



戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期
IoE社会のエネルギーシステム

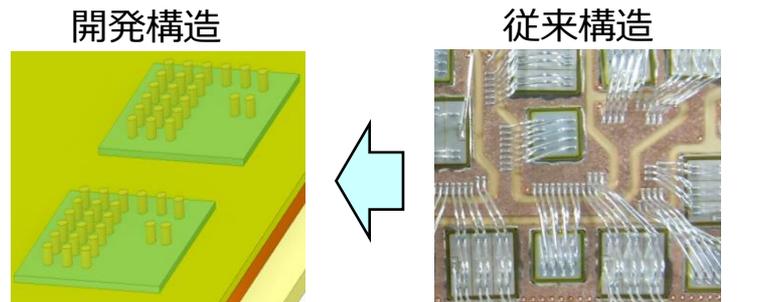
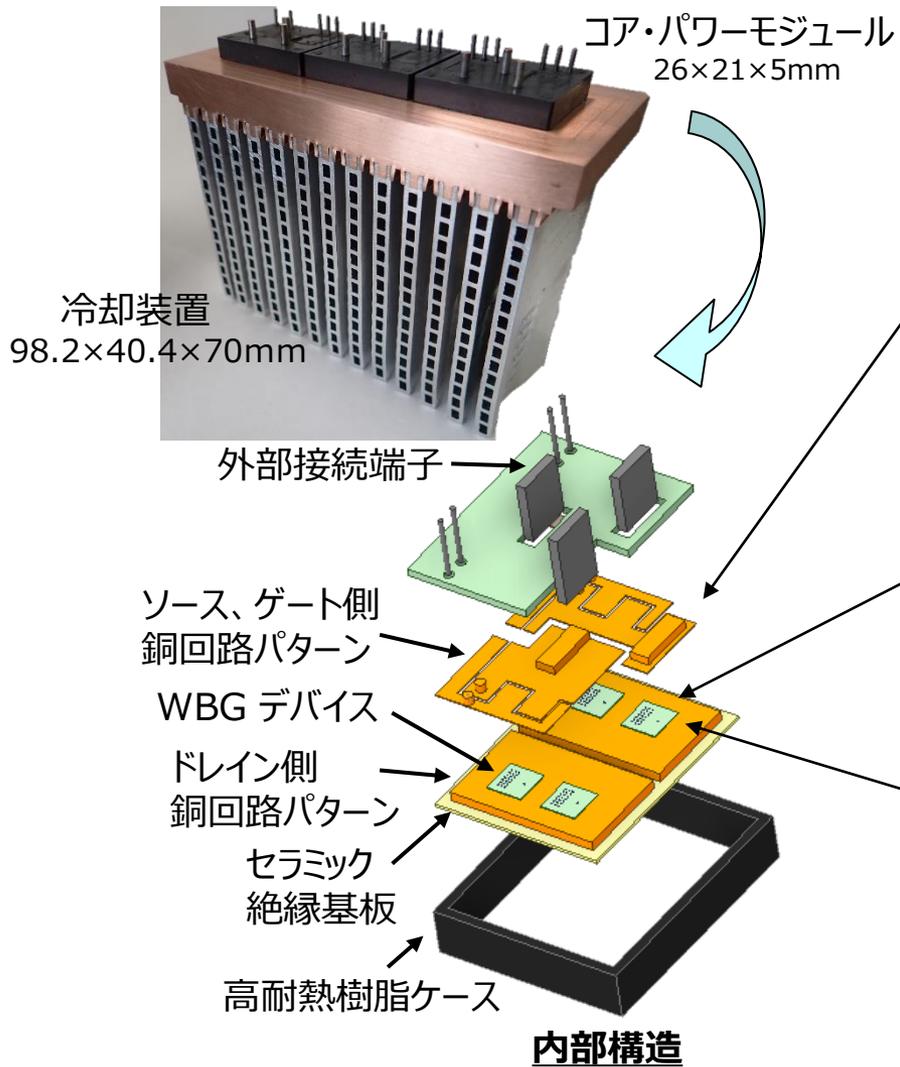
テーマB-①(2)
「高パワー密度、高温動作可能な
WBGチップ搭載パワーモジュール」

富士電機株式会社 半導体事業本部

池田 良成

SIPで得られた主要な成果①

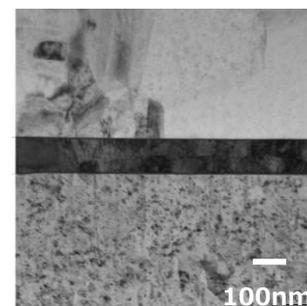
- USPM構想は、複数のモジュール化したUSPMを組合せてシステムを構築する。USPMの実現には搭載するパワーモジュールの高パワー密度化、高放熱化、高速応答性などが求められる。
- 今回、USPMの組合せの容易性、制御性向上等を実現するため、小型高密度・低熱抵抗・低インダクタンスを備えたコア・パワーモジュールを開発。



従来のAIワイヤ配線構造からプリント基板配線構造にすることで、余分なボンディングエリアを削減



WBGデバイスとソース、ゲート側銅回路パターンとをCuバンプにて接続し、小型デバイス対応・低L化

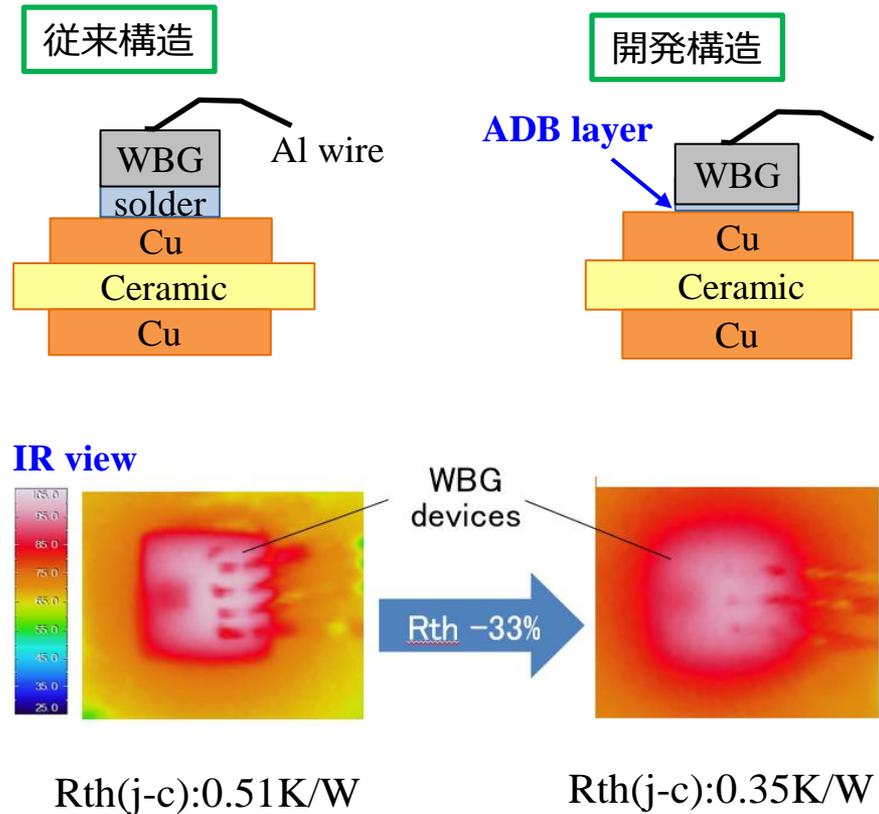


WBGデバイス
↓
ADB層
↑
ドレイン側銅回路部

ドレイン側銅回路パターンとWBGデバイスを原子間拡散接合にて接合することで低熱抵抗化

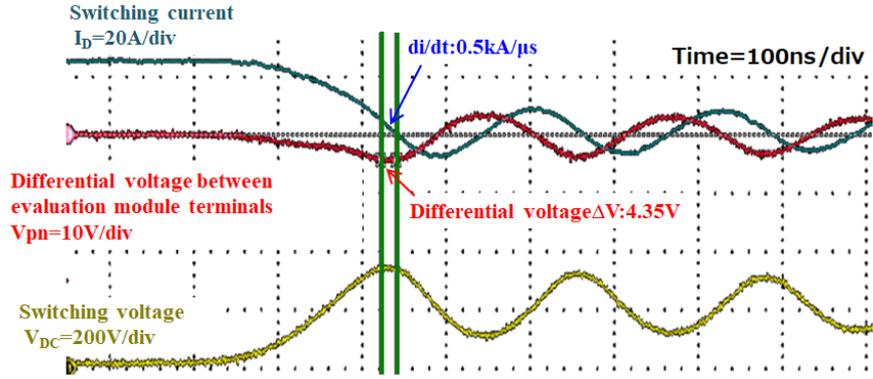
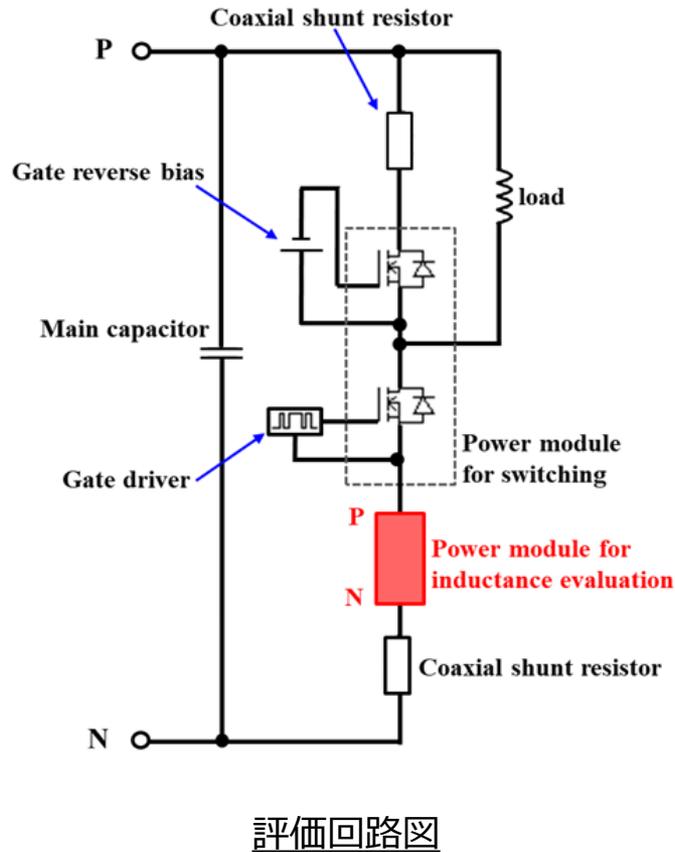
SIPで得られた主要な成果②

- ドレイン側銅回路パターンとWBGデバイスを、原子拡散接合を用い接合することで、熱抵抗は従来のはんだ接合より33%低減



SIPで得られた主要な成果③

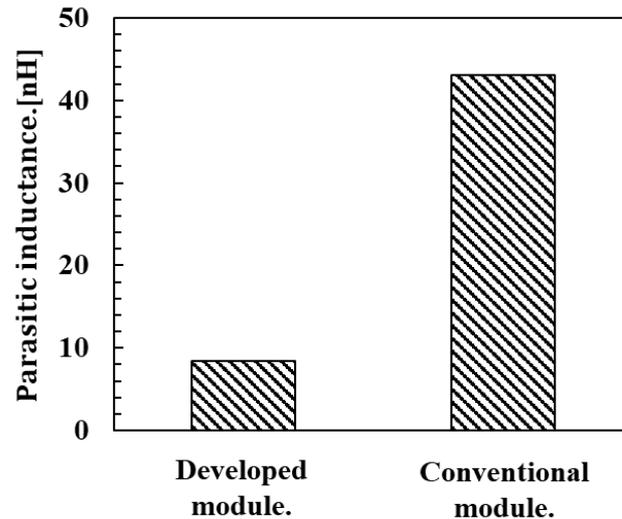
- 従来のAlワイヤ配線からCuバンプ付きプリント基板配線に置き換えることで、最短距離にて配線が可能となり、モジュール内部の寄生インダクタンスは従来構造より80%低減



Power module internal inductance.

$$L = \Delta V \times \frac{dt}{di} = 4.35 \times \frac{10^{-6}}{0.5 \times 10^3} = 8.7\text{nH}$$

スイッチング波形と開発モジュールのP-N端子間差動電圧波形



インダクタンス比較結果

成果の対外的発信 ①

各研究機関にて実施している、“チップ下直接接合技術”、“チップ表面電極技術”、“最適化設計技術”等の各要素技術について、学会発表、展示会、論文等を通じ対外的な発信を行っている。また、企業の社会実装の際に必要な特許についても都度出願を行っている。

	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	合計
原著論文	3	0	2	0	5
招待講演	0	0	1	0	1
口頭発表	4	1	8	5	18
ポスター発表	2	0	0	0	2
その他、成果発表	0	0	0	1	1
特許出願	2	4	3	8	17

計 44件

◆原著論文：

- 1) 「Rearrangement of Crystal Lattice Occurred at Ag/Ag Bonded Interface in Atomic Diffusion Bonding」 (2019年)
2019 6th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration
- 2) 「Rearrangement of crystal lattice at a Ag/Ag and Au/Au bonded interface in atomic diffusion bonding」 (2019年)
Japanese Journal of Applied Physics
- 3) 「Low temperature Cu bonding with large tolerance of surface oxidation」 (2019年)
AIP Advances
- 4) 「Preliminary Study of Atomic Diffusion Bonding in Air using Ag films」 (2021年)
2021 7th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration
- 5) 「Atomic Diffusion Bonding in Air using Ag films」 (2021年)
Japanese Journal of Applied Physics

◆招待講演：

- 1) 「室温接合技術と接合面の平滑性・清浄度の重要性（原子拡散接合法を例に）」 (2021年)
精密工学会 プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会 第189回研究会

◆口頭発表：

1) 「**Heatsink design using spiral-fins considering additive manufacturing**」
(2019年)

2019 International Conference on Electronics Packaging

2) 「**Rearrangement of crystal lattice at a Ag/Ag and Au/Au bonded interface in atomic diffusion bonding**」 (2019年)

2019 6th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration

3) 「**Nano-Cu paste sintering in Pt-catalyzed formic acid vapor for Cu bonding at a low temperature**」 (2019年)

2019 International Conference on Electronics Packaging

4) 「**Low temperature all-Cu bonding via Cu-nanoparticle paste sintering in Pt-catalyzed formic acid vapor**」 (2019年)

2019 6th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration

5) 「**表面活性化による Cu バンプと WBG デバイスの低温接合**」 (2020年)

第35回エレクトロニクス実装学会春季講演大会

6) 「**Low temperature bonding of Cu bump to WBG device using the surface activation method**」 (2021年)

2021 International Conference on Electronics Packaging

7) 「**Preliminary Study of Atomic Diffusion Bonding in Air using Ag films**」
(2021年)

2021 7th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration

8) 「**Design Optimization of Copper Patterns and Location of Power Semiconductors and Terminals**」 (2021年)

2021 International Conference on Electronics Packaging

成果の対外的発信 ④

9) 「Relationships of Design Parameters and the Cooling Performance of the Spiral-Fin Heatsink」 (2021年)

2021 International Conference on Electronics Packaging

10) 「Low Thermal Resistance, Low Inductance Power Module with WBG Device」 (2021年)

第27回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム

11) 「Surface activated bonding for micro system integration“, 」 (2021年)

The 12th Japan-China-Korea Joint Conference on MEMS/NEMS

12) 「表面活性化接合のパワーデバイス応用」 (2021年)

第2回 WBG実装コンソーシアム講演会

13) 「Surface Activation for Room-temperature Bonding for 3D and Heterogenous Integration」 (2021年)

2021 Materials Research Society-Taiwan International Conference

14) 「Cuを微量添加したAg薄膜を用いた大気中の原子拡散接合法における接合性能」 (2022年)

第32回 マイクロエレクトロニクスシンポジウム

15) 「Multi-Objective Design Optimization of Power Module Performances」 (2022年)

2022 International Conference on Electronics Packaging

16) 「Design Optimization of Power Module Structure for Inductance Reduction」 (2022年)

2022 International Conference on Electronics Packaging

17) 「Design Optimization of Fin Shape of Heat Sinks for Enhanced Cooling Performance」 (2022年)

2022 International Conference on Electronics Packaging

成果の対外的発信 ⑤

18) 「WBGチップ^oAu電極とAuバンプ^o付き基板の低温接合におけるAr-FAB照射の効果」 (2022年)

第37回 エレクトロニクス実装学会春季講演大会

◆ポスター発表：

1) 「Rearrangement of crystal lattice at a Ag/Ag and Au/Au bonded interface in atomic diffusion bonding」(2019年)

2019 6th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration

2) 「Copper particle size effect on the microstructure and mechanical properties of copper-based transient liquid phase sintering」(2019年)

Materials Science and Technology 2019

◆その他成果発表：

1) 「試作サンプルと関連資料を出展」(2022年)

電子機器2022トータルソリューション展 (JPCA show)