



Title	Low-temperature and pressureless micron Ag particle paste for high-temperature die attachment in power devices
Author(s)	張, 浩
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/69561">https://hdl.handle.net/11094/69561</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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">大阪大学の博士論文について</a>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

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 張 浩 )	
論文題名	<p>Low-temperature and pressureless micron Ag particle paste for high-temperature die attachment in power devices</p> <p>(パワーデバイスの耐熱ダイアタッチのための低温・無加圧ミクロンAg粒子焼結ペーストに関する研究)</p>
<p>論文内容の要旨</p> <p>Wide bandgap (WBG) semiconductor power devices have attracted considerable attention for a broad range of applications such as optoelectronic devices, alternative energy generation, and high-energy vehicles. In all of these applications, the harsh environment (above 250 ° C or even 300 ° C) is beyond the endurance of the conventional high-temperature die attachment materials. To address the problems, a novel bonding technology is proposed based on sintering Ag nanoparticles, which can form a high-temperature metal joint with an excellent thermal conductivity. However, the complicated synthesis process handling and high price of nanoparticles hinder its application to massive production of devices. On the other hand, sintering affordable micron Ag particles always requires high assisting pressure of -50 MPa and the high sintering temperature, normally beyond 250 °C, which cause chips and substrates to bow and warp during the die attachment process. Therefore, the aim of the doctoral dissertation is to obtain an affordable micron Ag particles paste capable of a low-temperature and pressureless sintering condition and an excellent high-temperature reliability. Therefore, the paste is simply called as “low-temperature and pressureless micron Ag paste” .</p> <p>At first, a micron Ag paste was prepared by employing solvent modification to realize a low-temperature and pressureless sintering process. The paste achieved a high bonding strength above 30 MPa with a low electrical resistivity of 8.45 <math>\mu\Omega\cdot\text{cm}</math> after pressureless sintering at 180°C, making it superior to the other micron or nano-Ag pastes under similar conditions. These enhanced performances were mainly caused by the suitable removal speed of the solvent, its favorable thermal behavior, and higher capillary force on the sputter Ag layer.</p> <p>Next, a low-temperature and pressureless micron Ag paste was also achieved by using a sintering activator Ag<sub>2</sub>O additive as a bridge among micron particles. The additive Ag<sub>2</sub>O was in situ decomposed to Ag nanoparticles, which activated the surface of the micron Ag particles and thereby led to the rapid diffusion and further densification of the micron Ag particles. The sintered Ag joint using an optimized paste, micron Ag particles with 10% Ag<sub>2</sub>O, exhibited an excellent shear strength above 40 MPa at 180 ° C without the assistance of additional pressure.</p> <p>Finally, the high-temperature reliability of the low-temperature and pressureless micron Ag paste under high-temperature aging (250 °C) and thermal shock (-50-250 °C) were investigated. The mechanical properties and microstructural evolution of sintered micron-porous Ag joints were evaluated. The average joint strength was independent of aging time and also kept approximately 35 MPa after aging for 1000 h while the value declined drastically to around 17 MPa after 1000 cycles. The stability of joint strength during aging process was closely related to the balance between the coarsening of Ag grains and evolution of micron pores. The decreasing strength during thermal cycling corresponded to a structural inhomogeneity and increasing defects, which also accompanied with a change of fracture behavior.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 張 浩 )			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	菅沼 克昭
	副 査	教授	伊藤 和博
	副 査	教授	平田 勝弘
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	南埜 宜俊
	副 査	教授	浅田 稔
	副 査	准教授	萩原 幸司
	副 査	准教授	長尾 至成
論文審査の結果の要旨			
<p>ワイドバンドギャップ・パワー半導体は、電力変換機器のハイパワー化、小型化と省エネルギー化を実現するデバイスとして実用が広がりつつある。一方で、実装されたモジュールのパワー密度が上昇することから、実用温度がジャンクションで200℃を超える範囲になり、実装耐熱性への要求が既存の技術ではカバーできないものとなる。特に、パワー半導体の信頼性へ大きな影響を及ぼすダイアタッチ材料の性能と耐熱性改善が必要とされ、この要求に応えるための銀 (Ag) 粒子焼結接合が開発されている。本論文では、サブミクロンからミクロンサイズの銀粒子を用いた焼結接合の特性改善のために、焼結温度の200℃近傍で熱分解する有機溶媒や銀酸化物 (<math>\text{Ag}_2\text{O}</math>) に着目し、それらの添加効果を調べた結果、以下のことを明らかにした。</p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 従来のアルコール系溶媒に替えて新たなエーテル系溶媒添加することにより、Ag粒子の焼結が加速される。これによって、従来のAg粒子焼結ペーストでは実現できなかった180℃における無加圧接合でも、銅 (Cu) 板同士を接合した場合のせん断強度30MPa、Ag配線抵抗率<math>8.45 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}</math>が達成できるなど、焼結接合温度の低温化、無加圧化が可能になる。</li> <li>2. <math>\text{Ag}_2\text{O}</math>サブミクロン粒子の微量添加により、180℃においてAg粒子の焼結が促進され無加圧焼結接合が可能になる。10wt%<math>\text{Ag}_2\text{O}</math>の添加した場合、Cu板接合のせん断強度40MPaの高強度接合が実現される。この時、添加した<math>\text{Ag}_2\text{O}</math>は全て自然還元されてAgになる。</li> <li>3. 開発したエーテル系溶媒添加Agペーストを用いたCu基板上にシリコン (Si) をダイアタッチした構造の高温安定性の評価として、1000時間までの250℃高温放置試験、および、-50℃から250℃の温度範囲の1000サイクルまでの熱衝撃を実施した。高温放置試験では、35MPaの高強度を維持したが、熱衝撃試験では17MPaまで低下した。熱衝撃試験における強度低下は、SiダイとCu基板間の大きな熱膨張差により生じ、熱衝撃に対する劣化抑制のためには応力緩和構造が必要になる。</li> </ol>			
<p>以上のように、本論文ではワイドバンドギャップ・パワー半導体の高温動作に適用が期待されるサブミクロンからミクロンサイズのAg粒子を用いた焼結接合技術の低温化、低加圧化などの特性改善に取り組み、200℃近傍の焼結温度で分解する新規溶媒添加、あるいは、酸化物添加による特性改善を達成した。また、それらの特性改善効果のメカニズムを調べ、Ag粒子焼結促進現象により説明されることを示している。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。</p>			