

Title	Joining properties and joint reliability of Si die-attached joint with Zn-Sn based high temperature lead-free solder
Author(s)	金, 声俊
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49573">https://hdl.handle.net/11094/49573</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	金 俊 声
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22929 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	Joining properties and joint reliability of Si die-attached joint with Zn-Sn based high temperature lead-free solder (Zn-Sn系高温用鉛フリーはんだのダイアタッチ接合特性及び接合部信頼性)
論文審査委員	(主査) 教授 菅沼 克昭 (副査) 教授 浅田 稔 教授 石黒 浩 教授 中谷 彰宏 教授 平田 勝弘 教授 南埜 宜俊 教授 安田 秀幸 准教授 吉矢 真人

## 論文内容の要旨

今日、エレクトロニクス機器の鉛フリー化が進んでいるが、電子部品の内部接続やパワー半導体接合など使用温度の高い実装部に使われている高温用接合材料には、未だに高Pb系や高Au系はんだが使用され、その代替材料に関する研究例は少ない。本研究では、高温用鉛フリーはんだとして提案したZn-xSn(x=20, 30, 40 wt%)系はんだを用いて、高温用はんだの使用条件としてはもっとも厳しく代表的な利用形態であるSiダイアタッチ(Si die-attach)接合を行い、Siダイ及び基板との界面反応、接合特性、接合部の信頼性を評価し、高温用鉛フリーはんだとしての適用可能性を明らかにすることを目的とした。

Au/Ag/NiコートSiダイを用いたダイアタッチ接合した結果、Zn-Sn系はんだは、Siダイ及びCuに完全にぬれ、良好な接合性を示した。Si側には、AuAgZn<sub>2</sub>相のみが確認でき、Niとの反応相は観察されなかった。一方、Cu側界面では、Cu<sub>2</sub>Zn<sub>9</sub>相とCuZn<sub>8</sub>相を形成し、その厚さ(CuZn<sub>5</sub>+Cu<sub>2</sub>Zn<sub>9</sub>)は、Zn含有量の増加及び接合温度、保持時間と共に、厚くなる傾向を示した。Au/Ag/NiコートSiダイ及びCuとの界面から確認される金属間化合物層などの著しい反応を避けるため、SiとCuの両側にTiNコートを導入した。Au/TiNコートSiダイ及びAu-DBC(direct bonded copper)基板を用いてダイアタッチを行った結果、Zn-Sn系はんだは、Siダイ及びCu基板に完全にぬれ、金属間化合物などの反応層を形成せずTiNコートのみでの良好な接合界面を得た。EPMA分析及びTEM観察の結果、反応層は、認められなかった。

Zn-Sn合金とAu-20Sn、Pb-5Sn合金を用いたCu/はんだ/Cu接合試験片のせん断強度試験結果、Zn-Sn接合体は、31-34MPaの接合強度を示し、Pb-5Sn(28MPa)より約3倍高い強度を示した。2次実装のリフロー処理を行い、接合試料の変形有無を確認した結果、Zn-Sn系の共晶温度である約200℃から少量の液相が現れるが、界面は安定し、新たなボイドやクラックが生じないことを確認した。Xeフラッシュ法を用いてZn-Sn系はんだの熱伝導率を測定した結果、Zn-Snはんだは、Sn添加量の増加と共に熱伝導率が低下するが、約100~106 W/m・Kの熱伝導率を有し、既存のPb-5Sn(35.6 W/m・K)及びAu-20Sn(59.1 W/m・K)などと比べ、優れた熱伝導特性を持っている。また、接合構造での界面抵抗を考慮するため、Cu/はんだ/Cuの3層モデルを用いて測定した結果でも、Zn-Sn系はんだは、最も高い熱伝導率を示し、優れた熱伝

導特性を確認した。

温度サイクル試験の結果、未処理DBC基板へのZn-Sn系はんだ接合部では、Cu-Zn金属間化合物層の成長により熱疲労クラックが発生し、接合強度が低下した。TiNコートしたDBC基板にダイアタッチ接合を行なった試料では、Siダイ側及び銅板側の両方も、金属間化合物など反応層を形成せず、TiNコートのみ観察され、初期の強度を2000サイクルまで維持した。

Zn-Sn系はんだは、良好な接合を得ることができ、優れた接合強度及びリフロー中の安定性、熱伝導性を示すことから、新たな高温用鉛フリーはんだとして、適用可能性の高い合金系であると考えられる。また、Zn-Sn系はんだは、本研究で使用したTiNコートなど適切な拡散バリア層と共に使えば、温度サイクルの間、微細組織に変化が無く、初期の接合強度を維持する極めて高い信頼性が期待でき、今後、高温用鉛フリーはんだとしての適用が期待できる。

## 論文審査の結果の要旨

今日、エレクトロニクス機器の鉛フリー化が進んでいるが、電子部品の内部接続やパワー半導体接合など使用温度の高い実装部に使われている高温用接合材料には、未だに高Pb系や高Au系はんだが使用され、その代替材料に関する研究例は少ない。本論文は、高温用鉛フリーはんだとして提案したZn-xSn(x=20, 30, 40 wt%)系はんだを用いて、高温用はんだの代表的な利用形態であるSiダイアタッチ(die-attach)接合を行い、Siダイ及び基板との界面反応、接合特性、接合部の信頼性を評価し、高温用鉛フリーはんだとしての適用可能性を明らかにすることを目的としている。(1) Au/Ag/NiコートSiダイを用いたダイアタッチ接合した結果、Zn-Sn系はんだは、Siダイ及びCuと良好な接合性を示している。Si側には、AuAgZn<sub>2</sub>相のみが確認でき、Niとの反応相は観察されない。一方、Cu側界面では、Cu<sub>2</sub>Zn<sub>9</sub>相とCuZn<sub>8</sub>相を形成し、その厚さ(CuZn<sub>5</sub>+Cu<sub>2</sub>Zn<sub>9</sub>)は、Zn含有量の増加及び接合温度、保持時間と共に、厚くなる傾向を示している。これら金属間化合物の著しい形成反応を避けるため、SiとCuの両側にTiNコートを導入してダイアタッチを行った結果、Zn-Sn系はんだは、TiNに良好にぬれ、金属間化合物などの反応層を形成しない良好な接合界面を示している。

(2) Zn-Sn合金とAu-20Sn、Pb-5Sn合金を用いたCu/はんだ/Cu接合試験片のせん断強度試験結果、Zn-Sn接合体は、31-34MPaの接合強度を示し、Pb-5Sn(28MPa)より約3倍高い強度を示している。2次実装を想定する多重リフロー処理を施しても接合界面は極めて安定し、新たなボイドや亀裂は形成されない。Xeフラッシュ法を用いて熱伝導率を測定した結果、Zn-Snはんだは、Sn添加量の増加と共に熱伝導率は低下ものの約100~106 W/m・Kの熱伝導率を有し、既存のPb-5Sn(35.6 W/m・K)、及び、Au-20Sn(59.1 W/m・K)などと比べ、優れた熱伝導特性を持っている。

(3) 温度サイクル試験の結果、未処理DBC基板へのZn-Sn系はんだ接合部では、Cu-Zn金属間化合物層の成長により熱疲労亀裂が発生し、接合強度が低下する。TiNコートしたDBC基板にダイアタッチ接合を行なった試料では、Siダイ側及びCu側の両方も金属間化合物などの反応層を形成せず、初期の強度を2000サイクルまで維持している。

以上のように、本論文では、Zn-Sn系はんだを用いてSiダイアタッチ接合を行い、その界面特性及び接合特性、熱疲労特性の分析から、新たな高温用鉛フリーはんだとして可能性の高い合金系であることを明らかにしている。また、Zn-Sn系はんだは、本研究で提案したTiNコートなど適切な拡散バリア層と共に使えば、温度サイクルの間、微細組織に変化が無く、初期の接合強度を維持する極めて高い信頼性が得られることから、今後、高温用鉛フリーはんだとしての適用が期待できる。

よって、本論文は、博士論文として価値あるものと認める。