

# 赤外線 IC 検査装置の開発

重森清史\*・岩崎一也\*\*・志水克規\*\*

Development of The Infrared IC Inspection System

Kiyoshi SHIGEMORI\* Kazuya IWASAKI\*\* and Katsunori SHIMIZU\*\*

CSPタイプのICについて、パッケージ後のパッド接合部の欠陥を検査する装置を試作した。開発した検査装置は、トレイ上に並べられた樹脂封入後のCSPを赤外線を用いて透視し、その内部にあるパッドと呼ばれる電氣的接合部の欠陥検査を行う。自動化する際、表面上の傷や付着物が画像に映り込むことが問題となったが、本システムでは、表面上の傷は、赤外線カメラの焦点位置からずれていることを利用して、内部欠陥と区別するようになった。また、CSPが置かれているトレイの歪み等の原因で検査部分が焦点位置からずれる場合があったので、画像処理によるオートフォーカス機能を付加した。その結果、検査精度約90%で、1個のCSP当たり1分以内に検査する試作機を開発することができた。

## 1. はじめに

原精機産業株式会社（以下、原精機）は、ウェハの切断からパッケージング、成形までのIC製造における一連の後工程を行い、完成したIC製品を出荷しているが、ICのタイプは、従来のTSOP(Thin Small Outline Package)やQFP(Quad Flat Package)といったリードピンのついたものから、半田バンプ付きの小型化されたCSP(Chip Size Package)と呼ばれるものに移行しつつある。

CSPの製造では、工程の各段階で行われる電気試験、各種の信頼性試験等様々な検査と共に、最終工程で、検査員が赤外線画像を用いてポリイミド基板上的のパッドと呼ばれるバンプとの接合部を目視により検査している。しかし、IC1個当たりのパッド数は70以上であり、検査に時間がかかるため、検査員が目視検査を行う前に、検査装置で欠陥と疑わしいものが自動的に選別されていれば、

最終的に検査員が検査するICの量を減らすことができ、検査員の肉体的負担及び検査効率の向上が期待できる。そこで、当センターと原精機は共同研究により、目視検査の前の事前検査を行うことを目的とした赤外線IC検査装置の試作機を開発した。

開発は、当センターが画像処理ソフトウェアを開発し、原精機がCSPのハンドリング部分の開発とソフトウェアの評価を行った。本報では、画像処理ソフトウェアの仕様を中心に述べる。

## 2. システム構成

赤外線IC検査装置の概要を図1に示す。その構成は、大きく分けてICトレイ供給部、検査実行部、ICトレイ収納部からなる搬送部と画像処理装置(FAST製CSC902ST)及びモニタからなっている。

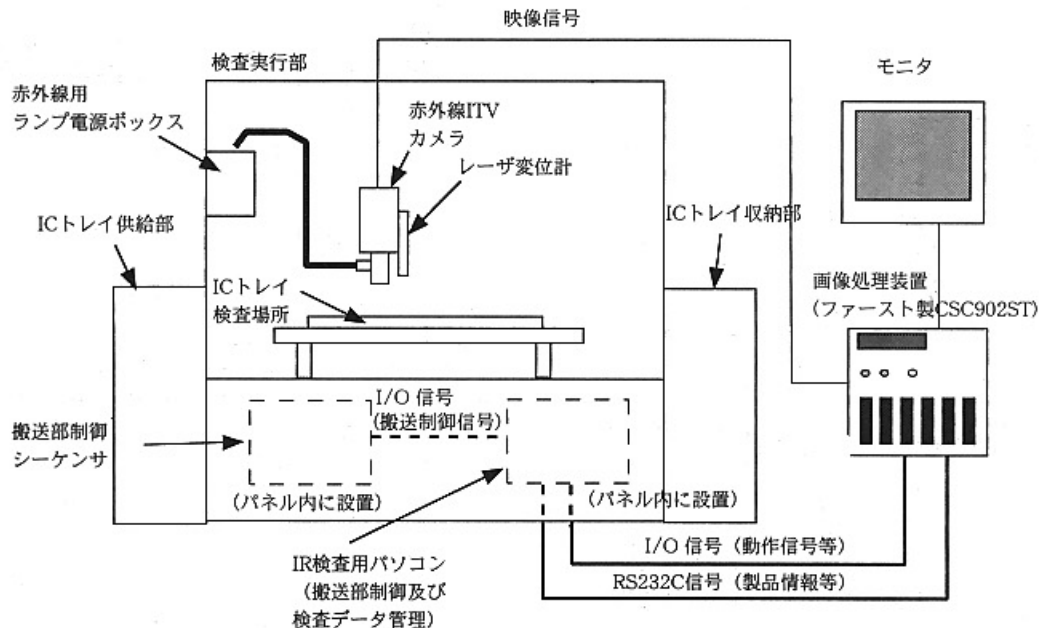


図1 赤外線IC検査装置構成

\* 電子部

\*\* 原精機産業 (株)

検査の際には、ICトレイはその供給部から検査実行部へ移され、赤外線カメラにより映された画像が画像処理装置へ送られる。画像処理装置では、1画面中に写された各パッド（1～6パッド）毎に欠陥検出を行い、欠陥が存在した場合はそのICのトレイ上の場所を記録し、1トレイの検査終了後、検査員にアラームを出す。そして欠陥品と判定されたICについては目視で再検査が行われる。

また、本装置の制御は、製品の管理及び搬送や画像取り込みのタイミング等装置全体の管理を行うパソコン（以下、IR(Infrared：赤外線)パソコンと呼ぶ）、搬送部制御用シーケンサ及び画像処理装置で行われる。本装置内の通信は、IRパソコンと搬送部制御用シーケンサ間をI/O信号で行い、主にIRパソコンからシーケンサ側にトレイの移動指令等の動作タイミングの信号が出される。一方、

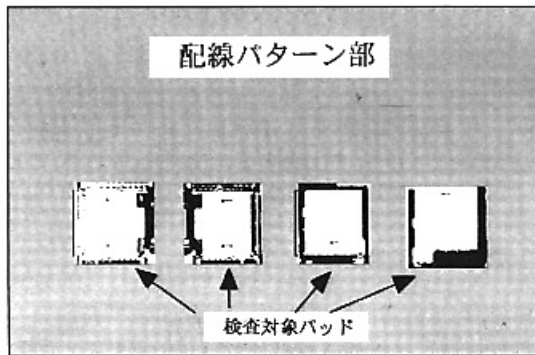


図2 検査パッド例

IRパソコンと画像処理装置間のI/O信号は、画像処理装置がIRパソコンから検査実行等の動作信号を受信し、IRパソコンへ検査結果信号を送信する。また、画像処理装置は、RS232C信号を介してIRパソコンからICタイプや検査パッドの位置及び傾き等の製品情報を受信する。

図2に本システムに入力された赤外線画像を示す。図ではパッド部分のみを表示しており、配線パターンは削除してある。

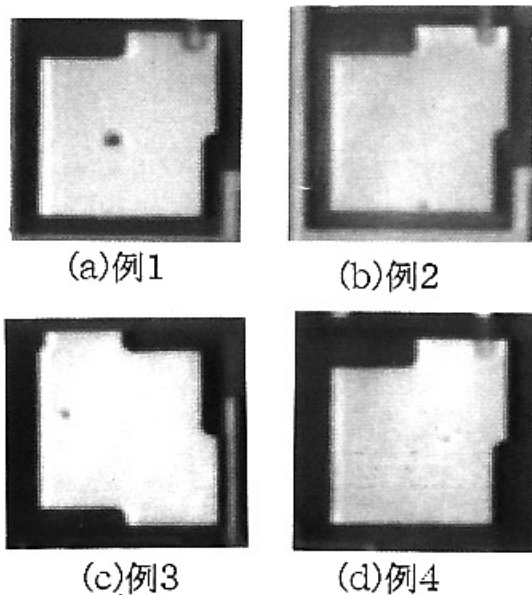
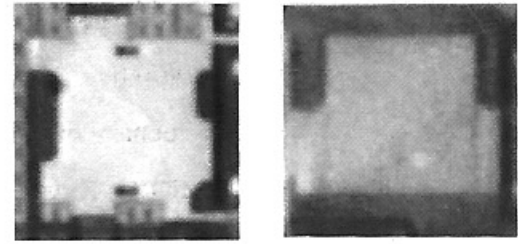
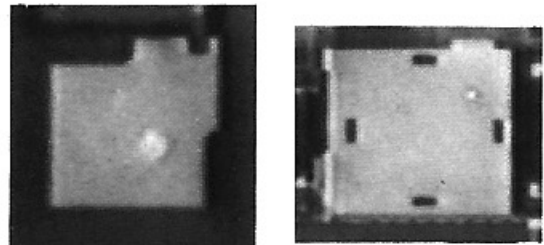


図3 ブラックモード欠陥例

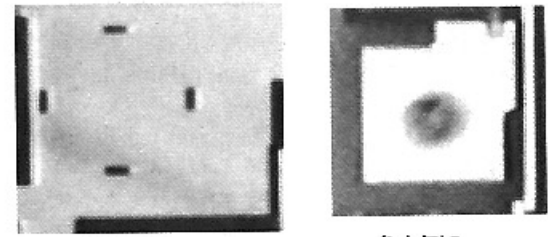


(a)例1 (b)例2

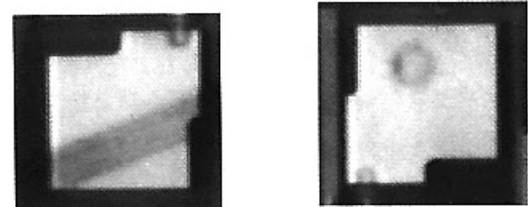


(c)例3 (d)例4

図4 ホワイトモード欠陥例



(a)例1 (b)例2



(c)例3 (d)例4

図5 疑似欠陥例

### 3. 本装置開発の際の問題点及び課題

本装置の開発に当たり、以下の問題があった。

- (1) 画像状態に関する問題：  
赤外線を用いているためノイズが多く、また、1画面中に明るさのむらがあるなど悪い画像状態で検出を行わなければならない。
- (2) 画面の明るさの問題：  
パッケージしている樹脂厚さの微妙な変化等により、赤外線の透過率が変わり、画面の明るさが一定しなかった。
- (3) 焦点ずれに関する問題：  
カメラ近くに取り付けられたレーザ変位計は、パッケージ表面と赤外線カメラ間の距離を測定するが、トレイの反り等の原因により、検査の途中で検査を行うべきパッド部分が焦点位置からずれてしまうことがあった。
- (4) 検出すべき欠陥の種類：  
欠陥は、周囲より黒っぽく見える黒色系の欠陥（ブラ

ックモード) (図3)と周囲より白っぽく見える白色系の欠陥(ホワイトモード) (図4)があり、両方の欠陥を検出する必要があった。

(5)疑似欠陥の問題:

画面には、欠陥ではないICパッケージ表面上の傷が画像に映り込む場合があり(図5)、これらは欠陥対象から除外しなければならなかった。

以上のような問題の外に現場から要求された課題として、以下の点があった。

(6)IC1個当たりの測定は1分以内で行う。

IC1個当たりに約75のパッドが存在し、1画面に平均3パッドが表示される。従って、1個のIC検査は約25画面で行われ、焦点合わせ等の時間も含め1画面2.4秒以内で行う必要があった。

(7)検査精度は90%以上

本システムは、検査員が測定する前に欠陥の可能性がある部分を検出するための装置であり、検出確率は90%以上が求められた。

4. 欠陥検出の対策

3.で示した問題点を以下の方法により解決した。

(1)画像状態に関する対策:

画像ノイズに関しては、複数枚の画像を連続して取り込み、その時間平均によりノイズの影響を低減させた。また、画面中の明るさむらに関しては、検査範囲内に局所領域を考え、局所領域内で濃度変化等による欠陥検出を行うことにより、その影響を減らすようにした(4.(5)項参照)。

(2)画面明るさのばらつき対策:

入力画像の濃度ヒストグラムを調べ、入力画像に対する出力画像の明るさを変換するLUT(ルックアップテーブル)の調整により、画像の明るさを一定にするようにした。

(3)焦点ずれに関する対策:

画像処理による焦点合わせを行った。まず、エッジ検出処理を行い、得られたエッジ画像中の複数のパッドにそのパッドを横切る5本程度の線を設定し、その線上にあるパッド輪郭部のエッジの強さをもとに合焦点の程度(以下、合焦点レベル)を計算するようにした。

これにより、パッドの輪郭部という固定した場所で合焦点レベルを判定することができ、合焦点の判定を画像状態に依存しにくいものとした。そして、合焦点レベルが設定しきい値以下の場合、赤外線カメラの位置を上下させることにより焦点あわせを行い、また、合焦点レベルが設定したしきい値以上である場合は焦点は合っているものとして、焦点合わせを行わないようにした。

(4)明るさのむら及び欠陥種類の対策:

今回用いた画像は赤外線画像であり、一つの画像内でも明るさにむらが生じる場合がある。そこで、濃度等の局所的な変化を基に欠陥検出を行った。

検査の際の画面(図2参照)は512画素×480画素からなり、検査対象となる各パッドの検査範囲はおよそ60画素×60画素の大きさである。そのため、検査範囲の各画素について、その画素(これを中心画素とする。)を中心にしてその周りに11画素×11画素の局所領域を考え、中心画素を除く平均濃度と中心画素の濃度を比較し、その濃度差が設定したしきい値以上である場合、欠陥候補画素とした。なお、パッドの端に近い部分を調べる際に局

所領域が検査範囲からはみ出す場合は、はみ出した局所領域の部分は平均濃度の計算から除外した。そして、その画素の濃度が周囲より暗い場合はブラックモード欠陥候補、周囲より明るい場合はホワイトモード欠陥候補と判定した。

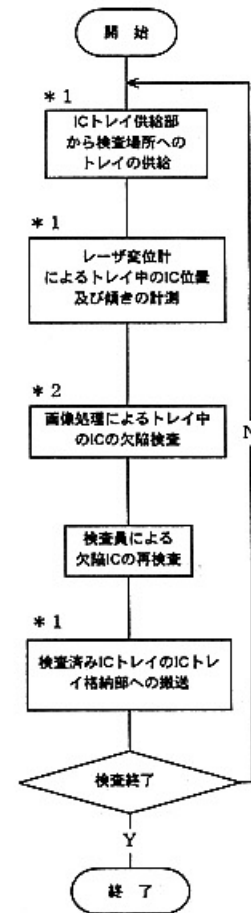
(5)欠陥類似物の対策:

(4)項の対策で欠陥候補とされた画素を通るX方向Y方向の直線上のエッジ強度を調べ、設定したしきい値以上のエッジが存在する場合はパッド上の欠陥とし、それ以下のものについては、パッケージ表面上の傷と判定した。

5. 外観検査アルゴリズム

外観検査の全体フローを図6に示す。まず、ICトレイ供給部から検査場所に搬送されたトレイは、レーザ変位計で全体をスキャンされ、トレイ中のICの位置や各ICのトレイ中での傾き等が計測される。そして、その後、画像処理を用いた欠陥検査が行われる。検査装置により欠陥ありと判定されたICは、1トレイの検査終了後に検査員による再検査が行われ、正常なICのみICトレイ格納部に送られる。

欠陥検査を行う画像処理アルゴリズムについて、その処理フローを図7に示す。検査の実行は、学習モードと検査モードがある。学習モードの場合は、各画面毎のパッド位置を記憶させる。検査モードは、まず、検査モード等の検査の実行動作に関わる信号をI/Oデータとして受



\* 1 原精機開発担当  
\* 2 当センター開発担当

図6 全体処理フロー

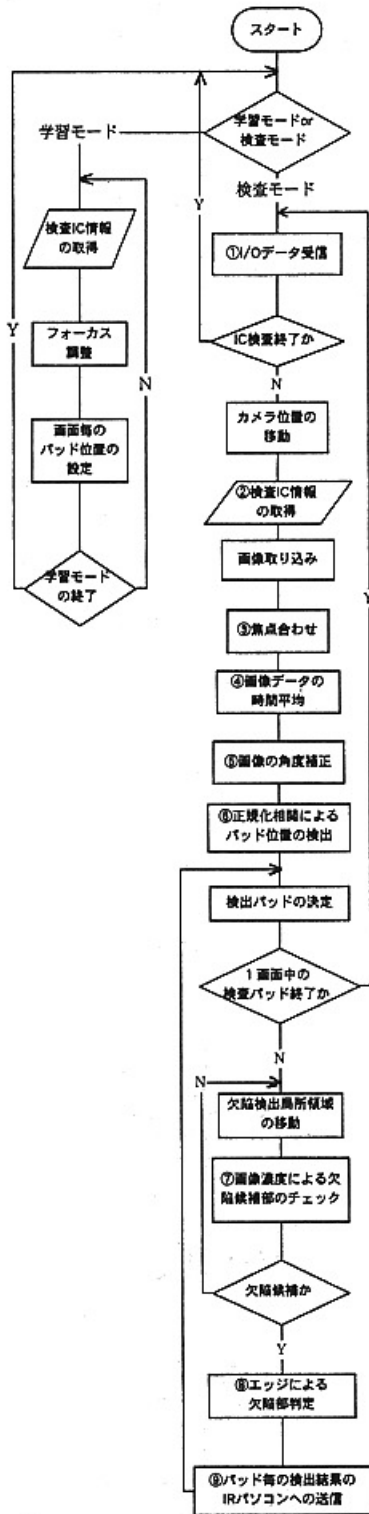


図7. 画像処理フロー

信し(図7の①)、検査ICの情報をIRパソコンから取得する(図7の②)。そして、焦点合わせを行い(図7の③)、連続して赤外線画像3枚を入力しその時間平均を行う(図7の④)。次に、レーザ変位計で事前に求めた検査ICの傾きに応じて、画像の角度補正を行い(図7の⑤)、正規化相関法1)と呼ばれる濃淡画像による位置決めにより、画像中の検査パッドの位置を検出する(図7の⑥)。最後に、局所領域による濃度を用いた欠陥候補部の検出を行い(図7の⑦)、欠陥候補とされた部分に関して、Sobel

フィルタ2)を用いてエッジ強さを調べ、欠陥候補部付近のエッジの傾きが設定した一定値以上である場合は、欠陥と判定する(図7の⑧)。そして、その判定結果をIRパソコンに送信する(図7の⑨)。

## 6. 性能評価

欠陥サンプルにより、開発した赤外線検査システムの性能を評価した。その結果、検出能力として、約90%の検出確率、検査時間は、IC1個当たり平均57秒であった。また、検出失敗が多かったのは、焦点合わせ失敗状態のまま検査を行った場合に表面傷等を誤検出することがあった。しかし、本装置は、検査員のための事前検査であるので、過検出状態となっており目標は達成されている。

## 7. まとめ

今回、原精機との共同研究により赤外線IC自動検査装置の開発を行った。図8にその外観を示す。今回の検出対象が内部の欠陥であったため入力部に赤外線画像を用いたので、悪い画像状態で処理を行わなければならなかった。この問題を解決するため、画像の時間平均及び局所領域での濃度変化を用いた欠陥検査を行った。また、画像表面部の付着物と内部欠陥をエッジ強度を用いることにより区別した。その結果、90%の検出性能を得ることができ、検査時間についても当初の目標である1個のICについて1分以内という目標をクリアすることができた。しかし、今回の試作機の開発で得られた技術をもとに、今後、検査工程の完全自動化を目指すためには、検査性能の向上及び検査時間の短縮を行う必要がある。



図8 赤外線IC検査装置外観

## 文献

- 1) 田村秀行, 第3章 グレースケール・パターンマッチングを用いたFA用画像処理装置, コンピュータ画像処理: 応用実践編[3], 東京, 総研出版, p.57-78(1992).
- 2) 高木幹雄, 下田陽久, 機能編 第I部 変換, 画像解析ハンドブック, 東京, 東京大学出版会, p.475-637(1991).