

(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2005-202092

(P2005-202092A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02B 7/28  
G01B 11/00  
G02B 7/36  
G02B 21/06  
G02B 21/18

F I

G02B 7/11  
G01B 11/00  
G02B 21/06  
G02B 21/18  
G02B 21/24

テーマコード(参考)

2F065  
2H051  
2H052

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-7612(P2004-7612)  
(22) 出願日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(71) 出願人 000001122  
株式会社日立国際電気  
東京都中野区東中野三丁目14番20号  
(72) 発明者 小菅 正吾  
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内  
(72) 発明者 大塚 重信  
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内  
(72) 発明者 清水 高博  
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 合焦点検出方法及びそれを用いた光学顕微鏡

(57) 【要約】

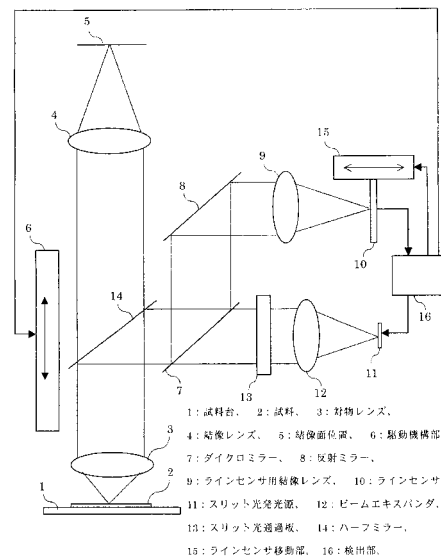
【課題】

焦点面が複数存在する凹凸のある試料や輪郭が明確でない試料でも合焦点が可能で、迅速に合焦点可能な合焦点方法及び装置を提供する。

【解決手段】

レーザダイオード等によるレーザスポット光からレーザスリット光を作り、レーザスリット光を試料の表面に投射し、試料から反射したレーザスリット光をハーフミラーを介して光軸に垂直に設けたラインセンサ上に結像し、ラインセンサを光軸方向に移動させ、移動距離とラインセンサ映像の高周波成分の量を特性化し、ラインセンサ映像の高周波成分の量が最大となる移動距離を検出して、最大の焦点位置を知る。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

試料を観察するための光学顕微鏡と、該光学顕微鏡に設けられた合焦点位置検出装置であって、

上記試料から上記光学顕微鏡に入射する光像を分岐し、

該分岐された光像を複数の距離で結像し、

該複数の距離で結像した輝度をそれぞれ検出し、

該検出された輝度が所定の範囲内にある場合の距離を算出し、

該算出された距離に基づいて光学顕微鏡の合焦点位置を検出することを特徴とする合焦点位置検出方法。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の合焦点位置検出方法において、

上記光学顕微鏡の対物レンズの倍率に応じて、上記分岐された構造を結像する距離の範囲を変更することを特徴とする合焦点位置検出方法。

**【請求項 3】**

請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載の合焦点位置検出方法において、

上記分岐された構造を結像する距離の変更を連続的に行い、

所定の周期に応じて上記距離の情報を取得することを特徴とする合焦点位置検出方法。

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載の合焦点位置検出方法において、

上記合焦点位置の検出を複数回繰り返し、

検出の都度、前回の距離より、結像する距離の範囲を小さくすることを特徴とする合焦点位置検出方法。

20

**【請求項 5】**

試料を観察するための対物レンズと結像レンズを有する光学顕微鏡と、該光学顕微鏡に設けられた合焦点位置検出装置であって、

スリット光発生源と、

該スリット光発生源から出力されるスリット光を、上記第 1 の分岐手段により上記試料に照射し、上記試料からの反射光を上記光学顕微鏡に入射する光像を分岐する第 1 の分岐手段と、

30

該第 1 の分岐手段によって分岐された光像を上記顕微鏡の結像面位置と略共焦点位置に原点位置が設定されたラインセンサと、

該ラインセンサの位置を上記顕微鏡の結像面位置を含む複数の焦点距離範囲内を所定の周期で移動させるための移動手段と、

該ラインセンサが取得した該複数の焦点距離範囲内の輝度レベルを元に上記顕微鏡の合焦点位置を検出する処理手段とを備えたことを特徴とする合焦点位置検出装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、光学顕微鏡に関わり、特に試料を常に合焦点となるように追従するの合焦点装置を備えた光学顕微鏡に関わる。

40

**【背景技術】****【0002】**

図 5 は、従来技術の自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡の概略の構成を説明するための図である。図 5 において、62 は光学顕微鏡で観察する試料、61 は、試料 62 を載置する試料台、63 は、光学顕微鏡を構成する対物レンズ、64 は、光学顕微鏡を構成する結像レンズ、65 は、結像レンズ 64 の結像面位置、66 は、試料台 61 を上下に移動させる駆動機構部、67 は、光学顕微鏡の光路中に設けたハーフミラー、68 は、ハーフミラー 67 で反射した光を結像する合焦点用結像レンズ、70 は、合焦点用結像レンズ 68 の結像面位

50

置より前ピン位置に設けた光電変換素子、69 は、合焦点用結像レンズ 68 の光路中に設けたハーフミラー、71 は、ハーフミラー 69 で反射した合焦点用結像レンズ 68 の結像面位置より後ピン位置に設けた光電変換素子を示す。

【0003】

図5を使用し、従来技術による自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡の例をいくつか説明する。

光学顕微鏡は、試料台 61 上に載置した試料 62 を、対物レンズ 63 の焦点位置に設定し、試料 62 の所望の光学像を結像レンズ 64 による結像面位置 65 に結像して観察する。このような光学顕微鏡において、結像レンズ 64 による結像面位置 65 に、光電変換装置（図示していない。）を配置し、光電変換装置から、試料 62 の所望光学像を撮像した映像信号を出力する観察システムまたは測定システムあるいは検査システムあるいは加工システムがある。光電変換装置は例えば、テレビカメラ等の撮像装置である。

10

【0004】

光電変換装置から出力された映像信号は、例えばプロセス装置（図示していない。）に与えられる。プロセス装置は、入力された映像信号から微分成分を検出し、検出した微分成分に応じた出力信号を生成し、試料台 61 を上下に移動させる駆動機構部 66 に出力する。駆動機構部 66 は、プロセス装置で検出される微分成分が最大出力となるように、微分成分に応じた出力信号に基づいて試料 62 が載置された試料台 61 を上下に駆動し、試料 62 と対物レンズ 63 の相対距離を調整する。そして、プロセス装置で検出される微分成分が最大出力となる位置を、合焦点位置とする。このように、試料 62 と対物レンズ 63 の相対距離が、プロセス装置で検出される微分成分が最大出力となる位置に制御する手段を有する自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡がある（特許文献1、特許文献2参照。）

20

【0005】

しかし、前記のような自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡は、光学顕微鏡の結像面位置 65 に配置した光電変換装置により光電変換された映像信号の微分成分を検出するものであるため、合焦点を行なうときの映像信号から微分成分が検出されないと合焦点は不可能であり、合焦点は、試料 62 に段差や輝度変化があり、明確な輪郭を有する試料 62 に限られることになる。しかしながら、試料 62 は、段差や輝度変化があり、輪郭が明確なものばかりとは限らないため、上記自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡の欠点を補う手段として、輪郭が明確でない試料 62 上に、輝度変化のあるパターンを投影し、疑似輪郭を常に形成して、疑似輪郭を含む映像信号から微分成分を検出する手段を有する自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡がある（特許文献3参照。）

30

【0006】

上記自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡は、一度に光学顕微鏡の光軸方向上の1点の微分成分を検出する。光軸方向上の複数点の微分成分は、試料台 61 を駆動部 66 で光軸方向上に動かしながら得られる。得られた複数の微分成分のなかで最大微分成分を有する試料 62 と対物レンズ 63 の相対距離を合焦点位置として制御する手段を有する自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡である。したがって、光軸方向上の複数点の微分成分を調べるのに、検出時間と駆動時間を必要とし、迅速に合焦点検出をすることができないという問題がある。

40

【0007】

さらに、従来技術による合焦点方向を検出する手段を有する自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡を、図5を使用して説明をする。

光学顕微鏡の光路、詳しくは、対物レンズ 63 から結像レンズ 64 への光路中にハーフミラー 67 を設置し、ハーフミラー 67 による反射光を合焦点用結像レンズ 68 により結像させる。合焦点用結像レンズ 68 による結像面位置より前ピン位置に前ピンセンサとして光電変換素子 70 を設け、合焦点用結像レンズ 68 から光電変換素子 70 への光路中にハーフミラー 69 を設置し、ハーフミラー 69 により反射した合焦点用結像レンズ 68 による結像面位置より後ピン位置に後ピンセンサとして光電変換素子 71 を設ける。

50

## 【 0 0 0 8 】

合焦点用結像レンズ 68 の結像面位置の前後に光電変換素子 70、71 をそれぞれ配置し、図 6 に示すような前ピン信号、後ピン信号を得て、その差出力に応じて駆動機構部 66 を駆動し、試料台 61 を上下に移動させ、合焦点位置を得る自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡がある（特許文献 3 参照。）。

前ピン信号と後ピン信号の微分成分出力が同じになる光軸方向距離を合焦点位置とする手段であり、前ピン位置と後ピン位置の結像は両者共に合焦点でなくボケているため、一般的にボケ方式と言われている。

## 【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 2 6 6 9 9 5 号公報

10

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 2 9 5 0 3 8 号公報

【特許文献 3】特開平 8 - 3 3 4 6 6 8 号公報

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 0 】

従来技術による自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡においては、試料の観察したい場所の映像信号（例えば、二次元 CCD）から微分成分を検出し、合焦点となるように光学顕微鏡全体を移動制御するので、高精度であるが、移動時の振動吸収時間や映像信号を取得する時間（二次元 CCD の撮像時間）が必要で、総合で約 3 秒と合焦点に時間がかかるという欠点があった。

20

また、試料にパターンを投影する従来技術では、試料の輪郭と投影させたパターンの輪郭とが干渉し、観察に悪影響を与えるという欠点があった。

さらに、前ピンと後ピンによる制御であるため光軸上の 2 点での制御となり、複雑な形状を有し、焦点面が複数の試料に対しては、完全な制御ができないという欠点があった。

本発明の目的は、上記のような欠点を除去し、焦点面が複数存在する凹凸のある試料や輪郭が明確でない試料でも合焦点が可能で、迅速に合焦点可能な合焦点方法及び装置を提供することにある。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 1 】

上記の目的を達成するため、本発明の合焦点方法は、レーザダイオード等によるレーザスポット光からレーザスリット光を作り、レーザスリット光を試料の表面に投射し、試料から反射したレーザスリット光をハーフミラーを介して光軸に垂直に設けたラインセンサ上に結像し、ラインセンサを光軸方向に移動させ、移動距離とラインセンサ映像の高周波成分の量を特性化し、ラインセンサ映像の高周波成分の量が最大となる移動距離を検出して、最大の焦点位置を知ることができる合焦点方法を提供することを目的とする。

30

## 【 0 0 1 2 】

また本発明の合焦点装置は、少なくとも、観察する試料に焦点を結ぶように設けられた対物レンズと、対物レンズからの光の結像を所定の結像面位置に結ぶように設けられた結像レンズとを備えた光学顕微鏡であって、少なくとも、試料を載置し水平方向および垂直方向に移動可能な試料台と、入力される合焦点検出信号に応じて試料台と垂直方向に光学顕微鏡を移動させる駆動機構部とからなる自動合焦点装置において、試料台に載置された試料にスリット状のレーザ光を投射する手段と、試料から反射するスリット光を反射するための光学顕微鏡の光路中に設けたハーフミラーと、ハーフミラーからの反射光の結像を、対物レンズの焦点と共役位置に結ぶ合焦点用結像レンズと、合焦点用結像レンズの結像点において、光軸に対し垂直に設けた複数の光電変換素子からなるラインセンサと、ラインセンサを光軸方向に周期的に駆動するラインセンサ移動部を有し、ラインセンサ移動部によって入射スリット光の高周波成分が最大となる前記ラインセンサ移動部の位置を検出し、該ラインセンサの位置までの光路長とあらかじめ設定した焦点位置までの光路長との差を得て合焦点位置情報とし、その合焦点位置情報により、光学顕微鏡を試料台に対し、垂直方向に移動させるものである。

40

50

## 【0013】

また、本発明の合焦点装置を備えた光学顕微鏡は、対物レンズの倍率の切換えに応じてラインセンサ移動範囲を変化させる手段を有し、切換えた対物レンズの倍率に適した合焦点検出信号を得て、試料台に対して垂直方向に移動させるものである。

また、本発明の自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡は、試料にレーザー光を投射する手段が、少なくとも、レーザー発光源と、レーザー発光源で発光したレーザー光の発光束を拡大するビームエキスパンダと、スリット光生成のための通過板、スリット光を試料へ投射するように光学顕微鏡の光路中に設けられたハーフミラーとを有するものである。

## 【0014】

また、本発明の合焦点位置検出装置は、試料を観察するための対物レンズと結像レンズを有する光学顕微鏡と、光学顕微鏡に設けられた合焦点位置検出装置であって、スリット光発生源と、スリット光発生源から出力されるスリット光を、第1の分岐手段により試料に照射し、試料からの反射光を光学顕微鏡に入射する光像を分岐する第1の分岐手段と、第1の分岐手段によって分岐された光像を顕微鏡の結像面位置と略共焦点位置に原点位置が設定されたラインセンサと、ラインセンサの位置を顕微鏡の結像面位置を含む複数の焦点距離範囲内を所定の周期で移動させるための移動手段と、ラインセンサが取得した複数の焦点距離範囲内の輝度レベルを元に顕微鏡の合焦点位置を検出する処理手段とを備えたことを特徴とする。

10

## 【発明の効果】

## 【0015】

以上のように本発明によれば、レーザーダイオード等によるレーザースリット光を試料の表面に投射し、試料から反射したスリット光をラインセンサ上に結像し、ラインセンサの映像の高周波成分から焦点深度を探るので、凹凸のある試料の平均的位置に合焦点が可能となる。かつ迅速に、合焦点が可能となる。

20

また、共焦点位置にある対物レンズと試料観察面位置と合焦点位置検出用ラインセンサ位置がそれらの取付部材の熱膨張をなくしたことにより周囲温度に影響されない自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0016】

本発明の一実施形態は、顕微鏡焦点内に試料を設定し、観察のため水平方向に試料を動かした場合、試料の凹凸に対しても、常に迅速に合焦点となるように追従する合焦点装置を備えた光学顕微鏡に関するものである。

30

以下、本発明の実施の形態について説明する。

## 【0017】

本発明の一実施例を、図1～図4を使用して説明する。図1は、本発明の合焦点装置を備えた光学顕微鏡の概略の構成を示す図である。図1において、2は光学顕微鏡で観察する試料、1は試料2を載置して水平および垂直方向へ移動可能な試料台、3は光学顕微鏡を構成する対物レンズ、4は光学顕微鏡を構成する結像レンズ、5は結像レンズ4の結像面位置、6は入力される合焦点検出信号に応じて試料台1を上下に移動させる駆動機構部、7は光学顕微鏡の光路中に設けたダイクロミラー、8は反射ミラー、9はラインセンサ用結像レンズ、10はラインセンサ用結像レンズ9の結像面位置に設けた複数の光電変換素子からなるラインセンサ、15はラインセンサ10を光軸方向に移動させるラインセンサ移動部、11はスリット光発光源、12はスリット光発光源11で発光したレーザー光の発光束を拡大するビームエキスパンダ、13はスリット光を生成するスリット光通過板、14はスリット光通過板13でスリット化したスリット光を反射するハーフミラー、16は合焦点位置を検出する検出部である。

40

## 【0018】

図1を使用し、本発明による自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡を説明する。試料台1上に載置した試料2を、光学顕微鏡の対物レンズ3の焦点位置付近に設定し、試料2の所望の場所の光学像を結像レンズ4による結像面位置5に結像させ、結像面位置5

50

に、光電変換装置（図示していない。）を配置し観察する。光電変換装置は、例えば、テレビカメラ等の撮像装置である。

スリット光発光源 11 から出力されるレーザ光はビームエキスパンダ 12 に到達し、ビームエキスパンダ 12 は発光束を拡大して出力する。スリット光発光源 11 は、例えば、レーザダイオードである。発光束を拡大されたレーザ光は、スリット生成遮蔽板 13 を通ってスリット光となり、ハーフミラー 14 で反射し、対物レンズ 3 により集光される。集光されたスリット光は、試料 2 の表面に投射される。

#### 【0019】

試料 2 の表面に投射されたスリット光は、試料 2 の表面で反射され、反射光が対物レンズ 3 を通ってハーフミラー 14 に到達する。ハーフミラー 14 は、到達した光の一部をダイクロミラー 7 に分岐させる。ダイクロミラー 7 は、到達した光を反射ミラー 8 10  
に出力する。ダイクロミラー 7 で反射され、反射ミラー 8 で更に反射されたスリット光は、ラインセンサ用結像レンズ 9 に入射し、ラインセンサ 10 に投影される。

#### 【0020】

ラインセンサ 10 の原点位置は、対物レンズ 3 及び結像面位置 5 と共焦点位置に配置されている。対物レンズ 3 の合焦点位置に、試料 2 があるとき、ラインセンサ 10 及び結像面位置 5 に投影される像が合焦点画像となる。

対物レンズ 3 と試料 2 が近づいたときには、ラインセンサ 10 及び結像面位置 5 に投影される像がぼける。そして、ラインセンサ 10 を光軸方向に遠ざけた位置に、合焦点画像がずれる。 20

対物レンズ 3 と試料 2 が離れたときには、ラインセンサ 10 及び結像面位置 5 に投影される像がぼける。そして、ラインセンサ 10 を光軸方向に近づけた位置に、合焦点画像がずれる。

#### 【0021】

すなわち、ラインセンサ 10 を光軸方向に移動させることにより、対物レンズ 3 と試料 2 の位置関係がわかる。

ラインセンサ 10 は、光軸方向に移動できるように設けられ、一定の周期で一定範囲内で光軸方向に振動する。

例えば、対物レンズ 3 の倍率が 100 倍の時には、焦点位置を中心（原点  $0 \mu\text{m}$ ）とし、 $\pm 10 \mu\text{m}$  の範囲を 100 Hz で光軸方向に振動する。 30

例えば、対物レンズ 3 の倍率が 10 倍の時は、焦点位置を中心とし、 $\pm 100 \mu\text{m}$  の範囲を 100 Hz で光軸方向に振動する。

#### 【0022】

対物レンズ 3 として 10 倍の倍率のレンズを使用する場合を例にとり、図 1 と図 2 によって合焦点位置の検出方法について更に説明する。図 2 は、本発明の自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡において、一定周期で振動するラインセンサ移動部とラインセンサタイミングチャートの対物レンズ 3 に 10 倍時の粗動作の一実施例を説明する図である。

図 2 (a) ~ (d) において、横軸は時間である。また、図 2 (a) はラインセンサ 10 の光軸方向の移動量を示す図で、縦軸が原点（ $0 \mu\text{m}$ ）を中心とした長さで、ライン 151 が移動量を示す。また、図 2 (b) はラインセンサ 10 の走査波形 152 を示す図で、縦軸が信号レベルを示す。また、図 2 (c) はラインセンサ 10 が取得した映像波形 153 を示す図で、縦軸が輝度レベルを示す。また、図 2 (d) はラインセンサ 10 の映像波形 153 の高周波成分 154 を示す図で、縦軸がレベルを示す。 40

#### 【0023】

検出部 16 は、ラインセンサ移動部 15 を、ライン 151 で示すように 10 ms の周期で振動させ、ラインセンサ 10 を光軸方向に  $-100 \mu\text{m}$  から  $+100 \mu\text{m}$  迄の間で移動させる。

ラインセンサ 10 の走査周期は、走査波形 152 に示すように 0.5 ms であり、映像波形 153 に示すように 0.5 ms でスリット光の映像を取得する。取得された映像は検出部 16（図 1 参照）に与えられる。 50

映像波形 153 のような映像では、例えば、高周波成分 154 に示すような波形の高周波成分が得られる。

したがって、この高周波成分 154 の値が最大となる位置が合焦点位置であり、移動量  $0 \mu\text{m}$  から  $-60 \sim -50 \mu\text{m}$  の間に合焦点位置があることがわかる。検出部 16 は、この情報をもとに、光学顕微鏡の対物レンズ 3 と試料 2 との距離を調整するために駆動機構 6 を動かす。

#### 【0024】

次に、本発明の一実施形態では、図 2 で説明したように粗動作によって駆動機構 6 を移動した後、以下の図 3 の説明のように微動作を行う。図 3 は、本発明の自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡において、一定周期で振動するラインセンサ移動部とラインセンサタイミングチャートの対物レンズ 3 に 10 倍時の微動作の一実施例を説明する図である。

10

図 3 (a) (b) (c) (d) は、図 2 と同様に、(a) はラインセンサ 10 の光軸方向の移動量を波形 161 で示す図、(b) はラインセンサ 10 の走査波形 162 を示す図、(c) はラインセンサ 10 が取得した映像波形 163 を示す図、及び (d) はラインセンサ 10 の映像波形 163 の高周波成分 164 を示す図である。

#### 【0025】

検出部 16 は、まずラインセンサ移動部 15 を、波形 151 で示すように 10 ms の周期で振動させ、ラインセンサ 10 を光軸方向に  $-10 \mu\text{m}$  から  $+10 \mu\text{m}$  迄の間で移動させる。

ラインセンサ 10 の走査周期は、走査波形 162 に示すように 0.5 ms で、映像波形 163 に示すように 0.5 ms でスリット光の映像を取得する。

20

映像波形 163 のような映像では、例えば、高周波成分 164 に示すような波形の高周波成分が得られる。

したがって、この高周波成分 164 の値が最大となる位置が合焦点位置であり、移動量  $0 \mu\text{m}$  から  $60 \sim 1 \mu\text{m}$  の間が合焦点位置があることがわかる。この情報をもとに、検出部 16 は、光学顕微鏡の対物レンズ 3 と試料 2 との距離を調整するために駆動機構 6 を動かす。これによって、対物レンズ 3 の倍率が 10 倍のときの焦点深度  $1 \mu\text{m}$  以内に、試料 2 と対物レンズ 3 との間の距離が定まる。

#### 【0026】

同様に、対物レンズ 3 として 100 倍の倍率のレンズを使用する場合には、粗動作時には、ラインセンサ 10 を光軸方向に、焦点位置を中心として  $\pm 10 \mu\text{m}$  の範囲を 100 Hz で光軸方向に振動する。そして微動作時には、ラインセンサ 10 を光軸方向に、焦点位置を中心として  $\pm 1 \mu\text{m}$  の範囲を 100 Hz で光軸方向に振動する。

30

そのほか、対物レンズの倍率に応じて粗動作及び微動作の振動範囲を変更する。

#### 【0027】

次に、図 8 を用いて、ラインセンサ 10 を光軸方向に振動させる機構について説明する。図 8 は、本発明のラインセンサを光軸方向に移動する機構の一実施例を説明するための図である。

801 はシーソー台、802 は支点、803 はピエゾスタック、804 はバネ、805 は土台、806 は支柱である。

40

図 8 において、ラインセンサ 10 は、シーソー台 801 に取付けられ、支点 802 に対してラインセンサ 10 と反対側にピエゾスタック 803 及びバネ 804 が取付けられている。

土台 805 に支柱 806 を配置し、支点 802 でシーソー台 801 を支える。ピエゾスタック 803 を土台 805 とシーソー台 801 の間に挟み、土台 805 とシーソー台 801 の間をバネ 804 でつなぎ、バネ 804 でピエゾスタック 803 を固定する。

#### 【0028】

ピエゾスタック 803 は、その両端に電圧 0 V 印加したときに、土台 805 とシーソー台 801 の間の長さが 35.0 mm で、電圧 100 V を印加したときに、長さ 35.333 mm となる。従って、電圧 0 V ~ 100 V の間で、長さが  $33.3 \mu\text{m}$  変化する。その間の長さは、電圧にほぼ比例配分される。

50

ピエゾスタック 803 と支点 803 の距離を  $S$  とし、支点 803 とラインセンサ 10 の距離を  $6S$  とすることで、ラインセンサ 10 は、光軸方向（矢印方向）に約  $200 \mu\text{m}$ （ $= 3.3 \mu\text{m} \times 6$ ）変化する。

【0029】

ピエゾスタック 803、支点 802 及びシーソー台 801 は 100 Hz の振動に対応できる機構なので、ピエゾスタック 803 に 0 ~ 100 V の電圧を 100 Hz の周波数で変化させることにより、ラインセンサ 10 は、光軸方向に 0 ~ 200  $\mu\text{m}$  振動する。

【0030】

ピエゾスタック 803 に電圧 50 V を印加した位置、すなわちラインセンサ 10 が 100  $\mu\text{m}$  の位置を共焦点位置 0 に設定することで、ラインセンサ 10 は焦点方向に  $\pm$  約 100  $\mu\text{m}$  光軸方向に振動する。 10

【0031】

図 4 は、スリット光とラインセンサ 10 と試料 2 との関係を説明するための図である。また、図 4 (b) (c) は、描画されたライン 102 を観察することを目的とした場合の照射されるスリット光 103 と描画されたライン 102 との関係を示す図の例である。

図 4 (a) において、スリット光を試料 2 に照射したとき、試料 2 を反射したスリット光の像 102 は、ラインセンサ 10 の受光面 101 に図 2 (a) に示すように投影される。

【0032】

図 4 (b) において、スリット光 103 を図 4 (b) のように試料 2 の描画されたライン 102 に略  $1/4$  ラジアンになるようにして試料 2 に照射する。 20

描画されたライン 102 の焦点位置と描画されたライン 102 の周辺の焦点位置の平均が検出できるようにする。

しかし、図 4 (c) に示すように描画されたライン 102 とラインセンサ 10 の受光面 101 が平行になるように設定すると、描画されたライン 102 の焦点位置が検出できず、描画されたライン 102 周辺だけの焦点位置検出となってしまう。従って、本発明では、図 4 (b) に示すように、描画されたライン 102 に略  $1/4$  ラジアンになるようにして試料 2 にスリット光を照射することで、描画されたライン 102 周辺だけの焦点位置検出となってしまうことを避ける。

【0033】

また、本発明の一実施例では、周囲温度の影響で、共焦点位置にある対物レンズと試料観察面（撮像装置受光面）位置と合焦点位置検出用ラインセンサ位置がそれらの取付部材の熱膨張で狂わないようにそれらの取付部材を、熱膨張係数がほぼゼロの材質のもの（例えば、ノビナイト）を使用する。 30

【0034】

次に、上述したような自動合焦点顕微鏡の応用システムについて、図 7 を用いて説明する。

光学顕微鏡を用いたシステムは、例えば、LCD（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）基板や PDP（Plasma Display Panel）等の FPD（Flat Panel Display）、及び、半導体ウェハ等の各種基板、並びに、それらのリソグラフィに使用するマスク基板を測定または検査あるいは加工する場合に使用される。それらの対象の基板は、例えば、蒸着やエッチング等の膜製造技術を用いて製作される。図 7 は、上記のような基板の線幅を測定するための従来の線幅測定システムの構成の一例を示すブロック図である。 40

【0035】

LCD 基板等の検査対象物 701 は、基板クランプ台 702 でその裏面を吸着されることによって固定されている。尚、基板クランプ台 702 は、図示しない真空ポンプ等で検査対象物 701 の裏面を吸着する、所謂真空チャックの構造になっている。基板クランプ台 702 は、除振台 705 上に配置された Y 軸移動ステージ 704 と X 軸移動ステージ 703 の上に設けられている。検査対象物 701 は、X 軸移動ステージ 703 と Y 軸移動ステージ 704 とをそれぞれ、X 軸方向、Y 軸方向に動かすことによって、X、Y 平面内を移動でき、検査対象物 701 内の所定の位置を光学顕微鏡 708 で観察することができる。所定の位 50

置とは、例えば、配線パターンが形成された所定の位置の線幅を測定し、製品または半製品の良否を判定するもので、前もって定められる位置である。

【0036】

X軸移動ステージ703とY軸移動ステージ704は、それぞれ、測定制御部716によって手動または自動的に操作され、所定の位置が光学顕微鏡708の視野に入るように制御される。検査対象物701の検査項目は、例えば、自動線幅測定装置の場合は、それらの基板上に形成された電極パターンや配線パターンの線幅や間隔の測定及び、それら電極パターンや配線パターン間のずれ量等である。

【0037】

照明光源706は、ライトガイド709で光を光学顕微鏡708に導入する。導入された光は検査対象物レンズ711を介し検査対象物701に投射される。投射された光は検査対象物701で反射し、その反射光が検査対象物レンズ711、中間レンズ714を介し、カメラ715に入射される。カメラ715は、入射光を電気信号に変換して測定制御部716に出力する。なおこの光は、可視光、赤外線、紫外線、等であり、カメラ715はこれらの光を電気信号に変換できるCCD(Charge Coupled Device)等の撮像素子である。

10

【0038】

変倍機構(レボルバ)710は、目的に応じて検査対象物レンズ711を予備アライメント用対物レンズ712と交換できるような機構になっている。光軸(Z軸)移動ステージ713は、検査対象物レンズ711の焦点距離を合焦点位置に調節するために、検査対象物レンズ711を装着した光学顕微鏡708全体を光軸(Z軸)方向に移動するためのものである。中間レンズ714は、検査対象物レンズ711からの像を拡大してカメラ715に投影するものである。カメラ715が撮像した映像は、測定制御部(検査制御部)716内の画像処理部761に入力される。

20

【0039】

光軸(Z軸)移動制御部762は、検査対象物レンズ711の焦点距離を適正に調節するために、検査対象物レンズ711を装着した光学顕微鏡708全体を光軸(Z軸)方向に移動させるための焦点距離制御部である。尚、焦点距離制御部762は、画像処理部761からの信号に基づいてオートフォーカス制御する機能も有している。CPU763は、測定制御部(検査制御部)716を制御するプログラムを有し、線幅測定装置を動かす。CPU763は、焦点距離制御部762、画像処理部761、XY移動制御部707を制御するプログラムを有する。XY移動制御部707内には、X軸移動ステージ703とY軸移動ステージ704を移動させる移動制御部771、基板クランプ台702上で基板701を固定する基板を押し当て制御部772、基板1の裏面を基板クランプ台2に吸着させる基板裏面吸着制御部773と基板701を基板搬送ハンド718から基板クランプ台702に受取るための基板受取りピン上下制御部774からなる。CRT717は、画像及び操作スイッチが表示されるモニタ画面であり、マウス等のポインティングデバイスをGUI(Graphical user interface)によって操作者が操作することができる。

30

検査対象物の基板701は、基板搬送ハンド718で搬送され、基板クランプ台702上に載置される。図3では、基板搬送ハンド718が左右(両矢印の方向)に動き、基板701を搬送する。

40

【0040】

図7で説明した測定制御部(検査制御部)716が、図1~図4によって説明した本発明の実施例において、合焦点検出のための処理部(検出部)を含んでも良いことは自明である。

また、本実施例では、焦点検出用のラインセンサの光軸を、光学顕微鏡の光軸と垂直の方向に設けたが、特別に垂直にする必要は無く、ラインセンサの光軸の方向にラインセンサが前後に振動するようによれば良いことは自明である。

また、ラインセンサだけではなく、ラインセンサ用結像レンズの位置を同時にまたは別に振動させても良い。

また、ラインセンサではなく、エリアセンサであっても良い。

50

また、図 1 の実施例では、スリット光発生源 11 から出力されるスリット光がダイクロミラー 7 を介して直にハーフミラー 14 に入射し、試料 2 からの反射光はダイクロミラー 7 によって分岐されてラインセンサ 10 に入射されるようにしている。しかし、ラインセンサ 10 とスリット光発生源 11 の配置を上記と逆の配置にしても良いことは自明である。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図 1】本発明の合焦点装置を備えた光学顕微鏡の概略の構成を示す図。

【図 2】本発明の自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡の一実施例のラインセンサ移動部とラインセンサタイミングチャートを説明する図。

10

【図 3】本発明の自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡の一実施例のラインセンサ移動部とラインセンサタイミングチャートを説明する図。

【図 4】スリット光像とラインセンサと試料の関係を説明するための図。

【図 5】従来技術の自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡の概略の構成を説明するための図。

【図 6】自動合焦点装置を備えた光学顕微鏡の従来技術を説明するための出力波形図。

【図 7】測定システムの一実施例の簡単な構成を示すブロック図。

【図 8】本発明のラインセンサを光軸方向に移動する機構の一実施例を説明するための図。

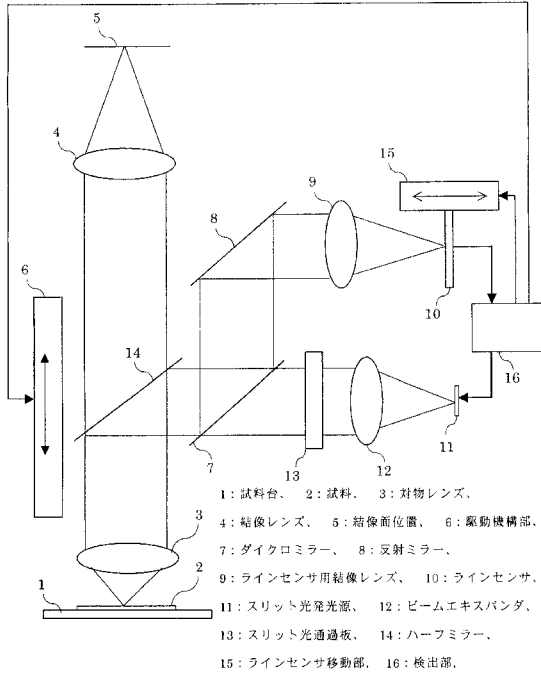
【符号の説明】

20

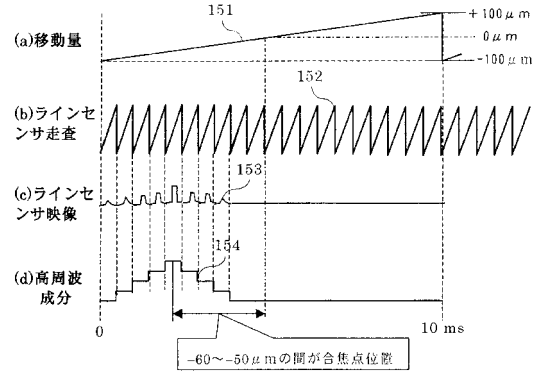
【0042】

1：試料台、 2：試料、 3：対物レンズ、 4：結像レンズ、 5：結像面位置、 6：駆動機構部、 7：ダイクロミラー、 8：反射ミラー、 9：ラインセンサ用結像レンズ、 10：ラインセンサ、 11：スリット光発光源、 12：ビームエキスパンダ、 13：スリット光通過板、 14：ハーフミラー、 15：ラインセンサ移動部、 16：検出部、 61：試料台、 62：光学顕微鏡で観察する試料、 63：対物レンズ、 64：結像レンズ、 65：結像面位置、 66：駆動機構部、 67：ハーフミラー、 68：合焦点用結像レンズ、 69：ハーフミラー、 70, 71：光電変換素子

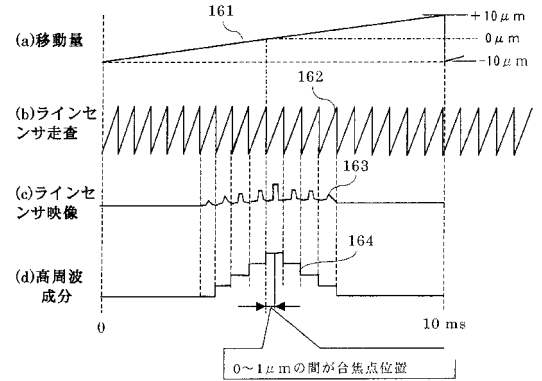
【 図 1 】



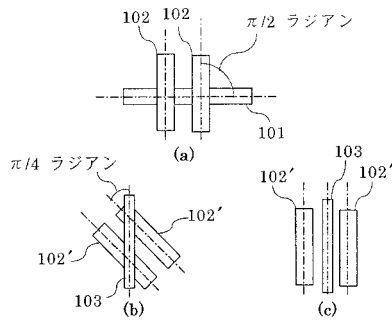
【 図 2 】



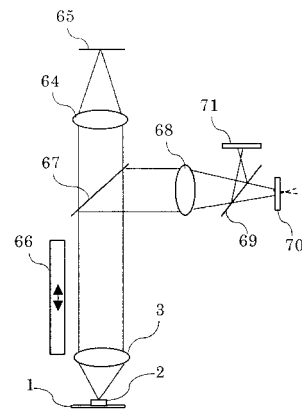
【 図 3 】



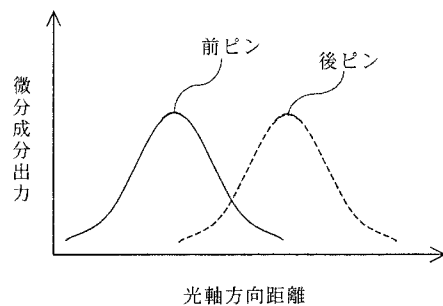
【 図 4 】



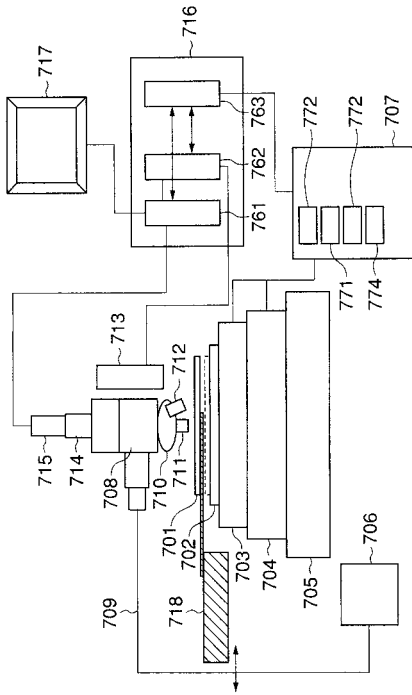
【 図 5 】



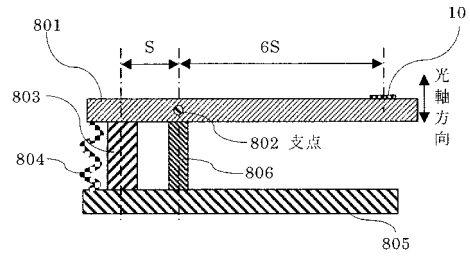
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 21/24	G 0 2 B 7/11	D
	G 0 2 B 7/11	J

Fターム(参考) 2F065 DD06 EE05 FF10 GG04 HH05 HH13 JJ02 JJ09 JJ25 LL00  
LL05 LL09 LL12 LL20 LL30 NN20 PP01 PP02 PP12 PP24  
2H051 AA11 BA44 BA53 CB04 CB05 CB11 CC03 DA22  
2H052 AA08 AB17 AB24 AC04 AC16 AC34 AD05 AD09 AD20