



Title	Low temperature sintering mechanism and designing silver sinter paste for die-attach of Wide Band Gap semiconductor
Author(s)	廉, 済胤
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/76531">https://doi.org/10.18910/76531</a>
rights	
Note	

*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 (廉 浩胤 ヨム ゼユン YEOM JEYUN )	
論文題名	<b>Low temperature sintering mechanism and designing silver sinter paste for die-attach of Wide Band Gap semiconductor</b> (低温焼結メカニズム及びワイドバンドギャップ半導体用銀焼結ペーストデザイン)
論文内容の要旨	
<p>The purpose of the study is to understand previously reported fast and sound bonding (~ 40 MPa) achieved by Ag sinter pastes and develop new sinter paste for realizing high temperature durable die-attachment. The dissertation dealt with the interaction between chemically synthesized Ag particles and solvent, and developing in situ chemical synthesis sinter paste using redox reaction. The unique sintering mechanism of Ag flakes in situ formed Ag nanoparticles is discussed.</p> <p>In Chapter 1, the background of die-attach materials for realizing high temperature semiconductor packaging is explained. One of most promising candidates is Ag sinter paste due to its excellent bonding strength with low bonding temperature and pressure. It provides high reliability and high anti-oxidation. There are some challenging points in Ag sintering. Ag nanoparticles need organics additives for storage, which leads to inhibit sintering. The price of Ag nanoparticles is ten times higher than micron-sized Ag particles, and it restrict the application of nano-silver paste in industry. Micron-sized Ag pastes has low packing density and surface energy, which increases the sintering temperature and pressure, and cannot lead to successful high temperature packaging due to weak bonding. Therefore, analysis on new Ag sinter bonding mechanism and designing sinter paste are needed.</p> <p>In Chapter 2, the sintering mechanism of polyol-synthesized submicron and micron Ag paste is mainly discussed. The Ag pastes exhibited sound bonding (~ 40 MPa) though, sintering condition is at 200 °C, 0.4 MPa, which is not expected owing to low surface energy. To understand the mechanism, we compared it with hybrid Ag particles consisting of micron-sized Ag flakes and submicron-sized Ag particles. During the sintering process, in situ formed Ag nanoparticles (Ag NPs) were observed only in Ag tracks derived from polyol-synthesized Ag paste sintered at 175 °C, and they are considered to be the main driving force for particle sintering. The main factor for Ag NPs formation is the residual Ag ions, which can realize low temperature sintering.</p> <p>In Chapter 3, a unique mechanism in Ag micro flake sintering which reveals that self-produced Ag nanoparticles, created by the heating of the sintering process, is discussed. The flakes have microstrain due to the higher dislocation density of the crystalline structure. The release of microstrain in the flake particles during heating leads to the production of Ag nanoparticles, which is a significant driving force in the sintering process.</p> <p>In Chapter 4, improving the sintering performance of micron Ag pastes via in situ polyol synthesis is presented. The chemically modified Ag pastes exhibited higher bonding strength and electrical conductivity than their corresponding non-chemically modified Ag pastes. The chemical modification is expected to achieve pure metallic bonding with increased sintering performance.</p> <p>In Chapter 5, the summary of the dissertation is presented.</p> <p>The dissertation presented the unique factors of Ag sintering rather than the main driving force of sintering such as surface energy. The unique characteristic of synthesized Ag particle paste and micro-strained Ag particle paste exhibited in situ formation Ag NPs, without using organic additives for conservation. The mechanism and designing Ag pastes are believed to give ways realizing high temperature and high reliable packaging.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 ( 廉済胤 ヨム・ゼユン / YEOM JEYUN )	
	(職) 氏名
論文審査担当者	主査 教授 菅沼 克昭 (産業科学研究所)
	副査 教授 小泉 雄一郎
	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 (産業科学研究所)
	副査 准教授 菅原 徹 (産業科学研究所)

## 論文審査の結果の要旨

ワイドバンドギャップ半導体デバイスの接合材料として実用化が期待されるミクロンサイズの銀粒子ペーストは、優れた接合特性が200°C程度の低温焼結によって得られるが、その低温焼結メカニズムは未だに未解明の点があり、これを理解することで新たな銀ペーストの開発も可能になると期待できる。本論文では、この低温焼結メカニズム解明を目指し、主な結果が以下のように得られている。

1. ポリオール法により合成したミクロンサイズの銀粒子ペーストの175°Cにおける焼結が、合成粒子表面に残存するポリマ中の残留銀イオンが溶剤のエチレングリコールと反応し、これによって生じる銀ナノ粒子が銀粒子間の焼結を促し、低温・低圧で焼結を可能にする。
2. 銀フレークの250°C以下の温度範囲の焼結メカニズムを微細組織評価により検討したところ、銀フレークは加熱とともにナノ粒子を生成しネッキングを形成している。銀フレークは、内部に多くのひずみや結晶欠陥を有しており、銀ナノ粒子の自己生成は、銀膜の場合の銀ヒロック生成メカニズムと同様に「ナノ銀火山噴火現象」によることが示された。
3. マイクロ銀粒子の焼結促進法として、焼結時にポリオール合成反応が進行する新しい銀粒子ペーストを提案し、ポリオール合成を導入した銀焼結ペーストは、同じ条件の焼結反応で、従来の焼結ペーストに比べより強いせん断強度と高い電気伝導性を与えることが判明した。

以上のように、本論文の内容は実用化が期待される次世代パワーデバイスに向けた銀焼結接合ペーストの低温焼結メカニズムを解明し、さらに、この低温焼結反応の促進技術を提案し、優れた性能を有する新たな銀ペーストを開発している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。