



Title	電子デバイスの自己組織化実装法における溶融ソルダ フィラーの流動・合一現象の解明
Author(s)	大田, 皓之
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57526">https://hdl.handle.net/11094/57526</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていない ため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利 用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文につい て</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	大田 皓之
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23824 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	電子デバイスの自己組織化実装法における溶融ソルダフィラーの流動・合一現象の解明
論文審査委員	(主査) 教授 藤本 公三 (副査) 教授 佐藤 了平 教授 平田 好則 准教授 福本 信次

### 論文内容の要旨

ソルダフィラーを分散させた樹脂を部品-基板間に全面供給し、温度や部品-基板間隔を制御することで、対向電極間に導電路を多点一括形成させる自己組織化実装法が見出された。

この自己組織化実装法では、ソルダフィラーを分散させた樹脂を部品-基板間に供給後、ソルダ融点以上、樹脂の硬化温度以下に加熱したとき、溶融したソルダフィラーが樹脂中を自由に流動し、電極上にぬれるとフィラーはそこで固定される。これにより、フィラーが電極上で優先的に凝集・合一し、導電路が形成される。

本プロセスは、導電路材料供給と接合を一連に行うものであり、また実装プロセスに自己組織化現象を導入する新規プロセスである。個々のフィラーに着目すると、本プロセスの基礎現象は、樹脂中における溶融フィラーの流動、フィラー同士の合一、フィラー-電極間のぬれ、の3つと捉えられる。本研究の目的は、この自己組織化実装法の基礎現象を解明することである。

第1章では、電子デバイス実装の課題を検討し、自己組織化現象を導入するこの新たな実装プロセスについて、可能性と課題の検討を行った。

第2章では、自己組織化実装実験について、材料や装置、実験手続を明らかにした。

第3章では、デバイス-基板間の溶融したソルダフィラーの合一、電極へのぬれによる導電路形成プロセスを数値解析する手法について検討した。本プロセスの基礎現象のうち、合一とぬれについては、界面張力によるものであることが知られている。このため、界面張力を適切に考慮でき、界面大変形問題の解析に適した改良VOF法を選択した。

第4章では、この改良VOF法により、合一とぬれによる導電路形成をマクロ的に数値解析し、導電路形

成の律速因子がフィラー界面張力と樹脂粘性の比であることが解明された。これは2液滴合一における過去の知見と一致するものである。一方で、本章では考慮しなかった流動と合一やぬれに伴う界面変形への酸化膜による抵抗の重要性も示された。

第5章では、基礎現象のうち、フィラー流動に着目した。樹脂中における溶融フィラーの挙動をその場観察した結果、流速数 $\mu\text{m/s}$ のフィラーの不規則な流動が、ソルダ融点以上でのみ確認された。この流動の駆動力について、重力による沈降、樹脂の熱対流、溶融フィラーの界面エネルギーによる流動について検討を行った。理論的・数値的解析による検討の結果、溶融ソルダフィラー表面の酸化膜厚の不均一による界面エネルギー分布が流動の駆動力として有力であることが示された。これは、ソルダフィラー表面酸化膜には分級時にメッシュとの接触による傷の存在が知られていること、溶融ソルダフィラー表面において、界面エネルギーが半球面で10%変化するとフィラーが樹脂中で数 $\text{mm/s}$ で流動しうることが数値解析により明らかにされたことによる。

第6章では、基礎現象のうち合一に着目し、酸化膜による変形抵抗や合一開始阻害を評価した。まず、接触2液滴の合一において、72hの大気暴露によって形成された酸化膜が界面の変形に抵抗し、合一所要時間が1000倍程度に増加することを実験的に示した。次に、樹脂中における多フィラーの合一を観察した。標準樹脂を用いる場合、フィラーの20時間大気暴露により、25%であった未合一フィラーの割合が35%に増加した。この暴露フィラーを活性剤量3倍の樹脂に混合すると、この割合は22%に減少した。また98 $\mu\text{m}\phi$ であった加熱後フィラーの平均粒径が、110 $^{\circ}\text{C}$ 4分の予備加熱により145 $\mu\text{m}\phi$ に増加した。この方法は、ソルダ粉の合一性を評価するものとして一般性が高い。最後に、合一性向上による実装性改善効果が、実装実験により確認された。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、ソルダフィラーを分散させた樹脂を部品-基板間に全面供給し、温度や部品-基板間隔を制御することで、対向電極間に導電路を多点一括形成させる自己組織化実装法における基礎プロセスであるソルダフィラーの流動・合一現象をその場観察と粘性流体解析に基づいて明確にしたものである。本論文で提唱されている自己組織化実装法は、従来にない新しい発想による方法であり、この実装法が実用化されれば、現実装方式で限界となっている100 $\mu\text{m}$ 以下の狭ピッチ・多ピン電極の一括接続が可能となり、産業界に対する貢献度は高いと思われる。

樹脂中のソルダフィラーの流動・合一挙動をその場観察と改良VOF法による粘性流体解析から明確にし、導電路形成の律速因子がフィラー界面張力と樹脂粘性の比であることを明らかにしている。

また、樹脂中における溶融フィラーの挙動をその場観察した結果、流速数 $\mu\text{m/s}$ のフィラーの不規則な流動が、ソルダ融点以上でのみ確認され、この流動の駆動力が樹脂中の活性剤による溶融ソルダフィラー表面の酸化膜分解に伴う界面エネルギー変化によることを見いだしている。

さらに、溶融ソルダフィラーの合一において現象において、樹脂中の活性剤によるソルダフィラーの表面酸化膜分解が重要な因子であり、大気暴露条件により調整されたソルダフィラーの酸化状態と樹脂中の活性剤量に対する酸化膜分解過程をソルダフィラー合一のその場観察から定量的に求めている。

以上のように、自己組織化実装法における基礎現象である樹脂中のソルダフィラーの流動・合一現象において、ソルダフィラーの酸化膜分解およびそれに伴うソルダフィラーと樹脂との界面エネルギー変化が支配していることをその場観察と数値解析から定量的に明らかにしており、本論文は産業界への貢献度の高さ、学術的な新規性があり、論文としての完成度も不備はない。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。