

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-33433

(P2007-33433A)

(43) 公開日 平成19年2月8日(2007.2.8)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 Z	2 F 0 6 5
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 B 11/30 A	2 G 0 5 1
HO 1 L 21/66 (2006.01)	HO 1 L 21/66 J	4 M 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2006-49488 (P2006-49488)	(71) 出願人	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18年2月27日 (2006.2.27)	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
(31) 優先権主張番号	特願2005-181400 (P2005-181400)	(72) 発明者	浦野 雄太 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
(32) 優先日	平成17年6月22日 (2005.6.22)	(72) 発明者	中野 博之 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	宇都 幸雄 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

最終頁に続く

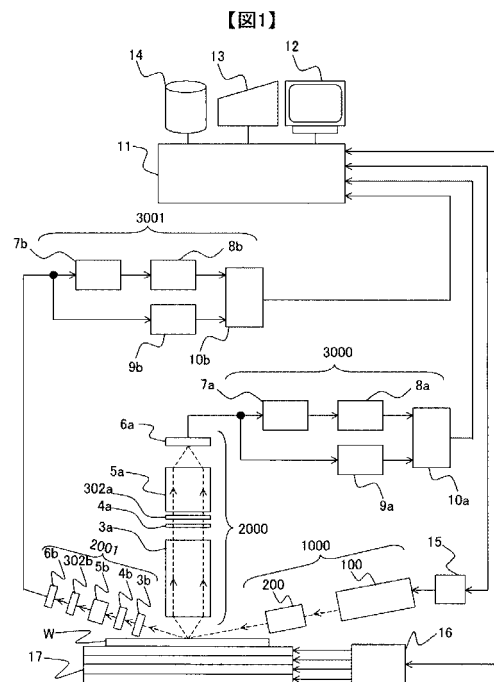
(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 酸化膜などの透明膜が存在する被検査対象に対して、回路パターンに起因するノイズを低減させることで、実害になる異物又は欠陥を高感度に検出可能とする。

【解決手段】 基板試料を載置してX-Y-Z-の各方向へ任意に移動可能なステージ部と、回路パターンを斜方から照射する照明系と、照明された検査領域を上方および斜方から検出器上に結像する結像光学系とを有し、該照明系の照射により前記回路パターン上に発生する散乱光および回折光を集光する。更に、回路パターンの直線部分からの回折光を遮光するためにフーリエ変換面上に設けた空間フィルタを有する。更に、上記検出器で受光された上記照射された試料上からの散乱反射光を電気信号に変換し、該変換された電気信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料上に一方向に長い形状に成形した光を斜め方向から照射し、

該一方向に長い形状に成形された光が照射された前記試料からの反射散乱光のうち前記試料に対して第 1 の仰角方向に反射散乱した光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出して第 1 の検出信号を得、

前記一方向に長い形状に成形された光が照射された前記試料からの反射散乱光のうち前記試料に対して前記第 1 の仰角方向よりも低い第 2 の仰角方向に反射散乱した光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出して第 2 の検出信号を得、

前記第 1 の検出信号と前記第 2 の検出信号とを処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

10

【請求項 2】

繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料上に一方向に長い形状に成形した光を斜め方向から照射し、

該一方向に長い形状に成形された光が照射された前記試料からの反射散乱光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出して検出信号を得、

該検出信号を処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出する方法であって、前記試料に応じて前記一方向に長い形状に成形した光を前記試料に照射する方位角を変えることを特徴とする欠陥検査方法。

20

【請求項 3】

繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料上に一方向に長い形状に成形した第 1 の光を第 1 の方位角で斜め方向から照射し、

前記試料上の前記第 1 の光を照射した領域に一方向に長い形状に成形した第 2 の光を第 2 の方位角で斜め方向から照射し、

該一方向に長い形状に成形された第 1 の光と第 2 の光とが照射された前記試料からの反射散乱光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出して検出信号を得、

該検出信号を処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

30

【請求項 4】

前記試料の表面は光学的に透明な膜で覆われており、前記検出信号を処理することにより、前記光学的に透明な膜の上に存在する欠陥と該透明な膜の下の欠陥をと識別することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の欠陥検査方法。

【請求項 5】

前記一方向に長い形状に成形された光が照射された前記試料からの後方散乱光を検出することにより、前記照射した光の波長よりも小さい異物を含む欠陥を検出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の欠陥検査方法。

【請求項 6】

繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料に光源から発射されたパルスレーザを斜め方向から照射し、

該パルスレーザが照射された前記試料からの反射散乱光のうち前記繰返しパターンからの散乱光を空間フィルタで遮光して検出し、

該検出して得た検出信号を処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出する方法であって、

前記光源から発射されたパルスレーザの 1 パルスを複数のパルスに分割することにより前記光源から発射されたパルスレーザの尖頭値を低減して前記試料に照射することを特徴とする欠陥検査方法。

40

【請求項 7】

前記光源から発射されたパルスレーザの 1 パルスを複数のパルスに分割することを、前記光源から発射されたパルスレーザを光路長の異なる複数の光路に導入することにより行

50

うことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥検査方法。

【請求項 8】

照明光を発射する光源と、
 繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料を載置するテーブル手段と、
 該光源から発射された照明光を一方向に長い形状に成形して前記テーブル手段に載置された前記試料上に斜め方向から照射する照射手段と、
 該照射手段により前記一方向に長い形状に成形された光が照射された前記試料からの反射散乱光のうち前記試料に対して第 1 の仰角方向に反射散乱した光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する第 1 の検出手段と、
 前記照射手段により前記一方向に長い形状に成形された光が照射された前記試料からの反射散乱光のうち前記試料に対して前記第 1 の仰角方向よりも低い第 2 の仰角方向に反射散乱した光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する第 2 の検出手段と、
 前記第 1 の検出手段で前記反射散乱光を検出して得た第 1 の検出信号と前記第 2 の検出手段で前記反射散乱光を検出して得た第 2 の検出信号とを処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出する信号処理手段と
 を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

10

【請求項 9】

照明光を発射する光源と、
 繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料を載置するテーブル手段と、
 該光源から発射された照明光を一方向に長い形状に成形して前記テーブル手段に載置された前記試料上に斜め方向から照射する照射手段と、
 該照射手段により一方向に長い形状に成形された光が照射された前記試料からの反射散乱光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する検出手段と、
 該検出手段で検出して得た検出信号を処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出する信号処理手段とを備えた装置であって、
 前記照射手段は前記光源から発射された照明光の光路を複数に分岐する光路分岐部と、該光路分岐部で分岐されてそれぞれの光路に入った光をそれぞれ一方向に長い形状に成形して前記試料に対して異なる方位角方向から照射する複数の照射部とを有することを特徴とする欠陥検査装置。

20

【請求項 10】

照明光を発射する光源と、
 繰返しパターンを含む回路パターンが形成された被検査対象基板を載置するテーブル手段と、
 該光源から発射された照明光を一方向に長い形状に成形して前記テーブル手段に載置された前記試料上に第 1 の方位角で斜め方向から照射する第 1 の照射手段と、
 前記試料上の前記第 1 の光を照射した領域に一方向に長い形状に成形した第 2 の光を第 2 の方位角で斜め方向から照射する第 2 の照射手段と、
 前記第 1 の照射手段と前記第 2 の照射手段とによりそれぞれ一方向に長い形状に成形された第 1 の光と第 2 の光とが照射された前記試料からの反射散乱光を前記繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する検出手段と、
 該検出手段で検出した信号を処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出する信号処理手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

30

40

【請求項 11】

前記光源はパルスレーザを発射し、前記照射手段は前記光源から発射されたパルスレーザの 1 パルスを複数のパルスに分割するパルス分割部を有し、該パルス分割部で複数のパルスに分割されたレーザを前記試料に照射することを特徴とする請求項 8 乃至 10 の何れかに記載の欠陥検査装置。

【請求項 12】

前記検出手段は、前記一方向に長い形状に成形された光が照射された試料からの反射散乱光のうち前記繰返しパターンからの散乱光を遮光する空間フィルタ部を備えたことを特

50

徴とする請求項 8 乃至 10 の何れかに記載の欠陥検査装置。

【請求項 13】

前記検出手段は、アンチブルーミング処理を施された TDI センサであることを特徴とする請求項 8 乃至 10 の何れかに記載の欠陥検査装置。

【請求項 14】

照明光を発射する光源と、

繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料を載置するテーブル手段と、

該光源から発射された照明光を前記テーブル手段に載置された前記試料上に斜め方向から照射する照射手段と、

該照射手段により照明光が照射された前記試料からの反射散乱光のうち前記繰返しパターンからの散乱光を空間フィルタで遮光して検出する検出手段と、

該検出手段で検出して得た検出信号を処理して前記試料上の異物を含む欠陥を検出する信号処理手段とを備えた装置であって、

前記光源はパルスレーザを発射し、前記照射手段は前記光源から発射されたパルスレーザの 1 パルスを複数のパルスに分割するパルス分割部を有し、該パルス分割部で複数のパルスに分割されたレーザを前記試料に照射することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 15】

前記パルス分割部は、前記光源から発射されたパルスレーザを光路長の異なる複数の光路に導入することにより前記光源から発射された 1 パルスのレーザを複数のパルスに分割することを特徴とする請求項 11 または 14 に記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体製造工程、液晶表示素子製造工程プリント基板製造工程等、基板上にパターンを形成して対象物を製作していく製造工程で発生する異物等の欠陥を検出し、分析して対策を施す製造工程における異物等の欠陥の発生状況を検査する欠陥検査装置およびその方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来半導体製造工程では、半導体基板（被検査対象基板）上に異物が存在すると配線の絶縁不良や短絡などの不良原因になり、さらに半導体素子が、微細化して半導体基板中に微細な異物が存在した場合にこの異物が、キャパシタの絶縁不良やゲート酸化膜などの破壊の原因にもなる。これらの異物は、搬送装置の可動部から発生するものや、人体から発生するもの、プロセスガスによる処理装置内で反応生成されたもの、薬品や材料に混入していたものなど種々の原因により種々の状態で混入される。

【0003】

同様の液晶表示素子製造工程でも、パターン上に異物が混入するなど、何らかの欠陥が生じると、表示素子として使えないものになってしまう。プリント基板の製造工程でも状況は同じであって、異物の混入はパターンの短絡、不良接続の原因になる。

従来この種の半導体基板上の異物を検出する技術の 1 つとして、特開昭 62-89336 号公報（特許文献 1）に記載されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、直前に検査した同一品種半導体基板の検査結果と比較することにより、パターンによる虚報を無くし、高感度かつ高信頼度な異物及び欠陥検査を可能にするものがある。また、特開昭 63-135848 号公報（特許文献 2）に開示されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、この検出した異物をレーザフォトルミネセンスあるいは 2 次 X 線分析（XMR）などの分析技術で分析するものがある。

【0004】

また、上記異物を検査する技術として、被検査対象基板にコヒーレント光を線状に成形

して照射し、被検査対象基板上の繰り返しパターンで反射散乱された光を空間フィルタで除去し繰り返し性を持たない異物や欠陥を強調して検出する方法が特開平5-218163号公報(特許文献3)および特開平6-258239号公報(特許文献4)に記載されている。

【0005】

また、被検査対象基板上に形成された回路パターンに対して該回路パターンの主要な直線群に対して45度傾けた方向から照射して主要な直線群からの0次回折光を対物レンズの開口内に入力させないようにした異物検査装置が、特開平1-117024号公報(特許文献5)において知られている。この従来技術3においては、主要な直線群ではない他の直線群を空間フィルタで遮光することについても記載されている。

10

【0006】

また、異物等の欠陥検査装置およびその方法に関する従来技術としては、特開平6-2324003号公報(従来技術6)、特開平8-271437号公報(従来技術7)および米国特許第6608676号公報(従来技術8)に記載されている技術が知られている。

【0007】

【特許文献1】特開昭62-89336号公報

【特許文献2】特開昭63-135848号公報

【特許文献3】特開平5-218163号公報

【特許文献4】特開平6-258239号公報

【特許文献5】特開平1-117024号公報

【特許文献6】特開平6-324003号公報

【特許文献7】特開平8-271437号公報

【特許文献8】米国特許第6608676号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記特許文献1~8に開示されている発明では、不規則な回路パターン部分では、パターンからの散乱光によって欠陥信号を見落とされ、感度が低下する課題があった。また、照明光を透過するような酸化膜等の透明膜が形成された上では、膜厚の変動によってパターン散乱光に明るさむらが生じ、感度がさらに低下する課題があった。

30

【0009】

本発明の目的は、上記課題を解決すべく、照明光を透過するような酸化膜が存在する被検査対象基板に対して、微小な異物等の欠陥を高速で、しかも高精度に検査できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明では、繰り返しパターンを含む回路パターンが形成された試料上に一方向に長い形状に成形した光を斜め方向から照射し、一方向に長い形状に成形された光が照射された試料からの反射散乱光のうち試料に対して第1の仰角方向に反射散乱した光を繰り返しパターンからの散乱光を遮光して検出して第1の検出信号を得、一方向に長い形状に成形された光が照射された試料からの反射散乱光のうち試料に対して第1の仰角方向よりも低い第2の仰角方向に反射散乱した光を繰り返しパターンからの散乱光を遮光して検出して第2の検出信号を得、第1の検出信号と第2の検出信号とを処理して試料上の異物を含む欠陥を検出する欠陥検査方法とした。

40

【0011】

また、本発明は、繰り返しパターンを含む回路パターンが形成された試料上に一方向に長い形状に成形した光を斜め方向から照射し、一方向に長い形状に成形された光が照射された試料からの反射散乱光を繰り返しパターンからの散乱光を遮光して検出して検出信号を得、検出信号を処理して試料上の異物を含む欠陥を検出する方法において、試料に応じて一

50

方向に長い形状に成形した光を試料に照射する方位角を変えるようにした。

【0012】

また、本発明では、繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料上に一方向に長い形状に成形した第1の光を第1の方位角で斜め方向から照射し、試料上の第1の光を照射した領域に一方向に長い形状に成形した第2の光を第2の方位角で斜め方向から照射し、一方向に長い形状に成形された第1の光と第2の光とが照射された試料からの反射散乱光を繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出して検出信号を得、検出信号を処理して試料上の異物を含む欠陥を検出する欠陥検査方法とした。

【0013】

また、本発明では、繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料に光源から発射されたパルスレーザを斜め方向から照射し、パルスレーザが照射された試料からの反射散乱光のうち繰返しパターンからの散乱光を空間フィルタで遮光して検出し、検出して得た検出信号を処理して試料上の異物を含む欠陥を検出する方法において、光源から発射されたパルスレーザの1パルスを複数のパルスに分割することにより光源から発射されたパルスレーザの尖頭値を低減して試料に照射するようにした。

10

【0014】

さらに、本発明では、欠陥検査装置を、照明光を発射する光源と、繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料を載置するテーブル手段と、光源から発射された照明光を一方向に長い形状に成形してテーブル手段に載置された試料上に斜め方向から照射する照射手段と、照射手段により一方向に長い形状に成形された光が照射された試料からの反射散乱光のうち試料に対して第1の仰角方向に反射散乱した光を繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する第1の検出手段と、照射手段により一方向に長い形状に成形された光が照射された試料からの反射散乱光のうち試料に対して第1の仰角方向よりも低い第2の仰角方向に反射散乱した光を繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する第2の検出手段と、第1の検出手段で反射散乱光を検出して得た第1の検出信号と第2の検出手段で反射散乱光を検出して得た第2の検出信号とを処理して試料上の異物を含む欠陥を検出する信号処理手段とを備えて構成した。

20

【0015】

さらに、本発明では、照明光を発射する光源と、繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料を載置するテーブル手段と、光源から発射された照明光を一方向に長い形状に成形してテーブル手段に載置された試料上に斜め方向から照射する照射手段と、照射手段により一方向に長い形状に成形された光が照射された試料からの反射散乱光を繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する検出手段と、検出手段で検出して得たにおいて、照射手段は光源から発射された照明光の光路を複数に分岐する光路分岐部と、光路分岐部で分岐されてそれぞれの光路に入った光をそれぞれ一方向に長い形状に成形して試料に対して異なる方位角方向から照射する複数の照射部とを有することを特徴とする。

30

【0016】

さらに、本発明では、欠陥検査装置を、照明光を発射する光源と、繰返しパターンを含む回路パターンが形成された被検査対象基板を載置するテーブル手段と、光源から発射された照明光を一方向に長い形状に成形して前記テーブル手段に載置された試料上に第1の方位角で斜め方向から照射する第1の照射手段と、試料上の前記第1の光を照射した領域に一方向に長い形状に成形した第2の光を第2の方位角で斜め方向から照射する第2の照射手段と、第1の照射手段と第2の照射手段とによりそれぞれ一方向に長い形状に成形された第1の光と第2の光とが照射された試料からの反射散乱光を繰返しパターンからの散乱光を遮光して検出する検出手段と、検出手段で検出した信号を処理して試料上の異物を含む欠陥を検出する信号処理手段とを備えて構成した。

40

【0017】

さらに、本発明では、照明光を発射する光源と、繰返しパターンを含む回路パターンが形成された試料を載置するテーブル手段と、光源から発射された照明光をテーブル手段に載置された試料上に斜め方向から照射する照射手段と、照射手段により照明光が照射され

50

た試料からの反射散乱光のうち繰返しパターンからの散乱光を空間フィルタで遮光して検出する検出手段と、検出手段で検出して得た検出信号を処理して試料上の異物を含む欠陥を検出する信号処理手段とを備えた欠陥検査装置において、光源はパルスレーザを発射し、照射手段は光源から発射されたパルスレーザの1パルスを複数のパルスに分割するパルス分割部を有し、パルス分割部で複数のパルスに分割されたレーザを試料に照射することを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、パターンからの回折光を低減でき、さらに、酸化膜などの透明膜がある場合の下地パターンからの回折光も低減できる、すなわち、下地パターンからの回折光を二次光源としてチップ間の膜厚むらに起因して変動する薄膜干渉強度の変化によるチップ間の検出信号強度のばらつきを低減することができるので、LSI被検査対象基板W上の基板上の異物や欠陥において、酸化膜などの透明膜が存在する場合であっても、微小な異物等の欠陥を高速で、しかも高精度に検査することができる。さらに、透明膜上の異物や欠陥と透明膜中の異物や欠陥を分離して検出することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

本発明に係る実施の形態を図1から図27を用いて説明する。

【0020】

図1は、本発明に係る異物等の欠陥を検査する欠陥検査装置の概略の構成を示す。X-Y-Z-ステージ17、X-Y-Z-ステージドライバ16、被検査物(半導体被検査対象基板)W、光源ドライバ15、斜方照明系1000、上方検出系2000、斜方検出系2001、欠陥判定用比較処理部3000および3001、コンピュータ11、ディスプレイ12、中央演算装置13、記憶装置14を備えて構成されている。

20

【0021】

まず、動作を説明する。まず、光源100から発射した光を照明光学系200を介してX-Y-Z-ステージ17に搭載した被検査対象基板Wに照射し、被検査対象基板Wからの散乱光のうち上方検出系2000の方向にむかった散乱光は対物レンズ3aで集光され、空間フィルタ4a、検出光光学フィルタ手段302a、結像レンズ5aを通して検出器6aで検出され光電変換される。一方、斜方検出系2001の方向に向かった散乱光は、対物レンズ3bで集光され、空間フィルタ4a、結像レンズ5b、検出光光学フィルタ手段302bを通して検出器6bで検出され光電変換される。

30

【0022】

このとき、被検査対象基板Wを搭載しているX-Y-Z-ステージ17を水平方向に移動させながら異物散乱光を検出することで、検出結果を二次元画像として得ることができる。得られた画像は、遅延回路7a、7bを通過した後に、各々メモリ8a、8bに記憶される。次に隣接チップにて検出された画像がメモリ9a、9bに記憶されると、各々比較回路10a、10bにより上記メモリ8a、8bおよびメモリ9a、9bに記憶された隣接チップの同一領域の画像が比較され、その差異から異物ないしは欠陥が判定される。パターンからの回折散乱光が、空間フィルタ4a、4bあるいは照明検出方向、偏光の選択により抑制されているなどの理由で十分小さい場合は、比較処理を行うことなく、あるしきい値以上の信号を欠陥と判定することも可能である。判定された結果は、コンピュータ11により、ディスプレイ12に表示されたり、記憶装置14に保存されたりする。また、中央演算装置13により、異物の大きさ、場所などの情報が特定される。

40

【0023】

照明光学系200は、ビームエキスパンダとシリンドリカルレンズを用いて被検査対象基板W上に光を照射するように構成されたものであり、上方検出系2000および斜方検出系、2001の焦点位置に光が照射されるように調整されている。本実施の形態では照射光の形状は長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームとした。

【0024】

50

ここで、光源 100 の選択手法としては、異物の検出感度を向上させる場合は、照明光源として波長が短い光源を使うほうが良いため、YAG レーザや Ar レーザ、UV レーザが適している。また、小形で安価な装置にする場合は、半導体レーザが適している。

【0025】

次に、上方検出系 2000 および斜方検出系 2001 は、斜方照明系 1000 によって照射された光のうち、被検査対象基板 W からの散乱光を検出器 6a、6b に集光・結像させるように対物レンズ 3a、3b 及び結像レンズ 5a、5b により構成されている。また、該上方検出系 2000 および斜方検出系 2001 は、フーリエ変換光学系を構成しており、上記被検査対象基板 W からの散乱光に対する光学処理、例えば、空間フィルタリングによる光学特性の変更・調整等もおこなえるようになっている。ここで、光学処理として空間フィルタリングを行う場合、照明光として平行光を用いるほうが異物の検出性能が向上するため、長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームとした。

10

【0026】

検出器 6a、6b、各々上方検出系 2000 および斜方検出系 2001 によって集光された散乱光を受光し、光電変換するために用いるものであり、例えば、TV カメラ、CCD リニアセンサ、または TDI センサないしはアンチブルーミング TDI センサ、およびホトマルアレイなどがある。

【0027】

ここで、検出器 6a、6b の選択方法としては、微弱な光を検出する場合はホトマルあるいは EBCCD (Electron Bombardment CCD)、EMCCD (Electron Multiplied CCD) 等の電子増倍機能を備えた CCD センサを用いると良い。また、2次元の像を高速に得るためには TV カメラが良く、上方検出系 2000 および斜方検出系 2001 が本実施形態のように結像系の場合は、TV カメラや CCD リニアセンサや TDI センサやエリア CMOS センサやリニア CMOS センサが良い。特に、信号出力を高速にするため、複数の信号出力ポートを持ち信号を並列に出力することができるものを用いるとよい。また、検出器 6a、6b で受光する光のダイナミックレンジが大きい場合、つまり、センサの飽和レベルを超える強度の光が入射する場合は、アンチブルーミング機能付きのセンサを用いると、飽和画素による周辺画素への影響を防ぐことができ、飽和領域近傍での異物等の欠陥検査が可能となる。特に、TDI センサとしては、アンチブルーミングタイプが望ましい。

20

30

【0028】

次に、欠陥判定用比較処理部 3000 は、隣接チップの同一領域の検出結果を比較し、欠陥ないしは異物を判定するもので、例えば、隣接チップの同一領域での検出画像の差画像を算出した後に 2 値化し、2 値化しきい値以上の信号を異物と判定するものである。この欠陥判定用比較処理部 3000 では、2 値化信号の大きさから異物の大きさも測定することができる。パターンからの回折散乱光が、空間フィルタ 4a、4b あるいは照明検出方向、偏光の選択により抑制されているなどの理由で欠陥からの回折散乱光に対して十分小さい場合は、比較処理を行うことなく、あるしきい値以上の信号を欠陥と判定する処理も可能である。

【0029】

次に、斜方照明系 1000、上方検出系 2000 そして斜方検出系 2001 について、図 2 ~ 図 18 および図 24 ~ 図 28 を用いて詳細に説明する。

40

【0030】

図 27 (a) は斜方照明系 1000 の構成、図 27 (b) は上方検出系 2000 および斜方検出系 2001 の構成を説明するためのブロック図である。斜方照明系 1000 は、光源 100 と、スリット状ビームを形成するためのレンズ系 (200a、200b、201a、201b) および、点線 L S O F で示した何れかの位置またはそれらのうちの複数の位置に配置される照明光光学フィルタ手段 301 によって構成される。

【0031】

照明光光学フィルタ手段 301 として、ND フィルタやアッテネータ等の光強度を調整

50

が可能な光学素子、あるいは偏光板や偏光ビームスプリッタや波長板等の偏光光学素子、あるいはバンドパスフィルタやダイクロイックミラー等の波長フィルタを用いることで、照明光の光強度、偏光特性、波長特性を制御することができる。

【0032】

また、光源として干渉性の高いレーザ光源を用いる場合、検査時にノイズとなるスペckルが発生しやすい。このspeckルを低減するため、照明光光学フィルタ手段301として照明光のコヒーレンシを低減する手段を備えていてもよい。コヒーレンシを低減する手段として、例えば、互いに光路長の異なる複数の光ファイバあるいは石英板あるいはガラス板等を用いて、各々が異なる光路長を持つ複数の光束を生成しこれを重ね合わせる方法、あるいは回転拡散板を用いる方法等がある。

10

【0033】

上方検出系2000および斜方検出系2001は、検出光を集光・結像するためのフーリエ変換レンズ系(3a、3b、5a、5b)、特定のフーリエ成分を遮光する空間フィルタ(4a、4b)、および点線LDOFで示した何れかの位置またはそれらのうちの複数の位置に配置される検出光光学フィルタ手段(302a、302b)によって構成される。検出光光学フィルタ手段302a、302bとして、NDフィルタやアッテネータ等の光強度を調整可能な光学素子、あるいは偏光板や偏光ビームスプリッタや波長板等の偏光光学素子、あるいはバンドパスフィルタやダイクロイックミラー等の波長フィルタを用いることで、検出光の光強度、偏光特性、波長特性を制御することができる。

【0034】

また、上方検出系2000と斜方検出系2001において検出光の強度が大きく異なる場合に一方の検出光がセンサのダイナミックレンジを外れて検査できなくなってしまう場合がある。これを防ぐためには、検出光光学フィルタ手段(302a、302b)として用いるNDフィルタやアッテネータ等の光強度調整手段の減衰率を独立に調整することによって、上方検出系2000と斜方検出系2001における検出光量のバランスをとり、同一の照明光を利用して上方検出系2000と斜方検出系2001による同時検査を行えばよい。

20

【0035】

図2は被検査対象基板Wに対する照明方向および検出方向を説明するための図である。被検査対象基板W上に形成されたパターンの主要な直線群の方向あるいは被検査対象基板W平面内でそれに直角な方向をx方向とし、被検査対象基板W平面内でx方向に垂直な方向をy方向とする。長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームは、xy面内に関しては、+x方向に対して角度(照明方位角)を成す方向を光線進行方向とし、±y方向をスリット状ビーム長手方向とするよう斜方照明系100を用いて形成される。また、照明の進行方向該被検査基板Wの法線方向から所定の傾きを有している。本実施の形態では、該被検査基板Wからの角度(照明仰角)で示すものとする。照明光の進行方向は、照明方位角と照明仰角によって表される。なお、照明光として、スリット状のビームLSにするのは、異物等の欠陥検査の高速化を実現するためである。検出の方向も同様に、検出方位角と仰角によって表される。

30

【0036】

図3は、前記長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームLSと、センサ検出領域SAと、ステージ走査方向Sの関係を示している。センサ検出領域SAの長手方向の幅は、前記長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームの照明領域LSに含まれる幅になっている。また、前記被検査対象基板Wを載置して走行させるステージの走査方向Sは、x方向を主走査方向(S1)、y方向を副走査方向(S2)とする。前記長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームLSの長手方向がステージの主走査方向S1に対してほぼ直角になるように照明される。

40

【0037】

上記光学系は、被検査対象基板Wに対しての角度を有して照明される。図5は照明方位角=0度の照明の照明方向を示している。

50

【0038】

図6は、進行方向方位角を+x方向(= 0度)とし、±y方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームLSを照明するための光学系を示している。レーザ光源100から射出された光を、凸レンズ200a、200bより構成されるビームエキスパンダで拡大したのち、円筒レンズ200cにより一方向を圧縮する。本発明では、この円柱レンズ200cを用いてx方向クリティカル、y方向コリメートの照明を実現している。

図14、図15は照明方位角 = 0度以外の照明を説明するための斜視図および側面図である(図は = 45度)。図15に示すように、円筒レンズを傾斜させることによって、被検査対象基板W上に形成されるスリット状ビーム形状LSの形状を保ったまま、任意の方位角の照明光を入射することが可能である。

10

【0039】

図7に上方検出系2000の構成を示す。上方検出系2000は、被検査対象基板W上の照明領域LSから射出した光を、対物レンズ3aで集光し、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光する空間フィルタ4a、結像レンズ5aを通して、TDIセンサ等の1次元検出器6aで検出するように構成される。空間フィルタ4aは、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光すべく、対物レンズ3の空間周波数領域、即ちフーリエ変換(射出瞳に相当する)の結像位置に置かれている。ここで、図3に示す被検査対象基板W上の照明領域LSが、リレーレンズを構成する対物レンズ3a、結像レンズ5aにより、検出器6a上に結像される。即ち、図3のSAは、TDIセンサ等の1次元検出器6a受光領域を示すものである。

20

【0040】

ここで、スリット状のビームLSの長手方向を、被検査対象基板Wに対してチップの配列方向に向け、且つS1方向の走査に対して直角にしたのは、センサ6aがTDIセンサの場合の積分方向とステージの走行方向とを平行に保つことができるようにして、しかも画像信号のチップ間比較を簡素化することができると共に欠陥位置座標の算出も容易に行うことができ、その結果異物等の欠陥検査の高速化を実現できるようにするためである。

【0041】

図4には、スリット状のビームLSによる照明とスリット状のビームLSの長手方向(= 90度あるいは270度)から検出を行う場合の斜方検出系2001による検出の方向の平面図を示す。

30

【0042】

図9および図10に斜方検出系2001の光学系の実施例を示す。斜方検出系2001は図9に示すように、スリット状のビームLSが照射された被検査対象基板Wを方位角270度の方向から検出を行う。図10は、斜方検出系2001の概略の構成を説明するための斜視図および側面図である。斜方検出系2001は、被検査対象基板W上の照明領域LSから射出した光を、対物レンズ3bで集光し、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光する空間フィルタ4b、結像レンズ5bを通して、TDIセンサ等の1次元検出器6bで検出するように構成されている。図10に示すように、被検査対象基板Wに対する検出方向の傾きに応じて検出器6bを長手方向に傾斜させることで、斜方から被検査対象基板W上の像を検出器上に結像することができる。

40

【0043】

図24(a)および(b)は、図9及び10を用いて説明した斜方検出系2000の変形例を示し、スリット状ビームLSの長手方向に垂直な方位角(= 0度あるいは180度)の方向から検出を行う斜方検出系2001(1)の光学系を説明するための図である。斜方検出系2001(1)は、被検査対象基板W上の照明領域LSから射出した光を、対物レンズ3b(1)で集光し、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光する空間フィルタ4b(1)、結像レンズ5b(1)を通して、TDIセンサ等の1次元検出器6b(1)で検出するように構成されている。検出器6b(1)が1次元検出器の場合、図24(a)のy'方向が検出器6b(1)の長手方向となる。図24(b)に示すように、被検査対象基板Wに対する検出方向の傾き()に応じて検出器6b(1)

50

)を長手方向と直角な方向に傾斜させることで、斜方から被検査対象基板W上の像を検出器6b(1)上に結像することができる。

【0044】

上記の方法では、検出の仰角が小さくなるにつれて、検出光の検出器6b(1)の感度面への入射角が大きくなる。この場合検出器6b(1)の感度面の特性によっては、検出光うちある割合が反射してしまい、十分に感度が得られないことがある。

【0045】

図24(a),(b)で説明したように検出器6b(1)を傾斜させず、図25(a),(b)に示すような斜方検出系2001(2)を用いて検出器6b(2)を検出光に垂直に設置することで、感度面への斜入射による感度低下を避けることが可能である。図25(a),(b)に示した構成において斜方検出系2001(2)は、被検査対象基板W上の照明領域LSから射出した光を、対物レンズ3b(2)で集光し、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光する空間フィルタ4b(2)、結像レンズ5b(2)、検出光光学フィルタ手段302b(2)を通して、TDIセンサ等の1次元検出器6b(2)で検出するように構成されているが、被検査対象基板W上での物面上の検出領域SAに対し、斜方検出系2001(2)の実質的な検出領域はSA2となり、視野中心からx方向にずれた位置では検出仰角による傾きの分フォーカスがずれる。このため、図25(a),(b)に示した斜方検出系2001(2)では検出器6b(2)として2次元検出器、あるいは2次元での結像が必要な蓄積ステージ数の大きいTDIセンサは適さない。しかし、リニアCCDなどの1次元検出器あるいは蓄積ステージ数の少ないTDIセンサで検出する場合は、x方向の視野が狭いため、波長と対物レンズ3b(2)のNAによって決まる焦点深度に比べてフォーカスのずれ量が小さく、像のぼけの影響が小さいため結像による検出が可能である。

【0046】

図25に示した斜方検出系2001(2)による視野SA2は、被検査対象基板上Wでは、検出仰角で投影され、対応する被検査対象基板上W上の検出領域SAはx方向に関して $1/\sin$ 倍拡大される。このように検出領域が拡大されることにより、単位時間当たりに検出器6b(2)で走査する面積を拡大することができ、被検査対象基板Wの検査を高速に行うことができる。

【0047】

逆に、単位時間当たりの検出領域を狭め、検出の分解能を高くすることで、高精度・高感度の検査を行いたい場合は、検出仰角により拡大する検出領域を狭める必要がある。その方法として、1つには、斜方検出系2001の光路上に設置した検出光光学フィルタ手段302b(2)として視野絞りを採用し、x方向の視野を狭める方法がある。第2の方法として、図26(a)に示すように、照明光のスリットビーム形状LSのx方向の幅を検出領域SAより狭くし、照明幅に相当する距離毎に信号蓄積を行うことで、検出画素の幅を照明光によって規定する。これにより、斜方検出系2001によって決まるSAの幅よりも狭めることができる。図26(b)は、検出領域SAによってx方向の検出の分解能を決める場合の検出領域SAとスリットビーム形状LSとの関係を示している。

図11および図12は $\theta = 0, 90, 180, 270$ 度以外の方位から検出する場合の斜方検出系2001(3)を示す図である。図11は検出の方向を説明する図である。図12に示すように、検出器6bを長手方向とそれに垂直な方向に2次元的に傾斜させることで、任意の方向から検出を行うことが可能である。

【0048】

次に、本発明に係る斜方照明系1000による照明光の方向と、上方検出系2000および斜方検出系2001の検出方向および検出NAとの関係について説明する。

【0049】

図17および図18に斜方検出系2001(4)の構成の一例を示す。斜方検出系2001は、被検査対象基板W上の照明領域LSから射出した光を、対物レンズ3bで集光し、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光する空間フィルタ4b

10

20

30

40

50

、結像レンズ 5 b を通して、T D I センサ等の 1 次元検出器 6 b で検出するように構成される。この例では、図 9 に示すように結像レンズ 5 b を大きな円形レンズ構造の一部で構成し、図 10 に示すように、対物レンズ 3 b、空間フィルタ 4 b、結像レンズ 5 b をそれぞれ被検査対象基板 W の表面と平行に配置し、被検査対象基板 W からの反射散乱光を被検査対象基板 W の上方で検出するような構成になっている。ここで、図 3 に示す被検査対象基板 W 上の照明領域 L S が、リレーレンズを構成する対物レンズ 3 b、空間フィルタ 4 b、結像レンズ 5 b により、検出器 6 b 上に結像される。即ち、図 3 の S A は、T D I センサ等の 1 次元検出器 6 a 受光領域を示すものである。

【 0 0 5 0 】

図 8 (a) は、照明方位角 θ の場合の、パターン P に対する照明方向 7 0 0 を示している。また、図 8 (b) の球面 9 0 0 は、仮想的なものであり、上方検出系 2 0 0 0 および斜方検出系 2 0 0 1 における対物レンズ 3 a、3 b の開口位置を考えるためのものである。この球面 9 0 0 と照明光 7 0 0 の交点が点 7 0 1 である。図 8 (c) は、方向 $\theta = 45$ 度の照明による回折光の射出の様子を示す。パターン P が y 軸に平行な非繰り返しパターンである場合、0 次回折光は、正反射光の射出方向 9 0 1 と仮想球面 9 0 0 との交点を点 7 0 3 として、パターン方向 (y 方向) を中心とし、照明点を頂点とする円錐の稜の方向に射出するため、仮想球面 9 0 0 との交点の軌跡は、この円錐の底面の円周上になる。従って、この軌跡を被検査対象基板 W の法線方向から見ると x 軸に平行な直線 7 0 4 になる。パターン P が y 軸に平行な非繰り返しパターンである場合、高次の回折光が、図 8 (c) において破線 7 0 5 によって示したように、パターン P の周期方向に均等間隔に射出する。回折光の強度は 0 次光の軌跡を示す直線 7 0 4 の近傍で大きくなる。

【 0 0 5 1 】

被検査対象基板 W の法線方向に対して傾いていない上方検出系 2 0 0 0 における対物レンズ 3 a の開口は、図 8 (c) に示す開口 8 0 0 となる。ここで、図 8 (c) に示すように、上方検出系 2 0 0 0 の光軸を被検査対象基板 W の表面に対して垂直にした場合、対物レンズ 3 a の開口数 (N A) と照明光の仰角 θ との関係は、図 8 (c) に示すように、主たる直線群が x および y 方向に向いた回路パターンからの x、および y 方向の 0 次の回折光 7 0 3 が対物レンズ 3 a の瞳に入射させない条件を元に設定されるべきである。即ち、照明の方向 7 0 0 の角度 θ を 0 度程度にし、対物レンズ 3 a の開口数 (N A) と照明光の仰角 θ との関係を次に示す (数 1) 式を満足するようにすることによって、非繰り返しパターンであっても、主たる直線群が x および y 方向に向いた回路パターンからの x、および y 方向の 0 次の回折光 7 0 4 を対物レンズ 3 a の開口 8 0 0 に入射させることをなくすることが可能となる。

【 0 0 5 2 】

$NA < \cos \theta \cdot \sin \theta$ かつ $NA < \cos \theta \cdot \sin (\theta / 2 - \theta_0)$ (数 1)
 なお、 θ_0 を 30° 以下にすれば、対物レンズ 3 a の開口数 (N A) を約 0 . 6 以下にすればよい。

【 0 0 5 3 】

これらの条件は、特に、欠陥検査装置として、メモリ L S I における非繰り返しパターンを有する周辺回路領域、マイコン等の L S I における非繰り返しパターンを有する C P U コア部領域および入出力部領域、および非繰り返しパターンを有するロジック L S I 等に対して有効になる。これら L S I パターンは、多くの場合、直角平行に (主要な直線群が直角に) パターンが形成されているため、これらの 0 次回折光が特定の方向に射出することになる。そこで、この射出した 0 次回折光を対物レンズ 3 a に入射させないようにすることで、これらの多くのパターンからの回折光が消去され、異物等の欠陥からの反射回折光のみの検出を容易にする。具体的には、回路パターンからの検出信号レベルが低下して異物等の欠陥を高感度で検出可能となる。当然、繰り返しパターンの場合、高次 (1 次、2 次、3 次、 \dots) の回折光は対物レンズ 3 a の開口 8 0 0 に入射されることになるので、この高次の回折光は、図 8 (c) 平行な直線群 7 0 5 として現れることになる。そこで、このような高次の回折光を細帯状の空間フィルタ 4 a で遮光することによって、消

去することも可能である。被検査対象基板W上に形成されたパターンの寸法および形状によって、回折光の間隔や位置が異なる。空間フィルタ4aとして、特開平5-218163号公報および特開平6-258239号公報に記載されているように、遮光パターンを変更できるものを用いれば、間隔や位置の異なる回折光に対応することができる。また、空間フィルタ202として、遮光パターンが異なるものを用意しておいて、回路パターンに応じて切り換えてもよい。また、液晶素子やデジタルミラーデバイスのように電氣的に制御することのできる光学素子を用いれば、フィルタ形状・寸法を動的に変化させることが可能である。

【0054】

被検査対象基板Wの法線方向に対して傾斜している斜方検出系2001における対物レンズ3b開口は、図8(c)に示す開口801となる。ここでは、検出方位角270度の場合を示す。ここで、斜方検出系2001の光軸を水平から傾けた理由は、被検査対象基板Wの法線方向に対して傾斜していない検出光学系部2000と比較し、より高次の回折光を検出しないためである。

【0055】

次に、照明と検出の方位について説明する。一般に、照明波長と同程度以上の直径の粒子による散乱は、照明の進行方向に近い前方散乱の割合が大きくなる。それに対し、照明波長より小さい(例えば1/4以下程度)の直径の粒子による散乱は、全方位に等方的に分布する。従って、波長と同程度以上の大きさの異物あるいは欠陥を検査対象としたい場合は、前方散乱を多く検出するように照明・検出の方位を設定すればよい。また、波長より十分小さい異物あるいは欠陥を高感度に検査したい場合は、検査の妨げとなるパターン散乱光を検出しにくい側方あるいは後方散乱を多く検出するように照明・検出の方位を設定すればよい。

図13に示すように、0度方向からの検出(検出の方位角0度)に対し、方位角<90度方向の照明光(照明A)を入射することにより前方散乱光を、方位角=90度付近の方向の照明光(照明C)を入射することにより側方散乱光を、方位角>90度方向の照明光(照明C)を入射することで後方散乱光をそれぞれ検出することができる。このように、照明方向を切り替えることで異物あるいは欠陥のサイズに対する感度特性を変更可能である。さらに、方位角<90度方向、>90度方向の照明を同時に入射することで、波長より十分小さい欠陥と波長と同程度以上の大きさの欠陥をバランスよく検出することが可能となる。図13は一例として=45度付近(照明A)、90度付近(照明C)および135度付近(照明C)の照明方向と、=0度の検出方向との関係を示している。

【0056】

図29に、方位角の異なる2方向から照明する場合の照明光学系と検出光学系との位置関係を示す。斜方照明系1000'は図1に示した斜方照明系1000とほぼ同じ機能を有するが、光源100とレンズ系200との間に光路分岐素子150を備えた点が異なる。この構成において、光源100から発射した照明光は光路分岐素子150(例えばビームスプリッタなど)に入射して光路を二つに分岐され、一方はレンズ系200に入射し、他方はレンズ系200'に入射してそれぞれ被検査対象基板Wの同じ箇所、即ち図13に示した領域LSを同時に線状に照明する。ここで、レンズ系200'は、レンズ系200に準ずる構成をしている。

【0057】

この照明により領域LSから反射散乱された光は、上方検出系2000と斜方検出系2001にそれぞれ入射して検出される。上方検出系2000と斜方検出系2001とでそれぞれ検出された信号は、図1を用いて説明した処理と同じように処理される。光源100を共有することにより、レンズ系200とレンズ系200'とにより、被検査対象基板W上に照射される光は同じ特性を有するために、上方検出系2000と斜方検出系2001とでそれぞれ検出された信号の処理は、別々の光源を用いた場合に比べて比較的容易になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

一方、図 29 に示した構成において、光路分岐素子 150 に全反射ミラーを用いて入射した光を二つの光路の何れかに切替えて出射させるるように構成することにより、照明の方位角を切替えて被検査対象基板 W を照明することができる。また、図 29 に示した構成において、検出系としては、上方検出系 2000 または斜方検出系 2001 の何れか一方で検出するように構成しても良い。

【 0 0 5 9 】

図 16 に本発明による検査装置の第 1 の変形例を示す。X-Y-Z- ステージ 17、X-Y-Z- ステージドライバ 16、被検査物（半導体被検査対象基板）W、光源ドライバ 15、斜方照明系 1000、斜方検出系 2001、欠陥判定用比較処理部 3000、コンピュータ 11、ディスプレイ 12、中央演算装置 13、記憶装置 14 から構成されている。本変形例の構成においては、図 1 に示した構成において説明した上方検出系 2000 を有しない点が、前記実施例と異なっている。上方検出系を有しないため、前記実施例より安価に構成でき、なおかつ透明膜が形成された被検査基板に対して高感度に検査を行うことができる。図 16 に示した構成において、図 1 と同じ番号を付した構成は、図 1 を用いて説明したのと同じ機能を有する。この第 1 の変形例においても、図 29 で説明したような斜方照明系 1000' とレンズ系 200' とで構成されて方位角が異なる 2 方向から被検査対象基板 W を照明する照明光学系を適用することができる。

【 0 0 6 0 】

図 28 に上記実施例の第 2 の変形例を示す。本変形例における欠陥検査装置は、X-Y-Z- ステージ 17、X-Y-Z- ステージドライバ 16、被検査物（半導体被検査対象基板）W、光源ドライバ 15、斜方照明系 1000、斜方検出系 2001、2001'、欠陥判定用比較処理部 3001、3001' コンピュータ 11、ディスプレイ 12、中央演算装置 13、記憶装置 14 を備えて構成されている。本変形例における構成は、図 1 の構成で説明した上方検出系 2000 に相当する検出光学系を持たず、斜方検出系を 2001 と 2001' との 2 式備え、それぞれの斜方検出系に対応する欠陥判定用比較処理部 3001、3001' を備えている点が、図 1 に示した実施例と異なっている。欠陥判定用比較処理部 3001' を構成する遅延回路 7b'、メモリ 8b'、メモリ 9b' および比較回路 10b' は、図 1 の構成で説明した欠陥判定用比較処理部 3001 の遅延回路 7b、メモリ 8b、メモリ 9b および比較回路 10b と同じ機能を有している。この構成において、2 つの斜方検出系 2001 と 2001' とをそれぞれ異なる検出方位角に設定することで、前方散乱検出あるいは後方散乱検出を同時に行うことができる。さらに、前方散乱検出による欠陥信号と、後方散乱検出による欠陥信号とを比較することによって、欠陥の大きさを推定することができる。これは具体的には例えば、欠陥の大きさが大きくなるほど前方散乱検出による欠陥信号の比率が大きくなるという散乱角度分布の性質を利用することで可能である。

【 0 0 6 1 】

以上述べた構成により、斜方検出系 2001 によって検出されるパターンからの光強度を、上方検出系 2000 によって検出されるパターンからの光強度に対して、相対的に小さくすることができる。さらに、前記の実施の形態において、照明光の仰角、偏光、検出の仰角、偏光を適切に選択することで、被検査対象基板 W に透明膜が形成されている場合の欠陥検出感度を向上することが可能である。これを、図 19 から図 22 を用いて説明する。

まず、照明光の仰角と偏光の選択について述べる。図 22 (a) に空気からシリコン酸化膜 (SiO₂) へ光を入射した場合の、入射角に対する膜中への透過率を、S 偏光と P 偏光それぞれについて示す。S 偏光、P 偏光ともに入射角が大きいくほど膜中に透過する割合が小さくなり、また S 偏光の方が P 偏光より膜中に透過する割合が小さい。従って、照明光の仰角を小さくすることで、膜で反射する光強度に対し、膜中へ進入する光強度を小さくすることができる。さらに、S 偏光を用いることで、膜中へ進入する光強度をより小さくすることができる。膜中への透過率は、例えば、 $\theta = 5$ 度の場合、S 偏光では 28

10

20

30

40

50

%、P偏光では50%、θ = 3度の場合、S偏光では18%、P偏光では34%となる。これにより、膜中に形成されたパターンに対して、膜上の欠陥を相対的に強く光らせることで、膜上の欠陥信号を、膜中パターンからの散乱回折光信号に隠れることなく高感度に検出することができる。照明の偏光方向の選択は、照明光学系200に波長板あるいは偏光板を設置し、これらを制御することで実施する。

上記の低仰角照明によって、膜中パターンからの信号強度を低減することができるが、検出したい欠陥の大きさに比べてパターンが大きい場合などはなお、透明膜中のパターンからの回折・散乱光が、欠陥と比較して大きな信号強度で検出される。

図22(b)に示すように、透明膜中から出射する光についても同様に、低角で出射する光強度が小さくなる。従って、斜方検出系2001の検出仰角θを小さくすることで、透明膜中のパターンからの散乱強度をさらに小さくすることができる。さらに、S偏光成分を選択的に検出する、あるいは照明の偏光状態をS偏光とすることで、透明膜中のパターンからの散乱強度をより小さくすることができる。例えば、検出する偏光をS偏光とする場合、検出仰角θを15度とすれば、被検査対象基板Wの法線方向から検出を行う場合と比較して、膜中パターンからの信号強度を60%に低減することができる。検出する偏光の選択は、検出光光学フィルタ302bとして特定の偏光状態を選択的に透過させる検光子を設置することで実施可能である。

上記、低仰角照明、低仰角検出によって、膜中パターンからの信号強度を大きく低減することができるが、透明膜上の欠陥のみを選択的に検出することが可能となる。

また、被検査物W上で透明膜の厚さにばらつきがある場合、薄膜干渉によって、検出されるパターンからの回折・散乱光の強度が変動する。欠陥判定時の比較処理の際に誤って欠陥とみなされることで虚報となり、検査感度低下の要因となる。そこで、検出の仰角θを透明膜の屈折率で決まるブリュースター角の近傍とし、P偏光成分を選択検出することにより、透明膜の膜厚差によって透明膜中のパターンに生じる明るさむらを低減することができる。この方法で、膜中パターンの欠陥を高感度に検出することができる。この方法の原理を、図19から図21を用いて説明する。

【0062】

図19は透明薄膜による薄膜干渉を説明するための図である。斜方照明系1000によって照明されたパターンは、ある角度分布を持つ回折・散乱光を生じる。図19(a)には、透明膜と空気との界面への入射角がθ₁、透明膜から空気への出射角がθ₀となる回折・散乱光成分、すなわち被検査基板Wの法線に対して角度θ₀傾いた方向で観測される光成分のたどる光路を示した。空気と透明膜との界面(界面1)で反射を起こさず透過した光と、界面1でn回反射を起こした後透過する光との間で干渉が起こる。膜厚が変わると互いの光路差が変化するため、膜厚によって強めあいや弱めあいが起き、明るさむらとして観測される。

【0063】

図19(a)に示した構成において、膜中パターンから生じる回折・散乱光の振幅をa₀、媒質1から媒質0へ入射する光の振幅反射率、振幅透過率をそれぞれr₁₀、t₁₀、媒質1から媒質2へ入射する光の振幅反射率をr₁₂と置くと、被検査基板Wの法線に対してθ₀傾いた方向で観測される光成分すなわち光束0~光束nの干渉波の振幅は以下の(数2)で表される。数2より被検査基板Wの法線に対してθ₀傾いた方向の干渉光の強度Iは(数3)のように求められる。

【0064】

【数2】

$$at_{10} \sum_{n=0}^{\infty} [r_{10}r_{12} \exp(i\delta)]^n \quad \dots \quad \text{(数2)}$$

【0065】

【数3】

$$I = \frac{(at_{10})^2}{1 + (r_{10}r_{12})^2 - 2r_{10}r_{12} \cos \delta} \frac{N_0 \cos \varphi_0}{N_1 \cos \varphi_1} \dots (\text{数3})$$

ここで、上記振幅反射率振幅透過率は、媒質の屈折率と界面への入射角に依存し、フレネルの公式から求められる。(数2)、(数3)の δ は隣り合う透過光の間の位相差であり、媒質1の屈折率 N_1 と膜厚 d_1 、回折・散乱光の波長 λ を用いて(数4)で表される。(数3)、(数4)から、膜厚が変化することによって干渉光の強度が変化することが分かる。図19(b)に、膜厚の変動に対する干渉光の明るさの変化の一例を示す。

10

【0066】

【数4】

$$\delta = 4\pi N_1 d_1 \cos \varphi_1 / \lambda \dots (\text{数4})$$

(数3)から、膜厚による明るさむらの大きさは \cos の項の係数 $r_{10}r_{12}$ に依存し、 $r_{10}r_{12}$ の絶対値を小さくすれば明るさむらが小さくなることが分かる。ここで、 $r_{10}r_{12}$ の絶対値を小さくすることは、図19(a)において、光束0と干渉を起こす光束 n ($n=1, 2, 3, \dots$)の振幅を低減させることに対応する。

【0067】

図20(a)は、媒質0が空気、媒質1がシリコン酸化膜(SiO_2)、媒質2がシリコン基板(Si)の場合の界面1による振幅反射率 r_{10} の θ_0 依存性を、S偏光に対して示したグラフであり、図20(b)はP偏光に対して示したグラフである。図20(c)に、媒質0が空気、媒質1がシリコン酸化膜(SiO_2)、媒質2がシリコン基板(Si)の場合に、膜中パターンから発し、界面1から角度 θ_0 の方向に出射する光の強度変動の幅を示す。図20(c)の実線は位相差 δ が0度の場合、破線は位相差 δ が180度の場合の干渉光強度である。これらの差が干渉光の強度変動すなわち明るさむらの大きさであり、これを一点鎖線で示した。 $\theta_0 = 56$ 度付近の角度(ブリュースター角)のときP偏光の振幅反射率が0になる。よって、ブリュースター角の方向に出射する回折・散乱光のP偏光成分は膜厚変動による明るさむらが起こらない。

20

また、 θ_0 がブリュースター角近傍のとき、P偏光の振幅反射率は0に近くなる。よって、ブリュースター角に近い方向に出射する回折・散乱光のP偏光成分の膜厚変動による明るさむらは非常に小さくなる。例えば、図20(b)の条件下では、 $\theta_0 = 90$ 度での明るさむらの大きさを1とした場合、ブリュースター角近傍の角度幅5度、10度、15度の範囲に出射する光の明るさむらの大きさはそれぞれ、5%、9%、14%となる。

30

【0068】

同様に、 θ_1 が界面2のブリュースター角となるような角度に θ_0 を設定することで、P偏光に対する界面2での反射率 r_{12} を0に近づけ、明るさむらを低減することが可能である。

また、半導体プロセスに用いられることの多いシリコン酸化膜(SiO_2)やシリコン窒化膜(Si_3N_4)等の透明膜は、DUV、UV、可視光を含む波長領域(200nm以上700nm以下)で屈折率が大きく変わらないため、上記の色むら低減方法はDUV、UV、可視光を含む多波長照明や広帯域照明や白色照明を用いた際にも有効である。この第2の変形例においても、図29で説明したような斜方照明系1000'とレンズ系200'とで構成されて方位角が異なる2方向から被検査対象基板Wを照明する照明光学系を適用することができる。またこの場合、照明の方位角と検出の仰角との組み合わせを選択して検出することもできる。これにより、検出したい欠陥に応じた照明の方位角と検出の仰角を選ぶことができ、検出の効率や精度を向上させることができる。

40

【0069】

また、図1に示した構成において検出光光学フィルタ手段302bを用いて斜方照明系1000による照明光をP偏光とすると、被検査対象基板Wからの回折・散乱光に占める

50

P 偏光成分の割合が大きくなるため、P 偏光成分のみを検出する場合の検出光量を増加させることができ、特に膜中パターンの欠陥を高感度に検出することができる。

【0070】

前記構成を用いて上記明るさを低減した検出を行うには、被検査対象基板 W 法線と成す角が上記プリュースター角に相当する角度 θ_0 となる方向に出射する回折・散乱光の P 偏光成分を選択的に検出すればよい。上記角度 θ_0 の方向が上方検出系 2000 の対物レンズ 3a の NA で集光される角度範囲に含まれていれば、これを上方検出系 2000 で行うことができる。上記角度 θ_0 の方向が上方検出系 2000 の対物レンズ 3a の NA で集光される角度範囲に含まれていない場合、これを斜方検出系 2001 で行うことができる。

10

【0071】

半導体プロセスに多く用いられるシリコン酸化膜 (SiO₂) やシリコン窒化膜 (Si₃N₄) 等の透明膜の DUV、UV、可視光領域での屈折率は 1 より大であるため、これらの透明膜と空気の界面におけるプリュースター角は空気側の出射角で 45 度より大である。従って、図 1 に示した構成において上方検出系 2000 でこの出射角の回折・散乱光を検出するには、対物レンズ 3a として少なくとも NA 0.7 以上の高 NA のものを用いる必要がある。上記角度 θ_0 の方向を含む高 NA の対物レンズ 3a を用い、空間フィルタ 4a として、図 21 (a) ~ (c) に示す高仰角選択検出用の空間フィルタ (図 21 (a))、中仰角選択検出用の空間フィルタ (図 21 (b)) 及び低仰角選択検出用の空間フィルタ (図 21 (c)) のような全ての方位角について特定の仰角範囲の回折・散乱光を通す空間フィルタ手段を用いることによって、角度 θ_0 の方向の出射光のみを選択的に透過し、検光子を用いて P 偏光のみを検出することで明るさを低減した欠陥検出を行うことができる。この場合、斜方検出系 2000 を用いることなく、透明膜の形成された被検査基板 W を高感度に検査することが可能である。また、被検査基板 W 法線と成す角が θ_0 の全方位角の回折・散乱光成分を検出することができるため、検出光量が大きいという利点がある。

20

【0072】

上記角度 θ_0 の方向が上方検出系 2000 の対物レンズ 3a の NA で集光される角度範囲に含まれない場合、斜方検出系 2001 の検出仰角 θ_1 を角度 θ_0 に対応する角度に設定し、検光子によって P 偏光成分のみを透過させることで、明るさを低減した欠陥検出を行うことができる。この場合、対物レンズ 3a として高 NA のものを用いる必要がなく、上方検出系 2000 を安価に構成することが可能である。また、上方検出系 2000 の NA を制限する必要がないため、斜方検出系 2001 によって被検査基板 W 上の透明膜形成領域を高感度に検査し、上方検出系 2000 によって、透明膜による明るさを問題にならない領域を高感度に検査することが可能である。

30

【0073】

また、図 23 (a) に示すように、上方検出系 2000 あるいは図 28 に示した高仰角検出用の斜方検出系 2001' を用いた P 偏光プリュースター角検出による膜上および膜中欠陥の検出と、斜方検出系 2001 を用いた低仰角検出による膜上欠陥検出を同時に行い、図 23 (b) に示すように、検出結果の論理演算を行うことで、膜上欠陥と膜中欠陥の同時検出、膜上欠陥・膜中欠陥の分類による膜上欠陥のみの検出、膜中欠陥のみの検出が可能となる。

40

【0074】

次に、光源 100 として、KrF レーザや ArF レーザなどの UV レーザを用いた場合の図 1、図 16 及び図 28 に示した構成における照明光学系 200 の変形例について、図 30 乃至図 33 を用いて説明する。

【0075】

0.1 μm 以下の微小粒子で発生する散乱光量は、照明波長の 4 乗に反比例するため、短波長化により高感度化が可能となる。欠陥の検出感度を上げるためには、照明光源としてより波長の短い UV レーザを用いる。

50

【0076】

UVレーザとしてパルス発振レーザを用いる場合、パルス発振レーザは必要な平均出力に対して、尖頭値（最大出力）は非常に大きくなる。例えば、平均出力2[W]、発光周波数100MHzでパルス間隔10[ns]、パルス幅10[ps]のレーザの場合、尖頭値（最大出力）は2[kW]にもなり、試料にダメージを与える恐れがある。このために、平均出力を維持したままで尖頭値（最大出力）を低減させることが望ましい。

【0077】

この平均出力を維持した状態で尖頭値を低減させる方法として、本変形例では、図30(a)および(b)に示すように、光源100から発射されたレーザビームをレンズ系200a、200bで構成されるビームエキスパンダで拡大し、パルス分岐光学系220に入射させて光路長が異なる複数の光路に分岐することで、光源から発射された1パルス分のレーザビームを尖頭値がほぼ同じ複数のパルスに分割し、この分割した複数のパルスレーザをスリット状ビームを形成するためのレンズ系200a、200b、200cを介して被検査対象基板Wに照射するようにした。

【0078】

また、パルスレーザビームを複数に分割して照射することにより、例えば、被検査対象基板Wを載置するX-Y-Z-ステージ17の移動速度を毎秒15cm、検出器6aまたは6bの1画素あたりの検出視野を1μmとし、発光周波数100MHzのUVパルスレーザビームを上記した条件で複数に分割して照射すると、検出器6aまたは6bの1画素で検出する領域に100パルスを超えるレーザビームが重ねて照射されるので、レーザビームにより発生するスペックルノイズを時間的に平均化して撮像することができ、ノイズが低減された画像を得ることができる。

【0079】

パルス光分割光学系220は、図31(a)に示すように、1/4波長板221a、221b、PBS（偏向ビームスプリッタ）222a、222bとミラー223a、223bの組合せで構成する。レンズ系200a、200bで構成されるビームエキスパンダで拡大されて直線偏光（この例ではP偏光）で入射したレーザビームを1/4波長板221aで楕円偏光にし、偏光ビームスプリッタ222aでP偏光とS偏光に分離する。分離された一方のP偏光成分は偏光ビームスプリッタ222aと偏光ビームスプリッタ222bとを通過する。分離された他方のS偏光成分は偏光ビームスプリッタ222a、ミラー223a、ミラー223b、偏光ビームスプリッタ222bでそれぞれ反射して偏光ビームスプリッタ222aと222bとを通過してきたP偏光成分と同一光軸に戻る。このとき、偏光ビームスプリッタ222aとミラー223a、偏光ビームスプリッタ222bとミラー223bの間隔をL/2[m]とすると、S偏光成分とP偏光成分との間には

$$t[s] = L[m] / c[m/s] \quad (\text{数5})$$

の時間差が生じ、図31(b)に示すように、パルス光を時分割でき、尖頭値を1/2に低減させることができる。

【0080】

例えば、パルス間隔10ns（10-8秒）、パルス幅10ps（10-11秒）のレーザを用いて、偏光ビームスプリッタ222aとミラー223a及び偏光ビームスプリッタ222bとミラー223bの間隔をそれぞれ15cm（0.15m）に設定した場合、S偏光成分とP偏光成分との間の時間差は1ns（10-9秒）となる。すなわち、ウェハ表面は、10nsの間に1ns間隔で2回、尖頭値が半減されたレーザビームがパルス状に照射されることになる。

【0081】

1/4波長板221aの回転角を調整して、偏光ビームスプリッタ222aの入射ビームのS偏光成分とP偏光成分の比率を1:1にする（円偏光）と、使用する光学部品（偏光ビームスプリッタ222a、222bとミラー223a、223b）の損失（反射率、透過率）により、偏光ビームスプリッタ222bの出射ビームでのS偏光成分とP偏光成

分のパルス光の尖頭値が異なってしまふ。各パルス光の尖頭値の最大値を低くするには、各パルス光の尖頭値をほぼ同じ大きさにする必要がある。

【0082】

図31(a)に示したパルス分割光学系200の構成において、P偏光成分は偏光ビームスプリッタ222a, 222bのP偏光透過率(Tp)が影響するだけであるが、S偏光成分は偏光ビームスプリッタ222a, 222bのS偏光反射率(Rs)とミラー223a, 223bのS偏光反射率(Rm)が影響する。損失比率(P1)はS偏光成分損失をLs, P偏光成分損失をLpとすると

【0083】

【数6】

$$P1 = Ls / Lp = Rm^2 \times Rs^2 / Tp^2 \quad (\text{数6})$$

10

となる。したがって、偏光ビームスプリッタ222aの入射ビーム偏光の楕円率を上記損失比率と等しくなるように、1/4波長板221aの回転角を調整することにより、偏光ビームスプリッタ222bの出射ビームでのS偏光成分とP偏光成分のパルス光の尖頭値がをほぼ等しくすることができる。この尖頭値がほぼ等しくなるように分割されたP偏光成分とS偏光成分のパルス光は1/4波長板221bを透過して円偏光になる。

【0084】

被検査対象基板Wに照射するレーザビームとして直線偏光を用いる場合、図32(a)に示したような構成のパルス分割光学系200'を用いればよい。この構成において、構成光源100から発射されたレーザビームを図31(a)と同じ偏光ビームスプリッタ222a, 222bとミラー223a, 223bで構成された各光路を通過し1/4波長板221bを透過して円偏光になたレーザを偏光ビームスプリッタ224に入射させることにより、P偏光成分のみを通過させることができる。偏光ビームスプリッタ224で反射したS偏光成分は迷光となりうるので、ビームトラップ25で遮光する。偏光ビームスプリッタ224で分離されて偏光ビームスプリッタ224を通過したP偏光成分の尖頭値は偏光ビームスプリッタ224に入射した円偏光ビームの尖頭値の半分になる。したがって、偏光ビームスプリッタ224を通過したP偏光成分の尖頭値は、図32(b)に示すように、光源100から出射したパルスレーザビームの尖頭値と比べて1/4に低減される。

20

【0085】

S偏光のみを用いる場合には、偏光ビームスプリッタ224の後に1/2波長板(図示せず)を挿入し、偏光方向を90°回転させれば良い。または偏光ビームスプリッタ224を光軸中心に90°回転させれば良い(この場合にはビームトラップ25の挿入位置も変更する)。偏光方向が任意の場合には偏光ビームスプリッタ222bの出射ビームをそのまま用いれば良い。この場合、被検査対象基板Wに照射されるパルスレーザの尖頭値は、光源100から出射したパルスレーザビームの尖頭値の1/2になる。

30

【0086】

上記説明ではパルス分割光学系200または200'を用いてパルス光を2分割する方法について説明したが、分割数を更に増やすためのパルス分割光学系200の変形例として、4分割する方法について図32(a)および(b)を用いて説明する。図33(a)に示したパルス分割光学系200''の構成は、図31(a)に示したパルス分割光学系200の構成を2段にしたものである。2段目の偏光ビームスプリッタ222cとミラー223cとの間隔、及び偏光ビームスプリッタ222dとミラー223dとの間隔を、それぞれ1段目の偏光ビームスプリッタ222cと2ミラー223c、及び偏光ビームスプリッタ222dとミラー223dとの間隔の2倍に設定する。1段目の偏光ビームスプリッタ222bからの射出ビームは、P偏向パルス光と時間遅れをもつS偏向パルス光である。このパルス光列を1/4波長板221bにより円偏光にすることにより、1/4波長板221bを透過したパルス光列の1/2の強度がP偏光となって偏光ビームスプリッタ222c, 222dを透過し、1/2の強度がS偏光となって偏光ビームスプリッタ222c, 222dおよびミラー223c, 223dで反射して同一光軸に戻る。これにより、

40

50

図 3 3 (b) に示すように、パルス光が 4 つに分割されて、それぞれの尖頭値が光源 1 0 0 から出射したパルスレーザービームの 1 / 4 に低減する。厳密には上述のように光学部品の損失があるため、1 / 4 より低減する。

【 0 0 8 7 】

図 3 3 (a) の構成において、偏光ビームスプリッタ 2 2 2 c を通過して偏光ビームスプリッタ 2 2 2 d を通過した P 偏光パルスレーザーと、ミラー 2 2 3 d で反射し偏光ビームスプリッタ 2 2 2 d で反射した S 偏光パルスレーザーとは同一の光軸を通過して 1 / 4 波長板 2 2 1 c に入射し、それぞれ円偏光となってパルス分割光学系 2 0 0 ' ' から出射する。一方、1 / 4 波長板 2 2 1 c から出射した円偏光を図 3 2 (a) に示した偏光ビームスプリッタ 2 2 4 に相当する偏光ビームスプリッタ (図示せず) に入射させ P 偏光成分と S 偏光成分とに分離することにより、P 偏光成分だけでウェハ 1 を照射することができる。 (この場合、上記図示しない偏光ビームスプリッタで分割された P 偏光成分のパルスビームの尖頭値は、光源 1 0 0 から出射したパルスレーザービームの 1 / 8 になる)

10

上述実施例における制約事項は下記の 2 点である。1 点目は、(数 7) のように 1 段目の光路差 (L) が使用するレーザー光の可干渉距離 () より長いことである。

$$L > \lambda = 2 / \text{(数 7)}$$

ここで、 λ は波長、 ΔL は波長帯域幅である。2 点目は、(数 8) に示すように、分割したパルス光列が、レーザーの発振間隔内に収まることである。

【 0 0 8 8 】

$$L (n + 1) < c \cdot (1 / f) \quad \text{(数 8)}$$

20

ここで L は 1 段目の光路差、n は段数、c は光速、f はレーザーの発振周波数である。

【 0 0 8 9 】

本実施例によれば、UV パルスレーザービームを尖頭値を低減してウェハに照射することができるために、0 . 1 μ m よりも小さい極微小な欠陥をウェハにダメージを与えずに検出することが可能になった。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 0 】

本発明は、半導体の製造における異物・欠陥検査装置として利用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 1 】

30

【 図 1 】 欠陥検査装置の概略構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 照明および検出の方向を説明するための被検査対象基板の斜視図である。

【 図 3 】 被検査対象基板上における照明ビームの形状と、センサ検出領域と、ステージの走査方向の関係を示す被検査対象基板の平面図である。

【 図 4 】 被検査対象基板上に、スリット状のビームを照明し、スリット状のビームの長手方向から反射散乱光を検出する場合を示す被検査対象基板の平面図である。

【 図 5 】 円柱レンズを用いて被検査対象基板上にスリット状のビームを照明した場合の照明光束を示す被検査対象基板の斜視図である。

【 図 6 】 (a) 被検査対象基板上にスリット状のビームを照明するための照明光学系の概略構成を示す平面図、(b) はその正面図である。

40

【 図 7 】 検出光軸を被検査対象基板 W に対し垂直とした場合の上方検出光学系の概略の構成を示す側面図である。

【 図 8 】 (a) はパターン P と照明方向 7 0 0 との関係を示すパターンの平面図、(b) は被検査対象基板上の仮想球面 9 0 0 を示す図、(c) は照明方位角 4 5 度の照明による回折光の出射の様子を示す被検査対象基板の平面図である。(d) は空間フィルタと被検査対象基板の関係を示す被検査対象基板の平面図である。

【 図 9 】 被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して 2 7 0 度の方向から検出する検出光学系の概略構成を示す斜視図である。

【 図 1 0 】 (a) 被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して 2 7 0 度の方向から検出する検出光学系の概略構成を示す側面図、(b) 検出光学系の概略構成を示す正面

50

図である。

【図 1 1】被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して の方向から検出する構成を説明するための斜視図である。

【図 1 2】(a)被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して の方向から検出する検出光学系の概略構成を示す側面図、(b)検出光学系の概略構成を示す正面図である。

【図 1 3】被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向(= 0°)に対して45度あるいは135度を進行方向とするスリット状のビームを照明し、0度の方向から検出する状態を示す被検査対象基板の平面図である。

【図 1 4】被検査対象基板上に、水平方向に関して45度の方向から円柱レンズによりスリット状のビームを照明した場合の照明光束を示す斜視図である。 10

【図 1 5】(a)被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して135度の方向からスリット状のビームを照明する照明光学系の概略構成を示す側面図、(b)照明光学系の概略構成を示す正面図である。

【図 1 6】欠陥検査装置の実施形態の第1の変形例の概略の構成を示すブロック図である。

【図 1 7】被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して270度の方向から検出する斜方検出系の結像レンズと対物レンズおよび被検査対象基板関係を示す斜視図である。

【図 1 8】被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して270度の方向から検出する斜方検出系の概略構成を示す正面図である。 20

【図 1 9】(a)透明膜中のパターン明るさむらの発生原理を説明するための試料の断面図(b)薄膜干渉による強度変動の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 2 0】(a)S偏光で照明したときの透明膜界面での反射率と透過光強度の変動幅を示すグラフ、(b)P偏光で照明したときの透明膜界面での反射率と透過光強度の変動幅を示すグラフ、(c)透明膜から空気への出射角 0と光の強度との関係を表わすグラフである。

【図 2 1】(a)高仰角選択検出用空間フィルタの平面図、(b)中仰角選択検出用空間フィルタの平面図、(c)低仰角選択検出用空間フィルタの平面図である。

【図 2 2】(a)透明膜界面への入射光・界面からの出射光の透過率の入射角依存性を示すグラフ、(b)透明膜界面への入射光・界面からの出射光の透過率の出射角依存性を示すグラフである。 30

【図 2 3】(a)膜上欠陥および膜中欠陥のを個別検出するための被検査対象基板に対する検出系の配置関係を示すブロック図、(b)膜上欠陥および膜中欠陥の分類の方法を説明する図である。

【図 2 4】(a)被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して0度の方向から検出する検出光学系2001(1)の斜視図、(b)検出光学系2001(1)の側面図である。

【図 2 5】(a)被検査対象基板の表面の平面内で、基準方向に対して0度の方向から検出する検出光学系2001(2)の斜視図、(b)検出光学系2001(2)の側面図である。 40

【図 2 6】(a)被検査対象基板上におけるスリットビーム形状と検出領域とのx方向の幅の関係を示す図で、照明光のスリットビーム形状LSのx方向の幅を検出領域SAより狭くし、照明幅に相当する距離毎に信号蓄積を行うことで、検出画素の幅を照明光によって規定するを示す、(b)被検査対象基板上におけるスリットビーム形状と検出領域とのx方向の幅の関係を示す図で、照明光のスリットビーム形状LSのx方向の幅が検出領域SAより広い場合を示す。

【図 2 7】(a)は照明光学系の構成を示すブロック図、(b)は検出光学系の構成を示すブロック図である。

【図 2 8】欠陥検査装置の実施形態の第2の変形例の構成を示すブロック図である。 50

【図29】複数の方位角方向から照明する場合の照明形と検出系との位置関係を説明する欠陥検査装置の略平面図である。

【図30】(a)照明光学系の変形例の概略の構成を示す正面図、(b)照明光学系の変形例の概略の構成を示す平面図である。

【図31】(a)パルスビームを2分割するパルスビーム分割光学系200の概略構成を示す正面図である。(b)光源100から発射されるパルスレーザービームのパルス波形を示すグラフ(上段)とパルスビーム分割光学系200から出射される2分割されたパルスレーザービームのパルス波形を示すグラフ(下段)である。

【図32】(a)パルスビームを2分割するパルスビーム分割光学系200の変形例の概略構成を示す正面図である。(b)光源100から発射されるパルスレーザービームのパルス波形を示すグラフ(上段)とPBS224から出射される2分割されたP偏光パルスレーザービームのパルス波形を示すグラフ(下段)である。

10

【図33】(a)パルスビーム分割光学系200の変形例でパルスビームを4分割する光学系の概略構成を示す正面図である。(b)光源100から発射されるパルスレーザービームのパルス波形を示すグラフ(上段)と偏光板221cから出射される4分割されたパルスレーザービームのパルス波形を示すグラフ(下段)である。

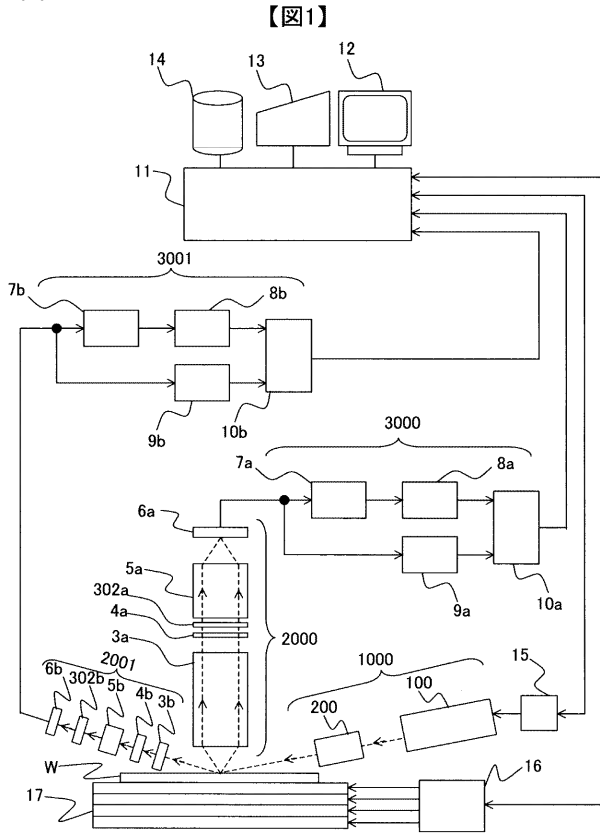
【符号の説明】

【0092】

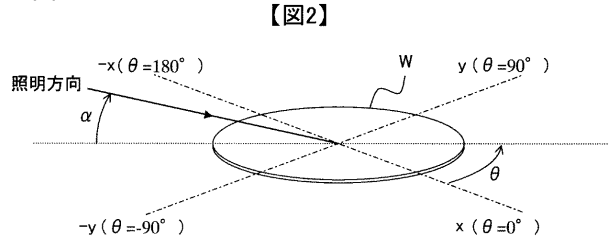
1000...斜方照明光学系、2000...上方検出系、2001...斜方検出系、W...被検査対象基板、3a、3b...対物レンズ、4a、4b...空間フィルタ、5a、5b...結像レンズ、6a、6b...センサ、7a、7b...遅延回路、8a、8b、9a、9b...メモリ、10a、10b...比較回路、11...コンピュータ、12...ディスプレイ、13...演算回路、14...記憶装置、15...光源ドライバ、16...X-Y-Z-ステージドライバ、17...X-Y-Z-ステージ、100...光源、800、801...対物レンズ開口、200a、200b、201a、201b...球面レンズ、200c、201c...シリンドリカルレンズ、301...照明光光学フィルタ手段、302a、302b...検出光光学フィルタ手段、700、704...0次回折光軌跡、705...高次回折光軌跡、900...仮想球面

20

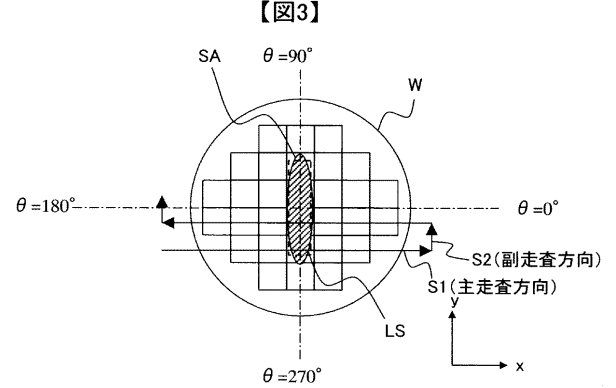
【 图 1 】



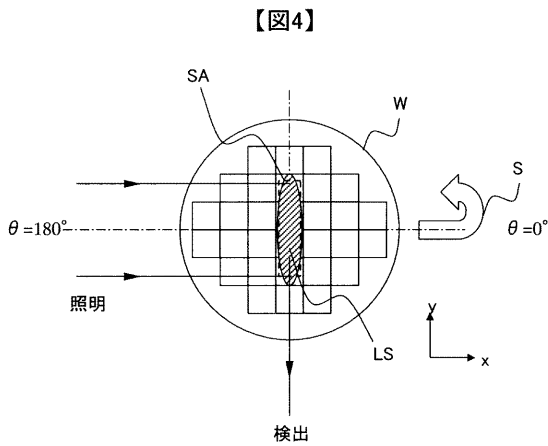
【 图 2 】



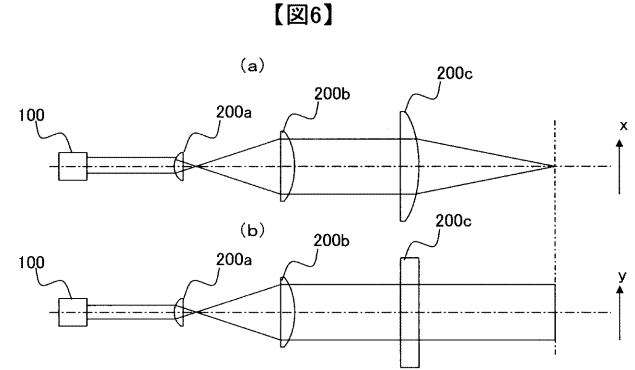
【 图 3 】



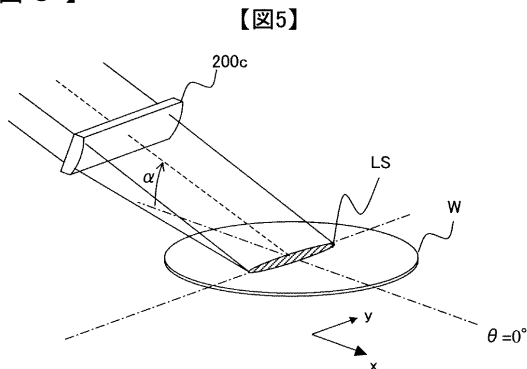
【 图 4 】



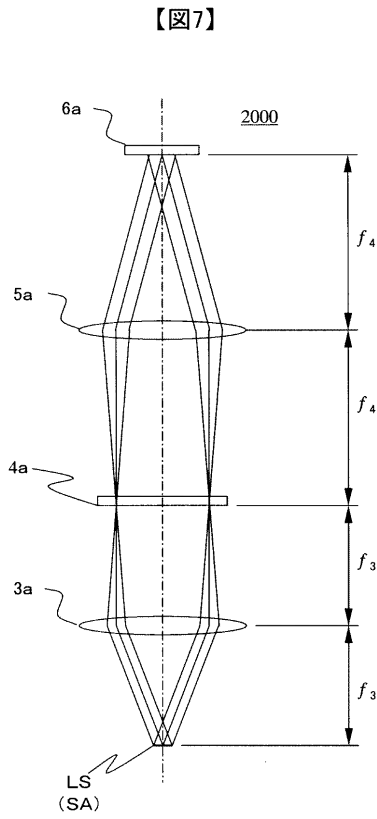
【 图 6 】



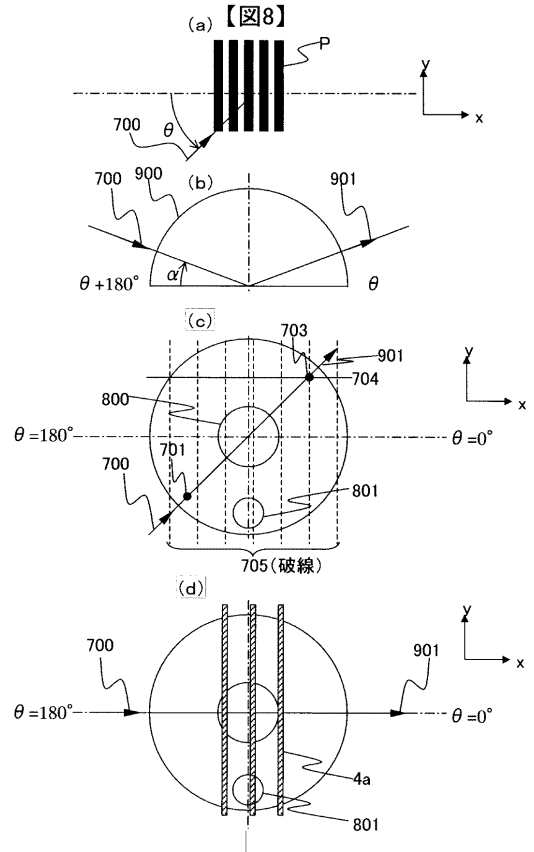
【 图 5 】



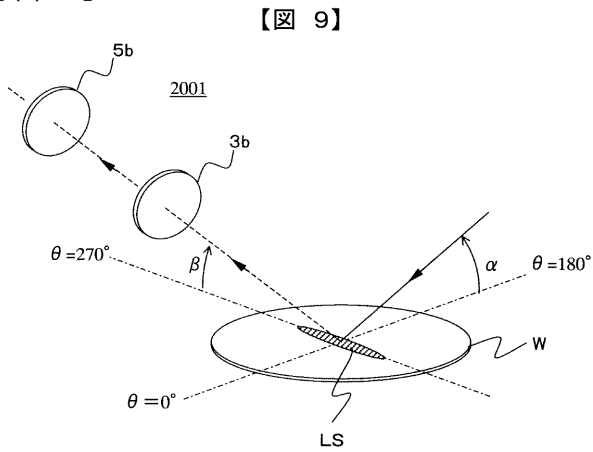
【 図 7 】



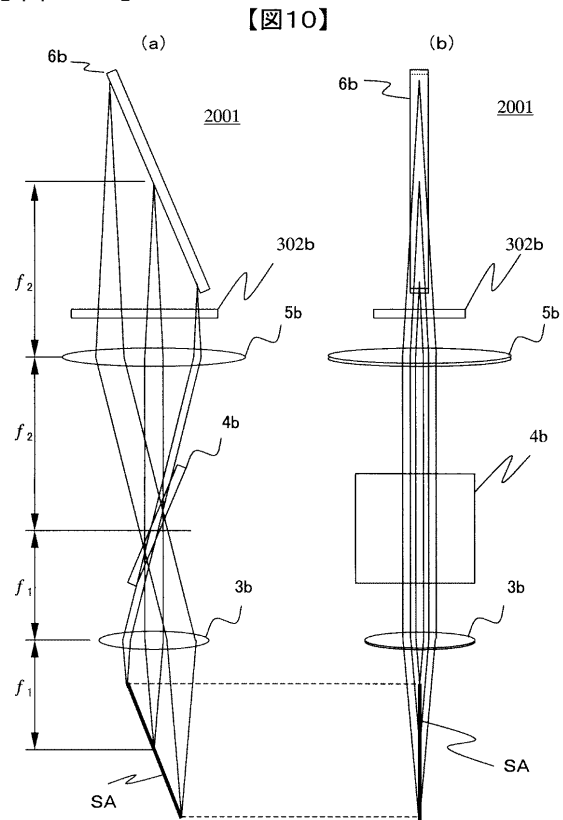
【 図 8 】



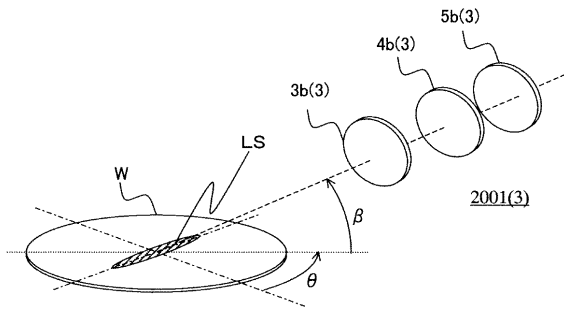
【 図 9 】



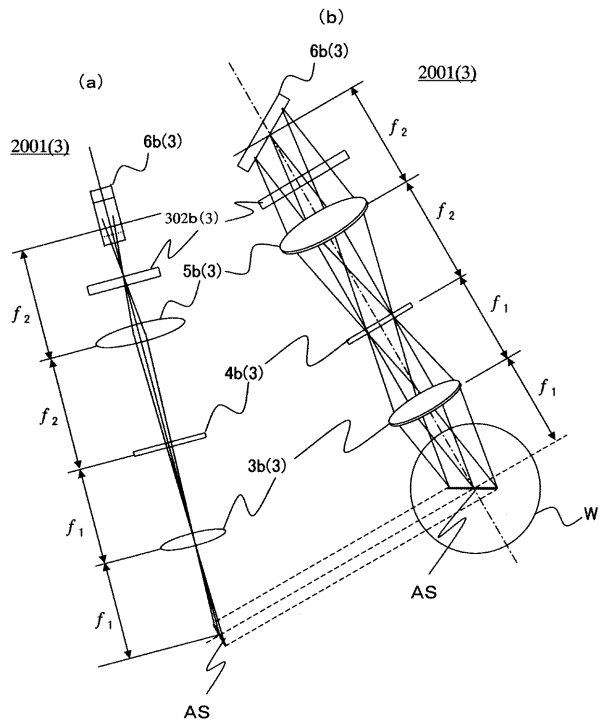
【 図 10 】



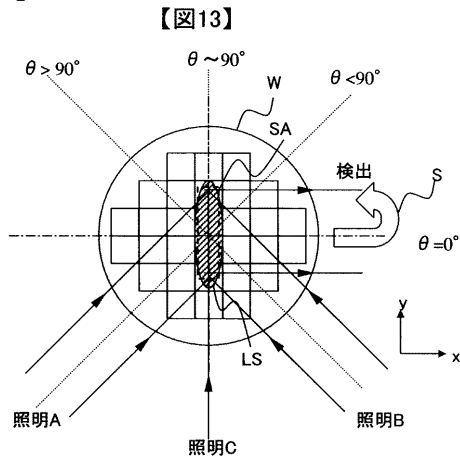
【 図 1 1 】



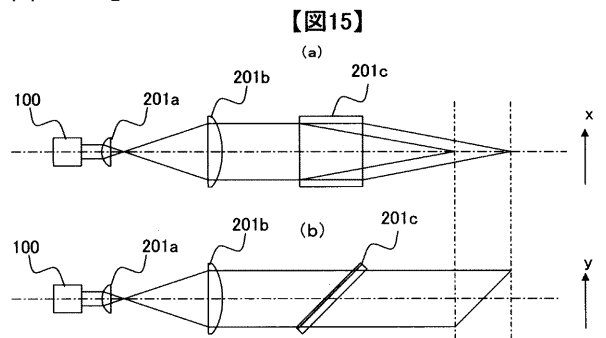
【 図 1 2 】



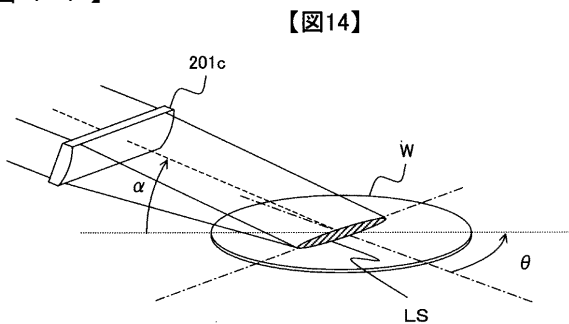
【 図 1 3 】



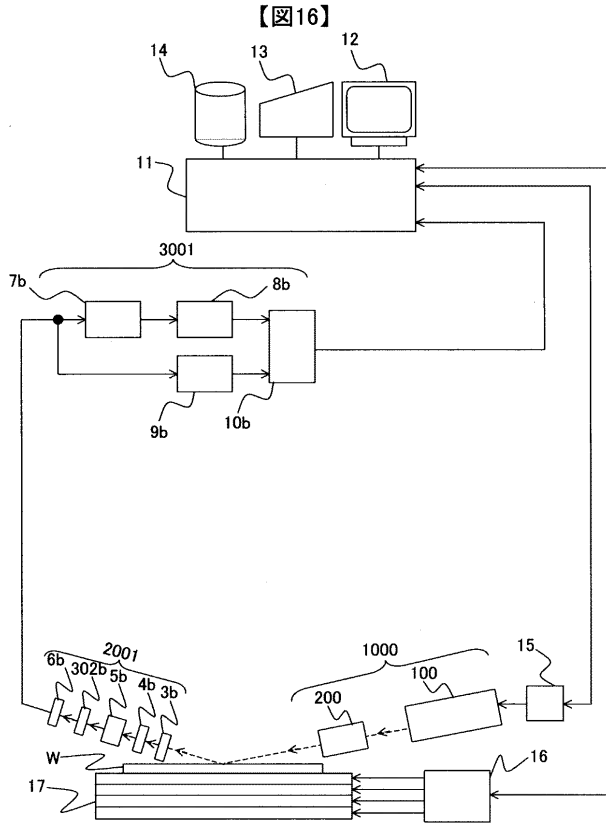
【 図 1 5 】



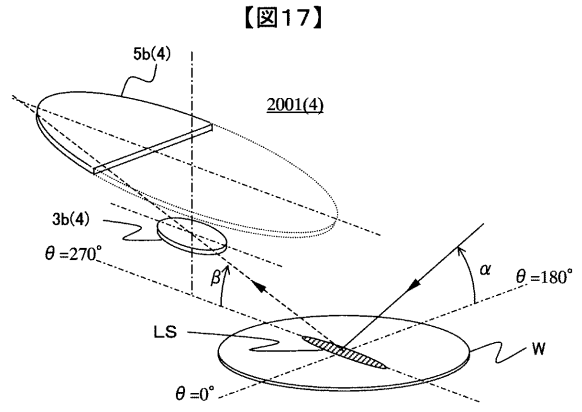
【 図 1 4 】



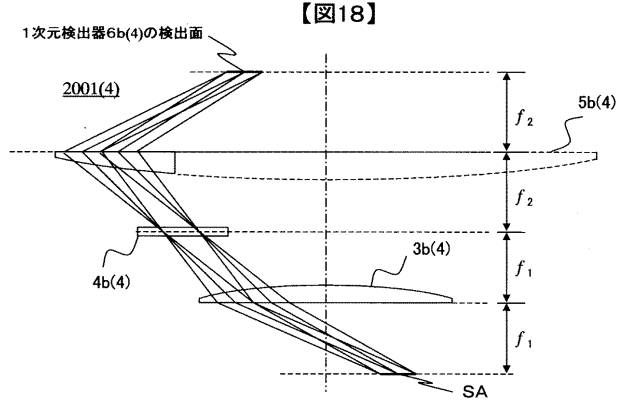
【図16】



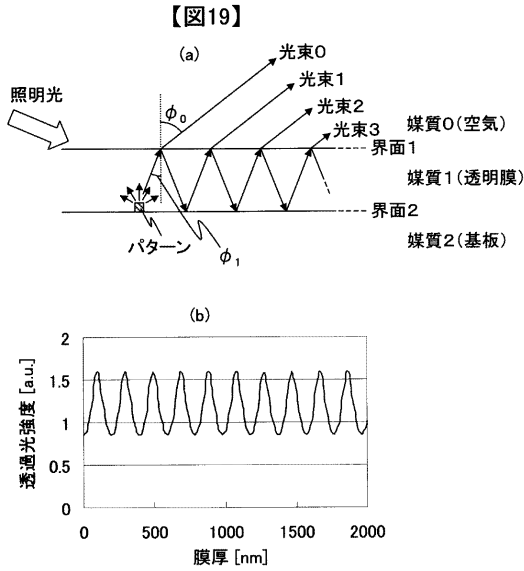
【図17】



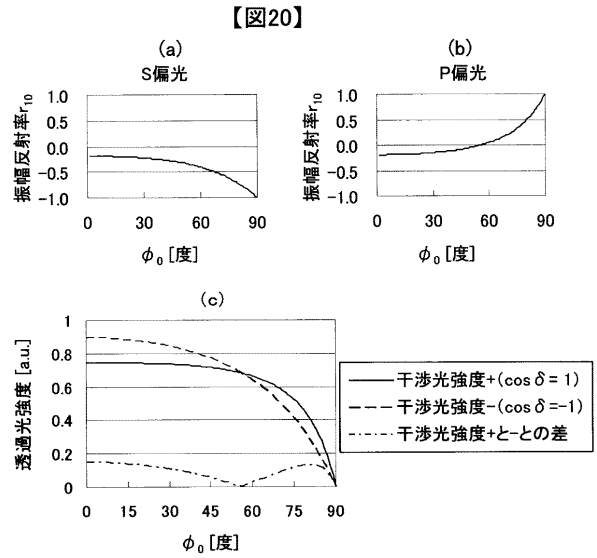
【図18】



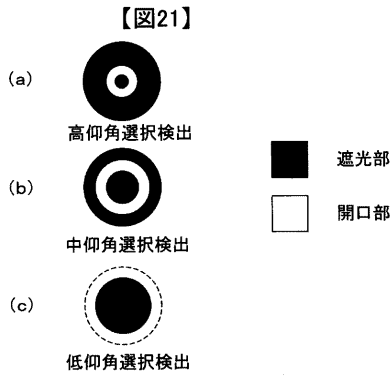
【図19】



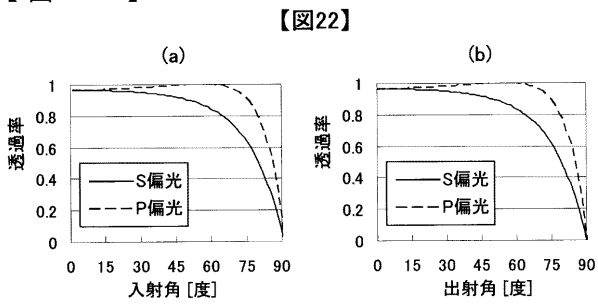
【図20】



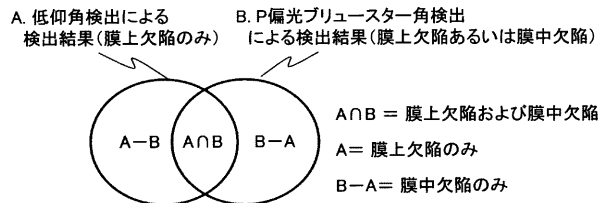
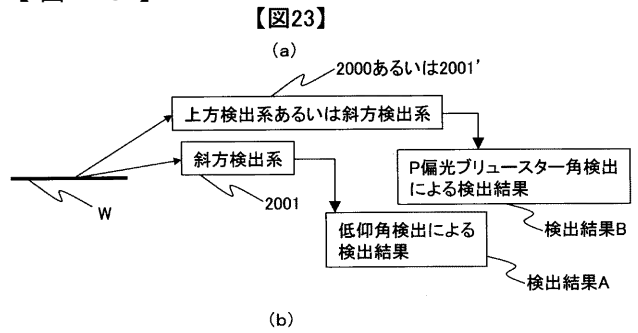
【図21】



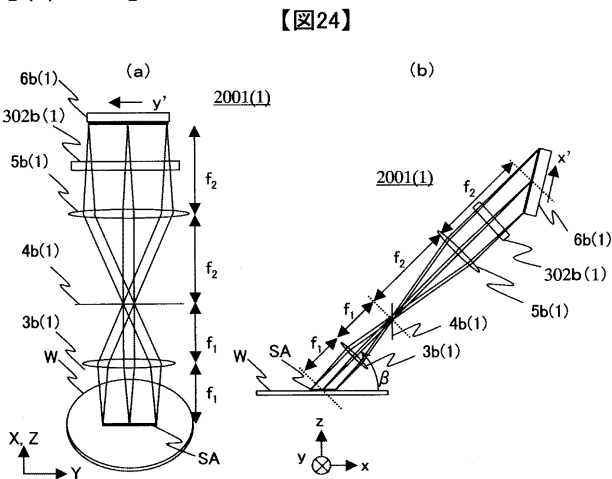
【図22】



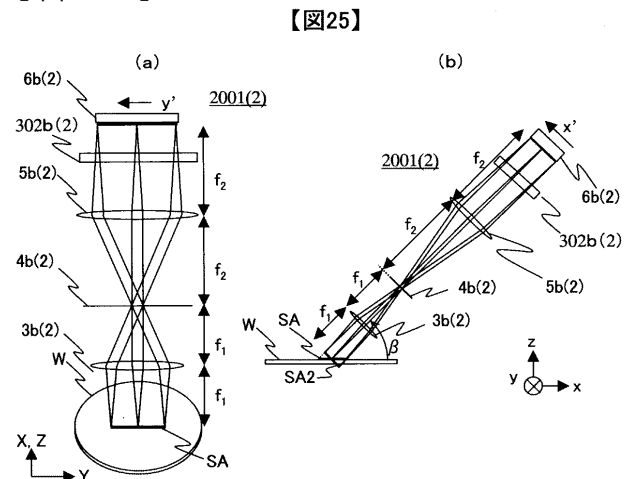
【図23】



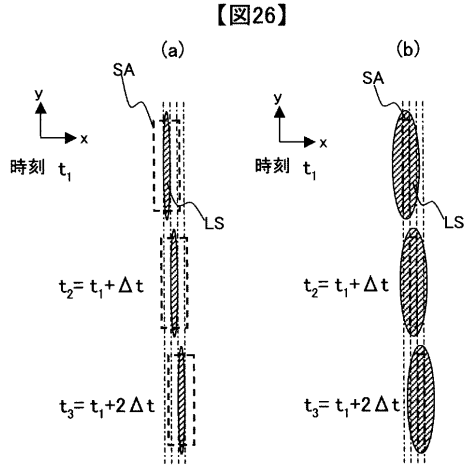
【図24】



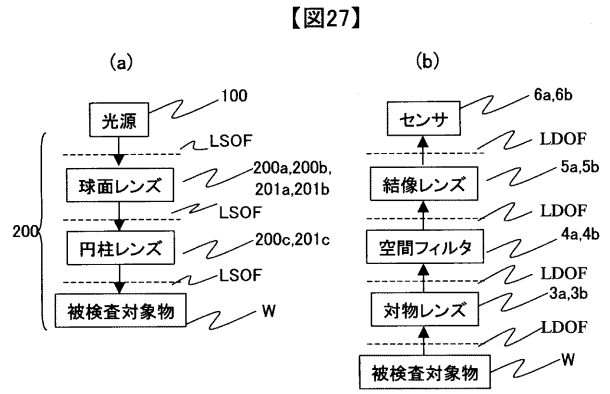
【図25】



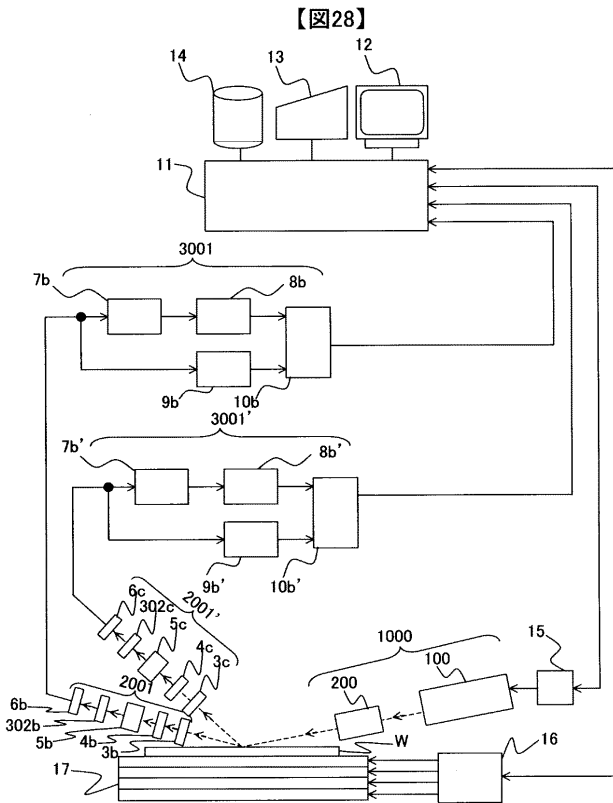
【図26】



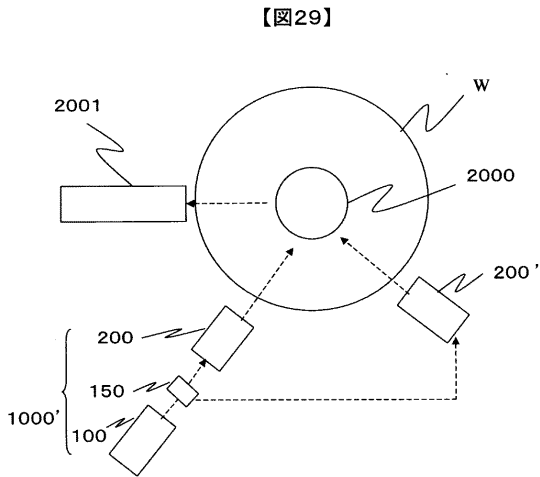
【図27】



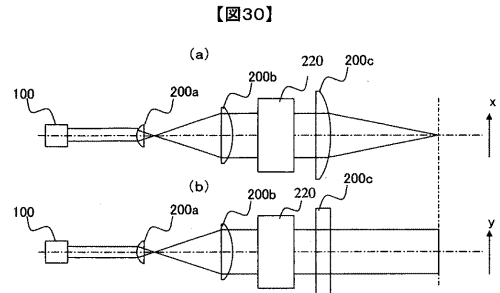
【図28】



【図29】

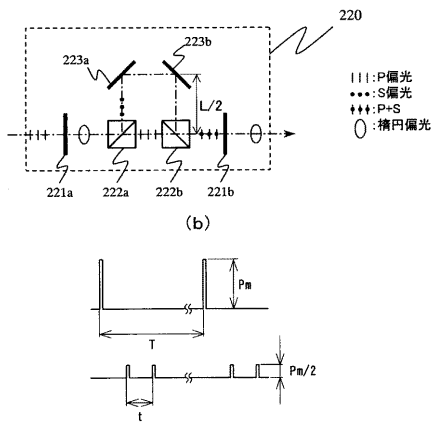


【図30】



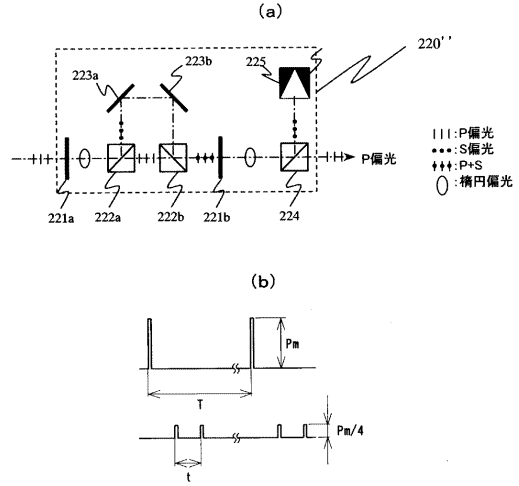
【 図 3 1 】

【 図 3 1 】



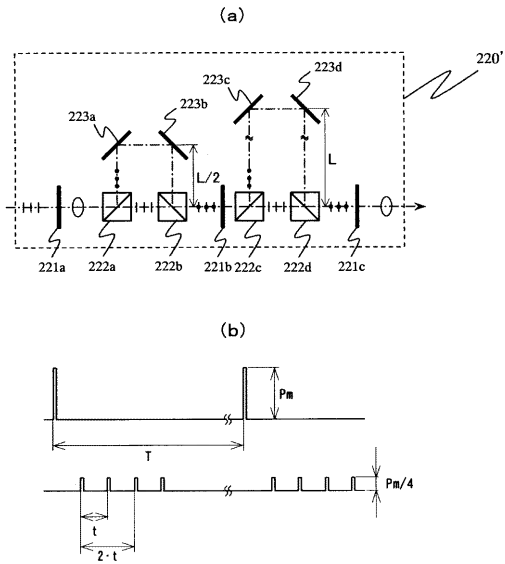
【 図 3 2 】

【 図 3 2 】



【 図 3 3 】

【 图 3 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 中田 俊彦
神奈川県横浜市戸塚区吉田町2-9-2番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 浜松 玲
神奈川県横浜市戸塚区吉田町2-9-2番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 前田 俊二
神奈川県横浜市戸塚区吉田町2-9-2番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

Fターム(参考) 2F065 AA49 BB02 CC17 CC19 CC31 FF41 FF48 FF49 FF51 GG05
GG06 GG08 HH05 HH08 HH12 JJ02 JJ03 JJ17 JJ25 JJ26
LL08 LL20 LL21 LL22 LL24 LL30 LL32 LL36 LL37 MM03
PP12 QQ24 QQ31
2G051 AA51 AA73 AB01 AB02 AB06 AB07 BA01 BA05 BA10 BA11
BB09 BB11 CA02 CA03 CA04 CA07 CB05 CB06 CC07 CC09
CC12 DA07 DA08 EA14 EC04 EC05
4M106 AA01 BA05 BA07 CA41 DB02 DB08 DB15 DB19 DJ04 DJ05
DJ06