

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4386812号  
(P4386812)

(45) 発行日 平成21年12月16日 (2009.12.16)

(24) 登録日 平成21年10月9日 (2009.10.9)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 23/04 (2006.01)

GO 1 N 23/04

HO 5 K 3/34 (2006.01)

HO 5 K 3/34 5 1 2 A

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2004-248706 (P2004-248706)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成16年8月27日 (2004.8.27)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2005-121633 (P2005-121633A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成17年5月12日 (2005.5.12)	(74) 代理人	100101454
審査請求日	平成19年3月8日 (2007.3.8)		弁理士 山田 卓二
(31) 優先権主張番号	特願2003-303188 (P2003-303188)	(74) 代理人	100081422
(32) 優先日	平成15年8月27日 (2003.8.27)		弁理士 田中 光雄
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100091524
(31) 優先権主張番号	特願2003-330180 (P2003-330180)		弁理士 和田 充夫
(32) 優先日	平成15年9月22日 (2003.9.22)	(74) 代理人	100062926
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 東島 隆治
		(72) 発明者	吉野 信治
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査対象物移動機構の保持面に保持された検査対象物にX線を照射するX線照射手段と、

前記検査対象物を透過したX線を検出するX線検出手段と、

前記X線照射手段と前記X線検出手段との間において、前記保持面と平行かつ前記保持面上で直交するX軸とY軸の2軸をそれぞれ中心として、前記保持面を2方向に下記式(1)および式(2)の条件で往復揺動させる揺動手段と、

前記X線検出手段の検出結果に基づいて前記検査対象物の検査を行う検査手段と、

を具備することを特徴とするX線検査装置。

10

$$\tan ( \quad ) = \tan ( \quad X ) / \tan ( \quad Y ) \quad ( 1 )$$

$$\tan ^2 ( \quad ) = \tan ^2 ( \quad X ) + \tan ^2 ( \quad Y ) \quad ( 2 )$$

ただし、 $\quad$  : X軸と保持面法線との成す角、 $\quad$  : Z軸と保持面法線との成す角、 $\quad X$  : X軸中心の回転角度、 $\quad Y$  : Y軸中心の回転角度、である。

【請求項 2】

前記保持面を揺動させる揺動中心の2軸は、前記保持面上で直交することを特徴とする請求項 1 に記載のX線検査装置。

【請求項 3】

前記揺動手段は、直交する2軸を中心にそれぞれ位相の異なる所定回転角度内で前記保持面を揺動させることを特徴とする請求項 2 に記載のX線検査装置。

20

## 【請求項 4】

前記 X 線照射手段からの X 線照射軸に垂直な方向に向けて前記保持面を移動させる移動機構を更に具備することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の X 線検査装置。

## 【請求項 5】

前記 X 線検出手段の X 線画像データから前記検査対象物の任意の断層面データを表示する表示手段を更に具備することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の X 線検査装置。

## 【請求項 6】

前記検査手段が、予め保存された前記検査対象物の内部情報データと X 線画像データを比較して前記検査対象物の内部状態を検査する検査機能を更に備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の X 線検査装置。

## 【請求項 7】

前記揺動手段は、前記保持面の垂線と前記 X 線照射手段からの X 線照射軸との間の角度を、0 度から 75 度以下の範囲内で変化させて前記保持面を揺動させるよう構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の X 線検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、X 線検査装置、例えば、プリント回路基板上に実装された部品の接合状態、樹脂若しくは金属によりパッケージングされた部品内部の接合状態、及びプリント回路基板内に実装された部品の接合状態等を検査する X 線検査装置及び X 線検査方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年の携帯情報端末等においては小型、高機能化が進み、使用される電子部品の実装においても、小さい空間に出来るだけ多くの電子部品を実装させるために、実装密度を高める高密度化、電極が電子部品の下面に設けられてプリント回路基板のランド上に接合されるフェイスダウン接合化、プリント回路基板の内部に電子部品を実装する部品内蔵化が進んでいる。

## 【0003】

前記のフェイスダウン接合における接合部分、又はプリント回路基板の内部に実装されている場合の接合部分に対しては、直接目視することが出来ないため、その接合部分の断面を露呈させて観察する検査方法や、非破壊により検査対象物の内部状態を観察する X 線検査方法が用いられている。X 線検査方法を用いた場合には、検査対象物内部の接合状態等を観察することが可能であるが、複数個の部品が重なって実装されている場合には、部品が重なり合った X 線画像となり、各部品の状態を正確に観察することが困難であった。このため、従来の X 線検査装置においては、X 線の照射方向と、検査対象物への照射角度とを変更して複数の位置で撮像し、その撮像された X 線画像をトモグラフィ法やラミノグラフィ法を用いて観察したい断層部分を切り出し、観察、検査していた。

## 【特許文献 1】特開平 11 - 344453 号公報

## 【特許文献 2】米国特許第 4926452 号明細書

## 【特許文献 3】特開 2002 - 189002 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

以下、添付の図面を参照しながら従来の X 線検査装置及びその問題点について説明する。なお、各従来例において共通する部分は同一符号を用いて説明する。

## 【0005】

図 18 はトモグラフィ法を用いた従来の X 線検査装置の概略構成を示すブロック図であ

10

20

30

40

50

る。図 18 に示した従来の X 線検査装置としては、例えば、特許文献 1 に開示された装置がある。

【0006】

図 18 に示すように、X 線照射装置 103 からの X 線は、回転装置 101 に保持された検査対象物 102、例えばプリント回路基板に照射され、その検査対象物 102 を透過した X 線が X 線検出装置 100 により検出されるよう構成されている。X 線照射装置 103 は、回転装置 101 の回転中心と、X 線検出装置 100 の撮像中心位置との延長線上に配置され、X 線検出装置 100 に向けて X 線を発生させている。制御装置 104 は、回転装置 101 の回転位置を制御するとともに、X 線検出装置 100 及び X 線照射装置 103 を駆動制御している。制御装置 104 は、検査対象物 102 を保持する回転装置 101 が所定の回転角度の位置において、X 線照射装置 103 から X 線を照射させて、検査対象物 102 を透過した X 線画像を X 線検出装置 100 に取り込むよう駆動制御する。このとき、制御装置 104 は、回転装置 101 を 1 回転若しくは半回転させて X 線検出装置 100 に撮像させて、観察したい断層部分の X 線画像を作成し、表示するよう構成されている。

【0007】

上記のように、図 18 に示す従来の X 線検査装置は、検査対象物 102 を X 線の照射軸と直交する軸を回転軸として回転させる構成である。図 18 に示す従来の X 線検査装置の構成においては、X 線照射装置 103 の X 線が出射する X 線源の X 線焦点（スポット位置）から検査対象物 102 の回転軸の位置までの距離 A と、この回転軸の位置から X 線検出装置 100 の検出部までの距離 B が、検査対象物 102 の外形寸法により制約を受ける。この制約とは、検査対象物 102 であるプリント回路基板の外形（図 18 において C で示す寸法）が回転できるように、距離 A の最小値が、 $A > C / 2$  の条件を満たさなければならないことである。この制約により、検査対象物 102 を X 線照射装置 103 にあまり近づけることができなかった。図 18 に示した従来の X 線検査装置において、検査対象配置空間を規定する A+B の距離を小さくした場合には、X 線画像の倍率である  $(A+B) / A$  における A の値が制限され、倍率を上げることができない。このため、図 18 に示した従来の X 線検査装置では、各部品の詳細な状態を観察することが困難であるという問題点を有していた。

【0008】

図 19 はラミノグラフィ法を用いた従来の X 線検査装置の概略構成を示すブロック図である。図 19 に示した従来の X 線検査装置としては、例えば、特許文献 2 に開示された装置がある。

【0009】

図 19 において、回転 X 線照射装置 105 は熱電子を回転磁界により制御し、所定の位置で X 線を回転して放射させる機能を有している。X 線検出装置 109 は、検査対象物 102、例えばプリント回路基板等を透過した X 線を、シンチレータ 107 において可視光に変換した後に回転ミラー機構 108 を通して検出している。制御装置 106 は回転 X 線照射装置 105 の回転磁界と回転ミラー機構 108 とを同期して駆動制御している。また、制御装置 106 は回転 X 線照射装置 105 と X 線検出装置 109 とを制御して撮像し、X 線検査装置では高速度で検査対象物 102 の断層画像を取得して、検査を行っている。

【0010】

図 19 に示す従来の X 線検査装置においては、検査対象物 102 に対する X 線の照射角度は物理的に予め決まっており、固定値である。従って、検査対象物 102 を回転 X 線照射装置 105 に近づけると、例えば図 19 において W で示す位置では、X 線の照射範囲から外れてしまう。このため、検査対象物 102 を回転 X 線照射装置 105 に近づけて X 線画像を拡大しようとしても、倍率が制限されるという問題がある。また、図 19 に示す従来の X 線検査装置においては、構造が複雑であり高価であった。

【0011】

従来の X 線検査装置の他の例としては、X 線照射装置を傾斜させ、且つ回転させて、検査対象物内で重なった接合部分を分離して各接合部分の接合状態を検査するものがある。

このような従来のX線検査装置としては、例えば特許文献3に開示された装置がある。

【0012】

図20は、X線照射装置を傾斜、回転させて接合状態を検査する従来のX線検査装置の概略構成を示す図である。

【0013】

図20に示すX線検査装置は、X線照射装置110が検出対象物102であるプリント回路基板等に対して斜めにX線を照射させるよう構成されている。X線照射装置110からのX線は、検出対象物102を透過してX線検出装置115により受け取るよう構成されている。この従来のX線検査装置において行われるX線斜め撮影は、X線照射装置110を傾けることにより実施される。このように、検出対象物102に対して様々な角度からX線を照射して、X線検出装置115により検出対象物102のX線透視画像を撮像している。従って、これらのX線透視画像から、検出対象物102における所望の位置の部品の状態を検査することが可能となる。

10

【0014】

図21は、図20に示した従来のX線検査装置の主要部分を示すブロック図である。図21において、検査対象物102は、フェイスダウン接合部分を有するボールグリッドアレイ(以下BGAという)111と、プリント回路基板112と、電子部品113とにより構成された回路形成体である。この検査対象物102に対してX線照射装置110を傾斜させて検査対象物102がX線検出装置115において撮像される。図21においては、X線検出装置115におけるシンチレータ114を示す。

20

【0015】

図21においてFで示したX線撮像画像は、X線照射装置110が検査対象物102の真下にある時のX線画像の一例であり、X線照射装置110からのX線が検査対象物102の回路形成体において部品が重なった状態を示している。また、図21においてGで示したX線撮像画像は、X線照射装置110を斜めに配置して検査対象物102を照射し、X線検出装置115により検出されたX線画像の一例を表している。検査対象物102である回路形成体の内部では異なる位置に電子部品と接合部分等が存在するため、X線撮像画像FとX線撮像画像Gとでは撮影角度の違いにより異なった画像を表す。

【0016】

図21に示すように、X線撮影画像Fのみでは電子部品の陰に隠れて、BGA111の接合部分の全てを検査できないが、X線照射装置110を傾斜させて撮影したX線画像Gを用いることにより、BGA111の全ての接合部分の接合状態を検査することが可能となる。すなわち、撮影された複数のX線画像において、電子部品113の位置を検査範囲から除いてBGAの接合部分を検査することにより、BGAの全ての接合状態を検査することができる。

30

【0017】

しかしながら、図20に示す従来のX線検査装置においては、電子部品間の実装間隔がさらに狭くなると、どの角度においても検査対象の断層と異なる高さにある電子部品の影響を除外することが出来ず、検査対象の断層における正確な情報を取得できないという問題を有していた。

40

【0018】

本発明は、従来の各種X線検査装置における問題点を解決することを課題とするものであり、検査対象物における部品間隔が狭くなり、実装が高密度になっても、所望の断層における情報を正確に取得することが可能なX線検査装置及びX線検査方法を提供することを目的とする。また、本発明においては、検査対象物の形状により分解能の制限を受けることがなく、比較的安価でありながら高分解能で鮮明な断層画像を入手することができ、この断層画像に用いて非破壊検査を精度高く行うことができるX線検査装置及びX線検査方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

50

本発明のX線検査装置は、上記目的を達成するために、  
 保持面に保持された検査対象物にX線を照射するX線照射手段と、  
 前記検査対象物を透過したX線を検出するX線検出手段と、  
 前記X線照射手段と前記X線検出手段との間において、前記保持面と平行かつ前記保持面上で直交するX軸とY軸の2軸をそれぞれ中心として、前記保持面を2方向に下記式(1)および式(2)の条件で往復揺動させる揺動手段と、  
 前記X線検出手段の検出結果に基づいて前記検査対象物の検査を行う検査手段と、を具備する。

$$\tan(\quad) = \tan(X) / \tan(Y) \quad (1)$$

$$\tan^2(\quad) = \tan^2(X) + \tan^2(Y) \quad (2)$$

ただし、 $\quad$  : X軸と保持面法線との成す角、 $\quad$  : Z軸と保持面法線との成す角、 $X$  : X軸中心の回転角度、 $Y$  : Y軸中心の回転角度、である。

10

#### 【0020】

このように構成された本発明においては、保持面に保持された検査対象物における部品間隔が狭くなり、実装が高密度になっても、所望の断層における情報を正確に取得することが可能となる。また、本発明においては、小型で安価な構成により検査対象物を任意の傾き方向、任意の傾き角度の状態で高精度なX線画像を取得することが可能となる。

#### 【0021】

本発明に関連する参考例としてのX線検査装置は、基板にX線を照射するX線照射手段と、

20

前記基板を透過したX線を検出するX線検出手段と、

前記X線照射手段と前記X線検出手段との間において前記基板を揺動させる揺動手段と、

、

前記X線検出手段の駆動と前記揺動手段の駆動とを同期させるX線検出用揺動手段と、

前記揺動手段の直交2軸をそれぞれ位相の異なる所定角度内で揺動させる制御手段と、

前記X線検出手段の検出結果に基づいて前記基板の検査を行う検査手段と、を具備する。

。

#### 【0022】

このように構成された本発明に関連する参考例としてのX線検査装置においては、小型で安価な構成により、検査対象物である基板を任意の傾き方向、任意の傾き角度の状態で高精度なX線画像を取得することが可能となり、制御手段での複数の傾き画像から断層画像を演算により求めることによってボケや虚像の少ない断層画像を取得することができる。また、実装密度の高いプリント回路基板や薄い基板での断層情報を確実に取得することができるため、高分解能で鮮明な断層画像を用いた検査が可能となる。

30

#### 【0023】

本発明に関連する参考例としてのX線検査装置は、X線焦点を頂点とする円錐状にX線を照射するX線照射手段と、

X線の照射範囲内で基板をX線照射軸の直交方向に移動させる基板用移動手段と、

前記基板を透過したX線を検出する検出面を有するX線検出手段と、

40

前記X線検出手段を前記X線照射軸の直交方向に移動させるX線検出用移動手段と、

前記基板用移動手段と前記X線検出用移動手段とを同期駆動制御するモータ制御手段と、

、

前記X線検出手段により形成されたX線画像から前記基板の任意断層面のX線画像を抽出する画像処理手段と、

前記X線画像に基づいて前記基板の任意断層面を検査する検査手段と、を具備し、

前記基板用移動手段は、前記X線検出用移動手段と同期して前記検出面の中心点を前記X線焦点と前記基板の中心点とを結ぶ直線上に配置させる構成である。

また、本発明の他の観点のX線検査装置は、X線焦点を頂点とする円錐状にX線を照射するX線照射手段と、

50

X線の照射範囲内で基板をX線照射軸の直交方向に移動させる基板用移動手段と、  
前記基板を透過したX線を検出する検出面を有するX線検出手段と、  
前記X線検出手段を前記X線照射軸の直交方向に移動させるX線検出用移動手段と、  
前記基板用移動手段と前記X線検出用移動手段とを同期駆動制御する制御手段と、  
前記X線検出手段により形成されたX線画像から前記基板の任意断層面のX線画像を抽出する画像処理手段と、

前記X線画像に基づいて前記基板の任意断層面の検査を行う検査手段と、を具備し、  
前記X線検出手段は、前記基板用移動手段と前記X線検出用移動手段とのそれぞれの水平面での同期回転動作における1回転の期間にX線撮影を行う構成である。

さらに、本発明の他の観点のX線検査装置は、X線焦点を頂点とする円錐状にX線を照射するX線照射手段と、

X線の照射範囲内で基板をX線照射軸の直交方向に移動させる基板用移動手段と、  
前記基板を透過したX線を検出する検出面を有するX線検出手段と、  
前記X線検出手段を前記X線照射軸の直交方向に移動させるX線検出用移動手段と、  
前記基板用移動手段と前記X線検出用移動手段とを同期駆動制御する制御手段と、  
前記X線検出手段により形成されたX線画像から前記基板の任意断層面のX線画像を抽出する画像処理手段と、

前記X線画像から前記基板の任意断層面を検査する検査手段と、を具備し、  
前記X線検出手段は、前記基板用移動手段と前記X線検出用移動手段との同期回転動作中の回転停止時にX線撮影を行う構成である。

#### 【0024】

このように構成された本発明に関連する参考例としてのX線検査装置においては、検査箇所がモニタ画面の中心から移動することなく撮影方向及び撮影倍率を変更して観察することができ、さらに検査箇所の断層面のX線画像から、検査対象である基板、例えばプリント回路基板の接合部のオープン不良を含む様々な接合不良の検査を行うことができる。

#### 【0025】

本発明に関連する参考例としてのX線検査方法は、基板にX線を照射する照射工程と、  
前記基板を透過したX線を検出する検出工程と、  
検出した前記X線のX線画像データから前記基板の任意断層面のデータを抽出する抽出工程と、

前記基板を揺動させる揺動工程と、

前記抽出工程の抽出結果に基づいて前記基板を検査する検査工程と、を有する。

#### 【0026】

このような工程を有する本発明に関連する参考例としてのX線検出方法においては、検査対象物である基板における部品間隔が狭くなり、実装が高密度になっても、所望の断層における情報を正確に取得することが可能となる。また、本発明に関連する参考例としてのX線検出方法においては、検査対象物である基板を任意の傾き方向、任意の傾き角度の状態で高精度なX線画像を取得することが可能となる。

#### 【0027】

本発明に関連する参考例としてのX線検査方法は、X線焦点を頂点とする円錐状にX線を照射する照射工程と、

基板を透過した前記X線をX線検出手段の検出面で検出する検出工程と、

検出された前記X線により形成されたX線画像から前記基板の任意断層面のX線画像を抽出する抽出工程と、

前記基板をX線の照射範囲内でX線照射軸と垂直方向に移動させる移動工程と、

前記移動工程の移動に同期して前記基板と同一平面上においてX線画像中心に目標点を配置する第1配置工程と、

前記X線焦点と前記基板の検査箇所の中心点とを結ぶ直線上に前記検出面の中心点を配置する第2配置工程と、

前記抽出工程の抽出結果に基づいて前記基板の検査を行う検査工程と、を有する。

## 【 0 0 2 8 】

このような工程を有する本発明に関連する参考例としてのX線検出方法においては、検査箇所がモニタ画面の中心から移動することなく撮影方向及び撮影倍率を変更して観察することができ、さらに検査箇所の断層面のX線画像から、検査対象物である基板、例えばプリント回路基板の接合部のオープン不良を含む様々な接合不良の検査を行うことができる。

## 【 0 0 2 9 】

発明の新規な特徴は添付の請求の範囲に特に記載したものに他ならないが、構成及び内容の双方に関して本発明は、他の目的や特徴と合わせて図面と共に以下の詳細な説明を読むことにより、より良く理解され評価されるであろう。

10

## 【発明の効果】

## 【 0 0 3 0 】

本発明のX線検査装置においては、後述の各実施の形態において詳細に説明するように、安価で、高分解能でかつ鮮明な検査対象物の断層情報を容易に取得することができ、この断層情報に基づく正確な検査を行うことができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 3 1 】

以下、本発明のX線検査装置及びX線検査方法の好適な実施の形態について、添付の図面を参照しつつ説明する。

20

## 【 0 0 3 2 】

## 《実施の形態 1》

図1は本発明に係る実施の形態1のX線検査装置の概略構成を示す図である。

図1に示すように、X線照射装置3から出射されたX線は、揺動装置2に保持された検査対象物102、例えばプリント回路基板等の回路形成体に照射され、その検査対象物102を透過したX線がX線検出装置1により検出される。X線照射装置3は、揺動装置2の中心と、X線検出装置1の撮像中心位置との延長線(X線経路)上に配置され、X線検出装置1に向けてX線を発生させている。制御装置6は、揺動装置2のZ軸方向(X線照射軸方向)への移動と、揺動装置2のX軸とY軸に関する傾斜角度を制御するとともに、X線検出装置1及びX線照射装置3を駆動制御している。図1に示す状態において、左右方向がY軸方向であり、このY軸方向に直交する方向がX軸方向である。Z軸方向はX線照射装置3のX線焦点(スポット位置)の鉛直線方向であり、この方向がX線照射軸方向である。

30

## 【 0 0 3 3 】

制御装置6は、検査対象物102を保持する揺動装置2が所定の角度において、X線照射装置3からX線を照射させて、検査対象物102を透過したX線画像をX線検出装置1に取り込むよう駆動制御する。

## 【 0 0 3 4 】

実施の形態1のX線検査装置においては、検査対象物102を透過したX線がX線検出装置1に取り込まれてX線画像が形成され、そのX線画像が制御装置6において演算され、その演算結果が制御装置6において表示されるよう構成されている。

40

## 【 0 0 3 5 】

実施の形態1において用いたX線照射装置3は、加速された熱電子をターゲットに衝突させることにより発生するX線を利用する方式のものであり、内部が常にほぼ真空状態に密封されている密封管方式のものである。しかし、本発明においては、この方式に限定されるものではなく、熱電子を発生させるフィラメントをユーザ側で交換する方法であり、使用する際にその都度内部を真空にする開放管方式のX線照射装置を用いてもよい。ただし、拡大率を大きくして、分解能を上げるためには、X線源のX線焦点サイズ(スポット径)はできる限り小さい方が望ましい。このため、実施の形態1においてはX線焦点サイズが1  $\mu\text{m}$ のX線照射装置3を使用し、表示時のX線画像のボケを極力小さくしている。

50

## 【 0 0 3 6 】

実施の形態 1 において、検査対象物 1 0 2 としての回路形成体には、プリント回路基板、電子部品のいずれか、もしくはそれらを組み合わせた複合品、もしくはそれらを接合した実装部品を示している。プリント回路基板は、紙フェノールの片面基板、多数層のガラスエポキシ基板、フィルム状基板、電子部品内蔵基板、樹脂の表面に回路パターンを形成した基板等の各種基板が含まれる。

## 【 0 0 3 7 】

図 2 は実施の形態 1 における揺動装置 2 の概略構成を示す平面図である。揺動装置 2 は、検査対象物 1 0 2 である前記回路形成体を保持する検査対象物用移動機構である X Y ステージ 7 と、この X Y ステージ 7 を X 軸を中心に回動させる X 軸モータ 4 が固定された内枠 8 と、内枠 8 を介して X Y ステージ 7 を Y 軸を中心に回動させる Y 軸モータ 5 が固定された外枠 9 とを有する。X Y ステージ 7 は内枠 8 に対して X 軸を中心に回動するように、カップリングを介して接続されている。また、内枠 8 は外枠 9 に対して Y 軸を中心に回動するように、カップリングを介して接続されている。なお、図 2 に示す状態において、X Y ステージ 7 の縦方向が X 軸方向であり、横方向が Y 軸方向である。

## 【 0 0 3 8 】

次に、実施の形態 1 における揺動装置 2 により駆動される検査対象物 1 0 2 の揺動状態を説明する。図 3 は実施の形態 1 の X 線検査装置における検査対象物 1 0 2 の揺動状態を示す説明図である。図 4 は実施の形態 1 の X 線検査装置における検査対象物 1 0 2 の傾き方向 T と傾き角度  $\theta$  を示す概念図である。

## 【 0 0 3 9 】

図 3 に示すように、実施の形態 1 における揺動装置 2 により検査対象物 1 0 2 は揺動動作を行う。ここで、揺動動作とは、検査対象物 1 0 2 を保持する X Y ステージ 7 の保持面 7 a の中心点の法線が X 線照射軸に対して所定角度を有して保持面 7 a の中心を回転中心点（揺動中心点）として回転することをいう。実施の形態 1 においては、X 線照射装置 3 が揺動装置 2 の中心位置と X 線検出装置 1 の撮像中心位置との延長線上に配置されており、この延長線が X 線照射軸であり Z 軸となる。従って、この Z 軸に対して所定角度を有して X Y ステージ 7 の保持面 7 a の中心点（揺動中心点）の法線が揺動している。なお、揺動中心は、X 軸モータ 4 と Y 軸モータ 5 との回転軸の交点位置であり、固定である。しかし、X Y ステージ 7 上で検査対象物 1 0 2 の位置を変更することにより、検査対象物 1 0 2 の所望の位置を検査が可能である。

## 【 0 0 4 0 】

図 4 は実施の形態 1 の X 線検査装置における検査対象物 1 0 2 の傾き方向 T と傾き角度  $\theta$  を示す概念図である。ここで、傾き方向 T とは、X Y ステージ 7 の保持面（X Y 面）7 a において、検査対象物 1 0 2 の中心点（保持面 7 a の中心点）の法線が X 軸となす角度を持つ方向をいう。また、傾き角度  $\theta$  とは、検査対象物 1 0 2 の中心点の法線が Z 軸となす角度をいう。図 4 において、角度  $\phi_X$  は、X 軸モータ 4 の回転軸の回転角度を示し、Y Z 面における Z 軸に対する角度を示している。また、角度  $\phi_Y$  は、Y 軸モータ 5 の回転軸の回転角度を示し、Z X 面における Z 軸に対する角度を示している。

## 【 0 0 4 1 】

傾き方向 T を規定する角度  $\theta$  は、下記式（1）に示すように、X 軸モータ 4 の回転角度  $\phi_X$  と Y 軸モータ 5 の回転角度  $\phi_Y$  により表される。また、傾き角度  $\theta$  は、下記式（2）に示すように、X 軸モータ 4 の回転角度  $\phi_X$  と Y 軸モータ 5 の回転角度  $\phi_Y$  により表される。

## 【 0 0 4 2 】

## 【 数 1 】

$$\text{TAN}(\theta) = \text{TAN}(\phi_X) / \text{TAN}(\phi_Y) \quad (1)$$

10

20

30

40

50



【 0 0 4 3 】

【 数 2 】

$$\text{TAN}^2(\alpha) = \text{TAN}^2(\phi X) + \text{TAN}^2(\phi Y) \quad (2)$$

【 0 0 4 4 】

以上のように、X軸モータ4の回転角度 XとY軸モータ5の回転角度 Yとを規定することにより、任意の傾き方向T及び任意の傾き角度 を設定することが可能となる。

10

【 0 0 4 5 】

実施の形態1においては、X軸モータ4の回転角度 XとY軸モータ5の回転角度 Yとを規定して、XYステージ7の保持面(XY面)7a、すなわち検査対象物102に対する揺動動作を行っている。図5は実施の形態1のX線検査装置においてX軸モータ4とY軸モータ5の駆動動作を示す波形図である。図5においては、傾き角度 が45度の場合であり、この場合には $\text{TAN} 45^\circ = 1$ 、となり $\text{TAN} X$ と $\text{TAN} Y$ の最大値が1となる。

【 0 0 4 6 】

実施の形態1においては、傾き角度 を45度とし、傾き方向Tを規定する角度を0度から360度まで移動させている。この場合、X軸モータ4が所定角度内で往復動作を行い、Y軸モータ5がX軸モータ4と図5に示すように位相のずれた関係を保ちつつ動作を行う。例えば、Y軸モータ5はX軸モータ4と位相が90度ずれた状態で同じ振幅及び周期で往復動作を行ってもよい。

20

【 0 0 4 7 】

なお、上記の揺動動作において、傾き角度 を変更した場合には、 $\text{TAN} X$ と $\text{TAN} Y$ の振幅が変わる。また、実施の形態1においては、傾き角度 は、0度から75度以下の範囲内で設定できるよう構成されている。但し、30度以上75度以下の範囲内で比較的良好な画像を取得することが可能である。

【 0 0 4 8 】

実施の形態1において、上記のように検査対象物102は揺動装置2により所定の揺動動作を行い、その揺動動作において、所定の位置に到達したときX線照射装置3からX線が照射されて、検査対象物102を透過したX線がX線検出装置1に取り込まれる。このとき、制御装置6は、揺動装置2により傾き方向Tが360度変わる間、すなわち揺動動作が1回転する間にX線検出装置1に複数回撮像させて、断層X線画像を作成し、表示する。

30

【 0 0 4 9 】

実施の形態1のX線検査装置においては、検査対象物102を揺動動作させる構成であるため、前述の図18に示したトモグラフィ法を用いた従来のX線検査装置のように、検査対象物102の全体を一回転させる必要がなく、検査対象物102をX線源のX線焦点(スポット位置)に近づけることが可能となる。この結果、実施の形態1のX線検査装置は、小型で高分解能を有する装置となる。

40

【 0 0 5 0 】

実施の形態1のX線検査装置において、揺動装置2のXYステージ7における検査対象物102の保持手段としては、ねじ等の物理的固定手段を用いている。また、揺動装置2において、揺動装置2の全体がX線照射軸方向(Z軸方向)へ任意に移動できるよう、ラックとピニオンによる駆動機構が設けられている。なお、X線検出装置1及びX線照射装置3に駆動機構を設けて、X線検出装置1及びX線照射装置3を同時もしくは個別にX線照射軸方向(Z軸方向)に移動できるよう構成して、X線画像の倍率をさらに大きく設定変更できる構成としてもよい。

【 0 0 5 1 】

50

実施の形態 1 における X 線検出装置 1 は、X 線の線量を電気信号に変換する機能を有するものである。X 線検出装置 1 において、X 線を可視光に変換するシンチレータが設けられており、このシンチレータより入射した X 線を可視光に変換した後、その光をレンズで集光し、CCD、CMOS 等の光電子変換素子に入光させている。従って、実施の形態 1 においては、シンチレータとレンズにより X 線の分解能を決めた後に、X 線の線量を電気信号に変換するよう構成されている。

#### 【0052】

また、別の X 線検出装置として、次のような構成、動作の装置でもよい。X 線イメージインテンシファイヤのように、X 線を荷電粒子に変換する第 1 のシンチレータにより入射した X 線を荷電粒子に変換し、その後、荷電粒子を磁界制御して集中させる。そして、集中した荷電粒子を可視光に変換する第 2 のシンチレータにあてて光に変換し、その光を CCD、CMOS 等の光電子変換素子を用いて電気信号に変換する。また、X 線フラットパネルのように、X 線を可視光に変換するシンチレータにより X 線を光に変換した後、その光を CCD、CMOS 等の光電子変換素子に直接入光させて、電気信号に変換してもよい。

#### 【0053】

実施の形態 1 において、制御装置 6 は、X 線照射装置 3 の X 線発生の ON/OFF 制御、管電圧設定、管電流設定、エラー監視を行い、揺動装置 2 の傾き方向 T 及び傾き角度を制御している。また、制御装置 6 は、X 線検出装置 1 から入力された X 線画像データである電気信号を演算処理し、演算処理した電気信号の状態を表示する。制御装置 6 は、複数枚の X 線画像からトモグラフィ法を用いて断層データを表示する機能を有している。また、制御装置 6 における検査方法としては、X 線検出装置 1 が取得した傾いた画像をそのまま表示して、作業者が判定する方法と、複数の X 線画像からトモグラフィ法により立体画像を作成し、その立体画像から任意の断層面を表示して、作業者が判定する方法である。

#### 【0054】

図 6 は、実施の形態 1 の X 線検査装置における検査動作を示すフローチャートである。

#### 【0055】

図 6 に示すように、実施の形態 1 の X 線検査装置においては、まずステップ 201 で揺動装置 2 を Z 軸方向（X 線照射軸方向）に移動し所望の倍率とする。次に、ステップ 202 において、X 軸モータ 4 と Y 軸モータ 5 を回転駆動して検査対象物 102 を固定した XY ステージ 7 を揺動動作させる。この揺動動作中において、XY ステージ 7 の保持面 7a が所定の傾き方向 T と所定の傾き角度 に到達したとき、X 線照射装置 3 から X 線を照射させて、検査対象物 102 を透過した X 線画像が X 線検出装置 1 に取り込まれる撮像動作を行う（ステップ 203）。この撮像動作は、予め決めた複数の位置において行われる。すなわち、保持面 7a の傾き方向 T が 360 度変わる間（1 回転の間）に、X 線検出装置 1 に複数回撮像させて、所定枚数の X 線画像を取得する。取得された複数枚の X 線画像から当該検査対象物 102 の立体画像（三次元画像）を作成し、制御装置 6 の表示部に表示する（ステップ 204）。作成された立体画像から所望の断層面の状態を検出し、良否を判定する（ステップ 205）。この良否判定においては、予め取得している良品状態の断層面のデータと当該検査対象物 102 の断層面のデータとの差分をとり、その差分画像をもとに検査してもよい。

#### 【0056】

以上のように、実施の形態 1 の X 線検査装置によれば、小型で安価な構成により、検査対象物 102 を任意の傾き方向、任意の傾き角度の状態で高精度な X 線画像を取得することが可能となり、制御装置 6 での複数の傾き画像から断層画像を演算により求めることによってボケや虚像の少ない断層画像を取得することができる。また、実装密度の高いプリント回路基板や薄い基板での断層データを確実に取得することができるため、高分解能で鮮明な断層画像を用いた検査が可能となる。

#### 【0057】

なお、実施の形態 1 において、揺動装置 2 として、X 軸モータ 4 と Y 軸モータ 5 を用いる揺動機構を用いた例で説明したが、3 軸以上の多軸制御装置 10 を用いて構成することも可能である。図 7 は実施の形態 1 における揺動装置 2 の変形例であり、検査対象物 102 を固定するステージ 7 A が 3 つの多軸制御装置 10 により駆動される。また、各多軸制御装置 10 は X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向にステージ 7 A を移動できるよう構成されている。図 8 は揺動装置 2 のさらに別の変形例である。図 8 に示す揺動装置 2 においては、検査対象物 102 を固定するステージ 7 B が 6 軸ロボットである多軸制御装置 10 により駆動される。従って、ステージ 7 B は 6 軸ロボットのアームにより、検査対象物 102 を X 軸、Y 軸及び Z 軸方向に関して揺動動作とスライド動作を行うことができる。図 7 や図 8 に示すように、多軸制御機構 301 を用いて、検査対象物 102 を固定したステージ 7 A 又は 7 B を揺動動作させ、X 軸、Y 軸及び Z 軸方向に関して揺動動作とスライド動作を行うよう構成することにより、検査対象物 102 に対して所望の動作をさせることが可能となり、検査位置の変更機能や倍率変更機能を容易に実施することが可能となる。

【0058】

《実施の形態 2》

図 9 は本発明に係る実施の形態 2 の X 線検査装置の概略構成を示す図である。図 10 は実施の形態 2 の X 線検査装置における検査対象物の駆動機構を示す構成図である。実施の形態 2 の X 線検査装置は、前述の実施の形態 1 の X 線検査装置の揺動装置 2 にさらに X 線検出装置 1 を揺動させる X 線検出用揺動装置 20 を設けるとともに、X 軸、Y 軸及び Z 軸に移動可能な X Y Z 移動テーブル 26 を設けている。実施の形態 2 において、前述の実施の形態 1 における構成要素と同じ機能、構成を有するものには同じ符号を付し、その説明は省略する。

【0059】

図 9 に示すように、実施の形態 2 の X 線検査装置においても、X 線照射装置 3 から出射された X 線は、揺動装置 2 に保持された検査対象物 102 に照射され、その検査対象物 102 を透過した X 線が X 線検出装置 1 により検出される。X 線照射装置 3 の X 線焦点（スポット位置）は、揺動装置 2 の中心と、X 線検出装置 1 の撮像中心位置との延長線上に配置され、X 線検出装置 1 に向けて X 線を発生させている。

【0060】

実施の形態 2 の X 線検査装置においては、図 10 に示すように、揺動装置 2 の X Y ステージ 7 に検査対象物駆動機構である多軸制御装置 25 が設けられている。この多軸制御装置 25 は図 9 においては省略する。実施の形態 2 の X 線検査装置においては、多軸制御装置 25 により X Y ステージ 7 上の X Y Z 移動テーブル 26 が X 軸、Y 軸及び Z 軸に移動可能に構成されている。この X Y Z 移動テーブル 26 の上に検査対象物 102 である、例えばプリント回路基板、電子部品等の回路形成体が固定される。

【0061】

また、実施の形態 2 の X 線検査装置においては、X 線検出装置 1 を揺動させる X 線検出用揺動装置 20 が設けられている。X 線検出用揺動装置 20 は、検出対象物 102 を揺動させる揺動装置 2 と同様に、X 線検出装置 1 が固定された X Y ステージ 27 と、この X Y ステージ 27 を X 軸を中心に回動させる X 軸モータ 21 と、X Y ステージ 27 を Y 軸を中心に回動させる Y 軸モータ 22 を有している。ただし、X Y ステージ 27 は Z 軸方向には移動しない構成である。実施の形態 2 における X 線検出用揺動装置 20 は、揺動装置 2 と同期して同じ方向に駆動される。すなわち、X 線検出用揺動装置 20 における X Y ステージ 27 と揺動装置 2 の X Y ステージ 7 は常に同じ向きとなるよう揺動する。

【0062】

実施の形態 2 における制御装置 23 は、揺動装置 2 の Z 軸方向への移動と、X Y ステージ 7 の X 軸と Y 軸に関する傾斜角度と、X 線検出用揺動装置 20 における X Y ステージ 27 の X 軸と Y 軸に関する傾斜角度とを制御している。また、制御装置 23 は、X 線検出装置 1 及び X 線照射装置 3 を駆動制御している。制御装置 23 は、検査対象物 102 を保持する揺動装置 2 が所定の角度において、X 線照射装置 3 から X 線を照射させて、検査対象

物 1 0 2 を透過した X 線を X 線検出装置 1 に取り込むよう駆動制御する。そして、X 線検出装置 1 に取り込まれた X 線画像のデータが制御装置 2 3 に入力され、その X 線画像のデータが制御装置 2 3 において演算され、その演算結果が表示される。また、制御装置 2 3 において作成された断層面の情報の良否が自動的に判断されて表示されるよう構成されている。

#### 【 0 0 6 3 】

実施の形態 2 の X 線検査装置においては、揺動装置 2 の X Y ステージ 7 に多軸制御装置 2 5 と X Y Z 移動テーブル 2 6 が設けられており、X Y Z 移動テーブル 2 6 が単独で X 軸、Y 軸及び Z 軸に移動可能に構成されている。これにより、検査対象物 1 0 2 を X Y ステージ 7 に対して任意の位置 ( X 軸方向の位置、Y 軸方向の位置及び Z 軸方向の位置) に設定することができる。従って、X Y ステージ 7 における X 線照射基準位置に対して、検査対象物 1 0 2 の任意の部分を所定の傾き角度及び傾き方向に設定することができる。この結果、実施の形態 2 の X 線検査装置によれば、検査対象物 1 0 2 の全ての位置を容易に検査することが可能となる。

10

#### 【 0 0 6 4 】

実施の形態 2 の X 線検査装置においては、X 線検出装置 1 を揺動させる X 線検出用揺動装置 2 0 が設けられており、X 線検出用揺動装置 2 0 は揺動装置 2 と同期して同じ方向に駆動される。すなわち、X 線検出用揺動装置 2 0 における X Y ステージ 2 7 と揺動装置 2 の X Y ステージ 7 が同一の傾き方向 T と、同一の傾き角度 に設定されている。この結果、実施の形態 2 の X 線検査装置は、X 線画像の歪みを防止することが可能となる。実施の形態 2 の X 線検査装置において、X 線検出用揺動装置 2 0 における X Y ステージ 2 7 と揺動装置 2 の X Y ステージ 7 の両者を同一に制御する方法として、各モータの回転位置を検出し、その回転位置に基づいて制御装置 2 3 においてフィードバック制御して駆動している。

20

#### 【 0 0 6 5 】

なお、揺動装置 2 と X 線検出用揺動装置 2 0 とを同一に制御する手段としては、物理的に両者を接続し、片方の揺動機構をモータ制御することにより、同一の傾き方向 T、同一の傾き角度 を実現することも可能である。

#### 【 0 0 6 6 】

実施の形態 2 の X 線検査装置においては、制御装置 2 3 がアルゴリズムによる自動検査機能を有している。このため、検査品質のばらつきのない信頼性の高い安定した X 線検査を実現できる。

30

#### 【 0 0 6 7 】

図 1 1 は実施の形態 2 の X 線検査装置において、制御装置 2 3 が有するアルゴリズムによる自動検査機能の動作を示すフローチャートである。

#### 【 0 0 6 8 】

図 1 1 の揺動動作ステップ 3 0 1 において、多軸制御装置 2 5 により X Y Z 移動テーブル 2 6 を所望の位置に設定し、揺動装置 2 を Z 軸方向 ( X 線照射軸方向 ) に移動して所望の倍率とする。そして、検査対象物 1 0 2 を固定した X Y ステージ 7 と X 線検出用揺動装置 2 0 とを同期して揺動動作させる。この揺動動作中において、X Y ステージ 7 の保持面 7 a が所定の傾き方向 T と所定の傾き角度 に到達したとき、X 線照射装置 3 から X 線を照射させて、検査対象物 1 0 2 を透過した X 線が X 線検出装置 1 に取り込まれる。この撮像動作は、予め決めた所定の傾き方向 T と所定の角度 の複数の位置において行われる。すなわち、X Y ステージ 7 の保持面 7 a の傾き方向 T が 3 6 0 度変わる間 ( 1 回転の間 ) に、X 線検出装置 1 に複数回撮像させて、所定枚数の X 線画像を取得する ( 画像取得ステップ 3 0 2 ) 。

40

#### 【 0 0 6 9 】

設定データ格納部 4 0 1 には、予め所定の傾き方向 T と所定の角度 に関する各断層面の良品状態における全ての X 線画像を取得して格納されている。従って、画像取得ステップ 3 0 2 において、設定データ格納部 4 0 1 から揺動装置 2 及び X 線検出用揺動装置 2 0

50

を駆動制御する制御装置 2 3 に対して傾き方向 T と角度 に関する情報が送られる。

【 0 0 7 0 】

立体画像作成ステップ 3 0 3 において、トモグラフィ法を用いて、立体画像データ格納部 4 0 2 からのアルゴリズムにより、当該検査対象物 1 0 2 の立体画像データを作成する。

【 0 0 7 1 】

次に、検査画像設定ステップ 3 0 4 において、設定データ格納部 4 0 1 から送られた情報に基づき所定の断層面を指定して、作成された立体画像データにおける一部の情報を選択する。この選択された情報により形成される所定の断層面のデータと、保存されている当該検査対象物に関する良品状態の立体画像データにおける断層面のデータとを比較する。良品状態の立体画像データは良品画像データ格納部 4 0 3 から選択して送られる。検査画像設定ステップ 3 0 4 において、比較した際の相関値により、設定データ格納部 4 0 1 に保存された良否判定基準値に基づいて、良否判定を実施する。

10

【 0 0 7 2 】

上記のように、実施の形態 2 の X 線検査装置においては、制御装置 2 3 が有する自動検査機能により、X 線検査を確実に、且つ容易に行うことができる。

【 0 0 7 3 】

実施の形態 2 の X 線検査装置は、画像認識装置を用いて自動検査システムを構築することができる。これら自動検査システムにおいては、生産ラインに X 線検査装置をインラインで設置し、生産中のプリント回路基板等の回路形成体をコンベアで自動搬送して連続検査することができる。

20

【 0 0 7 4 】

実施の形態 2 の X 線検査装置においては、揺動装置 2 の X Y ステージ 7 に X Y Z 移動テーブル 2 6 が設けられているため、検査対象物 1 0 2 を X Y ステージ 7 に対して任意の位置に設定することができ、X Y ステージ 7 における X 線照射基準位置に対して、検査対象物 1 0 2 の任意の部分を、所定の傾き角度及び傾き方向に設定することができる。この結果、実施の形態 2 の X 線検査装置によれば、取得した X 線画像からボケや虚像の少ない高精度の断層画像を作成することが可能となり、検査対象物 1 0 2 の全体を容易にかつ、より正確に検査することが可能となる。

【 0 0 7 5 】

30

なお、実施の形態 2 において、X 線検出用揺動装置装置 2 0 及び X 線照射装置 3 に駆動機構を設けて、X 線検出用揺動装置装置 2 0 及び X 線照射装置 3 を同時もしくは個別に X 線照射軸方向 ( Z 軸方向 ) に移動できるよう構成して、X 線画像の倍率をさらに大きく設定変更できる構成としてもよい。

【 0 0 7 6 】

《実施例 3》

図 1 2 は本発明に係る実施の形態 3 の X 線検査装置の主要な内部構成を示す平面断面図であり、図 1 3 はその正面断面図である。図 1 4 乃至図 1 7 は実施の形態 3 の X 線検査装置における X 線撮影及び画像合成の説明図である。実施の形態 3 において、前述の実施の形態 1 及び実施の形態 2 における構成要素と同じ機能、構成を有するものには同じ符号を付し、その説明は省略する。

40

【 0 0 7 7 】

図 1 2 及び図 1 3 において、X 線遮蔽箱 3 0 内には X 線検出装置 1、X 線照射装置 3、検査対象物用移動機構である基板用 X Y ステージ 3 1、及び X 線検出用移動機構である X 線検出用 X Y ステージ 3 2 等が配設されている。X 線照射装置 3 の真上に設けられた基板用 X Y ステージ 3 1 には検査対象物 1 0 2 であるプリント回路基板等が装着される基板保持機構 4 0 が設けられている。基板保持機構 4 0 は基板用 X Y ステージ 3 1 に対して X 軸方向と Y 軸方向へ移動可能に構成されている。基板用 X Y ステージ 3 1 には基板用 X 軸モータ 3 3 を有する基板用 X 軸駆動機構 4 1 と基板用 Y 軸モータ 3 4 を有する基板用 Y 軸駆動機構 4 2 が設けられている。基板保持機構 4 0 は基板用 X 軸駆動機構 4 1 と基板用 Y 軸

50

駆動機構 4 2 とにより X 軸方向と Y 軸方向へ駆動される。

【 0 0 7 8 】

X 線検出用 X Y ステージ 3 2 には X 線検出装置 1 が固定されている。X 線検出用 X Y ステージ 3 2 には、X 線検出用 X 軸モータ 3 5 を有する X 線検出用 X 軸駆動機構 4 3 と X 線検出用 Y 軸モータ 3 6 を有する X 線検出用 Y 軸駆動機構 4 4 が設けられている。このため、X 線検出装置 1 が固定された X 線検出用 X Y ステージ 3 2 は、X 軸方向と Y 軸方向へ移動可能に構成されている。また、X 線検出用 X Y ステージ 3 2 は Z 軸方向（図 1 3 における上下方向）へ移動可能に X 線検出用 Z 軸駆動機構 3 9 が設けられている。

【 0 0 7 9 】

モータ制御装置 3 7（図 1 3 においてブロックで示す）は、基板用 X Y ステージ 3 1 及び X 線検出用 X Y ステージ 3 2 を駆動する各モータを同時に制御する。また、表示装置 3 8（図 1 3 においてブロックで示す）は、X 線検出装置 1 からの X 線画像のデータ及び算出された X 線断層画像のデータが表示される。

【 0 0 8 0 】

実施の形態 3 の X 線検査装置において、X 線照射装置 3 は X 線遮蔽箱 3 0 内における下部に固定されている。X 線は X 線照射装置 3 の X 線焦点（X 線スポット）5 0 から上方に向けて広い照射角度で円錐状に照射される。X 線焦点 5 0 から放射された X 線は、検査対象物 1 0 2 である、例えばプリント回路基板を透過して X 線検出装置 1 に入射される。この X 線が検査対象物 1 0 2 を透過する際、その検査対象物 1 0 2 の物質の X 線吸収率に応じて減衰される。X 線検出装置 1 においては、取り込まれた X 線の強度に比例した濃淡画像に変換して X 線画像を作成する。作成された X 線画像は表示装置 3 8 において表示される。

【 0 0 8 1 】

実施の形態 3 の X 線検査装置において、検査対象物 1 0 2 は基板用 X Y ステージ 3 1 の基板保持機構 4 0 により固定されて、X 軸方向と Y 軸方向へ移動できるよう構成されている。検査対象物 1 0 2 は基板用 X 軸駆動機構 4 1 と基板用 Y 軸駆動機構 4 2 により基板用 X Y ステージ 3 1 の水平面上の任意の位置に移動できる。一方、X 線検出装置 1 が固定された X 線検出用ステージ 3 2 は、X 線検出用 Z 軸駆動機構 3 9 に固定されている。さらに、X 線検出用 Z 軸駆動機構 3 9 は X 線検出用 X 軸駆動機構 4 3 及び X 線検出用 Y 軸駆動機構 4 4 に取付けられている。このため、実施の形態 3 における X 線検出装置 1 は、X 線検出用 X 軸駆動機構 4 3、X 線検出用 Y 軸駆動機構 4 4、及び X 線検出用 Z 軸駆動機構 3 9 による移動範囲内の任意の空間上の位置に移動できる。図 1 2 において、破線で示す円 Q が基板保持機構 4 0 の中心点の軌跡を示し、円 R が X 線検出装置 1 の検出面の中心点の軌跡を示す。

【 0 0 8 2 】

次に、実施の形態 3 の X 線検査装置における X 線撮影について図 1 4 を参照して説明する。図 1 4 は検査対象物 1 0 2 としてボールグリッドアレイ（以下 B G A という）接合部を有するプリント回路基板であり、図 1 4 において P 1、P 2 は B G A 接合部の X 線画像を示している。

【 0 0 8 3 】

図 1 4 において、X 線画像 P 1 は B G A 接合部を有するプリント回路基板（1 0 2）を基板用 X Y ステージ 3 1 に固定し、B G A 接合部の中心のボール接合部が X 線検出装置 1 の X 線画像の中心に撮影されるように垂直方向に透視した画像である。このとき、B G A 接合部を有するプリント回路基板（1 0 2）の上部にコンデンサ等の X 線透過率の低い部品が実装されている。このため、B G A 接合部の中心のボール接合部の観察が妨げられている。また、X 線画像 P 2 は、B G A 接合部を有するプリント回路基板（1 0 2）を図 1 4 の左方向に移動し、且つ B G A 接合部の中心のボール接合部が撮影される X 線画像の中心となるよう、X 線検出装置 1 をさらに左方向に移動した画像である。X 線画像 P 2 では、コンデンサ等の X 線透過率の低い部品が中心のボール接合部と重ならないため、B G A 接合部の中心のボール接合部を観察することができる。

## 【 0 0 8 4 】

上記のプリント回路基板 ( 1 0 2 ) の移動と X 線検出装置 1 の移動は、作業者が操作装置 6 0 ( 図 1 3 においてブロックで示す ) における検査対象物 1 0 2 の X 軸方向及び / 又は Y 軸方向の移動スイッチを押すだけで、検査対象物 1 0 2 の移動量に応じて X 線検出用 X Y ステージ 3 2 を自動的に移動させる。このとき、X 線検出用 X Y ステージ 3 2 は、基板用 X Y ステージ 3 1 における基板保持機構 4 0 の移動量に X 線撮影の拡大率を乗じた分だけ移動する。この結果、常に B G A 接合部の中心のボール接合部が撮像された X 線画像の中心の位置となる。ここで、X 線撮影の拡大率とは、X 線焦点 5 0 から X 線検出装置 1 の画像形成位置までの距離 G を、X 線焦点 5 0 から検出対象物 1 0 2 の検出位置までの距離 F で除した値 (  $G / F$  ) である。なお、X 線検出用 Z 軸駆動機構 3 9 により X 線検出装置 1 を移動させて拡大率が変化した場合には、自動的に拡大率が再計算され、その算出された拡大率に応じて X 線検出用 X Y ステージ 3 2 を動作させる。

10

## 【 0 0 8 5 】

上記のように、実施の形態 3 の X 線検査装置においては、基板用 X Y ステージ 3 1 の基板保持機構 4 0 の移動量に応じて X 線検出用 X Y ステージ 3 2 を自動的に移動させて、観察したい注目点を常に X 線画像の中心となるよう構成している。

## 【 0 0 8 6 】

次に、上記のように構成された実施の形態 3 の X 線検査装置における X 線断層検査方法について図 1 5 から図 1 7 を用いて説明する。実施の形態 3 の X 線検査装置における X 線断層検査方法として 2 つの検査方法がある。

20

## 【 0 0 8 7 】

## [ 第 1 の X 線断層検査方法 ]

まず、第 1 の X 線断層検査方法について図 1 5 と図 1 6 を用いて説明する。図 1 5 は実施の形態 3 の X 線検査装置における X 線断層撮影の説明図である。図 1 6 は実施の形態 3 の X 線検査装置における第 1 の X 線断層検査方法により撮影した X 線画像 P 3 を示している。

## 【 0 0 8 8 】

図 1 5 における検査対象物 1 0 2 は、一例として 3 層構造のプリント回路基板を示している。このプリント回路基板は、3 層構造として、観察面である中間層に円形パターン P a があり、中間層の上に四角形パターン P b があり、中間層の下に三角形パターン P c で構成されている。このプリント回路基板は基板用 X Y ステージ 3 1 の基板保持機構 4 0 に取り付けられており、基板用 X 軸駆動機構 4 1 と基板用 Y 軸駆動機構 4 2 により基板用 X Y ステージ 3 1 の基板保持機構 4 0 が水平面上で円運動を行う。この時、基板保持機構 4 0 の移動量に X 線撮影の拡大率を乗じた分だけ X 線検出用 X Y ステージ 3 2 を自動的に移動させている。この結果、X 線検出用 X Y ステージ 3 2 は基板保持機構 4 0 の円運動の直径に X 線撮影の拡大率を乗じた大きさの直径で円運動を行う。上記の拡大率の計算においては、X 線焦点 5 0 から検出対象物 1 0 2 の観察面である目標位置までの距離は、X 線焦点 5 0 からプリント回路基板の中間層である円形パターン P a までの距離で計算する。これにより、3 層構造のプリント回路基板の円形パターン P a が図 1 6 の X 線画像 P 3 に示すように、常に X 線検出装置 1 による X 線画像の中心に撮影される。この撮影動作において、検査対象物 1 0 2 であるプリント回路基板と X 線検出装置 1 の回転運動の中心は、X 線焦点 5 0 を通る鉛直線上にある。この回転運動において、基板用 X Y ステージ 3 1 と X 線検出用 X Y ステージ 3 2 のそれぞれの回転角度が常に同じになるように、それぞれを駆動する各軸のモータがモータ制御装置 3 7 により同期制御されている。

30

40

## 【 0 0 8 9 】

実施の形態 3 における X 線検出装置 1 は、蓄積型のカメラを用いることにより、シャッタが開いている時間と X 線強度の積に比例した濃淡画像が得られる構造である。図 1 6 に示した X 線画像 P 3 は、プリント回路基板と X 線検出装置 1 の円運動が 1 回転する間、シャッタを開いた状態で撮影した X 線画像である。回転角度が 0 度のときカメラのシャッタを開き、1 回転したときシャッタを閉じれば、プリント回路基板の X 線画像において、円

50

形パターン P a は常に X 線画像の中心に投影されて鮮明なパターンが撮影される。一方、別の断層面にある四角形パターン P b や三角形パターン P c は回転運動に応じて X 線画像の異なる位置に投影されるため、画像がぼけてしまいはっきりとした像とならない。

#### 【 0 0 9 0 】

従って、実施の形態 3 における X 線検出装置 1 を用いて第 1 の X 線断層検査方法を行うことにより、合成水平断層画像を形成して、検査対象物 1 0 2 における指定した断層面の状態が確実に検査可能となる。

#### 【 0 0 9 1 】

##### [ 第 2 の X 線断層検査方法 ]

次に、実施の形態 3 の X 線検査装置における第 2 の X 線断層検査方法について図 1 5 及び図 1 7 を参照して説明する。

#### 【 0 0 9 2 】

前述の第 1 の X 線断層検査方法においては、検査対象物 1 0 2 であるプリント回路基板と X 線検出装置 1 の 1 回転の円運動においてシャッタを開放して 1 回の撮影を行っている。第 2 の X 線断層検査方法においては、円運動における一定の角度毎に、プリント回路基板と X 線検出装置 1 とを停止させて、その静止状態で撮影を行っている。従って、第 2 の X 線断層検査方法においては、1 回転の円運動の間に複数回撮影し、複数の X 線画像を作成している。このため、第 2 の X 線断層検査方法は、複数の X 線画像を重ね合わせることであり、前述の第 1 の X 線断層検査方法と同様に合成水平断層画像を得ることができる。

#### 【 0 0 9 3 】

第 2 の X 線断層検査方法においても、図 1 5 に示した 3 層構造のプリント回路基板を検査対象物 1 0 2 として説明する。

#### 【 0 0 9 4 】

プリント回路基板は基板用 X Y ステージ 3 1 の基板保持機構 4 0 に取付けられている。撮影動作の最初において、基板用 X Y ステージ 3 1 は、予め決められている検査対象物 1 0 2 の水平面上の円運動における円周上の角度 0 度の位置まで移動して停止する。この時、基板用 X Y ステージ 3 1 の移動量に X 線撮影の拡大率を乗じた分だけ X 線検出用 X Y ステージ 3 2 は自動的に移動している。この状態において撮影を行い最初の X 線画像を作成する。次に、基板用 X Y ステージ 3 1 を、予め決められている円運動における円周上の所望の角度の位置まで移動して停止し、撮影する。以下、順次基板用 X Y ステージ 3 1 を円運動における円周上の所望の角度毎に撮影する。このように撮影することにより、円運動の円周上の全ての停止位置で 3 層構造のプリント回路基板の円形パターン P a が常に X 線検出装置 1 による X 線画像の中心に撮像される。

#### 【 0 0 9 5 】

上記のように、第 2 の X 線断層検査方法において、検査対象物 1 0 2 であるプリント回路基板の円運動の中心点と、X 線検出装置 1 の円運動の中心点は、X 線焦点 5 0 を通る鉛直線上にある。また、プリント回路基板と X 線検出装置 1 のそれぞれの円運動における円周上の位置は、各円における中心角度が常に同じである。このように、プリント回路基板と X 線検出装置 1 が円運動するよう、基板用 X 軸モータ 3 3、基板用 Y 軸モータ 3 4、X 線検査用 X 軸モータ 3 5 及び X 線検査用 Y 軸モータ 3 6 は、モータ制御装置 3 7 により同期制御されている。

#### 【 0 0 9 6 】

第 2 の X 線断層検査方法において、シャッタが開いている時間と X 線強度の積に比例した濃淡画像の X 線画像が、X 線検出装置 1 により作成されるのは前述の第 1 の X 線断層検査方法と同様である。ただし、第 2 の X 線断層検査方法においては、シャッタの開放時間が短時間であるため撮影できる高感度カメラを使用するほうが望ましい。

#### 【 0 0 9 7 】

図 1 7 は、プリント回路基板と X 線検出装置 1 を 9 0 度毎に停止して撮影し、4 枚の X 線画像を作成した例である。図 1 7 において、P 0 は角度 0 度のときの X 線画像であり、P 9 0 は角度 9 0 度のときの X 線画像であり、P 1 8 0 は角度 1 8 0 度のときの X 線画像

10

20

30

40

50



であり、P 2 7 0 は角度 2 7 0 度のときの X 線画像である。図 1 7 において中央に記載した P A は、4 枚の X 線画像を実施の形態 3 の X 線検査装置における画像処理装置 7 0 (図 1 3 においてブロックで示す)において重ね合わせることににより形成した合成 X 線画像であり、合成水平断層画像である。

【 0 0 9 8 】

なお、第 2 の X 線断層検査方法においては、円運動における停止位置を多くし、停止角度を小さくして撮影し、多くの X 線画像を作成して、それらを合成することにより、さらなる鮮明な X 線画像が得られる。ただ、停止位置が多くなるに従い撮影のための時間が長くなり、X 線検査に長時間が必要となる。

【 0 0 9 9 】

10

第 2 の X 線断層検査方法においては、画像処理装置 7 0 により所望の角度毎に得られた複数の X 線画像の情報をを用いて C T 技術による X 線画像の再構成演算を行うことにより、3 次元の立体画像を作成することもできる。このように作成された立体画像を用いて検査対象物 1 0 2 における各断面層の情報を正確に検出することが可能となる。従って、第 2 の X 線断層検査方法を用いることにより検査対象物 1 0 2 の各断面層に関する内部情報を軸移動を行うことなく、容易に検査することが可能となる。

【 0 1 0 0 】

以上のように、実施の形態 3 の X 線検査装置によれば、検査対象物 1 0 2 の検査箇所を X 線照射角の範囲内の任意の方向から容易に観察でき、拡大率を変更しても常に同じ検査箇所を観察できるばかりでなく、検査箇所を含む水平断面の画像だけを抽出することができる。さらに、実施の形態 3 の X 線検査装置によれば、検査対象物 1 0 2 の各断面層の情報も容易に取得することが可能となる。

20

【 0 1 0 1 】

実施の形態 3 の X 線検査装置によれば、X 線照射装置 3 及び X 線焦点を固定した X 線検出装置 1 により、X 検査の注目点である検査箇所がモニタ画面の中心から移動することなく撮影方向及び撮影倍率を変更して観察することができる。また、実施の形態 3 の X 線検査装置によれば、検査箇所の水平断層画像を合成することにより、例えばプリント回路基板の接合部のオープン不良を含む様々な接合不良を検査することができる。

【 0 1 0 2 】

本発明の X 線検査装置においては、各実施の形態において詳細に説明したように、安価で、高分解能でかつ鮮明な検査対象物の断層情報を容易に取得することができ、この断層情報に基づく正確な検査を行うことができる。

30

【 0 1 0 3 】

近年においては、携帯情報機器等の電子機器の市場では商品の小型、軽量化が強く求められており、電子機器を構成する回路基板に対しても小型、軽量化の要望が強くなっている。そのため、従来のようなパッケージの周辺に電極リードを配置した Q F P (Quad Flat Package)や S O P (Small Outline Package)等のリニア接合型の電子部品から、パッケージの裏面全体にボール電極等を配置した B G A (Ball grid array)や C S P (Chip Size Package)等のエリア接合型の電子部品が広く使われるようになってきている。エリア接合型パッケージは、リニア接合型に比べて狭い面積の中に多くの電極を持てるので回路基板を小型化できる利点があるが、接合部が外から見えないため光学的外観検査装置が使用できない。そこで、これらの部品の接合検査には回路基板内部の状態を透視できる X 線撮影法が用いられるようになってきている。このような部品に対して、本発明の X 線検査装置は有用である。

40

【 0 1 0 4 】

発明をある程度の詳細さをもって好適な形態について説明したが、この好適形態の現開示内容は構成の細部において変化してしかるべきものであり、各要素の組合せや順序の変化は請求された発明の範囲及び思想を逸脱することなく実現し得るものである。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 0 5 】

50

本発明に係る X 線検査装置は、安価で、高分解能でかつ鮮明な検査対象物の断層情報を容易に取得することができるため、X 線検査において有用である。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1】本発明に係る実施の形態1のX線検査装置の概略構成を示す図

【図2】実施の形態1のX線検査装置における揺動機構を示す構成図

【図3】実施の形態1のX線検査装置における検査対象物の揺動状態を示す図

【図4】実施の形態1のX線検査装置における検査対象物の傾き方向と傾き角度を示す概念図

【図5】実施の形態1のX線検査装置においてX軸モータとY軸モータの駆動状態を示す波形図 10

【図6】実施の形態1のX線検査装置における動作を示すフローチャート

【図7】本発明に係るX線検査装置における揺動機構の他の構成を示す図

【図8】本発明に係るX線検査装置における揺動機構のさらに他の構成を示す図

【図9】本発明に係る実施の形態2のX線検査装置の概略構成を示す図

【図10】実施の形態2のX線検査装置における検査対象物駆動機構を示す構成図

【図11】実施の形態2のX線検査装置における動作を示すフローチャート

【図12】本発明に係る実施の形態3のX線検査装置の主要な内部構成を示す平面断面図

【図13】実施の形態3のX線検査装置の主要な内部構成を示す正面断面図

【図14】実施の形態3のX線検査装置におけるX線撮影の説明図 20

【図15】実施の形態3のX線検査装置におけるX線断層撮影の説明図

【図16】実施の形態3のX線検査装置における第1のX線断層撮影の説明図

【図17】実施の形態3のX線検査装置における第2のX線断層撮影の説明図

【図18】トモグラフィ法による従来のX線検査装置の概略構成を示す図

【図19】ラミノグラフィ法による従来のX線検査装置の概略構成を示す図

【図20】従来のX線検査装置の他の構成例を示す図

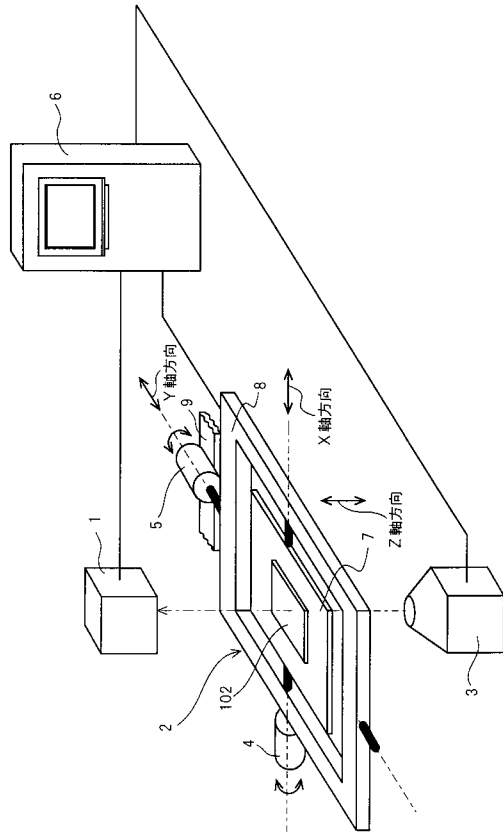
【図21】図20に示した従来のX線検査装置における主要部の構成及び動作を示す図

【符号の説明】

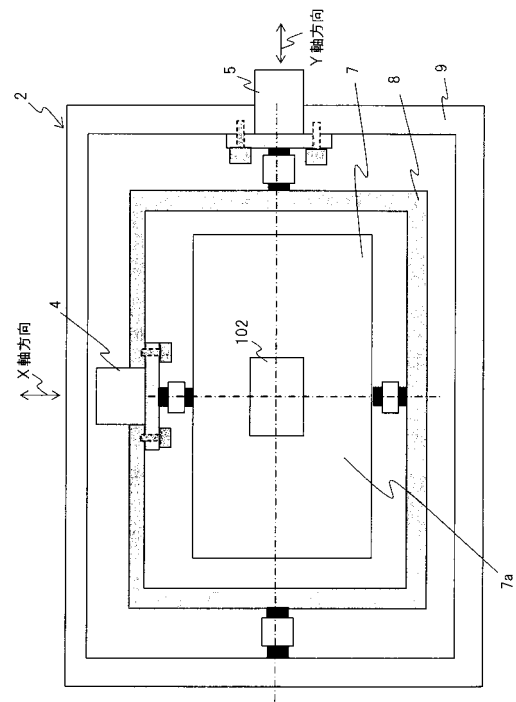
【0107】

- |     |           |    |
|-----|-----------|----|
| 1   | X線検出装置    | 30 |
| 2   | 揺動装置      |    |
| 3   | X線照射装置    |    |
| 4   | X軸モータ     |    |
| 5   | Y軸モータ     |    |
| 6   | 制御装置      |    |
| 7   | XYステージ    |    |
| 8   | 内枠        |    |
| 9   | 外枠        |    |
| 10  | 多軸制御装置    |    |
| 20  | X線検出用揺動装置 | 40 |
| 21  | X軸モータ     |    |
| 22  | Y軸モータ     |    |
| 23  | 制御装置      |    |
| 102 | 検査対象物     |    |

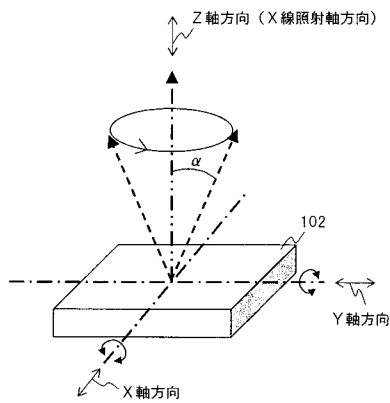
【図 1】



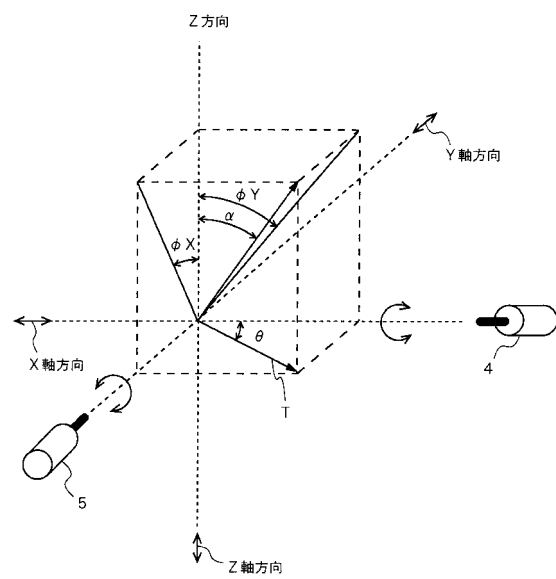
【図 2】



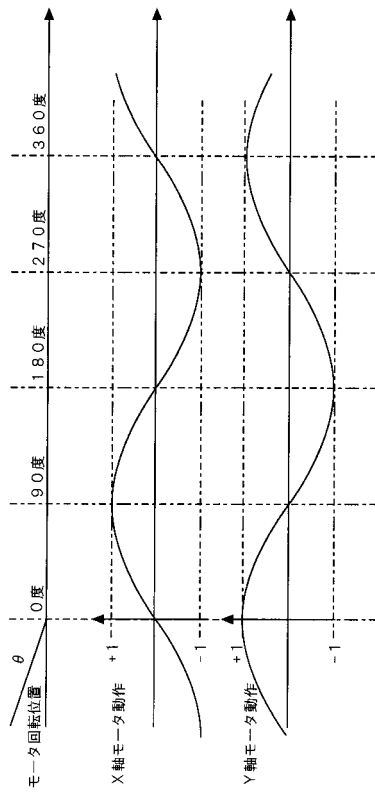
【図 3】



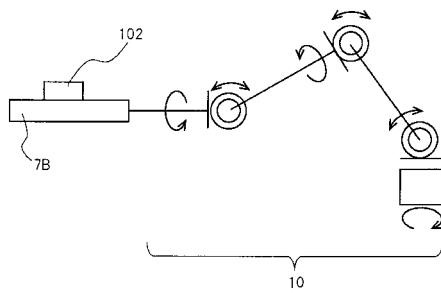
【図 4】



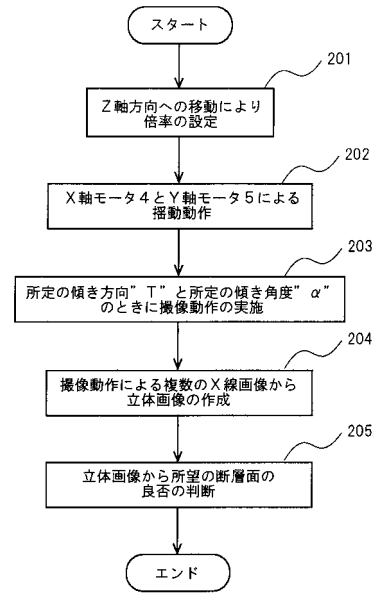
【図 5】



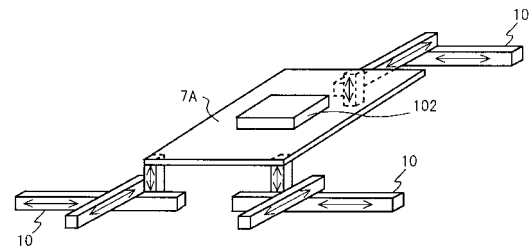
【図 8】



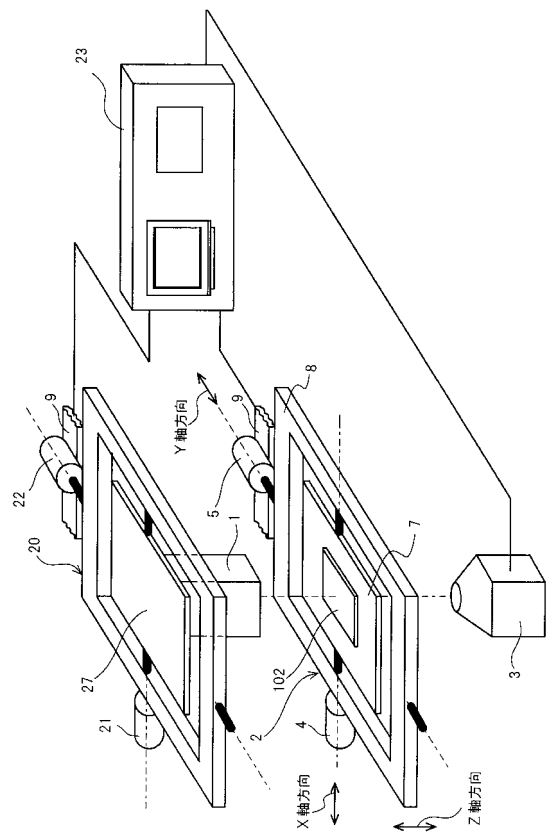
【図 6】



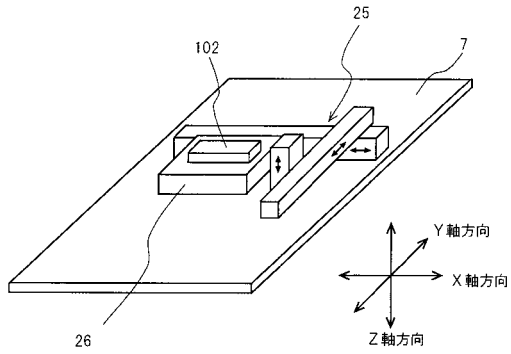
【図 7】



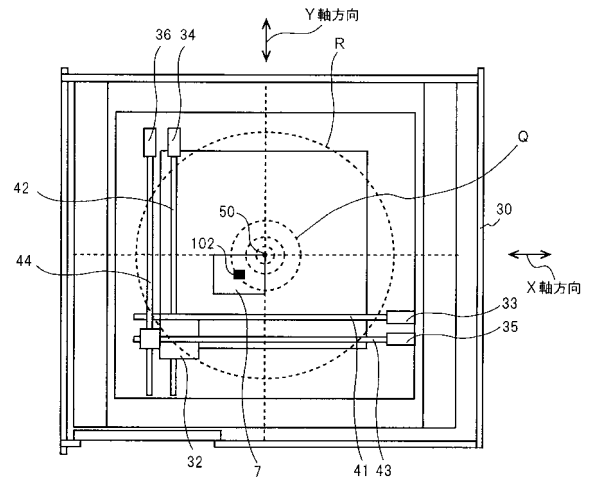
【図 9】



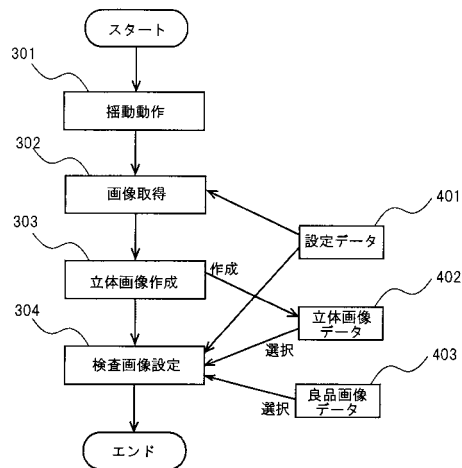
【図 10】



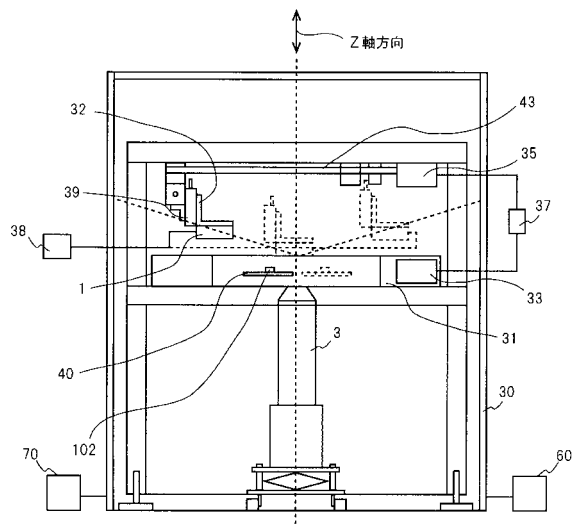
【図 12】



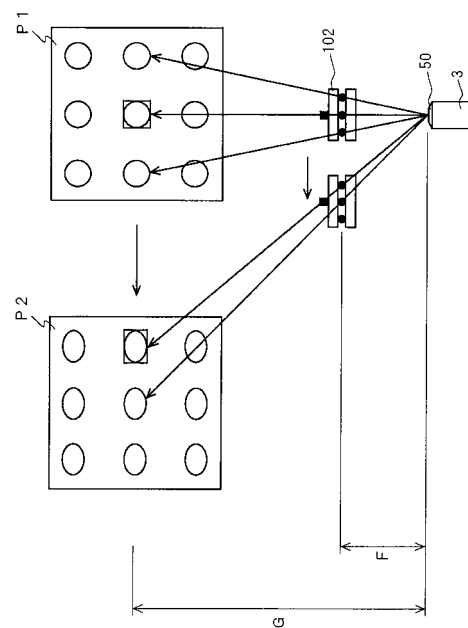
【図 11】



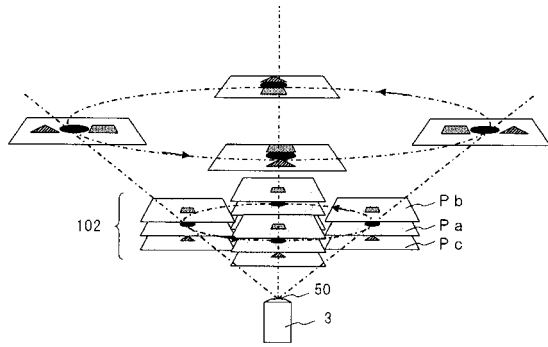
【図 13】



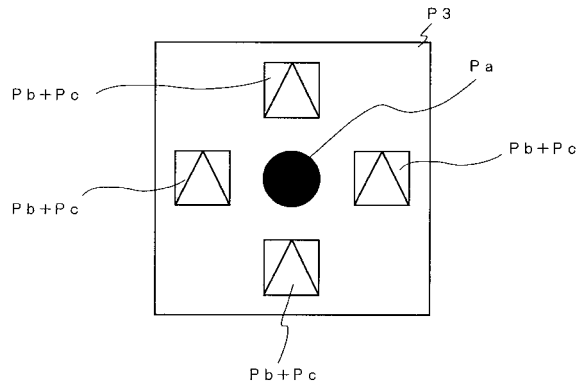
【図 14】



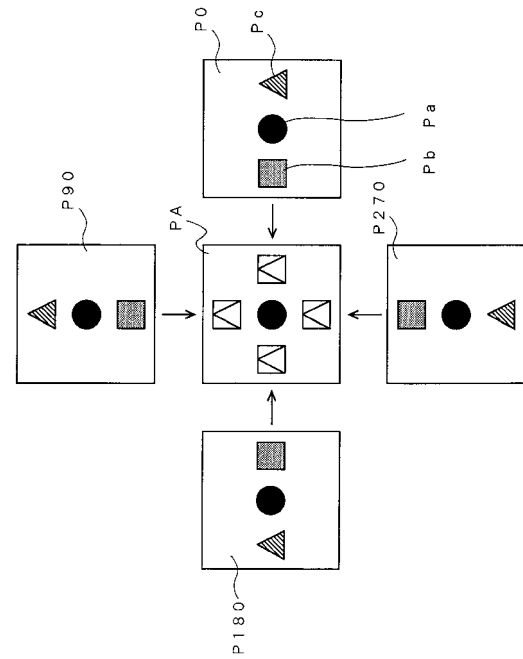
【図 15】



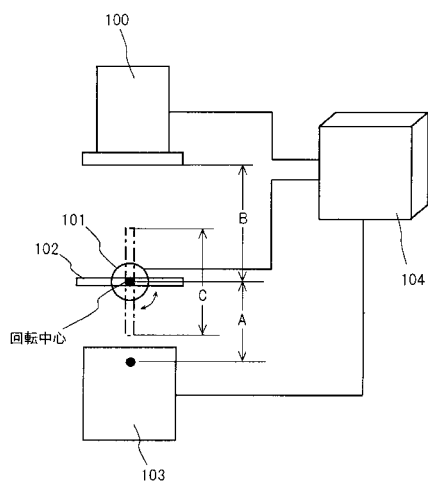
【図 16】



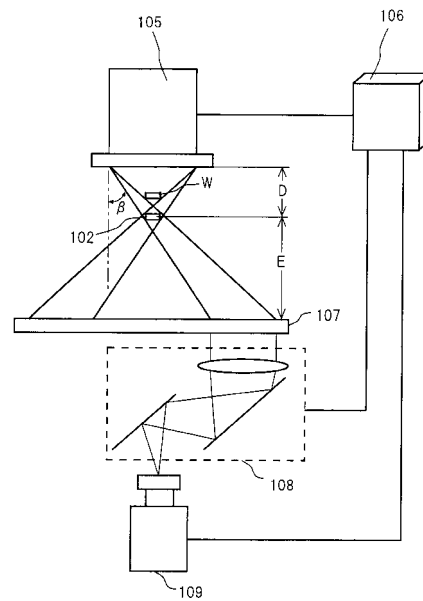
【図 17】



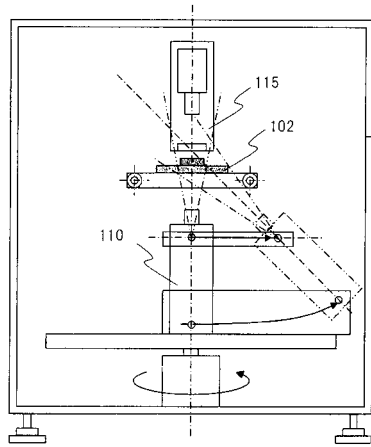
【図 18】



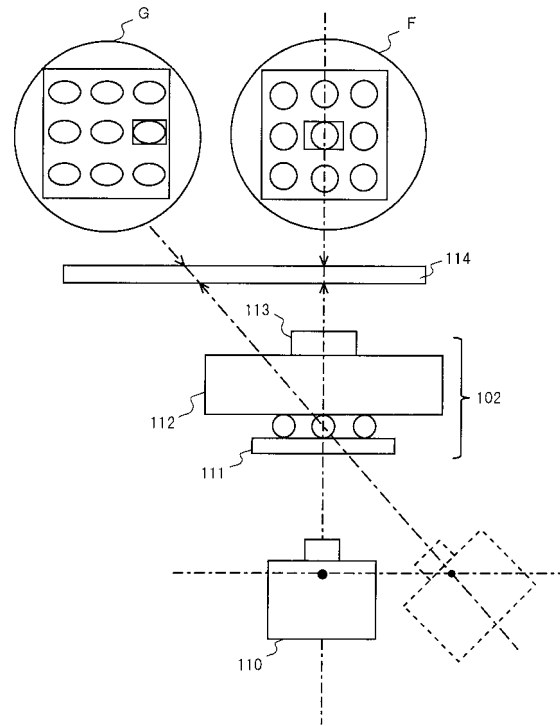
【図 19】



【図 20】



【図 21】



## フロントページの続き

- (72)発明者 市原 勝  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 井上 博之  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 木下 俊生  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 大内 一生  
愛媛県温泉郡川内町南方2131番地1 松下寿電子工業株式会社内

審査官 遠藤 孝徳

- (56)参考文献 特開平8-327563(JP,A)  
特開2000-215304(JP,A)  
特開平7-221151(JP,A)  
特公平7-43329(JP,B2)  
特公平7-46080(JP,B2)  
米国特許出願公開第2003/39332(US,A1)  
特開平11-183406(JP,A)  
特開平3-77008(JP,A)  
特開昭59-116040(JP,A)  
特開2003-214830(JP,A)  
特開2002-296204(JP,A)  
特開2002-189002(JP,A)  
特公平6-100451(JP,B2)  
特公平8-15174(JP,B2)  
特公平6-92944(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 23/00 - 23/227  
H05K 3/30 - 3/34  
G01B 15/00 - 15/08  
JSTPlus(JDreamII)  
JST7580(JDreamII)