

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Characterization of thermal parameters of electronic assemblies by means of in situ measurements
著者(和文)	THOMSEN SILVEIRAJoao Vitor
Author(English)	Joao Vitor Thomsen Silveira
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12531号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:伏信 一慶,花村 克悟,末包 哲也,齊藤 卓志,笹部 崇
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12531号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	THOMSEN SILVEIRA Joao Vitor		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	伏信 一慶	教授	審査員	笹部 崇	准教授
	審査員	花村 克悟	教授			
		末包 哲也	教授			
	齊藤 卓志	教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Characterization of thermal parameters of electronic assemblies by means of in situ measurements」と題し、全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、電子機器のコスト削減要求と信頼性両立のための適切な冷却技術や電子部品の高精度温度予測の重要性を背景に、IC（集積回路）やFET（電界効果型トランジスタ）などの発熱量の大きい半導体の発熱量を実装状態で相対誤差10%程度以下の高精度に測定する方法が存在しないことを述べ、特に、今後更なる高密度実装・高発熱密度化が予測される自動運転用ECU（電子制御ユニット）やパワー半導体搭載基板などに用いられる半導体の発熱量測定法の確立が喫緊の課題であることを述べている。その上で、本研究の目的が、これら半導体の発熱量測定と、それに付随して必要となる電子部品やPCB（プリント基板）などの熱物性値測定手法開発にあるとしている。

第2章「Bessel function based source term estimation」では、最も単純な系としてPCB中央付近に単一発熱源とみなせる半導体などの発熱素子を搭載した事例をモデル化、このモデルを対象とした発熱量測定法を提案している。実験において発熱素子上面に熱流センサーを、またPCB上の熱流方向に沿って複数の熱電対を設置し、得られた実験データをディスク状の円筒座標系1次元における熱伝導解でフィッティングすることで基板熱物性値とともに発熱量測定が可能であることを示している。特に、大半のPCBが矩形であることに鑑みて、熱伝導解に面積比の補正を加えることで最終的に相対誤差3%程度の測定が実現できると述べている。

第3章「Inverse heat transfer problem for parameter characterization」では、より一般的な実装状態として複数の発熱素子がPCB上に実装された状態での発熱量測定法を提案している。具体的には、3次元熱伝導問題の逆問題解析法として、Levenberg-Marquardt法による曲線回帰をFEM解析と組み合わせた手法により、第1段階では既知のヒータを用いた熱物性値と熱伝達率の測定、第2段階でこれら熱物性値と熱伝達率を用いて未知の複数素子発熱量測定を行う新たなスキームを提案している。実験との比較で、PCBに3つの発熱素子を実装することで市販のECUを模擬したサンプルを用意し、当該手法により10%以下の相対誤差で発熱量測定が可能であることを示している。また、高精度な測定のために、発熱素子のモールド部分を始めた各部位の熱物性値探索の優先順位や、熱伝達率を考慮すべき条件などを明らかにしている。

第4章「Thermal verification of assembled systems via TSP based probing」では、前章までで明らかとなった発熱素子やPCBの熱物性値同定の重要性に鑑み、市販FETの温度特性をTSP（温度感知パラメータ）として利用することで、FETが発熱素子を有する温度測定プローブとして用いる手法を新たに提案している。この中で、発熱量測定対象の発熱素子にプローブを設置し、プローブ加熱停止後の過渡温度低下データをもとに、NID（逆量み込みネットワーク同定）法によりプローブから周囲への累積熱抵抗-累積熱容量の関係を表す構造関数を求めるコードを自作し、熱物性値の分布取得を実現している。また、こうして求めた熱物性値分布を使って、PCBに実装したFETの発熱量を相対誤差16%程度で測定できることを示している。

第5章「Characterization of thermal properties in nanometer scale structures」では、前章で構築したNID法による熱物性値測定法を発熱素子内部のより微細な長さスケールに適用することで素子内部の微細なホットスポットでの発熱量測定に資するべく、サーモフレクタンス法とNID法を組み合わせた微小スケールでの熱物性値取得法を新たに提案している。基板上的のAu薄膜を対象に、ナノ秒パルスレーザ照射による加熱後のサーモフレクタンス信号のNID法による解析によりガラス基板のような熱拡散率の小さい基板では相対誤差10%以下で薄膜熱容量を測定できることを示し、基板熱拡散率の増大とともに現象の2次元性による誤差の増大などを論じている。また、この手法により薄膜内の微細なボイドの存在を熱容量の相違により非破壊・非侵襲で検知できることを明らかにしている。

第6章「Conclusions」では、本研究の成果を概観し、得られた知見と今後取り組むべき研究の方向性を総括している。

以上を要するに本論文は、ECU開発段階などで重要性を増す半導体等の発熱量測定法とその上で必要な熱物性値測定手法を提案し、その有用性を実証するとともに、測定にあたって留意すべき事項を明らかにするなど、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。