

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5111721号
(P5111721)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int. Cl. F I
 GO 2 B 21/00 (2006.01) GO 2 B 21/00
 GO 1 N 21/956 (2006.01) GO 1 N 21/956 A

請求項の数 3 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-566881 (P2003-566881)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成15年2月5日(2003.2.5)</p> <p>(65) 公表番号 特表2005-517217 (P2005-517217A)</p> <p>(43) 公表日 平成17年6月9日(2005.6.9)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2003/003585</p> <p>(87) 国際公開番号 W02003/067632</p> <p>(87) 国際公開日 平成15年8月14日(2003.8.14)</p> <p>審査請求日 平成18年2月3日(2006.2.3)</p> <p>(31) 優先権主張番号 10/072,469</p> <p>(32) 優先日 平成14年2月6日(2002.2.6)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 500049141 ケーエルエーテンカー コーポレイション アメリカ合衆国、95035、カリフォルニア州、ミルピタス、ワン テクノロジイ ドライブ</p> <p>(74) 代理人 110000028 特許業務法人明成国際特許事務所</p> <p>(72) 発明者 ランゲ・スティーブン・アール。 アメリカ合衆国 カリフォルニア州94507 アラモ, インクライン・グリーン・レーン, 51</p> <p>審査官 原田 英信</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) 【発明の名称】 複数検出器顕微鏡検査システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料を検査する顕微鏡検査装置であって、
 少なくとも40倍の倍率および前記試料の近傍に配置されている第1の側を有する対物レンズを備え、検査装置のスキャン方向と平行である第1軸と、前記第1軸と直交する第2軸とを有する2軸座標系と対応付けられている視野を有する、レンズ部であって、前記試料における離間した場所からの光を導き、放射される光をスプリットポイントにおいて完全に交差させると共に完全に2以上の個別の光束に分ける、レンズ部、
 前記レンズ部の放射側に配置され、前記光束を規定する出口瞳、
 前記視野から光を受け取るように前記スプリットポイントを越えて配置されている2以上の検出器アレイであって、各前記検出器アレイは各個別の光束の内の一の光束のみを受け取り、前記複数の検出器アレイは前記第1軸方向の配置位置は問わず、前記第2軸方向の全ての位置に互いに物理的に離間して配置されており、
 前記対物レンズおよび前記検出器アレイの間において、前記スプリットポイントを挟んで前記対物レンズとは反対側に配置される反射要素であって、前記反射要素は、前記光束のうちの少なくとも1つを前記検出器アレイのうちの1つに向けて導くように構成される反射要素
 を備える顕微鏡検査装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の顕微鏡検査装置であって、前記対物レンズが少なくとも約 0.43 の

開口数を有するよう構成される顕微鏡検査装置。

【請求項3】

請求項1に記載の顕微鏡検査装置であって、前記対物レンズは反射屈折レンズである顕微鏡検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広くは顕微鏡検査システムに関し、より具体的には複数の検出器アレイを利用する顕微鏡検査システムに関する。

【背景技術】

10

【0002】

半導体製造は、回路を半導体材料に集積する高度に複雑な技術を伴う。処理ステップの多さと半導体デバイスの小さくなっていくサイズのために、半導体製造プロセスは、デバイスの歩留まりを下げる処理欠陥を生じがちである。欠陥を検出し、処理ステップからのこれら処理欠陥をなくすために用いられる検査プロシージャは、したがって、高い歩留まりの製造プロセスを維持するために非常に重要である。検査プロシージャは、製造プロセスの中で必須かつ重要な部分であるので、半導体産業は、正確かつ効率的な検査法を常に探している。

【0003】

現在、典型的な顕微鏡検査システムは、単一の検出器アレイを用いて半導体ウェーハを検査する。検出器アレイは、さまざまなセンサ要素（ピクセル）密度を含みえる。例えば、2048×512ピクセルのアレイを有する検出器アレイが利用可能である。ウェーハを検査するために、検出器アレイは、典型的には、高拡大率でパターン付きウェーハの表面にわたってラスタスキャンされる。残念ながら、ウェーハをライン毎にスキャンすることは時間がかかり、特にウェーハ上で検出器アレイの相対的方向を変えるのに必要な時間が考慮されるときはそうである。典型的には、ウェーハは、x、yステージに固定され、顕微鏡下で駆動される。ウェーハにわたってのストライプ状スキャン（swath）のあいだ、ステージは、一定速度へと加速し、パターン付き表面が検査されるようストライプ状にスキャンし、停止まで減速し、横切る方向における視野1つ分、上に移動し、再び新たなストライプ状スキャンのために一定速度へ加速しなければならない。パターン付き表面の非ストライプ状スキャンのオーバーヘッドは、全ウェーハ検査時間のうちのかなりの部分になりえる。例えば、20μmサイズのピクセルで2048の検出器要素を持つ100倍の拡大率は、0.41mmのスキャン幅を生み、標準の300mm直径の半導体ウェーハをカバーするためには732スワス（swath）を必要とする。もしそれぞれのスワスのオーバーヘッドが1秒だとすると、検査時間はそれぞれのウェーハについて12分も延びることになる。したがって、ウェーハの顕微鏡検査は、半導体製造のスループットを低下させる。ある可能な解決法は、より大きいサイズの検出器アレイを作り、それによってウェーハ上での検出器アレイのスキャンパスがより少ししか必要とされないようにすることである。残念ながら、より欠陥ピクセルのない大きい検出器アレイは製造するのが大変困難で、これは、物理的に大きいデバイスの歩留まりは小さいからである。他の可能な解決法は、より速い速度で現在の検出器を走らせることである。しかし、この戦略で現在の技術から大きな改善を得ることは難しく、それは、検出器は高速では大きなノイズを発生し、それによってS/N比を低下させるからである。これはまた、スキャンのオーバーヘッド時間を助けることにならない。

20

30

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

前述のことを鑑みれば、より高い製造スループットが得られる、より高速で動作できる顕微鏡検査システムが望ましい。

【課題を解決するための手段】

50

【0005】

本発明は、高スループットレートで試料を検査できる顕微鏡検査システムに関する。この検査システムは、1つより多い検出器アレイおよび大きい視野を利用して半導体ウェーハの表面をスキャンすることによって高スループットレートを達成する。顕微鏡検査システムは、また、高拡大能力、高開口数、および大きい視野を有する。1つより多い検出器アレイを用いることによって、半導体ウェーハ上のそれぞれのストライプ状スキャンのあいだウェーハのより大きい表面領域が検査されえ、それによりスワスオーバーヘッド時間を最小化し、システムをより効率的にできる。顕微鏡検査システムは、より大きい視野を有するよう構成されることによって、複数の検出器アレイが適切に利用されえる。さらに検出器アレイを検査システムの物理的制約の中で収めるために反射および/または屈折表面の特別構成が用いられる。

10

【0006】

本発明のある局面は、試料を検査する顕微鏡検査装置に関し、高倍率、高開口数、および大視野を有するよう構成される対物レンズであって、前記対物レンズの第1端は前記試料の近傍に配置される対物レンズと、実質的に前記顕微鏡検査装置の前記視野内に配置される検出器アレイとを含む。本発明の他の局面においては、対物レンズは反射屈折レンズである。本発明の他の局面においては、再結像レンズおよびズームレンズが対物レンズと共に用いられえる。本発明のさらに他の局面においては、反射要素が検査システムと共に利用されて光線のパスの向きが変えられ(re-direct)、それらが検出器アレイに届くようにする。

20

【0007】

本発明のこれらおよび他の特徴および効果は、より詳細に以下の本発明の明細書および添付図面において示され、これらは本発明の原理を例示により示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明は、そのさらなる効果と併せて、添付の図面と併せれば以下の説明を参照して最もよく理解されよう。

【0009】

本発明は、ここで添付の図面に示されるいくつかの好ましい実施形態を参照して説明される。以下の記載においては、本発明を完全に理解できるようにするため、多くの具体的な詳細が述べられる。しかし当業者には、本発明はこれら具体的な詳細の一部または全てがなくても実施可能であることは明らかだろう。あるいはよく知られた操作は、本発明の趣旨を不必要にぼかさないようにするために詳細には記載されていない。

30

【0010】

まず、本発明の概観が述べられる。本発明は、高スループットレートで動作可能な半導体検査システムに関する。一般に検査システムは、1つより多い検出器アレイ、および半導体ウェーハの表面をスキャンするためのより大きい視野(field of view)を利用することによってより高いスループットレートを達成する。1つより多い検出器アレイを用いることによって、半導体ウェーハのそれぞれのストライプ状スキャン(scanning swath)のあいだ、ウェーハのより広い領域が検査される。顕微鏡検査システムは、より大きい視野を持つよう構成されることで、複数の検出器アレイが適切に利用されえるようにする。さらに、検出器アレイを検査システムの物理的制約条件の中に収めるために反射および/または屈折表面の特別な構成が用いられる。代替の実施形態においては、この検査システムは、半導体ウェーハ以外の標本を検査するのに用いられえる。

40

【0011】

図1は、つぎに本発明のある実施形態のより詳細な理解を促すよう説明される。図1は、本発明のある実施形態による顕微鏡検査システム100中の光学要素レイアウトの概略図を示す。顕微鏡検査システム100は、レンズ部102および検出器部104を含む。長方形の点線のボックスは、レンズおよび検出器部102および104を示す。レンズ部またはスペース102は、本発明を実現するさまざまな組み合わせのレンズ群を含みえる

50

。検出器部 104 は、本発明を実現するさまざまな組み合わせの検出器アレイ群および反射デバイス群を含みえる。レンズ部 102 は、反射屈折対物レンズ 106、再結像レンズ (reimaging lens) 108、およびズームレンズ 110 を含む。レンズ 106、108 および 110 のそれぞれは、実際に個々のレンズの組み合わせから形成される。反射屈折対物レンズ 106 は、検査される試料 112 の近傍に配置される。反射屈折対物レンズ 106 は、複数の検出器アレイを収めることができる比較的大きい視野を有するよう構成されえる。試料は、微視的なレベルで検査される必要がある、さまざまな対象物でありえる。しかし、本発明は半導体ウェーハを検査するように適応されえる。

【0012】

顕微鏡検査システム 100 は、照射瞳 (illumination pupil) 105 を通して光をレンズ部 102 に導き入れることによって動作し、その後、ビームスプリッタ 107 は光をさまざまなレンズを通し、試料 112 へ向けて導く。試料 112 で跳ね返された後、光はさまざまなレンズを通して出口瞳 (exit pupil) 120 へ向けて戻る。光線は出口瞳 120 を通り、それからスプリットポイント (split point) 122 において、光線は別個の光束に分かれる。それからそれぞれの光束は、反射要素 118 によって検出器アレイ 116 へ向けて向きが変更される。本発明の代替の実施形態において、レンズは、互いに別個の 2 つの光束より多い光束にスプリットポイント 122 の後に分かれるように構成されえる。

10

【0013】

顕微鏡検査システムに用いられる光源は、広帯域アークランプ、連続波長レーザ、またはパルスレーザでありえ、これは周期的で高速バースト状の光を発生し、ここで検出は、視野に対してのウェーハの動きに同期が取られえる。

20

【0014】

本発明において 1 つより多い検出器を利用するために、顕微鏡検査システム 100 は、1 つより多い検出器アレイ 116 を収めるのに十分なだけ大きい。検査システム 100 の実施形態の中には、対象物においてほぼ 3 mm にも及ぶ直径の視野を作るレンズを用いるものもある。物理的、費用的制限に依存して、より大きい視野が作られえる。図 1 の実施形態においては、広いスペクトル範囲にわたるより大きい視野は、反射屈折対物レンズ 106 を再結像レンズ 108 と共に用いることによって得られている。後述のように、本発明を実現するのに必要とされる大きい視野を得るためにはレンズのさまざまな組み合わせが用いられえる。ズームレンズ 110 は、検査システム 100 の倍率を変化させるために用いられる。参考までに現在の半導体検査システムの視野は、拡大率に依存して 100 ~ 500 μm の範囲である。

30

【0015】

検査システム 100 の倍率に依存して、1 つの検出器アレイよりもっと多くの検出器アレイが典型的には視野内に設けられえる。一般に、検査システムの倍率が増すにつれて、より多くの検出器アレイが視野内に適合されえる。検査システムは、さまざまな検出器アレイを用いえ、そのうちの一つは時間遅延積分 (TDI) CCD 検出器である。典型的には、標準 TDI CCD 検出器アレイは、ピクセルの 2048 x 512 アレイを有し、ここでそれぞれのピクセルはほぼ 0.020 mm の大きさである。検査システムのスループットは、対象物におけるそれぞれのピクセルの拡大されたサイズによって影響を受ける。例えば、もし光学系の最大視野が対象物において 1.6 mm であるなら、25 倍の倍率においては 1 つの検出器アレイが視野を埋めるだろう。しかし倍率が 50 倍に増すと、2 つの検出器アレイが使用されえ、150 倍だと 6 つの検出器アレイが使用されえ、300 倍だと 12 個の検出器アレイが使用されえ、などとなる。300 mm 直径のウェーハをスキャンするのにかかる時間を決定するために、まずウェーハ上のピクセル要素の数を計算し、検出器 (群) のデータレートによって除算できる。例えば、300 mm 直径ウェーハは、 $\sim 4 \times 10^{12}$ ピクセル ($[300/2]^2 * \pi / [0.000133]^2 = 4 \times 10^{12}$) を 150 倍の倍率において持つことになる (縮小されたピクセルのサイズ 0.02mm/150X=0.000133mm)。もし検出器からのデータレートが毎秒 500,000,000 ピクセルだったなら、小さい視野

40

50

(0.27 mm)を有する典型的なウェーハ検査システムのためのデータを処理するために約8000秒(133分)($4 \times 10^{12} / 5 \times 10^8 = 8 \times 10^3$)かかることになる。もし視野が6つの検出器アレイ(1.64 mm)を収めることができるなら、データ処理時間は、1325秒(22分)に短縮できる。スワスオーバーヘッド時間は、1検出器アレイ検査の場合の1099スワス(300 mmウェーハ直径 / (2048ピクセル * 0.000133 mm / ピクセル))から、6検出器アレイ検査システムの場合のわずかに183スワスに至るまで低減される。視野にフィットするためには、検出器アレイが正確に整数個だけ必要でないことに注意されたい。検出器アレイは、カラムを基準に読み出されるので、視野に収まるカラムだけを選択することができる。それぞれのピクセルの大きさが小さくなるにつれ、集められる情報の解像度および量は増し、それによって検査システムのスルー

10

【0016】

本発明によって用いられる対物レンズは、さまざまなタイプのレンズでありえる。2つのタイプの対物レンズは、反射および屈折レンズ表面の組み合わせを含む反射屈折対物レンズ、および屈折レンズだけを含むリソグラフィックレンズ(lithographic lenses)である。屈折レンズにおいて2つ以上のガラスのタイプを持つ反射屈折対物レンズは、光の波長の大きいスペクトラムの中で動作しえる。反射屈折対物レンズは、それ自体、ほぼ1.5 mm以上にも及ぶ視野を作りえる。他のレンズ、例えば図1のレンズ108および1

20

【0017】

再結像レンズ108は、システム瞳(system pupil)が一般に位置する場所にある対物レンズ106の外でシステム瞳の像を再結像つまり再構築するよう働く。再結像されたシステム瞳は、瞳平面(pupil plane)114に位置し、これは再結像レンズ108およびズームレンズ110の間にある。再結像レンズ108は、反射屈折対物レンズと共に、反

30

【0018】

ズームレンズ110は、システムの倍率を調節する能力を提供する。例えば倍率のレベルは、50倍からより大きいレベルの間で変化されえる。ズームレンズの倍率は、検査システムの視野内にフィットする検出器アレイの数を制御するのに用いられえる。一般に、個々の検出器アレイは、より高い倍率レベルにおいては視野内ではより小さく見える。よってより高い倍率においてはより多くの検出器アレイが視野内にフィットする。

40

【0019】

本発明の検査システムは、高い開口数、高い倍率、および大きな視野を持つようレンズが設計されるとき効率的に動作する。大きい開口数が望ましいが、これは検査システムに高解像度を提供し、よってより感度が高くなるからである。本発明の検査システムは、検出器ピクセルサイズ、倍率、有効波長、および光学的解像度の検出器ピクセルサンプリングに依存する開口数を有する。典型的には、解像度要素をサンプリングするためには最小2.5検出器ピクセルが必要である。解像度要素は、その開口数によって除された照射の有効波長によって定義される。例えばもし倍率が40倍で、検出器ピクセル要素が0.020 mmであるなら、物体においては、検出器要素は0.0005 mmに縮小され、解像度要素は0.000125($2.5 * 0.0005$)であり、適切なサンプリングのため

50

に必要とされるNAは、 $0.000532 / [0.00125] = 0.43$ の波長について0.43となる。より高い倍率において試料は、より詳細に検査され、これは検査システムによってより多くの個数の検出器アレイを利用することを可能にする。

【0020】

典型的には最高の感度を得るために、システムは、より低い波長およびより高い倍率で動作され、ときには解像度要素当たり2.5検出器ピクセルになる。例えば、100倍の倍率での動作は、0.000365mmの波長について開口数が約0.70であることを必要とするが、200倍で動作するときは、0.90の開口数を0.000365mmの波長について必要とするが、像を約4.05ピクセル/解像度要素でオーバサンプリングする。このオーバサンプリングは、光学収差を制御するために0.90より大きい開口数を持つことができないことから起こる。一般に、顕微鏡検査システムの開口数および倍率は、可能なレンズの組み合わせの範囲において互いに比例して増加または減少する。しかし視野は、可能なレンズの組み合わせの範囲において、開口数および倍率に再び逆比例する傾向がある。しかし本発明のレンズは、大きい視野を得ることができる一方で、高い倍率レベルにおいて高い開口数を有することができる。上述のように大きい視野は、それぞれのスキンスワス(scanning swath)のあいだに検査システムが、試料のより大きい領域を検査することを可能にする。効率的に複数の検出器アレイを使用するために、検査システムの視野は、ほぼ0.5mm~3mmの範囲にある。ふつう視野は、0.90より小さい全ての開口数について、少なくともほぼ1.5mmの直径であるよう構成される。

【0021】

しかしこの検査システムは、全ての3つのパラメータがそれらの各高開口数および倍率および大視野設定において最大化されるよう検査システムが構成されなくても、依然として動作できることに注意されたい。

【0022】

顕微鏡検査システムは、図1に示されたものと異なるレンズの組み合わせから形成される。例えば、倍率の範囲を作るためには、検査システム100の代替の実施形態は、ズームレンズを用いる必要がなく、その代わりに固定倍率のレンズ(ふつう顕微鏡システムにおいて結像レンズ(tube lenses)と呼ばれる)のセットを使用できる。他の実施形態においては、瞳リレーシステムなしで反射屈折対物レンズそのものがズームと共に用いられる。本発明の他の実施形態は、複数の検出器アレイと組み合わせて対物レンズそのものを利用しえる。さらに他の代替の実施形態において、再結像レンズ部は含まれる必要はなく、それにより反射屈折対物レンズ部およびズームレンズ部だけが組み合わせて用いられる。この実施形態は図6に示され、ここで検査システム600は、反射屈折対物レンズ602およびズームレンズ604を利用する。最後に、それぞれの倍率についてそれぞれがそれ自身の結像レンズおよび瞳リレーを持つ複数の反射屈折対物レンズ、またはそれぞれの倍率についてそれぞれがそれ自身の結像レンズを持つが瞳リレーを持たない複数の反射屈折対物レンズを用いることもできる。さまざまな実施形態のそれぞれについての共通のゴールは、1つより多い検出器アレイを受け入れるために充分なだけ大きい視野を有することである。

【0023】

上述の実施形態のそれぞれにおいて、高品質および大視野を提供するリソグラフィックタイプの対物レンズまたは任意の他の適切な顕微鏡対物レンズが反射屈折対物レンズの代わりとして等しく利用できる。

【0024】

検出器部104は、試料からさまざまなレンズを通して届く光線を検出するための複数の検出器アレイ116を含む。検出器アレイ116は、検査システムの視野の中に位置する。反射要素118が検出器アレイ116に向けて光線の向きを変えるように用いられる限り、検出器アレイ116は光線の直線上に直接、置かれるか、または図1に示されるように検査システム内のさまざまな位置に配置されえる。図1においては、1つの検出器アレイが、単一の各光束からの光を受け取るように配置される。代替の実施形態においては

10

20

30

40

50

、単一の光束から光を受け取るために1つより多い検出器アレイが配置されえる。これらの代替実施形態においては、多くの検出器を用いて検査システムのスループットを増すことがゴールである。

【0025】

図1を参照して、反射要素118は、出口瞳120を通る光束を、それぞれの検出器アレイ116に向けて導くよう用いられる。反射要素118は、さまざまな平面に配置された反射表面を有し、それにより検出器アレイ116がそれぞれ異なる向きで配置されえるようにする。図1において、反射要素118は、ピラミッドのような形状であり、出口瞳からの光線を検出器アレイ116に向けて方向を向け直すための反射表面を有する。

【0026】

反射要素118は、検出器アレイ116が検査システム100内で物理的に互いに離れて設置されえるという点で有用である。典型的には検出器アレイは、アンプ、ディジタイザ、および検出器の信号を検査システムのイメージ処理コンピュータに統合するのに必要とされるさまざまな種類の回路を含む比較的大きいプリント基板に装着される。検出器に隣接することが必要とされる要素がかさばるために、全ての検出器アレイが視野内にフィットできるような構成ではこれらは簡単には互いに隣接して配置されえない。したがって反射要素118によって、システム設計者は、検出器アレイを物理的に互いに隣接して配置しなければならないという配置上の必要性から解放される。代わりに反射要素118は、視野の中にありながらより便利な、システムのさまざまな位置に検出器アレイが配置されえることを可能にする。

【0027】

反射要素118は、要素118がスプリットポイント122の向こうであるように、出口瞳120から離れて置かれなければならない。スプリットポイント122は、出口瞳120を通る光束が交差し、互いに離れていく点である。スプリットポイント122を超えると、光束は、反射要素118によって別々にそれぞれの検出器アレイ116へと向けられえる。一般に反射要素118は、ミラーの平坦性に影響を与えるエッジベベルおよびエッジ研磨効果のための余裕を与えるために、スプリットポイント122をある程度、超えて置かれる。

【0028】

代替実施形態においては、さまざまな形状の反射要素が利用されえる。こんどは検出器アレイは、検出器部104の全体にわたってさまざまな位置に配置されえる。また反射要素および検出器アレイの個数は変わりえる。図2および3は、検出器部104の代替実施形態を示す。

【0029】

図2は、本発明の代替実施形態による検出器部を示す。図2は、反射要素によって一部の(全てとは限らない)別個の光束がその向きを変えられえることを示す本発明の実施形態である。図2において反射要素200は、検出器アレイ204からほぼ90度の角度に向いている検出器アレイ202に向けて光を反射する。検出器アレイ204は、反射要素の助けなしに光を出口瞳120から直接に受け取る。

【0030】

図3は、反射要素が用いられていない本発明の代替実施形態による検出器部を示す。検出器アレイ300は、出口瞳120から離れて設定された平面に配置される。図3に示される構成は、検出器アレイが少なくとも部分的に、共に視野の中にフィットするよう、検出器アレイ300を互いに十分に近く配置することができるかと想定している。検出器アレイ300はまた、スプリットポイント122を超えて配置されることによって、それぞれの検出器アレイは1つの光束だけから光を受け取る。

【0031】

図4および5は、本発明のより大きい視野がどのように1つより多い検出器アレイを含むかを概略的に示す。前述のように1つより多い検出器アレイを視野内に配置できることによって、検査システムはより高いスループットレートで動作可能である。図4は、実質

10

20

30

40

50

的に8つの検出器アレイ402を含む視野400を示す。図5は、実質的に4つの検出器アレイ502を含む視野500を示す。視野内に収まることができる検出器アレイの個数は、さまざまなファクタの中でも、顕微鏡検査システムの倍率、検出器のサイズおよび検査システム内で用いられる具体的なレンズに依存する。一般に、システムの倍率が増すにつれて、より多くの検出器アレイが視野内にフィットしえる。例えば図4および5を比較するとき、図4に表される検査システムの倍率は図5のそれよりも大きく、または図4の検出器は図5のそれよりも小さく、または両方のファクタの組み合わせである。同じレベルの倍率においては、より多い数の検出器アレイを持つ大きい視野は、一般に検査システムのスループットレートを増すが、これはウェーハのより大きい領域が、ウェーハ上の検出器アレイのそれぞれのパスのあいだに検査されえるからである。

10

【0032】

図4において、視野400の外側エッジ上の2つの検出器アレイ402は、一部だけが視野400内に入る。図4において2つの最も外側の検出器アレイは、検査プロセスにおいては一部しか利用されないが、これら一部の利用であっても検査システムのスループットを増加しえる。言い換えれば、有効であるためには検出器アレイは完全に視野内に含まれる必要はない。例えば検査システムは、1.5または3.75個の検出器アレイが検査プロセス内で利用されても有益である。

【0033】

視野400および500内において、検出器アレイ402および502は、共通軸に平行にアラインされ、千鳥状に構成される。検出器アレイは、それらがアライメントの軸上で実質的に端と端とが一致するように配置されるようにアラインされる。検出器アレイは、スキャン方向404および504に垂直な軸においてそれぞれわずかにオーバーラップすることによって、データがウェーハから得られるときに検出器アレイ間に測定ギャップが存在しないことを確実にする。

20

【0034】

好ましくは、検出器アレイの構成は、調べられる試料の領域を最大化するために、スキャンングスワスのあいだに視野の全体の幅が完全に検査されることを可能にする。したがって、スキャン軸に垂直な軸のそれぞれの部分をカバーする少なくとも1つの検出器アレイを有することが望ましい。また検出器アレイは視野の最も広い部分を横切って配置されるのが好ましい。言い換えれば、例えば検出器402は、スキャン軸400に垂直な軸を完全にカバーする。スキャン方向軸404についての個々の検出器アレイ402の位置は、それぞれの検出器が少なくとも部分的に視野400内にある限り、重要ではないことに注意されたい。言い換えれば、もしスキャン方向軸404がy軸に等しく、視野400の幅を横切る軸がx軸に等しいなら、x軸に沿った全ての位置において検出器アレイ402が存在する。またこの点において、y軸に沿った検出器アレイ402の正確な位置は重要ではない。

30

【0035】

検出器アレイに進む光線を分けるために反射要素を用いない検査システムの実施形態(例えば図3)は、図4および5に示される構成において物理的に互いに近傍に配置される検出器アレイを有する。一方、検出器アレイに進む光線を分けるために反射要素を用いる実施形態においては、検出器アレイは、検出器アレイが物理的に互いに近傍に配置されないうちにもかかわらず図4および5に示されるように視野内に現れる。例えば図1において、検出器アレイ116は、実際には反射要素118の反対側に位置する。前述のように、反射要素は、検出器アレイが互いに離れて位置することを可能にする。反射要素を用いる本発明の実施形態において、検出器アレイは、単一の直線軸に沿ってアラインされるよう視野内に現れるように構成されえる。例えば、図4の上側4個の検出器アレイは、図2に示される検出器アレイ204であり、図4の下側4個の検出器アレイは、図2に示される検出器アレイ202である。

40

【0036】

上述のように、検査プロセス中に1つより多い検出器アレイを利用することと、大きい

50

視野との組み合わせによって、検査システムは、試料のより大きい表面を見て検査することが可能になる。これは検査プロセスに必要とされる時間を短縮できる点で優位性を持つ。しかし大きい視野は、試料の不均一な表面のために、試料の一部にフォーカスが合い、一方、他の部分にフォーカスが合わないことを引き起こす可能性を増す。例えば、半導体ウェーハ表面は、典型的には、ウェーハ表面が実質的に平面に平行ではないようにするウェッジ(wedges)を有する。ウェーハは、真空チャックにマウントされ、この表面平面は、設計上は検査システムの光軸に垂直である。ウェッジの付いたウェーハの場合、ウェーハの表面は、光軸に対して傾けられる。視野内で不均一な試料表面を補償するために、ウェーハをサポートするステージ(またはチャック)は傾けられることによって、検出器アレイのそれぞれについて視野の下の表面にフォーカスが合うようにする。試料ステージまたはチャックは、スクリュウ、ジンバル、およびフレクシャ(flexures)のようなさまざまなメカニズムを用いて傾けられ、回転されえる。試料ステージを傾けるプロセスは、自動化されえて、検査システムが試料の表面上をスキャンするとき、ステージが一度だけ、連続的に、または周期的に調節されるようにできる。

【0037】

視野全体にわたってフォーカスを維持する代替の方法は、それぞれの検出器アレイにフォーカスが合うまで、それぞれの検出器アレイを物理的に調節することである。このプロセスはまた、検査プロセスのあいだ、検出器アレイのそれぞれが一度だけ、連続的に、または周期的に調節されるよう自動化されえる。

【0038】

図1のレンズ部102は広帯域の能力を有し、したがって、以下に限定されないが、深紫外照明(deep ultraviolet lighting)または可視照明法のようなさまざまな照明法と共に用いられえる。瞳平面114および照射瞳105はそれぞれ、光学系100がさまざまなテストモードで動作するように操作されえる。これらテストモードは、以下に限定されないが、明視野(brightfield)、リング暗視野(ring darkfield)、低シグマ(low-sigma)、およびフルスカイ(full-sky)照射を含む。

【0039】

検査システムは、ブルーオートフォーカシング(blue auto focusing)の技術を用いてウェーハ上にフォーカスされえる。ブルーオートフォーカシングは、検査システムの広帯域スペクトラムの近傍の波長を用いて自動的に検査システムの焦点を合わせるサブシステムを指し、同じ対物レンズを用い、検出器アレイの視野内で動作する。この場合、広帯域検査システムの上側波長は、370nmで、自動フォーカス波長はこれのちょうど上、例えば約400nmでありえ、この波長がTDI検出器に到達するのを阻止し、オートフォーカスサブシステムのセンサには届くようにするレンズ表面上の特殊なコーティングが用いられえる。

【0040】

本発明は、いくつかの好ましい実施形態について説明されてきたが、改変、組み合わせ、および等価物が存在し、これらも本発明の範囲に入る。また本発明の方法および装置を実現する多くの代替方法が存在する。したがって添付の特許請求の範囲は、全てのこれら改変、組み合わせ、および等価物が本発明の精神および範囲に入るとして含むように解釈されるべきであると意図される。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明のある実施形態による顕微鏡検査システムの光学要素レイアウトの概略図である。

【図2】本発明の代替の実施形態による検出器部の図である。

【図3】反射要素が用いられない本発明の代替の実施形態による検出器部の図である。

【図4】本発明のより大きい視野がどのように1つより多い検出器アレイを収めるかを示す概略図である。

【図5】本発明のより大きい視野がどのように1つより多い検出器アレイを収めるかを示

10

20

30

40

50

す概略図である。

【図6】反射屈折対物レンズおよびズームレンズを利用する顕微鏡検査システムの実施形態の図である。

【図1】

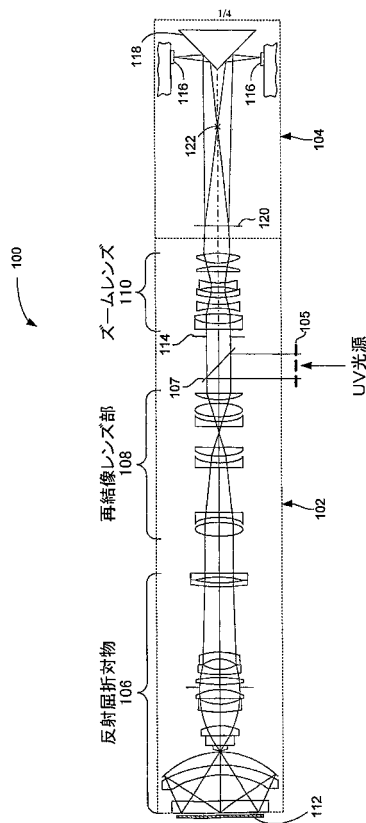


FIG. 1

【図2】

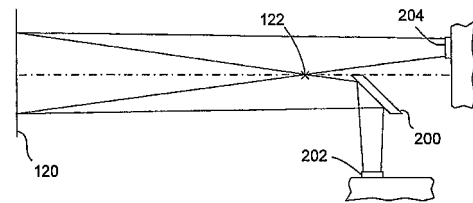


FIG. 2

【図3】

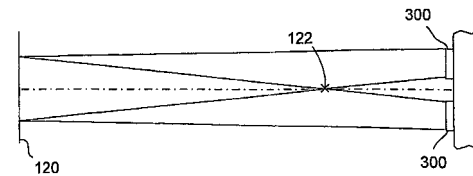


FIG. 3

【 図 4 】

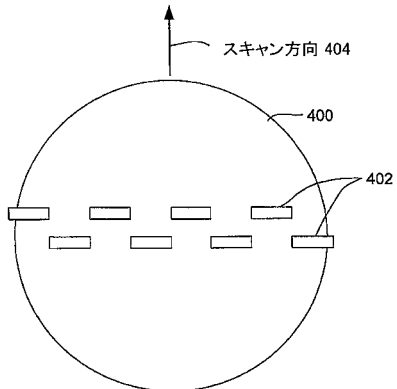


FIG. 4

【 図 5 】

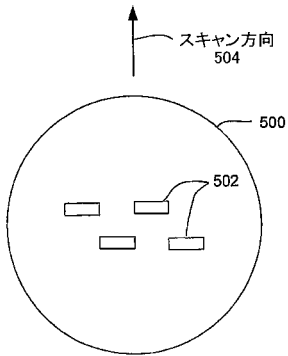


FIG. 5

【 図 6 】

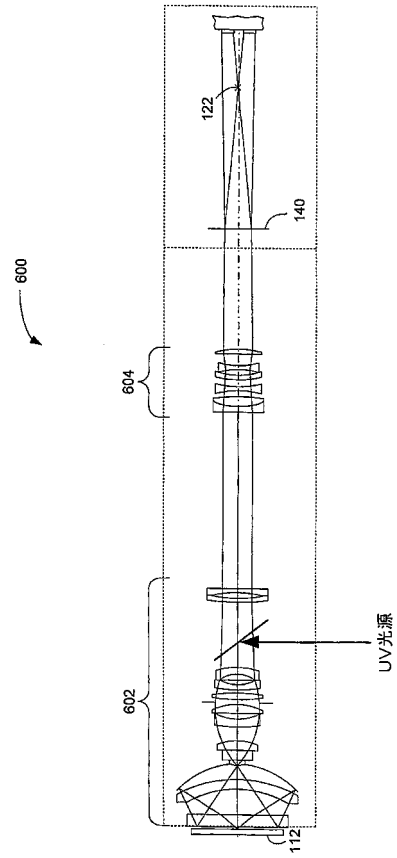


FIG. 6

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平02-188711(JP,A)
特開平10-325711(JP,A)
特開2000-162506(JP,A)
特開2001-133219(JP,A)
特表2001-500986(JP,A)
国際公開第01/069298(WO,A1)
実開昭58-088212(JP,U)
特開平11-038298(JP,A)
特開昭63-212913(JP,A)
特開昭62-295015(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- G02B 19/00-21/00
G02B 21/06-21/36