

WBGパワーモジュールのための大面積無垢Cu-Cu接合 (Large area bare Cu-Cu bonding for WBG Power module)

大阪大学 産業科学研究所
フレキシブル3D実装協働研究所
特任准教授

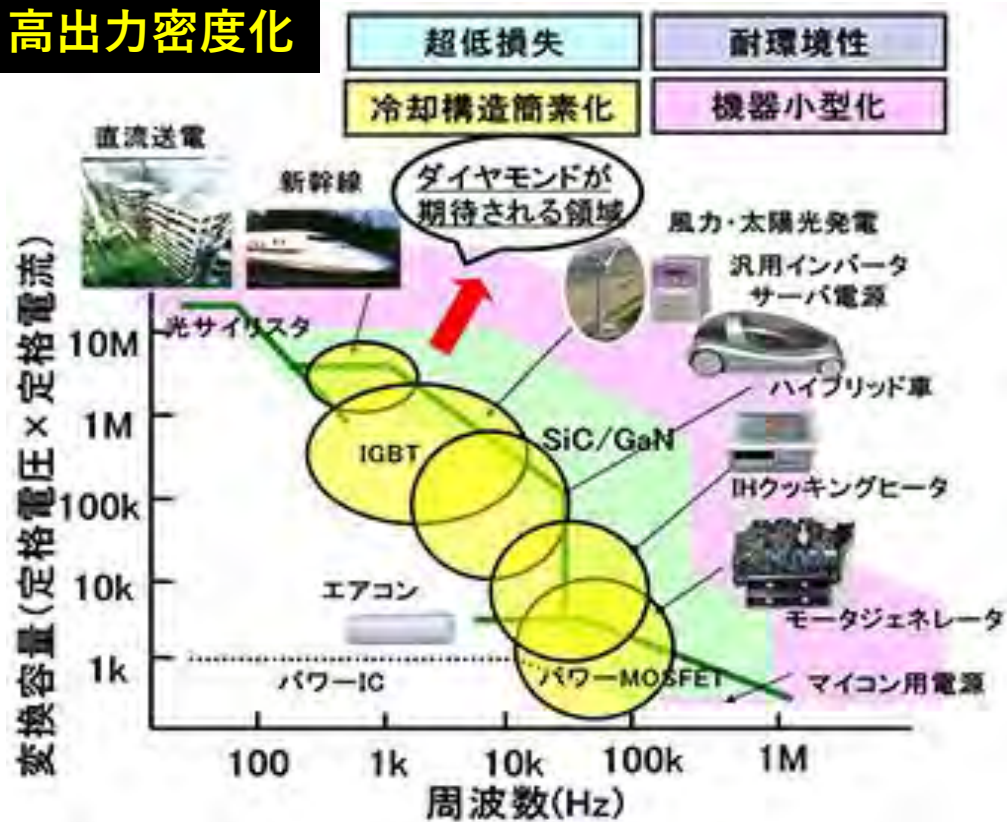
陳 伝トウ

<https://www.f3d.sanken.osaka-u.ac.jp/>

WBG パワーモジュール

電力時代の本格化を迎え、省エネルギーに対応可能な新しいパワー半導体材料が必要となっている：Siに換わりSiC,GaNへの展開が急務

高出力密度化



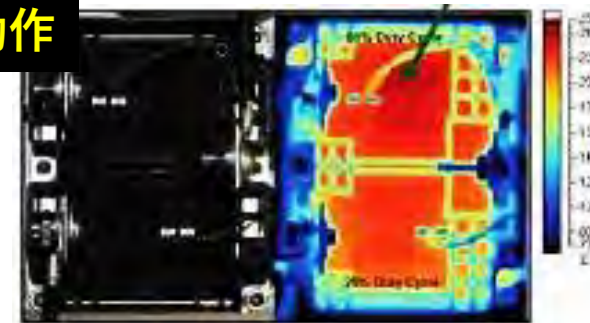
<https://electronics360.globalspec.com/article/6286/iedm-divulges-advances-in-wide-bandgap-devices>

小型化



電気自動車レースの最高峰「フォーミュラE」にフルSiCパワーモジュール-TechWeb (rohm.co.jp)

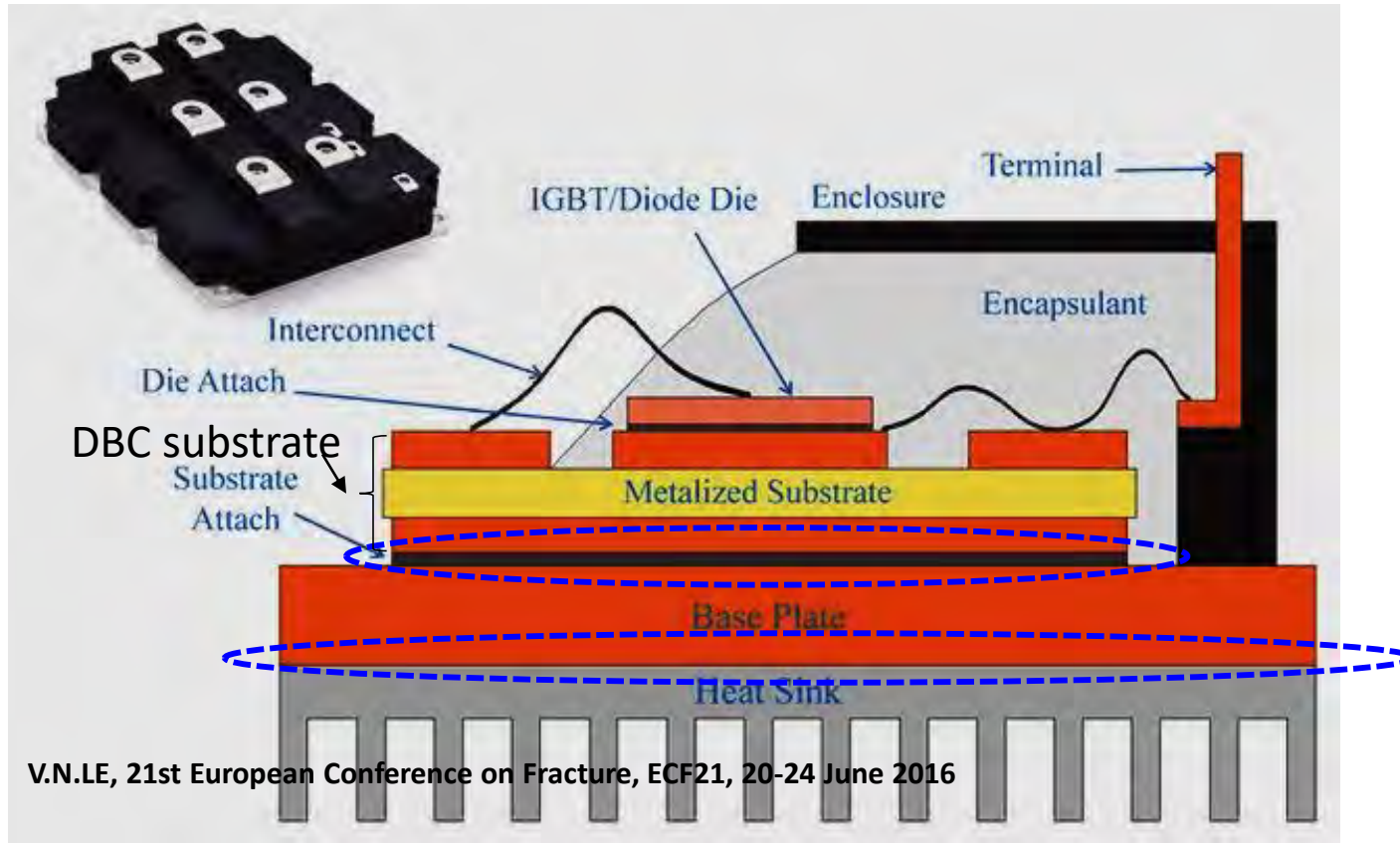
高温動作



- 高出力密度化
- 低電力損失化
- 高温動作(~300°C)

WBG パワーモジュールでは、電力変換器における高出力高密度化・小型化と電力損失低減の実現が不可欠

パワーモジュール構造と次世代基板接合材料の開発



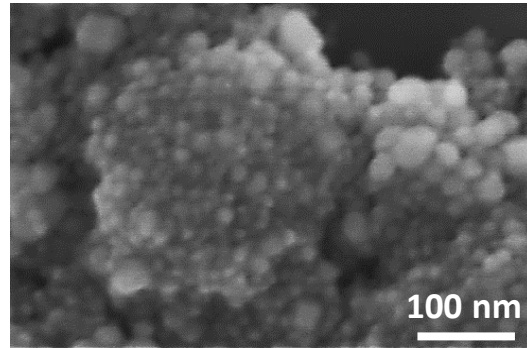
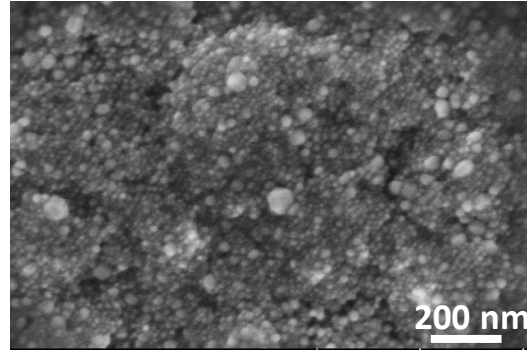
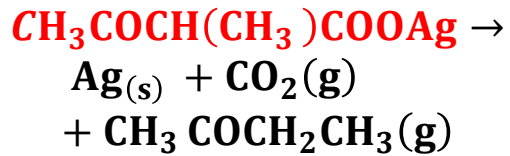
❖ 次世代基板接合材料に要求される特性

- 大面積接合
- 高放熱（高熱伝導率）
- 基板との直接接合（メタライズ不要）
- 低(環境負荷)接合条件とプロセス（低温無加圧、大気中）
- 高接合強度と信頼性

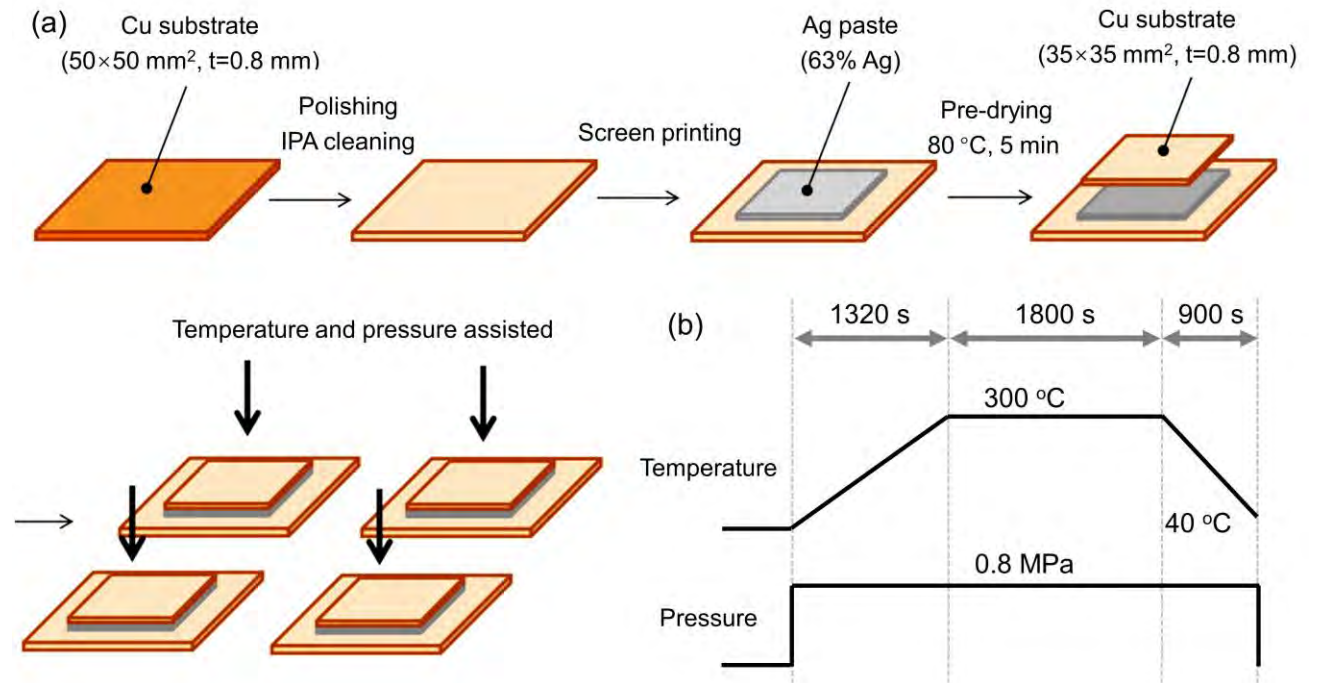
DBC基板とCuベース基板との接合、またヒートシンクとの接合材料は、従来の鉛フリーはんだやグリスなどの高熱抵抗材料に代わる高熱伝導率材料の開発と利用を必要とする

銀塩ペースト焼結材料による大面積無垢Cu-Cu接合

銀塩の分子構造とSEM画像



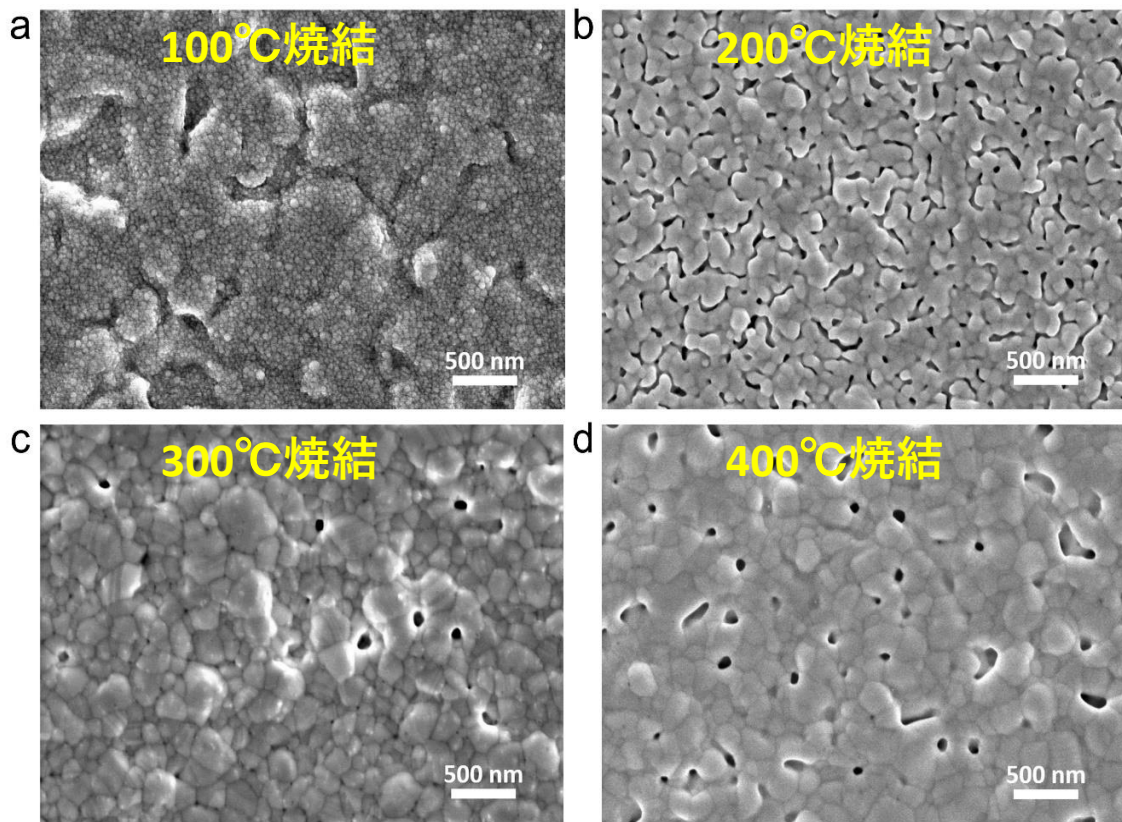
銀塩の印刷焼結接合プロフィール



銀塩ペースト焼結材料を開発することによって、大気中大面積(35mm x 35mm)無垢Cu-Cu焼結接合が実現した

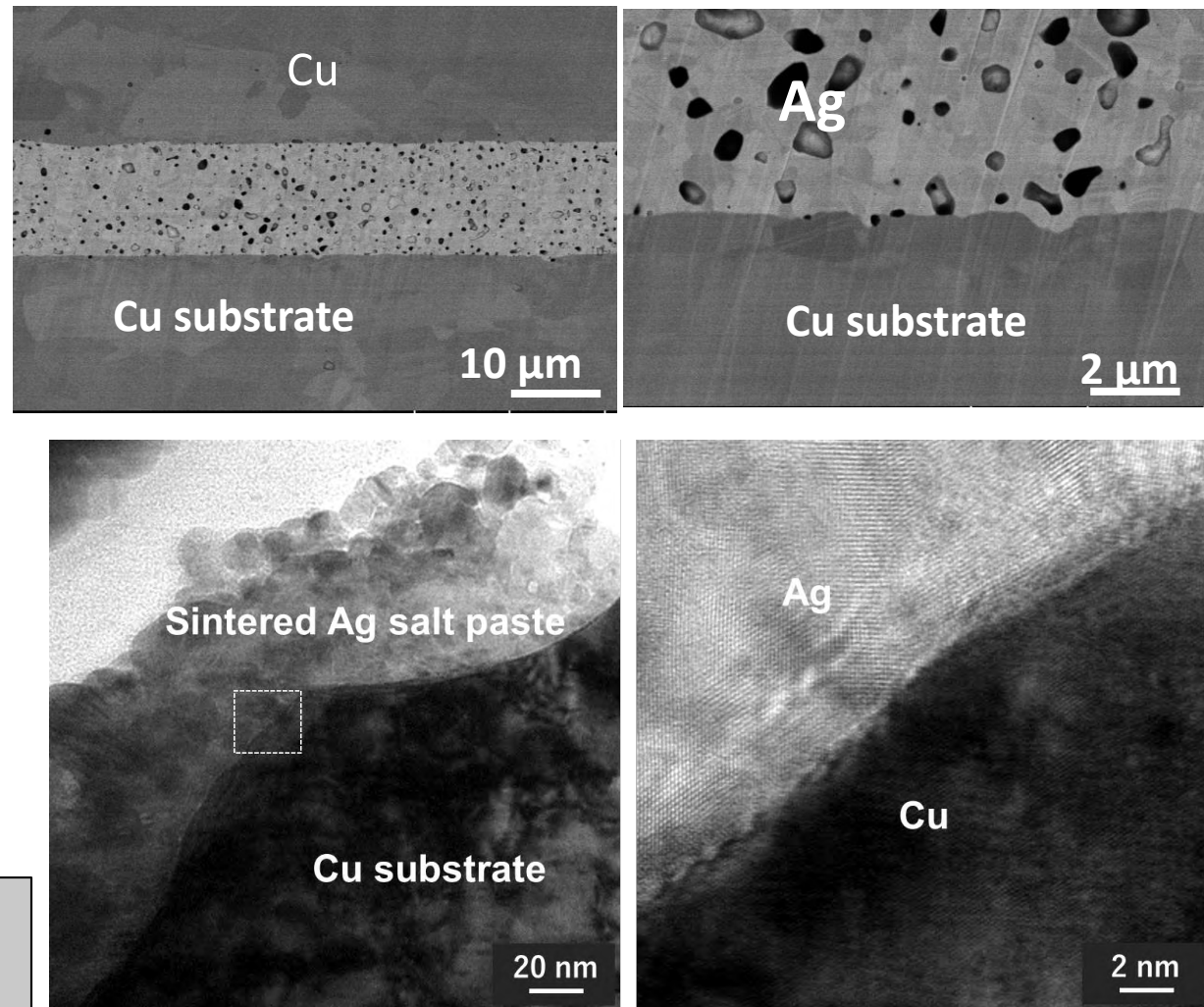
銀塩焼結表面およびCu基板との界面SEMとTEM観察

大気中銀塩焼結の表面SEM画像



銀塩ペーストは大気中300°Cの焼結で緻密な銀焼結層となり、銅との接合界面も酸化されずに金属結合を実現

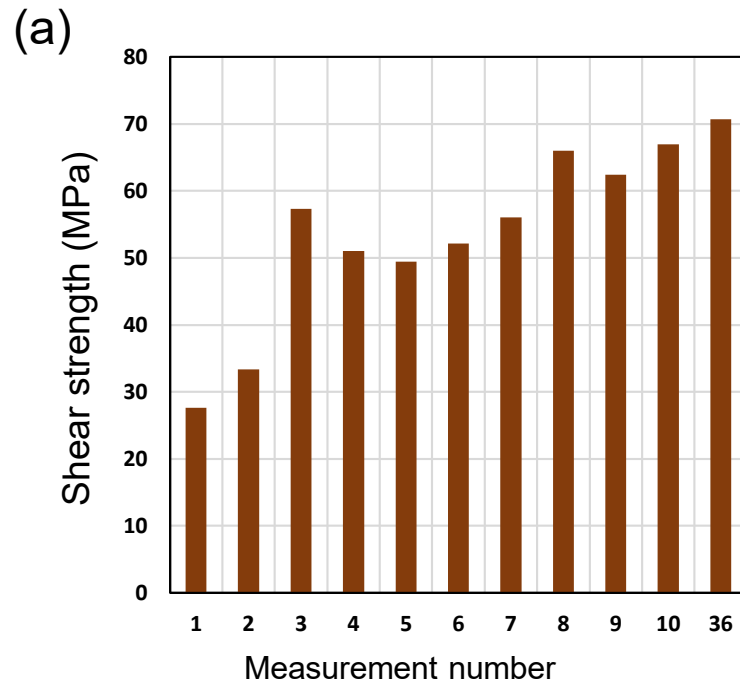
大気中Cu基板との接合断面SEMとTEM写真



Cu-Cu大面積接合の接合強度と高温放置250°C信頼性評価

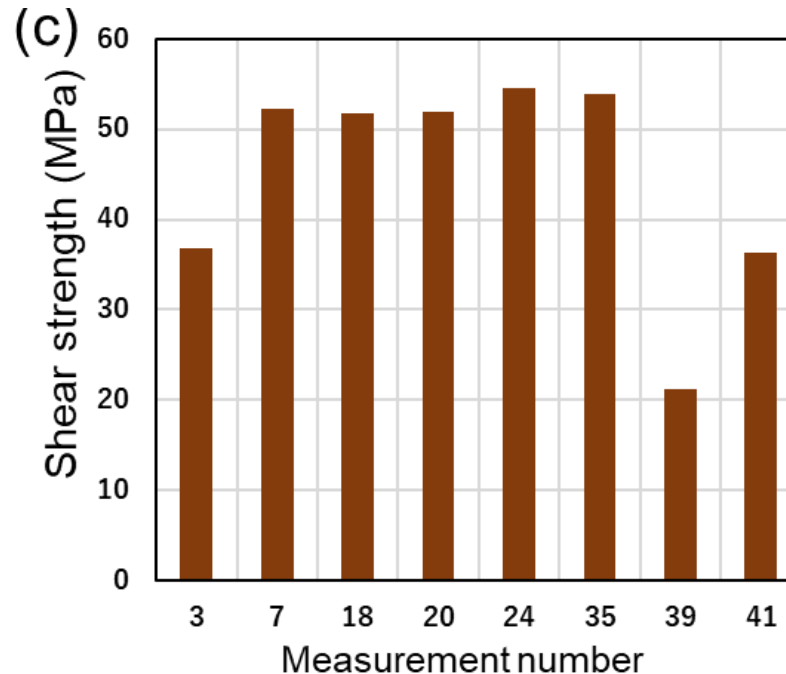
接合初期

平均接合強度 :53.8 MPa



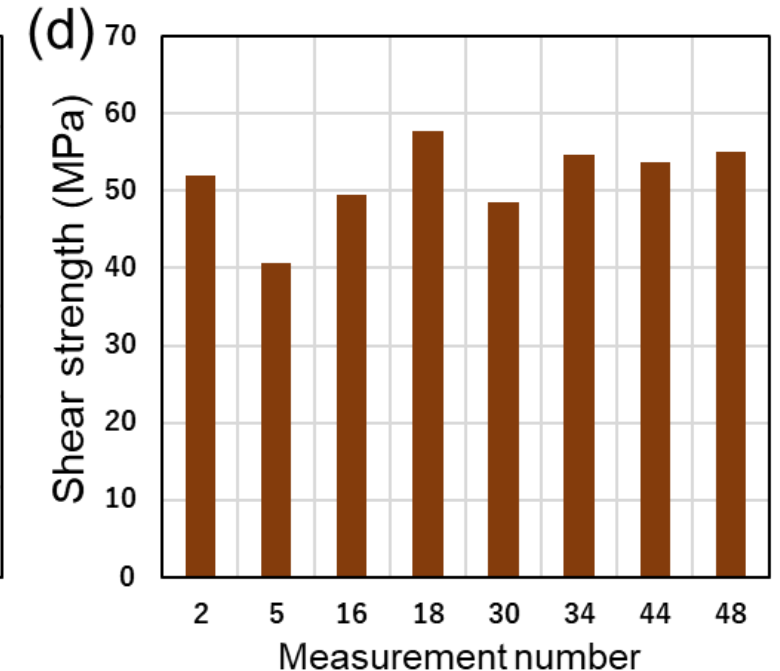
大気中高温放置100 h

平均接合強度 :44.8 MPa



大気中高温放置500 h

平均接合強度 :51.4 MPa



- Cu-Cu大面積接合の接合構造の接合強度（50MPa以上）はハンダを使用した接合の2倍以上。
- 接合構造は250°Cの高温環境に500時間放置しても強度低下が落ちず、高温信頼性を維持。

本技術に関する公開情報(論文)

- 本成果は2022年1月12日付の*Journal of Materials Science & Technology*で公開
→ タイトル: **Development of anti-oxidation Ag salt paste for large-area (35 × 35 mm²) Cu-Cu bonding with ultra-high bonding strength**
- DOI <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.08.095>
- 関連プレスリリース情報 (大阪大学)
https://www.osaka-u.ac.jp/ja/guide/public-relations/press_release/22/03/20220314_03



本技術に関する知的財産情報

名称	金属製部材の接合方法、金属製部材接合体及び回路基板
特許権者または出願人	トッパン・フォームズ株式会社; 国立大学法人大阪大学
発明者	関口 卓也; 菅沼克昭; 李 万里; 陳 伝トウ
出願日	2018.02.24
特許番号もしくは出願番号	特願PCT/ JP2018006721

産学連携の現状と企業様への期待

【産学連携の現状】

- トッパン・フォームズ株式会社との共同研究において、銀塩焼結接合技術の開発による無垢銅基板同士の大面積接合実験を実施済み
- DOWAホールディングス株式会社との共同研究において、Agペーストを用いたAI-セラミックス基板とAIヒートシンクの大面積での接合・評価を実施中

【企業様への期待】

- 共同研究を前提とした試料活用・評価が可能
- パワーデバイス開発が抱える問題・課題解決（大面積結合、通常環境下による接合など）のニーズのある企業様との共同研究を希望

まとめ

- 新たな銀塩焼結接合技術の開発により、無垢銅基板同士の接合において、これまでを上回る大面積接合（35mm×35mm）を実現しました。
- 接合強度も50MPa(メガパスカル：圧力の単位)以上と、ハンダによる接合を上回る数値を達成しました。

【本研究成果の新規性ポイント】

- (a) 高熱伝導率(300W / m · K)における銀焼結材の設計ができる
- (b) 銅をめっき処理せずに通常的环境（大気下）における大面積接合が実現できる
- (c) 銅との接合界面を酸化させず金属結合を達成することができる

本技術では、これまでのように銅をめっき処理しなくても通常的环境（大気下）での接合を達成しており、「接合プロセスの簡素化」に大きく貢献することができます

産学連携に関するお問い合わせ先

大阪大学産業科学研究所 戦略室

(担当コーディネーター: 特任准教授 加藤 久明)

- TEL: 06-6879-8448
- E-Mail: air-office@sanken.osaka-u.ac.jp
- 各種の産学連携に関するお問い合わせをお待ちしております