OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Ag paste sinter joining on Au, Cu and Al surfaces for high-temperature applications
Author(s)	張, 政
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76535
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name （Zhang Zheng）	
Title	Ag paste sinter joining on Au, Cu and Al surfaces for high-temperature applications （高温用途でのAu、Cu、およびAl表面メタライゼーションのダイアタッチ用のAgペースト焼結）

Abstract of Thesis

Ag paste sinter joining is becoming an important interconnection technology for die attach in power electronics. It exhibits superior processability, high-temperature resistance and long-time durability to traditional connection methods such as solder joining or conductive adhesive joining. Massive works have demonstrated Ag paste sinter joining is capable of achieving a robust and reliable die attach with the Ag surface metallization under a mild sintering condition (pressureless, low temperature and atmospheric sintering). However, sintering Ag paste only on the Ag surface metallization is inadequate since there are industrial demands of different surface metallizations for specific applications or cutting fabrication costs. Currently, few works have realized robust die attach on different surface metallizations via Ag paste sinter joining under the mild sintering condition, and there is still a lack of the systematic investigation on the bonding quality and thermal aging reliability of die attach with Ag paste sinter joining on different surface metallizations, especially on Cu and Al surface. In this dissertation, the main theme aimed at achieving robust die attach on three surface metallizations, Au, Cu and Al by Ag paste sinter joining. The bonding quality, thermal aging reliability, and bonding mechanism were studied for a comprehensive understanding of sintering behavior of Ag paste on different surface metallization.

At first, Ag paste sinter joining was conducted on Au surface, one of the most used surface metallizations in electronics, to study Ag sintering behavior on Au. The bonding quality and thermal aging reliability of Ag-Au joint were improved by a preheating treatment and initial Au thickness variation. The cross section and bonding interface observation suggest that the improvement is attributed to the growth of Au grains, which reduces Ag-Au grain boundary diffusion and forms a robust bonding line at Ag/Au interface. The finding provides a convenient way to improve the bonding quality and thermal aging reliability of Ag-Au joint.

Next, a micron flake and submicron particle hybrid Ag paste was sintered on bare Cu surface to realize Ag-Cu joint. The shear strength of the Ag-Cu joint structure achieves approximately 30 MPa when bonded at 250 °C without assisted pressure in an atmospheric condition. To understand this excellent result, the Ag-Cu joints were investigated via SEM, EDS, XPS and TEM. This research revealed that the bonding of joint is associated with the Cu2O nanoparticles formed on the bare Cu surface under the effect of solvent and self-generate Ag nanoparticles during the sintering. These two nanoparticles can form an intact bonding interface, which allows a preferable shear strength at a pressureless, low-temperature and atmospheric sintering condition. Also, a possible mechanism has been proposed to interpret the formation of this successful Ag-Cu bonding.

In the last, a robust Ag-Al joint was realized by sintering a micron Ag flake paste on bare DBA substrate. The shear strength reached around 35 MPa as a pressureless, low-temperature sintering condition. The micron structures of the Ag-Al joint observed by SEM and TEM suggest the bonding is ascribed to excellent sinter-ability of Ag paste, which allows sintered Ag getting wet-able and tightly attaching on Al surface. The electrical resistance of Ag-Al joint was measured by a designed circuit used for four-point probe method. A high-temperature storage test was conducted at 250 °C up to 1000h for investigation of thermal aging reliability of Ag-Al joint. The results indicate the Ag-Al joint owns an acceptable electrical resistance and an excellent shear strength of 30 MPa even after 1000h high-temperature storage. The Ag-Al joint might provide a low-price and easily processing option for the die attach used in high-temperature applications.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　張　政（ZHANG　ZHENG）　）

	(職)	氏　名
論文審査担当者		
主 査	教授	菅沼　克昭
副 査	教授	麻　寧緒
副 査	教授	平田　勝弘
副 査	教授	中谷　彰宏
副 査	准教授	長尾　至成
副 査	准教授	菅原　徹

論文審査の結果の要旨

SiC と GaN 等のワイドバンドギャップ（WBG）パワー半導体を用いたパワーデバイスの普及には、WBG ダイを基板に高性能・高信頼性に接合するダイアタッチ技術の開発が欠かせない。銀ペースト（Ag paste）焼結接合技術は、伝統的な接合材料（はんだと導電性接着剤）により、優れた電気・熱特性と高温安定性である。しかしながら、焼結用ナノ銀ペーストのコストや、接合時に必要な荷重、また接合表面の選択性がジレンマとなって本格的な商業生産への応用が滞っている。本論文では、ミコン銀ペーストに基づく、異なる表面に銀ペースト焼結接合技術を開発し、実装プロセスの低温化、無加圧化、雰囲気化を実現し、更にその高温劣化信頼性の評価を実施した。その結果は、以下の様に得られている。

1. 銀ペーストの焼結接合を Au 表面で行い、焼結強度と高温劣化信頼性を調べた。 Ag-Au 接合強度と高温劣化信頼性は、予熱処理と初期の Au 厚さのばらつきによって改善された。断面と接合界面の観察は、Ag-Au 粒界拡散を低減し、Ag / Au 界面に強固な接合界面を形成する。この発見は、Ag-Au 接合強度と高温劣化信頼性を改善するが便利な方法である。
2. ハイブリッド銀ペーストを Cu 表面で焼結して、Ag-Cu 接合を実現した。 Ag-Cu 接合構造のせん断強度は、大気条件、無加圧、250 度で接合の場合、約 30 MPa の接合強度に達した。この優れた結果を理解するために、SEM、EDS、XPS、TEM で Ag-Cu 接合界面構造を調査した。この研究により、焼結中に自己生成 Ag ナノ粒子と Cu 表面に形成された Cu_2O ナノ粒子が強い界面構造となって、Ag-Cu 接合を実現した。
3. マイクロ銀フレーク粒子を用いた焼結接合ペーストを用いて、アルミ張りセラミック基板（DBA）の表面に Si チップを直接ダイアタッチした。大気中で無荷重、200℃ で接合を行った時の接合強度は 35 MPa を記録した。焼結した銀接合部を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察したところ、200℃ という低温での接合にもかかわらず、一様に焼結された多孔質微細組織の形成が確認された。接合界面を TEM でより詳細に観察すると、焼結銀はアルミニウム表面の薄いアルミナ層を介して完全に接合している様子が見られた。また、250℃で 1000 時間の高温保持実験の結果でも明確な劣化は確認されず、優秀な高温耐熱性を有することが分かった。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。