TO リード上面冷却 (TOLT) パッケージ パワー MOSFET

高電流アプリケーション向けの新しいパッケージ

本書について

適用範囲と目的

本書は、インフィニオンのパワーMOSFET 向けの革新的な TO リード上面冷却 (TOLT) パッケージの紹介を目的としています。この新しいパッケージの主な利点は、高出力産業用アプリケーションの電力密度の向上と、電流からの熱伝達の分離によるプリント基板温度の低減です。本書では、TOLT のパッケージコンセプト, 熱性能, およびボードレベルの信頼性について説明します。

対象者

本書は、高出力産業用アプリケーションの効率向上に取り組んでいるエンジニアを対象とします。

目次

本書について 1
目次 2
1 TOLT の紹介 3
1.1 対象アプリケーション 3
1.2 パッケージデザイン 3
1.3 ネガティブ スタンドオフ 4
1.4 パッケージ概要 5
2 TOLT の利点とガイドライン 6
2.1 冷却コンセプト 6
2.2 錫フリーの露出パッド 7
2.3 その他の利点 7
2.4 サーマル インターフェース マテリアル (TIM) の厚さ 7
2.5 電気的パラメータ 9
3 はんだ付けと組み立ての推奨事項 10
4 TOLT のボードレベルの信頼性 11
4.1 基板上の温度サイクルの信頼性 11
4.2 機械的負荷/圧縮信頼性 13
4.3 プリント基板の曲がり 14
5 熱シミュレーション 15
6 まとめ 18
改訂履歴 19
免責事項 20

1 TOLT の紹介

近年、産業市場では産業用 MOSFET に対する要求が高まっています。アプリケーションの数、機械的ソリューションから電子的ソリューションへの移行、およびより厳しいアプリケーション条件のすべてにより、半導体メーカーは新しいパッケージコンセプトを開発し、技術の改善を実施する必要があります。スルーホールパッケージから、DPAK や D2PAK などの表面実装デバイス (SMD)、そしてシリコン技術を大幅に改善した最新のリードレスパッケージまで、MOSFET ソリューションは、産業市場の高まる要求により適切に対応できるように進化しています。

インフィニオンは、優れたシリコン技術を市場に投入し、パッケージポートフォリオを拡大して、最も過酷なストレス条件にも対応しながら、より幅広い産業アプリケーションに対応することに常に取り組んでいます。品質リーダーとして、インフィニオンは、自社製品が産業認定要件を満たすだけでなく、それを上回ることで、より長い寿命とより高いレベルの堅牢性を実現しています。

インフィニオンのポートフォリオには、TO-220, DPAK, および D2PAK などの従来の MOSFET パッケージコンセプトに加えて、最小の S3O8 からミッドレンジの SSO8、最高性能の TO リードレス (TOLL) パッケージまで、サイズと機能の範囲でさまざまなリードレスパッケージが含まれています。

インフィニオンは、電力要件が増大する要求の厳しい産業用アプリケーションに対応するため、TOLL パッケージをベースにした新しいパッケージコンセプト「TOLT パッケージ」を導入しました。TOLL パッケージに関する長年の経験と実証済みの優れた信頼性により、TOLL の新しい上面冷却バージョンのための強固な基盤が確立されました。

インフィニオンの TOLT (JEDEC: HDSOP-16) は、電力要求の厳しい産業用アプリケーション向けに最高の電力密度を実現するために特別に設計された新しい上面冷却パッケージです。このパッケージは、TOLL および TO-leaded with gullwing (TOLG) 製品を含むインフィニオンの TOLx パッケージ ファミリを強化するものです。

1.1 対象アプリケーション

TOLT は、非常に高い電力レベルを達成するのに役立ちます。上面冷却による熱抵抗の向上により、部品点数やシステムサイズを増やさずに電力要求の厳しいアプリケーションに対応できます。このため、TOLT パッケージのフォーカス アプリケーションは大電流アプリケーションです。このパッケージは、最大 50 kW の電力レベルの高出力モータ ドライブなどのアプリケーションに適しています。

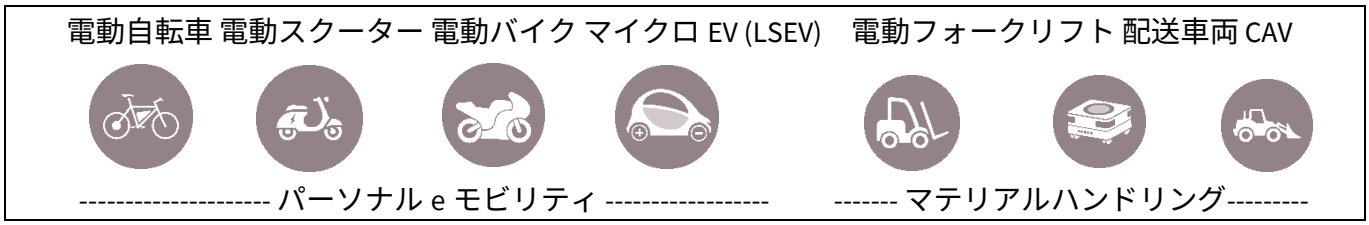


Figure 1 TOLT 製品のターゲットアプリケーション

1.2 パッケージデザイン

新しい TOLT パッケージのコンセプトは、標準的な底面冷却パワーMOSFET とは異なります。TOLT では、パッケージ内のリードフレームを反転させ、ドレインパッド (チップの底面 = ドレイン接続部) をパッケージ上面に露出させます。Figure 2 は、リードフレームを反転させたパッケージの側面図です。

ゲート, ソース, およびドレインのピンを Figure 3 と Figure 4 に示します。8 本のピンのうち 1 列を上部の露出パッドに接続し、基板とのドレイン接続を行います。パッケージの反対側では、1 つのピンがゲート制御に使用され、残りの 7 つのピンは電流を流すためにソースに接続されます。

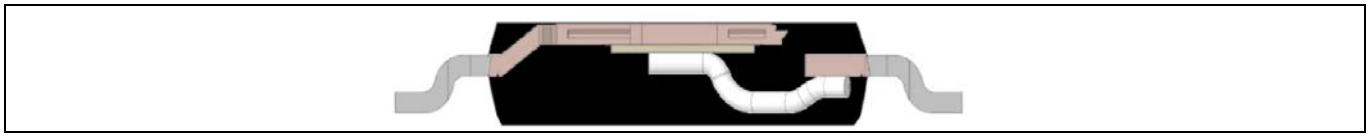


Figure 2　TOLT 側面図

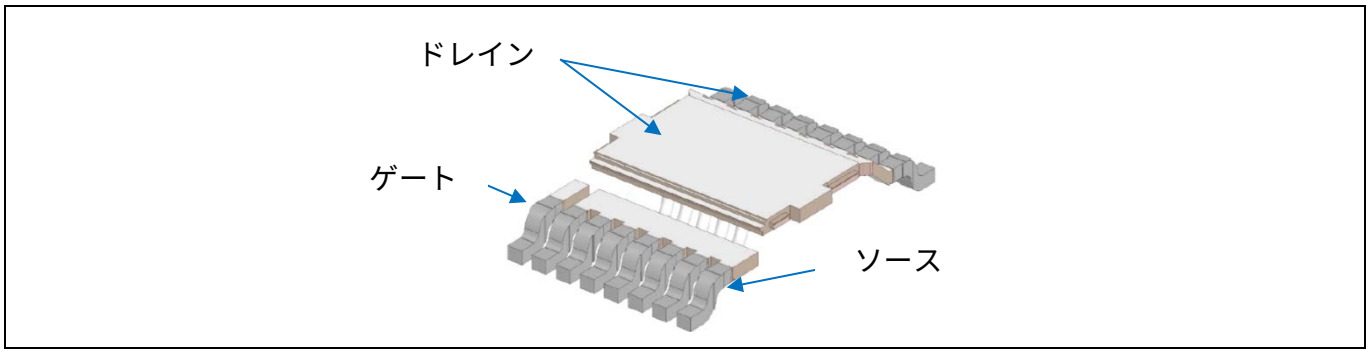


Figure 3　TOLT 3D ビュー (モールドコンパウンドなし)

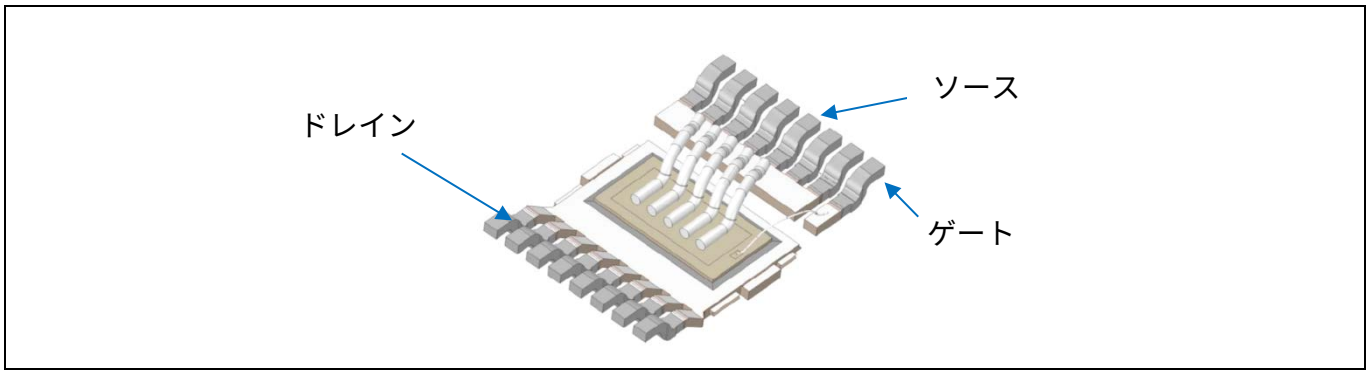


Figure 4　TOLT 底面図 (モールドコンパウンドなし)

1.3　ネガティブ スタンドオフ

インフィニオンは、パッケージの高さの公差を可能な限り低く抑えるために、いくつかの対策を講じています。これらの対策の一例は、リードのネガティブ スタンドオフです。このパッケージでは、リードがパッケージ本体よりわずかに持ち上げられているため、パッケージを基板に置いたときにピンがプリント基板に接触しません。リードチップをプリント基板に接続するために使用されるはんだ材料は、リードと基板の間のスペースを埋め、それによって潜在的な高さの増加を低減します。パッケージの高さの公差はサーマル インターフェース マテリアル (TIM) の厚さに影響し、その結果、熱性能にも影響するため、ネガティブ スタンドオフは TOLT パッケージの重要な特長です。ネガティブ スタンドオフがない場合、パッケージ本体の高さの公差にピンの公差が追加され、より厚い TIM の層が必要になります。2 つの曲げプロセスにより、公差は 0.1～0.16 mm と低く保たれています。

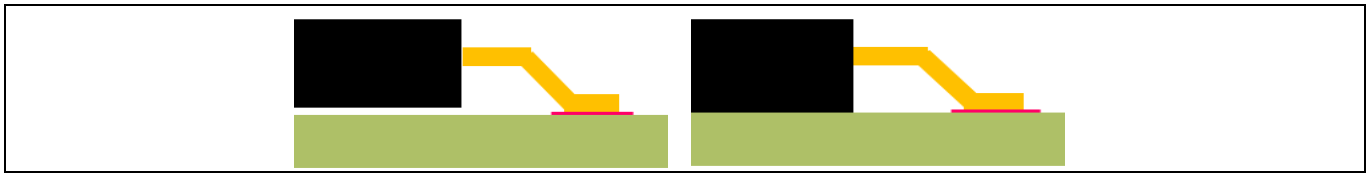


Figure 5　ネガティブ スタンドオフのコンセプト。左: ネガティブ スタンドオフなし 右: ネガティブ スタンドオフあり

1.4 パッケージ概要

Figure 6 に、TOLT パッケージの寸法を詳細に示します。高さ公差は両方向で±0.05 mm と厳しく保たれています。ネガティブ スタンドオフの場合、公差は 0.01～0.16 mm です。

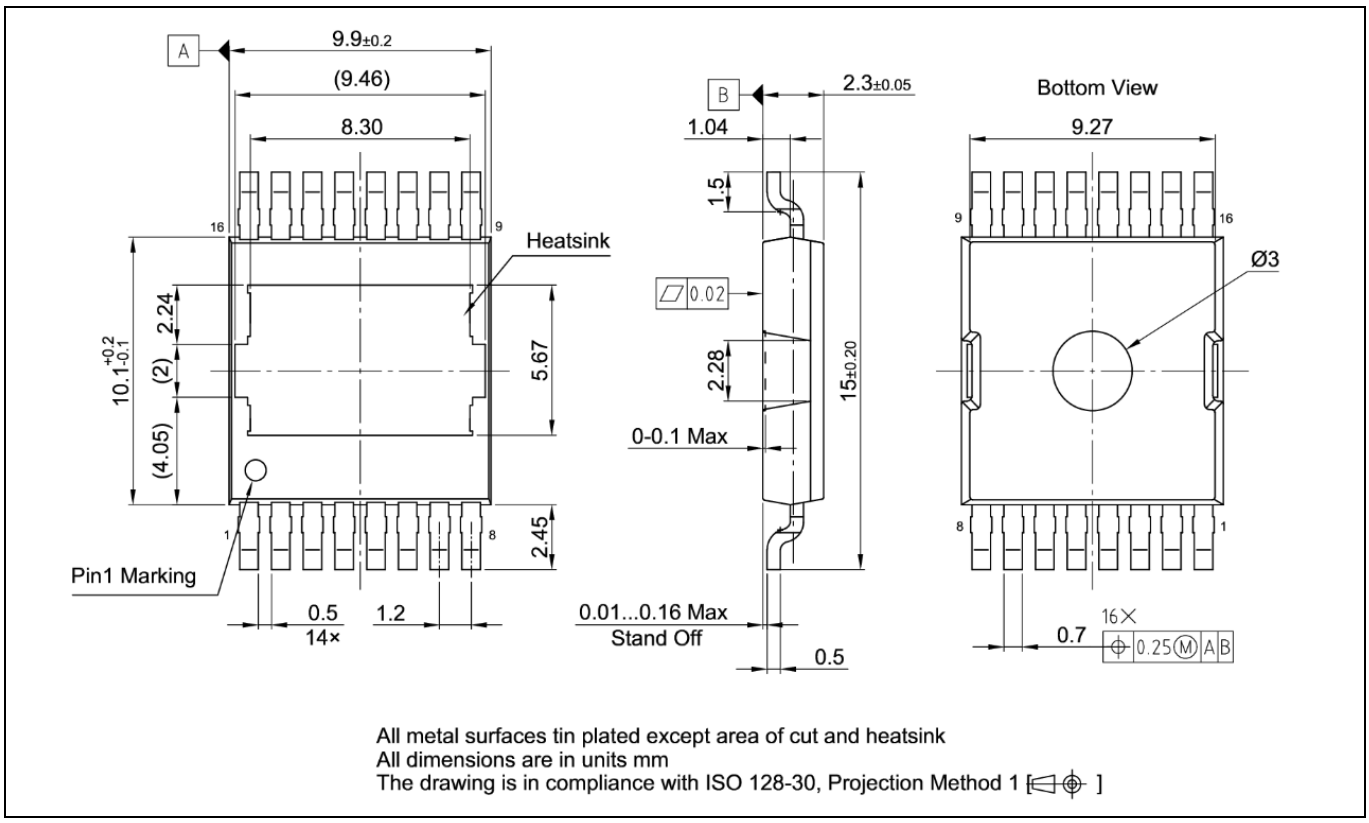


Figure 6 TOLT パッケージ外形図

2 TOLT の利点とガイドライン

上面冷却では、より高いアプリケーション電力を達成できるだけでなく、他にもいくつかの重要な利点があります。ここでは、これらの利点と一般的なガイドラインを紹介します。

2.1 冷却コンセプト

標準的な冷却コンセプト (Figure 9、左) では、ヒートシンクは通常プリント基板の下に取り付けられます。チップから外部への熱伝達経路は次のとおりです。

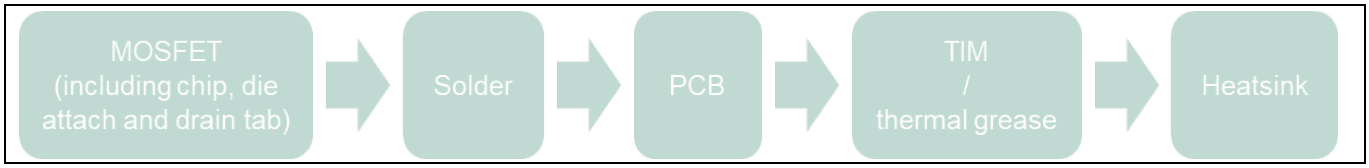


Figure 7 裏面冷却セットアップの熱経路

このようなソリューションには、プリント基板と TIM/サーマルペーストのパラメータによっては熱性能が低下するという欠点があります。これらのコンポーネントの熱伝導率が低いと、過熱やアプリケーション電力の低下を引き起こし、冷却コストが高くなる可能性があります。さらに、アセンブリボードは高温に耐える必要があり、より高価なプリント基板を使用する必要があります。

上面冷却コンセプト (Figure 9、右) により、熱経路を大幅に短縮できます。

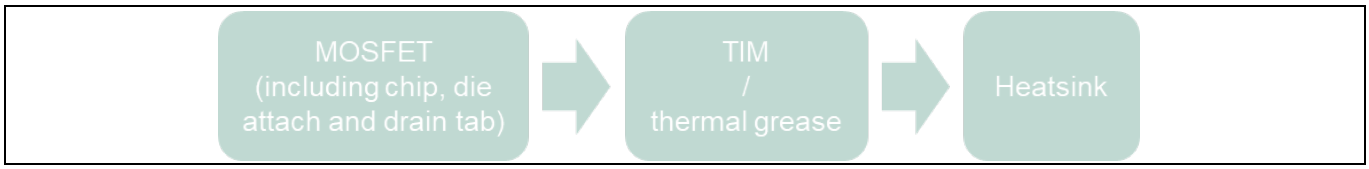


Figure 8 上面冷却セットアップにおける熱経路

熱経路からプリント基板やはんだ相互接続を排除して熱経路を削減すると、MOSFET の性能に大きな影響を与えます。インフィニオンは両方のソリューションを検討し、保守的なシナリオを想定したとしても、FR4 タイプのプリント基板を使用した場合、接合部からヒートシンクまでの総熱抵抗 R_{th_JH} を少なくとも 20%改善できるという結果になりました。

パワーステージの設計者にとって、これは、同じアプリケーション電力で冷却システムのコスト削減、または同じシステムコンセプトでより高い出力を達成できる可能性を意味します。

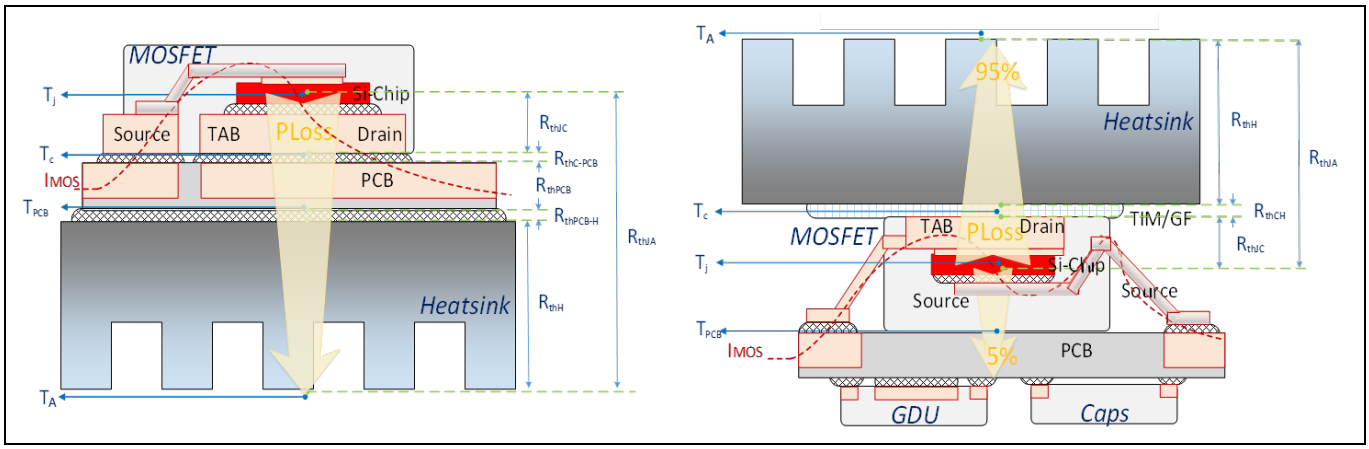


Figure 9 左: 標準的な裏面冷却, 右: 上面冷却

2.2 錫フリーの露出パッド

SMD MOSFET の良好なはんだ付け性を確保するために、通常、露出したピンとパッドはすべて錫めっきされています。リフロー中に、錫めっきが溶けて、基板に塗布されたはんだ材料と合金を形成します。

上面冷却 MOSFET を備えたシステムの場合、Figure 9,右に示すように、ヒートシンクはプリント基板の下ではなく、上部の MOSFET の露出 (ドレイン) パッドに直接取り付けられます。ただし、ほとんどの場合、ヒートシンクは MOSFET にはんだ付けされず、電気的に絶縁された TIM で接続されます。この場合、錫めっきはその目的を失い、欠点としてみなされる可能性があります。いくつかのリフローテストにより、リフロープロセス中に露出パッドの錫が溶けて表面に凹凸が生じることが分かりました。これにより、パッケージの許容誤差が大きくなり、TIM を適切に適用することがより困難になるなど、いくつかの欠点が生じる可能性があります。その結果、TIM の層が厚くなると、システム全体、または 1 つの MOSFET のみの冷却に熱不均等が生じる可能性があります。TOLT パッケージの性能は適用される TIM の厚さに大きく依存するため、高さが追加されると全体の熱性能が低下する可能性があります。

これを考慮すると、お客様のリフロー後のはんだの塊を防ぎ、TOLT パッケージの熱性能を最大限に引き出すために、露出パッドを錫でめっきしないことが合理的です。

露出した銅を酸化から保護するために、銅には追加のパッシベーション層がめっきされています。

2.3 その他の利点

TOLT 製品には、より高い電力密度や冷却システムのコスト削減のほかにも、さまざまな利点があります。以下はいくつかの事例です。

- 他の部品はプリント基板の反対側に実装することができます。ヒートシンクはプリント基板の下に実装されておらず、また、MOSFET の底面から基板に熱が伝わらないため、ゲートドライバやコンデンサをプリント基板の反対側に配置できます。このようなソリューションにより、プリント基板のスペースをより効率的に使用できます。
- 沿面距離 (ソース電位とドレイン電位の間の距離) が長くなります。
- より低いガラス転移温度のプリント基板の使用が可能です。
- プリント基板や周辺の部品に伝わる熱が少なくなります。

2.4 サーマル インターフェース マテリアル (TIM) の厚さ

TIM の厚さを最適化することは、TOLT パッケージの最高の熱性能を保証し、熱抵抗を可能な限り低く保つために重要です。TOLT に関して、インフィニオンは、異なる TIM 厚さを使用していくつかのシナリオをシミュレーションし、それらが接合部からヒートへの合計 R_{th} に与える影響を分析しました。シミュレーションでは、ヒートシンクの温度は周囲温度 85°C に固定されました。

Figure 10 は、異なる TIM の厚さについて、R_{th} の TIM の熱伝導率への依存性を示します。

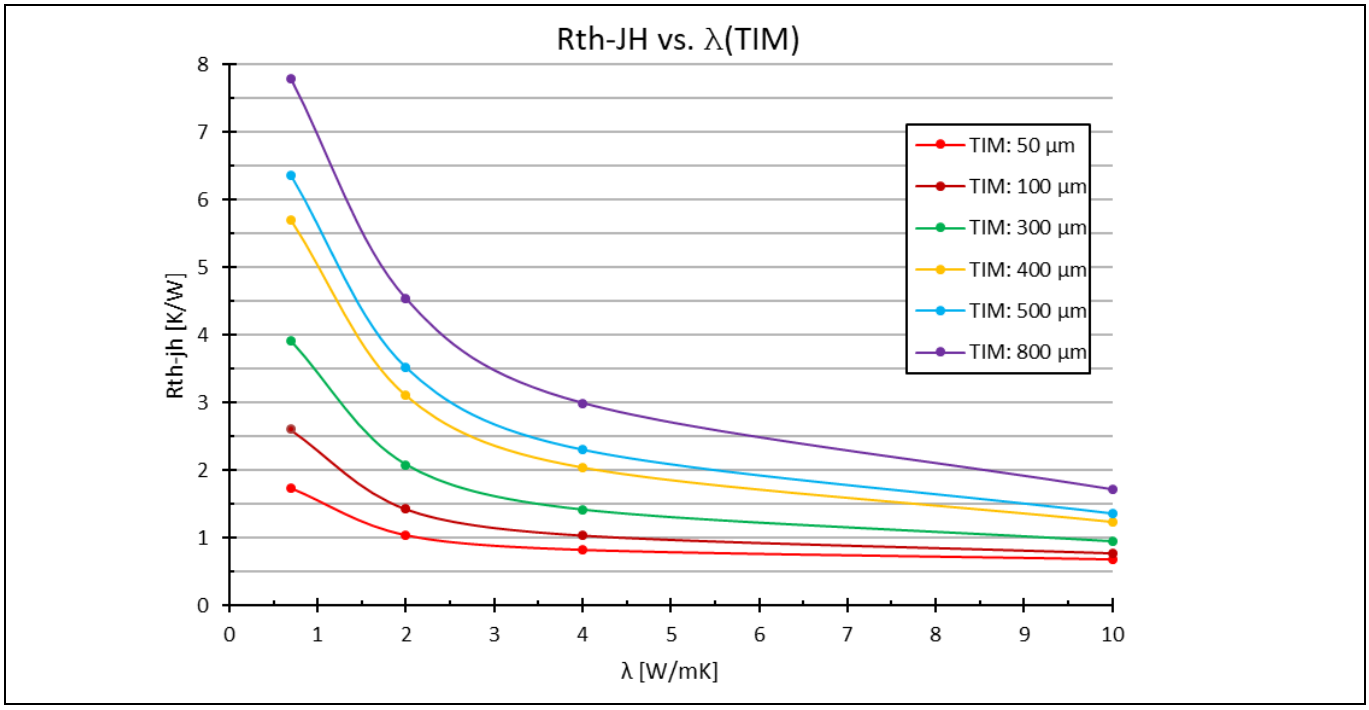


Figure 10　TIM シミュレーションの静的結果

グラフからわかるように、TIM が薄いほど熱抵抗は低くなります。ただし、TIM の熱伝導率 (λ) の値には注意が必要です。熱伝導率の向上により、TIM の厚さによる悪影響が相殺されます。

市場で入手可能な TIM の熱伝導率は、通常 3～6 W/mK の範囲です。十分な電気的絶縁とバランスの取れた最高の熱性能を実現するには、システムエンジニアは TIM の厚さと熱パラメータの両方を最適化する必要があります。Table 1 に、現在市場で入手可能な TIM の例をいくつか示します。

Table 1　市場で入手可能な TIM の例

	Gap pad HC 5.0	Gap pad 3500ULM	Gap filler 4000	Liqui-form 3500	Slim TIM 10000	T-flex UT20000	G-777	TCP の 4000 D
メーカー	Bergquist®	Bergquist®	Bergquist®	Bergquist®	Laird™	Laird™	信越化学工業	Loctite®
素材形態	ギャップ充填剤	ギャップ充填剤	液状ギャップ充填剤	液状成形ゲル	Si フリーギャップ充填剤	セラミック充填シリコーンシート	熱グリース	相変化 TIM
熱伝導率 [W/mK]	5.0	3.5	4.0	3.5	5.5	3.0	3.3	3.4

お客様が使用し、市場で広く見られる最も一般的な材料は、3～4 mW/mK の範囲の熱伝導率を持つ TIM です。この値のシミュレーションによると、MOSFET の接合部とヒートシンクの間の熱抵抗は、TIM の厚さに応じて 0.8～3 K/W の間で変化します。300～500 µm の現実的な TIM の厚さにより、1.5～2.4 K/W の熱抵抗値に達することができます。R_{th} が 2.4 K/W で、MOSFET のジャンクションとケースの温度差が 90°C (T_{case}=85°C、T_{jmax}=175°C と仮定) の場合、1 つの TOLT MOSFET で約 40 W の電力を消費できます。

2.5 電気的パラメータ

TOLT パッケージの MOSFET は、対応する TOLL 製品と同じ $R_{DS(on)}$値を持っています。例えば、TOLT パッケージ (IPTC015N10NM5) のクラス最高の 100V MOSFET と対応する TOLL (IPT015N10N5)は、どちらも $R_{DS(on),max}$ が 1.5mΩです。

Table 2 パラメータの比較: TOLL と TOLT

	TOLL	TOLT
$R_{DS(on),max}$ [mΩ]	1.5	1.5
$R_{DS(on)}$ の改善		–
R_{thJH} [K/W]*	5.3	2.74
R_{thJH} の改善		-48 パーセント
$T_{J,max}$ [°C]	175	175
$T_{J,max}$		–
ΔT [K] (T_{case} = 100°C)	75	75
ΔT [%]		–
$R_{package}$ [mΩ]	0.2	0.25
$R_{package}$ [%]		+25 パーセント
L_s [nH]	1.5	4**
L_s [%]		+166 パーセント**
P_{tot} [W]	14.15	27.37
P_{tot} [%]		+93 パーセント

** ビア付き 2S2P 基板。ヒートシンク温度は $T_{ambient}$ = 85℃ に固定*
*** レイアウトによる*

TOLL と比較した TOLT の最大の改善点は、ビア付きの一般的な 2s2p 基板と 85°C の周囲温度を考慮した場合、接合部からヒートシンクまでの R_{th} が目に見えて減少することです。R_{th} を 50%近く削減すると、総消費電力が 90%以上向上します。

TOLT にパッケージリードが追加されているため、TOLL と比較してパッケージ抵抗とインダクタンスがわずかに高くなります。しかし、プリント基板の銅配線を最適に設計することで、回路全体の抵抗と寄生インダクタンスを最小限に抑えることができます。

3 はんだ付けと組み立ての推奨事項

はんだ付けと組み立ての推奨事項の詳細については、オンラインで入手できる"Board Assembly Recommendations – Gullwing"ドキュメントを参照してください。

4 TOLT のボードレベルの信頼性

すべての SMD MOSFET にとってもう 1 つの重要なトピックは、さまざまなアプリケーション条件下でのボードレベルの信頼性です。これらの MOSFET を要求の厳しい産業用アプリケーションで使用すると、製品に大きな機械的ストレスがかかります。プリント基板上でのパッケージの信頼性を評価するために使用される最も一般的なテストは、基板上の温度サイクル (TCoB) テストです。TOLT パッケージの場合、ヒートシンクはパッケージの上部に取り付けられているため、部品が耐えられる最大の機械的力も調査する必要があります。当社の標準テストセットアップの結果は、他の設計, セットアップ, またはレイアウトに完全に転用できるわけではないことに注意してください。

4.1 基板上の温度サイクルの信頼性

電子部品は動作中、温度変化にさらされ、材料の膨張につながります。各材料は独自の熱膨張係数を特長としており、応力が十分に大きい場合、熱膨張率の違いによりはんだ接合部にクラックが発生する可能性があります。熱機械的ストレスに対する堅牢性を証明するテストは TCoB テストです。IPC-9701 規格は、TCoB テストを実施する方法と条件を定義しています。Figure 11 に各用途の試験条件を示し、Figure 12 に車載用途で使用される部品の試験条件を示します。

Product Category (Typical Application)	Temperature, °C / °F[1]		Worst-Case Use Environment						
	Storage	Operation	Tmin[2] °C / °F	Tmax[2] °C / °F	ΔT[3] °C / °F	t_D[4] hrs	Cycles/year	Typical years of Service	Approx. Accept. Failure Risk, %
Consumer	-40/85	0/55	0/32	60/140	35/63	12	365	1-3	1
Computers and Peripherals	-40/85	0/55	0/32	60/140	20/36	2	1460	5	0.1
Telecomm	-40/85	-40/85	-40/-40	85/185	35/63	12	365	7-20	0.01
Commercial Aircraft	-40/85	-40/85	-55/-67	95/203	20/36	12	365	20	0.001
Industrial and Automotive - Passenger Compartment	-55/150	-40/85	-55/-67	95/203	20/36 &40/72 &60/108 &80/144	12 12 12 12	185 100 60 20	10-15	0.1
Military (ground and shipboard)	-40/85	-40/85	-55/-67	95/203	40/72 &60/108	12 12	100 265	10-20	0.1
Space leo geo	-40/85	-40/85	-55/-67	95/203	3/5.4 to 100/180	1 12	8760 365	5-30	0.001
Military Aircraft a b c Maintenance	-55/125	-40/85	-55/-67	125/257	40/72 60/108 80/144 &20/36	2 2 2 1	100 100 65 120	10-20	0.01
Automotive (under hood)	-55/150	-40/125	-55/-67	125/257	60/108 &100/180 &140/252	1 1 2	1000 300 40	10-15	0.1

Figure 11 IPC-9701: 表面実装はんだ付けアタッチメントの性能テスト方法と認定要件

4 TOLT のボードレベルの信頼性

Test Condition	Mandated Condition
Cycle (TC) Condition:	
TC1	*0°C ⟷ +100°C (Preferred Reference)*
TC2	-25°C ⟷ +100°C
TC3	-40°C ⟷ +125°C
TC4	-55°C ⟷ +125°C
TC5	-55°C ⟷ 100°
Test Duration	Whichever condition occurs FIRST: 50% *(Preferred 63.2%)* cumulative failure (Preferred Reference Test Duration) or
Number of Thermal Cycle (NTC) Requirement:	
NTC-A	200 cycles
NTC-B	500 cycles
NTC-C	1,000 cycles (Preferred for TC2, TC3,and TC4)
NTC-D	3,000 cycles
NTC-E	*6,000 cycles (Preferred Reference TC1)*
Low Temperature Dwell Temperature Tolerance (preferred)	10 minutes +0/-10°C (+0/-5°C) [+0/-18°F (+0/-9°F)]
High Temperature Dwell Temperature Tolerance (preferred)	10 minutes +10/-0°C (+5/-0°C) [+18/-0°F(+9/-0°F)]
Temperature Ramp Rate	≤20°C [36°F]/minute
Full Production Sample Size	33 component samples (32 test samples plus one for cross-section, add additional 10 samples for rework, if applicable)
Printed Wiring (Circuit) Board (PWB/PCB) Thickness	2.35 mm [0.093 in]
Package/Die Condition	Daisy-Chain Die/Package (see Table 4-2)
Test Monitoring	Continuous Monitoring (see Table 4-4, Preferred Reference-Event Detector)

Figure 12　IPC-9701: 温度サイクル要件、および義務付けられた条件内での必須および優先テストパラメータ

Figure 11 と Figure 12 から読み取れるのは、自動車部品は-45°C ～ +125°C の 1,000 サイクルに耐えなければならないということです。

インフィニオンの MOSFET は、産業認定を受けているにもかかわらず、より厳しい車載規格に従ってテストされています。規格によると、温度上昇速度は毎分 20°C 未満でなければいけません。しかし、インフィニオンの TCoB テストでは、ランプレートの状態は毎分 60°C になります。これにより、デバイスへのストレスが増加し、より厳しい熱衝撃試験の要件を満たします。この厳しいテスト条件により、インフィニオンのパッケージは IPC-9701 規格で要求されるよりもはるかに大きなストレスにさらされ、優れた堅牢性とボードレベルの信頼性が証明されています。

インフィニオンが実施した TCoB テストでは、TOLT 部品が監視され、電気的故障の基準は 20%の抵抗増加でした。テストの結果、TOLT パッケージは電気的な故障なしに少なくとも 6,000 サイクルに耐えることができることが示されました。6,000 サイクル後、テストは中止されました。

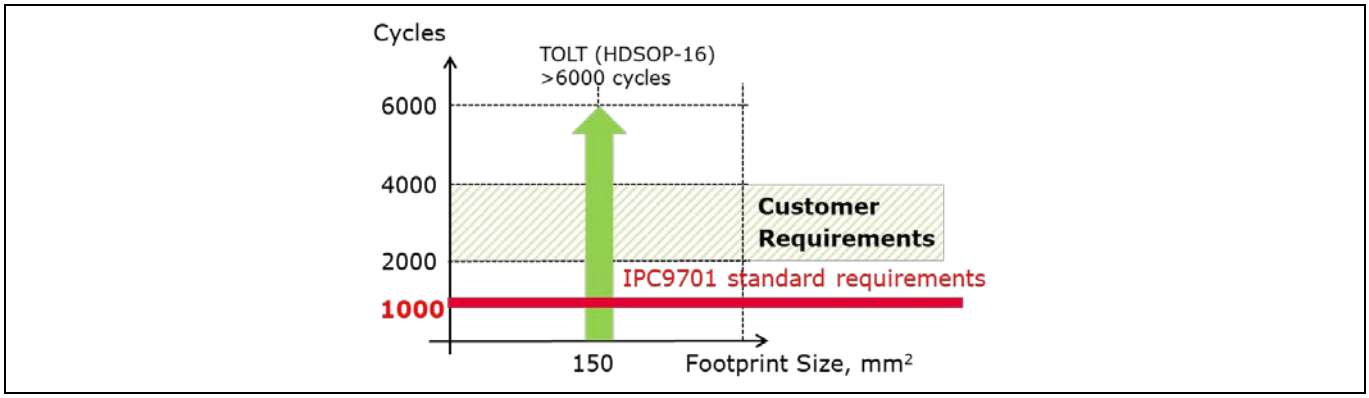


Figure 13　TOLT は TCoB テストで少なくとも 6,000 サイクルに達する

4.2　機械的負荷/圧縮信頼性

前述したように、取り付けられたヒートシンクからパッケージ上部に負荷がかかると、アプリケーションのパッケージに追加の機械的ストレスが発生します。追加の機械的負荷によるパッケージの信頼性を証明するために、パッケージの上面に圧力を加えて TCoB テストが実施されました。

このテストでは、TCoB テスト中に TOLT パッケージの上部に 20 N の力が加えられました。この力は、TOLT パッケージに適用できる最大の力ではないことに注意してください。パッケージは 1500 N を超える力に耐えることができます。Figure 14 に、必要な力を生成するために使用されるセットアップを示します。

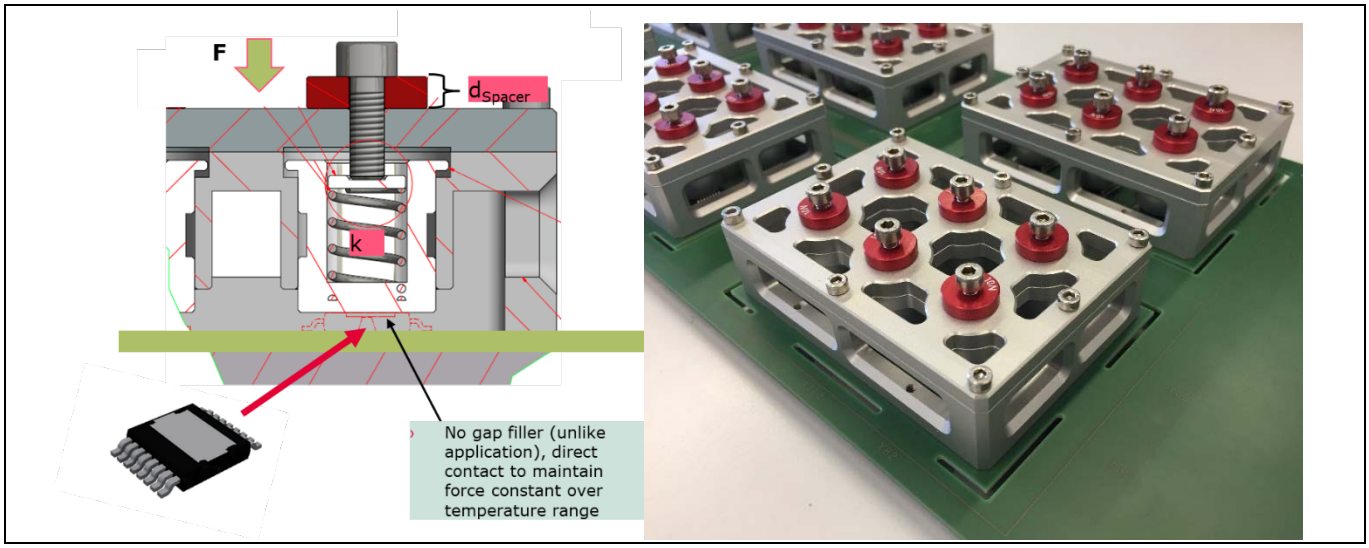


Figure 14　機械的負荷の設定。左: 図面 ,右: システムビュー

トップローディングでの TCoB 試験では、標準の TCoB 試験と同じ電気的故障基準が適用されました。この試験では、TOLT が 3,000 サイクルに耐え、上部に 20 N の力が加わることが示されました。

4.3 プリント基板の曲がり

MOSFET とヒートシンクの間の TIM は、必要な厚さと取り付け力を実現するために十分に強く押し付けられる必要があります。ボルトのサイズとハウジングの材質によっては、ボルトの締め付けトルクが 0.5 ～ 1.0 Nm に達する場合があります。ヒートシンクを TOLT MOSFET に押し付けることによって生じる力により、プリント基板が曲がり、MOSFET とヒートシンクの間のギャップにばらつきが生じる可能性があります (Figure 15)。

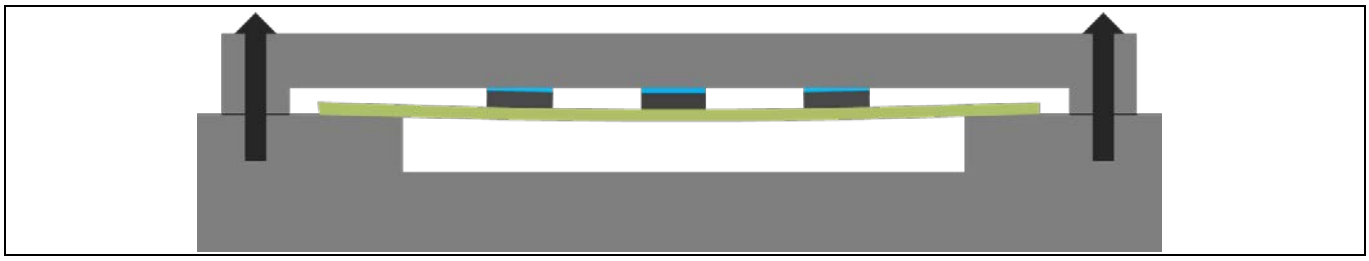


Figure 15　ヒートシンクの力によるプリント基板の曲がり

このようなプリント基板の曲がりを防ぐための適切な対策は、プリント基板の下に支柱として機能するスタンドオフを追加するか (Figure 16)、ヒートシンクとプリント基板の間に追加の取り付け具を設置することです (Figure 17)。

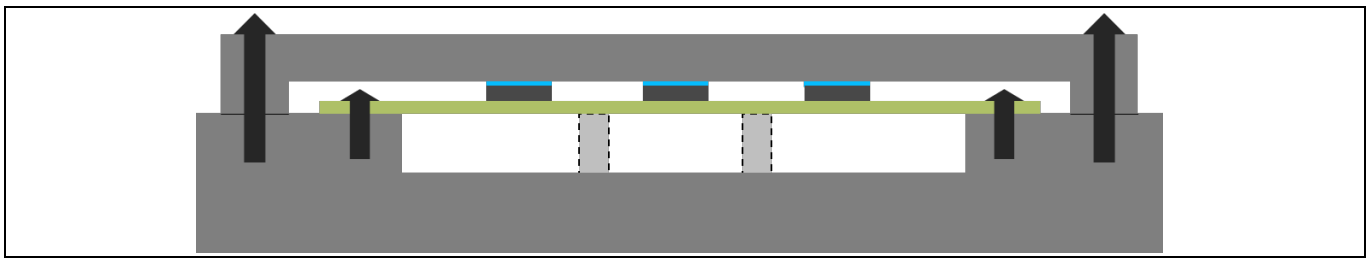


Figure 16　プリント基板の曲がりを防ぐためのプリント基板下の追加のスタンドオフ

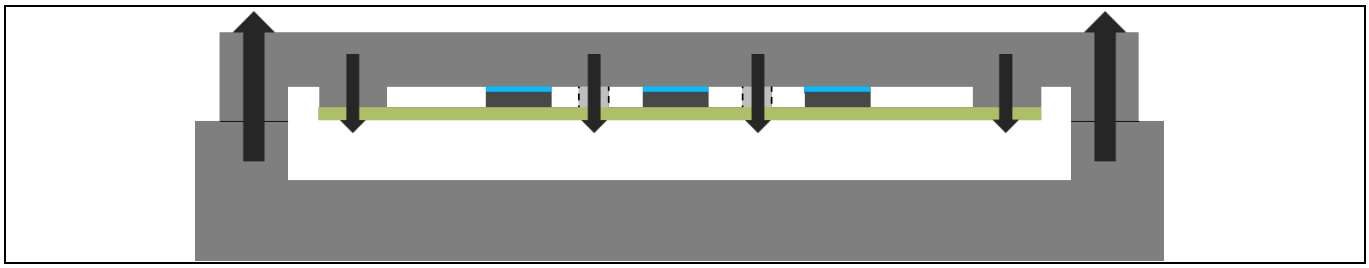


Figure 17　プリント基板の曲がりを防ぐための追加実装

5 熱シミュレーション

ここでは、さまざまな基板とヒートシンクの取り付け構成での熱シミュレーションの結果を示し、説明します。図には、さまざまな設定の熱インピーダンス値を示します。

接合部から周囲への熱抵抗は、冷却システムの 2 つの異なる設定でシミュレートしました。

a) 固定周囲温度 R_{th_JD1} での上部から冷却 (Figure 18) とヒートシンクを接続したまま自然対流 R_{th_JD2} による上部から冷却 (Figure 19)。

b) 固定周囲温度 R_{th_JH1D1} (Figure 20) と自然熱対流 R_{th_JH2D2} (Figure 21) でプリント基板と上面の両方を冷却。

各冷却セットアップについて、4 つの異なるプリント基板設定をシミュレートしました: ビアありとビアなしの 2s2p (1 オンス - 2 オンス - 2 オンス – 1 オンスの銅層の 4 層プリント基板)、およびビアありとビアなしの 1s0p (1 オンスの銅層の単層プリント基板)。選択した TIM の熱伝導率は 0.7 W/mK で、厚さは 100 µm でした。周囲温度は、必要に応じて 85°C に設定しました。

Figure 18 に、アクティブ冷却 (温度は固定) で熱がヒートシンクに直接伝達される場合の上面冷却では、プリント基板の選択が Z_{th} の性能に大きな違いをもたらさないことを示します。これは、ガラス転移温度が低い、より安価な基板を使用できることを意味します。どの基板が使用されているかに関係なく、熱インピーダンス値は~2.8 K/W になります。

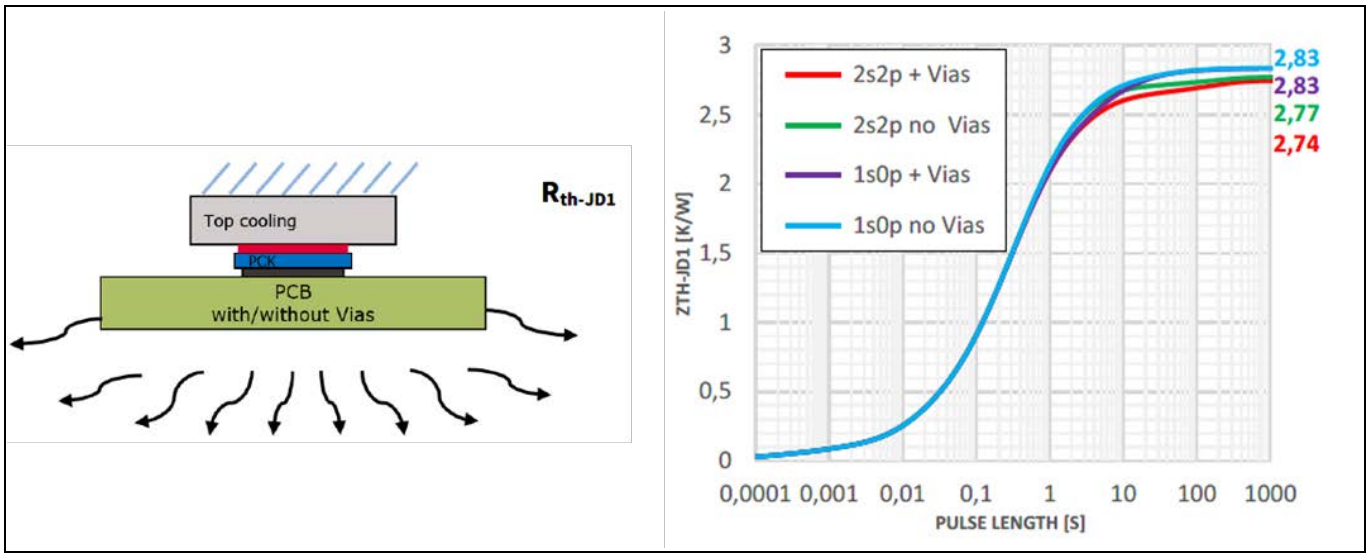


Figure 18 異なる基板の TOLT の熱インピーダンス; 上部冷却温度は $T_{ambient}$ に固定

ただし、自由熱対流 (Figure 19) の場合、一部の熱がプリント基板に伝達されるため、基板の選択によって違いが生じる可能性があります。一般的な 2s2p 基板の熱インピーダンスは 19.5 K/W に増加します。

5 熱シミュレーション

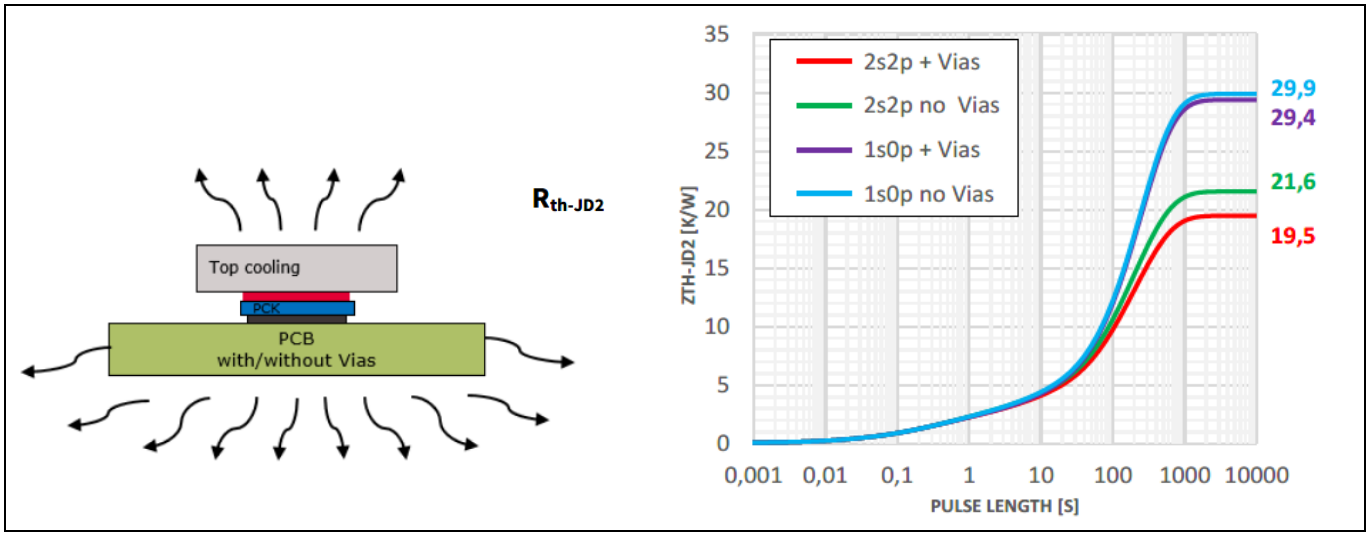


Figure 19　異なる基板の TOLT の熱インピーダンス; 自由熱対流

さらに、シミュレーションでは、2 つ目のヒートシンクをプリント基板の下に取り付けても、熱性能が大幅に向上しないことが示されています。例えば、ビアのない 2s2p 基板で、パッケージの上にヒートシンクのみがあり、プリント基板の下にヒートシンクがない場合、熱インピーダンスは 2.77 K/W になります。基板の下にヒートシンクを追加することで、熱インピーダンスは 2.59 K/W にわずかに低下しますが、これは無視できる程度です。Figure 20 と Figure 21 に、両側にヒートシンクを取り付けた場合のシミュレーション結果を示します。

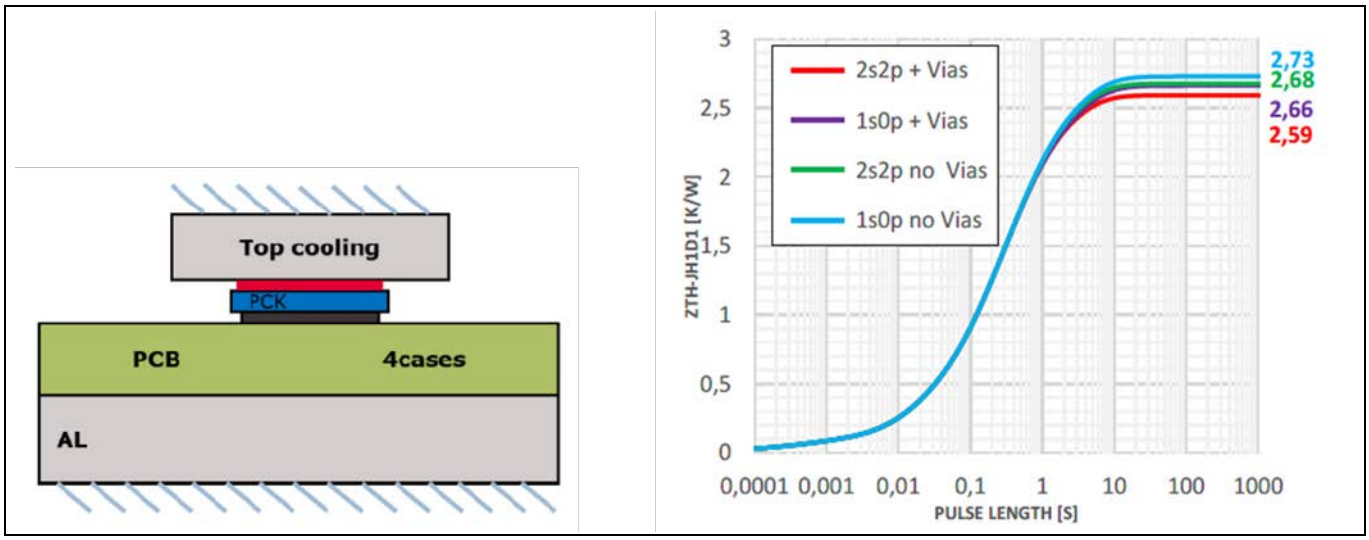


Figure 20　異なる基板の TOLT の熱インピーダンス; 上部冷却温度 $T_{ambient}$ に固定

5 熱シミュレーション

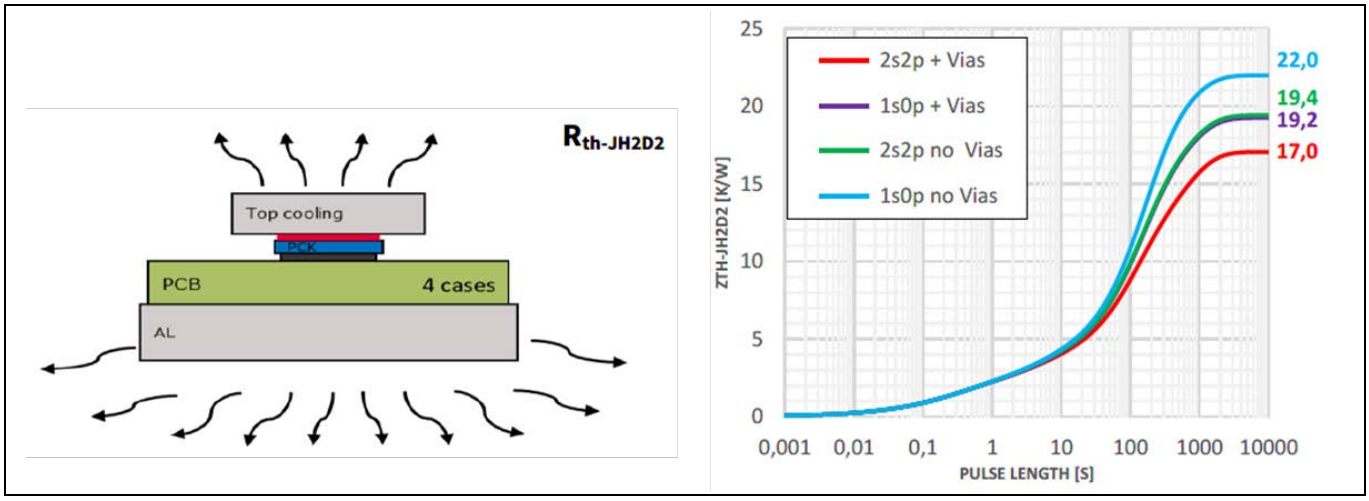


Figure 21　異なる基板の TOLT の熱インピーダンス; 自由熱対流

6 まとめ

インフィニオンの産業用のパワーMOSFET のポートフォリオに含まれる新しい上面冷却 TOLT パッケージにより、FR4 基板上で高出力の産業用アプリケーションも実現できます。ダイの接合部からヒートシンクまでの熱経路が短くなったため、TOLT は熱抵抗が向上し、その結果、電気的性能が向上しました。

最高の熱性能を確保するために、TOLT パッケージの開発中にさまざまな対策が講じられました。これには、パッケージの高さの最小化、ピンの負のスタンドオフの導入、錫を含まない露出パッドの採用などが含まれます。TOLT 製品の全体的な熱性能に影響を与える重要な要素は、パッケージの上面とヒートシンクの間のサーマル インターフェース マテリアル (TIM) です。設計者は、TIM の厚さ, 熱伝導率, および価格のトレードオフを考慮して、望ましい熱性能を達成できます。

熱シミュレーションにより、FR4 プリント基板の標準的な底面冷却ソリューションと比較して、熱抵抗とインピーダンスが大幅に改善されていることが確認されています。シミュレーションに加え、基板上での温度サイクルや曲げおよび圧縮試験などの信頼性試験も実施されました。TOLT パッケージは、上部に追加荷重を加えた状態で十分な数の熱衝撃サイクルに耐えることができ、一般的な規格の要件を満たしていることが実験的に証明されています。

既存の TOLL および TOLG パッケージに加えて、TOLT パッケージは、インフィニオンの革新的なパワーMOSFET TOLx ポートフォリオを強化し、高出力、大電流アプリケーションに効率的で費用対効果の高い方法で対応します。

改訂履歴

版数	発行日	変更内容
V 1.1	2024-06-26	本版は英語版 AN_2205_PL51_2206_134808 TO-leaded top-side cooling (TOLT) package power MOSFET V1.1 について、インフィニオン DEVELOPER COMMUNITY の参画者によって日本語に翻訳されたドキュメントです。

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2024-06-26
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2024 Infineon Technologies AG. All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?

Email: erratum@infineon.com

Document reference
AN_2205_PL51_2206_134808_JA

重要事項
本手引書に記載された本製品の使用に関する手引きとして提供されるものであり、いかなる場合も、本製品における特定の機能性能や品質について保証するものではありません。本製品の使用の前に、当該手引書の受領者は実際の使用環境の下であらゆる本製品の機能及びその他本手引書に記された一切の技術的情報について確認する義務が有ります。インフィニオンテクノロジーズはここに当該手引書内で記される情報につき、第三者の知的所有権の不侵害の保証を含むがこれに限らず、あらゆる種類の一切の保証および責任を否定いたします。

本文書に含まれるデータは、技術的訓練を受けた従業員のみを対象としています。本製品の対象用途への適合性、およびこれら用途に関連して本文書に記載された製品情報の完全性についての評価は、お客様の技術部門の責任にて実施してください。

警告事項
技術的要件に伴い、製品には危険物質が含まれる可能性があります。当該種別の詳細については、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください。
インフィニオンの正式代表者が署名した書面を通じ、インフィニオンによる明示の承認が存在する場合を除き、インフィニオンの製品は、当該製品の障害またはその使用に関する一切の結果が、合理的に人的傷害を招く恐れのある一切の用途に使用することはできないこと予めご了承ください。