



| | |
|--------------|---|
| Title | パワーデバイス用基板システムの設計とそのアセンブリプロセスに関する研究 |
| Author(s) | 加柴, 良裕 |
| Citation | 大阪大学, 1995, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/39763 |
| rights | |
| Note | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文について をご参照ください。 |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

| | |
|---------------|--|
| 氏 名 | 加 柴 良 裕 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) |
| 学 位 記 番 号 | 第 1 2 0 4 0 号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 7 年 6 月 2 9 日 |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第4条第1項該当 工学研究科 生産加工工学専攻 |
| 学 位 論 文 名 | パワーデバイス用基板システムの設計とそのアセンブリプロセスに関する研究 |
| 論 文 審 査 委 員 | (主査) 教 授 仲田 周次 教 授 向井 喜彦 教 授 小林紘二郎 |

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、インバータ等に用いられるパワーデバイスを搭載するための基板システムにおいて、熱衝撃・熱疲労特性など長期信頼性、冷却性能などの諸機能の向上を目的とし、高性能基板システムの設計とそのアセンブリプロセスの確立を行ったものである。すなわち、高性能基板システムを構築するための問題点と高性能化のための方策を熱解析および弾塑性応力解析によって提示し、このシステムを実現するための新しいアセンブリプロセスの提案・確立を行っている。さらに、アセンブリプロセスを考慮した基板の構造システムの最適設計を行い、その性能を実験的に検証している。本論文は、7章から構成されている。

第1章では本論文の研究目的、背景、および各章の概要を述べている。

第2章では、パワーデバイスに要求される機能を分析・検討することによって、回路導体とセラミックス絶縁体によって構成される基板システムの構造・材料の概念設計を行い、初期性能を満足する設計許容領域の決定と信頼性を規定する現象を明らかにしている。

第3章では、今後のパワーデバイスの動向を分析した上で、基板の高性能化を図ったときに発生する問題点を明確化するとともに、この問題点を解決するため、MoとCuの積層回路導体を有する基板構造システムを提案し、コンピュータシミュレーションによって長期信頼性など諸性能向上への有効性を示している。

第4章では、提案した基板構造を、生産性良くアセンブリする方法を開発している。すなわち、MoとCuの積層回路導体とセラミックスの一括接合が可能となるようにCuとセラミックスの接合用ろう材として活性金属を含んだペースト材料の適正化を行っている。さらに、その接合信頼性に関して評価・検討した。以上の研究開発によって、従来にない性能を有する基板構造の設計およびそのアセンブリプロセスの確立を行っている。

第5章では、基板システムの目的分析に基づいて最適問題を設定し、この最適問題に対する設計アルゴリズムを構築し、具体的に想定したパワーデバイスの要求仕様からアセンブリプロセスを考慮した最適構造を求めている。

第6章では、基板システムの性能に関して、MoとCuの積層回路導体構造を用いることによって大幅に性能が向上することを実験的に検証している。また、最適基板構造に関しても解析結果と実験結果を比較検討し、その有効性および

最適性を検証している。さらに、モジュールとして組み立てた場合の性能についても評価している。

最後に、第7章で本研究で得た主要な結論を総括している。

論文審査の結果の要旨

パワーエレクトロニクスの分野では大電力化、高速化、高集積化、インテリジェント化が急速に進んでいるが、これらの発展にはパワーデバイス・モジュールの進歩がその牽引役となっており、なかでもパワーデバイス・モジュールの高性能化のために高絶縁耐圧、大電流容量、高熱伝導性の諸条件を満たす基板が要求されている。本論文は、パワーデバイス用基板システムの概念設計の確立を基礎として、高性能基板システムを実現するためのアセンブリプロセス、基板システムの信頼性とその評価、さらにアセンブリプロセスを考慮した基板システムの最適設計アルゴリズムに関して研究したものである。本論文の成果を要約すると次の通りである。

- (1) パワーデバイス用基板を対象として、高性能化を考慮した基板構造の概念設計とその性能に対する考え方を明確にしている。
- (2) 基板の性能を向上させるための構造・材料設計手法を解析的に検討し、冷却性能など初期性能及び熱サイクル疲労など長期信頼性を満足する設計許容領域は絶縁耐圧、電流容量、熱抵抗、熱応力の四制約条件で囲まれた領域で示され、基板の高性能化に伴い、この設計許容領域は狭小化する方向に変化するが、0.1mm 程度のMoをCu導体と積層化することにより同一電流容量で熱伝導特性を劣化させずに信頼性を向上する事ができることを提示している。また、セラミックス絶縁体としては Al_2O_3 だけでなく高熱伝導性のAlNにおいても同様に性能及び信頼性の向上が可能であることを実証している。
- (3) 基板システムのアセンブリのために、Cu薄板とMo薄板、セラミックス・シートとCu薄板の積層構造を一括接合で安定かつ容易に製作できる活性金属ペースト法を開発し、Cu- Al_2O_3 、Cu-Moの一括接合が可能であり、その接合強度など信頼性も十分に高いことを実証している。
- (4) より高性能な基板システムを構築するため、アセンブリプロセスをも考慮した最適設計アルゴリズムを構築し、それを適用した結果、Cu/Mo/Cu/ Al_2O_3 /Cu/Mo/Cu から構成される基板システムの場合では Cu : 0.3mm, Mo : 0.1mm, Al_2O_3 : 0.635mm が最適構造となることを示している。
- (5) 基板システムを実際にアセンブリし、その性能を実験的に検証した結果、以上の最適設計手法が有用であることを実証するとともに、例えば電流容量 75A 以上、絶縁耐圧 2.5KV 以上、熱抵抗 0.5K/W 以下の性能が要求される場合、Cu/Mo/Cu/ Al_2O_3 /Cu/Mo/Cu から構成される基板システムの場合では Cu : 0.3mm, Mo : 0.1mm, Al_2O_3 : 0.635mm の長期信頼性は従来の Cu/ Al_2O_3 /Cu 構成の基板システムに比して10倍以上向上することを実験的に示している。

以上のように、本論文は微細電子機器モジュールの構築での重要課題であるパワーデバイス用基板システムの概念設計、アセンブリプロセス、接合強度など初期信頼性および熱サイクル疲労など長期信頼性について解析的および実験的検討を行い、基板システムの最適設計およびアセンブリプロセス制御、さらに信頼性向上のための指針など基礎的知見を与えており、生産加工工学および実装技術の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。