

明 細 書

発明の名称：ボンディング装置

技術分野

[0001] 本発明は、ボンディング装置に設けられた撮像装置の光学系に関する。

背景技術

[0002] 従来から、ボンディング装置に撮像装置（カメラおよび光学系）が設けられ、撮像装置で撮像した画像を用いて、半導体チップ実装前の装置の較正、実装中のボンディング位置の確認、実装後のパッド上のボール形状の検査等が行われている。

[0003] 特許文献1には、実装後の半導体チップのパッド上のボール形状を検査するための撮像装置が開示されている。特許文献1には、低照射角度リング状照明器の低い照射角度からの照明を用いることによって、半導体チップの上面からの反射光の対物レンズへの入射を極力少なくした上で、更に、光学系の絞りを大きくして被写界深度を浅くすることにより、撮影対象物でないワイヤからの反射光をぼけた画像にし、撮影対象であるボールのみを明るく映し出す方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第2981941号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、近年、半導体チップを複数枚積層した積層デバイスが増加してきている。このような積層デバイスは大きな厚みを有し、例えば、積層デバイスの最上面のパッドとリードとの間の段差が大きい。撮像装置を用いて位置を確認しながら、このような積層デバイスを実装する際には、より厚み方向の見える範囲を広くする必要があるため、光学系の絞りを小さくし、被写界深度を深くすることが望まれる。

[0006] しかし、光学系の絞りを小さくした場合には光学分解能が低くなってしまい、例えば、高い光学分解能を必要とするオフセット調整等ができなくなってしまう虞がある。なお、オフセット調整とは、カメラの光軸とキャピラリとのオフセット量を半導体チップ実装前に計測するものであり、計測されたオフセット量は実装時に使用される。

[0007] 一方、オフセット調整等のために光学分解能を高くしたい場合には、光学系の絞りを大きくする必要がある。しかし、その場合には、被写界深度が浅くなってしまい、積層デバイスの実装に支障が生じる。このように相反する要求が、ボンディング装置には存在する。

[0008] 本発明の目的は、半導体チップの厚みの大きな実装処理と実装処理以外の付帯処理とを良好な精度で実行することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明のボンディング装置は、撮像装置により撮像された画像を用いて、半導体チップの実装処理と実装処理以外の付帯処理とを実行するボンディング装置であって、撮像装置の光学系に設けられた絞り切替機構であり、少なくとも、第1の絞りと、絞り穴径が第1の絞りより大きい第2の絞りとに切り換え可能である絞り切替機構と、絞り切替機構を制御して第1の絞りと第2の絞りとのいずれかに切り換える制御部と、を備え、制御部は、第1の絞りに切り替えて撮像された画像を用いて実装処理を実行し、第2の絞りに切り替えて撮像された画像を用いて付帯処理を実行する、ことを特徴とする。

[0010] 本発明のボンディング装置において、制御部は、絞り切換機構を第1の絞りに切り換えて実装処理を実行する場合には、絞りを切り換えた後に焦点距離の調整を行わず、絞り切換機構を第2の絞りに切り換えて付帯処理を実行する場合には、絞りを切り換えた後に焦点距離の調整を行う、としても好適である。

[0011] 本発明のボンディング装置において、付帯処理は、実装処理前の調整処理である、としても好適である。

[0012] 本発明のボンディング装置において、付帯処理は、実装処理後の測定処理

である、としても好適である。

[0013] 本発明のボンディング装置において、実装処理は、ワイヤボンディングである、としても好適である。

[0014] 本発明のボンディング装置において、実装処理は、ダイボンディングである、としても好適である。

[0015] 本発明のボンディング装置において、付帯処理は、実装処理後の半導体チップのパッドに接続されたワイヤの高さの計測処理であり、制御部は、計測処理において、撮像装置の焦点距離を一定にし、撮像装置の光学的位置を変化させてワイヤにピントが合う位置を探索し、ピントが合った位置における撮像装置の光学的位置に基づいてワイヤの高さを取得する、としても好適である。

[0016] 本発明のボンディング装置において、付帯処理は、基板からの半導体チップの高さを計測する計測処理であり、制御部は、計測処理において、撮像装置の焦点距離を一定にし、撮像装置の光学的位置を変化させて半導体チップにピントが合う位置を探索し、ピントが合った位置における撮像装置の光学的位置に基づいて基板からの半導体チップの高さを取得する、としても好適である。

[0017] 本発明のボンディング装置において、付帯処理は、半導体チップのパッドに圧着されたワイヤにより形成された圧着ボールの高さを計測する計測処理であり、制御部は、計測処理において、撮像装置の焦点距離を一定にし、撮像装置の光学的位置を変化させて圧着ボールにピントが合う位置を探索し、ピントが合った位置における撮像装置の光学的位置に基づいて圧着ボールの高さを取得する、としても好適である。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、半導体チップの厚みの大きな実装を精度良く行うことができると共に、絞り穴径が大きい第2の絞りの状態で撮像装置を用いることで光学分解能を高くして実装処理以外の付帯処理を精度良く行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]撮像装置を有するワイヤボンダを示す斜視図である。
- [図2]撮像装置の斜視図である。
- [図3]撮像装置の光学系の構成を示す説明図である。
- [図4]撮像装置の絞り切替機構の一例の斜視図である。
- [図5]絞り穴径に対する分解能、被写界深度、および行う処理を示す図である。
- [図6] (A) 通常絞りにして撮像された画像と、(B) 高分解能絞りにして撮像された画像とを示す図である。
- [図7]ワイヤボンダの制御構成の概略を示すブロック図である。
- [図8]制御部が行う処理の流れを示すフローチャートである。
- [図9]積層デバイスのワイヤボンディング前の状態の断面と、調整処理における撮像装置の被写界深度とを示す図である。
- [図10]積層デバイスのワイヤボンディング前の状態の上面図である。
- [図11]オフセット調整におけるパッド上の打痕を示す図である。
- [図12]積層デバイスのワイヤボンディング後の状態の断面と、ワイヤボンディング（実装処理）における撮像装置の被写界深度とを示す図である。
- [図13]測定処理における撮像装置の被写界深度を示す図である。
- [図14]ワイヤが接続されたパッドの拡大図である。
- [図15]ワイヤの高さを計測する方法を説明するための図である。

発明を実施するための形態

- [0020] 以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら説明する。以下の説明ではリードフレーム61の送り方向をX方向、リードフレーム61の幅方向をY方向、高さ方向をZ方向として説明する。なお、リードフレーム61は、基板の一例である。
- [0021] 本実施形態のボンディング装置はワイヤボンダ10である。図1は、ワイヤボンダ10の斜視図である。図1に示すように、ワイヤボンダ10はXYテーブル12の上に取り付けられてXY方向に自在に移動することができる

ボンディングヘッド 11 の中に取り付けられた Z 方向駆動機構 18 を備えている。Z 方向駆動機構 18 には超音波ホーン 13 とクランプ 15 とが取り付けられ、超音波ホーン 13 の先端にはキャピラリ 14 が取り付けられている。キャピラリ 14 にはワイヤ 16 が挿通され、ワイヤ 16 はスプール 17 から供給されるように構成されている。そして、ボンディングヘッド 11 には撮像装置 21 が固定されている。

[0022] ワイヤボンダ 10 の図示しないフレームには、ダイボンディング工程において半導体チップ 63 が取り付けられたリードフレーム 61 をガイドするガイドレール 81 a, 81 b と、リードフレーム 61 を真空吸着するボンディングステージ 83 が取り付けられている。

[0023] ワイヤボンダ 10 は、撮像装置 21 によって取得した画像によって半導体チップ 63 とリードフレーム 61 との位置を検出し、XY テーブル 12 によってキャピラリ 14 の位置を半導体チップ 63 上のパッドの位置に合うように移動させた後、Z 方向駆動機構 18 を動作させて超音波ホーン 13 の先端に取り付けられたキャピラリ 14 を Z 方向に駆動し、キャピラリ 14 に挿通したワイヤ 16 によって半導体チップ 63 のパッドとリードフレーム 61 のリードとの間にワイヤ 16 をボンディング（ワイヤボンディング）していく。

[0024] ワイヤボンダ 10 は、1 つの半導体チップ 63 のパッドとリードフレーム 61 のリードとのボンディングが終了したら、XY テーブル 12 によってキャピラリ 14 を次のパッドの上に移動させ、上記と同様に各パッドとリードとの間をワイヤ 16 によってボンディングする。そして、1 つの半導体チップ 63 の全てのパッドをワイヤ 16 によってリードフレーム 61 の各リードと接続したら、次の半導体チップ 63 がボンディング位置に来るようにリードフレーム 61 が搬送される。撮像装置 21 はこの半導体チップ 63 とリードフレーム 61 との画像を取得し、取得した画像に基づいてキャピラリ 14 の位置決めを行い、ワイヤボンディングを行う。なお、後述するように、実装処理であるワイヤボンディングに加えて、実装処理の前後で行う付帯処理

においても、撮像装置 2 1 が用いられる。

[0025] 図 2 は、撮像装置 2 1 の斜視図である。図 2 に示すように撮像装置 2 1 は、被写体である半導体チップ 6 3 あるいはリードフレーム 6 1 からの光を導入する導入部 2 2 と、内部にレンズあるいはミラーなどの光学部品を備え、導入部 2 2 に入った光を導く鏡筒 2 3 と、鏡筒 2 3 に取り付けられ、鏡筒 2 3 を通ってきた光を受ける撮像素子を含むカメラ 2 5 とを備えている。なお、図 2 には図示されていないが、導入部 2 2 の内側には被写体を照らす照明が設けられている。

[0026] 図 3 は、撮像装置 2 1 の光学系の構成を示す図である。図 3 に示すように、撮像装置 2 1 は、被写体である半導体チップ 6 3 またはリードフレーム 6 1 から導入部 2 2 を経由して被写体側レンズ 3 3 と、絞り（絞り切替機構 4 0）と、カメラ側レンズ 3 4 とを経て撮像面 3 6 に至る光路を備える光学系を有している。また、撮像装置 2 1 は、撮像面 3 6 に結像した画像を電気信号に変換する撮像素子 3 1 を有している。撮像素子 3 1 は多数の画素を含む CCD あるいは CMOS 素子または CCD 及び CMOS 素子などで構成され、画像を各画素の各電気信号に変換して出力することができるものである。本実施形態の撮像装置 2 1 は、絞り切替機構 4 0 を有することにより絞り穴径を変化させることができるものである。また、本実施形態の撮像装置 2 1 は、カメラ側レンズ 3 4 を前後させることにより、フォーカス調整を行えるものである。

[0027] 図 4 は、撮像装置の鏡筒 2 3 に設けられた絞り切替機構 4 0 の一例の斜視図である。図 4 に示すように、絞り切替機構 4 0 は、穴径小の絞りを構成する 2 つの小穴 4 8 a, 4 8 b と穴径大の絞りを構成する 2 つの大穴 5 0 a, 5 0 b（但し、大穴 5 0 b は不図示）とが形成された円筒部 4 7 と、円筒部 4 7 を回転させる駆動モータ 4 2 と、円筒部 4 7 と伴に回転する回転検出ドグ 4 6 と、鏡筒 2 3 の内壁に固定され回転検出ドグ 4 6（円筒部 4 7）の回転量を検出する回転検出センサ 4 4 とを備えている。円筒部 4 7 には、2 つの小穴 4 8 a, 4 8 b が対向するように形成されており、同様に、2 つの大

穴50a, 50bが対向するように形成されている。2つの小穴48a, 48bの穴の径(半径)は同じであり、同様に、2つの大穴50a, 50bの穴の径は同じである。また、小穴48a, 48bの穴の径は、大穴50a, 50bの穴の径よりも小さい。

[0028] 図4に示すように、円筒部47は鏡筒23の内部に配置されており、それにより、2つの小穴48a, 48b、又は、2つの大穴50a, 50bが光路に位置するようになっている。図4には、穴径小の絞りを構成する2つの小穴48a, 48bが光路に位置している状態が示されている。駆動モータ42により円筒部47を90度回転させることにより、穴径大の絞りを構成する2つの大穴50a, 50bが光路に位置することになる。なお、円筒部47を回転させる際には回転検出ドグ46と回転検出センサ44とにより回転量が検出されることにより、2つの小穴48a, 48b、又は、2つの大穴50a, 50bが光路に正確に位置合わせされる。このように、本実施形態の撮像装置は、絞り切替機構40により、穴径小の絞り(第1の絞り)と穴径大の絞り(第2の絞り)とを切り替え可能となっている。

[0029] 図5は、撮像装置の絞り穴径に対する光学分解能、被写界深度、および行う処理を示す表である。図5に示すように、絞り穴径が大きい場合(穴径大の絞りを使用した場合)には、絞り穴径が小さい場合(穴径小の絞りを使用した場合)に比べて、光学分解能が高くなる特徴がある。このことは既知であり、例えば、以下の(数1)式により分解能値 δ を算出することができる。分解能値 δ が小さい値である程、光学分解能が高いことを示す。

[0030]
$$\delta = 0.61 \times (\lambda / NA) \quad (\text{数1})$$

[0031] なお、(数1)式における λ は光の波長であり、NAは絞りの開口率である。

[0032] 以降、穴径小の絞りを「通常絞り」と、穴径大の絞りを「高分解能絞り」とも言う。図6(A)は、通常絞り(穴径小の絞り)を使用して撮像装置により撮像された画像であり、図6(B)は、図6(A)と同じ被写体を高分解能絞り(穴径大の絞り)を使用して撮像装置により撮像された画像である。

。図6に示すように、高分解能絞りの場合の図6（B）の画像の方が、通常絞りの場合の図6（A）の画像に比べて、くっきりとした画像となることがわかる。

[0033] 一方、図5に示すように、通常絞りの場合（穴径小の絞りを使用した場合）には、高分解能絞りの場合（穴径大の絞りを使用した場合）に比べて、被写界深度が深くなる特徴がある。そこで、本実施形態では、高い光学分解能が必要とされる処理では高分解能絞りに切り替えて撮像装置を使用し、深い被写界深度が必要とされる処理では通常絞りに切り替えて撮像装置を使用する。具体的には、図5に示すように、ワイヤボンディング等の実装処理前の調整処理および実装処理後の測定処理（以下、付帯処理とも言う）では高分解能絞りに切り替えて撮像装置を使用し、実装処理では通常絞りに切り替えて撮像装置を使用する。

[0034] 次に、本実施形態のワイヤボンダの制御構成について説明する。図7は、ワイヤボンダ10の制御構成の概略を示すブロック図である。図7に示すように、ワイヤボンダ10は、制御部52と、記憶部54と、処理受付部56とを備えている。制御部52は、CPU等のプロセッサを含み、記憶部54に格納されているプログラムに従って処理を実行する。それにより、制御部52は、絞り切替機構40の穴径小の絞りと穴径大の絞りととの切り替えを行うと共に、処理受付部56を介して受け付けられた処理を実行する。記憶部54は、ROM、RAM、フラッシュメモリ等であり、制御部52が実行するプログラムや、一時的なデータ等を記憶する。処理受付部56は、例えばタッチパネルであり、設定画面等を表示すると共に、オペレータからの処理の指示を受け付ける。制御部52は、処理受付部56、撮像装置21、XYテーブル12、およびZ方向駆動機構18と接続され、各々を制御可能となっている。

[0035] 次に、本実施形態のワイヤボンダ10の制御部52が行う処理について説明する。図8は、制御部52が行う処理の流れを示すフローチャートである。

[0036] 図8に示すように、まず、S100で、制御部52は処理受付部56を介してオペレータから処理の指示を受け付ける。ここでは、実装処理前の調整処理、実装処理（ワイヤボンディング）、および実装処理後の測定処理のうちのいずれかの処理の種別が受け付けられる。なお、実際には、調整処理のうちの具体的な処理の内容（後述するオフセット調整やボンド座標設定など）や、測定処理のうちの具体的な処理の内容（後述するパッド上のクリアランス量の測定やパッド上のボール径検出など）が受け付けられることになる。

[0037] 次に、S102で、制御部52は、受け付けられた処理が実装処理前の調整処理かを確認する。ここで、調整処理とは、装置の校正の1つであるオフセット調整や、実装前のボンド座標設定などである。これら処理を精度良く行うためには撮像装置によって高分解能の画像を撮像する必要がある。そこで、後述するように調整処理では高分解能絞りが用いられる。

[0038] ここで、オフセット調整とボンド座標設定とについて簡単に説明する。まず、オフセット調整について説明する。撮像装置21はその光軸がキャピラリ14からXまたはY方向あるいはXYの両方向に一定の距離だけオフセットしてボンディングヘッド11に取り付けられている。ワイヤボンディングの際には、撮像装置21によって半導体チップ63表面のマーク等の画像を取得し、その取得した画像から半導体チップ63の位置及び、半導体チップ63の上に配置されているパッドの位置を取得する。そして、オフセット量だけボンディングヘッド11を移動させ、キャピラリ14をパッドの位置に合わせてボンディングを行う。このオフセット量は、撮像装置21の光軸とキャピラリ14の軸心との距離であるから事前に取得されているものであるが、ボンディングステージ83からの輻射熱等による撮像装置21の鏡筒や超音波ホーン13のアーム等の熱膨張により刻々変化する。よって、オフセット量を計測して校正する必要がある、これがオフセット調整である。

[0039] オフセット調整には、種々の方法があるが、そのうちの1つの方法を説明する。図9は、半導体チップ63を積層した積層デバイスのワイヤボンディ

ング前の状態の断面図であり、図10は、その積層デバイスの上面図である。オフセット調整は、例えば、図10に示された半導体チップ63の複数のパッド64のうちの1つのパッド64を用いて行われる。まず、図11に示すように、キャピラリ14によってパッド64上に圧痕90が付けられる。そして、事前に取得されているオフセット量だけボンディングヘッド11を移動させ、撮像装置21の光軸がそのパッド64の上にくるようにする。そして、撮像装置21によってパッド64上の圧痕90を撮像し、その圧痕90の位置を特定する。これにより、正確なオフセット量が取得される。このようなオフセット調整では、圧痕90の位置等を精度良く取得する必要があり、高い光学分解能での撮像が要求される。

[0040] 次に、ボンド座標設定について説明する。ワイヤボンディングがされる前に、図10に示すような複数のパッド64と複数のリード62の各々におけるボンディングする位置を決定するものがボンド座標設定である。これは、例えば、撮像装置21によってリードフレーム61表面のマーク（不図示）や半導体チップ63表面のマーク（不図示）の画像を取得し、それらのマークの位置を特定して、その特定された位置に基づいて行われる。また、撮像装置21によって所定のパッド64や所定のリード62の画像を取得し、それらの位置を特定して、ボンディングする位置（ボンド座標）を設定してもよい。このようなボンド座標設定では、マークやパッド64、リード62の位置を精度良く取得する必要があり、高い光学分解能での撮像が要求される。

[0041] 図8に戻って、フローの説明を続ける。S102で、受け付けられた処理が調整処理の場合（S102：Yes）には、S104に進む。S104で、制御部52は、撮像装置21の絞り切替機構40を制御して、光学系の絞りを高分解能絞り（穴径大の絞り）に切り替える。具体的には、制御部52は、絞り切替機構40の駆動モータ42を制御して、絞り切替機構40の円筒部47を回転させて、光路に穴径大の絞りがくるようにする。これにより、高い光学分解能の画像が撮像されることになる。

- [0042] 次に、S 1 0 6 で、制御部 5 2 は、撮像装置 2 1 の照明（被写体を照らす照明）を制御して、明るさを調整する。次に、S 1 0 8 で、制御部 5 2 は、撮像装置 2 1 のカメラ側レンズ 3 4（図 3 参照）を前後させて、フォーカス調整を行う。すなわち、焦点距離の調整を行う。このフォーカス調整を行う理由は、撮像装置 2 1 の絞りを穴径大の絞りに切り替えたことで被写界深度が浅くなっており、被写体（半導体チップのパッドやリードフレームのリード）に対してピントが合っていない可能性が高いからである。換言すれば、被写体にピントを合わせるためにフォーカス調整を行う。
- [0043] 次に、S 1 1 0 で、制御部 5 2 は、前述したオフセット調整やボンド座標設定などの調整処理を行う。撮像装置 2 1 により高い光学分解能の画像が撮像されるため、精度良く調整処理を行うことができる。図 9 には、撮像装置 2 1 の導入部 2 2 と、調整処理を行う際の撮像装置 2 1 の被写界深度 D S の一例とが示されている。図 9 に示すように、穴径大の絞りを使用することで、被写界深度は浅くなる。
- [0044] 図 8 の S 1 0 2 で、受け付けられた処理が調整処理ではない場合（S 1 0 2 : N o）には、S 1 1 2 に進む。S 1 1 2 で、受け付けられた処理が実装処理（ワイヤボンディング）である場合（S 1 1 2 : Y e s）には、S 1 1 4 に進む。S 1 1 4 で、制御部 5 2 は、撮像装置 2 1 の絞り切替機構 4 0 を制御して、光学系の絞りを通常絞り（穴径小の絞り）に切り替える。具体的には、制御部 5 2 は、絞り切替機構 4 0 の駆動モータ 4 2 を制御して、絞り切替機構 4 0 の円筒部 4 7 を回転させて、光路に穴径小の絞りがくるようにする。これにより、深い被写界深度の画像が撮像されることになる。
- [0045] 次に、S 1 1 6 で、制御部 5 2 は、撮像装置 2 1 の照明（被写体を照らす照明）を制御して、明るさを調整する。なお、ここでは、フォーカス調整（焦点距離の調整）は必ずしも必要とされない。これは、撮像装置 2 1 の絞りを穴径小の絞りに切り替えたことで被写界深度が深くなっており、被写体（半導体チップのパッドやリードフレームのリード）に対してピントが合っている可能性が高いからである。そして、S 1 1 8 で、制御部 5 2 は、実装処

理（ワイヤボンディング）を行う。本実施形態では、図9に示すリードフレーム61の上に3層に半導体チップ63a、63b、63cが積層された積層デバイスのワイヤボンディングを行う。図12は、図9の積層デバイスにワイヤボンディングがされた後の状態を示す断面図である。図12に示すように、実装処理により、各層の半導体チップ63a、63b、63cの各パッド64a、64b、64cとそれに対応するリードフレーム61の各リード62a、62b、62cとがワイヤ16で接続される。各半導体チップ63a、63b、63cはそれぞれ厚みを持っており、このため各パッド64a、64b、64cは、相互に高さ方向であるZ方向の段差を持っている。

[0046] 図12には、撮像装置21の導入部22と、実装処理を行う際の撮像装置21の被写界深度DLの一例が合わせて示されている。図12に示すように、積層デバイスの最上面のパッド64cとリード62cとの間の段差は非常に大きい。よって、このような積層デバイスのワイヤボンディングを行うためには、撮像装置21によって、厚み方向（Z方向）の見える範囲を広くする必要がある。本実施形態では、実装処理を行う際には、穴径小の絞りをを用いて被写界深度を深くするので、図12に示すように厚み方向の見える範囲が広くなり、ワイヤボンディングを精度良く行うことが可能である。

[0047] 図8に戻って、フローの説明を続ける。S112で、受け付けられた処理が実装処理ではない場合（S112：No）には、S120に進む。この場合、本実施形態では、実装処理後の測定処理が受け付けられたものとして扱う。ここで、実装処理後の測定処理とは、例えば、パッド上のクリアランス量の測定や、パッド上のボール径検出などである。これらの処理を精度良く行うためには撮像装置によって高分解能の画像を撮像する必要がある。よって、後述するように測定処理では高分解能絞りが用いられる。

[0048] パッド上のクリアランス量の測定とは、図14に示すように、ワイヤ16が接続（ボンディング）されたパッド64におけるクリアランス量CLを測定するものである。また、パッド上のボール径検出とは、例えば、特許第4264458号公報や特許第4247299号公報に開示された方法で、ボ

ール径を検出するものである。

[0049] 図8のS120で、制御部52は、撮像装置21の絞り切替機構40を制御して、光学系の絞りを高分解能絞り（穴径大の絞り）に切り替える。これにより、撮像装置21により高い光学分解能の画像が撮像されることになる。次に、S122で、制御部52は、撮像装置21の照明（被写体を照らす照明）を制御して、明るさを調整する。そして、S124で、制御部52は、撮像装置21のカメラ側レンズ34を前後させて、フォーカス調整（焦点距離の調整）を行う。これらのS120～S124の各ステップは、調整処理におけるS104～S108の各ステップと同様である。

[0050] 次に、S126で、制御部52は、前述したパッド上のクリアランス量の測定や、パッド上のボール径検出などの測定処理を行う。撮像装置21により高い光学分解能の画像が撮像されるため、精度良く測定処理を行うことができる。図13には、撮像装置21の導入部22と、測定処理を行う際の撮像装置21の被写界深度DSの一例とが示されている。図13に示すように、穴径大の絞りを使用することで、被写界深度は浅くなる。

[0051] 以上説明した本実施形態のワイヤボンダ10によれば、絞り穴径が小さい第1の絞りの状態で撮像装置21を用いることで被写界深度を深くして、積層デバイス等の厚みの大きな実装を精度良く行うことができると共に、絞り穴径が大きい第2の絞りの状態で撮像装置を用いることで光学分解能を高くして実装処理前後の付帯処理（調整処理、測定処理）を精度良く行うことができる。

[0052] 以上説明した実施形態では、積層デバイスのワイヤボンディングを行う場合を例とした。しかし、積層デバイスではなくリードフレーム61にダイボンディングされた1つの半導体チップ63に対して、ワイヤボンディングを行う場合であってもよい。すなわち、1層の半導体チップ63をワイヤボンディングする場合であっても、撮像装置21の厚み方向の見える範囲を広くすることが要求されるため、絞り穴径が小さい第1の絞りの状態で撮像装置21を用いることで被写界深度を深くする。それにより、精度良くワイヤボ

ンディングを行うことができる。

[0053] 以上説明した実施形態では、撮像装置 2 1 の絞り切替機構 4 0 は、図 4 に示したものであった。しかし、絞り切替機構 4 0 は図 4 に示したものに限定されない。例えば、絞り切替機構 4 0 は、3 種類以上の絞り穴径を切り替えることができるものであってもよい。また、絞り切替機構 4 0 は、絞り穴径を連続的に変化させることができるものであってもよい。また、絞り切替機構 4 0 は、駆動モータ 4 2 の動力を用いず、オペレータが手動で絞り穴径を切り替えることができるものであってもよい。また、絞り切替機構 4 0 は、複数種類の絞り穴径の穴が周方向に沿って形成された円盤状部材を、鏡筒 2 3 の側壁に設けた切り込みの断面に回転可能に接続し、円盤状部材を回転させることで、円盤状部材の特定の絞り穴が光路にくるようにしたものであってもよい。また、絞り切替機構 4 0 は、複数種類の絞り穴径の穴が長手方向に沿って形成された略長方形の可撓性部材を、鏡筒 2 3 内部に配置（可撓性部材の一部が光路に位置するように対向する 2 つの内壁に沿って配置）し、可撓性部材を長手方向にスライドさせることで、可撓性部材の特定の絞り穴が光路にくるようにしたものであってもよい。

[0054] 次に、撮像装置 2 1 を高分解能絞りにして、半導体チップのパッドに接続されたワイヤ 1 6 の高さを計測する処理について説明する。図 1 5 は、ワイヤ 1 6 の高さを計測する方法を説明するための図である。図 1 5 には、撮像装置 2 1 の鏡筒の導入部 2 2 の位置と、被写界深度 D S とが合わせて示されている。撮像装置 2 1 を高分解能絞りにした場合には、図 1 5 に示すように被写界深度 D S は浅くなる。よって、導入部 2 2（鏡筒）の Z 方向（上下方向）の位置を少しだけ変化させた場合であっても、ワイヤ 1 6 がぼやけて（ピントが合わなくなって）見えることになる。そこで、この原理を利用して、ワイヤ 1 6 の高さを計測する。

[0055] まず、ワイヤ 1 6 に対してピントが合う位置まで導入部 2 2（鏡筒）を上下させ、ワイヤ 1 6 にピントが合う位置を探索する。これは、焦点距離を一定にさせて行う。そして、ピントが合った位置で導入部 2 2 を停止させ、制

制御部52は、導入部22のZ方向の停止位置を取得する。図15の左側には、ワイヤ16に対してピントが合った位置で導入部22を停止させた状態が示されている。この導入部22のZ方向の停止位置から、ワイヤ16の高さ（Z方向の位置）を求めることができる。なお、ここでは撮像装置21の導入部22（鏡筒）を上下させたが、撮像装置21内のレンズを動かしてワイヤ16にピントが合う位置を探索し、ピントが合ったレンズの位置からワイヤ16の高さを求めてもよい。このように、撮像装置21の光学的位置を変化させてワイヤ16にピントが合う位置を探索し、ピントが合った位置における撮像装置21の光学的位置からワイヤ16の高さを求める。

[0056] また、次のようにしてワイヤ16の高さの変化量を計測することもできる。図15の左側における、導入部22のZ方向の停止位置を「第1停止位置」とする。そして、ワイヤ16の別の位置での高さを検出するため、図15の右側に示すように、導入部22をX方向に移動させて、上記と同様の処理を行う。すなわち、ワイヤ16に対してピントが合う位置まで導入部22を上下させ、ピントが合った位置で導入部22を停止させる。なお、これは、焦点距離を一定にさせて行い、図15の左側の第1停止位置を検出した際と同一の焦点距離で行う。制御部52は、導入部22のZ方向の停止位置（以下、「第2停止位置」と言う）を取得する。これにより、第1停止位置と第2停止位置との差から、ワイヤ16の高さの変化量 h を取得することができる。

[0057] なお、この方法を用いれば、ワイヤ16に限らず、リードフレーム（基板）からの半導体チップの高さを計測することも可能である。すなわち、撮像装置21の焦点距離を一定にし、撮像装置21の光学的位置を変化させて半導体チップの上面にピントが合う位置を探索し、ピントが合った位置における撮像装置21の光学的位置に基づいてリードフレームからの半導体チップの高さを取得することができる。さらに、この方法を用いれば、ワイヤ16を半導体チップ63のパッド（電極）に圧着した際に形成される圧着ボールの高さを計測することも可能である。すなわち、撮像装置21の焦点距離を

一定にし、撮像装置 21 の光学的位置を変化させて圧着ボールにピントが合う位置を探索し、ピントが合った位置における撮像装置 21 の光学的位置に基づいて圧着ボールの高さを取得することができる。圧着ボール高さを計測することにより、ワイヤ 16 とパッド（電極）との間の接合不良を検出することが可能になる。以上説明した方法は、撮像装置 21 を通常絞りにして被写界深度を深くした場合には、ピントが合う範囲が広がるので、精度良く行うことができない。すなわち、以上説明した方法は、撮像装置 21 を高分解能絞りにすることによって、精度良く行える方法である。

[0058] 以上説明した実施形態では、ボンディング装置はワイヤボンダであった。しかし、ボンディング装置はダイボンダ又はフリップチップボンダであってもよい。すなわち、以上で説明した撮像装置 21 がダイボンダ又はフリップチップボンダに設けられていてもよい。半導体チップをリードフレームにダイボンディング（実装処理）する際には、撮像装置 21 を通常絞りにして、被写界深度を深くして行う。そして、実装処理後の測定処理（検査処理）の際には、撮像装置 21 を高分解能絞りにして、高い光学分解能で行う。特に、ダイボンディング後には、半導体チップのパーティクルやクラックの有無、半導体チップとリードフレームとの間のペーストのはみ出し等を検査する必要があり、撮像装置 21 を高分解能絞りにして撮像することで、これらの検査を精度良く行うことができる。

符号の説明

[0059] 10 ワイヤボンダ（ボンディング装置）、11 ボンディングヘッド、12 XYテーブル、13 超音波ホーン、14 キャピラリ、15 クランプ、16 ワイヤ、17 スプール、18 Z方向駆動機構、21 撮像装置、22 導入部、23 鏡筒、25 カメラ、31 撮像素子、33 被写体側レンズ、34 カメラ側レンズ、36 撮像面、40 絞り切替機構、42 駆動モータ、44 回転検出センサ、46 回転検出ドグ、47 円筒部、48a、48b 小穴、50a、50b 大穴、52 制御部、54 記憶部、56 処理受付部、61 リードフレーム、62、62a、

62 b, 62 c リード、63, 63 a, 63 b, 63 c 半導体チップ、
64, 64 a, 64 b, 64 c パッド、81 a, 81 b ガイドレール、
83 ボンディングステージ、90 圧痕。