I Cリードのはんだぬれ状態検査システム

正員 塚田 敏彦 (豊田中研)

正員 小関 修 (豊田中研)

正員 山本 新 (豊田中研)

Development of Automated Solder Dip Condition Inspection Method for IC Lead.

Toshihiko Tsukada, Osamu Ozeki, Shin Yamamoto
(Toyota Central Res. & Develop. Labs., Inc.)

A method for inspecting solder dip coating condition of a DIP IC has been developed. In this method, solder dip coating conditions are detected from the reflection intensity of the lighted surface of a lead. For accurate detection, a vision system has been constructed which regards the difference in the inclination of the solder surface as the difference in the intensity of the reflected light.

The system consists of a dichroic mirror and two linear sensors having sources of light which different wavelength for rapid image detection. An IC lead is simultaneously illuminated from the upper left and upper right directions, and the linear sensors take the image of reflected light in each direction. The areas and distributions of the incline and flat regions of the lead are calculated from the intensity of the reflected light.

Using the developed vision system and new inspection algorithm, a prototype inspection system has been developed. The experiments using the prototype system were performed with 1600 samples, and the efficiency of this method has been demonstrated.

キーワード：I Cリード，はんだぬれ，外観検査，ラインセンサ

1. まえがき

自動車の情報化や知能化に伴って，自動車に搭載される電子機器はますます多機能化し，そこに用いられるI Cも年々増加の傾向にある。これらは当初は半導体メーカーのものが多く用いられていたが，最近では自動車関連メーカーでもI Cの内製化が大幅に進み，I Cや実装部品の検査が必要となってきた。

検査のなかには，これまで電子産業で開発された方式を活用できるものも多くあるが^{1)~3)}，自動車用I C特有の課題を持つものもある。自動車用I Cのリードに予め薄く塗布されているはんだの付着状態（以下，これをはんだぬれ状態という）の検査もそのひとつである。このはんだの塗布は，自動車用I Cを車載したときに，振動などによってI Cのはんだ付け部に亀裂などが生じないよう，確実なはんだ付けを実現するために行われるのもので，民生用I Cにはない自動車用I C特有の処置である。

このI Cリードのはんだぬれ状態の検査は，自動車用I C特有の課題であるため，これまでに検査についての報告

例はない。ただ，近い技術としてI Cの基板実装時のはんだ付け部の外観検査については報告がなされている^{4)~10)}

基板実装時のはんだ付け外観検査は，はんだ付け強度の代用特性としてはんだ付け部の形状や傾きを検査するものである。はんだ面は一般に鏡面に近いが拡散面としての性質も有している。これまでに提案された方式には，はんだ面の拡散面としての性質を利用して，その形状を直接検出するもの^{4) 5)}と，はんだ面の鏡面としての性質を利用して，その面の傾きを検出するものがある^{5)~10)}。

前者の拡散面の性質を利用する方式の最初の提案は，中川ら⁴⁾のスポット光走査方式の光切断法によるはんだ形状の検出である。さらにこの技術をベースに発展させて，レーザスポット光型のセンサを4組用いて高速にスキャンングしてはんだ形状を検出して検査するシステムも報告されている⁵⁾。

後者の鏡面の性質を利用し，はんだ面の傾きを検出する方法には，レーザ光を投射してその反射光方向を多数の受光素子により検出するもの⁶⁾と複数の光源で投射したときの反射光方向を二次元TVカメラで検出するもの^{7)~10)}が

ある。

レーザ光を投射する方式⁶⁾は、検出器を箱状に配置することにより反射光を回転角（方位角）と仰角（天頂角）にわたって捕捉して検査をするものである。

複数の光源と二次元TVカメラによる方式の代表例は、Sandersonら⁷⁾の、天球ドーム状に配列した光ファイバ点光源によってはんだ表面を時系列的に照射しそのハイライトパターンによって表面放線ベクトルを検出するものである。また、Davidら⁸⁾は、上下2段に配置した赤青（RB）の2色の蛍光灯とカラーカメラを用いてはんだフィレットとパッド部を分離して検出している。さらに、小林ら⁹⁾は、3段に配置した赤緑青（RGB）3色の蛍光灯により同時に照明を行い、カラーカメラでこれを分離して撮像することにより高速に検査できるシステムを開発している。

しかし、これらの方法は、はんだ付け部のように、はんだ面の傾きの変化が数十度という比較的大きな形状の変化を検出するもので、後述するように、はんだ面の傾き変化がリード面に対して $\pm 2 \sim 3$ 度と小さい、はんだぬれ状態を検出したものではない。

はんだ付け検査において、比較的小さな傾き変化を検出している方式として、高木らの報告¹⁰⁾がある。この方式は、やはりはんだ面の鏡面としての性質を利用したもので、上下4段の環状LED光源を順次点灯して得られるパターン像を二次元TVカメラにより撮像し、はんだ面を8つの領域に分類して傾きを検出する。上下関係にあるそれぞれ2つの光源によって得られる反射光強度を比較することで5度の傾き変化まで検出している。しかし、この方法も、はんだ面の傾き変化が全体で数十度というチップ部品の検査用に開発されたものであるため、ICリードのはんだぬれのように小さな傾き変化を持つはんだ面が連続的に多数並ぶような対象については、そのまま適用することはできない。

そこで筆者らは、はんだ面の小さな傾き変化の検出には高木らと同様の方式を用いた上で、本研究の目的であるはんだぬれ状態の検出に適した撮像系を新たに構築した。そして、この撮像系から得られた画像に基づき、はんだぬれ状態を判定するアルゴリズムを開発し、これらにより構成される検査システムを試作した。

開発した撮像系では、ICリードを左右上方の2方向から照明して得られる反射光を一次元センサであるラインセンサで検出し、この反射光の強度を比較してはんだ面の傾きに対応した画像を検出する。ラインセンサを用いるのは、ICの多数のリードについて同一の照明条件で撮像するためである。また、撮像を高速に行うために、左右照明は波長の異なるLEDとし、これらを同時に点灯して、それぞれの反射光を2つのラインセンサで同時に撮像する。

はんだぬれ状態の検査は、得られたはんだ面の傾きを表す画像から、はんだぬれ状態の良否を示すはんだ面の特定の傾きの領域を求め、その領域の面積や分布から良・不良の区別と、不良の項目を判定することで行う。

本論文では、第2章で考案した検査方式について、第3章で開発した撮像系を含む検査システムの構成と検査アルゴリズムについて述べる。そして、第4章では、考案した検査方式の有効性を示す実験とその結果について述べる。

2. 検査方式

〈2・1〉 検査対象とその技術課題 DIP（Dual Inline Package）型ICは、リードを基板の実装孔に挿入してはんだ付けするタイプのICである。表面実装型ICに比べて、熱や振動などに強いことから、現在も自動車用ICとして多く用いられている。図1に、検査対象としたDIP型ICの外観を示す。検査対象ICは、リード本数が16ピンタイプのものであり、各部の寸法は図に示す通りである。

自動車用のこのタイプのICは、基板実装時に確実にはんだ付けを行なうために、ディップコーティングにより予めリードにはんだが塗られている。ディップコーティングは、はんだを溶かしたはんだ槽に、フラックスを塗布したリードを浸して表面にはんだをコーティングする方法で、この方法により塗られたはんだ表面は、鏡面に近い状態になる。このコーティングにより塗られたはんだのぬれ状態は、はんだ槽の温度とリードを浸す時間、またはフラックスの塗布の制御の具合により変化し、はんだぬれ状態について不良が発生する場合がある。図2(a)は、このはんだぬれ状態について検査すべき良・不良の項目をリードの横方向断面図で示したものである。不良項目には、はんだが多く付き過ぎた過多、はんだが一部しか塗られていない一部

図1. DIP型ICの外観
Fig.1 Appearance of DIP IC.

図2. はんだぬれ検査項目
Fig.2. Examples of dip coated surfaces.

はんだなし、はんだが全く塗られていないはんだなしおよび、はんだ面に凹凸があるぬれむらがある。この内、過多は基板実装時に余分なはんだが溶けだして短絡の原因となり、一部はんだなし、はんだなし、ぬれむらは、はんだ付け強度不足となる。

同図(b)は、それぞれの項目におけるはんだ面の傾きの典型的な分布を示したものである。良品の場合、はんだ形状は表面張力により中央部分が盛り上がり、その傾きは、周辺部分にある $\pm 2 \sim 3$ 度の傾きを持つ部分と、中央部分にある傾き0度の水平部分に大きく分けられる。これに対し、過多では、良品と同じ $\pm 2 \sim 3$ 度の傾きの部分は、より中央部に集まり、周辺部分の傾きはそれ以上となる。一部なしでは、リードの付け根付近に、はんだがないための傾き0度の水平部分が多く存在し、また、ぬれむらでは、むらによる凹凸に沿って、 $\pm 2 \sim 3$ 度の傾きの部分と傾き0度の水平部分が存在する。このように、はんだ面の傾きは、良・不良の項目により、 $\pm 2 \sim 3$ 度の傾きの部分（以下、傾斜部という）と、傾き0度の部分（以下、水平部という）とが特徴的に分布しており、はんだぬれの検査は、この傾斜部と水平部の分布に着目することが有効と考えられる。

以上のことから、ICリードのはんだぬれ状態の検査では、鏡面であるはんだ面の、0度と $\pm 2 \sim 3$ 度という小さな傾きの違いを、多数のリードについて安定に検出できる撮像素子と、得られた画像からぬれ状態を判定するアルゴリズムが必要となる。さらに、この検査はインラインでの全数検査であり、検査時間の高速化も重要な項目である。

〈2.2〉はんだぬれ状態検査方式 考案した検査方式は、前述したようにはんだぬれ状態の良・不良によりはんだ面の傾斜部と水平部が特徴的な分布になることに着目し、これら部位を撮像素子により検出し、その面積や分布などから判定を行なう方式である。

図3(a)は、構築した傾斜部と水平部の撮像を行なうための撮像系を示す。この撮像系は、一次元センサであるラインセンサを挟んで左右上方に二つの照明を、それぞれ角度 $-\alpha$ 、 α で設置し、ICを移動させることで、リード面全体についての反射光を検出する。検出される反射光の強度は、対象物が鏡面の場合、一般に同図(b)に示すように、対象物の角度 θ がそれぞれ $-\alpha/2$ 、 $\alpha/2$ となる正反射光方向で最大となり、その角度からはずれるに従い減少すること

図3. 考案した撮像系
Fig.3. A conception of the imaging system.

が知られている。この特性を利用し、前述のはんだ面の傾斜部角度において正反射が得られるように左右の照明を設置する。これにより、左右照明の反射光強度の最大となる部分を傾斜部として検出できる。さらに、このような配置を行うと、水平部の角度は、左右照明の設置角度の中間の値となるため、その部分の左右照明の反射光強度はほぼ等しくなる。この性質を利用し¹⁰⁾、左右の反射光強度が等しくなる部分を水平部として検出する。この撮像系では撮像素子にラインセンサを用いているため、照明条件がリードの位置に依存しない。このため、上述の反射光強度特性が、複数あるいずれのリードについても成立し、これにより多数のリードを持つICについて傾斜部と水平部を安定に検出可能となる。

ところで、図3(b)に示す反射特性を利用した上述の方法においては、対象となるICリードの反射光強度特性が、図3(b)に従った特性であることが重要である。そこで、対象リードの反射光強度特性を測定した。その方法と結果を図4に示す。測定は、照明とラインセンサを同図(a)に示すような位置に固定し、はんだを塗布した平板の傾きを変化させながらラインセンサにより得られる反射光強度を測定して行った。同図(b)に示す結果より、対象となるはんだ面の反射光強度は、正反射方向である2度で最大となり、水平方向(0度)で最大値と十分な有意差のある1/5程度に低下し、かつ撮像素子の雑音レベルよりも高いことが分かる。このことから、図3に示した撮像系で、はんだ面の傾き検出が行えることが確認できた。

左右の照明により得られた画像は、リード全体のはんだ面の傾きを示す画像を得るために、それぞれの反射光強度を比較し、高い方の強度を選択して作成した合成画像に変換される。この合成画像は、左右照明による2枚の画像を

図4 はんだ面の傾きと反射光強度
Fig.4. Relation between tilt angle and reflected light intensity.

1枚の画像に統合したもので、後の画像処理を簡単化でき極めて有用である。なお、この合成画像においては、最も明るい部分が傾斜部を、最も暗い部分が水平部を表すことになる。

はんだぬれ状態の良否判定と不良項目の識別は、合成画像について反射光強度によるしきい値処理を行い、傾斜部と水平部に相当する部分を切り出し、その面積や分布を測定して行う。

3. 試作検査システム

〈3.1〉撮像系 考案した検査方式を実際の検査に適用するために、傾斜部と水平部に相当する領域を高速に撮像するための撮像系を試作した。図5にその構成を、図6に外観を示す。撮像系は、光学部と画像合成部により構成される。

光学部は、左右2つの照明とそれに対応させた2つのラインセンサ（画素数：各512画素）およびダイクロイックミラーにより構成される。ラインセンサは、撮像素子がX方向に並ぶように配置され、ICをY方向に移動させることにより、すべてのリードが撮像される。撮像用にラインセ

図5. 撮像部の構成
fig.5. Organization of imaging unit.

図6. 撮像系の外観
fig.6 Photograph of imaging unit.

ンサを用いるのは、前述したように対象となるはんだ面の傾き変化が小さく、通常の二次元TVカメラで撮像したのでは、多数のリードについて同一の撮像条件が得られないためである。

また、撮像を高速に行うために、左右照明には波長の異なる光源を用い、これらを同時に照明し、はんだ面からの反射光をダイクロイックミラーにより分光・反射させ、それぞれラインセンサで受光する。対象の同じ場所からの反射光は、2つのラインセンサの同じ画素で受光されるように設定してある。これにより、後段での画像合成のための画素ごとの反射光強度の比較を高速に行うことができる。照明光源にはLEDを用い、リード表面での光量を増やすためにシリンダリカルレンズで集光している。LEDの波長は、波長の分離をしやすくするために、入手できる範囲で波長が離れており、かつ発光強度の強い850nmと590nmに選択した。また、左右照明の投射強度は予め等しくなるように設定してある。

画像合成部は、各ラインセンサにより得られた反射光強度を画素毎に比較して、明るい方の値を2次元メモリに記憶し合成画像を作成する。これにより、傾斜部分が最も明るく、水平部分が最も暗い2次元濃淡画像が得られる。

図7は、試作した撮像系により得た合成画像の例である。図7(a)は、片側8本のリードすべてが良品であるICについて、一回のICの移動により撮像した例である。この画像より、リードの位置によらず、同様の画像としてリードが撮像できていることが分かる。また、同図(b)は、このリードの1本について横方向断面寸法を接触式の粗さ計により計測した結果を示したものである。この図より、図7(a)が、傾斜部と水平部を良く反映した画像であることが分かる。なお、図7(a)の画像の大きさは、1本のリード当り、縦200画素×横38画素である。

(a) 画像例

(b) リード断面寸法

図7. 合成画像例 (良品)

Fig.7. An example image of good condition leads.

図8は、各不良について撮像した合成画像の代表的な例を示している。これより、各不良についても傾斜部と水平部の特徴的な分布が良好に撮像できていることが確認できる。

〈3.2〉 システム構成 開発したはんだぬれ状態検査方式の有効性を検証するために検査システムを試作した。図9に、試作検査システムの構成を示す。検査システムは、ICリードを撮像するリード撮像部、ICを移動させるIC搬送部、後述するリード開き角補正のためにリード開き角を撮像する開き角撮像部、開き角補正に必要なICの回転を行わせる回転部、および各部の制御とはんだぬれの良否判定を行うための処理部により構成される。

搬送部には、ICを搭載して位置決めするための搭載基準面があり、ICは、この基準面に押しあてられて固定される。搬送部と回転部にはステッピングモータを用いている。搬送部の送り精度は、その位置決め誤差を、1本のICリードの画像サイズの0.1%（画素数で1/3画素）以下にするために $\pm 5\mu\text{m}$ としている。

リード開き角は図10に示す部分の角度のことを表し、製造されるICのリードは、この角度が $0\sim 15$ 度の範囲内で形成されている。リード開き角がこのような範囲内で変動すると、開発したリード撮像部では必要な撮像条件が満足さ

図8. 合成画像例（不良品）
fig.8. An example image of bad condition leads.

図9. 試作検査システムの構成
fig.9 Organization of the experimental system.

れず、検査に適した画像が検出できない。そこで、リードの開き角の異なるICについて、同一の条件で撮像を行えるようにするために、ラインセンサとリードが平行になるようにIC全体を回転させるリード開き角補正を行う。この補正は開き角撮像部のTVカメラと開き角検出用照明によりリードのシルエット画像を撮像し、その画像からリード開き角を算出し、回転部によりICを回転させて行う。この時の回転部の精度は、リード面とラインセンサが平行な状態から変化した時に、撮像した画像の傾斜部と水平部の面積の変化が最終的な評価値に影響を与えない大きさ（ここでは良品サンプルでの両部分の合計面積の変化率で $\pm 1\%$ 以内とした）となる角度を実験的に求め、 ± 0.3 度としている。

このリード開き角補正により、リードはラインセンサに対して撮像に影響のないよう平行に補正される。しかし、この補正により、リードの位置がラインセンサに対して図のZ、X方向に変化する。この内、Z方向の位置変化は撮像系のピントぼけの原因となるが、その影響は小さく無視できる（1本のリードの画像サイズに換算して、最大 $\pm 1/3$ 画素以内）。一方、X方向の変化は、ラインセンサのライン方向への移動であるため、撮像した画像中でのリード位置の上下方向のずれの原因となる。この大きさは、リード開き角の $0\sim 15$ 度の変化において最大2.5画素となるため、後述する検査アルゴリズムにおけるウィンド設定位置をこの画素数分だけ修正することで、その影響を受けないようにしている。

〈3.3〉 検査アルゴリズム 図11に、開発したはんだぬれ検査の処理の流れを示す。検査は、リード開き角検出とIC回転制御からなるリード開き角補正、左右照明によるリード画像撮像と合成画像作成からなる合成画像検出、および、合成画像から傾斜部と水平部を切り出し、これより各不良の判定のために後述する評価値を算出し、これを基にした良・不良および不良項目の判定を行う判定処理の順番で行われる。

合成画像からの傾斜部と水平部の切り出しは、しきい値処理により行う。しきい値の設定方法は、合成画像の最も

図10. リード開き角の補正
fig.10 Correcting method for lead's angle.

明るい部分の強度と最も暗い部分の強度の間を3つの領域に等分し、一番上の領域を傾斜部、一番下の領域を水平部として検出するようにした。

良・不良の判定を行うための評価値としては、以下のよう
な値を算出し用いる。

はんだ過多、一部はんだなし、はんだなしについては、それぞれの不良が検出しやすい特徴的な領域にウィンドを設定し、その中の傾斜部あるいは水平部の面積を算出して評価値とする。図12は、このときのウィンドの設定位置を示している。はんだ過多は、リード中央付近に傾斜部が存在する特徴があるのでリードを縦に3等分した中央部分にウィンドを設定し、評価値として、このウィンド内の傾斜部面積を求める。一部はんだなしは、リード付け根付近に水平部が存在する特徴があるので、付け根から1/3の範囲にウィンドを設定し、ウィンド内の水平部の面積を評価値とする。はんだなしは、リード全体にウィンドを設定し、この中の水平部面積を評価値とする。なお、これらのウィンドの設定位置は、前述したリード開き角補正から指示される画素数分だけその位置が修正されて設定される。

図11. はんだぬれ検査の処理の流れ
Fig.11 Flowchart of the inspection.

図12. ウィンドの設定位置
Fig.12 Positions of the processing region.

ぬれむらについては、傾斜部や水平部の面積だけでは、良品と区別がつかない場合があるので、ひとかたまりとなった傾斜部および水平部の個数をリード全体について計数し、評価値としている。

以上のようにして求めた評価値の大きさを、予め決めた判定のためのしきい値と比較し、良・不良の判定処理を行う。この判定のためのしきい値の決め方については、4章の評価実験において述べる。

4. 評価実験

〈4・1〉 実験方法 考案した検査方式の有効性を確認するために、試作した検査システムを用いて評価実験を行った。実験は、各不良項目を先に定めた評価値が代表しているかを検証し、さらに判定のためのしきい値を決めるための実験1と、試作システムの信頼性を総合評価するための多数のサンプルを対象とした実験2の2つを行った。

(実験1) 評価値の妥当性の検証のための実験1は、対象となるサンプルについて、その不良を表す物理量を別途測定し、この物理量と本システムで測定した評価値とを比較することで行った。サンプルとしては、熟練検査員の目視検査により、良品と各不良項目のそれぞれについて10リードずつ、合計50リードを選んで用意した。不良を表す物理量としては次のような値を用いた。過多については、触針式の表面粗さ計（精度：1μm）によりリード断面形状を測定してぬられたはんだの容積を求め、これを物理量とした。一部なしとはんだなしのサンプルでは、実体顕微鏡を用いてはんだの塗られていない部分の面積を計測し、また、ぬれむらのサンプルでは、実体顕微鏡によりはんだの塗られていない領域の個数を計測し、それぞれ物理量とした。

次に、上述の物理量と評価値との比較を示す実験結果において、良品と不良品、および不良項目を区別するための判定のしきい値を設定した。

(実験2) 実験2は、多数のサンプルについて、実験1で設定したしきい値による試作システムでの判定結果と、熟練検査員の目視検査結果を比較して行った。サンプルとしては、実際に現場で発生した不良を含むICを100個(1600リード)用意した。

〈4・2〉 実験結果 (実験1) 図13に、実験1の結果を示す。いずれの図も横軸が物理量、縦軸が本システムで求めた評価値である。同図(a)は過多についての結果であり、物理量と評価値との対応関係は、はんだ容積が大きくなると直線からややずれるが、良品と過多との境界付近では良い対応が取れていることがわかる。

同図(b)は一部はんだなしとはんだなしの結果である。良品とはんだなしは明確な対応がある。一部なしについては、全体的な対応は良いが、物理量に比べ評価値が多少低めに出るものがあった。これらは、はんだの塗られていない面積が大きいサンプルで、設定したウィンドの外にその領域の一部が存在したためによるものである。しかし、このことは一部なしの度合いが大きいサンプルに限ったことであ

るため、判定に影響を及ぼすことはないと考えてよい。

同図(c)は、ぬれむらの結果である。この場合も、全体的には良い対応が得られている。なお、物理量の差に比べ、評価値の差が小さく検出されているのは、ぬれむらの周囲に発生する傾斜部や水平部のいくつかがそれぞれ結合して1つの領域として検出されることが多いためである。

以上の結果より、本システムで求めている各項目についての評価値は、各不良項目を代表していることが検証できた。

良品・不良品の判定を行うためのしきい値は、それぞれの不良項目において、不良品が良品として判定されることができるだけないようにするために、各不良項目において良品について測定された最大の評価値の近傍の値（図13の破線）に設定した。

（実験2）表1に、このしきい値を用いて判定を行った実験2の結果を示す。不良品を良品と判定する場合はなく、逆に良品を一部なしと判定する場合は2リード、過多と判定する場合は3リードあった。これらは、判定のしきい値を上で述べたように良品の判定に厳しくなるように設定しているためである。また、不良項目の間の判定については、一部はんだなしをはんだなしと判定したものが2件あった。これは、サンプル自体がほとんどはんだがぬれられていないリードであったため、検査システムの判定ははんだなしであったが、検査員は少量のぬれたはんだから一部なしと判定していたためである。

上記の誤判定の内容は、実用上大きな問題はないと判断できるもので、このことより考案した方式が、はんだぬれ状態の検査に有効であることが確認できた。

このシステムによる検査時間は、16ピンDIP型IC1個あたり現時点で3秒で、この内訳は、左右照明によるリード面の撮像に0.3秒、合成画像の作成および判定処理に2.7秒である。検査システムに要求されている検査時間は、IC1個あたり1.5秒であるため、今後、高速化が必要である。この高速化は、現在ソフトウェア処理を行っている判定処理の一部を、市販の画像処理用ハードウェアに置き換えることで実現できる見通しである。

5. まとめ

本論文では、ICリードのはんだぬれ状態の検査を行うために考案した撮像系と検査アルゴリズムからなる検査方式、およびこれらを用いた試作した検査システムについて述べた。

考案した検査方式は、はんだぬれ状態の良・不良によりはんだ面の傾きが特徴的に分布することに着目し、この傾きを撮像系により画像として検出し、得られた画像を処理して良・不良の判定と不良項目の識別を行うものである。

撮像系は、はんだぬれ特有の小さな傾き変化のはんだ面を持つ多数のリードについて、安定に傾きを反映した画像を得るために、ICリードを左右上方の2方向から照明し、反射光をラインセンサで検出する。はんだ面の傾きは、検

図13. 実験1の結果

Fig.13 Relations between the estimated values and defects.

表1. 実験2の結果

Table.1 Classification results.

項目	目視	本システム	誤判定 (内容)
良品	1061	1056	
過多	112	115	3 (良品を過多と判定)
一部なし	173	173	2 (良品を一部なしと判定)
なし	96	98	2 (一部なしをなしと判定)
ぬれむら	158	158	
合計	1600	1600	

出された2つの反射光の強度の比から求める。撮像を高速に行うために、2つの照明は波長の異なるLEDを用い、これらを同時に照明し、2つのラインセンサで同時に撮像する。

はんだぬれ状態の判定は、はんだ面の傾きを示す画像から傾斜部と水平部を検出し、これらの面積と分布から各不良項目を特定することで行う。

試作検査システムをにより、50リードのサンプルを用いた評価値の検証実験と1600リードによるシステムの信頼性評価実験を行い、考案した方式の有効性を確認した。

なお、今回の評価は、リード本数16ピンタイプのDIP型ICを対象としたが、本検査システムは、ラインセンサを用いた撮像系を用いているため、QFP型など今後増加すると予想されるリードの本数のより多いタイプのICへも適用できる利点を持っている。

今後は、検査時間の高速化を含め、ライン導入のための検査システムを開発する予定である。

(平成6年7月28日受付, 同6年12月19日再受付)

文 献

- (1) 電気学会編：外観検査の自動化，電気学会（1984-10）
- (2) 中川泰夫：「電子産業における目視検査の自動化」，電学論D，109,458（平成-7）
- (3) 秦清治：「外観検査の自動化の現状と展望」，精密工学会誌,56,6（1990-8）
- (4) 村岡建樹：「SMTにおけるレーザ光線を応用したハンダ付外観検査装置の原理及び仕様紹介」，精密工学会「ハンダ目視検査の自動化技術」講習会資料,21（昭63-7）
- (5) 中川泰夫，押田良忠，二宮隆典，佐々木秀昭：「スポット光走査方式光切断法によるはんだ付部の形状検出」，計測自動制御学会論,22,62（昭61-9）
- (6) 松下電器産業（株）：「Panaset IPk」，製品カタログ（平2-1）

- (7) A.C.Sanderson, L.E.Weiss and S.K.Nayer: "Structured Highlight Inspection of Specular Surface", IEEE Trans. on PA&MI, 10, 44 (1988-1)
- (8) DAVID.W.C., SAI-KIT ENG: "A Tiered-Color Illumination Approach for Machine Inspection of Solder Joints", IEEE Trans. on PA&MI, 10, 387 (1988-5)
- (9) S.Kobayashi, Y.Tanimura and T.Yotsuya: "Identifying Solder Surface Orientation from Color Highlight Images", IECON'90, 821 (1990-11)
- (10) 高木裕治，武安清雄：「段差照明法によるSMDはんだ付け部外観検査技術の開発」，精密工学会第3回「外観検査の自動化」ワークショップ，（平3-11）

塚田 敏彦（正員） 昭和61年名古屋工業大学情報工学科卒業。63年名古屋大学大学院修士課程修了。同年（株）豊田中央研究所入社。以来、画像処理を用いた三次元計測・認識の研究と開発に従事。現在、同システム2部所属。電子情報通信学会会員。

小関 修（正員） 昭和56年名古屋工業大学大学院修士課程修了。41年（株）豊田中央研究所入社。以来、自動車用マイクロ波レーダ、自動車用電子機器の電磁障害、画像処理を用いた三次元計測・認識の研究と開発に従事。現在、同システム2部所属。主任研究員。工学博士。電子情報通信学会，計測自動制御学会，精密工学会会員。

山本 新（正員） 昭和40年岐阜大学工学部電気工学科卒業。同年（株）豊田中央研究所入社。以来、電気自動車の制御方式、自動車における電磁障害の計測技術、計測・検査のための二次元や三次元の画像計測・認識および自律走行車の視覚に関する研究と開発などに従事。最近、自動車におけるヒューマンインタフェースの研究と開発にも従事。1984年度IEEE-VTS Paper Award受賞。現在、同システム2部所属。主席研究員。工学博士。電子情報通信学会，計測自動制御学会，日本ロボット学会などの会員。