Osaka University Knowledge Archive

Title	Sn-Ag系はんだを用いた実装部の熱疲労耐性向上に関する研究
Author(s)	酒谷, 茂昭
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/53990
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　酒谷　茂昭　）	
論文題名	Sn-Ag系はんだを用いた実装部の熱疲労耐性向上に関する研究

論文内容の要旨

本論文はSn-Ag系はんだを用いた実装構造体の熱疲労特性向上のための界面反応制御と新合金組成の開発を目的とし、論文全体は6章で構成した。

第1章においては、使用環境の観点から、車載分野におけるはんだ接合部の高耐熱化に関する研究の必要性を述べた。

第2章においては、鉛フリーはんだの劣化挙動の評価手段を検討した。特に疲労破壊に着目し、ヒートサイクル試験を用いた評価の妥当性について述べた。

第3章においては、まずSn-3.5Agと無電解Ni-P/Auめっき電極との界面について解析を行い、カーケンダルボイドと思われる層状に並んだ欠陥とNi6Sn3Pの形成を確認した。一方、Sn-3.5AgにCuを微量添加した合金とNi-P/Auめっき電極との接合界面では、Ni-Sn系からCu-Sn系の化合物層に変化することを確認した。Pの濃化は一部確認されたが層状には形成しなかった。はんだ側にCu-Sn系化合物が形成することで、はんだ中へのNiの拡散量が減少し、Pリッチ層の形成を抑制したと考えられる。またこのCu-Sn系化合物は高温放置でほとんど成長せず、Pリッチ層の形成を遅らせた。Cuボールにはんだめっきを施したCuコア鉛フリーはんだボールを用いた場合においても、同じく界面反応制御効果を発現することを確認した。

第4章においては、150℃といった高温域ではSn-Ag-Cu合金の耐久性では不十分であることを鑑み、新たな合金開発に取り組んだ。まずSn-Ag-Cuが熱疲労でどのように劣化するのかをEBSDを用いて可視化した。その結果、引張強度を上げる方がより耐久性が向上すると考え、Sn-Ag-Cuに比べ引張強度が高いSn-Ag-Bi-In系合金に着眼した。
Sn-Ag-Bi-InはIn含有はんだ特有の変態を起こすことが知られており高温での使用は避けられてきた。このIn量を最適化することで、変態温度を影響のないレベルまで引き上げることを考えた。その結果最も熱疲労特性が優れたIn量が6mass%であることを見出し、Sn-3.5Ag-0.5Bi-6InとCuプリフラックス基板を用いてその優れた性能を実証した。

第5章では、Sn-3.5Ag-0.5Bi-6Inはんだを用いてBGAパッケージを作製した。Sn-3.5Ag-0.5Bi-6Inペーストを用いて基板を作製し、信頼性試験を行うことで、従来のSn-3Ag-0.5Cu継手の信頼性を向上させうることを確認した。また合金の汎用性を高めるために、添加元素の検討を行った。Cuの微量添加は界面反応抑制に効果があるため、Cuを0.8mass％添加したSn-3.5Ag-0.5Bi-6In-0.8Cu合金を作製し、無電解Ni-P/Auフラッシュめっきとの接合信頼性を向上させることを試み、Cuプリフラックス基板同等の接合信頼性が得られることを確認した。

最後に第6章にて本論文のまとめを行った。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（ 酒谷　茂昭 ）	
論文審査担当者	（職）　氏　名 主 査　教 授　上西　啓介 副 査　教 授　廣瀬　明夫 副 査　准教授　森　裕章

論文審査の結果の要旨

はんだ合金は他の一般的な金属材料と比較すると、かなり過酷な状況で使用されていることが多い。特に自動車などの環境においては、最高温度は融点に対して約 0.8Tmp に相当し、合金材料としては蒸気タービンやジェットエンジン材料などの超耐熱材料ですら経験したことのない高温状態に相当する。一方マイナスの温度環境のような低温での動作も求められるゆえ、温度変化に対してはかなり劣悪な状況を想定せざるを得ず、このような傾向は今後も続くことが予想される。本研究では、Sn-Ag 系のはんだ合金を中心に金属組織学的な観点から、合金および接合部界面の長期信頼性に関して考察を深めつつ、特にこれまで低融点はんだ合金として実用化されてきた Sn-Ag-Bi-In の四元系合金にフォーカスし、高信頼性化に向けた開発とその性能発現のメカニズムについて研究を行った。その成果を要約すると次の通りである。

(1) Sn-3.5Ag と無電解 Ni-P/Au めっき電極との界面について解析を行い、カーケンダルボイドと思われる層状に並んだ欠陥と Ni_6Sn_3P の形成を確認した。一方、Sn-3.5Ag に Cu を微量添加した合金と Ni-P/Au めっき電極との接合界面では、Ni-Sn 系から Cu-Sn 系の化合物層に変化することを確認した。P の濃化は一部確認されたが層状には形成せず、はんだ側に Cu-Sn 系化合物が形成することで、はんだ中への Ni の拡散量が減少し、P リッチ層の形成を抑制したと考えられる。またこの Cu-Sn 系化合物は高温放置でほとんど成長せず、P リッチ層の形成を遅らせた。Cu ボールにはんだめっきを施した Cu コア鉛フリーはんだボールを用いた場合においても、同じく界面反応制御効果を発現することを確認した。

(2) 150℃までの耐熱疲労特性を有する新たな合金開発として、Sn-Ag-Cu に比べ引張強度が高い Sn-Ag-Bi-In 系合金に着眼した。Sn-Ag-Bi-In は In 含有はんだ特有の変態を起こすことが知られており高温での使用は避けられてきたが、In 量を最適化することで、変態温度を上昇させ、In 量が 6mass%の際に最も熱疲労特性が優れることを見出し、その優れた性能を実証した。

(3) (2)で開発した Sn-3.5Ag-0.5Bi-6In はんだを用いて BGA パッケージを作製し、信頼性試験を行うことで、従来の Sn-3Ag-0.5Cu 継手の信頼性を向上させうることを確認した。また合金の汎用性を高めるために、添加元素の検討を行い、Cu の微量添加は界面反応抑制に効果があることを見出した。Cu を 0.8mass％添加した Sn-3.5Ag-0.5Bi-6In-0.8Cu はんだ合金を用いた接合部は、高い接合信頼性を示すことを確認した。

以上のように、より過酷な使用環境における信頼性を有するはんだ材料の開発が求められる中、本研究は、はんだそのものの特性だけでなく、基板との接合性にも考慮したはんだ合金組成について調査をし、新たな材料を開発したものである。これは今後、エレクトロニクス製品が自動車など幅広い製品に適用されるための、新たな方向性を示すもので、エレクトロニクス実装技術の今後の開発研究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して認める。