



大阪大学産業科学研究所 フレキシブル3次元実装協働研究所 (SANKEN F3D)

F3Dとは

次世代デバイスの産学連携拠点として
2020年1月に開所



設立趣旨

- ▶ 優れた機能と高い信頼性が日本のものづくり
- ▶ 高い信頼性を必要とする**Beyond5Gのものづくり**を支える
- ▶ 大学基礎科学力+**異種材料の摺り合わせ**技術
- ▶ **パワー+AI+3D**実装のオープンイノベーション拠点

F3Dで出来ること

- ▶ 技術相談
- ▶ 装置利用（依頼利用、自主利用）
- ▶ 共同研究、共同開発
- ▶ 最新技術の情報提供



弊所活動にご賛同頂けます場合は未来基金へのご寄付をお願いします



F3Dコンソーシアムの基、3つの研究会
(企業や大学等の活動体) を運営

フレキシブル3D実装コンソーシアム

パワーモジュール

5G/6Gの世界

WBG実装
コンソーシアム

先端電子デバイス
接着技術研究会

先端半導体WMV
対策研究会

熱評価・信頼性基準
AI実装技術

ポスト5G
半導体パッケージ

技術開発：NEDO事業推進
国際標準化推進 (JEITA / JFCA協力)

2021年度実績 F3D公開講座/各研究会開催状況

公開	日程	講演内容	公開	日程	講演内容
公開	5/20	F3D第1回公開講座 日本のマテリアル戦略ーセラミックス産業ー	公開	10/27-29	5G/IoT通信展
WBG①	5/28	NEDO先導開発成果(1)	WBG④	11/12	パワー半導体実装技術
公開	6/18	F3D第2回公開講座 ポスト5Gを支える 先端半導体微細化のこれからと3D実装	接着③	11/18	半導体パッケージの接着剤課題
接着①	7/5	エレクトロニクス機器のための接着	公開	11/26	公開シンポジウム 宇宙で活躍する絶縁材料・計測技術
F3Dコンソ	7/5	NTT Docomo ポスト5G/ビヨンド5G戦略	公開	1/19	F3D第5回公開講座 判りやすいDX導入と成功例
WBG②	7/9	NEDO先導開発成果(2)	WBG⑤	1/21	パワー半導体のための放熱有機基板
公開	7/21	F3D第3回公開講座 ポスト5Gを支える先端半導体製造機器	公開	1/28	F3D第6回公開講座 先端半導体パッケージの3D実装技術
WBG③	8/19	パワーデバイスに向けた表面処理技術の現状	接着④	2/4	樹脂・接着剤/金属配線の界面
公開	8/23-9/17	イノベーション・ジャパン2021	WMV①	2/10	(幹事会)
公開	8/27	F3D第4回公開講座 フレキシブル&3D実装のための オープンイノベーション拠点	公開	2/25	F3D第7回公開講座 ポスト5G通信を支える基盤技術
接着②	8/30	先端パッケージ材料用開発と表面処理効果	公開	3/18	F3D第8回公開講座 F3D・AIセンターのオープンイノベーション展開総括
公開	9/30	JIEPサステナブル高機能材料研究会 第1回公開研究会 ポスト5G・先端半導体後工程における接着・接合技術			

本案件に関する産学連携の問合せ先

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

URL : www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/air/



大阪大学F3D実装協働研究所
Tel : 06-6879-4294/4295

E-mail: f3d@sanken.osaka-u.ac.jp

http://www.f3d.sanken.Osaka-u.ac.jp/



大阪大学 F3D実装協働研究所

①WBG実装コンソーシアム



WBG実装コンソーシアム

WBG実装コンソーシアムについて

設立: 2014年4月、会員企業: 33社 (2022年5月現在)

- ① SiCやGaN などパワー半導体の実現により、**機器の更なる小型化**はもとより、今日強く望まれる**エネルギーの高効率利用、安全安心社会の到来**が期待
- ② Siでは到達できない **200°Cを越える極限環境動作に必要な新たな構造設計、電気設計**に加え、**樹脂、金属、セラミックスなどの素材開発**が必要
- ③ これら複合的部材の組み合わせやプロセス開発、更には、信頼性評価、各種現象を把握するため更にはナノレベルの組織評価、異相界面を通しての熱伝達やコンタクトなど全てを理解するために**個々の研究機関や企業の技術開発範囲を超えた独自の技術を有する企業連合と大学などの基礎研究機関との強い相互連携**を実施

研究成果 (最近の事例)

(1) パワーモジュールの熱的な信頼性に関する計測手法の技術開発

① SiCショットキーバリアダイオード(SBD)をDBC基板にAg焼結材料で実装し、耐熱イミド系樹脂モールドを施したモジュールを試作(a)。
 ② 本モジュールにAEセンサーを取り付け、 $T_j=180^\circ\text{C}$ の条件でパワーサイクル試験を実施した。その結果、8000サイクルまで電圧-電流特性と熱抵抗には顕著な変化がなかったが、8200サイクル付近で順方向電圧が急激に増加し、モジュールが故障したと判断した(b)。
 ③ パワーサイクル試験で故障したモジュールの断面を観察し、故障箇所と故障モードを特定した(c,d)。
 Ag焼結接合部位には全く亀裂等は観察されず、優れた信頼性を有していることが証明された。一方、リボンボンド接合部位に多くの亀裂が発生・進展し、破断に至ったことを確認した。

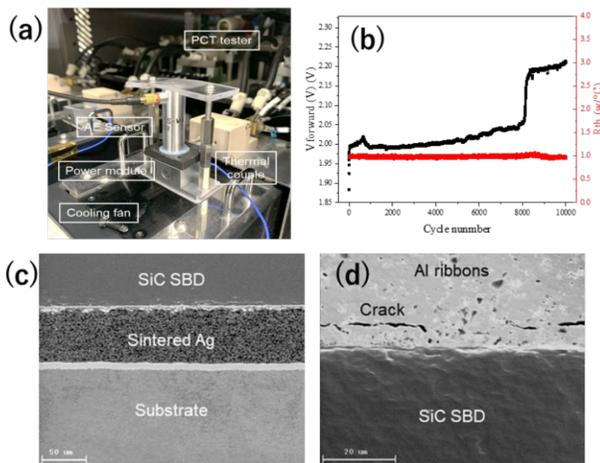


図1 AEIによりSiC-SBDパワーモジュール構造劣化分析とパワーサイクル信頼性試験後の断面観察

(2) フル銀焼結による超低熱抵抗化のSiCパワーモジュール構造の実現

① SiC/DBA基板/Al冷却器を全て低温低圧Ag焼結技術で接合することを実現し、これによりパワーモジュール内部の熱抵抗部位を排除することが出来、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した。
 ② 今回の開発により、Ag焼結接合技術で大面積接合が可能で相手材のメタライズが不要になったことで、理想の放熱構造が実現し、製造プロセスにおいて大幅なコスト削減も可能になった。はんだ接合とグリスの大きな熱抵抗を排除できたことで、熱抵抗とDBA基板とAl冷却器を銀焼結技術で直接金属同士接合も可能となるため、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した。
 ③ これによって、SiCパワーモジュールの現実的な小型化・薄型化が可能となった。

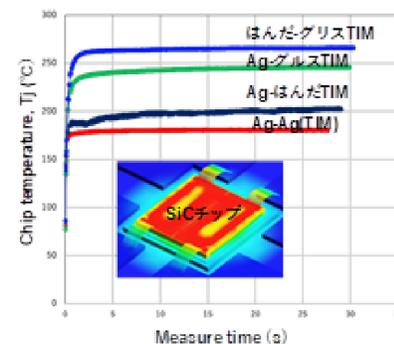
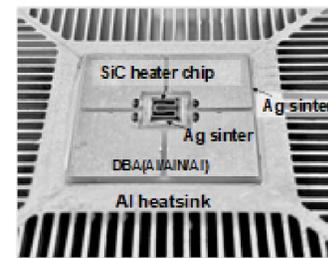


図2 オール銀焼結実装構造と従来の半田接合との放熱性の比較

WBG会合

【2022年度会合】

- ① 先端デバイスの基板内蔵技術 : 2022年5月23日
- ② パワーモジュールの各種取組み状況 : 2022年6月15日
ハイブリッド(リアル+WEB)
- ③ その後、計画中

【2021年度WBG会合実績】

形式	日程	講演内容	講演者
Zoom オンライン	5月28日	第1回 NEDO先導開発成果(1)	・大阪大学F3D ・千住金属工業 ・ロータス・サーマル・ソリューション
	7月9日	第2回 NEDO先導開発成果(2)	・大阪大学大学院工学研究科 ・明星大学/東京大学 ・ヤマト科学
	8月19日	第3回 パワーデバイスに向けた表面処理技術と信頼性	・大同大学 ・ゼストロンジャパン ・上村工業
	11月12日	第4回 パワー半導体実装技術	・鹿児島大学 ・産業技術総合研究所 ・三菱電機
	1月21日	第5回 パワー半導体のための放熱有機基板	・鉄道総合技術研究所 ・メイコー ・三菱電機

その他 (対外活動)

・委員活動: SiCアライアンス (標準化WG/モビリティsubWG)、JFCA (次世代パワエレ絶縁基板の動的熱特性評価方法に関する国際標準化WG1)

本案件に関する産学連携の問合せ先

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

URL : www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/air/



大阪大学F3D実装協働研究所

②先端電子デバイス接着技術研究会

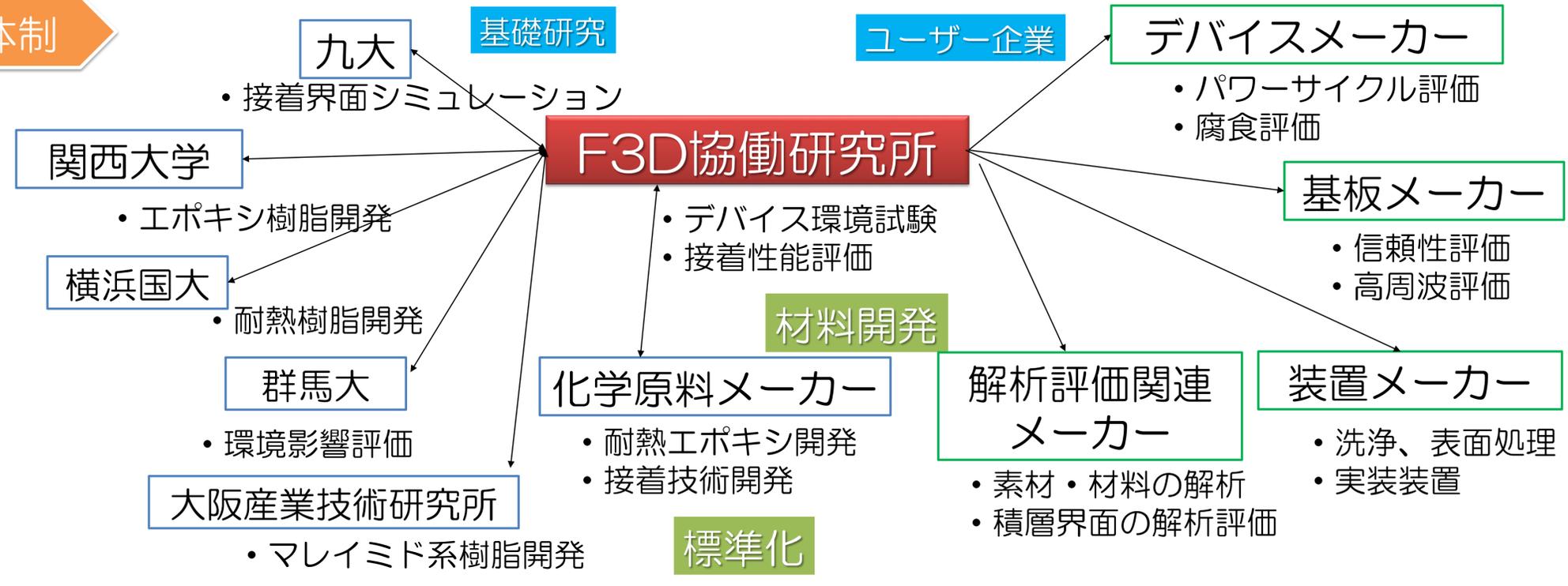
設立趣旨

設立：2021年7月、会員企業：27社（2022年5月現在）

樹脂永遠の課題「電子機器の接着」

【趣旨】樹脂接着は、電子機器から構造材まで多用されているが、分かっているようで界面結合そのものが全く未解明のため、新たな機器開発を阻害するだけでなく多くの市場故障を引き起こしている。樹脂/金属接着界面を理解し制御するための、接着メカニズムの基礎的な知見を得て、解析技術を開拓し、制御技術開発に結びつける。

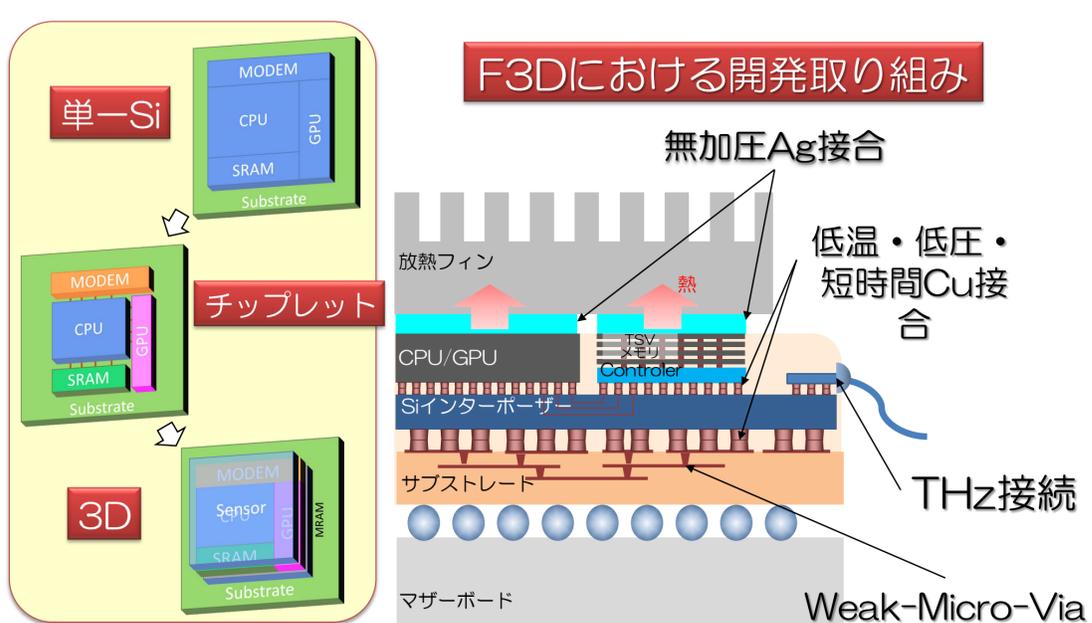
体制



取組

当面の目標とする市場：5G/6G、パワエシ、高密度実装基板

単一Siダイからチップレット3D実装へ



会合実績及び予定

形式	日程	講演内容	講演者
Zoom オンライン	7月5日	第1回 エレクトロニクス機器のための接着	・九州大学 ・三井金属鉱業
	8月30日	第2回 先端パッケージ材料用開発と表面処理効果	・横浜国立大学 ・ナミックス ・APC
	11月18日	第3回 半導体パッケージの接着剤課題	・九州大学 ・AGC ・ミライズテクノロジーズ ・クオルテック
	2月4日	第4回 樹脂・接着剤/金属配線の界面	・産業技術総合研究所 ・東レリサーチセンター ・四国化成工業

【2022年度予定】
 第1回:「先端パッケージと樹脂/金属等の接着」2022年6月28日
 第2回:「パワーモジュールの接着」9月2日
 第3回:12月2日 第4回:2023年2月10日
 ハイブリッド(リアル+WEB)

先端エレクトロニクスに関する樹脂/金属の接着界面の基礎的な知見や共通課題である解析評価技術開発を通して、参加企業の制御技術開発を支援いたします。是非とも皆様のご参加をお待ちしております。

本案件に関する産学連携の問合せ先
 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
 URL : www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/air/



大阪大学 F3D実装協働研究所

③最先端半導体Weak Micro-Via課題対策研究会

最先端半導体に必要不可欠なパッケージ基板の盲点!?

高密度実装は新たな時代へ

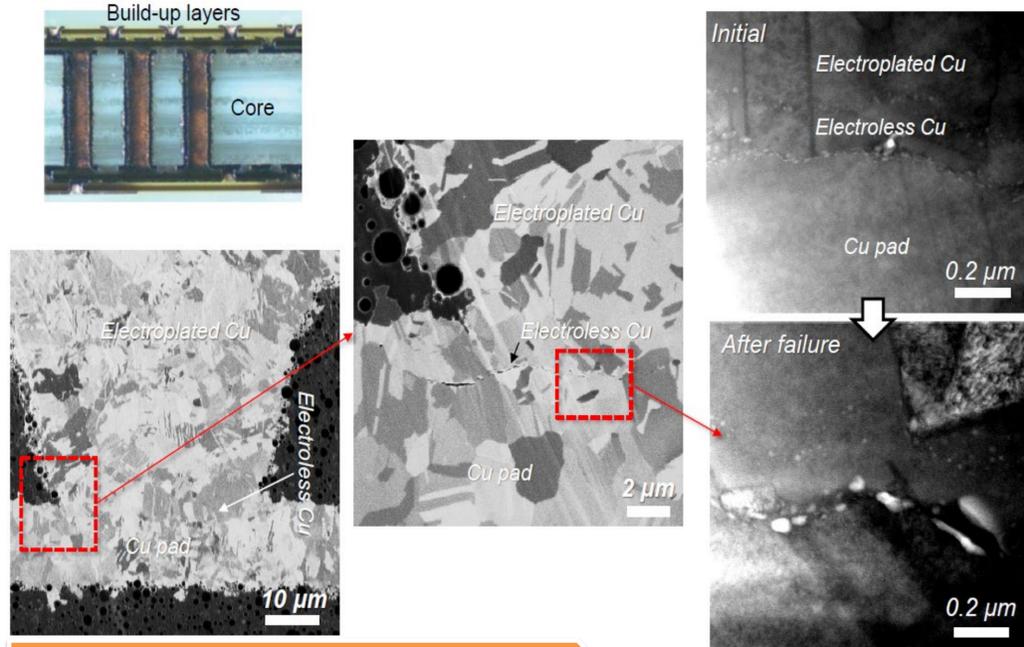
2026年の産業規模 150兆円

①高速大容量通信 ⇒ 10 Gbps (<1Gbps)
 ②超信頼・低遅延通信 ⇒ 1 ms以下の遅延 (10ms)
 ③多数同時接続 ⇒ 100万台/km²接続 (10万台)

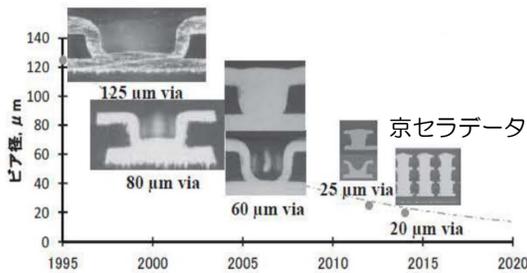
膨大な数のセンシングデバイス
 膨大な情報量 + 低遅延
 膨大なエネルギー消費...

全ての機器に最先端の高密度半導体実装が必須に

不具合解析事例



マイクロビア・ロードマップ



- ✓2020年現状:ビア径50 μmが最先端
- ✓30 μm以下を目標に技術開発
- ✓低誘電材料は日本が強い
- ✓パッケージ生産はコスト競争で海外に奪われている

FCBGAサブトレート・マイクロビア技術の現状

Via径 (μm)	~ 50	~ 40	~ 30	25 ~ 20	10
量産・開発ステージ	量産	開発完了	開発完了 (選択的使用)	開発中	開発中
加工方法	CO2レーザー	CO2レーザー	CO2レーザー	CO2レーザー UVレーザー	UVレーザー 露光
層間絶縁材	CO2レーザー用	○	○ 他新材料	○ 他新材料	新材料
	露光用	-	-	-	PID
層間絶縁厚み(μm)	30~15	25~15	20~10	15~10	10~5

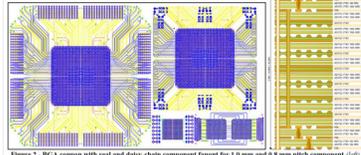
米主要半導体企業 (Intel, Qualcomm, Apple, AMDなど) が技術牽引

標準評価方法は?

- ✓原因が解明されていない
- ✓共通化されていない
- ✓各社、各国でまちまち
- ✓米欧が先行しつつある

欧州: ESA/imecのHDIマイクロビア・プロジェクト

- 宇宙航空でHDI実装は必須になりつつある
- I/O数の著しい増加
- 高速伝送のためのマイクロビア接続
- 2, 3層のビルトアップが必要
- 現状、1000ピン、1.0mmピッチ ⇒ 0.4mm(NASA, PBGA)へ ⇒ 宇宙HDIロードマップ (TEC/QT/2014/268)
- 基板材料: PI+Megtron6, ENIG/ENIG/ENEPIG/EPIG
- 試験はIPC TM650-2.6.25Bを基本 190/210°C-400サイクル?



米国: IPC-TM-650 2.6.26 Method B Test

Current induced thermal cycles (CITC test)

Figure 2: BGA copper with red and dark blue components... and build-up of the quadrate test vehicle (right)

Figure 3: Schematic diagram of via design

Figure 4: The CITC Cycle and Failure Criteria

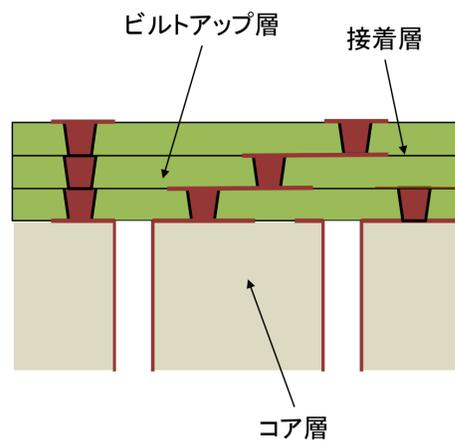
Figure 5: The IPC 2.6.26B CITC Cycle

Figure 6: The IPC 2.6.27A Failure Criteria

研究会における開発項目

WMVの原因を解明

- ✓ 超微細化へ向けた根本的対策提案
- ✓ 評価方法を確立と品質基準を明確化



- ✓めっき
- ✓基板材質 (膨張係数、ヤング率・変形能、吸水率、フィラー+低誘電率・低誘電正接...)
- ✓加工方法・レジスト・エッチング・洗浄
- ✓寸法 (ビルトアップ層数、ビア径、厚さ、レイアウト...)

Weak Micro-Via活動予定

F3D-WG3:大阪大学 を中心とするメカニズム解明の研究会と

JEITA 先端半導体パッケージング技術WGで技術共有・国際標準化推進

活動内容

- ✓ Micro-Via故障が生じる原因を解明する (F3D)
- ✓ 解明メカニズムに基づき防止技術を確認する (F3D)
- ✓ 国際的な動きを調査し、参加企業の目指す方向へ導くための活動を行う ⇒ 関係する業界団体 (IPC等) との連携 (JEITA)
- ✓ Micro-Via初期故障が生じないための評価方法を確立する (JEITA)
- ✓ 評価技術の国際標準化提案を実施 (JEITA)

✓ 2022年度経済産業省 省エネ国際標準化事業に内定

⇒ IECにおけるWMV評価方法の国際規格提案を予定
 2022年10月 IEC/SC47D国際会議(米国)で提案

✓ 最終的に、日本品質を世界の標準とする差別化方法を確立する

本案件に関する産学連携の問合せ先

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

URL : www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/air/

