(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年12月10日(10.12.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/246015 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 9/02 (2006.01)　*G01B 11/30* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2019/022656

(22) 国際出願日：　2019年6月7日(07.06.2019)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(71) 出願人: 株式会社日立ハイテク(HITACHI HIGH-TECH CORPORATION) [JP/JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目１７番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: カルサクリアン ダル ボスコ アンドレアス(KARSAKLIAN DAL BOSCO Andreas); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 山田 健一郎(YAMADA Kenichiro); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 宇津木 健(UTSUGI Takeru); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

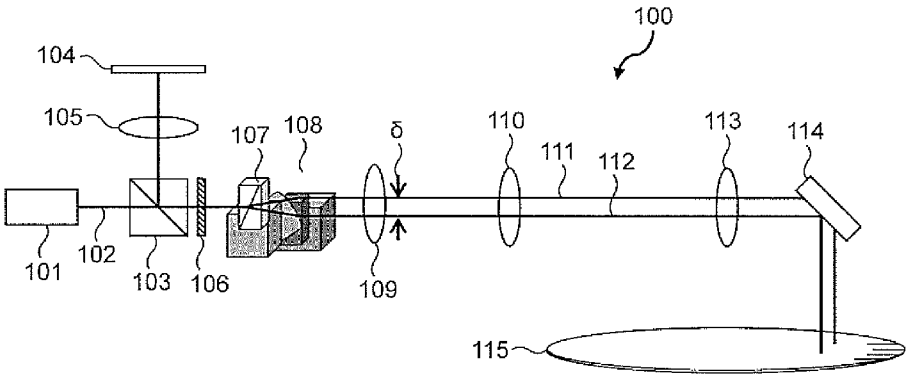
(74) 代理人: 特許業務法人平木国際特許事務所(HIRAKI & ASSOCIATES); 〒1056232 東京都港区愛宕二丁目５－１ 愛宕グリーンヒルズＭＯＲＩタワー３２階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** OPTICAL INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称： 光検査装置

図１



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to provide a technique for automatically correcting a phase difference during inspection by analyzing the influence of the phase difference while shifting the position of a birefringent element. An optical measurement device according to the present invention adjusts the optical path of each of beams by moving a birefringent element, which splits a laser beam emitted by a laser into two beams, thereby adjusting the phase difference between the beams (see fig. 1).

(57) 要約：本発明は、複屈折素子の位置をシフトさせながら位相差の影響を分析することにより、検査時においてこの位相差を自動的に補正する技術を提供することを目的とする。本発明に係る光計測装置は、レーザ源が出射したレーザビームを２つのビームに分離する複屈折素子を移動させることにより、各ビームの光路を調整し、これによりビーム間の位相差を調整する（図１参照）。

WO 2020/246015 A1

［続葉有］

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 光検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、光を用いて試料を検査する光検査装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの微細化が社会における重要な役割を果たすようになるのにともない、半導体の表面を検査および評価することが必要になっている。具体的には、半導体表面の平坦特性をサブマイクロメートルオーダで検査することが必要である。欠陥を正確に検出し表面欠陥を正確に識別することは、半導体デバイスの良好な品質と、安全かつ高信頼な利用を確保するための、基本的な処理である。

[0003] 従来の半導体ウエハを検査するための光システムは通常、光干渉技術を用いる。これは差分干渉コントラストを用いる技術であり、複屈折素子が生成した２つのコヒーレントビームが半導体サンプルの表面を走査する。サンプル表面上の欠陥は、２つのビームが非平坦領域に当たったとき生じる位相シフトから推測される。ウエハ表面検査を効率的に実施するとともに欠陥を正確に検出するためには、光学顕微鏡の較正手順を実施する必要がある。較正手順により、ウエハの平均高さを判定し、この平均高さを表面凹凸と比較して欠陥を識別するからである。サンプルの平坦性評価は２つのプローブビーム間の位相差に依拠しているので、検出時におけるエラーを生じさせる可能性がある位相歪み効果をできる限り防ぐことが重要である。したがって良好な状況下で動作するためには、２つのプローブビーム間の位相シフトを制御するとともに、ウエハ検査中に生じる可能性がある位相シフトを補正する必要がある。この位相シフトは例えば、振動、機械的ドリフト、温度ドリフトなどに起因するものである。

[0004] 下記特許文献１は、２つの光路に分離された光ビームの位相を調整する機構について記載している。位相差調整機構は、第１偏光の光と第２偏光の光

との間の位相差をセットする。２つのビーム間の位相差は、回転偏光板ユニットによって変更される。

[0005] 下記特許文献２は、干渉観察装置について記載している。同装置は、初期ビームをＰ偏光成分とＳ偏光成分へ分離するビームスプリッタを備えている。第１分離ビームは、分析する試料を通過し、第２分離ビームと再結合して干渉を生じさせる。第１分離ビームの偏光面を回転させることにより、再結合信号の強度を調整する。同文献は、位相差を調整することについては記載していない。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１０－１３４０３６号公報

特許文献2：特開２０１７－１１０９３３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 光干渉計測システムにおいて、計測するパラメータは、干渉ビームの位相特性から推定される。位相情報を分析して、物理パラメータに変換する。したがって、干渉ビーム間の位相シフトが、計測しようとしているパラメータに起因しない成分（例えばノイズや振動に起因する成分）を有している場合、検出信号において余分な位相シフトが生じる。これは計測デバイスのロバスト性を損ねる要因となる。したがって、位相シフトを制御することにより、余分な位相シフトが検出エラーを生じさせないようにすることが必要である。

[0008] 光が通過するときビームを分離する複屈折素子によって干渉ビームを生成するシステムにおいて、初期ビームは例えばＰ偏光成分とＳ偏光成分に分離される。このＰ偏光ビームとＳ偏光ビームを用いて、検査する材料を走査し、最終的にビームを再結合して干渉パターンを生成する。複屈折素子は、光の偏光特性によって異なる伝搬特性を有するので、２つのビームは異なる光

路を通過し、検査する材料に対して照射される前の時点においても２つのビーム間には初期位相差が存在する。さらに、２つのビームは物理的に分離され、互いに平行に伝搬する。このとき両ビームは、シャー量δだけ互いに離れている。このシャー量は、複屈折素子とコリメートレンズを備えるシステムの特性に応じて定まる。

[0009] ２つのビームを用いてサンプルの平坦性を検査する場合、サンプル表面高さの変動によって生じる位相シフトが見られ、材料の特性は干渉信号を検出することにより再構築することができる。信号強度の変化をその初期値と比較することにより、スキャン領域表面を再構築することができる：信号強度の強弱は、ビームが高低領域に当たるのにともなって生じる。

[0010] 検出プロセスは、干渉信号から抽出した位相情報に依拠しているので、分離ビーム間の位相シフトが表面平坦性についての情報のみを確実に搬送するようにすることが、重要である。別の位相シフトが含まれていると、元の信号を歪ませたりあるいは飽和現象を生じさせたりすることにより、再構築プロセスにおいてエラーが生じる。振動やノイズなどの要因は様々であり完全にゼロにはできないので、余分な位相シフトが信号に対して付与される可能性があり、これにより再構築プロセスにおいて何らかのドリフトが生じる。

[0011] 干渉ベース検出器などの光学システムにおいては、様々なノイズ要因があり、これらは全て固有の影響を検出信号の位相に対して与える。例えば物理的振動、レーザパワー不安定、レンズ／複屈折素子／ミラーなどに対する熱効果、などである。これらはそれぞれ独立して信号位相に対して影響を与え、それぞれの影響を推測するのは現実的に不可能である。これらの不要な位相シフトの要因は、システムの初期較正を実施することによって補償される。しかしこれら要因は時間経過にともなって変化し、初期状態においては存在していなかった位相シフトが生じる。これに加えて、サンプル表面スキャンを実施している間において、別のノイズ源が生じる可能性がある。

[0012] 例えば、微小な位置ずれやドリフト、光学部品を膨張させる熱効果、あるいはレーザパワー不安定は、時間経過にともなってそれぞれ独立して徐々に

生じる場合がある。その結果、ウエハ表面平坦性の再構築プロセスにおける信号歪みを生じさせるだけの位相シフトが現れる可能性がある。そこで、スキャン動作を中断させることなく、反対向きの位相シフトを生じさせて位相レベルを較正値まで戻すことにより、信号の位相に対するこれら全ての要因の影響を補償することが考えられる。

[0013] 複屈折素子を通過する光は、偏光状態に応じて異なる光路を伝搬する。そこで、複屈折素子の位置を微小移動させることにより位相シフトを追加で生じさせることにより、上記様々なノイズ要因によって生じた位相シフトを全て補償することが考えられる。

[0014] 上記各特許文献記載のような従来技術は、光干渉デバイスにおける位相差を測定し補正することについて言及している。しかし、光源から出射されたビームを２つのビームに分離する複屈折素子の位置を微調整することにより、ビーム間の位相差を補正する構成については、考慮されていない。

[0015] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、複屈折素子の位置をシフトさせながら位相差の影響を分析することにより、検査時においてこの位相差を自動的に補正する技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明に係る光計測装置は、レーザ源が出射したレーザビームを２つのビームに分離する複屈折素子を移動させることにより、各ビームの光路を調整し、これによりビーム間の位相差を調整する。

発明の効果

[0017] 本発明に係る光計測装置によれば、検出精度を大幅に向上させることができるとともに、時間経過にともなって生じる熱効果や振動などのノイズに対するロバスト性を高めることができる。上記した以外の課題、構成、および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施形態に係る光検査装置１００の構成図である。

[図2]複屈折素子１０７によるビーム分離過程を示す図である。

[図3]試料表面上の欠陥に対してビームを照射する様子を示す模式図である。

[図4]プローブビームが試料表面を走査するのにともなって検出信号Ｉが変化する様子を示す概略図である。

[図5]分離ビーム間の位相シフトに対して複屈折素子１０７の位置が与える影響を模式的に示す図である。

[図6]光検査装置１００が位相シフトを補正する手順を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0019] ＜本発明の基本原理について＞

本発明は、光干渉システムにおける検出信号に対する外部ノイズの影響を補正する方法を提案する。本発明の基本的思想は、信号に対して位相シフトを追加で与えることにより、熱効果や振動などのノイズによって生じた位相シフトを補償することである。換言すると本発明は、反対向きの位相シフトを与えることにより、不要な位相シフトをキャンセルするものである。

[0020] 複屈折素子によってビームが分離される方向に対して平行な方向（コリメートされた分離ビームが試料に対して出射される方向に対して垂直な方向）に、複屈折素子の位置を走査することにより、分離ビーム間において位相シフトが追加付与される。その結果、Ｐ偏光ビームの光路とＳ偏光ビームの光路はそれぞれ異なることとなり、検出信号に対して所望の位相シフトが与えられる。ノイズによって位相シフトが生じると、検出信号のＤＣレベルに対してドリフトが生じる。したがってこの位相シフトを推定する手段としては、検出信号のＤＣレベルを、最初の較正手順において定義した初期値と比較することが挙げられる。検出信号のＤＣレベルによって複屈折素子の位置をモニタリングし、サンプル検査プロセス全体を通じて、検出信号を安定かつ初期較正値と一致するように維持する。

[0021] 複屈折素子の位置を走査するために、複屈折素子を移動ステージ上に載置する。コンピュータは、検出信号のＤＣレベルによって複屈折素子の位置をモニタリングすることにより、移動ステージの位置を遠隔制御する。この信

号レベルが初期較正レベルに対して十分近ければ、複屈折素子を移動させない。サンプル平坦性検査プロセスが進むのにともなって、ノイズや振動によりＤＣレベルが初期値から大きく逸脱すると（ユーザが定めた許容公差を超えると）、ソフトウェアは複屈折素子の位置走査を自動的に開始して、検出信号のＤＣレベルを較正状態近傍まで戻す。この位置走査は１０～１００マイクロメートルの範囲内で実施され、サンプル走査プロセスを中断させることなく実行することができる。

[0022] 試料表面上の欠陥が比較的少なければ、検出信号の平均ＤＣレベルは大きく変動しない。したがってこの位相シフト補償動作を実行したとしても、通常の飼料検査動作に対する影響は生じない。

[0023] ＜実施形態：システム構成＞

図１は、本発明の実施形態に係る光検査装置１００の構成図である。光検査装置１００は、試料１１５の表面上の欠陥を光学的に検査する装置である。光検査装置１００は、レーザ源１０１、偏光ビームスプリッタ１０３、４分の１波長板１０６、レンズ群（対物レンズ１０９、撮像レンズ１０５、リレーレンズ１１０と１１３）、ミラー１１４、検出器１０４、複屈折素子１０７、移動ステージ１０８を備える。複屈折素子１０７は移動ステージ１０８と接続され（例えば移動ステージ１０８上に載置して固定されている）、移動ステージ１０８は複屈折素子１０７の位置をマイクロメートルオーダで調整することができる。

[0024] レーザ源１０１は、レーザビーム１０２を出射する。レーザビーム１０２は偏光ビームスプリッタ１０３を通過し、４分の１波長板１０６を通過して楕円偏光状態となり、複屈折素子１０７を通過することによりＰ偏光ビーム１１１とＳ偏光ビーム１１２へ分離される。これら２つのビームは、シャー量δの距離を介して互いに分離されており、試料１１５の表面を走査するために用いられる。２つのビームが試料１１５表面から反射すると、これらビームは干渉し、検出器１０４は撮像レンズ１０５を介してその干渉パターンを検出する。検出器１０４は、干渉信号を検出した結果を表す検出信号Ｉを

出力する。検出信号Ｉは、Ｐ偏光ビーム１１１とＳ偏光ビーム１１２との間の位相差によって表される情報を含んでいる。この構成により、試料１１５表面から反射した２つのビーム間の位相差を電流信号に変換することができる。この電流信号を用いて、試料１１５表面の平坦特性を再構築することができる。

[0025] 図２は、複屈折素子１０７によるビーム分離過程を示す図である。楕円偏光のレーザビーム１０２は、複屈折素子１０７を通過するとき、Ｐ偏光ビーム１１１とＳ偏光ビーム１１２へ分離される。これら２つのビームは対物レンズ１０９によってコリメートされ、シャー量δだけ互いに離れた平行光路を伝搬する。伝搬条件は偏光状態によって異なるので、分離ビーム間の位相シフトは光路差に依拠する。シャー量δは複屈折素子１０７の内在的特性によって定まり、これは複屈折素子１０７ごとに固定されている。

[0026] これら分離ビームは試料１１５に対して照射され、試料表面をプローブビームとして走査する。ビームが試料表面を走査すると、その照射位置が平坦領域であれば、２つのビームは一定の位相差をともなって反射され、位相シフトや信号強度変動は見られない。試料表面上に何らかの欠陥がある場合、一方のビームの光路長は他方の光路長とは異なることとなり、これによって生じる位相差が検出信号Ｉの信号強度を初期値から変動させる。これは試料表面上に欠陥が存在することを表している。

[0027] ＜実施形態：ノイズをキャンセルする手順＞

２つのプローブビーム間の干渉信号に基づく欠陥の理論的予測は、式１の検出信号Ｉによって与えられる。I_{off}は、試料表面の平均高さを表す信号強度である。すなわち欠陥が存在しない箇所における表面高さである。換言すると、これは試料の平坦レベルを表している。λはレーザ波長である。I_0は信号振幅である。Δθは、試料表面の凹凸高さがΔｈである領域に対して２つのビームが当たったとき得られる位相シフトである。

[0028]

[数1]

$$I = I_{off} + I_0 \sin(\Delta\theta)$$
$$\Delta\theta = \frac{4\pi}{\lambda}\Delta h \quad (1)$$

[0029] 図３は、試料表面上の欠陥に対してビームを照射する様子を示す模式図である。ビームが試料表面をスキャンする過程において、以下に説明するケース１～ケース５が生じる可能性がある。

[0030] （ケース１）表面が平坦である場合：この場合、ビーム間の位相差は生じず、信号強度レベルは変化しない。この場合はΔｈ＝０、Ｉ＝Ｉ$_{off}$である。これは、Ｐ偏光ビーム１１１とＳ偏光ビーム１１２との間の位相差Δθが０である場合に相当する。この状態を初期状態とし、不要な位相シフトを補償する際における基準レベルとして用いる。

[0031] （ケース２）試料の平坦面３０５から突出したバンプ３０３が存在する場合：２つのビームが試料表面に当たると、正方向の位相シフトが生じ、これらが加算的干渉して検出信号Ｉの信号強度が上昇する。検出器はこの信号変化を検出し、その出力信号は平坦箇所における一定値Ｉ＝Ｉ$_{off}$と比較して大きい。検出信号の正方向シフトによって、ウエハ表面の高さ３０４が記録される。

[0032] （ケース３）表面が平坦レベルに戻る場合（Δｈ＜０）：この場合におけるΔｈの変化により、検出信号は、平坦部分の値Ｉ＝Ｉ$_{off}$へ戻る前に、負方向のドリフトを示す。このプロセスは上記ケース２の反対である。２つのビーム間で負方向の位相シフトが生じ、相殺的干渉する。これにより検出信号強度が減少し、平均値Ｉ$_{off}$へ戻る。

[0033] （ケース４）表面に穴がある場合：この場合はケース３と同様である。検出信号の負方向ドリフトが記録される。検出信号は通常、Ｉ$_{off}$よりも小さくなる。

[0034] （ケース５）表面が穴から平均レベルに戻る場合：この場合はケース２と同

様であり、検出信号は平均レベルI_{off}へ戻る。

[0035] 図４は、プローブビームが試料表面を走査するのにともなって検出信号Ｉが変化する様子を示す概略図である。ビームは、平坦領域４０３、バンプ４０４、穴４０５をそれぞれ通過する。検出信号Ｉは、表面高さの凹凸にともなって、I_{off}よりも高い値や低い値へ変動する。

[0036] 説明を簡略化するため、検出器が出力する信号は、ビームが欠陥に当たったとき信号強度が変化することにより、試料の表面状態を表しているものとする。表面高さを抽出する動作は、下記式２で表される。この式は逆正弦関数により、ウエハ表面レベルΔｈを、プローブビーム間の位相シフトΔθの関数によって表す。

[0037] [数2]

$$\Delta h = \frac{\lambda}{4\pi}\Delta\theta$$
$$\Delta\theta = \sin^{-1}\left(\frac{I - I_{off}}{I_0}\right) \qquad (2)$$

[0038] しかしこの理論的状況は、ノイズや不安定要因が検出精度に対して影響する実環境で動作する際には、再検討する必要がある。ノイズや振動や検出プロセスに対して大きな影響を及ぼし、試料平坦性を再構築するプロセスにおいて多大なエラーを生じさせる。特に、表面状態とは関係ない位相シフトによって生じるドリフトをどのように補正するのかが問題である。例えば光学部品やレーザパワーの振動は、試料検査中において位相シフト状態に対して影響を与える場合がある。また、光学部品や複屈折素子を膨張させる熱効果は、不要な位相シフトを生じさせる場合がある。これらノイズ源は全て独立して動作し、不要な位相シフトを生じさせることにより、検出信号から試料表面レベルを再構築するプロセスにおいてエラーを生じさせる可能性がある。さらに、これらノイズ源は初期較正手順においては存在しておらず、時間経過にともなって次第に出現する場合がある。

[0039] 下記式３は、検出信号の位相シフトを生じさせる全てのノイズ源に対応す

る不要な位相成分Δφを考慮した、検出信号を表す式である。検出信号Ｉからδｈを正確に抽出するためには、逆正弦関数を適用する前に、Δφの影響をキャンセルする必要がある。Δφの値は、計測または評価することはできない。Δφは、独立かつランダムに生じる複数ノイズがそれぞれ寄与した結果だからである。

[0040] [数3]

$$I = I_{off} + I_0 \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda}\Delta h + \Delta\phi\right) \qquad (3)$$

[0041] しかしΔφの影響は、分離ビーム間の初期位相シフトにしたがって、補償することができると考えられる。試料の平坦位置を走査しているとき、プローブビーム間の位相シフトΔθはゼロとなり、これを最適位置と呼ぶことにする。ノイズが存在しない場合、検出信号は試料走査中において一定値となり、試料表面に高さ変化があるときのみ検出信号が変動する。ノイズの寄与を考慮する場合、本発明は、補償位相シフトΔαを追加することにより、Δφのドリフトを補償し、位相シフトがΔｈのみに依拠するようにする。

[0042] 下記式４に示すように、検出信号Ｉの式に対してΔαを追加する。したがって信号の位相に対して作用する要因は以下の３つとなる：ウエハ表面上に存在する欠陥に起因する成分Δｈ；ノイズに起因する成分Δφ；複屈折素子１０７を移動させることにより追加されるシフトΔα。

[0043] [数4]

$$I = I_{off} + I_0 \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda}\Delta h + \Delta\phi + \Delta\alpha\right) \qquad (4)$$

[0044] Δαにしたがってδφを補償する位相補正動作は、検出信号Ｉの強度が試料表面の平坦位置（Δｈ＝０）におけるI_{off}へ戻るまで複屈折素子１０７の位置を走査することにより、実施される。このときの状態を下記式５に示す。このとき検出信号Ｉの位相はΔφ＋Δαとなる。

[0045]

[数5]

$$I = I_{off} + I_0 \sin(\Delta\phi + \Delta\alpha) \qquad (5)$$

[0046] 位相シフトΔφをキャンセルするためには、下記式６を充足するΔαを追加する必要がある。この動作を適切に実施した場合、検出信号Ｉ＝Ｉ$_{ｏｆｆ}$となり、平均レベルが較正値まで戻ったことになる。

[0047] [数6]

$$\sin(\Delta\phi + \Delta\alpha) = 0$$
$$\Delta\alpha = -\Delta\phi\ [2\pi] \ \text{or} \qquad (6)$$
$$\Delta\alpha = \pi - \Delta\phi\ [2\pi]$$

[0048] 図５は、分離ビーム間の位相シフトに対して複屈折素子１０７の位置が与える影響を模式的に示す図である。複屈折素子１０７の各位置における検出信号Ｉの強度は、例えばドット５０１のようになり、正弦波曲線５０２を形成する。信号抽出のための最適状態は、Ｉ＝Ｉ$_{ｏｆｆ}$となる位置である。位相シフト補正動作の原則は、検出信号曲線がＩ＝Ｉ$_{ｏｆｆ}$を満たす位置５０３に達するまで、複屈折素子１０７の位置を走査することである。この動作を実施すると、複屈折素子１０７を走査することにより生じた追加位相シフトΔαは、ノイズや振動によって生じた位相シフトΔφを正確に補償することになる。その結果、正弦波関数内に残る位相成分は、ウエハ表面レベルに関するΔｈのみとなる。Δｈは平坦領域においては０であり、それ以外の位置においては０以外の値となる。

[0049] 複屈折素子１０７は、ソフトウェア制御する移動ステージ１０８上に載置される。複屈折素子１０７の位置にしたがって、レーザビームが複屈折素子１０７に対して入射する位置がシフトする。移動ステージ１０８により、数マイクロメートルの範囲内で複屈折素子１０７の位置を移動させることができる。複屈折素子１０７の移動方向は、Ｐ偏光ビーム１１１とＳ偏光ビーム１１２が互いに分離している方向に対して平行な方向である。複屈折素子１

０７の位置を走査することにより、Ｐ偏光ビーム１１１とＳ偏光ビーム１１２との間の位相シフトを変化させることができる。光検査装置１００は、検出信号Ｉが欠陥のない位置におけるI_{off}と等しくなるような、複屈折素子１０７の位置を探索する。

[0050] 移動ステージ１０８によって複屈折素子１０７の位置を走査すると、Δαが変化する。検出器１０４は、図５に示すような信号レベルｖｓビーム間位相シフトのプロットを作成する。ビーム間位相シフトが０となる複屈折素子１０７の位置を特定すると、移動ステージ１０８はその位置を維持する。この動作を実施するためには、複屈折素子１０７の位置を制御するシステムと、検出器１０４によって検出信号ＩのＤＣ（直流）レベルを測定するシステムとの間でスムーズな連携が必要である。したがって位相シフト補正動作は、ＤＣレベルがI_{off}に達するまで複屈折素子１０７を低速でまたはステップ動作で移動させる機構によって実施することが望ましい。

[0051] 図６は、光検査装置１００が位相シフトを補正する手順を説明するフローチャートである。以下図６の各ステップについて説明する。

[0052]（図６：ステップＳ６０１～Ｓ６０２）

ユーザは、光検査装置１００に対して初期較正手順を実施することにより、試料１１５の表面高さの平均値を測定する（Ｓ６０１）。これによりI_{off}が定義されることになる。ユーザはさらに、I_{off}の許容閾値をセットする（Ｓ６０２）。許容閾値は、検出信号のＤＣレベルが維持すべき範囲を表している。例えばI_{off}の初期値に対して５％、１０％、などを許容閾値としてセットすることができる。

[0053]（図６：ステップＳ６０３～Ｓ６０４）

光検査装置１００は、試料１１５の表面を１回走査する（Ｓ６０３）。このときの走査範囲は、例えば試料表面の端部から他方の端部までの反往復などとする。検出器１０４は検出信号ＩのＤＣ成分を抽出する（Ｓ６０４）。

[0054]（図６：ステップＳ６０５）

検出器１０４は、Ｓ６０４において抽出したＤＣ成分が許容閾値の範囲内

であるか否かを判定する。すなわち、検出信号ＩのＤＣ成分がI_{off}から逸脱しているか否かを判定する。許容閾値の範囲内である場合はステップＳ６０６へ進み、範囲外である場合はステップＳ６０７へ進む。

[0055]（図６：ステップＳ６０６）

光検査装置１００は、試料１１５の表面全体を走査するまで、Ｓ６０３～Ｓ６０５を繰り返し実施する。表面全体を走査し終えると、本フローチャートを終了する。

[0056]（図６：ステップＳ６０７～Ｓ６０９）

移動ステージ１０８は、複屈折素子１０７の位置を走査開始する（Ｓ６０７）。移動ステージ１０８は、図５で説明した最適位置５０３が得られるまで操作を継続する（Ｓ６０８）。最適位置５０３が得られれば、移動ステージ１０８はその位置を維持し、ステップＳ６０３へ戻る。

[0057]（図６：ステップＳ６０８：最適位置５０３を判定する手法その１）

検出器１０４は、検出信号Ｉのプロットにおいて、検出信号Ｉが極大値をとるときの複屈折素子１０７の位置（第１位置）と、極小値をとるときの複屈折素子１０７の位置（第２位置）とを、それぞれ特定する。検出器１０４は、これらの位置にしたがって、最適位置５０３を特定することができる。例えば両位置の中心を最適位置５０３とみなすことができる。極大値と極小値は例えば検出信号Ｉの微分値が０となる位置によって特定することができる。

[0058]（図６：ステップＳ６０８：最適位置５０３を判定する手法その２）

検出器１０４は、検出信号Ｉのプロットにおいて、検出信号Ｉの微分値が最大または最小となる位置（最急位置）を、最適位置とみなすことができる。微分値が最大となるのは検出信号Ｉが極小値から極大値へ向かって増加しているときであり、微分値が最小となるのは検出信号Ｉが極大値から極小値へ向かって減少しているときである。

[0059] 図６に示すフローチャートにおいて、試料検査プロセスを中断しないためには、検出信号におけるＤＣレベルのドリフトを検出すると即座に位相シフ

ト補正プロセスを開始して位相シフトを補正し、表面高さが許容閾値の範囲内に収まるようにして試料走査プロセスを妨げないようにする必要がある。光検査装置１００は、検出信号ＩのＤＣレベルをI_{off}に維持するために、複屈折素子１０７の微小な位置走査によって、微小な位相シフト補正を連続的に実施する。これにより、試料検査プロセスを中断することなく、ノイズ由来の位相シフトを補正することができる。

[0060] ＜本発明の変形例について＞

本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0061] Ｓ６０８において、移動ステージ１０８は、複屈折素子１０７を最適位置５０３へ移動させることにより、ノイズに起因する位相シフトをゼロにすることが望ましい。ただし位相シフトをある程度以下に抑えることができれば、実用上は問題ないといえる。例えば光検査装置１００が試料１１５の表面高さを検出することができる検出解像度以下に相当する範囲まで位相シフトを抑制することができれば、本発明の目的を十分達成することができる。

[0062] 以上の実施形態において、検出器１０４が最適位置５０３を特定することを説明した。これは例えば、検出器１０４が出力する検出信号を解析する演算装置を検出器１０４と一体的に構成することによって実現できる。ただしこれに限られるものではなく、検出器１０４と演算装置をそれぞれ別個に構成してもよい。また光検査装置１００の各部を制御する制御装置としてその演算装置を用いてもよい。

[0063] 以上の実施形態において、複屈折素子１０７としては、例えばノマルスキープリズムやウォラストンプリズムを用いることができる。それ以外の光学

素子を用いてもよい。すなわちレーザビーム１０２をシャー量δだけ離して分離させる複屈折素子であれば、その他任意の素子を用いることができる。

[0064] 移動ステージ１０８は、例えばステッピングモータによって複屈折素子１０７の位置を移動させることができる。ステッピングモータは、位置を段階的に移動させることができるので、複屈折素子１０７の位置ごとに図５で説明したプロット点を取得するためには都合がよい利点がある。

[0065] 以上の実施形態は、光検査装置１００が微分干渉光学システムとして構成されていることを想定したが、それ以外の光学システムにおいても本発明を用いることができる。すなわちレーザビーム１０２を複屈折素子１０７によって２つのビームへ分離して試料１１５に対して照射する光学システムであれば、本発明の利点を得ることができる。

符号の説明

[0066] １００：光検査装置

１０１：レーザ源

１０３：偏光ビームスプリッタ

１０４：検出器

１０５：撮像レンズ

１０６：４分の１波長板

１０７：複屈折素子

１０８：移動ステージ

１０９：対物レンズ

１１１：Ｐ偏光ビーム

１１２：Ｓ偏光ビーム

１１４：ミラー

１１５：試料

請求の範囲

[請求項1] 光を用いて試料を検査する光検査装置であって、

レーザビームを出射するレーザ源、

前記レーザビームを第１ビームと第２ビームに分離する複屈折素子、

前記複屈折素子の位置を移動させる移動機構、

を備え、

前記移動機構は、前記複屈折素子の位置を移動させて前記第１ビームの光路と前記第２ビームの光路を調整することにより、前記第１ビームと前記第２ビームが光検出器によって検出される前における前記第１ビームと前記第２ビームとの間の位相差を調整する

ことを特徴とする光検査装置。

[請求項2] 前記光検査装置はさらに、前記第１ビームと前記第２ビームを前記試料に対して照射することにより前記試料から反射された反射ビームを検出する光検出器を備え、

前記光検出器が前記反射ビームを検出することにより取得する検出信号は、第１成分と第２成分を有し、

前記第１成分は、前記位相差によらず変化しない成分であり、

前記第２成分は、前記試料の表面における凹凸に依拠して変化する成分と、前記位相差に依拠して変化する成分とを含み、

前記移動機構は、前記位相差を調整することにより、前記位相差に依拠して変化する成分をキャンセルして、前記第２成分のうち前記凹凸に依拠する成分の割合を増加させる

ことを特徴とする請求項１記載の光検査装置。

[請求項3] 前記移動機構は、前記複屈折素子の位置を走査することにより、前記位相差に依拠する成分が前記光検査装置の検出解像度以下となる、前記複屈折素子の最適位置を探索する

ことを特徴とする請求項２記載の光検査装置。

[請求項4] 前記移動機構は、前記複屈折素子の位置を走査している間において、前記検出信号が極大値となる、前記複屈折素子の第１位置を探索し、

前記移動機構は、前記複屈折素子の位置を走査している間において、前記検出信号が極小値となる、前記複屈折素子の第２位置を探索し、

前記移動機構は、前記第１位置と前記第２位置にしたがって、前記最適位置を決定する

ことを特徴とする請求項３記載の光検査装置。

[請求項5] 前記移動機構は、前記複屈折素子の位置を走査している間において、前記複屈折素子の位置に対する前記検出信号の微分値が最大または最小となる、最急位置を探索し、

前記移動機構は、前記最急位置にしたがって、前記最適位置を決定する

ことを特徴とする請求項３記載の光検査装置。

[請求項6] 前記光検出器は、前記試料の表面が平坦である平坦位置に対して前記第１ビームと前記第２ビームを照射しているときにおける前記第１成分を検出し、

前記光検出器は、前記試料の検査中において、前記検出信号の直流成分を抽出し、

前記光検出器は、前記平坦位置における前記第１成分と前記直流成分を比較し、

前記移動機構は、前記直流成分が前記第１成分に対して許容閾値以上逸脱している場合は、前記複屈折素子の位置を走査開始することにより前記最適位置を探索する

ことを特徴とする請求項３記載の光検査装置。

[請求項7] 前記光検査装置は、前記平坦位置における前記第１成分を、前記光検査装置の較正手順において取得し、

前記光検査装置は、前記較正手順において前記許容閾値を取得する
ことを特徴とする請求項６記載の光検査装置。

[請求項8] 前記移動機構は、前記第１ビームと前記第２ビームが互いに分離された方向に対して平行な方向に、前記複屈折素子を移動させる
ことを特徴とする請求項１記載の光検査装置。

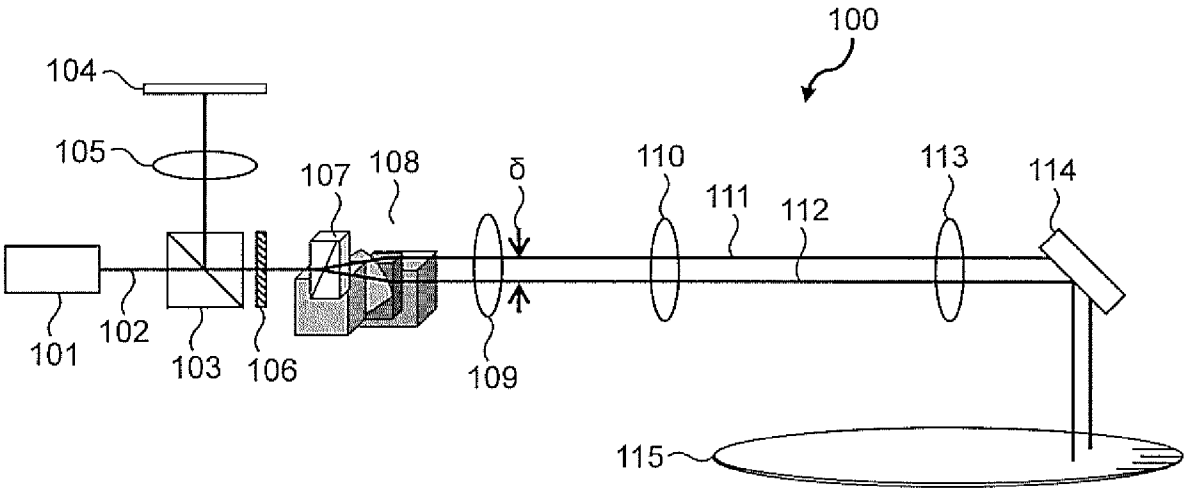
[請求項9] 前記光検査装置はさらに、前記第１ビームと前記第２ビームを前記試料に対して照射することにより前記試料から反射された反射ビームを検出する光検出器を備え、
前記移動機構は、前記レーザビームを、第１偏光状態の前記第１ビームと第２偏光状態の前記第２ビームへ分離するように構成されており、
前記光検出器は、前記試料から反射した前記第１ビームと前記第２ビームが干渉することによって生じた干渉光を検出する
ことを特徴とする請求項１記載の光検査装置。

[請求項10] 前記複屈折素子は、前記レーザビームをシャー量だけ分離させる、ノマルスキープリズムまたはウォラストンプリズムによって構成されている
ことを特徴とする請求項９記載の光検査装置。

[請求項11] 前記移動機構は、前記複屈折素子を接続した移動ステージを備え、
前記移動ステージは、ステッピングモータを用いて、前記複屈折素子の位置を移動させる
ことを特徴とする請求項１記載の光検査装置。

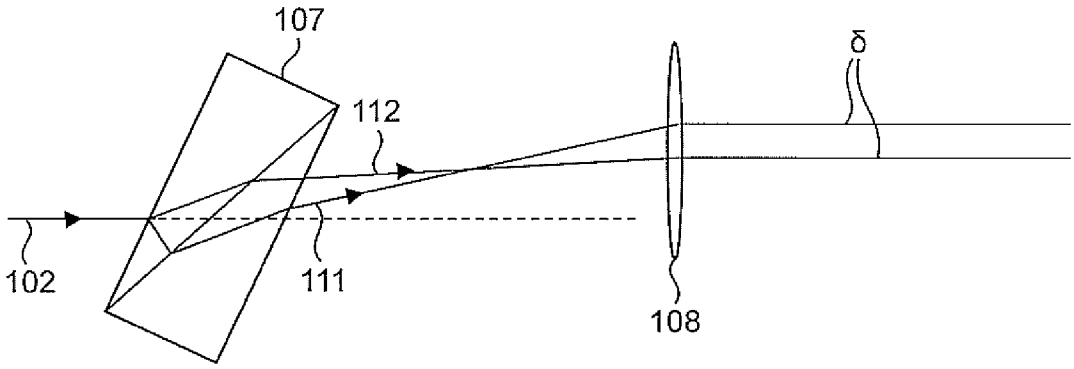
[図1]

図 1


100
104
105
107
108
δ
110
111
112
113
114
101
102
103
106
109
115

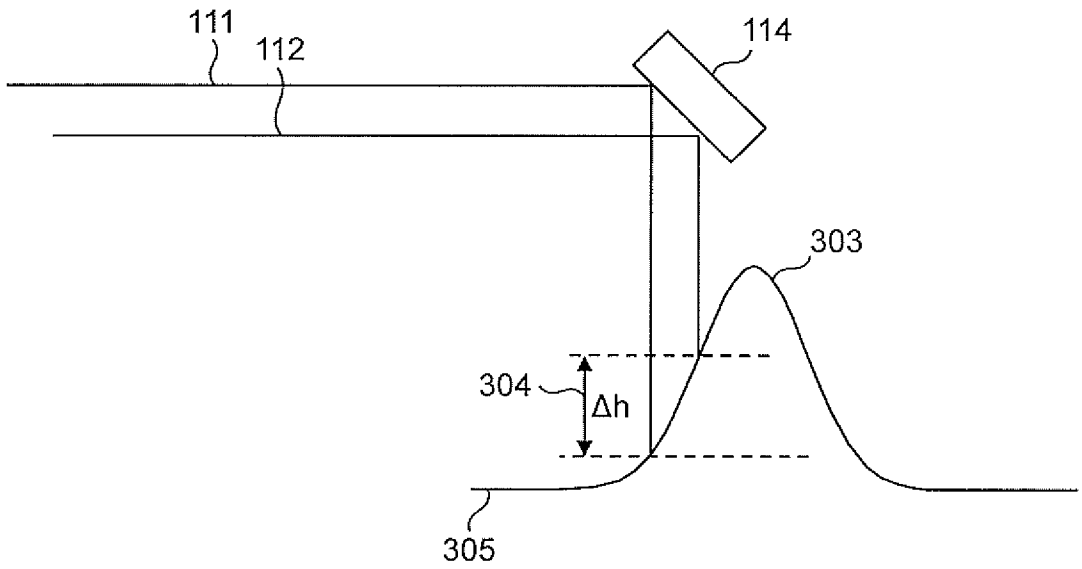
[図2]

図 2


107
112
δ
102
111
108

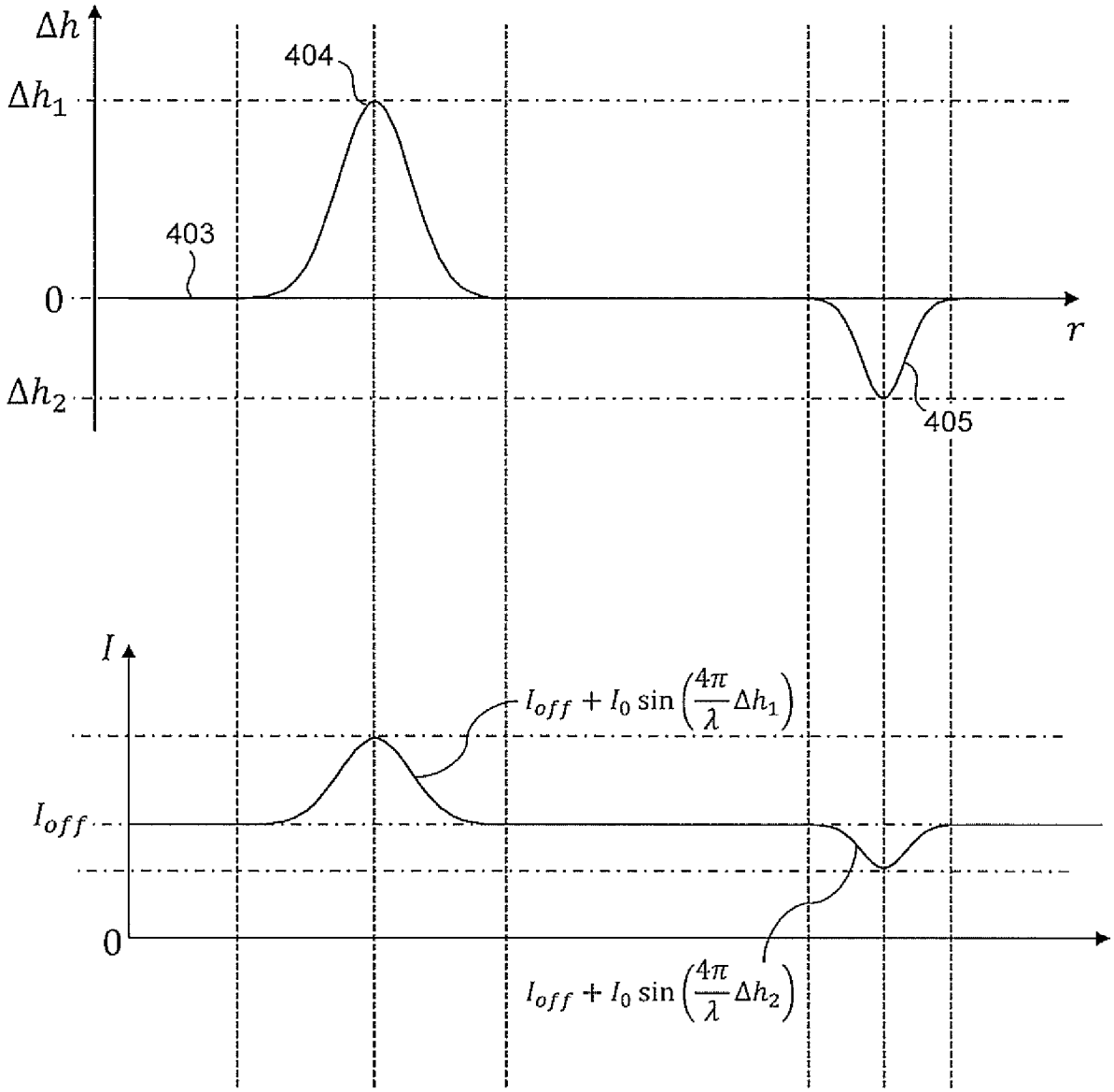
[図3]

図３



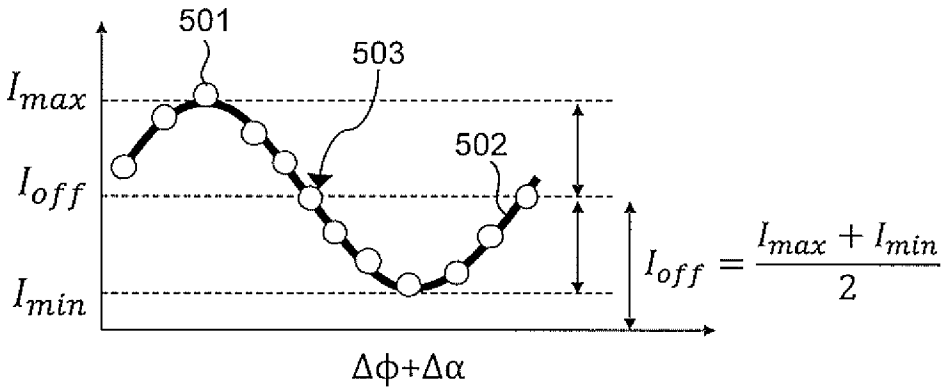
[図4]

図 4


Δh
Δh1
404
403
0
Δh2
r
405
I
Ioff + I0 sin(4π/λ Δh1)
Ioff
0
Ioff + I0 sin(4π/λ Δh2)

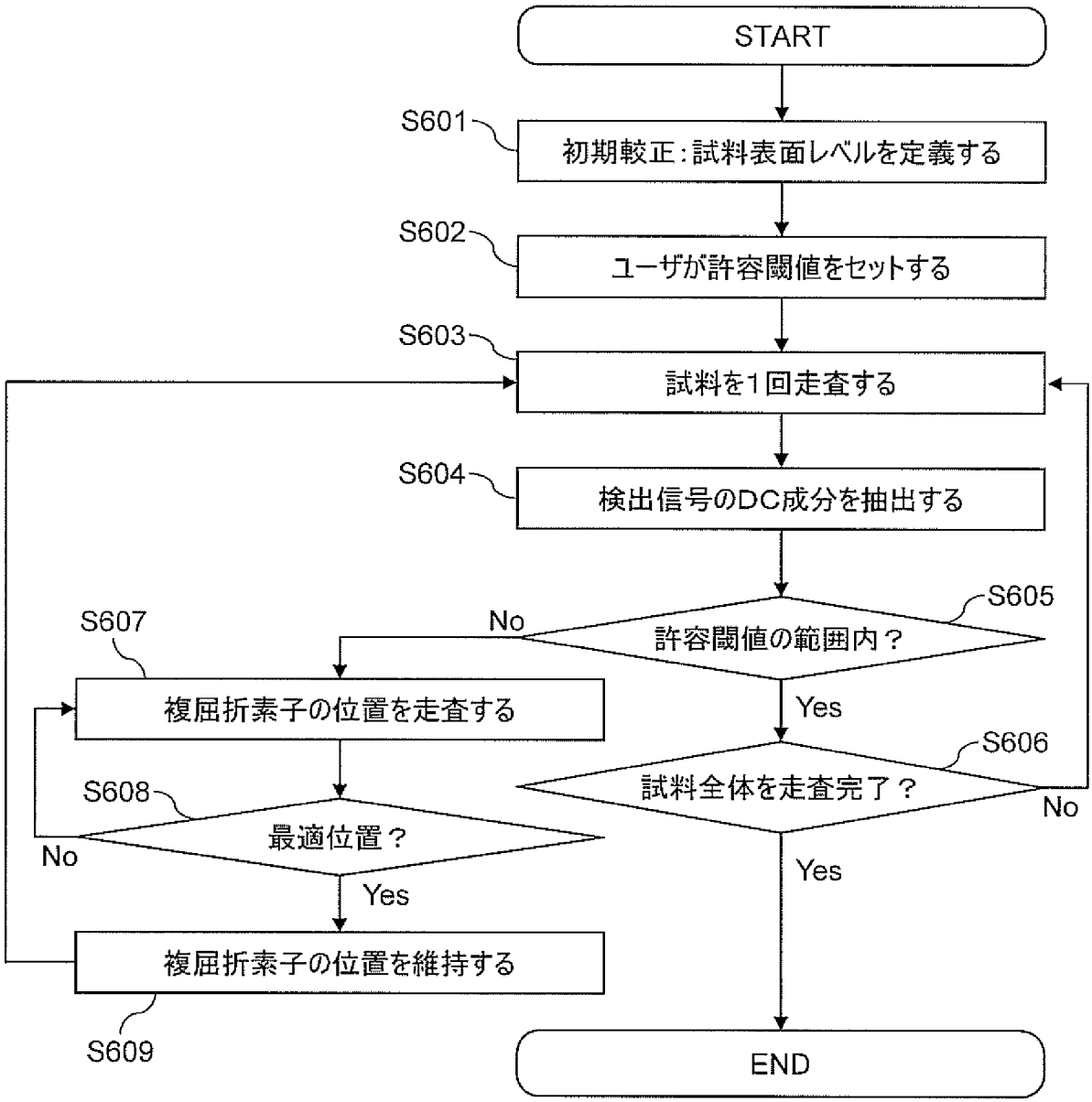
[図5]

図 5



[図6]

図６


START
S601
初期較正：試料表面レベルを定義する
S602
ユーザが許容閾値をセットする
S603
試料を1回走査する
S604
検出信号のDC成分を抽出する
S605
許容閾値の範囲内？
No
Yes
S606
試料全体を走査完了？
No
Yes
S607
複屈折素子の位置を走査する
S608
最適位置？
No
Yes
複屈折素子の位置を維持する
S609
END

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/022656

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01B9/02(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G01B9/00-9/10, G01B11/00-11/30, G01N21/84-21/958, G02B21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-89790 A (NIKON CORP.) 04 April 1997, paragraphs [0066], [0068], [0077]-[0078], fig. 1 (Family: none)	1,8-11 4-5
X Y	US 2003/0161038 A1 (TOBBEN, Helmut) 28 August 2003, paragraphs [0032]-[0037], [0049], [0055], fig. 1 & JP 2004-508577 A & US 2006/0023225 A1 & WO 2001/096926 A2 & DE 10036227 A1	1,8-11 2-5,8,11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
02 August 2019 (02.08.2019)	13 August 2019 (13.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/022656

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	寺川 進, 微分干渉顕微鏡, MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY, November 1997, vol. 15, no. 6, 702-708, (TERAKAWA, Susumu, "Differential Interference Contrast Microscope")	1,9-10 2-5,8,11 6-7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０２２６５６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B9/02(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B9/00-9/10, G01B11/00-11/30, G01N21/84-21/958, G02B21/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	JP 9-89790 A (株式会社ニコン) 1997.04.04, [0066],[0068],[0077]-[0078],図１（ファミリーなし）	1,8-11 4-5
X Y	US 2003/0161038 A1 (TOBBEN, Helmut) 2003.08.28, [0032]-[0037],[0049],[0055],Fig.1 & JP 2004-508577 A & US 2006/0023225 A1 & WO 2001/096926 A2 & DE 10036227 A1	1,8-11 2-5,8,11

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０２．０８．２０１９	１３．０８．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｓ　３４０３
河内　悠
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	寺川　進，微分干渉顕微鏡，MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY，1997.11，	1,9-10
Y	Vol.15，No.6，702-708	2-5,8,11
A		6-7