

Title	Eelectromigration and mechanical reliability improvement of Pb-free SABI solder joint with refined microstructure
Author(s)	金, 永錫
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/50515
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (金 永 錫)

論文題名

Electromigration and mechanical reliability improvement of Pb-free SABI solder joint with refined microstructure
 (鉛フリーSABIはんだ接合の組織微細化によるエレクトロマイグレーションと機械的特性の改善)

論文内容の要旨

エレクトロマイグレーション(EM)は、高温の動作温度と大電流の集中によって金属原子の拡散が生じ、回路の短絡や断線につながる現象である。最近の電子産業のトレンドである高機能化、多機能化、微細化が進むにつれ、はんだ接合部に集中する電流は従来の数倍に上る。また、EU(欧州連合)のRoHS指令の為に現在使用される鉛フリーはんだの主材料は錫であり、これは銅をはじめとする他の材料に比べて低い電流密度でEMが発生することが知られている。これらの背景をもとに大電流下でのはんだ接合部分の信頼性向上の方策が注目されている。近年の研究で、錫のBCT構造によって結晶方位に依存してはんだ接合部の寿命が変わることが明らかになり、はんだ組織の微細化を行うことによって接合部の長寿命化が期待される。

そこで、本研究では、鉛フリーはんだに発生するEM現象と微細組織の変化を調査し、まだ解明されていないEMの発生メカニズムと抑制方法について研究した。

まず、Sn-Ag-Bi-In(SABI)鉛フリーはんだの金属添加物としてのコバルトとニッケルを添加して、組織の変化とそれに伴うはんだ接合部の寿命の変化を調べた。これら元素の微量添加による微細化方法が、EM信頼性の向上に大きく貢献することを確認した。また、添加元素の拡散係数に依存し、その影響が変わることを確認した。更に組織の微細化を通じた抑制が有効であることを確認する一方で、添加元素の錫はんだマトリックス内部での拡散を抑える事が重要であることが判明した。ニッケルよりもコバルトを添加されたSABIはんだの寿命は、無添加のSABIに比べて2倍以上に伸びた。

次に、金属以外の添加物を使って上記のコバルト添加と同様の効果を得るため、炭化ケイ素(SiC)のナノ粒子を添加して組織の微細化を行った。このはんだペーストを接合構造のEMテストを行い、EM信頼性の改善に成功した。また、添加量によるはんだ接合部の微細構造の変化や大電流環境での挙動を観察し、新しいコンポジットはんだ材料としての可能性を明らかにした。

最近の鉛フリーはんだは自動車産業での使用が台頭しており、接合部の機械的信頼性は非常に重要な要素になっている。そこで、EMによるダメージを受けた接合部の衝撃劣化を調べた。前述のようにEM耐性向上の効果が実証されたコバルト添加を用い、衝撃強度に及ぼす影響を調べた。コバルトを微量添加したはんだは、単にEM信頼性のみを向上するのではなく、衝撃強度も増加することを明らかにした。

上記の3点の研究から、はんだ接合におけるEMの発生メカニズムと抑制方法を検証した。本研究の結果は、ますますその使用領域を広げている鉛フリーはんだの大電流下での信頼性の向上に役立ち、さらに小型化する電子デバイスのトレンドをサポートするものである。より多様な環境での電子デバイスの実用が可能になると期待される。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (金 永 錫)			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教 授	菅沼 克昭
	副 査	教 授	南 埜 宜俊
	副 査	特任准教授	長尾 至成
	副 査	教 授	浅田 稔
	副 査	教 授	中谷 彰宏
	副 査	教 授	平田 勝弘
	副 査	准教授	能木 雅也

論文審査の結果の要旨

近年のエレクトロニクス機器では実装のファインピッチ化が急速に進み、そのはんだ接合部に流れる電流密度は、従来の数倍に増加している。この微細接続部への著しい電流密度の集中は、強い電子風による元素の一方方向拡散を引き起こし、最終的なエレクトロマイグレーションによる接続部故障の発生に繋がる。最近の研究では、すずの異方性の強い BCT 結晶構造による結晶方位依存性が明らかになり、特殊な合金化によりすず結晶を微細化し、エレクトロマイグレーション信頼性を向上する可能性が示されている。しかし、この合金化は多量のインジウムを含み、高価であるばかりで無く著しい低温はんだ組成となり、汎用的な対策では無い。

そこで、本研究では、インジウム含有量が少なく高い信頼性を持つ Sn-Ag-Bi-In 鉛フリーはんだ(SABI)を基本とし、これに遷移金属微量添加やセラミックナノ粒子分散によりはんだ組織の微細化を実現し、これらのエレクトロマイグレーション信頼性の向上の可能性を調べた。その結果、以下の成果を得た。

- (1) SABI 鉛フリーはんだにコバルトあるいはニッケルを微量添加することで、はんだ組織の微細化が為される。添加量と元素によって異なる微細化効果とエレクトロマイグレーション耐性が見られ、特に、コバルトが添加された場合は無添加合金の 2 倍以上の長寿命を持つ。
- (2) 炭化ケイ素(SiC)のナノ粒子を添加する複合化により、SABI はんだ組織の微細化が可能である。SiC ナノ粒子を複合化することで、SABI はんだペースト用いたはんだ接合部位のエレクトロマイグレーション耐性は向上する。
- (3) 車載機器などへの適用を考慮すると、はんだ接合部位の機械的性質の中でも衝撃特性は留意が必要である。コバルト微量添加 SABI はんだによる接合体は、エレクトロマイグレーション耐性が向上するとともに、衝撃強度も増加する。

以上のように本論文では、はんだ接合におけるエレクトロマイグレーション耐性の向上を目指し、高信頼性である SABI はんだを対象として、エレクトロマイグレーション発生メカニズムを明らかにし、さらに、合金化と複合化の 2 つの組織微細化手法によるエレクトロマイグレーション抑制方法を検討し、実証した。本研究の成果は、鉛フリーはんだ実装が、高密度実装の進化による接続部位の微細化ばかりでなく、大電流密度のパワー半導体機器への適用に於いても、エレクトロマイグレーション信頼性向上のための対策を与えるものと期待される。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。