OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Development of In-Bi alloys with low-melting temperature for microelectronics interconnections
Author(s)	Jin, Sanghun
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/73569
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name (JIN SANGHUN)	
Title	Development of In-Bi alloys with low-melting temperature for microelectronics interconnections (マイクロエレクトロニクス接合部向け低融点In-Bi合金の開発)

Abstract of Thesis

This dissertation covers the materials properties of In-Bi alloys, materials properties during isothermal aging, verification of reliability of In-Bi alloys bonding joint under the thermal storage. And the transient liquid phase (TLP) bonding technique to low-temperature In-Bi based alloys to enable their use in high-temperature was investigated.

In *Chapter 1*, the brief descriptions on the background of interconnection technologies, soldering and low-temperature solder in electronic packaging are given. And materials for flexible substrate is also suggested.

In *Chapter 2*, the microstructure of In-Bi alloys and related mechanical properties and melting properties as a function of indium content were investigated. The microstructures of the investigated In-Bi alloys contained primary In-phase, Bi_3In_5, and $BiIn_2$ Phases. And The endothermic peaks were found between 72.7 and 91.2 ℃ on each DSC curve. While, the tensile strength of the In-Bi alloys declined with increasing indium content, the elongation was dramatically increased. In addition, as the indium content increased, the cross-sectional area of the tensile sample decreased, which shows high-ductility characteristics.

In *Chapter 3*, the thermal aging test was conducted on In-Bi alloy specimens to evaluate the change of their morphologies, phase constitution and thermal property during aging. Their properties did not change significantly during thermal aging.

In *Chapter 4*, the mechanical properties and fracture surface characteristics of In-Bi alloys under isothermal aging to test and analyze their thermal stability were investigated. Ultimately, the tensile strength of the In-Bi alloys was found to decrease with aging time, while the elongation of the In-Bi alloys increased after thermal aging. And The In-Bi alloys showed typical ductile fractures during isothermal aging.

In *Chapter 5*, the effect of thermal aging on the shear strength of the In-Bi joints on Cu substrates was examined. As the amount of indium was increased, the thicknesses of IMC at the interface increased with increasing aging time. All the joints exhibited increased shear strength as the aging time was increased. Furthermore, the addition of indium was found to decrease the shear strength of the In-Bi joints. Samples subjected to 40 and 60 ℃ aging prove that the In-Bi alloys could refer their strength even after aging.

In *Chapter 6*, the aim of final step was to apply the TLP bonding technique to low-temperature In-Bi based alloys to enable their use in high-temperature. By adding 30 mass% of Cu particles and being reflowed at 100 ℃, the In phase was successfully consumed by the Cu, leaving Cu-In IMCs and a $BiIn_2$ phase in the alloy joint. The new endothermic peaks that appeared in the DSC curves at 91.5 ℃ and 551.7 ℃ are believed to be attributed to the local compositions of Cu-In IMCs and $BiIn_2$ in the ternary In-Bi-Cu system. Therefore, it could be concluded that the melting point of the In-Bi solder was increased by approximately 550 ℃.

In *Chapter 7*, overall summary of this dissertation and comparative consideration on the environmental assessment of In-Bi alloys are given. Future works for the improvement of In-Bi alloys are also mentioned.

In this dissertation, Based on these conclusions, In-Bi alloys with low melting temperatures are promising candidates for flexible electronics applications as well as for devices with PP- and PMMA-based substrates.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	(JIN SANGHUN)

	(職)	氏　名	
論文審査担当者			
主 査	教 授	西川　宏	(接合科学研究所)
副 査	教 授	桐原　聡秀	(接合科学研究所)
副 査	准教授	牟田　浩明	
副 査			
副 査			
副 査			
副 査			

論文審査の結果の要旨

本論文では、In-Bi 合金の基本的材料特性、及び高温放置による材料特性変化を明らかにするとともに、In-Bi 合金接合部の信頼性試験を行った。また、In-Bi 合金に液相拡散(TLP)接合を適応することで接合部に耐熱性を付与し、高温環境下における使用の可能性を検討した。

第 1 章では緒論として、鉛フリー接合プロセスと低温はんだに関する研究動向、研究目的を述べた。

第 2 章では、In を変化させた 4 種類の合金を準備し、微細組織構造、機械的特性及び溶融特性について以下の点を明らかにした。In-Bi 合金の微細組織は In 相、Bi_3In_5 相及び $BiIn_2$ 相から成る。DSC 曲線結果からそれぞれ 72.7℃、91.2℃に吸熱ピークが確認できた。In-Bi 合金の引張強度は In 添加量が増加するにつれて減少したが、伸び率は増加した。In 添加量の増加に伴い、サンプルの破壊部分の断面積は減少し、延性が高くなった。

第 3 章では、In-Bi 合金に対して高温放置試験を行い、高温放置後の組織形態、組成及び熱特性を評価した。高温放置後もこれらの特性に大きな変化は見られず、溶融温度以下では安定であることを明らかにした。

第 4 章では、In-Bi 合金の機械的特性に対する熱安定性を評価した。その結果、高温放置後も引張強度及び伸び率に大きな変化は見られなかった。さらに、高温放置後の引張試験の破壊形態は延性破壊であることが分かった。これらの結果より、In-Bi 合金は高温放置後も安定した機械的特性を持つことが分かった。

第 5 章では、In-Bi 合金を接合材として用いた Cu/Cu の接合体を作製し、接合体のせん断強度に対する高温放置の影響を調査した。In 添加量が増加するに伴い、また放置時間が増加するに伴い、界面に形成された金属間化合物層 (IMC) の厚さは増加した。高温放置後、全ての合金においてせん断強度が増加した。これらの結果より、40℃および 60℃での高温放置後も In-Bi 合金のせん断強度は維持されていることが分かった。

第 6 章では、低融点の In-Bi 合金を高温環境下でも使用可能とするために TLP 接合技術を適用した。Cu 粒子を 30% 添加し、100℃でリフロー加熱すると In と Cu の反応が起こり、Cu-In IMC が形成され、$BiIn_2$ 相の形成が抑制された。さらに、加熱後の DSC 分析により、主に 551.7℃にピークが見られた。これらの結果より、Cu 粒子を添加することで接合層の融点が約 550℃まで上昇したものと判断でき、高温環境下での使用の可能性が示された。

第 7 章は結言であり、以上の研究で得られた結果について総括した。

以上のように、本論文の内容は、環境・エネルギー工学、特に PP 及び PMMA などの低耐熱基板を用いたデバイス製造に向けた有害物質代替プロセスや低温・省エネルギー実装プロセス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であると認める。