



Title	Application of Ag-based complex for low-temperature die-bonding
Author(s)	王, 春成
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/101663
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (王 春成)

Title

Application of Ag-based complex for low-temperature die-bonding
(低温ダイボンディング技術へのAg系錯体の応用)

Abstract of Thesis

Ag sintering is a promising technique for the die-bonding of wide bandgap (WBG) power devices. However, organic additives in Ag paste can inhibit Ag atom diffusion by forming surface organic layers, thereby increasing bonding temperature and pressure. In addition, studies on the electromigration (EM) of sintered Ag are limited. To address these issues, Ag nanostructures derived from the thermal decomposition of an Ag-based complex were utilized as die-attach materials to minimize the impact of organics. The effects of Ag-based complex decomposition conditions on Ag nanostructure formation and bonding performance were studied to identify optimal conditions. The bonding of Ag nanostructures was conducted on four kinds of substrates, Au, Ag, Al, and Cu, to uncover the substrate-dependent bonding mechanism. The EM properties of Ag-Cu composite joints and Ag sintered joints were also systematically studied. The outline of this thesis is listed as follows.

In Chapter 1, the demands of the die-bonding of WBG power devices and the development of several lead-free die-bonding techniques were introduced. Mechanisms and some existing problems of Ag particle bonding were summarized. Ag nanostructure bonding derived from Ag-based complexes was proposed to solve the existing problems.

In Chapter 2, the thermal decomposition conditions of the Ag-based complex, including temperature and duration time, on the formation and bonding performance of Ag nanostructures were studied on Au substrates. The microstructure, particle size distribution, and organic content of Ag nanostructures derived from various conditions were characterized. Possible reasons for the decomposition conditions of Ag-based complexes affecting the bonding performance of Ag nanostructures were revealed by shear test, cross-section observation, and fracture-surface observation.

In Chapter 3, the Ag-based complex was decomposed at 180 °C for 30 minutes on Ag, Al, and Cu substrates to evaluate substrate effects. The evolution of morphology and composition of Ag nanostructures with substrate were systematically investigated. A verification experiment was designed to confirm the reaction between Ag-based complex and Cu substrate during the decomposition process.

In Chapter 4, the effects of substrates on the bonding performance of Ag nanostructures were investigated based on four commonly used substrates Au, Ag, Al, and Cu. The sintering of polydispersed particles was proposed to explain the possible reason for the excellent low-temperature bonding performance on Au, Ag, and Al substrates. Their difference in shear strength was investigated by interface characterization. In the case of Ag nanostructures on Cu substrate, SEM, TEM, and EDS were conducted to confirm the possible reason for the poor bonding performance.

In Chapter 5 a two-step decomposition process, at 180 °C in N₂ followed by 230 °C in a formic acid atmosphere, was employed to mitigate the negative effects of organics on Cu substrates. The resulting Ag-Cu nanostructures were bonded to confirm the feasibility of using Ag-based complexes on Cu substrate. Subsequently, a comparative study was conducted to investigate the EM behaviors of Ag-Cu composite joints and Ag joints.

In conclusion, the findings and main results of each chapter were briefly summarized. Future work of this thesis was also included.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (王春成)			
論文審査担当者	(職)	氏名	
	主査 教授	西川 宏	
	副査 教授	福本 信次	
	副査 教授	上西 啓介	

論文審査の結果の要旨

Ag ナノ粒子ペーストを用いた焼結型接合は、ワイドバンドギャップ (WBG) パワーデバイスのダイボンディングにおいて有望な技術とされている。しかし、Ag ナノ粒子ペースト中の添加剤などが Ag 粒子同士の焼結を抑制し、接合不良の発生や接合温度を上昇させる可能性がある。また、焼結した Ag のエレクトロマイグレーション (EM) 特性に関する研究は限られている。これらの課題に対処するため、本研究では、Ag 系錯体の熱分解により得られる Ag ナノ構造をダイアタッチ材料として適用し、有機成分の影響を最小限に抑える方法を採用することで、Ag 系錯体の熱分解条件や基板が Ag ナノ構造の形成およびボンディング性能に与える影響を調査する。また、Ag-Cu 複合接合部および Ag 接合部の EM 特性についても系統的に評価する。本論文の概要は以下の通りある。

第 1 章では、WBG パワーデバイスのダイボンディングにおける要求事項と、有害物質フリーのダイボンディング技術の発展について説明する。Ag 焼結型接合のメカニズムと既存の課題を要約し、Ag 系錯体由来の Ag ナノ構造を用いた接合技術を課題解決のために提案する。

第 2 章では、Ag 系錯体の熱分解条件（温度と時間）が Au 基板上での Ag ナノ構造の形成およびボンディング性能に与える影響を調査する。特に、様々な条件で得られた Ag ナノ構造の微細構造、粒径分布、残存する有機成分を評価する。その結果、熱分解条件が Ag ナノ構造とボンディング性能に与える影響を、せん断試験、断面観察を通じて明らかにする。

第 3 章では、Ag、Al、Cu 基板上で Ag 系錯体を 180°C で 30 分間熱分解し、基板の種類が得られた Ag ナノ構造に与える影響を調査する。特に、基板ごとの Ag ナノ構造の形態と組成の変化を系統的に調査し、Au、Ag、Al では同様の分解プロセスが進行することを明らかにする。一方、Cu 基板の場合には、異なるプロセスが進行することを見出し、その反応を説明する。

第 4 章では、Au、Ag、Al、Cu の 4 種類の基板を用い、Ag ナノ構造を利用したボンディング性能に対する基板の影響を調査する。その結果、Au 基板の場合には 50MPa 以上のせん断強度が得られ、Cu 基板の場合には 10MPa 以下となり、せん断強度の差異を界面状態により分析する。Cu 基板上の Ag ナノ構造については、SEM、TEM、EDS を使用し、ボンディング性能が低い原因を特定する。

第 5 章では、N₂雰囲気中で 180°C、続いてギ酸雰囲気中で 230°C という二段階分解プロセスを採用し、Cu 基板に対する有機成分の悪影響の軽減を試みる。得られた Ag-Cu ナノ構造を用いて、Ag 系錯体を Cu 基板に使用する可能性を検討する。その後、Ag-Cu 複合接合部と Ag 接合部の EM 挙動を比較し、Cu の存在が EM 挙動に与える影響を評価する。

結論として、各章の研究成果と主要な結果を簡潔にまとめ、今後の課題についても述べる。以上のように本論文は、Ag 系錯体の熱分解によって作製された Ag ナノ構造をダイアタッチ材料として使用する方法を提案し、異なる基板 Au、Ag、Al、Cu がその接合特性に与える影響や、Ag-Cu 複合接合部と Ag 接合部の EM 挙動を明らかにしている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。