた結果と同様であるかどうかを確認する必要があります。放熱効率が所要のレベルに達していない場合は、PCBの構造にサーマル・ビア構成を追加するか、(システムのシャーシに対する直接接続などの)放熱パスを追加で定義する必要があります。

万一、はんだ以外の接着方式でアセンブリを行う必要がある場合は、経験に基づくデバイス関連データを顧客側で独自に収集し、それを利用してパッケージのパフォーマンスを検証する必要があります。

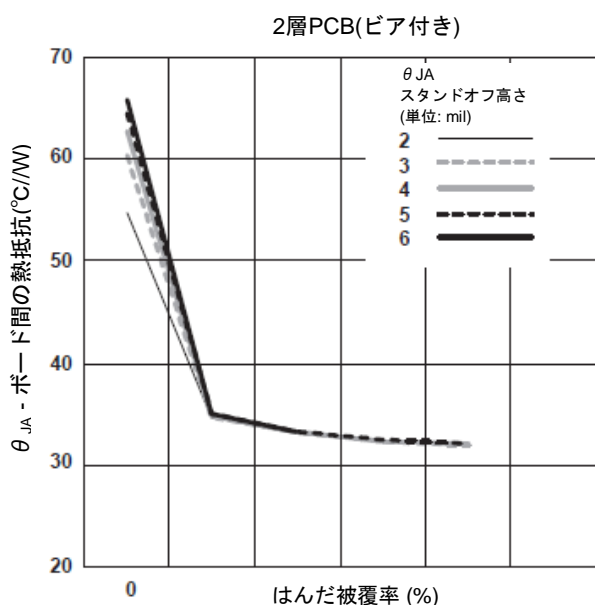


図 12 20ピンDWPパッケージでの、はんだ被覆率とスタンドオフ高さの変化に対応する、 θ_{JA} の変化の熱モデリング

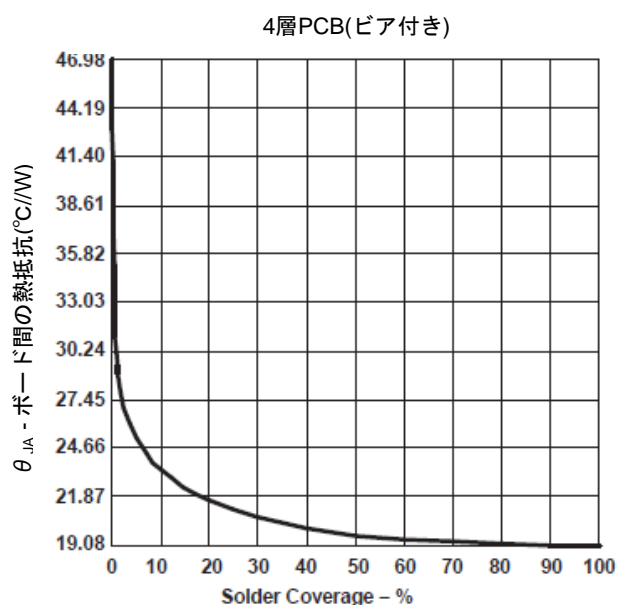


図 13 100ピンDWPパッケージでの、はんだ被覆率とスタンドオフ高さの変化に対応する、 θ_{JA} の変化の熱モデリング

3.2 はんだリフロー時の温度プロファイルに関する推奨事項

PowerPAD™パッケージを搭載したボードのアセンブリにおけるリフロー工程では、従来のプラスチック・パッケージ部品の温度プロファイルをそのまま使用できます。PowerPAD™パッケージの構造が原因で従来よりも熱容量が増えることはなく、また熱負荷についても、PowerPAD™パッケージのサーマル・パッド～PCB上のサーマル・ランド間のはんだ領域が、従来よりも広がった分だけ増えたにすぎないからです。ファイン・ピッチの表面実装パッケージのリフローで通常使用されるリフロー炉の温度プロファイルを図 14に示します。窒素パージ方式の対流加熱リフローを利用すると、PowerPAD™パッケージをPCBに実装する時にパッケージ・ボディの下にはんだボールが形成される可能性を最小限にできます。

図 14に、JSTD-020で規定されたリフロー温度プロファイルの範囲を示します。このプロファイルはTIの部品とも互換性があります。ピーク温度は、各デバイスに付属の湿度感度ラベルに記載されていることもあります。TIでは、はんだペースト・メーカーの推奨に従ってフラックス活性度を最適化し、JEDEC規格J-STD-20のガイドラインで規定された範囲内の適正な合金溶融温度を実現すること、およびデバイスの感湿レベルを超過しないようにすることを推奨します。このアプリケーション・ノート図 14では、TIのPowerPAD™パッケージがパッケージの信頼性を損なうリスクなしで持ちこたえることが可能な温度範囲を示してはいますが、TIではピーク温度を可能な限り低くして部品を処理することを推奨します。正確な温度プロファイルは、はんだペースト・メーカー推奨事項、PWBの複雑度、表面実装技術(SMT)のアセンブリ工程で確認されるリフロー装置の機能などによって決まります。

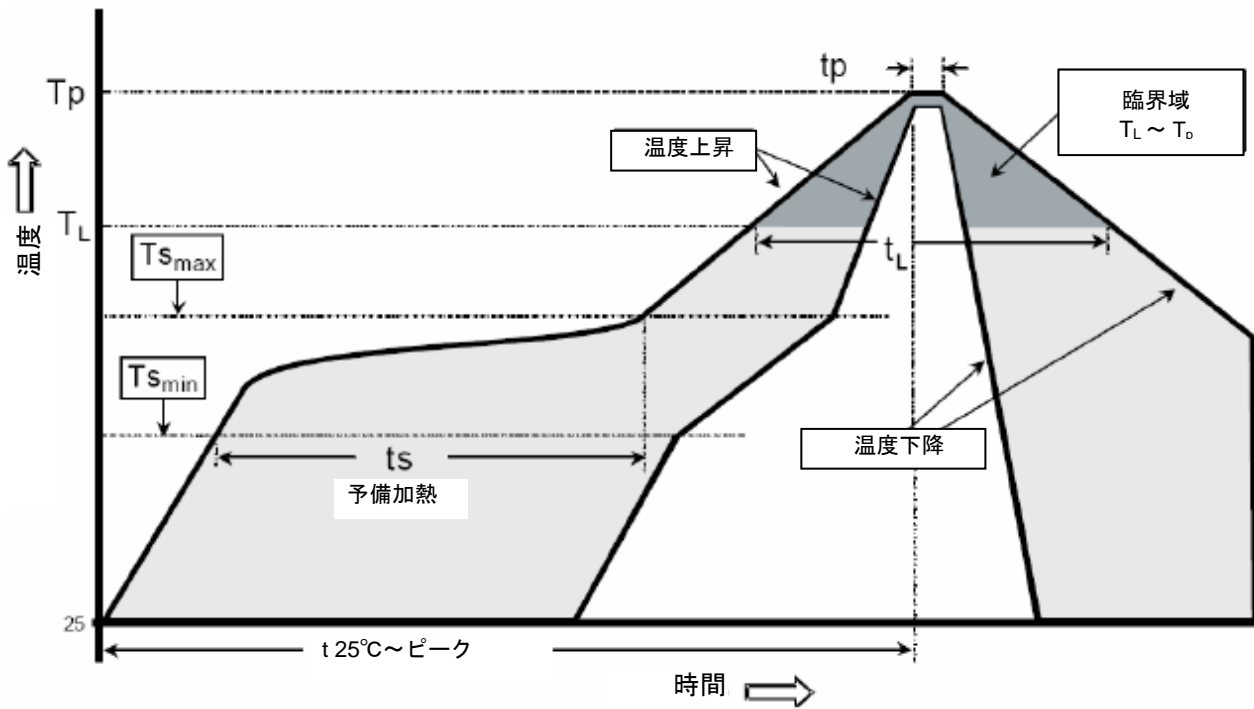


図 14 JSTD-020C のリフロー温度範囲

表 3 リフロー温度プロファイルの分類⁽¹⁾

	温度プロファイルの特性	スズ鉛共晶はんだ 使用のアセンブリ	Pbフリーはんだ使用の アセンブリ
$T_{S(max)} \sim T_P$	最大平均温度上昇率	3° C/秒	3° C/秒
予備加熱			
$T_{S(min)}$	最小温度	+100° C	+150° C
$T_{S(max)}$	最大温度	+150° C	+200° C
$t_{s(min)} \sim t_{s(max)}$	予備加熱時間	60 - 120 秒	60 - 180 秒
維持時間			
T_L	温度	+183° C	+217° C
t_L	時間	60 - 150 秒	60 - 150 秒
T_P	ピーク/分類温度		
	最大温度下降率	6° C/秒	6° C/秒
	25° C からピーク温度までの 最大時間	6 分	8 分

(1)すべての温度は、パッケージ・ボディの上部表面で測定されたものです。

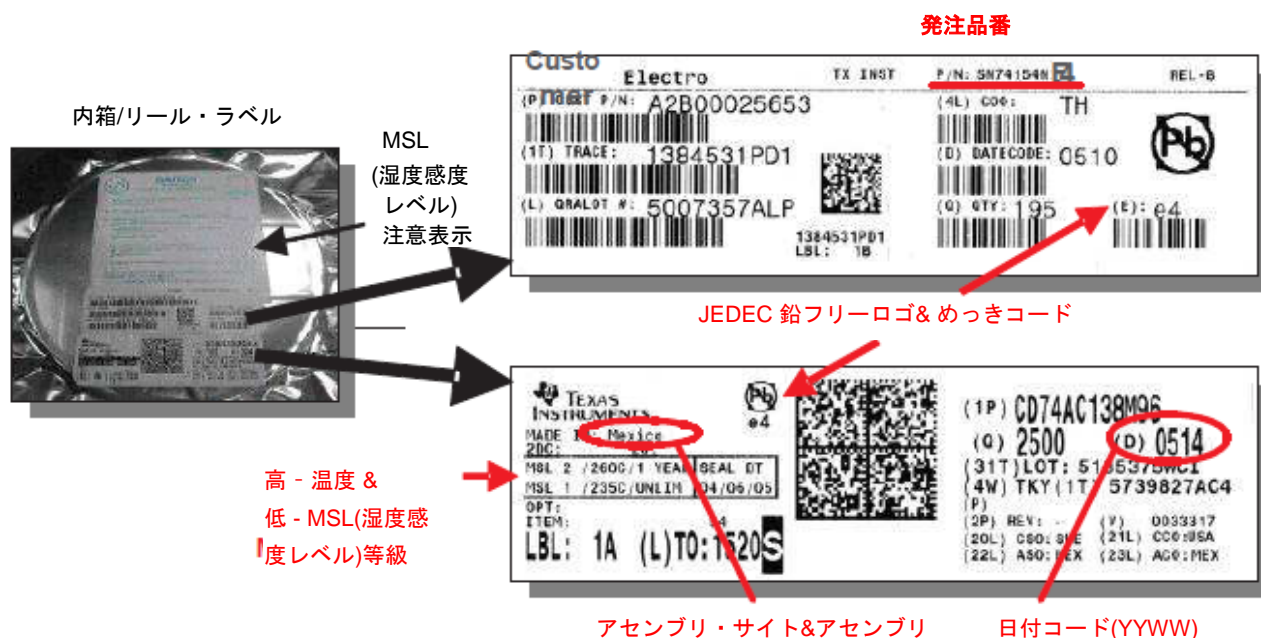


図 15 湿度感度のラベル表示

3.3 取り付けとアセンブリの要約

PowerPAD™パッケージ製品ファミリーは、現在の業界で標準的となっている従来からののはんだリフロー技術を使用してプリント回路板(PCB)に接着できます。通常のパターン・ピッチの表面実装パッケージ・アセンブリに使用されるリフロー・プロセスを変える必要はありません。半導体パッケージからの放熱を効率的にするためには、パッケージのサーマル・パッドの最小はんだ装着面積を50%にして、熱をPCB内部に伝えたり、PCBを貫通させて最終的な熱管理システムまで伝えることが推奨されます。また、はんだを接着剤として利用してもPowerPAD™パッケージを接着できます。標準的なPCBのサーマル・ランドのパターン定義(pattern definitions)は4層と8層のPCBテスト・ボードで使用できることが確認されており、また他のボード構成で使用することもできます。

4. リペア

4.1 概要

はんだを使用してPCBアセンブリに一度接着された熱特性強化型パッケージの半導体製品を再度加工することは、リワーク(再加工)の対象となる部分によっては非常に難しい作業になる可能性があります。とはいえ、現在までに行われた再加工のテストを見れば、PCBからの部品の取り外しだけならば現在の業界で使用されているどの従来技術でも可能であることが分かります。問題は、それ自身が熱特性強化を施されているPCBに、放熱機能を強化した半導体パッケージが搭載されているために、ボード上の部品の交換が難しくなっていることです。従来からのリワーク・プロセス、つまりリペア・プロセスは、はんだ付けされた部品を次の手順で処理するだけの単純なものです。

1. ボード上のはんだを溶かして、古い部品を取り外す。
2. 部品の取り付けられていた場所に付着したはんだを残らず取り除く。
3. 部品を搭載したPCBをきれいにする。
4. PCBのランドと部品のリードをはんだ付けするか、PCBのランドにはんだペーストを塗布する。
5. 新しい部品の位置をPCB上に定め、位置合わせを行ってから配置する。
6. PCB上の新しい部品のリフロー処理を行う。
7. 部品を搭載したPCBを洗浄する。

4.2 PCB から部品を取り外す方法

どんな取り外しプロセスを使用した場合でも、PCBからデバイスを取り外すこと自体は簡単です。PCBにはんだ付けされたパッケージのサーマル・パッドの取り外しも例外ではありません。PCB(この場合は単層)の表面に露出したサーマル・ランドから放熱する場合でも、PCB(この場合は多層)の裏側からサーマル・ビアを通して放熱する場合でも、はんだ接合領域まで熱を伝達することは容易に可能です。

ここで、Metcal社のはんだ除去器(removal irons)とホット・エアを使用して、TSSOP型とTQFP型両方のPowerPAD™パッケージを再加工した例を見てみましょう。20ピンTSSOP型PowerPAD™部品の除去という具体例について詳細に説明します。

METCAL社製のはんだ除去器(750W)とホット・エアを併用して、20ピンTSSOP型PowerPAD™パッケージをアセンブリ・テスト・ボードから取り外す時に使用する方法的効率を検証しました。ホット・エア技法は推奨の対象となります。PCBとその搭載部品を熱ストレスや機械的ストレスにさらす度合いが他の選択可能な技法よりも少なく、また、ホット・バーを使用する一部の技法よりも大幅に制御が容易であることが分かっているためです。ホット・エア技法を使用する場合は、小型パッケージ用に特化したツールを入手する必要があるかもしれません。小型パッケージのアセンブリにはたいていホット・バー技法が使用されるためです。(注: ホット・エア技法を採用する場合は、PCBに部品を再接着する時にも小型パッケージ用のツールが必要になります)。真空ピックアップの先端を組み込んだツールを使用することは、部品除去プロセスの長所となります。はんだの温度が液相線に達するとすぐに、部品がボードから物理的に離れるようになるためです。PCB上の取り外し対象部品のある領域を摂氏160度近くまで予備加熱すると、部品を除去しやすくなります。この長所は、56ピンTSSOP型や100ピンTQFP型のような大型パッケージを除去する場合に特に役立ちます。

TIのPowerPAD™パッケージでなく、ヒート・スラグを使用するタイプの半導体パッケージの放熱技法には、この予備加熱を放熱技法に取り入れることが必須となります。何度か実験を行って、任意の具体的なPCB構成と熱特性強化型パッケージに利用できる最適な手順を見つける必要があります。

PCBから部品を取り外した後は、ウィッキング・ワイヤによるはんだ吸い上げ等の従来技術で接合部分をきれいにし、引き続き新しい部品を接合する領域を準備する必要があります。

4.3 新しい部品を PCB に接着する方法

PCBに新しい部品を接着する前に、従来からの業界の方法に従ってボードのランドとパッケージのリードで準備を整える必要があります。新しい部品を接着するには、ランドとリードの両方をはんだ付けする方法、およびまたは、はんだペーストをランドに塗布する方法が使用できます。さらに、PCB上のサーマル・ランドにパッケージのサーマル・パッドを再接着するため

にはんだを使用する場合には、ボード上のサーマル・ランド表面にはんだペーストを塗布する必要があります。必要はんだ被覆を実現するのに十分な量のはんだペーストをストライプ状に塗布することも、はんだプリフォームを部品接着部分に塗布することもできます。工場環境では、部品を決められた場所に置いて位置合わせした後、リフロー炉を通して処理し、必要はんだ接合を再度確認します。以上が最も望ましい、また通常では最も実現しやすい処理手順です。

部品の接着とリフロー手順を手動またはオフラインで行う場合は、十分な熱を部品とはんだに供給するという難しい課題がさらに大きな懸案事項になります。多くの場合、接着されるパッケージのコーナー・リードは、位置合わせした状態で部品を固定しておくためにはんだペーストで仮接着(タッキング)されています。そのためリフロー処理では各リードを互いにバランスよく取り付け、所定の位置からずれないようにサーマル・パッドをサーマル・ランドにはんだ付けできるようになっています。部品を取り外す場合と同様に、ボード全体または特定のデバイスのある位置を、はんだの融融点に達しない程度の温度まで予備加熱して、部品の接着中にリフロー・デバイスから供給する必要がある熱量を最小限に抑えることを推奨します。最初は、160° C 付近まで予備加熱するとよいでしょう。その後、ホット・ガス・リフロー・ツールを使用して、各リード、およびPCBのサーマル・ランドとサーマル・パッド間にはんだ接合部を形成できます。この工程では、サーマル・パッドとサーマル・ランドの接合部にはんだが飛び散って、パッケージ下にはんだボールが発生したり、リードとリードの間やサーマル・ランドとリードの間でショートが起こらないように注意する必要があります。パッケージとPCBの熱特性が強化されていると、はんだ温度が液相線に達するために必要なガスの温度やガスフローの圧力が、熱強化されていない部品の場合よりも高い値になります。搭載部品やPCB自体に発生する可能性のあるダメージを最小限にするために、ツールのサイズはリワーク対象となる個別の部品のサイズに合わせる必要があります。

注目すべきなのは、Texas InstrumentsのPowerPAD™パッケージでは、チップとPCB間のサーマル・パスに金属のスラグをつけた他の半導体パッケージよりも、ボード・レベルのリワークが容易であることです。これは、リフロー温度までスラグの全質量を加熱するために満たす必要のある条件が、PowerPAD™パッケージのサーマル・パッドを加熱する場合よりも多いためです。隣接する部品やPCBに損傷を与えずに効果的に部品同士を接合するには、ホット・ガスの温度および/またはフローが重要になります。どちらの場合にもはんだ付用フラックスを使用すると、手作業によるリペア環境でのリワークをより容易かつ確実に行うことができます。

はんだ接合部のリペア中および/またはデバイスの交換中には、デバイスのMSL(耐湿性レベル)に応じたフロア・ライフと最高温度放置特性(maximum temperature exposures)を考慮する必要があります。

5. 要約

以上が、Texas InstrumentsのPowerPAD™パッケージの設計、使用、パフォーマンスの概要です。PowerPAD™パッケージの使用法は簡素なものであり、そのアセンブリとリペアには、従来からあるアセンブリや製造用のツールや技術を使用できます。パッケージのパフォーマンスも際立って優れています。パッケージ底部のリードフレームを露出させることにより、ダイとPCBの間で極めて高い熱伝達効率が実現されています。

PowerPAD™パッケージの簡素性は、パッケージの低コスト化に役立つばかりではありません。今まで標準的な表面実装アセンブリ技術を使用してきた顧客がPowerPAD™パッケージを使用することになっても、労力面や資材面の追加コストは発生しません。PowerPAD™設計の実現に必要な準備は、PCB設計の段階にひとつだけあります。サーマル・ランドとサーマル・ピアをPCBに組み込むだけで、PowerPAD™パッケージを有効に利用した設計が可能になります。

付録 A 定義およびモデリング

A.1 熱抵抗の定義

熱抵抗は、「パッケージされたチップから熱が主要な放熱先に伝わる過程で、パッケージで消費される電力1ワットあたりの温度低下」と定義されます。主要な放熱先とは周囲空気であったり、PWBそのものであったり、パッケージにマウントされたヒート・シンクであったりします。熱抵抗は θ_{Jx} という記号で表されます。ここで「x」は、温度測定に使用する外部基準点を表します。

- θ_{JA} は、接合部～周囲空気の熱抵抗です。
- θ_{JC} は、接合部～ケースの熱抵抗です。
- θ_{JP} は、接合部～パッドの熱抵抗です。
- θ_{JB} は、接合部～ボードの熱抵抗です。

熱パラメータは、「基準となる外部温度が、パッケージの最終的な放熱先ではない」という点で熱抵抗とは異なります。最終使用環境にあるデバイスの接合部温度の概算に使用でき、 ϕ_{Jx} という記号で表されます。ここで「x」は、温度測定に使用する基準点を表します。熱パラメータの測定は、 ϕ_{JA} のテスト中でのみ行われます。現在定義されている熱パラメータは次の通りです。

- ϕ_{JT} は、接合部～パッケージ上面中央部の熱パラメータです。パッケージの上面中央部には熱電対が接着されており、表面温度を測定できるようになっています。
- ϕ_{JB} は、接合部～ボードの熱パラメータです。ボード上のパッケージ長辺中央部にあるトレースには熱電対が接着されており、PWB温度を測定できるようになっています。

一般的な用法

- θ_{JA} 概略的な比較
- θ_{JB} 、 θ_{JC} 、 θ_{JAP} システムのモデリング
- ϕ_{JB} 、 ϕ_{JT} ボード上のプローブ

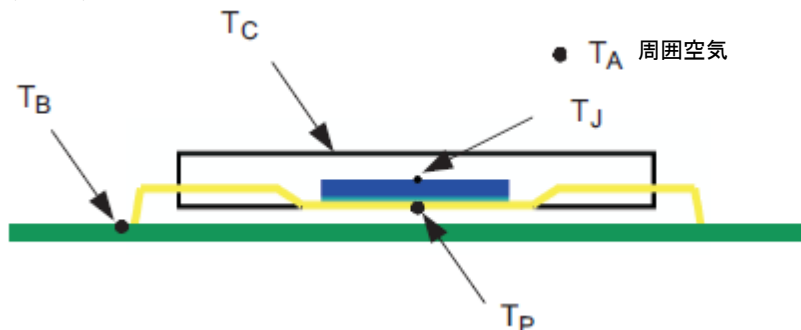


図 16 熱抵抗のダイアグラム

ここで、

- T_A は、周囲温度です。
- T_J は、デバイスの接合部温度です。
- T_C は、ケース温度です。
- T_B は、リード接続部分のボード温度です。
- T_P は、露出パッド温度です。

A.2 一般情報

熱モデリングは、デバイス・パッケージのパフォーマンスと機能を概算するために使用されます。熱モデルの利用により、製造工程が始まらないうちに設計を変更して熱的なテストを行うことが可能になります。また熱モデリングは、パッケージの放熱に最も大きく影響する部品がどれかを判定する役にも立ちます。

熱モデルを調べると、様々な条件下におけるパッケージのパフォーマンスの近似値が分かります。ここでは、PowerPAD™熱特性強化型パッケージの向上したパフォーマンスを、標準的なパッケージのパフォーマンスに近づけるために熱分析を行います。

A.3 モデリングの考慮事項

標準的なパッケージの熱モデルと、PowerPAD™パッケージのモデルの間にはわずかな相違点しかありません。どちらのパッケージの形状も本質的に同一ですが、リードフレームのボンド・パッドの位置が異なります。熱特性強化型PowerPAD™パッケージのパッドはダウンセット位置が深いため、リード・フィンガーからの位置が標準的なパッケージのリードフレーム・パッドよりも離れています。どちらのモデルも、パッケージで可能な最大サイズのパッドとダイを使用しており、またどちらが使用しているリードフレームにも、パッドとリード・フィンガーの間にリードフレーム1つ分の厚さと同じ幅の隙間があります。リードフレームの厚さは次の通りです。

- ・ TQFP型/LQFP型: 0.127mm(5 ミリインチ)
- ・ TSSOP型/TVSOP型/SSOP型: 0.147mm(5.8 ミリインチ)

追加願います 注：個別は弊社個々のパッケージDATAシートを参照ください。

さらに、標準的なパッケージとPowerPAD™パッケージではボード設計が異なります。パッケージのパフォーマンスに最も大きく影響する要素のひとつが、ボード設計です。PowerPAD™パッケージの放熱機能を利用するには、放熱板と同様の機能を持ち、またダウンセット位置の深い露出した(そしてはんだ付け可能な)パッドを使用できるボードが必要です。図 17は、Texas InstrumentsのPowerPAD™デバイス用推奨ボードです。また、ボード形状の要約を下に示します。

A.4 Texas instruments PowerPAD™ パッケージ用推奨ボード

- ・ 厚さ0.622"
- ・ 3" × 3" (パッケージ長が<27mmの場合)
- ・ 4" × 4" (パッケージ長が>27mmの場合)
- ・ ボード上面に2オンス(0.071mm厚)の銅トレースを配置してあります。
- ・ はんだ付け用の銅エリアを、PCBの表面と裏面に配置してあります。
- ・ 電源プレーンとグラウンド・プレーンの銅箔は1オンス(0.036mm厚)です。
- ・ サーマル・ビアの直径は0.3mm、ピッチは1.5 mmです。
- ・ 電源プレーンは熱的に分離されています。

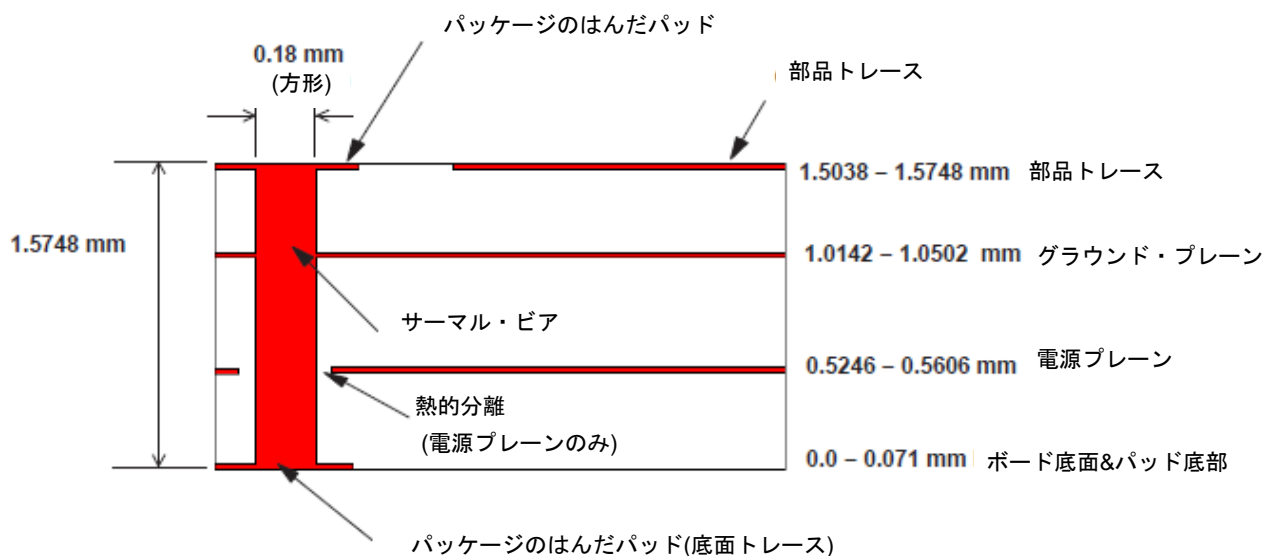


図 17 Texas Instruments推奨ボード(側面図)

JEDEC規格に従って、標準的なパッケージは現在の業界で一般的に使用されるボードに取り付けられます。このタイプのボードには、Texas Instruments推奨ボードにあるような熱関連の機能がなく、ボード上面に部品用パターンがあるのみです。標準的なボードの要約を次のセクションに記載します。

A.5 JEDEC の低誘電率熱伝導ボード (Low-K ボード)

- ・ 厚さ0.062”
- ・ 3” × 3” (パッケージ長が<27mmの場合)
- ・ 4” × 4” (パッケージ長が>27mmの場合)
- ・ ボード上面に1オンス(0.036 mm厚)の銅トレースを配置してあります。

これらのボードを使用して、PowerPAD™と標準的なパッケージ両方の、様々な条件下での熱抵抗を概算します。JEDECのlowk(低誘電率)ボードに搭載したPowerPAD™のモデリングは、比較のみを目的としています。このボードを、Texas Instrumentsの放熱ボード設計に使用することを推奨します。この推奨に従うと、露出パッドをボードに直接はんだ付けすることが可能になり、その結果できる非常に低い熱抵抗パスを介して熱を逃がすことができるようになります。

各PowerPAD™パッケージには、パッケージのサイズと型に依存する変数を持つ汎用モデリング・テンプレートが使用されています。各パッケージ寸法と、パッケージのモデリングに使用されるテンプレートの一例を図 17と表4に示します。(モデルを簡素化し、計算時間を短縮するために)モデリングされるのはパッケージの1/4のみですが、示されている各寸法はフルモデルのものです。

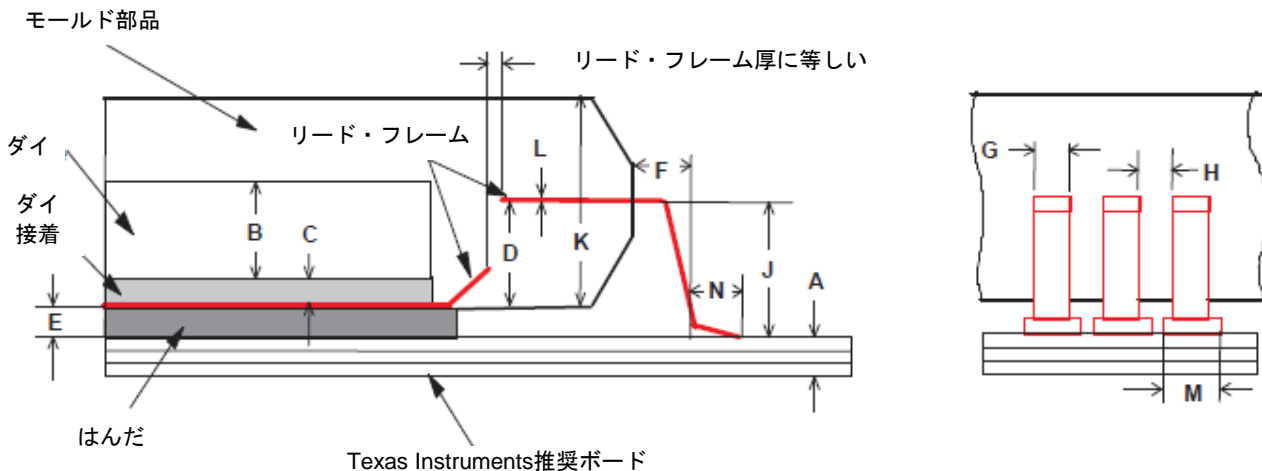


図 18 PowerPAD™のサーマル・パッドとリードをPCBに接着する

表 4表4 PowerPAD™パッケージのテンプレートの記述

記号	説明	サイズ(mm)
A	PCB の厚さ	1.5748
	PCB の縦の長さ	76.2(1)
	PCB の横の長さ	76.2(1)
B	チップの厚さ	0.381
	チップの縦の長さ	(2)
	チップの横の長さ	(2)
C	ダイ接着部の厚さ	0.0127
D	リードフレームのダウンセット位置の深さ	(3)
	タイ・ストラップの幅	(3)
E	PCB~パッケージ底部の間隔	0.09
G	ショルダ・リードの幅	(3) (4) (5)
H	ショルダ・リードのスペース	(3) (5)
J	ショルダ~PCB の間隔	(6)
K	パッケージの厚さ	(3)
	パッケージの縦の長さ	(3)
	パッケージの横の長さ	(3)
L	パッドの厚さ	0.147 (7)
	パッドの縦の長さ	(3)
	パッドの横の長さ	(3)
	PCB のトレースの長さ	25.4
	PCB のトレースの厚さ	0.071
	PCB のバックプレーンの厚さ	0.0 (8)
	PCB のトレースの幅	0.254
M	フットの幅	(4)
N	PCB 上のフットの長さ	(3)

- (1) パッケージ最大長が>27mmの場合は99.6mmになります。
(2) チップのサイズは、最大パッド・サイズ(各辺から5ミリインチ内側)よりも10ミリインチ小さくなります。
(3) パッケージのサイズと型に依存します。
(4) モデルの効率を考慮して、フットの幅はショルダ・リードと同じ値に設定します。
(5) リード・ピッチは、ショルダ・リードの幅 + ショルダ・リードのスペースに等しくなります。(ピッチ = G + H)
(6) ショルダ~ボード間の間隔は、ダウンセット位置の深さ+ボード~パッケージ底部の間隔に等しくなります。(J = D + E)
(7) TQFP型/LQFP型のパッドの厚さは、0.127mmに等しくなります。
(8) 推奨ボードには、内層銅プレーン2枚、はんだパッド、サーマル・ビアを追加する必要があります。

パッケージの各寸法をテンプレートに従って決める他に、簡素なリードフレームが使用されます。リードフレームの形状を図19に示します。

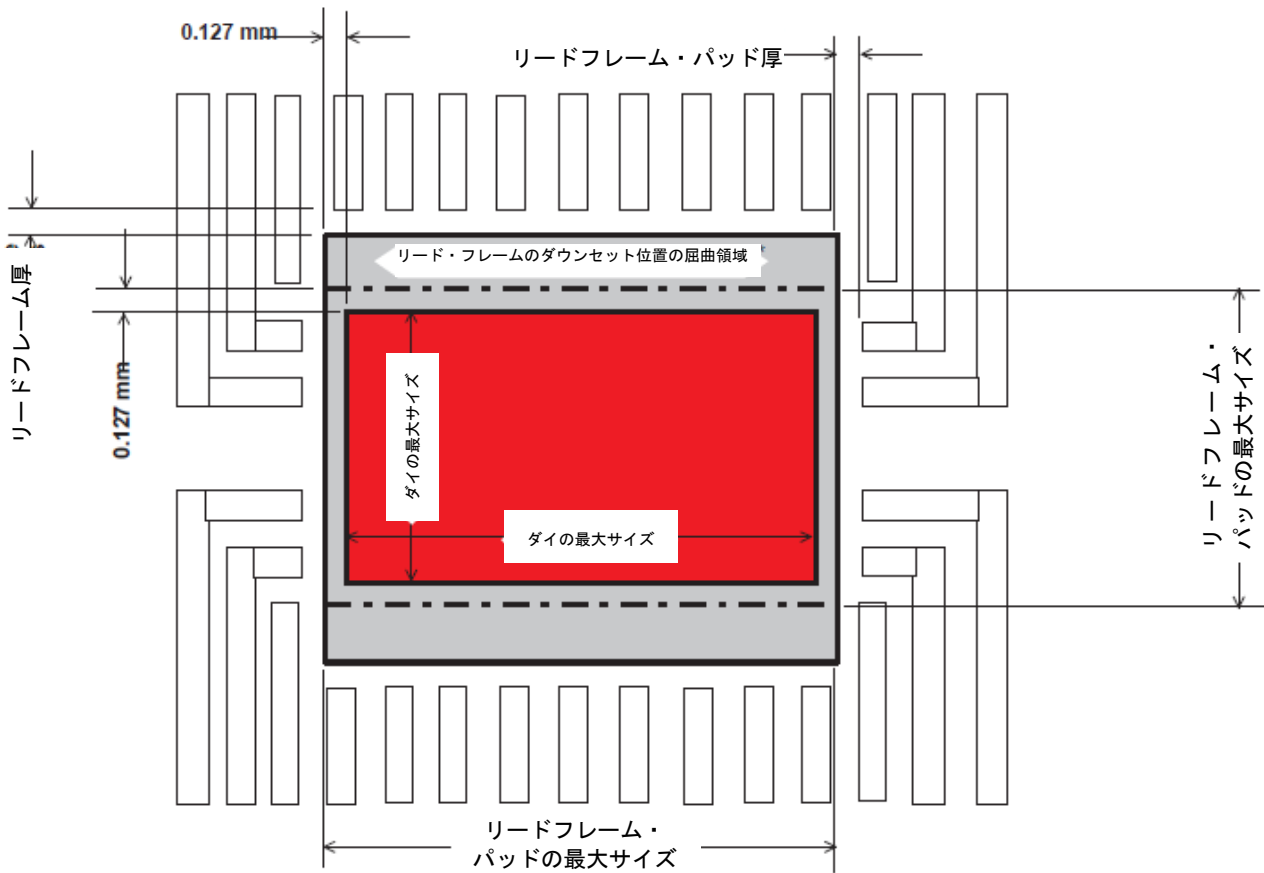


図 19 一般的なリードフレームの構成図

注: リードフレームのダウンセット位置深さの屈曲領域 = 20ミリインチ(リードフレーム厚さ)です。パッケージがSSOP型、TSSOP型、TVSOP型の場合は、パッドの幅に屈曲領域を加算してください。TQFP型とLQFP型の場合は、パッドの横の長さと同様の長さの両方に屈曲領域を加算してください。

A.6 限界についての考慮事項

接合部-周囲空気(θ_{JA})、接合部-パッド(θ_{JP})、接合部-パッケージ上部(ϕ_{JT})の各熱抵抗を、Texas Instrumentsの有限差分法プログラムで計算します。このプログラムでは計算時間を簡略化するために仮定条件を使用しますが、それでも正確度は実測値の10%前後という高さになります。もちろん、このことが実現するためには、モデル条件がテスト条件とほぼ同一である必要があります。解析の限界条件の要約を下に示します。

接合部～周囲空気(θ_{JA})

- ソフトウェアで計算した対流熱伝達率
- 熱放射入力なし
- 周囲温度25 °C
-

接合部～パッケージ上部(ϕ_{JT})

- (デバイス最高温度 - パッケージ表面最高温度)/電力(power)
- θ_{JA} の解から、グラフを使用して抽出

接合部～パッド(θ_{JP})

- PowerPAD™パッケージの場合には、ボードを除去して、パッドの底部を固定温度25°Cに設定する。(図 20参照)

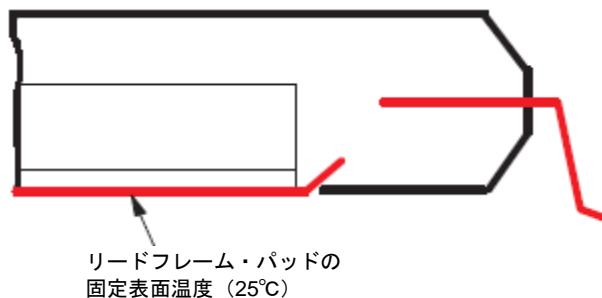


図 20 PowerPAD™の θ_{JP} の測定

- 標準的なパッケージの場合には、ボードを除去して、パッケージの上部を固定温度25°Cに設定する。(図 21参照)

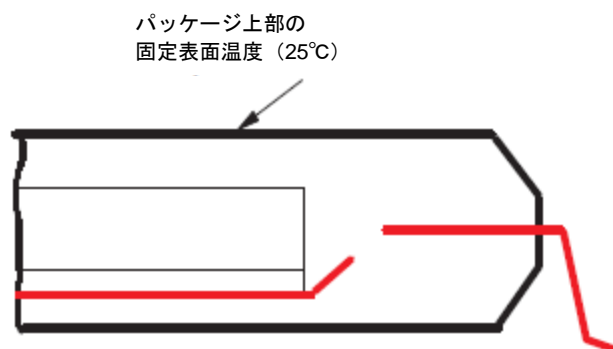


図 21 標準的なパッケージの θ_{JC} の測定

A.7 結果

温度モデリング解析の目的は、PowerPAD™パッケージの使用により達成が可能になると予想される、標準的なパッケージを上回るパフォーマンスの増加を概算することです。このパッケージ比較では、次のような条件を調べます。

1. TI推奨ボードにはんだ付けされたPowerPAD™パッケージ
2. Low-Kボード上の標準的なパッケージ構成
3. TI推奨ボード上の標準的なパッケージ

1および2では、推奨ボード上のPowerPAD™パッケージと、業界で普通に使用されているボード上の標準的なパッケージを比較しています。ここからわかるように、TI推奨ボードにはんだ付けしたPowerPAD™パッケージのパフォーマンスでは、low-kボードに搭載した標準的なパッケージのパフォーマンスの73%分も温度が低くなっています。

3では、標準的なパッケージをTI推奨ボード上で使用した場合の熱抵抗と、1の場合(PowerPAD™をTI推奨ボードにはんだ付けた場合)の熱抵抗の違いを示すために、独自の解析を行っています。結果を見ると、はんだ付けしたPowerPAD™パッケージのパフォーマンスでは、標準的なパッケージのパフォーマンスの平均44%分、温度が低くなっていることがわかります。(図 22 参照)

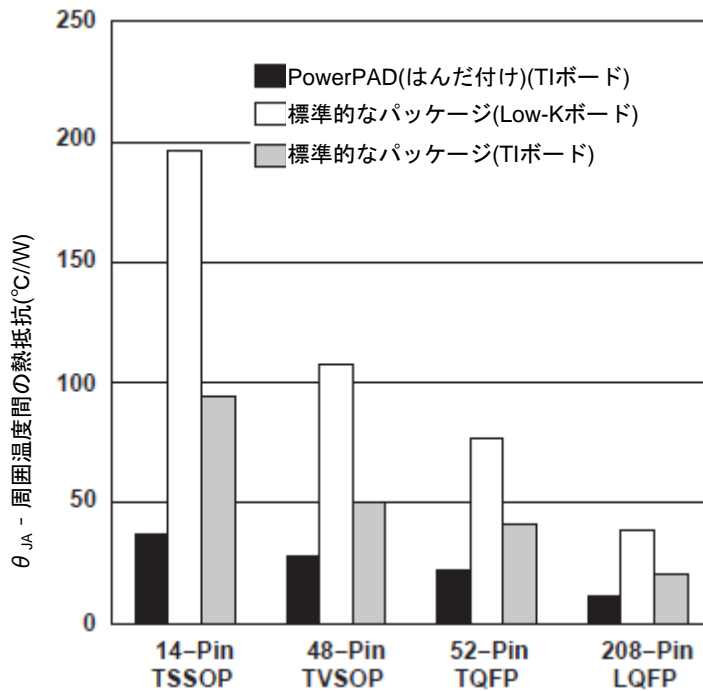


図 22 各種パッケージの θ_{JA} の比較

A.8 結論

PowerPAD™ パッケージのパッドはダウンセット位置が深いため、パッケージ・パフォーマンスを大幅に増大させることが可能です。標準的なパッケージではリードのみを使用して大部分の放熱を行うため、パフォーマンスに制限があります。ヒート・シンクを追加すれば標準的なパッケージのパフォーマンスは向上しますが、パッケージのコストも大幅に増加します。

PowerPAD™パッケージを使用した場合は、パフォーマンスは向上してもコストが高くなることはありません。熱解析の結果が示すのは、放熱設計のボードにはんだで直接取り付けしたPowerPAD™パッケージの熱パフォーマンスが、同じ種類のボードで使用されている標準的なパッケージのパフォーマンスを44%近く上回っているということです。

付録 B ヒート・シンク(放熱板)使用の TQFP 型/TSSOP 型 PowerPAD™ パッケージの再加工(リワーク)プロセス - Air-Vac Engineering 社の装置を使用した場合

B.1 はじめに

標準的な表面実装デバイス底部にヒート・シンク(放熱板)を追加して接着すると、熱パフォーマンスが強化されます。この技法では、表からは見えない大きなヒート・シンク、コプラナリティ、リードとヒート・シンクの熱バランスなどについて問題が発生します。それらの問題に対処するには、この技法で強化したデバイスの取り外し、位置合わせ、交換(リワーク)を効率良く行うための新しいプロセス要件を知っておく必要があります。次のセクションの記述は、TQFP型100ピン・デバイスとTSSOP型20/24ピン・デバイスのリワークをベースにしています。



図 23 リワーク用ステーション「DRS22C」

B.2 装置

使用した装置は、Air-Vac Engineering社のホット・ガス・リフロー・モジュール「DRS22C」です。放熱アプリケーションの主な要件としては、PCBプラットフォームが下側を十分に予備加熱されて安定した状態にあること、位置合わせ機能があること、非常に正確な熱制御が可能であること、ノズル設計が適切であることなどがあります。

PCB支持具(基板サポート)は、アセンブリの自重によるたわみ(サギング)を低減し、プロセスの最初から最後までボードを安定した平坦な状態に保つために非常に重要です。温度勾配が減少し、PCBの局所的な反りが最小限に抑えられ、ヒート・シンクの熱特性が補償されます。また独自のポップアップ機構により、PCBを目視により加工することが可能になります。



図 25 各種サイズのリワーク用ノズル



図 24 各種サイズのリワーク用ノズル

取り外し、位置合わせ、交換を行っている間、デバイスはホット・ガスとホット・バー・ノズルを併用して固定され、配置されます。組み込みノズルをツールとして使用することにより、熱流の当たる場所にデバイスを正確に配置できます。部品は真空カップにより正しい位置に固定されます。デバイス上部はホット・ガスで加熱されますが、部品のリードはホット・ガスとホット・バーを併用して加熱されます。ホット・バーの機能も、ファイン・ピッチのリードを確実にボンディングするために役立ちます。

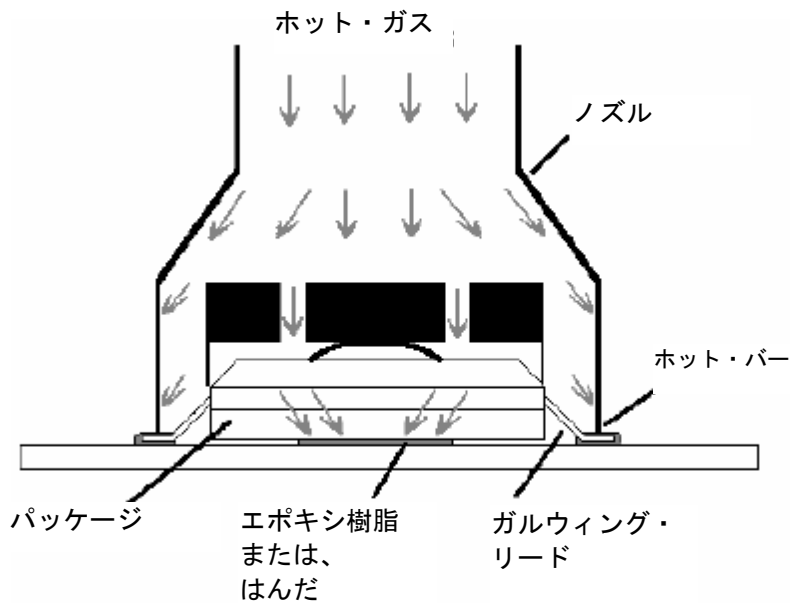


図 26 ノズルの構成

B.3 温度プロファイル

ガスの温度、熱流、オペレータに対する段階的な指示は、温度プロファイルをきちんと設定することで制御されます。これにより、プロセスの完全な再現可能性と完全な制御を実現する一方で、オペレータの関与を最小限で済ませることが可能になりま

す。パッケージの温度を適正に制御し、はんだ接合の品質を優良に仕上げるといふ工程を確実に成功させるには、ガス流を非常に正確かつ低風力にする必要があります。

B.4 取り外し

アセンブリを75°Cに予備加熱しておきます。そのままアセンブリが100°Cになるまで予備加熱を続けながら、ノズルを予備加熱します。予備加熱サイクル後、ノズルを下げてデバイスを加熱し、はんだを溶融させます。

マシンの設定は次の通りです。

- ・ 20ピン/24ピンTSSOP型の場合
ボード上側を、220°Cのガス流0.39scfmで50秒間予備加熱後、220°Cのガス流0.39scfmで10秒間加熱
- ・ 100ピンTQFP型の場合
ボード上側を、240度のガス流0.10scfmで60秒間予備加熱後、250°Cのガス流0.65scfmで15秒間加熱

サイクルの終わりに組み込み真空ツールが自動的に降りてくると、ノズルが上がります。はんだの溶融が始まるまでの時間は、ほぼ15秒です。部品はその後自動的にボードからはがされ、そのまま対応するホルダーに落ちます。

B.5 部品跡の位置合わせ

部品の取り外し後は、部品跡に付着しているはんだ残渣を除去する必要があります。これは真空はんだ吸い取りか、ウィッキングを利用して行います。部品跡はアルコールをしみ込ませたリントフリーの綿棒で拭きます。非常に重要なことですが、放熱エリアは平坦に保ち、新しいデバイスのリードを正しく配置できるようにしておく必要があります。新しいはんだを塗布する方法としては、ステンシル印刷が推奨されます。ノズルを使用してはんだをパッド上に分配したり(ディスペンシング)、パッド上ではんだバンプを溶融させたりしてリードを接着することもできます。ただし、はんだの固体塊を溶融させてヒート・シンクの接着に使用する方法は選択できません。

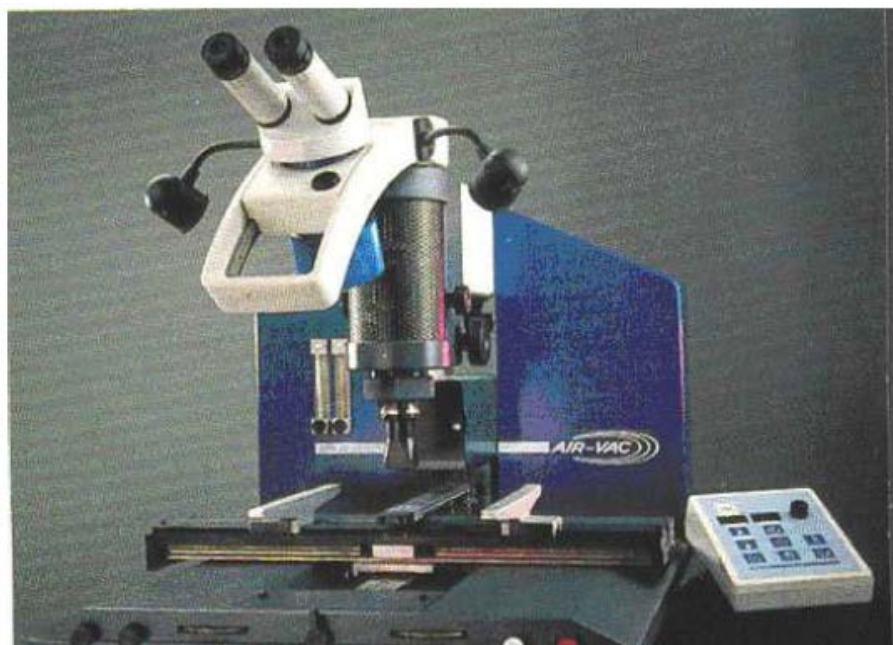


図 27 Air-Vac社の目視システム

B.6 位置合わせ

交換するデバイスをガス・ノズルに挿入し、真空を利用して固定します。固定が完了したらデバイスを上げて、光学システムが使用できるようにします。位置合わせに使用する光学システムは、光線分割プリズムを品質検査用途の実体顕微鏡か、カメラ/

ビデオ・システムと組み合わせた構成になっています。デバイスのリードは、ボード上の対応するランド・パターンに重ね合わされます。このシステムではオペレータがデバイスの四辺を目で確認しながら作業できるため、短時間で正確な位置合わせを行うことが可能になります。

B.7 交換

一度位置合わせが完了すると、XYテーブルがロックされ、光学システムが作業領域から退避します。予備加熱サイクルが起動すると、デバイスがボードまで下がってきます。自動マルチステップ・プロセスではリフロー・サイクルが制御され、次の作業でも再現可能な結果が得られます。

・ 20ピン/24ピンTSSOP型用のマシン設定は次の通りです。

ボード上側を、160°Cのガス流0.39scfmで40秒間予備加熱後、220°Cのガス流0.39scfmで60秒間加熱、220°Cのガス流0.39scfmで10秒間加熱

・ 100ピンTQFP型では次のようになります。

ボード上側を、100°Cのガス流0.78scfmで40秒間予備加熱後、第1段階で240°Cのガス流0.10scfmで90秒間加熱。その後第2段階で、250°Cのガス流0.65scfmで15秒間加熱。

B.8 結論

ヒート・シンク(放熱板)を接着したデバイスTQFP型とTSSOP型のリワークは、これらのデバイスに起因する付加的な問題に注意すれば可能です。ヒート・シンク、ダイ、リードの各温度を正しくプロファイリングするには、的確なガス・ノズルとプロファイルを開発して、デバイスとアセンブリの要件を満たす必要があります。

Air-Vac社の既存の装置とノズル設計からは、ヒート・シンク付きTQFP型とTSSOP型のリワーク・アプリケーションに合ったツールとプロセスについての知識が得られます。

注: ここで説明したプロセスは、メーカー1社のみから提供されたものです。Texas Instrumentsでは、この他のリワーク装置メーカーにも相談して、他社の推奨事項についても知っておくことを奨励します。

付録 C PowerPAD™ のプロセス・リワークに関するアプリケーション・ノート(Metcal社)

C.1 はじめに

このアプリケーション・ノートでは、Texas Instruments社のファイン・ピッチ表面実装プロトタイプ・パッケージ6種(TSOP20、TSOP56、TSOP24、TQFP100、TQFP64)について説明します。形とサイズは、現在の回路ボード業界ではめずらしくないタイプです。これらの部品の取り外しや交換を行うだけならば、通常はMetcal社製の熱伝導ツール(こて先)を使用できます。ただし上に挙げた全パッケージには、底面に「ダイ・リード」が組み込まれているという独自の特徴があります。接触はんだ付け技法でこのダイ・リードを加工することはできません。したがって、部品配置には対流リワーク技法を使用する必要があります。

注: 部品の取り外しを行うだけならば、熱伝導ツール(こて先)を使用できます。ただし、部品の配置にはどうしても対流リワーク技法を使用する必要があります。また、取り外しにもなるべく対流リワーク技法を使用することを推奨します。

C.2 取り外し

熱伝導ツール(オプション): すべてのパッケージは、Metcal社の熱伝導チップ(こて先)を使用して取り外すことが可能です。次の表に示すチップを使用してください。

表 5 Metcal 社の熱伝導チップ(こて先)

部品	Metcal 社製チップ・カートリッジ	OK 社製ノズル
TSOP20	SMTC-006	N-S16
TSOP56	SMTC-166	N-TSW32
TSOP24	SMTC-006	N-S16
TQFP100	SMTC-0118	N-P68
TQFP64	SMTC-112	N-P20

Metcalのチップ(こて先)がダイ・リードに接触することはありませんが、熱がパッケージ全体に伝導するにつれてはんだが溶融していきます。

C.3 熱伝導ツール(こて先)を使用する場合の手順

1. チップ(こて先)にはんだを付け、周縁のリードすべてに同時に接着し、リードがリフローするまで3-5秒待機します。
2. パッケージを持ち上げてボードから離します(表面張力により、パッケージはチップ・カートリッジに付着したままの状態です)。チップ・カートリッジを湿ったスポンジで拭い、部品をチップから取り外します。

C.4 対流リワーク技法を使用する場合の手順

1. リードにフラックスを塗布します。可能ならば、液体のRMA/ロジン・フラックスを使用します。ボードを100° Cで予備加熱します。予備加熱には、対流式かIR(赤外線)式の予備加熱器(OK IndustriesのSMW-2201など)を使用します。設定を「2-4」とすれば、重いボードでも通常は60秒で100° Cに加熱されます。
2. OK IndustriesのFCRホット・エア・システムを使用して、部品を取り外します。部品のサイズと形状に合ったノズルを使用してください(上記参照)。予備加熱がまだ続行している間に、設定を「3-4」(ボード自体の厚さと、ボード上の銅箔量*によって変わります)にしてボードの上部を30~45秒加熱します。

対流リワーク技法は部品配置にどうしても必要なため、取り外しでも使用することを推奨します。

C.5 部品配置の手順

1. はんだペーストをパッド上に盛り、ホット・エアを使用して溶融させるという手順で、パッドをはんだ付けすることもできます。(断面積24AWGの、ピンク色のノズルを使用して) 極小のビード状にしたはんだペーストを、パッドの列に塗布します。塗布するはんだペーストは、可能な限り少量にしてください。余剰ペーストはブリッジの原因になります。特にファイン・ピッチ部品では、ペースト量が多すぎるとブリッジが発生しやすくなります。
2. パッドをはんだ付けされたら、ゲル・フラックス(または液体フラックス)をパッドに塗布します。RMAフラックスの使用を推奨します。また忘れずに、ゲル・フラックスをダイ・パッドにも塗布してください。パッドに盛るはんだの量が多すぎないように注意することが大切です。ダイ・パッド上のはんだ量が多すぎると、周縁リードの上に部品が浮くことになり、コプラナリティに問題が発生します。ゲル・フラックスには粘着性があり、手はんだでの部品配置に役立ちます。接合に必要なはんだはほんのわずかであるため、ステンシルを使用する必要はありません。パッドは非常に薄いため、最小限のはんだ量さえあれば十分に接合できます。FCRシステムにはホット・エア・ノズルを使用します。ボードを予備加熱し、設定を「3~5」にします。使用するエア・フローの量は低くおさえ(5~10リットル/分)、また上部の熱も低く保ちながら(3~4に設定)、約30~45秒間待機します。

注: ダイ・リードのはんだ接合の品質を目視で検査することはできません。X線機器、断面図撮影、電気的テストによる検査が必要です。テスト・ボードのビアははんだマスクが不十分な状態のため、ブリッジやはんだウィッキングが発生しやすくなっています。

具体的なボードや部品の温度は、ボードやノズルによって様々です。ノズルが大きいほど、熱が伝わる経路(熱源からこて先までの距離)も長くなるため、設定温度は高めにする必要があります。ホット・エアを押し出す管が長い場合は、ノズルの幅に応じて、わずかですが対流による冷却効果が発生します。ただし、(上部にセットした熱電対を使用して)ボードの温度は原則として100° Cに保つようにしてください。ボードの温度を制御するには、温度つまみを底部予備加熱器に合わせます。FCR加熱ヘッドから上部に加える熱は高めにしてください。通常は、ピーク時間が短い(10秒)場合には最大温度を200~210° Cに設定します。フラックス残渣は、見つけ出して完全に燃焼させてください。ボードの温度プロファイリングを行うために、取り外しプロセス中にはんだ接合部の状態を目視で検査することもできます。再現性を良好にするために、リフローに割り当てられた時間を調べて、リフローに指定された時間と同時にAuto Remove(自動取り外し)やAuto Place(自動配置)が起こるようにシステムをセットします。接合部を加熱しすぎないように注意して下さい。

加熱のしすぎは、ボードの層間剥離や変色の原因となります。リフロー時にはんだがすべて溶融すると、セルフアライメント効果により部品のずれが自然に直ります。このとき、ボードを軽くたたいてください。はんだブリッジを残らず、はんだ吸い取り線(ソルダーブレイド)で除去してください。また、ボードの加熱サイクルは最小限にしてください。熱衝撃が大きすぎると、ボードに反りが生じたり、はんだ接合部にクラックが生じる可能性があります。

改版履歴

改版D(2008年10月)から改版Eへの変更点.....	ページ
・セクション4.3の3段落目を変更(「熱伝導性エポキシ素材を使用」を「はんだ付用フラックスを使用」に変更).....	16
・付録Aにタイトルを追加	17

注: 以前の版と現在の版では、参照されているページ数が異なる可能性があります。

改版E(2010年7月)から改版Fへの変更点.....	ページ
・セクション2.5を変更(新規説明文追加を含む)、図11を追加	11

注: 以前の版と現在の版では、参照されているページ数が異なる可能性があります。

ご注意

Texas Instruments Incorporated 及びその関連会社 (以下総称して TI といいます) は、最新の JESD46 に従いその半導体製品及びサービスを修正し、改善、改良、その他の変更をし、又は最新の JESD48 に従い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。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をご確認下さい。全ての半導体製品は、ご注文の受諾の際に提示される TI の標準販売契約約款に従って販売されます。

TI は、その製品が、半導体製品に関する TI の標準販売契約約款に記載された保証条件に従い、販売時の仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査及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、適用される法令によってそれ等の実行が義務づけられている場合を除き、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又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関連する危険を最小のものとするため、適切な設計上及び操作上の安全対策は、お客様にてお取り下さい。

TI は、TI の製品又はサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、又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 が当該製品又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、保証又は是認するということを意味しません。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、又は 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・ブック又はデータ・シートの中にある情報の重要な部分の複製は、その情報に一切の変更を加えること無く、且つその情報と関連する全ての保証、条件、制限及び通知と共になされる限りにおいてのみ許されるものとします。TI は、変更が加えられて文書化されたものについては一切責任を負いません。第三者の情報については、追加的な制約に服する可能性があります。

TI の製品又はサービスについて TI が提示したパラメーターと異なる、又は、それを超えてなされた説明で当該 TI 製品又はサービスを再販売することは、関連する TI 製品又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、且つ不公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負いません。

TI からのアプリケーションに関する情報提供又は支援の一切に拘わらず、お客様は、ご自身の製品及びご自身のアプリケーションにおける TI 製品の使用に関する法的責任、規制、及び安全に関する要求事項の全てにつき、これをご自身で遵守する責任があることを認め、且つそのことに同意します。お客様は、想定される不具合がもたらす危険な結果に対する安全対策を立案し実行し、不具合及びその帰結を監視し、害を及ぼす可能性のある不具合の可能性を低減し、及び、適切な治癒措置を講じるために必要な専門的知識の一切を自ら有することを表明し、保証します。お客様は、TI 製品を安全でないことが致命的となるアプリケーションに使用したことから生じる損害の一切につき、TI 及びその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI 製品につき、安全に関連するアプリケーションを促進するために特に宣伝される場合があります。そのような製品については、TI が目的とするところは、適用される機能上の安全標準及び要求事項を満たしたお客様の最終製品につき、お客様が設計及び製造ができるようお手伝いをすることにあります。それにも拘わらず、当該 TI 製品については、前のパラグラフ記載の条件の適用を受けるものとします。

FDA クラス III (又は同様に安全でないことが致命的となるような医療機器) への TI 製品の使用は、TI とお客様双方の権限ある役員の間で、そのような使用を行う際について規定した特殊な契約書を締結した場合を除き、一切認められていません。

TI が軍需対応グレード品又は「強化プラスチック」製品として特に指定した製品のみが軍事用又は宇宙航空用アプリケーション、若しくは、軍事的環境又は航空宇宙環境にて使用されるように設計され、かつ使用されることを意図しています。お客様は、TI がそのように指定していない製品を軍事用又は航空宇宙用に使う場合は全てご自身の危険負担において行うこと、及び、そのような使用に関して必要とされるすべての法的要求事項及び規制上の要求事項につきご自身のみの責任により満足させることを認め、且つ同意します。

TI には、主に自動車用に使われることを目的として、ISO/TS 16949 の要求事項を満たしているとして特別に指定した製品があります。当該指定を受けていない製品については、自動車用に使われるようには設計されてもいませんし、使用されることを意図しておりません。従いまして、前記指定品以外の TI 製品が当該要求事項を満たしていなかったことについては、TI はいかなる責任も負いません。

Copyright © 2013, 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。
- マウンタやはんだ付け設備等、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