

Title	Solid-state bonding using Ag nanoporous sheet for high temperature die attach
Author(s)	Kim, Minsu
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/59583">https://doi.org/10.18910/59583</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏 名 ( K I M M I N - S U )

## 論文題名

Solid-state bonding using Ag nanoporous sheet for high temperature die attach  
(Agナノポーラスシートを用いた高温ダイアタッチ用固相接合に関する研究)

## 論文内容の要旨

本論文では、高鉛含有はんだの代替材料としてAgナノポーラスシートを提案し、新たな接合プロセスの開発と接合界面の詳細解析に関する研究成果をまとめたものである。

第1章では緒論として、高温環境で使用される自動車用パワーデバイスの開発動向、環境規制による高温用鉛フリー接合材料及びプロセスの開発動向に関して記述するとともに本研究の目的を述べた。現在、パワーデバイスの分野ではエネルギー変換効率の向上やデバイスの小型化が進められており、パッケージ材料の高温耐久性も求められる。さらに、欧州連合からの特定有害物質の使用制限 (RoHS) や廃電気・電子製品に関する指令 (WEEE) 等の環境規制に対応するため、有害物質フリー接合プロセスの開発が必須となっている現状を述べた。

第2章では、Al-Ag合金前駆体から2M塩酸溶液中にてAlを選択溶解することでAgナノポーラスシートを作製した。特にAl-Ag前駆体の微細組織特性によるAlの選択溶解挙動について調べた。Al-Ag合金前駆体はAgが過飽和固溶された $\alpha$ -Al結晶と $\gamma$ -Ag<sub>2</sub>Al金属間化合物で構成されている。過飽和固溶 $\alpha$ -Alと $\gamma$ -Ag<sub>2</sub>Alの腐食反応速度の差により、 $\alpha$ -AlからAlが優先的に溶解され、Agナノポーラス構造を形成した。

第3章では、Agナノポーラスシートを用いた接合プロセスについて、特に接合温度と接合雰囲気に着目し接合強度に及ぼす影響を調査した。無電解ニッケル/置換金 (ENIG) めっき銅試片を用いて様々な接合温度 (200°Cから400°C) で、大気及び窒素雰囲気中で接合を行った。接合条件の変化において、Agナノポーラス接合部のせん断強度の変化について、接合部の微細組織、破断面の観察結果から接合条件の影響を考察した。200°CではAgナノポーラス構造の焼結が不十分のため、一部接合界面での破壊が発生したが、接合温度が上がると、大きなボイドがない接合部を形成され、接合強度が増加した。接合温度350°Cまで雰囲気の影響はなかったが、400°Cでは大気中にて接合した場合、Niめっき層が酸化され接合強度が低下した。300°Cで高鉛含有はんだと同じような接合強度を得られた。

第4章では、Agナノポーラス接合部の高温放置試験によるせん断強度の変化及び微細組織の変化について調べた。高温放置試験の目的としては、高温により接合部の劣化を加速化させることであり、接合部の劣化原因としては、界面での酸化、元素の拡散等がある。無酸素銅試片、ENIGめっき試片を用いて接合したAgナノポーラス接合部に対して、250°C、大気雰囲気中で1000 hまで高温放置試験を行った。界面での拡散や酸化により形成する反応物の分析を行い、接合強度及び破断挙動の変化に与える影響について考察した。特に原子レベルでの結晶構造の解析を行い、高温放置等による接合界面での拡散、酸化等の詳細な現象を明らかにした。無酸素銅試片では高温放置試験により、Ag/Cu界面で銅酸化物とボイドが発生し、接合強度の原因になった。ENIGめっき試片は高温放置試験により、Au/Ni界面で脆いNiOとNi<sub>3</sub>Pが形成され、接合強度の低下の原因となった。

第5章では、熱サイクル環境下でのAgナノポーラス接合部の長期信頼性を評価した。熱サイクル試験の目的としては、温度変化による部材間の熱膨張係数の差により発生する応力に対する耐久性を確かめることである。実際のパワーデバイスの構造を具現化するため、模擬Siチップ、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>基板を用いて接合を行い、-55°Cから150°Cの熱サイクルを1500サイクルまで印加した。熱サイクル後、超音波によるAgナノポーラス接合層の非破壊検査、接合強度測定によりAgナノポーラス接合部の熱サイクルに対する安定性を確認した。

第6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では、Agナノポーラスシートを試作し、接合材料として適用することを試みた。さらに高温放置試験、熱サイクル環境下でAgナノポーラス接合部の信頼性を評価し、今まで報告された高鉛含有はんだなどと比較した結果、Agナノポーラス接合方法が高鉛はんだの代替材料として十分に機能することを示した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( K I M M I N - S U )			
		(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	准教授	西川 宏
	副 査	教 授	山中 伸介
	副 査	教 授	池 道彦
	副 査	教 授	廣瀬 明夫
<h3>論文審査の結果の要旨</h3> <p>本論文では、高鉛含有はんだの代替材料としてAgナノポーラスシートを提案し、新たな接合プロセスの開発と接合界面の詳細解析に関する研究成果をまとめたものである。本論文は、以下の6章から構成されている。</p> <p>第1章では緒論として、鉛フリー接合プロセスに関する研究動向、研究目的を述べた。</p> <p>第2章では、Al-Ag合金前駆体から2M塩酸溶液中にてAlを選択溶解することでAgナノポーラスシートを作製した。Al-Ag合金前駆体はAgが過飽和固溶された<math>\alpha</math>-Al結晶と<math>\gamma</math>-Ag<sub>2</sub>Al金属間化合物で構成されている。過飽和固溶体<math>\alpha</math>-Alおよび<math>\gamma</math>-Ag<sub>2</sub>Alの腐食反応速度の差により、Alが優先的に溶解され、Agナノポーラス構造を形成した。</p> <p>第3章では、Agナノポーラスシートを用いた接合プロセスについて、特に接合温度と接合雰囲気に着目し接合強度に及ぼす影響を調査した。接合条件の変化において、Agナノポーラス接合部のせん断強度の変化について、接合部の微細組織、破断面の観察結果から接合条件の影響を考察した。200℃ではAgナノポーラス構造の焼結が不十分のため、一部接合界面での破壊が発生したが、接合温度が上がると、大きなボイドがない接合部が形成され、接合強度が増加した。接合温度350℃まで雰囲気の影響はなかったが、400℃では大気中にて接合した場合、Niめっき層が酸化され接合強度が低下した。300℃以上で高鉛含有はんだと同等かそれ以上の接合強度が得られた。</p> <p>第4章では、Agナノポーラス接合部の高温放置試験によるせん断強度の変化及び微細組織の変化を調査した。無酸素銅試片、ENIGめっき試片を用いて接合したAgナノポーラス接合部に対して、250℃、大気雰囲気にて1000hまで高温放置試験を行った。原子レベルでの結晶構造の解析を行い、高温放置等による接合界面での拡散、酸化等の詳細な現象を明らかにした。無酸素銅試片では高温放置試験により、Ag/Cu界面で銅酸化物とボイドが発生し、接合強度低下の原因となった。ENIGめっき試片は高温放置試験により、Au/Ni界面で脆いNiOとNi<sub>3</sub>Pが形成され、接合強度低下の原因となった。</p> <p>第5章では、熱サイクル環境下でのAgナノポーラス接合部の長期信頼性を評価した。実際のパワーデバイスの構造を具現化するため、模擬Siチップ、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>基板を用いて接合を行い、-55℃から150℃の熱サイクルを1500サイクルまで印加した。熱サイクル後、超音波によるAgナノポーラス接合層の非破壊検査、接合強度測定によりAgナノポーラス接合部の熱サイクルに対する安定性を確認した。</p> <p>第6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。</p> <p>以上のように、本論文の内容は環境・エネルギー工学、特にエネルギーの有効利用技術として期待されている次世代パワーデバイスに向けた有害物質代替プロセスや省エネルギー実装プロセスに寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>			