



Title	Preparation of modified ZrO ₂ nanoparticle and T-ZnO whisker hybrid reinforced Sn1.0Ag0.5Cu composite solder and soldering
Author(s)	Huo, Fupeng
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/89501
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (霍 福 鵬)	
Title	Preparation of modified ZrO_2 nanoparticle and T-ZnO whisker hybrid reinforced Sn1.0Ag0.5Cu composite solder and soldering (ZrO_2 ナノ粒子およびT-ZnOウィスカーのハイブリッド添加によるSn1.0Ag0.5Cuはんだ合金強化に関する研究)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>This study aimed to develop a Sn1.0Ag0.5Cu solder with high strength-ductility, and obtained high reliability of Sn1.0Ag0.5Cu solder joints. To improve the strength and ductility synergistically, the design concept of multi-phase and multi-scale hybrid enhancement was proposed. In addition, a new surface modification method, the ball milling-pyrolysis method, was proposed. In this study, the surface modification of the reinforcements, preparation of the composite solder, the interface regulation between the reinforcements and solder matrix, strengthening-ductility behavior of composite solders, and the reliability of composite solder joints were systematically investigated. This research was expected to provide theoretical and experimental basis for the development of high strength-ductility lead-free solders. The outline of the dissertation was as follows:</p> <p>In chapter 1, briefly illustrated the solder interconnection in electronic packaging, the development of lead-free solders, and reliability concerns for solder joints. The problems existing in the development of composite solder were pointed out. Some ideas and methods to solve these problems were proposed.</p> <p>In chapter 2, a new surface modification method, ball milling-pyrolysis method, was proposed. The proposed method was successfully applied to the surface modification of ZrO_2 nanoparticles and T-ZnO_w. The attachment of NiO on ZrO_2 could be regulated by controlling the ball milling time and Ni/Zr molar ratios. In addition, the formation mechanism of NiO/ZrO_2(NiO/T-ZnO_w) were explored using in-situ transmission electron microscopy (TEM). The interface relationship between the reinforcements and the modified layer NiO were also studied.</p> <p>In chapter 3, NiO/ZrO_2-reinforced Sn1.0Ag0.5Cu composite solder was prepared with ultrasonic stirring. The microstructure evolution and refinement mechanism of composite solders were systematically investigated. The Sn/NiO/ZrO_2 interface system based on mutual solid solution was designed. In addition, the melting point and mechanical properties of composite solders were also studied.</p> <p>In chapter 4, NiO/T-ZnO_w-reinforced Sn1.0Ag0.5Cu composite solder was prepared with ultrasonic stirring. The microstructure evolution and refinement mechanism of composite solders were systematically investigated. Sn/NiO/T-ZnO_w interface system was designed. Moreover, the strengthening-ductility of composite solder was investigated.</p> <p>In chapter 5, NiO/ZrO_2 and NiO/T-ZnO_w hybrid reinforced Sn1.0Ag0.5Cu composite solder was prepared with ultrasonic stirring. The microstructure evolution and mechanical properties of composite solders were systematically investigated. Moreover, the thermal stability of composite solder was investigated.</p> <p>In chapter 6, the wetting performance of NiO/ZrO_2 and NiO/T-ZnO_w hybrid reinforced Sn1.0Ag0.5Cu composite solder was conducted. The composite solder/Cu solder joints with reflow were prepared, and the microstructure and shear strength of solder joints were investigated. Reliability of solder joints were also studied during thermal aging.</p> <p>In Conclusion, brief achievements and results of each chapter in this thesis were summarized. The future plan was listed as well.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (霍 福 鵬)			
		(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授	西川 宏
	副 査	教授	福本 信次
	副 査	教授	上西 啓介

論文審査の結果の要旨

本論文は、高強度・高延性を有する Sn1.0Ag0.5Cu はんだの開発と、信頼性に優れたはんだ接合部を得ることを目的としたものである。強度と延性を相乗的に向上させるために、複数のセラミックス粒子を利用した新たな強化手法のコンセプトを提案している。また、新たな表面改質手法としてボールミリング-熱分解法を提案しているのに加え、強化材の表面改質、複合はんだの作製、強化材とはんだマトリックスとの界面制御、複合はんだの強化-延性挙動、複合はんだ接合部の信頼性について系統的に検討している。こうした知見は、高強度・高延性鉛フリーはんだの開発に理論的・実験的な基盤を提供することが期待される。本論文の概要は以下の通りである。

第 1 章では、エレクトロニクス実装における鉛フリーはんだおよびはんだ接合部の信頼性について概説し、複合はんだの開発における問題点を指摘している。また、これらの課題の解決策を提案している。

第 2 章では、新しい表面改質法であるボールミリング-熱分解法を提案し、ZrO₂ ナノ粒子と T-Zn0w の表面改質の実現、および粉碎時間と Ni/Zr モル比の調整による ZrO₂ への NiO の付着制御を達成している。NiO/ZrO₂ (NiO/T-Zn0w) の形成機構を in-situ 透過電子顕微鏡を用いて解明するとともに、補強材と改質層 NiO の界面関係を明らかにしている。

第 3 章では、NiO/ZrO₂ 強化 Sn1.0Ag0.5Cu 複合はんだを超音波攪拌により作製し、その微細構造形成機構を明らかにしている。相互固溶に基づく Sn/NiO/ZrO₂ 界面構造を提案し、複合はんだの融点と機械的特性について詳述している。

第 4 章では、NiO/T-Zn0w 強化 Sn1.0Ag0.5Cu 複合はんだを超音波攪拌により作製し、微細組織と微細化機構を系統的により明らかにしている。さらに、Sn/NiO/T-Zn0w 界面システムの設計と、強度と延性の関係を明らかにしている。

第 5 章では、NiO/ZrO₂ および NiO/T-Zn0w ハイブリッド強化 Sn1.0Ag0.5Cu 複合はんだを超音波攪拌により作製し、その組織変化と機械的特性を明らかにしている。複合はんだの微細組織の変化と機械的特性に関する系統的な評価に加え、上記はんだの熱的安定性を詳述している。

第 6 章では、NiO/ZrO₂ および NiO/T-Zn0w ハイブリッド強化 Sn1.0Ag0.5Cu 複合はんだの Cu 基板表面への濡れ性を評価している。リフローによる複合はんだ/Cu はんだ継手を作製し、はんだ継手の微細構造およびせん断強度を明らかにしている。また、はんだ接合部の熱時効に対する信頼性を実証している。

以上のように、本論文は、高強度・高延性を有し高信頼な Sn1.0Ag0.5Cu はんだを得ることを目的として、NiO/ZrO₂ および NiO/T-Zn0w を用いた複相かつマルチスケールなハイブリッドという新たなはんだ強化手法のコンセプトを提案し、その強化機構を詳細に明らかにしたものである。このことは、本研究で提案されたはんだの有用性を示すとともに、新たな材料強化手法としての発展が期待できる重要な知見を与えるものであり、今後の実装材料の発展に寄与するところが多い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。