

高放熱プリント配線板の工法開発

伊藤 尚輝 富樫 康久

近年、情報処理端末の高速化と高機能化によって、電子部品の消費電力が増加し、部品の発熱温度が高くなるため、プリント配線板の放熱性向上が求められている。具体的には、基地局用端末装置、露光装置、LED照明装置、配電盤制御装置等では高放熱プリント配線板が採用されている。

本稿では弊社が開発した高放熱プリント配線板の製造技術について紹介する。

プリント配線板の放熱対策

電子部品の高集積化と小型化に伴い、実装回路も高密度化するため、プリント配線板の放熱性は低下する。そのため、部品の特性変化や装置故障が発生しやすくなる。

一般に、プリント配線板の放熱対策として、特殊な構造やメタルを使用しない場合、銅箔厚の厚銅化、高放熱材料の採用、パターン形成やサーマルビア配置等が用いられる。しかしながら、これらの対策だけでは、放熱性が不足し、新たな改善策が求められている。

そこで、弊社では、従来よりも優れた放熱性を実現するために、通常の $18\mu\text{m}$ や $35\mu\text{m}$ よりも大幅に厚銅化した銅箔厚 $500\mu\text{m}$ プリント配線板と、高熱伝導率($390\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と $240\text{ W/m}\cdot\text{K}$)のメタル(銅、アルミ)を使用したプリント配線板をそれぞれ開発した。

銅箔厚 $500\mu\text{m}$ プリント配線板

弊社では、通常の $18\mu\text{m}$ や $35\mu\text{m}$ よりも銅箔が厚い $240\mu\text{m}$ までのプリント配線板を製造してきた。そこで、更なる高放熱化を図るため、従来の工法では実現不可能であった銅箔厚 $500\mu\text{m}$ のパターン形成技術を開発することで、銅箔厚 $500\mu\text{m}$ プリント配線板を実現した。

写真1は銅箔厚 $500\mu\text{m}$ の断面構造を示す。

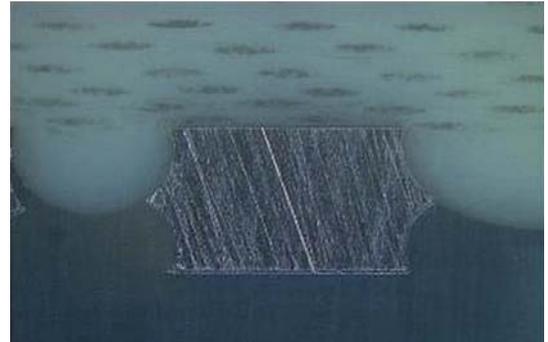


写真1 銅箔厚 $500\mu\text{m}$ の断面構造

銅箔厚 $500\mu\text{m}$ のパターンを形成するには、エッチング工程においてエッチング量の制御、同一層でのパターン位置合わせの精度向上が不可欠である。高精度(最大ずれ量 $\pm 50\mu\text{m}$ 以下)を実現するため、位置合わせ精度の高い設備に特別に設けたアライメントマークを採用した。更に、プリント配線板の接続信頼性や絶縁信頼性を確保するため、高信頼性材料の選定や層間厚みの設定を工夫した。一連のパターン形成技術で製造したプリント配線板を写真2に示す。



写真2 銅箔厚 $500\mu\text{m}$ のプリント配線板

銅箔厚 $500\mu\text{m}$ の実現が可能となり、本プリント配線板の放熱効果を評価した。図1に示す実験モデルで、電流を印加したときの温度上昇を測定した。

結果、銅箔厚を厚くすることにより温度上昇が低く抑えられた。図2に電流印加時の温度上昇測定結果を示す。

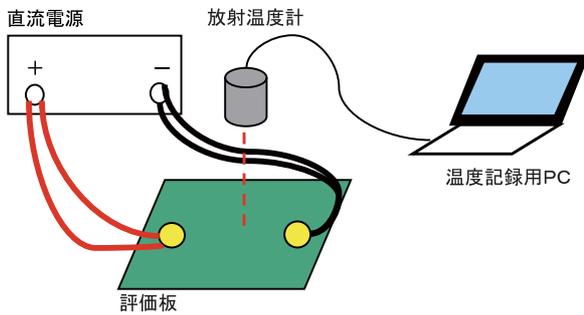


図1 実験モデル

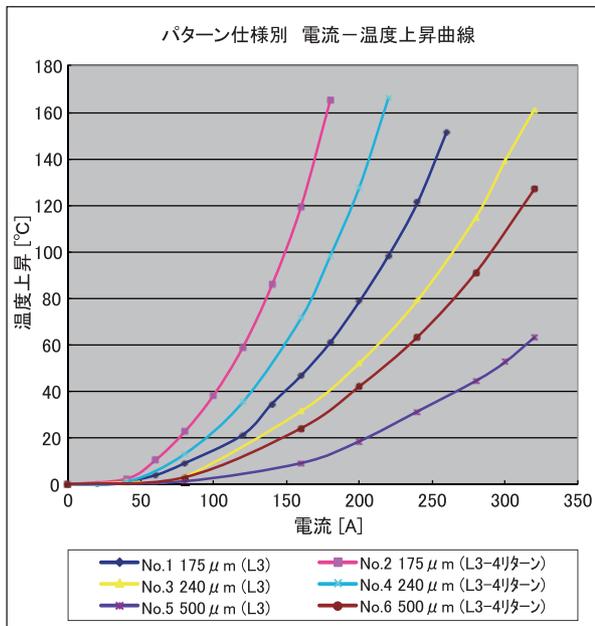


図2 電流印加時の温度上昇測定結果

高熱伝導率メタル入りプリント配線板

弊社では、通常のプリント配線板へ高熱伝導率 (390W/m・Kと240W/m・K) のメタル (銅、アルミ) を入れた高放熱プリント配線板を開発した。メタルの厚さは一般的な0.5~1.0mmではなく、最大厚さ2.5mmまでを製造可能とした。

厚さ2.5mmのメタルを入れた配線板を実現するには、メタル部の電気接続させない穴を事前に樹脂充填する技術と樹脂の特性を考慮する必要がある。また、熱膨張係数が異なるメタル (アルミ) を入れるため、スルーホールとの接続信頼性確保が課題である。このため、高耐熱/低熱膨張材の選定やメタルと絶縁層との層間密着力強化に特殊な前処理を実施することで高い信頼性を実現した。

写真3に高熱伝導率メタル入りプリント配線板の断面構造を示す。

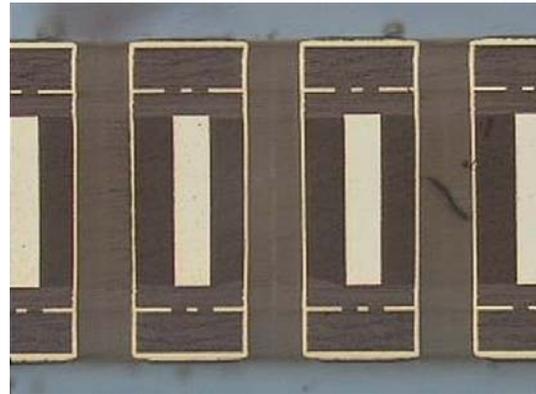


写真3 高熱伝導率メタル入り配線板の断面構造

放熱性を高めるためには、熱伝導率の高いメタルの採用が望ましいが、加工性、信頼性から銅とアルミを採用した。放熱性を重視するのであれば熱伝導率の高い銅 (390W/m・K) が優位である。又銅はスルーホールとの接続が容易で放熱経路として使用が可能である。一方アルミは熱伝導率約240 (W/m・K) と銅に比べ低くなるが重量が軽い利点とコスト優位性があるため、コストと放熱性のバランスを考える必要がある。

放熱性を向上させる構造

プリント配線板に実装された電子部品の熱を放熱させるためには、熱を逃がすため熱の経路を考慮することが重要である。ここで、熱の伝わりやすい経路 (熱抵抗低い) と伝わりにくい経路 (熱抵抗高い) が存在する。熱の伝わりとは熱伝導率を意味する。よって、電子部品の熱を熱伝導率の高いメタルと直接接触させる方法や、プリント配線板のメタル部分と筐体のメタル部分を直接接触させる方法によって、放熱性の高い熱経路を実現する。例えば、絶縁層を除去してメタルを露出させるザグリ加工技術は熱経路の形成が可能である。ザグリ加工技術では、高精度なルーター加工制御によって、Z方向にメタルを露出させることが可能である。また、レーザー加工によるザグリ加工技術では、レーザーのエネルギー量を制御しながらメタルを露出させる加工が可能である。これら2つのザグリ加工技術は、メタルの材質や絶縁層の層間厚によって使い分ける。

図3と図4はザグリ加工技術の事例を示す。

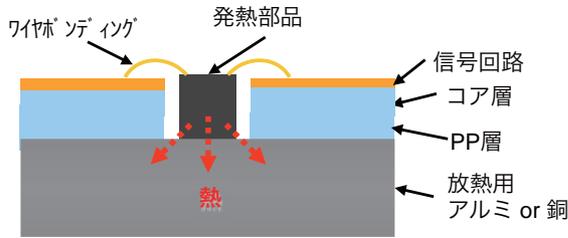


図3 部品からの熱を直接放熱させる構造

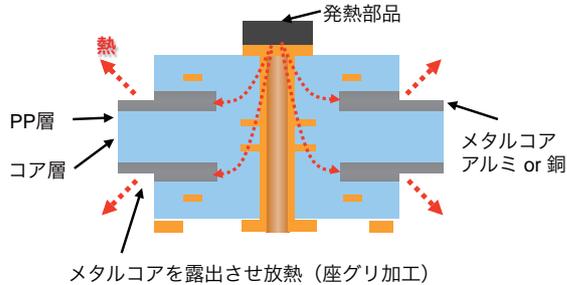


図4 内層メタルを露出し放熱させる構造

高周波材とメタルとの複合構造

近年、高速／高周波用途で電子部品の発熱温度が高くなることから、低誘電材とメタルの複合構造を採用したプリント配線板が増加している。

そこで、弊社では、FR-4の適用が主流であったが、高周波材は高価なため、メタルと表層へ高周波材、内層へFR-4材を組み合わせたプリント配線板を実現した。図5は高周波材とメタルとFR-4材を組み合わせたプリント配線板の断面構造を示す。

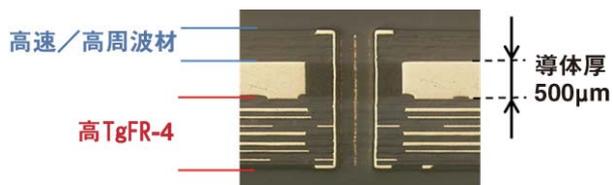


図5 高速／高周波材＋金属（銅）＋FR-4材

放熱性を高めたスルーホール構造

発熱が高い電子部品には、ヒートシンクを部品表面に取り付けて冷却する。しかし、冷却効果はヒートシンクの大きさに関係するため、電子部品の実装設計やプリント配線板のレイアウト設計に制限がある。放熱性を向上させる方法として、スルーホールを多数設け銅の

表面積を確保することが従来から行われていた。

図6はスルーホールによる放熱構造を示す。

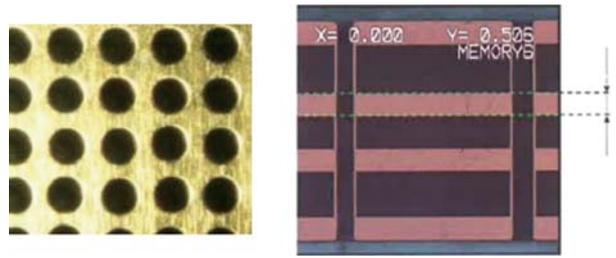


図6 スルーホールによる放熱構造

上記、スルーホールによる放熱構造では、スルーホールの断面積やエリアの形成に製造面の限界があり、放熱性を向上させる高密度化は困難であった。弊社はスルーホール内の金属密度を上げ、発熱部品とスルーホールを直接接触させる新構造を開発し、放熱効果の向上に取り組んだ。

図7は、スルーホール内へメタルを埋め込み、埋め込んだメタルと電子部品を接触させることで放熱する構造を示す。

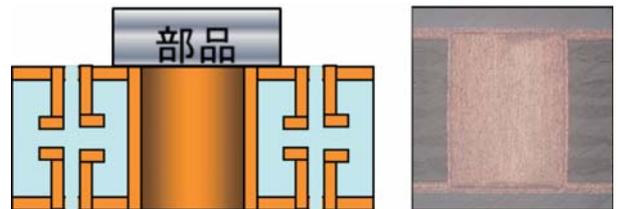


図7 部品直下に銅を埋め込んだ構造

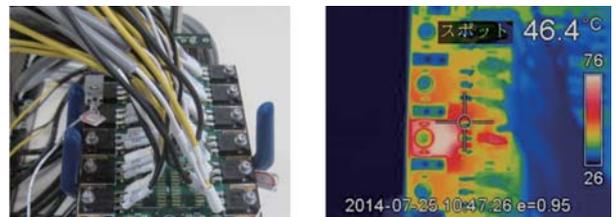


図8 放熱効果検証

弊社では、図7で示した構造の放熱効果を検証した図8は、トランジスタ部品の直下に銅を埋め込み、部品温度と裏面側に伝わる熱を測定した状況、図9は検証で実測した熱抵抗結果を示す。

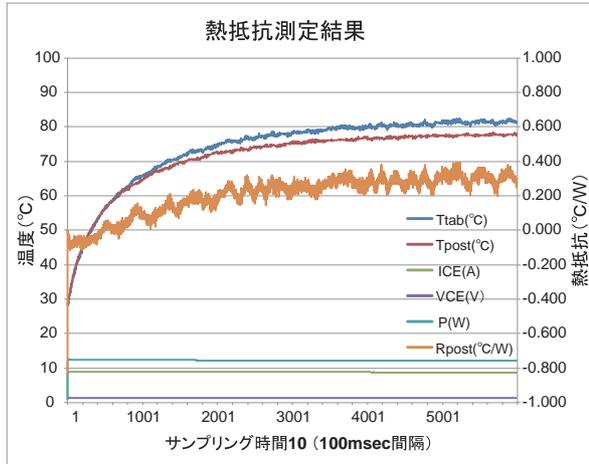


図9 熱抵抗測定 (°C/W)

検証結果より、部品温度と裏面側に伝わる温度は、95%以上の伝熱効果があることが確認できた。

弊社では、製品化へ向けた検証評価とデータの蓄積をしながら、更なる放熱性向上のための実用化検証を進めている。

あ と が き

日本国内ではプリント配線板のコスト競争が激化し、生産拠点の海外シフトや海外メーカーへの製造移行が進んでいる。一方情報処理端末の機能性能を支える電子部品は加速的に進化し、実装するプリント配線板への要求仕様は厳しくなっている。弊社は本稿で紹介した放熱技術に限らず、新たな付加価値を実現すべく、新しい発想と新しい技術を用いた、海外メーカーが真似できない製品開発にチャレンジしている。今後の業界の動きに着目しながら、次世代プリント配線板の創出を目指す。◆◆

● 筆者紹介

伊藤尚輝：Naoki Itou. OKIサーキットテクノロジー株式会社 技術本部

富樫康久：Yasuhisa Togashi. OKIサーキットテクノロジー株式会社 技術本部

TIP 【基本用語解説】

サーマルビア

放熱性を向上させるために設けたスルーホール。

エッチング

金属を溶解する処理。

FR-4

米国規格協会ANSIで規定している積層板のグレードで、耐熱性ガラス基材エポキシ樹脂積層板。

スルーホール

銅メッキによって導体を形成した穴。