

# 接合科学研究所 接合プロセス研究部門

## 加工プロセス学分野の紹介



研究室紹介

西川 宏\*

Manufacturing Process, Research Division of  
Materials Joining Process, JWRI

Key Words : Advanced manufacturing process, High-temperature bonding,  
Lead-free alternative, Microscl Ag particles, Nanoporous bonding

### 1. はじめに

本稿では、大阪大学接合科学研究所接合プロセス研究部門加工プロセス学分野を紹介させていただきます。筆者は、同研究所スマートプロセス研究センタースマートグリーンプロセス学分野から2018年4月に新しく当研究室に着任いたしましたので、ここではこれまでの取り組み成果も交え紹介させていただきますと思います。

本研究室の目的は、種々のエネルギー源を用いた接合をはじめとする材料加工プロセスの機能解明と環境負荷低減に寄与できる高効率・高効率先進加工プロセスの構築に関する研究に取り組むことにあります。特に、エレクトロニクス実装分野におけるマイクロ接合を対象に、優れた機能と高い信頼性を有する微細接合部を確立するための機能性接合材料の創出や各種エネルギー源を利用した新たな先進微細接合プロセスの構築、さらには界面構造・機能制御による微細接合部の高信頼性を推進するとともに、関連する基礎学理の構築と実用化に向けた応用技術開発を目指しています。現在の本研究室の人員構成は、専任教員1名(教授、著者)、特任研究員2名、招へい研究員2名、博士後期課程9名、博士前期課程6名、学部生1名となっています。研究室では様々なマイクロ接合に関する具体的な研究に取り組んでおりますが、ここでは高温はんだ代替接合

技術のトピックスについて紹介させていただきます。

### 2. 高温はんだ代替接合技術

#### 2.1 現状

はんだ付等された継手を含むエレクトロニクス製品が自動車のエンジン周りのような高温環境に置かれる場合や、油田採掘や地熱発電などで地中深くの高温環境で用いられる場合、製品内の継手には耐熱性に優れた融点の高い接合材料を使用することが不可欠です。現在、耐熱用の接合材料としては依然としてPb含有率85%以上の高鉛含有はんだ(高温はんだ)が使用されており、Pbなどの有害物質を含まない代替材料とその接合プロセスの確立が喫緊の課題となっており、本研究室ではマイクロサイズの金属粒子やシート状の接合材料を利用した新たな接合プロセスの研究を進めています。

#### 2.2 金属粒子による接合

多くの研究者により研究されている金属ナノ粒子を接合材料として利用した接合は、ナノ粒子特有の低温焼結性を利用したプロセスであり、加熱中にナノ粒子同士の焼結が進行することで、焼結後は接合層がバルク状態となるため、バルク金属と同様の耐熱性を有し、優れた接合強度を有するものとして期待されています。

一方で、ナノ粒子を利用する場合には、コストが高くなることに加えて、ペースト状にした際に分散剤や溶媒などの有機物の割合が高くなり、特に大面積の接合では加熱後も有機物が残留しボイドとなり易いなどの解決し難い問題が残されており、産学連携の共同研究で、図1に示すような微細な突起を有するマイクロサイズのAg粒子を利用した接合プロセスを提案しています。

具体的には、微細な突起を有するマイクロサイズ



\* Hiroshi NISHIKAWA

1973年9月生まれ  
大阪大学大学院工学研究科 知能・機能  
創成工学専攻 博士後期課程修了  
(2002年)  
現在、大阪大学 接合科学研究所  
教授 博士(工学) マイクロ接合  
TEL: 06-6879-8691  
FAX: 06-6879-8691  
E-mail: nisikawa@jwri.osaka-u.ac.jp

のAg粒子を含有したペースト（化研テック（株）製）を利用し、加熱加圧しながら接合を行うことで、図2に示すように緻密な接合層と良好な接合界面を得ることに成功しました。微細な突起同士から焼結が進行することでマイクロサイズのAg粒子でもAgナノ粒子の場合と同様に焼結型の接合を行うことが可能であることを明らかにしました。高鉛含有はんだ並の接合強度も得られていることから、現在、接合部の長期信頼性評価などを進めています。

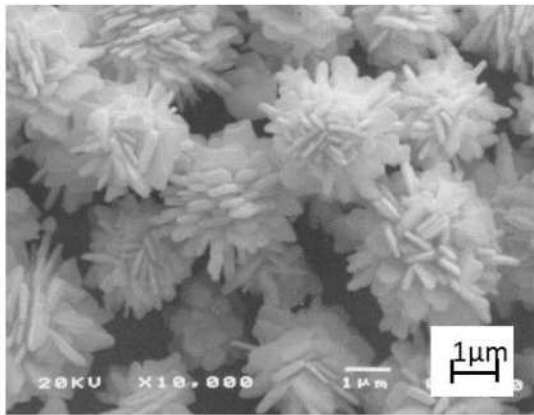


図1 微細な突起を有するマイクロサイズAg粒子の外観

### 2.3 金属シートによる接合

更に金属粒子をペースト状にすることなく、シート状の接合材料の研究も進めています。シート状の二元系合金表面から選択溶出を利用したプロセスにより、図3に示すような数十ナノサイズのAuナノ粒子がランダムに三次元的に配列したナノポーラス構造の作製が可能です。このような表面構造を接合材料として用いる研究も進めています。図3には、Au-Ag合金より作製したAuナノポーラスシートとCu試片（被接合体）の接合部界面近傍を示しますが、反応層が形成されており、接合が効果的に行われていることが分かります。高融点はんだに替わる新たな接合材料として、Auナノポーラス材料やAgナノポーラス材料、Cuナノポーラス材料を効果的に使用できる可能性があることを示してきました。本テーマは、当研究室と早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構の齋藤美紀子教授、水野潤教授との共同研究により短期間に多くの成果を挙げています。

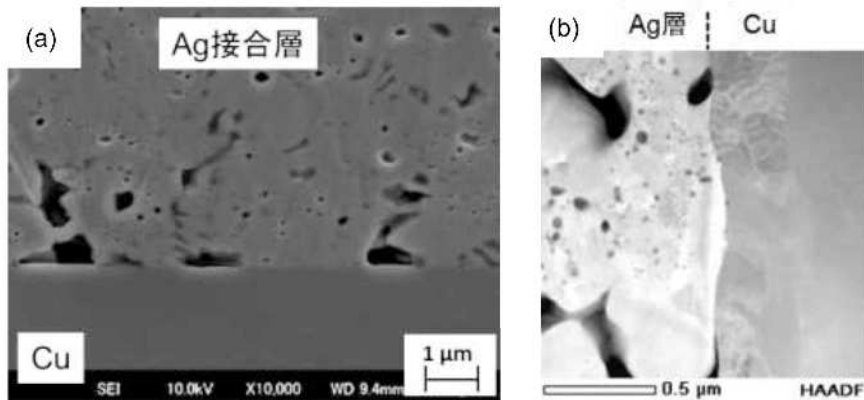


図2 マイクロサイズAg粒子を利用した接合部と接合界面  
(a) 界面近傍のSEM像、(b) 界面のTEM像

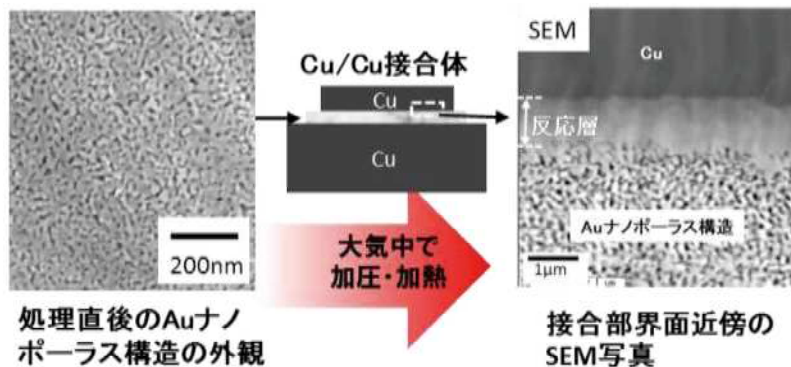


図3 Auナノポーラスシート表面外観と接合部界面近傍

## 2.4 接合部の可視化

従来からの液相/固相反応を利用するはんだ付に比べ、金属粒子同士の焼結を利用した接合のように固相反応のみを利用する場合には、接合後の信頼性を確保するためには、接合部内部に残存する空隙の評価等を二次元の断面からだけでなくその分布状態も含め三次元的に評価しておく必要があります。図4には、Agナノ粒子の焼結層をFIB/SEMシス

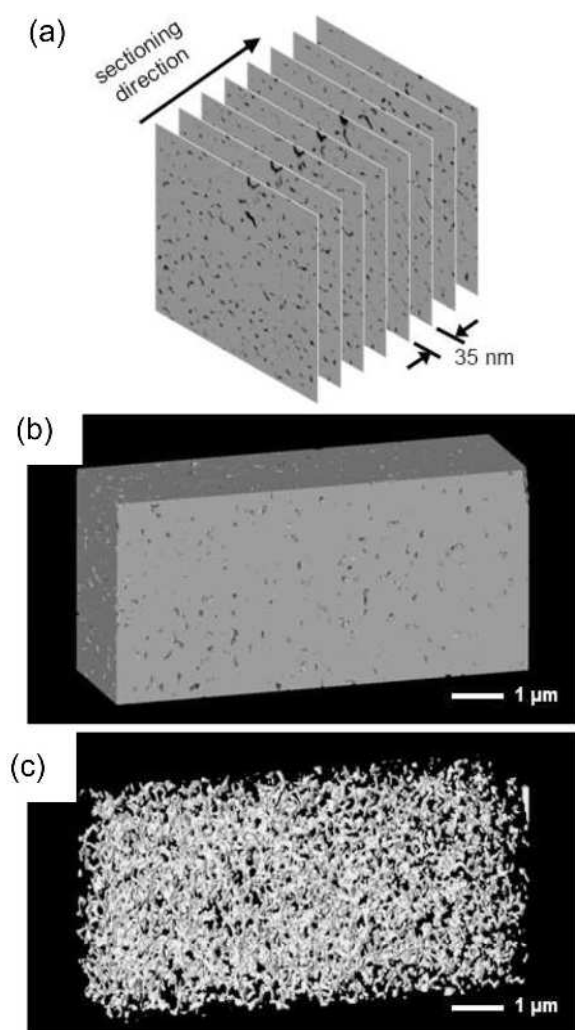


図4 Agナノ粒子を用いた焼結型接合部の微細組織構造

テムを用いて三次元イメージ化した図を示しており、加熱加圧することによりAgナノ粒子が焼結した際の組織(b)や空隙部の分布状態(c)を明瞭に観察することができます。この三次元イメージ図は、FIBを用いて35 nmの間隔で研磨し、SEMを用いて100枚以上のイメージ(a)を連続撮影した後、映像処理プログラムを用いて3D再構築することで接合部の三次元的なビジュアル化に成功したものです。立体的なポーアの分布や正確なポーアサイズ、形に関する情報も得ることができ、接合部の長期信頼性向上に向けた有益な情報となります。今後、このような三次元イメージを用いてシミュレーションを行うことにより、正確な数値解析も可能となるものと考えています。

## 3. 終わりに

本稿では、研究トピックスの一つを紹介しましたが、当研究室では加工プロセス学分野として、環境負荷低減に寄与できる高能率・高効率な先進加工プロセスの構築や接合科学の高度化の基盤となる教育研究活動を推進していきたいと思っています。その中でも、『マイクロ接合部の構造・機能制御に着目した、機能性接合材料の創出や先進プロセスの構築、接合部の高信頼性化・最適化の達成』を研究テーマの根幹に据え、研究活動を展開していくつもりです。また研究成果を研究室内で終わらせることが無いように、産学官連携による実用化研究や海外大学・研究機関との国際協働研究も積極的に実施することで大阪大学のモットーである「地域に生き、世界に伸びる」を実践するとともに、日本人学生や世界各国から留学生を博士後期課程に積極的に呼び込み、若手研究者・技術者の育成にも尽力することで、近い将来には研究と教育の両面から国内のみならず世界中から人が集まるような研究室にしていきたいと思っています。