

# 基板設計における放熱対策のあれこれ

モリマーエスエスピー株式会社

## 序文

従来より基板設計における放熱対策の問題は、常に共通的な課題として設計者に認識されてきた。しかし昨今のデバイス材料技術の進歩により、使用されるデバイスはより小型化してきた。また利用する周波数域の拡大により、従来にはないギガヘルツ帯への対応が求められるにつれ、より広範な放熱対策が求められるようになってきた。基板上に実装されるこうした発熱体となるデバイスの長期動作を保証し、基板自体の長期信頼性を確保するためには、基板設計での放熱対策におけるより一層の工夫が求められようになってきている。

弊社は基板商社として多数の基板メーカーと関係を持ち、それぞれの会社が持つ非常に特徴的な技術を知悉することとなった。こうした最新の放熱技術をご紹介しますことで、設計者の取り得るオプションを増やすことで、問題解決の一助となることを期待するものである。

## 1. デバイスの傾向

D/D コンバーターや RF アンプなど、発熱元となるデバイスはより小型化の方向にある。従来はデバイス自体をねじ止めで放熱体（アルミフィンブロック）に固定し、放熱効率を上げることができた。回路部分のみを基板に接続することで、基板自体には放熱機能を期待せずに、回路の電氣的接続機能だけを受け持たせていた。

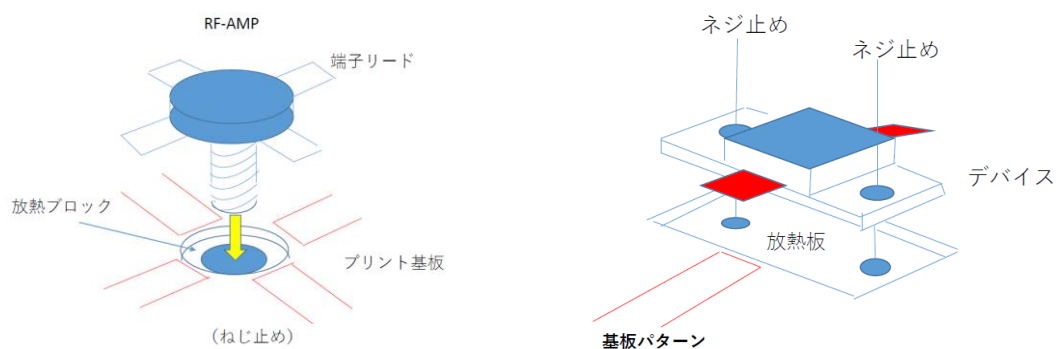


図1：従来多かった典型的な放熱構造

しかし昨今のデバイスでは、デバイスの裏面が放熱体となる構造が増えている。よほどの大パワーデバイスでない限り、下記のような構造が多くなっているのである。

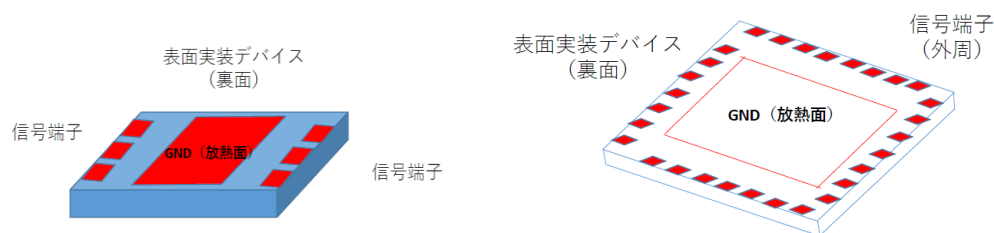


図2：小型化されたデバイスの裏面

こうした表面実装の場合、デバイス裏面の発熱部分は、基板上に位置する。従って良好な放熱を実現するためには、基板自体の放熱効率を高める必要がある。また長期間高温にさらされる基板は、信頼性確保のためにも積層構造やスルーホール接続部に過度な負荷を与えないレベルにまで温度を下げてやることが必須となるのである。

## 2. 特定デバイスに対する高放熱対策

基板上に搭載された回路部品において、ある特定の部位が著しく発熱するような場合、取り得る対策としてあるのが、銅ピラーの埋め込み構造である。例えば高周波 RF アンプの最終段のような場合、ギガヘルツ帯などでの高周波対応ではどうしても熱効率が悪化する傾向にある。こうした場合には、当該デバイスの直下に銅製のピラーを埋め込むことで熱伝導効率を飛躍的に高めることができる。その構造を下記に示す。

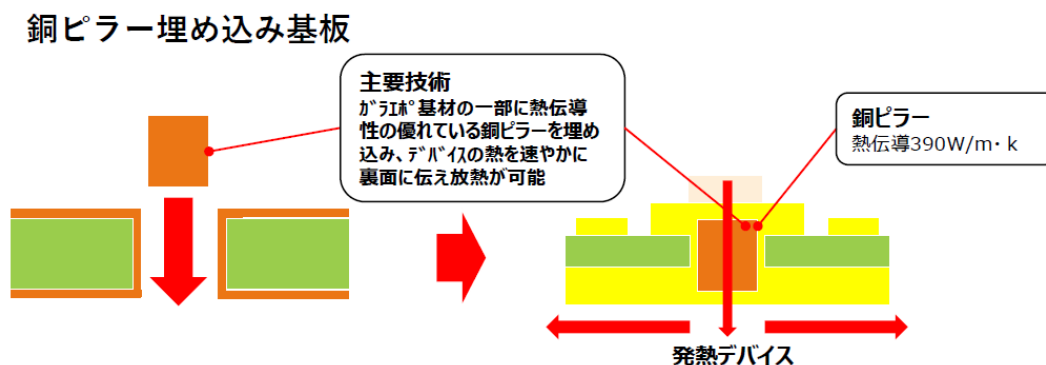


図3：銅ピラー基板の構造

表1：銅ピラー基板の仕様一例

| 仕様   |                                          |
|------|------------------------------------------|
| 基材   | FR-4                                     |
| 板厚   | 1.0mm                                    |
| 銅箔厚  | 18 $\mu$ m+めっき25 $\mu$ m                 |
| 銅ピラー | 厚さ1.05mm , 径 $\phi$ 2.5mm , $\phi$ 5.0mm |
| 表面処理 | フラッシュAu                                  |
| 熱伝導率 | 銅ピラーは390W/m・k                            |

弊社の推奨する銅ピラー基板においては、銅ポストの埋め込みでは圧入は行っていない。これによりまれに起こり得る銅ピラー圧入時のスルーホールメッキの損傷を防止することができる。銅ピラーの挿入後には、基板全体に銅めっきを施すことで、銅ポスト直上部に発熱デバイスを実装することができる。発熱部に直接銅による高熱伝導の接触を与えることになるので、放熱効果としては最高度の物が期待できるのである。

これと類似の方法として挙げられるのが、デバイス直下のスルーホール形状を長孔とする方法である。この構造を下記に示す。

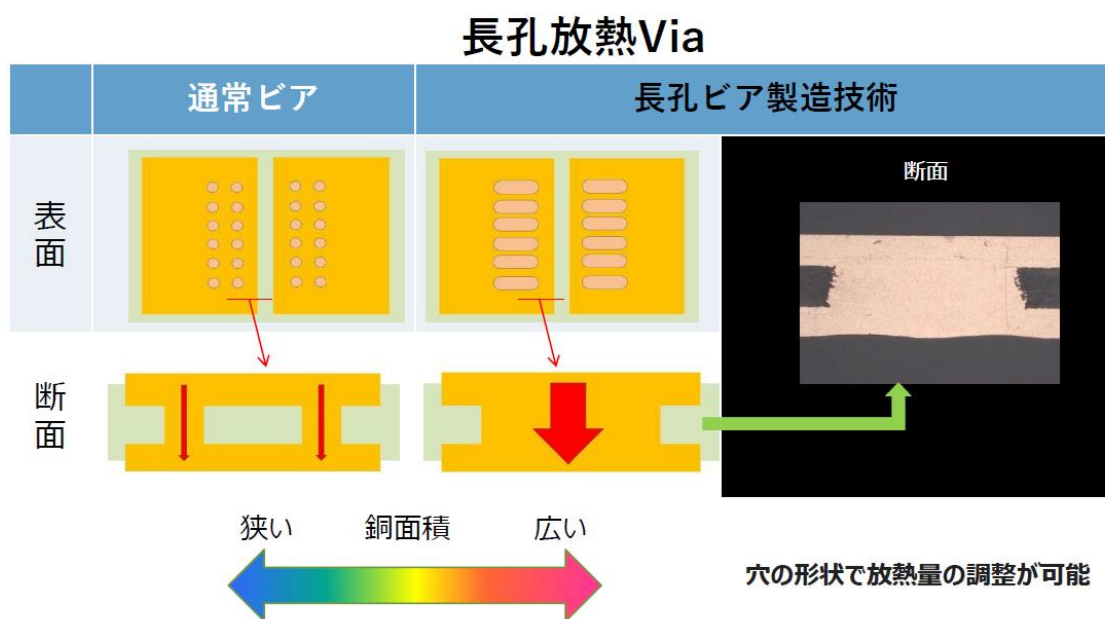


図4：長孔ビアの構造

通常のフィルドビアでは熱伝導が不十分であるような場合、上記の構造を採用することで当該エリアの熱伝導率を高めることができる。この構造のメリットは、従来の基板工法に大きな変更を加えることなく、放熱特性を大きく改善できる可能性があるということである。長孔の寸法や配列の設計次第で、最初にご紹介した銅ポストに準じる効率の良い放熱構造を提供することができる。

### 3. 面構造で改善する放熱

面全体で放熱特性を改善したいというようなご要望を受けるケースがある。又、採用されるプリント基板によっては、フィルドビアでの長孔や銅ポストが採用できないケースも出てくる。例えば、アスペクト比の高いスルーホール構造を採用された多層基板のような場合、銅めっきによってフィルドビアを形成すること自体が困難となるようなケースである。こうした場合での対応としては、熱伝導率の高いペーストをスルーホールに充填して対応する方法がある。その構造を下記に示す。

| 充填材料                 | THP-100DX1<br>(エポキシインク)                                                           | AE-1125DS<br>(銅ペースト)                                                              | AE-3030<br>(銀ペースト)                                                                | PTH<br>フィリング                                                                       |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 材料メーカー               | 太陽インク                                                                             | タツタ電機                                                                             | タツタ電機                                                                             | —                                                                                  |
| 熱伝導性<br>(w/m/k)カタログ値 | 0.58                                                                              | 1.1                                                                               | 7.8                                                                               | 403                                                                                |
| 断面図                  |  |  |  |  |

| 充填材料                 | SVC-720                                                                           |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 材料メーカー               | サンノブコ                                                                             |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |
| 熱伝導性<br>(w/m/k)カタログ値 | 1.20                                                                              |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |
| ドリル径                 | Φ0.15                                                                             | Φ0.25                                                                             | Φ0.3                                                                              | Φ0.4                                                                              | Φ0.6                                                                              | Φ0.8                                                                                |
| 断面図                  |  |  |  |  |  |  |

図5：放熱ビア

上記に示したように、要求される熱伝導のレベルによって適切な放熱ペーストを選択することで、面全体での放熱特性を改善することができる。この構造であると、アスペクト比の高いスルーホールにも対応が可能であり、また厚みの大きな高多層基板においても対応することができる。銅ペーストの穴埋めでは、7.8 w/m k の熱伝導率を提供することができ、対応するスルーホールの径も 0.15 mm まで対応可能である。更に有底ビアの穴埋めも、真空穴埋めで対応している。

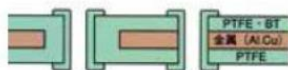
#### 4. 金属コア、金属ベース基板

多数の LED が実装される基板や、RF 回路を全般的に放熱対策したいというようなケースでは、金属コア基板や金属ベース基板がある。

弊社の推奨する金属コア基板の構造を、下記に示す。

##### ■ 金属コア基板

- 優れた放熱効果
- 寸法安定性



基板 GND と金属コアを、TH めっきで接続している。

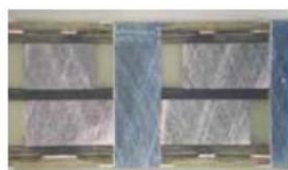


図6：金属コア基板

従来から金属コアの基板は、多くの基板メーカーから提案がされてきた。しかしこれらの多くは単に金属板を基板内部に積層しただけであり、電気的には完全に独立したものであるケースが多かった。弊社の推奨する金属コア基板では、FR4の基板部にある GND 回路を、スルーホールめっきで金属コアと接続するという構造のものである。こうした構造が採用困難であったのは、銅めっき槽の汚染を引き起こし易いという工法上の制約があったからである。それを克服することで、熱対策に加え、回路の EMI 対策上にも優れた特性の基板を提供できるのである。以上ご紹介した金属コア基板を積層構造の面から見た適用の例を、アルミ板を用いた例として整理すると、以下ようになる。

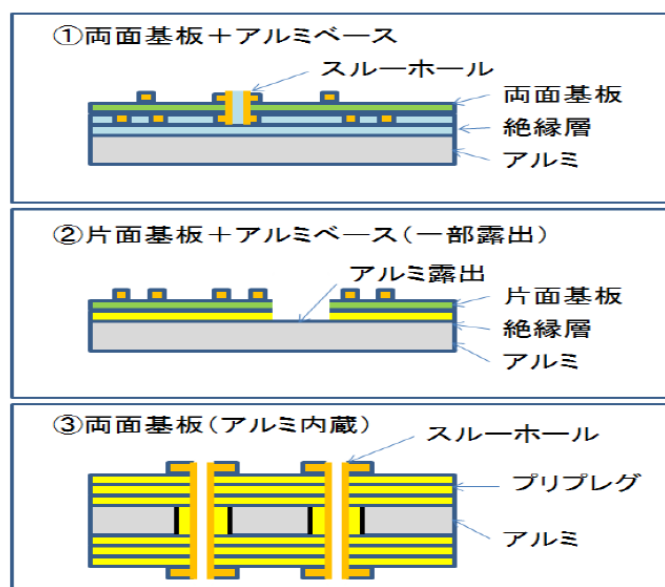


図 7：金属コア基板の層構成例

次にご紹介するのは、金属ベース基板である。下記にその例を示す。

### ■ 金属ベース基板

- 優れた放熱効果(高密度設計・多層化が可能)
- EMI対策



基板裏面と金属ベースを、半田あるいはスズめっきした後で熱圧着している

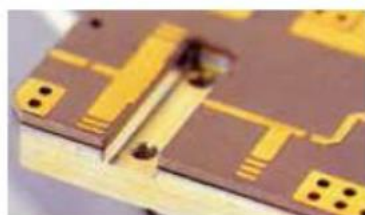


図 8：金属ベース基板

上記の写真では、フッ素樹脂基板を対象とした金属ベース基板を形成している。この製品も上記の金属コア基板と同様に、スルーホール回路は金属ベースと銅めっきで接続されている。しかし、より大きな特徴であるのは、基板裏面全体も金属ベースと熱圧着がされているという点である。フッ素樹脂基板の裏面全体に、半田めっき、あるいはスズめっきを施しており、金属ベースに熱圧着がされているのである。これによって放熱特性が改善されるだけにとどまらず、RF 特性上でも大きな改善効果を得ることができる。特に周波数の高い製品においては、EMI 対策としても有効である。

## 5. 厚銅基板

今までご紹介してきた基板での対策は、発熱するデバイスに対応するという意味で、様々な解決策をご提供するものであった。一方、回路基板の扱う電流、電力によっては基板そのものが発熱することも考慮しなければならない。一般的には $35\mu\text{m}$ 厚の銅箔で回路を形成した場合、 $1\text{mm}$ 幅で $1\text{A}$ というのが従来言われてきた回路の安全電流という考え方である。しかし扱う電力量が増加する、あるいは筐体内部に実装される基板の放熱条件によっては、この条件では対応が困難になるようなケースもある。そうした状況では、使用する銅箔そのものを厚くして回路からの発熱を抑制する必要がある。こうした場合にご提案するのが、厚銅基板である。その実施例を下記に示す。

### ■ 厚銅コイル基板

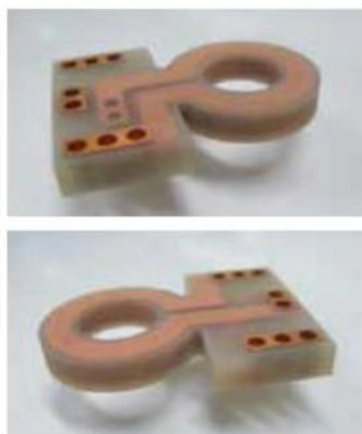


図9：厚銅基板

上記の写真は、厚銅回路でコイル基板を形成したものである。 $200\mu\text{m}$ クラスの厚銅を用いることで、回路そのものからの発熱を抑制している。又、高多層化することで回路部分を基板内部に封止した構造になっている。耐油性や耐薬品性にも優れているので、無接点充電での送受信コイルとしてご提案している。

全回路層を厚銅化することが困難なようなケースでは、下記に示すような層構成の一部のみを厚銅化するようなご提案も行っている。大電流・放熱対策を受け持つ層と微細回路を受け持つ層を分けることで、より広範な需要にお応えすることが可能になっている。

## 銅内蔵 放熱構造基板

用途：携帯電話カメラフラッシュ基板

### 特徴

- ・ 厚銅 3 層基板  
(内層銅厚0.2mm、総板厚0.35mm)
- ・ 極薄PP (0.03mm) を使用。

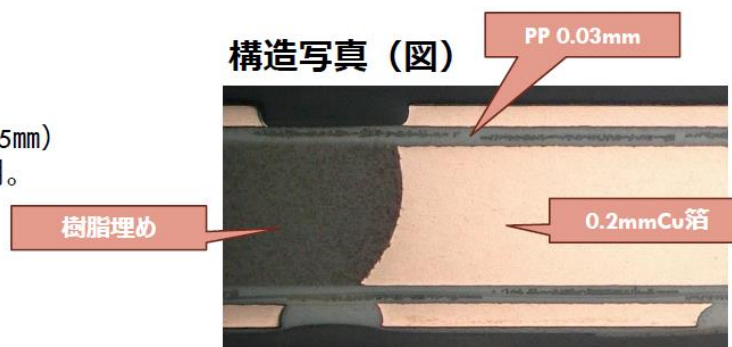


図 1 0：銅内蔵放熱構造基板

この基板の特徴としては、以下のものが挙げられる。

- ・ 厚銅 3 層基板 (内層銅厚 0.2 mm、総板厚 0.35 mm)
- ・ 極薄 PP (0.03 mm) を使用。

この製品は携帯電話内部に搭載されるカメラフラッシュに適用されたものであり、以下に示すような精度要求をも満たしている。

- ・ 回路と SR の合わせ公差が  $\pm 0.04$  mm
- ・ 金 WB 実装用表面処理 (無電解 NiPdAu めっき)
- ・ 外形間センターラインと部品パット間センターラインとのズレ公差が  $\pm 0.075$  mm

厚銅を用いた基板は、上記のように回路発熱の防止・放熱性の改善という観点からみて、今後より広範な適用が行われる可能性を持ったものと言えるのではないだろうか。

### まとめ

以上ご紹介したように、基板設計における様々な放熱技術が、既に量産技術として確立されている。お客様の製品は日々進化を続けるが、従来の汎用的な基板技術のみでは対応できないようなケースも発生するだろう。一方で過去 20 年来、プリント基板業界は激しい淘汰の時代を経てきている。今時点で活動されているプリント基板メーカーは、規模は小さくても特徴ある技術をお持ちの会社が存在する。弊社としては基板商社としてこういった特徴ある技術をもった基板メーカーをご紹介することで、お客様の問題解決の一助となるべく、日々活動していくものである。

以上