The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | エレクトロニクスにおける鉛フリーソルダリング部のフィレット形成に関する研究 |
| Author(s) | 高尾, 尚史 |
| Citation | 大阪大学, 2004, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/44563 |
| 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">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 | 髙　尾　尚　史（たか　お　ひさ　あき） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　士（工　学） |
| 学　位　記　番　号 | 第　１８２４４　号 |
| 学位授与年月日 | 平成 16 年 1 月 23 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第４条第２項該当 |
| 学　位　論　文　名 | **エレクトロニクスにおける鉛フリーソルダリング部のフィレット形成に関する研究** |
| 論　文　審　査　委　員 | （主査）<br>教　授　小林紘二郎<br>（副査）<br>教　授　佐藤　了平　　教　授　藤本　公三　　助教授　廣瀬　明夫 |


## 論　文　内　容　の　要　旨


本論文は、電子部品の高密度実装化の急速な進行ならびに鉛フリーはんだに代表される環境に配慮した新しい技術への対応が不可避になっているエレクトロニクス実装技術において、ソルダリング品質に影響を及ぼす接合欠陥の支配因子を濡れおよび凝固に関わるはんだ物性値ならびに金属組織の観点から明らかにし、高品質で信頼性の高い鉛フリーマイクロソルダリング部を形成するための技術確立について述べたものであり、全７章で構成される。

第１章では、技術的背景、本研究の意義・目的・位置づけと内容の骨子を述べている。

第２章では、ソルダリング品質に及ぼすフィレット形成過程の影響について濡れ過程および擬固過程に着目した整理を行い、設計および材料物性の観点から研究課題の明確化を図っている。

第３章では、従来のはんだ濡れ性評価法（広がり試験法、メニスコグラフ試験法）における課題を抽出し、第一の目的であるフィレット形成に及ぼす濡れ過程の影響を明確化すべく、濡れ物性値（接触角および界面張力）を in-situ で同時測定できる新しい濡れ性評価システムを構築している。このシステムにより、接触角、ならびにはんだ－フラックス間（$\gamma_{lf}$）、基板－フラックス間（$\gamma_{sf}$）および基板－はんだ（$\gamma_{sl}$）に作用する界面張力の測定を可能にし、濡れ性の支配要因の物理的な解明を実現している。

第４章では、前章にて開発した評価システムを各種鉛フリーはんだの濡れ性に及ぼす諸因子の影響解明に適用し、システムの有用性を検証するとともに、物理的エネルギーである界面（表面）張力の観点からはんだ濡れメカニズムの解明を行い、鉛フリーはんだの濡れ性向上策として、(i) はんだ合金への添加元素ならびに活性力の高いフラックスの選択による $\gamma_{lf}$ の低下、(ii) 基板材質よりも大きな $\gamma_{sf}$ を有する金属による表面処理、および (iii) 基板とはんだ界面に生成する金属間化合物の $\gamma_{sl}$ を増大させない工夫が重要であることを指摘している。

第５章では、凝固過程で生じる欠陥である引け巣やフィレットリフティングの発生原因とされる非平衡凝固の発生について検討し、その結果、Sn-X 系合金および Sn-Ag-X 系合金（X＝Bi、Pb、In）では、組成によっては、平衡状態図で示される温度よりも低い固相線温度を有する場合があり、非平衡凝固が生じていることを明らかにしている。

第６章では、第二の目的である、鉛フリーソルダリング特有の接合欠陥であるフィレットリフティングの発生メカニズムの解明を行っており、その結果、フィレットリフティングの発生は Sn 系合金中の合金元素量（X＝Bi、Pb、In）に対して特異な依存性を有することを明らかにしている。さらに、従来考えられていた接合界面で生じる Bi 濃化は直接の原因ではなく、はんだ付部内の温度勾配を緩和するのに十分な凝固潜熱が放出されないためにフィレットリフ-

ティングが発生することを見出し、その発生予測指標ならびに抑止策を提案している。
第７章では、本研究で得られた研究成果を統括している。

## 論文審査の結果の要旨

電子部品の高密度実装化の急速な進行ならびに環境に配慮した新しい技術への対応が不可避になっているエレクトロニクス実装技術において、マイクロソルダリングは電子部品の基板への実装にとって必要不可欠な技術であり、ソルダリング品質の確保に対する重要性はますます高まっている。近年、多くの鉛フリー製品が市場に投入されるようになっているが、いずれの鉛フリーはんだも従来の Sn-Pb 系はんだに比べて非常に多くの克服すべき課題を抱えている。中でも、はんだ付性において、鉛フリーはんだと Sn-Pb 系はんだとの間には大きな隔たりがあり、濡れ性の不足やフィレットリフティングと呼ばれる特有の接合欠陥の発生など、濡れおよび凝固過程に関わる技術課題が顕在化してきている。

本論文は、こうした背景に基づき、ソルダリング品質に影響を及ぼす接合欠陥に関して、濡れおよび凝固過程に関わるはんだ物性値（接触角、界面張力、固相線温度、液相線温度、凝固潜熱）ならびに金属組織の観点からその支配因子を明らかにし、高品質で信頼性の高い鉛フリーマイクロソルダリング部を形成するための技術について述べている。本論文で得られた結果は以下のように要約される。

(1)溶融はんだの接触角を in-situ で光学的に計測する技術を開発し、これを既存のメニスコグラフ試験機に組み込むことにより、接触角と界面張力の同時計測を可能にした画期的な濡れ性評価システムを構築し、濡れ性の支配要因の物理的な解明を実現している。

(2)開発したシステムを各種鉛フリーはんだの濡れ性に及ぼす諸因子（はんだ組成、フラックス、基板表面処理）の影響解明に適用し、システムの有用性を検証するとともに、物理的エネルギーである界面（表面）張力の観点からはんだ濡れメカニズムの解明を行い、鉛フリーはんだの濡れ性向上のための指針を提示している。

(3)凝固過程で生じる欠陥の発生原因とされる非平衡凝固の発生に関して、Sn-X 系および Sn-Ag-X 系合金において、組成によっては、平衡状態図で示される温度よりも低い固相線温度を有する場合があり、非平衡凝固が生じることを明らかにしている。

(4)鉛フリーソルダリングに特有の接合欠陥であるフィレットリフティングの発生は、Sn-X 系合金および Sn-Ag-X 系合金における合金元素（Bi、Pb、In）量に対して特異な依存性を有することを明らかにしている。また、接合部の詳細な組織観察から、これまでフィレットリフティングの発生原因と考えられていた接合界面で生じる Bi の濃化は直接の原因ではないことを明らかにしている。さらに、合金の凝固挙動の観点から、フィレットリフティング発生と凝固潜熱との関係から発生メカニズムを解明し、発生予測指標ならびに抑止策を提案している。

以上の成果は、鉛フリーソルダリングにおいて高品質で信頼性の高い接合部を得るための有益な指針を提供するものであり、今後の環境に配慮したエレクトロニクス実装技術を確立する上で大いに役立つと考える。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。