

電子システムインテグレーション エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術



研究室紹介

藤本 公三*

System Integration in Electronics
Micro-joining and Assembly Technology in Electronics

Key Words : System integration, Electronics products, Micro-joining,
Self-assembly, Packaging

1. はじめに

藤本研(マテリアル生産科学専攻生産科学コース電子システムインテグレーション領域)では、半導体デバイスを組込んだ高性能電子機器製造における新規実装プロセスの開発、長期信頼性確保を目指した構造・熱設計、複合環境下での信頼性評価の研究を行っている。本研究室における研究の出発点は1980年にある。当時8ビットのパーソナルコンピュータが製品化され、これ以降、ムーアの法則で知られているように、半導体の高速・大容量化が一気

に加速され、今日に至っている。この半導体の急成長は、電子情報機器の小型・軽量・多機能化だけでなく、電気製品、輸送機器、産業機器などあらゆる製品が電子制御されるようになり、工業製品の革新をもたらすこととなった。藤本研の前身は溶接工学専攻の溶接機器工学講座で、抵抗溶接、アーク溶接における高品質化のためのプロセス制御を中心とした研究を行っていたが、パーソナルコンピュータの出現を機に、半導体実装における微細接合の重要性を認識し、研究分野を半導体実装へ転換し、現在に

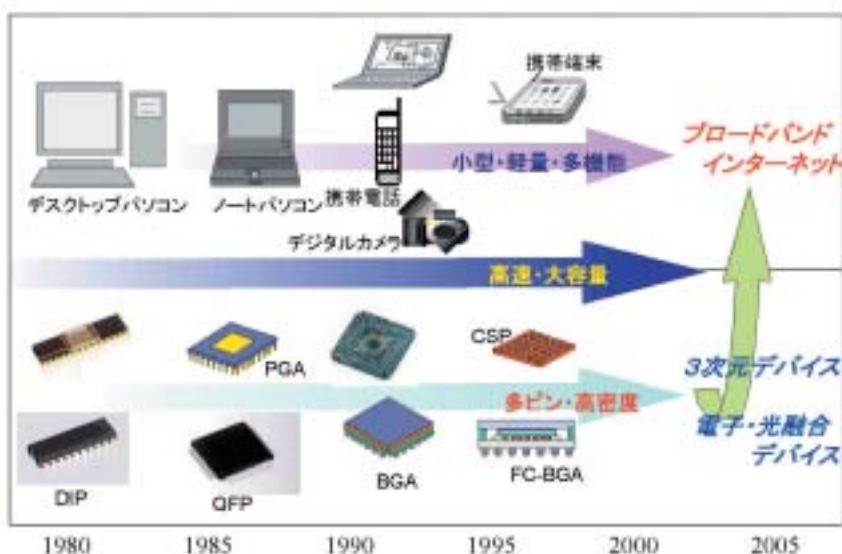


図1 電子システムインテグレーションの展開



* Kozo FUJIMOTO

1955年3月生
大阪大学大学院・工学研究科・博士前期課程(1980年)
現在、大阪大学大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻 生産科学コース 教授 工学博士
TEL : 06-6879-7550
FAX : 06-6879-7570
E-mail : fujimoto@mapse.eng.osaka-u.ac.jp

至っている。

本稿では、研究室で行っている研究について、いくつかの紹介をします。

2. 自己整合・自己組織化実装

半導体素子は、この30年間で微細化・大容量化が進み、それに伴って、半導体素子上の電極サイズがミクロンオーダーへと微細化が進むとともに、電

極数も数百点から数千点に増大してきている。これまでの半導体素子実装は、製造装置の精密位置決め技術に支えられてきた。しかし、材料の熱膨張、材料供給量のバラツキなどがあり、機械的精度のみでミクロンオーダーの実装精度を確保するのは困難である。そこで、物理現象がエネルギーミニマムになる方向に働くという原則を利用した新たな実装プロセスとして、材料の表面エネルギー、界面エネルギーを利用した自己整合・自己組織化実装プロセス(図2)を提言し、その物理現象の解明および実用化の研究を進めている。本実装プロセスでは、低融点金属フィラーを含有した樹脂材料を半導体素子と基板間に供給し、適切な温度プロファイルを与えることにより、金属フィラーが電極間に溶融凝集することで、多点一括電極接続が可能となる。

3. マルチフェイズ低温実装プロセス

次世代の半導体デバイスの展開として、SiC、GaN などの高温動作可能なパワーモジュール、Si 半導体の3次元モジュール化の研究が進められてい

る。これらのモジュールにおいて、低温での実装が可能で、高温環境下での信頼性が確保される実装が要求されている。本研究室では、被接合対象間に複数の材料をマイクロ・ナノレベルで薄膜供給し、接合部に固相、液相あるいは過冷却液相を共存させる。それらの材料間の反応を利用して低温かつ低加圧で銅同士を接合するマルチフェイズ接合法を開発している。図3は、本接合方式の基本形態であるSn/Cu多層薄膜による接合プロセスを示したものである。薄膜多層供給により、低温・短時間で界面を完全合金化させることができ、使用中の拡散劣化を防ぐことができることを明らかにしている。

4. 複合環境下での信頼性評価

電子機器は温度、湿度、振動などの環境負荷を受ける。特に、稼働時には通電に伴う発熱があるため、熱サイクル負荷に対する信頼性が重要となる。温度負荷環境下では、材料の拡散等に伴う組織変化、ボイドの形成などによる劣化が問題となる。これまでの信頼性評価は、単一環境負荷に対して行われてき

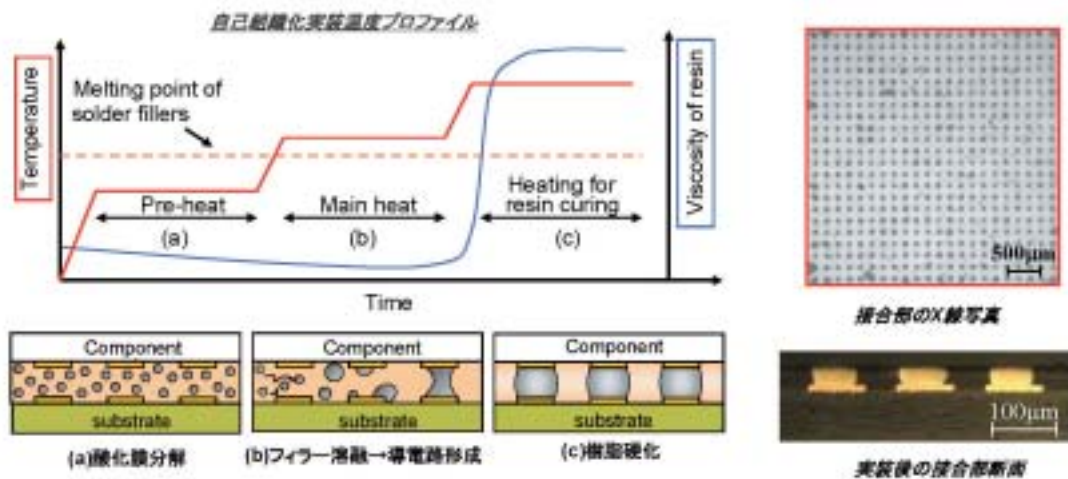


図2 低融点金属フィラー含有樹脂による自己組織化実装プロセス

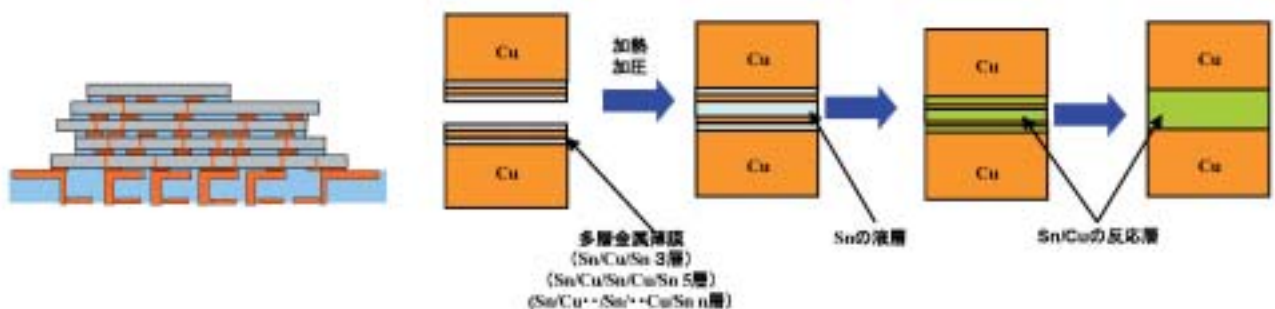


図3 マルチフェイズ低温実装プロセス

たが、実際には各種環境負荷が同時に働くため、複合環境下での信頼性評価が重要となる。材料に対する物理ストレスとしては、温度と応力・ひずみが代表的なものとなるため、本研究では、温度サイクル負荷と振動負荷を代表的な環境負荷としてとらえて、信頼性の評価（寿命評価）方法を検討している。従来の信頼性評価方法では、材料の初期特性に基づいた実験的検証により寿命評価を行ってきたが、この方法では、使用中の材料劣化が考慮されていないので、複合環境負荷における信頼性評価において、図4に示すように、累積損傷の重ね合わせができない。本研究では、温度負荷と力学的負荷に対する材料特性変化を明確にし、これら材料特性変化を考慮した寿命推定アルゴリズムを構築することで、複合環境負荷に対する信頼性評価（寿命推定）を可能とするものである。

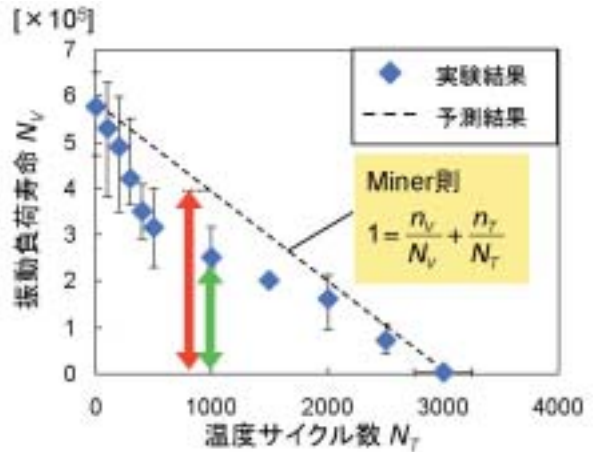


図4 累積損傷に基づく寿命評価

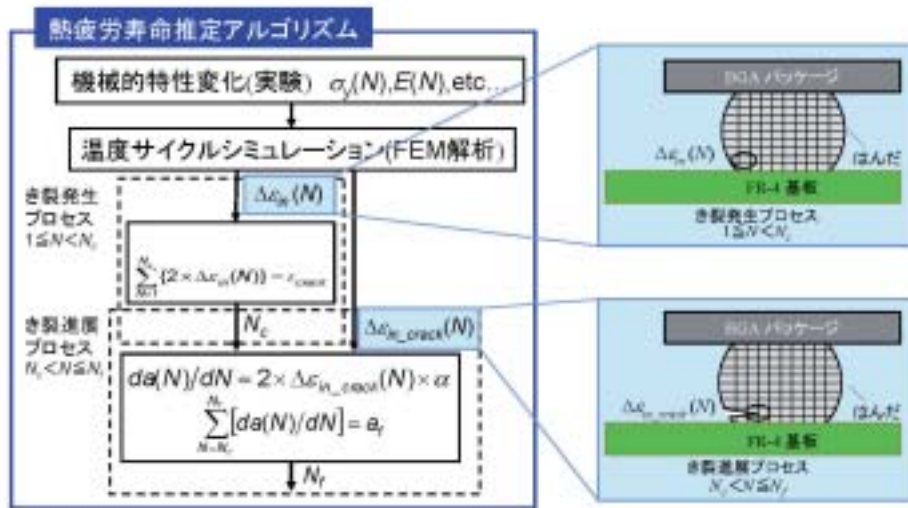


図5 材料の機械的特性変化を考慮した熱疲労寿命推定アルゴリズム