

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6360674号
(P6360674)

(45) 発行日 平成30年7月18日 (2018. 7. 18)

(24) 登録日 平成30年6月29日 (2018. 6. 29)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 23/04 (2018. 01)	GO 1 N 23/04
HO 5 K 3/34 (2006. 01)	HO 5 K 3/34 5 1 2 B
GO 1 B 15/00 (2006. 01)	GO 1 B 15/00 H
GO 1 B 15/08 (2006. 01)	GO 1 B 15/08

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-237024 (P2013-237024)	(73) 特許権者	504176911
(22) 出願日	平成25年11月15日 (2013. 11. 15)		国立大学法人大阪大学
(65) 公開番号	特開2015-96836 (P2015-96836A)		大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号
(43) 公開日	平成27年5月21日 (2015. 5. 21)	(73) 特許権者	505018740
審査請求日	平成28年11月15日 (2016. 11. 15)		株式会社ビームセンス
			大阪府吹田市泉町 2 - 1 9 - 1 6
		(74) 代理人	100101454
			弁理士 山田 卓二
		(74) 代理人	100081422
			弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100132241
			弁理士 岡部 博史
		(74) 代理人	100113170
			弁理士 稲葉 和久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハンダ内のボイドの評価装置及びハンダ内のボイドの評価方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2次元X線画像から各ハンダ内の画像を抽出する画像抽出部と、前記ハンダ内の画像について、ボイドを検出するボイド検出部と、

前記ハンダ内の画像に含まれる各ボイドについて、ハンダの中心からの距離 r_j について、ハンダの中心 ($r_j = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_j = r_0$) で 0 となる j 番目のボイドについての重み関数 $(r_0 - r_j) V_j$ を用いて、下記のハンダの評価関数を算出する評価関数算出部と、

$$\frac{\sum_{j=1}^M (r_0 - r_j) V_j}{\sum_{i=1}^N (r_0 - r_i)} \times 100$$

 i : ピクセル番号 (1 ~ N) j : ボイドの番号 (1 ~ M) r_j : j 番目のボイドの中心のピクセル V_j : j 番目のボイドの体積

各ハンダについて、前記評価関数が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価するボイド評価部と、

を備えた、ハンダ内のボイドの評価装置。

【請求項 2】

2次元X線画像から各ハンダ内の画像を抽出するステップと、
 前記各ハンダ内の画像からボイド部分を検出するステップと、
 前記ハンダ内の画像に含まれる各ボイドについて、ハンダの中心からの距離 r_j について、ハンダの中心 ($r_j = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_j = r_0$) で0となる j 番目のボイドについての重み関数 $(r_0 - r_j) V_j$ を用いて、下記のハンダの評価関数を算出するステップと、

$$\frac{\sum_{j=1}^M (r_0 - r_j) V_j}{\sum_{i=1}^N (r_0 - r_i)} \times 100$$

10

i : ピクセル番号 (1 ~ N)

j : ボイドの番号 (1 ~ M)

r_j : j 番目のボイドの中心のピクセル

V_j : j 番目のボイドの体積

各ハンダについて、前記評価関数の値が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価するステップと、
 を含む、ハンダ内のボイドの評価方法。

【請求項3】

請求項2に記載のハンダ内のボイドの評価方法の各ステップをコンピュータに実行させて、ハンダ内のボイドの評価を行うための、ハンダ内ボイド評価用コンピュータプログラム

20

【請求項4】

請求項3に記載の前記ハンダ内ボイド評価用コンピュータプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハンダ内のボイドの評価装置及びハンダ内のボイドの評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

30

ハンダボールの接合不良をX線によって検出する方法が知られている(例えば、特許文献1参照)。この方法では、面積、平坦度等によってハンダボールの接合不良を評価している。

【0003】

また、近年、BGA (Ball Grid Array) の性能評価として、ボイドの自動検出技術が開発されている。これらは、その動作原理として、統計学的手法を用いている。例えば、溶剤ボールの信頼性を表す指標として、ボイド数と溶剤ボールに対するボイドの面積割合とを用いる(例えば、非特許文献1及び2参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献1】特開2006-226875号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】 Said, Asaad F., et al. "Robust automatic void detection in solder balls", Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010, IEEE International Conference on IEEE, 2010

【非特許文献2】 Peng, Shao-hu, and Hyun Do Nam, "Void defect detection in ball grid array X-ray images using a new blob filter", Journal of Zhejiang University Science C13.11 (2012), 840-849

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、上記方法では次の問題点が指摘される。

まず、1つの問題点は、ソルダボールの信頼性を表す指標として、ボイド数とソルダボールに対するボイドの面積割合のみを用いることである。確かにボイド数が増えるとBGAの接続不良を招き、ボイドの面積割合が増えた場合にもBGAの接続不良を招くので、これらは評価の指標となり得る。しかし、本発明者は、ボイド数とソルダボールに対するボイドの面積割合のみを評価の指標とすることは不十分であり、BGAにおいては、むしろボイドがどのような位置に存在するかがより重要であることを見出した。具体的には、本発明者は、ボイドがソルダボールの中央に位置するほど接合強度への影響が大きいことを見出した。

10

【0007】

もう一つの問題点は、評価スピードについてである。従来方法では計算に非常に時間がかかる。1パッケージ当たりのソルダボールの数は1000を超えることもあるため、検査に多くの時間を要することは好ましくないといえる。

【0008】

そこで、本発明の目的は、ハンダ内のボイドを、高速に、かつ、よりの確に評価することができる評価装置及びハンダ内のボイドの評価方法を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係るハンダ内のボイドの評価装置は、ハンダ内の画像を構成する各ピクセルについて、ボイドに含まれるピクセル値 p_i を1とし、ボイドに含まれないピクセル値 p_i を0とし、ハンダの中心からの距離 r_i について、ハンダの中心 ($r_i = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_i = r_0$) で0となる重み関数 $w(r_i)$ を用いて、下記のハンダの評価関数を算出する評価関数算出部と、

$$\frac{\sum_{i=1}^N w(r_i) p_i}{\sum_{i=1}^N w(r_i)} \times 100$$

i : ピクセル番号 (1 ~ N)

30

p_i : ピクセル値 (0 又は 1)

$w(r_i)$: 重み関数

各ハンダについて、前記評価関数が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価するボイド評価部と、
を備える。

【発明の効果】

【0010】

本発明に係るハンダ内のボイドの評価方法によれば、各ハンダ内のボイドを、高速、且つ、的確に評価できる。

【図面の簡単な説明】

40

【0011】

【図1】実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価装置の機能的な構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価装置の物理的な構成を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価方法のフローチャートである。

【図4】2次元X線画像の一例である。

【図5】図4の2次元X線画像に基づいて基板の干渉性部材の影響を除去した画像である。

【図6】図5の画像に基づいてハンダボールに対応する円検出を行った画像である。

50

【図 7】図 6 の画像に基づいて検出したハンダボールの画像である。

【図 8】1 つのハンダ内の画像である。

【図 9】図 8 の画像についての強度のヒストグラムと、ターゲットヒストグラムとを示すグラフである。

【図 10】図 8 の画像について、マッチングヒストグラム等化法を用いて全体的な画像コントラストを強化して得られた画像である。

【図 11】図 10 の画像についての強度のヒストグラムと、ターゲットヒストグラムとを示すグラフである。

【図 12】図 10 の画像について、適用可能なヒストグラム等化法を用いたローカルコントラストを強化して得られた画像である。

【図 13】図 12 の画像について、強度を深さとして表し、立体的に示す画像である。

【図 14】連結されたボイドが誤って 1 つの連結されたボイドとして検出された場合の画像である。

【図 15】図 14 の画像について、ウオータシェディング (Water shedding) アルゴリズムを適用して発見した連続するボイドを分離する境界を示す画像である。

【図 16】図 15 の画像について、ボイドの部分のみを抽出して連結されたボイドを境界によって分離した図である。

【図 17】図 15 の画像について、図 16 で分離されたボイドを反映させた画像である。

【図 18】2 次元 X 線画像に含まれる複数のハンダボールについて、各ハンダボール内のボイドを示す画像の一例である。

【図 19】相対的に影響の大きいボイドのみを示すように設定を行って得られた画像の一例である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

第 1 の態様に係るハンダ内のボイドの評価装置は、ハンダ内の画像を構成する各ピクセルについて、ボイドに含まれるピクセル値 p_i を 1 とし、ボイドに含まれないピクセル値 p_i を 0 とし、ハンダの中心からの距離 r_i について、ハンダの中心 ($r_i = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_i = r_0$) で 0 となる重み関数 $w(r_i)$ を用いて、下記のボイドの評価関数を算出する評価関数算出部と、

$$\frac{\sum_{i=1}^N w(r_i) p_i}{\sum_{i=1}^N w(r_i)} \times 100$$

i : ピクセル番号 (1 ~ N)

p_i : ピクセル値 (0 又は 1)

$w(r_i)$: 重み関数

各ハンダについて、前記評価関数が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価するボイド評価部と、
を備える。

【0013】

第 2 の態様に係るハンダ内のボイドの評価装置は、上記第 1 の態様において、2 次元 X 線画像から各ハンダ内の画像を抽出する画像抽出部をさらに備えてもよい。

【0014】

第 3 の態様に係るハンダ内のボイドの評価装置は、上記第 1 又は第 2 の態様において、前記ハンダ内の画像について、ボイドを検出するボイド検出部をさらに備えてもよい。

【0015】

第 4 の態様に係るハンダ内のボイドの評価装置は、上記第 1 から第 3 のいずれかの態様において、前記重み関数 $w(r_i)$ は、($r_0 - r_i$) であってもよい。

【0016】

第 5 の態様に係るハンダ内のボイドの評価方法は、ハンダ内の画像を構成する各ピクセルについて、ボイドに含まれるピクセル値を 1 とし、ボイドに含まれないピクセル値を 0

10

20

30

40

50

とし、ハンダの中心からの距離 r_i について、ハンダの中心 ($r_i = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_i = r_0$) で 0 となる重み関数 $w(r_i)$ を用いて、下記の評価関数を算出するステップと、

$$\frac{\sum_{i=1}^N w(r_i) p_i}{\sum_{i=1}^N w(r_i)} \times 100$$

i : ピクセル番号 (1 ~ N)

p_i : ピクセル値 (0 又は 1)

$w(r_i)$: 重み関数

各ハンダについて、前記評価関数の値が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価するステップと、
を含む。

【0017】

第6の態様に係るハンダ内のボイドの評価方法は、上記第5の態様において、2次元X線画像から各ハンダ内の画像を抽出するステップと、

前記各ハンダ内の画像からボイド部分を検出するステップと、
をさらに含んでもよい。

【0018】

第7の態様に係るハンダ内のボイドの評価方法は、上記第5又は第6の態様において、前記重み関数 $w(r_i)$ は、 $(r_0 - r_i)$ であってもよい。

【0019】

第8の態様に係るハンダ内ボイド評価用コンピュータプログラムは、上記第5から第7のいずれかの態様に記載のハンダ内のボイドの評価方法の各ステップをコンピュータに実行させて、ハンダ内のボイドの評価を行う。

【0020】

第9の態様に係るコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上記第8の態様に記載の前記ハンダ内ボイド評価用コンピュータプログラムを格納している。

【0021】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価装置の機能的な構成を示すブロック図である。図2は、実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価装置の物理的な構成を示すブロック図である。

このハンダ内のボイドの評価装置10は、機能的な構成として、評価関数算出部13と、ボイド評価部14と、を備える。なお、画像抽出部11と、ボイド検出部12と、を備えてもよい。画像抽出部11は、2次元X線画像から各ハンダ内の画像を抽出する。ボイド検出部12は、各ハンダ内の画像において、ボイドを検出する。評価関数算出部13は、ハンダ内の画像を構成する各ピクセルについて、そのピクセル値と重み関数 $w(r_i)$ とを用いて、各ハンダ内の評価関数を算出する。ボイド評価部14は、各ハンダについて、評価関数が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価する。

また、このハンダ内のボイドの評価装置10は、物理的な構成として、CPU21、メモリ22、記憶装置23、入出力部24、表示装置25、インタフェース26を備える。つまり、このハンダ内のボイドの評価装置10は、上記機能的構成を実現するソフトウェアを動作させたパーソナルコンピュータによって実現できる。

【0022】

(効果)

実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価装置によれば、高速に、且つ、適切にハンダ中のボイドの自動評価を行うことができる。

なお、実際のハンダボールにおけるボイドの影響は、例えば、ハンダ部分の接合強度が低下するため接続不良として現れる。ハンダ内のボイドによって、ハンダにクラックが生じ、接続不良や、ひいては装置全体の動作不良が生じるものと思われる。実施の形態1に

10

20

30

40

50

係るハンダ内のボイドの評価装置によって、上記ハンダ部分の接続不良の発生を抑制できる。

【 0 0 2 3 】

以下に、このハンダ内のボイドの評価装置の各構成部材について説明する。

< 画像抽出部 >

画像抽出部 11 は、2 次元 X 線画像から各ハンダ内の画像を抽出する。以下に、この画像抽出部 11 における動作を図 4 から図 7 を用いて説明する。

1) 2 次元 X 線画像

図 4 は、2 次元 X 線画像の一例である。一般的な 2 次元 X 線画像は、例えば、0 - 255 階調のビットマップフォーマットを有する。この 2 次元 X 線画像において、ハンダボールは、他の基板部材とよく干渉する。例えば、いくつかのジョイントは閉じたハンダボールを生成する。そこで、干渉する背景の様々な種類の部材を扱うために、強力なセグメント抽出アルゴリズムの使用が望まれる。

2) 干渉性部材の除去

図 5 は、図 4 の 2 次元 X 線画像に基づいて基板の干渉性部材の影響を除去した画像である。この場合、強度の適当なしきい値を自動的に設定して、干渉する背景を減らしてもよい。

【 0 0 2 4 】

3) ハンダボールに対応する円検出

図 6 は、図 5 の画像に基づいてハンダボールに対応する円検出を行った画像である。ハンダボールの可能性のある位置の抽出は、例えば、円検出アルゴリズムであるハフ変換 (Hough transform) を用いて行ってもよい。なお、大きい画像又は濃い画像を扱う場合に、ハフ変換を用いたアルゴリズムは非常に遅くなる場合がある。そこで、元の画像に代えてリサイズした画像で円検出を行って、処理量を減らすことによって円の半径値を得てもよい。また、円検出アルゴリズムは、上記ハフ変換に限られず、他のアルゴリズムを用いてもよい。さらに、ハンダの形状がハンダボールのような円ではなく、四角形等の場合には、他の形状マッチングアルゴリズムを用いればよい。

4) 各ハンダ内の画像の抽出

図 7 は、図 6 の画像に基づいて検出したハンダボールの画像である。ユーザフレンドリーにするため、例えば、ハフ変換において適用されるデフォルトの半径範囲を広げておいてもよい。その結果、各ボール内の強度分布に基づいて、適切でないボール、つまり、ハンダボールでない箇所が排除されると共に、適切なボール、つまりハンダボールと考えられる部分が最終的に選択される。

以上によって、2 次元 X 線画像から各ハンダ内の画像を得ることができる。

【 0 0 2 5 】

< ボイド検出部 >

ボイド検出部 12 は、各ハンダ内の画像において、ボイドを検出する。以下に、このボイド検出部 12 の動作について、図 8 から図 17 を用いて説明する。

1) 元の画像の強度分布とターゲットヒストグラム

図 8 は、1 つのハンダ内の画像である。図 9 は、図 8 の画像について、強度のヒストグラムと、ターゲットヒストグラムとを示すグラフである。

1 つのハンダ内の画像中でハンダボール内にボイドが明るく見えたとしても、実際には様々な因子のためにこれらのボイドを検出することは困難であった。例えば、悪い画像コントラスト、ボイドが重なったことによってできる不規則な形状、様々なボイドの大きさ / 位置及び他の部材の影響などが因子として挙げられる。図 9 では、元のハンダ内の画像の強度のヒストグラムに加えて、ターゲットヒストグラムを示している。

2) マッチングヒストグラム等化法を用いた全体的な画像コントラストの強化

図 10 は、図 8 の画像について、マッチングヒストグラム等化法を用いて全体的な画像コントラストを強化して得られた画像である。図 11 は、図 10 の画像について、強度のヒストグラムと、ターゲットヒストグラムとを示すグラフである。

画像コントラストの品質は、様々なデータ取得の設定に応じて変化する。そのため、まず、入力強度の変換によって、全体的な画像コントラストを強化して、出力強度のヒストグラムをよりよいコントラストを有する所望のターゲットヒストグラムにマッチングさせることができる。

【 0 0 2 6 】

3) 適用可能なヒストグラム等化法を用いたローカルコントラストの強化

図 1 2 は、図 1 0 の画像について、適用可能なヒストグラム等化法を用いたローカルコントラストを強化して得られた画像である。図 1 3 は、図 1 2 の画像について、強度を深さとし、立体的に示す画像である。

元の 2 次元 X 線画像の画像コントラストがよくない場合、画像のスミージングの後、コントラスト限定適用ヒストグラム等化法 (C L A H E : Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) によって、局所領域のローカルコントラストを向上させてもよい。なお、この場合には、ノイズの増幅を避けるために、コントラストレベルを制御する必要がある。

【 0 0 2 7 】

4) ウォータシェディング (Water shedding) アルゴリズムの適用による連結されたボイド間の境界の発見

図 1 4 は、連結されたボイドが誤って 1 つの連結されたボイドとして検出された場合の画像である。図 1 5 は、図 1 4 の画像について、ウォータシェディング (Water shedding) アルゴリズムの適用によって発見した、連続するボイドを分離する境界を示す概略図である。

各ボイドの境界は、適切なサイズのエッジ検出アルゴリズム (ガウシアンフィルタのラプラシアン : Laplacian of Gaussian filter) を適用することによって効果的に決定すればよい。ときには連続的なボイドが誤って 1 つの連結されたボイドとして検出されることがある。そこで、ウォータシェディング (Water shedding) アルゴリズムを適用して連続するボイドを分離する境界を見つけることができる。なお、エッジ検出アルゴリズムは、上記ウォータシェディングアルゴリズムに限られず、他のアルゴリズムを用いてもよい。

【 0 0 2 8 】

5) 連結されたボイドの完全な分離

図 1 6 は、図 1 5 の画像について、ボイドの部分のみを抽出して連結されたボイドを境界によって分離した図である。図 1 7 は、図 1 5 の画像について、図 1 6 で分離されたボイドを反映させた画像である。

図 1 6 では、2 次元 X 線画像について、適切な閾値を設定して二値化し、そのバイナリイメージに含まれる位相幾何学的情報であるベッチ数 (Betti numbers) を用いてボイドの検出を行っている。最後に、ボイドの正確な数と面積とを得るために、形態学的な操作を行って連結された箇所を除去し、連結されたボイドを完全に分離する。

以上によって、各ハンダ内のボイドの部分を検出できる。

【 0 0 2 9 】

< 評価関数算出部 >

評価関数算出部 1 3 は、各ハンダ内の画像を構成する各ピクセルについて、ボイドに含まれるピクセル値 p_i を 1 とし、ボイドに含まれないピクセル値 p_i を 0 とし、ハンダの中心からの距離 r_i について、ハンダの中心 ($r_i = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_i = r_0$) で 0 となる重み関数 $w(r_i)$ を用いて、ハンダの評価関数を算出する。

【 0 0 3 0 】

a) ピクセルごとの重み付けの場合

この場合、その評価関数は、以下の通りである。

$$\frac{\sum_{i=1}^N w(r_i) p_i}{\sum_{i=1}^N w(r_i)} \times 100 \quad (1)$$

i : ピクセル番号 (1 ~ N)

10

20

30

40

50

r_i : i 番目のピクセルのハンド中心からの距離
 p_i : i 番目のピクセルのピクセル値 (0 又は 1)
 $w(r_i)$: 重み関数

【0031】

上記式 (1) の評価関数において、 i はピクセル番号であり、1 番から N 番までである。 p_i は、各ピクセル値であり、0 又は 1 をとる。また、重み関数 $w(r_i)$ は、ボイドの影響が BGA 中心からの距離 r_i についてどのような関数で表されるかによって決定すればよい。本発明者は、ボイドの位置が BGA 中心に近いほどその影響は大きく、BGA の最大半径 (r_0) を超えるとその影響は 0 となるとして重み関数を設定することを考えて本発明に至ったものである。例えば、重み関数 $w(r_i)$ を $(r_0 - r_i)$ としてもよい。この場合の評価関数は、以下の式 (2) として表せる。

10

【0032】

$$\frac{\sum_{i=1}^N (r_0 - r_i) p_i}{\sum_{i=1}^N (r_0 - r_i)} \times 100 \quad (2)$$

【0033】

なお、重み関数は上記の場合に限られず、上記境界条件 (BGA 中心 ($r_i = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_i = r_0$) で 0) を満たすと共に、評価特性との関係に合う重み関数を選択すればよい。距離 r_i の影響をより大きく受ける場合には、例えば、2 次関数 ($(r_0 - r_i)^2$)、あるいはより高次の関数等を選んでよい。

20

【0034】

b) ボイドごとの重み付けの場合

また、上記ピクセルごとの場合と異なり、ボイドごとに評価を行ってもよい。この場合、各ボイドの面積 S_j について評価を行ってもよい。これは、ボイドの中心に S_j 個のピクセルが集まっていると仮定して計算してもよい。

この場合、評価関数は、以下の式 (3) のようになる。

$$\frac{\sum_{j=1}^M (r_0 - r_j) S_j}{\sum_{i=1}^N (r_0 - r_i)} \times 100 \quad (3)$$

j : ボイドの番号 (1 ~ M)

30

r_j : j 番目のボイドの中心のピクセル

S_j : j 番目のボイドの面積、ここではボイドに含まれるピクセルの数として表す。

ここでは、分子において、ボイドに含まれるピクセルについては個々のピクセルではなく、 j 番目のボイドの中心についてボイドの面積 S_j について処理する。この場合、ボイドに含まれないピクセルについては、上記と同様に面積 0 として処理するので分子には表れない。一方、分母では、上記式 (2) と同様に全てのピクセルについての式となる。一定の大きさのハンドボールを扱う場合には、分母を定数として扱ってもよい。

なお、各ボイドの面積 S_j ではなく、各ボイドの体積 V_j について評価を行ってもよい。この場合には、評価関数は以下の通りとなる。

$$\frac{\sum_{j=1}^M (r_0 - r_j) V_j}{\sum_{i=1}^N (r_0 - r_i)} \times 100 \quad (4)$$

40

j : ボイドの番号 (1 ~ M)

r_j : j 番目のボイドの中心のピクセル

V_j : j 番目のボイドの体積 ($= 4 S_j (S_j /)^{0.5} / 3$)、 S_j は上記のボイドの面積であり、ボイドに含まれるピクセルの数として表す。

なお、ボイドの体積 V_j 自体を実際に見積もることは困難な場合があるので、面積 S_j を用いて表してもよい。

【0035】

上記式 (4) は、面積 S_j を用いて表すと、以下の式 (5) となる。

50

$$\frac{\sum_{j=1}^M \frac{4}{3\sqrt{\pi}} (r_0 - r_j) S_j \sqrt{S_j}}{\sum_{i=1}^N (r_0 - r_i)} \times 100 \quad (5)$$

【 0 0 3 6 】

なお、評価関数は、上記式(1)から式(5)に示すものに限られない。評価関数は、ハンダの中心からの距離 r_i について、ハンダの中心 ($r_i = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_i = r_0$) で0となる重み関数 $w(r_i)$ を用いるものであればよい。例えば、ボイドの2次元/3次元形状による影響をより適切に評価しうる評価関数であってもよい。

【 0 0 3 7 】

< ボイド評価部 >

10

ボイド評価部14は、各ハンダについて、評価関数が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価する。

図18は、2次元X線画像に含まれる複数のハンダボールについて、各ハンダボール内のボイドを示す画像の一例である。図19は、相対的に影響の大きいボイドのみを示すように設定を行って得られた画像の一例である。図18及び図19は、それぞれ2次元X線画像に含まれる複数のハンダボール内の画像である。各ハンダ内には、検出されたボイドが示されている。

従来、例えば、ハンダ内におけるボイドが及ぼす影響の重大性の指標として、ボイドの数、ボイドの面積とハンダボールの面積との比を用いていた。

これに対して、実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価装置によれば、影響の大きいボイドを考慮する重み関数を用いた評価関数を算出することによって、従来方法と比べて、各ハンダ内においてボイドの影響を高速に、且つ、的確に評価することができる。

20

【 0 0 3 8 】

< ハンダ内のボイドの評価方法 >

この実施の形態1に係るボイドの評価方法では、ボイドのBGA中心からの距離 r_i についての重み関数 $w(r_i)$ によって重み付けした評価関数によって、ハンダ内のボイドの評価を行うことを特徴とする。

図3は、実施の形態1に係るハンダ内のボイドの評価方法のフローチャートである。このハンダ内のボイドの評価方法は、以下のステップを含む。

(a) 2次元X線画像から各ハンダ内の画像を抽出する(S01)。

30

(b) 各ハンダ内の画像について、ボイドを検出する(S02)。

(c) 各ハンダ内の画像を構成する各ピクセルについて、ボイドに含まれるピクセル値を1とし、ボイドに含まれないピクセル値を0とし、ハンダの中心からの距離 r_i について、各ハンダの中心 ($r_i = 0$) で最大となり、最大半径 ($r_i = r_0$) で0となる重み関数 $w(r_i)$ を用いて、評価関数を算出する(S03)。

評価関数としては、例えば、以下の式で表される。

$$\frac{\sum_{i=1}^N w(r_i) p_i}{\sum_{i=1}^N w(r_i)} \times 100$$

i : ピクセル番号 (1 ~ N)

40

 r_i : i 番目のピクセルのハンダ中心からの距離 p_i : i 番目のピクセルのピクセル値 (0 又は 1) $w(r_i)$: 重み関数

(d) 各ハンダについて、評価関数の値が相対的に大きいほどボイドの影響が大きいと評価する(S04)。

以上によって、各ハンダ内のボイドを高速に、且つ、適切に自動評価できる。

(効果)

本発明に係るハンダ内のボイドの評価方法によれば、ハンダ中のボイドを、高速に、且つ、適切に自動評価を行うことができる。

【 0 0 3 9 】

50

< ハンダ内ボイド評価用コンピュータプログラム >

上記ハンダ内のボイドの評価方法の各ステップをコンピュータに実行させて、ハンダ内のボイドの評価を行うための、ハンダ内ボイド評価用コンピュータプログラムとすることができる。また、このハンダ内ボイド評価用コンピュータプログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納してもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、例えば、フレキシブルディスク、磁気テープ等の磁気記録媒体、コンパクトディスク（ＣＤ）、デジタル・バーサタイル・ディスク（ＤＶＤ）、ブルーレイ（登録商標）ディスク（ＢＤ）等の光記録媒体、光磁気記録媒体、ＵＳＢメモリ、フラッシュメモリ等の半導体記憶媒体等のいずれであってもよい。

【産業上の利用可能性】

10

【００４０】

本発明に係るハンダ内のボイドの評価装置及び評価方法によれば、ハンダ中のボイドを、高速に、且つ、適切に自動評価を行うことができる。そのため、ハンダ付けされた回路基板の評価装置、あるいは、これらを含む半導体装置の製造装置等の用途に有用である。

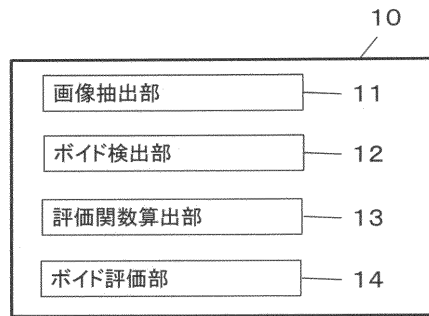
【符号の説明】

【００４１】

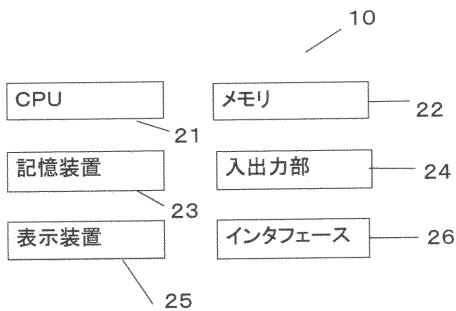
- １０ ハンダ内のボイドの評価装置
- １１ 画像抽出部
- １２ ボイド検出部
- １３ 評価関数算出部
- １４ ボイド評価部
- ２１ ＣＰＵ
- ２２ メモリ
- ２３ 記憶装置
- ２４ 入出力部
- ２５ 表示装置
- ２６ インタフェース

20

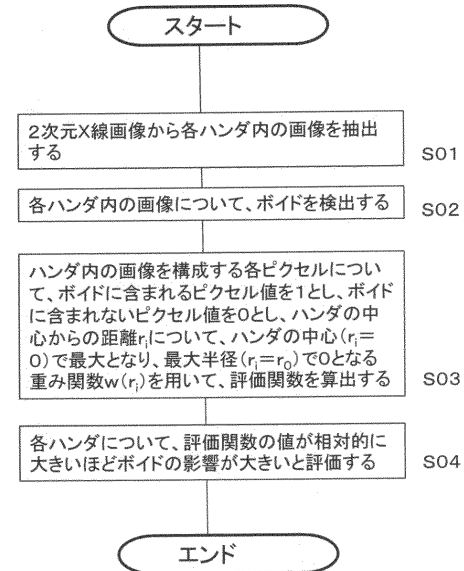
【図 1】



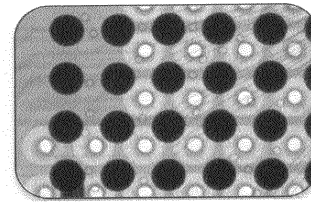
【図 2】



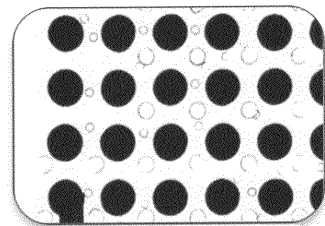
【図 3】



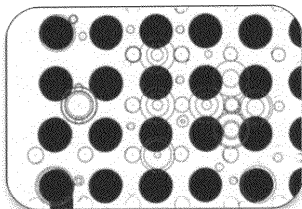
【図 4】



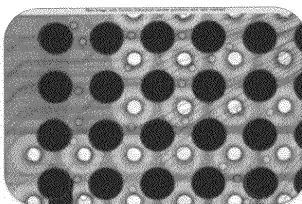
【図 5】



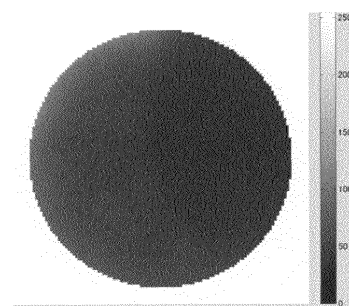
【図 6】



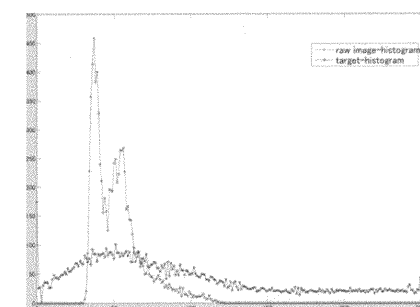
【図 7】



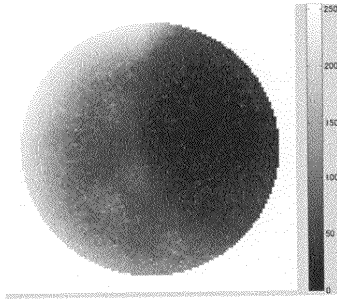
【図 8】



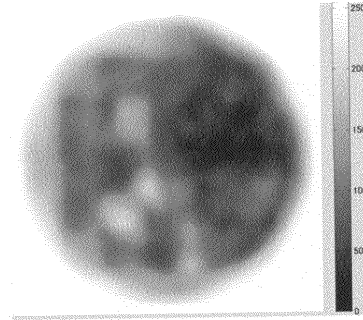
【図 9】



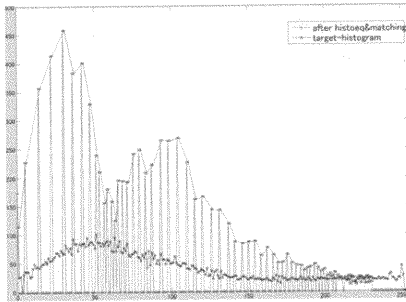
【図 10】



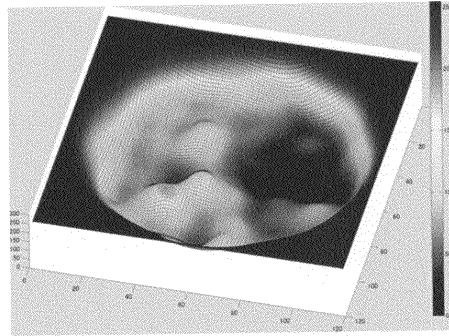
【図 12】



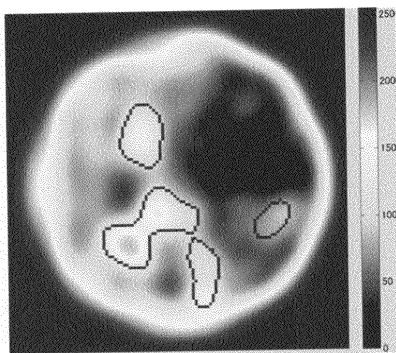
【図 11】



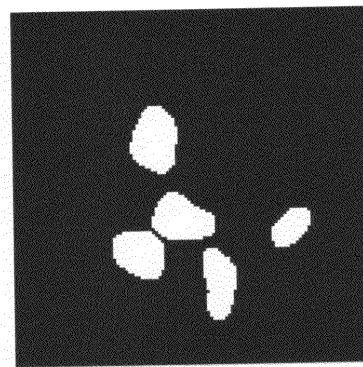
【図 13】



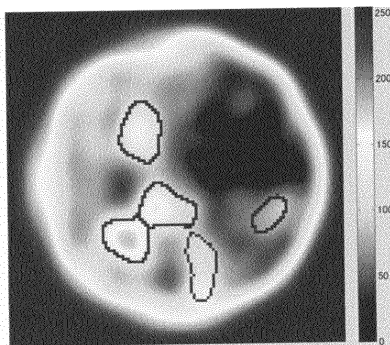
【図 14】



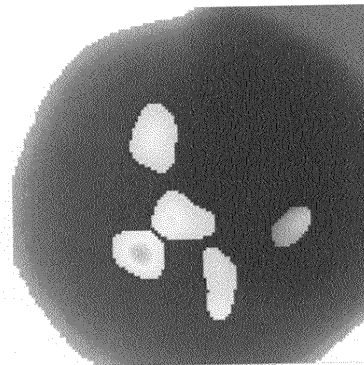
【図 16】



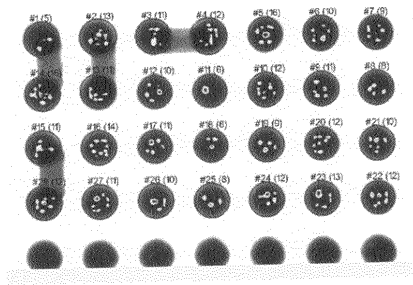
【図 15】



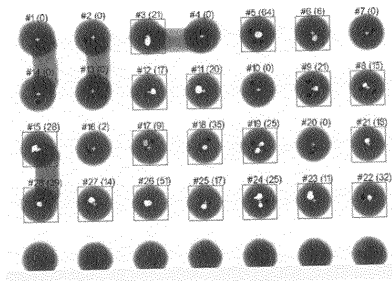
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 貴

大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内

(72)発明者 馬場 末喜

大阪府吹田市泉町2-19-16 株式会社ビームセンス内

審査官 佐藤 仁美

(56)参考文献 特開2004-198206(JP,A)

特開2007-121082(JP,A)

特開2008-216265(JP,A)

米国特許出願公開第2011/0255768(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 23/00 - 23/227、

H05K 3/32 - 3/34