

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3867724号
(P3867724)

(45) 発行日 平成19年1月10日(2007.1.10)

(24) 登録日 平成18年10月20日(2006.10.20)

(51) Int. Cl.

GO1N 21/956 (2006.01)

F I

GO1N 21/956

B

請求項の数 10 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2005-32845 (P2005-32845)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成17年2月9日(2005.2.9)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-274558 (P2005-274558A)		京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
(43) 公開日	平成17年10月6日(2005.10.6)		801番地
審査請求日	平成17年3月16日(2005.3.16)	(74) 代理人	100078916
(31) 優先権主張番号	特願2004-52800 (P2004-52800)		弁理士 鈴木 由充
(32) 優先日	平成16年2月27日(2004.2.27)	(72) 発明者	栗山 淳
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
早期審査対象出願		(72) 発明者	石羽 正人
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	村上 清
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面状態検査方法およびその方法を用いた表面状態検査装置ならびに基板検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面に傾斜面を有する検査対象物に対し、互いに異なる色彩光を発光する複数の光源を前記検査対象物の配置位置から見た仰角が異なるように配列して照明し、前記検査対象物の配置位置の上方に設置した撮像手段により得られたカラー画像を用いて前記検査対象物の表面状態を検査する方法において、

前記画像中の検査対象物を含む検査領域を設定し、

前記検査領域内の複数の画素につき、それぞれ各光源の配列に対応する色相の変化の方向に沿って増加する1次元の色相データを算出するための演算式に当該画素の画像データをあてはめて、前記色相データを算出する第1のステップと、

前記第1のステップの算出結果を用いて、前記検査領域において、前記色相データの変化量が所定のしきい値以上になる方向を抽出し、その抽出した方向を前記各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する第2のステップと、

前記第2のステップで特定された方向をあらかじめ設定された基準の方向と比較する第3のステップと、

前記第3のステップにおける比較結果に基づき、前記検査対象物の表面状態の良否を判別する第4のステップとを、実行することを特徴とする表面状態検査方法。

【請求項2】

前記複数の光源は、前記検査対象物に対し、それぞれの発光色が色相環上の色相変化の方向に沿って並ぶように配列されており、

10

20

前記第 1 のステップでは、色相環上の各光源の配列に対応する範囲における処理対象の画素の色相の位置を求める演算式を用いて、処理対象の画素の色相データを算出する請求項 1 に記載された表面状態検査方法。

【請求項 3】

前記第 1 のステップでは、前記検査対象物の配置位置から見た仰角が最も小さい光源または最も大きい光源に対応する色成分について他の色成分に対する強度比または全ての色成分の総和に対する強度比を求める演算式を用いて、処理対象の画像の色相データを算出する請求項 1 に記載された表面状態検査方法。

【請求項 4】

前記第 2 のステップでは、前記検査領域内の複数の方向において、それぞれ前記色相データの変化量を算出するステップと、前記方向毎の色相データの変化量により特定される複数のベクトルの合成ベクトルを設定するステップとを実行し、設定された合成ベクトルの長さが前記しきい値以上であるとき、この合成ベクトルが示す方向を前記各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する請求項 1 に記載された表面状態検査方法。

10

【請求項 5】

互いに異なる色彩光を発光する複数の光源を検査対象物の配置位置から見た仰角が異なるように配列して成る照明手段と、

前記検査対象物の配置位置の上方に配備された撮像手段と、

前記照明手段の各光源を点灯させた状態で前記撮像手段により生成された画像を取り込む画像入力手段と、

20

前記画像入力手段が入力した画像中の検査対象物を含む領域を設定する領域設定手段と、

前記領域設定手段により設定された検査領域内の複数の画素につき、それぞれ各光源の配列に対応する色相の変化の方向に沿って増加する 1 次元の色相データを算出するための演算式に当該画素の画像データをあてはめて、前記色相データを算出する色相データ算出手段と、

前記色相データ算出手段による演算の結果を用いて、前記検査領域において、前記色相データの変化量が所定のしきい値以上になる方向を抽出し、その抽出された方向を前記各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する方向特定手段と、

30

前記検査対象物の表面状態が良好であるときに前記方向特定手段により特定されるべき方向を、基準の方向として登録する登録手段と、

前記方向特定手段により特定された方向を、前記登録手段により登録された基準の方向と比較して、前記検査対象物の表面状態の良否を判別する判別手段と、

前記判別手段による判別結果を出力する出力手段とを具備して成る表面状態検査装置。

【請求項 6】

前記複数の光源は、前記検査対象物に対し、それぞれの発光色が色相環上の色相変化の方向に沿って並ぶように配列されており、

前記色相データ算出手段は、色相環上の各光源の配列に対応する範囲における処理対象の画素の色相の位置を求める演算式を用いて、処理対象の画素の色相データを算出する請求項 5 に記載された表面状態検査装置。

40

【請求項 7】

前記色相データ算出手段は、前記検査対象物の配置位置から見た仰角が最も小さい光源または最も大きい光源に対応する色成分について他の色成分に対する強度比または全ての色成分の総和に対する強度比を求める演算式を用いて、処理対象の画素の色相データを算出する請求項 5 に記載された表面状態検査装置。

【請求項 8】

前記変化量算出手段は、前記検査領域内の複数の方向において、それぞれ前記色相データの変化量を算出する手段と、算出された方向毎の変化量により特定される複数のベクトルの合成ベクトルを設定する手段とを含み、設定された合成ベクトルの長さが前記しきい

50

値以上であるとき、この合成ベクトルが示す方向を前記各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する請求項 5 に記載された表面状態検査方法。

【請求項 9】

複数の部品がはんだ付けされた基板を検査する装置であって、
互いに異なる色彩光を発光する複数の光源を検査対象物の配置位置から見た仰角が異なるように配列して成る照明手段と、
前記基板の上方に配備された撮像手段と、
前記照明手段の各光源を点灯させた状態で前記撮像手段により生成された画像を取り込む画像入力手段と、
前記画像入力手段が入力した画像中のはんだ付け部位にそれぞれ個別の検査領域を設定する領域設定手段と、

前記領域設定手段により設定された検査領域毎に、その領域内の複数の画素につき、それぞれ各光源の配列に対応する色相の変化に沿って増加する 1 次元の色相データを算出するための演算式に当該画素の画像データをあてはめて、前記色相データを算出する色相データ算出手段と、

前記色相データ算出手段による演算の結果を用いて、前記領域設定手段により設定された各検査領域について、それぞれ前記色相データの変化量が所定のしきい値以上になる方向を抽出し、その抽出した方向を各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する方向特定手段と、

前記各検査領域について、それぞれその領域内のはんだの表面状態が良好であるときに前記方向特定手段により特定されるべき方向を、基準の方向として登録する登録手段と、

前記各検査領域について、それぞれ前記方向特定手段により特定された方向を前記登録手段により登録された基準の方向と比較して、各はんだ付け部位の良否を判別する判別手段と、

前記判別手段による判別結果を出力する出力手段とを具備して成る表面状態検査装置。

【請求項 10】

前記登録手段は、検査対象の基板に同一種の部品が複数実装されるとき、これらの部品のうちの 1 つのはんだ付け部位に対して登録した基準の方向を同一種の他の部品にも適用する請求項 9 に記載された基板検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、表面の鏡面性が高く、かつその表面に傾斜面が含まれる物体を検査対象として、その検査対象物を撮像して得られた画像を用いて表面状態の良否を検査する方法および装置に関する。また、この発明は、複数のはんだ付け部位が設定された基板を検査対象として、その基板上の各はんだ付け部位のはんだの表面状態を検査する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

出願人は、以前に、はんだ付け部位の鏡面反射性を利用して、画像処理の手法により基板上のはんだ付け部位を自動検査する装置を開発した（特許文献 1 参照。）。

【0003】

【特許文献 1】特公平 6 - 1 1 7 3 号公報

【0004】

図 16 は、上記特許文献 1 に開示された基板検査装置の構成および検査の原理を示す。この検査装置は、赤、緑、青の各色彩光を有する 3 個の光源 8, 9, 10 と撮像装置 3 とにより検査対象の画像を生成するものである。図中の 1 は基板、2 は検査対象のはんだであり、各光源 8, 9, 10 は、基板 1 やはんだ 2 に対してそれぞれ異なる仰角方向に配備される。一方、撮像装置 3 は、前記はんだ 2 を真上位置から撮像するように配備される。

【0005】

上記構成によれば、各光源 8, 9, 10 からの色彩光は、それぞれはんだ 2 の表面に異

なる方向から照射される。また、はんだの傾斜面に対し、その傾斜に直交する方向を軸として撮像装置3の方向に対称な方向からの光が照射されると、その光の鏡面反射光は撮像装置3に導かれる。すなわち、はんだ表面から撮像装置3に入射する鏡面反射光の色彩は、そのはんだ表面の傾きによって異なるものとなる。

【0006】

図16に示した光学系では、はんだ2から見て、赤色光源8の仰角が最も大きく、青色光源10の仰角が最も小さくなるようにし、これらの光源8, 10の間に緑色光源9が位置するように、各光源8, 9, 10を配置している。したがって、前記はんだ2が球体状のはんだであれば、図17に示すように、中央部の平坦面が赤色の画像領域として、基板面の近傍の急傾斜面が青色の画像領域として、またこれらの中に位置する比較的緩やかな傾斜面(暖傾斜面)が緑色の画像領域として、それぞれ切り分けられた画像が生成されることになる。

10

【0007】

また、はんだのフィレットを検査する場合には、図18に示すように、上方の急傾斜面では青、中間の暖傾斜面では緑、基板面の近傍の平坦に近い面では赤、というように、各色彩による画像領域が切り分けられる。なお、図18中のS1は、ランドの形成範囲である。

【0008】

このように、はんだの画像では、その表面の勾配の変化に応じて赤、緑、青の各色彩領域に区分けされた画像が生成される。よって、あらかじめ良好な形状のはんだの画像における各色彩のパターンを登録しておき、検査対象の画像上における各色彩のパターンを前記登録パターンと比較することにより、はんだの表面状態の良否を判別することができる。

20

【0009】

従来の検査装置では、上記の原理に基づき、あらかじめデジタルカラー画像を構成するR, G, Bの各階調データ毎に所定の2値化しきい値を設定しておき、前記撮像装置3により得た画像をこれら2値化しきい値により2値化することによって、赤、緑、青の各色彩領域を抽出するようにしている。また、これらの色彩領域について、あらかじめ良好な形状のはんだの画像において抽出された領域の位置、形状、大きさなどを登録しておき、検査対象の画像における色彩領域の抽出結果を登録されたデータと比較することにより、はんだの表面状態の良否を判別するようにしている。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところで、図16に示した光学系では、温度や使用時間により照明光の明るさや色合いが変動すると、画像上の明るさや色合いも変動すると考えられる。このような画像の明るさや色合いの変動は、色彩領域の抽出結果に影響を及ぼすおそれがある。特に、はんだの検査では、表面状態が良好であっても、色合いの変化により各色彩領域の特徴量の変動すると、良品の基準値をクリアできなくなり、不良と判定される可能性がある。

【0011】

40

したがって、検査の精度を維持するには、2値化しきい値を頻繁に変更するのが望ましい。しかしながら、この種の検査装置では、次々に基板の供給を受けて検査を繰り返すことが要求されるから、2値化しきい値の更新によって検査を中断すると、処理効率の低下を招くおそれがある。また、2値化しきい値を更新するタイミングを正確に判断するのも困難である。

【0012】

一方、上記の2値化処理に代わる処理として、実装状態が良好な基板の画像をモデル画像としたパターンマッチング処理を実行する方法がある。この方法では、検査対象の画像とモデル画像との間で正規化相関演算を実行するので、照明が変動しても、判別のためのしきい値を変更せずに対応できるというメリットがある。しかしながら、検査対象のはん

50

だの形状が少し変化しただけでも相関値が低下してしまい、判別処理にかかる正答率が悪い、という問題がある。

【0013】

また、近年の基板では、部品が微小化し、また多数の部品が実装される傾向にあるため、各部品に対するランドの面積を周辺の実装密度に応じて調整する必要が生じている。このため、同一種の部品であっても、周囲に実装される部品が比較的少ない場合と、周囲に多数の部品が実装される場合とで、ランドの大きさが異なるようになる。これを受けて、はんだフィレットの勾配も部品の実装位置によって異なるようになるから、フィレットの画像における各色彩領域の大きさや形状なども異なるものになる。

【0014】

たとえば、周囲に実装される部品が比較的少ない場合には、はんだ付けの安定のためにランドが大きめに形成されるから、フィレットの勾配は比較的緩やかになり、赤、緑、青の各色彩領域が適度に出現する。一方、実装密度の高い領域に実装される部品では、ランドの面積を小さくせざるを得ないから、フィレットの勾配が急になり、画像上では青色領域が優勢になり、緑色領域や赤色領域は出現しにくくなる。このように、同一種の部品であっても、画像上に現れる色彩領域の分布状態が異なるため、各色彩領域に対する判定基準値を部品毎に設定しなければ、検査精度を確保するのは困難となる。

【0015】

この発明は、上記の問題に着目してなされたもので、傾斜面の状態を検査する際に、画像の明るさや色合いが変動しても、信頼度の高い検査を実行できるようにすることを第1

【0016】

さらにこの発明は、勾配が急であったり、または反対に緩やかであって、すべての光源に対応する色彩領域が出現しにくいような検査対象物についても、精度の高い検査を実行できるようにすることを、第2の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

この発明にかかる表面状態検査方法は、表面に傾斜面を有する検査対象物に対し、互いに異なる色彩光を発光する複数の光源を前記検査対象物の配置位置から見た仰角が異なるように配列して照明し、前記検査対象物の配置位置の上方に設置した撮像手段により得られたカラー画像を用いて前記検査対象物の表面状態を検査するものである。この発明では、前記画像中の検査対象物を含む検査領域を設定し、検査領域内の複数の画素につき、それぞれ各光源の配列に対応する色相の変化の方向に沿って増加する1次元の色相データを算出するための演算式に当該画素の画像データをあてはめて、前記色相データを算出する第1のステップと、第1のステップの算出結果を用いて、検査領域において、色相データの変化量が所定のしきい値以上になる方向を抽出し、その抽出した方向を各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する第2のステップと、第2のステップで特定された方向をあらかじめ設定された基準の方向と比較する第3のステップと、第3のステップにおける比較結果に基づき、前記検査対象物の表面状態の良否を判別する第4のステップとを、実行する。

【0018】

互いに異なる色彩光を発光する複数の光源を検査対象物から見た仰角が異なるように配置して照明すると、撮像手段により得られた画像中の傾斜面に対応する部分では、その勾配の大きさに応じた色彩が現れる。また、前記図17、18の例の平坦面、暖傾斜面、急傾斜面のように、傾斜面の勾配の大きさが徐々に変化する場合、この変化の方向において、各光源に対応する色彩が検査対象物から見た光源の配置の順（仰角の大きさの順）に並んで現れると考えることができる。

【0019】

この発明において、「各光源の配列に対応した色相の変化」とは、各光源が発する色彩（発光色）を、検査対象物から見た各光源の配列の順序（仰角が小さい方から大きい方に

10

20

30

40

50

向かう順またはその逆の順序をいう。以下も同じ。)に沿って並べたときに、その並び方向に沿って現れる色相の変化とすることができる。たとえば、前記した図16の光学系によれば、赤、緑、青の順、または青、緑、赤の順に各色彩を並べたときの色相(色合い)の変化として捉えることができる。

【0020】

前記したように、傾斜面に対応する部分の画像では、その勾配の大きさが変化する方向に沿って、各光源に対応する色彩が、前記検査対象物から見た各光源の配列の順に並んで現れる。すなわち、この並び方向に、「各光源の配列に対応した色相の変化」が現れていることになる。よって、各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向は、傾斜面の勾配の大きさが変化している方向(勾配が緩やかな部分から急な部分に向かう方向、または勾配が急な部分から緩やかな部分に向かう方向)を示す、と考えることができる。

10

この発明では、検査領域内の複数の画素につき、それぞれ各光源の配列に対応する色彩の変化の方向に沿って増加する一次元の色相データを算出するので、処理対象の画素の色彩が、配列の一端部にある光源(仰角が最も大きい光源または仰角が最も小さい光源)の発光色に近づくほど、色相データの値は大きくなる。したがって、検査領域において、各光源の配列に対応する色彩の変化の方向、すなわち傾斜面の勾配の大きさが変化している方向における色相データの変化量は、他の方向におけるものより大きくなると考えられる。

【0021】

画像上の明るさや色合いが変動しても、各光源の配列に対応して色相の変化が生じる方向は、変化しないと考えることができる。よって、あらかじめ、モデルの対象物の画像を用いるなどして、各光源の配列に対応した色相の変化が生じる基準の方向を設定し、検査対象の画像で抽出された方向を基準の方向と比較することによって、傾斜面の勾配が変化する方向の適否を判別することができる。

20

【0022】

また、同種の検査対象物であるのに、勾配の大きさにばらつきがある場合でも、勾配の方向は変化しないと考えられる。したがって、これらの検査対象物の1つについて前記基準の方向を設定すれば、その設定データを他の検査対象物にも適用することができ、検査情報の教示を効率良く行うことが可能になる。

【0023】

上記の表面状態検査方法の好ましい態様では、前記複数の光源は、前記検査対象物に対し、それぞれの発光色が色相環上の色相変化の方向に沿って並ぶように配列される。たとえば、前記光源として、赤色光、緑色光、青色光をそれぞれ発光する3個の光源を用いる場合には、前記仰角が赤、緑、青または青、緑、赤の順に大きくなるように、各光源が配置されることになる。また、第1のステップでは、色相環上の各光源の配列に対応する範囲における処理対象の画素の色相の位置を求める演算式を用いて、処理対象の画素の色相データを算出する。

30

【0024】

上記態様では、複数の光源が色相環上の色相変化の方向に沿った順序で配列されるので、画像上における各光源の配列に対応した色相の変化も、色相環の変化に対応するものとなる。また、色相環上の各光源の配列に対応する範囲における処理対象の画素の色相の位置を求める演算式により算出された色相データは、各光源の配列に対応する色相の変化の方向に沿って値が増加するものとなる。

40

【0025】

表面状態検査方法の他の好ましい態様では、前記第1のステップにおいて、検査対象物の配置位置から見た仰角が最も小さい光源または最も大きい光源に対応する色成分について他の色成分に対する強度比または全ての色成分の総和(すなわち明度)に対する強度比を求める演算式を用いて、処理対象の画像の色相データを算出する。

【0026】

たとえば、前記図16に示した光学系を使用する場合、青色光源10に対応する青色成

50

分、すなわち階調データBに着目すると、この階調データBは、勾配が急になるほど大きくなり、勾配が緩やかになるほど小さくなると考えることができる。したがって、この階調データBについて、他の色成分（階調データR、G）に対する比率（たとえば B/R 、もしくは $B/(R+G)$ ）または明度に対する比率（ $B/(R+G+B)$ ）を求め、これを色相データとすることができる。この色相データも、各光源の配置に対応した色相の変化の方向に沿って値が増加するものとなる。

【0027】

表面状態検査方法のさらに好ましい態様では、第2のステップにおいて、検査領域内の複数の方向において、それぞれ前記色相データの変化量を算出するステップと、前記方向毎の色相データの変化量により特定される複数のベクトルの合成ベクトルを設定するステップとを実行する。そして、設定された合成ベクトルの長さが前記しきい値以上であるとき、この合成ベクトルが示す方向を前記各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する。

10

【0028】

なお、上記の態様におけるしきい値は、検査の目的に合わせて設定されるのが望ましい。また、しきい値よりも短い合成ベクトルしか抽出されない場合には、検査領域には、良好な傾斜面が存在しないものとみなすのが望ましい。

【0029】

つぎに、この発明にかかる表面状態検査装置は、互いに異なる色彩光を発光する複数の光源を検査対象物の配置位置から見た仰角が異なるように配列して成る照明手段と、前記検査対象物の配置位置の上方に配備された撮像手段と、前記照明手段の各光源を点灯させた状態で前記撮像手段により生成された画像を取り込む画像入力手段と、前記画像入力手段が入力した画像中の検査対象物を含む領域を設定する領域設定手段と、前記領域設定手段により設定された検査領域内の複数の画素につき、それぞれ各光源の配列に対応する色相の変化の方向に沿って増加する1次元の色相データを算出するための演算式に当該画素の画像データをあてはめて、前記色相データを算出する色相データ算出手段と、前記色相データ算出手段による演算の結果を用いて、前記検査領域において、色相データの変化量が所定のしきい値以上になる方向を抽出し、その抽出された方向を前記各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する方向特定手段と、前記検査対象物の表面状態が良好であるときに前記方向特定手段により特定されるべき方向を、基準の方向として登録する登録手段と、前記方向特定手段により特定された方向を、前記登録手段により登録された基準の方向と比較して、前記検査対象物の表面状態の良否を判別する判別手段と、前記判別手段による判別結果を出力する出力手段とを具備する。

20

30

【0030】

上記において、照明手段は、たとえば色彩毎に異なる径を有するリング状の光源を中心を合わせて配列したものとすることができる。また同色の光を発光する複数の発光体（LEDなど）をリング状に配列したものを、1つの光源として使用することもできる。また光源はリング状に限らず、ライン状の光源を用いることもできる。

【0031】

撮像手段は、各色彩毎の画像信号を生成可能なCCDカメラにより構成することができる。照明手段にリング状の光源を用いる場合、撮像手段は、各光源の中心軸に光軸を合わせた状態で、鉛直方向に向けて配備されるのが望ましい。

40

【0032】

画像入力手段、色相データ算出手段、方向特定手段、登録手段、判別手段、出力手段は、同一の筐体内に配備することができる。このうち、色相データ算出手段、方向特定手段、登録手段、判別手段は、これらの手段の処理を実行するためのプログラムが組み込まれたコンピュータにより構成することができる。

【0033】

画像入力手段には、前記撮像手段からの画像信号を増幅処理するための増幅回路や、この画像信号をデジタル変換するためのA/D変換回路などを含めることができる。ただ

50

し、前記撮像手段にデジタルカメラを使用した場合には、画像入力手段は、デジタルのカラー画像データを取り込むための入力ポートとして構成することができる。

【0034】

色相データ算出手段は、前記した第1のステップを実行するためのものであり、方向特定手段は第2のステップを実行するためのものであり、判別手段は、第3および第4のステップを実行するためのものである。登録手段は、前記照明手段や撮像手段を用いて生成された検査対象物の良品モデルの画像が入力されたときに、その画像から抽出された基準の方向をコンピュータのメモリに登録するように構成することができる。たとえば、良品モデルの画像上に検査領域を設定する操作が行われたときに、その領域内の画像データを前記抽出手段に処理させ、抽出された方向を基準の方向としてメモリに保存する手段を、登録手段とすることができる。または、良品モデルの画像上で各光源に対応する色彩が光源の配置に対応する順序で並ぶ方向を指定する操作を受け付けて、その方向を基準の方向としてメモリに保存する手段を、登録手段としてもよい。

10

【0035】

出力手段は、前記判別手段による判別結果を表示装置に表示する表示用インターフェースや、判別結果を外部装置に出力する出力インターフェースとして構成することができる。このほか、出力手段は、前記判別結果を、フレキシブルディスク、CD-R、光磁気ディスクなどの記憶媒体に記録する手段として構成することもできる。

【0036】

好ましい態様にかかる表面状態検査装置では、前記照明手段の各光源は、前記検査対象物に対し、それぞれの発光色が色相環上の色相変化の方向に沿って並ぶように配列される。また色相データ算出手段は、色相環上の各光源の配列に対応する範囲における処理対象の画素の色相の位置を求める演算式による演算式を用いて、前記色相データを算出する。

20

前記照明手段の好ましい構成では、赤色光、緑色光、青色光をそれぞれ発光する3個の光源が、赤、緑、青または青、緑、赤の順に前記仰角が大きくなるような順序で配置される。

【0037】

他の好ましい態様にかかる表面状態検査装置では、前記色相データ算出手段は、前記検査対象物の配置位置から見た仰角が最も小さい光源または最も大きい光源に対応する色成分について他の色成分に対する強度比または全ての色成分の総和に対する強度比を求める演算式を用いて、処理対象の画素の色相データを算出する。この態様においても、前記照明手段は、赤色光、緑色光、青色光をそれぞれ発光する3個の光源を、赤、緑、青または青、緑、赤の順に前記仰角が大きくなるような順序で配置するのが望ましい。照明手段がこのような構成をとる場合には、前記色相データに使用する色成分として、赤色光源に対応するRの階調データ、または青色光源に対応するBの階調データを選択し、選択された階調データについて、他の一階調データに対する比率もしくは他の階調データの和または明度に対する比率を求めて、前記色相データとすることになる。たとえば選択した階調データがBであれば、色相データとして、 B/R 、もしくは $B/(R+G)$ 、または $B/(R+G+B)$ を求める。

30

【0038】

さらに好ましい態様では、前記変化量算出手段は、前記検査領域内の複数の方向において、それぞれ前記色相データの変化量を算出する手段と、算出された方向毎の変化量により特定される複数のベクトルの合成ベクトルを設定する手段とを含み、設定された合成ベクトルの長さが前記しきい値以上であるとき、この合成ベクトルが示す方向を各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する。

40

【0039】

つぎに、この発明は、複数の部品がはんだ付けされた基板を検査する基板検査装置に適用することができる。この基板検査装置は、前記した表面状態検査装置と同様の照明手段、撮像手段、画像入力手段を具備するとともに、前記画像入力手段が入力した画像中のはんだ付け部位にそれぞれ個別の検査領域を設定する領域設定手段と、前記領域設定手段に

50

より設定された検査領域毎に、その領域内の複数の画素につき、それぞれ各光源の配列に対応する色相の変化に沿って増加する1次元の色相データを算出するための演算式に当該画素の画像データをあてはめて、前記色相データを算出する色相データ算出手段と、前記色相データ算出手段による演算の結果を用いて、前記領域設定手段により設定された各検査領域について、それぞれ前記色相データの変化量が所定のしきい値以上になる方向を抽出し、その抽出した方向を各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向として特定する方向特定手段と、各検査領域について、それぞれその領域内のはんだの表面状態が良好であるときに前記方向特定手段により特定されるべき方向を、基準の方向として登録する登録手段と、各検査領域について、それぞれ前記方向特定手段による処理により特定された方向を前記登録手段により登録された基準の方向と比較して、各はんだ付け部位の良否を判別する判別手段と、前記判別手段による判別結果を出力する出力手段とを具備するものとなる。

10

【0040】

上記の基板検査装置の領域設定手段、色相データ算出手段、方向特定手段、登録手段、判別手段、出力手段も、基本的には前記表面状態検査装置と同様の構成にすることができる。さらに、この基板検査装置にも、前記表面状態検査装置と同様の態様を設定することができる。

【0041】

さらに、好ましい態様にかかる基板検査装置においては、前記登録手段は、前記検査対象の基板に同一種の部品が複数実装されるとき、これらの部品のうちの1つのはんだ付け部位に対して登録した基準の方向を同一種の他の部品にも適用する機能を有する。この機能によれば、基板上に同一種の部品が複数実装される場合でも、これらの部品毎に登録処理を行う必要がなくなり、検査情報の教示にかかる効率を向上することができる。

20

なお、登録対象の基準の方向については、前記表面状態検査装置について述べたのと同様に、ユーザーによる指定操作を受け付けて設定しても良いし、良品基板の画像を前記抽出手段に処理させて、基準の方向を抽出するようにしてもよい。また、同一種の他の部品に基準の方向を転用する場合、その部品の実装方向が先に登録された部品と異なる場合には、その実装方向の角度差を用いて基準の方向を補正する処理が必要になる。

【0042】

この発明にかかる基板検査装置によれば、はんだ付け部位の傾斜面の勾配の変化の方向が正しい方向であるかどうかを判別することによって、はんだの傾斜状態の適否を精度良く判別することができる。また、各光源の配列に対応した色相の変化の大きさや色相の変化の抽出位置に基づき、はんだの傾斜面が形成されているか否かや、その形成位置の適否を判別することもできる。さらに、同じ基板に同一の部品が複数実装される場合に、実装位置の部品の密度によってはんだの勾配が異なるようになっても、基準の方向については変化しないから、簡単かつ精度の高い検査を実行することが可能になる。

30

【発明の効果】

【0043】

この発明では、検査対象の画像上で各光源の配列に対応した色相の変化が生じている方向を特定することにより、傾斜面の勾配が変化する方向を求め、その方向を登録された基準の方向と比較するので、画像上の明るさや色合いが変動しても、安定した検査を行うことができる。また、画像上の明るさや色合いが変動しても、登録された基準の方向を変更する必要がないので、基板検査のように、複数の検査対象物を次々と処理しなければならない場合の利便性を高めることができる。また、勾配が急であったり、緩やかであったりして、すべての光源に対応する色彩領域が出現しにくいような検査対象物についても、傾斜面の勾配が変化する方向を特定することができるから、精度の高い検査を実行することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

図1は、この発明の一実施例にかかる基板検査装置の構成を示す。

50

この基板検査装置は、検査対象の基板を撮像して得た画像を処理して、前記基板上のはんだ付け部位や部品の実装状態の適否などを判別するためのもので、撮像部 3、投光部 4、制御処理部 5、X 軸テーブル部 6、Y 軸テーブル部 7 などにより構成される。

なお、図中の 1 T は、検査対象の基板（以下「被検査基板 1 T」という。）である。また 1 S は、はんだ付け状態や部品の実装状態が良好な基準基板であって、検査に先立つティーチング時に用いられる。

【 0 0 4 5 】

前記 Y 軸テーブル部 7 は、基板 1 S、1 T を支持するコンベヤ 7 A を具備し、図示しないモータによりこのコンベヤ 7 A を動かして、前記基板 1 S、1 T を Y 軸方向に（図の紙面に直交する方向）に沿って移動させる。前記 X 軸テーブル部 6 は、Y 軸テーブル部 7 の上方で、撮像部 3 および投光部 4 を支持しつつ、これらを X 軸方向（図の左右方向）に移動させる。

10

【 0 0 4 6 】

前記投光部 4 は、異なる径を有する 3 個の円環状光源 8、9、10 により構成される。これらの光源 8、9、10 は、それぞれ赤色、緑色、青色の各色彩光を発光するもので、観測位置の真上位置に中心を合わせることにより、前記基板 1 S、1 T から見て、異なる仰角に対応する方向に位置するように配備される。

【 0 0 4 7 】

前記撮像部 3 は、カラー画像生成用の CCD カメラであって、その光軸が各光源 8、9、10 の中心に対応し、かつ鉛直方向に沿うように位置決めされる。これにより観測対象である基板 1 S、1 T からの反射光が撮像部 3 に入射し、三原色のカラー信号 R、G、B に変換されて制御処理部 5 へ入力される。

20

【 0 0 4 8 】

制御処理部 5 は、CPU を含むコンピュータを制御部 11 として、画像入力部 12、メモリ 13、撮像コントローラ 14、画像処理部 15、照明制御部 16、XY テーブルコントローラ 17、検査部 18、ティーチングテーブル 19、ライブラリデータ記憶部 20、データ管理部 21、入力部 22、CRT 表示部 23、プリンタ 24、送受信部 25、外部メモリ装置 26 などを構成として含む。

【 0 0 4 9 】

画像入力部 12 は、撮像部 3 からの三原色の各画像信号を増幅する増幅回路や、これら画像信号をデジタル信号に変換するための A/D 変換回路などを備える。メモリ 13 には、各色彩毎のデジタル濃淡画像データ（以下、「階調データ R、G、B」という。）のほか、これら階調データ R、G、B を処理して得られる 2 値画像データや色相データなどが格納される。

30

【 0 0 5 0 】

撮像コントローラ 14 は、撮像部 3 を制御部 11 に接続するインターフェースなどを備えるもので、制御部 11 からの命令に基づいて前記撮像部 3 を駆動したり、各色彩光の出力レベルを調整するなどの制御を行う。照明制御部 16 は、投光部 4 の各光源の光量を調整するためのものである。なお、この実施例では、赤、緑、青の各色彩光が混合されることによって白色照明が施されるように、各光源 8、9、10 の光量を調整するようにしている。

40

【 0 0 5 1 】

XY テーブルコントローラ 17 は、前記 X 軸テーブル部 6 および Y 軸テーブル部 7 を制御部 11 に接続するインターフェースなどを含み、制御部 11 からの指令に基づき、X 軸テーブル部 6 および Y 軸テーブル部 7 の移動動作を制御する。

【 0 0 5 2 】

ティーチングテーブル 19 は、基板の検査情報を記憶するための記憶部である。この検査情報には、後記する検査用ウィンドウの設定条件のほか、部品、ランド、はんだなどの検査対象について、それぞれその対象物の色彩を抽出するための 2 値化しきい値（R、G、B 毎の 2 値化しきい値のほか、明度に対する 2 値化しきい値を含む。）や、これらの 2

50

値化しきい値により抽出されたパターンの特徴量の良否を判定するための判定基準値（位置，大きさなど特徴量の種類毎に設定される。）などが含まれる。さらに、この実施例では、はんだフィレット用の検査情報として、後記する色合い変化ベクトルの基準データを登録するようにしている。

【 0 0 5 3 】

ライブラリデータ記憶部 2 0 は、部品種毎の基準の検査情報（以下、「ライブラリデータ」という。）を登録するための記憶部である。この実施例では、ライブラリデータとして、後記する検査用ウィンドウの設定データや、各検査用ウィンドウで実行する検査プログラムの種類などが登録される。

【 0 0 5 4 】

前記ティーチングテーブル 1 9 に登録される各種の検査情報は、検査に先立ち、前記基準基板 1 S を撮像して得られた画像や前記ライブラリデータを用いて教示されるもので、基板の種類毎に、判定ファイルとしてまとめられる。前記データ管理部 2 1 は、基板の種類と判定ファイルとを対応づけるリンク情報が格納されたメモリである。制御部 1 1 は、被検査基板 1 T の基板名の入力を受け付けた後、データ管理部 2 1 のリンク情報に基づき、その被検査基板 1 T に対応する判定ファイルを読み出してメモリ 1 3 にセットする。画像処理部 1 5 や検査部 1 8 は、この読み出された判定ファイル内の検査情報に基づき処理を実行する。

【 0 0 5 5 】

画像処理部 1 5 は、検査時に、メモリ 1 3 に格納された各階調データ R , G , B を処理して、良否判別のための各種のパラメータを抽出する。検査部 1 8 は、抽出された各パラメータを該当する検査情報と比較することにより、実装部品毎に、部品の欠落や位置ずれ、はんだ付け部位の良否などを判別する。制御部 1 1 は、これらの判別結果を総合して被検査基板 1 T が良品か否かを判定する。この最終的な判定結果は、C R T 表示部 2 3 やプリンタ 2 4 , あるいは送受信部 2 5 に出力される。

【 0 0 5 6 】

前記入力部 2 2 は、検査のための各種条件や検査情報の入力などを入力するためのもので、キーボードやマウスなどにより構成される。C R T 表示部 2 3 （以下、単に「表示部 2 3」という。）は、制御部 1 1 から画像データ、検査結果などの供給を受けて、これらを表示画面上に表示する。またプリンタ 2 4 は、制御部 1 1 から検査結果などの供給を受け、これを予め定められた形式でプリントアウトする。

【 0 0 5 7 】

送受信部 2 5 は、他の装置との間でデータのやりとりを行うためのもので、たとえば不良と判定された被検査基板 1 T について、その識別情報や不良の内容を後段の修正装置に送信することにより、不良箇所を速やかに修正することができる。外部メモリ装置 2 6 は、フレキシブルディスク、C D - R、光磁気ディスクなどの記憶媒体にデータを読み書きするための装置であって、前記検査結果を保存したり、検査に必要なプログラムや設定データを外部から取り込むために用いられる。

【 0 0 5 8 】

なお、上記構成において、画像処理部 1 5 および検査部 1 8 は、上記した各処理を実行するためのプログラムを組み込んだ専用のプロセッサにより構成される。ただし、必ずしも、専用のプロセッサを設ける必要はなく、制御部 1 1 に画像処理部 1 5 および検査部 1 8 の機能を付与するようにしてもよい。

【 0 0 5 9 】

また、この実施例では、3 個の円環状光源 8 , 9 , 1 0 により投光部 4 を構成しているが、この投光部 4 に代えて、図 2 のような構成の投光部 4 A を使用してもよい。

この投光部 4 A は、中心部に筒状の開口部 4 2 を有する筐体 4 1 の内部を 2 枚の壁部 4 5 , 4 6 を用いて区切ることにより、径方向に並ぶ 3 つの収容空間 4 3 R , 4 3 G , 4 3 B を形成したものである。最も内側の収容空間 4 3 R には赤色の L E D 4 4 R が、中央の収容空間 4 3 G には緑色の L E D 4 4 G が、最も外側の収容空間 4 3 B には青色の L E D

10

20

30

40

50

4 4 B が、それぞれ複数列にわたって配列される。筐体 4 1 の下面は、ドーム型の拡散板 4 7 により構成されており、撮像部 3 は、前記開口部 4 2 の上方に光軸を鉛直方向に合わせて配備される。

【 0 0 6 0 】

各収容空間 4 3 R , 4 3 G , 4 3 B で生じた赤色光、緑色光、青色光は、拡散板 4 7 を透過した後に基板 1 T (1 S) に照射される。よって、前記図 1 の投光部 4 と同様に、基板 1 T (1 S) に対し、異なる仰角の方向から各色彩光を照射することができる。

【 0 0 6 1 】

以下、上記基板検査装置で実行される検査の詳細について、説明する。なお、以下では、基板に搭載される頻度が高いチップ部品に検査対象を限定して説明するが、チップ部品以外の部品についても、同様の方法で検査を実行できることは言うまでもない。

【 0 0 6 2 】

図 3 は、チップ部品に対する検査用ウィンドウの設定例を示す。図中、W 1 1 , W 1 2 は、はんだ検査のためのウィンドウであって、基板上のランドを含むように設定される。以下、このウィンドウ W 1 1 , W 1 2 を「ランドウィンドウ W 1 1 , W 1 2」という。また、W 2 は、部品の欠落や位置ずれなどを検査するためのウィンドウであって、以下、これを「部品ウィンドウ W 2」という。

さらに、前記ランドウィンドウ W 1 1 , W 1 2 や部品ウィンドウ W 2 を含む第 3 の検査用ウィンドウ W 3 が設定される。このウィンドウ W 3 は、ランドウィンドウ W 1 1 , W 1 2 や部品ウィンドウ W 2 を位置決めする際の基準となるもので、以下、これを「基準ウィンドウ W 3」という。

【 0 0 6 3 】

各検査用ウィンドウ W 1 1 , W 1 2 , W 2 , W 3 の設定条件を示す情報（ウィンドウの大きさや設定位置など）は、基板の設計データ（C A D データ）と前記ライブラリデータとをリンクさせる制御部 1 1 の処理により、自動的に作成される。C A D データには、各部品の実装位置や実装される部品の識別情報（部品種名や型番など）が含まれており、ライブラリデータも、部品名などの識別情報と各種検査情報とを対応づけた構成をとる。制御部 1 1 は、C A D データが示す各部品の実装位置に、それぞれ前記識別情報に基づき実装される部品のライブラリデータを適用して、各検査用ウィンドウ W 1 1 , W 1 2 , W 2 , W 3 の具体的な大きさおよび設定位置を定める。ここで定められた検査用ウィンドウ W 1 1 , W 1 2 , W 2 の大きさや設定位置が、前記設定条件としてテーチャングテーブル 1 9 に登録されることになる。

【 0 0 6 4 】

検査時には、前記登録された設定条件に基づき、各検査用ウィンドウ W 1 1 , W 1 2 , W 2 , W 3 を設定した後、基準ウィンドウ W 3 でランドを抽出する。そして、その抽出結果に基づき、前記ランドウィンドウ W 1 1 , W 1 2 や部品ウィンドウ W 2 の設定位置を微調整する。

【 0 0 6 5 】

なお、ランドの抽出は、ランドの色彩を抽出する 2 値化処理を実行した後、その 2 値画像を x , y の各軸方向に投影する処理により行うことができる。または、基準ウィンドウ W 3 内の画像をモノクロ画像に変換してエッジを抽出し、その抽出結果からランドに対応するエッジを抽出するようにしてもよい。

【 0 0 6 6 】

各検査用ウィンドウ W 1 1 , W 1 2 , W 2 が設定されると、これらのウィンドウ毎にそれぞれ登録された検査情報に基づく検査を実行する。なお、前記部品ウィンドウ W 2 については、従来と同様に、前記 2 値化しきい値を用いて部品の色彩パターンを抽出し、そのパターンの面積や重心などの特徴量を用いた検査を実行する。よって、以下では、ランドウィンドウ W 1 1 , W 1 2 で実行されるフィレット検査について、詳細な説明を展開することにする。

【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

フィレットを検査する場合には、図4に示すように、各ランドウィンドウW11, W12内の画像のうち、部品電極52aの端縁からランドウィンドウW11, 12の外側端縁までの範囲(図中、網点を付した範囲)を処理対象とする。以下、この網点の範囲に対応する領域31, 32を「検査領域31, 32」という。なお、この図4では、つぎの図5にならって、チップ部品の部品本体の画像を51aとし、電極の画像を52aとしている。

【0068】

図5は、チップ部品のはんだフィレットについて、画像上に現れる色彩の分布状態(上段)と実際の形状を側方から見た状態(下段)とを対応づけて示す。なお、この図5では、部品本体を51、電極を52、フィレットを53とし、これらの画像を51a, 52a, 53aとして示す。

10

【0069】

図5(A)は、フィレット53の形状が良好な場合の例である。この場合のフィレット53では、部品51に近い部分が急斜面、基板1に近い部分が平坦面、両者の中間部が暖傾斜面となるから、画像上の色彩は、フィレット53aの下端から上端に向かう方向 P_A に沿って、赤、緑、青の順に変化する。一方、図5(B)は、不良な場合の例であって、ぬれ性不良やはんだ過多のために、フィレット53が形成されず、はんだが山状に盛り上がった不良部位54になる。このような不良部位54では、部品51に近い部分が平坦面、基板1に近い部分が急斜面、両者の中間部が暖傾斜面となる。したがって、不良部位の画像54aの色彩は、良品の場合とは逆の方向、すなわち上端から下端に向かう方向 P_B に沿って、赤、緑、青の順に変化することになる。

20

【0070】

このように、画像上のはんだ付け部位の赤、緑、青の色彩の分布状態は、はんだの傾斜状態によって異なるものとなる。ただし、いずれの場合にも、傾斜面の勾配が小さい方から大きい方に向かって、赤、緑、青の順に色彩が変化する。この変化は、色相環に沿った変化と同様である。

【0071】

したがって、前記検査領域31, 32内の各画素につき、それぞれ赤みが強くなるほど小さくなり、青みが強くなるほど大きくなるように値が変化する1次元の色相データを求め、各方向における色相データの変化量を算出すると、前記図5の方向 P_A , P_B のように、赤、緑、青の順に色彩が変化する方向では、この変化量は所定値以上の大きさを持つものになる。これに対し、上記のような色彩の変化が現れていない方向では、色相の変化量は前記所定値より小さくなる。また、青、緑、赤の順に色彩が変化する方向では、前記色相の変化量はマイナス値になると考えることができる。

30

【0072】

そこで、この実施例では、赤の側から青の側への色相の変化が現れる方向を示すベクトルを色合い変化ベクトルと定義して、前記1次元の色相データを用いて色合い変化ベクトルを抽出し、このベクトルの大きさや方向を用いてフィレットの良否を判別するようにしている。

【0073】

40

前記画像処理部15は、前記色合い変化ベクトルの抽出のために、検査領域31, 32内の各画素につき、それぞれR, G, Bの各階調データから成る3次元の画像データを1次元の色相データHに変換する。この変換処理では、R, G, Bの値を相互に比較し、これらの中の最大値 V_{max} がR, G, Bのいずれであるかによって、下記の(1)(2)(3)式のいずれかを選択して演算を実行する。なお、(1)~(3)式中の r_r , b_b , g_g は、それぞれ(4)(5)(6)式により求められる。また、(4)~(6)において、 V_{min} はR, G, Bの中の最小値である。

【0074】

$$R = V_{max} \text{ のとき} \quad H = (b_b - g_g) * \quad / 3 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$G = V_{max} \text{ のとき} \quad H = 2 + (r_r - b_b) * \quad / 3 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

50

$$B = V_{max} \text{ のとき } H = 4 + (gg - rr) * / 3 \dots (3)$$

【0075】

$$rr = (V_{max} - R) / (V_{max} - V_{min}) \dots (4)$$

$$gg = (V_{max} - G) / (V_{max} - V_{min}) \dots (5)$$

$$bb = (V_{max} - B) / (V_{max} - V_{min}) \dots (6)$$

【0076】

R, G, Bが256階調(8ビット)で表されるものとする、上記の演算による色相データHの値は、理論的には $0 \sim (4 + / 3)$ の範囲で変化する($R = 255$ 、 $G = B = 0$ のときにHは最小値の0になり、 $R = G = 0$ 、 $B = 255$ のときにHは最大値の $4 + / 3$ になる。)

さらに、この実施例では、この数値変化の範囲が $0 \sim 10$ になるように、下記の(7)式を用いてHの値を補正するようにしている。

$$H1 = H * 10 / (4 + / 3) \dots (7)$$

【0077】

上記の色相データH, H1は、赤みが強くなるほど小さくなり、青みが強くなるほど大きくなる。したがって、検査領域31, 32において、前記色相データH1に所定のしきい値を上回る変化が現れている場合には、その変化の方向を色合い変化ベクトルの方向として設定することができる。

【0078】

この実施例では、上記の原理に基づき、図6に示すような手順で色合い変化ベクトルを抽出するようにしている。以下、この図6の処理の内容を、図7~13に示す具体例を参照しながら、詳細に説明する。なお、図6では、各ステップをST101~107の符号により示している。以下の説明でも、これにならって「ステップ」を「ST」と略す。また、図7~13では、左から右に向かう方向をx軸の正方向、下から上に向かう方向をy軸の正方向とし、部品の横幅方向がx軸方向に沿っているものとする。

【0079】

図7は、前記チップ部品51に対する右側のランドウィンドウW11内に設定された検査領域31における前記色相データH1の算出例を示している。説明を簡単にするために、この例では、検査領域31の大きさを、x軸方向に5画素、y軸方向に7画素としている。

【0080】

図6の色合い変化ベクトルの抽出処理では、まず最初のST101において、図8に示すような3画素×3画素のマスクMを前記検査領域の左上端に初期設定する。以下、このマスクM内の9つの画素gを、行・列の関係に基づき座標(i, j)(i, j = 1, 2, 3)で表すものとする。また各画素gについても、それぞれの座標を用いて画素g_{ij}と記す。

【0081】

つぎのST102では、マスクM内の各画素g_{ij}について、それぞれ中央の画素g₂₂との間の色相データの差(g_{ij} - g₂₂)を算出する。これらのうち、画素g₂₂同士の演算結果以外の値は、前記画素g₂₂から見た周囲8方向における色相の変化量を表すものとなる。各画素g_{ij}毎に得た算出値は、それぞれマスクMにおけるその画素の座標(i, j)に対応づけてメモリ13に保存される。

【0082】

以下、マスクMが検査領域31の右下に位置合わせされるまで、マスクMを1画素ずつ移動させながら、各位置において前記色相の変化量を算出する処理を実行する(ST102~104)。

【0083】

図9は、前記図7に示したデータ構成の検査領域31に前記マスクMを走査した場合に、各位置において前記マスクMから抽出された色相データの構成を示す。なお、以下では、マスクMがy軸方向に沿って走査されるものとして、マスクMを検査領域31の左側端

10

20

30

40

50

縁に合わせて行う走査を「1列目の走査」といい、マスクMを1画素右にずらして行う走査を「2列目の走査」といい、マスクMをさらに1画素右にずらして行う走査を「3列目の走査」という。

【0084】

図10は、前記1列目の走査において、前記マスクMにより抽出された色相データに前記ST102の処理を実行した結果を示したものである。図11は2列目の走査について、図12は3列目の走査について、それぞれ図10と同様の処理結果を示したものである。

【0085】

このように、マスクMを1画素ずつ動かしながら、各位置においてST102を実行することにより、前記8方向毎の色相の変化量を表すデータ配列が15組抽出されることになる。最終位置における処理が終了すると、ST103が「YES」となってST105に進み、前記色相の変化量について方向毎に平均値を求める処理が実行される。

10

【0086】

ST105では、具体的には、前記15組のデータ配列に含まれるデータを、それぞれマスクMにおける相対座標が同じ画素毎にまとめて平均値 I_{ij} を算出する。たとえば、前記マスクの左上端の画素 g_{11} について言えば、各走査位置で画素 g_{11} につき求めた変化量(1列目の-1, +1, +1, +2, +2, 2列目の-1, +1, +2, +4, +5、3列目の+1, +2, +1, +3, +4)の平均値 I_{11} を求めることにより、+1.8という値を得ることができる。他の画素 $g_{12} \sim g_{33}$ についても、同様にして、平均値 $I_{12} \sim I_{33}$ が求められる。

20

【0087】

図13は、前記15組のデータ配列から前記ST105の処理により求めた平均値 I_{ij} の算出結果を示す。この結果によれば、中央の画素 g_{22} より左側の画素 g_{11} , g_{21} , g_{31} における平均値 I_{11} , I_{21} , I_{31} が正になっているとともに、画素 g_{22} より右側の画素 g_{13} , g_{23} , g_{33} における平均値 I_{13} , I_{23} , I_{33} は負になっている。よって、色合い変化ベクトルは、x軸の負の方向を向いているものと推測することができる。

【0088】

図6の処理では、色合い変化ベクトルを特定するために、さらに以下のような処理を実行する。まず、ST106において、前記ST105で算出された各平均値 I_{ij} を用いて、x軸方向およびy軸方向における色相の変化量 C_x , C_y を算出する。この算出処理は、濃淡画像のエッジ抽出処理に用いられるソーベルフィルタを応用した演算により行われる。具体的には下記の(8)(9)式が使用される。

30

【0089】

$$C_x = (I_{13} + 2I_{23} + I_{33}) - (I_{11} + 2I_{21} + I_{31}) \quad \dots (8)$$

$$C_y = (I_{11} + 2I_{12} + I_{13}) - (I_{31} + 2I_{32} + I_{33}) \quad \dots (9)$$

【0090】

上記の変化量 C_x および C_y は、検査領域において、色相データが増加に向かう方向およびその変化量を、x, yの各軸に分解して示したものと考えることができる。よって、ST107では、これら C_x , C_y が示すベクトルを合成したものを色合い変化ベクトルとして、このベクトルの長さおよび方向を C_x , C_y から算出するようにしている。

40

【0091】

ST107では、前記 C_x および C_y により表される2つのベクトルの合成ベクトルの長さおよび方向を算出する処理を実行する。この実施例では、合成ベクトルの方向を、x軸の正方向に対してベクトルがなす角度として定義し、 C_x , C_y の値に応じて下記の(A)~(E)式のいずれかを用いて算出するようにしている。また、ベクトルの長さは(F)式により求められる。

$$C_x > 0 \text{ および } C_y \geq 0 \text{ のとき} \\ = \tan^{-1} (C_y / C_x) \quad \dots (A)$$

50

$$\begin{aligned}
 Cx > 0 \text{ および } Cy < 0 \text{ のとき} &= \tan^{-1}(Cy/Cx) + 360 \dots (B) \\
 Cx < 0 \text{ のとき} &= \tan^{-1}(Cy/Cx) + 180 \dots (C) \\
 Cx = 0 \text{ および } Cy > 0 \text{ のとき} &= 0 \dots (D) \\
 Cx = 0 \text{ および } Cy < 0 \text{ のとき} &= 180 \dots (E)
 \end{aligned}$$

【0092】

【数1】

$$D = \sqrt{Cx^2 + Cy^2} \dots (F)$$

10

【0093】

前記図13に示した平均値の算出例の場合、上記の(8)(9)式から、 $Cx = -17.11$ 、 $Cy = 0.07$ となる。すなわち、赤の側から青の側に向かう色相の変化は、 x 軸方向においては負の方向(図の左側)を向くベクトルにより表され、 y 軸方向においては正の方向(図の上側)を向くベクトルにより表されると、考えることができる。

【0094】

さらに、上記の Cx および Cy の値を用いてST107を実行した場合、合成ベクトルの角度の算出については、(C)が適用されることから、 $\theta = 179.77^\circ$ となる。また、ベクトルの長さDについては、(F)式により、 $D = 17.11$ となる。

この算出結果によれば、前記した推論どおり、色合い変化ベクトルは、 x 軸の負の方向を向いていることになる。

20

【0095】

前記図7に示した検査領域31は、部品の右側のランドウィンドウW11に設定されたものであるから、色合い変化ベクトルの望ましい方向は、前記図5に示した方向 P_A 、すなわち x 軸の負の方向となる。上記の演算結果によれば、例示の検査領域31から抽出された色合い変化ベクトルの方向は前記望ましい方向 P_A に適合しており、前記検査領域31には、良好な状態のフィレットが存在すると考えることができる。

【0096】

この実施例のフィレット検査では、ランドウィンドウW11、W12内にそれぞれ検査領域31、32を設定し、これらの検査領域31、32毎に上記の色合い変化ベクトルの抽出処理を実行した後、抽出されたベクトルの方向をあらかじめ登録された基準の方向と比較する。ただし、いずれかの検査領域において抽出された色合い変化ベクトルの大きさが所定のしきい値より小さい場合には、その検査領域内には、赤から青の方向への変色は現れていないものとみなす。言い換えれば、検査領域内には、フィレットに該当する傾斜面が含まれていないということになる。

30

【0097】

図14は、前記色合い変化ベクトルの基準の方向の教示例を示す。この例では、作業者が、画像上で赤、緑、青の順に色彩が変化している方向を視認しながら、ランドの端縁部から部品の中央部Cに向けてカーソルを移動する操作を行うことによって、そのカーソルの移動方向(図中、矢印 f 、 k で示す。)を基準の方向として指定するようにしている。指定された方向 f 、 k は、それぞれ x 軸の正の方向に対する角度に変換され、前記ティーチングテーブル19に登録される。

40

【0098】

図15は、前記基板検査装置における検査の手順を示す。この手順の実行に先立ち、係員は、前記入力部22を用いて被検査基板1Tの基板名などを入力する作業を行っており、これに応じて、被検査基板1Tに対応する判定ファイルが読み出されてメモリ13にセットされ、図15の手順がスタートする。なお、この手順は、1枚の被検査基板1Tに対して行われるもので、被検査基板1Tの数に応じて繰り返されることになる。なお、この図15では、処理の開始をST1とする。

【0099】

50

ST1では、被検査基板1TがY軸テーブル部7に搬入され、撮像部3による撮像が開始される。つぎに、制御部11は、前記判定ファイル内の位置決めデータに基づき、被検査基板1Tに撮像部3および投光部4を位置合わせして、前記基板1Tの画像を生成する。そして、生成された画像上の各部品に検査用ウィンドウW11, W12, W2, W3を設定する。

【0100】

つぎのST3では、最初の検査対象部品につき、前記基準ウィンドウW3内で両側のランドを抽出する処理を行い、その抽出結果に応じてランドウィンドウW11, W12の位置を補正する。つぎのST4では、この部品について、フィレットの検査を実行するかどうかをチェックする。この判定が「YES」であれば、以下、ST5~9を順に実行する。

10

【0101】

なお、このST5~9は、2つのランドウィンドウW11, W12毎に個別に行われるものであるが、以下では、説明を簡単にするために、ランドウィンドウW11のみを処理対象にして説明する。また、この説明でも、部品の横幅方向がx軸方向に沿っているものとする。

【0102】

まず、ST5では、前記ランドウィンドウW11において、前記部品の電極とフィレットとの境界位置を抽出する処理を実行する。この処理のために、前記判定ファイルには、あらかじめ、電極の画像の色彩（一般に赤みが強い色彩である。）を抽出するための2値化しきい値（R, G, B毎に設定される。）や、電極の縦幅の長さに相当する画素数が登録される（これらのデータも前記ライブラリデータから転用することができる。）。ST5では、ランドウィンドウW11内の画像を前記2値化しきい値により2値化した後、ランドウィンドウW11の内側（部品の側）から外側に向かう方向をサーチ方向として、そのサーチ方向に直交するラインに順に着目しつつ、前記電極の色彩が前記縦幅の長さに相当する画素数分連なっているラインを抽出する。ここで電極の色彩が現れているラインが抽出される状態から抽出されない状態に移行したときのサーチ位置のx座標を、前記電極とフィレットとの境界位置として認定する。

20

【0103】

このようにして、電極とフィレットとの境界位置が抽出されると、つぎのST6では、その抽出された境界位置からランドウィンドウW11の外側端縁までの範囲に検査領域31を設定する。続くST7では、設定された検査領域31内の各画素につき、それぞれ前記(1)~(7)式を用いて色相データH1を求める。ST8では、画素毎の色相データH1を用いて、検査領域31における色合い変化ベクトルを抽出する処理を実行する。このST8では、前記図6に示した一連の処理が実行されるもので、色合い変化ベクトルの方向を表す角度および長さDが算出される。

30

【0104】

つぎのST9では、抽出された色合い変化ベクトルを用いて、フィレットが形成されているか否かやそのフィレットの傾斜面の良否を判別する。

この判別処理では、まず色合い変化ベクトルの長さDを所定のしきい値（前記(F)式の場合、10程度にするとよい。）と比較する。この比較において、前記長さDがしきい値以上であれば、前記角度をあらかじめ登録された基準の角度と比較する。そして基準の角度に対する前記角度の差が所定のしきい値（たとえば10°）以内であれば、フィレットは良好に形成されていると判断する。他方、前記角度差が前記しきい値を上回る場合には、フィレットの傾斜状態は不適であると判断する。また、前記ベクトルの長さDがしきい値を下回る場合には、検査領域31にはフィレットに該当する傾斜面は含まれていないと判断する。

40

【0105】

このようにしてフィレットの検査が終了すると、ST10に進み、その他の検査（部品の有無や位置ずれなど）を実行する。この検査については、従来と同様であるので、詳細

50

は省略する。

【0106】

以下、同様にして、画像上の各部品に対する検査を順に実行する。各部品に対する判別結果は、メモリ13に一時保存される。また、1画面分の検査が終了すると、前記X軸テーブル部6やY軸テーブル部7を動かして撮像部3の視野を変更し、再度撮影を行って、得られた画像上の部品について、同様の検査を実行する。

【0107】

すべての部品に対する処理が終了すると、ST11が「YES」となってST12に進み、前記メモリ13に保存された判別結果に基づき、不良と判別された部位があったか否かを判別する。ここで不良部位があると判別すると、ST13に進んで、被検査基板1Tは不良であると判定する。他方、いずれの部品についても良判定が得られている場合には、ST14に進み、前記被検査基板1Tは良品であると判定する。この後は、ST15に進み、前記判定結果を出力して処理を終了する。

10

【0108】

なお、上記の実施例では、ティーチング時には、作業者の操作に応じて色合い変化ベクトルの基準方向を登録するものとしたが、これに限らず、検査時と同様の処理によってランドウィンドウW11、W12内の色合い変化ベクトルを抽出し、その抽出結果を登録するようにしてもよい。この場合には、検査時に抽出された色合い変化ベクトルと登録された色合い変化ベクトルとの間で、方向および長さを比較することができる。

【0109】

20

さらに、ティーチング時に、色合い変化ベクトルの抽出位置を登録するようにしてもよい。この場合、検査時の色合い変化ベクトルの抽出位置を登録された位置と比較することによって、フィレットの位置ずれを検出することが可能である。

【0110】

さらに、この色合い変化ベクトルによれば、基板上に複数の同一部品が実装される場合、そのうちの1つの部品について色合い変化ベクトルの基準方向を登録すれば、他の部品にもその登録データを転用することができる。前記したように、同一部品であっても、その周辺の実装密度によってフィレットの傾斜角度が異なる可能性があるが、色合い変化ベクトルの方向は変動しない。したがって、同一部品間におけるフィレットの傾斜角度にばらつきがあっても、共通の検査情報を使用することが可能になり、ティーチングにおける効率を向上することができる。また、ランドが小さいために急峻になり、2値化処理では青色領域しか抽出されないようなフィレットについても、色合い変化ベクトルならば、その勾配の変化の方向を抽出することが可能になるから、フィレット検査の精度を大幅に高めることができる。

30

なお、色合い変化ベクトルの基準方向は、ライブラリデータとして登録しておくこともできる。

【0111】

また、上記の実施例で使用した色相データH1は、着目する画素の色彩が色相環の赤から青までの範囲のどの位置に相当するかを示すものであるが、これに代えて、たとえば青色光源に対応する階調データBについて、下記(10)式による色相データbを求めてもよい。

40

【0112】

【数2】

$$b = \frac{B}{R+B+G} \times 100 \quad \dots (10)$$

【0113】

上記(10)式による色相データbは、画素の明度を決定する色成分のうちの青色成分の割合を示すものである。この色相データbも、前記色相データH1と同様に、青みが強くなるほど大きくなり、赤みが強くなるほど小さくなるから、先の実施例と同様の方法で

50

色合い変化ベクトルを設定し、そのベクトルの方向からフィレットの傾斜方向を判別することができる。

【 0 1 1 4 】

さらにこの実施例では、異なる色彩光を発光する光源 8 , 9 , 1 0 を使用してカラー画像を処理するようにしたが、これに代えて、これらの光源 8 , 9 , 1 0 を白色光源にしてモノクロカメラで撮像する場合にも、上記した実施例と同様の処理を実行することが可能である。

たとえば、最初に光源 8 を点灯させて撮像し、得られた濃淡画像データを R の階調データとみなしてメモリ 1 3 に一時保存する。次に光源 9 を点灯させて撮像し、得られた濃淡画像データを G の階調データとみなしてメモリ 1 3 に一時保存する。最後に光源 1 0 を点灯させて撮像し、得られた濃淡画像データを B の階調データとみなしてメモリ 1 3 に一時保存する。このように、順に取得した 3 枚の濃淡画像データを、それぞれを R , G , B の階調データとして取り扱い、上記した実施例を適用して色合い変化ベクトルの抽出処理を実行する。この方法によれば、画像データの生成に必要な時間は長くなるが、その後は、カラー画像を使用する場合と同様のアルゴリズムでフィレットの検査を実行することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 1 5 】

【 図 1 】 この発明が適用された基板検査装置の構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 投光部の他の構成例を示す図である。

【 図 3 】 ウィンドウの設定例を示す図である。

【 図 4 】 フィレット検査のための検査領域の設定例を示す図である。

【 図 5 】 画像上のフィレットにおける色彩の分布状態をその側面形状に対応づけて示す図である。

【 図 6 】 色合い変化ベクトルの抽出処理の手順を示すフローチャートである。

【 図 7 】 検査領域における色相データの算出例を示す図である。

【 図 8 】 検査領域に走査させるマスクの構成を示す図である。

【 図 9 】 マスクの走査により検査領域から抽出されたデータの内容を示す図である。

【 図 1 0 】 1 列目の走査で得た抽出データと色相の変化量の配列データとを対応づけた図である。

【 図 1 1 】 2 列目の走査で得た抽出データと色相の変化量の配列データとを対応づけた図である。

【 図 1 2 】 3 列目の走査で得た抽出データと色相の変化量の配列データとを対応づけた図である。

【 図 1 3 】 各走査位置で得た色相の変化量の配列データと平均値の算出結果とを示す図である。

【 図 1 4 】 色合い変化ベクトルの基準の方向を教示する方法の一例を示す図である。

【 図 1 5 】 検査の手順を示すフローチャートである。

【 図 1 6 】 従来の基板検査装置の光学系の構成を示す図である。

【 図 1 7 】 図 1 6 の光学系によるはんだ認識処理の原理を示す図である。

【 図 1 8 】 図 1 6 の光学系によるはんだ認識処理の原理を示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 6 】

- 1 T 被検査基板
- 3 撮像部
- 4 投光部
- 5 制御処理部
- 8 , 9 , 1 0 光源
- 1 1 制御部
- 1 5 画像処理部

10

20

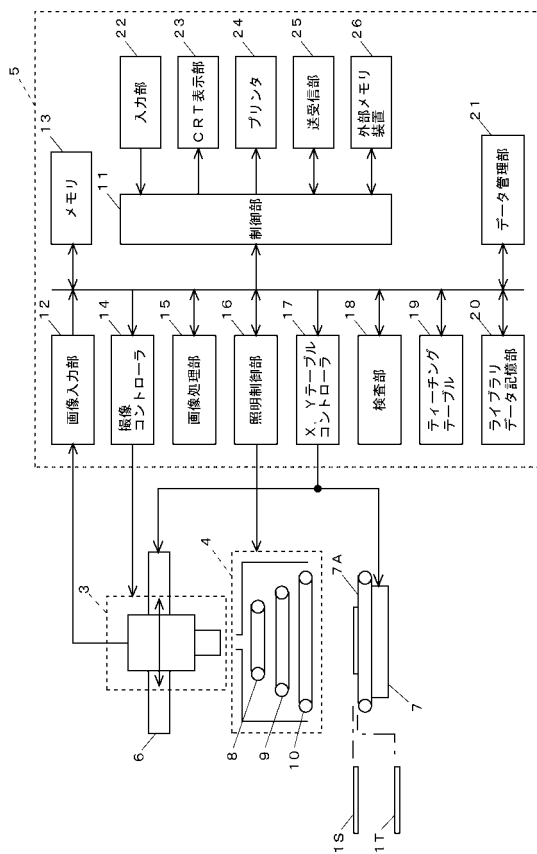
30

40

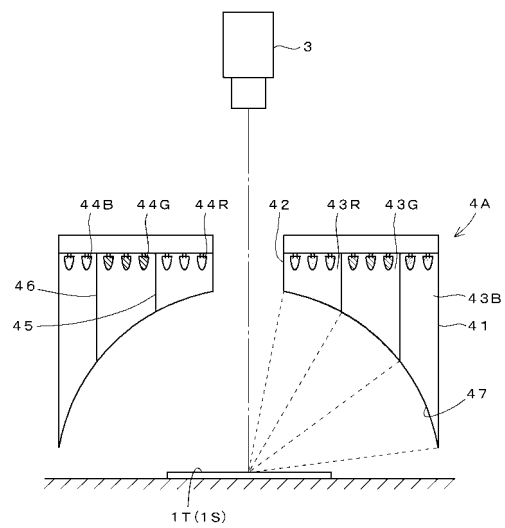
50

- 18 検査部
- 19 ティーチングテーブル
- 23 CRT表示部
- 25 送受信部
- 26 外部メモリ装置

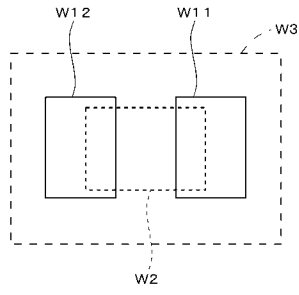
【図1】



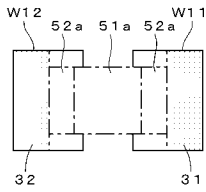
【図2】



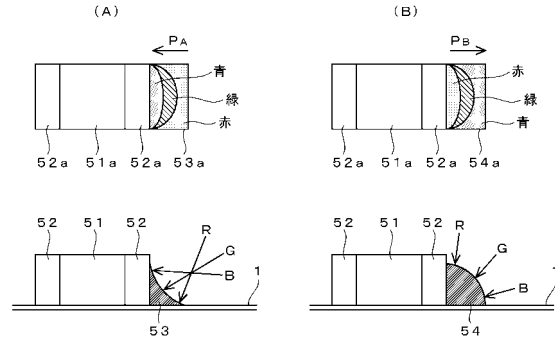
【 図 3 】



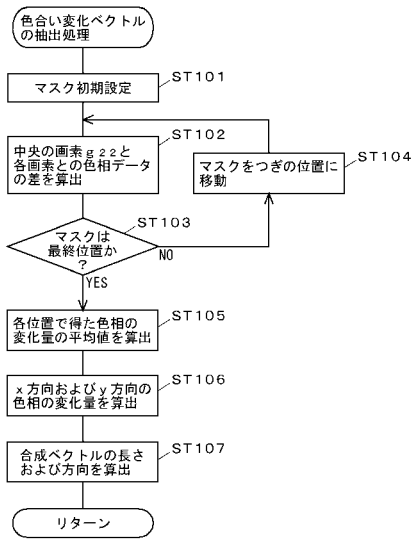
【 図 4 】



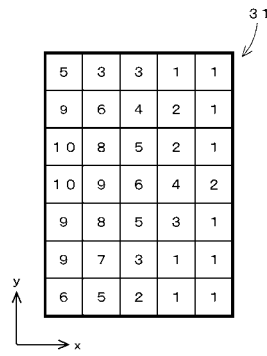
【 図 5 】



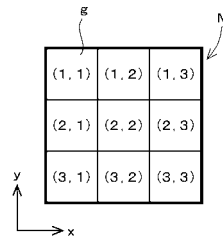
【 図 6 】



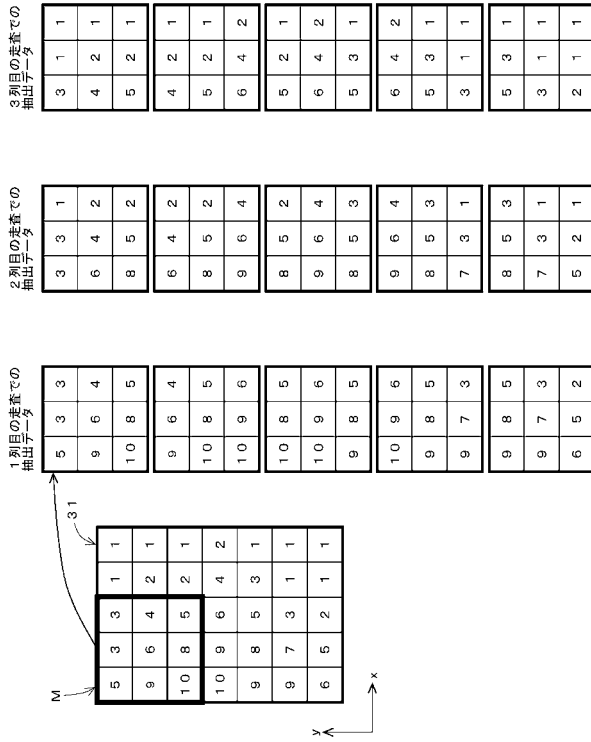
【 図 7 】



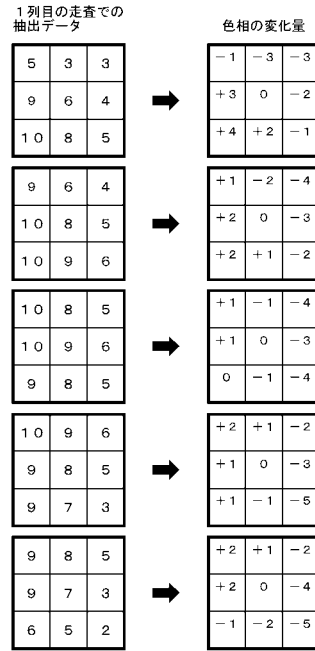
【 図 8 】



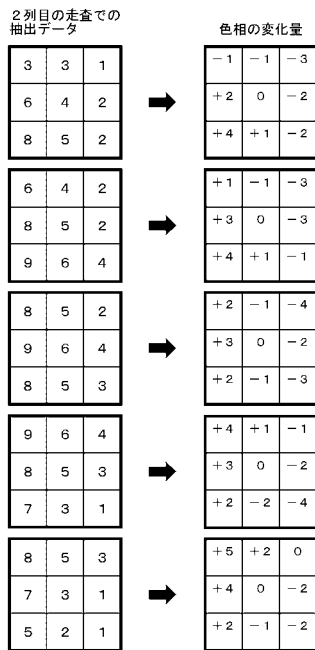
【 図 9 】



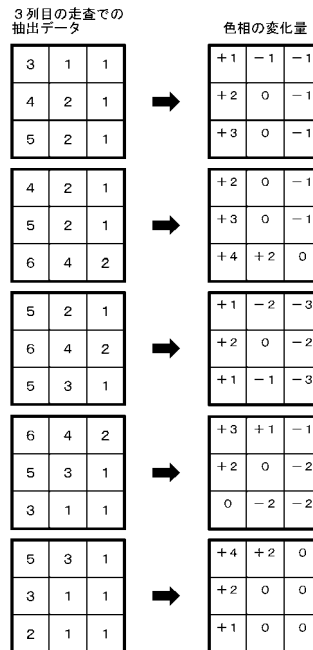
【 図 10 】



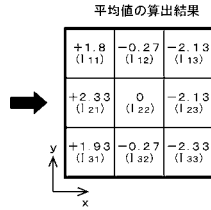
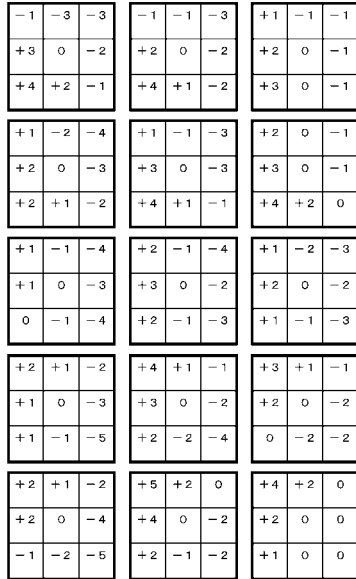
【 図 11 】



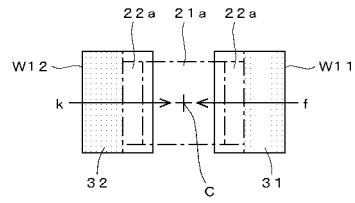
【 図 12 】



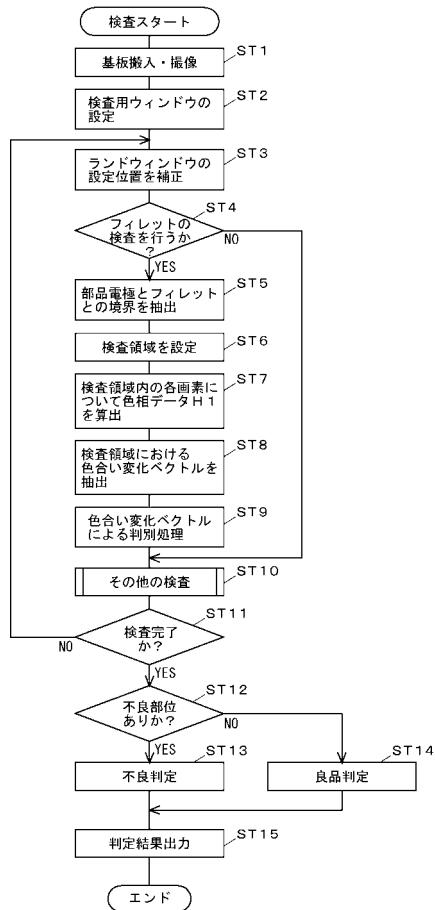
【 図 1 3 】



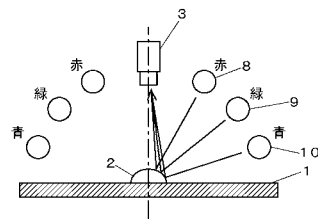
【 図 1 4 】



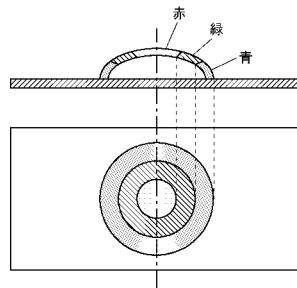
【 図 1 5 】



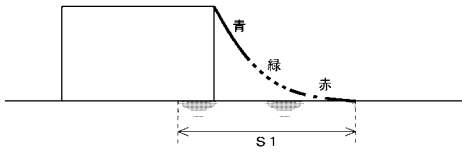
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 四ッ谷 輝久

京都府京都市上京区仁和寺街道千本西入五番町158番地2 コスモトゥディ708号

審査官 田邊 英治

(56)参考文献 特開平03-142303(JP,A)

特開平02-190750(JP,A)

特開平4-301549(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/84 - 21/958