



Title	反射輝度分布測定に基づく鉛フリーはんだフィレット形状の特徴抽出
Author(s)	朝倉, 義裕
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45838">https://hdl.handle.net/11094/45838</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"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</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	朝倉 義裕
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 18990 号
学位授与年月日	平成 16 年 8 月 12 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	反射輝度分布測定に基づく鉛フリーはんだフィレット形状の特徴抽出
論文審査委員	(主査) 教授 高橋 康夫  (副査) 教授 大森 明 教授 小林紘二郎 教授 竹本 正 教授 藤本 公三

### 論文内容の要旨

本論文は、近年、環境低負荷生産技術の一環として推し進められている、エレクトロニクス実装における鉛フリーはんだ接合部フィレットを対象とし、その形状の特徴抽出に関する基本的な手法について論じており、以下の 6 章構成とした。各章を要約すると以下ようになる。

第 1 章では、研究の背景として、電子機器はんだ実装の鉛フリー化の必要性とその現状、並びに、従来の接合部外観検査の動向について概観し、はんだの鉛フリー化に伴って発生した特徴抽出の阻害因子を挙げ、本研究の必要性と目的、及び、研究方針について述べた。

第 2 章では、はんだを使用して電子部品を表面実装したときに形成される典型的なフィレット形状のモデルを作成し、これを用いてはんだフィレットから得られる輝度分布のシミュレーションを行った。このシミュレーション結果から、3次元フィレット形状と観察画像上のフィレット長手方向の輝度分布との関係を明らかにし、適切な光源方向と適切な観察方向を設定することにより、はんだ供給量や、ぬれの差を輝度分布の差として特徴付けることが可能であることを明らかにした。加えて、反射輝度測定実験を行い、光沢のあるフィレットでは、シミュレーション結果と同様の輝度分布が得られることを明らかにした。

第 3 章では、種々の鉛フリーはんだに対して反射輝度測定実験を行い、フィレット表面から得られる反射輝度と観察方向に対するはんだ表面の傾斜角との関係を実験的に調査した。この調査に基づき、観察画像の輝度分布からフィレット形状の再構築を試み、滑らかな金属光沢を持つフィレットに対しては、その再構築の可能性を見出した。また、この調査結果から、観察画像を二値化処理する際、設定すべきしきい値と、しきい値を超える反射輝度を有する面の傾き（観測方向と垂直な面に対する傾斜角）の範囲を明らかにし、フィレット形状の傾きの大略を容易に認識するための情報を提供した。

第 4 章では、種々の鉛フリーはんだ接合部について、トップフィレット部に高輝度が観察されるカメラアングルの分布を綿密に調査した。その分布の統計処理を行い、ぬれ性のばらつきを知る基準となる幅を得るとともに、トップフィレット部の形状の特徴を効率よく抽出するための観察方向の設定手法を提案した。また、フィレット部の表面凹凸を調べ、画像処理によるスムージング処理を行うときの適切なパラメータを明らかにした。観察画像を二値化した後、しきい値を超えた高輝度領域の中心座標のばらつきを調べ、トップフィレット部の形状ばらつきと長周期うねり

成分の影響による輝度分布の変動範囲を明らかにした。

第5章では、3章、及び、4章で行った調査結果を基に、適切な観察条件を設定した上で、二値化、スムージング、加算処理を行った。この画像処理により、フィレット形状の情報から単純な特徴抽出グラフへの置き換えを合理的に行った。得られた特徴抽出グラフのプロファイル、及び、トップフィレットに相当する部分のピークの幅と高さを評価することで、効率よくフィレット形状の分類を行う手法を提案した。

第6章では、本研究で得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

電子部品実装に対して、地球環境への配慮が求められ、鉛フリー化が積極的に進められてきた。その結果、代替候補となる鉛フリーはんだ合金が開発、実用化されているが、実装後の外観検査に関する研究は数少なく十分ではない。本論文では、鉛フリーはんだ実装部の外観検査を行うための基礎となるフィレット形状の特徴抽出手法について行った研究成果をまとめたものであり、鉛フリーはんだフィレットの高信頼性外観検査の今後の開発に役立つことと期待できる。本論文の主要な成果は以下のようである。

1) 平行入射光線が得られる同軸落射型照明を具備した観察装置を用いて、はんだフィレット形状の違いを輝度分布の差として特徴づける手法を提案している。すなわち、フロントフィレット部に高輝度が得られるようなカメラアングルからフロントフィレットの傾斜角を求め、あわせて、フィレットの長手方向の輝度分布からフィレット形状の特徴を推定する手法を提案し、数値計算と外観観察の結果により、その有効性を示している。

2) 実験には、鉛はんだ並びに最近開発された鉛フリーはんだを用い、各はんだ接合部のフィレット形状を綿密に観察し、各はんだフィレットの光沢や表面状態の情報を画像情報として、計算機に記憶させ、適切な画像処理パラメータを決定する際の基準データを与えている。さらに、リード部のめっきの違いによっても、鉛フリーはんだの表面粗度や、フィレット形状に差が見られるので、この点に考慮した画像情報を与えている。特に、はんだとリード端部とのぬれに関係の深いトップフィレットの形状に注目し、この部分の特徴を認識できるようなカメラ観察角度を合理的に定めるシステム的アプローチを実現している。各鉛フリーはんだで、ぬれ挙動が異なるので、この点も考慮してぬれ特徴の基準をはんだの種類ごとに個別に定めている。これは、今後、はんだの外観検査を行いその画像処理パラメータ設定を行う上で、極めて有効な情報となる。

3) また、鉛フリーはんだのフィレットの特徴抽出を阻害する因子として、ぬれ角のばらつき、表面凹凸、トップフィレット部の形状ばらつき及び長周期うねり成分の影響等が挙げられるが、これらの点も綿密に調査し、統計的手法を採用することにより、適切な画像処理を達成している。すなわち、トップフィレット部に観察される高輝度領域を際立たす適切な二値化処理、平滑化処理を行い、トップフィレット形状の特徴を単純明確化させている。さらに、トップフィレット部の輝度変動幅を考慮し、輝度の加算処理を行うことにより、形状のばらつきに対して、より安定した特徴抽出が得られるような手法を提案している。

4) 上記の結果を基に、フィレット形状から簡単な特徴抽出グラフへと合理的な置き換えを実現し、トップフィレットからトウフィレットに至る大略的な形状推定プロファイルを得る手法を提案し、簡単にぬれの形状の評価、分類を行い、その妥当性を示している。

以上のように本論文は、信頼性評価を行う接合部外観検査のみならず、生産工学の分野、とりわけ電子実装生産工程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。