

Title	リフローモードぬれ性試験における微細電子材料のぬれ挙動の解析とぬれ性評価
Author(s)	安田, 清和
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42747
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	やす だ きよ かず 安 田 清 和
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 3 8 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 13 年 3 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	リフローモードぬれ性試験における微細電子材料のぬれ挙動の解析とぬれ性評価
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 仲 田 周 次 (副査) 教 授 奈 賀 正 明 助 教 授 藤 本 公 二

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、エレクトロニクス実装を対象としたウェットングバランス法におけるリフローモードぬれ力-時間特性曲線の物理的意味を理解することを目的とし、微小ぬれ力計測と同時にメニスカス挙動の実時間計測、さらにソルダの3次元液面形状解析及び非定常非線形熱伝導解析から過渡及び平衡ぬれにおける現象の検討により、ぬれ力-時間特性曲線の解釈とぬれ性評価への応用を提言しているものであり、全8章から成る。

第1章では、本研究の目的と背景を説明し、論文の全体構成を示している。

第2章では、本研究で取り扱う微細電子材料のぬれ概念とぬれ性評価に関する基本的検討を行っている。

第3章では、採用したウェットングバランス法によるぬれ性評価システムについて、その装置構成及び性能を示している。

第4章では、ぬれ力特性曲線が包含する意味について、ぬれ現象の物理的挙動との関連を実験的方法で調査している。リフローぬれ過程の観察から試験片代表寸法がソルダの毛管定数以下ではぬれ上がり高さが顕著に低下する一方、規格化ぬれ力は変動がほとんどないこと、試験片浸せき量や加熱速度の増加によりぬれ時間が短縮することなどを確認し、平衡ぬれの形状依存性および動的側面の温度依存性を定量的に明らかにしている。

第5章では、4章における実験から得られたぬれ力情報の理解を深めるために、平衡状態下のソルダのぬれ形状を数値解析によりメニスカス形状と作用力を調査している。無限液面と異なり微細ソルダの場合、最大ぬれ力と接触角の関係は、従来のぬれ力評価式ではぬれが比較的悪い場合、液体内圧の寄与により顕著な誤差を生ずる可能性を示唆している。

第6章では、試験材の温度上昇過程への試験片形状および試験条件の影響について有限要素法により非定常非線形熱伝導解析を行っている。試験片と試験片把持材の接触面における熱伝達係数の与え方により試験片温度上昇が大きく異なり、熱伝達係数選定が非常に重要であること、試験片の実温度計測に基づく温度上昇曲線との照合から 10^6 W/Km が適切であることを示している。また、加熱バス温度や浸せき深さは大きい程、ソルダの熔融温度到達位置が早い時刻に上昇を開始することを定量的に推定している。

第7章では、前章までに得られた結果から、ぬれ過程を5つの過程に区分し、その解釈と総合的なぬれ性評価の指針を与えている。

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

本論文は、エレクトロニクス実装において広く用いられるリフローソルダリングのソルダビリティ評価の重要な評価指標であるソルダのぬれ性評価手法として提案されているリフローモードウェットングバランス試験で得られるぬれ力-時間特性曲線の物理的意味を明確にし、ぬれ性評価への応用を提示することを目的としたものである。その成果を要約すると次の通りである。

- (1) CCDカメラによるウェットングバランス試験中のぬれ挙動の実時間観測および温度計測に基づいて、ぬれ過程が、フラックスの溶融・活性化過程、ソルダ溶融-ぬれ過程、ソルダの母材金属へのぬれ上がり過程、ソルダ溶融温度ライン律速ぬれ過程、平衡ぬれ過程の5つの過程からなることを明確にしている。
- (2) ぬれ挙動にとって最も重要な要因であるソルダおよび試験片の温度場の時間的変化を試験片温度の実計測と対比させた非定常非線形熱伝導 FEM 解析を行い、試験片把持部における熱伝達およびソルダペースト溶融に伴う潜熱を考慮することにより、 ± 5 K程度の誤差で温度場の推定を可能としている。
- (3) フラックスの溶融・活性化過程では、母材金属の表面性状（酸化被膜厚さ）によりフラックスによる母材金属に対する力の作用に差が生じ、自然酸化膜程度（数 nm）の母材金属に対してはフラックスのぬれ力が主体であり、酸化被膜のある母材金属に対しては酸化膜還元反応により発生する気泡の母材金属への付着による浮力の発生でぬれ力の作用から浮力の作用が現れる作用力変化を提示することを高速カメラ撮影により明らかにしている。
- (4) ソルダが溶融し、母材がソルダにぬれる状態になるまでのソルダ溶融・ぬれ過程では、ソルダによる浮力が働き、その浮力の大きさは母材金属のソルダへの浸せき深さと母材表面のフラックスによる清浄化状況により変化し、母材表面が同一表面状態の場合には、浮力の大きさが浸せき深さに依存することをメニスカスの実時間観察と自由表面幾何解析により明らかにしている。
- (5) ソルダの母材金属へのぬれ上がり過程においてソルダの母材金属に対するぬれ上がり速度は、母材金属の温度上昇と母材金属の表面性状が律速しており、表面性状が同一の母材に対しては、加熱温度に関らず母材の温度上昇に律速され、母材表面の酸化被膜が厚い母材に対しては、ぬれ上がり時点の母材金属の温度が高くなり、ぬれ上がり速度も遅くなることをメニスカスの実時間観察と温度解析により明らかにしている。
- (6) 平衡ぬれ過程におけるぬれ高さは、試験片形状（板状試験片の場合は試験片幅、棒状試験片の場合は試験片径）、ソルダ量（ペースト印刷径、印刷厚み）により大きく影響を受けることを液面形状理論に基づく平衡状態下のソルダのぬれ形状を数値解析と実験結果を対比させることにより明らかにしている。
- (7) リフローモードウェットングバランス法におけるぬれ性評価において、温度場の規定が最も重要な要因であり、この規定の下に各ぬれ過程に要する時間と最終的な平衡ぬれを総合評価することによりソルダペーストのリフローモードにおけるぬれ性の評価が行われることを示している。

以上のように、本論文は、マイクロソルダリングにおけるぬれ性評価を目指してリフロー場におけるぬれ力-時間特性曲線の解明、微細電子材料のソルダビリティ評価など基礎的な知見を与えており、生産科学および技術へ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。