

# こうして使おうパワーデバイス

## 第16回 時代とともに

### 大きく変わってきたパッケージ技術



パワーデバイスのパッケージには、外部環境から半導体素子を保護すること、半導体素子と外部接続端子を接続すること、外部接続端子を用いてプリント基板に接続すること、半導体素子で発生する熱を外部に放熱することなどの役割があります。デバイスの信頼性向上、小型化やコスト低減、大電流化への対応に加えて、面実装化や鉛フリー化などプリント基板の実装技術の変化もあって、パッケージ技術は大きく進化してきました。今回は、パッケージの歴史から最新技術までをご紹介します。

#### パッケージの外形寸法と標準化

半導体メーカーが違ってプリント基板への実装に支障がないように、パッケージの形状・寸法などが標準化されてきました。日本ではJEITA、米国ではJEDEC、さらに国際的にはIECによって名称と仕様が登録されています。

JEDECではトランジスタ用パッケージにTO-xxの名称を用いており、小型面実装トランジスタが登場するとSOT-xxの名称を用いるようになりました。JEITAではSC-xxの名称を用いています。よく知られている例としては、メタルCANのTO-3、エポキシモールドの挿入実装用TO-247、TO-220、面実装用のSOT-23などがあります。ピン数が多いデバイスでは、ICと同じSO-8、TSOP-6などのパッケージのものもあります。

登録されたもの以外でも、D-PAK、D2-PAK、QFNのように複数のメーカーで使われているパッケージ、IRのDirectFET®のようにメーカー独自のパッケージもあります。

メタル CAN			面実装標準パッケージ(小電力用)		
TO-3	TO-5	TO-46	SO-8	TSOP-6	SOT-23
大電力用パッケージ					
表面実装型			挿入実装型		
DirectFET®	D-PAK	D2-PAK	PQFN	TO-220	TO-247

図1. 主なパッケージの種類

#### パッケージの変遷

1960年代から円筒形の金属を用いたメタルCANパ

ッケージが用いられてきましたが、1970年代からは製造コストが安いエポキシ樹脂のプラスチックパッケージが普及しています。

1980年代にはそれまでの挿入実装から、高密度実装が可能な面実装への移行が始まりました。ただし、IC/LSIに比べるとパワーデバイスはプリント基板への搭載個数が少なく、高密度化よりも放熱の要求が大きかったことなどから、面実装への移行はゆるやかでした。

最近では、パワーデバイスにも小型化、薄型化の要求が強くなり、またMOSFETなどのデバイスが急速に低損失化したこと、基板パターンを通じて効率良く放熱する技術が進んできたことなどから、超小型のPQFNや、放熱に優れたDirectFET®などの新しいパッケージの製品が増えています。

PQFN、DirectFET®はともにピンをもたず面状の電極でプリント基板の銅箔に直接はんだ付けされます。きわめて小型・薄型であるとともに、電気抵抗が低く、放熱性にも優れ、寄生インダクタンスが極小のため高速で低ノイズという特長もあります。

また、2000年代中頃から欧州でRoHS指令が始まり、はんだの鉛フリー化など、実装技術にも大きな変化が求められてきました。鉛フリーはんだは融点が高く、プリント基板の組み立て装置の改良が必要になっただけでなく、エポキシ樹脂や、内部半田材、接着剤などのパッケージ材料の耐熱性向上や、熱膨張への対応など、さまざまな改良が必要になりました。

#### パッケージ内部構造の変化と最新のパッケージ技術

パッケージの内部では、金属のリードフレームに半導体素子が接合され、半導体素子上の配線パッドと外部接続端子が極細のワイヤなどで接続されています。

接続用ワイヤは一般のIC/LSIで直径20～40μm、パワーデバイスでは数10～数100μm程度の金線、アルミ線、銅線などが用いられます。このワイヤの接続は、ワイヤ先端に超音波振動と圧力を加えて融着させるワイヤボンディングが用いられてきました。

最近では、MOSFETなどのデバイスの低オン抵抗化、大電流容量化や高速化が急速に進み、ワイヤボンディングやリードフレームの電気抵抗、熱抵抗、インダクタンスが問題になってきました。それを解決するために、さまざまな新しい構造が使われるようになり、パッケージ技術の多様化が進んでいます。

まず、ワイヤボンディングを並列化し、本数を増やして電気抵抗を減らし、放熱性も向上させたパッケージが作られています。また、接続用極細ワイヤを幅広のリボンワイヤや銅クリップに変えることで、大幅な低抵抗化、放熱性向上を実現しています。はんだ付けによる内部接続も行われており、そのために半導体素子でもはんだ付け対応の表面処理技術が使われています。

また、挿入実装のパッケージでも、端子を線状から板状に変えることで電気抵抗、熱抵抗、インダクタンスの低減をはかったWIDELEAD(幅広リード)が開発されています。このような新しい技術を駆使することにより、最大240Aという大電流容量も可能になっています。

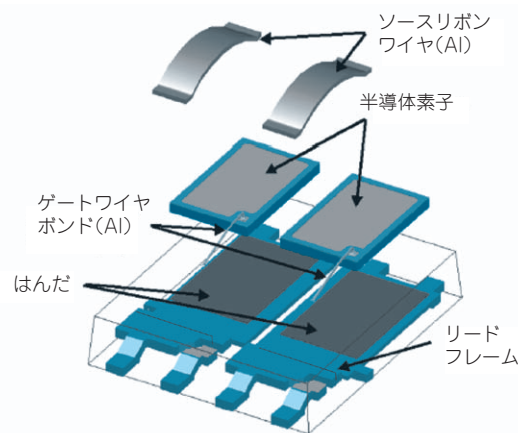


図2. リボンワイヤを使用したパッケージの例



図3. WIDELEAD(幅広リード)ピンパッケージ

#### パッケージ性能を追求した最新のDirectFET®

さらに低抵抗化、放熱性向上を進めるために、半導体素子の両面での半田による接続も行われています。

それを最も強力に押し進めたDirectFET®では、半導体素子の両面を金属電極でサンドイッチした構造を採用しています。それぞれをプリント基板の銅箔に直接はんだ付けすることによって、きわめて低抵抗かつ高い放熱性を持ち、配線インダクタンスも極小のため高速性に優れ、放射ノイズも小さく、サイズもきわめて小型・薄型で、製造も容易にできるという多くの優れた特徴をもつ最新のパッケージです。

DirectFET®はコンピュータ用の高性能電源回路のために開発されたパッケージですが、高性能を生かしてD級オーディオアンプに用いられる他、超薄型の特長を生かして電動工具などにも用いられています。

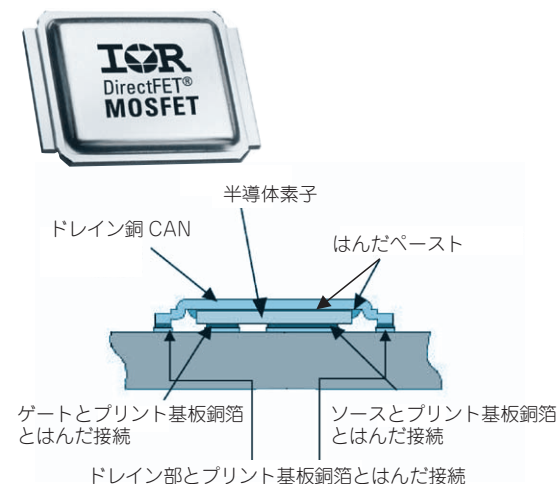


図4. DirectFET®の構造