

氏名	鈴木 智久		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第9276号		
学位授与年月日	令和元年9月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	金属微細粒子を用いた低温焼結接合材料の機械的特性および強度信頼性に関する研究		
主査	筑波大学 准教授	博士(工学)	松田 哲也
副査	筑波大学 教授	工学博士	河井 昌道
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	磯部 大吾郎
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	松田 昭博
副査	産業技術総合研究所 主任研究員	博士(工学)	中住 昭吾

論文の要旨

本論文では、電動車両の高効率化のためインバータパワーモジュールへの実装が期待されているマイクロ Ag およびナノ Cu 低温焼結接合材料を対象に、そのマイクロ構造の影響を考慮した機械的特性や疲労特性を明らかにするとともに、パワーモジュールに適用した際の信頼性への影響を調査している。まず、2章において、加圧圧力、熱処理条件の異なる焼結 Ag 接合材を対象とし、焼結 Ag の引張試験結果と、焼結 Ag のマイクロな多孔質構造を再現した有限要素解析 (FEA) を用いて、焼結 Ag のマイクロな応力-ひずみ関係を推定することに成功している。つづいて 3 章では、加圧圧力の異なる焼結 Cu 接合材料を対象とし、焼結 Cu の引張試験結果と、焼結 Cu のマイクロな多孔質構造を再現した FEA を用いて焼結 Cu のマイクロな応力-ひずみ関係を推定し、焼結 Ag と比較した結果について述べている。4 章では、焼結 Ag 接合材を対象として疲労試験を実施し、加圧依存性、負荷様式依存性、試験片厚さ依存性、熱処理依存性、マイクロなひずみ分布と破壊状態の相関について明らかにしている。5 章では、焼結 Cu 接合材を対象として疲労試験を実施し、疲労特性の加圧依存性について調査し、焼結 Ag と比較した結果について議論している。さらに 6 章では、焼結 Ag および焼結 Cu 接合材を使用して接合したパワーモジュールを対象に、温度サイクル試験による信頼性試験の結果とその際のマクロおよびマイクロなひずみ分布について比較検討している。最後に 7 章で、本研究の総括として各章のまとめおよび結言を述べている。

審査の要旨

【批評】

本論文は、これまで報告が少なかったマイクロ Ag およびナノ Cu 低温焼結接合材料の基本的な機械的特性や疲労特性を、実験およびマルチスケールの有限要素解析に基づきマクロ・ミクロ的な観点から詳細に示すことに成功している。また、焼結 Cu が焼結 Ag よりも信頼性に優れることとそのメカニズムを、マクロおよびミクロな解析より明らかにしている。さらに、得られた知見をパワーモジュールの信頼性評価に活用する手法を開発している。これらは、今後大いに期待されている低温焼結接合材料のパワーモジュールへの適用に際して極めて有用な成果であり、本論文は学位論文として十分な内容を含んでいると判断できる。

【最終試験の結果】

令和元年 8 月 1 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。