

明 細 書

発明の名称：

ワイヤ不着検査システム及びワイヤ不着検出装置並びにワイヤ不着検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板に取付けられた半導体素子の電極と基板の電極とを接続するワイヤの不着を検出するワイヤ不着検査システム及びワイヤ不着検出装置並びにワイヤ不着検出方法に関する。

背景技術

[0002] 基板の電極と半導体チップの電極との間をワイヤで接続するワイヤボンディング装置が多く用いられている。ワイヤボンディング装置では、ワイヤと半導体チップとの間に電流を流すという電気的手段により半導体チップの電極とワイヤとの間の不着検出を行う方法が用いられている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] また、ワイヤボンディング装置では、キャピラリの着地からボンディング終了までのZ方向の変位を検出するという機械的手段により半導体チップの電極とワイヤとの間の不着検出を行う方法が用いられている（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平9－213752号公報

特許文献2：特開2010－56106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、ワイヤの不着検出の高精度化が求められている。しかし、特許文献1、2に記載された電気的手段或いは機械的手段による不着検出

は、誤検出が発生する場合があった。

[0006] また、半導体チップの電極と基板の電極とを接続する全てのワイヤの不着検出を行うことが求められている。しかし、特許文献1，2に記載の不着検出方法では、ワイヤ毎に不着検出を行うことから、例えば、1つの半導体チップと基板とを接続するワイヤが百本以上になる半導体チップでは、検査に長い時間が掛かってしまうという問題があった。

[0007] そこで、本発明は、高精度で短時間にワイヤの不着検出が可能なワイヤ不着検査システム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

[0008] 本発明のワイヤ不着検査システムは、基板と、基板に取付けられた半導体素子と、半導体素子の電極と基板の電極、又は、半導体素子の一の電極と半導体素子の他の電極とを接続するワイヤと、を備える半導体装置のワイヤ不着検査システムであって、超音波発振器と、超音波発振器に接続されて超音波発振器からの電力により半導体装置を超音波加振する超音波加振器と、半導体装置の動画を撮像するカメラと、カメラで撮像した動画を表示するディスプレイと、超音波発振器を調整すると共に、カメラで撮像した動画を解析する制御部と、を備え、制御部は、撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出し、差分が所定の閾値を超えたワイヤの画像表示を他のワイヤの画像表示と異ならせてディスプレイに表示すること、を特徴とする。

[0009] 超音波で半導体装置を加振することによって各ワイヤを超音波加振すると、不着ワイヤの振幅は正常に接続されているワイヤの振幅よりも大きくなる。このため、撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出し、画像の差分が所定の閾値を超えたワイヤ、即ち、不着ワイヤの画像表示を他のワイヤの画像表示と異ならせてディスプレイに表示することにより、ディスプレイ上に不着ワイヤの画像を他の画像と区別して表示することができる。これにより、検査員がディスプレイの画像表示により不着ワイヤの検出を行うことができる。不着ワイヤの振幅と正常に接続され

ているワイヤの振幅との差は顕著なので、高精度でワイヤの不着検出を行うことができる。また、カメラで半導体装置に含まれる全てのワイヤの画像を取得し、同時に分析してディスプレイに表示するので、ワイヤの本数が多くなっても短時間に全てのワイヤの不着検査を行うことができる。

[0010] 本発明のワイヤ不着検査システムにおいて、制御部は、ワイヤの振動領域の内の差分が所定の閾値を超えた超過領域の画像表示を他の領域の画像表示と異ならせてディスプレイに表示してもよい。

[0011] このようにある領域の画像表示を異ならせることにより、異なる画像表示となる領域、或いは、面積が大きくなり、検査員が容易に不着ワイヤの検出を行うことができる。

[0012] 本発明のワイヤ不着検査システムにおいて、制御部は、差分を算出する1つのフレームと前フレームとの間のフレーム数、或いは、動画のフレームレートを変化させて差分を算出してもよい。

[0013] これにより、ワイヤの振動周波数と差分を算出する動画のフレームのタイミングを調整して差分を顕著に検出できる。

[0014] 本発明のワイヤ不着検査システムにおいて、制御部は、超音波発振器の発振周波数を変化させて超音波加振器で半導体装置を超音波加振してもよい。

[0015] ワイヤの固有振動数は、ボンド点間のワイヤの長さでワイヤの直径によって変化する。このため、超音波発振器の発振周波数を変化させて超音波加振器で半導体装置を超音波加振することにより、ボンド点の長さ、或いは、ワイヤの直径が異なる複数のワイヤの不着検査を一度に行うことができる。これにより、短時間に長さ或いは直径の異なるワイヤの不着検査を行うことができる。

[0016] 本発明のワイヤ不着検査システムにおいて、超音波加振器は、半導体装置の基板に接続されて基板を超音波振動させる超音波振動子としてもよい。

[0017] これにより、簡便な構成で高精度で短時間にワイヤの不着検出が可能なワイヤ不着検査システムを提供することができる。

[0018] 本発明のワイヤ不着検査システムにおいて、超音波加振器は、半導体装置

の周囲に配置された超音波スピーカーとしてもよい。

- [0019] これにより、ワイヤを直接超音波加振することができ、より、高精度にワイヤの不着検出を行うことができる。
- [0020] 本発明のワイヤ不着検出装置は、基板と、基板に取付けられた半導体素子と、半導体素子の電極と基板の電極、又は、半導体素子の一の電極と半導体素子の他の電極とを接続するワイヤと、を備える半導体装置のワイヤ不着検出装置であって、超音波発振器と、超音波発振器に接続されて超音波発振器からの電力により半導体装置を超音波加振する超音波加振器と、半導体装置の動画を撮像するカメラと、超音波発振器を調整すると共に、カメラで撮像した動画を解析する制御部と、を備え、制御部は、撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出し、差分が所定の閾値を超えた場合に不着検出信号を出力すること、を特徴とする。
- [0021] 超音波で半導体装置を加振することによって各ワイヤを超音波加振すると、不着ワイヤの振幅は正常に接続されているワイヤの振幅よりも大きくなる。このため、撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出し、画像の差分が所定の閾値を超えたことによりワイヤの不着検出を行うことができる。不着ワイヤの振幅と正常に接続されているワイヤの振幅との差は顕著なので、高精度でワイヤの不着検出を行うことができる。また、カメラで半導体装置に含まれる全てのワイヤの画像を取得し、同時に画像の差分を分析できるので、ワイヤの本数が多くなっても短時間に半導体装置全体のワイヤの不着検出を行うことができる。
- [0022] 本発明のワイヤ不着検出装置において、制御部は、差分を算出する1つのフレームと前フレームとの間のフレーム数、或いは、動画のフレームレートを変化させて差分を算出してもよい。
- [0023] これにより、ワイヤの振動周波数と差分を算出する動画のフレームのタイミングを調整して差分を顕著に検出でき、不着検出の精度を向上させることができる。
- [0024] 本発明のワイヤ不着検出装置において、制御部は、超音波発振器の発振周

波数を変化させて超音波加振器で半導体装置を超音波加振してもよい。

[0025] これにより、短時間に長さ或いは直径の異なるワイヤの不着検出を行うことができる。

[0026] 本発明のワイヤ不着検出装置において、超音波加振器は、半導体装置の基板に接続されて基板を超音波振動させる超音波振動子としてもよいと、半導体装置の周囲に配置された超音波スピーカーとしてもよい。

[0027] 超音波振動子を用いることにより、簡便な構成で高精度で短時間にワイヤの不着検出を行うことができる。また、超音波スピーカーを用いることにより、ワイヤを直接超音波加振することができ、より、高精度にワイヤの不着検出を行うことができる。

[0028] 本発明のワイヤ不着検出方法は、基板と、基板に取付けられた半導体素子と、半導体素子の電極と基板の電極、又は、半導体素子の一の電極と半導体素子の他の電極とを接続するワイヤと、を備える半導体装置のワイヤ不着検出方法であって、超音波発振器と、超音波発振器に接続されて超音波発振器からの電力により半導体装置を超音波加振する超音波加振器と、半導体装置の動画を撮像するカメラと、超音波発振器とカメラとが接続される制御部と、を準備する準備ステップと、超音波発振器からの電力によって超音波加振器で基板を超音波加振する超音波加振ステップと、超音波加振された半導体装置の動画をカメラで撮像する撮像ステップと、撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出する差分算出ステップと、差分が所定の閾値を超えた場合にワイヤの不着を検出する不着検出ステップと、を含むことを特徴とする。

[0029] これにより、高精度でワイヤの不着検出を行うことができる。また、ワイヤの本数が増えても短時間に全てのワイヤの不着検出を行うことができる。

[0030] 本発明のワイヤ不着検出方法において、準備ステップは、カメラで撮像した動画を表示するディスプレイを準備し、ディスプレイを制御部に接続することを含み、差分が所定の閾値を超えたワイヤの画像表示を他のワイヤの画

像表示と異ならせてディスプレイに表示する表示ステップを含み、不着検出ステップは、ディスプレイに表示された画像に基づいてワイヤの不着を検出してもよい。

[0031] これにより、検査員がディスプレイの画像表示により不着ワイヤの検出を行うことができる。

[0032] 本発明のワイヤ不着検出方法において、ワイヤの振動領域の内の差分が所定の閾値を超えた超過領域の画像表示を他の領域の画像表示と異ならせてディスプレイに表示してもよい。

[0033] これにより、異なる画像表示となる領域、或いは、面積が大きくなり、検査員が容易に不着ワイヤの検出を行うことができる。

発明の効果

[0034] 本発明は、高精度で短時間にワイヤの不着検出が可能なワイヤ不着検査システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]実施形態のワイヤ不着検査システムの構成を示す系統図である。

[図2]カメラが撮像した画像を示す平面図である。

[図3]図1に示すワイヤ不着検査システムの制御部の動作を示すフローチャートである。

[図4] (a) は、基板を超音波加振した際の図3のA部の拡大平面図であり、(b) は、(a) に示すB部の拡大平面図である。

[図5]基板を超音波加振した際の超過領域を示す平面図である。

[図6]他の実施形態のワイヤ不着検査システムの構成を示す系統図である。

[図7]実施形態のワイヤ不着検出装置の構成を示す系統図である。

[図8]図7に示すワイヤ不着検出装置の動作を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0036] 以下、図面を参照しながら実施形態のワイヤ不着検査システム100について説明する。図1に示すように、ワイヤ不着検査システム100は、半導体装置10のワイヤ30と基板11の電極12又は半導体装置10の電極2

5～28との間の不着検査を行うものである。ワイヤ不着検査システム100は、超音波発振器40と、超音波加振器である超音波振動子42と、カメラ45と、ディスプレイ48と、制御部50とで構成される。

[0037] ワイヤ不着検査システム100の検査対象となる半導体装置10は、基板11の上に4段に半導体チップ21～24が積層して取付けられ、各半導体チップ21～24の各電極25～28及び基板11の電極12の間を1本のワイヤ30で連続的に接続したものである。ここで、半導体チップ21～24は半導体素子20を構成する。1本のワイヤ30は、一段目の半導体チップ21の電極25と基板11の電極12を接続する一段目ワイヤ31と、二段目から四段目の各半導体チップ22～24の各電極26～28と一段目から三段目の各半導体チップ21～23の各電極25～27とをそれぞれ接続する二段目～四段目ワイヤ32～34で構成されている。

[0038] 超音波発振器40は超音波領域の周波数の交流電力を出力し、超音波振動子42を超音波振動させるものである。超音波振動子42は、超音波発振器40から入力される超音波の周波数領域の交流電力によって駆動され、超音波振動する部材である。例えば、 piezo素子等で構成してもよい。超音波振動子42は、半導体装置10の基板11に接続されている。

[0039] 図1に示すように、カメラ45は、半導体装置10の上側に配置され、図2に示すように、基板11と基板11に取付けられた半導体チップ21～24と、半導体チップ21から24の外周部に配置された各電極25～28と、一段目の半導体チップ21の周囲に配置された基板11の電極12と、各電極12、25～28を連続的に接続する各ワイヤ30とを撮像する。カメラ45は、動画の画像を撮像して制御部50に出力する。

[0040] ディスプレイ48は、カメラ45の撮像した動画を表示する画像表示装置である。

[0041] 制御部50は、内部にCPUと記憶部とを含むコンピュータである。超音波発振器40は、制御部50に接続されて制御部50の指令によって動作する。また、制御部50はカメラ45を調整すると共に、カメラ45で撮像し

た動画を解析してその結果をディスプレイ48に出力する。

[0042] 以下、図3～4を参照しながらワイヤ不着検査システム100の動作について説明する。図3のステップS101に示すように、制御部50は、超音波発振器40に周波数が超音波領域の交流電力を出力する指令を出力する。この指令によって超音波発振器40は、所定の周波数、例えば、40kHz程度の周波数の交流電力を出力する。超音波発振器40が出力した交流電力は、超音波振動子42に入力され、超音波振動子42が超音波振動する。超音波振動子42は、半導体装置10の基板11を超音波振動加振し、これにより、半導体装置10の各ワイヤ30はそれぞれ超音波加振される。

[0043] 図4の(a)に示すワイヤ30aは、各電極12、25～28に正常に接続されている。ワイヤ30aは、超音波加振されると、一段目～四段目ワイヤ31a～34aは、一段目～四段目ワイヤ31a～34aの下端がそれぞれ接続されている各電極12、25～27と上端が接続されている各電極25～28とのそれぞれの間の固有振動数 f_0 で横方向に振動する。固有振動数 f_0 は、ワイヤ30の直径と電極25、26及び電極26、27の間隔 a によって異なるが、一般的な半導体装置10では、数十Hzのオーダーとなることが多い。

[0044] 一方、不着ワイヤ30bは二段目の半導体チップ22の電極26との間が不着状態となっている。このため、不着ワイヤ30bが超音波加振されると、二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bとは、一段目の半導体チップ21の電極25と三段目の半導体チップ23との電極27と間の固有振動数 f_1 で横方向に振動する。本例では、図4の(b)に示すように、電極25と電極27との間隔は、電極25、26、電極26、27の間隔 a の2倍の $2a$ となっているので、不着ワイヤ30bの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの固有振動数 f_1 は、 f_0 の $1/2$ 程度で、一般的な半導体装置10では、20～30Hzのオーダーとなることが多い。

[0045] なお、基板11と各半導体チップ21～24とは超音波加振されても固有振動する部位が無いのでワイヤ30a、不着ワイヤ30bのような低周波の

固有振動は発生しない。

[0046] 図3のステップS102に示すように、制御部50は、このように超音波加振されている半導体装置10の動画をカメラ45で撮像し、図3のステップS103に示すように、撮像した画像を記憶部に格納する。正常に接続されているワイヤ30aの一段目～四段目ワイヤ31a～34aは、数十Hzの固有振動数で横方向に振動する。動画のフレームレートは、一秒間に24～60フレームである。このため、例えば、1つのフレームの一段目～四段目ワイヤ31a～34aの画像は、図4の(a)でワイヤ30aの中心線39aの左側の一点鎖線のようになり、1つ前の前フレームの画像は、図4の(a)でワイヤ30aの中心線39aの右側の一点鎖線のようになる。

[0047] 次に、制御部50は、記憶部に格納した動画の画像データを読み出して、図3のステップS104に示すように、図4の(a)に示す1つのフレームの一段目～四段目ワイヤ31a～34aの画像と、1つ前の前フレーム一段目～四段目ワイヤ31a～34aの画像とを対比してその間の差分 $\Delta d a$ を算出する。図4の(a)に示すように、正常なワイヤ30aではこの差分 $\Delta d a$ は小さい。なお、この差分 $\Delta d a$ は一段目～四段目ワイヤ31a～34aの振幅に比例する量となる。

[0048] 一方、二段目の半導体チップ22の電極26との間が不着状態となっている不着ワイヤ30bの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bとは、20～30Hzで横方向に大きく振動する。先に述べたように、動画のフレームレートは、一秒間に24～60フレームであるから、例えば、1つのフレームの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像は、図4の(a)，(b)で不着ワイヤ30bの中心線39aの左側の一点鎖線のようになり、1つ前の前フレームの画像は、図4の(a)，(b)で不着ワイヤ30bの中心線39bの右側の一点鎖線のようになる。

[0049] 制御部50は、ワイヤ30aの場合と同様、図4の(b)に示すように、1つのフレームの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像と1つ前の前フレームの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像との差分 Δ

$d b$ を算出する。図4の(b)に示すように、不着ワイヤ30bの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bではこの差分 $\Delta d b$ は、非常に大きく、所定の閾値 ΔS を越えている。なお、この差分 $\Delta d b$ は二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの振幅に比例する量となる。

[0050] 制御部50は、図4の(b)に示すように、1つのフレームの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像と1つ前の前フレームの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像との差分 Δd が所定の閾値 ΔS を越えた場合、図3のステップS105でYESと判断して図3のステップS106に進み、二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像のディスプレイ48上の表示を正常に接続されているワイヤ30aの一段目～四段目ワイヤ31a～34aの画像と異ならせる。

[0051] 異なる表示は、様々な表示があるが、例えば、不着ワイヤ30bの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像を赤く表示したり、輝度の高い白色で表示し、基板11と各半導体チップ21～24の画像、或いは、正常に接続されているワイヤ30aの一段目～四段目ワイヤ31a～34aの画像と区別できるように表示する。

[0052] 検査員は、ディスプレイ48の画像を見ると、例えば、不着ワイヤ30bが赤色に表示されるので、一目で不着ワイヤ30bの有無、及び、その位置を検出することができる。

[0053] 制御部50は、図3のステップS105でNOと判断した場合には、図3のステップS101に戻って半導体装置10の超音波加振と動画の撮像を続ける。

[0054] また、制御部50は、図5に示すように、1つのフレームの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像と1つ前の前フレームの二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの画像との差分 $\Delta d b$ が所定の閾値 ΔS を越えた場合、図5中にハッチングで示す二段目ワイヤ32bと三段目ワイヤ33bの振動領域の内の差分 $\Delta d b$ が所定の閾値 ΔS を超えた超過領域35、36の画像表示を他の領域の画像表示と異ならせてディスプレイ48に表示する。

こととしてもよい。例えば、超過領域 35, 36 を赤色表示にする場合、不着ワイヤ 30b の二段目ワイヤ 32b と三段目ワイヤ 33b の画像よりも広い領域を赤色表示にするので、検査員はより、容易に不着ワイヤ 30b を検出することができる。

[0055] 以上、説明したように、本実施形態のワイヤ不着検査システム 100 は、超音波で半導体装置 10 を加振することによって各ワイヤ 30 を超音波加振すると、不着ワイヤ 30b の振幅は正常に接続されているワイヤ 30a の振幅及び基板 11 並びに半導体チップ 21 ~ 24 の振幅よりも大きくなることを利用したものである。制御部 50 は、撮像した動画の 1 つのフレームと 1 つ前の前フレームとの画像の差分 Δd を算出し、画像の差分 Δd が所定の閾値 ΔS を超えた不着ワイヤ 30b の画像表示を他のワイヤ 30 の画像表示と異ならせてディスプレイ 48 に表示することにより、ディスプレイ 48 の上に不着ワイヤ 30b の画像を他の画像と区別して表示することができる。これにより、検査員がディスプレイ 48 の画像により不着ワイヤ 30b の検出を行うことができる。不着ワイヤ 30b の振幅と正常に接続されているワイヤ 30a の振幅との差は顕著なので、高精度で不着ワイヤ 30b の不着検出を行うことができる。また、カメラ 45 で半導体装置 10 に含まれる全てのワイヤ 30 の画像を取得し、同時に分析してディスプレイ 48 に表示することができるので、ワイヤ 30 の本数が多くなっても短時間に全てのワイヤ 30 の不着検査を行うことができる。

[0056] 以上の説明では、例として、正常なワイヤ 30a の電極 12、25 ~ 28 間の固有振動数 f_0 は数十 Hz のオーダー、不着ワイヤ 30b の二段目ワイヤ 32b と三段目ワイヤ 33b の電極 25 と電極 27 との間の固有振動数 f_1 は 20 ~ 30 Hz のオーダー、動画のフレームレートは、一秒間に 24 ~ 60 フレームとし、1 つのフレームと 1 つ前の前フレームとの画像の差分 Δd を算出することとして説明したが、前フレームは 1 つのフレーム以前のフレームであればこれに限らない。例えば、正常なワイヤ 30a や不着ワイヤ 30b の固有振動数 f_0 , f_1 がもっと低い場合には、1 つのフレームと 2

つ前のフレーム、或いは3つ前のフレームの画像との差分 Δd を算出して閾値 ΔS と比較してもよい。これは、動画をフレームレートの $1/2$ 、或いは $1/3$ のレートで撮像していることに相当する。また、動画のフレームレートを正常なワイヤ30a、不着ワイヤ30bの各固有振動数によって変化させ、差分 Δd が顕著となるフレームレートに設定してもよい。このように、制御部50は、1つのフレームと前フレームとの間のフレーム数、或いは、動画のフレームレートを変化させて差分 Δd を算出するようにしてもよい。これにより、正常なワイヤ30aや不着ワイヤ30bの固有振動数 f_0 、 f_1 と差分 Δd を算出する動画のフレームのタイミングを調整して差分 Δd を顕著に検出できる。

[0057] また、制御部50は、超音波発振器40の交流電力の周波数を変化させて半導体装置10を超音波加振するようにしてもよい。ワイヤ30の固有振動数は、ボンド点間のワイヤ30の長さやワイヤ直径によって変化する。

[0058] 各電極12、25～28の各間隔が異なる場合には、それぞれの固有振動数も異なるので、超音波発振器40の交流電力の発振周波数を変化させて半導体装置10を超音波加振することにより、各ワイヤ30の各部分の不着検出を効果的に行うことができる。また、1つの半導体装置10の中で異なる直径のワイヤ30が用いられている場合も同様である。ここで、超音波発振器40の交流電力の発振周波数の変化は、自由に選択できるが、例えば、10kHzから150kHzまで、周波数を増加させるように掃引してもよいし、逆に高い周波数から低い周波数に向けて掃引してもよい。

[0059] 以上、説明したワイヤ不着検査システム100では、不着ワイヤ30bの画像表示を他の画像表示と異ならせてディスプレイ48に表示することにより、検査員が不着ワイヤ30bを検出することとして説明したが、これに限らず、制御部50は、差分 Δd が所定の閾値 ΔS を超えた不着ワイヤ30bの画像が存在すると判断し、その場合に、ディスプレイ48にワイヤ30の不着検出を表示するようにしてもよい。この場合、例えば、ディスプレイ48の上に、「不着ワイヤ検出」などの文言を表示するようにしてもよい。

[0060] また、ワイヤ不着検査システム100を用いてワイヤ不着検出方法を実行する場合、超音波発振器40と、超音波振動子42と、カメラ45と、ディスプレイ48とを配置し、超音波振動子42を超音波発振器40に接続し、超音波発振器40とカメラ45とディスプレイ48とを制御部50に接続してワイヤ不着検査システム100を構成することは、準備ステップを構成する。そして、制御部50によって超音波発振器40を制御して超音波振動子42で基板11を超音波加振することは超音波加振ステップを構成する。また、制御部50によって半導体装置10の動画を撮像し、撮像した動画のフレーム間の画像の差分 Δd を算出することは、それぞれ、撮像ステップと差分算出ステップを構成する。また、差分 Δd が所定の閾値 ΔS を越えた不着ワイヤ30bの画像を正常なワイヤ30aの画像と異ならせてディスプレイ48に表示することは表示ステップを構成する。そして、検査員がディスプレイ48の画像に基づいて不着ワイヤ30bを検出することは不着検出ステップを構成する。

[0061] 次に、図6を参照して、他の実施形態のワイヤ不着検査システム200について説明する。先に図1～4を参照して説明した部分と同様の部分には、同様の符号を付して説明は省略する。

[0062] 図6に示すように、ワイヤ不着検査システム200は、図1～図5を参照して説明したワイヤ不着検査システム100の超音波振動子42を半導体装置10の周囲に配置された超音波スピーカー43に代えたものである。

[0063] ワイヤ不着検査システム200は、先に説明したワイヤ不着検査システム100と同様の作用、効果に加え、ワイヤ30を直接超音波加振することができ、より、高精度にワイヤ30の不着検出を行うことができる。

[0064] 次に、図7を参照しながら、実施形態のワイヤ不着検出装置300について説明する。先に図1から5を参照して説明した実施形態のワイヤ不着検査システム100と同様の部分には、同様の符号を付して説明は省略する。図7に示すように、実施形態のワイヤ不着検出装置300は、ディスプレイ48を備えず、制御部50は、カメラ45で撮像した動画の1つのフレームと

それ以前の前フレームとの画像の差分 Δd を算出し、差分 Δd が所定の閾値 ΔS を超えた場合に外部に不着検出信号を出力するものである。

[0065] 次に、図8を参照しながら、ワイヤ不着検出装置300の動作について説明する。先に図3を参照して説明したワイヤ不着検査システム100の制御部50の動作と同様のステップには同様のステップ番号を付して説明は省略する。

[0066] 図8のステップS101からS104に示すように、制御部50は、超音波発振器40から周波数が超音波領域の交流電力を出力させて超音波振動子42を超音波振動させて半導体装置10の基板11を超音波加振し、半導体装置10の動画をカメラ45で撮像し、動画の画像データを記憶部に格納し、画像の差分 Δd を算出する。

[0067] 制御部50は、図8のステップS105でYESと判断した場合には、図8のステップS201に進んで、不着検出信号を外部に出力する。

[0068] 制御部50からの不着検出信号は、様々な外部の機器に入力される。例えば、外部の機器が表示装置、或いは、警告ランプなどの場合には、「ワイヤ不着検出」の文言を表示したり、警告ランプを点灯させるようにしてもよい。

[0069] また、外部の機器が搬送装置などの場合には、制御部50からワイヤ不着検出信号が入力された場合に、その半導体装置10を不良品としてそれ以降の製造ラインから外すようにしてもよい。

[0070] また、制御部50は、画像を分析した結果から、不着ワイヤ30bの本数、位置を算出して不着信号の中に不着ワイヤ30bの本数、位置の情報を含ませるようにしてもよい。

[0071] また、ワイヤ不着検出装置300を用いてワイヤ不着検出方法を実行する場合、超音波発振器40と、超音波振動子42と、カメラ45と、を配置し、超音波振動子42を超音波発振器40に接続し、超音波発振器40とカメラ45を制御部50に接続することは準備ステップを構成する。そして、制御部50によって超音波発振器40を制御して超音波振動子42で基板11

を超音波加振することは超音波加振ステップを構成する。また、制御部 50 によって半導体装置 10 の動画を撮像し、撮像した動画のフレーム間の画像の差分 Δd を算出することは、それぞれ、撮像ステップと差分算出ステップを構成する。そして差分 Δd が所定の閾値 ΔS を越えた場合に不着検出信号を出力することは、不着検出ステップを構成する。

[0072] なお、以上説明した各実施形態では、検査対象となる半導体装置 10 は、基板 11 の上に 4 段に半導体チップ 21～24 が積層して取付けられ、各半導体チップ 21～24 の各電極 25～28 及び基板 11 の電極 12 の間を 1 本のワイヤ 30 で連続的に接続したものとして説明したがこれに限らない。例えば、基板 11 の上に 1 つの半導体チップ 21 を取付け、半導体チップ 21 と基板 11 の電極 12 とをワイヤ 30 で接続したような半導体装置 10 のワイヤ 30 の不着検査にも適用することができる。

符号の説明

[0073] 10 半導体装置、11 基板、12, 25～27 電極、20 半導体素子、21～24 半導体チップ、30, 30a ワイヤ、30b 不着ワイヤ、31～34 一段目ワイヤ～四段目ワイヤ、35, 36 超過領域、39a, 39b 中心線、40 超音波発振器、42 超音波振動子、43 超音波スピーカー、45 カメラ、48 ディスプレイ、50 制御部、100, 200 ワイヤ不着検査システム、300 ワイヤ不着検出装置。

請求の範囲

[請求項1]

基板と、
前記基板に取付けられた半導体素子と、
前記半導体素子の電極と前記基板の電極、又は、前記半導体素子の一の電極と前記半導体素子の他の電極とを接続するワイヤと、を備える半導体装置のワイヤ不着検査システムであって、
超音波発振器と、
前記超音波発振器に接続されて前記超音波発振器からの電力により前記半導体装置を超音波加振する超音波加振器と、
前記半導体装置の動画を撮像するカメラと、
前記カメラで撮像した動画を表示するディスプレイと、
前記超音波発振器を調整すると共に、前記カメラで撮像した動画を解析する制御部と、を備え、
前記制御部は、撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出し、
前記差分が所定の閾値を超えた前記ワイヤの画像表示を他の前記ワイヤの画像表示と異ならせて前記ディスプレイに表示すること、
を特徴とするワイヤ不着検査システム。

[請求項2]

請求項1に記載のワイヤ不着検査システムであって、
前記制御部は、
前記ワイヤの振動領域の内の前記差分が所定の前記閾値を超えた超過領域の画像表示を他の領域の画像表示と異ならせて前記ディスプレイに表示すること、
を特徴とするワイヤ不着検査システム。

[請求項3]

請求項1又は2に記載のワイヤ不着検査システムであって、
前記制御部は、
前記差分を算出する1つのフレームと前フレームとの間のフレーム数、或いは、動画のフレームレートを変化させて前記差分を算出する

こと、

を特徴とするワイヤ不着検査システム。

[請求項4]

請求項1又は2に記載のワイヤ不着検査システムであって、

前記制御部は、

前記超音波発振器の発振周波数を変化させて前記超音波加振器で前記半導体装置を超音波加振すること、

を特徴とするワイヤ不着検査システム。

[請求項5]

請求項1又は2に記載のワイヤ不着検査システムであって、

前記超音波加振器は、前記半導体装置の前記基板に接続されて前記基板を超音波振動させる超音波振動子であること、

を特徴とするワイヤ不着検査システム。

[請求項6]

請求項1又は2に記載のワイヤ不着検査システムであって、

前記超音波加振器は、前記半導体装置の周囲に配置された超音波スピーカーであること、

を特徴とするワイヤ不着検査システム。

[請求項7]

基板と、

前記基板に取付けられた半導体素子と、

前記半導体素子の電極と前記基板の電極、又は、前記半導体素子の一の電極と前記半導体素子の他の電極とを接続するワイヤと、を備える半導体装置のワイヤ不着検出装置であって、

超音波発振器と、

前記超音波発振器に接続されて前記超音波発振器からの電力により前記半導体装置を超音波加振する超音波加振器と、

前記半導体装置の動画を撮像するカメラと、

前記超音波発振器を調整すると共に、前記カメラで撮像した動画を解析する制御部と、を備え、

前記制御部は、撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出し、

前記差分が所定の閾値を超えた場合に不着検出信号を出力すること

、

を特徴とするワイヤ不着検出装置。

[請求項8]

請求項7に記載のワイヤ不着検出装置であって、

前記制御部は、

前記差分を算出する1つのフレームと前フレームとの間のフレーム数、或いは、動画のフレームレートを変化させて前記差分を算出すること、

を特徴とするワイヤ不着検出装置。

[請求項9]

請求項7又は8に記載のワイヤ不着検出装置であって、

前記制御部は、

前記超音波発振器の発振周波数を変化させて前記超音波加振器で前記半導体装置を超音波加振すること、

を特徴とするワイヤ不着検出装置。

[請求項10]

請求項7又は8に記載のワイヤ不着検出装置であって、

前記超音波加振器は、前記半導体装置の前記基板に接続されて前記基板を超音波振動させる超音波振動子であること、

を特徴とするワイヤ不着検出装置。

[請求項11]

請求項7又は8に記載のワイヤ不着検出装置であって、

前記超音波加振器は、前記半導体装置の周囲に配置された超音波スピーカーであること、

を特徴とするワイヤ不着検出装置。

[請求項12]

基板と、前記基板に取付けられた半導体素子と、前記半導体素子の電極と前記基板の電極、又は、前記半導体素子の一の電極と前記半導体素子の他の電極とを接続するワイヤと、を備える半導体装置のワイヤ不着検出方法であって、

超音波発振器と、前記超音波発振器に接続されて前記超音波発振器からの電力により前記半導体装置を超音波加振する超音波加振器と、

前記半導体装置の動画を撮像するカメラと、前記超音波発振器と前記カメラとが接続される制御部と、を準備する準備ステップと、

前記超音波発振器からの電力によって前記超音波加振器で前記基板を超音波加振する超音波加振ステップと、

超音波加振された前記半導体装置の動画を前記カメラで撮像する撮像ステップと、

撮像した動画の1つのフレームとそれ以前の前フレームとの画像の差分を算出する差分算出ステップと、

前記差分が所定の閾値を超えた場合にワイヤの不着を検出する不着検出ステップと、

を含むことを特徴とするワイヤ不着検出方法。

[請求項13]

請求項12に記載のワイヤ不着検出方法であって、

前記準備ステップは、前記カメラで撮像した動画を表示するディスプレイを準備し、前記ディスプレイを前記制御部に接続することを含み、

前記差分が所定の閾値を超えた前記ワイヤの画像表示を他の前記ワイヤの画像表示と異ならせて前記ディスプレイに表示する表示ステップを含み、

前記不着検出ステップは、前記ディスプレイに表示された画像に基づいて前記ワイヤの不着を検出すること、

を特徴とするワイヤ不着検出方法。

[請求項14]

請求項13に記載のワイヤ不着検出方法であって、

前記表示ステップは、

前記ワイヤの振動領域の内の前記差分が所定の閾値を超えた超過領域の画像表示を他の領域の画像表示と異ならせて前記ディスプレイに表示すること、

を特徴とするワイヤ不着検出方法。