



Title	パワー半導体デバイス動作中の発熱・発光による解析技術に関する研究
Author(s)	遠藤, 幸一
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72588
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 （ 遠 藤 幸 一 ）

論文題名

パワー半導体デバイス動作中の発熱・発光による解析技術に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、著者が株式会社東芝および東芝デバイス&ストレージ株式会社（分社化に伴う所属名変更）および大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻博士課程在学中（平成25年10月～30年9月）において行ってきた半導体製品の故障解析技術に関する研究のうち、半導体チップの発熱・発光によってパワー半導体の動作状態を非接触に観測する手法に関する研究をまとめたもので、本文は次の5章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的ならびにパワー半導体に要求される信頼性上の問題点、およびパワー半導体の動作解析技術を研究、開発する位置づけについて述べた。次にパワー半導体の特性のうち、素子の阻止電圧分布およびアバランシェ降伏時の電流、温度の分布とその偏りがパワー半導体の信頼性に与える影響について説明した。パワー半導体の信頼性向上のためには、アバランシェ降伏動作時の電流分布、発熱分布を知ることが極めて重要である。本論文では、特に高い信頼性が要求される車載、産業用途で多用される、誘導負荷スイッチング条件の下で避けるべきアバランシェ降伏状態が発生した場合の問題点を説明した。次にパワー半導体内で電流集中が発生した場合に、動作観測に利用できる物理現象として、発熱および発光について説明した。最後にパワー半導体の動作解析技術の位置付けを述べ、本研究の目的をまとめた。また本論文の構成を説明した。

第2章ではロックイン熱放射顕微鏡（Lock-in Thermography：LIT）を用いてパワー半導体の発熱分布を観測する解析方法について述べた。まずLITの原理と中赤外光を用いて得られるサンプルの発熱情報およびその解釈について述べた。次に、LITを用いてパワー半導体の阻止電圧分布を観測する手法とその実験結果について述べた。次にアバランシェ降伏時の発熱分布を観測する手法とその実験結果について述べた。最後に実験結果を考察しLITの問題点について述べた。

第3章は、発熱をLITよりも高速に観測する手法として、光に対する反射率の温度依存性を用いた観測方法について述べた。まず本研究において開発した近赤外光を用いた熱反射率光学プローブイメージマッピング法および熱反射率光学プローブ波形観測の原理について述べた。次に実験装置と実験方法について述べた。次に単純構造の素子を用いて本解析手法の基本機能について実験を行った結果を述べた。次にアバランシェ降伏時の発熱分布を測定した実験結果について述べた。最後に、これらの実験結果を総括し、本手法が半導体デバイスの温度変化について過渡応答を観測する有効な手段であることを示した。

第4章は時間分解エミッションの原理によるマッピングイメージ顕微鏡装置を用いた発光解析手法について述べた。まずパワー半導体の一つであるIGBTのアバランシェ降伏時の電流集中（電流フィラメント形成）について述べた。次に本研究で用いた測定系の構成と原理について述べた。次に観測に用いたサンプルと実験条件について述べた。最後に実験結果と考察を述べた。

第5章では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (遠 藤 幸 一)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	中前 幸治
	副 査	教授	尾上 孝雄
	副 査	准教授	三浦 克介
	副 査	特任教授	谷口 研二(大阪大学工学研究科附属オープンイノベーション教育研究センター)

論文審査の結果の要旨

本論文は、半導体素子の発熱・発光によってパワー半導体素子の動作状態を非接触に観測する手法に関する研究をまとめたものである。得られた主な成果は次の通りである。

(1) パワー半導体素子内の阻止電圧分布およびアバランシェ降伏時の電流、温度の分布とその偏りがパワー半導体素子の信頼性に与える影響を議論している。信頼性向上のためには、アバランシェ降伏動作時の電流分布、発熱分布を知ることが極めて重要となり、このために利用できる物理現象として発熱および発光をとりあげ、課題を明らかにしている。

(2) 発熱を利用した装置として、ロックイン熱放射顕微鏡を取りあげ、パワー半導体素子の阻止電圧分布およびアバランシェ降伏時の発熱分布を観測する解析方法を検討し、実験している。得られた結果から、ロックイン熱放射顕微鏡のパワー半導体素子への適用領域をあきらかにしている。

(3) メタル電極の発熱によるレーザー光の反射率変化(温度依存性)を利用した、ロックイン熱放射顕微鏡法よりも速い温度変化が観測可能な解析手法を提案し、アバランシェ降伏時の発熱分布等を測定している。得られた結果は、提案手法が半導体素子の温度の過渡変化を観測する有効な手段であることを示している。

(4) 発光を利用した装置として、時間分解エミッション顕微鏡を取り上げ、パワー半導体素子のアバランシェ降伏時の電流集中に伴う発光を観測している。この観測実験結果から、はじめて電流集中箇所の移動速度を算出している。

以上のように、本論文はパワー半導体デバイス動作中の発熱・発光による解析技術に関して多くの新しい知見を含んでおり、情報システム工学の発展に寄与するところが大きい。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認める。