

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2008年9月12日 (12.09.2008)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2008/108174 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 21/84 (2006.01) G01N 21/956 (2006.01)  
G01B 11/02 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)  
G01B 11/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/052855
- (22) 国際出願日: 2008年2月20日 (20.02.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2007-057975 2007年3月8日 (08.03.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡 恵子 (OKA, Keiko) [JP/JP]; 〒2440817 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 Kanagawa (JP). 吉武 康裕 (YOSHITAKE, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒2440817 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 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: ポレール特許業務法人 (POLAIRE I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目7番1号 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

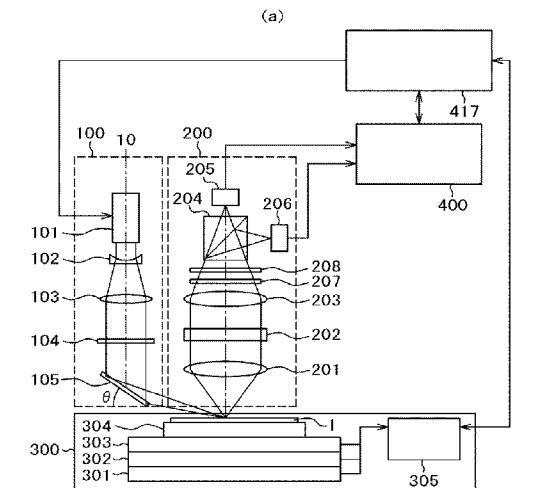
[ 続葉有 ]

(54) Title: ILLUMINATING DEVICE, DEFECT INSPECTING APPARATUS USING THE DEVICE, ITS METHOD, HEIGHT METERING APPARATUS, AND ITS METHOD

(54) 発明の名称: 照明装置並びにそれを用いた欠陥検査装置及びその方法並びに高さ計測装置及びその方法

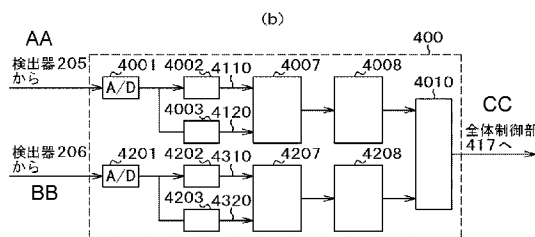
[図6]

図6



(57) Abstract: Provided are an inspecting apparatus or a height metering apparatus, in which a laser beam intensity homogeneous all over an illuminating region is obtained by irradiating a specimen linearly with a laser beam through a diffraction optical element. As a result, the specimen surface can be precisely measured even with the laser beam made incident in an oblique direction or with a low laser power.

(57) 要約: 検査装置または高さ計測装置において、レーザビームを試料上に回折光学素子を介して直線状に照射することによって、照射領域の全領域に渡って均一なレーザビーム強度を得る。これによって、レーザビームを斜め方向から入射しても、また、低いレーザパワーでも試料表面を正確に測定することが出来る。



AA FROM DETECTOR 205  
 BB FROM DETECTOR 206  
 CC TO ENTIRE CONTROL UNIT 417

WO 2008/108174 A1



(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,

SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

## 明 細 書

照明装置並びにそれを用いた欠陥検査装置及びその方法並びに高さ計測装置及びその方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、試料上の線状の領域を照明する照明光学系並びにそれを用いた欠陥検査装置及びその方法並びに高さ計測装置及びその方法に関する。

## 背景技術

[0002] 半導体製造工程では、半導体基板(ウエハ)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る。また、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様々な状態で混入される。

[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したり、何らかの欠陥が生じたりすると、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、異物混入はパターンの短絡、不良接続の原因になる。

[0004] 従来この種の、半導体基板上の異物を検出する技術の一つとして、特開平7-229845号公報(従来技術1)には、光源から発射された光ビームの断面形状をアパーチャ板で所定形状に成形して試料上に斜め方向から照射し、試料からの光に基づいて試料に付着した異物を検査する装置において、フーリエ変換面状に開口絞りを配置してこの開口絞りの開口径を絞り込んで高い空間周波数成分を遮光することにより、試料上に長手方向に均一な強度分布を持つスリット光を照射する構成が開示されている。

[0005] また、特表2001-512237号公報(従来技術2)には、円柱ミラーまたは円柱レンズを用いて、入射する平行化された光ビームを被検査表面上の線状の領域に集束させ、ビームの像が表面の異常および特徴を検出する構成が開示されている。ま

た、同様に特開2003-185593号公報(従来技術3)には、インコヒーレント光を収束してウエハ面に優勢なパターンライン方向に対して45度で斜方入射し、パターンコーナーからの反射をブロックする光学的マスクを結像光学系に設置する構成をとることにより、ウエハ面上の凹凸性欠陥を精度良く、有効に検査する構成が開示されている。さらに、パターンからの散乱光を低減する方向から円柱ミラーまたは円柱レンズを用いて照明する高効率照明光学系により、信号のばらつきの原因であるパターンからの散乱光を低減、さらにチップ内の領域毎に算出した信号のばらつきをもとにしきい値を設定する手段により、検出しきい値を低減し、検出感度の向上およびスループットの向上を実現する装置が、特開2004-301847号公報(従来技術4)に開示されている。

[0006] また、半導体や液晶基板の露光装置においては色収差パターンを結像するため、基板の高さ計測が用いられており、特に光学式の高さ計測が、特開2002-203785号公報(従来技術5)に開示されている。

[0007] 特許文献1:特開平7-229845号公報  
特許文献2:特表2001-512237号公報  
特許文献3:特開2003-185593号公報  
特許文献4:特開2004-301847号公報  
特許文献5:特開2002-203785号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0008] 上記した従来技術1に開示されている検査装置においては、レーザ光源から発射されたレーザをビームエキスパンダで拡大した後、アパーチャ板で拡大したビームの中央部付近の一部のレーザを透過させ、更に開口径を絞り込んだ開口絞りをを用いて試料上の線状の領域に照射するスリット状のビームの強度分布の均一化を図っているために、レーザ光源から発射されたレーザのうちの試料表面に照射される割合が小さくなってしまふ。このため、試料に照射するレーザの照度を上げるためには、光源に用いるレーザとしてより強いレーザパワーが必要になり、より大型の高価なレーザ発振機が必要になるという課題があった。

- [0009] また、従来技術1には、強度分布を均一化したスリット状のビームを、基板の照射領域全面に焦点を合わせるように照明光学系を構成することについては記載されていない。
- [0010] また、上記の従来技術2乃至5では、基板上にパターンを形成し対象物を製作していく製造過程で発生する欠陥を散乱光により検出する欠陥散乱光検出装置に対し、従来は図21(a)に示すように、照明光学系にシリンダリカルレンズ110を用い、ガウシアン強度分布を持つレーザ光による入射ビーム10をスリット状3に照射させ、さらにスリット状3の均一な領域だけを検出系のアパーチャ111等によりスリット状にカットして照射を行っていたため、光利用効率が悪く、また強いレーザパワーが必要となるためコストが高いという課題があった。
- [0011] 更に、光利用効率が悪いこと迷光率が高いことや、基板に対し斜めから照明するためスリット方向に強度分布が変化し、画像処理による感度補正が必要であるという課題があった。
- [0012] また、上記の従来技術1から4では、基板上表面の高さ計測装置に対し、従来は図20(b)に示すように、照明光学系にレンズ111, 113を用い、レーザ光による入射ビーム10のガウシアン強度分布が均一な領域だけをアパーチャ112等によりカットしてスリット状の照射を行っていたため、光利用効率が悪く、また強いレーザパワーが必要となるためより大型のレーザ光源を採用せざるを得なくなり、コストが高くなってしまいうという課題があった。
- [0013] 更に、光利用効率が悪いこと迷光率が高いことや、基板に対し斜めから照明するためスリット方向に強度分布が変化し、画像処理による感度補正が必要であるという課題があった。
- [0014] 本発明の目的は、試料上の所望の領域にレーザ光を斜方入射させて均一な強度分布でかつ高い光利用効率で照明することでより低いレーザパワーでも十分に検査又は計測を行えるようにして、比較的小型のレーザ光源を用いること可能にすることにより低コスト化できるようにした照明光学系及びそれを用いた検査装置並びに高さ計測装置を提供することにある。
- [0015] また、本発明の他の目的は、試料上の所望の領域にレーザ光を均一強度で照明し

、高い光利用効率を達成することで迷光率を低くすることができるようにした照明光学系及びそれを用いた検査装置並びに高さ計測装置を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0016] 上記目的を達成するために本発明では、欠陥検査装置や高さ計測装置に用いる試料を照明するための照明光学系(照明装置)を、照明光を発射する光源と、この光源から発射された照明光の光束の断面形状と強度分布を変換する回折光学素子を備えた光学素子と、回折光学素子で照明光の光束の断面形状と強度分布とが変換された照明光を試料上に試料の表面に対して斜め方向から照射する照射部とを備えて構成し、光学素子の回折光学素子により、照射部を介して試料上に照射される照明光が試料上の直線状の領域を直線状の全領域に渡ってほぼ均一の強度分布で直線状の全領域に渡って焦点が合った状態で照射するように照明光の光束の断面形状と強度分布とを変換するように構成した。

[0017] また、上記課題を解決するために、本発明では、試料の表面を該表面に対して斜め方向からレーザで照明する照明手段と、この照明手段で照明された試料からの反射散乱光の像を検出する検出光学系手段と、この検出光学系手段で検出した試料からの反射散乱光の像の画像信号を処理して試料表面の欠陥を検出する画像処理手段とを備えた欠陥検査装置において、照明手段は、レーザを発射する光源と、この光源から発射されたレーザの光束の断面形状と強度分布を変換する回折光学素子を備えた光学変換部と、この光学変換部で断面形状と強度分布とが調整されたレーザを試料上に照射する照射部とを有し、光学変換部の回折光学素子を介して、照射部から試料上に照射されるレーザが試料上の直線状の領域をこの直線状の領域全体に渡ってほぼ均一の強度分布でこの直線状の領域全体に渡って焦点が合った状態で照射するようにレーザの断面形状と強度分布とを変換するように構成した。

[0018] また、上記課題を解決するために、本発明では、スリット光で試料の表面を該表面に対して斜め方向から照明する照明手段と、この照明手段で試料の表面に照明されたスリット光の反射光を検出する反射光検出手段と、この反射光検出手段で反射光を検出して得た信号を処理して試料表面の高さを検出する信号処理手段とを備えた高さ計測装置において、照明手段は、照明光を発射する光源と、この光源から発射

された照明光の光束の断面形状と強度分布を変換する回折光学素子を備えた光学変換部と、この光学変換部で照明光の光束の断面形状と強度分布とが変換された照明光を試料上に照射する照射部とを有し、光学変換部の回折光学素子を介して、照射部から試料上に照射される照明光が試料上の複数の直線状の領域をこの複数の直線状の領域全体に渡ってほぼ均一の強度分布でこの複数の直線状の領域全体に渡って焦点が合った状態で照射するように照明光の光束の断面形状と強度分布とを変換するように構成した。

### 発明の効果

- [0019] 本発明によれば、所望の照明部分に焦点を合わせたレーザ光を均一強度で照明するため高い光利用効率が達成され、低いレーザパワーのレーザ光源を使用できるようにしたことにより照明光源を低コスト化できるという効果を奏する。
- [0020] また本発明によれば、所望の照明部分に焦点を合わせたレーザ光を均一強度で照明するため高い光利用効率が達成され、迷光率を低くすることができるため欠陥検出の閾値を低く設定することができるので、欠陥を高感度に検出することが可能になる。
- [0021] 更に本発明によれば、試料に照射するレーザ光の強度分布が均一なため、センサに対して画像処理による感度の均一化補正が不要となり照明光学系の高性能化を実現できる効果を奏する。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0022] 本発明による照明光学系とそれを用いた検査装置及び高さ計測装置の実施例を、図を用いて説明する。
- [0023] 先ず図1乃至5を用いて、照明光学系の原理とその構成について説明する。図1にレーザビームを斜方入射により均一なスリット状に変換する回折光学素子104を示す。この回折光学素子104は、スリット方向で、焦点距離が異なり、直線的にこの焦点距離を変える。この構成により、図1に示すように斜めから照明しても、x方向に絞り込み、y方向にコリメートされたスリット状のビーム3で照射領域全面に亘って焦点が合った状態でウェハ1を照明することができる。即ち、この回折光学素子104により、図2(b)に示すようなy方向に平行光となる照明を実現することができる。

[0024] 本発明による図1に示したような回折光学素子104を用いた照明光学系の構成を図2(a)、(b)に示す。レーザ光源101から射出した光は、凹レンズ102、凸レンズ103から構成されるビームエキスパンダを介して、回折光学素子104に入射する。

[0025] 図3に示す、波長 $\lambda$ をもつレーザ光10が回折光学素子104の素子面(x, y)3022を介し、基板面(x', y')3023に角度 $\theta$ :3020で照射する。このとき、レーザ光による入射ビーム10が基板に入射する点を通り素子面3022に平行な面3021から素子面3022までの距離をfとすると、斜め入射によりx'方向に沿って生じる位相差の項は、次に示す(数1)で表すことができる。

[0026] [数1]

$$A(x') = \exp\left\{\frac{2\pi}{\lambda} x' \sin \theta\right\} \quad (\text{数 } 1)$$

[0027] 図3に示した素子面3022の複素振幅分布を $U(x, y)$ とすると、像面3023における複素振幅 $U'(x', y')$ は、次に示す(数2)の $U(x, y)$ のフーリエ変換であらわされる。一方、複素振幅 $U(x, y)$ は、(数3)の逆フーリエ変換であらわされる。

[0028] [数2]

$$U'(x', y') = \iint U(x, y) \exp\left[-i \frac{\pi(x'x + y'y)}{\lambda f}\right] dx dy \quad (\text{数 } 2)$$

[0029] [数3]

$$U(x, y) = \iint U'(x', y') \exp\left[i \frac{\pi(x'x + y'y)}{\lambda f}\right] dx' dy' \quad (\text{数 } 3)$$

[0030] 先ず、図4に反復フーリエ変換を適用した回折光学素子104の設計アルゴリズムを概念的に表したものを示す。

[0031] ガウシアン振幅分布2001を持つ入射ビーム10を、初期位相2002のような素子位相分布を持つ回折格子素子104を透過させて試料面状に結像させる場合、ガウシアン振幅分布2001と初期位相2002とを持つ複素関数 $U(x, y)$ をフーリエ変換(数2)2004させ、像面側の複素振幅分布 $U'(x', y')$ を得る。振幅分布 $\text{Re}\{U'(x', y')\}$ に、所望する均一なスリット状振幅分布3001と入れ替える。

図4に、入射ビーム2001の等高線を用いた平面図とx方向、y方向の強度分布を示す。また、図4の回折光学素子104の初期位相2002は、等高線で表すことが出来



るが、図が複雑になるのを避け、図4においては、代表的な等高線のみを示す。また、位相分布2002のx方向位相断面およびy方向位相断面も図4に示す。

[0032] 次に、逆フーリエ変換3004を行い、新しい複素振幅 $U(x,y)$ が求まる。ここで、複素振幅分布 $U(x,y)$ の実部は、ガウシアン振幅分布(図4の2001)を $\text{Re}(U_{\text{Gaussian}}) \Rightarrow U(x,y)$ とし、常に置き換える。得られた像面側の振幅分布3001が所望の振幅分布になるまで反復計算2003を繰り返す。なお、図4において、3003は振幅分布3001において、光強度と位置の関係を示すものである。

[0033] 反復計算が収束した場合、反復計算から抜け出し、図3に示すように斜め入射により生じる位相差の項(数1)を位相分布3002に掛け合わせ、さらに逆フーリエ変換して求まる複素振幅分布 $U(x,y)$ から素子の位相分布を求めることができる。位相分布3002も等高線で表すことが出来る。図4において、位相分布3002の等高線は、図が複雑になるのを避けるために、代表的な等高線のみを示す。また、位相分布3002のx方向位相断面、y方向位相断面も同時に図4に示す。

[0034] 複素振幅分布 $U(x,y)$ からの位相分布は(数4)により求めることができる。

[0035] [数4]

$$\varphi = \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im}(U(x,y))}{\text{Re}(U(x,y))} \right] \quad (\text{数4})$$

[0036] 次に、図4で説明した反復フーリエ変換を適用した回折光学素子104の設計アルゴリズムを、図5にフロー図を用いて説明する。まずステップ1001で、ガウシアン振幅分布と初期位相をもつ複素振幅分布 $U(x,y)$ を設定し、ステップ1002で(数2)によるフーリエ変換を行い、像面側の複素振幅分布 $U'(x',y')$ を得る。ステップ1003で、複素振幅分布 $U'(x',y')$ を、所望する均一なスリット状振幅分布に置き換える。ステップ1004で、反復計算回数がN回に満たない場合、ステップ1005で、逆フーリエ変換を行い、新しい複素振幅分布 $U(x,y)$ が求まる。複素振幅分布 $U(x,y)$ の実部はガウシアン振幅分布とし、常に置き換える。次にステップ1001に戻り、この操作をN回繰り返す。

[0037] ステップ1004でN回に達した場合、反復計算から抜け出し、ステップ1006で図3に示すような斜め入射により生じる位相差の項(数1)を掛け合わせ、逆フーリエ変換か

ら複素振幅分布 $U(x,y)$ が求まり、ステップ1007で(数4)を用いて素子の位相分布を求めることができる。

- [0038] 図5に示した処理では、ステップ1001から1005までの反復計算をN回繰返した後に、ステップ1006へ進むフローを示したが、反復計算をN回繰返すかわりに、ステップ1004で毎回反復計算の集束状態をチェックして集束したと判断した場合に $(|(\text{目標振幅分布:}U) - (\text{計算結果の複素振幅分布:}U')| < \epsilon)$ 、ステップ1006へ進むようにしてもよい。なお、回折光学素子104は、複数の素子を組み合わせて構成してもよい。

### 実施例 1

- [0039] 上記に説明した手順で設計し、作成した回折光学素子104を用いた照明光学系部を装着した欠陥検査装置の例を、図6(a),(b)を用いて説明する。本実施例における欠陥検査装置は基板上に付着又は基板上に発生した異物を検出する異物検査装置に適用した例である。図6(a)に示した構成において、基板設置台304、xyzステージ301、302、303およびステージコントローラ305から構成されるステージ部300と、レーザ光源101、凹レンズ102および凸レンズ103、回折光学素子104より構成される照明光学系部100と、検出レンズ201、空間フィルタ202、結像レンズ203、ND(Neutral Density)フィルタ207、ビームスプリッター204、偏光素子208、センサ等の1次元検出器(イメージセンサ)205、206より構成される検出光学系部200と、1次元検出器205、206からの出力をA/D変換して得られるデジタル信号とステージコントローラ305から得られるステージ駆動信号とを用いてデジタル画像を得、このデジタル画像を処理して基板上の欠陥を検出する演算処理部400とにより構成される。
- [0040] 照明光学系部100は、レーザ光源101から射出された光を、凹レンズ102および凸レンズ103より構成されるビームスプリッタ、回折光学素子104を通して、図8に示すようにスリット状のビーム3を平面的に方向11から載置台304上に設置されたウエハ(被検査対象基板)1に対して上記スリット状のビーム3の長手方向がチップの配列方向に向いて照明するよう構成される。なお、照明光として、スリット状のビーム3にするのは、異物検査の高速化を実現するためである。即ち、図8に示すように、xステージ301の走査方向のx方向およびyステージ302の走査方向のy方向に向けてチップ2

を配列したウエハ1上に照明されるビーム3は、yステージ302の走査方向xあるいは走査方向yに狭く、その走査方向xあるいは走査方向yに広いスリットビームで照明する。そして、このスリット状のビーム3は、走査方向xあるいは走査方向yには、光源の像が結像するように、走査方向xあるいは走査方向yには、平行光になるようにウエハ1の表面を照明する。

[0041] 特に、方向11からのスリット状のビーム3の照明で、ウエハ(被検査対象基板)1に対してチップの配列方向に向け、且つyステージ302の走査方向yに対して直角になるようにするためには、レーザビームを斜方入射により均一なスリット状に変換する回折光学素子104が必要となる。

[0042] なお、レーザ光源101として、分岐する関係で高出力のYAGレーザの第3高調波SHG、波長355nmを用いるのがよいが、必ずしも355nmである必要はない。また、レーザ光源101として、YAGSHGである必要もない。すなわち、レーザ光源101として、Arレーザ、窒素レーザ、He-Cdレーザ、エキシマレーザ等他の光源であっても良い。

[0043] 検出光学系部200は、照明光学系部100により照明されてウエハ1で散乱した光を、検出レンズ(対物レンズ)201、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202、結像レンズ203、NDフィルタ(波長帯域によらず光量を調整する。)207、ビームスプリッター204、偏光素子208を通して、センサ等の1次元検出器205、206で検出するように構成される。空間フィルタ202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201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。また、偏光素子208は、照明光学系部100で偏光照明した際、回路パターンのエッジから生じる反射散乱光による偏光成分を遮光し、異物等の欠陥から生じる反射散乱光による偏光成分の一部分を透過するものである。偏光素子208は、ウエハ1の表面の状態によっては必ずしも必要としない。

[0044] 照明光学系部100の回折光学素子104を用いて、照明するスリット状のビーム3について具体的に説明する。

[0045] 図1に示した構成において、図9に示すようなガウシアン強度分布31、32をもつレ

一ザビームを、回折光学素子104を用いることにより、図10に示すスリット状の均一強度分布31'、32'を得ることができる。図11に示すように、ウェハ(被検査対象基板)1に対して上記スリット状ビーム3aの長手方向が入射面に平行である状態、または図11に示すように、ウェハ(被検査対象基板)1に対して上記スリット状ビーム3bの長手方向が入射面に垂直である状態が可能である。

[0046] 回折光学素子104を設計することにより、上記スリット状ビーム3aまたは3bの何れに対してもビームの長手方向の全領域に渡って焦点距離が合うように設定することができる。すなわち、スリット状のビーム3aまたは3bが照射されるウェハ1上の領域の全体にわたって、スリット状のビーム3aまたは3bの焦点が合った状態にすることができる。

[0047] また、回折光学素子104の設計を変えることにより、スリット状のビーム3aまたは3bがウェハ1上に照射される領域の向きを図11又は図12に示すX方向又はY方向に対して傾いた任意の方向に設定することが可能である。

[0048] これにより、ウェハ1上の照射領域の全面に渡って均一な照度で、かつ、全領域で焦点が合っているスリット状ビーム3を(以下、図1, 8, 11, 12に記載したスリット状のビームを総称してスリット状ビーム3と記載する)ウェハ1に照射することが可能になる。

[0049] 前述したように様々な形態の回路パターンが形成されたウェハ(基板)1に対して照明光学系部100からスリット状のビーム3が照明されると、この照明によるウェハの表面、回路パターン、異物等の欠陥からの反射回折光(あるいは散乱光)が発生する。この発生した反射回折光の一部は、検出レンズ201に入射して、ウェハ1上に形成された回路パターンのうち等ピッチで規則的に形成された回路パターンからの反射回折光により検出レンズの瞳面状に形成される回折光パターンを遮光する空間フィルタ202、空間フィルタ202を透過した反射回折光の像を結像させる結像レンズ203、結像レンズ203を透過した反射回折光の光量を調節するNDフィルタ207、NDフィルタ207を透過した反射回折光の偏光の状態を調整する偏光素子208、および偏光素子208で偏光の状態を調整された反射回折光を偏光に応じて分岐するビームスプリッター204を通して

、検出器205、206で結像レンズ203により結像された光学像が受光されて光電変換される。

[0050] ここで、NDフィルタ207、偏光素子208、ビームスプリッター204の順序は、ここにあげた順序である必要はない。特に、NDフィルタ207は、ビームスプリッター204の後に配置すると、2つの検出器205、206に入る光の強度を独立に制御できるという効果を持つ。

[0051] また、ビームスプリッター204の透過、反射率は、50%である必要はない。たとえば、1%、99%と言う風に構成すると、一方の検出器に約100分の1の強度の光が入射することになり、これら強度の異なる光をそれぞれ受光する2つの検出器から得られる信号を用いることで、検出器の見かけ上のダイナミックレンジを向上することが出来る。従って、演算処理部400において、検出器205から得られる信号と検出器206から得られる信号とを用いることによってダイナミックレンジを向上させた異物等の欠陥からの検出信号を得ることができる。特に、強度が大きい光を検出器が受光して得られる信号は強度が大きい欠陥を示す成分が強調されることになり、強度が小さい光を検出器が受光して得られる信号は強度が小さい背景に近い成分が強調されることになる。従って、両信号の比などの相関をとることによって欠陥を示す信号のダイナミックレンジを向上させることができる。

[0052] しかし、レーザ光源101等の照明光学系から照射されるビーム光束の照度(パワー)を制御して変えることによっても、ダイナミックレンジを変えることができ、ビームスプリッター204および一方の検出器206をなくすことができる。

[0053] 次に、検出器205及び206で検出した信号を処理する演算処理部400について、図6(b)を用いて説明する。

[0054] 演算処理部400は、検出器205から出力される検出画像信号をA/D変換するA/D変換器4001、A/D変換器4001でA/D変換されたデジタル画像信号を記憶するデータ記憶部4002、A/D変換された検出器205からの検出画像信号に基づいて閾値算出処理をする閾値算出処理部4003、上記データ記憶部4002から得られる検出画像信号4110と閾値算出処理部4003から得られる閾値画像信号4120とを基に異物検出処理を行う異物検出処理回路部4007、異物検出処理回路部4007

で検出した欠陥の特徴量を算出する特徴量算出回路部4008、該特徴量算出回路4008から得られる検出した欠陥の特徴量の情報を入力して光検出器206で検出して処理された出力と統合して欠陥を分類する統合処理部4009を備えて構成される。

[0055] 一方、光検出器206で得られた信号はA/D変換器4201でデジタル化された後に分岐して、一方はデータ記憶部4202に記憶され、他方は閾値算出処理部4203に入力する。データ記憶部4202から出力されたデジタル画像信号4310と閾値算出処理部4203から出力されたデジタル画像信号4320は異物検出処理回路部4207に入力されて異物検出処理が施され、検出された欠陥の画像は特徴量算出回路部4208で処理されて特徴量が算出される。該特徴量算出回路4208から得られる特徴量の情報は統合処理部4009に送られて、特徴量算出回路4008から出力された検出器205で検出された画像から得られた欠陥の特徴量の情報と統合されて大異物や小異物、パターン欠陥、基板表面の傷などの各種欠陥に分類される。

[0056] 演算処理部400とレーザ光源101、ステージコントローラ305とはそれぞれ全体制御装置417に接続されており、全体制御装置417により演算処理部400とレーザ光源101、ステージコントローラ305とは制御されている。

[0057] 本実施例によれば、レーザ光源101から発射されたレーザを、迷光が発生するのを防止した状態で効率よく強度分布が均一なスリット光3に成形してウェハ1の表面を照明できるために、検出器205及び206で検出した画像に対して明るさ補正処理を行なう必要がなくなり、信号処理を繰り返すことによって画像データが鈍ってしまうのを防止できるので、欠陥をより高感度に検出することができる。

[0058] また、レーザ光源101から発射されたレーザを効率よくスリット光3に成形するので光量のロスが少なく、比較的小さいレーザ光源を採用することが可能になる。

[0059] 次に、図6(a)に示した構成の変形例として、図6(a)に示した構成に斜方検出光学系を追加した構成を図7に示す。図7(a)に示した構成は、図6(a)に示した構成の検出光学系部200においてビームスプリッタ204と1次元検出器206を取り外した構成をウェハ1に対して垂直方向に設置した検出光学系部200'と傾斜した方向に設置した検出光学系部200"の2つ設置した構成を示す。欠陥検査装置をこのように構成することにより、ウェハに対して異なる仰角方向に散乱した散乱光を別々に検出できる

ので、これらの信号を処理して統合することにより欠陥の分類性能の向上を図るものである。

[0060] このような構成においてウェハ1上の欠陥を検出する方法について以下に説明する。

[0061] まず、図6(a)の構成を用いて説明した場合と同様に、ウェハ(基板)1に対して照明光学系部100からスリット状のビーム3が照明されると、この照明によるウェハの表面、回路パターン、異物等の欠陥からの反射回折光(あるいは散乱光)が発生する。この発生した反射回折光の一部は、ウェハ1に対して垂直方向に設置した検出光学系部200'の検出レンズ201に入射して、ウェハ1上に形成された回路パターンのうち等ピッチで規則的に形成された回路パターンからの反射回折光により検出レンズの瞳面状に形成される回折光パターンを遮光する空間フィルタ202、空間フィルタ202を透過した反射回折光の像を結像させる結像レンズ203、結像レンズ203を透過した反射回折光の光量を調節するNDフィルタ207、NDフィルタ207を透過した反射回折光の偏光の状態を調整する偏光素子208、および偏光素子208で偏光の状態を調整された反射回折光を検出器205で結像レンズ203により結像された光学像が受光されて光電変換される。

[0062] ここで、図6(a)の構成を用いて説明した場合と同様に、NDフィルタ207、偏光素子208、ビームスプリッター204の順序は、ここにあげた順序である必要はない。

[0063] 一方、照明光学系部100によりスリット状のビーム3が照明されたウェハ1から発生した反射回折光の一部は、ウェハ1の垂線方向に対して傾斜した方向に設置した検出光学系部200"の検出レンズ201'に入射して、ウェハ1上に形成された回路パターンのうち等ピッチで規則的に形成された回路パターンからの反射回折光により検出レンズの瞳面状に形成される回折光パターンを遮光する空間フィルタ202'、空間フィルタ202'を透過した反射回折光の像を結像させる結像レンズ203'、結像レンズ203'を透過した反射回折光の光量を調節するNDフィルタ207'、NDフィルタ207'を透過した反射回折光の偏光の状態を調整する偏光素子208'、および偏光素子208'で偏光の状態を調整された反射回折光を検出器205'で結像レンズ203'により結像された光学像が受光されて光電変換される。

- [0064] 次に、検出光学系部200'の検出器205及び検出光学系部200"の検出器206でそれぞれ検出した信号を処理する演算処理部400'について、図7(b)を用いて説明する。
- [0065] 演算処理部400'は、検出光学系部200'の検出器205から出力される検出画像信号を処理する処理系として、検出器205から出力される検出画像信号をA/D変換するA/D変換器4001、A/D変換器4001でA/D変換されたデジタル画像信号を記憶するデータ記憶部4002、A/D変換された検出器205からの検出画像信号に基づいて閾値算出処理をする閾値算出処理部4003、上記データ記憶部4002から得られる検出画像信号4110と閾値算出処理部4003から得られる閾値画像信号4120とを基に異物検出処理を行う異物検出処理回路部4007、異物検出処理回路部4007で検出した欠陥の特徴量を算出する特徴量算出回路部4008、該特徴量算出回路4008から得られる検出した欠陥の特徴量の情報を入力して光検出器206で検出して処理されたあと統合して欠陥を分類する統合処理部4009'を備えて構成される。
- [0066] 一方、検出光学系部200"の検出器205'から出力される検出画像信号を処理する処理系として、光検出器205'から出力される検出画像信号をA/D変換器4201'でデジタル化した後に分岐して、一方はデータ記憶部4202'に記憶し、他方は閾値算出処理部4203'に入力する。データ記憶部4202'から出力されたデジタル画像信号4310'と閾値算出処理部4203'から出力されたデジタル画像信号4320'は異物検出処理回路部4207'に入力されて異物検出処理が施され、検出された欠陥の画像は特徴量算出回路部4208'で処理されて特徴量が算出される。該特徴量算出回路4208'から得られる特徴量の情報は統合処理部4009'に送られて、特徴量算出回路4008から出力された検出器205で検出された画像から得られた欠陥の特徴量の情報と統合されて大異物や小異物、パターン欠陥、基板表面の傷などの各種欠陥に分類される。
- [0067] 演算処理部400'とレーザ光源101、ステージコントローラ305とはそれぞれ全体制御装置417'に接続されており、全体制御装置417'により演算処理部400'とレーザ光源101、ステージコントローラ305とは制御されている。



[0068] 本変形例によれば、レーザ光源101から発射されたレーザを、迷光が発生するのを防止した状態で効率よく強度分布が均一なスリット光3に成形してウェハ1の表面を照明できるために、検出器205及び206で検出した画像に対して明るさ補正処理を行なう必要がなくなり、信号処理を繰返すことによって画像データが鈍ってしまうのを防止できるので、欠陥をより高感度に検出することができる。

[0069] また、本変形例によれば、強度分布が均一なスリット光3が照射されたウェハ1からの散乱光を、ウェハ1の表面の法線方向に対して異なる角度方向(仰角方向)に散乱した散乱光を分離して検出できるので、これらの信号を処理して統合することにより欠陥の分類性能の向上を図ることができる。

## 実施例 2

[0070] 本発明による照明光学系を高さ計測装置に適用した実施例を、図13に示す。高さ計測装置は、半導体の製造プロセスの条件設定やモニタのため、走査電子顕微鏡により被測定対象物(被測定物、対象物)1の電子線像を得、画像処理によって、被測定対象物1の微細なパターンの線幅や穴径を測長するものである。

[0071] 光学的高さ検出系は、投影光学系、検出光学系、センサ、高さ検出手段等を備え、被測定対象物1にレーザ光101を投影し、被測定対象物1で反射されたスリット光を検出し、センサでスリット像による電気信号を検出する光学的高さ検出光学系150と、スリット像による電気信号から検出誤差の大きなスリット部分を除外して対象物の高さを算出する高さ算出処理器とから構成される。

[0072] 次に、前記光学的高さ検出系における、光学的高さ検出光学系150について、図13、図14を用いて説明する。

[0073] 図13に示すように、光学的高さ検出光学系150は、投影光学系151と検出光学系152とからなる。図13(b)は、図13(a)の上方からみた図である。

[0074] 投影光学系151は、レーザ光源101と、レーザ光をコリメートするレンズ102, 103と、スリット光を形成する回折光学素子104と、スリット光のうちS偏光を透過するよう設置された偏光フィルタ106とから構成される。

[0075] 検出光学系152は、被測定対象物1上で正反射したスリット光を集光して中間スリット像を結像する検出レンズ121と、スリット光の進行方向を変えるミラー122と、検出レ

レンズ121で結像された中間スリット像を拡大してセンサ124上に結像する拡大レンズ123と、センサ124とから構成される。

[0076] ここで、投影光学系151と検出光学系152は、光学的高さ検出における検出誤差を小さくするため、図13(b)に示すように、被測定対象物1を載置するXYステージのX方向125に対し傾斜して設置されている。

[0077] (シングルスリット)

被測定対象物1の表面近傍にシングルスリット像を結像する。被測定対象物1の表面近傍に結像したシングルスリット光は正反射し、検出レンズ121によって中間シングルスリット像126を結像する。ミラー122で、シングルスリット光の進行方向を変える。中間シングルスリット像126は、拡大レンズ123によって拡大され、センサ124上に結像する。

[0078] ここで、図14において、シングルスリット光の入射角 $\theta$ 、検出光学系の検出レンズ121、拡大レンズ124を総合した検出拡大レンズ121の倍率を $m$ とした場合、図14に示すように、被測定対象物1の高さが $\Delta z$ だけ変化すると、センサ124上のシングルスリット像は $2m \Delta z \cdot \sin \theta$ だけ全体にシフトする。これを利用して、センサ124で得られたシングルスリット像の電気信号からシングルスリット像のシフト量を算出し、さらに、シフト量から、被測定対象物1の高さ $\Delta z$ を算出する。

[0079] 次に、図14を用いて、高さ算出処理方法について説明する。図15は、投影光学系の回折光学素子104によるスリット光が、被測定対象物1上に投影されたときのスリット像43を示す。シングルスリット光の照射個所は、図に示すように低反射率部41と高反射率部42とからなる垂直パターンの境界部分に当たった場合を示している。

[0080] シングルスリット像43は、検出レンズ121、拡大レンズ123により、図13(b)に示すセンサ124上に結像する。検出光学系の倍率を $m$ 、シングルスリット像43のスリットのX方向ピッチ、Y方向ピッチを $p_x$ 、 $p_y$ とすると、センサ124上のシングルスリット像のX方向ピッチ、Y方向ピッチはそれぞれ $m p_x \cdot \cos \theta$ 、 $m p_y$ となる。又、被測定対象物1の高さが $\Delta z$ だけ変化すると、センサ124上のシングルスリット像はX方向には $2m \Delta z \cdot \sin \theta$ だけシフトするがY方向にはシフトしない。そのため、センサ124で得られたシングルスリット像の電気信号からシングルスリット像のX方のシフト量を算出し、X方向

のシフト量から、被測定対象物1の高さ $\Delta z$ を検出できる。

- [0081] 図3に示す、波長 $\lambda$ をもつレーザ光の入射ビーム10が回折光学素子104の面 $(x, y)$ 3022を介し、基板面 $(x', y')$ 3023に角度 $\theta$  3020で照射する。このとき、素子面3022から基板面3021までの距離を $f$ とすると、斜め入射により $x'$ 方向に沿って生じる位相差 $\Delta$ の項は、次に示す(数1)で表すことができる。
- [0082] 素子面3022の複素振幅分布を $U(x, y)$ とすると、像面3023における複素振幅 $U'(x', y')$ は、次に示す(数2)の $U(x, y)$ のフーリエ変換であらわされる。一方、複素振幅 $U(x, y)$ は、(数3)の逆フーリエ変換であらわされる。
- [0083] 図4に反復フーリエ変換を適用した回折光学素子104の設計アルゴリズムを示す。ガウシアン振幅分布2001と初期位相2002を持つ複素関数 $U(x, y)$ をフーリエ変換(数2)2004させ、像面側の複素振幅分布 $U'(x', y')$ を得る。振幅分布 $\text{Re}\{U'(x', y')\}$ に、所望する均一なスリット状振幅分布3001と入れ替える。
- [0084] 次に、逆フーリエ変換3004を行い、新しい複素振幅 $U(x, y)$ が求まる。ここで、複素振幅分布 $U(x, y)$ の実部は、ガウシアン振幅分布2001とし、常に置き換える。得られた像面側の振幅分布3001が所望の振幅分布になるまで反復計算2003を繰り返す。
- [0085] 反復計算が収束した場合、反復計算から抜け出し、図3に示すように斜め入射により生じる位相差の項(数1)を位相分布3002に掛け合わせ、さらに逆フーリエ変換して求まる複素振幅分布 $U(x, y)$ から素子の位相分布を求めることができる。
- [0086] 複素振幅分布 $U(x, y)$ からの位相分布は(数4)により求めることができる。
- [0087] 図5に反復フーリエ変換を適用した回折光学素子104の設計アルゴリズムを示す。まずステップ1001で、ガウシアン振幅分布と初期位相をもつ複素振幅分布 $U(x, y)$ を設定し、ステップ1002で(数2)によるフーリエ変換を行い、像面側の複素振幅分布 $U'(x', y')$ を得る。ステップ1003で、複素振幅分布 $U'(x', y')$ を、所望する均一なスリット状振幅分布に置き換える。ステップ1004で、反復計算回数が $N$ 回に満たない場合、ステップ1005で、逆フーリエ変換を行い、新しい複素振幅分布 $U(x, y)$ が求まる。複素振幅分布 $U(x, y)$ の実部はガウシアン振幅分布とし、常に置き換える。次にステップ1001に戻り、この操作を $N$ 回繰り返す。
- [0088] ステップ1004で $N$ 回に達しなかった場合、反復計算が収束した場合、反復計算か

ら抜け出し、ステップ1006で図3に示すような斜め入射により生じる位相差の項(数1)を掛け合わせ、逆フーリエ変換から複素振幅分布 $U(x,y)$ が求まり、ステップ1007で(数4)を用いて素子の位相分布を求めることができる。

- [0089] 前述した本発明に係る照明光学系部の回折光学素子104を用いて、照明するスリット状のビーム3について具体的に説明する。
- [0090] 図9に示すガウシアン強度分布31、32をもつレーザビームを、回折光学素子104を用いることにより、図10に示すスリット状の均一強度分布31、32をえることができる。図11に示すように、ウエハ(被検査対象基板)1に対して上記スリット状ビーム3の長手方向が入射面に平行である状態、または図11に示すように、ウエハ(被検査対象基板)1に対して上記スリット状ビーム3の長手方向が入射面に垂直である状態が可能である。回折光学素子104を用いることにより、上記スリット状ビーム3の長手方向に対し、焦点距離が合うものとする。
- [0091] (マルチスリット) 前記では回折光学素子104を用いて、シングルスリットへのビーム変換であったが、マルチスリットへのビーム変換も可能である。回折光学素子104を用いることにより、上記スリット状ビーム3の長手方向に対し、焦点距離が合うものとする。
- [0092] 被測定対象物1の表面近傍にマルチスリット像を結像する。被測定対象物1の表面近傍に結像したマルチスリット光は正反射し、検出レンズ121によって中間マルチスリット像126を結像する。ミラー122で、マルチスリット光の進行方向を変える。中間マルチスリット像126は、拡大レンズ123によって拡大され、センサ124上に結像する。
- [0093] ここで、図14において、マルチスリット光の入射角 $\theta$ 、検出光学系の検出レンズ121、拡大レンズ124を総合した検出拡大レンズ121の倍率を $m$ とした場合、図14に示すように、被測定対象物1の高さが $\Delta z$ だけ変化すると、センサ124上のマルチスリット像は $2m \Delta z \cdot \sin \theta$ だけ全体にシフトする。これを利用して、センサ124で得られたマルチスリット像の電気信号からマルチスリット像のシフト量を算出し、さらに、シフト量から、被測定対象物1の高さ $\Delta z$ を算出する。
- [0094] 図3に示す、波長 $\lambda$ をもつレーザ光による入射ビーム10が回折光学素子104の面 $(x, y)$ 3022を介し、基板面 $(x', y')$ 3023に角度 $\theta$  3020で照射する。このとき、素

子面3022から基板面3021までの距離を $f$ とすると、斜め入射により $x'$ 方向に沿って生じる位相差 $\Delta$ の項は、次に示す(数1)で表すことができる。

[0095] 素子面3022の複素振幅分布を $U(x,y)$ とすると、像面3023における複素振幅 $U'(x',y')$ は、次に示す(数2)の $U(x,y)$ のフーリエ変換であらわされる。一方、複素振幅 $U(x,y)$ は、(数3)の逆フーリエ変換であらわされる。

[0096] 図17に反復フーリエ変換を適用した回折光学素子104の設計アルゴリズムを示す。ガウシアン振幅分布2001と初期位相2002を持つ複素関数 $U(x,y)$ をフーリエ変換(数2)2004させ、像面側の複素振幅分布 $U'(x',y')$ を得る。振幅分布 $\text{Re}\{U'(x',y')\}$ に、所望する均一なスリット状振幅分布3001と入れ替える。

図17においても図4と同様に、入射ビーム2001の等高線を用いた平面図と $x$ 方向、 $y$ 方向の強度分布を示す。また、図17の回折光学素子104の初期位相2002は、等高線で表すことができるが、図が複雑になるのを避け、図17においては、代表的な等高線のみを示す。また、位相分布2002の $x$ 方向位相断面および $y$ 方向位相断面も図17に示す。

[0097] 次に、逆フーリエ変換3004を行い、新しい複素振幅 $U(x,y)$ が求まる。ここで、複素振幅分布 $U(x,y)$ の実部は、ガウシアン振幅分布2001とし、常に置き換える。得られた像面側の振幅分布3001が所望の振幅分布になるまで反復計算2003を繰り返す。なお、図17において、3003は、スリット状の振幅分布3001において、長辺方向における光強度と位置の関係を示す図である。

[0098] 反復計算が収束した場合、反復計算から抜け出し、図3に示すように斜め入射により生じる位相差の項(数1)を位相分布3002に掛け合わせ、さらに逆フーリエ変換して求まる複素振幅分布 $U(x,y)$ から素子の位相分布を求めることができる。図17における位相分布3002も、図4におけると同様、等高線で表すことができる。図17において、位相分布3002の等高線は、図が複雑になるのを避けるために、代表的な等高線のみを示す。また、位相分布3002の $x$ 方向位相断面、 $y$ 方向位相断面も同時に図17に示す。

[0099] 複素振幅分布 $U(x,y)$ からの位相分布は(数4)により求めることができる。

[0100] 図5に反復フーリエ変換を適用した回折光学素子104の設計アルゴリズムを示す。

まずステップ1001で、ガウシアン振幅分布と初期位相をもつ複素振幅分布 $U(x,y)$ を設定し、ステップ1002で(数2)によるフーリエ変換を行い、像面側の複素振幅分布 $U'(x',y')$ を得る。ステップ1003で、複素振幅分布 $U'(x',y')$ を、所望する均一なスリット状振幅分布に置き換える。ステップ1004で、反復計算回数がN回に満たない場合、ステップ1005で、逆フーリエ変換を行い、新しい複素振幅分布 $U(x,y)$ が求まる。複素振幅分布 $U(x,y)$ の実部はガウシアン振幅分布とし、常に置き換える。次にステップ1001に戻り、この操作をN回繰り返す。

- [0101] ステップ1004でN回に達しなかった場合、反復計算が収束した場合、反復計算から抜け出し、ステップ1006で図3に示すような斜め入射により生じる位相差の項(数1)を掛け合わせ、逆フーリエ変換から複素振幅分布 $U(x,y)$ が求まり、ステップ1007で(数4)を用いて素子の位相分布を求めることができる。
- [0102] 前述した本発明に係る照明光学系部の回折光学素子104を用いて、照明するスリット状のビーム3について具体的に説明する。
- [0103] 図9に示すガウシアン強度分布31、32をもつレーザビームを、回折光学素子104を用いることにより、図18に示すマルチスリット状の均一強度分布31、32をえることができる。図19に示すように、ウェハ(被検査対象基板)1に対して上記マルチスリット状ビーム3の長手方向が入射面に平行である状態、または図20に示すように、ウェハ(被検査対象基板)1に対して上記マルチスリット状ビーム3の長手方向が入射面に垂直である状態が可能である。回折光学素子104を用いることにより、上記マルチスリット状ビーム3の長手方向に対し、焦点距離が合うものとする。

#### 図面の簡単な説明

- [0104] [図1]回折光学素子の適用によりガウシアン強度分布を均一なスリット状強度分布に整形する基本思想を説明するための図である。
- [図2]回折光学素子の適用によりガウシアン強度分布を均一なスリット状強度分布に整形するための光線追跡を示した概要図である。
- [図3]斜め入射による位相分布を説明するための図である。
- [図4]反復フーリエ変換を用いたシングルスリット状のビーム整形素子の概念図。
- [図5]反復フーリエ変換を用いたビーム整形素子の設計アルゴリズム。

[図6]本発明に係る欠陥検査装置を示す概略構成図である。

[図7]本発明に係る欠陥検査装置の変形例を示す概略構成図である。

[図8]本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板上にスリット状のビームを照射するおよび検出方法を説明するための図である。

[図9]レーザ光のガウシアン強度分布を説明するための図である。

[図10]回折光学素子を用いた照明光学系によってガウシアン強度分布を均一強度のシングルスリット状にビーム整形し、照明効率向上を図る基本思想を説明するための図である。

[図11]本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板上にy軸に沿ったシングルスリット状のビームを斜方入射により均一に照明する方法を説明するための図である。

[図12]本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板上にx軸に沿ったシングルスリット状のビームを斜方入射により均一に照明する方法を説明するための図である。

[図13]本発明に係る高さ測定装置の概略構成図である。

[図14]本発明に係る光学的高さ検出光学系の概略構成図である。

[図15]シングルスリットを用いた高さ測定処理方法を説明するための概念図。

[図16]マルチスリットを用いた高さ測定処理方法を説明するための概念図。

[図17]反復フーリエ変換を用いたマルチスリット状のビーム整形素子の概念図。

[図18]回折光学素子を用いた照明光学系によってガウシアン強度分布を均一強度のマルチスリット状にビーム整形し、照明効率向上を図る基本思想を説明するための図である。

[図19]本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板上にy軸に沿ったマルチスリット状のビームを斜方入射により均一に照明する方法を説明するための図である。

[図20]本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板上にx軸に沿ったマルチスリット状のビームを斜方入射により均一に照明する方法を説明するための図である。

[図21]従来の欠陥異物検査装置および高さ測定装置の照明系を説明する概略図である。

## 符号の説明

[0105] 1…ウエハ、2…チップ、3…スリット状ビーム(照明領域)、41…低反射率

部、42…高反射率部、100…照明光学系、101…レーザ光源、102…凹レンズ、103、111、112…凸レンズ、104…回折光学素子、105…ミラー、110…シリンダリカルレンズ、112…スリット状開口、150…高さ測定装置光学系、151…高さ測定装置照明光学系部、152…高さ測定装置検出光学系部、106…偏光フィルタ、121…検出レンズ、122…ミラー、123…拡大レンズ、124…センサ、200…検出光学系、201…検出レンズ、202…空間フィルタ、203…結像レンズ、204…ビームスプリッタ、205、206…センサ、207…NDフィルタ、208…偏光素子、300…ステージ部、301、302、303…x、y、zステージ、304…基板設置台、305…ステージコントローラ、400演算処理部。



## 請求の範囲

- [1] 照明光を発射する光源と、該光源から発射された照明光の光束の断面形状と強度分布を変換する回折光学素子を備えた光学変換部と、該光学変換部で照明光の光束の断面形状と強度分布とが調整された照明光を試料上に該試料の表面に対して斜め方向から照射する照射部とを備えた照明光学系であつて、前記光学変換部の前記回折光学素子を介して、前記照射部から前記試料上に照射される前記照明光が前記試料上の直線状の領域を該直線状の全領域に渡つてほぼ均一の強度分布で該直線状の全領域に渡つて焦点が合った状態で照射するように前記光源から発射された照明光の光束の断面形状と強度分布とを変換することを特徴とする照明装置。
- [2] 前記光学変換部の前記回折光学素子は、前記照射部を介して前記試料上に照射される前記照明光が前記試料上の複数の直線状の領域を該複数の直線状の全領域に渡つてほぼ均一の強度分布で該複数の直線状の全領域に渡つて焦点が合った状態で照射するように前記照明光の光束の断面形状と強度分布とを変換することを特徴とする請求項1記載の照明装置。
- [3] 前記光源はレーザ光源であることを特徴とする請求項1記載の照明装置。
- [4] 試料の表面を該表面に対して斜め方向からレーザで照明する照明手段と、該照明手段で照明された前記試料からの反射散乱光の像を検出する検出光学系手段と、該検出光学系手段で検出した前記試料からの反射散乱光の像の画像信号を処理して前記試料表面の欠陥を検出する画像処理手段とを備えた欠陥検査装置であつて、前記照明手段は、レーザを発射する光源と、該光源から発射されたレーザの光束の断面形状と強度分布を変換する回折光学素子を備えた光学変換部と、該光学変換部で断面形状と強度分布とが調整されたレーザを試料上に照射する照射部とを有し、前記光学変換部の前記回折光学素子を介して、前記照射部から前記試料上に照射される前記レーザが前記試料上の直線状の領域を該直線状の領域全体に渡つてほぼ均一の強度分布で該直線状の領域全体に渡つて焦点が合った状態で照射するように前記レーザの断面形状と強度分布とを変換することを特徴とする欠陥検査装置。

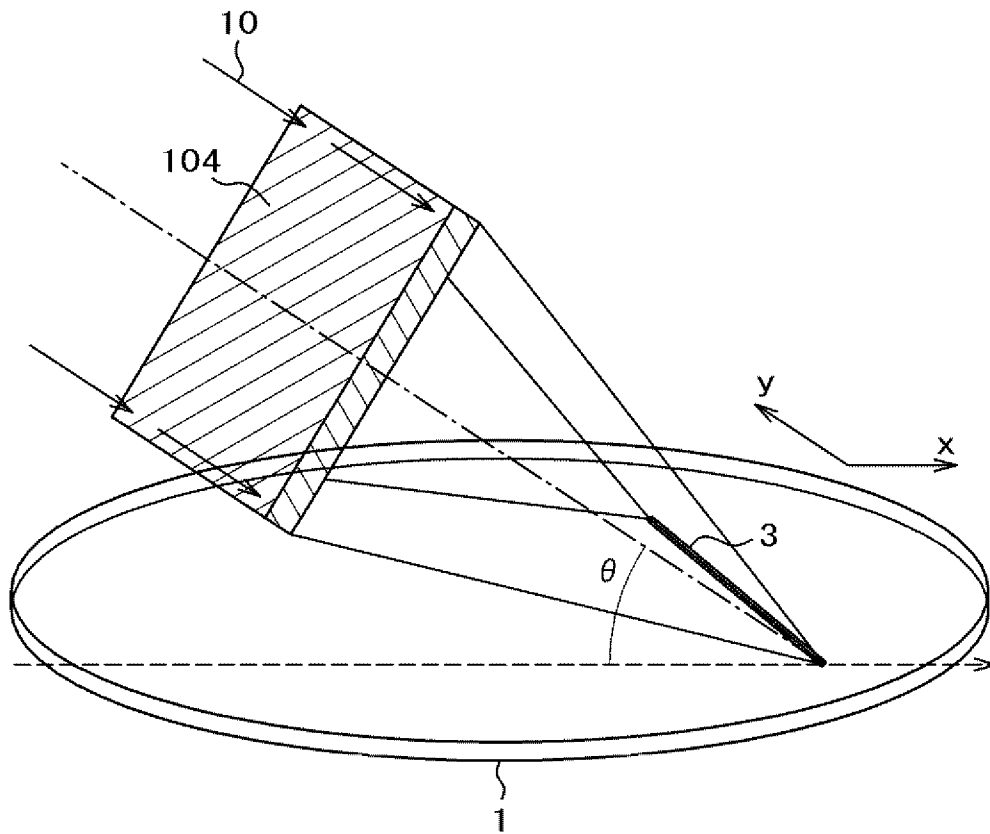
- [5] 前記検出光学系手段は、前記照明手段で照明された前記試料からの反射散乱光のうち第1の方向に散乱した反射散乱光の像を検出する第1の反射散乱光像検出部と、前記照明手段で照明された前記試料からの反射散乱光のうち第2の方向に散乱した反射散乱光の像を検出する第2の反射散乱光像検出部とを備え、前記画像処理手段は、前記第1の反射散乱光像検出部で検出した画像と前記第2の反射散乱光像検出部で検出した画像とを処理することを特徴とする請求項4記載の欠陥検査装置。
- [6] 前記画像処理手段は、前記第1の反射散乱光像検出部で検出した画像と前記第2の反射散乱光像検出部で検出した画像とを処理して前記試料上の欠陥を検出し、該検出した欠陥を分類することを特徴とする請求項5記載の欠陥検査装置。
- [7] 試料の表面を該表面に対して斜め方向からレーザーで照明し、該レーザーで照明された前記試料からの反射散乱光の像を検出し、該検出した反射散乱光の像の画像信号を処理して前記試料表面の欠陥を検出する欠陥検査方法であって、前記試料の表面を照明するレーザーが前記試料上の直線状の領域を該直線状の領域全体に渡ってほぼ均一の強度分布で該直線状の領域全体に渡って焦点が合った状態で照射するように、回折光学素子を用いて該レーザーの光束の断面形状と強度分布とを変換して前記試料を照明することを特徴とする欠陥検査方法。
- [8] 前記レーザーで照明された前記試料からの反射散乱光のうち第1の方向に散乱した反射散乱光による第1の反射散乱光像を検出して得た第1の画像信号と、前記レーザーで照明された前記試料からの反射散乱光のうち第2の方向に散乱した反射散乱光の像を検出して得た第2の画像信号とを処理して前記試料上の欠陥を検出することを特徴とする請求項7記載の欠陥検査方法。
- [9] 前記検出した第1の画像と前記第2の画像とを処理して前記試料上の欠陥を検出し、該検出した欠陥を分類することを特徴とする請求項8記載の欠陥検査方法。
- [10] スリット光で試料の表面を該表面に対して斜め方向から照明する照明手段と、該照明手段で前記試料の表面に照明された前記スリット光の反射光を検出する反射光検出手段と、該反射光検出手段で前記反射光を検出して得た信号を処理して前記試料表面の高さを検出する信号処理手段とを備えた高さ計測装置であって、前記照明

手段は、照明光を発射する光源と、該光源から発射された照明光の光束の断面形状と強度分布を変換する回折光学素子を備えた光学変換部と、該光学変換部で照明光の光束の断面形状と強度分布とが変換された照明光を試料上に照射する照射部とを有し、前記光学変換部の前記回折光学素子により、前記照射部を介して前記試料上に照射される前記照明光が前記試料上の複数の直線状の領域を該複数の直線状の領域全体に渡ってほぼ均一の強度分布で該複数の直線状の領域全体に渡って焦点が合った状態で照射するように前記照明光の光束の断面形状と強度分布とを変換することを特徴とする高さ計測装置。

- [11] 前記照明手段は、複数のスリット光を前記試料の表面に対して斜め方向から照明することを特徴とする請求項10記載の高さ計測装置。
- [12] スリット光で試料の表面を該表面に対して斜め方向から照明し、該試料の表面に照明された前記複数のスリット光の反射光を検出し、該反射光を検出して得た信号を処理して前記試料表面の高さを検出する高さ計測方法であって、前記複数のスリット光で前記試料の表面に対して斜め方向から照明する工程において、前記試料上に照射される前記照明光が前記試料上の複数の直線状の領域を該複数の直線状の領域全体に渡ってほぼ均一の強度分布で該複数の直線状の領域全体に渡って焦点が合った状態で照射するように前記照明光の光束の断面形状と強度分布とを回折光学素子で変換することを特徴とする高さ計測方法。
- [13] 前記試料の表面を斜め方向から照明するスリット光は、複数のスリット光であることを特徴とする請求項12記載の高さ計測方法。

[図1]

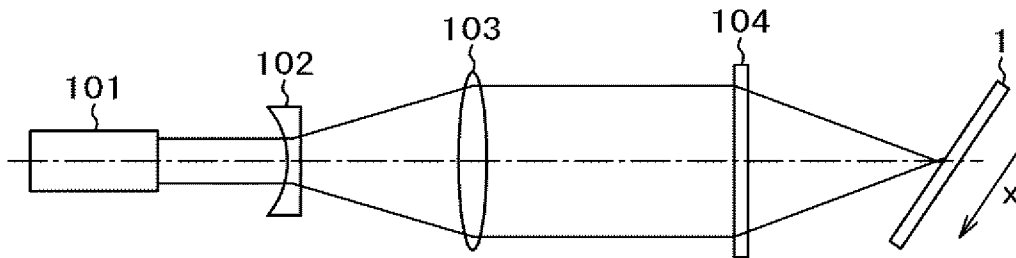
図 1



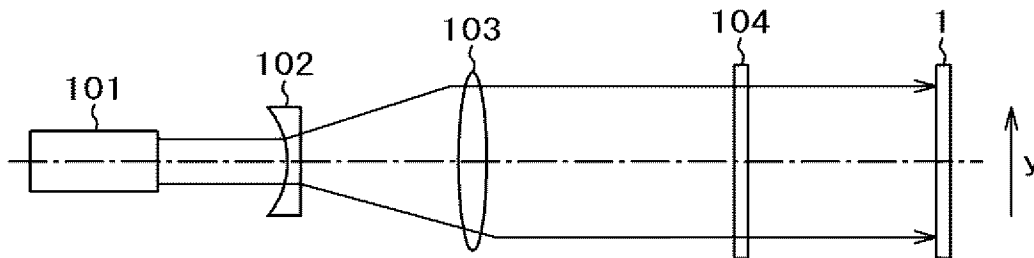
[図2]

図 2

(a)

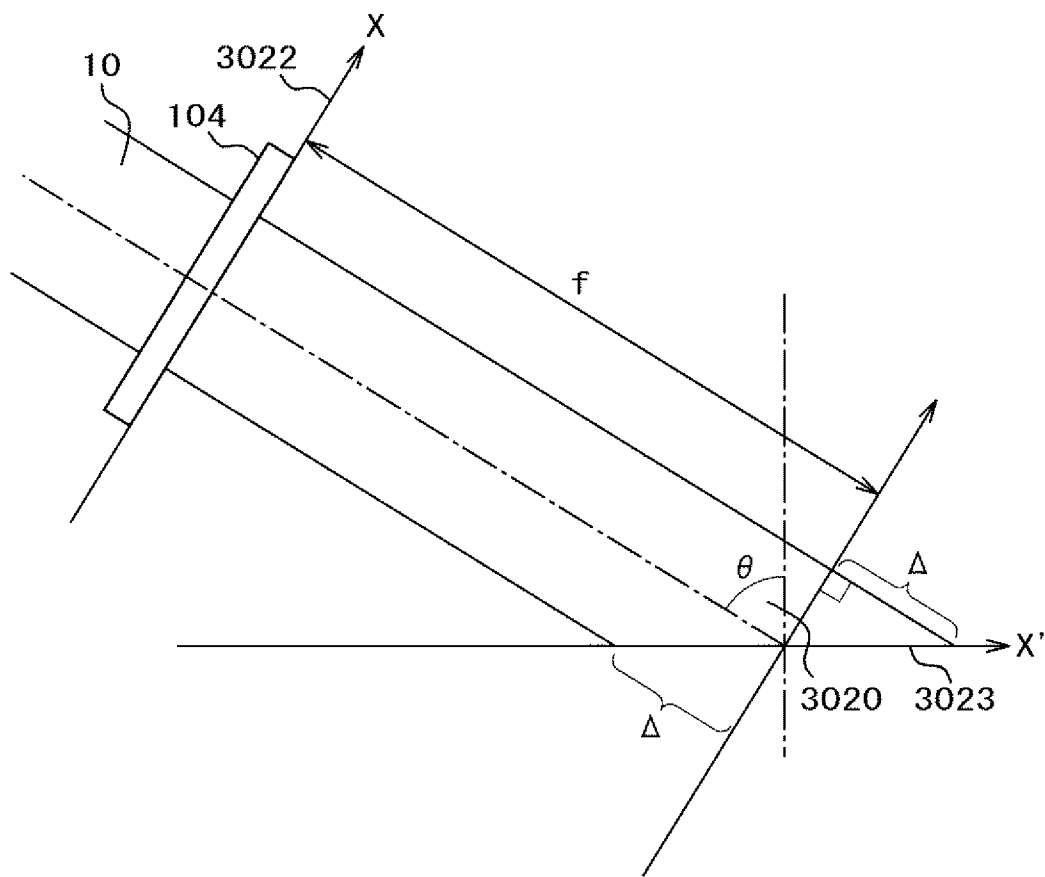


(b)



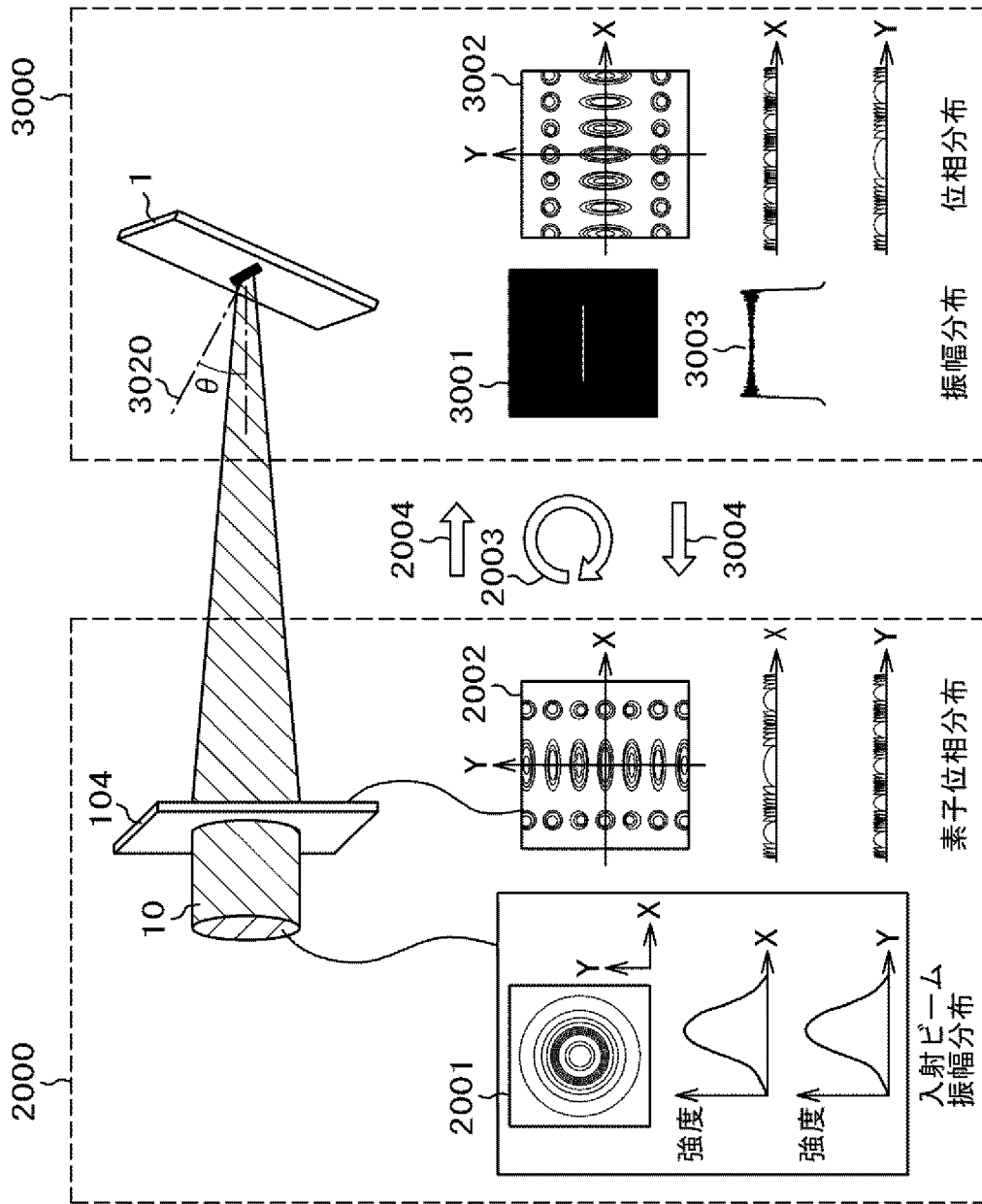
[図3]

図 3



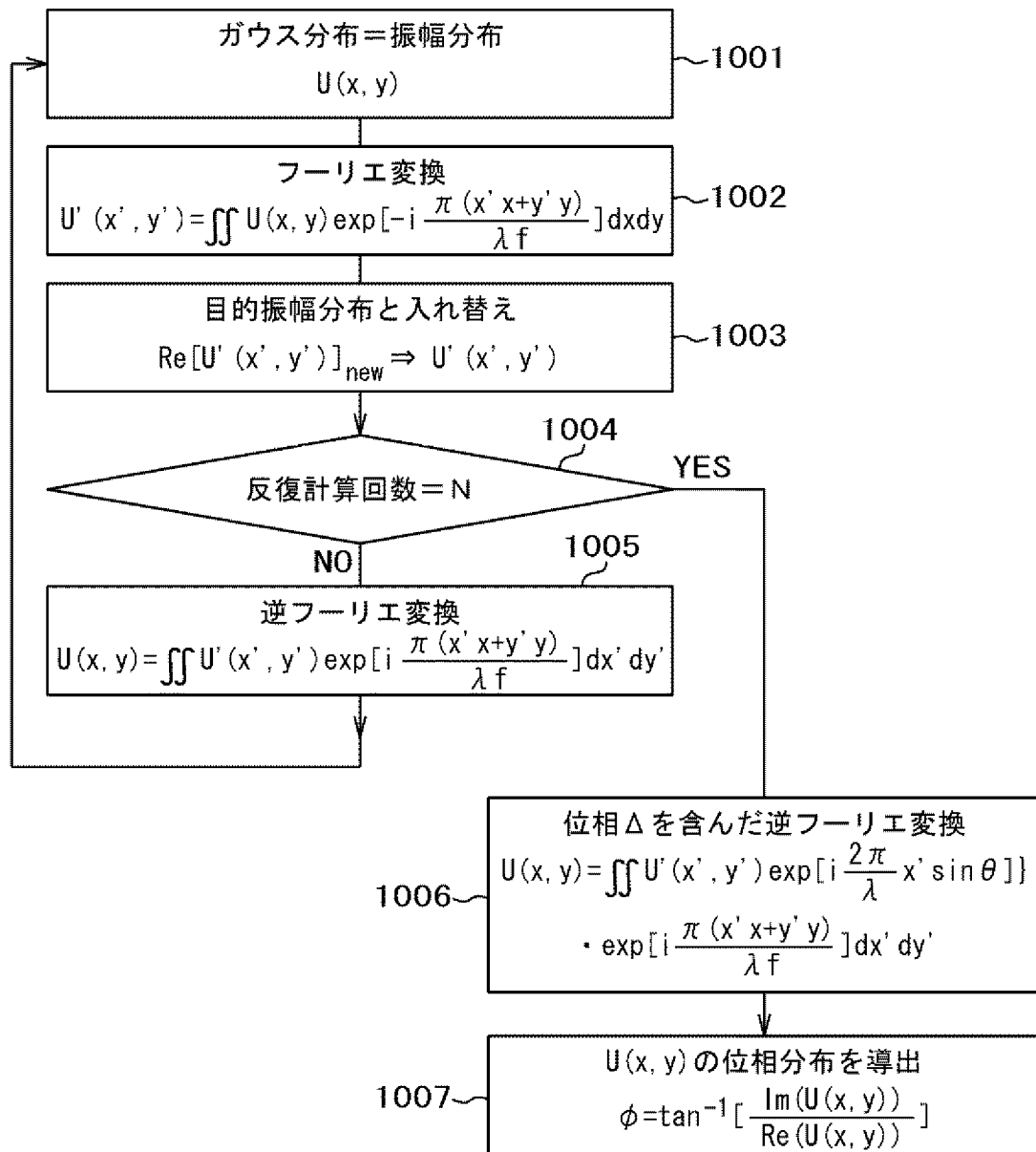
[図4]

図 4



[図5]

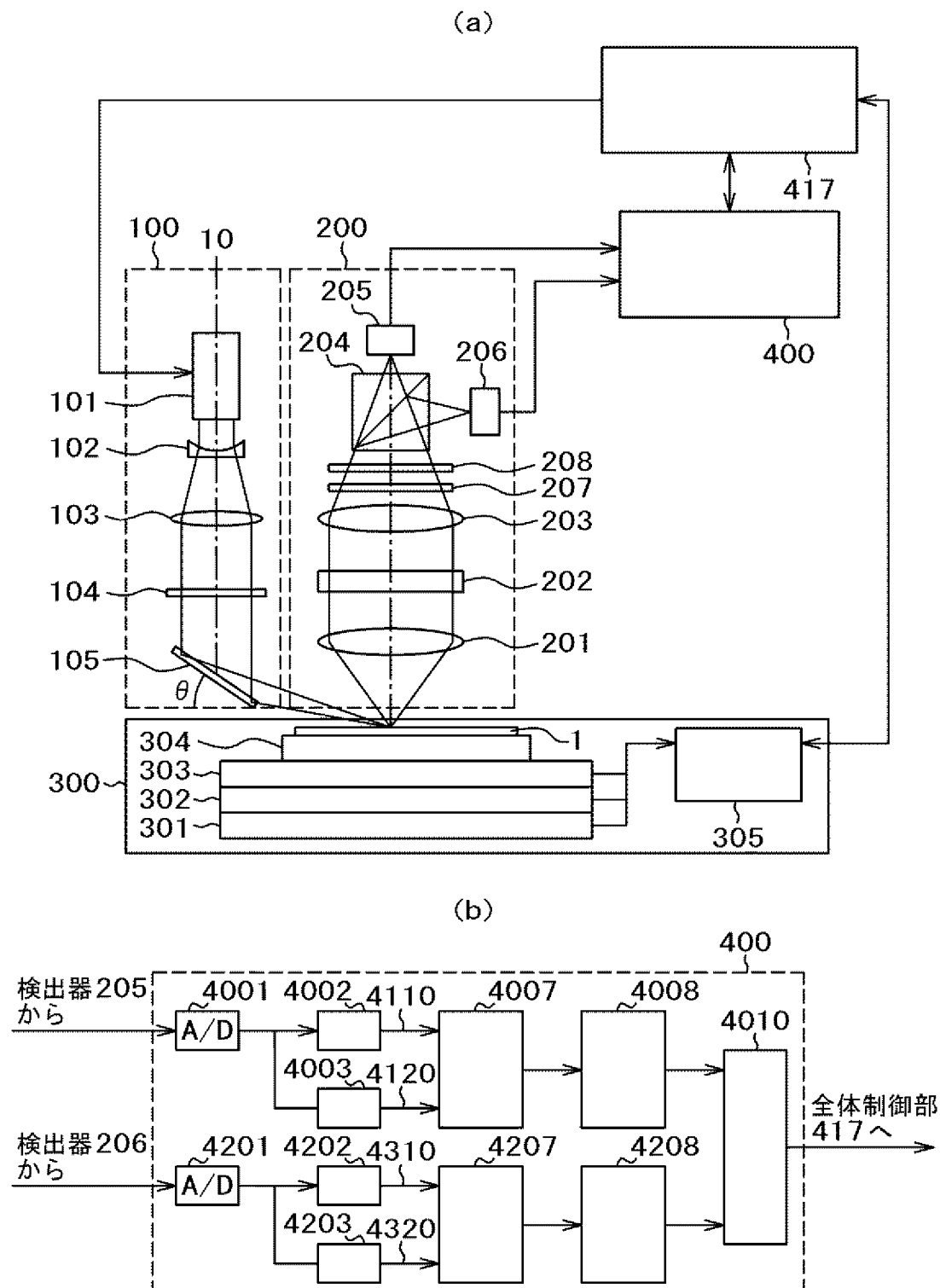
図 5





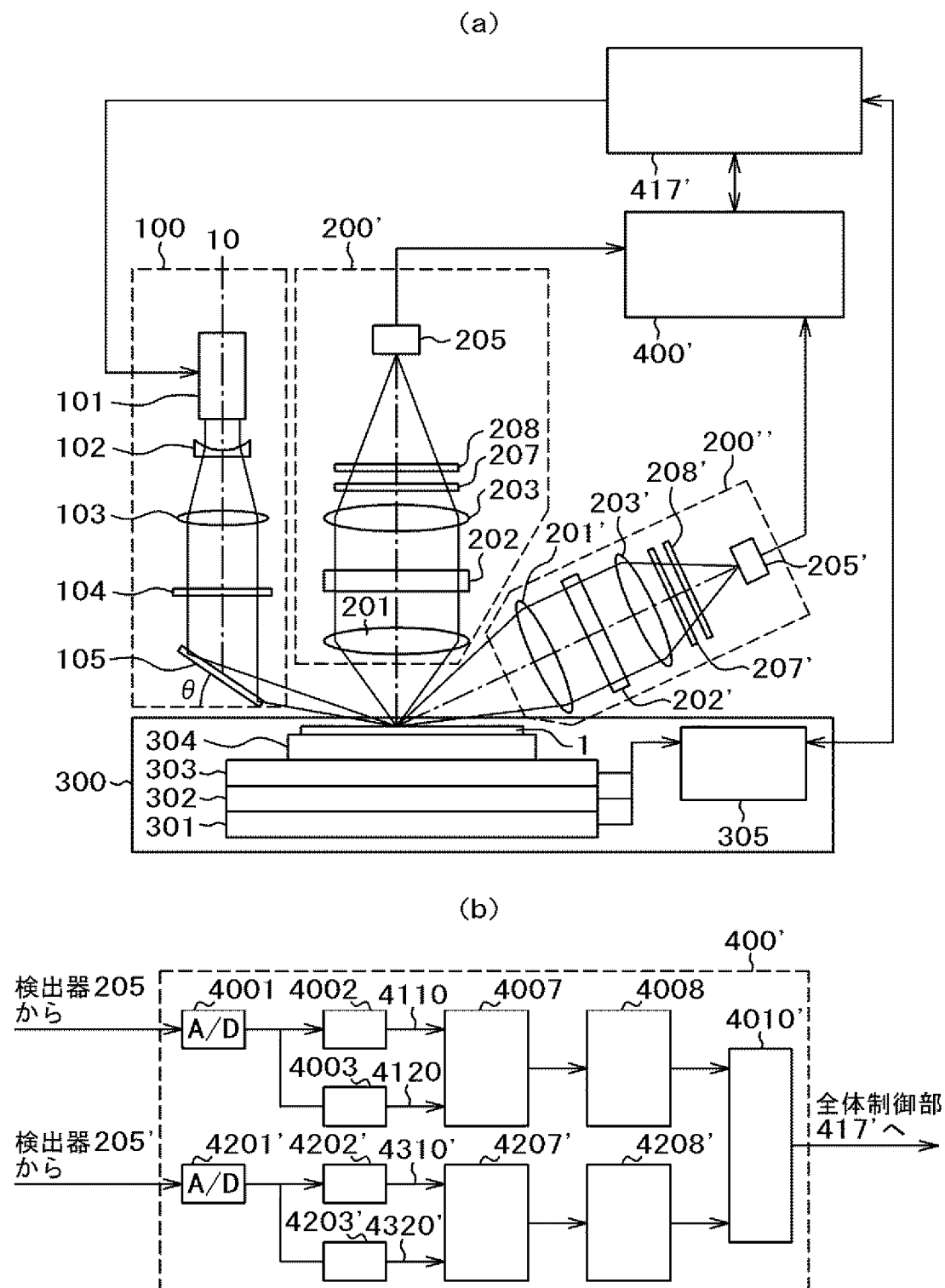
[図6]

図 6



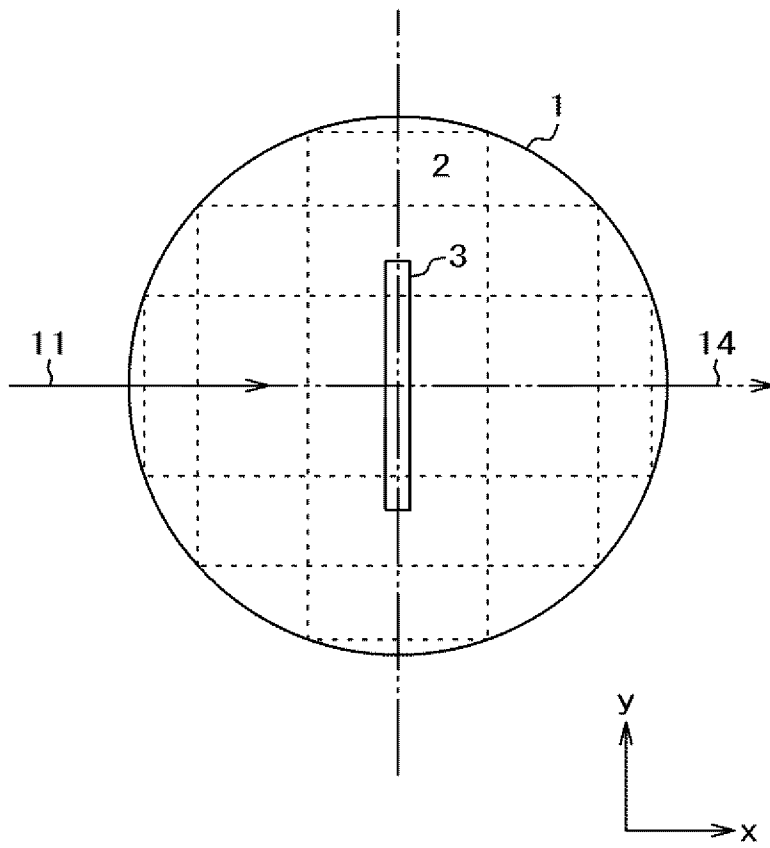
[図7]

図7



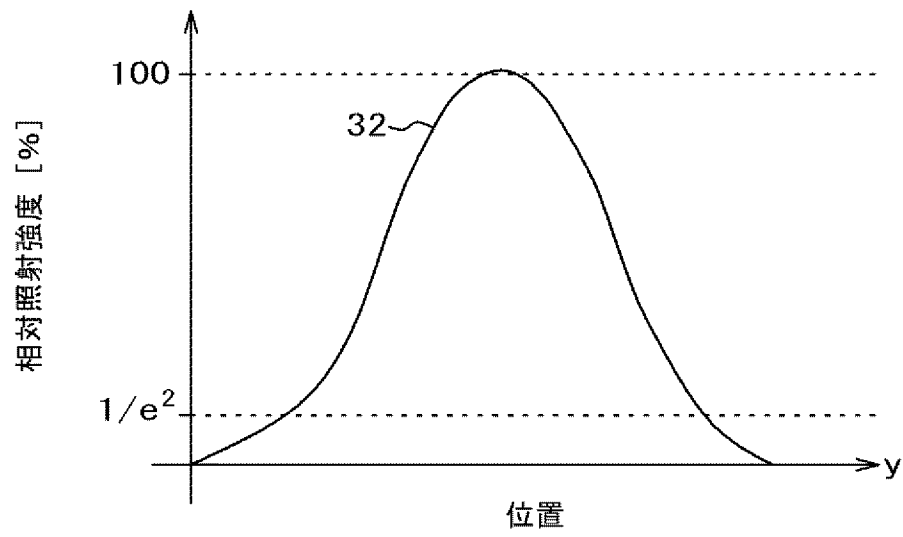
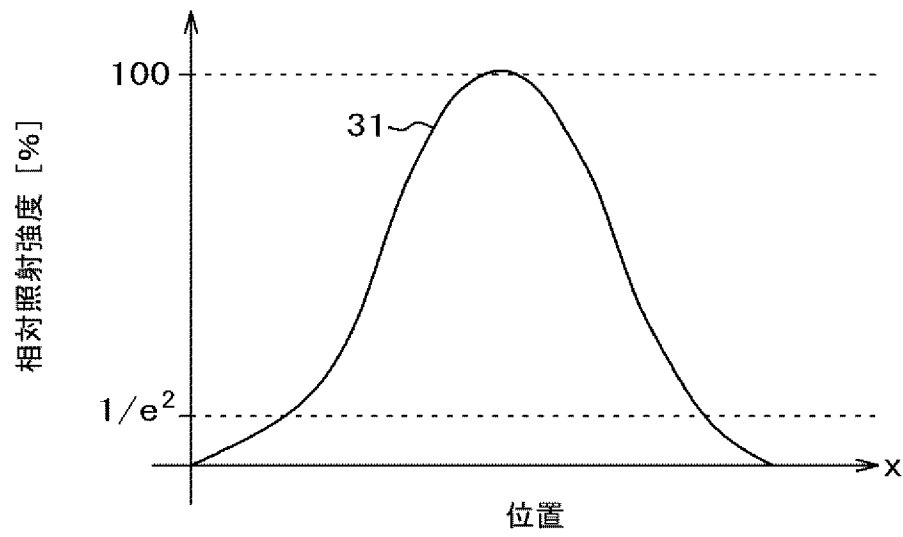
[図8]

図 8



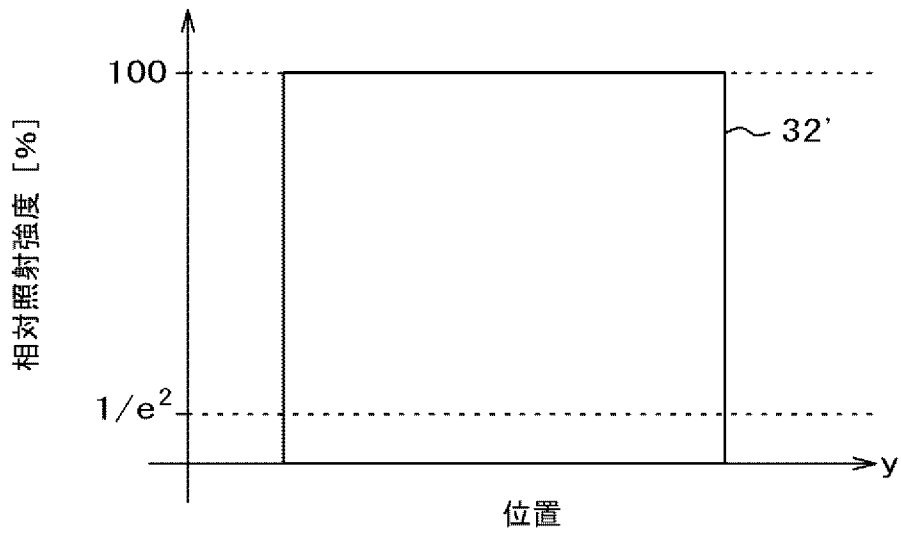
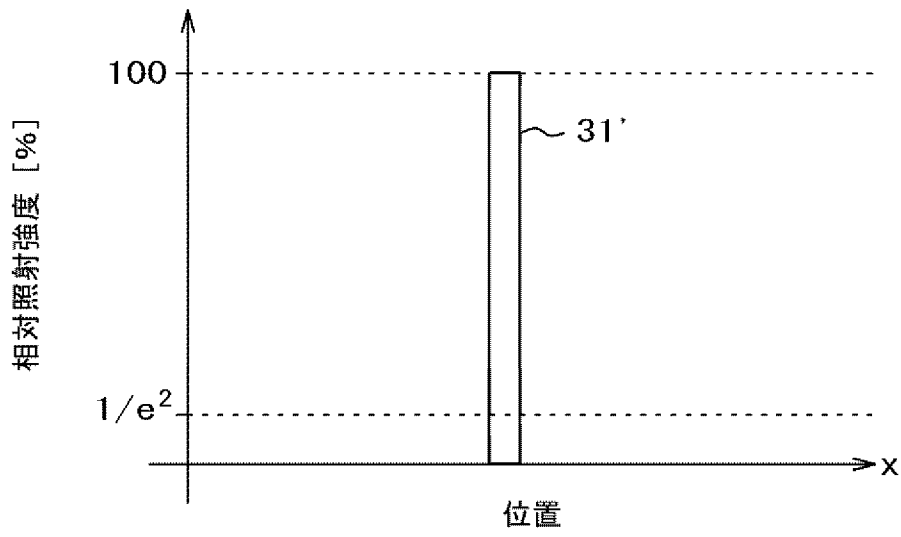
[図9]

図9



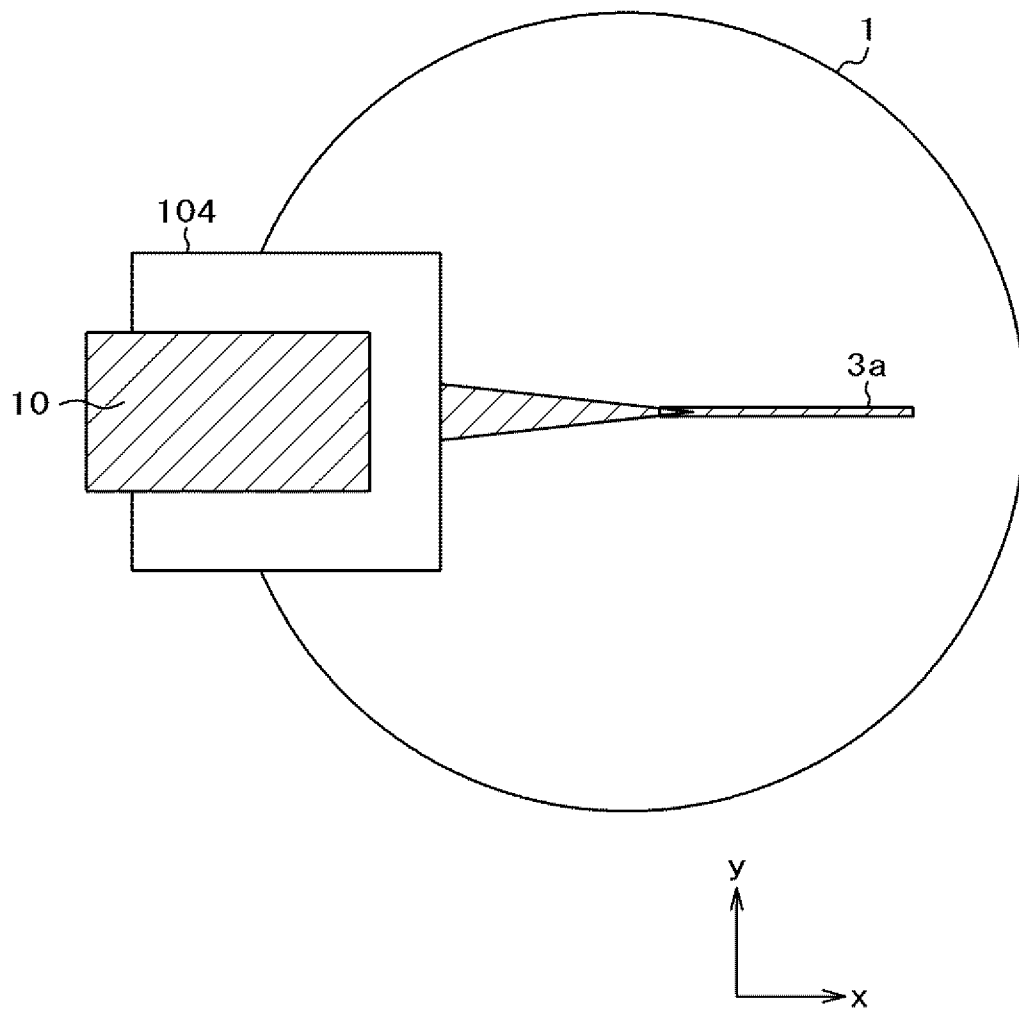
[図10]

図 10



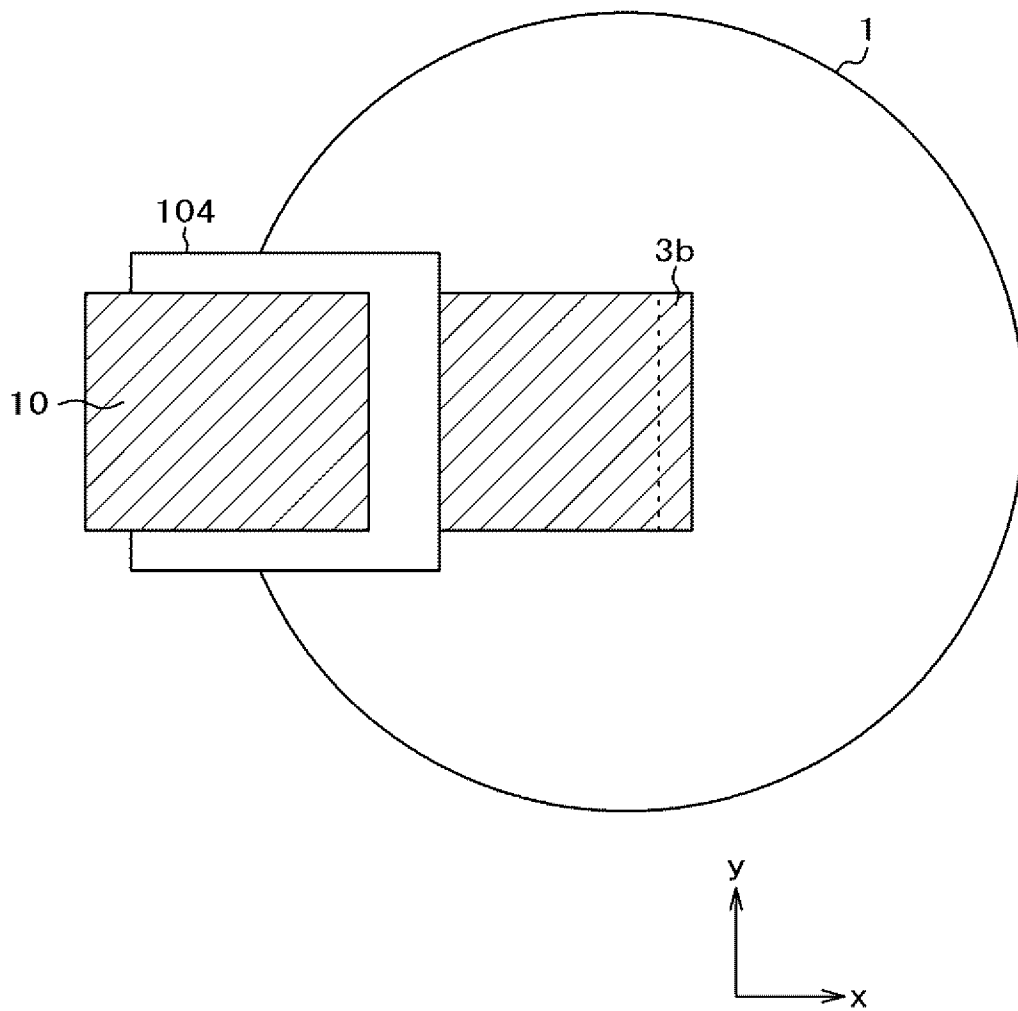
[図11]

図 1 1



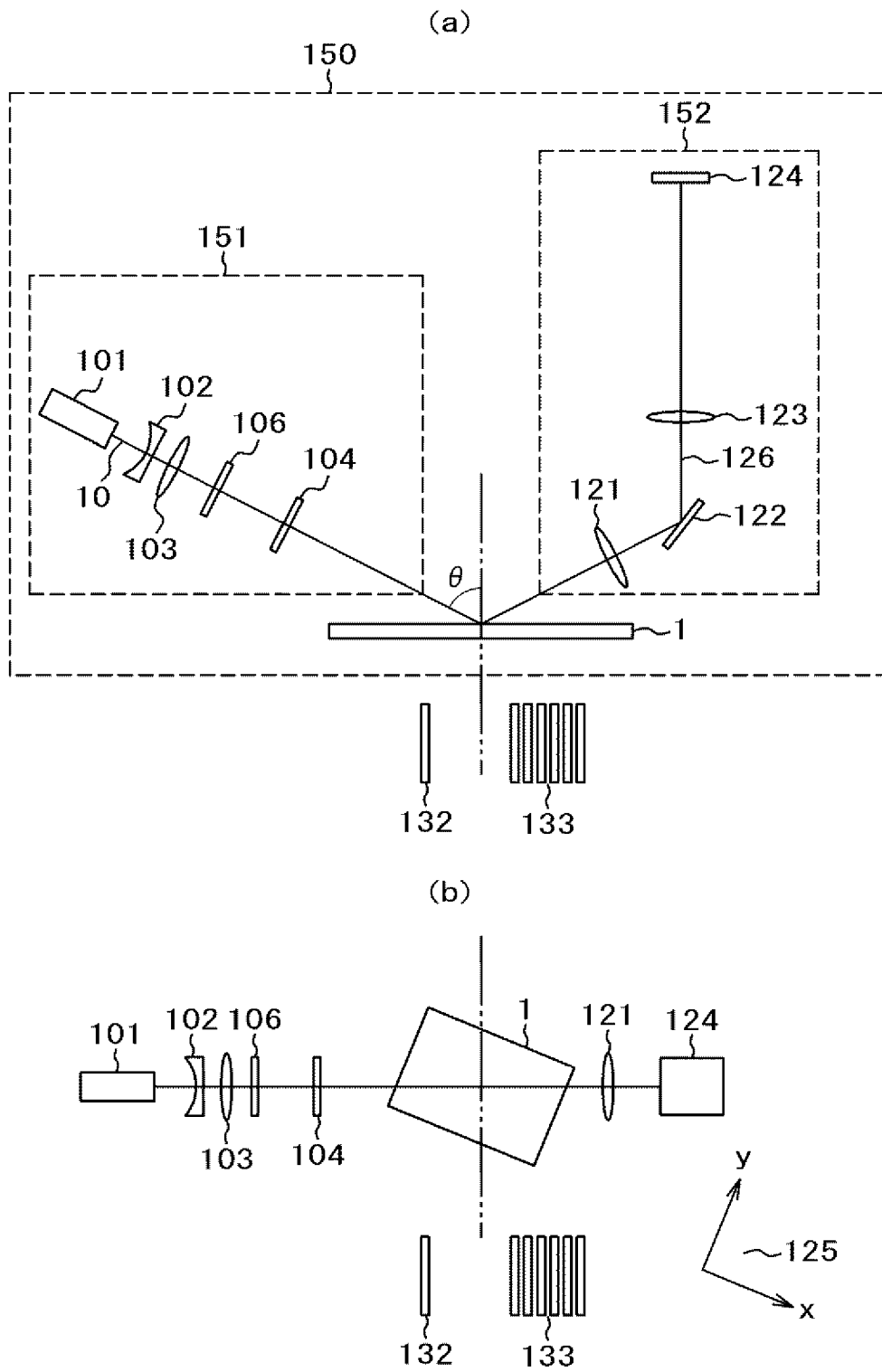
[図12]

図 1 2



[図13]

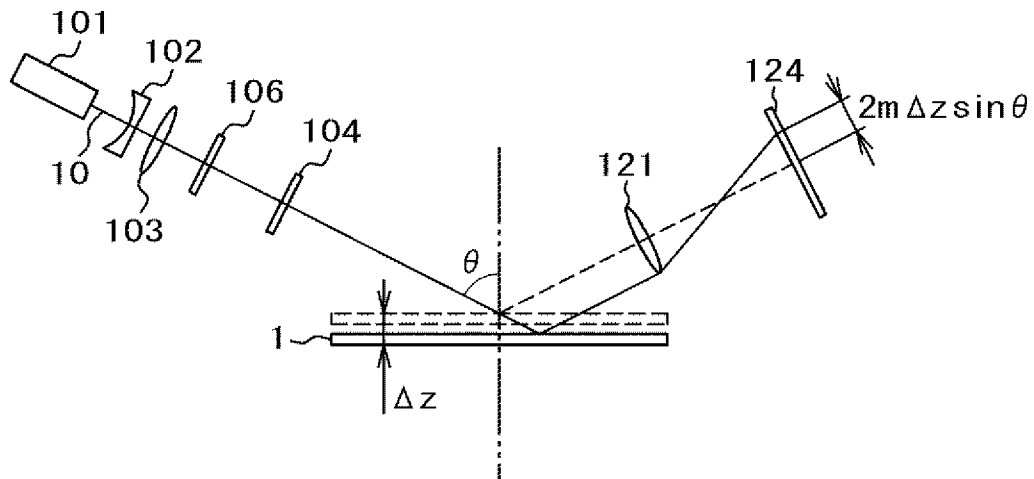
図 1 3





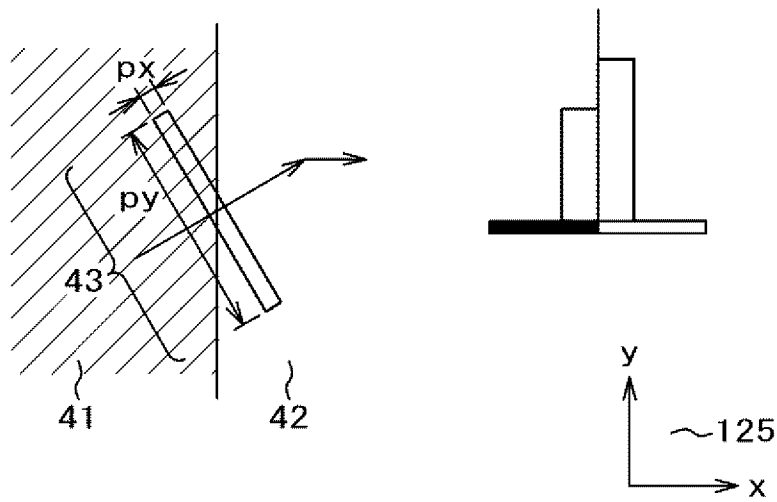
[図14]

図 1 4



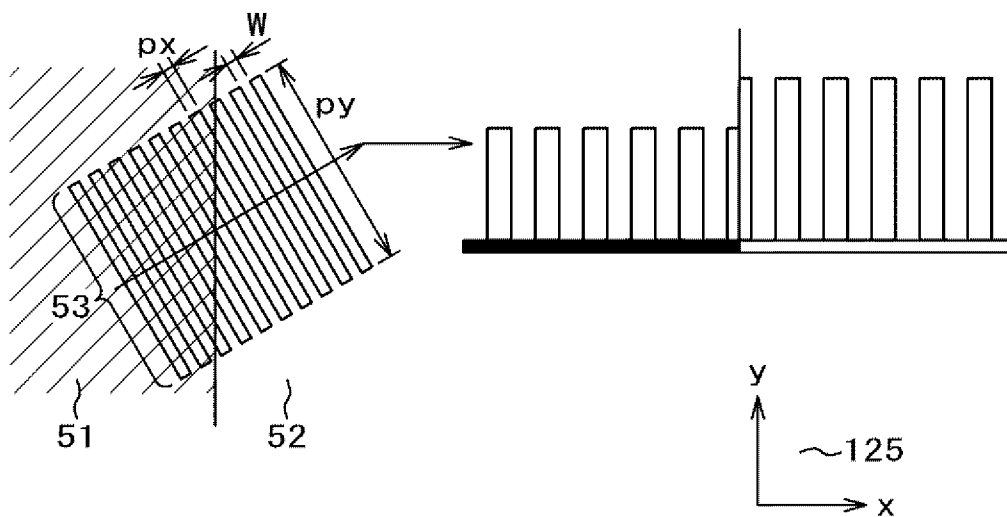
[図15]

図 1 5



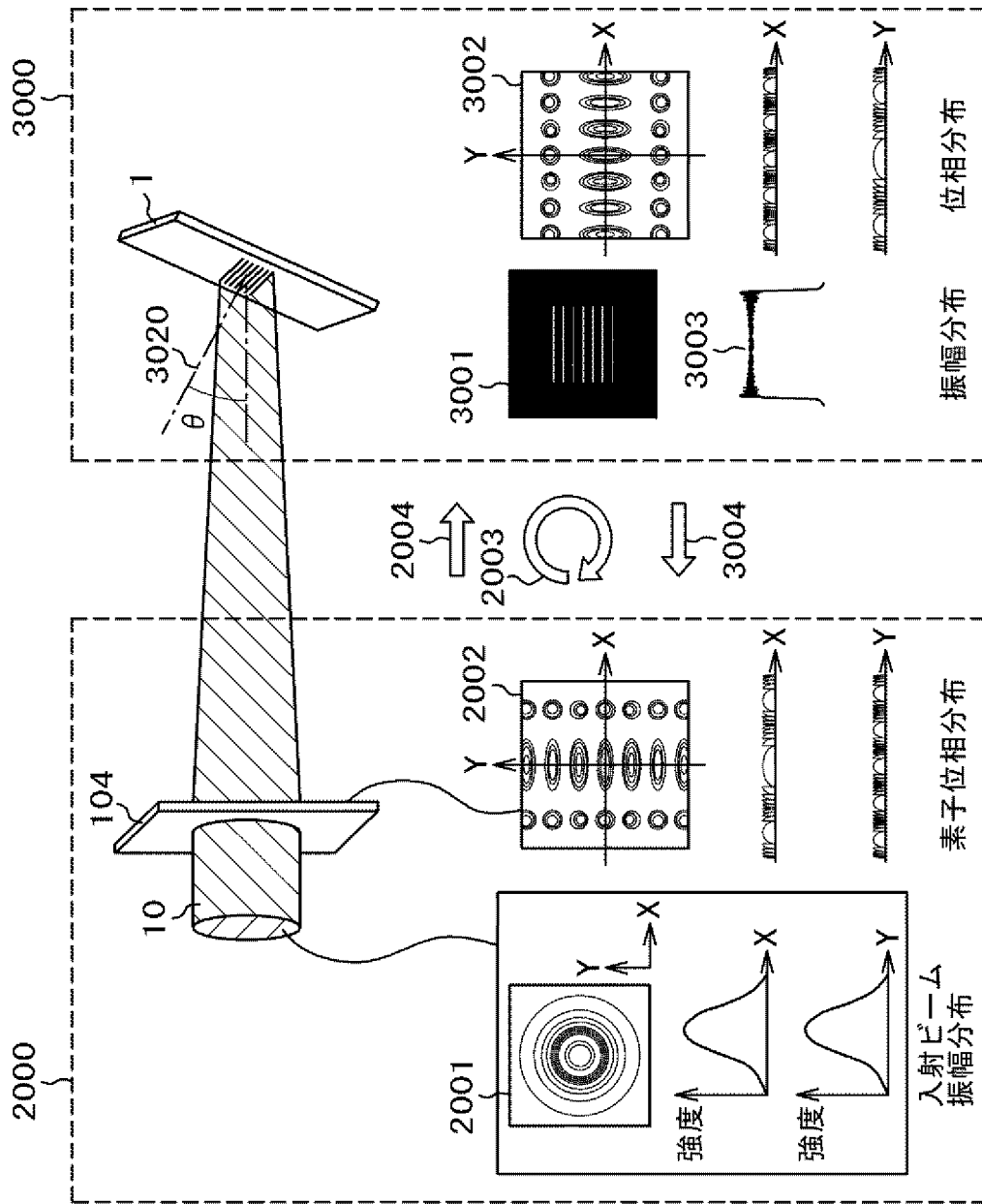
[図16]

図 1 6



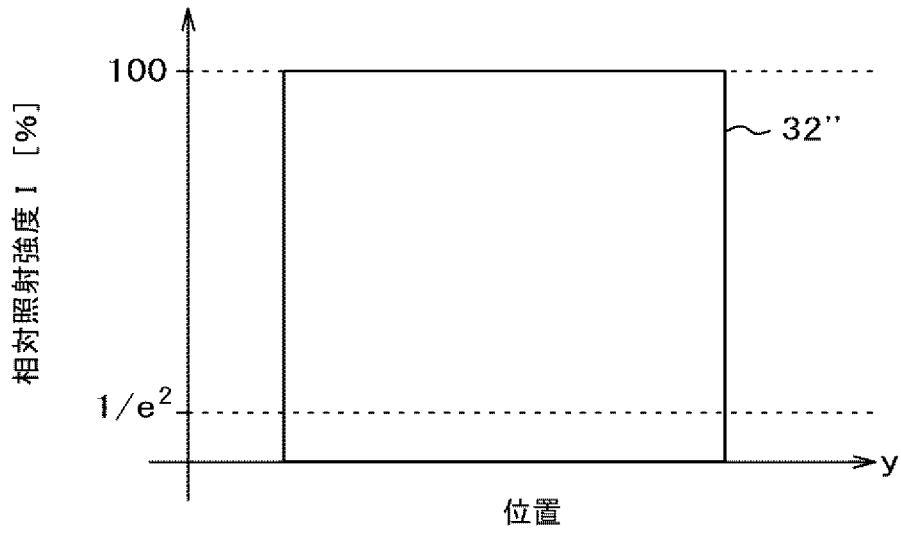
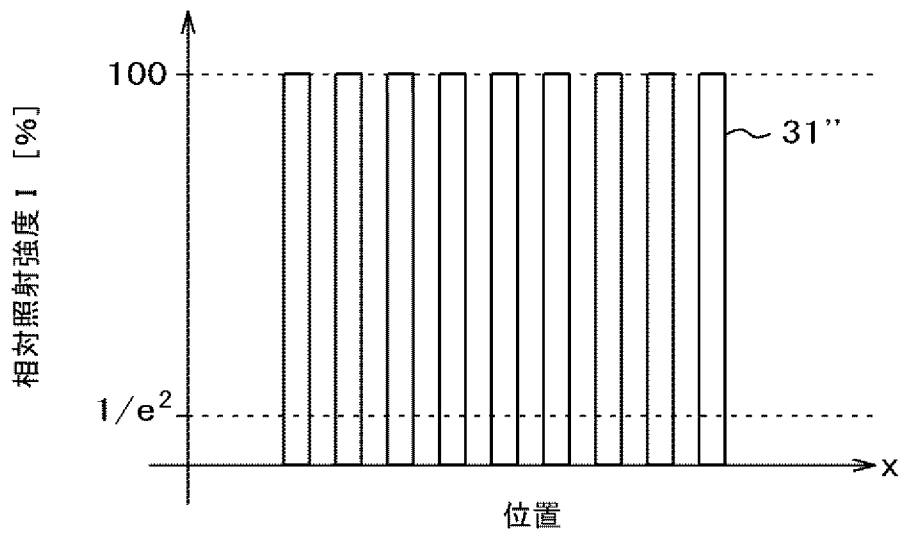
[図17]

図17



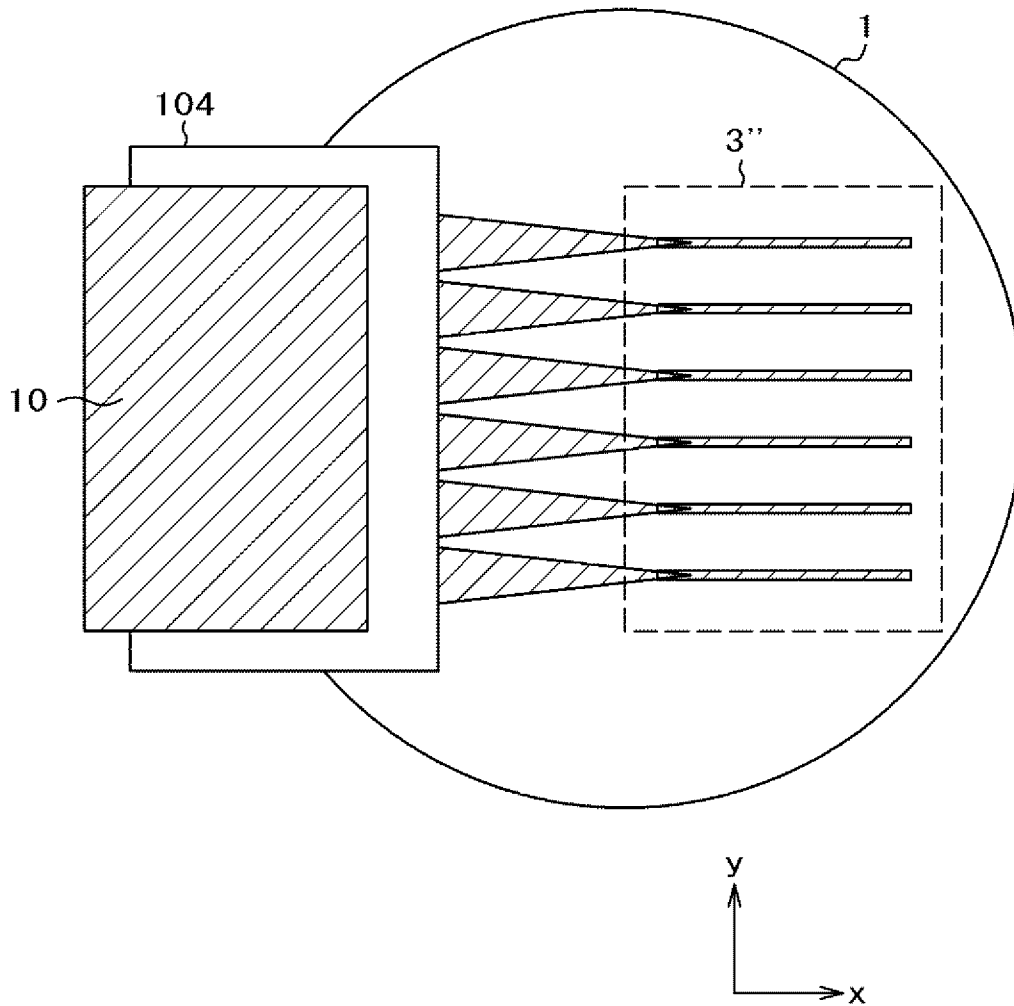
[図18]

図 1 8



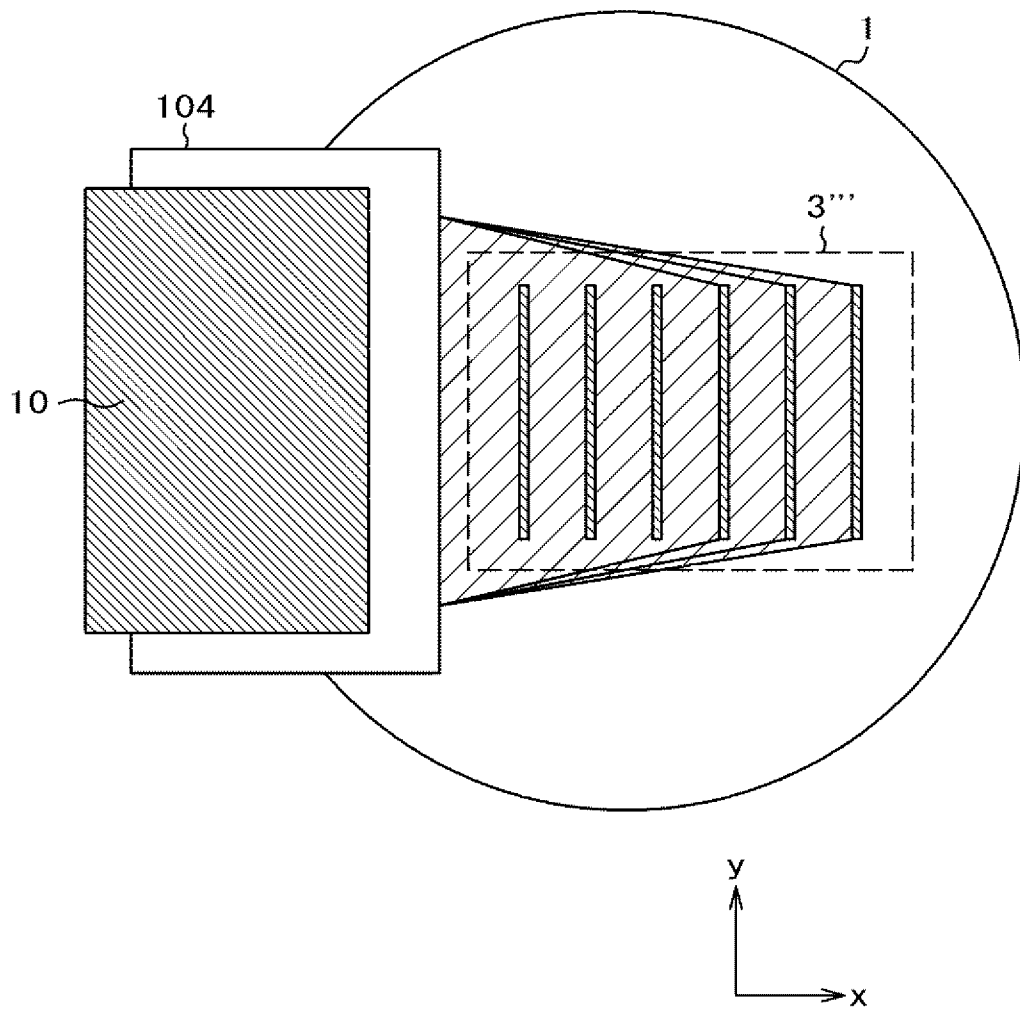
[図19]

図 19



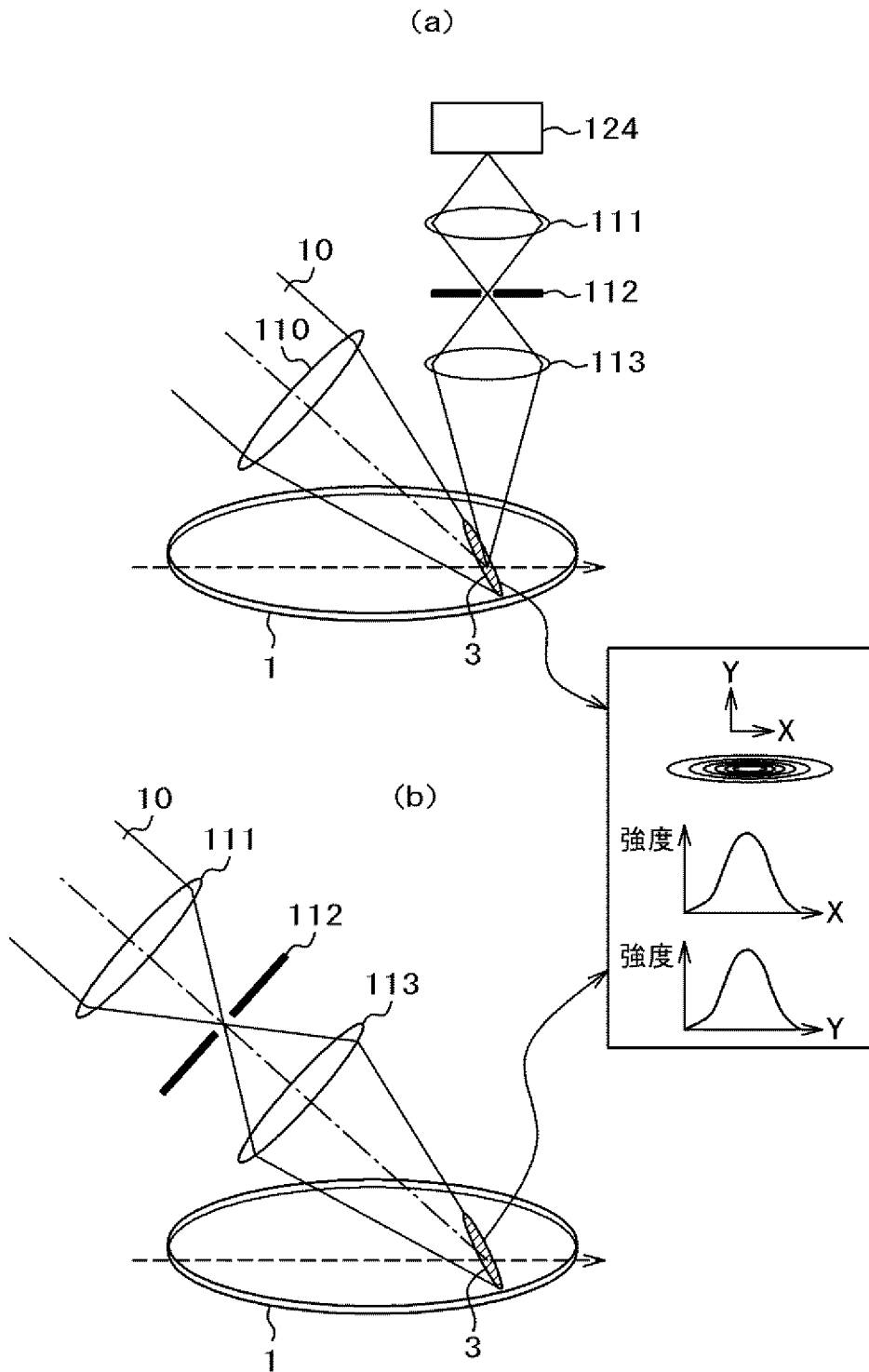
[図20]

図 20



[図21]

図 2 1



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/052855

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G01N21/84(2006.01)i, G01B11/02(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i, G01N21/956(2006.01)i, H01L21/66(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)  
G01N21/84-21/958, G01B11/00-11/30

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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 3051609 B2 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 12 June, 2000 (12.06.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-4, 7 5-6, 8-13
Y	JP 2000-105203 A (Hitachi, Ltd.), 11 April, 2000 (11.04.00), Full text; all drawings & US 6411377 B1	5-6, 8-9
Y	JP 11-183154 A (Hitachi, Ltd.), 09 July, 1999 (09.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	10-13

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 24 March, 2008 (24.03.08)	Date of mailing of the international search report 01 April, 2008 (01.04.08)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/052855

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2843308 B2 (Kabushiki Kaisha Kawaguchi Kogaku Sangyo), 06 January, 1999 (06.01.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 03-019528 B2 (Fujitsu Ltd.), 15 March, 1991 (15.03.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 03-039604 B2 (Fujitsu Ltd.), 14 June, 1991 (14.06.91), Full text; all drawings & US 4846576 A1 & EP 0212992 A2	1-13
A	JP 63-057731 B2 (Hitachi, Ltd.), 14 November, 1988 (14.11.88), Full text; all drawings & US 4410278 A1 & GB 2057675 A	1-13



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2008/052855

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
- 2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
- 3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:  
See extra sheet.

- 1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
- 4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest**
- the  The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Extra Sheet

The search of the prior art has revealed that the technical matter of claims 1-4 and 7 is not novel.

Document of JP 3051609 B2 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.) describes an invention of a defect inspecting apparatus comprising a projecting device (or a defect inspecting method according to a projecting method), in which the light of a laser light source is made into a parallel slit light and converted by a diffraction grating into a plurality of slit lights so that the slit lights are obliquely irradiated. Therefore, it is apparent that the whole area on the specimen is focused because the slit lights use the interference pattern by the diffraction.

Thus, there is no constitutional difference between the inventions of claims 1-4 and 7 and the invention described in the aforementioned document.

Therefore, the individual inventions of claims 1-13 have the following technical features but are not so linked as to form a single general inventive concept.

The inventions of claims 1-9 have the technical feature, in which the slit lights converted in a diffraction grating are irradiated in an oblique direction so that the image detected by a first reflected scattered light image detecting unit and the image detected by a second reflected scattered light image detecting unit are treated.

The inventions of claims 10-13 have the technical feature, in which the slit lights converted by the diffraction grating are irradiated in the oblique direction, thereby to measure the height.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01N21/84(2006.01)i, G01B11/02(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i, G01N21/956(2006.01)i, H01L21/66(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. G01N21/84 - 21/958, G01B11/00 - 11/30			
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 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008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 請求の範囲の番号	
X Y	JP 3051609 B2 (三菱重工業株式会社) 2000.06.12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-4, 7 5-6, 8-13	
Y	JP 2000-105203 A (株式会社日立製作所) 2000.04.11, 全文、全図 & US 6411377 B1	5-6, 8-9	
Y	JP 11-183154 A (株式会社日立製作所) 1999.07.09, 全文、全図 (ファミリーなし)	10-13	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>			
* 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 24.03.2008		国際調査報告の発送日 01.04.2008	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 豊田 直樹	2W 3720
		電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

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 請求の範囲の番号
A	JP 2843308 B2 (株式会社川口光学産業) 1999.01.06, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 03-019528 B2 (富士通株式会社) 1991.03.15, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 03-039604 B2 (富士通株式会社) 1991.06.14, 全文、全図 & US 4846576 A1 & EP 0212992 A2	1-13
A	JP 63-057731 B2 (株式会社日立製作所) 1988.11.14, 全文、全図 & US 4410278 A1 & GB 2057675 A	1-13

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2.  請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3.  請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。  
別紙参照

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

## 別紙

先行技術調査の結果、請求の範囲1-4, 7に記載の技術的事項は、新規なものではないことが明らかになった。

文献 JP 3051609 B2 (三菱重工業株式会社)には、レーザ光源の光を平行スリット光とし、回折格子で複数のスリット光に変換し、斜め方向から照射する投光装置からなる欠陥検査装置(投光方法による欠陥検査方法)の発明が記載されており、複数のスリット光は、回折による干渉パターンを用いているから、試料上全領域で焦点が合っていることは明らかである。

すると、請求の範囲1-4, 7に係る発明と、上記文献に記載された発明とは、構成上差異がない。

したがって、請求の範囲1-13に係る各発明の技術的特徴は下記のとおりとなり、それぞれの発明が単一の一般的発明概念を形成するように連関していない。

請求の範囲1-9に係る発明は、回折格子で変換した複数のスリット光を斜め方向から照射し、第1の反射散乱光像検出部で検出した画像と第2の反射散乱光像検出部で検出した画像とを処理することを技術的特徴とするものである。

請求の範囲10-13に係る発明は、回折格子で変換した複数のスリット光を斜め方向から照射し、高さを計測することを技術的特徴とするものである。