

パワーモジュールの長寿命化技術

菊池正雄* 高尾治雄**
林 建一* 鶴迫浩一**
吉原邦裕**

要 旨

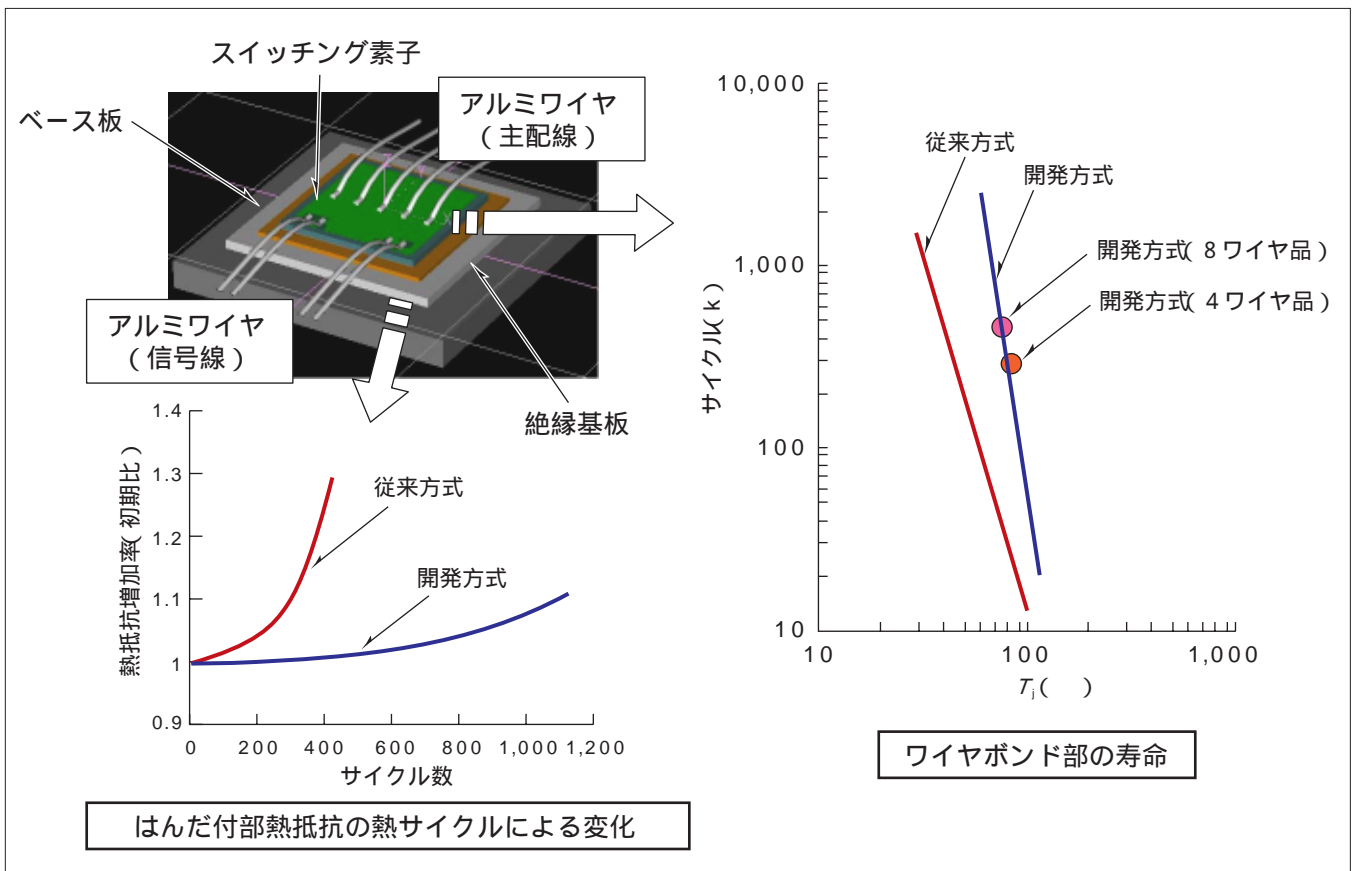
近年、パワーエレクトロニクス製品の用途は多様化しており、環境負荷対策として注目されているハイブリッドカーに代表されるように、製品機能や信頼性に対する市場の要求はますます高度化しつつある。特に、キーデバイスであるパワーモジュールの寿命は、ユーザーが選定する際の重要な性能と位置付けられている。

本稿では、パワーモジュールの寿命がスイッチング動作による熱サイクル疲労に支配されている点に着目し、①パワーデバイス表面に形成されたワイヤボンド部の長寿命化、②絶縁基板を固定する大面積はんだ付部の長寿命化に焦点を絞って三菱電機の取り組みを紹介する。

ワイヤボンド部は、アルミワイヤと素子界面に沿って亀裂が進展し、ついには電流集中による接合部の溶断に至って寿命を迎える。これをパワーサイクル寿命と称し、寿命

向上のためには、緻密な接合部を形成して亀裂の進展速度を小さくすること、ワイヤボンド部の温度振幅を低減することが必要となる。当社では、これらに対して①接合品質の向上、②電気・熱シミュレーションを援用したワイヤリング最適化の取り組みを図っており、これらの事例について紹介する。

一方、絶縁基板はんだ付部は、大面積であるために、絶縁基板と金属ベース板間の大きな線膨張差がはんだ内部の亀裂を進展させる。これに対しては、はんだ厚さ確保による塑性ひずみ低減で寿命向上が実現できる。はんだ付部にアルミワイヤボンドによる“ワイヤバンプ”を形成することで、はんだ厚さを高精度にコントロールし長寿命化を達成する技術について紹介する。



ワイヤボンド部と基板はんだ付部の改善事例

パワーモジュールは、スイッチング動作時の温度振幅に対する信頼性が寿命を左右する。特に、素子へ大電流を供給するワイヤボンド部と素子の発熱を逃がすための絶縁基板はんだ付部の信頼性が機能と並んで重要な性能と位置付けられる。三菱電機では、ワイヤボンド条件の適正化とワイヤ配置シミュレーションによる長寿命ワイヤボンド技術、独自のはんだ厚さ制御方式で高信頼はんだ付技術の開発に取り組んでいる。