

明 細 書

発明の名称：

ボンディング装置、ボンディング方法およびボンディングプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、ボンディング装置、ボンディング方法およびボンディングプログラムに関する。

背景技術

[0002] これまでのワイヤボンダにおいては、作業領域を真上からカメラで撮像してその位置を確認し、カメラを退避させ、当該作業領域の真上にボンディングツールを移動させてからボンディング処理を行っていた。このようにカメラとボンディングツールの配置にオフセットが存在することから、その相対位置を正しく測定する技術が利用されることもある（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2016/158588号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 位置確認とボンディング処理をシーケンシャルに実行する場合には、時間を要するばかりか、位置確認とボンディング処理の間に熱の影響等によって計測した位置にずれが生じる場合がある。また、ヘッド部とは別の構造体に撮像ユニットを装着すると、計測誤差を生じる要因が増大する。一方で、従来の撮像ユニットをヘッド部のツール脇に配設すると、その視野の狭さから、作業領域を観察することが困難であった。

[0005] 本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、ヘッド部に対する作業領域の精確な三次元座標計測を実現すると共に、作業領域の三次元座標計測からボンディング処理の実行までのリードタイムを短縮でき

るボンディング装置等を提供するものである。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明の第1の態様におけるボンディング装置は、ステージに載置された基板のボンディングポイントへボンディングワイヤを供給するボンディングツールと、ステージのステージ面に平行な平面が焦点面となるようにそれぞれの光学系と撮像素子がシャインプルフ条件を満たして配置されている第1撮像ユニットおよび第2撮像ユニットと、第1撮像ユニットが出力する第1画像に写り込んだ、ボンディングポイントのうち次にボンディングワイヤを供給する目標ポイントの像である第1像と、第2撮像ユニットが出力する第2画像に写り込んだ目標ポイントの像である第2像に基づいて目標ポイントの三次元座標を算出する算出部と、算出部に算出された目標ポイントの三次元座標に基づいてボンディングツールを目標ポイントに接近させる駆動制御部とを備える。
- [0007] 本発明の第2の態様におけるボンディング方法は、ステージに載置された基板のボンディングポイントのうち次にボンディングワイヤを供給する目標ポイントを、ステージのステージ面に平行な平面が焦点面となるようにそれぞれの光学系と撮像素子がシャインプルフ条件を満たして配置されている第1撮像ユニットおよび第2撮像ユニットのそれぞれに撮像させる撮像ステップと、第1撮像ユニットが出力する第1画像に写り込んだ、目標ポイントの像である第1像と、第2撮像ユニットが出力する第2画像に写り込んだ目標ポイントの像である第2像に基づいて目標ポイントの三次元座標を算出する算出ステップと、目標ポイントの三次元座標に基づいて、ボンディングワイヤを供給するボンディングツールを目標ポイントに接近させる駆動ステップとを有する。
- [0008] 本発明の第3の態様におけるボンディングプログラムは、ステージに載置された基板のボンディングポイントのうち次にボンディングワイヤを供給する目標ポイントを、ステージのステージ面に平行な平面が焦点面となるようにそれぞれの光学系と撮像素子がシャインプルフ条件を満たして配置され

ている第1撮像ユニットおよび第2撮像ユニットのそれぞれに撮像させる撮像ステップと、第1撮像ユニットが出力する第1画像に写り込んだ、目標ポイントの像である第1像と、第2撮像ユニットが出力する第2画像に写り込んだ目標ポイントの像である第2像に基づいて目標ポイントの三次元座標を算出する算出ステップと、目標ポイントの三次元座標に基づいて、ボンディングワイヤを供給するボンディングツールを目標ポイントに接近させる駆動ステップとをコンピュータに実行させる。

発明の効果

- [0009] 本発明により、ヘッド部に対する作業領域の精確な三次元座標計測を実現すると共に、作業領域の三次元座標計測からボンディング処理の実行までのリードタイムを短縮できるボンディング装置等を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]本実施形態に係るワイヤボンダの要部を模式的に示す斜視図である。
[図2]ワイヤボンダのシステム構成図である。
[図3]シャインプルーフ光学系を説明するための説明図である。
[図4]三次元座標の算出原理を説明するための説明図である。
[図5]ボンディングポイントの三次元座標計測を説明するための説明図である。
。
[図6]ボンディング工程の適否評価を説明するための説明図である。
[図7]演算処理部の処理手順を説明するフロー図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、特許請求の範囲に係る発明を以下の実施形態に限定するものではない。また、実施形態で説明する構成の全てが課題を解決するための手段として必須であるとは限らない。
。
[0012] 図1は、本実施形態に係るワイヤボンダ100の要部を模式的に示す斜視図である。ワイヤボンダ100は、半導体チップ320のパッド電極321と基板330のリード電極322をボンディングワイヤであるワイヤ310

により結線するボンディング装置である。パッド電極 3 2 1 とリード電極 3 2 2 は、三次元座標を計測してワイヤ 3 1 0 を供給する対象であり、以降の説明においてはボンディングポイントなどと呼ぶ場合がある。

- [0013] ワイヤボンダ 1 0 0 は、主に、ヘッド部 1 1 0、ボンディングツール 1 2 0、第 1 撮像ユニット 1 3 0、第 2 撮像ユニット 1 4 0 を備える。ヘッド部 1 1 0 は、ボンディングツール 1 2 0、第 1 撮像ユニット 1 3 0、第 2 撮像ユニット 1 4 0 を支持し、ヘッド駆動モータ 1 5 0 によって平面方向へ移動可能である。平面方向は、図示するように、X 軸方向と Y 軸方向で定められる水平方向であり、架台 2 1 0 に載置されたステージ 2 2 0 の移動方向でもある。ステージ 2 2 0 上には基板 3 3 0 が載置され固定される。
- [0014] ボンディングツール 1 2 0 は、例えば金線であるワイヤ 3 1 0 を供給する機能を担い、ワイヤクランプ、トランスデューサ、キャピラリを包含する。なお、以下の本実施形態ではキャピラリを用いたボールボンディングを前提として説明するが、ウェッジツールを用いたウェッジボンディングを採用しても構わない。パッド電極 3 2 1 へのファーストボンド時には図示するように先端部からワイヤ 3 1 0 が延出され、ボールボンディングを採用する本実施形態の場合は、不図示のトーチ電極によりワイヤ 3 1 0 の先端部に F A B (Free Air Ball) が形成される。ボンディングツール 1 2 0 は、ツール駆動モータ 1 6 0 によって、ヘッド部 1 1 0 に対して高さ方向へ移動可能である。高さ方向は、図示するように、平面方向に直交する Z 軸方向である。
- [0015] 第 1 撮像ユニット 1 3 0 は、ボンディングツール 1 2 0 の下方に位置するボンディングポイントを撮像するための撮像ユニットであり、第 1 光学系 1 3 1 と第 1 撮像素子 1 3 2 を備える。具体的には後述するが、第 1 撮像ユニット 1 3 0 は、光軸をボンディングツール 1 2 0 の下方に向けてヘッド部 1 1 0 に斜設されている。第 1 光学系 1 3 1 と第 1 撮像素子 1 3 2 は、ステージ 2 2 0 のステージ面に平行な平面が焦点面となるようにシャインプルーフ条件を満たして配置されている。
- [0016] 第 2 撮像ユニット 1 4 0 は、ボンディングツール 1 2 0 の下方に位置する

ボンディングポイントを撮像するための撮像ユニットであり、第2光学系141と第2撮像素子142を備える。具体的には後述するが、第2撮像ユニット140は、ボンディングツール120に対して第1撮像ユニット130とは反対側に、光軸をボンディングツール120の下方に向けてヘッド部110に斜設されている。第2光学系141と第2撮像素子142は、ステージ220のステージ面に平行な平面が焦点面となるようにシャインプルーフ条件を満たして配置されている。

[0017] XYZ座標系は、ヘッド部110の基準位置を原点とする空間座標系である。ワイヤボンダ100は、ボンディングポイントを第1撮像ユニット130および第2撮像ユニット140によって撮像し、それらの像からボンディングポイントの三次元座標を算出する。具体的には、ファーストボンディングポイントであるパッド電極321の三次元座標(X_{RTA} , Y_{RTA} , Z_{RTA})と、セカンドボンディングポイントであるリード電極322の三次元座標(X_{RTB} , Y_{RTB} , Z_{RTB})を算出する。ワイヤボンダ100は、パッド電極321の三次元座標(X_{RTA} , Y_{RTA} , Z_{RTA})、リード電極322の三次元座標(X_{RTB} , Y_{RTB} , Z_{RTB})を接近目標としてヘッド部110およびボンディングツール120を駆動する。なお、平面方向の位置調整については、ステージ220を駆動してもよく、また、ヘッド部110とステージ220を協調して共に駆動してもよい。

[0018] 図2は、ワイヤボンダ100のシステム構成図である。ワイヤボンダ100の制御システムは、主に、演算処理部170、記憶部180、入出力デバイス190、第1撮像ユニット130、第2撮像ユニット140、ヘッド駆動モータ150、ツール駆動モータ160によって構成される。演算処理部170は、ワイヤボンダ100の制御とプログラムの実行処理を行うプロセッサ(CPU: Central Processing Unit)である。プロセッサは、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)やGPU(Graphics Processing Unit)等の演算処理チップと連携する構成であってもよい。演算処理部170は、記憶部180に記憶されたボンディングプログラムを読み出して

、ボンディングに関する様々な処理を実行する。

- [0019] 記憶部 180 は、不揮発性の記憶媒体であり、例えば HDD (Hard Disk Drive) によって構成されている。記憶部 180 は、ワイヤボンダ 100 の制御や処理を実行するプログラムの他にも、制御や演算に用いられる様々なパラメータ値、関数、ルックアップテーブル等を記憶し得る。記憶部 180 は、特に、変換テーブル 181 を記憶している。変換テーブル 181 は、具体的には後述するが、第 1 像と第 2 像の座標値を入力すると、ボンディングポイントの三次元座標へ変換するルックアップテーブルである。ここで、第 1 像は、第 1 撮像ユニット 130 が出力する第 1 画像に写り込んだボンディングポイントの像であり、第 2 指標像は、第 2 撮像ユニット 140 が出力する第 2 画像に写り込んだボンディングポイントの像である。
- [0020] 入出力デバイス 190 は、例えばキーボード、マウス、表示モニタを含み、ユーザによるメニュー操作を受け付けたり、ユーザへ情報を提示したりするデバイスである。例えば、演算処理部 170 は、入出力デバイス 190 の一つである表示モニタへ、第 1 画像と第 2 画像を並べて表示してもよい。
- [0021] 第 1 撮像ユニット 130 は、演算処理部 170 から撮像要求信号を受けて撮像を実行し、第 1 撮像素子 132 が出力した第 1 画像を画像信号として演算処理部 170 へ送信する。同様に、第 2 撮像ユニット 140 は、演算処理部 170 から撮像要求信号を受けて撮像を実行し、第 2 撮像素子 142 が出力した第 2 画像を画像信号として演算処理部 170 へ送信する。
- [0022] ヘッド駆動モータ 150 は、演算処理部 170 から駆動信号を受けてヘッド部 110 を XY 方向へ移動させる。ツール駆動モータ 160 は、演算処理部 170 から駆動信号を受けてボンディングツール 120 を Z 方向へ移動させる。
- [0023] 演算処理部 170 は、位置制御プログラムが指示する処理に応じて様々な演算を実行する機能演算部としての役割も担う。演算処理部 170 は、画像取得部 171、算出部 172、駆動制御部 173、評価部 174 として機能し得る。画像取得部 171 は、第 1 撮像ユニット 130 および第 2 撮像ユニ

ット140へ撮像要求信号を送信し、第1画像の画像信号および第2画像の画像信号を取得する。

- [0024] 算出部172は、第1画像に写り込んだボンディングポイントの像である第1像と第2画像に写り込んだボンディングポイントの像である第2像に基づいてボンディングポイントの三次元座標を算出する。具体的には、変換テーブル181を用いて三次元座標を得る。駆動制御部173は、ヘッド駆動モータ150を駆動する駆動信号、およびツール駆動モータ160を駆動する駆動信号を生成し、それぞれのモータへ送信する。例えば、算出部172がパッド電極321の三次元座標(X_{RTA} , Y_{RTA} , Z_{RTA})を算出すると、ボンディングツール120を(X_{RTA} , Y_{RTA} , Z_{RTA})へ接近させる駆動信号を生成し、ツール駆動モータ160へ送信する。なお、ステージ220を水平方向へ移動させる場合には、ステージ220を移動させるステージ駆動モータへ駆動信号を送信する。評価部174は、第1撮像ユニット130および第2撮像ユニット140の少なくともいずれかが出力する画像に基づいてボンディング工程の適否を評価する。
- [0025] 図3は、第1撮像ユニット130に採用されているシャインプルーフ光学系を説明するための説明図である。第2撮像ユニット140にも同様のシャインプルーフ光学系が採用されているが、ここでは代表して第1撮像ユニット130のシャインプルーフ光学系について説明する。
- [0026] 図3において、平面 S_1 は、ステージ220のステージ面に対して平行な、半導体チップ320のパッド電極321が設けられた表面を含む予定焦点面である。仮想面 S_2 は、物側レンズ群131aと像側レンズ群131bを構成群とする第1光学系131の主平面を含む平面である。平面 S_3 は、第1撮像素子132の受光面を含む平面である。本実施形態においてシャインプルーフ光学系は、シャインプルーフ条件を満たして配置されている第1光学系131と第1撮像素子132を含む。シャインプルーフ条件を満たす配置とは、平面 S_1 、仮想面 S_2 、平面 S_3 が共通の直線P上で互いに交差する配置である。

[0027] なお、図3は、シャインプルーフ条件をわかりやすく説明するために、物側レンズ群131aと半導体チップ320を接近させて示しているが、実際には図1に示すように互いに離間している。ボンディングツール120は、半導体チップ320の上部空間において、第1撮像ユニット130と干渉することなくZ軸方向へ移動することができる。

[0028] 絞り133は、物側レンズ群131aと像側レンズ群131bの間に配置され、通過する光束を制限する。絞り133の径により、被写界深度 D_p を調整することができる。したがって、第1撮像ユニット130は、半導体チップ320上のパッド電極321と共に、基板330上のリード電極322も、第1撮像ユニット130の視野に収まっている限り、合焦状態で一画像に撮像することができる。また、電極に限らず、例えばボンディングツール120から延出するワイヤ310の先端部が被写界深度 D_p 内まで接近すると、第1撮像ユニット130は、ワイヤ310の先端部とパッド電極321を共に合焦状態で撮像することができる。

[0029] 第2撮像ユニット140は、第1撮像ユニット130と同様の構成を備え、ボンディングツール120の中心軸を含むYZ平面に対して対称にヘッド部110に配設されている。したがって、第2撮像ユニット140も第1撮像ユニット130と同様に、パッド電極321とリード電極322を、第2撮像ユニット140の視野に収まっている限り、合焦状態で一画像に撮像することができる。

[0030] 本実施形態においては、物側レンズ群131aおよび像側レンズ群131bにより両側テレセントリックを実現している。これにより観察対象を撮像素子上に一定の倍率で結像させることができるので、三次元座標の算出には都合が良い。特にシャインプルーフ光学系においては、直線P側に存在する観察対象も直線Pから遠い側に存在する観察対象も結像面では同倍率となる物側テレセントリックであることが望ましい。

[0031] 図4は、ボンディングポイントの三次元座標の算出原理を説明するための説明図である。特に、変換テーブル181を生成する手順を説明する図であ

る。変換テーブル181は、基板330に半導体チップ320を重ねた厚さを有するチャート400をボンディングツール120直下のステージ220上に載置し、これを撮像した第1撮像ユニット130の第1画像と第2撮像ユニット140の第2画像を用いて生成される。

[0032] チャート400の表面には、複数のドット410が設定された間隔でマトリックス状に印刷されている。このようなチャート400を、ヘッド部110の高さを $Z = h_1, h_2, h_3, \dots$ に調整し、それぞれの高さで撮像を実行して第1画像と第2画像のペアを得る。

[0033] 第1撮像ユニット130および第2撮像ユニット140はシャインプルーフ光学系を採用するので、得られるチャート像400'は、全面が合焦状態でありながら、それぞれが互いに逆向きの台形に歪んでいる。画像座標系として横軸を x 軸、縦軸を y 軸とすると、第1画像と第2画像で互に対応するドット像410'の座標は、 (x_{1k}, y_{1k}) 、 (x_{2k}, y_{2k}) のように算出される。

[0034] チャート400のそれぞれのドット410についてステージ220上での座標 (X_k, Y_k) は既知であり、高さ $h_k = Z_k$ は撮像時に調整されるので、各ドット410の三次元座標 (X_k, Y_k, Z_k) は、撮影時には確定される。そして、高さ h_k で撮像された第1画像と第2画像の各ドット像410'の座標 (x_{1k}, y_{1k}) 、 (x_{2k}, y_{2k}) が算出されるので、それぞれのドット410とその像であるドット像410'の間で座標の対応関係を取得することができる。すなわち、撮像を実行した高さごとに、離散的に、三次元座標 (X_k, Y_k, Z_k) と二次元座標 (x_{1k}, y_{1k}) 、 (x_{2k}, y_{2k}) の対応関係を取得することができる。このような対応関係を変換テーブル181に記述する。

[0035] このように記述され、生成された変換テーブル181は、三次元座標 (X_k, Y_k, Z_k) と二次元座標 (x_{1k}, y_{1k}) 、 (x_{2k}, y_{2k}) の対応関係を示すデータの集合体であり、ルックアップテーブルとして利用し得る。つまり、変換テーブル181を参照すれば、第1像の座標値 (x_{1R}, y_{1R}) と第2像の座標値 (x_{2R}, y_{2R}) をボンディングポイントの三次元座標 (X_R, Y_R, Z_R) へ変

換することができる。なお、算出された (x_{1R}, y_{1R}) と (x_{2R}, y_{2R}) の組み合わせが変換テーブル 181 に存在しない場合には、変換テーブル 181 に存在する周辺座標で補間処理を行えばよい。

[0036] また、ルックアップテーブル形式の変換テーブル 181 に限らず、他の手法を用いて第 1 像の座標値 (x_{1R}, y_{1R}) と第 2 像の座標値 (x_{2R}, y_{2R}) をボンディングポイントの三次元座標 (X_R, Y_R, Z_R) へ変換してもよい。例えば、チャート 400 を用いて事前に得られた三次元座標 (X_k, Y_k, Z_k) と二次元座標 (x_{1k}, y_{1k}) 、 (x_{2k}, y_{2k}) の対応関係から多項式近時関数を求めておき、これにより (x_{1R}, y_{1R}) と (x_{2R}, y_{2R}) から (X_R, Y_R, Z_R) へ変換してもよい。このように、実測データに基づいて生成されるルックアップテーブルや多項式近時関数等を用いる場合には、実測データにレンズの収差や撮像ユニットの取付け誤差などの構成要素に起因する誤差要因が吸収されるので、より精度の高い三次元座標の算出を期待できる。

[0037] 一方で、実測データによらず、シャインブルーフの幾何条件や、2つの撮像素子間で規定される基線長等を用いて、算術的に変換式を求めてもよい。例えば、光学系や撮像素子の傾き角等の物理量をパラメータとする、台形像を矩形像へ変換する変換行列を定めておき、第 1 画像と第 2 画像に対してこの変換行列により台形補正を行う。そして、台形補正を行った 2つの画像をステレオ画像として、互いの像の位置ずれ量から観察対象の三次元座標を算出する。このような手法によれば、チャート等を用いた事前の実測データの取得が省ける点において都合が良い。

[0038] 次に、ボンディング工程中におけるボンディングポイントの三次元座標の計測について説明する。図 5 は、ボンディングポイントの三次元座標計測を説明するための説明図である。具体的には、これから特定のパッド電極 321 にファーストボンディングを行う状況において、第 1 撮像ユニット 130 と第 2 撮像ユニット 140 から取得した第 1 画像と第 2 画像の例を模式的に示す図である。

[0039] 第 1 画像および第 2 画像には、パッド電極 321 の像であるパッド電極像

3 2 1' とリード電極 3 2 2 の像であるリード電極像 3 2 2' がそれぞれ複数書き込んでいる。これからファーストボンディングを行うパッド電極 3 2 1 は、ワイヤ 3 1 0 を供給すべくボンディングツール 1 2 0 を接近させる目標ポイントであり、その像であるパッド電極像 3 2 1' を×印で示している。算出部 1 7 2 は、例えば当該パッド電極像 3 2 1' の 2 つの対角線の交点を算出すべき座標値として、第 1 画像から (x_{1TA} , y_{1TA}) を、第 2 画像から (x_{2TA} , y_{2TA}) を算出する。算出部 1 7 2 は、これらの座標値のペアを変換テーブル 1 8 1 へ入力して、目標ポイントの三次元座標 (X_{RTA} , Y_{RTA} , Z_{RTA}) を算出する。

[0040] ファーストボンディングに続いてセカンドボンディングを行うリード電極 3 2 2 は、ボンディングツール 1 2 0 が目標ポイントからループを描いてワイヤ 3 1 0 を供給する後続ポイントであり、その像であるリード電極像 3 2 2' を+印で示している。算出部 1 7 2 は、例えば当該リード電極像 3 2 2' の 2 つの対角線の交点を算出すべき座標値として、第 1 画像から (x_{1TB} , y_{1TB}) を、第 2 画像から (x_{2TB} , y_{2TB}) を算出する。算出部 1 7 2 は、これらの座標値のペアを変換テーブル 1 8 1 へ入力して、後続ポイントの三次元座標 (X_{RTB} , Y_{RTB} , Z_{RTB}) を算出する。

[0041] ボンディング処理工程において、これから一つのループで結線するパッド電極 3 2 1 とリード電極 3 2 2 のそれぞれの三次元座標を、一組の第 1 画像と第 2 画像から纏めて算出すれば、精確な三次元座標の算出に加えて処理時間の短縮にも寄与する。また、ファーストボンディングとセカンドボンディングの間にボンディングツール 1 2 0 を撮像のために一旦停止する必要もないので、ボンディングツール 1 2 0 の円滑な移動も実現することができる。なお、本実施形態においては、これから一つのループで結線する一組のパッド電極 3 2 1 とリード電極 3 2 2 のそれぞれの三次元座標を纏めて算出する手法を採用するが、それぞれに撮像工程を実行して別個に算出してもよい。また、一度の撮像工程で得られた第 1 画像と第 2 画像に写り込むパッド電極像 3 2 1' とリード電極像 3 2 2' のすべてを対象として、それぞれのパッ

ド電極 3 2 1 とリード電極 3 2 2 の三次元座標を予め纏めて算出してもよい。

[0042] 第 1 撮像ユニット 1 3 0 と第 2 撮像ユニット 1 4 0 から取得される第 1 画像と第 2 画像は、三次元座標の算出に利用する場合に限らず、例えば、ボンディング工程の適否を評価する場合にも利用し得る。図 6 は、ボンディング工程の適否評価を説明するための説明図である。具体的には、ファーストボンディングの対象であるパッド電極 3 2 1 へ向けてボンディングツール 1 2 0 を高速に降下させ、F A B がパッド電極 3 2 1 に接触する直前に低速降下に切り替えられたタイミングで撮像された第 1 画像と第 2 画像の例を模式的に示す図である。

[0043] 上述のように、第 1 撮像ユニット 1 3 0 の第 1 光学系 1 3 1 と第 2 撮像ユニット 1 4 0 の第 2 光学系 1 4 1 のそれぞれは一定の被写界深度を有する。したがって、パッド電極 3 2 1 に接近する F A B の像である F A B 像 3 1 1' や、すでに結線を終えたワイヤ 3 1 0 の接合端の像であるパッド接合端像 3 1 2'、リード接合端像 3 1 3' を合焦状態で一画像に撮像することができる。

[0044] そこで、評価部 1 7 4 は、このような画像を用いてボンディング工程の適否を評価する。具体的には、一つ目の適否評価として、ファーストボンディングポイントであるパッド電極 3 2 1 へ接触する前の、ワイヤ 3 1 0 の先端部に生成された F A B の像である F A B 像 3 1 1' を評価する。例えば、F A B 像 3 1 1' の輪郭を抽出することにより、ワイヤ 3 1 0 幅に対する F A B 径が規定の割合に収まっているかについて評価する。また、F A B 像 3 1 1' を二値化することにより、表面に不純物が付着していないかについて評価する。

[0045] 評価部 1 7 4 は、評価項目に応じて第 1 画像と第 2 画像のいずれかを用いるか、両方を用いるかを決定する。例えば、表面に不純物が付着していないかについて評価する場合には、第 1 画像の F A B 像 3 1 1' と第 2 画像の F A B 像 3 1 1' は、互いに反対方向から観察される表面の像であるので両画

像を用いてそれぞれで評価を行う。評価部 174 が観察された F A B を良好と評価した場合には、駆動制御部 173 は、ファーストボンディングをそのまま実行する。一方、評価部 174 が観察された F A B を不良と評価した場合には、駆動制御部 173 は、ファーストボンディングをキャンセルし、ボンディングツール 120 を退避させて一連のボンディング工程を一時停止する。

[0046] 二つ目の適否評価として、ワイヤ 310 を固着させた後のボンディングポイントの像である固着像を評価する。具体的には、パッド接合端像 312' とリード接合端像 313' を評価する。例えば、パッド接合端像 312' とパッド電極像 321' のそれぞれの輪郭を抽出することにより、パッド接合端がパッド電極 321 からはみ出していないか、さらには中心位置から偏位していないかについて評価する。同様に、リード接合端像 313' とリード電極像 322' のそれぞれの輪郭を抽出することにより、リード接合端がリード電極 322 からはみ出していないか、さらには中心位置から偏位していないかについて評価する。評価部 174 がそれぞれの接合端を良好と評価した場合には、駆動制御部 173 は、ボンディング工程をそのまま実行する。一方、評価部 174 が少なくともいずれかの接合端を不良と評価した場合には、駆動制御部 173 は、ボンディングツール 120 を退避させて一連のボンディング工程を一時停止する。

[0047] ここでは、2つの適否評価について説明したが、評価部 174 は、これらの画像を用いて他の適否評価を行ってもよい。画像取得部 171 は、評価部 174 が行う適否評価の項目に応じたタイミングで第1撮像ユニット 130 と第2撮像ユニット 140 へ撮像信号を送信し、第1画像と第2画像を取得する。

[0048] 次に、ワイヤボンダ 100 による一連のボンディング処理について説明する。図7は、演算処理部 170 の処理手順を説明するフロー図である。ここでは、一組のパッド電極 321 とリード電極 322 を結線する処理手順に限定して説明し、また、図6を用いて説明した適否評価については省略する。

- [0049] 駆動制御部 173 は、ステップ S101 で、ヘッド部 110 を基準位置へ移動させる駆動信号をヘッド駆動モータ 150 へ送信する。ヘッド駆動モータ 150 は、駆動信号を受けて、ヘッド部 110 を基準位置へ移動させる。ここで、基準位置は、ファーストボンディングポイントである電極 321 の直上近傍にボンディングツール 120 が位置すると想定される位置である。ヘッド部 110 が基準位置に位置すれば、第 1 撮像ユニット 130 および第 2 撮像ユニット 140 は、当該電極 321 と共にセカンドボンディングポイントであるリード電極 322 を合焦状態で一画像に撮像することができる。
- [0050] ヘッド部 110 が基準位置に到達したら、画像取得部 171 は、ステップ S102 で、第 1 撮像ユニット 130 と第 2 撮像ユニット 140 へ撮像要求信号を送信し、第 1 画像データと第 2 画像データを取得する。画像取得部 171 は、取得した画像データを算出部へ引き渡す。
- [0051] 算出部 172 は、ステップ S103 で、画像取得部 171 から受け取った第 1 画像データの第 1 画像から対象となるパッド電極像 321' を見つけ出し、ファーストボンディングポイントの座標 (x_{1TA} , y_{1TA}) を抽出する。同様に、画像取得部 171 から受け取った第 2 画像データの第 2 画像から対象となるパッド電極像 321' を見つけ出し、ファーストボンディングポイントの座標 (x_{2TA} , y_{2TA}) を抽出する。続くステップ S104 で、算出部 172 は、当該第 1 画像から対象となるリード電極像 322' を見つけ出し、セカンドボンディングポイントの座標 (x_{1TB} , y_{1TB}) を抽出する。同様に、当該第 2 画像から対象となるリード電極像 322' を見つけ出し、セカンドボンディングポイントの座標 (x_{2TB} , y_{2TB}) を抽出する。
- [0052] 算出部 172 は、ステップ S105 へ進み、変換テーブル 181 を参照して (x_{1TA} , y_{1TA}) と (x_{2TA} , y_{2TA}) のペアに対応する三次元座標 (X_{RTA} , Y_{RTA} , Z_{RTA}) を目標ポイント (ファーストボンディングポイント) の三次元座標として得る。続くステップ S106 で、算出部 172 は、同様に変換テーブル 181 を参照して (x_{1TB} , y_{1TB}) と (x_{2TB} , y_{2TB}) のペアに対応する三次元座標 (X_{RTB} , Y_{RTB} , Z_{RTB}) を後続ポイントの三次元座標として得る。なお、ステ

ップS 1 0 3の処理に続いてステップS 1 0 5の処理を行い、ステップS 1 0 4の処理に続いてステップS 1 0 6の処理を行ってもよい。

[0053] 駆動制御部1 7 3は、ステップS 1 0 7で、目標ポイントの三次元座標 (X_{RTA} , Y_{RTA} , Z_{RTA}) を接近目標として定め、水平位置の誤差を調整すべく、ヘッド駆動モータ1 5 0へ駆動信号を送信する。これにより、ボンディングツール1 2 0の中心は、水平面において (X_{RTA} , Y_{RTA}) へ配置される。次に、駆動制御部1 7 3は、ステップS 1 0 8で、算出された $Z = Z_{RTA}$ に基づきボンディングツール1 2 0をF A Bがパッド電極3 2 1と接触するまでボンディングツール1 2 0を目標ポイントへ接近させる。ここで、算出された Z_{RTA} から、ボンディングツール1 2 0の降下量は精確に把握されているので、駆動制御部1 7 3は、F A Bがパッド電極3 2 1と接触する直前まで高速でボンディングツール1 2 0を降下させてもよい。

[0054] F A Bがパッド電極3 2 1と接触する位置までボンディングツール1 2 0が降下されたら、ステップS 1 0 9へ進み、演算処理部1 7 0は、ボンディング処理を実行する。具体的には、クランプを緩めてキャピラリの先端部をF A Bに押し付けて加熱、加振する。

[0055] ファーストボンディングの処理が完了したらステップS 1 1 0へ進み、駆動制御部1 7 3は、キャピラリから吐出されるワイヤ3 1 0がループを描くようにボンディングツール1 2 0を変位させ、キャピラリの先端のワイヤ3 1 0がリード電極3 2 2と接触するまでボンディングツール1 2 0を後続ポイント（セカンドボンディングポイント）へ接近させる。このとき、駆動制御部1 7 3は、高さ方向の位置調整のためにボンディングツール1 2 0を上下させると共に、水平方向の位置調整のためにヘッド部1 1 0またはステージ2 2 0の少なくともいずれかを水平移動させる。

[0056] キャピラリの先端のワイヤ3 1 0がリード電極3 2 2と接触したら、ステップS 1 1 1へ進み、演算処理部1 7 0は、ボンディング処理を実行する。具体的には、キャピラリの先端部をワイヤ3 1 0に押し付けて加熱、加振する。ボンディング処理が完了したら、ステップS 1 1 2へ進み、演算処理部

１７０はクランプをクランプ状態にし、駆動制御部１７３はボンディングツール１２０を上昇へ退避させる。これにより、ワイヤ３１０はリード接合端で切断され、一本の結線処理が終了する。

[0057] 以上、ボンディング装置の一例としてワイヤボンダ１００を説明したが、本実施形態に係る三次元座標の算出手法や構成を適用し得るボンディング装置は、２つのボンディングポイントをワイヤで接続するワイヤボンダ１００の例に限らない。例えば、基板上の複数の電極上のそれぞれにバンプを形成するバンプボンダにも適用し得る。バンプボンダの場合は、それぞれの電極をボンディングポイントとして三次元座標を算出し、当該三次元座標に基づいてバンプを形成するためのボンディングツールを駆動制御すればよい。また、一度の撮像工程で得られた両画像に写り込む複数の電極に対し、これからバンプを形成する電極を目標ポイント、次にバンプを形成する電極を後続ポイントとして、纏めて三次元座標の算出を行ってもよい。

符号の説明

[0058] １００…ワイヤボンダ、１１０…ヘッド部、１２０…ボンディングツール、１３０…第１撮像ユニット、１３１…第１光学系、１３１ａ…物側レンズ群、１３１ｂ…像側レンズ群、１３２…第１撮像素子、１３３…絞り、１４０…第２撮像ユニット、１４１…第２光学系、１４２…第２撮像素子、１５０…ヘッド駆動モータ、１６０…ツール駆動モータ、１７０…演算処理部、１７１…画像取得部、１７２…算出部、１７３…駆動制御部、１８０…記憶部、１８１…変換テーブル、１９０…入出力デバイス、２１０…架台、２２０…ステージ、３１０…ワイヤ、３１１′…ＦＡＢ像、３１２′…パッド接合端像、３１３′…リード接合端像、３２０…半導体チップ、３２１…パッド電極、３２１′…パッド電極像、３２２…リード電極、３２２′…リード電極像、３３０…基板、４００…チャート、４００′…チャート像、４１０…ドット、４１０′…ドット像

請求の範囲

- [請求項1] ステージに載置された基板のボンディングポイントへボンディングワイヤを供給するボンディングツールと、
- 前記ステージのステージ面に平行な平面が焦点面となるようにそれぞれの光学系と撮像素子がシャインプルーフ条件を満たして配置されている第1撮像ユニットおよび第2撮像ユニットと、
- 前記第1撮像ユニットが出力する第1画像に写り込んだ、前記ボンディングポイントのうち次に前記ボンディングワイヤを供給する目標ポイントの像である第1像と、前記第2撮像ユニットが出力する第2画像に写り込んだ前記目標ポイントの像である第2像に基づいて前記目標ポイントの三次元座標を算出する算出部と、
- 前記算出部に算出された前記目標ポイントの三次元座標に基づいて前記ボンディングツールを前記目標ポイントに接近させる駆動制御部と
- を備えるボンディング装置。
- [請求項2] 前記算出部は、前記第1画像に写り込んだ、前記ボンディングポイントのうち次以降に前記ボンディングワイヤを供給する後続ポイントの像である第3像と、前記第2画像に写り込んだ前記後続ポイントの像である第4像に基づいて前記後続ポイントの三次元座標を算出し、
- 前記駆動制御部は、前記目標ポイントへの前記ボンディングワイヤの供給後に、前記算出部に算出された前記後続ポイントの三次元座標に基づいて前記ボンディングツールを移動させる請求項1に記載のボンディング装置。
- [請求項3] 前記第1撮像ユニットおよび前記第2撮像ユニットの少なくともいずれかが出力する画像に基づいてボンディング工程の適否を評価する評価部を備え、
- 前記駆動制御部は、前記評価部の評価結果に基づいて前記ボンディングツールの駆動制御を変更する請求項1または2に記載のボンディ

ング装置。

[請求項4] 前記評価部は、前記ボンディングポイントへ接触する前の前記ボンディングワイヤの先端部の像である先端像を評価する請求項3に記載のボンディング装置。

[請求項5] 前記評価部は、前記ボンディングワイヤを固着させた後の前記ボンディングポイントの像である固着像を評価する請求項3または4に記載のボンディング装置。

[請求項6] ステージに載置された基板のボンディングポイントのうち次にボンディングワイヤを供給する目標ポイントを、前記ステージのステージ面に平行な平面が焦点面となるようにそれぞれの光学系と撮像素子がシャインプルーフ条件を満たして配置されている第1撮像ユニットおよび第2撮像ユニットのそれぞれに撮像させる撮像ステップと、

前記第1撮像ユニットが出力する第1画像に写り込んだ、前記目標ポイントの像である第1像と、前記第2撮像ユニットが出力する第2画像に写り込んだ前記目標ポイントの像である第2像に基づいて前記目標ポイントの三次元座標を算出する算出ステップと、

前記目標ポイントの三次元座標に基づいて、前記ボンディングワイヤを供給するボンディングツールを前記目標ポイントに接近させる駆動ステップと

を有するボンディング方法。

[請求項7] ステージに載置された基板のボンディングポイントのうち次にボンディングワイヤを供給する目標ポイントを、前記ステージのステージ面に平行な平面が焦点面となるようにそれぞれの光学系と撮像素子がシャインプルーフ条件を満たして配置されている第1撮像ユニットおよび第2撮像ユニットのそれぞれに撮像させる撮像ステップと、

前記第1撮像ユニットが出力する第1画像に写り込んだ、前記目標ポイントの像である第1像と、前記第2撮像ユニットが出力する第2画像に写り込んだ前記目標ポイントの像である第2像に基づいて前記

目標ポイントの三次元座標を算出する算出ステップと、

前記目標ポイントの三次元座標に基づいて、前記ボンディングワイヤを供給するボンディングツールを前記目標ポイントに接近させる駆動ステップと

をコンピュータに実行させるボンディングプログラム。