

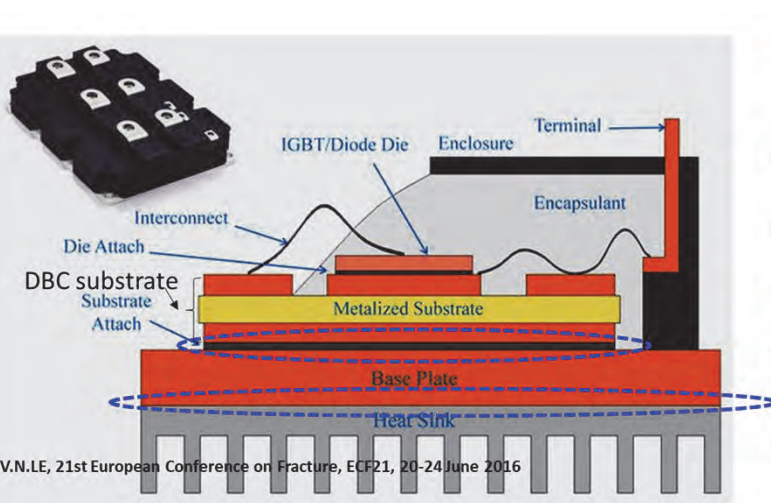
WBGパワーモジュールのための 大面積無垢Cu-Cu接合



大阪大学フレキシブル3D実装協働研究所

特任准教授 陳 伝彰

電力時代の本格化を迎え、省エネルギーに対応したパワー半導体材料として、Siに換わるSiC, GaNへの展開が急務→チップ動作温度は従来の125°Cから250°Cに増加
 → WBGパワーモジュール高放熱実装材料と大面積無垢Cu基板の接合構造の設計が必要



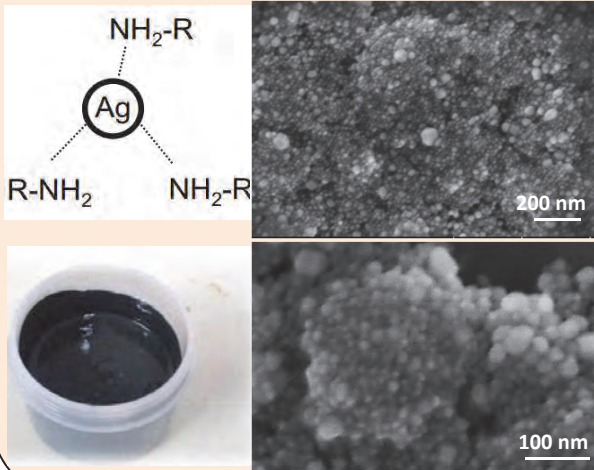
❖ 次世代基板接合材料に要求される特性

- 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

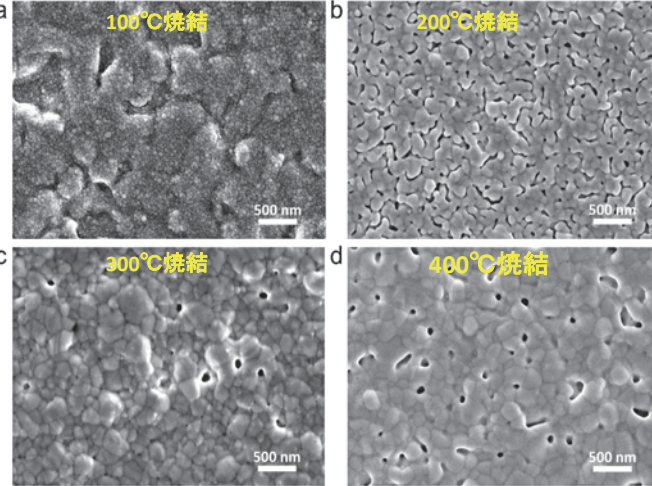
【本研究の成果と特徴】

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 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。

銀塩の分子構造とSEM画像



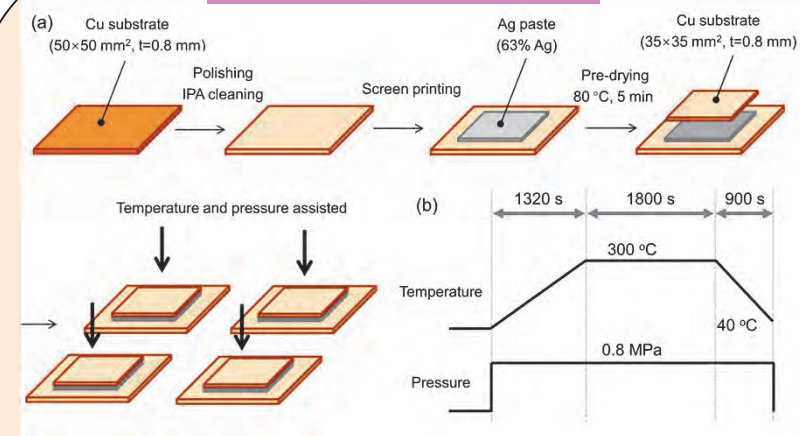
大気中銀塩焼結の表面SEM画像



【本研究成果の新規性ポイント】

- (1) 高熱伝導率(300W / m·K)における銀焼結材の設計ができる
- (2) 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
- (3) 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

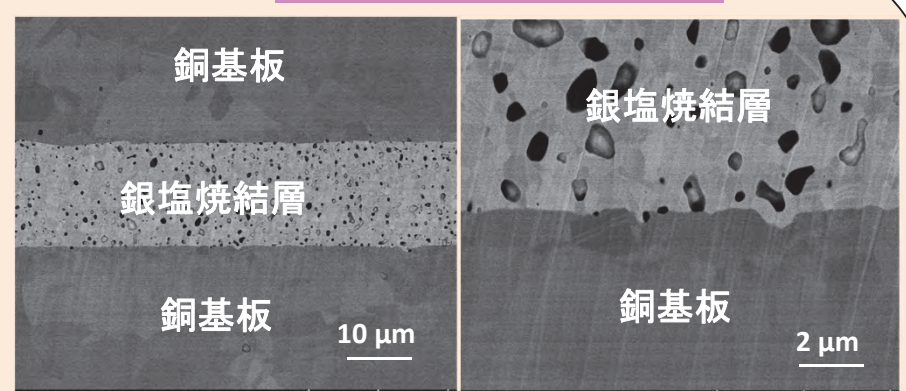
銀塩の印刷焼結接合プロフィール



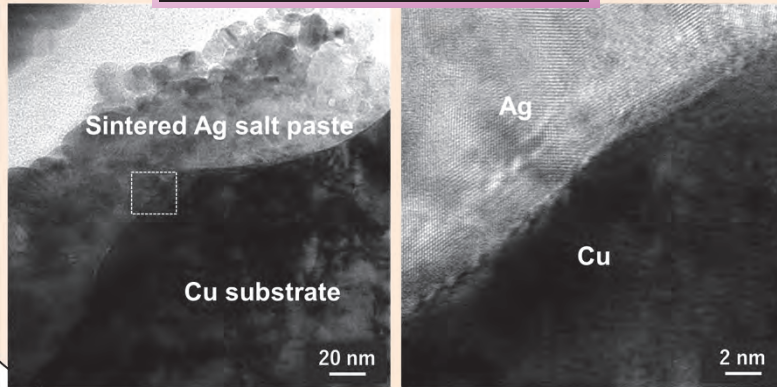
接合構造と破壊後の接合面写真



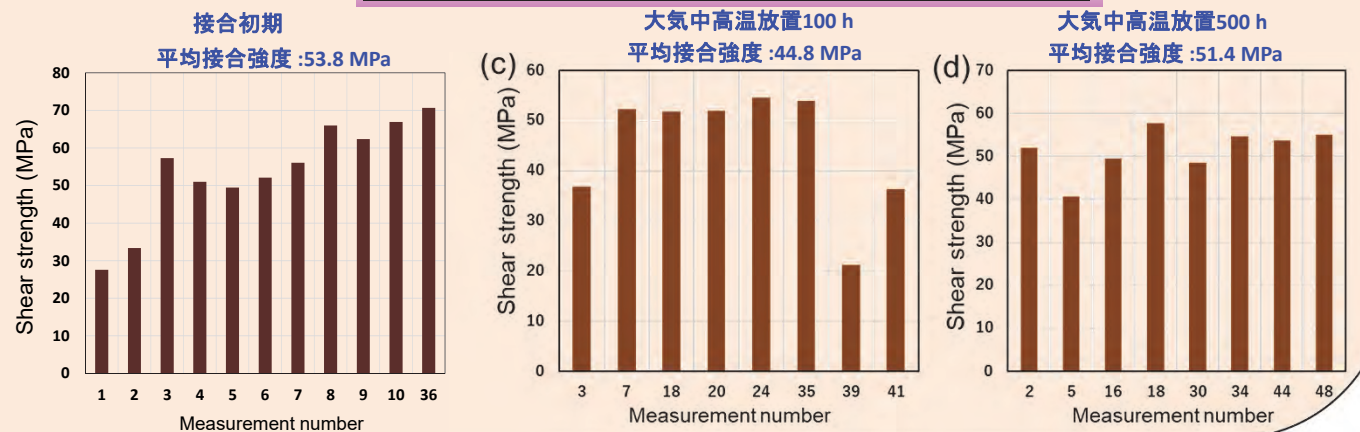
大気中Cu基板との接合断面SEM写真



大気中Cu基板との接合界面TEM写真



接合初期のせん断接合強度と高温250°C放置後の接合強度評価



【研究機関・企業の皆様へのメッセージ】

- トップラン・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
- 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

お問い合わせ先
 大阪大学産業科学研究所 戦略室
 Tel : 06-6879-8448
 E-mail : air-office@sanken.osaka-u.ac.jp



OSAKA UNIVERSITY

パワーモジュールの界面熱伝導、電気、亀裂発生検出技術



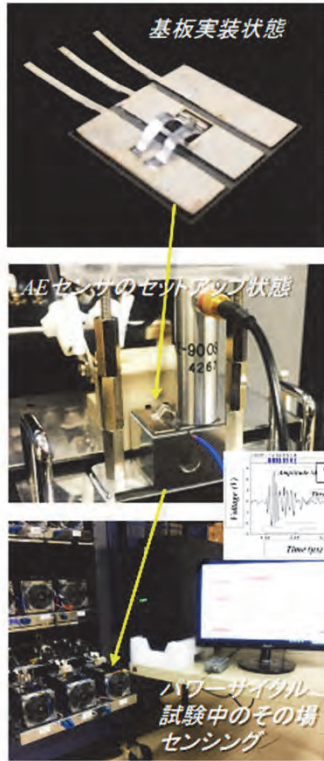
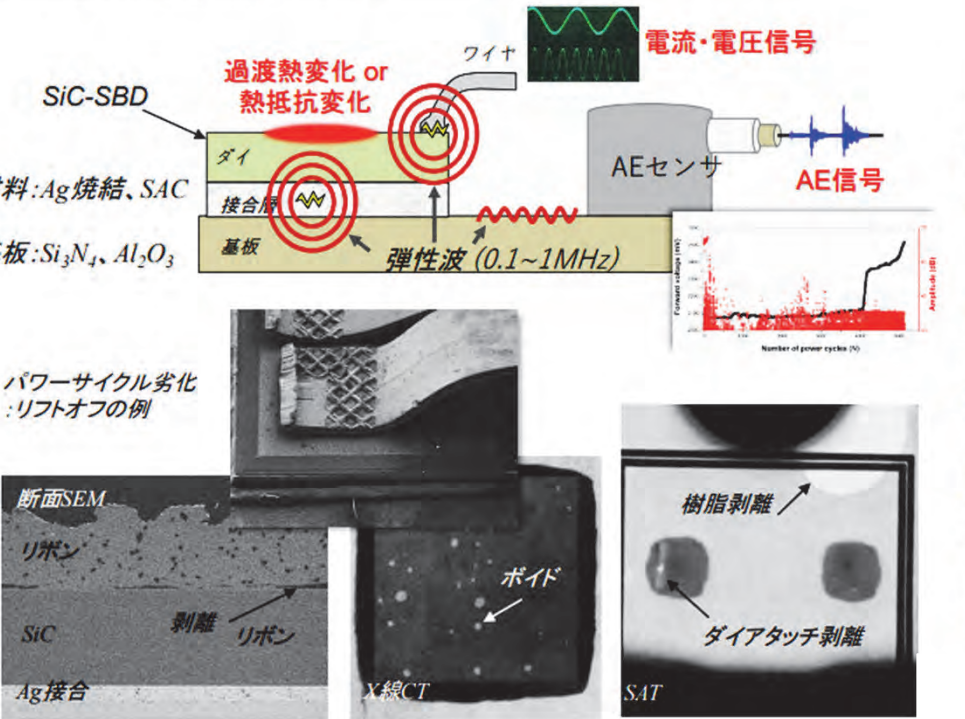
世界初！ パワーデバイス動作中に微小なクラック発生をリアルタイム音信号で捉える～AEセンシング技術の開発と応用

陳 伝 彤
大阪大学フレキシブル3D実装協働研究所



熱サイクル・パワーサイクル劣化の温度・電気・AEモニタリングと組織観察で計測手法開発と欠陥成長定量化

AI信号処理へ



＞SiCパワーモジュールの熱サイクル疲労によりダイアタッチおよび配線接合部分で発生する微小クラックの振動をAE (Acoustic-Emission) の圧電センサで正確かつリアルタイムに読み取ることが実現

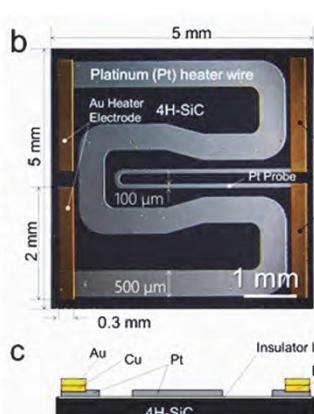
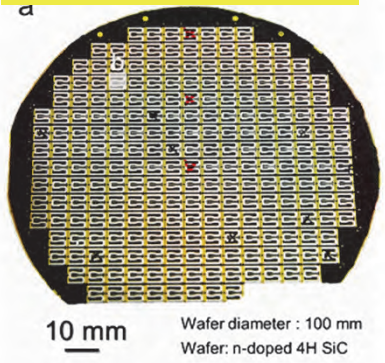
＞微小クラックによる振動をカウントして積算してゆくことで、パワーデバイス内部のき裂発生、進展から最終的に機械的故障に至る時期の予測が可能

＞パワーデバイス全体の熱抵抗と各材料及び各接合界面の熱流、熱抵抗の分析、等との併用により、総合的かつ精密なモジュール評価が可能

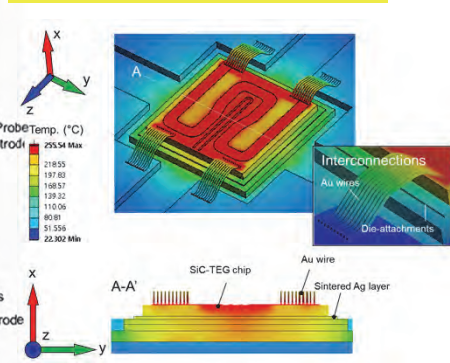
＞本研究成果によりパワーモジュール動作中に故障する問題を回避することができ、全体として軽量・低コスト化できるだけでなく、電力変換機器の損失を低減することが可能

次世代パワエレ基板の熱特性評価方法に関する国際標準化技術～疑似発熱チップ駆動による実装基板の放熱・熱衝撃特性の測定方法

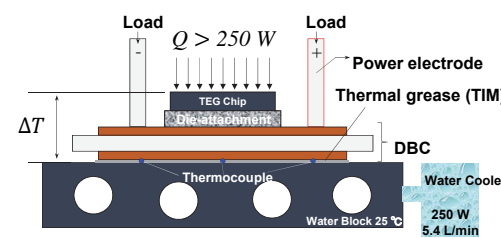
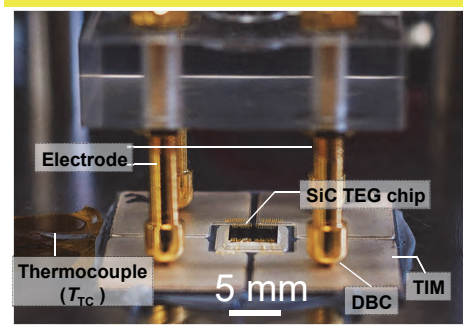
SiC発熱チップの開発



シミュレーション熱分析

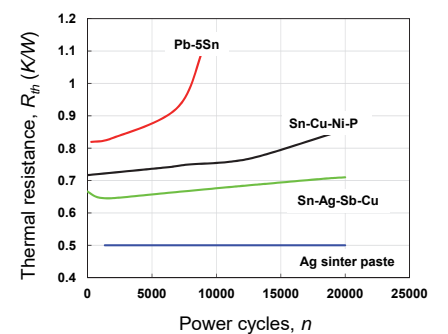
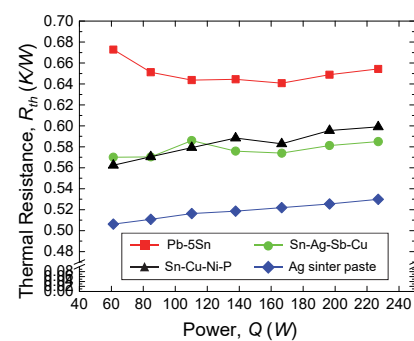
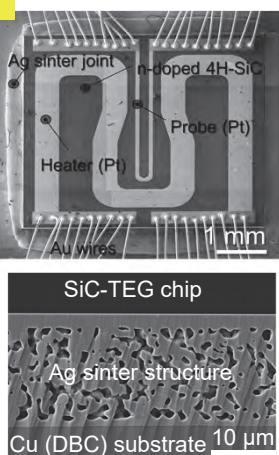
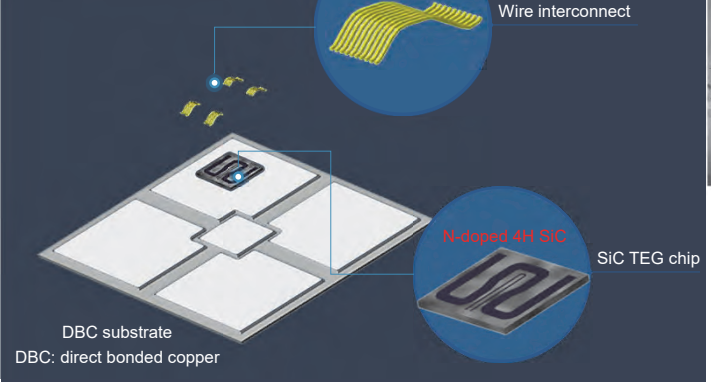


パワーサイクルによる銀焼結接合、鉛はんだと鉛フリーはんだ接合熱抵抗信頼性の分析



SiC発熱チップダイアタッチ接合とワイヤ接合

SiC発熱チップの開発、ダイアタッチ実装基板との接合、Auワイヤ配線



本取り組みで評価手段となる測定方法を世界に先駆け国際標準化することにより、多視点かつ実装・実駆動に即した基板のトータル熱特性評価環境の構築に係り、省エネ、安全設計の成果レベルの標準化が期待でき、我が国のパワーエレクトロニクス産業が世界をリードする確固たる位置付けとすることに貢献する。

【研究機関・企業の皆様へのメッセージ】

- ＞ 研究を今後進めていく上での課題: 小型化、高温応用へのAE計測技術と製品開発、AIで信号処理技術
- ＞ 研究機関へのメッセージ: 次世代パワーモジュール実現に必要なき裂検出、熱計測技術の研究機関との共同研究を期待
- ＞ 企業へのメッセージ: 当研究所の設備を活用したデバイス評価と技術開発で製品実用化を支援します
- ＞ 企業への期待: 産学連携のモデルケースとなるような共同研究を期待

お問い合わせ先
大阪大学産業科学研究所 戦略室
Tel: 06-6879-8448
E-mail: air-office@sanken.osaka-u.ac.jp



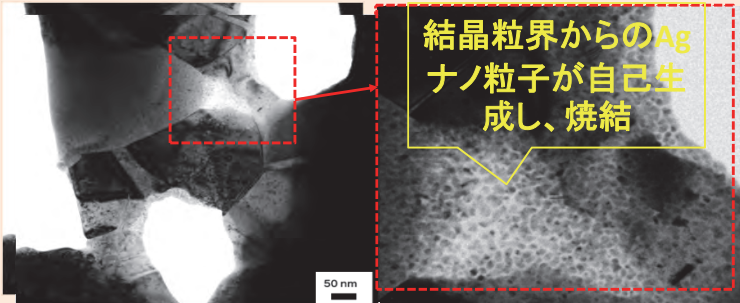
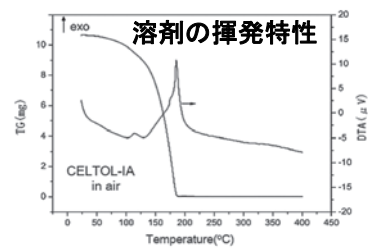
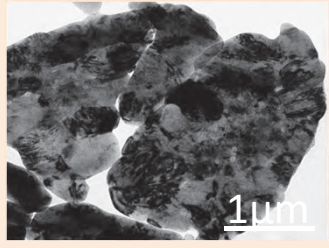
OSAKA UNIVERSITY

WBGパワーデバイスの未来を支える 実装信頼性



(実装材料開発)

- 多結晶マイクロフレーク粒子
- 180°C放熱特性、低温焼結

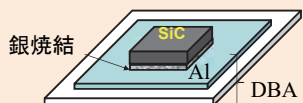


結晶粒界からのAg
ナノ粒子が自己生成し、焼結

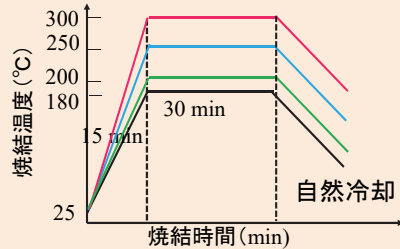
(モジュール試作、
接合強度評価)

DBA, SiC への直接無加圧ダイアタッチ

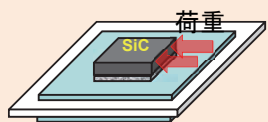
接合構造



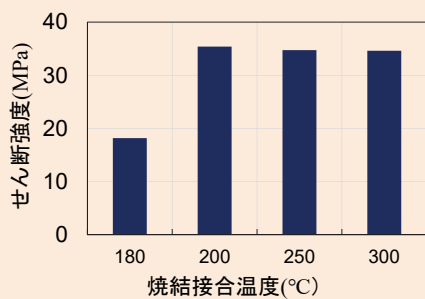
焼結プロセス



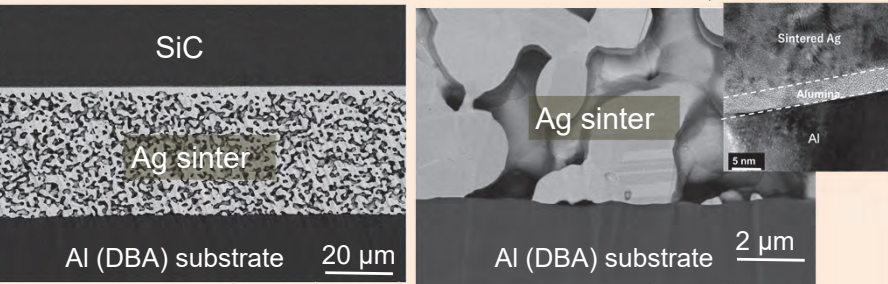
せん断強度試験



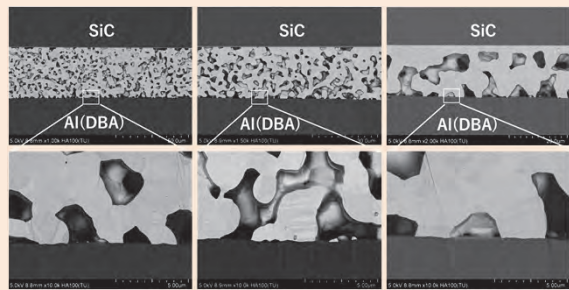
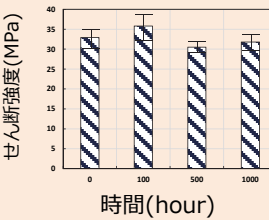
せん断強度



200°Cの無加圧で
35MPa以上のせん断強度実現



250°C高温放置信頼性



「250°C高温・1000時間放置」後もせん断強度は30MPa以上を維持
→高い高温信頼性を実証

陳 伝形

大阪大学フレキシブル3D実装協働研究所



【研究背景】

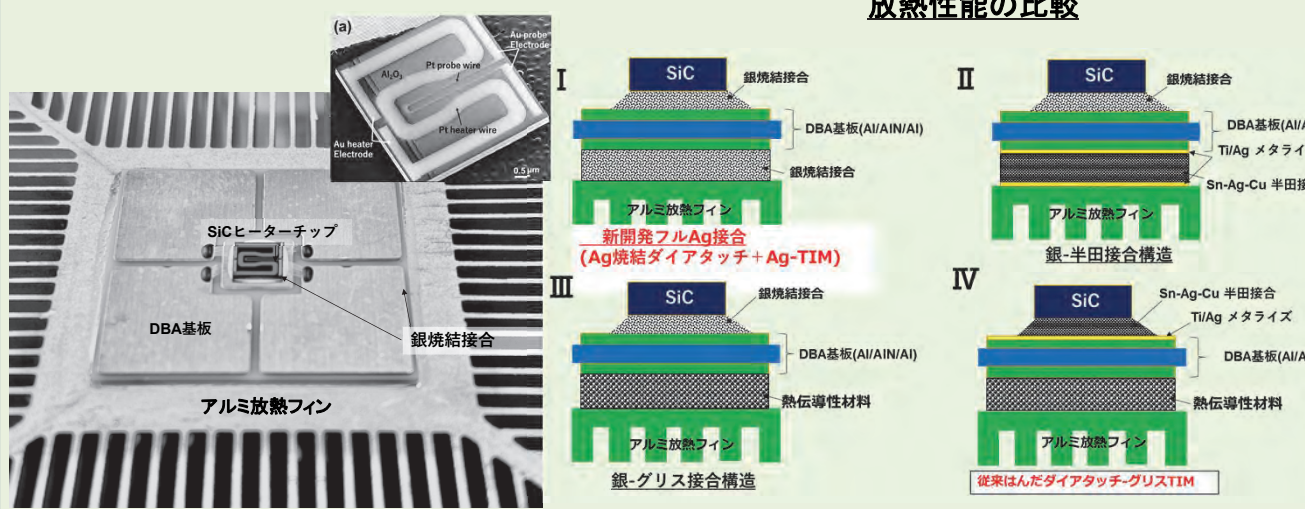
WBGパワー半導体の市場拡大には、その特性を十分に引き出すための、超耐熱実装技術と材料が必要になる。WBGパワーモジュールの大きな課題は、如何に理想的な放熱構造を実現するであるが、現状は、部材の接合部分に熱伝導率が決して高くはないはんだやグリスを使うため、モジュールとして大きな熱抵抗が生じている。今回の研究開発では、すべての界面を高放熱銀焼結接合で実現し、特に表面処理メタライズ不要でDBA基板との直接低温無加圧接合技術で、高放熱のパワーモジュールを開発した。

【阪大(F3D)高放熱SiCパワーモジュールの特徴】

- マイクロサイズ銀粒子でナノ粒子と同等の焼結接合を実現
- 低温低圧でも大面積のDBA/Alの高放熱直接接合、高い高温信頼性を実現
- 従来のモジュール構造に比較して1.8倍以上の格段に優れた放熱性能を達成
- SiCに同じパワーを投入しても優れた放熱構造から100°C以上の低温化が実現
- 基板表面にメタライズ層が必要なくなるため、生産コストの大幅な削減が可能

SiCパワー半導体冷却技術のデモンストレーション

半田・グリスとフル銀焼結パワーモジュール
放熱性能の比較



(放熱性能分析)

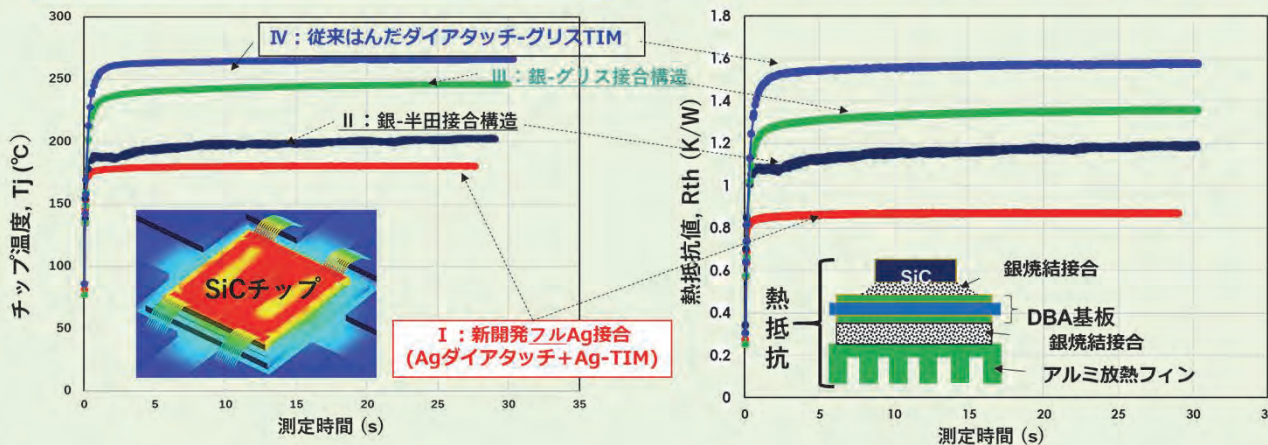
デモンストレーション：同一パワー投入時の性能比較

(SiCの表面温度)

- 従来の接合技術ではSiC温度が270°Cを超えるが、新開発では180°C程度までに留まる。
- より大電流密度化にも対応し、用途拡大に貢献。

(熱抵抗)

- 従来の接合技術では熱抵抗が1.6K/Wになるが、新技術では0.8K/Wに低熱抵抗化(約半分)。
- あらゆる半導体パッケージの低熱抵抗化に寄与。



【研究機関・企業の皆様へのメッセージ】

- 研究を今後進めていく上での課題: 接合層の更なる放熱性向上 (200W/m²・K → 300W/m²・K ~)
- 研究機関へのメッセージ: 次世代パワーモジュール実現に必要な新技術の研究機関との共同研究を期待
- 企業へのメッセージ: 当研究所の設備を活用したデバイス評価と技術開発で製品実用化を支援
- 企業への期待: 産学連携のモデルケースとなるような共同研究を期待

お問い合わせ先
大阪大学産業科学研究所 戦略室
Tel : 06-6879-8448
E-mail : air-office@sanken.osaka-u.ac.jp



OSAKA UNIVERSITY