

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4824929号  
(P4824929)

(45) 発行日 平成23年11月30日(2011.11.30)

(24) 登録日 平成23年9月16日(2011.9.16)

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

請求項の数 42 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-536521 (P2004-536521)	(73) 特許権者	500049141
(86) (22) 出願日	平成15年9月10日 (2003.9.10)		ケーエルエーテンカー コーポレイシ ン
(65) 公表番号	特表2005-539225 (P2005-539225A)		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
(43) 公表日	平成17年12月22日 (2005.12.22)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/028593	(74) 代理人	100075144
(87) 国際公開番号	W02004/025848		弁理士 井ノ口 壽
(87) 国際公開日	平成16年3月25日 (2004.3.25)	(72) 発明者	ヴァエスーイラバニ、メディ
審査請求日	平成18年9月8日 (2006.9.8)		アメリカ合衆国、95032、カリフォル ニア州、ロス ガトス、アルバート コー ト 101
(31) 優先権主張番号	60/410,717		
(32) 優先日	平成14年9月13日 (2002.9.13)	審査官	越柴 洋哉
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 統合利用のために改良された検査システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

異なった種類の表面上の異常の検出に用いるのに適した表面検査装置であって、  
 表面に対してほぼ直角である第1の照射光線と表面に対して斜角である第2の照射光線  
 とを検査すべき表面に供給する光源と、

表面に対して垂直な線の周りまたはその線に相当する方向の周りで異なる方位角にあり、  
 かつ前記線に対して異なる方位角で表面によって散乱される照射線が共通の集光機器を  
 用いずに別々の光ファイバに導かれるように配置される複数の光ファイバと、第2の照射  
 光線に対して実質的に二重暗視野構成に成っていて、かつ表面によって散乱される照射線  
 を集める光ファイバのうちのいずれか一つの開口よりも大きな開口を有する少なくとも一  
 つのコレクタとを有する光学系であって、前記光ファイバが、前記線に近接した方向で表面  
 によって散乱される照射線を受け取る第1の組の光ファイバと、表面に対して低い高度  
 角度で表面によって散乱される照射線を受け取り、かつ前記少なくとも一つのコレクタと  
 共に前記線の周りにほぼリングを形成する第2の組の光ファイバとを有し、さらに前記二  
 重暗視野構成の前記開口が、表面に対して低い高度角度にある光学系と、

を備える表面検査装置。

【請求項2】

請求項1記載の装置において、

前記第1の組の光ファイバは、前記線から10度～30度の間の角度で表面によって散  
 乱される照射線を受け取る装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 記載の装置において、

前記第 2 の組の光ファイバは、表面に対して 10 度 ~ 40 度の間の低い高度角度で表面によって散乱される照射線を集める装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 記載の装置において、

表面によって散乱されると共に少なくともいくつかの光ファイバおよび少なくとも一つのコレクタに到達する照射線を、前記線の周りで異なる方位角で散乱される照射線を表す各々の信号に変換する複数の検出器をさらに備える装置。

## 【請求項 5】

請求項 4 記載の装置において、

表面における異常または表面上にある異常の存在を前記信号から判断するプロセッサをさらに備える装置。

10

## 【請求項 6】

請求項 1 記載の装置において、

前記光ファイバは、表面によって散乱されると共に少なくともいくつかの光ファイバに到達する照射線を検出器に搬送する装置。

## 【請求項 7】

請求項 6 記載の装置において、

前記光ファイバは、マルチモード光ファイバである装置。

20

## 【請求項 8】

請求項 1 記載の装置において、

前記第 2 の照射光線が表面上のスポットを照射し、少なくとも一つのコレクタの開口がスポットにおいて約 20 度 ~ 60 度の角度に限定される装置。

## 【請求項 9】

請求項 1 記載の装置において、

前記第 2 の照射光線が表面上のスポットを照射し、少なくとも一つのコレクタの開口がスポットから約 40 度 ~ 60 度の角度に限定される装置。

## 【請求項 10】

請求項 1 記載の装置において、

前記第 2 の照射光線の光路に少なくとも一つの偏光子をさらに備え、前記偏光子は、表面が第 2 の照射光線と相互作用する前または相互作用した後に、第 2 の照射光線と相互作用する装置。

30

## 【請求項 11】

請求項 10 記載の装置において、

前記少なくとも一つの偏光子は、光線が表面に到達する前に第 2 の照射光線を偏光する装置。

## 【請求項 12】

請求項 11 記載の装置において、

前記少なくとも一つの偏光子は、P - 偏光された照射線または円形状に偏光された照射線を通し、前記少なくとも一つのコレクタは、表面によって散乱される未偏光照射線を集める装置。

40

## 【請求項 13】

請求項 11 記載の装置において、

前記少なくとも一つの偏光子は、S - 偏光された照射線を通し、さらに前記装置は、S - 偏光された照射線を通し、かつ表面によって散乱されると共に前記少なくとも一つのコレクタによって集められる照射線の光路に配置される別の偏光子を備える装置。

## 【請求項 14】

請求項 1 記載の装置において、

前記光源は、第 1 の照射光線と第 2 の照射光線とを供給する少なくとも 2 本の光ファイ

50

バを備える装置。

【請求項 15】

請求項 14 記載の装置において、

前記光源は、第 1 の照射光線と第 2 の照射光線とを供給する一つ以上の照射線源をさらに備える装置。

【請求項 16】

請求項 14 記載の装置において、

前記光ファイバは、シングルモード光ファイバである装置。

【請求項 17】

請求項 1 記載の装置において、

前記光ファイバは、コアおよびクラディングを各々有し、前記クラディングは、各光ファイバの集光開口を隣接する光ファイバ（単数および複数）から分離する装置。

10

【請求項 18】

請求項 17 記載の装置において、

前記光ファイバは、クラディングを覆う外部コーティングをさらに有する装置。

【請求項 19】

請求項 1 記載の装置において、

前記光ファイバは、前記線またはその方向の周りに対称に配置される装置。

【請求項 20】

請求項 1 記載の装置において、

前記光ファイバは、パターンによって散乱される予期成分から離れるような高度角度で配置される装置。

20

【請求項 21】

請求項 20 記載の装置において、

パターンによって散乱される前記予期成分は、フーリエ成分である装置。

【請求項 22】

請求項 1 記載の装置において、

前記光ファイバは、実質的に前記線またはその方向から約 5 度 ~ 20 度の間の高度角度である装置。

【請求項 23】

請求項 1 記載の装置において、

前記光学系は、第 2 の照射光線の入射面に対して実質的に  $\pm 90$  度の方位角で中心を合わせた開口を有する 2 つのレンズを備える装置。

30

【請求項 24】

請求項 1 記載の装置において、

約 5 cm を越えない寸法を備える光学ヘッドを備える装置。

【請求項 25】

請求項 1 記載の装置において、

前記少なくとも一つのコレクタは、表面によって散乱される照射線を検出器に向かって焦点を合わせる少なくとも一つの対物レンズを備える装置。

40

【請求項 26】

請求項 1 記載の装置において、

前記少なくとも一つのコレクタは、表面によって散乱される照射線を集める複数の光ファイバを備える装置。

【請求項 27】

装置によって異なった種類の表面上の異常を検出する方法であって、前記装置は、

表面に対してほぼ直角である第 1 の照射光線および表面に対して斜角である第 2 の照射光線を検査すべき表面に放射する光源と、

表面に対して垂直な線の周りまたはその線に相当する方向の周りで異なる方位角にあり、かつ前記線に対して異なる方位角で表面によって散乱される照射線が別々の光ファイバ

50

に導かれるように配置される複数の光ファイバと、前記光ファイバのうちのいずれか一つの開口よりも大きな開口を有すると共に表面によって散乱される照射線を集めて焦点を合わせる第2の照射光線に対して実質的に二重暗視野構成と成る少なくとも一つのコレクタとを有する光学系であって、前記光ファイバが、前記線に近接した方向で表面によって散乱される照射線を受け取る第1の組の光ファイバと、表面に対して低い高度角度で表面によって散乱される照射線を受け取り、かつ前記少なくとも一つのコレクタと共に前記線の周りにほぼリングを形成する第2の組の光ファイバとを有し、さらに前記二重暗視野構成の前記開口が、表面に対して低い高度角度にある光学系と、を備える方法において、

(a) 光源から第1の照射光線および第2の照射光線を表面に供給させると共に、その照射光線によって表面が走査されるステップと、

10

(b) 表面によって散乱される照射線を共通の集光機器を用いずに前記光ファイバに導くステップと、

(c) 表面によって散乱されると共に前記第1および第2の組の光ファイバおよび/または前記少なくとも一つのコレクタによって集められる照射線を検出するステップと、

(d) 検出された照射線から異なった種類の表面上の異常を判断するステップと、を有する方法。

【請求項28】

請求項27記載の方法において、

前記判断するステップは、パターン化されていないウェハ上およびパターン化されたウェハ上の異常を検出された照射線から判断する方法。

20

【請求項29】

請求項27記載の方法において、

前記判断するステップは、パターン化されていないウェハ上またはパターン化されたウェハ上、および化学的機械的研磨後のウェハ表面上の異常を検出された照射線から判断する方法。

【請求項30】

請求項27記載の方法において、

前記供給させるステップによって第2の照射光線が表面に供給され、前記検出するステップが表面によって散乱されると共に少なくとも一つのコレクタによって集められる照射線を検出する方法。

30

【請求項31】

請求項30記載の方法において、

前記供給させるステップによって第2の照射光線が偏光される方法。

【請求項32】

請求項31記載の方法において、

第2の照射光線は、P - 偏光させられ、前記検出するステップは、滑らかな表面上の異常を検出するために偏光されていない照射線を検出する方法。

【請求項33】

請求項31記載の方法において、

第2の照射光線は、円形状に偏光させられ、前記検出するステップは、誘電フィルムの表面上の異常を検出するために偏光されていない照射線を検出する方法。

40

【請求項34】

請求項31記載の方法において、

第2の照射光線は、S - 偏光させられ、前記検出するステップは、粗い表面上の異常を検出するためにS - 偏光された照射線を検出する方法。

【請求項35】

請求項30記載の方法において、

(e) 光源から第1の照射光線を表面に供給させるステップと、

(f) 表面によって散乱されると共に前記光ファイバによって集められる照射線を検出するステップと、

50

(g) 検出された照射線から異なった種類の表面上のマイクロクラッチを判断するステップと、  
をさらに有する方法。

【請求項 36】

請求項 35 記載の方法において、

(f) における前記検出するステップは、表面によって散乱されると共に第 1 の組の光ファイバによって集められる照射線を検出し、前記判断するステップは、前記線のほぼ両側または異なる方位角に配置された第 1 の組におけるいくつかの光ファイバによって受け取られる照射線から変換される複数の信号または複数対の信号を比較するステップを有する方法。

10

【請求項 37】

請求項 36 記載の方法において、

(f) における前記検出するステップは、表面によって散乱されると共に第 2 の組の光ファイバによって集められる照射線を検出し、(d) における前記判断するステップは、検出された照射線からパターン化された表面またはパターン化されていない表面上の異常を判断する方法。

【請求項 38】

請求項 27 記載の方法において、

前記供給させるステップによって第 2 の照射光線が表面に供給され、前記検出するステップが表面によって散乱されると共に光ファイバによって集められる照射線を検出する方法。

20

【請求項 39】

請求項 38 記載の方法において、

前記検出するステップは、検出器によって検出し、前記判断するステップは、飽和された検出器の出力信号を用いずに異常を判断する方法。

【請求項 40】

請求項 38 記載の方法において、

前記検出するステップは、検出器の出力をサンプリングするステップを有し、前記判断するステップは、検出器の出力サンプルの最小値または中間値から表面上の異常を判断する方法。

30

【請求項 41】

請求項 38 記載の方法において、

前記検出するステップは、出力信号を提供する検出器によって検出し、かつ出力信号をサンプリングするステップを有し、前記判断するステップは、検出器の出力サンプルの最小値または中間値から表面上の異常を判断する方法。

【請求項 42】

請求項 38 記載の方法において、

表面はパターン化されておらず、さらに、所定の方位角の集光角度内において表面によって散乱される照射線を集めるそれら光ファイバのみを光ファイバから選択するステップをさらに有し、(c) における前記検出するステップは、表面によって散乱され、かつ選択された光ファイバによって集められる照射線のみを検出する方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に欠陥検出に関し、特に結晶起因のパーティクル(「COP」)や表面粗さやマイクロクラッチなどのパーティクル(粒子)や表面起因の欠陥などの表面異常を検出する改良されたシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

本願の譲受人であるカリフォルニア州サンノゼのケーエルエー - テンカー コーポレイ

50

ションから入手できる S P 1<sup>TBI</sup> (登録商標) 検出システムは、パターン化されていない半導体ウェハ上の欠陥を検出するのに特に有用なものである。S P 1<sup>TBI</sup> システムは、ベアウェハやパターン化されていないウェハ上の欠陥に対し卓絶した欠陥感度を示すものであるが、これは、メモリアレイを備えるウェハなどのパターンを上面に有するウェハを検査するためにそのシステムが使用される場合には当たらない。このシステムでは、レンズや楕円面ミラーによって集められる照射線は全て検出器に導かれ、単一の出力を提供する。したがって、ウェハ上のパターンはフーリエおよび/または他の強力な散乱信号を発生するので、これら信号が集められ、検出器に送られると、単一の検出器出力は、飽和されて、ウェハ上の欠陥を検出するのに有用な情報を提供することができなくなる。

【0003】

10

ウェハ上の欠陥を検出する従来の技術は、パターン化されたウェハの検査や、パターン化されていないウェハまたはベアウェハの検査のいずれかのために仕立てられているが、両検査のためには仕立てられていない。パターン化されたウェハを検出する検査システムを、パターン化されていないウェハを検出するために使うこともできるが、そのシステムは、一般にはそのような目的のために最適化されていない。他方で、パターン化されていないウェハまたはベアウェハの検査のために設計されたシステムは、前述したような理由でパターン化されたウェハ上のパターン構造によって惹起される回折や他の散乱を扱う際に困難さを伴い得る。

【0004】

20

パターン化されたウェハの検査のために、全く異なった検査システムが用いられてきた。A I T (登録商標) 検査システムとして知られている一つの市販のシステムは、本願譲受人であるカリフォルニア州サンノゼのケーエルエー - テンカー コーポレーションから入手でき、このようなシステムは、米国特許第 5, 864, 394 号 (特許文献 1) を含むいくつかの特許においても説明されている。A I T システムでは、ウェハ上のパターン構造による回折や散乱から検出器を遮蔽するために立体フィルタが利用されている。このような立体フィルタの設計は、パターン構造の従来の知識に基づいているものであり、極めて複雑なものである。さらに、このシステムは、より良く欠陥の存在の識別を行うために、ダイ加工間の比較処理を使用している。

【0005】

30

前述したような機器のいずれも、パターン化されたウェハの検査には全く満足のいくものではない。したがって、前述したような難点が解消されるパターン化されたウェハ用の改良された欠陥検出システムを提供することが望ましい。インライン検査に必要なスペースに関するさらなる節約をするために、パターン化されていないウェハ検査とパターン化されたウェハ検査の両方に対して最適化できる機器を提供することが望まれている。

【0006】

化学的機械的平坦化 (CMP) は、半導体工業で広く受け入れられて来た。しかし、CMP 加工は、欠陥が適切に制御されない場合、集積回路 (IC) デバイスの歩留に大きな打撃を与えることになる多量の欠陥も造ることになる。CMP 欠陥の中で、マイクロスクラッチは、IC 歩留に強力な打撃を与えている。したがって、マイクロスクラッチや、パーティクルによる他の CMP 欠陥を検出して区別できるようにすることが望ましい。

40

【0007】

米国特許出願第 09 / 828, 269 号 (特許文献 2) は、形状が楕円面のミラーのような湾曲ミラーを備えるコレクタを利用する欠陥検出システムについて説明している。このようなシステムは、汎用性があるため多くの用途にとって望ましいが、このような湾曲ミラーを使用することは余りにも費用が掛かったり、欠陥検出システムが非常に小さいことが望ましい場合など、実用的でなかったりする応用例もある。したがって、そのような応用例に対し改良されたシステムを用意することが望ましい。

【特許文献 1】米国特許第 5, 864, 394 号

【特許文献 2】米国特許出願第 09 / 828, 269 号

【非特許文献 1】アメリカ物理協会の D. G. Seiler, A. C. Diebold, W. M. Bullis, T.

50

J. Shaffner, R. McDonald と E. J. Walter によって編集された U L S I 技術の特徴と  
度量衡に関する委員会の議事録 ( 1 9 9 8 年 ) の 4 0 5 ~ 4 1 5 ページの S .Stokowski  
と M. Vaez-Iravani による 「 U L S I 技術のウェハ検査技術の挑戦 」

【発明の開示】

【 0 0 0 8 】

本発明の一つの態様は、第 1 および / または第 2 の照射光線が光源によって表面に供給  
されるような検査装置に指向され、ここで第 1 の光線が表面に対してほぼ垂直であり、ま  
た第 2 の光線が表面に斜めの角度を成している。基準方向の周りで異なった方位角で配置  
された光学機器は、表面に対して垂直な線に対して異なった方位角で表面によって散乱さ  
れた照射線が、散乱照射線を導く共通の集光機器を用いずに別々の装置に向けられるよう  
に位置決めされている。第 2 の光線に対してほぼ二重の暗視野構成と成っているコレクタ  
が利用され、その場合、コレクタは、光学機器のうちのいずれか一つの開口よりも大きな  
開口を有する。このコレクタは、さらに表面によって散乱される照射線も集める。

10

【 0 0 0 9 】

前述した装置を、汎用性があり、上面にメモリアレイやロジックを有する半導体ウェハ  
などのパターン化された表面と、ベアウェハなどのパターン化されていない表面とを含む  
異なった種類の表面上で異常を検出すると共に、半導体ウェハの化学的機械的研磨から生  
じる異常を検出するために使用することができる。この装置は、特に処理設備との統合に  
適合されるようにさらにコンパクトに造られる。関連する応用の楕円面ミラーなどの共通  
の集光機器は、散乱照射線を光学機器に向けられるために使用されていないために、この装置  
を、前述した汎用的な能力を維持しつつもより低コストで、よりコンパクトに造ることが  
できる。

20

【 0 0 1 0 】

前述した装置を、異なった種類の表面上の欠陥を検出するように操作することができる  
。操作において、光源から第 1 および / または第 2 の光線が表面に供給される。表面は光  
線によって走査される。表面によって散乱される照射線は、共通の集光機器を用いずに光  
学機器に向けられる。表面によって散乱され、かつ機器および / または少なくとも一つの  
コレクタによって集められる照射線が検出され、また異なった種類の表面上の欠陥が検出  
される照射線から判断される。

【 0 0 1 1 】

説明を簡略化するために、本願では、同じ構成要素には同じ番号が付してある。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の一実施形態を例示するのに有用な表面検査装置の側部斜視図である。  
図 1 に示されているように、装置 1 0 は、いくつかの開口を備える好ましくは半球形状の  
ハウジング 1 2 を備える。基本的に同じ働きをするフレーム、シェル、または他の形状や  
構造を有するハウジング ( 例えば、細長い素材片から構成されたフレーム ) も使用すること  
ができ、本発明の技術的範囲内である。レーザ ( 例えば、ダイオードレーザ ) などの照  
射線源 1 4 は、半導体ウェハ 2 0 などのサンプルの表面を照射するために光ファイバ 1 6  
などの光学チャンネルを介して照射線を供給する。本願明細書において、半導体ウェハの  
検査を参照して実施形態を示しているが、本発明が、フラットパネル表示器、磁気ディス  
クや光学ディスクなどの他のサンプル、あるいは読み取り / 書き込みヘッドおよび他の種  
類のサンプルにも適応できることが理解されよう。光源 1 4 によって供給される照射線は  
、単色、多色またはブロードバンドとすることができる。光ファイバ 1 6 からの照射線は  
、レンズシステム 2 2 によってサンプル 2 0 の頂面上のスポット 2 4 に焦点を合わせる。  
図 1 に示されているように、システム 2 2 の対物レンズまたはレンズ 2 2 a を、都合良く  
フレーム 1 2 によって支持することができるが、その場合、対物レンズ 2 2 a はフレーム  
の開口内に着座する。ウェハ 2 0 は、チャック 2 6 上に支持され、当該チャックは、モ  
ータ 2 8 によって回転され、ウェハの表面を検査するために光線 1 8 の照射によるスポット  
2 4 がウェハ 2 0 の表面上を動いて螺旋経路を辿るような方向にギア 3 0 によって並進さ

40

50

れる。モータ 28 およびギア 30 は、コントローラ 32 によって制御される。代わりに、光線 18 およびフレーム 12 は、そのような螺旋経路を辿るために当業者に公知な方式で動かされる。さらに別の代替案として、チャック 26 またはフレーム 12 のいずれか一方と光線 18 とが、ジグザグ経路や曲がりくねった経路で直線区分を走査するために直線に沿って動かされる。さらに他の代替案には、ウェハ 20 および光線 18 の両方とフレーム 12 との間の相対移動が前述した経路のいずれか一つに沿うようにそれらを移動させることが含まれる。全てのこのような変形は、本発明の技術的範囲内である。

#### 【0013】

図 1 に示されているように、フレーム 12 は、そこに二組の開口 12 a と 12 b を形成するか、またはそれらを形成している装置に取り付けられように構成されている。例えば、後述するように、開口をファイバ 42 の端部などの光ファイバの端部によって形成することもできる。開口 12 a は、サンプル 20 の表面に対して垂直で、かつスポット 24 を通る垂直方向 20' に近接して配置されている。照明されるスポット 24 内の表面部分によって散乱される照射線は、一組の開口 12 a を通過して一組のコレクタに到達する。一実施形態では、光ファイバをコレクタとして使用してもよい。その種のコレクタの一例が光ファイバ 42 によって示され、その場合、ファイバはその表面によって散乱される照射線を一組の開口 12 a 内の対応する開口 12 a A' を介して対応する検出器 44 に搬送する。図を簡略化するために、ただ一本のこのようなファイバとただ一つのこのような検出器が示されているだけだが、残りの開口 12 a のうちの少なくともいくつかは、各々表面によって散乱され、かつこのような開口を通過する照射線を検出するために対応するコレクタの光ファイバと、対応する検出器とを有することもできることが理解されよう。好ましくは、42 のようなファイバは、垂直方向 20' の周りで対称に配置される。次いで、検出器は、一組の開口 12 a を通過する収集された散乱照射線に反応して出力信号を発生し、その出力信号をプロセッサ 50 に送る。

#### 【0014】

当業者に知られているように、半導体ウェハの加工には、しばしばウェハ表面上のマイクロスクラッチを起こすような化学的機械的研磨(「CMP」)が含まれる。一組の開口 12 a と対応するファイバおよび検出器は、このようなマイクロスクラッチを検出するのに適している。かくして、スポット 24 がほぼ垂直方向 20' に沿った軸線を有する光線 18 によって照明される場合、垂直方向に近接して散乱される照射線を集めるように配置された開口 12 a とそれらの対応するファイバが、このようなマイクロスクラッチを検出するのに適していることになる。マイクロスクラッチを検出するために、好ましくは照明光線は、検査される表面にほぼ直角になっているが、それにもかかわらず、いくつかの用途のために、照明光線を、化学的または機械的研磨によって惹起されるマイクロスクラッチの検出のために検査される表面に対して斜めの角度で供給することができる。このような変形また他の変形は、本発明の技術的範囲内である。好ましくは、第 1 の組の開口 12 a は、垂直方向 20' から約 10 度と 30 度との間の角度で表面によって散乱される照射線を集めるものであり、かつ第 1 の組の開口 12 a は、6 から 10 の開口を有する。

#### 【0015】

マイクロスクラッチを検出するために、プロセッサ 50 が、垂直方向 20' を横切って互いに反対側の方向に沿って散乱される照射線から引き出される数対の信号を比較することが有用である。かくして、例えば組 12 a における開口 12 a A と 12 a A' は、垂直方向 20' の両側に配置されている。開口 12 a B と 12 a B' は、図 2 においてより明瞭に示されているように、垂直方向 20' の両側に配置されている。マイクロスクラッチは、それら傷の方向に平行な方向よりもマイクロスクラッチ方向に直交した面においてより強く照射線を散乱する傾向があるので、散乱され、かつ向かい合って配置された数対の開口とファイバによって集められる照射線から引き出される信号を比較することは、このようなマイクロスクラッチを検出するのに有用である。図 2 は、図 1 の装置 10 の頂面図である。かくして、図 2 を参照すると、マイクロプロセッサ 50 が、散乱され、かつ開口 12 a A、12 a A' を介して集められる照射線を検出する検出器からの信号と、散乱さ

10

20

30

40

50



れ、かつ開口 1 2 a C、1 2 a C' を介して集められる照射線から引き出される信号とを比較することが有用である。さらに、表面によって散乱され、かつ開口 1 2 a A や 1 2 a A' などの向かい合って配置された各対の開口を介して集められる照射線から引き出される信号を比較することも有用である。前述したようなマイクロスクラッチの検出を、サンプル 2 0 の表面上の他の異常の検出と同時にまたは順番に実施してもよい。

#### 【 0 0 1 6 】

表面によって散乱され、対応する開口を通る照射線を集めて検出器 4 4 に搬送するためにファイバ 4 2 などの光ファイバを使用する代わりに、このような散乱照射線を検出するために検出器を対応する開口に直接または近接して設置してもよい。照射線を集めて検出器に搬送するために光ファイバを使用する利点は、これによってサンプル 2 0 に近接して位置決めされた装置 1 0 の一部分を特にコンパクトな設計にできる点である。かくして、一実施形態では、フレーム 1 2 とレンズシステム 2 2 から成る光学ヘッドは、約 5 c m を越さない水平方向の（すなわち、ウェハ 2 0 の表面に平行な面における）寸法を有する。マイクロスクラッチを検出するために、第 1 の組の開口 1 2 a は、好ましくは垂直方向 2 0' の周りにリングを形成する。一実施形態では、その組 1 2 a は、対応する光ファイバと検出器を同じ数有する 6 ~ 1 0 の開口を含む。開口 1 2 a とそれらの対応するファイバおよび検出器は、パターン化されたり、またはパターン化されていない半導体ウェハ上のパーティクルや表面欠陥または表面下の欠陥などのマイクロスクラッチ以外の他の異常を検出するのにも有用である。図 1 と図 2 に示されているように、第 1 の組の開口 1 2 a の他に、別の組の開口 1 2 b が、照明されたスポット 2 4 において表面によって散乱された照射線をウェハ 2 0 の表面に近接する集光角度で通すようにフレーム 1 2 に形成されている。好ましくは、開口 1 2 b は、ウェハ 2 0 の頂面に対して約 1 0 度と 4 0 度との間の角度などの低い高度角度で表面によって散乱される照射線を集める。

#### 【 0 0 1 7 】

図 2 によりはっきりと示されているように、サンプルの表面にほぼ直角な方向でウェハ 2 0 を照明する他に、または代わりに、サンプルを、ウェハの表面に対して斜めの角度の光軸 6 2 に沿って照明することもできる。チャック 2 6 は、図を簡略化するために、図 2 では省略されている。

#### 【 0 0 1 8 】

第 1 の組の開口 1 2 a の場合のように、第 2 の組の開口 1 2 b の少なくともいくつかは、各々照明されたスポット 2 4 内の表面によって散乱され、かつこのような開口を通過する照射線を集めるように位置決めされたファイバ 6 4 などの対応する光ファイバを有する。その場合、ファイバ 6 4 は、集められた照射線をそれに応答して出力信号を提供する対応する検出器 6 6 に搬送する。図 2 を簡略化するために、第 2 の組の開口 1 2 b の一つを通過する散乱照射線を集めるただ一本の光ファイバ 6 4 が、その対応する検出器 6 6 と共に示されているに過ぎない。より多くのファイバと対応する検出器が、一般には図 1 と図 2 の実施形態で使用されていることが理解されよう。光線をサンプルに対して斜めの角度で与えるために、レーザ（例えば、ダイオードレーザ）7 2 などの照射線源が使用され、光線 7 8 をウェハ 2 0 の表面に対して斜めの角度の光軸 6 2 に沿って与えるようにファイバ 7 4 とレンズシステム 7 6 を介して照射線を供給してもよい。斜めの角度でサンプル表面を照明するのは、パターン化されたまたはパターン化されていないウェハ上の異常を検出するのに特に有利である。パターン化されていないウェハまたはベアウェハ上の異常を検出するために、検出され得る信号量を増やすようにより大きくした収集角度内の表面によって散乱される照射線を集めるのが望ましい。この目的のために、第 2 の組の収集開口 1 2 b の他に、一つの、好ましくは二つのより大きな収集開口 1 2 c が、図 2 に示されているような二重暗視野構成で用いられる。暗視野システムは、収集される照射線がサンプルによって散乱され、かつ照明光線のサンプル表面から鏡面反射する方向から離れている収集経路に沿って集められる照射線となっている場合のシステムである。暗視野システムについては、アメリカ物理協会の D. G. Seiler, A. C. Diebold, W. M. Bullis, T. J. Shaffner, R. McDonald と E. J. Walter によって編集された U L S I 技術の特徴と度量

10

20

30

40

50

衡に関する委員会の議事録(1998年)の405~415ページのS.StokowskiとM.Vaez-Iravaniによる「ULSI技術のウェハ検査技術の挑戦」(非特許文献1)により詳細に説明されている。

【0019】

二重暗視野構造または構成では、収集開口の光軸は、光線が表面に到達すると、照明光線に対してほぼ+90度または-90度の方位角の個所にある。方位角は、頂部から見たときに基準方向に対して測定または検出の方向によって作られる角度に相当している。かくして、図2を参照すると、二つの開口12cは、光線がサンプル20の表面に到達すると、照明光線78に対してほぼ+90度と-90度の方位角の光軸を有する。図1と図2に示されているように、収集開口12cは、第1の組と第2の組の開口12a、12bよりも大きな、好ましくは非常により大きなものとなっている。このような場合、このより大きな開口12cを通過する照射線の収集と検出は、半導体ウェハのようなパターン化されていない表面の欠陥検出に適当なものとなる。フレーム12は、好ましくは、表面によって散乱され、かつフレームに到達する照射線が表面に向かって、またはいずれの開口に向かって反射されたり、戻り散乱されることが無いような素材から造られている。一実施形態では、フレーム12は、表面によって散乱される照射線が、フレームによって反射されたり、散乱されるよりはむしろフレームを通して伝搬されるように透明な素材から造られている。別の実施形態では、フレーム12は、陽極処理された表面などの照射線吸収面を備えた素材から造られる。このような変形または他の変形は、本発明の技術的範囲内である。

【0020】

本発明の一実施形態では、検査される表面が(ベアウェハなどの)パターン化されていない場合、照明が表面に対して斜めの角度で光線78によって供給され、またウェハ20の表面上の照明されるスポットによって散乱されて開口12cを通る照射線は、図3に示されているような方式で対物レンズによって集められる。図3に示されているように、光線78によって照明されるウェハ20の表面上のスポット78'によって散乱されて開口12cを通る照射線は、対物レンズまたはレンズ80によって光ファイバ82に向かって焦点が合わされる。次いで、ファイバ82によって集められた照射線は、検出器84に搬送される。同じような構成が、散乱されて光軸62に対して+90度と-90度の方位角で各々の開口12cを通る照射線を集めて検出するために用いられる。

【0021】

パターン化されていない表面が滑らかな場合、P-偏光された光線78を供給し、かつ図3に示されているように、偏光されていない照射線を検出することが望ましい。この目的のために、このような照射線を供給するためにレーザダイオード72を選択するか、または光線78をP-偏光させる偏光器88を用いてもよい。パターン化されていないサンプル20が粗面を有する場合、S-偏光された光線78を供給し、かつ散乱されたS-偏光の照射線のみを検出することが望ましい。この目的のために、このような照射線を供給するレーザダイオード72を選択するか、または光線78におけるS-偏光の照射線のみを通すように偏光器88の向きを設定してもよい。S-偏光された照射線を検出するために、図3で想像線で示されている別の偏光器90が用いられるので、検出器84によって検出される照射線は、照明されるスポット78'からの散乱照射線のS-偏光された成分のみに反応するようになっている。

【0022】

スポット78'から散乱された照射線を集めるために、対物レンズまたはレンズ80を使用する代わりに、図4に示されているように、光ファイバの束92が代用される。

【0023】

サンプル20が誘電フィルムの場合、偏光されていない照射線が検出されている間に、サンプル20を照明するために円形に偏光された照射線を供給することが望ましい。この目的のために、ダイオード72が円形に偏光された照射線を供給し、また光線78が円形に偏光された照射線だけを有するように部材88が代わりにブランクにされる。

## 【 0 0 2 4 】

多くの応用において、パターン化されていない表面上の異常が、図 3 と 4 に示されている二重暗視野構成によって有利に検出されているので、サンプルを斜めに照明する第 2 の組のファイバ 1 2 b を使用するのが有利になる或る応用例がある。かくして、ある種のパターン化されていない表面に対して、一つ以上の所定の方位角内で表面によって散乱される照射線を検出するのが有利であるので、その収集された照射線のみに応答して検出器によって発生される信号は意味をもったものとなる。このような場合、このような所定の方位収集角度内で収集された照射線に応答して発生される検出器出力を、このような表面上に異常があるかどうかを判断するために使用することもできる。好ましくは、このような所定の方位収集角度以外で収集される照射線に応答して発生される検出器出力は、このよ

10

## 【 0 0 2 5 】

前述したように、開口 1 2 c が向かい合っている照明されるスポット 7 8 ' を中心とした収集角度は、好ましくは開口 1 2 a または 1 2 b のものよりも大きくなっている。一実施形態では、2つの開口 1 2 c のうちの少なくとも一方は、照明されるスポット 7 8 ' を中心とした約 2 0 度から 6 0 度の収集角度に向かい合っている。別の実施形態では、開口 1 2 c のうちの少なくとも一つは、スポット 7 8 ' を中心とした約 4 0 度から 6 0 度の収集角度に向かい合っている。

## 【 0 0 2 6 】

選択されたレーザダイオード 7 2 が、P - 偏光されたり、または S - 偏光されたり、あるいは円形偏光された照射線のような偏光照射線を提供するものであれば、光ファイバ 7 4 は、好ましくはシングルモードファイバとなる。反対に、収集された表面からの散乱照射線を搬送するために使われるファイバ 4 2、6 4、8 2、9 2 などのファイバは、マルチモードファイバとすることができる。図を簡略化するために、検出器 8 4 のような検出器と図 1 および 2 のプロセッサ 5 0 との間の接続は、図 3 および 4 には示されていない。

20

## 【 0 0 2 7 】

次いで、プロセッサ 5 0 は、パターン化されていない表面（および後述するように、パターン化された表面）上の異常の存在を判断するために、検出器 8 4 の出力信号を処理する。

## 【 0 0 2 8 】

二つのレーザダイオード 1 4、7 2 を使用する代わりに、単一のレーザダイオードが用いられ、その場合、ダイオードによって放射される照射線が、2本の異なる光ファイバ 1 6、7 4 を介して供給されて、図 1 および 2 に示されている二条の光線 1 8、7 8 を供給する。コンパクトな統合された設計のために、図 3 のレンズ 8 0 は、開口 1 2 c において直接フレーム 1 2 に結合されている。代わりに、また図 4 に示されているように、フレーム 1 2 と、光ファイバ 1 6 と 7 4 を介して供給される照射線を受け取る対物レンズシステム 2 2 および / または対物レンズシステム 7 6 とだけから成る統合された光学ヘッドには何らレンズは必要とされない。次いで、開口を通過する散乱照射線は、ファイバ 4 2、6 4 や 9 2 などのファイバを介して対応する検出器に搬送される。

30

## 【 0 0 2 9 】

図 1 および 2 に示されている装置を、パターン化された半導体ウェハなどのパターン化された表面上の異常を検出するために有利に使用することもできる。このような表面上のパターンは照射線を回折し、またこのような照射線を受け取る検出器は飽和されていてもよい。散乱照射線の収集スペースは、方位角方向（水平面）と高度方向（垂直面）の両方において二組のファイバ 1 2 a、1 2 b によって区分されているので、いくつかの検出器が飽和しても残りの検出器に異常検出に有用な出力信号を依然として産出させる。高度角度は、測定または検出の方向を含む垂直面における異常について検査されるサンプル表面に対して測定または検出の方向によって作られる角度に相当する。言い換えれば、二組の特定の開口 1 2 a、1 2 b がパターンによって回折されたり、散乱される照射線を収集すれば、ファイバによって開口に接続される検出器は飽和されそうである。しかし、その開

40

50

口の隣りの開口は、それが集める散乱照射線と結果的に生じる検出器出力信号とが異常の検出に使われるようにパターンから何ら散乱や回折を受けないように配置される。かくして、一実施形態では、検査されるサンプルまたはウェハ20がパターン化された表面を有する場合、プロセッサ50は、飽和される検出器の出力信号を捨てて、そのような検出器出力を使用せずに異常を判断することができる。代わりに、飽和されていない検出器の出力信号のみが異常の判断のためにプロセッサ50によって使われる。

#### 【0030】

代わりに、パターンが事実上ランダムな方向におけるロジック・散乱照射線用のパターンの場合、パターン化された表面上の異常を検出するために検出器出力の最小または中間の値を演算するのが有用である。言い換えれば、プロセッサ50は、（開口12a、または開口12bを通過する散乱照射線などの）垂直方向20'の周りの別々の方位角で配列された光学機器によって集められる照射線に应答する検出器の出力信号のサンプルを周期的に記録し、またこのような開口内で集められた照射線に应答する検出器からの出力サンプルの最小値を決めることができる。代わりに、プロセッサ50は、光ファイバによって集められる照射線に应答して検出器の出力信号サンプルの中間値を演算する。言い換えれば、開口12bのリングを介して受け取る散乱照射線が検出され、開口12bのリングを介して受け取られる照射線に应答した全ての検出器の出力がサンプリングされ、それらサンプルは、検出器の出力信号サンプルの最小値または中間値を産出するために演算される。同じプロセスを第1の組の開口12aとそれらの各々のファイバと検出器に対して実行することができる。プロセッサ50は、コントローラ32（図示せず）とも通信し、コントローラを介してチャック26の動きを制御し、またウェハ20の表面上の個所を検出器からの出力データと関連させるために、ウェハ表面の位置情報を得る。

#### 【0031】

多くの応用のために、第2の組の開口12bは、パターン化された表面上の異常の検出のために有利に使用され、第1の組の開口12aは、パターン化された表面の異常検出に関連したいくつかの応用に使用することもできる。かくして、パターンが幾分規則正しいものであれば、パターンからの散乱や回折が無くなるような垂直方向20'に対する収集角度の範囲が存在してもよい。かくして、収集開口12aを、パターンからのフーリエや他の回折や散乱が収集開口を通るように何ら期待されないような状態でフレーム12に対して位置決めすることができる。一実施形態では、開口12aは、垂直方向20'から約5度と20度との間の高度角度で照射線を集めることができる。このようにして、第1の組の開口12aは、パターンによって散乱される予想成分から離れる高度角度で配置されることになり、異常検出に有用な信号を対応する検出器に提供することができる。

#### 【0032】

前述したことにより、図1および2の装置は汎用性があることが理解される。それを、パターン化された表面やパターン化されていない表面上の異常を検出したり、また化学的機械的研磨によってできる異常を検出するために使用してもよい。前述したプロセスは、順番にまたは同時に実施される。かくして、パターン化されたり、パターン化されていない表面上の異常が、光線78がサンプルへ供給される時にまず検出されるように、照射線を順次放射するために、レーザダイオード14、72をプロセッサ50によって制御してもよい。このような作動の前後で、プロセッサ50はレーザダイオード14に照射線を放射させ、また化学的または機械的な研磨によって引き起こされるマイクロスクラッチを検出するためにサンプルを照明する光線18が用いられる。代わりに、2つのレーザダイオード14と72が異なった波長の照射線を供給する場合、両方のダイオードが同時に照射線を放射させられ、また両タイプの検出が同時に行われるように適当なフィルタや二色性ビームスプリッタ（図示せず）を利用してよい。さらに別の代替の実施形態では、レーザダイオードなどの単一光源が2つの異なった波長の照射線を放射するために利用されれば、適当な二色性ビームスプリッタが利用され、照射線を2つの波長でサンプル20を同時に照明するのに使われる光線18と78に分離する。このような変形または他の変形は、本発明の技術的範囲内である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

スペースの考慮がそれ程厳格なものでない場合、第1の組の開口12aによって集められる散乱照射線は、代替の実施形態として図5Aに示されているように、異なった方式で集められ、検出される。このような照射線は、まず対物レンズ102によって焦点が合わされ、ミラーまたはビームスプリッタ104によって図5A、5Bに示されている光ファイバ106のリングに向かって反射される。かくして、光ファイバ106は、表面によって散乱され、かつ図1と2の開口12aを通る照射線を集める。ファイバ106は、図5Aの垂直方向20'に相当し、かつ好ましくは方向108の周りで対称に配置された図5Bで示されている方向108の周りのリングを実質的に形成することができる。光源は、照明光線をサンプル20にビームスプリッタ104を介して、またはミラーが使われている場合にはミラー104をバイパスすることによって供給する。光源と照明光線は、図を簡略化するために、図5Aでは省略されている。図5Aの実施形態における別の構成要素は、図1のフレーム12などのフレームによって、あるいはあらゆる他の適当な手段によって所定の場所に保持される。

10

## 【 0 0 3 4 】

図6は、表面によって散乱され、かつ前述した開口12a、12b、12cのうちのいずれか一つを通る照射線を集めるために使用される光ファイバの一部分の横断面図である。図6に示されているように、このようなファイバの各々は、コア120、クラッドリング122やオプシジョンの外部コーティング124とを好ましくは有する。したがって、クラッドリング122は、隣接した光ファイバ・チャンネル間のセパレータとしての働きをし、それらは、表面によって散乱される照射線を集めて搬送する時に、隣接した光ファイバ・チャンネル間の漏話を低減する。

20

## 【 0 0 3 5 】

本発明を種々の実施形態を参照しながら説明してきたが、本発明は添付された特許請求の範囲とそれらの等価物によってのみ定義される本発明の技術的範囲から逸脱することなく、変更と改造が行われることが理解されよう。ここで参照されている全ての参考文献は、その全体が参照により本願明細書において援用されている。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 6 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態を例示するのに有用な表面検査装置の側部斜視図である。

30

【 図 2 】 図 1 の装置の一部分の頂面図である。

【 図 3 】 本発明の一実施形態を例示するために二重暗視野構成におけるコレクタをより詳細に示した図 1 と図 2 の装置の一部分の概略図である。

【 図 4 】 本発明の代替の実施形態を例示する二重暗視野構成におけるコレクタの概略図である。

【 図 5 A 】 本発明の代替の実施形態を示す表面検査装置の概略図である。

【 図 5 B 】 図 5 A の実施形態において散乱照射線を搬送するためのマルチファイバチャンネルの可能な構成の概略図である。

【 図 6 】 本発明の実施形態において有用な光ファイバの一部分の横断面図である。

【 図 1 】

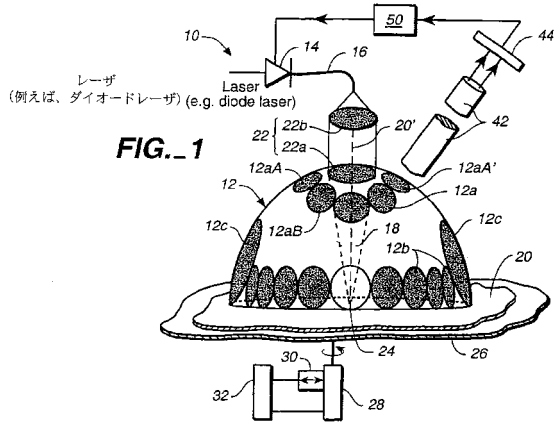


FIG. 1

【 図 2 】

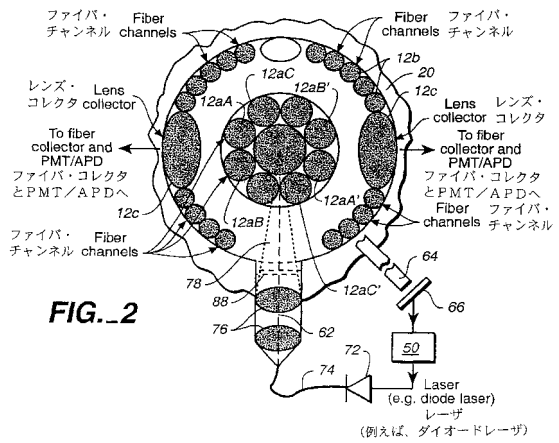


FIG. 2

【 図 3 】

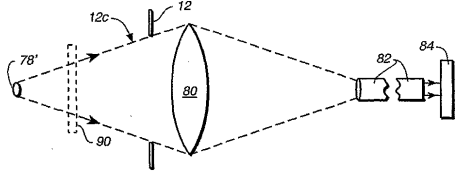


FIG. 3

【 図 4 】

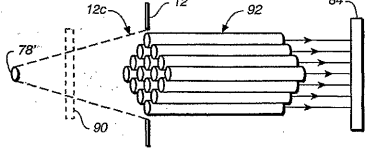


FIG. 4

【 図 5 B 】

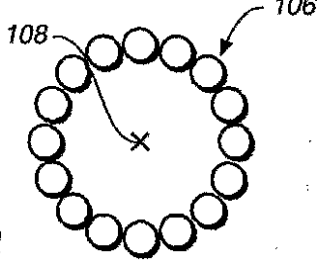


FIG. 5B

【 図 5 A 】

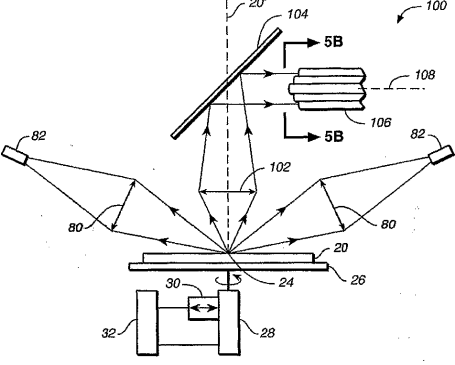


FIG. 5A

【 図 6 】

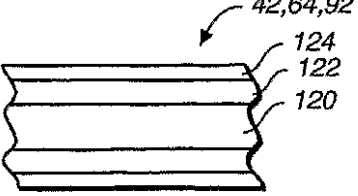


FIG. 6

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-162141(JP,A)  
特開2001-255278(JP,A)  
特表2002-513461(JP,A)  
特開平05-052764(JP,A)  
特開昭63-143831(JP,A)  
国際公開第96/028721(WO,A1)  
特開平11-064234(JP,A)  
特開2003-149159(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/84-21/958