

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-33593

(P2010-33593A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 6 T 1/00 (2006.01)	G O 6 T 1/00 3 O 5 A	2 F O 6 5
G O 1 B 11/02 (2006.01)	G O 1 B 11/02 H	5 B O 5 7

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2009-250101 (P2009-250101)	(71) 出願人	503121103
(22) 出願日	平成21年10月30日 (2009.10.30)		株式会社ルネサステクノロジ
(62) 分割の表示	特願2004-15718 (P2004-15718)	(74) 代理人	100080001
	の分割		弁理士 筒井 大和
原出願日	平成16年1月23日 (2004.1.23)	(72) 発明者	渡部 典生
			東京都青梅市藤橋三丁目3番地2 株式会
			社ルネサス東日本セミコンダクタ内

最終頁に続く

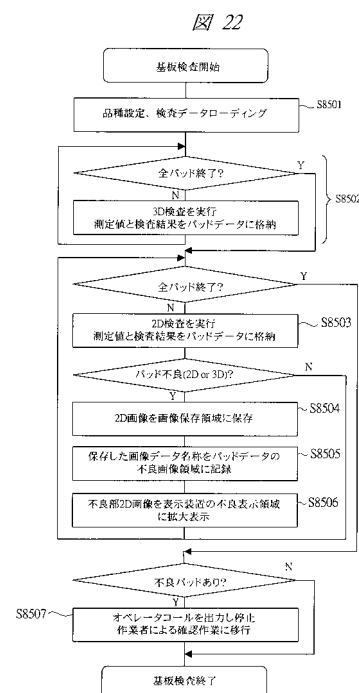
(54) 【発明の名称】 半導体集積回路装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】半導体集積回路装置の製造技術において、データ作成が簡単で不良部の目視確認が容易な、基板上に印刷された半田の2D・3D検査技術を提供する。

【解決手段】2D・3D半田印刷検査装置による基板の検査工程において、検査装置に2D検査機能と3D検査機能を実装し、最初に3D検査を実行し、続いて2D検査を実行することで、検査終了と同時に不良判定パッド（印刷半田）の部分の2D撮像画像を拡大表示することを可能とし、それにより作業者に効率的な目視確認環境を提供する。また、検査データ作成時に生基板を測定することにより、検査装置が自動で生成した独自の高さ測定基準とパッド上面高さとの関係を調べ、これにより、検査においてパッド上面基準による印刷半田の高さ・体積の測定を可能とする。

【選択図】図22



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

以下の工程を含む半導体集積回路装置の製造方法：

（a）配線基板上に半田を印刷する工程；

（b）前記配線基板上に印刷された半田を検査する工程；

（c）前記配線基板上に印刷された半田上に回路部品を搭載する工程、

前記（b）工程は、3次元検査と2次元検査を含み、前記3次元検査と前記2次元検査とは、光源の切り替えが可能な共通のカメラを用いて実行され、前記3次元検査と前記2次元検査との間で異なる光の照射を可能とすることにより、前記共通のカメラによって撮像された画像を用いて前記半田の検査を行う。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の半導体集積回路装置の製造方法において、
前記 2 次元検査は、前記 3 次元検査の後に実行される。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の半導体集積回路装置の製造方法において、
前記共通のカメラは、CMOS エリアカメラである。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の半導体集積回路装置の製造方法において、
前記光源はLED 照明ランプである。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】**【0001】**

本発明は、半導体集積回路装置の製造技術に関し、特に、基板上に印刷された半田を 3 次元（以下、3D と称する）および 2 次元（以下、2D と称する）で検査する工程に適用して有効な技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

たとえば、半導体集積回路装置の製造技術において、半田などを検査する技術に関しては、日本特開 2000-193432 号公報（特許文献 1）、日本特開 2000-22326 号公報（特許文献 2）に記載される技術などが挙げられる。

30

【0003】

特許文献 1 には、シリコンウエハ上のバンプの計測技術において、半田の高さや面積などの 2D・3D 計測を可能とし、3D 計測の一連の処理の前もしくは後に 2D 計測を行う段階を付加することができる技術が記載されている。

【0004】

特許文献 2 には、半田検査技術において、基板のパッド面を 2D で測定し、この測定結果と、パッド面に半田を搭載した半田搭載後の状態とから半田の搭載状態の良否を検出し、ここでエラーとならなかったものに関しては第 2 段階として 3D で検査することができる技術が記載されている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】**【0005】**

【特許文献 1】特開 2000-193432 号公報

【特許文献 2】特開 2000-22326 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

ところで、半導体集積回路装置の製造技術において、特に、基板上に印刷された半田を検査する技術に関しては、本発明者が検討した結果、以下のようなことが明らかとなった。

50

【0007】

以下において、（１）印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法、（２）完全自動設定でパッド上面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する方法、（３）目視判定に適した３Ｄ半田印刷検査装置、の各観点から順に説明する。

【0008】

（１）印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法

３Ｄ検査を半田印刷検査に適用するにあたって、実際の検査対象には基板の反りがあるということと、印刷半田上面と基板面（レジスト面）とでは、スリット光が当たった部分のエリア画像上での明度値で最大で１００対１位の大きな差があるという難しい問題がある。

10

【0009】

この問題に対して、これまでの技術では、たとえば、基板の反りに追従するようにレーザとＰＳＤ（Position Sensitive Detector）を上下に駆動するＺ軸機構を付加するものがある。印刷半田と基板面の明度の違い（反射率の違い）については、印刷半田からの反射光検出用のＰＳＤと、基板面からの反射光を検出するＰＳＤの２つを実装することで対応している。しかし、この技術では、ＰＳＤを２つ実装するなど、コスト的な課題が発生する。

【0010】

（２）完全自動設定でパッド上面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する方法

たとえば、これまでの技術では、３Ｄ検査用データを作成するにあたって、作業による高さ測定基準点の設定という作業が不可欠であった。すなわち、クリーム半田印刷後の基板上面は、クリーム半田、金あるいは銅あるいは半田コートパッド（印刷半田に隠れてほとんど露出していないパッド）、基材の上を直接覆うレジスト、配線パターン上を覆うレジストなどから構成されている。

20

【0011】

この場合に、メタルマスクのガーバデータ（開口部の形状、面積、位置を記述した設計データ）を読取ることで、基板上のどの位置にどのくらいのクリーム半田が転写されるかを知ることができる。検査装置は、クリーム半田が転写されるべき領域を測定することで、印刷半田上面の高さを、検査装置の測定基準からの値として測定することができる。しかし、印刷半田の高さは、パッド上面から測定しなければならない。

30

【0012】

また、基板が完全に剛体で全く反りがなければ、検査装置の測定基準と基板パッド上面を予め一致させることができる。しかし、実際の基板では、最大で±１．５mm程度の反りが見込まれるので、検査装置の測定基準と基板パッド上面を予め一致させることは不可能である。

【0013】

そこで、検査時に、印刷半田上面の測定とは別に、測定基準となるべきパッド上面の測定が必要となってくる。しかも、基板の反りの存在を考えると、測定対象である印刷半田ごとに、その近傍に高さ測定基準を設ける必要がある。

【0014】

しかし、印刷後の基板ではパッド上面の露出はわずかである。もう１つの基準面として、レジストに覆われた配線パターン（内層パターン）が考えられるが、基板上での存在場所が限定される。しかも、半田印刷検査装置は、通常、内層パターンの存在場所の判るデータを持ち合わせていない。そこで、これまでの技術では、作業による高さ測定基準点の設定が不可欠作業になっているという課題がある。

40

【0015】

（３）目視判定に適した３Ｄ半田印刷検査装置

３Ｄ検査装置は、通常、検査対象を２Ｄ撮像する手段を持たないので、作業に対して目視確認に必要な対象物の拡大画像を提供することができない。これに対して、２Ｄ検査と３Ｄ検査の共用機では、３Ｄ検査で不良と判定した部分の２Ｄ拡大画像を、作業者に対

50

して提供することができる。ただし、2D・3D共用機でも、最初に2D検査を実施し、次に3D検査を実施するというシーケンスでは実現が大変難しくなる。

【0016】

たとえば、生産工程に組み込まれた検査装置では、通常、撮像画像の保存は行わない。画像データは容量が大きいので、保存するとなると記憶装置に書き込むのに無視できない時間が発生し、しかも記憶装置のかかなりの部分を占有するので現実的でないからである。

【0017】

そこで通常、検査装置が不良と判定した部分に限って、必要に応じて撮像画像を保存するというのが一般的である。すると、2D検査を最初に行い、その後3D検査を実行するシーケンスであると、3D検査では不良であるが2D検査では良品判定となる検査対象の場合、その2D画像は保存されないことになる。よって、検査が終了した時点では、作業者の目視確認に必要な2D撮像画像を提供できないことになる。

【0018】

もし、目視確認用2D画像を提供するためには、3D検査では不良で2D検査で良品判定となったパッドについて、もう一度、2Dカメラでの撮像動作を行わなければならない。その撮像動作の間は、作業者は目視確認を行うことができないという課題が発生する。

【0019】

本発明の目的は、半導体集積回路装置の製造技術において、データ作成が簡単で不良部の目視確認が容易な、基板上に印刷された半田の2D・3D検査技術を提供することにある。

【0020】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0022】

本発明は、基板上に半田を印刷する工程、基板上に印刷された半田を検査する工程、基板上に印刷された半田上に回路部品を搭載する工程、を含む半導体集積回路装置の製造方法に適用され、検査する工程は、基板上に印刷された半田を3Dで検査する工程、この後に基板上に印刷された半田を2Dで検査する工程、3Dの検査での不良部を2Dで拡大表示する工程、を含むものである。すなわち、2D検査機能と3D検査機能を実装し、最初に3D検査を実行し、続いて2D検査を実行することで、検査終了と同時に不良判定パッド（印刷半田）の部分の2D撮像画像を拡大表示することを可能とし、それにより作業者に効率的な目視確認環境を提供することを可能としたものである。

【0023】

また、本発明は、基板上に半田を印刷する工程、半田を印刷する前の生基板を3次元で測定してパッド上面からの高さ方向の基準面を求める工程、基板上に印刷された半田を基準面を基準に検査する工程、基板上に印刷された半田上に回路部品を搭載する工程、を含む半導体集積回路装置の製造方法に適用されるものである（半田を印刷する前のパッド上面が露出した基板のパッド上面及び少なくとも他の一つの基板上面の半田がのらない部分の高さ方向の位置関係を測定しておき、実際の半田が印刷された基板で、そのデータに基づいて、パッドからの高さを算出することを含む）。すなわち、検査データ作成時に、半田を印刷する前の生基板を測定することにより、検査装置が自動で生成した独自の高さ測定基準とパッド上面高さとの関係を調べ、これにより、検査においてパッド上面基準による印刷半田の高さ・体積の測定を可能としたものである。

【発明の効果】

【0024】

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明

すれば以下のとおりである。

【0025】

検査データ作成時の手動作成作業を省略してデータ作成に関わるコストを低減することができ、不良判定パッドの目視確認を容易にしてマン・マシンシステムとしての総合的な効率を向上させて運用コストを低減することができる、基板上に印刷された半田の2D・3D検査技術を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の一実施の形態の2D・3D半田印刷検査装置（カメラ1眼タイプ）の全体を示した構成図である。

10

【図2】本発明の一実施の形態において、3D測定を行う光学系の基本構成と撮像視野の関係を示した図である。

【図3】本発明の一実施の形態において、半田にスリット光が当たる位置と半田の高さの関係について示した図である。

【図4】（a）～（c）は本発明の一実施の形態において、基板上の3D測定検査を行いたい領域と撮像視野の位置関係を示した図である。

【図5】本発明の一実施の形態において、基板に対する3D撮像領域と撮像視野の位置関係を示した図である。

【図6】本発明の一実施の形態において、カメラの撮像素子上における3D撮像領域を示した図である。

20

【図7】本発明の一実施の形態において、3D撮像領域におけるスリット光の典型的な写り方を示した図である。

【図8】（a）～（c）は本発明の一実施の形態において、3D撮像領域におけるスリット光の実際の写り方を示した図である。

【図9】本発明の一実施の形態において、スリット光位置から測定対象物の高さを測定し、その結果を格納するための記録部分の構造を示した図である。

【図10】本発明の一実施の形態において、測定対象物の高さ記録データから測定対象の3DイメージをCGにて再現した図である。

【図11】（a）、（b）は本発明の一実施の形態において、一般的な基板の構造とA-A'断面を示した図である。

30

【図12】本発明の一実施の形態において、高さ測定基準線、高さ測定基準面とパッド表面高さの位置関係を示した図である。

【図13】本発明の一実施の形態において、半田印刷検査装置の検査データ（パッドデータ）の基本的な構造を示した図である。

【図14】本発明の一実施の形態において、半田印刷検査装置の視野割付データの基本的な構造を示した図である。

【図15】本発明の一実施の形態において、基板検査データの作成手順を示したフローチャートである。

【図16】本発明の一実施の形態において、基板の基材と配線パターンを示した図である。

40

【図17】本発明の一実施の形態において、基材、配線パターン、レジストから構成された一般的な基板の構造・外観を示した図である。

【図18】（a）～（c）は本発明の一実施の形態において、図17のA-A'、B-B'、C-C'断面を示した図である。

【図19】本発明の一実施の形態において、基板上にクリーム半田が転写された状態を示した図である。

【図20】（a）～（c）は本発明の一実施の形態において、図19のA-A'、B-B'、C-C'断面を示した図である。

【図21】本発明の一実施の形態において、3D検査処理手順を示したフローチャートである。

50

【図 2 2】本発明の一実施の形態において、基板の検査手順を示したフローチャートである。

【図 2 3】本発明の一実施の形態において、検査装置の表示装置の表示画面上における不良部の拡大画像の表示位置を示した図である。

【図 2 4】(a)～(c)は本発明の一実施の形態において、搭載部品としての Q F P の外観図・外形寸法図である。

【図 2 5】本発明の一実施の形態において、クリーム半田印刷済み基板に Q F P が搭載された様子を模式的に表した図である。

【図 2 6】本発明の一実施の形態において、図 2 5 の B－B' 断面を示した図である。

【図 2 7】本発明の一実施の形態において、実際の携帯電話用の基板の印刷パターンを示した図である。

10

【図 2 8】(a)～(c)は本発明の一実施の形態において、搭載部品としての B G A (C S P) の外観図・外形寸法図である。

【図 2 9】(a)～(c)は本発明の一実施の形態において、搭載部品としてのコネクタの外観図・外形寸法図である。

【図 3 0】本発明の一実施の形態において、2 D・3 D 半田印刷検査装置（カメラ 2 眼タイプ）の全体を示した構成図である。

【図 3 1】(a), (b)は本発明の一実施の形態において、2 D・3 D 半田印刷検査装置（スリット照明装置 2 本タイプ）の全体を示した構成図である。

【図 3 2】本発明の一実施の形態において、高さ測定不能面の存在を説明するための図である。

20

【図 3 3】本発明の一実施の形態において、1 つの回路部品となるべき基板が複数個連結した多面取り基板を示した図である。

【図 3 4】本発明の一実施の形態において、M C M 構造の半導体集積回路装置を示した図である。

【図 3 5】本発明の一実施の形態において、半導体集積回路装置を製造する半導体製造装置を示した構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 2 7】

以下の実施の形態では、特に必要なとき以外は同一または同様な部品の説明を原則として繰り返さない。

30

【0 0 2 8】

さらに、以下の実施の形態では、便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらは互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明などの関係にある。

【0 0 2 9】

また、以下の実施の形態において、要素の数など（個数、数値、量、範囲などを含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合などを除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。

40

【0 0 3 0】

さらに、以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップなどを含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合などを除き、必ずしも必須のものではないことはいうまでもない。

【0 0 3 1】

同様に、以下の実施の形態において、構成要素などの形状、位置関係などに言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場合などを除き、実質的にその形状などに近似または類似するものなどを含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

【0 0 3 2】

50

なお、本願で半導体集積回路装置と言うときは、一般の半導体集積回路チップの外、配線基板に単数または複数の半導体集積回路チップまたは電子部品（電子素子）を搭載した電子装置を含むものとする。

【0033】

以下において、本発明の実施の形態の概要である、（１）印刷半田の高さ・体積の測定原理、（２）印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法、（３）完全自動設定でパッド面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する方法、（４）目視判定に適した３Ｄ半田印刷検査方法、を順に説明する。

【0034】

（１）印刷半田の高さ・体積の測定原理

本発明による検査装置は、測定対象物に対して斜め上方からスリット光を照射し、その状況を測定対象物真上に設置したエリアカメラ（ＣＭＯＳトランジスタ、ＭＯＳトランジスタ、ＣＣＤなどの撮像素子がアレイ状に配置され、このアレイ状に配置された撮像素子でエリア状に測定対象物を撮すカメラ。言うまでもないことであるが、結果的に２次元画像を取得可能なカメラであれば、エリアカメラに限らず、その他のカメラであってもかまわない）で撮像することにより、測定対象物の高さおよび体積を測定する方式である。

【0035】

スリット光は、エリアカメラの視野幅以上の長さがあり、そのスリット幅はカメラ画素での５画素程度であることが望ましい。１０２４画素×１０２４画素のカメラを分解能２０μｍ／画素で使用する場合、スリット光サイズは、最低長さ２０．４８ｍｍ×幅０．１

【0036】

スリット光を基板面から４５°傾けて設置したとすると、エリアカメラ上に撮像される印刷半田上面のスリット光と基板上のスリット光の位置は、丁度、半田の高さ分だけずれることになる。よって、このずれ量を測定することで、スリット光の当たった部分の基板からの高さを測定することが可能となる。

【0037】

これだけでは、スリット光の当たった線分部分だけの高さ情報しか得られない。そこで、エリアカメラとスリット光のユニットを測定対象に対して相対的に動作させ、スリット光の当る位置を少しずつ変えた画像を多数枚撮像する。画像の撮像間隔は、光学系の分解能に相当する距離を移動するごとに１枚の画像を撮像するように設定する。この多数枚の画像から、測定対象表面のあらゆる点の高さを計測することができる。また、この高さ情報を積分すれば体積値が得られる。

【0038】

一般的なクリーム半田印刷厚さは１００～１６０μｍである。最も厚い場合でも２００μｍを越えることはないと考えられる。よって、高さに伴うスリット光のずれも、通常２００μｍを越えることはない。これは、分解能２０μｍ／画素で撮像する条件では、エリアカメラ上で１０画素に相当する。

【0039】

よって、エリアカメラで撮像する範囲は、スリット光の形状に合わせた横長の領域でよい。一例として分解能２０μｍ／画素では、横１０２４画素×縦３２～２５６画素という範囲を撮像すれば、基板上の印刷半田の高さ・体積を測定することができる。印刷半田高さに合わせてエリアカメラの高さ方向の撮像範囲をぎりぎりまで小さくすることで、検査装置の処理時間を短くすることができる。

【0040】

（２）印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法

分解能２０μｍ／画素で２０．４８ｍｍ×２０．４８ｍｍの領域の高さ・体積測定を行う場合、１０２４画素×３２～２５６画素の長方形画像を１０２４枚撮像することになる。

【0041】

最初の1枚を撮像するときには、高さ方向の測定範囲を広げた撮像範囲を設定し、かつ、基板上面が検出できるように露光時間を長くして撮像する。1枚目の画像から基板上面高さを検出する。その検出結果に基づき、2枚目以降の撮像範囲をシフトさせる。

【0042】

2枚目から1023枚目までは、高さ方向の撮像範囲を印刷半田高さに合わせたギリギリ小さな範囲とし、かつ、半田上面が検出できるように露光時間を短くして撮像する。最後の1024枚目では、再び基板上面が検出できるように露光時間を長くして撮像する。

【0043】

最初の1枚目と最後の1024枚目で、20.48mm×20.48mm領域の上端と下端における基板上面の高さを計測することができる。これらから、高さ測定基準面（基板上面基準）を定義することができる。

10

【0044】

2枚目から1023枚目までの画像からは、印刷半田上面の高さを計測することができる。この測定結果に、先の高さ測定基準面（基板上面基準）の結果を反映させれば、印刷半田の高さ測定値は、基板の上面から測定した場合の値と同一となり、基板の反りの影響を受けない。

【0045】

以上のような、印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法によれば、以下のような効果を得ることができる。

【0046】

これまでの技術では、3D検査を半田印刷検査に適用するにあたって、実際の検査対象には基板の反りがあるということと、印刷半田上面と基板面（レジスト面）とでは、スリット光が当たった部分のエリア画像上での明度値で最大で100対1位の大きな差があるという難しい問題があるが、本発明の技術は、これらの問題を最小限の追加コストで解決可能とするものである。

20

【0047】

すなわち、3D検査技術では、高さ測定基準面（基板上面基準）検出時は、エリアカメラ内における撮像範囲を広く設定することで、基板の反りに追従することができる。使用するセンサが1024×1024画素、分解能が20μm／画素であれば、撮像範囲を最大にした時、理論上20.48mmもの基板高さの変動に対応することができる。

30

【0048】

また、本発明の技術では、1枚の3D画像を作り出すのにスリット光撮像画像を1024枚撮像する。1枚1枚は、それぞれ独立に撮像することができるので、それぞれで露光条件などを簡単に変更できるという構造上の利点がある。それを活用することで、基板上面検出に使用するスリット画像撮像の時は、基板上面の反射率に合わせた露光時間を設定し、印刷半田上面検出に使用するスリット画像撮像の時は、印刷半田の反射率に合わせた露光時間を設定するということが簡単にできる。

【0049】

以上のように、基本構成ユニットだけで、基板の反りへの対応と、基板上面と印刷半田という反射率の著しく異なる対象の検出が可能となる。

40

【0050】

（3）完全自動設定でパッド面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する方法

半田印刷検査装置において、2D測定系と3D測定系の2種類の測定系を実装する。この測定系は全く独立した構成でも構わないが、検査装置全体のコストを考えた場合、可能な限り共有できる構造が望ましい。3D検査用データも、2D検査用データと同様、メタルマスクのガーバデータから生成することができる。

【0051】

メタルマスクのガーバデータから、マスクの開口情報（形状、面積、位置）を得る。開口情報が、基板のパッド上に転写される印刷半田の基準面積、基準位置情報に他ならないので、このデータが2D検査用のデータそのものになる。この2D検査用のデータから、

50

3 D 検査すべきパッド部を作業者に指定してもらう。さらに、メタルマスクの厚さ情報も入力してもらう。

【0052】

メタルマスクの厚さは、印刷半田の基準高さそのものに他ならない。さらに、基準面積値にこの基準高さを掛けることで基準体積を算出することができる。これで、印刷半田高さと体積値を含んだ3 D 検査用のデータとなる。基板の検査データ作成の最終段階で、生基板（クリーム半田が印刷される前の基板で、その表面はパッドの上面が露出され、その他の部分はレジストで覆われている基板）を検査装置に投入してもらう。

【0053】

2 D 検査では、エリアカメラで画像を入力する関係から検査は視野（エリアカメラで撮すエリア状の範囲で、後述する2 D 検査用撮像範囲40）単位で実行される。3 D 検査には原理的には視野という概念はないが、3 D 検査は指定部位検査であるということから、同じような視野（後述する3 D 検査用撮像範囲41が、検査対象基板に対して相対的に操作することで、高さ測定を行う高さ測定領域11）という概念を導入する。すでに生成された検査データを、視野単位に並べ替える「視野割付（1つの高さ測定領域11の中に検査対象物が効率良く納まるように視野の位置を決める処理）」を実行する。

【0054】

視野割付された検査データに基づき、3 D 検査を実行する。まず、3 D 測定視野の上端と下端の基板上面の高さを測定し、その結果から検査装置独自の高さ測定基準面を作り出す。検査データに基づき、3 D 検査対象パッド部の高さを測定する。測定対象は印刷前の生基板なので、測定エリアには印刷半田は存在せず、よって測定しているのはパッド高さとなる。

【0055】

これにより、検査装置独自の高さ測定基準面（基板上面基準）に対する各パッドの高さを定義することができる。この情報を、検査データ内にパッド単位で記録していく。この作業を、3 D 検査が指定された全パッドに対して繰り返していく。全パッド完了した時点で、検査データの作成完了となる。

【0056】

検査においては、検査装置独自の高さ測定基準（基板上面基準）に対する印刷半田の高さ・体積を測定する。検査データの中には、検査装置独自の高さ測定基準に対する各パッドの高さ情報が入っているので、印刷半田の高さ・体積測定結果を、顧客の望むパッド面基準での高さ・体積とに変換することができる。

【0057】

以上のような、完全自動設定でパッド面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する方法によれば、以下のような効果を得ることができる。

【0058】

これまでの技術では、3 D 検査用データを作成するにあたって、作業による高さ測定基準点の設定という作業が不可欠であったが、本発明の技術では、高さ測定基準として、検査装置独自の基準を自動的に生成する。その上で、印刷前の生基板を測定することで、検査装置独自の高さ測定基準に対する各パッド上面の高さを事前に関連付けておく。これにより、半田印刷検査では、検査装置独自の高さ測定基準から印刷半田高さの測定を行うが、その測定結果をパッド上面基準に変換して出力することが可能となる。

【0059】

このように、3 D 検査データ作成時に生基板を認識させるだけで、パッド上面基準の検査データを完全自動で作成することができる。これまでの技術の検査装置に対して、検査データ作成時間を大幅に低減することができる。

【0060】

（4）目視判定に適した3 D 半田印刷検査方法

先に指定パッド部の3 D 検査を実行し、その結果を検査結果格納エリアに記録する。その後、全パッドの2 D 検査を実行する。2 D 検査で不良と判定したパッドについては、各

10

20

30

40

50

種測定結果とともに２Ｄカメラで撮像した画像も記録する。さらには、２Ｄ撮像画像を表示装置の指定場所に表示する。

【００６１】

３Ｄ検査で不良と判定されたパッドについては、２Ｄ検査の検査結果に関係なく、各種測定結果とともに２Ｄカメラで撮像した画像も記録する。さらには、２Ｄ撮像画像を表示装置の指定場所に表示する。

【００６２】

すべてのパッドの検査が完了した時点で、印刷不良があると判定された基板については、目視確認モードに移行する。その時点ですでに、不良と判定されたパッドの２Ｄ画像が表示装置に拡大表示されているので、作業者は、これらの拡大画像を顕微鏡画像を確認する要領で、目視確認に役立てることができる。

【００６３】

以上のような、目視判定に適した３Ｄ半田印刷検査方法によれば、以下のような効果を得ることができる。

【００６４】

これまでの技術では、２Ｄ検査を最初に実行し、その後３Ｄ検査を実行するシーケンスであると、３Ｄ検査では不良であるが２Ｄ検査では良品判定となる検査対象の場合、その２Ｄ画像は保存されず、よって、検査が終了した時点では、作業者の目視確認に必要な２Ｄ撮像画像を提供できないことになるが、本発明の技術（３Ｄ検査を最初に実行し、その後２Ｄ検査）では、検査が完了した段階で、すべての不良判定パッド部の２Ｄ拡大画像が表示装置に表示されている。

【００６５】

よって、作業者は、検査終了と同時に目視確認に移行できる。最初に３Ｄ検査を実行して、その後２Ｄ検査を行うという順番だけの問題であるが、これによって、そうでない場合に対して、目視確認時間も含めた検査装置の総合タクトを向上させることができる。

【００６６】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【００６７】

まず、図１および図２に基づいて、本発明の実施の形態の２Ｄ・３Ｄ半田印刷検査装置の構成および機能の一例を説明する。それぞれ、図１は２Ｄ・３Ｄ半田印刷検査装置（カメラ１眼タイプ）の全体を示した構成図、図２は３Ｄ測定を行う光学系の基本構成と撮像視野の関係を示した図、である。

【００６８】

本発明の実施の形態の２Ｄ・３Ｄ半田印刷検査装置には、図１に示すように、照明装置２０がある。この照明装置２０には、パッドを抽出するための赤緑色ＬＥＤ照明装置２１と、クリーム半田を検出するための青ＬＥＤ照明装置２２が実装されている。また、照明装置２０には、スリット照明装置２３が組み込まれている。なお、スリット照明装置２３からはスリット光２４が照射される。スリット光２４の長さは約３０ｍｍで、幅は約０．１ｍｍである。図には示していないが、照明装置２１，２２，２３は、全体制御部８０によってその点灯・消灯が制御される。

【００６９】

その照明装置２０の上方には、画像を撮像素子に結像するためのレンズ３２と、その結像画像を電子信号に変換するためのカメラ３１が設置されている。カメラ３１は、エリアカメラであれば種類を問わないが、２Ｄ検査と３Ｄ検査の両方を効率よく実施するためにＣＭＯＳエリアカメラ（ＣＭＯＳトランジスタを撮像素子に用いたエリアカメラ）を採用している。このＣＭＯＳエリアカメラで、図２に示すように、２Ｄ検査の時は撮像素子いっぱいの撮像範囲４０を撮像する。この例では、２０．４８×２０．４８ｍｍの範囲を撮像するように設定してある。３Ｄ検査の時は、スリット光２４が照射されている部分を含

10

20

30

40

50

む撮像範囲 4 1 に限定して撮像する。この例では、 20.48×0.64 mm から 20.48×5.12 mm の間で必要な領域だけを撮像している。どの範囲を撮像するかは、画像入力記憶部 5 0 を経由して全体制御部 8 0 から指示される。

【0070】

カメラ 3 1 からの出力画像は、画像入力記憶部 5 0 に入力されるように接続されている。画像入力記憶部 5 0 は、2 D 検査用半田撮像画像データ 5 1、2 D 検査用パッド撮像画像データ 5 2 と、3 D 検査用撮像画像データ 5 3 のエリアにより構成されている。3 D 検査では、スリット光 2 4 の当る位置を少しずつ変えた画像を多数枚撮像するので、3 D 検査用撮像画像データ 5 3 は、最低でも 1 0 2 4 枚に及ぶ画像データで構成されている。

【0071】

2 D 検査の場合、青 L E D 照明装置 2 2 のみを点灯して撮像した画像は、2 D 検査用半田撮像画像データ 5 1 のエリアに格納される。赤緑色 L E D 照明装置 2 1 のみを点灯して撮像した画像は、2 D 検査用パッド撮像画像データ 5 2 のエリアに格納される。

【0072】

3 D 検査の場合、スリット照明装置 2 3 のみを点灯し、かつ撮像範囲を 3 D 検査用撮像範囲 4 1 に限定した画像を撮像する。その画像データは、3 D 検査用撮像画像データ 5 3 のエリアに格納される。さらに、スリット光 2 4 の当る位置を少しずつ変えた撮像画像が、3 D 検査用撮像画像データ 5 3 の 2 枚目、3 枚目と次々に格納されていく。

【0073】

画像入力記憶部 5 0 からの出力は、画像処理部 6 0 に入力されるように接続されている。画像処理部 6 0 には、画像入力記憶部 5 0 からの 3 D 検査用撮像画像データ 5 3 を処理して得られた高さ測定データを記憶する 3 D 測定データ 6 1 のエリアがある。さらに、その 3 D 測定データ 6 1 から、立体表示したデータを格納する 3 D 測定データ立体表示 6 2 のエリアがある。

【0074】

検査対象基板 1 0 には、印刷半田 1 0 a、1 0 b、1 0 c が印刷されている。この検査対象基板 1 0 が、X 軸ロボット 7 1 上に固定されている。さらに、X 軸ロボット 7 1 は Y 軸ロボット 7 2 上に固定されている。X 軸ロボット 7 1 と Y 軸ロボット 7 2 が動作することにより、検査対象基板 1 0 は、カメラ 3 1、レンズ 3 2 と照明装置 2 0 に対して相対的に移動することができる。これによって、カメラ 3 1 は、検査対象基板 1 0 の任意の位置を撮像することができる。

【0075】

X 軸ロボット 7 1 と Y 軸ロボット 7 2 はロボット制御部 7 3 と接続され、そのロボット制御部 7 3 は全体制御部 8 0 に接続されている。これによって、全体制御部 8 0 からの指示により、検査対象基板 1 0 は X Y 平面上を移動することができる。全体制御部 8 0 は、検査装置を構成する各ユニットを制御するためのものである。ロボット制御部 7 3、画像処理部 6 0、画像入力記憶部 5 0、照明装置 2 0 は、そのすべてが全体制御部 8 0 からの指示で動作するように構成されている。

【0076】

全体制御部 8 0 内には、パッドデータ 8 1、視野割付データ 8 2、撮像データ記憶領域 8 3、検査データ作成プログラム 8 4、検査実行プログラム 8 5 が存在する。これらの機能については、以降で詳しく説明していく。

【0077】

表示装置 7 4 は、作業者が検査装置を操作する上で必要不可欠な情報を表示する装置である。この表示装置 7 4 に、撮像画像なども表示される。

【0078】

次に、図 3 ～図 1 0 に基づいて、本実施の形態の 2 D・3 D 半田印刷検査装置において、印刷半田の高さ・体積の測定原理の一例を説明する。それぞれ、図 3 は半田にスリット光が当る位置と半田の高さの関係について示した図、図 4 (a) ～ (c) は基板上の 3 D 測定検査を行いたい領域と撮像視野の位置関係を示した図、図 5 は基板に対する 3 D 撮像

10

20

30

40

50

領域と撮像視野の位置関係を示した図、図 6 はカメラの撮像素子上における 3 D 撮像領域を示した図、図 7 は 3 D 撮像領域におけるスリット光の典型的な写り方を示した図、図 8 (a) ~ (c) は 3 D 撮像領域におけるスリット光の実際の写り方を示した図、図 9 はスリット光位置から測定対象物の高さを測定し、その結果を格納するための記録部分の構造を示した図、図 10 は測定対象物の高さ記録データから測定対象の 3 D イメージを CG にて再現した図、である。

【0079】

ここでは、本発明の本質を分かり易くするために、印刷半田の高さ・体積の 3 D 測定を主に説明する。なお、印刷半田の 3 D 測定、さらに 2 D 測定については、本発明者が以前に出願した、日本特願 2003-106990 号に記載している技術を用いることができる。

10

【0080】

印刷半田の高さ・体積の 3 D 測定は、前述した図 1 に示す 2 D・3 D 半田印刷検査装置において、高さ・体積測定を行う測定対象部位にスリット光 24 が当るように、X 軸ロボット 71、Y 軸ロボット 72 を制御する。

【0081】

図 3 (左側は概略平面図、右側は概略断面図 (断面表記省略)) に示すように、検査対象基板 10 上の印刷半田 10x (10a ~ 10c) にスリット光 24 が当たると、印刷半田 10x 上にはスリット光跡 242 が、検査対象基板 10 上にはスリット光跡 241 が発生する。カメラ 31 が撮像した 3 D 検査用撮像画像データ 53 には、印刷半田 10x 上のスリット光跡 242 はスリット光跡 532 として、検査対象基板 10 上のスリット光跡 241 はスリット光跡 531 として、印刷半田 10x の高さ分だけ位置がずれたように撮像される。

20

【0082】

スリット光 24 の検査対象基板 10 の上面からの取り付け角度を θ とすると、印刷半田 10x の高さは、そのずれ量に $\tan \theta$ を掛けたものになる。この考え方にに基づき、3 D 検査用撮像画像データ 53 からスリット光跡 532 とスリット光跡 531 の画像上における Y 方向の座標差を求め、その値に $\tan \theta$ を掛ければ、印刷半田 10x の高さが計測できたことになる。

【0083】

しかし、これだけでは、スリット光 24 が当たった線分部分の高さしか計測できないので、印刷半田 10x の検査に最も求められる体積の測定ができない。そこで、カメラ 31 とスリット光 24 を照射するスリット照明装置 23 のユニットに対し、検査対象基板 10 を相対的に動作させる。動作させる方向は、スリット光跡 241, 242 の長さ方向に直交する方向、すなわち図 3 に示す y 方向とする。

30

【0084】

図 4 において、(a) のように、検査対象基板 10 上の 3 D 測定したい範囲を高さ測定領域 11 とする。まず、(b) のように、2 D 検査用撮像範囲 40 の中の 3 D 検査用撮像範囲 41 内に、高さ測定領域 11 の上端である高さ測定基準ライン 11a が入るように X 軸ロボット 71 と Y 軸ロボット 72 を制御する。上記位置にて画像を撮像し、さらに、3 D 検査用撮像範囲 41 を検査対象基板 10 に対して相対的に $20 \mu\text{m}$ 移動させて画像を撮像、さらに $20 \mu\text{m}$ 移動させて撮像するという動作を繰返し行う。そして、(c) のように、高さ測定領域 11 の下端である高さ測定基準ライン 11b が 3 D 検査用撮像範囲 41 内に入り、その画像を撮像するまで繰返し行う。

40

【0085】

すなわち、検査対象基板 10 に対して、高さ測定領域 11 の上端の高さ測定基準ライン 11a が入る位置と、下端の高さ測定基準ライン 11b が入る位置との関係は、図 5 のようになる。2 D 検査用撮像範囲 40 の中の 3 D 検査用撮像範囲 41 は、図 5 において左方向に移動させる。

【0086】

50

高さ測定領域 11 の範囲を $20.48 \times 20.48 \text{ mm}$ とすると、 $20 \mu\text{m}$ 単位で撮像を繰り返すので、3D 検査用撮像画像データは、 $20.48 / 0.02 = 1024$ 枚撮像することになる。実際に撮像した画像データの一部を図 8 に示す。図 8 において、(a) の実画像データ 53c は検査対象基板 10 の基板面、(b) の実画像データ 53d は印刷半田 10x の高さが高い部分、(c) の実画像データ 53e は印刷半田 10x の高さが低い部分の写り方である。

【0087】

3D 検査用撮像画像データ 53 において、計測基準ライン 533 を定義する。この計測基準ライン 533 は、3D 検査用撮像領域のどこに設定しても構わないが、この例では、詳細は後述するが、図 3、図 6 および図 7 に示すように、基板上スリット光跡 531 にほぼ合わせて設定するものとする。実際の 3D 検査用撮像画像データ 53 は、サイズが 1024 画素 (pe) $\times$ $32 \sim 256$ 画素 (pe)、撮像枚数は 1024 枚である。ここでは、以降の処理内容を判り易く説明するために、撮像画像データ 53 のサイズを、図 9 に示すように、3D 測定データ 61 として、横方向 (X 方向) 10 画素 ($0 \sim 9 \text{ pe} : 0 \sim 180 \mu\text{m}$)、撮像枚数 10 枚 (Y 方向; $0 \sim 9 \text{ pe} : 0 \sim 180 \mu\text{m}$) として説明する。

【0088】

まず、図 3 に示すように、3D 検査用撮像画像データ 53 の 1 枚目から処理する。画像上における $x = 0$ 画素の時のスリット光跡 531, 532 の y 座標を求める。スリット光 24 には約 0.1 mm の幅があるので、画像上では最低でも 5 画素分の幅があることになる。この 5 画素は、同じ明度値を持っているわけではなく、中心が明るく外側に行くほど暗いという分布をしている。この 5 画素から 2 次あるいは 4 次曲線を求めることで、スリット光 24 の幅方向の明度分布を正確に近似することができる。この曲線のピーク位置を y 座標とすることで、 $x = 0$ におけるスリット光の y 座標値を 1 画素以下の単位で正確に求めることができる。 y 座標は、計測基準ライン 533 を原点として測定する。

【0089】

この y 座標に $\tan \theta$ を掛けることにより、スリット光の当たった部分の計測基準ライン 533 からの高さとなる。この処理を $x = 1$ から $x = 9$ まで繰り返す。さらに同様の処理を、2 枚目から 9 枚目の 3D 検査用撮像画像データ 53 について繰返し行う。すべて終了した時点で、高さ測定領域 11 内のすべての点における高さが計測できたことになる。計測間隔は、この例では xy 方向ともに $20 \mu\text{m}$ になる。

【0090】

測定した高さデータは、3D 測定データ 61 のエリアに格納保存する。3D 測定データ 61 は、図 9 に示すように、測定した全点の高さ情報が記録できるように $(10, 10)$ の 2D マトリクス構造を持っている。 m 枚目の $x = n$ ($n = 0 \sim 9$) における高さデータが $y_n \times \tan \theta$ ($n = 0 \sim 9$) の時、このデータは 3D 測定データ 61 の $(10, 10)$ のどのセルに書き込むかをこれから説明する。 $x = n$ なので、明らかに x 座標は $x = n$ となる。 m 枚目なので、 y 座標は $y = m$ が基本となる。しかしながら、図 3 から明らかのように、 $y_n \times \tan \theta$ の高さを持った点は、計測基準ライン 533 よりも y 方向に $-y_n$ だけずれた位置にある。そこで、結果を格納するセルの y 座標は、 $m - y_n$ となる。

【0091】

3D 測定データ 61 は $(10, 10)$ の 2D マトリクスなので、セルの xy 座標値は単位 (この例では $20 \mu\text{m}$) の整数倍となる。 $m - y_n$ が単位の整数値と一致しない場合、最も近い y 座標値のセルに書き込むことになる。まとめると、 m 枚目の 3D 検査用撮像画像データ 53 の $x = n$ におけるスリット光跡 532 の y 座標が y_n のとき、その高さデータ $y_n \times \tan \theta$ は、3D 測定データ 61 のセル ($n, <m - y_n>$) に書き込むことになる。ただし、 $<m - y_n>$ は、 $m - y_n$ と最も近い “単位の整数倍値” とする。

【0092】

こうして高さ測定領域 11 の 3D 測定データ 61 を得る。計測基準ライン 533 は、基板上スリット光跡 531 に合わせてあるので、3D 測定データ 61 は、基板上面から測定した凹凸が記録されていることになる。このデータを積分することで、体積データも得る

ことができる。また、3Dグラフィック処理を施すことで、図10のごとく立体表示62を得ることができる。この図10の立体表示62において、線の間隔が格子状で狭い表示部分は平坦な形状を表し、線の間隔が広い表示部分が凸形状になっており、この部分が印刷半田に相当する。

【0093】

以上のように、前述した図1および図2の構成で3D測定が可能となる。しかしながら、実際の半田印刷基板では、印刷半田上面と基板上面の反射率が最大で100対1と大きく異なる。よって、印刷半田上面を適切な明度で検出しようとする、基板上面が検出できないことになる。

【0094】

前述の説明では、3D検査用撮像画像データ53内の計測基準ライン533を、基板上のスリット光跡241と一致させて測定している。基板に反りなどがなければ、計測基準ライン533と基板上面は常に一致するので、基板上面が検出できなくとも、適正な印刷半田の高さ測定ができる。しかし、実際の検査対象基板10では、最大で±1.5mmほどの反りが発生する。反りがあれば、計測基準ライン533と基板上面は不一致となり、高さ測定の基準が失われることになる。その解決方法を以下において説明する。

【0095】

次に、前述した図3～図7に基づいて、本実施の形態の2D・3D半田印刷検査装置において、印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法の一例を説明する。

【0096】

前述した図5に示すような検査対象基板10の反りを許容するため、3D検査用撮像画像データ53の画像サイズを、図6に示すように、1024画素(pe)×256画素(pe)程度に設定し、基板高さ測定用撮像画像データ53aとする。分解能が20μmなので、3D検査用撮像範囲41は、20.48mm×5.12mmになる。

【0097】

スリット光24は、検査対象基板10の基板面に対して45°の角度に設置されているので、撮像範囲20.48mm×5.12mmは、高さ方向に5.12mmの計測範囲があるのと同様である。印刷半田の高さが最大で0.2mm、スリット光の幅が0.1mmあることを考慮すると、高さ方向の測定範囲は約±2.56-0.3mm=±2.26mm、余裕をとっても±2.0mmを確保できることになる。よって、検査対象基板10の反りの±1.5mmを十分にカバーできる。

【0098】

この基板高さ測定用撮像画像データ53aの撮像範囲で、高さ測定領域11の上端部の画像を撮像する。ここでは、図3～図5に示すように、検査対象基板10の基板上面を検出するので、検査対象基板10上のスリット光跡241が検出できる十分に明るいスリット光跡531となるように、露光時間を5msとする。この条件で撮像すると、基板上スリット光跡531は適切な明度、および幅で撮像される。印刷半田10x上のスリット光跡532は、この撮像条件ではオーバ露光となるので、明度が飽和し、かつ幅は太くなった状態で撮像される。

【0099】

このように、検査対象基板10の上面と印刷半田10xの上面という2つの高さ情報が混在するが、明らかに低い方が基板上面であるので、容易に高さ測定基準ライン11a上における基板上面高さ位置(基板上スリット光跡531)を特定することができる。

【0100】

続いて、図6に示す、印刷半田高さ測定用撮像画像データ53bを定義する。画像サイズは、図7に示すように、1024画素(pe)×32画素(pe)に設定する。分解能は20μmなので、3D検査用撮像範囲41は、20.48mm×0.64mmとなる。撮像画像データ53bの下から12画素のところに計測基準ライン533を設定する。この計測基準ライン533が、高さ測定基準ライン11a上の基板上面高さ位置(531)

10

20

30

40

50

に一致するように、印刷半田高さ測定用撮像画像データ 5 3 b を、カメラ撮像素子上に設定する。

【0101】

印刷半田 1 0 x の通常の高さは 0. 1 6 mm で、これは撮像画像データ 5 3 b 上では 8 画素に相当する。よって、印刷半田高さ測定用撮像画像データ 5 3 b における、検査対象基板 1 0 上のスリット光跡 5 3 1 と、印刷半田 1 0 x 上のスリット光跡 5 3 2 の位置関係は、図 7 のごとくとなる。

【0102】

この撮像画像データ 5 3 b で、露光時間を 0. 0 5 m s とし印刷半田上面を検出するための画像を 1 0 2 2 枚撮像する。短い露光時間によって、これらの撮像画像データには、印刷半田 1 0 x 上のスリット光跡 5 3 2 のみ撮像され、検査対象基板 1 0 上のスリット光跡 5 3 1 は写り込まない。最後の 1 0 2 4 枚目の撮像で、再び露光時間を 5 m s と長くして撮像する。露光時間を長くしたので、高さ測定基準ライン 1 1 b 上における基板上面高さ位置（基板上スリット光跡 5 3 1）を特定することができる。

【0103】

2 枚目から 1 0 2 3 枚目までの印刷半田高さ測定用撮像画像データ 5 3 b に対して、前述した印刷半田の高さ・体積の測定原理の処理を施すことにより、計測基準ライン 5 3 3 基準での印刷半田 1 0 x の高さ測定ができる。しかも、前述のように、計測基準ライン 5 3 3 が、高さ測定基準ライン 1 1 a 上の基板上面高さ位置（5 3 1）に一致するように、印刷半田高さ測定用撮像画像データ 5 3 b をカメラ撮像素子上に設定する処理によって、検査対象基板 1 0 の反りを補正した測定結果となっている。

【0104】

さらに、1 枚目の撮像画像で高さ測定基準ライン 1 1 a 上での基板上面高さと、高さ測定基準ライン 1 1 b 上での基板上面高さを測定しているので、高さ測定領域 1 1 内における基板上面（基板反り、この限られた領域内では基板傾きと考えることができる）を検出できる。印刷半田 1 0 x の高さ測定結果を、検出した検査対象基板 1 0 の上面基準で評価し直せば、さらに厳密な基板上面基準による印刷半田 1 0 x の高さ測定結果となる。

【0105】

以上のように、検査対象基板 1 0 の上面検出時の撮像範囲および露光時間と、印刷半田 1 0 x の検出時の撮像範囲および露光時間を、それぞれの最適値に制御することで、検査対象基板 1 0 の反りの影響を受けずに印刷半田 1 0 x の高さを基板上面基準で測定することができる。しかも、検査対象基板 1 0 の反りに追従するための測定時間の延長を最小限に抑えることができる。

【0106】

以上の説明で、印刷半田 1 0 x の高さを検査対象基板 1 0 の上面基準で測定できることを示した。しかしながら、印刷半田 1 0 x の高さ測定は、より厳密には、パッド上面基準で求める必要がある。その方法を以下において説明する。

【0107】

次に、図 1 1 ～図 2 0 に基づいて、本実施の形態の 2 D ・ 3 D 半田印刷検査装置において、完全自動設定でパッド上面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する検査データ作成方法の一例を説明する。それぞれ、図 1 1 (a) , (b) は一般的な基板の構造と A - A ' 断面を示した図、図 1 2 は高さ測定基準線、高さ測定基準面とパッド表面高さの位置関係を示した図、図 1 3 は半田印刷検査装置の検査データ（パッドデータ）の基本的な構造を示した図、図 1 4 は半田印刷検査装置の視野割付データの基本的な構造を示した図、図 1 5 は基板検査データの作成手順を示したフローチャート、図 1 6 は基板の基材と配線パターンを示した図、図 1 7 は基材、配線パターン、レジストから構成された一般的な基板の構造・外観を示した図、図 1 8 (a) ～ (c) は図 1 7 の A - A ' (a) 、 B - B ' (b) 、 C - C ' (c) 断面を示した図、図 1 9 は基板上にクリーム半田が転写された状態を示した図、図 2 0 (a) ～ (c) は図 1 9 の A - A ' (a) 、 B - B ' (b) 、 C - C ' (c) 断面を示した図、である。

【0108】

図11((a)は平面図、(b)は(a)のA-A'断面図)に示すように、一般的な基板の構造は、基板基材12の上に、銅による配線パターン13が形成されている。搭載される部品の端子と接続する部分は、パッド部15としてそのまま露出している。場合によっては、導電性を高めるために金メッキされる場合もある。パッド部15以外の領域は、レジスト14によって覆われて絶縁されている。レジスト14に覆われた銅パターンの部分は通常、内層パターン部16と呼ばれ、銅パターンのないレジスト部と比較すると配線パターン13の厚さ分だけ高くなっているのが普通である。このような基板の構造において、レジスト膜塗布前の基板上面は図16、この状態にレジスト14の絶縁膜を塗布すると図17、図18に示すような基板上面および断面状態となり、さらにクリーム半田印刷後は図19、図20に示すような状態となる。

10

【0109】

たとえば、図16において、中心部には、詳細は図25、図26において後述するが、図24に示すQFP90が搭載される複数のパッド部15が形成されている。これらの各パッド部15から、配線パターン13を通じて、下層の配線パターンあるいは裏面の端子に導通するスルーホール13aが形成されている。また、周辺部には、チップ抵抗、チップコンデンサなどのチップ部品や各種パッケージの、パッド部15、配線パターン13、スルーホール13aが形成されている。

【0110】

この図16の状態に、回路部品の端子と接続するパッド部15を除いてレジスト14の絶縁膜を塗布すると、図17、図18に示すように、パッド部15を露出した状態で基板の上面がレジスト14で覆われる。さらに、このような基板に対して、クリーム半田の印刷を行うと、図19、図20に示すように、パッド部15上に印刷半田10xが印刷された状態となる。図20において、(a)に示す高さ測定基準ライン11aと、(c)に示す高さ測定基準ライン11bから、後述する(b)に示す高さ測定基準面17を求めることができる。

20

【0111】

前述した、印刷半田の高さ・体積の測定原理、印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法の説明で、基板上の印刷半田の高さが測定できることを示した。測定は、高さ測定領域11単位に行われる。この高さ測定領域11は、検査データ作成時に自動生成される。よって、高さ測定基準ライン11aと高さ測定基準ライン11bも自動的に定義される。

30

【0112】

図12に示すように、高さ測定基準ライン11a上と、高さ測定基準ライン11b上での基板上面高さを測定することにより、高さ測定基準面17を求めることができる。そして、基板基材12のパッド部15上に印刷される印刷半田高さは、この高さ測定基準面17を基準として測定したものである。この際に、同様の測定を生基板で行うことを考える。生基板は、クリーム半田が印刷されていない基板であるので、印刷半田の部分の高さを測定しようとして得られる高さは、高さ測定基準面17を測定基準としたパッド上面の高さ18a、18b、18cとなる。

40

【0113】

このパッド上面高さ18a、18b、18cを、生基板を測定することで事前に測定してパッドごとに記憶しておく。前述した、印刷半田の高さ・体積の測定原理、印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法で、パッドごとに印刷半田の高さ測定を行い、その結果に対してパッドごとに記憶されたパッド上面高さを減算する。これにより、印刷半田高さはパッド上面基準で測定した値となる。

【0114】

たとえば、図12の例では、高さ測定基準ライン11aが基板基材12上に配線パターンのないレジスト13の上面、高さ測定基準ライン11bが基板基材12上に配線パターン13のあるレジスト13の上面となり、これらの上面を含む面が高さ測定基準面17に

50

設定される。この高さ測定基準面 1 7 は、高さ測定基準ライン 1 1 b の方が配線パターン 1 3 の厚さ分だけ高くなっているので、パッド 1 5 a のパッド上面高さ 1 8 a →パッド 1 5 b のパッド上面高さ 1 8 b →パッド 1 5 c のパッド上面高さ 1 8 c の順に値が大きくなり、よってパッド上面基準での測定により減算される値は、パッド 1 5 a < パッド 1 5 b < パッド 1 5 c の関係となる。

【0115】

このように、検査データ作成時の最終段階で生基板を測定し、自動で生成した高さ測定基準面 1 7 に対する各パッド 1 5 a, 1 5 b, 1 5 c の高さデータを測定・記憶しておくことで、検査対象基板 1 0 の上面基準とした測定よりさらに正確な、パッド上面基準による印刷半田の高さ測定を行うことができる。以下において、このパッド上面基準による印刷半田の高さ測定において、検査データ作成プログラム 8 4 による検査データ作成の具体的な流れを図 1 5 によって説明する。

10

【0116】

S 8 4 0 1 において、作業者に、印刷に使用するメタルマスクのガーバデータを検査装置に入力してもらう。半田印刷は、メタルマスクの開口を通して基板にクリーム半田を転写するという作業なので、メタルマスクの設計データであるガーバデータを読み取ることで、転写されるクリーム半田の形状、面積とその位置を知ることができるからである。

【0117】

S 8 4 0 2 において、作業者にメタルマスクの厚さを指定してもらう。メタルマスクのガーバデータから判るのは、転写されるクリーム半田の形状、面積、位置だけである。印刷高さや印刷半田体積に関する情報は含まれていない。基板に転写されるクリーム半田高さはメタルマスクの厚さにより決まるので、これにより基準印刷高さの情報を入手することができる。さらに、ガーバデータから得られた基準面積値にマスク厚さを掛けることで、基準体積も得ることができる。

20

【0118】

S 8 4 0 3 において、作業者に合否判定のための判定値（パラメータ、上下限值）を入力してもらう。本装置は検査装置なので、測定した上で、その値が良品範囲か否かという判定を行わなければならないからである。判定には、測定値の合否を判定するための上限値と下限値が必要なので、これらの値は基準値のパーセンテージという形で作業者に指定させる。また、このようなパーセンテージ指定の上限・下限値は、測定対象によって変更するというケースは少ないので、入力された値は記憶しておき、次回以降のデータ作成作業において作業者の負荷低減を図る。

30

【0119】

S 8 4 0 4 において、以上の条件が揃った時点でデータ変換を行い、半田印刷検査に必要なパッドデータ 8 1 を生成する。このパッドデータ 8 1 の基本的な構造は図 1 3 の通りである。この変換作業で、パッド X Y 座標 8 1 0 2、パッド X Y 幅 8 1 0 3、基準面積 8 1 0 4、基準体積 8 1 0 5、判定値 8 1 0 6 で構成される検査データ（パッドデータ）をパッド数分（開口数分）得ることができる。パッド No. 8 1 0 1 は、検査装置が内部でパッドを識別するための便宜上の番号で、1 番から始まり連番で付与される。

【0120】

検査項目 8 1 0 7 は、このパッドの検査として 2 D 検査を行うのか、2 D 検査と 3 D 検査の両方を行うかの識別フラグである。データ変換直後においては、指定情報がないので空欄のままとなる。印刷半田の高さをパッド上面基準で測定するために必要な、基準面からの高さ 8 1 0 8（高さ測定基準面 1 7 からの各パッド上面高さ 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c, ...）は、以上の作業からは入手できないので空欄のままとなる。

40

【0121】

S 8 4 0 5 において、作業者にパッドごとの検査項目を指定してもらう。データ変換（S 8 4 0 4）により、すべての開口情報を得ることができるので、その開口情報を表示装置 7 4 にグラフィック表示することができる。作業者に、そのグラフィック画像上で、マウスによるドラッグにより 3 D 検査を実施するパッドを指定してもらう。3 D 検査の指定

50

が行われたパッドについては、検査項目 8 1 0 7 に 3 D 検査も実施要であることを示すフラグを付加する。

【0 1 2 2】

S 8 4 0 6 において、視野割付を実行する。3 D 検査にも高さ測定領域 1 1 という視野と同等の概念があり、検査実行にあたっては、視野単位に実行しなければならない。そこで、ランダムに並んだパッドを、視野単位で纏める作業が必要となる。それが視野割付である。まず、3 D 検査も実行要となっているパッドについて、高さ測定領域 1 1 を視野とした視野割付を実施する。その後、すべてのパッドについて、2 D 検査用撮像範囲 4 0 を視野とした視野割付を実施する。その結果として視野割付データ 8 2 が生成される。この視野割付データ 8 2 の基本的な構造は図 1 4 の通りである。3 D 検査要パッドデータのすべてが、2 D 検査パッドデータの前に配置される。

10

【0 1 2 3】

視野割付データ 8 2 は、視野 No. 8 2 1、検査項目 8 2 2、中心 X Y 座標 8 2 3、開始 X Y 座標 8 2 4、終了 X Y 座標 8 2 5、視野 X サイズ 8 2 6、視野 Y サイズ 8 2 7、パッド No. 8 2 8 から構成される。検査項目 8 2 2 はパッドデータ 8 1 の検査項目 8 1 0 7 の情報で、3 D 検査を実行するのか 2 D 検査のみなのかを判断できる。中心 X Y 座標 8 2 3 は視野中心の座標を示している。2 D 検査では、この座標値に基づきカメラ視野の中心が当該座標と一致するようにロボットを制御する。開始 X Y 座標 8 2 4 と終了 X Y 座標 8 2 5 は、3 D 検査における高さ測定領域 1 1 の視野走査開始座標と終了座標を表している。視野 X サイズ 8 2 6 と視野 Y サイズ 8 2 7 は、視野のサイズを表している。パッド No. 8 2 8 に記録されたパッド No. により、図 1 3 に示すパッドデータ 8 1 の情報との関連付けが可能となる。

20

【0 1 2 4】

S 8 4 0 7 において、検査装置に生基板をセットする。視野割付データ 8 2 とパッドデータ 8 1 に基づき、3 D 検査の最初の視野（高さ測定領域 1 1）を撮像する位置に基板を移動させる。そして、前述したように、まず 1 0 2 4 枚の 3 D 検査用撮像画像データ 5 3 を採取する。

【0 1 2 5】

S 8 4 0 8 において、その 1 枚目と 1 0 2 4 枚目の画像から、高さ測定基準ライン 1 1 a と高さ測定基準ライン 1 1 b における基板高さを測定する。

30

【0 1 2 6】

S 8 4 0 9 において、高さ測定基準ライン 1 1 a と高さ測定基準ライン 1 1 b の測定基準ライン上における基板高さから、図 1 2 に示した高さ測定基準面 1 7 を生成する。

【0 1 2 7】

S 8 4 1 0 において、高さ測定基準面 1 7 を基準として、視野（高さ測定領域 1 1）内のパッド上面高さを測定する。測定すべきパッドは、図 1 4 に示した視野割付データ 8 2 と図 1 3 に示したパッドデータ 8 1 を参照することで知ることができる。

【0 1 2 8】

S 8 4 1 1 において、こうして測定した高さ測定基準面 1 7 を基準とした各パッド上面の高さ 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c, ... のデータを、図 1 3 のパッドデータ 8 1 の基準面からの高さ 8 1 0 8 の領域に、パッドごとに格納していく。

40

【0 1 2 9】

以上の、S 8 4 0 6 から S 8 4 1 1 までの処理を、全視野分終了するまで繰り返して実行する。以上の処理が完了した段階で、検査装置が自動で生成した独自の高さ測定基準面 1 7 に対する、各パッドの上面高さが定義されたことになる。以上のように、パッド上面基準測定に必要なデータを、ほぼ自動で生成することができる。

【0 1 3 0】

次に、前述した図 3～図 7 に加え、図 2 1 に基づいて、本実施の形態の 2 D・3 D 半田印刷検査装置において、基板反り対応およびパッド上面基準による印刷半田の高さ・体積の検査方法の一例を説明する。図 2 1 は 3 D 検査処理手順を示したフローチャートである

50

。

【0131】

前述した、パッド上面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する検査データ作成方法により生成した検査データで、基板の反りを吸収しながら、パッド上面基準による印刷半田の高さ・体積測定ができることを図21を使って説明する。図21は、後述する図22の基板の検査手順の「3D検査」の処理を詳細に説明したものである。

【0132】

S8502-01において、視野割付データ82の先頭にデータを指し示すポイントを移動（初期化）させる。

【0133】

S8502-02において、視野割付データ82の視野中心XY座標823、視野Xサイズ826、視野Yサイズ827が同じデータを抽出することで、同一視野内の全パッドデータを抽出することができる。

【0134】

S8502-03において、次の視野のパッドデータ群の先頭を示すように、ポイント位置を処理パッド数分更新する。

【0135】

S8502-04において、視野割付データ82の視野開始XY座標824に基づきX軸ロボット71、Y軸ロボット72を動作させることで、カメラ31の中央に、高さ測定領域11の高さ測定基準ライン11aが撮像される位置関係となる。

【0136】

S8502-05において、まず、検査対象基板10の反りを許容するため、前述した図6に示すように、3D検査用撮像画像データ53の画像サイズを、1024画素×256画素程度に設定し、基板高さ測定用撮像画像データ53aとする。分解能が20μmなので、3D検査用撮像範囲41は、20.48mm×5.12mmになる。

【0137】

この基板高さ測定用撮像画像データ53aの撮像範囲で、高さ測定領域11の上端部の画像を撮像する。ここでは、基板上面を検出するので、前述した図3に示すように、基板上のスリット光跡241が検出できる十分に明るいスリット光跡531となるように、露光時間を5msとする。この条件で撮像すると、基板上スリット光跡531は適切な明度、および幅で撮像される。印刷半田上スリット光跡532は、この撮像条件ではオーバ露光となるので、明度が飽和し、かつ幅は太くなった状態で撮像される。

【0138】

このように、基板面と印刷半田上面という2つの高さ情報が混在するが、明らかに低い方が基板上面であるので、容易に高さ測定基準ライン11a上における基板上面高さ位置（基板上スリット光跡531）を特定することができる。

【0139】

S8502-06において、まず、印刷半田高さ測定用撮像画像データ53bを定義する。画像サイズは、前述した図7に示すように、1024画素×32画素に設定する。分解能は20μmなので、3D検査用撮像範囲41は、20.48mm×0.64mmとなる。前述した図7に示すように、撮像画像データ53bの下から12画素のところに計測基準ライン533を設定する。

【0140】

この計測基準ライン533が、高さ測定基準ライン11a上の基板上面高さ位置（531）に一致するように、印刷半田高さ測定用撮像画像データ53bを、カメラ撮像素子上に設定する。印刷半田の通常の高さは0.16mmで、これは撮像画像データ53b上では8画素に相当する。よって、印刷半田高さ測定用撮像画像データ53bにおける、基板上スリット光跡531と、印刷半田上スリット光跡532の位置関係は、前述した図7のごとくとなる。

【0141】

10

20

30

40

50

この撮像画像データ 5 3 b で、露光時間を 0. 0 5 m s として印刷半田上面を検出するための画像を 1 0 2 2 枚撮像する。短い露光時間によって、これらの撮像画像データには、印刷半田上スリット光跡 5 3 2 のみ撮像され、基板上スリット光跡 5 3 1 は写り込まない。

【 0 1 4 2 】

S 8 5 0 2 - 0 7 において、最後の 1 0 2 4 枚目の撮像で、再び露光時間を 5 m s と長くして撮像する。露光時間を長くしたので、高さ測定基準ライン 1 1 b 上における基板上面高さ位置（基板上スリット光跡 5 3 1）を特定することができる。

【 0 1 4 3 】

S 8 5 0 2 - 0 8 において、2 枚目から 1 0 2 3 枚目までの印刷半田高さ測定用撮像画像データ 5 3 b に対して、前述した、印刷半田の高さ・体積の測定原理の処理を施すことにより、計測基準ライン 5 3 3 基準での印刷半田の高さ測定ができる。

10

【 0 1 4 4 】

S 8 5 0 2 - 0 9 において、1 枚目の撮像画像で高さ測定基準ライン 1 1 a 上での基板上面高さ、高さ測定基準ライン 1 1 b 上での基板上面高さを測定しているので、高さ測定領域 1 1 内における基板上面（基板反り、この限られた領域内では基板傾きと考えることができる）を検出できる。

【 0 1 4 5 】

S 8 5 0 2 - 1 0 において、印刷半田の高さ測定結果を、検出した基板上面基準で評価し直すことで、基板の反りに影響されない基板上面基準の印刷半田高さ測定結果となる。

20

【 0 1 4 6 】

S 8 5 0 2 - 1 1 において、さらにパッドデータ 8 1 の基準面からのパッド上面までの高さ 8 1 0 8 のデータを参照し、そのデータを印刷半田測定結果に加味することで、測定結果をパッド上面基準に変更することができる。

【 0 1 4 7 】

以上の、視野割付データ 8 2 のすべてのパッドデータが終了するまで、上記処理を繰り返す。

【 0 1 4 8 】

次に、前述した図 1、図 2、図 1 3、図 1 4 に加え、図 2 2、図 2 3 に基づいて、本実施の形態の 2 D・3 D 半田印刷検査装置において、目視判定に適した 3 D 半田印刷検査方法の一例を説明する。それぞれ、図 2 2 は基板の検査手順を示したフローチャート、図 2 3 は検査装置の表示装置の表示画面上における不良部の拡大画像の表示位置を示した図、である。

30

【 0 1 4 9 】

この目視判定に適した 3 D 半田印刷検査方法による検査装置の構成は、前述した図 1 に示す通りである。2 D 検査用に使用する赤緑色 L E D 照明装置 2 1 と青 L E D 照明装置 2 2、3 D 検査用に使用するスリット照明装置 2 3 の両方を実装し、これらは全体制御部 8 0 からの指令で自由に点灯、消灯できる構造となっている。基板上を撮像するカメラ 3 1 が実装されている。このカメラ 3 1 は C M O S エリアカメラで、全体制御部 8 0 からの指令により、前述した図 2 に示すように、撮像範囲を 2 D 検査用撮像範囲 4 0 に、あるいは 3 D 検査用撮像範囲 4 1 にすることができる。

40

【 0 1 5 0 】

以上のように、実装しているカメラはカメラ 3 1 の 1 台だけだが、これまでの説明から明らかなように、1 台のカメラで 2 D 検査と 3 D 検査の両方を実行することができる。

【 0 1 5 1 】

以下、図 2 2 の検査実行プログラム 8 5 のフローチャートを使い、2 D 検査機能を併せ持った 3 D 検査装置ならではの機能の実現について説明していく。

【 0 1 5 2 】

S 8 5 0 1 において、検査装置には、基板の検査データが多数記録されている。作業者の指示に基づき、そのデータの中から、これから検査する基板に該当する品種設定、検査

50

データを読み出し、実行領域であるパッドデータ 8 1 と視野割付データ 8 2 にローディングする。

【0153】

S 8 5 0 2 において、視野割付データ 8 2 に基づき、まず、3 D 検査を実行する。前述した図 1 4 に示す視野割付データ 8 2 の開始 X Y 座標 8 2 4、終了 X Y 座標 8 2 5 から、高さ測定領域 1 1 内の走査を行い、3 D 検査用撮像画像データ 5 3 を採取する。それら画像データから 3 D 計測を行い、視野割付データ 8 2 の視野 No. 8 2 1 とパッド No. 8 2 8 に記載された情報から、同一視野内のパッドを特定して、パッドごとの 3 D 測定を行う。その測定結果にパッドデータ 8 1 の基準面からの高さ 8 1 0 8 を加味することにより、パッド上面基準の測定結果となる。測定値および判定結果を、前述した図 1 3 に示すパッドデータ 8 1 の測定値 8 1 0 9、3 D 判定結果 8 1 1 1 に記録する。

10

【0154】

S 8 5 0 3 において、すべての 3 D 検査が終了したら、視野割付データ 8 2 とパッドデータ 8 1 に基づき 2 D 検査を実施する。パッドごとの測定値および判定結果を、パッドデータ 8 1 の測定値 8 1 0 9、2 D 判定結果 8 1 1 0 に記録する。測定値 8 1 0 9 は、図に明示はしていないが、3 D 測定値と 2 D 測定値をそれぞれ個別に記録できる領域を有するものとする。

【0155】

S 8 5 0 4 において、2 D 検査あるいは 3 D 検査で不良となったパッドについては、該当する 2 D 撮像画像を撮像データ記憶領域 8 3 にファイル名を付与して記録する。

20

【0156】

S 8 5 0 5 において、記録保存した 2 D 撮像画像データのファイル名を、パッドデータ 8 1 の不良画像 8 1 1 2 に記録する。

【0157】

S 8 5 0 6 において、2 D 検査あるいは 3 D 検査で不良となったパッドについては、図 2 3 に示すように、2 D 撮像画像を表示装置 7 4 の不良パッド拡大表示領域 7 4 1 に不良パッドを拡大表示する。以上の、S 8 5 0 2 から S 8 5 0 6 までの処理を全パッド終了まで繰り返す。

【0158】

S 8 5 0 7 において、すべての 3 D 検査、2 D 検査が終了した時点で、1 つでも不良があった場合にはオペレータコールを出力し停止する。作業者はオペレータコールに促される形で、検査装置が不良と判定したパッド（印刷半田）の目視確認を行う。確認にあたっては、図 2 3 に示す、表示装置 7 4 の不良パッド拡大表示領域 7 4 1 に拡大表示されている 2 D 撮像画像を見て行う。この画像は、レンズ 3 2 を通して白黒エリア方式のカメラ 3 1 で撮像されたもので、作業者は顕微鏡による拡大画像を確認する要領で適切な合否判断を下すことができる。

30

【0159】

図 2 3 の表示装置 7 4 における不良パッド拡大表示領域 7 4 1 には、不良画像が 8 箇所同時に表示できるフォーマットになっている。不良が 8 個以上発生した場合には、不良パッド拡大表示領域 7 4 1 の右側にある図示しないスクロールバーを操作することで、9 個目以降の不良画像を表示させることができる。

40

【0160】

ここでは、1 つでも不良があった場合にオペレータコールとなっているが、軽微な不良が指定個数以下の場合にはオペレータコールを出力しないなどの柔軟な設定も可能である。なお、図 2 3 において、7 4 2 はカメラ撮像画像領域、7 4 3 は基板全体イメージ図および不良パッド表示領域、7 4 4 は検査カウンタおよび各種情報表示領域を示す。

【0161】

次に、前述した図 1 6 ～図 2 0 に加え、図 2 4 ～図 2 9 に基づいて、本実施の形態の 2 D・3 D 半田印刷検査装置において、部分 3 D 検査の必要性、有効性について説明する。それぞれ、図 2 4 (a) ～ (c) は搭載部品としての Q F P の外觀図・外形寸法図、図 2

50

5はクリーム半田印刷済み基板にQFPが搭載された様子を模式的に表した図、図26は図25のB-B'断面を示した図、図27は実際の携帯電話用の基板の印刷パターンを示した図、図28(a)～(c)は搭載部品としてのBGA(CSP)の外観図・外形寸法図、図29(a)～(c)は搭載部品としてのコネクタの外観図・外形寸法図、である。

【0162】

基板の構造は、前述した図16～図20に示した通りである。一般的な基板の構造として、図16に示すように、ガラス・エポキシなどの基板基材12の上には銅などにより配線パターン13が形成されている。そのままでは、配線パターン13上に導電性異物等が付着するとショート等のトラブルが発生するので、基板上に絶縁膜であるレジスト14を塗布する。ただし、回路部品の端子と接続する部分には塗布しない。

10

【0163】

このようにして形成された基板において、図17、図18に示すように、回路部品の端子と接続する部分にはレジスト14がなく、銅配線の一部が露出したような形となっている。この部分がパッド部15である。さらに、このような基板に対して、図19、図20に示すように、クリーム半田の印刷が行われ、パッド部15上に印刷半田10xが、ある一定の厚み・形状で転写される。

【0164】

印刷半田10xが転写された基板に、基板のパッド部15と回路部品の端子が一致するように位置決めした上で回路部品を搭載する。ここでは、回路部品として代表的なQFP(Quad Flat Package)を例として説明している。このQFP90は図24((a)は平面図、(b)は側面図、(c)は正面図)に示すような外観・外形寸法であり、このQFP90が印刷半田10xの印刷済みの基板に搭載された状態は図25、図26のようになる。

20

【0165】

図25、図26においては、基板上にQFP90のみを搭載し、このQFP90の端子90aがパッド部15に印刷半田10xを介して接続されている状態を示しているが、実際にはこの周辺のエリア93a、93b、93c、93d、93eにも複数の端子を有する各種のSOP(Small Outline Package)が搭載され、またエリア93fにはチップ抵抗、チップコンデンサなどのチップ部品が回路部品として搭載される。

30

【0166】

この後、リフロー炉を通ることにより印刷半田10xが溶融し、基板のパッド部15と回路部品の端子が電氣的に接続した状態となる。その後、冷却過程を経ることで、常温における半田の形状は固定したものとなり、基板組立ては完了する。このようなプロセスで基板組立ては行われるので、クリーム半田の印刷における印刷半田10xの印刷品質は、リフロー後の半田接続性に大きな影響を与える。

【0167】

リフロー炉を通ることにより、印刷半田10xは液体となり表面張力を保有する。従って、印刷の形状がある程度乱れていても、あるいはある程度位置ズレしていても、いわゆるセルフアライメントが効いて液体上の印刷半田10xは適正な位置に収束する。よって、前述したように、より重要なのは印刷半田10xの量(体積)である。量が少ないと、回路部品の端子と基板のパッド部15が十分な強度で接合しなくなるからであり、また多すぎると、隣のパッド・端子とショートする危険があるからである。

40

【0168】

通常の半田印刷では、半田量とその2D形状には相関がある。しかし、近年の高密度実装基板では、その相関性が保証されないのではないかとと思われる印刷パターンが見受けられるようになった。印刷半田10xの印刷は、メタルマスクの開口を通してクリーム半田を転写するというプロセスなので、開口径が小さくなれば、クリーム半田の抜け性が悪くなるであろうことは容易に想像できる。

【0169】

50

現に、高密度実装の先端製品の1つである、図27に示すような携帯電話用基板では、図28((a)は底面図、(b)は平面図、(c)は正面図)に示すようなBGA(Ball Grid Array: CSP (Chip Size Package) 92や、外部機器との接続や充電に使用するための、図29((a)は平面図、(b)は正面図、(c)は側面図)に示すようなコネクタ91が搭載される。その他の主な搭載部品としては、前述したような複数の端子を持つQFPが搭載部94a, 94b, 94cに搭載され、また複数の端子を持つSOPが搭載部94d, 94eに搭載され、さらにチップ部品などを含めて各種の回路部品が搭載される。

【0170】

図27に示す携帯電話用基板は、右側と左側で同じ基板が2枚とれる割基板構成(1枚の基板を分割して複数枚の基板がとれる構成)の例であり、それぞれに、図28に示すBGA(CSP)92の端子(バンプ)92aがBGA(CSP)搭載部92b(パッド部: 黒塗り部分)に搭載され、また図29に示すコネクタ91の端子91aがコネクタ搭載部91bに搭載されている。どちらの回路部品も搭載後は、半田接続部が部品と基板に挟まれて目視確認ができないので、印刷半田10xの印刷直後の品質保証が重要となってくる。さらに、これらの部品のパッド部は、他部品と比較してパターンサイズが小さいので、半田の抜け性が良好とは言えない。よって、これらの部分の半田印刷検査はより重要である。

【0171】

BGA(CSP)92のパッド部は開口径が円形なので、サイズが小さい割には比較的良好な抜け性を確保できる。しかし、コネクタ91のパッド部は、かなりアスペクト比の大きな長方形形状なので、開口部のサイズが小さくなるに従い、均一な厚みでの印刷が困難になりつつある。

【0172】

よって、印刷半田10xの印刷検査としては、印刷機の設定ミスを防ぐ目的で基板の4隅と中央の3D検査に加え、印刷抜け性の悪い狭ピッチのBGA(CSP)搭載部92b、そして携帯電話などのコネクタ搭載部91bなどを3D検査し、その他の部分は2D検査で品質保証をするというのが品質と効率のバランスから適していると考えられる。

【0173】

次に、本実施の形態の2D・3D半田印刷検査装置における変形例・応用例を説明する。以上の例では、2D検査と3D検査のカメラを共用としているが、後述するように2D検査用のカメラと3D検査用のカメラをそれぞれ個別に実装しても本発明の本質は全く変わらない。また、2D検査用の白黒エリアカメラの画像を目視確認用に使用しているが、カラーカメラを採用することで目視確認性はさらに向上する。さらに、2D検査用のカメラの撮像画像を使用するのではなく、目視確認専用のカラーカメラと照明を搭載して、さらに目視確認性を上げることも考えられる。

【0174】

具体的に、図30～図32に基づいて、2D検査用カメラと3D検査用カメラの分離構成、測定不能領域の発生しない検査装置構成、について説明する。それぞれ、図30は2D・3D半田印刷検査装置(カメラ2眼タイプ)の全体を示した構成図、図31(a), (b)は2D・3D半田印刷検査装置(スリット照明装置2本タイプ)の全体を示した構成図、図32は高さ測定不能面の存在を説明するための図、である。

【0175】

2D検査用カメラと3D検査用カメラの分離構成については、以下の通りである。原理的には1台のカメラで2D検査と3D検査を実行できる。しかし、2D検査の撮像画像と3D検査の撮像画像は大きく異なるので、カメラに求められる性能も自ずと異なったものになる。したがって、共用するためにはカメラにより高い性能が求められる。

【0176】

現状では、2D検査と3D検査をそれぞれ十分な性能で実現できるカメラは見当たらない。従って、より現実的な解としては、それぞれで専用のカメラを設けるのが現実的と思

10

20

30

40

50

われる。それを示したのが図 30 である。この 2D・3D 半田印刷検査装置（カメラ 2 眼タイプ）の例では、2D 検査用として感度で有利な CCD カメラ（CCD を撮像素子に用いたカメラ）31a を使い、3D 検査用として部分読出しが可能でフレームレートが高いという特長を持った CMOS カメラ（CMOS トランジスタを撮像素子に用いたカメラ）31b を使っている。明白であるが、2D 検査用のカメラと 3D 検査用のカメラをそれぞれ個別に実装しても本発明の本質は全く変わらず、各構成要素の機能も図 1 と同様である。

【0177】

測定不能領域の発生しない検査装置構成については、以下の通りである。前述においては、印刷半田 10x が塗布された検査対象基板 10 にスリット光 24 を斜方から照射することで高さを測定できることを示した。しかし、図 32 に示すように、スリット照明装置 23 の反対側の印刷半田 10x の側面 10x1 はスリット光 24 の影となり、高さを測定することができない。

【0178】

このように、印刷半田 10x の側面の傾斜面を測定できないというのは、半田印刷高さに対して上面面積の大きな印刷半田の場合はさほど問題にならないが、微小な印刷半田の場合には測定体積に大きな影響を与えるので無視できない。近年の高密度実装基板においては、微小な印刷半田が益々増える傾向にあるので、この点を解決する必要がある。それを解決するためには、図 31（（a）は正面図、（b）は側面図）に示すように、スリット照明装置 23a の反対側に同様のスリット照明装置 23b を配置する。

【0179】

この 2D・3D 半田印刷検査装置（スリット照明装置 2 本タイプ）の例では、まず、スリット照明装置 23a のみを点灯して、前述した方法で検査対象基板 10 上に印刷された印刷半田 10x（10a, 10b, 10c）の高さを測定する。これにより、スリット照明装置 23a の反対側の斜面以外の高さ情報を得ることができる。次に、スリット照明装置 23a を消灯してスリット照明装置 23b を点灯し、前述の方法で印刷半田 10x の高さを測定する。これにより、スリット照明装置 23b の反対側の斜面以外の高さ情報を得ることができる。

【0180】

この 2 つの測定結果を比較照合すると、高さを測定できた点については 2 つの結果はほぼ等しくなる。一方、スリット照明装置 23a および 23b のいずれかの影になる印刷半田 10x の側面においては、2 つの測定結果のうち、一方は測定値があり、もう一方は測定不能という異なった結果になる。

【0181】

そこで、印刷半田 10x の表面を形成する任意の点ごとにこの 2 つの測定結果を比較して、両方ともに測定値がある点については 2 つの測定値の平均値をその点の高さ測定値とする。一方に測定値があり、もう一方には測定値がない点については、一方の測定値そのものをその点の測定値とする。このような処理を施すことで、死角のない 3D 測定を実現することができる。

【0182】

次に、図 33～図 35 に基づいて、本実施の形態の 2D・3D 半田印刷検査装置を半導体製造装置に適用した例を説明する。それぞれ、図 33 は 1 つの回路部品となるべき基板が複数個連結した多面取り基板を示した図、図 34 は MCM 構造の半導体集積回路装置を示した図、図 35 は半導体集積回路装置を製造する半導体製造装置を示した構成図、である。

【0183】

ここでは、2D・3D 半田印刷検査装置を半導体製造に適用する例として、MCM（Multi Chip Module）の半導体集積回路装置について説明する。MCM は、図 34 に示すように、前述した検査対象基板と同種の有機多層基板あるいはセラミック多層基板などの基板 100 に、前述した BGA（CSP）などのウエハチップ 101 と、

10

20

30

40

50

前述したチップ抵抗、チップコンデンサのチップ部品102などの回路部品を搭載して1つの機能部品にしたものであり、基板100の裏面に搭載された半田ボール103が外部接続用の端子となる。このMCMでは、ウエハチップ101の半田バンプ104と基板100との接続部分にはアンダーフィル105が充填されている。

【0184】

この製造には、基板組立と同じプロセスを活用することができる。つまり、まず基板100の上にクリーム半田を印刷し、その印刷状態を検査し、印刷状態が適切であればウエハチップ101とチップ部品102を搭載し、そしてリフローにて加熱することでクリーム半田を溶融させ、それが凝固することでウエハチップ101とチップ部品102を基板100と電氣的に接続させるというプロセスである。

10

【0185】

通常、回路部品は小さいので、その1個1個を処理していたのでは効率が悪い。そこで、図33に示すように、1つの回路部品となるべき基板100が縦横に複数個連結した多面取り基板（1枚の基板を分割して複数枚の基板がとれる構成）100aを使用するのが一般的である。

【0186】

以下、図35に基づいて、MCM構造の半導体集積回路装置の製造プロセスをもう少し詳しく説明していく。まず、多面取り基板100aが複数枚セットされたマガジンを基板ローダ110にセットする。基板ローダ110は、マガジン内の基板100aを1枚ずつ次工程に送り出す。さらに、半田印刷機111で基板100a上にクリーム半田を印刷する。

20

【0187】

そして、前述した、印刷半田の高さ・体積の測定原理、印刷半田の高さ・体積測定における高さ測定基準の確実な検出方法、パッド上面基準による印刷半田の高さ・体積を測定する検査データ作成方法、基板反り対応およびパッド上面基準による印刷半田の高さ・体積の検査方法、目視判定に適した3D半田印刷検査方法を適用して、半田印刷検査機112で多面取り基板100aの各基板100上の印刷半田の印刷状態が適正かどうかを検査する。

【0188】

この検査にあたっては、基板100の一部分、たとえば複数の箇所の狭い部分、4隅と中央の部分、パターンが近接した部分、回路部品やコネクタの端子が接続される部分などや、クリーム半田の抜け難い部分を3D検査し、その後、基板100の全面を2D検査する。これにより、検査効率を可能な限り高めながら印刷不良を適切に排除することができ、よって印刷半田の品質が確保され、半導体製造工程の品質を大幅に高めることができる。

30

【0189】

続いて、マウンタ113で多面取り基板100aの各基板100上にウエハチップ101とチップ部品102を搭載する。図35ではマウンタ113という1つの表記になっているが、ウエハチップ101の搭載はフリップチップボンダ、チップ部品102の搭載は高速チップマウンタと分かれるのが一般的である。

40

【0190】

さらに、リフロー114で加熱することによりクリーム半田を溶融させ、その後の冷却過程を経ることで溶融半田が凝固し、ウエハチップ101とチップ部品102が多面取り基板100aの各基板100と電氣的に接合する。そして、アンダーフィル注入機115にて、ウエハチップ101と基板100の間にアンダーフィル105を注入する。

【0191】

続いて、切断機116で、多面取り基板100aを各基板100毎に1個1個の半導体集積回路装置に切断する。そして、トレイ収納機117により、切断した半導体集積回路装置を1つ1つトレイに収納する。このようにして、図34に示すようなMCM構造の半導体集積回路装置は完成する。

50

【0192】

以上のプロセスのリフローにおいて、印刷半田の量が少ないと回路部品と基板100が接合不良を起こし、印刷半田の量が多すぎると、隣の電極（パッド）との短絡を起こすという不良が発生する。しかし、本実施の形態では、半田印刷検査機112によって基板100上に印刷されたクリーム半田が適正かどうかを予め検査し、その結果、適正なものだけが以降の工程に流れるので、半田印刷起因で発生する製造不良を防止することができる。

【0193】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

10

【産業上の利用可能性】

【0194】

本発明の半導体集積回路装置の製造方法は、特に、基板上に印刷された半田を3Dおよび2Dで検査する半田印刷検査装置による検査工程に適用可能であり、さらに各種装置などの基板上に半田を印刷する検査機能付き半田印刷機などにも広く応用可能である。

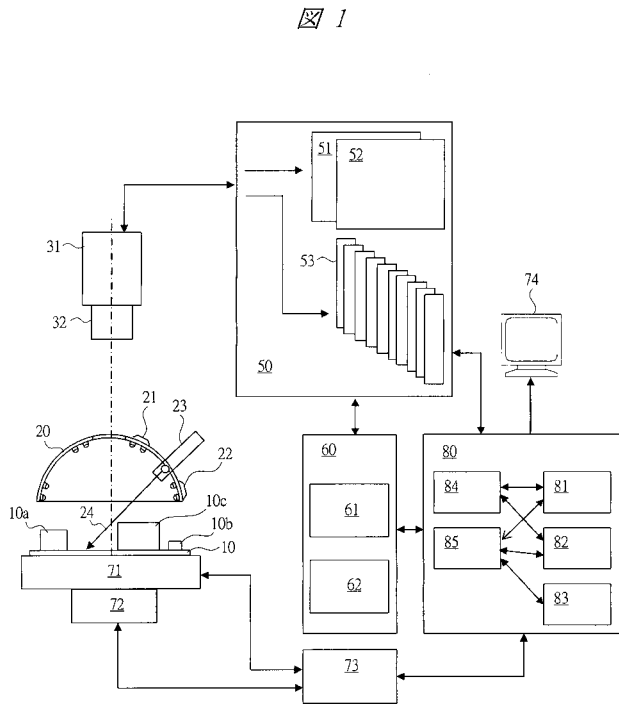
【符号の説明】

【0195】

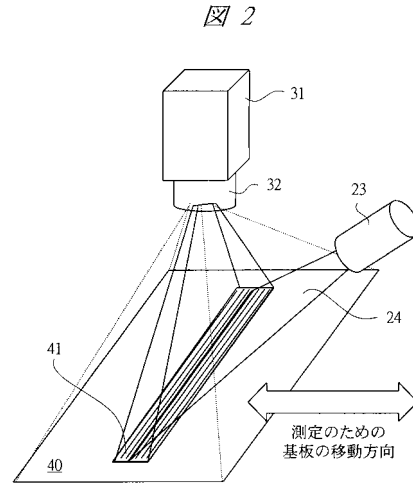
10	検査対象基板	
10a, 10b, 10c, 10x	印刷半田	20
11	高さ測定領域	
11a, 11b	高さ測定基準ライン	
12	基板基材	
13	配線パターン	
13a	スルーホール	
14	レジスト	
15	パッド部	
15a, 15b, 15c	パッド	
16	内層パターン部	
17	高さ測定基準面	30
18a, 18b, 18c	パッド上面高さ	
20	照明装置	
21	赤緑色LED照明装置（2D検査用）	
22	青LED照明装置（2D検査用）	
23, 23a, 23b	スリット照明装置（3D検査用）	
24	スリット光（3D検査用）	
241	スリット光跡（基板上）	
242	スリット光跡（印刷半田上）	
31	カメラ	
31a	CCDカメラ（2D検査用）	40
31b	CMOSカメラ（3D検査用）	
32, 32a, 32b	レンズ	
40	撮像範囲（2D検査用）	
41	撮像範囲（3D検査用）	
50	画像入力記憶部	
51	半田撮像画像データ（2D検査用）	
52	パッド撮像画像データ（2D検査用）	
53	撮像画像データ（3D検査用）	
53a	撮像画像データ（基板高さ測定用）	
53b	撮像画像データ（印刷半田高さ測定用）	50

5 3 c, 5 3 d, 5 3 e	実画像データ (印刷半田高さ測定用)	
5 3 1	スリット光跡 (基板上)	
5 3 2	スリット光跡 (印刷半田上)	
5 3 3	計測基準ライン	
6 0	画像処理部	
6 1	3 D測定データ	
6 2	立体表示 (3 D測定データ)	
7 1	X軸ロボット	
7 2	Y軸ロボット	
7 3	ロボット制御部	10
7 4	表示装置	
7 4 1	不良パッド拡大表示領域	
7 4 2	カメラ撮像画像領域	
7 4 3	基板全体イメージ図および不良パッド表示領域	
7 4 4	検査カウンタおよび各種情報表示領域	
8 0	全体制御部	
8 1	パッドデータ	
8 2	視野割付データ	
8 3	撮像データ記憶領域	
8 4	検査データ作成プログラム	20
8 5	検査実行プログラム	
9 0	Q F P	
9 0 a	端子	
9 1	コネクタ	
9 1 a	端子	
9 1 b	コネクタ搭載部	
9 2	B G A (C S P)	
9 2 a	端子	
9 2 b	B G A (C S P) 搭載部	
9 3 a, 9 3 b, 9 3 c, 9 3 d, 9 3 e, 9 3 f	エリア	30
9 4 a, 9 4 b, 9 4 c, 9 4 d, 9 4 e	搭載部	
1 0 0	基板	
1 0 0 a	多面取り基板	
1 0 1	ウエハチップ	
1 0 2	チップ部品	
1 0 3	半田ボール	
1 0 4	半田パンプ	
1 0 5	アンダーフィル	
1 1 0	基板ローダ	
1 1 1	半田印刷機	40
1 1 2	半田印刷検査機	
1 1 3	マウンタ	
1 1 4	リフロー	
1 1 5	アンダーフィル注入機	
1 1 6	切断機	
1 1 7	トレイ収納機	

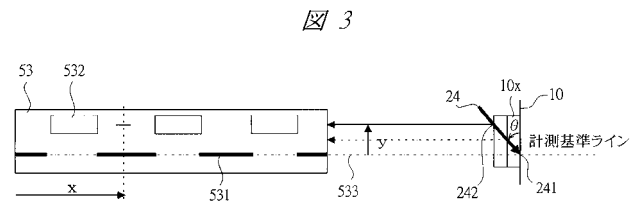
【図 1】



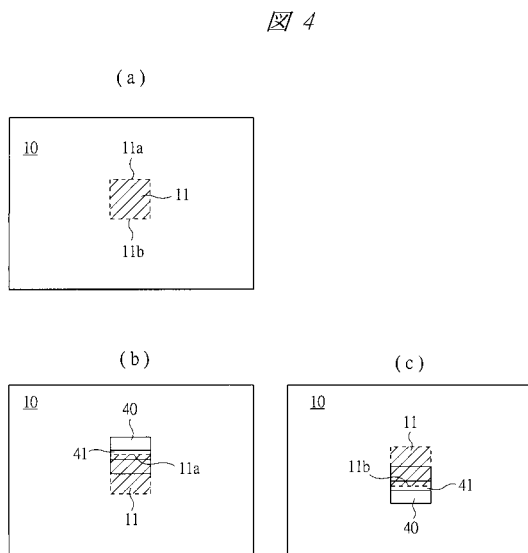
【図 2】



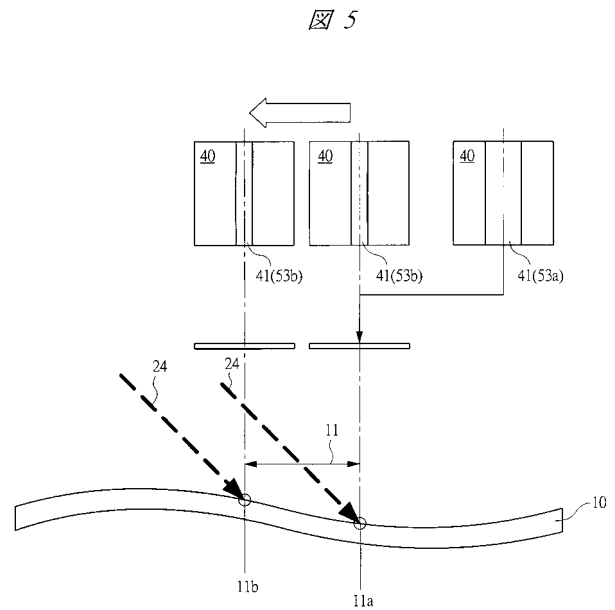
【図 3】



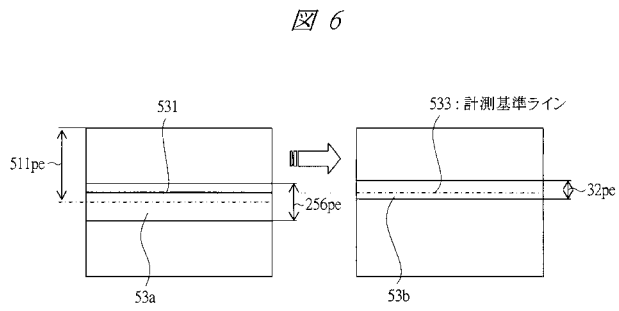
【図 4】



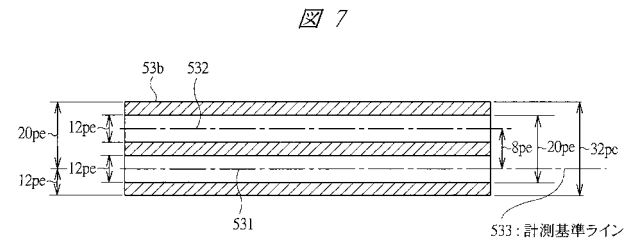
【図 5】



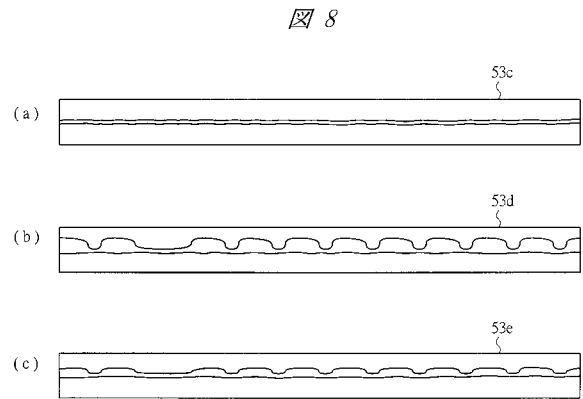
【図 6】



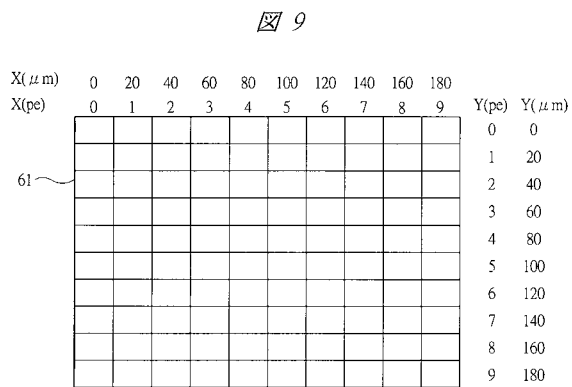
【図 7】



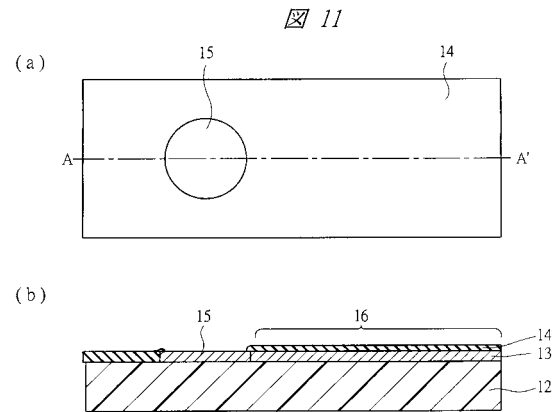
【図 8】



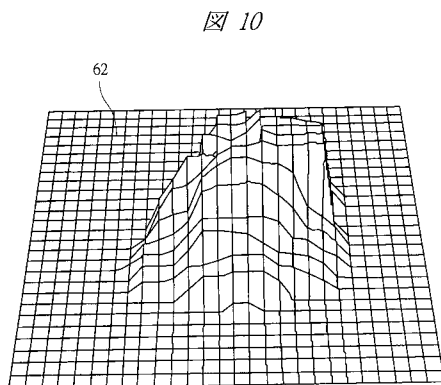
【図 9】



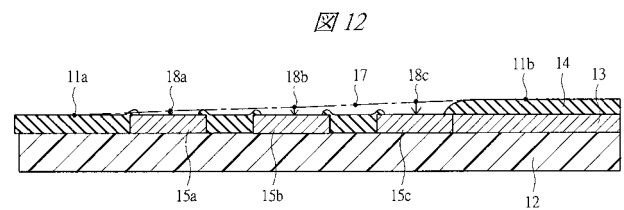
【図 1 1】



【図 1 0】



【図 1 2】



【図 1 3】

図 13

8101	パッド XY座標 No.	8102	パッド XY座標 No.	8103	パッド XY幅	8104	基準面積	8105	基準体積	8106	判定値	8107	検査項目	8108	基準面 からの 高さ	8109	測定値	8110	2D 判定結果	8111	3D 判定結果	8112	不良画像

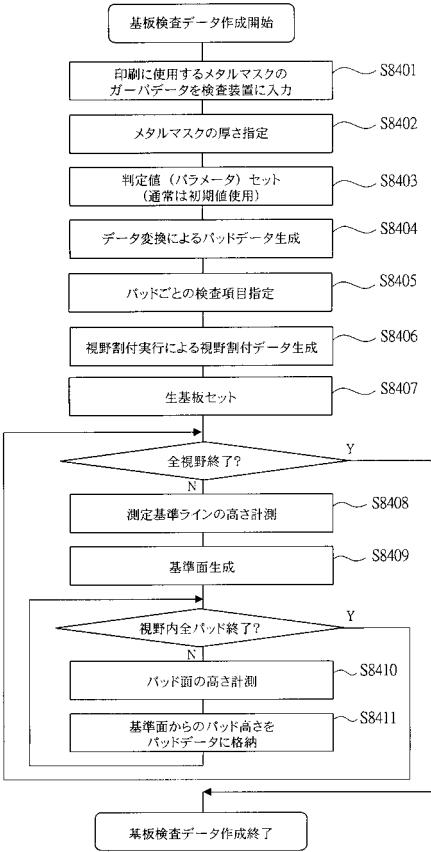
【図 1 4】

図 14

821	視野 No.	822	検査項目	823	中心XY座標	824	開始XY座標	825	終了XY座標	826	視野Xサイズ	827	視野Yサイズ	828	パッド No.

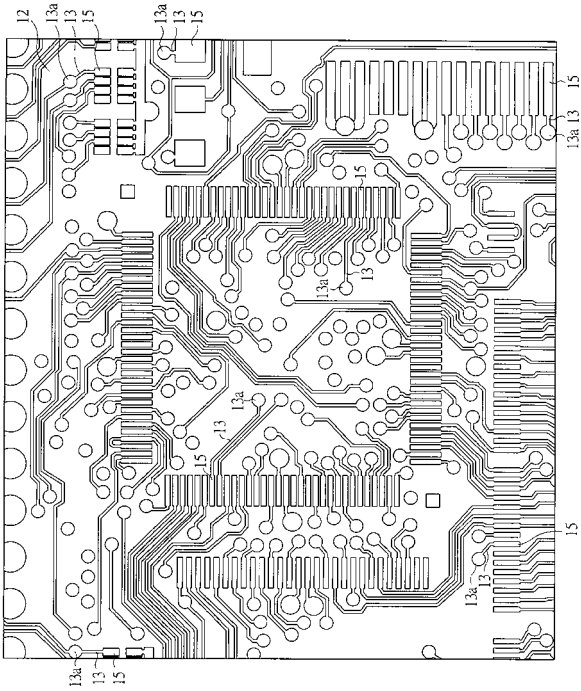
【図 1 5】

図 15

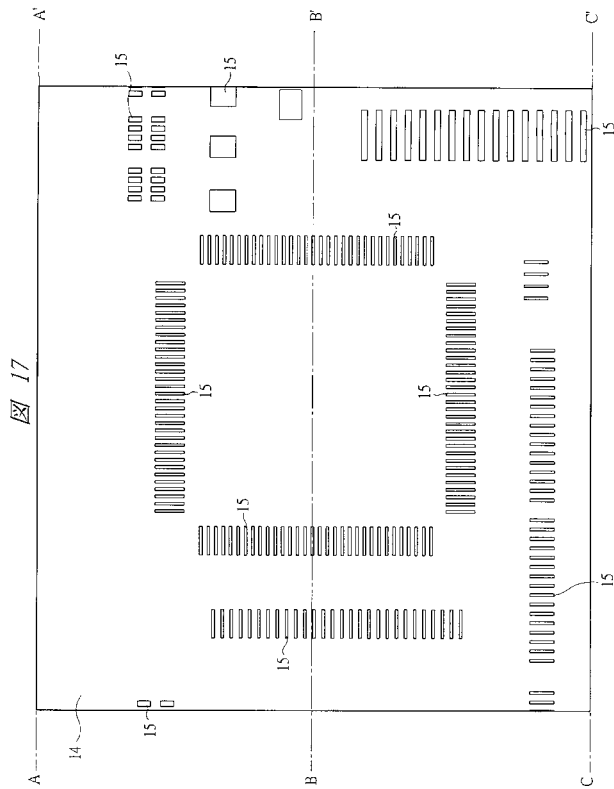


【図 1 6】

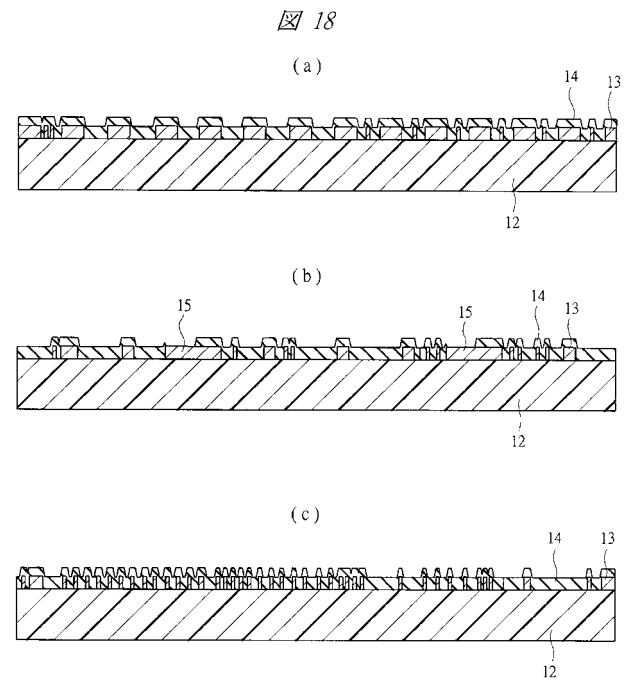
図 16



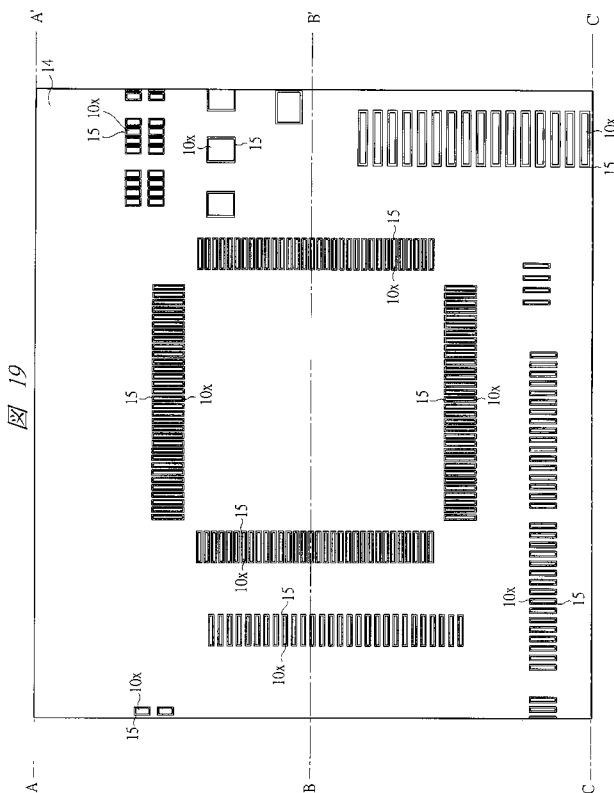
【図 17】



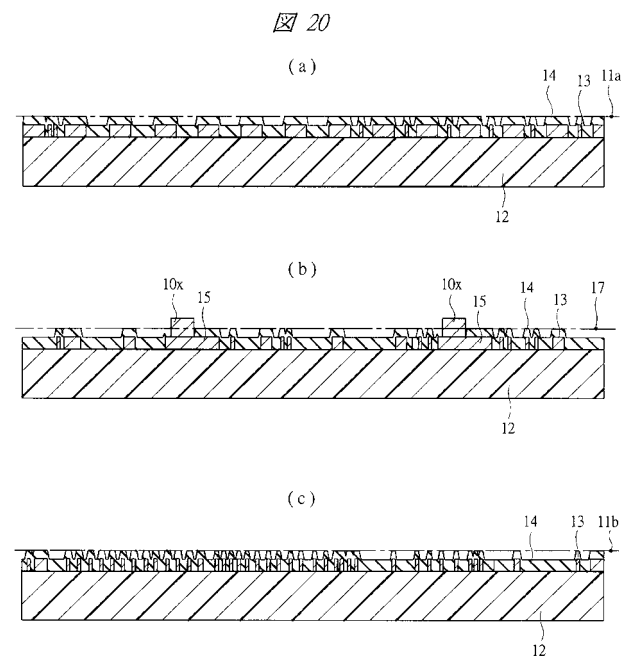
【図 18】



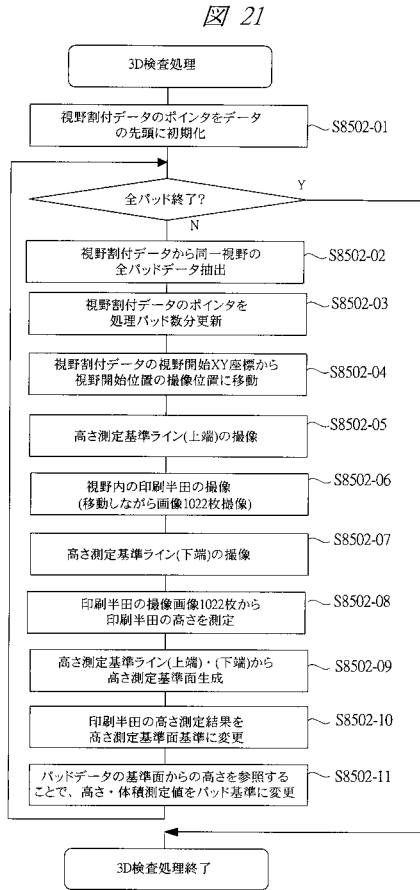
【図 19】



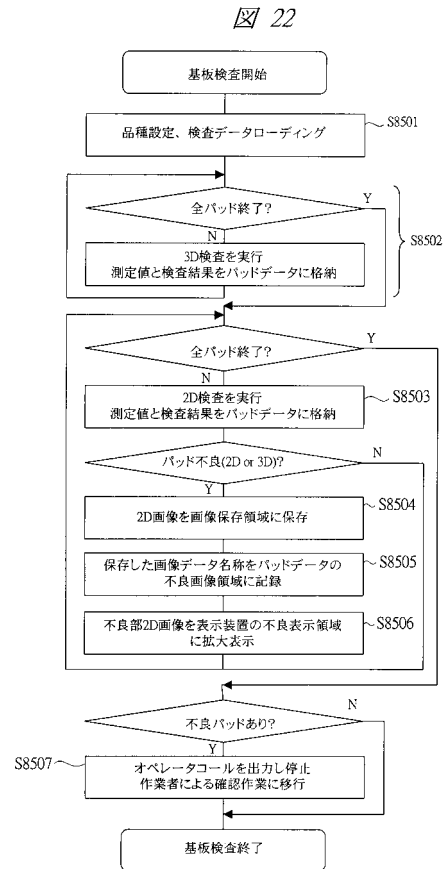
【図 20】



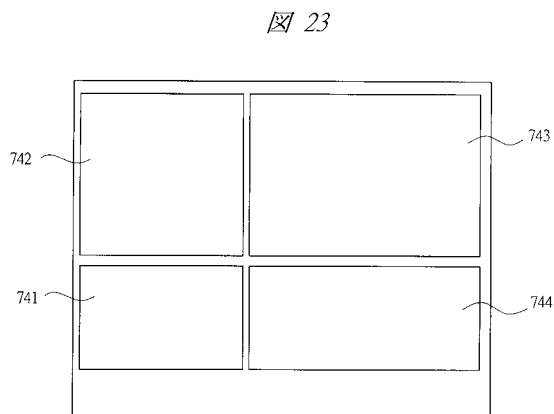
【図 2 1】



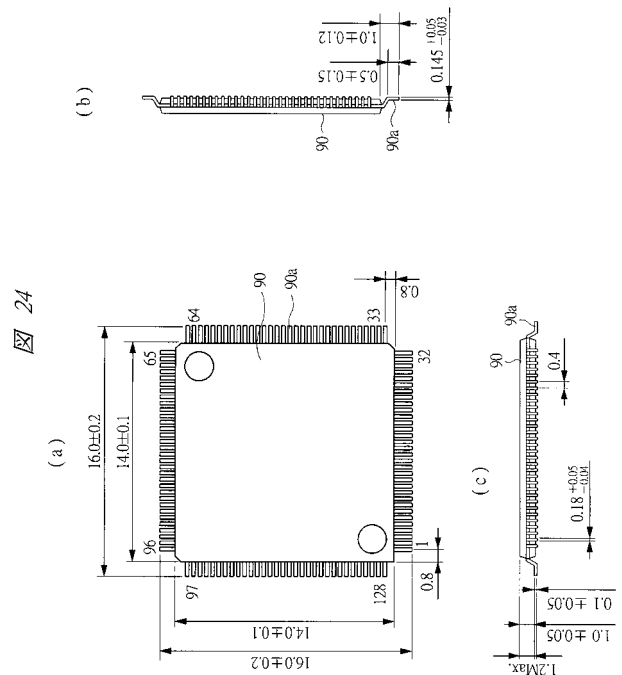
【図 2 2】



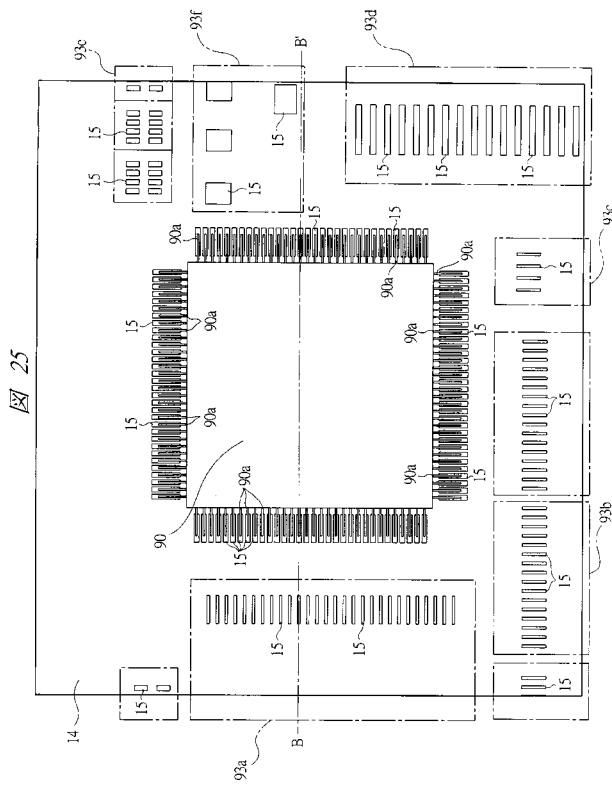
【図 2 3】



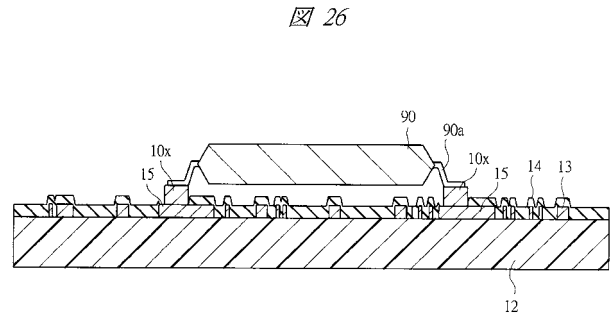
【図 2 4】



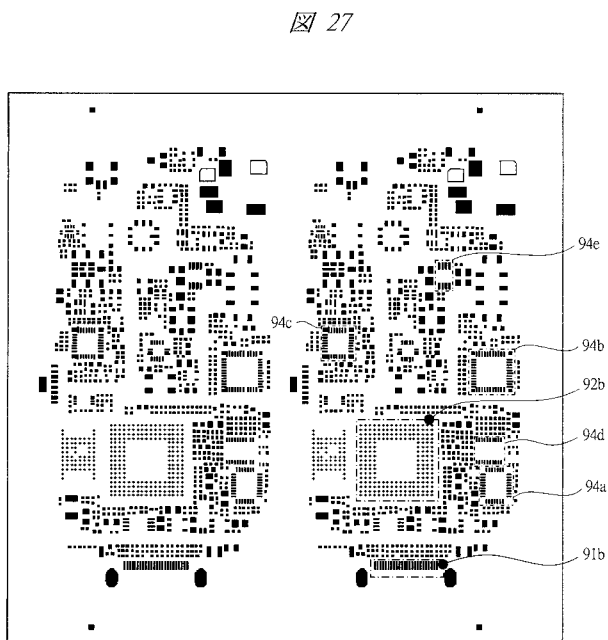
【図 25】



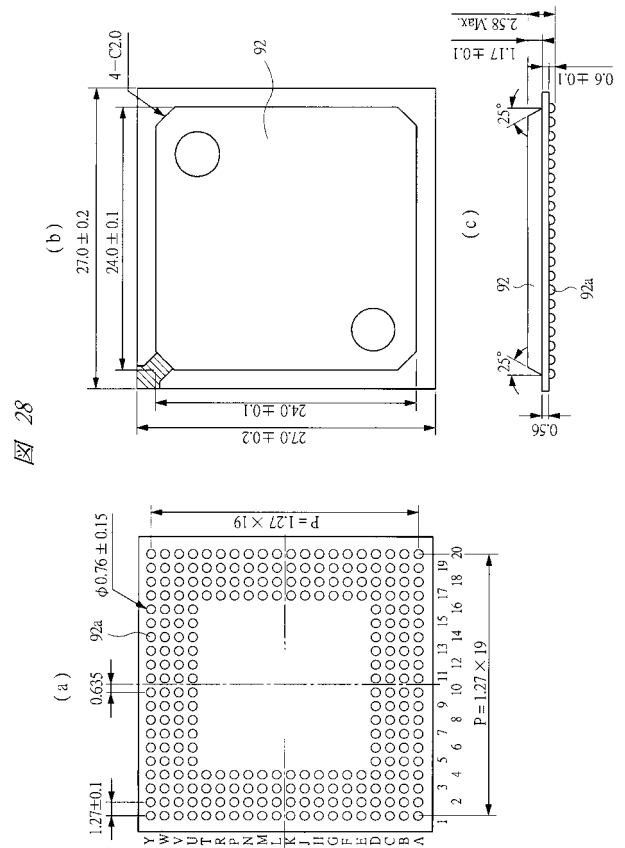
【図 26】



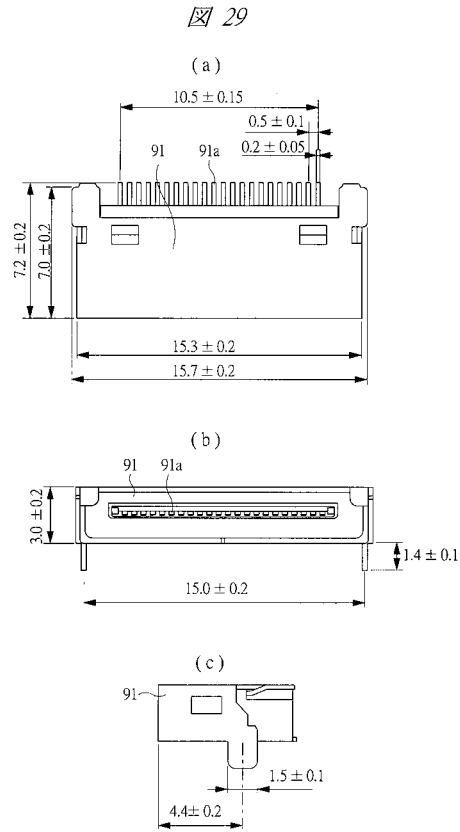
【図 27】



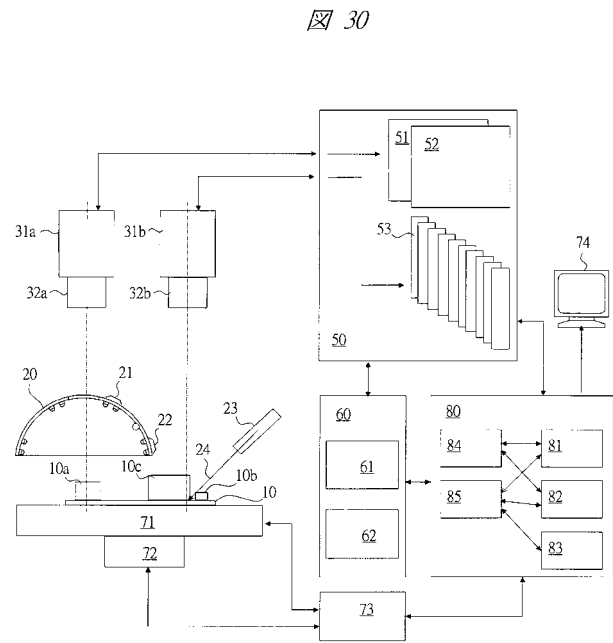
【図 28】



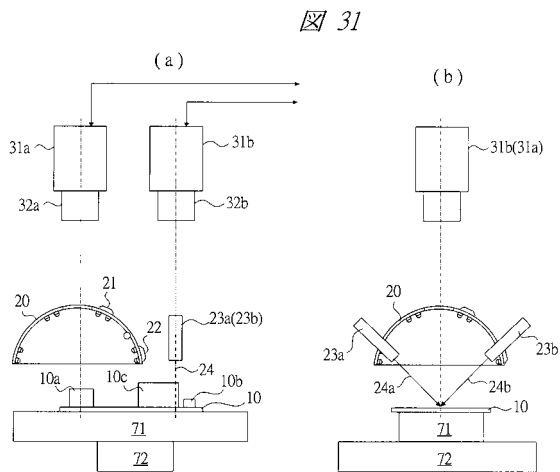
【図 29】



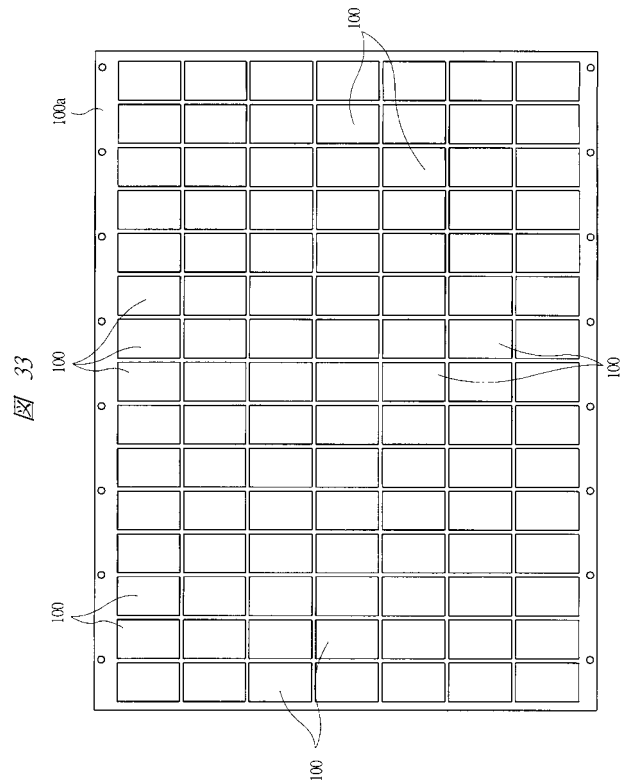
【図 30】



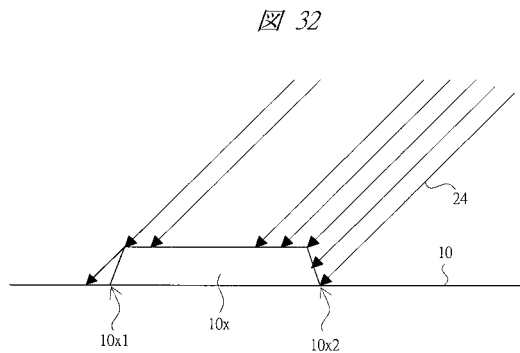
【図 31】



【図 33】

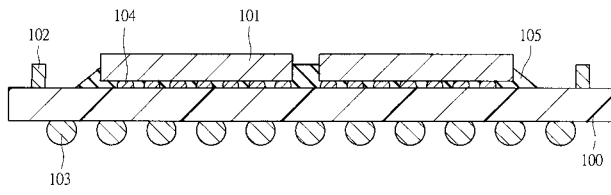


【図 32】



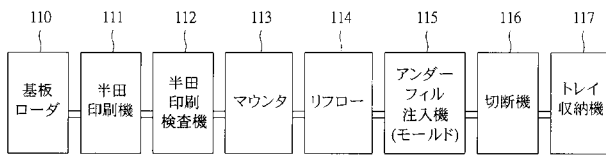
【図 3 4】

図 34



【図 3 5】

図 35



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA04 AA24 AA52 AA53 AA58 AA59 BB02 CC01 CC17
CC26 CC28 DD06 DD19 FF01 FF02 FF09 FF41 GG07 HH05
HH12 JJ03 JJ05 JJ26 MM02 NN02 PP12 PP24 PP25 QQ13
QQ14 QQ23 QQ24 QQ25 QQ29 RR06 RR09 SS04 SS13
5B057 AA03 BA02 BA15 CA08 CA13 CA16 CB08 CB12 CB16 CD05
DA03 DA04 DA08 DA16 DC03 DC32