Osaka University Knowledge Archive

Title	Studies on Enhancement Methods of Transient Thermal Measurement
Author(s)	原, 智章
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82234
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　原　智章　）	
論文題名	Studies on Enhancement Methods of Transient Thermal Measurement （過渡熱測定の改善手法に関する研究）

論文内容の要旨

過渡熱測定と構造関数による解析は，半導体デバイスの接合部からアンビエントへの熱流路を表すよく知られた手法である。この手法は，チップダイアタッチ，リードフレーム，サーマルインターフェイスマテリアル（TIM），ヒートシンク，接触熱抵抗などの熱流路を形成する要素の熱抵抗と熱容量を明らかにすることができる。この技術はシリコン（Si）半導体をベースに培われてきており，電子部品の熱流路を特定するための熱設計に広く使用されている。

本研究は，過渡熱測定と構造関数による解析を現在の測定ニーズにおいて利用できるようにすることを目的としている。この論文では，3つの異なるトピックについて述べた。まず，Kファクター測定環境に関する研究について説明した。Kファクターは過渡熱測定に必要な重要なパラメータの1つであり，その精度は重要である。次に，p型ゲートを備えた窒化ガリウム高電子移動度トランジスタ（GaN HEMT）の新しい過渡熱測定法について述べた。最後に，半導体デバイスの新しいパッケージとして，3次元的な放熱をするアプリケーションにおける過渡熱測定と構造関数解析について述べた。この論文は以下の５章で構成される。

第1章では，過渡熱測定の背景とその使用法について説明した。また，この論文で扱われる各トピックの研究目的について示した。

第2章では，過渡熱測定と熱流体シミュレーションの基礎について触れた。構造関数解析やkファクターの導出など，過渡熱測定に関連するトピックについて2.2で説明した。熱流体シミュレーションについては，2.3で簡単に説明した。

第3章では，Kファクター測定の研究について述べた。2つの異なる温度制御環境を比較した。1つは，温度制御チャンバーを使用する従来の測定環境で，被試験デバイス（DUT）の温度を均一に制御する事が可能である。もう1つは，過渡熱測定でも用いる片面コールドプレートを使用する環境である。前者は，より多くの時間と労力を要するが，理想的なKファクターを正確に取得できることが知られている。後者はKファクターを取得するのがはるかに簡単で短時間で取得可能であるが，精度が問題とされてきた。前者の環境での測定結果を基準に，後者の環境取得したKファクターが許容範囲内であるかどうか確認した。

第4章では，ワイドバンドギャップ半導体であるp型ゲートを備えた GaN HEMT の過渡熱測定に関する研究について述べた。ワイドバンドギャップ半導体の熱的利点は，より小さくて軽いパッケージを作るために使われるため，熱設計をさらに困難にする。Siデバイス同様，ワイドバンドギャップデバイスにおいても過渡熱測定と構造関数解析が必要である。Siデバイスに使用される従来の方法では GaN HEMT の過渡熱測定が難しいことを示し，提案手法について述べた。

第5章では，半導体デバイスの新しいパッケージの過渡熱測定に関する研究について述べた。パッケージの熱密度が大きくなるにつれて，パッケージは片面冷却から両面冷却に進化を遂げた。絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）とフリーホイールダイオード（FWD）を備えた非対称構造を持つ両面冷却2-in-1パワーモジュールを使用して評価を行った。測定結果を用い，過渡熱シミュレーションモデルの特性抽出（キャリブレーション）を行った。キャリブレーションされた過渡熱モデルの使用例として，パワーモジュール内の3つのはんだ層の疲労解析を示した。

第6章では，この論文の要約及び達成された結果と今後の展望を示した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（原　智章）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	舟木　剛
	副 査	教授	高井　重昌
	副 査	教授	牛尾　知雄
	副 査	教授	白神　宏之
	副 査	准教授	杉原　英治

論文審査の結果の要旨

本論文は過渡熱測定と構造関数による解析を現在の測定ニーズにおいて利用できるようにすることを目的としている。この論文は以下の５章で構成されている。

第 1 章では，過渡熱測定の背景とその使用法について説明している。また，この論文で扱われる各トピックの研究目的について示している。

第 2 章では，過渡熱測定と熱流体シミュレーションの基礎について触れた。構造関数解析や k ファクターの導出など，過渡熱測定に関連するトピックについて 2.2 で説明している。熱流体シミュレーションについては，2.3 で簡単に説明している。

第 3 章では，K ファクター測定の研究について述べ，2 つの異なる温度制御環境を比較している。1 つは，温度制御チャンバーを使用する従来の測定環境で，被試験デバイス（DUT）の温度を均一に制御する事が可能である。もう 1 つは，過渡熱測定でも用いる片面コールドプレートを使用する環境である。前者は，より多くの時間と労力を要するが，理想的な K ファクターを正確に取得できることが知られている。後者は K ファクターを取得するのがはるかに簡単で短時間で取得可能であるが，精度が問題とされてきた。前者の環境での測定結果を基準に，後者の環境取得した K ファクターが許容範囲内であるかどうか確認している。

第 4 章では，ワイドバンドギャップ半導体である p 型ゲートを備えた GaN HEMT の過渡熱測定に関する研究について述べている。ワイドバンドギャップ半導体の熱的利点は，より小さくて軽いパッケージを作るために使われるため，熱設計をさらに困難にする。Si デバイス同様，ワイドバンドギャップデバイスにおいても過渡熱測定と構造関数解析が必要である。Si デバイスに使用される従来の方法では GaN HEMT の過渡熱測定が難しいことを示し，提案手法について述べている。

第 5 章では，半導体デバイスの新しいパッケージの過渡熱測定に関する研究について述べている。パッケージの熱密度が大きくなるにつれて，パッケージは片面冷却から両面冷却に進化を遂げた。絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）とフリーホイールダイオード（FWD）を備えた非対称構造を持つ両面冷却 2-in-1 パワーモジュールを使用して評価を行っている。測定結果を用い，過渡熱シミュレーションモデルの特性抽出（キャリブレーション）を行っている。キャリブレーションされた過渡熱モデルの使用例として，パワーモジュール内の 3 つのはんだ層の疲労解析を示している。

第 6 章では，この論文の要約及び達成された結果と今後の展望を示している。

以上のように、本論文はパワーエレクトロニクスによる省エネルギー化に必要な，パワーモジュールの熱性能の評価法を開発しており，今後のパワーエレクトロニクス技術の発展を支える基盤技術に相当する成果となっている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。