



Title	Pbフリーソルダのぬれ性とファインピッチ適合性の評価に関する研究
Author(s)	宮崎, 誠
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41446">https://hdl.handle.net/11094/41446</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">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	宮崎誠
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第14085号
学位授与年月日	平成10年6月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産加工工学専攻
学位論文名	Pbフリーソルダのぬれ性とファインピッチ適合性の評価に関する研究
論文審査委員	(主査)教授 松繩朗 (副査)教授 仲田周次 教授 原茂太 教授 黄地尚義 教授 野城清

### 論文内容の要旨

本論文は全8章から構成されている。

第1章では、電子機器高密度表面実装を支えるマイクロソルダリングの動向と問題点を検討し、その問題点をもとに本研究の必要性と目的について述べている。

第2章では、接合性特に、研究対象とするPbフリーソルダのぬれの基礎的検討のための重要因子の検討を行い本論文の構成と各章間の相互関係について述べている。

第3章では、接合部微細化に伴うフィレット形成に関する問題点として、微細凸曲面に形成されるメニスカス形状のコンピュータ解析を行い、解析結果はウェッティングバランス試験機を用いた表面張力測定に適用できることを示唆している。

第4章では、メニスカス形状の解析結果を基にソルダの表面張力測定法を確立している。まず、Sn-Pb共晶ソルダを用いて実験条件を確立し、Pbフリーソルダ候補合金として、Sn-AgおよびSn-Zn共晶系にBi, Inを添加して融点を降下させたソルダを選定し、フラックス使用時の表面張力（厳密にはフラックス/ソルダ界面張力）を実験的に得ている。得られた結果は熱力学的計算結果と照らしてほぼ妥当であり、簡便な表面張力測定法として確立している。

第5章では、Pbフリーソルダのぬれ性をウェッティングバランス試験機により評価し、ぬれ時間はソルダの液相線温度と相関があること、また、接触角で評価したぬれ性はいずれもSn-Pb共晶よりも劣ることを明らかにしている。

第6章では、Pbフリーソルダのぬれに及ぼす各種添加元素の影響を基礎的に検討し、ソルダ/母材界面の化合物形成が密接に関係していることを示唆している。

第7章では、ファインピッチ対応性の評価のためのブリッジ試験法を確立し、ぬれとブリッジの関係、各種Pbフリーソルダのファインピッチ適合性の順位づけを行い、Sn-Ag系がSn-Zn系に比べてファインピッチ適合性に優れていることを明らかにしている。ファインピッチ適合性向上には良好なぬれ性確保が重要であることを示している。

最後に、第8章では、各章で得られた成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

近年の電子機器は小型軽量高機能化により、その組立実装における継手が年々微細化しており、ファインピッチマイクロソルダリングにおいては健全な継手の形成が困難となってきている。また、廃棄・電気電子製品からのPb流出が問題となっており、Sn-Pb系ソルダに代替できるPbフリーソルダの開発が重要課題となっている。本研究はPbフリーソルダの基礎特性として重要なぬれ性の検討、微細接合部への適用を考慮したファインピッチ適合性の評価手法の確立により、Pbフリーソルダの基礎特性を明らかにすると共に、実用化に向けての指針を示している。本論文の主な成果は次のように要約できる。

- (1) 接合部の微細化に伴い多発する欠陥としてソルダブリッジがあり、微細化がフィレット形成性に及ぼす影響を円柱周囲のメニスカス形状解析により明らかにすると共に、この解析結果を用いてPbフリーソルダの基礎物性値である表面張力（フラックス使用時にはフラックス/ソルダの界面張力）の簡便測定法を確立した。微細凸曲面としての円柱周囲に形成されるメニスカス形状に及ぼす曲率（円柱半径）、ぬれ性（接触角）および供給ソルダ量の影響をコンピュータ解析し、微細部では大きなフィレットが形成されにくくなるので、過剰ソルダ供給がブリッジ発生の原因となることを明確に示した。
- (2) 上記の解析手法を利用してPbフリーソルダの表面張力をウェッティングバランス試験機を用いて測定する方法を考案し、測定条件を確立した。Pbフリーソルダ候補合金系としてSn-Ag系(Sn-Ag-Bi, Sn-Ag-In)およびSn-Zn系(Sn-Zn-Bi, Sn-Zn-In)を選定し、本方法により表面張力を測定した。両系とも測定結果は熱力学的手法に基づく計算結果の変化傾向とよく一致し、本論文で開発した測定法はPbフリーソルダの基礎特性解析に有効であることを示している。
- (3) 各種Pbフリーソルダの基礎特性をウェッティングバランス試験機によるぬれ試験により評価し、従来より使用されているパラメータのぬれ時間は、ソルダの液相線温度と密接に関係しており、液相線温度が低いものほどぬれ時間が短くなる傾向であり、すべての実験結果を試験温度-ソルダの液相線温度とぬれ時間でプロットすると、負の相関を持った曲線となることを実験的に明示し、ぬれ時間は試験片の温度上昇過程と密接に関係していることを示した。この結果は、ウェッティングバランス試験機によるぬれ性の評価としてはぬれ力とソルダの表面張力から接触角を計算することが有効であることを示し、その結果からSn-Ag系がSn-Zn系よりも優れたぬれ性を示すことを明らかにしている。
- (4) Pbフリーソルダの銅とのぬれ性に及ぼす基礎因子をSn基二元系Pbフリーソルダの広がり試験により行い、各種添加元素が表面張力、界面化合物層形成に及ぼす影響を明らかにした。試験結果は試験温度-ソルダの液相線温度でぬれ性を評価するのが適切であることを明確に示し、さらに、ぬれ性を良好にする元素は銅と金属間化合物を形成しないことを実験的に明らかにした。本結果は今後のPbフリーソルダのぬれ性改善手法を示唆している。
- (5) Pbフリーソルダ実用化に向けて有効な試験方法としてブリッジ試験法を考案し、試験条件を確立した。この方法により、溶融温度範囲をもとに選定した各種Pbフリーソルダのブリッジ発生特性を評価し、ブリッジ発生頻度の低い順に、 $\text{Sn-Ag-Bi} < \text{Sn-Ag-In} < \text{Sn-Zn-Bi} \leq \text{Sn-Zn-In}$ であることを示した。また、この順序はぬれ性の順序と対応することを示しており、酸素濃度を低減した窒素ガス雰囲気の使用がぬれ性の向上とブリッジ防止に有効であり、ファインピッチ適合性が向上することを実証している。

以上のように、本論文は電子機器実装のキーテクノロジーであるマイクロソルダリングに、Pbフリーソルダを適用するための重要な特性を基礎的に検討し、接合部微細化の問題点と解決策、基礎物性である表面張力の簡易測定法の確立によるPbフリーソルダの特性評価、ウェッティングバランス試験機によるぬれ性の評価、ファインピッチマイクロソルダリングの実用化において重要なブリッジ発生の定量的評価法の確立によるPbフリーソルダのファインピッチ

適合性の評価を解析および実験的に行い、小型高機能電子機器組立に適用可能な Pb フリーソルダ組成を明確にすると共に、健全な継手形成のためには良好なぬれ性確保が重要であることなど Pb フリーソルダの実用化に向けての指針と基礎的知見を与えており、生産加工工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。