

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5882011号
(P5882011)

(45) 発行日 平成28年3月9日 (2016.3.9)

(24) 登録日 平成28年2月12日 (2016.2.12)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 B 11/02 (2006.01)

GO 1 B 11/02 H

HO 1 L 21/60 (2006.01)

HO 1 L 21/92 6 O 4 J

HO 1 L 21/92 6 O 4 T

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-218993 (P2011-218993)	(73) 特許権者	503130345
(22) 出願日	平成23年10月3日 (2011.10.3)		ソフトウェア株式会社
(65) 公開番号	特開2013-79835 (P2013-79835A)		静岡県浜松市高丘北一丁目40番15号
(43) 公開日	平成25年5月2日 (2013.5.2)	(73) 特許権者	596044169
審査請求日	平成26年9月16日 (2014.9.16)		英光産業株式会社
			福井県福井市成和2丁目306
		(74) 代理人	110000213
			特許業務法人プロスペック特許事務所
		(72) 発明者	塩見 俊夫
			静岡県浜松市中区高丘北一丁目40番15号
			ソフトウェア株式会社内
		審査官	梶田 真也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 尖端バンプの高さ測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体チップ上に形成されて表面が鏡面である尖端バンプの高さを測定する尖端バンプの高さ測定装置であって、

前記半導体チップの上方に配置されて、前記半導体チップの上面に全ての方向に拡散させた光を照射する光照射手段と、

前記半導体チップの斜め上方に配置されて、前記尖端バンプを含む半導体チップを斜め上方から撮像する撮像手段と、

前記撮像手段によって撮像された画像における、前記半導体チップで反射された光のうちで前記尖端バンプによって遮られた結果としての前記尖端バンプの影に相当する像に基づいて前記尖端バンプの底から先端までの長さを検出して、前記検出した長さ、前記撮像手段の光軸が前記半導体チップの上面となす角度とを用いて前記尖端バンプの高さを計算する高さ検出手段と

を備えたことを特徴とする尖端バンプの高さ測定装置。

【請求項 2】

半導体チップ上に形成されて表面が鏡面である尖端バンプの高さを測定する尖端バンプの高さ測定装置であって、

前記半導体チップの上方に配置されて、前記半導体チップの上面に全ての方向に拡散させた光を照射する第1の光照射手段と、

前記半導体チップを挟んで前記半導体チップの斜め上方の両側に配置されて、前記尖端

ランプを含む半導体チップを斜め上方からそれぞれ撮像する第 1 及び第 2 の撮像手段と、
前記第 1 及び第 2 の撮像手段によって撮像された第 1 及び第 2 の画像における、前記半導体チップで反射された光のうちで前記先端ランプによって遮られた結果としての前記先端ランプの影に相当する像に基づいて前記先端ランプの底から先端までの長さをそれぞれ第 1 及び第 2 の長さとして検出して、前記検出した第 1 及び第 2 の長さと、前記第 1 及び第 2 の撮像手段の光軸が前記半導体チップの上面となす角度とを用いて前記先端ランプの高さを計算する高さ検出手段と
を備えたことを特徴とする先端ランプの高さ測定装置。

【請求項 3】

半導体チップ上に形成されて表面が鏡面である先端ランプの高さを測定する先端ランプの高さ測定装置であって、

前記半導体チップの上方に配置されて、前記半導体チップの上面に全ての方向に拡散させた光を照射する第 1 の光照射手段と、

前記半導体チップを挟んで前記半導体チップの斜め上方の両側に配置されて、前記先端ランプを含む半導体チップを斜め上方からそれぞれ撮像する第 1 及び第 2 の撮像手段と、

前記第 1 及び第 2 の撮像手段によって撮像された第 1 及び第 2 の画像における、前記半導体チップで反射された光のうちで前記先端ランプによって遮られた結果としての前記先端ランプの影に相当する像に基づいて前記先端ランプの底から先端までの長さをそれぞれ第 1 及び第 2 の長さとして検出して、前記検出した第 1 及び第 2 の長さと、前記第 1 及び第 2 の撮像手段の光軸が前記半導体チップの上面となす角度とを用いて前記先端ランプの両側の傾斜部の長さをそれぞれ第 1 及び第 2 の傾斜部長さとして計算する傾斜部長さ検出手段と、

前記半導体チップの上方に配置されて、前記半導体チップの上面に垂直に光を照射する第 2 の光照射手段と、

前記半導体チップの上方に配置されて、前記先端ランプを含む半導体チップを真上から撮像する第 3 の撮像手段と、

前記第 3 の撮像手段によって撮像された第 3 の画像における暗い部分の像に基づいて前記第 1 及び第 2 の撮像手段を結ぶ方向の前記先端ランプの幅を検出する幅検出手段と、

前記傾斜部長さ検出手段によって検出された前記先端ランプの第 1 及び第 2 の傾斜部長さと、前記幅検出手段によって検出された前記先端ランプの幅とを用いて、前記先端ランプの高さを計算する高さ計算手段と

を備えたことを特徴とする先端ランプの高さ測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子をプリント基板に接続するために用いられるスタッドランプ、円錐ランプ、三角錐ランプなどの先端ランプの高さを測定する先端ランプの高さ測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電子機器の小型化、軽量化に伴い、搭載される電子部品は小型化が要望されるようになってきた。この要望に応えるべく、従来のリード付き電子部品に代わり、リード無しの表面実装型の電子部品が採用されるようになった。このように電子部品の占有面積を縮小するため、半導体素子をプリント基板上に直接搭載する半導体実装の分野の進展が著しい。この半導体素子とプリント基板を接合する半導体実装方法としては、半導体の電極を下面にして接合するフリップチップ実装方法がある。このフリップチップ実装方法では、半導体の電極上に形成されたスタッドランプが用いられる。

【0003】

まず、このスタッドランプの形成について説明すると、図 1 3 に時間経過に従って示すよう、キャピラリ 1 の貫通孔より、金を素材とした直径 25 μm 程度の金属ワイヤ 2 を押

10

20

30

40

50

し出し、金属ワイヤ 2 の先端を放電などにより加熱して球体状の Au ボール 3 に加工する。次に、Au ボール 3 を半導体素子 4 の電極 5 に圧着して、超音波振動を加えることにより、電極 5 の表面上に Au ボール 3 を拡散させて接合する。この Au ボール 3 は、塑性変形して台座部 6 a を形成する。この後、キャピラリ 1 を台座部 6 a から引き離すとともに金属ワイヤ 2 を引きちぎるようにして切り離し、スタッドバンプ 6 を形成する。このスタッドバンプ 6 においては、下部に台座部 6 a が形成され、台座部 6 a の上面には金属ワイヤ 2 による先端が尖った頭頂部 6 b が形成される。

【 0 0 0 4 】

このようにして形成されたスタッドバンプ 6 を備えた半導体素子 4 は、図 1 4 に時間経過に従って示すように、スタッドバンプ 6 の形成面を下側にして、スタッドバンプ 6 の頭頂部 6 b を転写台 7 上に設けられた導電性接着剤 8 に浸漬させた後、半導体素子 4 を引き上げる。このとき、導電性接着剤 8 は、表面張力によりスタッドバンプ 6 に転写される。その後、半導体素子 4 をプリント基板 9 の所定の位置に位置決めした後、半導体素子 4 をプリント基板 9 の所定の位置の導体ランド 1 0 に圧着し、プリント基板 9 全体を適切な温度に加熱して、導電性接着剤 8 を硬化させる。これにより、フリップチップ実装方法による、半導体素子 4 とプリント基板 9 との接合が完了する。

【 0 0 0 5 】

このような半導体素子のプリント基板への接合に利用されるスタッドバンプについて、スタッドバンプが半導体素子上に適正に形成されているかを検査する必要がある。この検査においては、下記特許文献 1 ～ 3 に示されるように、撮像装置を用いて、スタッドバンプが形成された半導体素子の上方からスタッドバンプを撮像して、スタッドバンプの台座部及び頭頂部の位置、形状及び寸法を測定し、測定した位置、形状及び寸法が許容範囲にあるかを判定することにより、スタッドバンプを検査するようにしている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開平 8 - 5 5 8 5 4 号公報

【 特許文献 2 】 特開昭 1 0 - 2 4 2 2 1 9 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 5 - 1 6 6 7 4 3 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記従来技術においては、スタッドバンプの高さを測定するものはなかった。スタッドバンプは、通常、金で形成されているために、表面は鏡面を構成している。そのために、スタッドバンプの表面に入射した光は散乱することなく、一方向へ反射される。したがって、スタッドバンプの台座部の上面にはほぼ平坦な部分が存在するために、同部分に上方から入射した光の多くは上方へ反射するために、スタッドバンプの台座部に関しては何とか撮像できる。しかしながら、スタッドバンプの頭頂部は尖っており、同頭頂部へ入射した光は、散乱することなく、しかも入射位置に応じて種々の異なる方向へ反射することになり、スタッドバンプの頭頂部を撮像することはできない。このために、従来技術では、スタッドバンプの高さを測定することはできず、スタッドバンプの高さに関する検査を行えなかった。また、スタッドバンプの場合と同様に、半導体素子上に形成された先頭の尖った円錐バンプ、三角錐バンプなどの尖端バンプの高さを測定することもできなかった。

【 0 0 0 8 】

本発明者は、このような状況の中、尖端バンプの高さを測定することが可能な解決原理を発見した。具体的には、尖端バンプから反射する光による像を撮影するのではなく、尖端バンプの形成された半導体素子の表面（すなわち電極表面）にて反射される光が尖端バンプによって遮られた結果としての像（すなわち尖端バンプの影に相当）を撮影することにより、尖端バンプの形状、特に尖端バンプの頭頂部の形状を測定することに成功した。

そして、この測定された尖端バンプの形状を用いて、尖端バンプの高さが測定される。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は上記従来の問題に対処するためになされたもので、その目的は、前記解決原理を用いて、尖端バンプの高さを測定する尖端バンプの高さ測定装置を提供することにある。なお、下記本発明の各構成要件の記載においては、本発明の理解を容易にするために、実施形態の対応箇所の符号を括弧内に記載しているが、本発明の各構成要件は、実施形態の符号によって示された対応箇所の構成に限定解釈されるべきものではない。

【0010】

上記目的を達成するために、本発明の構成上の特徴は、半導体チップ(21a)上に形成されて表面が鏡面である尖端バンプ(23)の高さを測定する尖端バンプの高さ測定装置であって、半導体チップの上方に配置されて、半導体チップの上面に全ての方向に拡散させた光を照射する光照射手段(33)と、半導体チップの斜め上方に配置されて、尖端バンプを含む半導体チップを斜め上方から撮像する撮像手段(34, 35)と、撮像手段によって撮像された画像における、半導体チップで反射された光のうちで尖端バンプによって遮られた結果としての尖端バンプの影に相当する像に基づいて尖端バンプの底から先端までの長さを検出して、前記検出した長さと、撮像手段の光軸が半導体チップの上面となす角度とを用いて尖端バンプの高さを計算する高さ検出手段(36, S12~S15)とを備えたことにある。

【0011】

上記のように構成した本発明においては、光照射手段によって半導体チップの上面に光が照射されると、半導体チップの上面からの反射光はあらゆる方向に散乱して、その一部は撮像手段に入射する。一方、尖端バンプは一般的には金などによって形成されていて、その表面は鏡面であるので、光照射手段によって照射された光による尖端バンプからの反射光は特定の方向にしか進行せず、撮像手段にはほとんど入射しない。特に、尖端バンプの頭頂部は尖っているので、尖端バンプの頭頂部からの反射光は全くと言ってよいほど撮像手段には入射しない。したがって、尖端バンプを除く半導体チップの表面にて反射される光のうちで、尖端バンプによって遮られた結果としての像(すなわち尖端バンプの影に相当)が撮像手段によって撮像されることになる。その結果、高さ検出手段が、撮像手段によって撮像された画像における、半導体チップの反射された光のうちで尖端バンプによって遮られた結果としての尖端バンプの影に相当する像に基づいて尖端バンプの底から先端までの長さを検出して、前記検出した長さと、撮像手段の光軸が半導体チップの上面となす角度とを用いて尖端バンプの高さを計算するので、尖端バンプの高さが検出される。これにより、本発明によれば、比較的簡単な構成で、表面が鏡面である尖端バンプの高さを測定でき、前記尖端バンプの検査をその高さをも含めて行うことができるようになる。

【0012】

また、本発明の他の特徴は、半導体チップ(21a)上に形成されて表面が鏡面である尖端バンプ(23)の高さを測定する尖端バンプの高さ測定装置であって、半導体チップ(21a)の上方に配置されて、半導体チップの上面に全ての方向に拡散させた光を照射する第1の光照射手段(33)と、半導体チップを挟んで半導体チップの斜め上方の両側に配置されて、尖端バンプを含む半導体チップを斜め上方からそれぞれ撮像する第1及び第2の撮像手段(34, 35)と、第1及び第2の撮像手段によって撮像された第1及び第2の画像における、半導体チップで反射された光のうちで尖端バンプによって遮られた結果としての尖端バンプの影に相当する像に基づいて尖端バンプの底から先端までの長さをそれぞれ第1及び第2の長さとして検出して、前記検出した第1及び第2の長さと、第1及び第2の撮像手段の光軸が半導体チップの上面となす角度とを用いて尖端バンプの高さを計算する高さ検出手段(36, S12~S15)とを設けたことにある。

【0013】

これによれば、第1及び第2の撮像手段により、第1及び第2の撮像手段を結ぶ方向の両側の尖端バンプの形状が第1及び第2の画像としてそれぞれ撮像される。そして、高さ

10

20

30

40

50

検出手段が、前記撮像された第1及び第2の画像から検出した尖端バンプの底から先端までの第1及び第2の長さをそれぞれ検出し、前記検出した第1及び第2の長さと、第1及び第2の撮像手段の光軸が半導体チップの上面となす角度とを用いて尖端バンプの高さを計算する。この場合、高さ検出手段は、例えば前記計算した尖端バンプの2つの高さを平均化するなどの処理を行えば、尖端バンプの頭頂部が傾いていて、第1及び第2の撮像手段を結ぶ方向の尖端バンプの底から先端までの長さの一方が誤差をもっている、この誤差が是正されて尖端バンプの高さを精度よく検出できる。また、高さ検出手段は、2つの高さのうちで理想的な高さから離れている側の1つの高さを選択して、スタッドバンプの高さの検査が厳格に行われるようにしてもよい。

【0014】

10

さらに、本発明の他の特徴は、前記本発明の他の特徴における第1の光照射手段、第1及び第2の撮像手段に加えて、半導体チップの上方に配置されて、半導体チップの上面に垂直に光を照射する第2の光照射手段(44)と、半導体チップの上方に配置されて、尖端バンプを含む半導体チップを真上から撮像する第3の撮像手段(43)とを設け、前記本発明の他の特徴における高さ検出手段に代えて、第1及び第2の撮像手段によって撮像された第1及び第2の画像における、半導体チップで反射された光のうちで尖端バンプによって遮られた結果としての尖端バンプの影に相当する像に基づいて尖端バンプの底から先端までの長さをそれぞれ第1及び第2の長さとして検出して、前記検出した第1及び第2の長さと、第1及び第2の撮像手段の光軸が半導体チップの上面となす角度とを用いて尖端バンプの両側の傾斜部の長さをそれぞれ第1及び第2の傾斜部長さとして計算する傾斜部長さ検出手段(36, S12~S15)と、第3の撮像手段によって撮像された第3の画像における暗い部分の像に基づいて第1及び第2の撮像手段を結ぶ方向の前記尖端バンプの幅を検出する幅検出手段(45, S22~S24)と、傾斜部長さ検出手段によって検出された尖端バンプの第1及び第2の傾斜部長さと、幅検出手段によって検出された尖端バンプの幅とを用いて、尖端バンプの高さを計算する高さ計算手段と(60, S31、S32)とを設けたことにある。

20

【0015】

前記本発明の他の特徴においては、傾斜部長さ検出手段が、第1及び第2の撮像手段によって撮像された第1及び第2の画像を用いて、尖端バンプの第1及び第2の傾斜部長さを検出する。また、幅検出手段が、第3の撮像手段によって撮像された第3の画像を用いて、尖端バンプの幅を検出する。そして、高さ計算手段が、尖端バンプの第1及び第2の傾斜部長さと、尖端バンプの幅とを用いて、尖端バンプの高さを計算する。その結果、尖端バンプの幅がある程度大きくても、尖端バンプの高さが精度よく検出される。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係るバンプ高さ測定装置の全体概略図である。

【図2】図1の第1測定装置の具体例を示すブロック図である。

【図3】図1の第2測定装置の具体例を示すブロック図である。

【図4】第1測定装置内のコンピュータによって実行される高さ測定プログラムを示すフローチャートである。

40

【図5】第2測定装置内のコンピュータによって実行される幅測定プログラムを示すフローチャートである。

【図6】統括コンピュータによって実行される高さ補正プログラムを示すフローチャートである。

【図7】(A)は半導体ウェハの一例を示す概略図であり、(B)は半導体ウェハを載せたXYステージの移動方向を説明するための説明図である。

【図8】半導体ウェハ内の一つの半導体チップのイメージ図である。

【図9】(A)は第1測定装置によるスタッドバンプの撮影画像を示す図であり、(B)は(A)の撮影画像を画像処理した後のスタッドバンプの撮影画像を示す図である。

【図10】(A)(B)は、スタッドバンプの実際の高さと、撮影画像によるスタッドバンプ

50

の測定高さとの関係を説明するための説明図である。

【図 1 1】第 2 測定装置によるスタッドパンプの撮影画像を示す図である。

【図 1 2】スタッドパンプの高さの補正演算を説明するための説明図である。

【図 1 3】スタッドパンプの形成方法を説明するための説明図である。

【図 1 4】スタッドパンプを形成した半導体素子のプリント基板に対する接続方法を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の一実施形態に係るパンプ高さ測定装置について説明すると、図 1 はパンプ高さ測定装置の全体概略図である。このパンプ高さ測定装置は、測定対象物である半導体ウェハを載置する資料テーブル 20 と、スタッドパンプの高さを測定するための第 1 測定装置 30 と、測定したスタッドパンプの高さを補正するためにスタッドパンプの幅を測定するための第 2 測定装置 40 と、半導体ウェハを移動させる搬送装置 50 と、このパンプ高さ測定装置の全体動作を制御する統括コンピュータ 60 とを備えている。

【0018】

資料テーブル 20 は、測定前の複数の半導体ウェハ 21A 及び測定後の複数の半導体ウェハ 21B を載置するためのテーブルである。複数の半導体ウェハ 21A, 21B は、それぞれ資料テーブル 20 の所定の位置に所定の方向を向けて載置される。これらの複数の半導体ウェハ 21A, 21B の一つの半導体ウェハ 21 を図 7(A) に示す。この半導体ウェハ 21 は、マトリクス状に配置された複数の半導体チップ 21a からなる。一つの半導体チップ 21a を代表して図 8 に示す。この半導体チップ 21a 上には平板状の複数の電極 22 が形成され、複数の電極 22 上にはスタッドパンプ 23 がそれぞれ形成されている。このスタッドパンプ 23 に関しては、背景技術の項で説明したとおりである。

【0019】

第 1 測定装置 30 は、図 2 に示すように、1 つの半導体ウェハ 21 を水平に載置させて同半導体ウェハ 21 を X 方向及び Y 方向に移動させる XY ステージ 31 を備えている。なお、X 方向及び Y 方向は、水平方向の互いに直交する 2 方向である。この XY ステージ 31 は、ステージドライバ 32 によって X 方向及び Y 方向に駆動される。XY ステージ 31 の上方には、面照射装置 33 が配置されている。面照射装置 33 は、マトリクス上に配置された複数の LED と、複数の LED の下方に設けられて LED によって発光された光を全ての方向に拡散させる拡散板とを備え、半導体ウェハ 21 の上面全体を全ての方向から照射する。なお、拡散板は、例えば透明のアクリル板で構成されている。

【0020】

面照射装置 33 の左右両側には、一対の撮像装置 34, 35 が配置されている。より厳密には、一対の撮像装置 34, 35 は、後述する撮像時の XY ステージ 31 の移動方向（図示左右方向）において、面照射装置 33 の中心に対して対称に位置する。そして、撮像装置 34, 35 の光軸は、水平面すなわち半導体ウェハ 21（半導体チップ 21a）の上面に対して所定角度 θ だけ傾いた方向にある。この所定角度 θ は、例えば 30 度乃至 60 度の範囲内の角度である。これらの撮像装置 34, 35 は、カメラ部 34a, 35a 及びレンズ部 34b, 35b からそれぞれなる。カメラ部 34a, 35a は、複数の CCD を 1 列に配置したラインセンサと、その周辺制御回路とからなる。ラインセンサは、図 2 の紙面垂直方向に延設されており、その長さは、撮影された 1 つの半導体チップ 21a の一辺であって、後述する撮像時の XY ステージ 31 の移動方向に直交する方向の一辺の長さ（図 7(A) の縦方向の一辺の長さ）に等しい。レンズ部 34b, 35b は対物レンズ、リレーレンズなど複数のレンズからなり、半導体ウェハ 21 の表面からの反射光による像をカメラ部 34a, 35a の各ラインセンサ上に結像する。

【0021】

ステージドライバ 32 及び撮像装置 34, 35 には、CPU、ROM、RAM、その他のメモリなどからなるコンピュータ 36 が接続されている。このコンピュータ 36 は、統括コンピュータ 60 によって制御され、図 4 に示す高さ測定プログラムの実行により、ス

10

20

30

40

50

ステージドライバ32を制御してXYステージ31のX方向及びY方向への移動を制御することにより(図7(B)参照)、撮像装置34,35による半導体ウェハ21の撮像位置を変更しながら、撮像装置34,35のカメラ部34a,35aからの画像データを入力し、入力した画像データに基づいてスタッドバンプ23の高さを計算する。

【0022】

第2測定装置40は、図3に示すように、1つの半導体ウェハ21を水平に載置させて同半導体ウェハ21をX方向及びY方向に移動させるXYステージ41を備えている。このXYステージ41は、ステージドライバ42によってX方向及びY方向に駆動される。XYステージ41の上方には、撮像装置43が配置されている。より厳密には、撮像装置43の光軸は、半導体ウェハ21(半導体チップ21a)の上面に対して垂直である。撮像装置43は、カメラ部43a及びレンズ部43bからそれぞれなる。カメラ部43aは、前記第1測定装置30の撮像装置34,35の場合と同様に、複数のCCDを1列に配置したラインセンサと、その周辺制御回路とからなる。この場合も、ラインセンサは、図3の紙面垂直方向に延設されており、その長さは、撮影された1つの半導体チップ21aの一辺であって、後述する撮像時のXYステージ41の移動方向(図示左右方向)に直交する方向の一辺の長さ(図7(A)の縦方向の一辺の長さ)に等しい。

【0023】

レンズ部43bは、対物レンズ43b1、ハーフミラー43b2、リレーレンズ43b3などを内蔵しており、半導体ウェハ21の表面からの反射光による像をカメラ部43aの各ラインセンサに結像する。また、レンズ部43bには、同軸照射装置44が組み付けられており、同軸照射装置44から出射された光はハーフミラー43b2によって反射されて、上方から垂直に半導体ウェハ21を照明する。

【0024】

ステージドライバ42及び撮像装置43には、CPU、ROM、RAM、その他のメモリなどからなるコンピュータ45が接続されている。このコンピュータ45は、統括コンピュータ60によって制御され、図5に示す幅測定プログラムの実行により、ステージドライバ42を制御してXYステージ31のX方向及びY方向への移動を制御することにより(図7(B)参照)、撮像装置43による半導体ウェハ21の撮像位置を変更しながら、撮像装置43のカメラ部43aからの画像データを入力し、入力した画像データに基づいてスタッドバンプ23の幅を計算する。

【0025】

搬送装置50は、資料テーブル20上の測定前の複数の半導体ウェハ21A中の1つの半導体ウェハ21を第1測定装置30のXYステージ31上に搬送して、同搬送した半導体ウェハ21を所定の向きにしてXYステージ31の所定の位置に載置する。また、搬送装置50は、第1測定装置30のXYステージ31上の高さ測定後の1つの半導体ウェハ21を第2測定装置40のXYステージ41上に搬送して、同搬送した半導体ウェハ21を所定の向きにしてXYステージ41の所定の位置に載置する。さらに、搬送装置50は、第2測定装置40のXYステージ41上の幅測定後の1つの半導体ウェハ21を資料テーブル20の複数の半導体ウェハ21B内に戻す。

【0026】

これらの半導体ウェハ21の搬送は、統括コンピュータ60により制御され、定常状態では、第1及び第2測定装置30,40による半導体ウェハ21の測定後、第2測定装置40から資料テーブル20への半導体ウェハ21の搬送、第1測定装置30から第2測定装置40への半導体ウェハ21の搬送、及び資料テーブル20から第1測定装置30への半導体ウェハ21の搬送の順に行われる。また、測定の初期においては、資料テーブル20から第1測定装置30への半導体ウェハ21の搬送のみが行われたり、第1測定装置30及び資料テーブル20から第2測定装置40及び第1測定装置30への半導体ウェハ21のそれぞれの搬送のみが行われたりする。また、測定の終了時においては、第2測定装置40から資料テーブル20への半導体ウェハ21の搬送のみが行われたり、第2測定装置40及び第1測定装置30から資料テーブル20及び第2測定装置40への半導体ウェ

10

20

30

40

50

ハ 2 1 のそれぞれの搬送のみが行われたりする。

【 0 0 2 7 】

統括コンピュータ 6 0 も、CPU、ROM、RAM、その他のメモリなどからなり、図示しないプログラムの実行により、前記搬送装置 5 0 による半導体ウェハ 2 1 の搬送を順次制御し、半導体ウェハ 2 1 の搬送後に第 1 測定装置 3 0 によるスタッドバンプ 2 3 の高さ測定を指示するとともに、半導体ウェハ 2 1 の搬送後に第 2 測定装置 4 0 によるスタッドバンプ 2 3 の幅測定を指示する。また、統括コンピュータ 6 0 は、図 6 に示す高さ補正プログラムの実行により、第 1 測定装置 3 0 によるスタッドバンプ 2 3 の高さ測定結果を、第 2 測定装置 4 0 によるスタッドバンプ 2 3 の幅測定結果に応じて補正する。この統括コンピュータ 6 0 には、キーボードなどからなる入力装置 6 1 及び液晶表示器を有する表示装置 6 2 も接続されている。

10

【 0 0 2 8 】

次に、上記のように構成した実施形態の動作を説明する。半導体ウェハ 2 1 の搬送後、第 1 測定装置 3 0 は高さ測定プログラムの実行によりスタッドバンプ 2 3 の高さを測定し、第 2 測定装置 4 0 は幅測定プログラムの実行によりスタッドバンプ 2 3 の幅を測定し、その後、統括コンピュータ 6 0 は、前記測定されたスタッドバンプ 2 3 の高さを前記測定されたスタッドバンプ 2 3 の幅を用いて補正する。以下、このスタッドバンプ 2 3 の高さ測定、スタッドバンプ 2 3 の幅測定、及びスタッドバンプ 2 3 の高さ補正の順に説明する。

【 0 0 2 9 】

20

まず、スタッドバンプ 2 3 の高さ測定について説明する。コンピュータ 3 6 は、図 4 のステップ S 1 0 にて高さ測定プログラムの実行を開始し、ステップ S 1 1 にて、XY ステージ 3 1 を移動させて、一対の撮像装置 3 4 , 3 5 から複数の同じ半導体チップ 2 1 a に関する一対の画像データをそれぞれ取得する。XY ステージ 3 1 の移動について説明すると、コンピュータ 3 6 は、ステージドライバ 3 2 を制御して、図 7 (B) に示すように、XY ステージ 3 1 を X 方向に移動させる。

【 0 0 3 0 】

この実施形態においては、1 回目の移動においては左から右に XY ステージ 3 1 を移動させ、2 回目の移動においては右から左に XY ステージ 3 1 を移動させ、その後も XY ステージ 3 1 を左右交互に往復運動させる。この場合、カメラ部 3 4 a , 3 5 a のラインセンサは、撮影した半導体ウェハ 2 1 の 1 つの半導体チップ 2 1 a の図 7 (A) の縦方向の一辺の長さに等しい。そして、前記左右方向への移動量は、半導体ウェハ 2 1 の横一列に並んだ複数の半導体チップ 2 1 a の合計長さに等しい。このように XY ステージ 3 1 を移動させ得るのは、半導体ウェハ 2 1 の構成すなわち半導体ウェハ 2 1 上の半導体チップ 2 1 a の配置は予め分かっており、この半導体チップ 2 1 a の配置を表す情報に基づいて図 4 の高さ測定プログラムが構成されているためである。この結果、前記ステップ S 1 1 の処理による 1 回目の XY ステージ 3 1 の左から右への移動により、図 7 (A) の最上段の複数の半導体チップ 2 1 a のラインセンサによる画像データが RAM に記憶される。なお、RAM の容量等により、XY ステージ 3 1 の 1 回の移動量は適宜設定されるものである。

30

【 0 0 3 1 】

40

前記ステップ S 1 1 の処理後、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 2 にて、一対の画像データの中から、次の 1 つのスタッドバンプ 2 3 (1 つのスタッドバンプ 2 3 を含む半導体チップ 2 1 a 上の 1 つの電極 2 2 部分) に関する画像データをそれぞれ抽出する。この画像データについて簡単に説明しておく。面照射装置 3 3 から半導体ウェハ 2 1 の上面に照射される光は、あらゆる方向に拡散された拡散光である。そして、半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 の上面は鏡面ではなく、面照射装置 3 3 からの光はあらゆる方向に乱反射する。一方、スタッドバンプ 2 3 は金製であって、その表面は鏡面であるので、スタッドバンプ 2 3 の表面で反射された光は乱反射することなく、一定の方向に反射されて、ほとんどの反射光は撮像装置 3 4 , 3 5 には達しない。特に、スタッドバンプ 2 3 の頭頂部 2 3 b は尖っているので、頭頂部 2 3 b からの反射光は撮像装置 3 4 , 3 5 には入射しない。

50

また、撮像装置 3 4 , 3 5 の光軸は、半導体チップ 2 1 a の上面に対して所定角度 θ だけ傾いている。したがって、撮像装置 3 4 , 3 5 のカメラ部 3 4 a , 3 5 a には、面照射装置 3 3 から出射されて半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 の上面にて撮像装置 3 4 , 3 5 の方向に反射された光による像であって、スタッドバンプ 2 3 で遮られた暗い部分（いわゆる影部分）を有する像が結像される。

【 0 0 3 2 】

図 9 (A) は、このスタッドバンプ 2 3 を表す像を示している。ドットで示す部分は暗い部分であり、スタッドバンプ 2 3 の台座部 2 3 a の多くの部分は暗い部分であり、一部明るい部分がある。そして、スタッドバンプ 2 3 の頭頂部 2 3 b は特に暗い部分である。これは、台座部 2 3 a には一部平坦な部分があり、この平坦な部分にて反射した面照射装置 3 3 からの入射光の一部が撮像装置 3 4 , 3 5 に入射するためである。その台座部 2 3 a の他の部分及び頭頂部 2 3 b は急傾斜であり、この急傾斜の部分にて反射した面照射装置 3 3 からの入射光のほとんどは撮像装置 3 4 , 3 5 に入射しないためである。なお、図 9 (A) において、スタッドバンプ 2 3 の台座部 2 3 a の下方の部分 2 3 a' は、半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 の上面の鏡効果による写像である。

【 0 0 3 3 】

前記ステップ S 1 2 の処理後、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 3 にて、前記抽出した一对の画像データをそれぞれ加工して、各画像データからスタッドバンプ 2 3 の台座部 2 3 a の下方の部分 2 3 a' をそれぞれ除去する。これは、スタッドバンプ 2 3 に関する画像データによる画像は予め分かっているため、この台座部 2 3 a の下方の部分 2 3 a' を画像処理により簡単に削除できる。図 9 (B) は、このデータ加工処理後のスタッドバンプ 2 3 に関する像を示している。

【 0 0 3 4 】

前記ステップ S 1 3 の処理後、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 4 にて、前記加工した一对の画像データに基づいてスタッドバンプ画像におけるスタッドバンプ 2 3 の高さ（底から先端までの長さ） H_{y1} , H_{y2} をそれぞれ測定する（図 9 (B) 参照）。次に、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 5 にて、下記数 1 , 2 を用いて前記測定した高さ H_{y1} , H_{y2} を実際のスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} に変換する。

【 数 1 】

$$H_{x1} = \frac{H_{y1}}{a \cdot \cos \theta}$$

【 数 2 】

$$H_{x2} = \frac{H_{y2}}{a \cdot \cos \theta}$$

【 0 0 3 5 】

この数 1 , 2 について説明する。図 10 (A) は、スタッドバンプ 2 3 を撮像装置 3 4 , 3 5 で撮像した状態を模擬的に示している。LEN は撮像装置 3 4 , 3 5 のレンズ部 3 4 b , 3 5 b のレンズ機能を示しており、 H_x (H_{x1} , H_{x2}) は半導体チップ 2 1 a (電極 2 2) 上のスタッドバンプ 2 3 の高さ（実際のスタッドバンプ 2 3 の高さ）を示し、かつ H_y (H_{y1} , H_{y2}) はレンズ機能 LEN によりカメラ部 3 4 a , 3 5 a に撮像されたスタッドバンプ 2 3 の高さ（実際のスタッドバンプ 2 3 の高さ）を示している。なお、この実際のスタッドバンプ 2 3 の高さ H_x (H_{x1} , H_{x2}) は、半導体チップ 2 1 a (電極 2 2) 上のスタッドバンプ 2 3 の垂直な高さである。この場合、カメラ部 3 4 a , 3 5 a (レンズ機能 LEN) の光軸は、半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 の上面に対して所定角度 θ だけ傾いているので、実際のスタッドバンプ 2 3 の高さは前記数 1 , 2 のように表される。なお、 a は撮像装置 3 4 , 3 5 による倍率であり、XY ステージ 3 1 及び撮像装置 3 4 , 3 5 の配置は予め決められているので、倍率 a は予め決められた所定値である。

【 0 0 3 6 】

前述のように、実際のスタッドバンプ 2 3 の高さ H_x (H_{x1} , H_{x2}) は、半導体チップ 2 1 a (電極 2 2) 上のスタッドバンプ 2 3 の垂直な高さである。しかし、撮像装置 3 4, 3 5 によって撮像されるスタッドバンプ 2 3 は、実際には、スタッドバンプ 2 3 の外形が半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 の上面で反射した光を遮った像であるので、実際に測定されるスタッドバンプ 2 3 の実際の高さ H_x (H_{x1} , H_{x2}) は、図 1 0 (B) に示すように、スタッドバンプ 2 3 の外形上の傾斜面の長さである。この傾斜面の長さを H_x とすると、下記数 3 が成立する。

【数 3】

$$H_x = \frac{H_y}{a \cdot \cos(\theta - \Delta\theta)}$$

10

【0 0 3 7】

前記数 3 の分母の $\cos(\theta - \Delta\theta)$ の部分を変形すると、下記数 4 のように表される。ここで、 $\Delta\theta$ は、スタッドバンプ 2 3 の頭頂部 2 3 b の先端の角度の半分にほぼ等しく、極めて小さいことを考慮すると、 $\cos \Delta\theta$ はほぼ「1」であり、 $\sin \Delta\theta$ はほぼ「0」である。したがって、前記数 3 は下記数 5 のように変形され、スタッドバンプ 2 3 の実際の傾斜面の長さ H_x (H_{x1} , H_{x2}) も、カメラ部 3 4 a, 3 5 a で撮像されたスタッドバンプ 2 3 の高さ H_y (H_{y1} , H_{y2}) を用いて、前記数 1, 2 のように表される。

【数 4】

$$\cos(\theta - \Delta\theta) = \cos\theta \cdot \cos\Delta\theta + \sin\theta \cdot \sin\Delta\theta$$

20

【数 5】

$$H_x \doteq \frac{H_y}{a \cdot \cos\theta}$$

【0 0 3 8】

前記ステップ S 1 2 ~ S 1 5 によるスタッドバンプ 2 3 の左右両側からの高さ H_{x1} , H_{x2} (すなわち傾斜部の長さ H_{x1} , H_{x2}) の測定後、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 6 にて、前記ステップ S 1 1 の処理によって取得した画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} の測定を終了したか否かを判定する。この場合、左右両側とは、X Y ステージ 3 1 の移動方向に沿った方向である。画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} の測定を終了していなければ、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 6 にて「No」と判定して、ステップ S 1 2 に戻り、前述したステップ S 1 2 ~ S 1 5 によるスタッドバンプ 2 3 の左右両側からの高さ H_{x1} , H_{x2} の測定を繰り返す。

30

【0 0 3 9】

そして、前記ステップ S 1 1 の処理によって取得した画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} の測定を終了すると、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 6 にて「Yes」と判定して、ステップ S 1 7 にて、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の左右両側からの高さ H_{x1} , H_{x2} (すなわち傾斜部の長さ H_{x1} , H_{x2}) の測定を終了したかを判定する。半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} の測定を終了していなければ、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 7 にて「No」と判定して、ステップ S 1 1 に戻り、同ステップ S 1 1 にて、X Y ステージ 3 1 を移動させて、一対の撮像装置 3 4, 3 5 から複数の同じ半導体チップ 2 1 a に関する次の一対の画像データをそれぞれ取得する。そして、前記ステップ S 1 2 ~ S 1 6 の処理により、前記ステップ S 1 1 の処理によって取得した画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} を測定する。そして、画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} の測定を終了すると、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 6 にてふたたび「Yes」と判定して、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H_{x1} , H_{x2} の測定が終了するまで、前記ステップ S 1 1 ~ S 1 7 の処理を繰返し実行する。

40

【0 0 4 0】

50

そして、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ $Hx1$, $Hx2$ の測定が終了すると、コンピュータ 3 6 は、ステップ S 1 7 にて「Yes」と判定して、ステップ S 1 8 にて、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ $Hx1$, $Hx2$ を統括コンピュータ 6 0 に出力して、ステップ S 1 9 にて高さ測定プログラムの実行を終了する。この場合、スタッドバンプ 2 3 の高さ $Hx1$, $Hx2$ の統括コンピュータ 6 0 への出力においては、半導体ウェハ 2 1 を表す情報と、スタッドバンプ 2 3 の高さ $Hx1$, $Hx2$ を測定順に出力する。統括コンピュータ 6 0 は、この出力された半導体ウェハ 2 1 を表す情報と、スタッドバンプ 2 3 の測定順の高さ $Hx1$, $Hx2$ を記憶する。この場合も、半導体ウェハ 2 1 上の半導体チップ 2 1 a 及び半導体チップ 2 1 a 上のスタッドバンプ 2 3 の配置に関しては予め分かっているので、半導体ウェハ 2 1 上のスタッドバンプ 2 3 を特定することができる。これにより、半導体ウェハ 2 1 の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ $Hx1$, $Hx2$ (すなわち傾斜部の長さ $Hx1$, $Hx2$) が、半導体ウェハ 2 1 を特定するための情報と共に統括コンピュータ 6 0 内に記憶される。そして、搬送装置 5 0 によって新たな半導体ウェハ 2 1 が XY ステージ 3 1 に搬送されるごとに、この高さ測定プログラムを実行することにより、異なる半導体ウェハ 2 1 の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さが順次測定されることになる。

10

【0041】

次に、スタッドバンプ 2 3 の幅測定について説明する。コンピュータ 4 5 は、図 5 のステップ S 2 0 にて幅測定プログラムの実行を開始し、ステップ S 2 1 にて、XY ステージ 3 1 を移動させて、撮像装置 4 3 から複数の半導体チップ 2 1 a に関する画像データを取得する。この場合の XY ステージ 3 1 の移動に関しては、コンピュータ 4 5 がステージドライバ 4 2 を制御する点を除けば、前記図 4 の高さ測定プログラムのステップ S 1 1 の処理と同じである。

20

【0042】

前記ステップ S 2 1 の処理後、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 2 にて、前記取得した画像データの中から、次の 1 つのスタッドバンプ 2 3 (1 つのスタッドバンプ 2 3 を含む半導体チップ 2 1 a 上の 1 つの電極 2 2 部分) に関する画像データを抽出する。この場合の画像データに簡単に説明しておく。第 2 測定装置 4 0 においては、同軸照射装置 4 4 から半導体ウェハ 2 1 の上面に照射される光は、ハーフミラー 4 3 b 2 で反射されて半導体チップ 2 1 a、電極 2 2 及びスタッドバンプ 2 3 に上方 (ほぼ真上) から照射される光である。この場合も、半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 の上面は鏡面ではないので、同軸照射装置 4 4 から半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 に入射した光は、半導体チップ 2 1 a 及び電極 2 2 からあらゆる方向に乱反射して、撮像装置 4 3 に入射する。一方、スタッドバンプ 2 3 は金製であって、その表面は鏡面であるので、スタッドバンプ 2 3 の水平な部分からの反射光のみが上方に反射して撮像装置 4 3 に入射し、その他の傾斜した部分からの反射光は上方へ反射されることなく撮像装置 4 3 に入射されない。したがって、撮像装置 4 3 のカメラ部 4 3 a にて結像される像は、図 1 1 に示すようになる。図 1 1 において、ドットで示す部分は暗い部分であり、スタッドバンプ 2 3 の台座部 2 3 a の多くの部分は暗い部分であり、一部明るい部分がある。そして、スタッドバンプ 2 3 の台座部 2 3 a の下部及び頭頂部 2 3 b は特に暗い部分である。

30

40

【0043】

前記ステップ S 2 2 の処理後、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 3 にて、前記抽出した画像データに基づいて、スタッドバンプ画像におけるスタッドバンプ 2 3 の幅 Dy を測定する (図 1 1 参照)。この場合の幅 Dy の方向は、XY ステージ 4 1 の移動方向であって、第 1 測定装置 3 0 の一対の撮像装置 3 4 , 3 5 の配列方向に対応する。この場合、撮像装置 4 3 によって撮像される画像は、スタッドバンプ 2 3 を含む半導体チップ 2 1 a の平面図であるので、スタッドバンプ 2 3 の台座部 2 3 a の直径に相当する長さが幅 Dy として測定される。次に、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 4 にて、下記数 6 を用いて前記測定した幅 Dy を実際のスタッドバンプ 2 3 の幅 Dx に変換する。なお、数 6 中の a は、撮像装置 4 3 の倍率である。

50

【数 6】

$$Dx = \frac{Dy}{a}$$

【 0 0 4 4 】

前記ステップ S 2 2 ~ S 2 4 によるスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定後、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 5 にて、前記ステップ S 2 1 の処理によって取得した画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定を終了したか否かを判定する。画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定を終了していなければ、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 5 にて「No」と判定して、ステップ S 2 2 に戻り、前述したステップ S 2 2 ~ S 2 4 によるスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定を繰り返す。

10

【 0 0 4 5 】

そして、前記ステップ S 2 1 の処理によって取得した画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定を終了すると、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 5 にて「Yes」と判定し、ステップ S 2 6 にて、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定を終了したかを判定する。半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定を終了していなければ、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 6 にて「No」と判定して、ステップ S 2 1 に戻り、同ステップ S 2 1 にて、X Y ステージ 3 1 を移動させて、撮像装置 4 3 から複数の半導体チップ 2 1 a に関する次の画像データを取得する。そして、前記ステップ S 2 2 ~ S 2 5 の処理により、前記ステップ S 2 1 の処理によって取得した画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x を測定する。そして、画像データ中の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定を終了すると、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 5 にてふたたび「Yes」と判定して、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定が終了するまで、前記ステップ S 2 1 ~ S 2 6 の処理を繰り返し実行する。

20

【 0 0 4 6 】

そして、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x の測定が終了すると、コンピュータ 4 5 は、ステップ S 2 6 にて「Yes」と判定して、ステップ S 2 7 にて、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x を統括コンピュータ 6 0 へ出力して、ステップ S 2 8 にて幅測定プログラムの実行を終了する。この場合、スタッドバンプ 2 3 の幅 D x の統括コンピュータ 6 0 への出力においては、半導体ウェハ 2 1 を表す情報と、スタッドバンプ 2 3 の幅 D x を測定順に出力する。統括コンピュータ 6 0 は、この出力された半導体ウェハ 2 1 を表す情報と、スタッドバンプ 2 3 の測定順の幅 D x を記憶する。この場合も、半導体ウェハ 2 1 上の半導体チップ 2 1 a 及び半導体チップ 2 1 a 上のスタッドバンプ 2 3 の配置に関しては予め分かっているので、半導体ウェハ 2 1 上のスタッドバンプ 2 3 を特定することができる。これにより、半導体ウェハ 2 1 の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅 D x が半導体ウェハ 2 1 を特定するための情報と共に統括コンピュータ 6 0 内に記憶される。そして、搬送装置 5 0 によって新たな半導体ウェハ 2 1 が X Y ステージ 4 1 に搬送されるごとに、この幅測定プログラムを実行することにより、異なる半導体ウェハ 2 1 の全てのスタッドバンプ 2 3 の幅が順次測定されることになる。

30

40

【 0 0 4 7 】

次に、スタッドバンプ 2 3 の高さ補正について説明する。統括コンピュータ 6 0 は、図 6 のステップ S 3 0 にて高さ補正プログラムの実行を開始し、ステップ S 3 1 にて、次のスタッドバンプ 2 3 に関する高さ H x1, H x2 及び幅 D x を読出す。この場合、前述の図 4 の高さ測定プログラム及び図 5 の幅測定プログラムの実行時に、統括コンピュータ 6 0 には、半導体ウェハ 2 1 を表す情報と、同情報によって表された半導体ウェハ 2 1 の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H x1, H x2 及び幅 D x が記憶されている。したがって、次のスタッドバンプ 2 3 に関する高さ H x1, H x2 及び幅 D x の読出しにおいては、同一の半導体ウェハ 2 1 の同スタッドバンプ 2 3 に関する高さ H x1, H x2 及び幅 D x を順次読出すことができる。

50

【 0 0 4 8 】

前記ステップ S 3 1 の処理後、統括コンピュータ 6 0 は、ステップ S 3 2 にて、前記読出した高さ H x1 , H x2 及び幅 D x を用いた下記数 7 の演算の実行により、スタッドバンプ 2 3 の補正した高さ H を計算する。

【 数 7 】

$$H = \sqrt{\left(\frac{Hx1 + Hx2}{2}\right)^2 - \left(\frac{Dx}{2}\right)^2}$$

【 0 0 4 9 】

10

この高さ H の補正演算について説明すると、スタッドバンプ 2 3 に関する高さ H x1 , H x2 は、図 1 2 に示すとともに前述したように、スタッドバンプ 2 3 の左右両側 (X Y ステージ 3 1 , 4 1 の移動方向) の傾斜部の長さである。そして、スタッドバンプ 2 3 の幅 D x は、スタッドバンプ 2 3 の台座部 2 3 a の左右方向 (X Y ステージ 3 1 , 4 1 の移動方向) の長さである。したがって、前記数 7 の演算により、スタッドバンプ 2 3 の実際の高さ H、すなわち補正された高さ H が計算される。

【 0 0 5 0 】

この補正高さ H の計算後、統括コンピュータ 6 0 は、ステップ S 3 3 にて、この補正高さ H と、予め決められたスタッドバンプ 2 3 の理想的な高さ H ref との差 H - H ref の絶対値 | H - H ref | を計算して、この絶対値 | H - H ref | が予め決められた許容値以内であるか否かを判定する。前記絶対値 | H - H ref | が許容値以内であれば、統括コンピュータ 6 0 は、ステップ S 3 3 にて「 Y e s 」と判定して、ステップ S 3 4 にてエラーフラグ E R R を “ 0 ” に設定する。一方、前記絶対値 | H - H ref | が許容値以内でなければ、統括コンピュータ 6 0 は、ステップ S 3 3 にて「 N o 」と判定して、ステップ S 3 5 にてエラーフラグ E R R を “ 1 ” に設定する。これらのステップ S 3 4 , S 3 5 の処理後、統括コンピュータ 6 0 は、ステップ S 3 6 にて、前記計算した補正高さ H 及び判定結果であるエラーフラグ E R R の値を、半導体ウェハ 2 1 を表す情報及びスタッドバンプ 2 3 を特定する情報と共にメモリ装置内に記憶する。

20

【 0 0 5 1 】

そして、前記ステップ S 3 6 の処理後、統括コンピュータ 6 0 は、半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H に関する補正及び判定を終了したか否かを判定する。全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H に関する補正及び判定が終了していなければ、統括コンピュータ 6 0 は、ステップ S 3 7 にて「 N o 」と判定して、ステップ S 3 1 に戻り、前述したステップ S 3 1 ~ S 3 6 からなるスタッドバンプ 2 3 の高さ H に関する補正及び判定の処理を繰り返す。これにより、1つの半導体ウェハ 2 1 内の全てのスタッドバンプ 2 3 の高さ H に関する補正及び判定が終了すると、統括コンピュータ 6 0 は、ステップ S 3 7 にて「 Y e s 」と判定して、ステップ S 3 8 にてこの高さ補正プログラムの実行を終了する。そして、この高さ補正プログラムの実行を順次行うことにより、異なる半導体ウェハ 2 1 のスタッドバンプ 2 3 の高さ補正及び判定を順次行うことができる。

30

【 0 0 5 2 】

40

上記実施形態によれば、面照射装置 3 3 によって半導体ウェハ 2 1 の上面が照射されると、半導体ウェハ 2 1 の複数の半導体チップ 2 1 a (電極 2 2) の上面からの反射光はあらゆる方向に散乱して、その一部は撮像装置 3 4 , 3 5 に入射する。一方、スタッドバンプ 2 3 の表面は鏡面であるので、面照射装置 3 3 によって照射された光によるスタッドバンプ 2 3 からの反射光は特定の方向にしか進行せず、撮像装置 3 4 , 3 5 にはほとんど入射しない。特に、スタッドバンプ 2 3 の頭頂部 2 3 b は尖っているので、スタッドバンプ 2 3 の頭頂部 2 3 b からの反射光は全くと言ってよいほど撮像装置 3 4 , 3 5 には入射しない。したがって、スタッドバンプ 2 3 を除く半導体チップ 2 1 a (電極 2 2) の表面で反射される光のうちで、スタッドバンプ 2 3 によって遮られた結果としての像 (すなわち尖端バンプの影に相当) が撮像装置 3 4 , 3 5 によって撮像されることになる。

50

【0053】

そして、コンピュータ36が、高さ測定プログラムを実行して、撮像装置34, 35によって撮像された画像に基づいてスタッドバンプ23の底から先端までの長さ H_{y1} , H_{y2} を検出して、前記検出した長さ H_{y1} , H_{y2} と、撮像装置34, 35の光軸が半導体ウェハ21(半導体チップ21a及び電極22)の上面となす角度 θ とを用いた上記数1, 2の演算の実行によってスタッドバンプ23の高さ H_{x1} , H_{x2} を計算するので、スタッドバンプ23の高さ H_{x1} , H_{x2} が検出される。これにより、上記実施形態によれば、比較的簡単な構成で、スタッドバンプ23の高さを測定でき、スタッドバンプ23の検査をその高さをも含めて行うことができる。

【0054】

また、上記実施形態においては、同軸照射装置44によって半導体ウェハ21(半導体チップ21a)が上方から照射され、撮像装置43がスタッドバンプ23を含む半導体チップ21aの上面を撮像する。そして、コンピュータ45が、幅測定プログラムの実行により、撮像装置43によって撮像された画像に基づいて、撮像装置34, 35を結ぶ方向のスタッドバンプ23の幅 D_x を検出する。さらに、前記スタッドバンプ23の高さ H_{x1} , H_{x2} 及び幅 D_x はそれぞれコンピュータ36, 45から統括コンピュータ60に出力される。そして、統括コンピュータ60は、高さ補正プログラムを実行して、上記数7の幅 D_x を用いた補正演算によって高さ H_{x1} , H_{x2} を補正する。その結果、撮像装置34, 35を結ぶ方向の両側のスタッドバンプ23の幅がある程度大きくても、高さ H_{x1} , H_{x2} の誤差を小さくすることができ、スタッドバンプ23の高さ H をさらに精度よく検出できるようになる。

【0055】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明の実施にあたっては、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を逸脱しない限りにおいて種々の変形も可能である。

【0056】

上記実施形態においては、撮像装置34, 35, 43のカメラ部34a, 35a, 43aの撮像素子を1列に複数のCCDを配置したラインセンサで構成した。しかし、このラインセンサに代えて、複数のCCDをマトリクス状に配置したエリアセンサを用いるようにしてもよい。この場合、図4の高さ測定プログラムのステップS11及び図5の幅測定プログラムのステップS21のXYステージ31, 41の移動においては、エリアセンサに半導体チップ21aの部分を撮像するごとに、撮像した部分の長さに対応した長さだけXYステージ31, 41をそれぞれ移動させるとよい。

【0057】

また、上記実施形態においては、第1測定装置30によってスタッドバンプ23の高さ H_{x1} , H_{x2} を測定し、第2測定装置40によってスタッドバンプ23の幅 D_x を測定し、統括コンピュータ60によって前記幅 D_x を用いて前記高さ H_{x1} , H_{x2} を補正してスタッドバンプ23の高さ H を検出するようにした。しかし、これに代えて、第2測定装置40によるスタッドバンプ23の幅 D_x の測定を省略するとともに、統括コンピュータ60による高さ H_{x1} , H_{x2} の補正を省略して、第1測定装置30によって測定したスタッドバンプ23の高さ H_{x1} , H_{x2} の平均値 $(H_{x1} + H_{x2}) / 2$ をスタッドバンプ23の高さ H として計算するようにしてもよい。これによれば、幅 D_x の大きなスタッドバンプ23の高さ H における誤差はある程度大きくなるが、幅 D_x がそれほど大きくなければ、それほど大きな誤差とならず、スタッドバンプ23の検査においてこの誤差を許容できる場合もある。また、スタッドバンプ23の2つの高さ H_{x1} , H_{x2} のうちで理想的な高さから離れた側の1つの高さを選択して、スタッドバンプ23の高さの検査が厳格に行われるようにしてもよい。

【0058】

さらに、第1測定装置30によるスタッドバンプ23の2つの高さ H_{x1} , H_{x2} の測定を1つだけの高さの測定にすることも可能である。この場合、第1測定装置30における一

10

20

30

40

50

対の撮像装置 3 4 , 3 5 の一方を省略して、1つの撮像装置によりスタッドパンプ 2 3 の高さ H_{y1} (又は H_{y2}) を測定し、コンピュータ 3 6 の高さ測定プログラムの実行によって前記測定した高さ H_{y1} (又は H_{y2}) をスタッドパンプ 2 3 の実際の高さ H_{x1} (又は H_{x2}) に変換すればよい。この場合も、前記と同様に誤差は生ずるが、スタッドパンプ 2 3 の形状が X Y ステージ 2 1 の移動方向においてほぼ対称であれば、前記幅 D_x による補正を省略した場合と同様なスタッドパンプ 2 3 の高さ H を得ることができ、スタッドパンプ 2 3 の検査において前記誤差を許容できる場合もある。

【 0 0 5 9 】

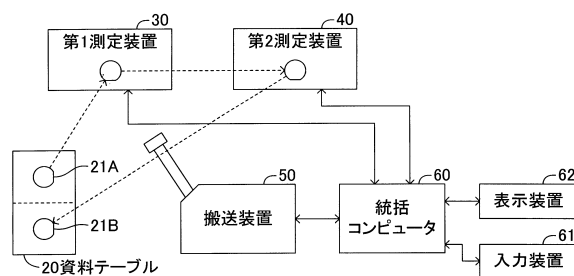
また、上記実施形態においては、スタッドパンプ 2 3 の高さを測定する高さ測定装置について説明した。しかし、上記実施形態の高さ測定装置を用いて、金粒子を吹き付けて形成する円錐パンプ、三角錐パンプなどの高さを測定することもできる。すなわち、スタッドパンプ、円錐パンプ及び三角錐パンプを含む先端の細い尖端パンプは、通常金などの表面を鏡面とするとともに細い先端部分を有する点で共通しており、この共通点を利用して、スタッドパンプ、円錐パンプ、三角錐パンプなどの尖端パンプの高さを測定することができる。

【 符号の説明 】

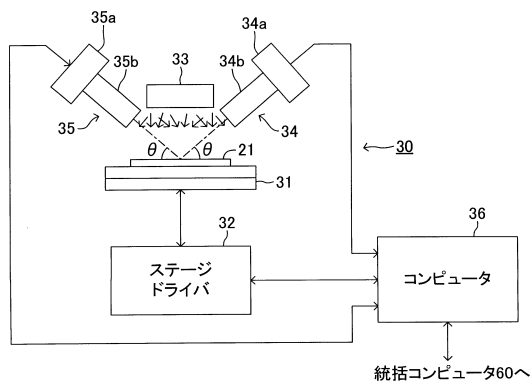
【 0 0 6 0 】

2 0 ... 資料テーブル、2 1 , 2 1 A , 2 1 B ... 半導体ウェハ、2 1 a ... 半導体チップ、2 2 ... 電極、2 3 ... スタッドパンプ、3 0 ... 第 1 測定装置、3 1 ... X Y ステージ、3 3 ... 面照射装置、3 4 , 3 5 ... 撮像装置、3 4 a , 3 5 a ... カメラ部、3 4 b , 3 5 b ... レンズ部、3 6 ... コンピュータ、4 0 ... 測定装置、4 1 ... X Y ステージ、4 3 ... 撮像装置、4 3 a ... カメラ部、4 3 b ... レンズ部、4 4 ... 同軸照射装置、4 5 ... コンピュータ、5 0 ... 搬送装置、6 0 ... 統括コンピュータ

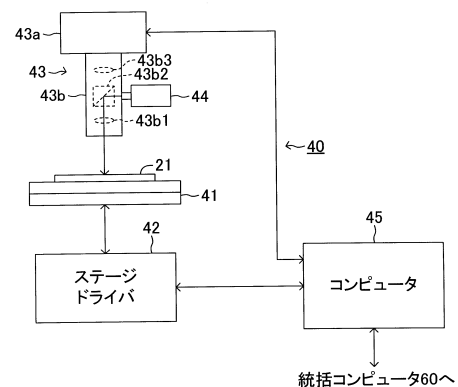
【 図 1 】



【 図 2 】



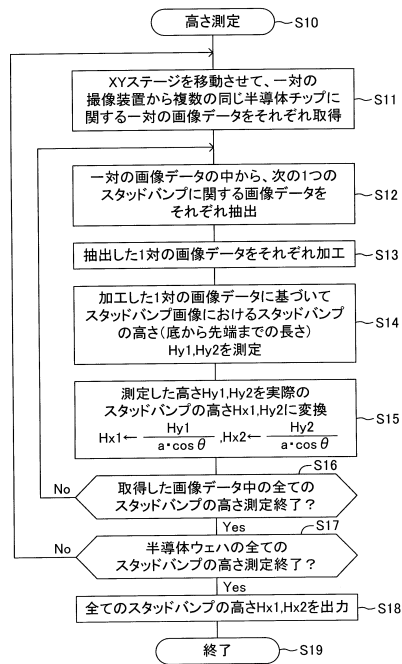
【 図 3 】



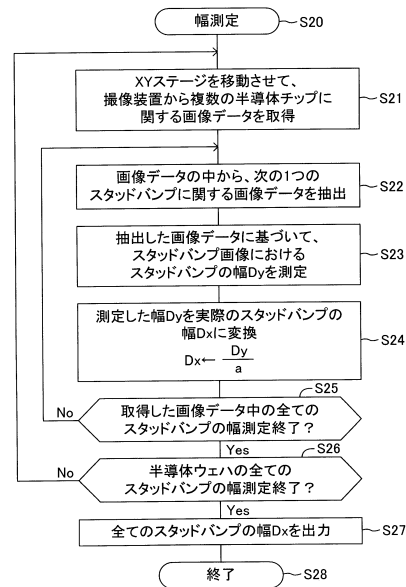
10

20

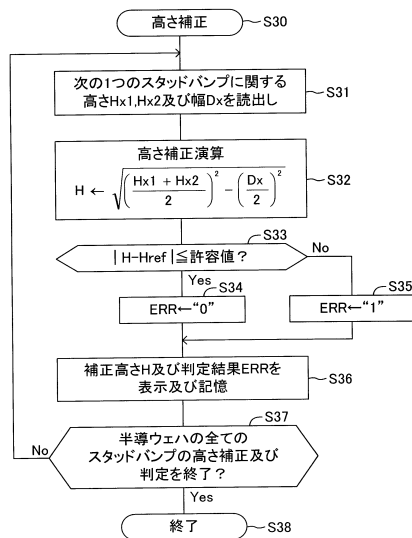
【図 4】



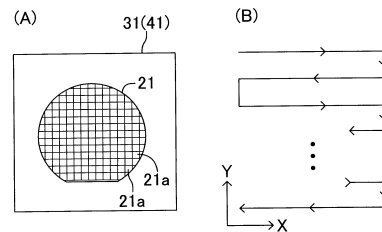
【図 5】



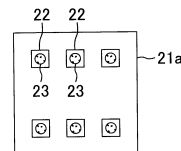
【図 6】



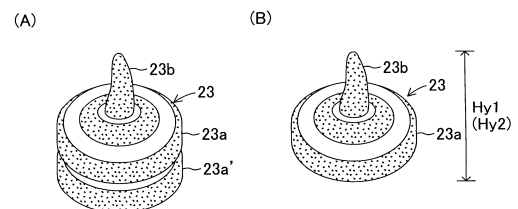
【図 7】



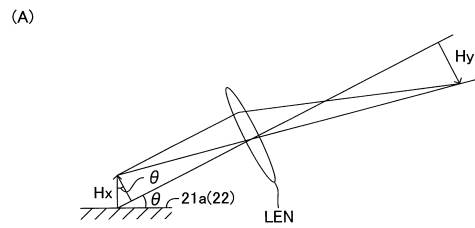
【図 8】



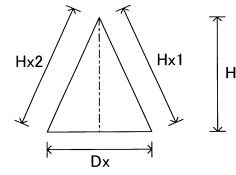
【図 9】



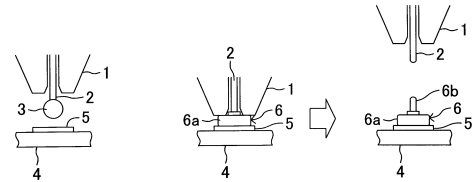
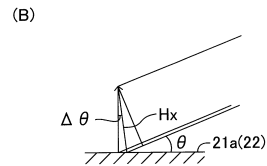
【図 10】



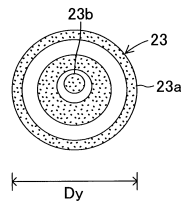
【図 12】



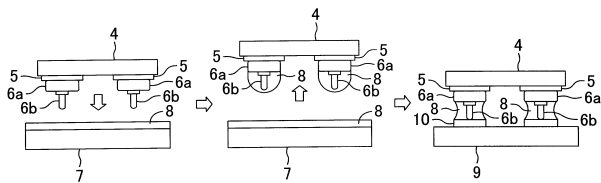
【図 13】



【図 11】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-070166(JP,A)
特開平02-276902(JP,A)
特表2007-536553(JP,A)
特開2005-181092(JP,A)
特開2002-237498(JP,A)
特開2001-298036(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B11/00-11/30

H01L21/60, 21/64-21/66