

Title	パワー半導体素子実装における耐高温鉛フリー接合技術の開発
Author(s)	高橋, 利英
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57516">https://hdl.handle.net/11094/57516</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	高橋利英
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23859 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学位論文名	パワー半導体素子実装における耐高温鉛フリー接合技術の開発
論文審査委員	(主査) 教授 竹本 正 (副査) 教授 西嶋 茂宏 教授 下田 吉之 教授 廣瀬 明夫

## 論文内容の要旨

本論文は、パワー半導体デバイス内部の半導体素子実装に使用されるPb基はんだの代替手法として、新規に開発した耐高温鉛フリー接合技術を提唱し、パワー半導体素子実装への適用可能性を検証したものである。本論文は、以下の7章から構成されている。

第1章では、エレクトロニクス分野における環境規制、電子部品内部接合材料の現状を整理し、研究の目的と意義を明示した。

第2章では、バルク材を用いた耐高温鉛フリー接合技術として、高Zn組成のZn-Sn系合金に着目した。本系合金は共晶温度が472 Kでリフロー温度では液相が生成されるが、高固相率であることによる強度維持を期待し、Zn量が50 mass%以上のZn-Sn系合金を用い、Fe-42Ni板同士またはCu板同士を接合した際の接合部特性をそれぞれ評価した。接合基材にFe-42Ni板を用いた場合では、十分な高温強度が得られなかった。しかし、接合基材にCu板を使用した場合、高融点である初晶Zn相がネットワーク化し、リフロー温度においてもPb基はんだと同等の接合強度が得られることを見出した。

第3章では、高温強度および長期接合信頼性を有する接合部を実現するため、Si素子とCu板の接合材料としてAg、CuおよびSnからなる積層薄膜材を用い、570 Kでの接合後に高融点の金属間化合物が形成される接合方法を開発した。本接合部は、Pb基はんだ以上の高温強度を有することが示された。また、微小領域試験により接合部の機械的特性および熱特性についても明らかにした。

第4章では、SiとCuとの熱膨張係数の差に起因して発生する熱応力の影響を評価するため、前章で評価した接合体構成を想定し、有限要素解析法による弾性解析を実施した。その結果、接合温度からの冷却に伴う金属間化合物の変形は弾性範囲に留まり、破断の恐れは低いことを明らかにした。

第5章では、接合部内に残留する熱応力を低減するため、金属間化合物のAg<sub>3</sub>Sn層を延性に富むAg層で挟み込む接合部構成を検討した。その結果、接合後の冷却に伴う残留熱応力は低減し、リフロー温度における接合強度の向上が得られた。

第6章では、第3章から第5章で得られた接合体に対して、長期的な接合信頼性を実証するため、加速試験として高温放置試験および温度サイクル試験を実施し、Ag/Ag<sub>3</sub>Sn/Agからなる接合部においてより高い接合信頼性が示された。本接合部は、優れた耐リフロー性および長期接合信頼性が示されたことより、本接合技術の有意性が確認できた。

第7章では、以上の研究で得られた成果を総括し、本論文の結論を述べた。

本研究は、パワー半導体デバイス内部の半導体素子実装に使用されるPb基はんだの代替手法として、新規に開発した耐高温鉛フリー接合技術を提唱し、パワー半導体素子実装への適用可能性を検証している。本研究で得られた主な成果と結論は以下の通りである。

(1) 高Zn組成のZn-Sn系合金は共晶温度が472 Kでリフロー温度では液相が生成されるが、高固相率であるためリフロー温度での強度維持を期待し、バルク材を用いた耐高温鉛フリー接合技術として、Zn量が50 mass%以上のZn-Sn系合金を用い、Fe-42Ni板同士またはCu板同士を接合した際の接合部特性をそれぞれ評価している。接合基材にFe-42Ni板を用いた場合では、十分な高温強度が得られないが、接合基材にCu板を使用した場合、高融点であるZn相およびe-CuZn<sub>5</sub>相がネットワーク化し、リフロー温度においてもPb基はんだと同等の接合強度が得られることを明らかにしている。

(2) 高温強度および長期接合信頼性を有する接合部を実現するため、Si素子とCu板の接合材料としてAg、CuおよびSnからなる積層薄膜材を用い、570 Kでの接合後に高融点の金属間化合物が形成される接合方法を開発している。本接合部は、Pb基はんだ以上の高温強度を有することを明らかにしている。また、微小領域試験により接合部の機械的特性および熱特性についても明らかにしている。

(3) SiとCuとの熱膨張係数の差に起因して発生する熱応力の影響を評価するため、前章で評価した接合体構成を想定し、有限要素解析法による弾性解析を実施し、接合温度からの冷却に伴う金属間化合物の変形は弾性範囲に留まり、破断の恐れは低いことを明らかにしている。

(4) さらに接合体の信頼性向上を目的に、接合部内の残留熱応力を低減のため、延性に富むAg層で金属間化合物のAg<sub>3</sub>Sn層を挟み込む接合部構成を提案し、解析を実施している。その結果、接合後の冷却に伴う残留熱応力は低減し、リフロー温度における接合強度の向上が得られることを明らかにしている。

(5) 得られた接合体の長期的な接合信頼性を実証するため、加速試験として高温放置試験および温度サイクル試験を実施し、Ag/Ag<sub>3</sub>Sn/Agからなる接合部においてより高い接合信頼性が確保できることを確認している。

以上のように、本論文は本研究で開発した積層薄膜材を用いて形成した接合部が、優れた耐リフロー性および長期接合信頼性を示すことを明らかにしており、パワー半導体素子実装用耐高温鉛フリー接合技術として、本研究で開発した接合技術の有意性を確認している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。