OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	銀フレークを用いた焼結接合に関する研究
Author(s)	坂元, 創一
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59921
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	坂元 創一（さかもと そういち）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 26177 号
学位授与年月日	平成25年3月25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	**銀フレークを用いた焼結接合に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教授 菅沼 克昭 （副査） 教授 上西 啓介　准教授 萩原 幸司　教授 安田 秀幸 教授 平田 勝弘　教授 中谷 彰宏　教授 南埜 宣俊 教授 浅田 稔

論文内容の要旨

低炭素社会の実現に向けて、Siの物性値からくる限界を乗り越える新たな半導体として、SiCやGaNなどのワイドバンドギャップ半導体が注目を集めている。SiC半導体素子を用いることでパワーデバイスの低損失化、小型化および、軽量化が可能であり、家電機器や産業用途機器、鉄道、電力系統などの幅広い分野への利用が検討されている。SiCパワーデバイスの利点をフルに引き出すためにSiCパワーデバイスの動作温度は、250℃～300℃まで上昇すると予想されている。そのため、新たなパワーデバイス用のパッケージング材料、特にダイボンディング材料は、過酷な温度環境に耐える必要がある。

本研究では、大きな表面積（表面エネルギー）を有する扁平状Agフレークを用いて低温接合可能であり、耐熱性および信頼性の高い新たな接合材料を提案した。扁平状Agフレークは、大きな表面積（表面エネルギー）を有しているため､Agナノ粒子と同様に表面の有機物コーティングが除去されることで非常に活性な表面状態になる。また、点接触である球状Ag粒子と比較して、面接触である扁平状Agフレークは、非常に大きな接触面積を有している。これらの駆動力によってAgフレーク間の焼結は大きく促進され、結果として、低温（＜300℃）・低荷重（＜1MPa）焼結において、従来の接合材料である高Pbはんだ合金と同等の接合強度を得ることに成功した。また、扁平状Agフレークを用いた接合材料は、Agフィラーとアルコールのみで構成されており、焼結接合後はAgのみになるため、高温環境下（SiCパワーデバイスの予想動作温度）においても問題なく使用可能であった。加えて、焼結後の扁平状Agフレーク接合層は、均一なポーラス構造を形成しているため、バルクAgと比較して小さいヤング率を有していた。そのため、扁平状Agフレーク接合層は、ダミーチップであるSiC、Siと基板であるDBC基板間の熱膨張係数のミスマッチに起因する機械的熱ストレスを緩和し、結果として、SiC、Siダイアタッチメントの長期信頼性を得ることに成功した。

以上の結果より、高い耐熱性と熱信頼性を有する、低温・低荷重焼結接合技術として扁平状Agフレークを用いた接合法を検討し、その接合機構を明確化した。さらに検討した扁平状Agフレークペースト接合技術の接合信頼性評価を行い、Si、SiCパワーデバイスへの実用化の可能性について調査した。

論文審査の結果の要旨

ワイドギャップ半導体は、次世代の高効率電力変換パワーデバイスとして、200℃を超える厳しい環境での高温動作が期待されている。この高温温度域で用いるデバイス構成材料には、温度ばかりでなく酸化や熱応力などの極めて厳しい条件が課せられ、これまでの半導体を構成する材料の見直しが必要とされている。中でも、ダイアタッチ材料は最も電子部品の信頼性確保に重要となるが、現行のダイアタッチ材料に用いられる高鉛はんだや開発途上の鉛フリー高温はんだ候補材料は、いずれも200℃を超える高温における諸特性は不十分である。このように、次世代パワーデバイスの動作温度の大幅な上昇を可能にするため、新たな高レベルの耐熱性を有する接合技術の確立が急務である。そこで本研究では、Ag粒子を用いた焼結接合技術に取り組み、以下の成果を得た。

1）Agナノ粒子、フレーク状粒子、ミクロンサイズ粒子の接合ペーストを用い、被接合材としてAgめっき、Au/Niめっきなど表面処理したCu板、あるいは、未処理のCu板を接合すると、フレーク状のAgフィラーを用いた接合ペーストとAgめっきCu板の組み合わせで、接合条件が大気中で300℃以下の温度で0.4MPa程度の低荷重を負荷すると、45MPa以上の優れたせん断接合強度が得られる。

2）ミクロンサイズAgフレーク接合ペーストを用いて作製したCu接合体は、-40℃～180℃の温度サイクル試験ではほとんど組織も変化せず強度劣化がない。温度サイクルの高温側温度を250℃まで上昇させると、温度サイクル中にAg接合層中のAgフレーク間の焼結が進行するが、接合直後の高強度は1000サイクルまで維持される。

3）マイクロサイズAgフレーク接合ペーストを用いSiウエハ、SiCウエハをCu張りセラミックス基板にダイアタッチすると、-40℃～180℃の温度サイクルにおいてはほとんど強度劣化がない。-40℃～250℃の温度サイクルで多少の強度低下は生じるものの、1000サイクルまで十分な強度が維持される。接合強度のわずかな低下は、Ag焼結接合層の劣化影響ではなく、Cu張りセラミックスの劣化である。

以上のように、本論文は200℃以上の温度範囲で実用が期待される新たな耐熱性接合材料として、ミクロンサイズAg フレーク接合ペーストを用いダイアタッチ接合特性を評価したところ、接合相手材に Ag めっきを施すことで200℃程度の低い接合温度から十分な強度を与え、200℃を超える温度範囲までの耐熱接合を可能にすることを明らかにした。本技術は、次世代パワーデバイスの高温動作へ向けた技術開発において、多大の貢献が期待される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。