



Title	Solid-state bonding process using nanoporous Cu sheet for high-temperature application
Author(s)	Park, Byungho
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/89619">https://doi.org/10.18910/89619</a>
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 ( PARK BYUNGHO )

Title

Solid-state bonding process using nanoporous Cu sheet for high-temperature application  
(高耐熱パワーデバイスのための銅ナノポラスシートを用いた固相接合)

## Abstract of Thesis

The objective of this study was to develop bonding process to ensure reliable high-performance solid-state nanoporous bonding using nanoporous Cu (NPC) sheet for high temperature applications. Attempts were made to deal with the present challenges in realization of joint using nanoporous Cu sheet. The relationship between change of microstructure and mechanical property were presented to improve the bondability of NPC bonding, and the enhancement mechanisms of the two approaches using bare and ENIG Cu disks were studied separately. Based on the study of the mechanisms, NPC bonding joints were successfully assembled by NPC sheet in the formic acid atmosphere at a low temperature range.

In chapter 1, the background of power electronics for high temperature applications and emerging issues related to the use of WBG semiconductors. Several common interconnection materials for replacement high Pb containing solder were described and compared. And a feasibility of solid-state nanoporous bonding for die attach was also suggested.

In Chapter 2, the fabrication of nanoporous sheet from Mn–Cu precursor alloy using dealloying method was presented. The microstructure of NPC sheet related cold-rolling and annealing condition of Mn–Cu precursor was investigated.

In Chapter 3, NPC bonding technique with bare Cu substrate using NPC sheet was suggested. Mainly, the effects of bonding temperature and atmosphere on the shear strength of NPC bonding joints, microstructure of bonding layer and fracture behavior of joint were discussed.

In Chapter 4, NPC bonding technique with electroless nickel/immersion gold (ENIG) finished Cu substrate using NPC sheet was suggested. Mainly, the effects of bonding temperature on the shear strength of NPC bonding joints, microstructure of bonding layer and fracture behavior of joint were discussed.

In Chapter 5, The oxidation reaction and microstructure evolution at the bonding interface of NPC/Cu and NPC/ENIG during thermal storage test were demonstrated.

In Chapter 6, the results were summarized and future works were outlined

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( PARK BYUNGHO )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	西川 宏
	副 査	教授	上西 啓介
	副 査	教授	福本 信次

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、高鉛含有はんだの代替材料としてCuナノポーラスシートを提案し、新たな接合プロセスの開発と接合界面の詳細解析に関する研究成果をまとめたものである。本論文は、以下の6章から構成されている。

第1章では緒論として、鉛フリー接合プロセスに関する研究動向、研究目的を述べる。

第2章では、Mn-Cu前駆体合金から4%塩酸溶液中にてMnを選択溶解することでCuナノポーラスシートを作製する。750 °C、120minの熱処理により、Mn-Cu前駆体合金は均一な(Cu,  $\gamma$ -Mn)固溶体となり、合金の残留応力も減少し、均一なCuナノポーラス構造を形成できる。

第3章では、Cuナノポーラスシートを用いた接合プロセスについて、特に接合温度と接合雰囲気に着目し接合強度に及ぼす影響を調査する。窒素雰囲気では接合部の酸化物が還元されず十分な接合強度が得られない。ギ酸雰囲気の場合、200 °CではCuナノポーラス構造の緻密化が不十分であったが、接合温度が上がると、接合部に緻密な構造が形成され、350 °Cでは30MPa以上の接合強度が得られる。

第4章では、金めっき基板で接合プロセスの実現可能性を調査する。接合温度200 °CではCuナノポーラス構造の緻密化が不十分であったが、接合温度が上がると、接合部に緻密な構造が形成され、300 °Cでは30MPa程度の接合強度が得られる。そして、界面ではCuナノポーラと金めっき層の間に相互拡散により形成された反応層も接合強度へ影響を与えることが分かる。

第5章では、高温放置試験によるCuナノポーラス接合部の接合強度の変化及び微細組織の変化を調査する。無酸素銅試片、金めっき試片を用いて接合したCuナノポーラス接合部に対して、250 °C、大気雰囲気、1000 hまで高温放置試験を行なう。原子レベルでの結晶構造の解析を行い、高温放置等による接合界面での拡散、酸化等の現象を明らかにする。無酸素銅試片では高温放置試験により、界面で銅酸化物が発生し、接合強度低下の原因になる。金めっき試片は高温放置試験により、界面で脆いCu<sub>2</sub>Oが形成され、接合強度低下の原因となる。

第6章は結言であり、以上の研究で得られた結果について総括する。

以上のように、本論文は、熱処理を利用しMn-Cu前駆体合金から均一なナノ構造を形成することにより、接合部の緻密化を進め、接合強度の向上を実現するとともに、その発現機構を詳細に明らかにするものである。このことは、本研究で提案された固相接合の有用性を示すとともに、高耐熱性パワーデバイスの応用展開の拡大が期待できる重要な知見を与えており、今後のエレクトロニクス実装材料の展開に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。