

パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット 2

概要

本資料は、熱設計の補足資料として、アプリケーションノートよりも手軽に読める、かつできるだけ簡単に理解できるリーフレットです。モデルは簡素化し傾向を把握しやすくしました。東芝デバイス&ストレージ株式会社のウェブサイトに公開している『[パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット](#)』の続編となります。

目次

概要	1
目次	2
0. はじめにー パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット 2 作成についてー	3
0.1. パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット 2 作成について	3
0.2. パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット 2 サマリー	4
1. 基板材料と熱抵抗	5
2. TIM 厚みと熱抵抗	6
3. TIM 効果と熱抵抗	7
4. 熱干渉チップ温度の比較	8
5. 熱干渉パターンの効果	9
6. 密集配置と分散配置	10
7. 放熱器の向きと熱抵抗	11
8. 放熱器フィン長と熱抵抗	12
9. 放熱器フィン板厚と熱抵抗	13
10. 放熱器フィン枚数と熱抵抗	14
11. 放熱器ー筐体内壁間距離と熱抵抗	15
12. デバイスー筐体内壁間距離と熱抵抗	16
13. ヒートスポット対策 1 (高熱伝導シート)	17
14. ヒートスポット対策 2 (ケース材料)	18
15. 風向きと風速の熱抵抗への影響	19
16. 空冷風速とデバイス配置の影響(高損失印加デバイスと低損失印加デバイスの相関など)	20
17. 空冷風速とデバイス配置の影響(外形の大きいデバイスと小さいデバイスの相関など)	21
製品取り扱い上のお願い	22

0. はじめに – パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット 2 作成について –

0.1. パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット 2 作成について

車載や高出力の電子機器(電源、モータードライブ等)で用いられるディスクリート半導体部品は、機器の①小型化、②高密度実装化、③高性能化による消費電力の増加などにより温度が上昇しています。そのため、開発設計の早い段階で熱特性の振る舞いを見極めることが重要になっています。このような状況の中、熱設計に関する指標としてチップ温度低減のために、複数のアプリケーションノートをホームページに掲載しています。最近では自然対流モデル中心にシミュレーションした『[ディスクリート半導体の熱設計の勘どころ 2](#)』と実機に近い強制空冷モデルのシミュレーションデータをまとめた『[ディスクリート半導体の熱設計の勘どころ 3](#)』を掲載しました。

更に閲覧者の方からは、熱設計の参考資料として『必要な情報だけ』、『すばやく』、『簡単に』確認できるものの要求が増えてきましたので、熱設計資料の補足資料として、アプリケーションノートよりも手軽に読める、かつできるだけ簡単に理解できる『[パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット](#)』を作成し掲載しました。

本資料はその続編となります。パワー半導体面実装パッケージモデルは[当社 MOSFET](#) で採用している SOP Advance、TO-220SM(W)をモチーフにしています。^{注記} 全体のモデルは簡素化し、熱に対する特性の傾向のみを把握しやすくしました。パッケージモデルは簡易モデルを用い、基板は材料 FR4、パターン厚 35 μ m、厚さ 1.6mm の 4 層基板を標準モデルとしております。解析内容は同様に Q&A 風にまとめており、熱の挙動をつかむための参考資料になればと思います。

注記 当社パワー半導体面実装パッケージには、このほか放熱効果の高い両面放熱構造の DSOP Advance など多数のパッケージをラインアップしています。

0.2. パワー半導体 面実装品 熱設計リーフレット 2 サマリー

本シミュレーション結果のサマリーを下記表にまとめました。下記表により各条件における改善傾向が確認できます。

リーフレット内容	熱抵抗低減施策	熱抵抗改善度 <small>注記 1</small>
1. 基板材料と熱抵抗	セラミック基板使用により、熱抵抗の低減効果が大きい	FR4⇒セラミック 約 56%低減
2. TIM <small>注記 2</small> (グリース)厚みと熱抵抗	厚みはギャップを埋めるだけにする	1.0mm⇒0.1mm 約 6%低減
3. TIM 効果と熱抵抗	部品間の接触は、出来るだけ隙間を小さくする。更に TIM を活用することで熱抵抗を下げられる	隙間 20μm⇒TIM 挿入 約 11%低減
4. 熱干渉チップ温度の比較	デバイス間距離が近いと熱干渉の影響により温度が上がる	(熱干渉影響は、単独発熱⇒2 個同時発熱 41%チップ温度上昇)
5. 熱干渉パターンの効果	パターン形状によって熱干渉の影響を受ける	—
6. 密集配置と分散配置	基板に多数の発熱デバイスを配置する場合、出来るだけ分散して配置する	密集配置⇒分散配置 約 13%低減
7. 放熱器の向きと熱抵抗	自然対流時はフィンを垂直にする	フィン下向き⇒フィン垂直 6%低減
8. 放熱器フィン長と熱抵抗	フィン長を長くする (但し、あるところで飽和する)	0mm⇒15mm 約 29%低減
9. 放熱器フィン板厚と熱抵抗	フィン板厚に最適値がある	0.2mm⇒2.0mm 4 %低減
10. 放熱器フィン枚数と熱抵抗	フィン枚数に最適値がある	3 枚⇒9 枚 約 16%低減
11. 放熱器一筐体内壁間距離と熱抵抗	筐体内放熱器と筐体壁との間隔をあける	5mm⇒80mm 約 26%低減
12. デバイス一筐体内壁間距離と熱抵抗	デバイスと筐体間を出来るだけ近くする。TIM を介して筐体に接触させるのが効果大	空間 2mm⇒TIM 0.1mm 約 38%低減
13. ヒートスポット対策 1 (高熱伝導シート)	ヒートスポット対策としてケース内部に高熱伝導シートを貼り付けて熱をケース表面全体に拡散させる	シートなし⇒シートあり (ケース表面温度が最大約 15%低減)
14. ヒートスポット対策 2 (ケース材料)	ヒートスポット対策としてケース材に熱伝導率の高いものを使用するとよい	熱伝導率低い⇒高い (ケース表面温度が最大約 19%低減)
15. 風向きと風速の熱抵抗への影響	フィンは風の向きに対して水平にする。風速は速い方が効果あり	垂直⇒水平 最大で 15%pt <small>注記 3</small> 低減 0.1m/s⇒2.0m/s 41%低減
16. 空冷風速とデバイス配置の影響(高損失印加デバイスと低損失印加デバイスの相関など)	低損失印加デバイスは、風速とデバイス間距離による影響が出やすい	—
17. 空冷風速とデバイス配置の影響(外形の大きいデバイスと小さいデバイスの相関など)	小さいデバイスは風上に、大きいデバイスは風下に配置する方が、全体的に温度が下がる	—

注記 1 熱抵抗改善度はある条件下のものであり、詳細は各ページをご覧ください。

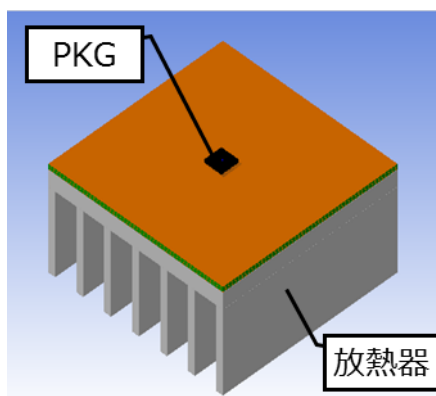
注記 2 TIM とは Thermal Interface Material の略で、放熱器とデバイス、あるいは放熱器と基板間を熱的に接続するための材料の総称

注記 3 %pt(パーセントポイント)は、百分率 (パーセント) で表示された数値同士の差に用いています。

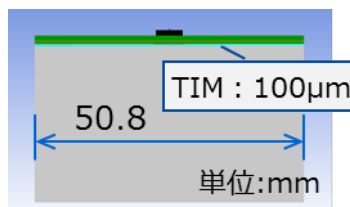
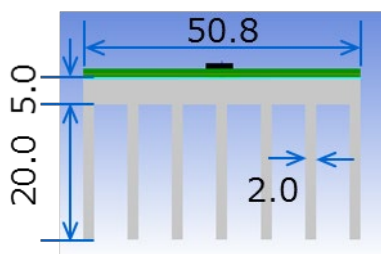
1. 基板材料と熱抵抗

課題 基板材料で熱抵抗はどの程度変わるのか？

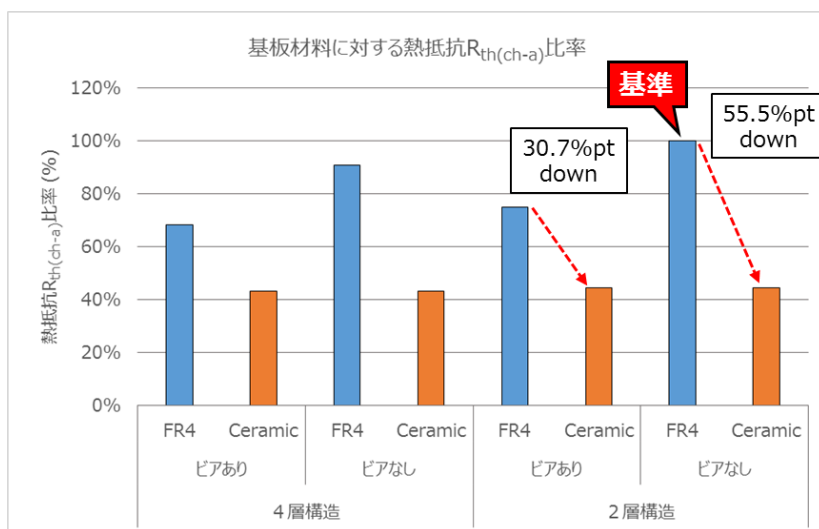
条件



パッケージ：SOP Advance
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 2.0\text{W}$
 基板：4層基板(2インチ角)、1.6mm厚
 ビア：なし または デバイス直下に9個
基板材料：FR4、セラミック 2種類
 熱伝導率：FR4 0.35W/m·K
 セラミック 15W/m·K
 TIM 3.3W/m·K (グリース)
 パターン：ベタ(35 μm) 全層



結果



基板構造	ビア	基板材	熱抵抗比率
4層構造	ビアあり	FR4	68.5%
		Ceramic	43.2%
	ビアなし	FR4	90.9%
		Ceramic	43.2%
2層構造	ビアあり	FR4	75.2%
	ビアなし	FR4	100%
		Ceramic	44.5%

注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) × 100 (%)
 注記 2 2層基板、ビアなしを基準モデルとした。

結果

熱伝導率の高いセラミック基板を用いることで熱抵抗を大幅に低減できる。とくにビアが使えない場合の効果は大きく、熱抵抗は FR4 基板に比べて半分以下になる。(FR4⇒セラミック 55.5%低減)

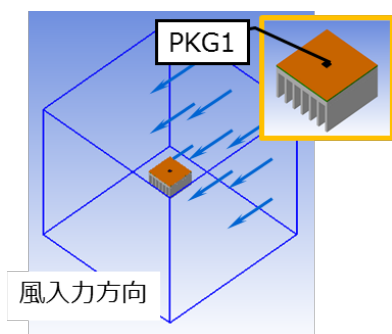
結論

セラミック基板は、FR4 基板より熱抵抗が低減できる
 特にビアなしでの効果が大きい

2. TIM 厚みと熱抵抗

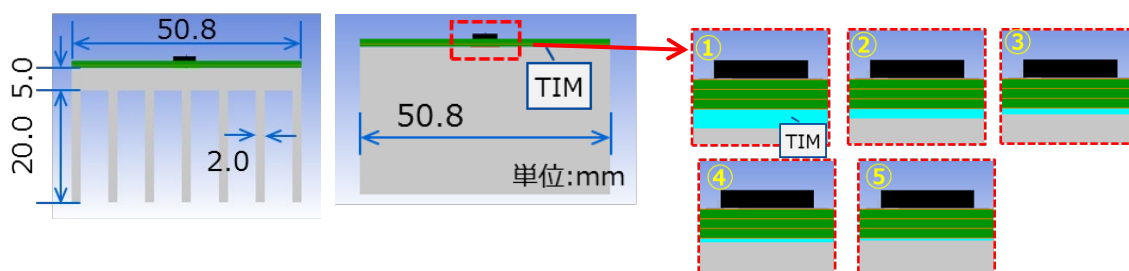
課題 TIM 厚で熱抵抗はどの程度変わるのか？

条件

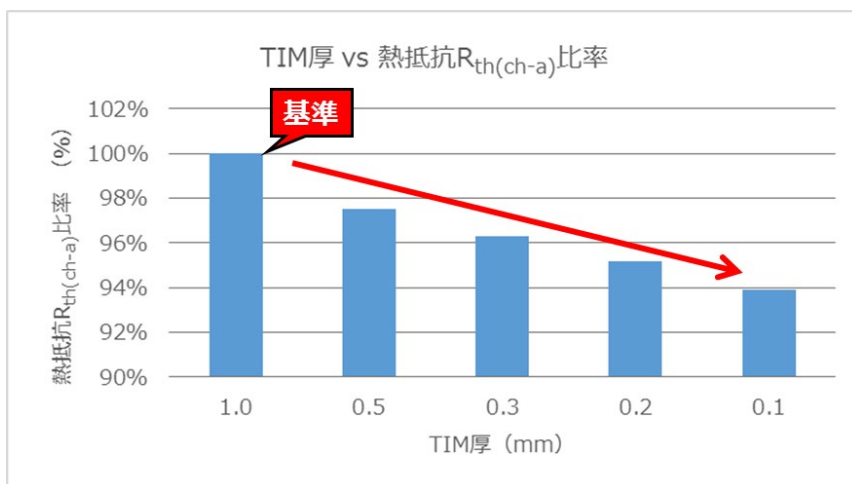


パッケージ：SOP Advance
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 2.0\text{W}$
 強制空冷 1.0m/s (左図参照)

TIM 厚さ：下図参照(5種類)
 基板：4層基板(2インチ角)、1.6mm厚
 基板材料：FR4
 パターン：ベタ(35 μm) 全層
 ビア：デバイス直下に9個あり
 TIM 熱伝導率：1.2W/m \cdot K (グリース)



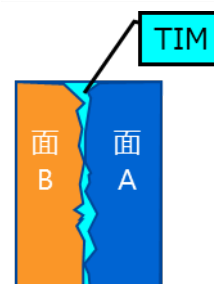
結果



No.	TIM厚み (mm)	熱抵抗比率
①	1.0	100%
②	0.5	97.5%
③	0.3	96.3%
④	0.2	95.2%
⑤	0.1	93.9%

注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率
 $= (\text{各モデル熱抵抗} / \text{基準モデル熱抵抗}) \times 100 (\%)$

注記 2 ①(1.0mm)を基準モデルとした。



結果

基板と放熱器をつなぐ TIM 厚は、薄くなるほど熱抵抗が下がる。(1.0mm \Rightarrow 0.1mm 6.1%低減) TIMの熱伝導率は、0.数~数 W/m \cdot K程度であり、厚くなりすぎると逆効果になる。接触面のギャップのみを埋めていくのが望ましい(上図)。

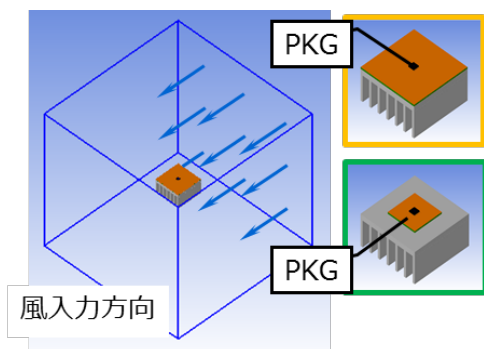
結論

TIM(グリース)は、なるべくギャップを埋めるだけにする
 厚くなりすぎると熱抵抗は上がってしまう

3. TIM 効果と熱抵抗

課題 TIM 挿入で熱抵抗はどの程度変わるのか？

条件



パッケージ：SOP Advance

条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 2.0\text{W}$

強制空冷 1.0m/s (左図参照)

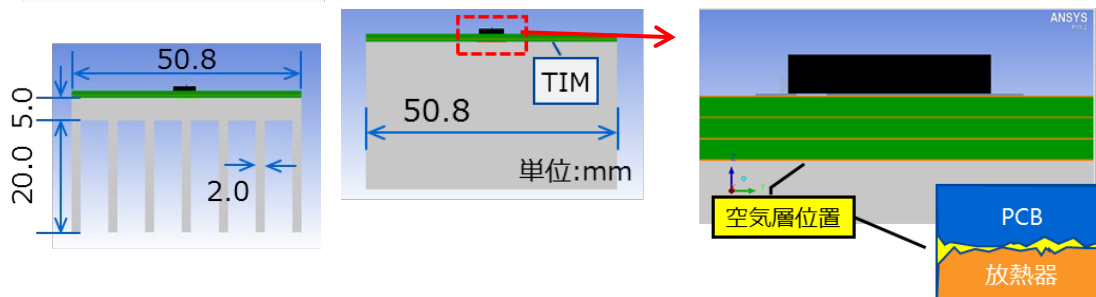
空気層の厚み：下表参照

基板：4層基板(2インチ角、1インチ角)、1.6mm厚

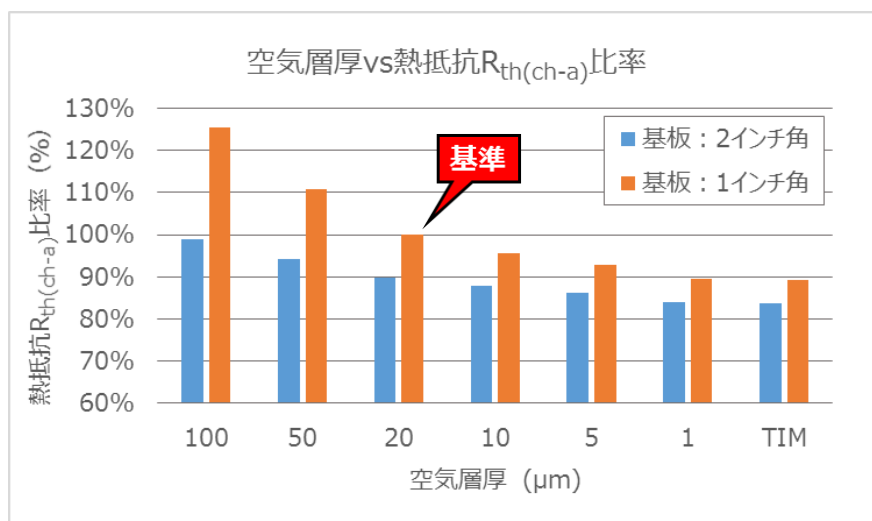
パターン：ベタ(35 μm) 全層

ビア：デバイス直下に9個あり

TIM：100 μm 厚、熱伝導率 3.3W/m \cdot K(グリース)



結果



空気層厚み (μm)	熱抵抗比率	
	2インチ角基板	1インチ角基板
100	98.9%	125%
50	94.2%	111%
20	89.9%	100%
10	87.7%	95.6%
5	86.1%	92.8%
1	83.9%	89.4%
TIM	83.7%	89.2%

注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) \times 100 (%)

注記 2 基板 1 インチ角、空気層 20 μm を基準モデルとした。

結果

固体部品同士を接触させた場合、表面の凹凸などにより接触熱抵抗が発生する。空気層が厚くなるほど接触熱抵抗が大きくなり、トータルの熱抵抗が上昇する。TIM を挿入すると熱抵抗は小さくなる。(空気層 20 μm \Rightarrow TIM 10.8%低減) また、接触面積が小さい物ほど TIM の効果大きい。

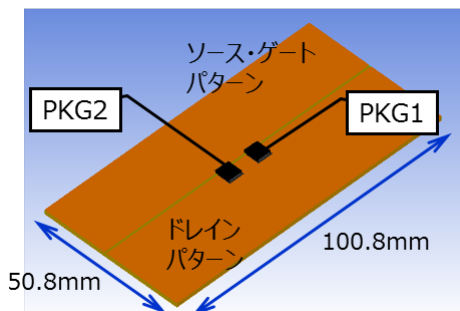
結論

部品間の接触は、出来るだけ隙間を小さくする
更に TIM を活用することで熱抵抗を下げられる

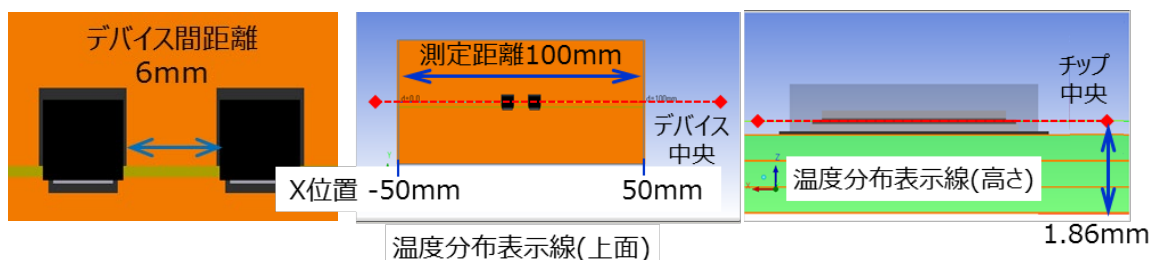
4. 熱干渉チップ温度の比較

課題 熱干渉により温度はどの程度変わるのか？

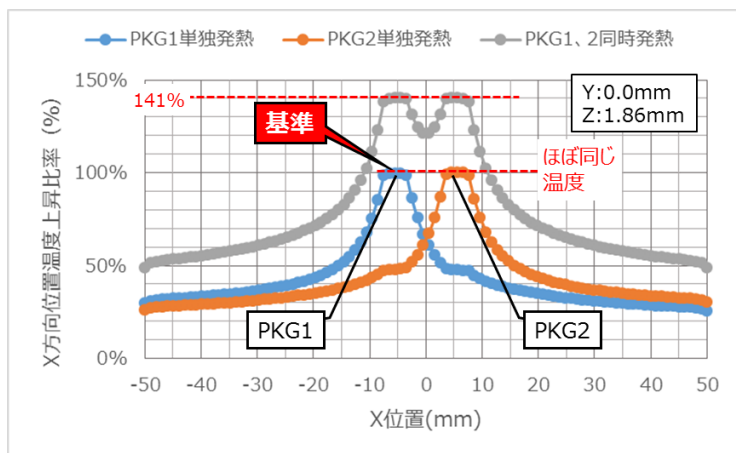
条件



パッケージ：SOP Advance
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 2.0\text{W}/\text{個}$
 基板：4層基板(4インチ×2インチ)
 厚み：1.6mm
 パターン：ベタ(35 μm) 全層
 表層のみドレインとソース・ゲートを分離した。



結果



PKG1電力 損失(W)	PKG2電力 損失(W)	チップ温度上昇比率	
		PKG1	PKG2
2.0	0	100%	48.1%
0	2.0	47.8%	100%
2.0	2.0	141%	141%

注記 1 X方向位置温度比率 = (各位置の温度) / (基準温度) × 100 (%)

注記 2 PKG1 のみの On 時の最大チップ温度上昇を基準とした。

注記 3 X方向位置におけるデバイス単独発熱の温度上昇の和は同時発熱の温度上昇と近い値になる。

結果

2つのデバイスを並べ、それぞれ単独で発熱させた場合と同時に発熱させた場合を比べると、デバイスに掛かる電力損失が同じでも、同時に発熱させた方がチップ温度上昇は、41%高くなってしまいます。これは、同時発熱の場合、両者の熱がそれぞれに干渉し合い、お互いの温度を上げているためである。両者の間隔をあけるなどの対策が必要になる。

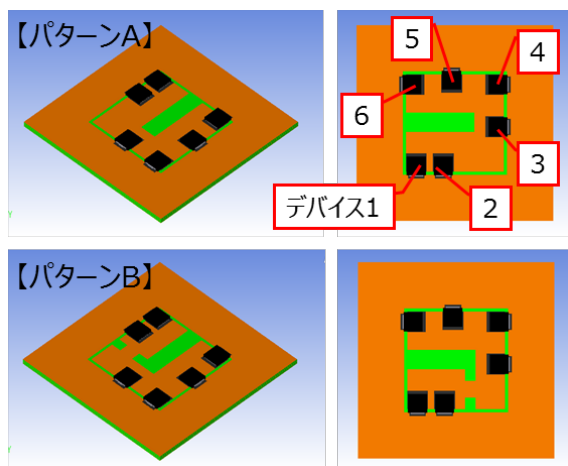
結論

同時発熱の場合、距離が近いと熱干渉の影響により単独よりも温度が上がる

5. 熱干渉パターンの効果

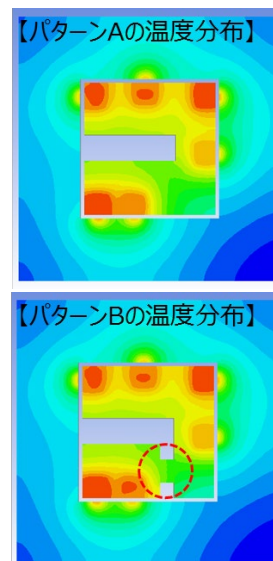
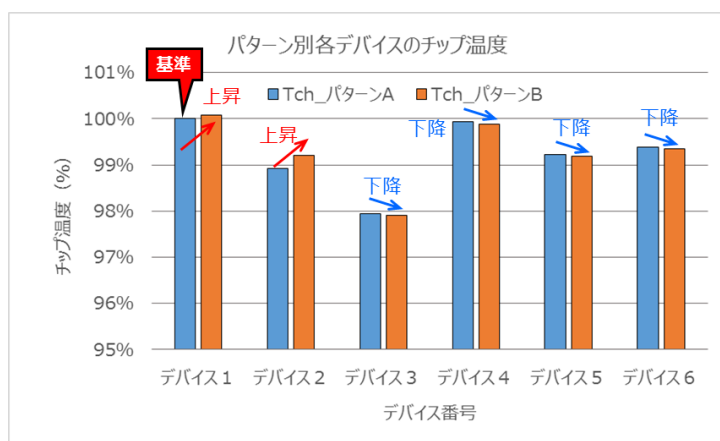
課題 パターン形状でデバイス温度はどの程度変わるのか？

条件



パッケージ：SOP Advance
(6個搭載)
条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 0.5\text{W}/\text{個}$
基板：4層基板(2インチ角)
厚み 1.6mm
パターン：表層 A、Bパターン
2~4層 バタパターン
全層 $35\mu\text{m}$ 厚
配置：中央パターンにデバイスの
E-pad が来るように配置
(パターン、配置は左図参照)

結果



- 注記 1 チップ温度 T_{ch} 比率

$$= (\text{各デバイスチップ温度}) / (\text{基準温度}) \times 100 (\%)$$
- 注記 2 パターン A, デバイス 1 のチップ温度を基準とした
- 注記 3 コーナーに配置されたデバイス 3 つ(1、4、6)は、パターン A、B ともに温度が高く、コーナー配置は放熱が悪いことが分かる。

結果

パターン B は赤丸部のパターン幅が狭くなっているため、温度分布図を見ると 3~6 までのデバイスに対し 1、2 からの熱の流れを妨げている。一方でデバイス 1 と 2 は限られた大きさのパターン内で熱干渉を起こしており、特にデバイス 2 はパターン A に比べてチップ温度が高くなっている。

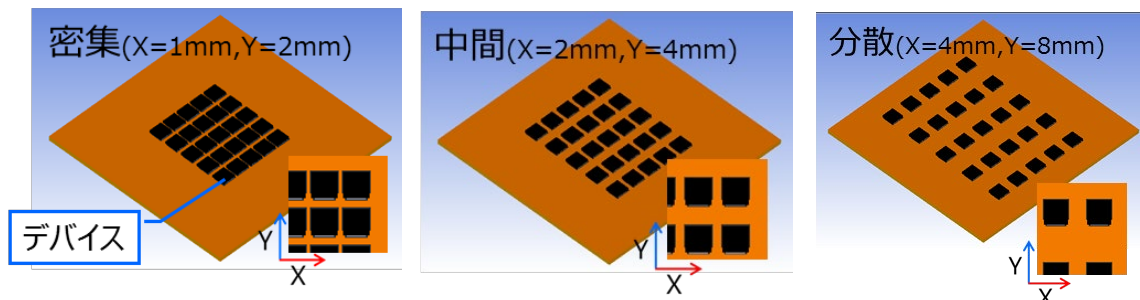
結論

パターン形状によって熱干渉の影響の受け方が変わる

6. 密集配置と分散配置

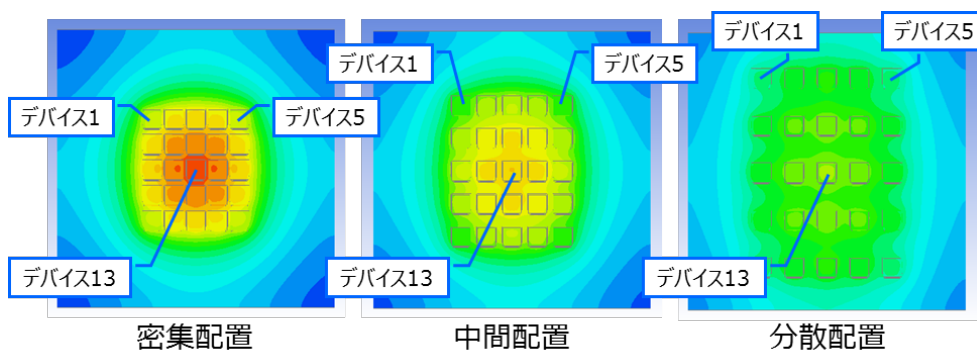
課題 デバイス配置により熱抵抗はどの程度変わるのか？

条件



パッケージ：SOP Advance（25個搭載）
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 0.2\text{W}/\text{個}$
 基板：4層基板(3インチ角)、1.6mm厚
 基板材料：FR4
 パターン：ベタ(35 μm) 全層
 デバイス配置：密集、中間、分散配置（上図参照）

結果



モデル上面からみた温度分布（同じ温度レンジで比較）

デバイス配置	デバイスNo.と熱抵抗比率		
	最小のNo.と比率		最大のNo.と比率
密集	1	88.3%	13 100%
中間	1	83.6%	13 94.7%
分散	1,5	79.1%	13 87.3%

- 注記 1 熱抵抗比率 = (各デバイス熱抵抗/基準熱抵抗) × 100(%)
 注記 2 密集モデルの 25 デバイスの熱抵抗最大値を基準とした。
 注記 3 最小、最大はデバイス 25 個の中で熱抵抗が最小、最大のもの
 注記 4 X, Y 値は各デバイスの X, Y 方向のモールド間距離

結果

基板内にデバイスを配置する場合、密集させることによりデバイス温度や熱抵抗は上がっていく。とくに密集の中心は温度が上がりやすく、熱抵抗は高めになる。また、端に行くに従い温度は下がり、且つ熱抵抗も低減される。（密集配置⇒分散配置で熱抵抗は 12.7%低減）発熱体が多い場合は、出来るだけ間隔を空けて配置して設計することが望ましい。

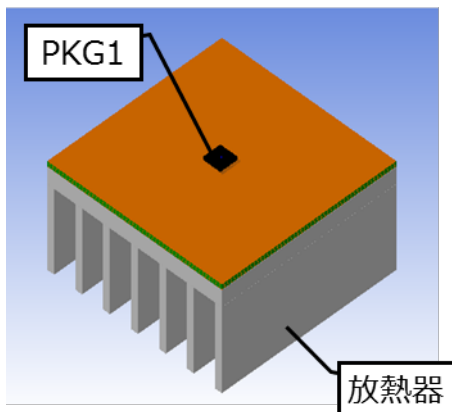
結論

基板に発熱体を配置する場合、できるだけ間隔を空けた方が熱抵抗は低減される

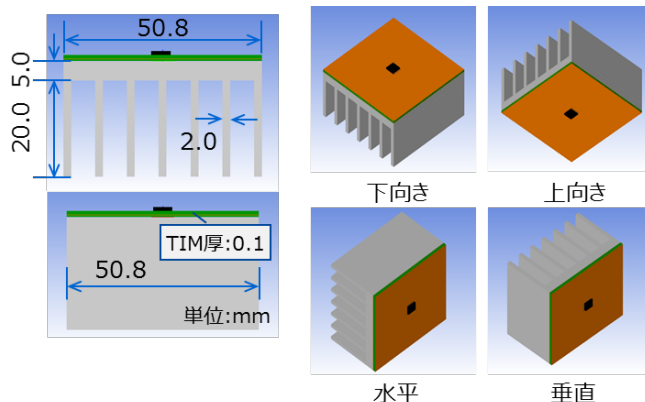
7. 放熱器の向きと熱抵抗

課題 放熱器の向きの影響は？

条件



放熱器寸法とフィン面の向き



パッケージ : SOP Advance

条件 : $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 2.0\text{W}$

放熱器の向き : 上図参照

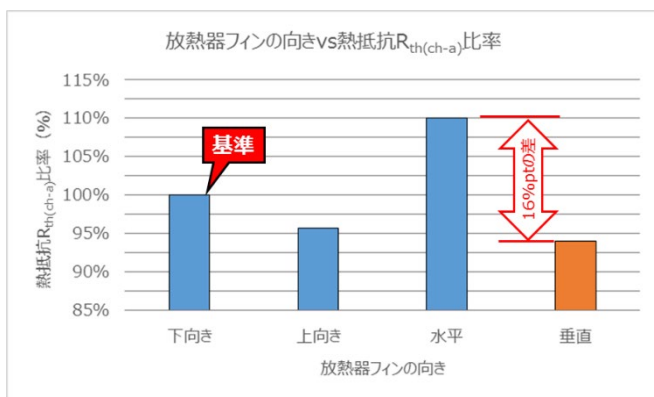
基板 : 4層基板(2インチ角)、1.6mm厚

基板材料 : FR4

パターン : ベタ(35 μm) 全層

ビア : デバイス直下に9個

結果



放熱器フィンの向き	熱抵抗比率
下向き	100%
上向き	95.7%
水平	110%
垂直	94.0%

注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) $\times 100$ (%)

注記 2 放熱器フィン下向きを基準モデルとした。

結果

自然対流において、放熱器フィンの向きによって熱抵抗が変わる。フィンの放熱面に対して空気が流れやすい向きの方が、放熱効果が高くなり、熱抵抗は下がる傾向である。(フィン下向き⇒フィン垂直 6%低減) 最良と最悪との差は 16%ptと大きく注意が必要である。

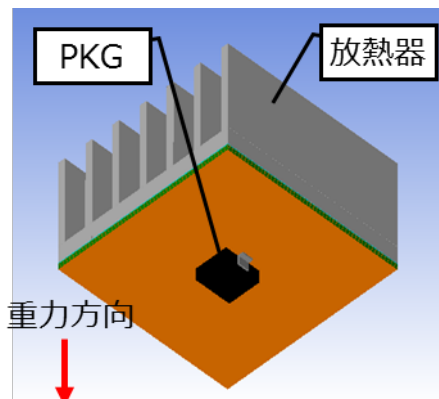
結論

自然対流では放熱器フィンの向きにより熱抵抗が変わるため、フィンを垂直にするのが望ましい

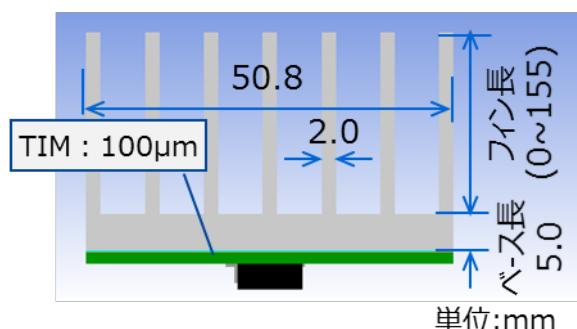
8. 放熱器フィン長と熱抵抗

課題 放熱器のフィン長の効果は？

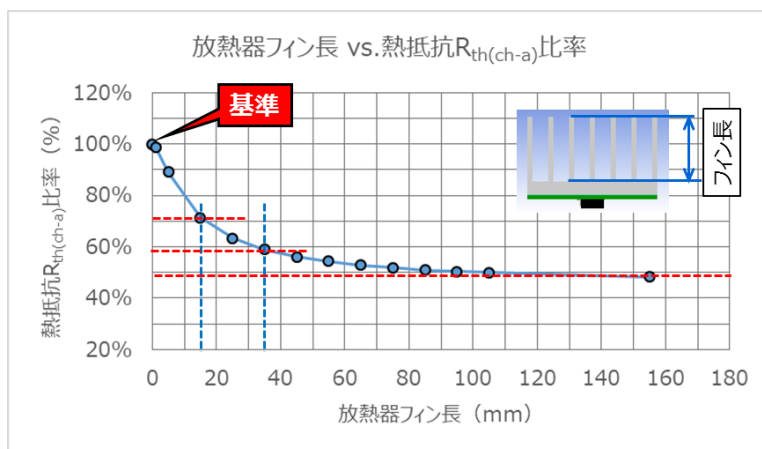
条件



パッケージ：TO-220SM(W)
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 7.0\text{W}$
 基板：4層基板(2インチ角)、1.6mm厚
 パターン：ベタ(35 μm) 全層
 ビア：デバイス直下に25個
 放熱器：フィン板厚2.0mm、フィン数7枚
フィン長 下表参照



結果



フィン長さ (mm)	熱抵抗比率	フィン長さ (mm)	熱抵抗比率
0	100%	55	54.3%
1	98.8%	65	52.9%
5	89.1%	75	51.9%
15	71.4%	85	51.0%
25	63.4%	95	50.4%
35	58.9%	105	49.9%
45	56.2%	155	48.2%

注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) $\times 100$ (%)
 注記 2 フィンなし、ベース(厚み 5.0mm)のみのモデルを基準とした。

結果

フィン長を長くすることで熱抵抗低減が図れる。今モデルでは、15mm にすることで28.6%低減できた。これはフィンの表面積や包絡体積の増加による効果と考えられる。ただしフィン長と熱抵抗の関係は線形でなく、ある長さで徐々に飽和傾向になる。

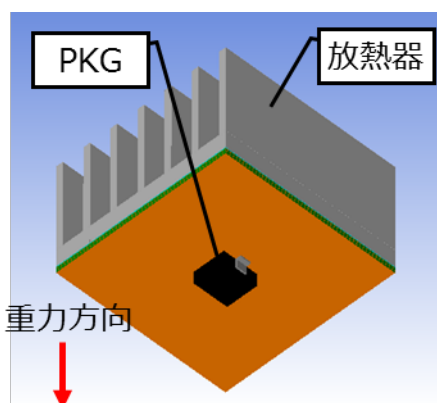
結論

**フィン長を長くすると熱抵抗は低減する
 ただし、その関係は、あるところで飽和していく**

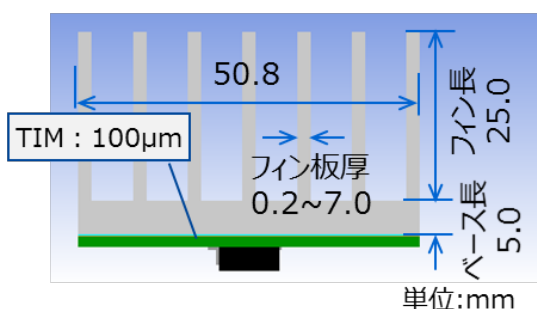
9. 放熱器フィン板厚と熱抵抗

課題 放熱器フィン板厚の影響は？

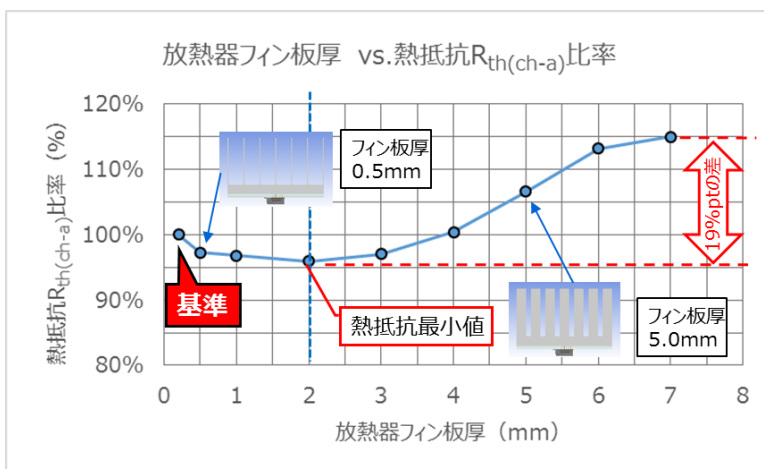
条件



パッケージ： TO-220SM(W)
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 7.0\text{W}$
 基板： 4層基板(2インチ角)、1.6mm厚
 基板材料： FR4
 パターン： ベタ(35 μm) 全層
 ビア： デバイス直下に25個
 放熱器： フィン数7枚、フィン長 25.0mm
 フィン板厚 下表参照



結果



フィン板厚 (mm)	フィン間隔 (mm)	熱抵抗比率
0.2	8.2	100%
0.5	7.9	97.3%
1.0	7.3	96.8%
2.0	6.1	96.0%
3.0	5.0	97.0%
4.0	3.8	100%
5.0	2.6	107%
6.0	1.5	113%
7.0	0.3	115%

注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) × 100 (%)

注記 2 フィン板厚 0.2mm を基準モデルとした。

結果

フィン板厚と熱抵抗の関係は、グラフのようになる。フィン板厚が 2.0mm の時に熱抵抗は、最小となるが(0.2mm⇒2.0mm 4%低減)、更に幅が大きくなると上昇していく。フィン板厚が大きくなるとフィン間隔が狭まり、空気の流れが悪くなるため熱抵抗が上昇すると考えられる。(最良と最悪との差 19%pt) 逆にフィン板厚が小さくなるとフィンへの放熱量が減り、熱抵抗が上がると考えられる。フィンには最適な厚さがある。

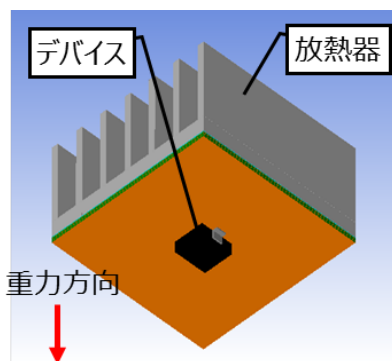
結論

外形寸法が同じ放熱器では、フィン枚数固定の場合、フィン板厚に最適値がある

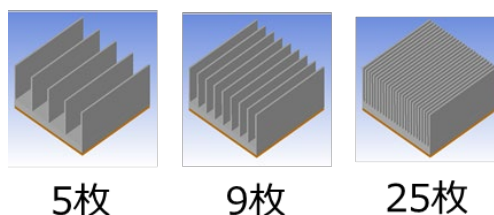
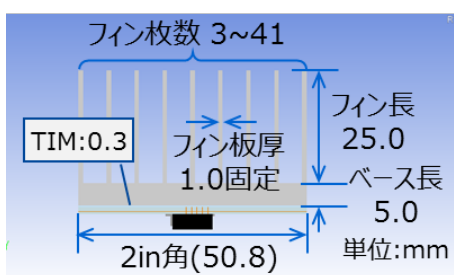
10. 放熱器フィン枚数と熱抵抗

課題 放熱器フィン枚数の影響は？

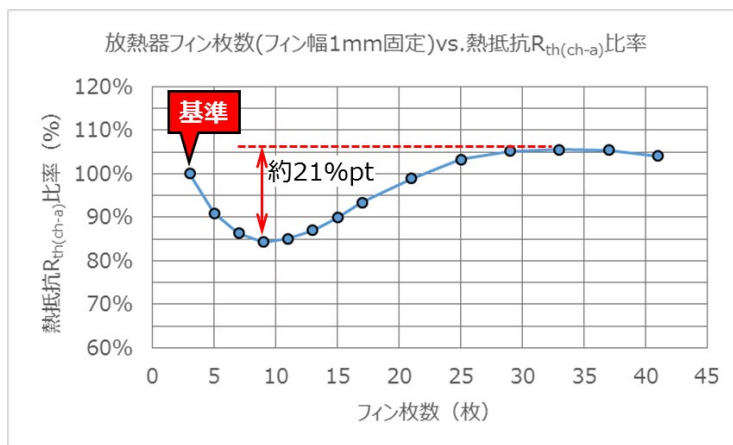
条件



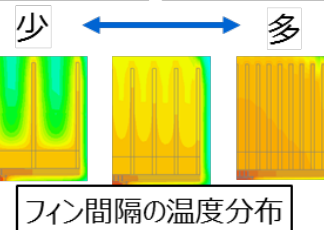
パッケージ：TO-220SM(W)
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 7.0\text{W}$
 基板：4層基板(2インチ角)、1.6mm厚
 基板材料：FR4
 パターン：ベタ(35 μm) 全層
 ビア：デバイス直下に25個
 放熱器：フィン板厚 1.0mm、フィン長 25.0mm
 フィン枚数 下表参照



結果



フィン枚数	熱抵抗比率	フィン枚数	熱抵抗比率
3	100%	17	93.3%
5	90.9%	21	98.9%
7	86.3%	25	103%
9	84.3%	29	105%
11	85.0%	33	106%
13	87.0%	37	105%
15	89.9%	41	104%



注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率
 $= (\text{各モデル熱抵抗} / \text{基準モデル熱抵抗}) \times 100 (\%)$

注記 2 フィン数 3 枚を基準モデルとした。

結果

フィン板厚を固定し、その枚数を振った時の熱抵抗は、グラフのようになる。フィン9枚が最小値である。(3枚⇒9枚 15.7%低減) 枚数が増えると空気の流れる隙間が減り、十分冷却がされないまま飽和していくため、熱抵抗は大きくなる。(最良と最悪の差は約 21%pt) 逆にフィン枚数が少なすぎると放熱器自身の表面積が減り、放熱が十分にできず熱抵抗が上がると考えられる。

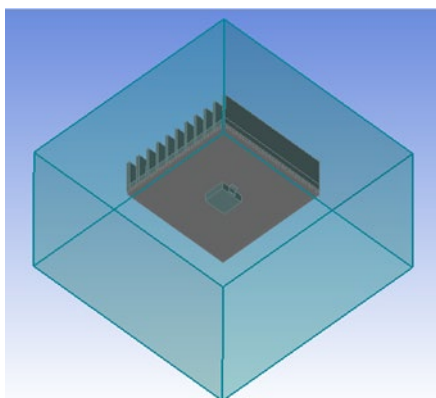
結論

外形寸法が同じ放熱器では、フィン板厚固定の場合、フィン枚数に最適値がある

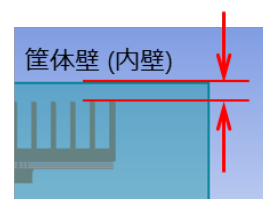
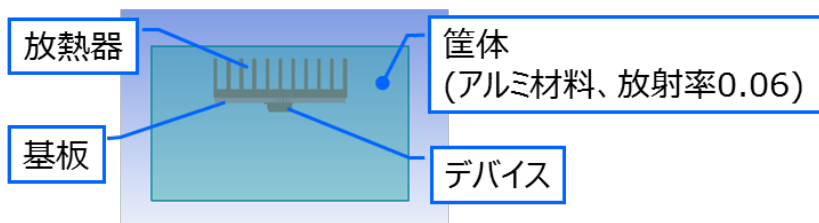
11. 放熱器－筐体内壁間距離と熱抵抗

課題 放熱器と筐体までの距離の影響は？

条件

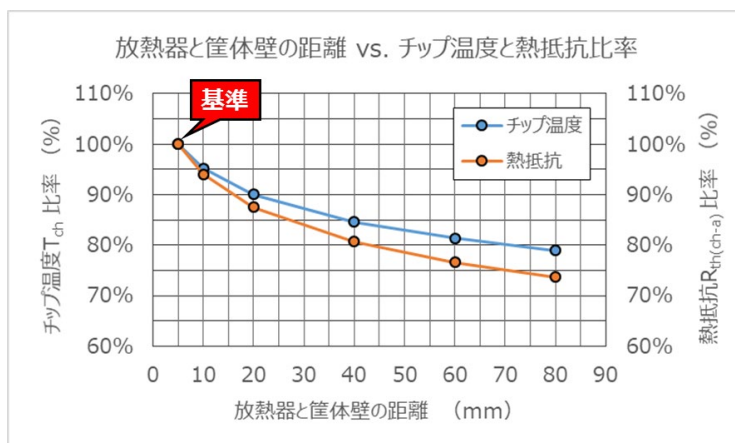


パッケージ： TO-220SM(W)
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 5.0\text{W}$
 基板： 4層基板(2インチ角)、1.6mm厚
 パターン： ベタ(35 μm) 全層
 ピア： デバイス直下に 25個
 放熱器： 50.0×51.5mm、フィン数 11枚
 筐体： 100×100mm、高さは任意、アルミ材
 放熱器と筐体までの距離： 下表参照

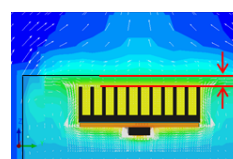


放熱器と筐体間距離

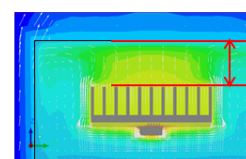
結果



放熱器-筐体間 間隔 (mm)	チップ温度 比率	熱抵抗 比率
5	100%	100%
10	95.2%	94.0%
20	90.0%	87.5%
40	84.6%	80.7%
60	81.3%	76.6%
80	79.0%	73.6%



間隔5mm



間隔20mm

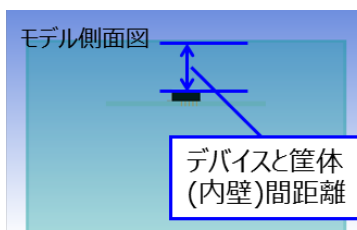
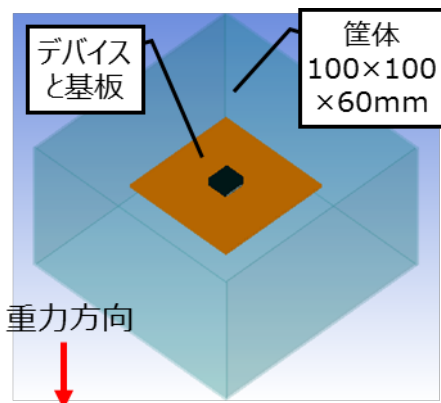
注記 1 チップ温度比率 = (各モデルチップ温度/基準モデルチップ温度) × 100 (%)
 注記 2 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) × 100 (%)
 注記 3 放熱器－筐体間距離 5mm を基準モデルとした。

結果	筐体内部に放熱器を設置する場合、筐体壁までの間隔をできるだけ空ける方が熱抵抗は下がる。(5mm⇒80mm 26.4%低減) これは間隔が大きい方が自然対流の効果を得やすく、冷却効果が大きいためである。
結論	筐体内放熱器と筐体壁は、間隔を空ける方がチップ温度、熱抵抗は小さくなる

12. デバイス-筐体内壁間距離と熱抵抗

課題 デバイスと筐体までの距離の影響とTIMの効果は？

条件



パッケージ：TO-220SM(W)

条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 2.0\text{W}$

基板：4層基板(2インチ角)、1.6mm厚

パターン：ベタ(35 μm) 全層

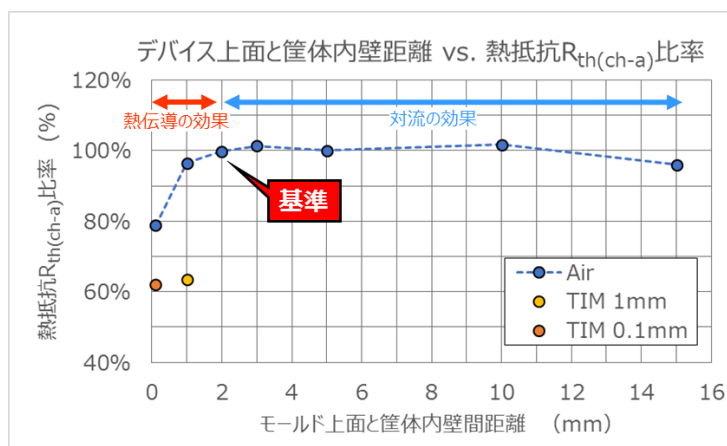
ビア：デバイス直下に25個

筐体：100×100×60mm、壁厚1mm、アルミ材

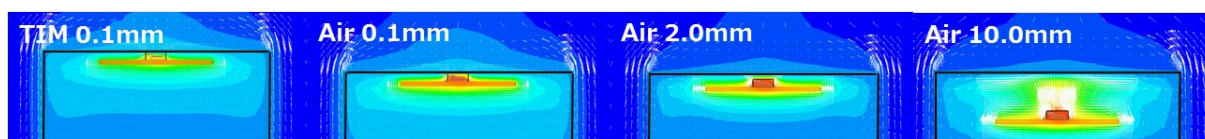
デバイスと筐体までの距離：下表参照

TIM(高熱伝導シート)：熱伝導率 面 700W/m \cdot K、
縦 10W/m \cdot K

結果



デバイス-筐体間距離 (mm)	熱抵抗比率 (%)	備考
0.1	78.8%	Air
1.0	96.5%	Air
2.0	100%	Air
3.0	101%	Air
5.0	100%	Air
10.0	102%	Air
15.0	96.0%	Air
1.0	63.6%	TIM
0.1	62.1%	TIM



注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) \times 100 (%)

注記 2 デバイス-筐体内壁間の距離 2.0mm を基準モデルとした。

結果

デバイスと筐体内壁面との距離と熱抵抗の関係は、近いほど熱抵抗は下がる傾向。2mm 以下では、隙間の空気は対流せず、熱伝導が優勢となり、それ以上では、空気の自然対流の影響が出てくる。また TIM を介してデバイスを筐体に接触させると熱抵抗は大きく下がる。(2mm \Rightarrow TIM 0.1mm 37.9%低減)

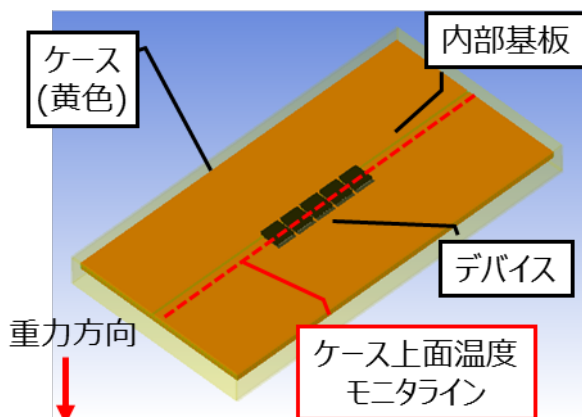
結論

デバイスと筐体間は出来るだけ近くする
TIM を介してデバイスを筐体に接触させるのが効果大

13. ヒートスポット対策 1 (高熱伝導シート)

課題 ケース表面のヒートスポットを低減するには？

条件

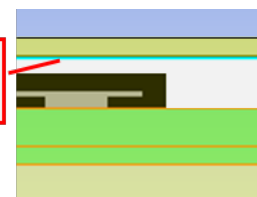


ケースと
デバイス間
距離0.5mm



モデル 1(高熱伝導シートなし)

高熱伝導シート
100μm



モデル 2(高熱伝導シートあり)

デバイス : SOP Advance (5 個搭載)

条件 : $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 1\text{W/pc}$

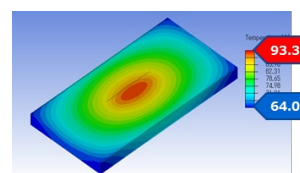
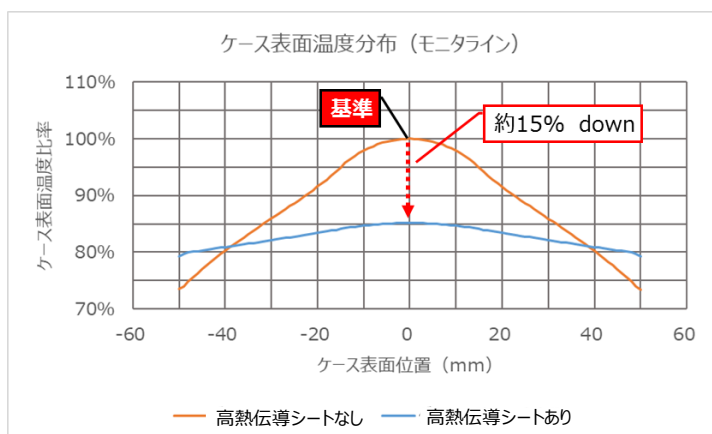
基板 : 4 層基板(97×48.8mm)、1.6mm 厚

パターン : ベタ(35μm)、全層

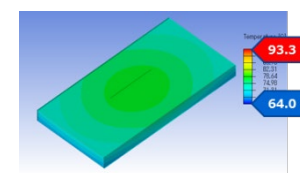
ケースサイズ : 100×50×8mm(外寸)、0.5mm厚

TIM(高熱伝導シート) : 熱伝導率 面 $700\text{W/m}\cdot\text{K}$
厚さ方向 $10\text{W/m}\cdot\text{K}$

結果



高熱伝導シートなし



高熱伝導シートあり

注記 1 ケース表面温度比率 = (各位置での温度/基準温度) × 100 (%)

注記 2 高熱伝導シートなしでケース表面位置が中央の 0mm を基準温度とした。

結果

薄いケースに発熱体を入れた場合、ケース表面にヒートスポットが発生する可能性がある。その対策としてケース内面に高熱伝導シートを貼り付けることにより、熱を分散しヒートスポットを低減することができる。(シートなし⇒あり ケース表面温度が最大約 15% 低減)

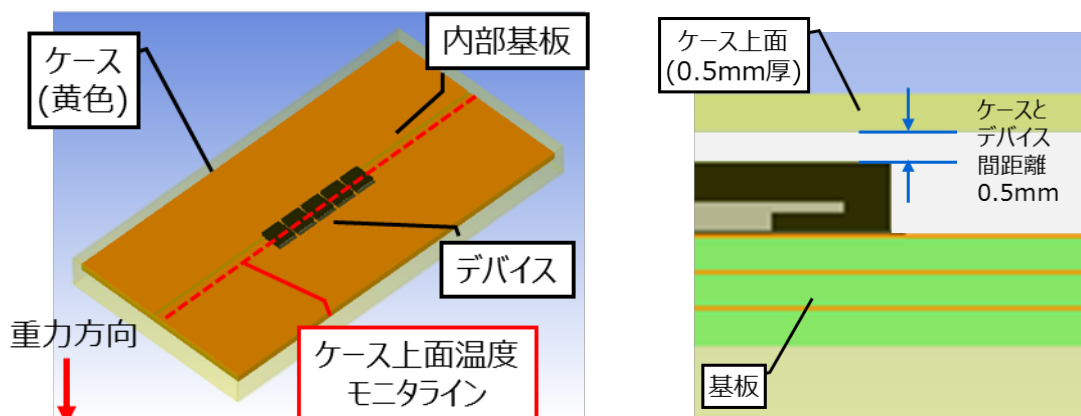
結論

ケース内部に高熱伝導シートを貼り付けることは、ヒートスポット対策となる

14. ヒートスポット対策 2 (ケース材料)

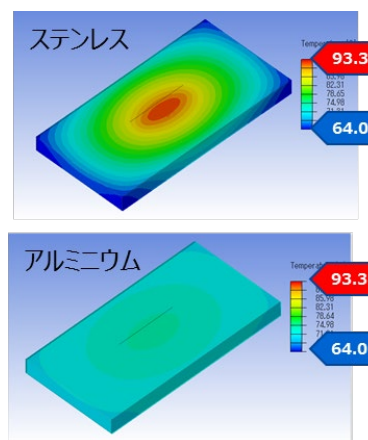
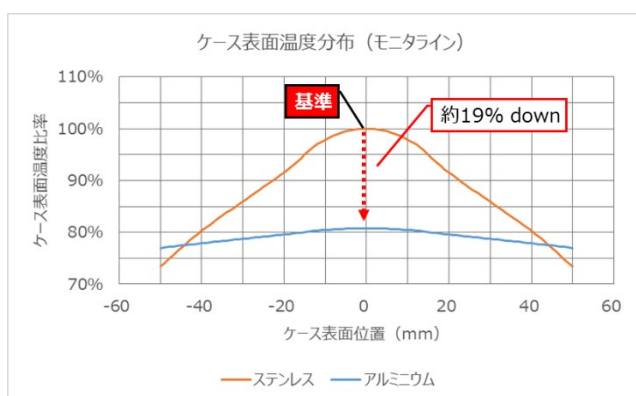
課題 ケース表面のヒートスポットを低減するには？

条件



デバイス : SOP Advance (5個搭載)
 条件 : $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 1\text{W/pc}$
 基板 : 4層基板(97×48.8mm)、1.6mm厚
 パターン : ベタ(35 μm)、全層
 ケースサイズ : 100×50×8mm(外寸)、0.5mm厚
 ケース材料 : ステンレス、アルミニウム

結果



注記 1 ケース表面温度比率 = (各位置での温度/基準温度) × 100 (%)
 注記 2 ケース材がステンレスでケース表面位置が中央の 0mm を基準温度とした。

結果

ケースを熱伝導率の低い材料にした場合、ケース表面にヒートスポットが発生しやすい。対して熱伝導率の高い材料にすることでヒートスポットの発生は低減できる。(熱伝導率低い⇒高い ケース表面温度が最大約 19%低減)

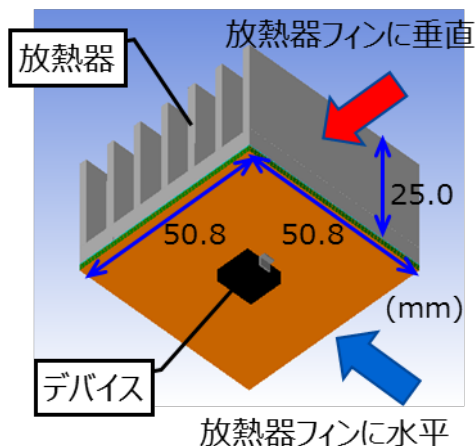
結論

ヒートスポット対策としてケース材に熱伝導率の高いものを使用するとよい

15. 風向きと風速の熱抵抗への影響

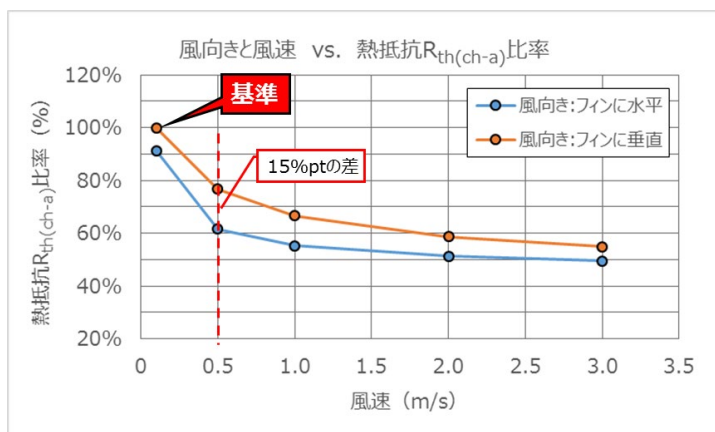
課題 放熱器フィンに対する風の向きと風速の影響は？

条件

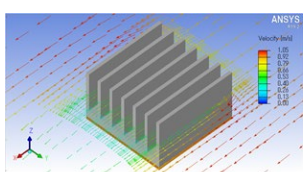


パッケージ： TO-220SM(W)
 条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 10.0\text{W}$
 基板： 4層基板(2インチ角)、1.6mm厚
 パターン： ベタ(35 μm) 全層
 ビア： デバイス直下に25個
 放熱器： フィン数7枚、フィン板厚2.0mm、
 フィン長25.0mm、ベース5.0mm、TIM付き
 風向き： 放熱器のフィンに水平・垂直の2方向

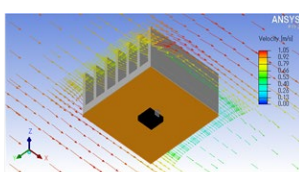
結果



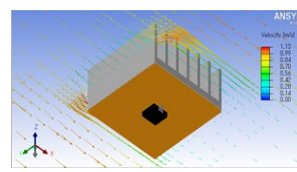
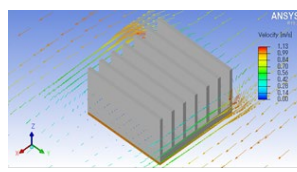
風速 (m/s)	熱抵抗比率	
	フィンに水平入力	フィンに垂直入力
0.1	91%	100%
0.5	62%	77%
1.0	55%	67%
2.0	51%	59%
3.0	50%	55%



風の流れ：フィンに水平



風の流れ：フィンに垂直



注記 1 熱抵抗 $R_{th(ch-a)}$ 比率 = (各モデル熱抵抗/基準モデル熱抵抗) $\times 100$ (%)

注記 2 フィン垂直、風速 0.1m/s を基準モデルとした。

結果

放熱器フィンに対し水平と垂直で風を当て、風速を振った場合の熱抵抗比率を示す。風の当て方は水平の方が垂直よりも最大 15%pt 低くなる。また風速は、初期では効果大きい、ある風速(今モデルでは 2m/s)以上は、飽和傾向が見られる。(0.1m/s \Rightarrow 2.0m/s 41%低減) 放熱器の表面積が変わらず、そのすべての表面に風の影響が伝わったためと考えられる。

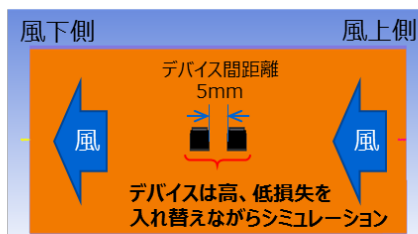
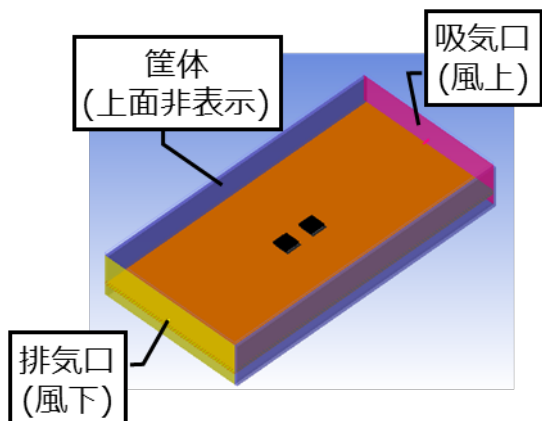
結論

フィンには風向きに対し水平にするのが良い
 風速は大きい方が効果はあるが、やがて飽和する

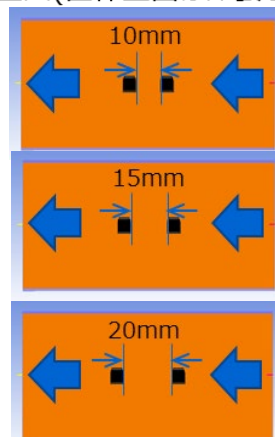
16. 空冷風速とデバイス配置の影響(高損失印加デバイスと低損失印加デバイスの相関など)

課題 風に対する高損失印加デバイスと低損失印加デバイスの配置の影響は？

条件



上面より見た配置図(筐体上面は非表示)



パッケージ：SOP Advance (高損失印加、低損失印加各 1 個)

条件： $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 5.0\text{W}$ (高損失印加)、 0.5W (低損失印加)、強制空冷(風速: 1、3、5m/s)

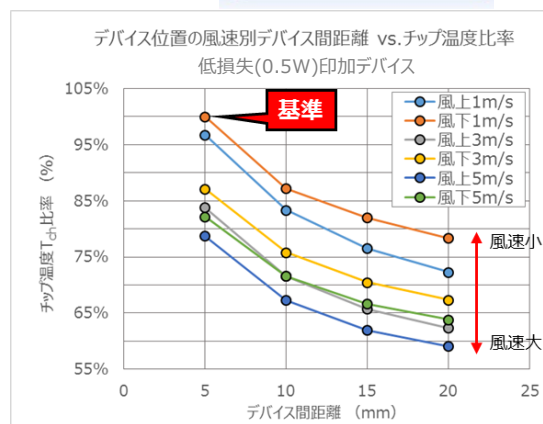
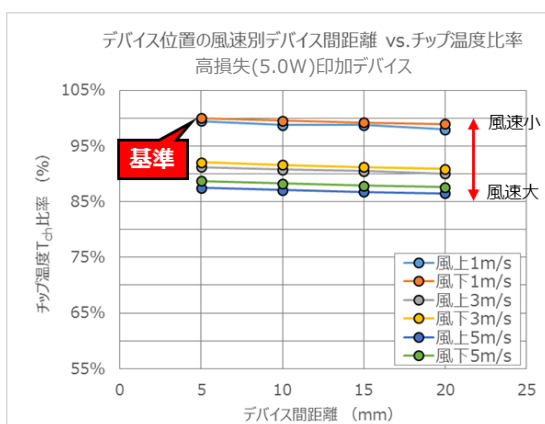
デバイス間距離：右図参照

基板：4層基板(2インチ×1インチ)、1.6mm厚

パターン：ベタ(35 μm) 全層

筐体：101.6×51.8mm、高さ 15.6mm、1.0mm厚

結果



注記 1 チップ温度 T_{ch} 比率 = (各モデルチップ温度/基準モデルチップ温度) × 100 (%)

注記 2 風上、間隔 5mm、風速 1m/s を基準モデルとした。

結果

低損失印加デバイスのチップ温度は、風速とデバイス間隔ともに依存が見られる。また、風下に置いた方が、温度が高くなる傾向が見られ、その差の割合は、高損失側より大きくなっている。対して高損失印加デバイスのチップ温度は、風速により低減するが、デバイス間隔にはあまり依存しない。また、風上、風下の違いでも風下の方が、僅かに温度が高い程度である。いずれも、基板からの熱伝導(干渉を含む)と風の影響(熱伝達)と推測される。

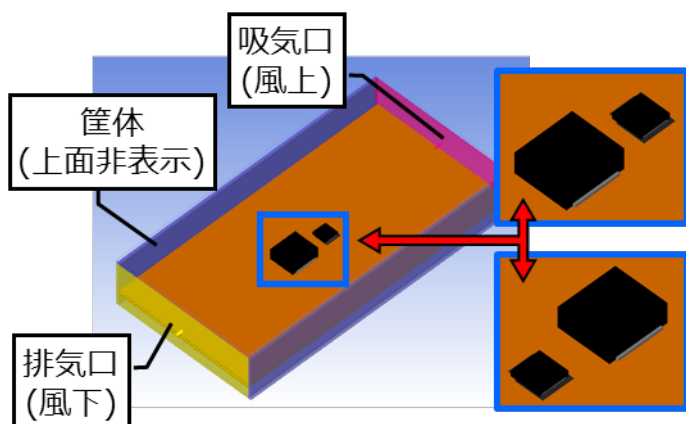
結論

低損失印加デバイスは、風速とデバイス間距離による影響が出やすい

17. 空冷風速とデバイス配置の影響(外形の大きいデバイスと小さいデバイスの相関など)

課題 風に対する大きいデバイスと小さいデバイスの配置の影響は？

条件

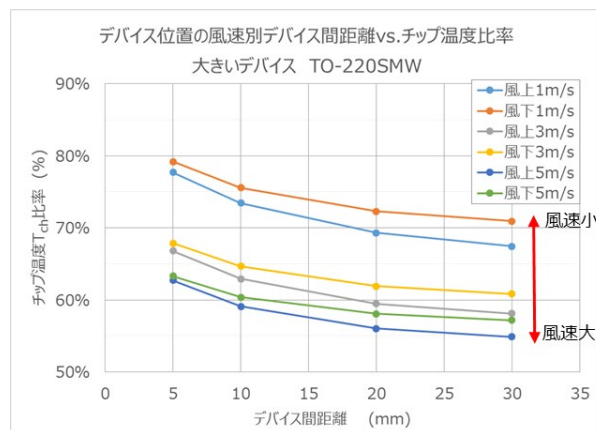
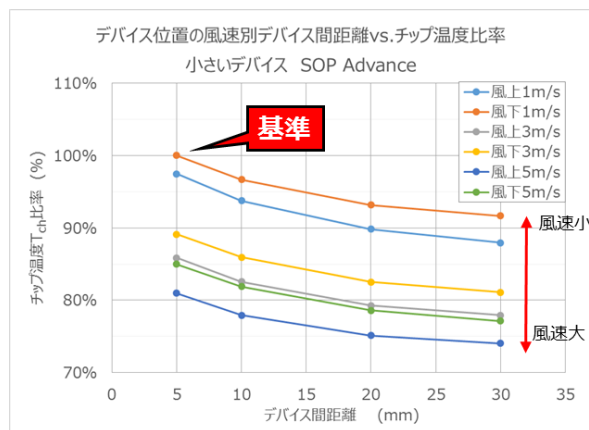


上面より見た配置図(筐体は非表示)



デバイス : SOP Advance (小)
TO-220SM(W) (大)
条件 : $T_a = 25^\circ\text{C}$ 、 $P_D = 5.0\text{W}$ (両デバイス共通)
強制空冷(風速:1、3、5m/s)
基板 : 4層基板(2インチ×1インチ)、1.6mm厚
パターン : ベタ(35 μm) 全層
筐体 : 101.6×51.8mm、高さ 15.6mm、1.0mm厚

結果



注記 1 チップ温度 T_{ch} 比率 = (各モデルチップ温度/基準モデルチップ温度) × 100 (%)

注記 2 SOP Advance 風上、間隔 5mm、風速 1m/s を基準モデルとした。

結果

大きさの違うデバイスでは風の当たり方が異なるため、温度に差が出る。
 ・風速が大きい方が冷却効果は大きい。 ・表面積が大きい方が温度は低い。
 ・デバイス間距離が近いと温度は高く、遠くなると温度は下がるが、いずれ飽和する。
 ・小さなデバイスは風上におくと有利だが、大きなデバイスはその影響は小さい。このような組み合わせの配置は、大きさを考慮することが必要である。

結論

小さいデバイスは、風上に配置する方が、温度低減効果が大きい

製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事情報の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/>