

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4413831号  
(P4413831)

(45) 発行日 平成22年2月10日(2010.2.10)

(24) 登録日 平成21年11月27日(2009.11.27)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 21/66 (2006.01) HO 1 L 21/66 J  
 GO 1 N 21/956 (2006.01) GO 1 N 21/956 A

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2005-233314 (P2005-233314)	(73) 特許権者	501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目24番14号
(22) 出願日	平成17年8月11日(2005.8.11)	(74) 代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔
(65) 公開番号	特開2007-49021 (P2007-49021A)	(72) 発明者	座間 一浩 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内
(43) 公開日	平成19年2月22日(2007.2.22)	(72) 発明者	蜂谷 昌幸 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内
審査請求日	平成19年6月1日(2007.6.1)	審査官	菅野 智子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェハ表面検査装置及びウェハ表面検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体ウェハを保持するテーブルと、  
 前記テーブルに保持された半導体ウェハにレーザ光を照射する光照射手段と、  
 前記レーザ光照射によって半導体ウェハから散乱された光を検出する光検出手段と、  
 前記テーブルを回転させるとともに前記光照射手段に対して直線的に移動させるテーブル駆動手段と、

前記光照射手段による半導体ウェハ上のレーザ光照射領域へ、前記半導体ウェハの異物の分解を抑制するために気体を吹き付ける気体吹き付け手段と、

を備えたことを特徴とするウェハ表面検査装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載のウェハ表面検査装置において、前記光照射手段と前記気体吹き付け手段を制御する制御部を有し、前記制御部は少なくとも前記光照射手段から光が照射されている間は前記気体吹き付け手段から気体が吹き付けられるように前記光照射手段と前記気体吹き付け手段を制御することを特徴とするウェハ表面検査装置。

【請求項3】

請求項1に記載のウェハ表面検査装置において、前記気体吹き付け手段は、前記レーザ光のエネルギー密度に応じて、前記気体の流量を制御する制御部を有することを特徴とするウェハ表面検査装置。

【請求項4】

20

請求項 1 に記載のウェハ表面検査装置において、前記気体吹き付け手段は、フィルタを有することを特徴とするウェハ検査装置。

【請求項 5】

半導体ウェハの表面検査方法において、  
前記半導体ウェハにレーザ光を照射し、  
前記半導体ウェハのレーザ照射位置に気体を吹き付け、  
前記気体を吹き付けることで、前記半導体ウェハの異物の分解を抑制し、  
前記半導体ウェハを検査することを特徴とする半導体ウェハの表面検査方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の半導体ウェハの表面検査方法において、  
少なくとも前記半導体ウェハ表面に前記レーザ光を照射している間は、前記半導体ウェハ表面のレーザ光照射領域に前記気体を吹き付けることを特徴とするウェハ表面検査方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイスの製造工程で半導体ウェハ表面の異物や欠陥等を検査するウェハ表面検査装置及びウェハ表面検査方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの製造工程では、ベアウェハにパターンを転写し、エッチングで削ることによって回路を形成してゆく。回路を形成していく様々な半導体デバイスの製造工程において、ウェハ表面に付着した異物や欠陥などは歩留まりを低下させる大きな要因となっている。ウェハ表面に付着した異物や欠陥は各製造工程において管理されており、ベアウェハ表面に付着している異物やウェハ表面に存在する欠陥などを高感度、及び、高スループットで検出するのが、ウェハ表面検査装置である。

20

【0003】

ウェハ上の異物、欠陥を検査する方法は、電子ビーム等の荷電粒子線を用いる方法と、光を用いる方法とに大別され、光を用いる方法はカメラを用いてウェハ表面の画像を撮影し、画像情報を解析するものと、ウェハ表面で散乱された光を光電子増倍管のような受光素子で検出し、光の散乱の程度を解析するものがある。例えば、レーザ光をウェハ上に照射する方式の表面検査装置は、レーザ光照射によって異物から発生する散乱光を検出器で検出し、AD変換を行い、座標データとして出力する。検査の高スループット化のため、ワーク(ウェハ)を搭載した検査テーブルを高速で回転させ、一軸方向に水平に検査テーブルを搭載したステージを走査させる。このような方式の表面検査装置として、例えば特許文献1記載のものが知られている。

30

【0004】

【特許文献1】特開昭55-102233号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

ウェハ表面にレーザ光を照射して異物や欠陥からの散乱光を検出する方法では、レーザの照射エネルギー密度を大きくすると検出感度が向上する。しかし、異物が分解しやすい有機物からなる場合には、レーザ照射の熱により異物が分解(破壊)し、分解した異物が周囲に飛散してウェハ表面に付着しウェハを汚染する可能性があることが分かってきた。従来の検査装置に採用されていたレーザは低出力のものであり、レーザ光による異物破壊現象は起きていなかったが、異物検出の高感度化に伴い高出力のレーザが搭載されるようになってきた。そのため、レーザ照射による異物破壊現象が表面化するようになった。また、ウェハ表面検査装置では、前述のように測定ワーク(ウェハ)を回転させた状態で検査を行っているために、破壊された異物は周囲に飛散し、広範囲にわたって螺旋状にウェハ

50

表面に付着し、ウェハを汚染する。

【0006】

ウェハ表面検査装置では高い清浄度と高精度な異物の座標再現性が必要とされるが、異物破壊に起因するウェハ汚染によってこれらの性能が低下してしまう。この課題に対しては、レーザの照射エネルギー密度を小さくすることで異物破壊を回避することができるが、検出感度を低下させてしまう。そのため、検出感度を低下させずにレーザに起因する異物破壊を回避する方法が必要となる。

【0007】

本発明の目的は、高感度であり、かつ清浄度や異物の座標再現性などの点で装置の性能低下がないウェハ表面検査装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

異物がレーザ光の照射により分解（破壊）されるのは、レーザ光の照射により、異物の温度が上昇するからと考えられる。従って、ウェハ上のレーザ照射位置に冷却気体を吹き付けることにより、異物の温度上昇を防いで、異物の分解を抑制することができる。冷却気体の吹き付け条件はレーザ照射点のエネルギー密度に依存する。すなわち、エネルギー密度が大きい場合は、冷却気体の流速、流量を大きくすることで異物の放熱量を大きくする必要はある。

【0009】

特許文献1には、ウェハ上に異物があることが検知された場合は異物を吹き飛ばすように空気を吹き付けることが記載されている。しかし、通常、異物はかなり強固にウェハ上に固着しており、空気を吹き付けた程度では吹き飛ばされない。逆に、異物を吹き飛ばすと、汚染の範囲が広がってしまうという問題がある。本発明では、異物が吹き飛ばされない範囲の流量・流速で、異物を冷却できる程度の清浄度の高い気体を吹き付ける。また、特許文献1では分析前、すなわち光の照射前に空気を吹き付けて異物を吹き飛ばすのに対し、本発明ではレーザ光が照射されている異物を冷却するために、レーザ光の照射と同時に冷却気体をレーザの照射位置に対して吹き付ける。

20

【0010】

すなわち、本発明によるウェハ表面検査装置は、半導体ウェハを保持するテーブルと、テーブルに保持された半導体ウェハの表面の微小領域にレーザ光を照射する光照射手段と、レーザ光照射によって半導体ウェハから散乱された光を検出する光検出手段と、テーブルを回転させるとともに光照射手段に対して直線的に移動させるテーブル駆動手段と、光照射手段による半導体ウェハ上のレーザ光照射領域に気体を吹き付ける気体吹き付け手段とを備え、光照射手段と気体吹き付け手段を制御する制御部を有し、制御部によって、少なくとも光照射手段から光が照射されている間は気体吹き付け手段から気体が吹き付けられるように光照射手段と気体吹き付け手段を制御するのが好ましい。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、ウェハに対するレーザ照射と気体の吹き付けを同時に、かつ同じ場所に行うため、異物を破壊しない限界の照射レーザのエネルギー密度を従来よりも大きくすることができる。そのため、検出感度を低下させずに、異物を破壊することなく検査を行うことができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0013】

図1は、気体の吹き付け手段を組み込んだ本発明の異物検査装置の概略構成を示す図である。

【0014】

検査テーブル6上には、検査すべき半導体ウェハ5が搭載され、クランプされている。

50

走査ステージ 8 は、検査テーブル 6 が取付けられたスピンドル 7 を搭載し、一軸方向に水平に移動する。また、スピンドル 7 は 方向に高速で回転を行い、同時に走査ステージ 8 が走査方向へ移動する。検出系 2 及びレーザー照射位置 10 は動かず、レーザー照射位置に対して半導体ウェハ 5 が相対的に移動する。

**【 0 0 1 5 】**

レーザー光源 20 から照射されたレーザー光 11 はミラー 4 で反射し、投光部 3 を通過した後、半導体ウェハ 5 の表面のレーザー照射位置 10 へ照射される。レーザー照射位置 10 は固定であり、半導体ウェハ 5 が走査方向に相対的に移動し、 方向に高速で回転を行うことによって半導体ウェハ 5 の表面全体の異物検出を行う。レーザー照射位置 10 へレーザー光 11 が照射されると、異物や欠陥から散乱光が発生し、その散乱光を検出系 2 で検出する。半導体ウェハ 5 のレーザー照射位置 10 には、気体吹き付けユニット 1 から清浄度の高い気体 9 が、少なくともレーザー光 11 が照射されている間は連続して吹き付けられる。

10

**【 0 0 1 6 】**

図 1 の例では、レーザー照射位置 10 への気体吹き付けユニット 1 からの気体吹き付け方向を、レーザー光の照射方向と逆方向としている。ただし、気体吹き付け方向はレーザーの照射方向に対して任意の方向とした場合でも同様の効果が得られる。冷却気体としては、ドライエアや窒素ガスを用いることができる。

**【 0 0 1 7 】**

レーザー光源 20 及び気体吹き付けユニット 1 は、制御演算部 21 により制御されている。検出系 2 の出力は、AD変換されて、制御演算部 21 に入力される。また、スピンドル 7 の回転角データ、走査ステージ 8 の位置データも制御演算部 21 に入力される。制御演算部 21 では、検出系 2 の出力が予め定められた閾値を超えたとき、スピンドル 7 の回転角データと走査ステージ 8 の位置データからウェハ上の座標を求め、欠陥座標データとして記憶する。

20

**【 0 0 1 8 】**

図 2 は、気体吹き付けユニット 1 の空気回路を示す概略図である。図に示すように、流入された気体 17 はバルブ 12 を通過し、流量を計測するためのパージメータ 13 を通過する。その後、気体はスピードコントローラ 16 でウェハを汚染させない程度の流量に調節され、1次フィルタ 14、及び2次フィルタ 15 を通過した後、吹き付け気体 18 となり半導体ウェハ 5 の表面に吹き付けられる。吹き付け気体 18 は、1次フィルタ 14 及び2次フィルタ 15 によって、気体の中の異物を除去し、清浄度の高い気体となって吹き付けられる。

30

**【 0 0 1 9 】**

図 3 ( a ) は、スパイラル状の汚染が発生している状態のウェハのマップ ( 異物の分布 ) を表す ( 検出感度 : 40 [ nm ] 以上 ) 。気体の吹き付けを行わない従来の方式で検査を行ったことにより、ウェハに付着している異物がレーザーの照射により破壊され、周囲に飛散し、ウェハに対して帯状に付着した状態を示している。内側から外側に向かってスパイラル状に異物が分布しているのは、ウェハを回転しながら検査を行っているために、空気の粘性によって検査中のウェハの表面に内側から外側へ生じる空気の流れによって飛散した異物が外側へ移動しようとするためである。

40

**【 0 0 2 0 】**

図 3 ( b ) はスパイラル状の汚染が発生していない状態のウェハのマップを表している ( 検出感度 : 40 [ nm ] 以上 ) 。図 3 の ( a ) と全く同じ条件で検査を行っており、唯一異なるのはウェハ上のレーザー照射領域に気体の吹き付けを行っているという点である。気体吹き付けの効果により、図 3 ( a ) のようなスパイラル状の汚染が発生していない。なお、検査の順番は、( 1 ) イニシャル状態の検査を行う、( 2 ) 異物を付着させる、( 3 ) 図 3 ( b ) の測定を行う、( 4 ) 図 3 ( a ) の測定を行う、である。つまり、図 3 は、気体吹き付けの効果があることを確認してから、気体吹き付けがない状態で異物が破壊されることを確認した図である。

**【 0 0 2 1 】**

50

図4に、実験によって求めたレーザ出力と異物破壊抑制効果のある気体吹き付け流量との関係を示す。

【0022】

実験条件は、以下の通りである。

- (1) レーザ波長：532 [nm]
- (2) レーザスポット径：50 [μm] × 10 [μm] の楕円形状
- (3) スピンドル回転数：1500 [rpm]
- (4) ステージ送りピッチ：20 [μm]
- (5) 異物検出感度：40 [nm]
- (6) 気体（空気）吹き付けノズルの内径：2.5 [mm]
- (7) 評価ウェハ：300 [mm] ベアウェハ
- (8) 空気吹き付け角度（仰角）：23°

10

【0023】

実験方法は、以下の通りである。

- (1) イニシャル状態のウェハの測定を行う。
- (2) ウェハ表面に破壊されやすい異物（例：有機物）を積極的に付着させる。
- (3) レーザ照射部に空気吹き付けを行った状態で測定を行う。
- (4) レーザ照射部に空気吹き付けを行わない状態で測定を行う。
- (5) (3) でスパイラル状の汚染が発生せず、(4) でスパイラル状の汚染が発生した場合は、空気吹き付け効果があると判断し、○とする。
- (6) (3) でスパイラル状の汚染が発生した場合は、空気吹き付け効果がないと判断し、×とする。
- (7) (3) と(4) 両方ともスパイラル状の汚染が発生しない場合は異物の付着が不十分であったと判断し、再度異物を付着し、(3) と(4) の測定を行う。
- (8) (2) ~ (7) の評価を、空気吹き付け流量 [l/min] とレーザ出力 [mW] をパラメータとして行う。

20

【0024】

空気吹き付け効果の判定方法は、次の通りである。異物を付着する前のイニシャル状態と測定後の状態を比較して、図3(a)に示すようなスパイラル状の汚染、あるいは異物の破壊の痕跡がある場合には、空気吹き付けの効果がないと判定する。反対に、イニシャル状態と比較して、スパイラル状の汚染がない場合は空気吹き付けの効果があると判定する。

30

【0025】

空気吹き付けを行った場合、異物が破壊される×の領域においても汚染の範囲が縮小される効果があることが確認されている。これは空気吹き付けにより、検査中におけるウェハ表面の空気の流れが乱され、ウェハに付着しにくくなるためであると考えられる。

【0026】

図4から、レーザ出力の増大とともに、異物破壊抑制効果のある気体吹き付け流量は増加することが分かる。また、上記実験条件の下では、吹き付ける気体の流量が約15 [l/min] 以上で異物防止効果が得られ、30 [l/min] 以下の流量であれば、破壊付着異物を拭き飛ばすことがないため、異物再現性の性能を低下させない。

40

【0027】

以上述べたように、本発明によれば、清浄度の高い気体で吹き付けを行うために、従来の清浄度を維持したままウェハを検査することができる。また、付着異物を吹き飛ばさないため、従来の異物再現性の性能を維持することができる。また、本発明によれば、異物を破壊しない限界のレーザのエネルギー密度を大きくすることができ、仮に異物を破壊しない限界のレーザのエネルギー密度を超えてレーザ光を照射した場合でも、破壊された異物の飛散の範囲を従来よりも小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

50

【図1】本発明によるウェハ表面検査装置の概略構成を示す図。

【図2】エアプロウユニットの構成図（配管系統図）。

【図3】（a）は従来の検査方法であり、螺旋状の汚染が発生していることを示す図、（b）は本発明による方法によって検査を行った結果を示す図。

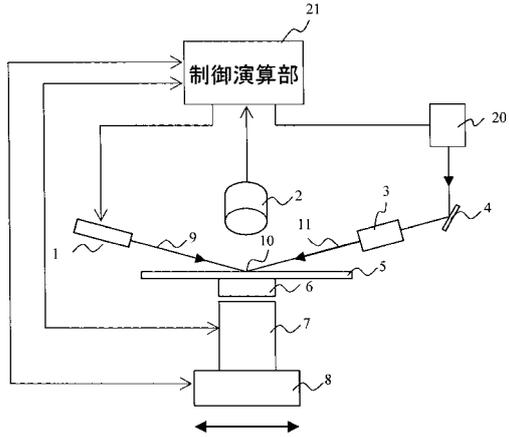
【図4】レーザー出力と異物破壊抑制効果のある気体吹き付け流量との関係を示す図。

【符号の説明】

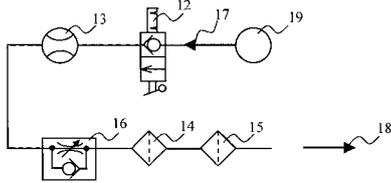
【0029】

1	気体吹き付けユニット	
2	検出系	
3	レーザー投光部	10
4	ミラー	
5	半導体ウェハ	
6	検査テーブル	
7	スピンドル	
8	走査ステージ	
9	気体	
10	レーザー照射位置	
11	レーザー光	
12	バルブ	
13	パーシメータ（流量計）	20
14	1次フィルタ	
15	2次フィルタ	
16	スピードコントローラ	
17	流入された気体	
18	吹き付け気体	
19	コンプレッサ	
20	レーザー光源	
21	制御演算部	

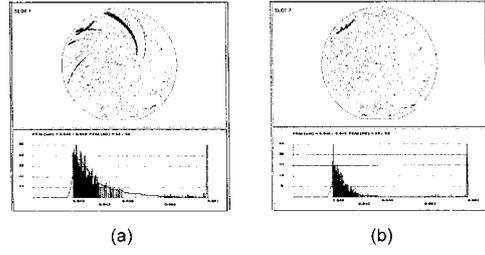
【図1】



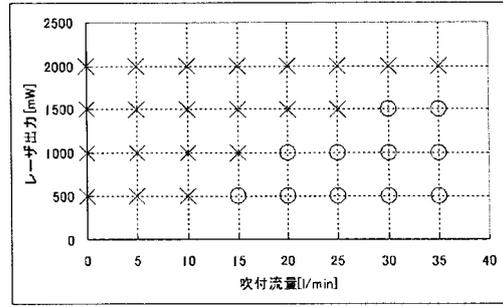
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭62-011132(JP,A)  
特開平03-087638(JP,A)  
特開2000-111469(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/66  
G01N 21/956