

主 論 文 要 旨

| | | | | |
|--|-----|---|-----|--------|
| 報告番号 | 乙 第 | 号 | 氏 名 | 大曾根 靖夫 |
| 主論文題目： 移動体通信用パワー半導体モジュールの熱設計 (熱物性計測技術および低熱抵抗構造の開発) | | | | |
| <p>(内容の要旨)</p> <p>移動体通信用のパワー半導体モジュールの一つとして、携帯電話端末に搭載される高周波無線通信回路がある。この高周波無線回路の中で送信信号を増幅するために用いられるパワーアンプが、端末で消費される電力の半分程度を占めてきた。パワーアンプの温度が製品として許容される上限を超えないような実装構造を考える、いわゆる熱設計は、その小型化が著しいことから、製品設計上のキー技術となっている。</p> <p>材料の熱物性値は、電子機器の熱設計を行うための必須データである。製品の筐体や、搭載される電子機器、プリント配線板、および、電子機器内部の半導体素子構成材料については、一部の材料は物性値がプロセス依存性を持つため、また、材料によっては機密情報とされるため、熱物性のデータを入手することが困難であるという事実が存在する。そのため、熱物性の自前の計測技術やデータベースを保有することが大変重要である。</p> <p>一方、半導体産業において急務となっている製品開発期間の短縮のために、数値解析を援用した設計を行う開発手法が主流となりつつある。半導体素子の場合解析モデル作成の自動化が進まない状況があるため、モデル化のノウハウが重要である。本論文では、移動体通信用のパワー半導体モジュールの熱設計と、熱物性およびその測定技術の問題を明らかにし、熱設計の包括的な指針を提言することを目的とした。</p> <p>第1章では、移動体通信用パワー半導体モジュール、特に、携帯電話端末搭載機器における熱設計と熱物性情報取得の重要性を述べた。また、移動体通信用パワー半導体モジュールの開発動向と課題を整理し、小型化トレンドが継続しているため、発熱密度が数 100 W/cm^2 と非常に高くなっていること、および、端末から外部環境へ放熱できる熱の量が限られることから、熱設計が非常に重要になっていることを示した。</p> <p>第2章では、携帯電話筐体の熱設計上の課題である、放熱経路の接触熱コンダクタンスの改善方法を検討した。</p> <p>第3章では、熱設計の高度化に不可欠な物性値の測定技術について、その第一歩として開発した、熱拡散率、接触熱コンダクタンスの光学的な計測技術の課題を検討した。試料に照射する加熱光とプローブ光のスポットサイズや位置決め精度による測定精度への影響を定量的に検討した後、熱拡散率については十分な精度で計測可能であることを実験的に確認した。また、接触熱コンダクタンスを光学的に測定する見通しを得た。接触熱コンダクタンスを測定する際に試料の変形の問題を予め考慮することが測定精度向上の要件であることを見出した。</p> <p>第4章では、パワー半導体モジュールの数値解析を用いた熱設計を行う場合の手法を述べた。自動車などの構造体と異なり、半導体モジュールの数値解析を用いた実装設計には、マスクレイアウト等の二次元の設計データからモデルを作成するため自動化が困難であること、また、厚さ 10 nm 程度の薄膜から代表長さ 10 cm のオーダーのプリント基板まで、ダイナミックレンジの広いモデルを作る必要があることに特徴がある。このモデル化の要点について検討した後、有限要素法を用いたパワー半導体素子の熱設計に上記モデルを応用することにより、大規模な数値実験を援用して半導体素子内部の発熱温度上昇を予測し、実装構造を適正化して素子温度を許容温度以下に保つ熱設計が可能となることを述べた。特に、周期発熱動作という携帯電話特有の動作について、定常状態だけに着目した熱設計では仕様がオーバースペックになることを明らかにすると同時に、素子内部の発熱領域のレイアウトを調整することにより、内部の温度分布をより好適な条件にできることを明らかにした。</p> <p>第5章では、3章、4章で検討した個別の技術の、半導体モジュールの熱設計における位置づけを行い、熱設計技術を向上させるための課題を整理した。</p> <p>第6章に、結論として各章で得られた内容をまとめ、移動体通信用パワー半導体モジュールの設計手法に関する提言とした。</p> <p>以上</p> | | | | |