

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3801635号
(P3801635)

(45) 発行日 平成18年7月26日(2006.7.26)

(24) 登録日 平成18年5月12日(2006.5.12)

(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
GO 1 B	11/30	(2006.01)	GO 1 B	11/30 A

請求項の数 8 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平8-526985 (86) (22) 出願日 平成8年3月4日(1996.3.4) (65) 公表番号 特表平11-501727 (43) 公表日 平成11年2月9日(1999.2.9) (86) 国際出願番号 PCT/US1996/002913 (87) 国際公開番号 W01996/027786 (87) 国際公開日 平成8年9月12日(1996.9.12) 審査請求日 平成14年12月3日(2002.12.3) (31) 優先権主張番号 08/399,962 (32) 優先日 平成7年3月6日(1995.3.6) (33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(73) 特許権者 エイド・オプティカル・システムズ・コー ポレイション アメリカ合衆国、28673 ノース・キ ャロライナ、シャーロット、サザン・パイ ン・ブルヴァード 9625 (74) 代理人 弁理士 奥山 尚男 (74) 代理人 弁理士 秋山 暢利 (74) 代理人 弁理士 奥山 尚一 (74) 代理人 弁理士 有原 幸一</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 製品表面の検査システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークピース(W)上の粒子または欠陥を検出するためのシステムであって、
 材料経路(P)に沿ってワークピースを並進移動させるための並進移動手段(40)と、
 前記並進移動手段によってワークピースが前記材料経路に沿って並進移動する間に、該ワ
 ークピースを回転移動させるための回転移動手段(45)と、
 光線を生成するための光源(81)と、前記光線を受け取ることができるような位置に配
 置され、前記ワークピースが前記材料経路に沿って回転移動および並進移動する際に該光
 線を前記ワークピース表面を横切る所定の走査経路()に沿って走査させるための走査
 手段(82、84、86、85)とを備えた、回転移動および並進移動する間に前記ワー
 クピース表面を走査するためのスキャナ(80)と、
 前記ワークピースが前記材料経路に沿って回転移動および並進移動する間に、該ワー
 ークピース表面からの反射光および散乱光を収集するためのコレクタ(100)とを備え、
 前記コレクタは、前記ワークピース表面から正反射された光を検出するための明チャンネル
 検出器(110)と、
 前記ワークピース表面から散乱された光を検出するための、前記明チャンネル検出器に隣接
 して配置された暗チャンネル検出器(120)とを備え、
 前記暗チャンネル検出器は、前記ワークピース表面からそれぞれ所定の異なる角度において
 前記散乱光成分を収集するために、互いに近接する位置に配置された複数のコレクタ(1
 21、123、125)を備え、

10

20

前記暗チャンネル検出器における前記複数のコレクタは、前記ワークピース表面からの前方散乱光成分を比較的小さな角度において収集すべく配置された小角度コレクタ(121)と、前記小角度コレクタに隣接し、前記ワークピース表面からの実質的に垂直に散乱された散乱光成分を比較的中間的な角度において収集すべく配置された中角度コレクタ(123)と、前記中角度コレクタに隣接し、前記ワークピース表面からの後方散乱光成分を比較的大きな角度において収集すべく配置された大角度コレクタ(125)とを備えるとともに、前記暗チャンネル検出器(120)は、さらに、収集された光を検出するためのそれぞれに対応するコレクタに光学的に連絡のとれる位置に配置された、前記小角度検出器(122)、前記中角度検出器(124)、および前記大角度検出器(126)と、前記小角度検出器、前記中角度検出器、前記大角度検出器に電氣的に接続されるとともに、前記ワークピース表面上の粒子の有無を決定するための、前記検出器から発せられる電気信号に¹⁰ 応答する応答手段とを備えたことを特徴とする表面検査システム。

【請求項2】

前記ワークピースが前記材料経路に沿って回転移動および並進移動する間に、該ワークピース表面が実質的に螺旋形状角度走査されるように、前記並進移動手段および前記回転移動手段が前記スキャナと同期化されることを特徴とする請求項1に記載の表面検査システム。

【請求項3】

前記所定の走査経路は、前記ワークピース表面に沿って約5.7°(0.1ラジアン)未満となる、比較的狭い走査経路()を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の²⁰ 表面検査システム。

【請求項4】

前記走査手段は、前記ワークピース表面に沿った前記所定の狭い走査経路に沿って、前記光線を繰り返し偏向させるように構成されたディフレクター(85)を含むことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の表面検査システム。

【請求項5】

前記回転移動手段は、前記ワークピース表面上の走査速度が実質的に一定になるように、該ワークピース表面の走査中、前記材料経路に沿って並進移動する間に、該ワークピース表面の回転速度を変化させるための回転速度変化手段を含むことを特徴とする請求項1³⁰ ないし4のいずれかに記載の表面検査システム。

【請求項6】

前記ディフレクター(85)は、前記ワークピース表面に沿った所定の狭い走査経路に沿って前記光線を繰り返し偏向させるように構成されるとともに、さらに前記スキャナは、前記ワークピースが前記材料経路に沿って回転移動および並進移動する際に、比較的低い入射角度()において、前記狭い走査経路より前記ワークピース表面に向けて前記光線の向き付けを行うための向き付け手段を備えることを特徴とする請求項4に記載の表面検査システム。

【請求項7】

前記比較的低い入射角度()は、前記ワークピース表面に直交する角度から45度以上をなすことを特徴とする請求項6に記載の表面検査システム。⁴⁰

【請求項8】

前記ディフレクターは、前記レーザ光源と前記材料経路の間に配置された、そして前記ワークピース表面を検査するために前記光線を向き付けるように構成された一つのミラーと複数の光学レンズとを備えたことを特徴とする請求項6または7に記載の表面検査システム。

【発明の詳細な説明】

発明の分野

本発明は表面検査システムおよび表面検査方法、特にシリコンウエハ等の製品(商品となる完成した製作品)またはワークピース(製造中の製作品)を検査し、その表面における粒子や微細片、割れ目、あるいは欠陥を検出する技術に関する。⁵⁰

発明の背景

シリコンまたは他の半導体マイクロチップ等の製品あるいはワークピースの製造工程において、シリコン内に回路をエッチングするために、一般的に光がレティクルマスク (reticle mask) を介して照射される。レティクルマスクあるいはシリコンウエハの表面上に傷、欠陥、ほこり、塵、よごれ、あるいは他の異物が存在することは決して望ましいことではなく、できあがる回路に有害な影響を及ぼす。その結果、網線 (レティクル) やシリコンウエハについては使用前に検査をすることが必要である。一つの検査技術として、検査技師が強い光のもと、または拡大されたもとで目によって各表面を検査する。しかしながら、人間の目による検出限界を越えるほど小さなくずや欠陥は、できあがるマイクロチップやマスクに悪影響を及ぼす。加えて人間の判断は、たとえ検査工程のための品質ガイドラインや標準基準に基づいても大きく変動する。

10

それゆえ、シリコンウエハ等の表面を検査して小さな粒子や欠陥を検出するためのレーザ検査システムが開発されてきた。こうしたレーザ検査システムは一般的に、製品表面からの光の反射が、ウエハ表面に対する光の放射方向と表面の物理的特性に依存するという原理のもとで作動する。こうした物理的特性として、たとえば、製品の表面に、比較的なめらかな領域、起伏領域、凹凸、粒子、微細片、そして (または) 他の欠陥、あるいは傷を含むこともある。こうした従来のレーザ検査システムでは、光は製品表面から正反射および散乱される。正反射光および散乱光は双方ともに製品またはワークピースの表面上の粒子や微細片または欠陥の存在を指し示す。表面からの正反射光、すなわち明チャネル (light channel)、および表面からの散乱光、すなわち暗チャネル (dark channel) は各々

20

集められ、別々に光電子倍增管 (PMT) または電荷結合素子 (CCD) 等の光検出器に送られる。製品表面からの散乱光はまた回折光も含むと解される。並進移動中の製品およびワークピースの表面をスキャン (走査) するとともに、製品表面から反射、散乱された光を集めるための、さまざまなタイプのスキャナとコレクタを提供するレーザ検査システムがいくつか開発されている。こうしたシステムの例としては、モラン (Moran) 氏による「コンパクトなレーザ走査システム (Compact Laser Scanning System)」と題された米国特許第 4 6 3 0 2 7 6 号、マリリン (Malin) 氏等による「スキャナの校正方法および明確な散乱光振幅を生成するための構造 (Method of Calibrating Scanners and Arrangement for Producing Defined Scattered Light Amplitudes)」と題された米国特許第 5 1 0 8 1 7 6 号、そしてモラン (Moran) 氏による「低角度、高解像度の表面検査方法および装置 (Method and Apparatus for Low Angle, High Resolution Surfaces Inspection)」と題された米国特許 5 1 2 7 7 6 号、及び WO 9 4 / 1 2 8 6 7

30

がある。製品表面上の粒子や微細片の存在または欠陥を検出するためのこのようなレーザ検査システムはまた、表面や検出された粒子についての増大した情報を提供するためのさまざまな走査技術を含むものである。いくつかの螺旋走査システムの例としては、トモヤス (Tomoyasu) 氏による「レーザビーム走査システム (Laser Beam Scanning System)」と題された米国特許第 5 0 6 7 7 9 8 号、ウエノ (Ueno) 氏等による「表面欠陥を検査するための方法および装置 (Method and Apparatus for Inspecting Surface Defects)」と題された米国特許第 5 1 3 5 3 0 3 号、オオシマ (Ohshima) 氏等による「対象物の平坦表面上の欠陥を検査するためのシステム (System for Checking Defects on a Flat Surface of an Object)」と題された米国特許第 4 5 0 8 4 5 0 号、シュタイグマイヤ (Steigmeier) 氏等による「欠陥検出システム (Defect Detection System)」と題された米国特許第 4 3 1 4 7 6 3 号、そして、ジャン (Jann) 氏等による「凸凹表面に対する粒子検出システム (Particle Detector for Rough Surfaces)」と題された米国特許第 5 1 8 9 4 8 1 号がある。しかしながらこれらの検査システムは、ただ螺旋走査パターンをシリコンウエハに提供することだけを明らかにしている。これらのシステムは製品表面を検査するのに必要な時間と、表面からの反射光を検出する間に提供される情報量を制限する。さらにこれらのシステムは高度な空間的解像度または表面検査工程に対する高度な処理能力のいずれかに向けられている。

40

50

上記問題より、従って本発明の課題はコンパクトかつ効率的に、走査し、かつワークピースの表面からの反射光を集めることのできる表面検査システムを提供することにある。本発明の他の目的は、効率的かつ比較的高度な空間解像度を有し、表面検査工程に対する比較的高度な処理能力を備えた表面検査システムを提供することにある。

本発明のさらなる目的は、その中および上に粒子や微細片、欠陥、すり跡、傷を持った、製品またはワークピースの表面の状態をより予め同定かつ分類するための高度な感度を有する表面検査システムを提供することにある。

発明の目的と概要

本発明の上述した目的およびその他の課題は、ワークピースの表面内および表面上に存在する粒子や、微細片、欠陥、および他の特性を検出するように構成されるワークピース表面検査システムと検査方法によって解決される。この表面検査システムは、ワークピースが回転移動または並進移動する間に、所定の、できれば比較的に狭い走査経路に沿ってワークピース表面を横切って走査するスキャナと、ワークピース表面からの反射光および散乱光を確実に収集するための仕切りされた（レンズ等の）光学素子を有するコレクタとを含む。こうして、この表面検査システムは、比較的にコンパクトかつ高効率の、比較的に使用が容易な検査システムを提供する。そしてこの表面検査システムは、ワークピース表面上で検出された粒子または欠陥に関する極めて正確な結果と、表面検査工程の間に製品の全表面を検査するための高度な空間的解像度および高度な処理能力とを提供する。

特に、表面検査システムは材料経路に沿ってワークピースを移動させるように構成された運搬装置と材料経路に沿った並進移動中にワークピースを回転させるための回転装置を備えることが好ましい。スキャナは材料経路に沿った並進移動、回転移動中にワークピースの表面を走査するような位置に配置される。スキャナは光線を生成するための光源と、光線を受け取るようにされた手段を備え、そして、ワークピースが材料経路に沿って並進移動、回転移動する際に所定の走査経路に沿ってワークピースの表面を横切って光線を走査させることができるように配置されることが好ましい。コレクタはまたワークピースが材料経路に沿って並進移動、回転移動する際に、ワークピース表面から反射、散乱された光線を収集することができるように設けられることが好ましい。

本発明によれば、スキャナが提供されるとともに、それはワークピースが材料経路に沿って並進移動、回転移動する間にワークピース表面を走査することができるようになっており、そのような位置に配置される。スキャナは光線を生成させるための光源、すなわちレーザと、光線を受け取るように位置付けされ、ワークピースが材料経路に沿って並進移動、回転移動する際に、所定の、できれば比較的に狭い走査経路に沿ってワークピース表面を横切って光線を走査させることができるように構成された手段を備えることが好ましい。走査手段は、ワークピースの並進移動経路に沿って約 5.7° (0.1 ラジアン) 未満をなす、比較的に狭い走査経路を提供する音響光学ディフレクター (acousto-optic deflector) であることが好ましい。

本発明によって提供されるコレクタは、また、ワークピース表面からの正反射光を検出するように配置された明チャンネル検出器と、この明チャンネルに隣接して、ワークピース表面からの散乱光を検出するための暗チャンネル検出器を備える。暗チャンネル検出器は、ワークピース表面からの、および（または）、ワークピース表面から反射された光の反射角からの、それぞれ異った所定角度から散乱光成分を収集するように配置された互いに隣接する複数のコレクタを備えることが好ましい。暗チャンネル検出器の複数のコレクタは、互いに隣接する少なくとも2つのコレクタを持つ仕切りされた光学素子を形成する。複数のコレクタは、ワークピース表面からの散乱光成分を比較的に小さな角度で収集すべく配置された一つの小角度コレクタと、小角度コレクタに隣接して、比較的中間的な大きさの角度においてワークピース表面からほぼ垂直に散乱された光成分を収集すべく配置された中角度コレクタと、中角度コレクタに隣接して、比較的に大きな角度においてワークピース表面から後方散乱された光成分を収集すべく配置された大角度コレクタから成る。暗チャンネル検出器はさらにそれぞれが対応するコレクタと光学的に連絡のとれるような位置にある、小角度検出器、中角度検出器、および大角度検出器と、小角度検出器、中角度検出器、および大

10

20

30

40

50

角度検出器に電氣的に結合され、それらの検出器からの電気信号を受け取ってワークピース表面における粒子や微細片の有無を決定するための手段を備える。

粒子微細片または欠陥を検出するとき、たとえば、小角度コレクタはワークピース表面からの前方散乱を受け取って収集できるような位置に置かれ、中角度コレクタはワークピース表面からの垂直散乱を受け取って収集できるような位置に置かれ、大角度コレクタはワークピース表面からの後方散乱を受け取って収集できるような位置に置かれる。特に暗チャネルコレクタは、より予め、粒子、欠陥、すり跡、あるいは傷といった問題のある製品またはワークピース表面の形状状態を同定、分類、そして(または)提供するための高度な感度を備えた本発明による表面検査システムを提供する。

本発明はまた、製品またはワークピース表面の検出方法も提供する。ワークピース表面の検出方法は、材料経路に沿ってワークピースを並進移動および回転移動させること、材料経路に沿ってワークピースが移動する際にワークピース表面を横切って比較的狭い走査経路を走査することを含む。ワークピース表面を実質的に走査することができるよう、材料経路に沿ってワークピースを並進移動および回転移動させる段階はワークピース表面を走査する段階に同期して行われる。ワークピース表面からの正反射光および散乱光は別々に収集される。収集された散乱光は少なくともワークピース表面から前方散乱された別々の収集光成分と、ワークピース表面から後方散乱された別々の収集光成分を含むことが好ましい。少なくともワークピースの回転移動速度、できればワークピースの並進移動速度も、ワークピース表面の走査速度を実質的に一定に保つことができるよう、変化させるのがよい。また、さらに走査光の光学的ゲインをワークピース表面の走査中、変化させることができる。

ワークピース表面を検査するもう一つの方法は、所定の、すなわち比較的狭い走査経路に沿って光線を偏向させることと、偏向された光を走査経路からワークピース表面に向けて、たとえば比較的低下角度で方向付けることを含む。また、この検査方法は狭い走査経路が螺旋経路に沿ってワークピース表面を横切ることができるように、ワークピースの回転走査および並進走査を分けて行うことを含むのが好ましい。

ワークピース表面を検査するさらにもう一つの方法は、ワークピース表面上で検出された粒子や微細片に関する情報を提供するものであって、ワークピース表面からの正反射光を検出することと、複数の所定散乱角度における複数のコレクタを使ってワークピース表面からの散乱光を検出することを含むのが好ましい。複数の所定散乱角度における複数のコレクタの内の少なくとも2つがワークピース表面からの前方散乱光および後方散乱光をそれぞれが収集できる位置に置かれることが好ましい。ワークピース表面内または上における粒子または欠陥は複数の所定散乱角度において検出された光によって同定される。

本発明によるワークピース表面の検査方法はさらに、ワークピース表面からの前方散乱光を収集するよう設定された第1の所定散乱角度においてワークピース表面からの散乱光を収集すること、ワークピース表面から実質的に垂直に散乱された散乱光を収集するよう設定された第2の所定散乱角度においてワークピース表面からの散乱光を収集すること、ワークピース表面からの後方散乱光を収集するよう設定された第3の所定散乱角度においてワークピース表面からの散乱光を収集することを含む。

加えて、ワークピース表面内および上における粒子、欠陥、あるいは他の表面特性についての情報を提供するための本発明によるワークピース表面の検査方法は、ワークピース表面からの散乱光を収集する際、収集された光に応じた信号を形成することができるような、近接する複数の所定散乱角度に配置された複数のコレクタを用いて収集することを含むのが好ましい。また、所定散乱角度は、少なくとも前方散乱光および後方散乱光をそれぞれ収集することができるように設定することが好ましい。そして前記信号は、ワークピース表面内および上における粒子、欠陥を同定するための所定物質の誘電定数(または誘電率)を表す所定データと比較される。

これらの利点に加えて、本発明による表面検査システムおよび検査方法はまた、高度な空間解像度および対象平面における小さな視野を提供するものであって、それぞれ改良された端部検出性能および検査過程における改良された再現性能を提供する。さらに、暗チャ

10

20

30

40

50

ネルコレクタはワークピース表面に対して所定角度で配置された複数の検出器を有する特定の配置に置かれるため、表面検出システムは干渉信号、つまりワークピース表面からの反射光および散乱光の方向における分子散乱によるものを減少させることができる。

【図面の簡単な説明】

以下の図面を参照しながら、他の課題および利点を追々説明していく。

図 1 は本発明の一実施形態による表面検査システムの斜視図である。

図 2 は本実施形態による表面検査システムの、材料経路に沿ってワークピースを回転移動および並進移動させるための移動装置を示した図である。

図 3 は本実施形態による表面検査システムの略立体側面図である。

図 3 a は本実施形態による表面検査システムの明チャンネル検出器を示した部分図である。

10

図 4 は本実施形態による表面検査システムにおける光学的走査システムの略立体側面図である。

図 5 は本実施形態による表面検査システムにおいて、その中の検査領域をワークピースを回転および並進移動する様子を説明するための略図である。

図 6 は本実施形態による表面検査システムにおける、ワークピース表面からの散乱光を収集するための仕切りされた光学素子を有するコレクタを示した略図である。

図 7 は本実施形態の表面検査システムにおけるシステム制御を説明するための略ブロック図である。

詳細な説明

以下、図面を参照して、本発明の好ましい実施形態を詳細に説明する。しかしながら、本発明にはさまざまな異った実施形態が可能であり、以下に記述する実施形態に限定されるものではない。むしろ以下のに記述する実施形態は、本発明の開示を完全かつ十分にし、当業者に本発明の範囲を明らかにするためのものである。なお図面における同一部分には同一の符号が割り振られるものとする。

20

図 1 は本発明による表面検査システム 20 の斜視図である。この表面検査システム 20 は、シリコンウエハなどのワークピース W の表面の上で、粒子、欠陥（または欠損）、傷等を検出するためのものである。表面検査システム 20 のいくつかの部分は説明を簡明にさせる目的で取り払われたり、また表面検査システム 20 の（外部からは見えない）いくつかの構成要素が図示する目的のために点線で示されている。本発明による表面検査システム 20 は、沈着フィルムがあるなしに関係なく、パタン化されていないウエハ W の表面を検査するのに好ましいものである。表面検査システム 20 は、材料経路 P に沿ってワークピース W を並進移動させるための並進移動手段と、材料経路 P に沿ってワークピース W が並進移動する際に、この並進移動手段に付随してワークピース W を回転移動させるための回転移動手段と、材料経路 P に沿ってワークピース W が並進移動および回転移動する際に、ワークピース W の表面 S を走査する走査手段と、そしてワークピース W の表面 S から反射された光（以下、反射光）と散乱された光（以下、散乱光）を収集するためのコレクタ手段とを含むことが好ましい。

30

図 1 に示されているように、表面検査システム 20 は作業テーブル 21 を含むワークステーションとして構成されている。作業テーブル 21 上には一般的に閉じた、実質的に軽い屋根筐体 22、ビデオディスプレイ 23、キーボード 25、そしてマウス 26 が置かれている。システム制御装置 50 を収納するためのキャビネット 27 が作業テーブル 21 から吊り下がっている。プリンタ 29 とそれに付随するプリンタ紙 29 a を収納するための棚ユニット 28 がキャビネット 27 に隣接する。筐体 22 は本発明による検査構成をより分かり易く示す目的で一部を取り除いて描かれている。ワークピース W の検査は検査テーブル 31 上の検査領域 Z で行われるようになっている。ロボットウエハハンドラ 32 は検査ステーション 20 に隣接し、ウエハ W をカセット 33 からテーブル 31 上に棚卸ししたり、棚上げしたりすることを行う。カセット 33 は多数のウエハ W を格納し、（図示されていない）ドアを介してキャビネット 27 に装填される。ウエハ W は汚染や汚れを避けるために人間の手に触れることなく、筐体 22 内で自動的に取り扱われる。

40

図 1 ~ 図 3 に最良に示されているように、表面検査システム 20 は材料経路 P に沿ってワ

50

ークピースWを並進移動させる手段を備えることが好ましい。このワークピースWの移動手段は材料経路Pに沿ってワークピースWを、検査ゾーンまたは検査領域Zを通過するように並進移動させることができるように構成されることが好ましい。図示されているように、並進移動装置40はギア42、ギア42を回転させるためのシャフト41aを備えたモータ41、歯と一体化されたガイド36、37を含む。シャフト41aに取り付けられたモータ41とギア42はシステム50のためのチャックを形成している。チャックのモータ41は、上向きに拡張する複数のフランジ43aを有するステージ要素(土台要素)43に取り付けられるのが好ましい。図示されているようにステージ要素43はワークピースW、つまりシリコンウエハ、をその上でワークピースWの端に沿って受け止める。ワークピースWのこのような取り付け技術は、汚れ、または、ステージ要素43の上面と接触するワークピースWの底面に付随する他の表面問題を減少させる。ステージ要素43は、その下側で支持するステージガイド要素38、39に沿って並進移動できるようにすることが好ましい。当業者にとって明らかなように、本発明において、ステージ要素を回転させるためにモータやステージ要素に取り付けられたピストン-シリンダ構成等のような他の並進移動手段と(または)回転移動手段もまた使用することができる。

また、回転装置45として図示されているような、ワークピースWを回転させるための回転移動手段は移動装置40に付随しており、ワークピースWが材料経路Pに沿って並進移動する間にワークピースWを回転させることができるようになっている。図示されているような回転装置45は、ステージ要素の下側に取り付けられた、ウエハに所定速度の回転を与えることができるモータ46を含むことが好ましい。移動装置40と回転装置45はスキャナ80と同期化され、ワークピースWが材料経路Pに沿って回転移動および並進移動する間に、ワークピースWの表面を横切る螺旋形状の狭い角度の走査()を形成する。図1および図3~図5に示されているように、スキャナ80はワークピースWが材料経路Pに沿って回転移動および並進移動する間に、ワークピースWの表面を走査することができるように位置に配置されている。しかしまた当業者にとって明らかなように、スキャナ80は、ワークピースWが静止、並進移動あるいは回転移動する間に、回転運動と(または)並進運動ができるように構成することもできる。こうしたことから本発明は、光線Bを生成するための光源81と、光線を受け取ってワークピースWの表面Sを走査するための走査手段、すなわちミラー82、レンズ84、86、ディフレクター85と、そしてワークピースWの回転および並進走査を分け与えるための回転並進走査手段、すなわち移動装置40および回転装置45、を備える。

本発明によるスキャナ80は、光源81、すなわち光線Bを生成するためのレーザと、ワークピースWが材料経路Pに沿って回転移動および並進移動する間に光線Bを受け取ることができる位置にあって、ワークピースWの表面Sを横断するように比較的狭い走査経路()に沿って光線Bを走査するように構成された走査手段とを備える。光源81は比較的短波長の可視光レーザ、たとえば当業者にとって既知とされるようなアルゴンイオンまたは固体レーザ、であることが好ましい。当業者にとって明らかなように、レーザ81はまた、レーザと外部光学素子との組み合わせが好ましい。レーザ81は直径約0.6ミリメートル(mm)のレーザ光線を生成するものであることが好ましい。しかしながら図示されたような光学素子を備えるスキャナ80は、スポットの大きさが十分な幅、つまり0.1ミリメートル未満の半最大値にある直線偏光、すなわちP偏光、を生成するものであることが好ましい。また当業者にとって明らかなように、本発明においてもS偏光または円偏光を生成および(または)使用することができる。

一般的に、レーザ出力、レーザ波長、そしてレーザスポットサイズという三つの重要な要素により、表面検査システム20に対する検出感度が決定付けられるものである。レーザ出力とレーザスポットサイズは併せて散乱信号強度に直に比例する電力密度を決定する。表面検査システム20に対して、レーザスポットサイズは60ミクロン(μm)未満、好ましくは25~40ミクロンの範囲、特に約30ミクロンであることが好ましい。この好ましいレーザスポットサイズは、ピクセルサイズ、すなわち空間解像度、の約3倍であって、これは表面に起こった出来事を十分にサンプリングし、改善された検出感度を提供す

10

20

30

40

50

る。スポットサイズを減少させ、ゲイン、集光角度、そして光学効率を同一なものとして仮定すると、信号対ノイズ比率 (S/N) で決定される、表面検査システム 20 の検出限界に著しい改善が見られる。レーザ出力が実質的に増大した場合、すなわち 2 倍になった場合、検出限界は著しく改善する。しかしながらレーザ出力に何の変化が起こらない場合でも、入射角度、偏光、そして集光配置を最適化すれば検出限界を改善することができる。

図示されているように、走査手段は光線 B を受け取れる位置に配置され、比較的狭い走査経路 () に沿って光線 B を偏向させるためのディフレクター 85 を備えることが好ましい。図示されているように、ディフレクター 85 は音響光学ディフレクター (acousto-optic deflector: AO deflector) であり、そして比較的狭い走査経路 () は約 5.7° (0.1 ラジアン) 未満、特に 1.4° (0.025 ラジアン) から 2.3° (0.04

10

0 ラジアン) の間にあることが好ましい。走査経路 () は並進移動における材料経路 P に方角的に対応しており、図 4 に最良に示されているように、矢印で示されたように、一般的にそれと平行になっていることが好ましい。偏向は音響高周波を備えたクリスタルを励起させることにより実現される。たとえば、音響高周波は光線 B をシフトさせ、それによって伝搬角度を変化させる仕方で入射波と相互作用する。クリスタルのさまざまな周波数によって、それを通過する光に対応するさまざまな伝搬角度で偏向される。音響波の周波数が鋸歯状パターンにある場合、レーザ光 B は周波数に比例する角度 () を走査する。AO ディフレクター 85 の走査速度は一定であることが好ましく、そうすれば製品の表面から検出される粒子または傷に対して一定または所定の時間で応答することができる。

20

本実施形態では AO 偏光器 85 を使用しているが、当業者であれば理解できるように、たとえばガルバノメータ、圧電性スキャナ、回転ミラー、走査ヘッド、他の電気スキャナ等のような、狭角度走査を提供するための他の手段も使用することができる。

また、ビームエキスパンダ 82 がレーザ光源 81 と偏光器 85 との間に配置されることが好ましい。これは AO ディフレクター 85 に入射する前に光線 B を延長させるためのものである。ビームエキスパンダ 83 は、偏光器 85 の走査角度を最良に利用するためにディフレクター 85 の活性孔をより十分にふさぐための手段を提供するものであることが好ましい。偏光器 85 から後、または川下における延長はいずれも、たとえば、ビーム直径が増大するにしたがって同一因子による偏向角度を減少させる。偏光器 85 における実用的なビーム直径は以下の式で与えられる必要な帰線時間 (retrace time) によって制限を受ける。

30

$$T = D / V_a$$

ここで D はビーム直径、 V_a は偏光器内に置かれたトランスデューサ内の音速を表す。

スキャナ 80 もまた偏光器 85 と並ぶ位置に配置され、材料経路 P に沿ってワークピース W が並進移動および回転移動する際に光線を狭い走査経路 () からワークピース W の表面 S に向けて比較的低い入射角度 () で方向付けるように構成された手段を備えることが好ましい。場合に応じて入射角度 () はワークピース W に対して実質的に垂直またはそれ未満であってもよいが、比較的低い入射角度 () は製品表面の垂直方向から 45° より大きく傾いていることが好ましい。つまり、入射角度 () はワークピース W の表面 S から 45° 未満であることが好ましい。また製品表面の垂直方向から 65° から 85° の範囲にあることが特に好ましい。

40

上記方向付け手段は、光線 B をレーザ 81 からワークピース W の表面 S に向けて向き付けるように配置された、ミラー 82、複数の光学レンズ 84、86 として図示されている。光線 B が AO 偏光器 85 から通過する際、光線 B はシリンダ形レンズ 84 を通過する。シリンダ形レンズ 84 は、製品表面が検査ゾーンを並進、回転移動する間の直線走査が好ましく実現されるように光線 B を角度的に方向付けるものである。遮断 (ストップ) 要素 87 は、AO 偏光器 85 に近接する位置に配置されたシリンダ形レンズ 84 と並ぶ位置にあり、ワークピース W の表面 S の走査にとって直線的に向き付けられていない光の比較的小さな部分を遮断する。当業者には明らかなように、シリンダ形レンズ 84 の後側に配置された光学レンズ 86 は、焦点、または f テータレンズであって、光線をワークピース W の表面 S 上に焦点させる。

50

本実施形態によるスキャナ80は、移動装置40、回転装置45に合わせて構成されている。好ましくはこれらは同期化され、その結果、材料経路Pに沿ってワークピースWが並進移動および回転移動する際に、ワークピースWの表面Sの螺旋形状狭角度走査が実現される(図5参照)。こうしてスキャナ80は、図3に最良に示されているような螺旋走査パターンを実現するための回転運動、直進方向、横方向、または並進運動(Y)によって、光線Bを中心から四方にひろがる方向に走査させる。

走査経路()の方向はワークピースWの並進移動(Y)の方向に一致することが好ましい。狭角度走査は回転するワークピースW、つまりウエハ、の外径から出発するのが好ましい。ワークピースWは所定速度、つまり一分間に約50回転(rpm)、で回転することが好ましい。その上にワークピースWが取り付けられたステージ要素43は、滑らかな螺旋が実現するように回転運動と同期するのが好ましい。径が減少するにつれ、音響光学偏光器85の走査率を実質的に一定に保つことができるよう、並進移動速度同様、回転速度も徐々に増大させられる。この走査過程は、比較的一定の回転速度、すなわち約200rpm、が保たれる最後の内側5回転まで継続される。所定の回転速度はシステムインバランスによる横方向または移行方向の潜在力を最小化することができよう決定される。回転装置45は、ワークピースWの表面Sが走査される間の並進移動の間、ワークピースWを回転させる速度を変化させるための手段、すなわち可変速度モータ46を備えることが好ましい。同様に、移動装置40は、ワークピースWの表面Sが走査される間の材料経路Pに沿った移動の間、ワークピースWを並進移動させる速度を変化させるための手段、すなわち可変速度モータ41を備える。

加えて、光線Bの光出力または光学的ゲインを、さまざまな表面特性に対して検査されるワークピースWのさまざまな部分で増大または減少させることもできる。つまり、ワークピースWの周辺のあまり重要でない部分では光学的ゲインを低下させる。光線Bの光出力または光学的ゲインを変化させることによって、システム性能の他の利点を提供することができるのみならず、凸凹さが増した表面領域、または表面内または上の粒子または傷を検出するためのシステム性能に影響を与える他の性質によって引き起こされる干渉を最小限に食い止めることもできる。本実施形態による表面検査システム20は、こうして、高度な空間解像度、高いスループット、対象平面における小さな視野を提供するものであって、それぞれ改良された端部検出性能および検査過程における改良された再現性能を提供する。

図1、3、3a、そして図6~7に最良に示されているように、ワークピース表面からの光を収集するための手段は、ワークピースWの表面Sからの正反射光を検出するための明チャンネル検出器110と、明チャンネル検出器110に隣接して置かれた、ワークピースWの表面Sからの散乱光を検出するための暗チャンネル検出器120を含むコレクタ100であることが好ましい。明チャンネル検出器110はPMTまたは光ダイオードとすることができる。しかし当業者には明らかなように、象限セルデバイス(quadrant-cell)、すなわち傷のような欠陥または粒子検出の間の反射光経路の偏向がX-Y座標で決定できるように構成された検出器であることが好ましい。このような象限セル検出器はカリフォルニア州カマリロ(Camarillo, California)のアドバンストフォニクス社(Advanced Photonix, Inc.)、先のシリコンディテクタ社(Silicon Detector Corp.)において製造されている。ここには特定の構成が示されているが、方形または複合のセル、すなわちバイセル(bi-cell)、のような他のさまざまな構成も可能であることは当業者にとって明らかである。暗チャンネル検出器120は、互いに隣接し、ワークピースWの表面Sからそれぞれ異なる所定の角度で散乱光成分を収集できるように配置された、複数のコレクタ121、123、125を含むことが好ましい。暗チャンネル検出器120の複数のコレクタ121、123、125は、互いに隣接する少なくとも2つのコレクタを有する仕切りされた光学素子を形成する。図示されたような複数のコレクタ121、123、125は、複合レンズや他のレンズ配列でもよいことは当業者にとって明らかである。複数のコレクタ121、123、125はそれぞれ、ワークピースWの表面Sからの散乱光成分を比較的小さな角度で収集すべく配置された一つの小角度コレクタと、小角度コレクタに隣接して

10

20

30

40

50

、比較中間的な角度においてワークピースWの表面Sからほぼ垂直に散乱された光成分を収集すべく配置された中角度コレクタと、中角度コレクタに隣接して、比較的大きな角度においてワークピースWの表面Sから後方散乱された光成分を収集すべく配置された大角度コレクタを含む。暗チャンネル検出器120はさらに、そのそれぞれが対応するコレクタ121、123、125と光学的に連絡のとれるような位置にある、小角度検出器122、中角度検出器124、および大角度検出器126と、さらに、小角度検出器122、中角度検出器124、および大角度検出器126に電氣的に接続され、それらの検出器からの電気信号を受け取ってワークピースWの表面Sにおける粒子の有無を決定するための手段を備える。

傷検出器130(図6参照)は、図示された反射経路から外れた光を受け取るように構成されている。ワークピースWの表面Sから光が反射されると、光は焦点レンズ112を通過して反射ミラー113にぶち当たる。図示されているように、反射ミラー113は光を集光器110の前方表面115に向けて方向付けする。前方表面115から反射された光は遮断要素116によって減衰または遮断される。しかしながらもし傷のような欠陥がワークピースWの表面S内で検出された場合は、反射光の主要部分が集光器110に向かう経路から外れて、反射ミラー113をバイパスして傷検出器130、すなわちPMTにぶち当たる。集光器110の決定手段は、図示されたような電気信号判別回路150(図3、図7参照)であることが好ましい。当業者には明らかなように、これは暗チャンネル検出器122、124、126、130から集められた光に応じた信号を受信する。

図1、図3、そして図6に最良に示されているように、複数のコレクタ121、123、125のそれぞれ相対角度a、b、cは、ワークピースWの表面Sからの反射光角度、および、走査の入射角度について発生した前方散乱光成分a、後方散乱光成分c、そして実質的な垂直散乱光成分bに関して決定されるのが好ましい。たとえば、入射角度が比較的低い場合、すなわち入射角度が水平方向から15°、または垂直方向から-75°の場合、前方散乱または小角度aは(垂直方向から)約+22°から+67°の範囲にある。実質的な垂直散乱または中角度bは(垂直方向から)約-25°から+20°の範囲にあり、後方散乱または大角度cは(垂直方向から)約-72°から-27°の範囲にある。粒子、微細片、または欠陥を検出する際は、たとえば、小角度コレクタ121は、検出された粒子、欠陥等に関するワークピース表面からの前方散乱aを受け取り、収集することができる位置に配置され、中角度コレクタ123実質的な垂直散乱bを受け取り、収集することができる位置に配置され、大角度コレクタ125は後方散乱cを受け取り、収集することができる位置に配置される。上記例の中では、入射方向に対してほぼ垂直な方向から近似的に約73°もの全角度を捕捉することができる。これは一仕切り当たり立体角約0.64ステラジアン(steradian)、あるいは全立体角が約1.92ステラジアンに相当する。これは従来の検出と比べれば実質的な改良である。

本実施形態における暗チャンネルコレクタ120は、研磨されたウエハや沈着フィルム等の上の表面Sおよび散乱粒子の特性を解析することが好ましい。ある条件、すなわち表面の凸凹さの許容レベルに最も関係したもの、が満足されるとき、表面からの散乱光の分布(BRDF)は次式で表現される。

$$BRDF = [16^{-2} \cos^2 \theta_i \cdot \cos^2 \theta_s \cdot Q \cdot S(f_x, f_y)] / 4$$

ここで、 θ_i は入射角、 θ_s は散乱角、Qは入射光の波長および偏極性における反射率、Sは表面の凸凹さに特徴的な電力スペクトル密度、 λ は入射光の波長、 f_x および f_y は以下の式によって入射角および散乱角を使って表される空間周波数である。

$$f_x = (\sin \theta_s \cdot \cos \theta_s - \sin \theta_i) / \lambda$$

$$f_y = (\sin \theta_s \cdot \sin \theta_s) / \lambda$$

これらの式において θ_i は常に入射平面における角度、 θ_s は方位角度を表す。BRDF曲線の形は $S(f_x, f_y)$ と、良い電力スペクトル密度情報が与えられたときの受入可能な結果を提供する以上の式におけるコサイン(cosine)項によって定義される。曲線の大きさは反射率によって決定付けられる。

製品表面の反射率と、その上で検出される粒子または欠陥は、検査された物質または粒子

10

20

30

40

50

、すなわちシリコンやアルミニウム、の誘電定数（誘電率）に依存する。また本実施形態において、P偏光によって照射された物質または粒子の反射率は、S偏光によって照射された物質または粒子の反射率とは異った特性を有する。P偏光によって照射された誘電体の反射率はある角度、すなわちブリュスタ角（Brewster's angle）、ではゼロである。ブリュスタ角は反射率指数（ n ）の関数であって、次式で与えられる。

$$\theta_b = \tan^{-1} n$$

金属と他の吸収性物質は、たとえば、類似する形の曲線を描く。しかしながら、P偏光に対する反射率は非ゼロの最小値に近づく。非ゼロの最小値が発生するところでの角度は擬ブリュスタ角または主角と呼ばれている。主角は複素誘電定数（ $n' = n - ik$ ）に依存し、逐次代入に基づく次式を評価することによって見出される。

$$(n^2 + k^2)^{1/2} = \sin^2 \theta_p / \cos \theta_p$$

たとえば、強い吸収体であるアルミニウムと高い指数を有する誘電体特性を示すシリコンとは異なるものの、両物質の主角は同一値、すなわち約78。（アルミニウムは78.1、シリコンは77.8。）に近い。興味のある他のすべての物質は、アルミニウムまたはシリコン未満の指数を有する。それゆえに、それらは78。以下の主角を有する。たとえば二酸化ケイ素は約1.65の反射率となっており、主角は58.8°である。誘電体フィルムの特性はまた基板やフィルムの厚さにも依存し、反射率曲線はいくつかの角度で極小値を示す。

B R D F 曲線からのこれらさまざまな値、反射率指数、そして誘電体定数、を表すデータは、表面検査システム20において粒子または欠陥を同定するための情報を決定するために使用できる。散乱角を決定するための相対的な信号対ノイズ比率は粒子応答を取り、そしてB R D F の平方根で割ることによって取得可能である。当業者には明らかではあるが、これは主なノイズ源が「ヘイズ（haze）」信号のポアソン揺らぎである極限的な場合における同等な信号対ノイズ比率を提供する。暗チャンネルコレクタ120から収集された光、すなわち散乱光、の結果として生じた角度を比較することは、この決定で補佐し、その後、粒子または欠陥をそれぞれ分類するためのデータテーブルにあるような、すでに知られた特性データと比較される。当業者には明らかではあるが、こうした比較ステップは所定のコマンド信号、すなわち構造ハードウェアまたは格納ディスクに記憶されたソフトウェアプログラム、に従って実行することが好ましい。

図1の斜視図と図7の略図の中に最良に示されているように、表面検査システム20はコンピュータ制御とすることが好ましい。システム制御装置50は人間作業員の監視および支持のもとに表面検査システム20を操作し、表面検査システム20によって生成されたデータを格納および検索し、そして所定のコマンドに基づいてデータ解析を実行するように構成されるのが好ましい。図示されたスキャナ組立部90はスキャナ80に協力するとともに、サーボ増幅器92に位置を送信するためのチャック検出器91を備える。検査中の製品の相対位置はモータ41、46とそれに取り付けられた符号器93を介してシステム制御装置50に伝えられる。位置データは、システムエレクトロニクスシャーシ70の一部を形成し、A O スキャンドライバ95を介して応答的にA O ディフレクター85を駆動するA O スキャン制御装置73に伝達される。

システムエレクトロニクスシャーシ70はシステム電源71を備え、暗チャンネル検出器120と明チャンネル検出器110のそれぞれから、散乱光および正反射光を表す信号を受信する。当業者には明らかなように、従来よりこれらのデータ信号はアナログ様式でフロントエンドエレクトロニクス75に電氣的に伝達され、デジタルフロントエンドエレクトロニクス74等によってデジタル様式に変換される。デジタルフロントエンドエレクトロニクス74はまたA O スキャン制御部74、システムバスインターフェース72、そしてパーソナルコンピュータ（P C）シャーシ60の差動インターフェース69、すなわち差動バス、と協力する。システムバスインターフェース72はまた表面検査システム50のレーザ電源51と連絡も行う。

P C シャーシ60はP C に電力を供給するためのP C 電源61を備える。P C シャーシ60はまたスキャナ組立部90のサーボ増幅器92と応答連絡している移動制御装置64と

10

20

30

40

50

、システム制御コンピュータ65、すなわちマイクロプロセッサまたは制御装置、とを備える。システム制御コンピュータ65はウエハハンドラ52と電氣的に連絡を取り合い、述べられたような検査中の製品またはウエハを据え付けたり、送ったりするために、応答的に所定コマンド信号を送受信するためのものであることが好ましい。システム制御コンピュータ65はまた、ハードディスクドライブ68、ディスプレイと連絡するディスプレイアダプタ67、そしてネットワークまたは他のシステム50のために構成されたイーサネットインタフェース66と連絡を取り合うようにすることもできる。イメージプロセッサ64は差動インタフェース69とシステム制御コンピュータ65とに電氣的に連絡しており、これは検査される製品と(または)その上の欠陥、割れ目、波状起伏、粒子等のイメージを処理するためのものである。当業者にとって明らかなように、図7に示された表面検査システム50は、これらのさまざまな成分、またはその組み合わせからなるソフトウェアとハードウェアの組み合わせとして形成される。

図1~図7において示されたように、本発明は、製品またはワークピースWの表面Sを欠陥について検査するための検査方法をも提供する。ワークピースWの表面Sを検査するための方法は、材料経路Pに沿ってワークピースWを回転および並進移動させることと、材料経路Pに沿ってワークピースWが移動する際に、ワークピースWの表面Sを横切って光の比較的狭い走査経路を走査することを含む。ワークピースWが材料経路Pに沿って回転移動および並進移動するステップは、ワークピースWの表面Sを実質的に螺旋形で走査するように、ワークピースWの表面Sを走査するステップと同期化されることが好ましい。ワークピースWの表面Sからの正反射光と散乱光はそれぞれ別々に収集される。収集された散乱光は少なくとも、ワークピースWの表面Sからの前方散乱光と後方散乱光とを含むものであることが好ましい。ワークピースWの表面S上の走査速度が実質的に一定になるように、ワークピースWの表面Sの走査中、少なくともワークピースWの回転移動速度、できればワークピースWの並進移動速度を変化させることが含まれる。また、ワークピースWの表面Sの走査中、走査光の光学的ゲインを変化させることが含まれる。

ワークピースWの表面Sを検査するためのもう一つの方法は、所定の、すなわち比較的狭い走査経路に沿って光線Bを偏向させることと、狭い走査経路からの偏向された光線Bを、比較的低い入射角度でワークピースWの表面Sに向けて向き付けすることを含む。また、この検査方法は、狭い走査経路が螺旋経路に沿ってワークピースWの全表面を横断するように、ワークピースWの回転走査および並進走査を分け与えることを含むのが好ましい。

ワークピースWの表面Sを検査するためのさらにもう一つの方法は、ワークピースWの表面Sを検査して、そのワークピース表面において検出される粒子についての情報を提供するための方法であって、ワークピースWの表面Sから反射された光を検出することと、複数の所定散乱角度a、b、cで配置された複数のコレクタ121、123、125を使用して、ワークピースWの表面Sから散乱された光を検出することを含むことが好ましい。また所定散乱角度における複数のコレクタの中の少なくとも2つの121、125は、それぞれワークピースWの表面Sからの前方散乱光および後方散乱光を収集できる位置にあることが好ましい。また、複数の所定散乱角度で検出された光に応じて、ワークピース内または上の粒子または欠陥を同定することが含まれる。

本発明によるワークピースWの表面Sの検査方法は、さらに、ワークピースWの表面Sからの前方散乱光成分を収集するように設定された第1の所定角度において散乱光を収集することと、ワークピースWの表面Sからの垂直散乱光成分を収集するように設定された第2の所定角度において散乱光を収集することと、ワークピースWの表面Sからの後方散乱光成分を収集するように設定された第3の所定角度において散乱光を収集することを含む。加えて、ワークピースWの表面Sを検査するための本発明による検査方法は、ワークピースWの表面Sを検査して、そのワークピース表面内または上で検出される粒子、欠陥、あるいは他の表面特性についての情報を提供するための方法であって、ワークピースWの表面Sからの散乱光を収集する際、収集された光に応じた信号を形成することができるような、近接する複数の所定散乱角度a、b、cに配置された複数のコレクタ121、123

10

20

30

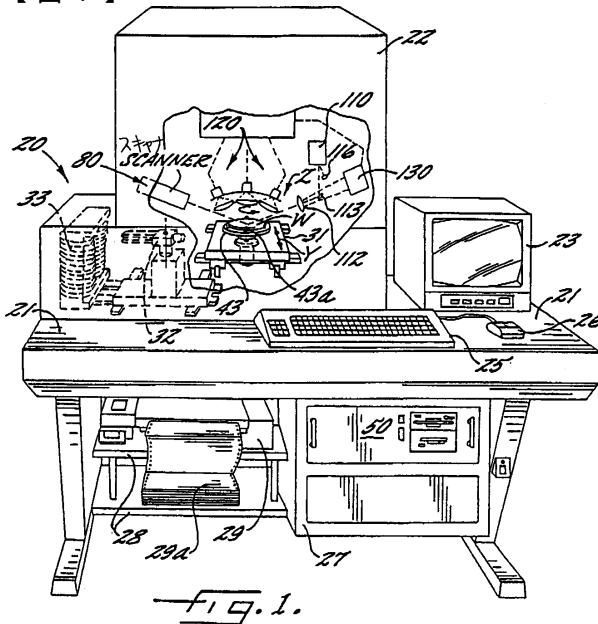
40

50

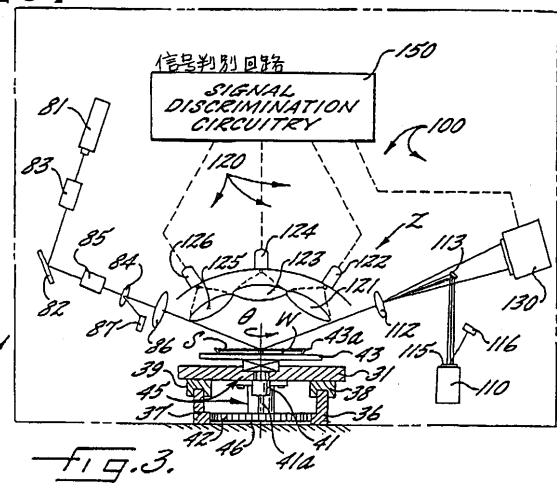
、125を用いて収集することが含まれるのが好ましい。所定散乱角度は、少なくとも前方散乱光および後方散乱光をそれぞれ収集することができるように、ワークピースWの表面Sに関して設定されるものであることが好ましい。また、収集された光に応じた信号は、ワークピースWの表面S上で検出される粒子または欠陥を同定するために、所定物質の誘電定数（たとえば誘電率）を表す所定データと比較されることが好ましい。

本図面および本明細書の中では、代表的な好ましい実施形態について開示されてきた。また、ここには特定の用語が使用されているが、これらの用語はあくまでも記述を明確にするためのものであって、限定するという意図はない。本発明は、さまざまな実施形態を使ってかなり詳細に記述されきた。しかしながら、さまざまな修正、変更が、請求の範囲によって記述される本発明の精神の範囲を越えることなくなされ得るものであることは明らか

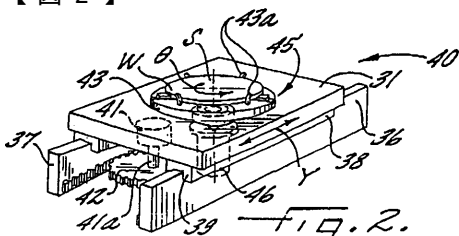
【図1】



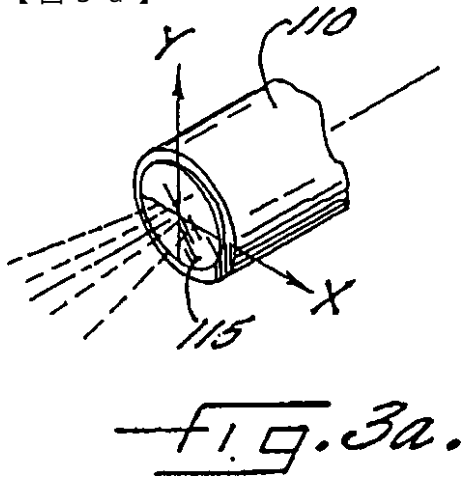
【図3】



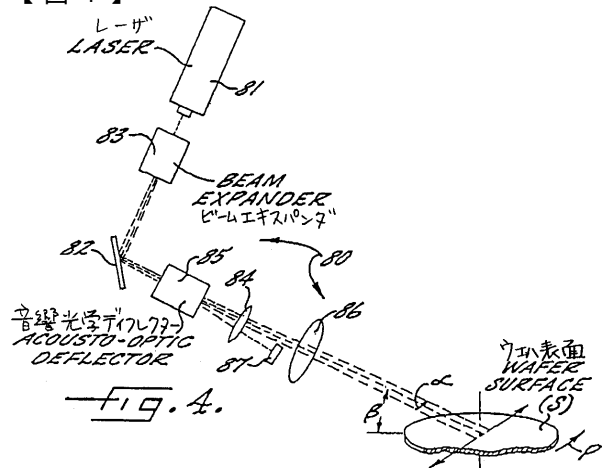
【図2】



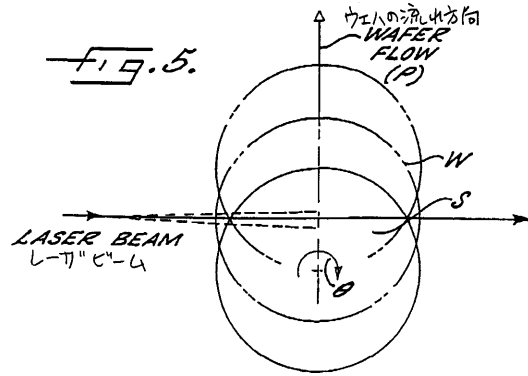
【 図 3 a 】



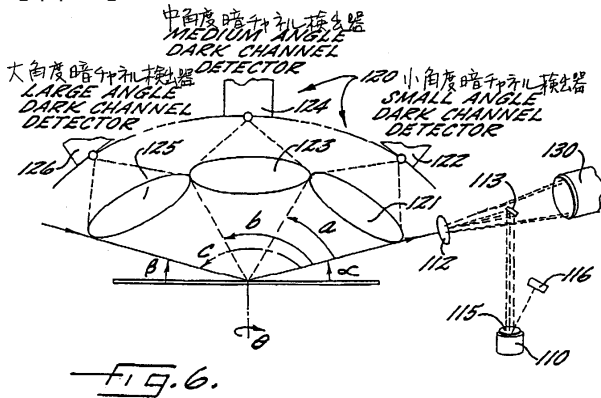
【 図 4 】



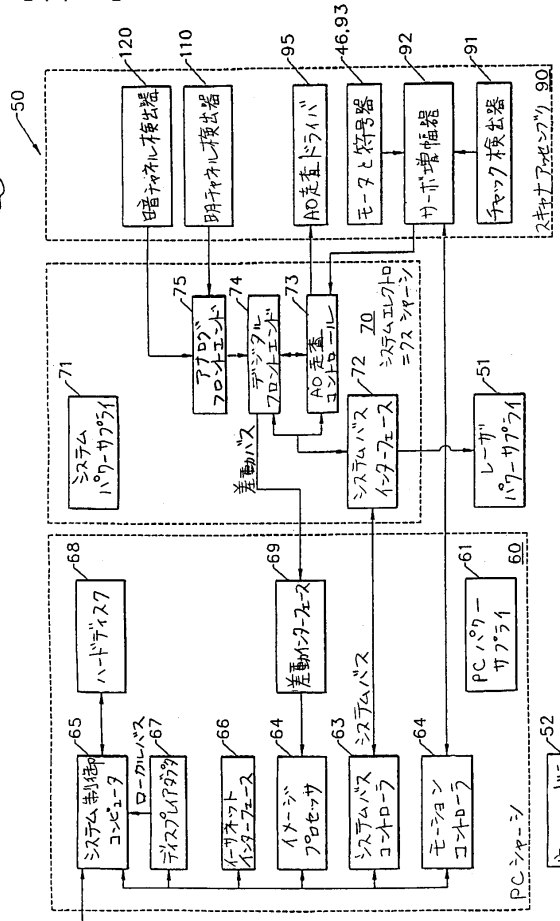
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 クレメンティ, リー・ディー
アメリカ合衆国、29710 サウス・キャロライナ、レイク・ワイリー、ポスト・オフィス・ボ
ックス 5214、キャロル・コーヴ 311
- (72)発明者 フォッシー, マイケル・イー
アメリカ合衆国、28270 ノース・キャロライナ、シャーロット、プロヴィデンス・スクエア
・ドライヴ 356

審査官 田邊 英治

- (56)参考文献 特開平05 - 332946 (JP, A)
特開平06 - 174655 (JP, A)
特開昭64 - 091009 (JP, A)
特開平05 - 288536 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/84 - 21/958
H01L 21/64 - 21/66