(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3704387号
(P3704387)
(45)発行日　平成17年10月12日(2005.10.12)　(24)登録日　平成17年7月29日(2005.7.29)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 21/00　G02B 21/00
G01B 11/30　G01B 11/30

請求項の数 6　(全 33 頁)

(21)出願番号　特願平7-339066
(22)出願日　平成7年12月26日(1995.12.26)
(65)公開番号　特開平8-292198
(43)公開日　平成8年11月5日(1996.11.5)
審査請求日　平成14年8月7日(2002.8.7)
(31)優先権主張番号　特願平7-35474
(32)優先日　平成7年2月23日(1995.2.23)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100058479
弁理士　鈴江　武彦
(72)発明者　太田　佳成
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号　オリンパス光学工業株式会社内
(72)発明者　鈴木　等
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号　オリンパス光学工業株式会社内

審査官　山村　浩

(56)参考文献　特開平７－１２５２５（ＪＰ，Ａ）
最終頁に続く

(54)【発明の名称】共焦点走査型光学顕微鏡およびこの顕微鏡を使用した測定方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
試料に対し集束光を照射する対物光学系と、前記集束光と前記試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、前記集束光の前記試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡において、
前記試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割し、これら分割範囲ごとに対応してそれぞれの前記反射率に応じた利得情報を記憶した利得情報記憶手段と、
前記二次元走査手段による走査動作に応じて、走査中の前記分割範囲に対応する前記利得情報を前記利得情報記憶手段から読み出して、この利得情報に応じて前記可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御するための利得制御手段と、
を具備したことを特徴とする共焦点走査型光学顕微鏡。
【請求項２】
試料に対し集束光を照射する対物光学系と、前記集束光と前記試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、前記対物光学系の焦点位置と前記試料の位置とを相対的に光軸方向へ移動走査する光軸走査手段と、前記集束光の前記試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された前記検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを備えた共信点走査型光学顕微鏡において、

前記試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割し、これら分割範囲ごとに対応してそれぞれの前記反射率に応じた利得情報を記憶した利得情報記憶手段と、
前記光軸走査手段による走査動作に応じて、走査中の前記分割範囲に対応する前記利得情報を前記利得情報記憶手段から読み出して、この利得情報に応じて前記可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御するための利得制御手段と、
を具備したことを特徴とする共焦点走査型光学顕微鏡。
【請求項３】
試料に対し集束光を照射する対物光学系と、前記集束光と前記試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、前記集束光の前記試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された前記検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡を使用して前記試料の表面測定を行なうに際し、
前記試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割する工程と、
前記分割された分割範囲ごとに前記可変利得形レベル可変手段の利得を制御するための利得情報を設定する工程と、
前記二次元走査手段による走査動作に応じて、前記設定された前記利得情報の中から走査中の前記分割範囲に対応する前記利得情報を選択して前記可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御する工程と、
を具備したことを特徴とする共焦点走査型光学顕微鏡を使用した測定方法。
【請求項４】
前記測定対象範囲を分割する工程は、前記可変利得形レベル可変手段の利得を変えて複数枚の二次元走査画像を取得し、これら二次元走査画像の画素輝度値と予め定めた基準輝度範囲とを比較して該基準輝度範囲に含まれる画素を抽出し、これら抽出画素に基づいて前記測定対象範囲を分割し、
前記利得情報を設定する工程は、前記各抽出画素がそれぞれ属する前記二次元走査画像の利得に基づいて画素単位または領域単位で基準利得を設定し、前記各基準利得を該基準利得の大きさに応じて補正し、これら補正利得値を前記二次元走査画像上の位置情報と共に記憶する、
ことを特徴とする請求項３記載の共焦点走査型光学顕微鏡を使用した測定方法。
【請求項５】
試料に対し集束光を照射する対物光学系と、前記集束光と前記試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、前記対物光学系の焦点位置と前記試料の位置とを相対的に光軸方向へ移動走査する光軸走査手段と、前記集束光の前記試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された前記検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを捕えた共焦点走査型光学顕微鏡を使用して前記試料の表面測定を行なうに際し、
前記試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割する工程と、
前記分割された前記分割範囲ごとに前記可変利得形レベル可変手段の利得を制御するための利得情報を設定する工程と、
前記光軸走査手段による走査動作に応じて、前記設定された前記利得情報の中から走査中の前記分割範囲に対応する前記利得情報を選択して前記可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御する工程と、
を具備したことを特徴とする共焦点走査型光学顕微鏡を使用した測定方法。
【請求項６】
前記測定対象範囲を分割する工程は、前記光軸走査手段により前記光軸方向の相対距離を変えて複数の相対距離で二次元走査画像を取得し、
これら二次元走査画像から予め定めた基準輝度範囲に含まれる画素を検出し、
前記各二次元走査画像について前記基準輝度範囲に含まれる画素数が所定値を超えればその相対距離情報を記憶し、
この記憶された前記各相対距離情報に基づいて前記測定対象範囲を前記光軸方向に分割

する、
ことを特徴とする請求項５記載の共焦点走査型光学顕微鏡を使用した測定方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、観察試料の表面情報を測定するために使用される共焦点走査型光学顕微鏡に関する。
【０００２】
【従来の技術】
共焦点走査型光学顕微鏡は、点状光源によって観察試料の表面を点状に照明し、照明された試料表面からの透過光または反射光を再び点状に集光してピンホール開口を有する検出器に結像させ、この検出器により結像の濃度情報を得る顕微鏡である。
【０００３】
図４２（ａ）は一般的な共焦点走査型光学顕微鏡の概略構成図である。同図において、点光源９１から出射された光は、ハーフミラー９２を通過したのち収差が補正された対物レンズ９３によって観察試料９４の表面に点状結像される。そして、この点状照明光の上記試料９４による反射光は、再び対物レンズ９３を通過したのちハーフミラー９２で反射されて所定位置に集光する。この集光位置にはピンホール９５が配設されており、このピンホール９５を通過した上記反射光が光検出器９６によって検出される。
【０００４】
このような点状照明を試料９４表面の測定領域全体に亘って行ない、その反射光の光検出器９６による検出信号をラスタ走査等の二次元走査により画像表示することにより、試料９４表面の二次元画像が得られる。
【０００５】
ところで、試料９４表面は全体に亘って平坦とは限らず、例えば図４２（ａ）中のイに示すように対物レンズ９３の集光位置からずれた位置にある面も存在する。このような面イから反射した反射光は、試料９４表面（実線表面）に焦点位置を合わせたピンホール９５上に集光することはない。したがって、このような反射光はピンホール９５を通過することができず、このため光検出器９６で検出されない。すなわち、共焦点走査型光学顕微鏡では、対物レンズ９３の集光位置つまり合焦位置に存在する試料面の光学像のみが測定できる。
【０００６】
次に、例えば図４２（ｂ）に示すように高さの異なる複数の観測面Ａ，Ｂ，Ｃを有する試料９４′を従来の共焦点走査型光学顕微鏡で観察する場合を想定する。この場合、観測面Ａに合焦させたときには他の観測面Ｂ，Ｃの光学像はぼやけてしまうことになる。このため、すべての観測面Ａ，Ｂ，Ｃについての合焦画像を同時に観測することは不可能である。しかし、例えば観測面Ａ，Ｂ，Ｃに対し順次合焦させてその合焦画像を順次画像メモリに格納し、これらの合焦画像を演算処理により合成することにより全観測面Ａ，Ｂ，Ｃに合焦した観測画像を得ることができる。なお、この合焦観測画像の合成は、実際には各画素について明るさが最大となる値を保持させることによりなされる。
【０００７】
以上説明した試料表面の観測方法については、例えば「THEORY AND PRACTICE OF SCANNING OPTICAL MICROSCOPY」（１２６～１３０頁）に開示されている。すなわち、試料面の一点に集束光を照射した状態で、先ずその光軸方向（Ｚ方向）に上記集束光を走査して、かかる走査中に輝度が最大となる位置（Ｚ位置）を検出し保存する。次に、上記集束光をＸ方向に移動させることにより試料面の次の一点に上記集束光の初期照射点を位置させ、この状態で上記集束光をＺ方向へ走査して、かかる走査中に輝度が最大となる位置（Ｚ位置）を検出し保存する。以後同様に、集束光の初期照射点の位置をＸ方向およびＹ方向にステップ的に移動させるごとに集束光をＺ方向へ走査し、これらの走査で検出された輝度の最大値をそれぞれ保存する。かくして、輝度変化に基づいて試料の表面情報が測定される

。
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
ところが、上記のような観測を行なう場合に、従来の共焦点走査型光学顕微鏡では次のような不具合が生じていた。
【０００９】
すなわち、光検出器により得られた検出信号は、信号レベルが最適値になるように可変利得増幅回路において増幅される。この場合、試料の観察もしくは測定範囲における反射率が一定ならば問題はない。しかし、試料の観察もしくは測定範囲内に反射率が異なる複数の部位が存在すると、正確な検出信号が得られなくなる。
【００１０】
例えば、試料の表面に反射率の低いガラス面と反射率の高い鏡面が混在したとする。ここで、利得設定前の、試料に適合しない利得が設定されている場合の検出信号レベルは図４３（ａ），図４４（ａ）のようになる。そうすると、鏡面において得られた検出信号レベルが最適値となるように可変利得増幅回路の利得を設定すると、ガラス面において得られた検出信号の信号レベルは図４３（ｂ）に示すごとく小さなものとなり、検出感度の低下を生じる。これに対しガラス面により得られる検出信号レベルに合わせて可変利得増幅回路の利得を設定すると、鏡面において得られた検出信号レベルは図４４（ｂ）に示すごとく飽和して、本来の検出信号が消失してしまう。
【００１１】
また、例えば図４５に示すように表面に段差を有し上段は鏡面で下段はガラス面となっている試料表面の高さ位置を、共焦点走査型光学顕微鏡を使用して測定する場合にも次のような不具合が生じる。すなわち、上記試料の上段（鏡面）において得られた検出信号レベルに合わせて可変利得増幅回路の利得を設定すると、鏡面のＺ方向の強度分布には例えば図４６（ａ）に示すごとく尖鋭なピーク値が現れるため、合焦位置でピークを検出することが可能となる。しかし、下段（ガラス面）において得られた検出信号レベルに対して上記利得は小さ過ぎ、このためＺ方向の強度分布は全体的に低レベルとなってピークを検出することが困難となる。これに対し下段（ガラス面）において得られた検出信号レベルに合わせて利得を設定すると、図４６（ｂ）に示すごとくガラス面による強度分布からはピークの検出が可能となる。しかし、鏡面による強度分布には飽和部分が発生して合焦位置でピークを検出することが不可能となる。
【００１２】
本発明は上記事情に着目してなされたもので、その目的とするところは、試料の測定対象面に反射率の異なる部位が存在する場合でも、この反射率の相違の影響を受けずに常に正確な測定を行なうことができる共焦点走査型光学顕微鏡およびこの顕微鏡を使用した測定方法を提供することにある。
【００１３】
【課題を解決するための手段】
本発明は、上記目的を達成するために以下のような手段を講じた。
【００１４】
　請求項１に対応する本発明は、試料に対し集束光を照射する対物光学系と、集束光と試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、集束光の試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡において、試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割し、これら分割範囲ごとに対応してそれぞれの反射率に応じた利得情報を記憶した利得情報記憶手段と、二次元走査手段による走査動作に応じて、走査中の分割範囲に対応する利得情報を利得情報記憶手段から読み出して、この利得情報に応じて可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御するための利得制御手段とを具備した共焦点走査型光学顕微鏡である。

【００１５】
請求項２に対応する本発明は、試料に対し集束光を照射する対物光学系と、集束光と試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、対物光学系の焦点位置と試料の位置とを相対的に光軸方向へ移動走査する光軸走査手段と、集束光の試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを備えた共信点走査型光学顕微鏡において、試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割し、これら分割範囲ごとに対応してそれぞれの反射率に応じた利得情報を記憶した利得情報記憶手段と、光軸走査手段による走査動作に応じて、走査中の分割範囲に対応する利得情報を利得情報記憶手段から読み出して、この利得情報に応じて可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御するための利得制御手段とを具備した共焦点走査型光学顕微鏡である。

【００１６】
請求項３に対応する本発明は、試料に対し集束光を照射する対物光学系と、集束光と試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、集束光の試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡を使用して試料の表面測定を行なうに際し、試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割する工程と、分割された分割範囲ごとに可変利得形レベル可変手段の利得を制御するための利得情報を設定する工程と、二次元走査手段による走査動作に応じて、設定された利得情報の中から走査中の分割範囲に対応する利得情報を選択して可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御する工程とを具備した共焦点走査型光学顕微鏡を使用した測定方法である。

【００１７】
請求項４に対応する本発明は、請求項３に対応する本発明において、測定対象範囲を分割する工程は、可変利得形レベル可変手段の利得を変えて複数枚の二次元走査画像を取得し、これら二次元走査画像の画素輝度値と予め定めた基準輝度範囲とを比較して該基準輝度範囲に含まれる画素を抽出し、これら抽出画素に基づいて測定対象範囲を分割し、利得情報を設定する工程は、各抽出画素がそれぞれ属する二次元走査画像の利得に基づいて画素単位または領域単位で基準利得を設定し、各基準利得を該基準利得の大きさに応じて補正し、これら補正利得値を二次元走査画像上の位置情報と共に記憶する。

【００１８】
請求項５に対応する本発明は、試料に対し集束光を照射する対物光学系と、集束光と試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、対物光学系の焦点位置と試料の位置とを相対的に光軸方向へ移動走査する光軸走査手段と、集束光の試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを捕えた共焦点走査型光学顕微鏡を使用して試料の表面測定を行なうに際し、試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数に分割する工程と、分割された分割範囲ごとに可変利得形レベル可変手段の利得を制御するための利得情報を設定する工程と、光軸走査手段による走査動作に応じて、設定された利得情報の中から走査中の分割範囲に対応する利得情報を選択して可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御する工程とを具備した共焦点走査型光学顕微鏡を使用した測定方法である。

【００１９】
請求項６に対応する本発明は、請求項５に対応する本発明において、測定対象範囲を分割する工程は、光軸走査手段により光軸方向の相対距離を変えて複数の相対距離で二次元走査画像を取得し、これら二次元走査画像から予め定めた基準輝度範囲に含まれる画素を検出し、各二次元走査画像について基準輝度範囲に含まれる画素数が所定値を超えればその相対距離情報を記憶し、この記憶された各相対距離情報に基づいて測定対象範囲を光軸方向に分割する。

【００２３】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施の形態について説明する。
【００２４】
（第１の実施形態）
第１の実施形態は、反射率の異なる複数の部位を有する試料に対し二次元走査を行なう際に、予め上記各部位ごとに領域指定を行なって各々最適な利得値を設定し、上記二次元走査により得られたアナログ画像信号の信号レベルをその走査位置に応じた上記最適な利得値に従って可変制御するようにしたものである。
【００２５】
図１は、本発明の第１の実施形態に係わる共焦点走査型光学顕微鏡のシステム構成図である。本実施形態の共焦点走査型光学顕微鏡は、顕微鏡本体１と、この顕微鏡本体１の制御および検出画像の処理を行なう制御処理部２とから構成される。
【００２６】
先ず顕微鏡本体１は次のように構成される。１１はステージであり、このステージ１１上に試料１０が載置される。またステージ１１は図示しない昇降機構に支持されている。この昇降機構は、例えばステップモータを駆動源として備える。そして、昇降駆動回路２１から出力される駆動信号により動作して、上記ステージ１１を後述する対物レンズ１２の光軸方向（Ｚ方向）にステップ移動させる。
【００２７】
一方、上記ステージ１１の垂直上方には対物レンズ１２が配設されている。この対物レンズ１２はレボルバ１３により倍率の切替えが可能となっている。また上記対物レンズ１２は二次元走査機構１４に支持されている。この二次元走査機構１４は例えば２個のステップモータを駆動源として備えている。そして、二次元走査駆動回路２１から出力される駆動信号により動作して、上記対物レンズ１２を水平方向（Ｘ，Ｙ方向）に移動走査する。
【００２８】
レーザ光源１５から発生されたレーザ光は、ミラー１６およびハーフミラー１７を経て上記対物レンズ１２に導かれ、この対物レンズ１２で集束されて上記試料１０にスポット照射される。また、この照射されたスポット光の試料１０による反射光は、上記対物レンズ１２を通過したのちハーフミラー１７で反射され、さらにレンズ１８で集光される。このレンズ１８による合焦位置にはピンホール１９が配置されており、上記反射光のうちこのピンホール１９を通過した光だけが光検出器２０で受光される。光検出器２０では、試料１０による上記反射光が光電変換されてアナログ画像信号となり出力される。
【００２９】
一方制御処理部２は、先に述べた昇降駆動回路２１および二次元駆動回路２２と、アナログ処理ユニット２３と、カウンタユニット２４と、画像処理ユニット２５と、ディスプレイ２６と、例えばキーボードからなる入力部２７と、制御回路３０とから構成される。
【００３０】
このうち先ずアナログ処理ユニット２３は、中央処理部（ＣＰＵ）３１と、ディジタル／アナログ変換器（Ｄ／Ａ）３２と、可変利得増幅回路３３とを備えている。可変利得増幅回路３３は、光検出器２０から出力された検出信号レベル、つまりアナログ画像信号の信号レベルを可変制御するものである。ＣＰＵ３１は、上記可変利得増幅回路３３の利得値を可変制御するもので、利得値データを記憶するためのメモリを有している。このＣＰＵ３１から読み出された利得値データは、Ｄ／Ａ変換器３２によりアナログ電圧に変換されたのち可変利得増幅回路３３に与えられる。
【００３１】
カウンタユニット２４は、上記ＣＰＵ３１に対し利得値データの読出しタイミングを指定するためのタイミング信号を発生するもので、二次元走査のＸ方向およびＹ方向に対応するＸカウンタおよびＹカウンタを備えている。これらＸカウンタおよびＹカウンタにはそれぞれ、試料１０に反射率が異なる複数の部位が存在する場合に、これらの部位のＸ方向

の領域境界およびＹ方向の領域境界を表わすデータが初期設定される。そしてＸカウンタおよびＹカウンタは、二次元走査中に制御回路３０から発生されるサンプリング信号をカウントし、そのカウント値が上記初期設定されたデータ値に達した時点で上記タイミング信号を出力する。なお、上記サンプリング信号は、光検出器２０から出力されたアナログ画像信号をディジタル信号に変換するために使用される信号である。

【００３２】

画像処理ユニット２５は、例えば５１２画素×５１２画素×８ビット（２５６階調）の画像信号を記憶可能な画像メモリ５２を備える。そして、上記アナログ処理ユニット２３の可変利得増幅回路３３から出力されたアナログ画像信号をＡ／Ｄ変換器５１でディジタル化して上記画像メモリ５２に記憶する。

【００３３】

制御回路３０は、例えば主制御部としてマイクロコンピュータを備えたもので、その制御機能として試料１０の二次元画像を得るための二次元走査制御手段に加え、この二次元走査制御手段による二次元走査のためにオペレータにパラメータ情報の初期設定を行なわせるための初期設定制御手段を備えている。

【００３４】

この初期設定制御手段は、試料１０の二次元走査画像をディスプレイ２６に表示した状態で、入力部２７の操作に応じて上記ディスプレイ２６に枠を移動表示させて、上記試料１０の反射率の異なる部位ごとに領域指定を行なう制御と、入力部２７の操作に応じて上記指定された領域ごとに最適な利得値を設定する制御とを実行する。

【００３５】

次に、以上のように構成された共焦点走査型光学顕微鏡の動作を制御回路３０の制御手順に従って説明する。図２および図３は制御回路３０の制御手順および制御内容を示すフローチャートである。

【００３６】

測定に先立ち制御回路３０は、オペレータによる測定用パラメータの初期設定操作を支援するための制御を実行する。なお、試料１０に対する対物レンズ１２の焦点距離は予め昇降駆動回路２１により調整されているものとする。

【００３７】

入力部２７から初期設定の開始要求が入力されると、制御回路３０は図２のステップ２ａで可変利得増幅回路３３の利得値を任意の値に設定したのち、ステップ２ｂで二次元走査駆動回路２２に対し駆動指示を与える。そうすると、二次元走査駆動回路２２から二次元走査機構１４に対し駆動信号が出力され、これにより試料１０に対しレーザ光の二次元走査が行なわれる。この二次元走査中に光検出器２０で検出された試料１０のアナログ画像信号は、可変利得増幅回路３３でレベル調整されたのちＡ／Ｄ変換器５１でディジタル化されて画像メモリ５２に一旦記憶される。そして、試料１０の１画面分の二次元画像が画像メモリ５２に記憶されると、この二次元画像は制御回路３０により画像メモリ５２から読み出されて図示しないＤ／Ａ変換器でアナログ信号に変換されたのち、ディスプレイ２６に供給されて表示される。

【００３８】

また、このときディスプレイ２６には、例えば図４に示すごとく二次元画像ＩＭに重ねて領域指定用の枠ＰＭが表示され、さらに制御情報ＣＭが表示される。

この制御情報ＣＭは、図５に示すごとく複数の領域の各々に対応して指定利得値を表示する欄を設け、また入力利得値の表示欄を設けたものである。

【００３９】

さて、この状態でオペレータが領域指定を行なうために、入力部２７の例えばカーソルを操作して枠ＰＭの移動操作を行なったとする。そうすると、制御回路３０はステップ２ｃでこの枠ＰＭの移動操作を検出し、ステップ２ｄで枠ＰＭの表示位置を移動させる。

【００４０】

例えば、いま試料１０がガラス面と鏡面とを有しており、その二次元画像が図４に示すご

とくディスプレイ２６に表示されたとする。この状態でオペレータは、先ず枠ＰＭの左上端Ｐ１を移動させてガラス面画像の左上端に合わせ、続いて枠ＰＭの右下端Ｐ２をガラス面画像の右下端に合わせて、エンタキーを押す。そうすると、制御回路３０はステップ２ｅからステップ２ｆに移行して、ここで上記枠ＰＭの左上端Ｐ１および右下端Ｐ２の座標値を第１の領域を表わす座標データとして制御回路３０の内部メモリに記憶する。以後同様に、オペレータは枠ＰＭの左上端Ｐ１および右下端Ｐ２をそれぞれ鏡面画像の左上端および右下端に合わせ、エンタキーを押す。そうすると、上記枠ＰＭの左上端Ｐ１および右下端Ｐ２の座標値が第２の領域を表わす座標データとして制御回路３０の内部メモリに記憶される。

【００４１】

なお、ＰＭ枠の大きさはユーザが任意に設定可能となっているので、領域の大きさに合わせて枠の大きさを変更することができる。

【００４２】

そうして、試料１０の二次元画像に対する領域指定が終了すると、オペレータは領域指定の終了操作を行なったのち次に利得指定操作を開始する。例えば、入力部２７の利得増加キーおよび利得減少キーを操作し、これにより先ず第１の領域についての利得値を入力する。そうすると制御回路３０は、ステップ２ｈで上記利得増加キーおよび利得減少キーの操作量を検出してステップ２ｉで利得値をディスプレイ２６の制御情報ＣＭに表示する。またそれとともに制御回路３０は、ステップ２ｊで上記表示中の利得値を可変利得増幅回路３３に設定し、ステップ２ｋにて二次元走査駆動回路２２に駆動指示を与える。このため、ディスプレイ２６には上記利得値に応じて信号レベルが可変制御された試料１０の二次元画像が表示される。このような動作は、上記利得増加キーおよび利得減少キーが操作されて利得値が更新されるごとに行なわれる。

【００４３】

以上の操作により第１の領域についての最適な利得値が決定され、この状態でオペレータがエンタキーを押したとする。そうすると、制御回路３０はステップ２ｌからステップ２ｍに移行してここで表示中の利得値データをディスプレイ２６の対応する欄に表示するとともに、内部メモリに格納する。以後同様にオペレータは第２の領域についても、入力部２７の利得増加キーおよび利得減少キーを操作して表示画像の輝度が最適となる利得値を選択し、エンタキーを押す。そうすると、その利得値データが制御回路３０の内部メモリに格納される。

【００４４】

そうして、すべての領域に対する利得値データの設定が終了し、オペレータが利得指定終了操作を行なうと、制御回路３０はステップ２ｏでカウンタユニット２４のＸカウンタおよびＹカウンタにそれぞれ上記領域座標データに応じたカウント値をセットし、さらにステップ２ｐで上記各領域に応じた利得値データをＣＰＵ３１に転送する。かくして測定用パラメータの初期設定が終了する。

【００４５】

さて、この状態でオペレータが測定開始操作を行なったとする。そうすると、制御回路３０は二次元走査駆動回路２２に対し二次元走査の駆動指示を与える。

このため、顕微鏡本体１においては試料１０に対する二次元走査が開始される。

この二次元走査中に光検出器２０で検出されたアナログ画像信号は、可変増幅回路３３で信号レベルが可変制御されたのちＡ／Ｄ変換器５１でディジタル信号に変換されて画像メモリ５２に一旦記憶される。

【００４６】

ところで、以上の二次元走査中に、カウンタユニット２４のＸカウンタおよびＹカウンタでは上記二次元走査の走査位置がカウントされている。そして走査位置がＸカウンタおよびＹカウンタに初期設定されたカウント値に達すると、ＸカウンタおよびＹカウンタからタイミング信号が発生されてＣＰＵ３１に供給される。ＣＰＵ３１は、上記タイミング信号が供給されると、二次元走査の位置が異なる領域に移行したものと判断して、記憶して

ある利得値データの中から対応する利得値データを読み出す。この利得値データは、Ｄ／Ａ変換器３２でアナログ値に変換されたのち可変利得増幅回路３３に設定される。すなわち、二次元走査の領域に応じて可変利得増幅回路３３の利得値が可変設定される。

【００４７】

例えば、いま図４に示すごとく設定領域がＸ方向に二等分されているものとする。この場合、Ｘカウンタにはガラス面に対応する第１の領域から鏡面に対応する第２の領域へ移る際の境界位置を表わすカウント値、つまり５１２画素の半値である「２５５」がセットされるとともに、第２の領域から第１の領域へ戻る際の終端位置である「５１２」がセットている。またＹ方向については領域変化がないので、Ｙカウンタには「５１２」のみがセットされている。一方ＣＰＵ３１には、上記第１の領域に対応付けてガラス面の反射率に対応した利得値「４」が設定され、また第２の領域に対応付けて鏡面の反射率に対応した利得値「１．５」が設定されている。

【００４８】

したがってこの場合、Ｘ方向への走査開始当初では可変利得増幅回路３３に利得値「４」が設定される。このため、ガラス面において得られたアナログ画像信号は、この利得値「４」に従ってレベル制御される。そして、Ｘ方向の走査位置がガラス面から鏡面の境界位置に達すると、Ｘカウンタのカウント値が「２５５」に達してタイミング信号が発生される。このため、ＣＰＵ３１からは利得値「１．５」が出力され、可変利得増幅回路３３にこの利得値「１．５」が設定される。したがって、以後鏡面において得られたアナログ画像信号は、この利得値「１．５」に従ってレベル制御される。

【００４９】

そして、Ｘ方向の走査位置が鏡面の終端部に達してガラス面の始端部に戻ると、この時点でＸカウンタのカウント値が「５１２」に達してタイミング信号が出力される。このため、ＣＰＵ３１からは利得値「４」が出力され、可変利得増幅回路３３の利得値はこの利得値「４」に変更される。したがって、以後ガラス面において得られたアナログ画像信号はこの利得値「４」に従ってレベル制御される。以後同様に、Ｘ方向への走査位置の移動に伴いＸカウンタからタイミング信号が出力されるごとに、ＣＰＵ３１から利得値「１．５」，「４」が交互に出力され、これにより可変利得増幅回路３３の利得値はその都度変更される。

【００５０】

したがって、ガラス面において得られたアナログ画像信号はこのガラス面にとって最適な利得値「４」に従ってレベル制御され、一方鏡面において得られたアナログ画像信号はこの鏡面にとって最適な利得値「１．５」に従ってレベル制御される。

【００５１】

以上のように本実施形態では、試料１０の表面測定に先立つ初期設定において、反射率の異なる複数の部位を有する試料１０の上記各部位に対し領域設定を行なって、これらの領域ごとに最適な利得値を設定してＣＰＵ３１に予め記憶しておき、二次元走査中にカウンタユニット２４で走査位置を監視し上記領域の境界位置に達した時点でタイミング信号を発生してＣＰＵ３１に供給し、このＣＰＵ３１から利得値を出力することにより可変利得増幅回路３３の利得値を変更するようにしている。

【００５２】

したがって本実施形態であれば、反射率の異なる複数の部位を有する試料１０の表面を二次元走査してその画像信号を得る場合に、画像信号は試料１０のどの部位においても常に最適な利得値により可変制御されることになる。このため、表面に反射率の異なる複数の部位が混在する試料１０を測定する場合でも、検出感度の劣化や測定情報の損失等の不具合を生じることなく、常に高品質の測定結果を得ることができる。

【００５３】

また本実施形態では、測定用パラメータの初期設定を行なう際に、制御回路３０の初期設定制御手段により、ディスプレイ２６に二次元走査画像に重ねて枠ＰＭを表示して、この枠ＰＭを移動操作することにより領域指定を行なうようにし、かつ利得増減キーの操作に

より最適利得値を選択して設定するようにしている。すなわち、制御回路３０の初期設定制御手段によりオペレータによる初期設定操作をバックアップしている。このため、オペレータは比較的簡単かつ短時間にしかも正確に領域指定および利得値の設定を行なうことができる。

【００５４】

（第２の実施形態）

本実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡は、第１の実施形態と同じシステム構成を有している。したがって、この共焦点走査型光学顕微鏡の各構成要素には第１の実施形態と同一符号を使用して説明する。

【００５５】

本実施形態は、ＣＰＵ３１及びカウンタユニット２４に初期設定する利得変更座標及び変更利得値を画素単位で設定できるようにした例である。以下、二次元走査のための初期値（利得変更座標及び変更利得値）を設定するまでの処理内容について具体的に説明する。

【００５６】

図１２及び図１３は本実施形態での初期設定動作の処理手順を示している。

【００５７】

（１）　二次元走査画像の各画素に対して基準となる基準利得値を設定する。これは二次元走査で得られた画像データ内の輝度分布を調べるための処理である。

可変利得増幅回路３３に設定可能な利得値のステップ数だけマスクテーブルを準備する。可変利得増幅回路３３の利得の可変範囲が１．０～１０．０で１ステップ当たり０．１の分解能であれば、１００個のマスクテーブルを用意する。マスクテーブルは、画像サイズと同じサイズを有しており、各画素の輝度値を論理値に変換できるものである。例えば、画像サイズが５１２×５１２×８ビットであるとすれば、５１２×５１２×１ビットのものを用意する。

【００５８】

まず、可変利得増幅回路３３に利得下限値（Ｇａ）を設定し（Ｓ１）、二次元走査駆動回路２２に駆動指令を送出する。この結果、レーザ光によって試料が二次元走査される（Ｓ２）。光検出器２０から出力される二次元走査画像の画像信号が可変利得増幅回路３３において利得下限値Ｇａで増幅され、Ａ／Ｄ変換器５１を介して画像メモリ５２に記憶される（Ｓ３）。以降、可変利得増幅回路３３の利得値を１ステップづつ上げていき（Ｓ５）、各利得値Ｇで増幅された二次元走査画像が画像メモリ５２に順次記憶される。

【００５９】

ここで、図１０に示すように試料１０がガラス面と鏡面とかなる場合、画像メモリ５２に記憶した各利得値での二次元走査画像は、図６（ａ）～図９（ａ）に示すような輝度分布となる。なお、利得値はＧａ＜Ｇｋ＜Ｇｌ＜Ｇｎの関係にある。各利得値で増幅された二次元走査画像に対して任意の輝度範囲を最適な輝度レベルとしている。この実施形態では装置のダイナミックレンジの４０～６０％の範囲を最適な輝度レベルとして設定する。

【００６０】

利得上限値Ｇｎでの二次元走査画像が画像メモリ５２に記憶されたならば（Ｓ４）、画像メモリ５２から利得下限値Ｇａで調整した二次元走査画像を取り込む（Ｓ６）。この取り込んだ二次元走査画像の各画素の輝度値と最適な輝度レベルとを比較し、画素の輝度値が最適輝度レベルの範囲内ならば１、範囲外ならば０を、利得下限値Ｇａに対して準備したマスクテーブルの該当画素に設定する。図６（ｂ）は、同図（ａ）の輝度分布を示す二次元走査画像に対応するマスクテーブルである。各利得値Ｇに対して準備したマスクテーブルに、同様にして、最適輝度レベルとの比較結果を示す論理値を設定する。

【００６１】

図６～図９の（ｂ）は、各図（ａ）に対して論理値の設定されたマスクテーブルを示している。図７に示すように、ある利得値Ｇｋの二次元走査画像では、試料１０の鏡面の部分が最適な輝度レベルになっているので、同図（ｂ）に示すマスクテーブル中の鏡面画像に対応する点は全て１になっている。また、図８に示すように、ある利得値Ｇｌの二次元走

査画像では、試料１０のガラス面の部分が最適な輝度レベルになっているので、同図（ｂ）に示すマスクテーブル中のガラス面画像に対応する点は全て１になっている。マスクテーブルに設定された論理値を見ることにより二次元走査画像を同一反射率の領域に分割することができる。本実施形態ではガラス面と鏡面の２つの領域に分割されるものとなる。

【００６２】

図１１は、画像データ上の任意の画素について利得値と輝度との関係を示している。最適な輝度レベルには範囲があるため、それに対応する利得値にも範囲が存在する。その利得値の範囲はマスクテーブルのある一点に着目したときの値が１となっている利得値の範囲に一致する。このことから、例えばガラス面画像に対するマスクテーブルの任意点について値が１となる範囲がＧｐ～Ｇｑ（Ｇｐ＜Ｇｑ）、同様に鏡面についてはＧｘ～Ｇｙ（Ｇｘ＜Ｇｙ）といった具合に、反射率の異なる領域（ガラス面と鏡面）毎に利得値の範囲を求めることができる。

【００６３】

上記した例では分かり易くするために、ガラス面と鏡面それぞれについて全ての点が一様に同じ利得値範囲を持つこととしたが、マスクテーブルが画像データの１画素毎に対応しているので、最小１画素単位で基準利得値を設定でき、同一試料面で複雑に利得値の範囲が異なっていても何等不都合はない。

【００６４】

このようにして求められた各分割領域について、利得値範囲から一つの値を基準利得値として決める（Ｓ９）。基準利得値の決め方は、範囲内の中間値、又は最大値、最小等とすることができる。各画素に対応した利得値の範囲から抽出可能な方法であれば、いずれの決め方であっても良い。

【００６５】

ここで、例えばガラス面に対する基準となる利得値をＧｐとＧｑの中間値であるＧｐｑとし、鏡面の基準となる利得値をＧｘとＧｙの中間値であるＧｘｙとする。又は、全マスクテーブルから各画素毎に利得値範囲を求めて、その中から各画素について基準利得値を求める。

【００６６】

（２）　二次元走査画像の各画素について求めた基準利得値から同一画像内における画素間において適正となる利得値（補正利得値）を求める。

【００６７】

すなわち、上記した（１）の処理で得られた基準利得値に基づいて各画素の利得調整を行うと、画像全体が均一な輝度に調整されるためガラス面と鏡面との境界が区別できなくなる。このような不都合を回避するため、（１）の処理で得られた基準利得値を、その基準利得値を決める元となった利得値範囲に対応した係数を掛けて変更する（Ｓ１０）。

【００６８】

具体的には、基準利得値が大きい画素（領域）の方が実際の輝度は小さい事に着目して、基準利得値が小さくなるのに応じて係数を大きくし、基準利得値が大きくなるのに応じて係数を小さくして、基準利得値に乗算する。図１０に示す試料であれば、ガラス面の基準利得値Ｇｐｑ、鏡面の基準利得値Ｇｘｙに対して、Ｇｐｑ＞Ｇｘｙ（ガラスの反射率＜鏡面の反射率）の大小関係となるので、ガラス面画像に対応する画素にはＧｐｑ×０．５（減少係数）を補正利得値として設定し、鏡面画像に対する画素にはＧｘｙ×１．５（増加係数）を補正利得値として設定する。ガラス面画像に対応する補正係数は４．０、鏡面画像に対する補正係数は１．５となる。以上により各画素に対する補正利得値が求められたことになる。

【００６９】

（３）　次にＸＹカウンタに利得変更位置の座標を登録すると共に、ＣＰＵに利得値を登録する。

【００７０】

すなわち、二次元走査画像に対応する先頭画素から順に補正利得値を読み込んで水平方向

に隣接する画素間で補正利得値を比較する（Ｓ１１）。ガラス面画像に対応する画素位置の補正利得値を比較しているときなどは画素間で相違が無いので１画素づつシフトして対象画素を切り換える（Ｓ１３）。

【００７１】

ガラス面と鏡面との境界になると両者の補正利得値が相違する。補正利得値に変化があれば（Ｓ１２）、該画素位置のデータが可変利得増幅回路３３を通過するとき利得値を変化させることとなるので、カウンタユニット２４に後画素の座標データをセットする（Ｓ１４）と共に、後画素の補正利得値をＣＰＵ３１へセットする（Ｓ１５）。

【００７２】

１ラインの画素について処理したならば（Ｓ１６）、現ラインの最終画素の補正利得値と次ラインの先頭画素の補正利得値とを比較して境界を検出する。全てのラインを終了することにより、カウンタユニット２４には利得値を変化させる座標データがセットされ、ＣＰＵ３１には利得値変化点での変更利得値がセットされたことになる。

【００７３】

以上のようにして初期設定が完了した後、前記第１の実施形態と同様にして二次元走査が行われ、二次元走査画像の画像信号が可変利得増幅回路３３を通過するときに上記設定に基づいて利得値が調整される。

【００７４】

このように本実施形態によれば、各利得で取得した画像データに対して画像データの各画素に対応したマスクテーブルを作成し、これらマスクテーブルを利用して各画素に対する基準利得値を求め、各基準利得値を利得値に応じて補正し、各基準利得値を隣接画素間で比較して基準利得値の変化点の座標をカウンタユニット２４にセットすると共に補正利得値をＣＰＵ３１にセットするようにしたので、二次元走査画像に対して画素単位で最適な利得値を可変利得増幅回路３３に設定することができる。

【００７５】

（第３の実施形態）

第３の実施形態は、段差を有しかつ各段ごとに反射率が異なる試料を被測定物とし、この試料が載置されたステージを昇降移動させることにより対物レンズに対する合焦状態を保ったうえで二次元走査を行なって試料の高さ情報を測定するに際し、予め上記試料に対しその段差に応じて高さ方向に領域指定を行なってこれらの領域ごとに最適な利得値を設定する。そして、上記二次元走査中に上記ステージの昇降高さ位置に応じた上記最適な利得値を可変利得増幅回路に設定し、これにより上記反射率によらず信号レベルが均一な画像情報を得るようにしたものである。

【００７６】

図１４は、本発明の第２の実施形態に係わる共焦点走査型光学顕微鏡のシステム構成を示す図である。なお、同図において前記図１と同一部分には同一符号を付して詳しい説明は省略する。

【００７７】

試料１０′の表面には例えば図４５に示すような段差が形成されている。そして、この段差により形成された２つの段のうち下段はガラス面により構成され、一方上段は鏡面となっている。

【００７８】

昇降駆動回路２１′は、制御回路３０′の駆動指示に従って図示しない昇降機構を駆動し、これによりステージ１１を対物レンズ１２の光軸方向（Ｚ方向）に一定量ずつステップ的に昇降移動させるものである。また昇降駆動回路２１′は、上記ステップ駆動中に１ステップごとにステップ信号を発生して、このステップ信号を画像処理ユニット２５′およびカウンタユニット２４′へそれぞれ出力する。

【００７９】

画像処理ユニット２５′は、二次元走査画像情報を記憶する第１の画像メモリ５２に加えて、第２の画像メモリ５３を備えている。この第２の画像メモリ５３は、上記昇降駆動回

路２１′から出力されたステップ信号の数をカウントするカウンタを有し、このカウンタによりカウントされたステップ数を上記試料１０′のＺ方向の高さを示す情報として記憶する。

【００８０】

カウンタユニット２４′は、Ｚ方向の移動量をカウントするＺカウンタを有している。このＺカウンタには、測定開始前に設定したＺ方向の移動領域を表わすカウント値が初期設定される。Ｚカウンタは、上記昇降駆動回路２１′から出力されたステップ信号をカウントし、上記初期設定したカウント値に達した時点でＣＰＵ３１′へタイミング信号を出力する。

【００８１】

ＣＰＵ３１′には、Ｚ方向の移動領域に対応付けて予め設定された利得値データが初期設定される。ＣＰＵ３１′は、上記Ｚカウンタから発生されるタイミング信号に同期して利得値データを出力する。この利得値データはＤ／Ａ変換器３２でアナログ信号に変換された後可変利得増幅器３３に供給される。

【００８２】

次に、以上のように構成された共焦点走査型光学顕微鏡の動作を、制御回路３０′の制御手順にしたがって説明する。図１５～図１７は上記制御回路３１′の制御手順および制御内容を示すフローチャートである。

【００８３】

測定に先立ち制御回路３０′は、オペレータによる測定用パラメータの初期設定操作を支援するための制御を行なう。

【００８４】

すなわち、入力部２７から初期設定の開始要求が入力されると、制御回路３０′は図１５のステップ７ａにおいて可変利得増幅回路３３の利得値を任意の値に設定したのち、ステップ７ｂで二次元走査駆動回路２２に対し駆動指示を与える。そうすると、二次元走査駆動回路２２から二次元走査機構１４に対し駆動信号が出力され、これにより試料１０′に対しレーザ光の二次元走査が行なわれる。

この二次元走査中に光検出器２０で検出されたアナログ画像信号は、可変利得増幅回路３３でレベル調整されたのちＡ／Ｄ変換器５１でディジタル化されて第１の画像メモリ５２に一旦記憶される。そして、試料１０′の１画面分の二次元画像が画像メモリ５２に記憶されると、この二次元画像は制御回路３０により画像メモリ５２から読み出されて図示しないＤ／Ａ変換器でアナログ信号に変換されたのち、ディスプレイ２６に供給され表示される。

【００８５】

またこのときディスプレイ２６には、制御情報ＣＭ′が表示される。この制御情報ＣＭ′は、図１８に示すごとくＺ方向の複数の設定領域の各々に対応して指定利得値を表示する欄およびステージの移動範囲を表示する欄をそれぞれ設け、さらに入力されたステージ移動量および入力された利得値を表示する欄を設けたものである。

【００８６】

上記二次元画像および制御情報ＣＭ′が表示された状態で、制御回路３０′はステップ７ｃ、７ｄ、７ｅおよび７ｆにおいて、それぞれステージ昇降操作、利得設定操作、ステージ位置設定操作、および初期設定の終了操作を繰り返し監視する。

【００８７】

さて、この状態でオペレータが、試料１０′の各段に対する対物レンズ１２の焦点を合わせるために、入力部２７の昇降キーによりステージ１１の昇降移動操作を行なったとする。そうすると制御回路３０′は、図１６のステップ８ａにおいて、上記昇降キーの操作量および昇降の方向に応じて昇降駆動回路２１′に対し駆動指示を与える。このため、昇降駆動回路２１′から昇降機構に対し駆動信号が出力され、これによりステージ１１が上方または下方へステップ移動する。

また、ステップ８ｂにおいてこのステージの移動位置がディスプレイ２６に表示される。

このステージの昇降駆動が行なわれると、制御回路３０′はステップ７ｂに戻って顕微鏡本体１に二次元走査を行なわせる。この二次元走査により得られた試料１０′の画像はディスプレイ２６に表示される。

【００８８】

したがってオペレータは、ディスプレイ２６に表示される試料１０′の二次元走査画像を見ながら昇降キーを操作することで、試料１０′の各段に対する対物レンズ１２の焦点を合わせることができる。

【００８９】

この焦点調整の終了後にオペレータが利得増減キーを操作したとする。そうすると制御回路３０′は、図１７のステップ９ａにおいて上記利得増減キーの操作量に応じた利得値をディスプレイ２６の制御情報ＣＭ′に表示する。また、上記利得値をＣＰＵ３１′を介して可変利得増幅回路３３に設定する。また上記利得の入力操作が行なわれるごとに制御回路３０′は、ステップ７ｂに戻ってここで顕微鏡本体１に二次元走査を行なわせる。このため、ディスプレイ２６には、試料１０′の各段のうち対物レンズ１２の焦点が合った段において得られた二次元走査画像が、可変利得増幅回路３３において上記利得値に従ってレベル調整されたのち表示される。そして、オペレータがエンタキーを押すと、現在表示中の利得値が上記対物レンズ１２の焦点が合った段における最適利得値として制御回路３０′の内部メモリに格納される。

【００９０】

すなわち、オペレータはディスプレイ２６に表示される二次元走査画像を見ながら利得増減キーを走査することにより、試料１０′の上記焦点があった段において最適な利得値を設定することができる。

【００９１】

また、この最適な利得値の設定が終了するとオペレータは、続いて上記最適な利得値の設定を行なった各段に対するＺ方向の領域設定を行なう。例えばいま図１９に示すごとく、上段（鏡面）および下段（ガラス面）を有する試料１０′に対しＺ方向の領域設定を行なうとすれば、先ずステージ１１を初期位置「２００」から上方へ上昇させ、上記鏡面を通過してこの鏡面と下段のガラス面との間の任意の位置「４００」で停止させる。そして、このときの移動範囲「２００」～「４００」を第１の領域として設定する。次に、上記「４００」の位置からステージ１１をさらに上昇させ、上記ガラス面を通過したのち任意の位置「４５０」で停止させる。そして、このときの移動範囲「４００」～「４５０」を第２領域として設定する。

【００９２】

このようにして設定されたＺ方向の領域情報は、ステップ７ｇにおいて、先に設定した最適な利得値に対応付けられて制御回路３０′の内部メモリに格納される。また、上記Ｚ方向の領域情報はディスプレイ２６の制御情報ＣＭ′に表示される。

【００９３】

そうして利得値および領域の初期設定が終了し、オペレータが初期設定終了操作を行なうと、制御回路３０′はステップ７ｆからステップ７ｈに移行してここでカウンタユニット２４′のＺカウンタに上記設定領域に対応するカウント値をセットし、さらにステップ７ｉで各領域ごとの最適な利得値データをＣＰＵ３１′に転送する。かくして測定用パラメータの初期設定が終了する。

【００９４】

さて、この状態でオペレータが測定開始操作を行なったとする。そうすると、制御回路３０′は先ず昇降駆動回路２１′を駆動してステージ１１を第１の領域の開始位置「２００」に設定する。またこのときＣＰＵ３１′からは、上記第１の領域に対応する最適利得値データ、つまり鏡面に対し最適な利得値データ「１．５」が出力されて可変利得増幅回路３３に与えられる。

【００９５】

次に制御回路３０′は、この状態からステージ１１を１ステップずつ上昇移動させる。ま

た、ステージ１１を１ステップ上昇させるごとに二次元走査駆動回路２２に駆動指示を与え、これにより試料１０′の二次元走査画像を得る。この二次元走査画像は、画像メモリ５２に一旦記憶されたのちディスプレイ２６に表示される。したがって、このときディスプレイ２６には、ステージ１１が１ステップ上昇するごとに顕微鏡本体１で得られた試料１０′の二次元走査画像が、可変利得増幅器３３において利得値「１．５」に従って可変制御されたのち次々と表示される。

【００９６】

そうしてステージ１１が第１の領域の終了位置に達すると、カウンタユニット２４′のＺカウンタのカウント値が「４００」となってこれによりタイミング信号が発生される。そうすると、このタイミング信号に同期してＣＰＵ３１′から、それまでの利得値データ「１．５」に代わって第２の領域に対応する最適利得値データ「４」が出力され、この利得値が可変利得増幅回路３３に設定される。

そして制御回路３０′は、以後もステージ１１を１ステップ上昇させるごとに二次元走査を行なわせる制御を続ける。したがって、このときディスプレイ２６には、ステージ１１が１ステップ上昇するごとに顕微鏡本体１で得られた試料１０′の二次元走査画像が、可変利得増幅器３３において利得値「４」に従って可変制御されたのち次々と表示される。

【００９７】

そして、ステージ１１が第２の領域の最終位置「４５０」に達すると、制御回路３０′は測定制御を終了して待機状態に復帰する。

【００９８】

以上のように本実施形態では、測定に先立ち、試料１０′の各段に対応してステージ１１の昇降方向（Ｚ方向）に複数の領域を設定するとともに、これらの領域に対応付けて各段の反射率に適した最適利得値を設定して記憶しておく。そして、この状態でステージ１１を１ステップ上昇させるごとに試料１０′に対し二次元走査を行ない、その動作中にステージ１１の位置に応じて可変利得増幅回路３３の利得値を可変設定するようにしている。

【００９９】

したがって本実施形態によれば、可変利得増幅器３３の利得値がステージのＺ方向の領域に応じて自動的に切り替えられる。このため、反射率の異なる段差を有する試料１０′に対しても、そのすべての面について最適な信号レベルの二次元画像を得ることができる。

【０１００】

（第４の実施形態）

本実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡は、第３の実施形態と同じシステム構成を有している。したがって、この共焦点走査型光学顕微鏡の各構成要素には第３の実施形態と同一符号を使用して説明する。

【０１０１】

本実施形態は、光軸方向の移動画像構築（エクステンド画像）時に、段差を有する試料１０′の高さ範囲と各高さに対応した最適な利得値とを自動的に初期設定できるようにした例である。以下、二次元走査のための初期値（高さ範囲及び変更利得値）を設定するまでの処理内容について具体的に説明する。

【０１０２】

図２０は本実施形態での高さ範囲の初期設定動作の処理手順を示している。

【０１０３】

（１）光軸方向における試料１０′の各領域（ガラス面、鏡面）を検出する。

【０１０４】

まず、ステージ１１を上限位置まで移動させるように昇降駆動回路２１′に指令を出す（Ｓ１）。光軸方向へ走査する場合、下限位置から上方へ向けて走査しても良いが、試料と対物レンズとの衝突を確実に避けるためには上限位置から開始するのが望ましい。

【０１０５】

次に、可変利得増幅回路３３の利得値を利得最大値に設定した後（Ｓ２）、レーザ光で試料１０′の表面を二次元走査するように二次元走査駆動回路２２に指令を出し、その走査

期間中に光検出器２０から出力されるアナログ画像信号を可変利得増幅回路３３を通して利得変化させてから画像メモリ５２に格納する（Ｓ３）。

【０１０６】

ここで、ステップＳ２において、可変利得増幅回路３３の利得値を最大値に設定したのは、利得最大値でも検出できないものは存在しないこととするためである。

【０１０７】

ステップＳ４では、現在のステージ位置（ステージ上限）で試料１０′の高さ位置（ガラス面又は鏡面）に対物レンズ１２の焦点が来ているか否か判断する。具体的には、本システムにおいて任意の輝度レベル（図２１に斜線示す領域）を設定しておき、ステップＳ３で取り込んだ二次元走査画像の輝度分布から上記斜線領域に含まれる画素数が所定数以上存在すれば「現在の高さ位置に試料がある」と判断する。試料表面（ガラス面又は鏡面）に対物レンズ１２の焦点が一致しているときの輝度分布に図２１の斜線領域が一致するように設定しておく。段差試料の場合、ある領域に焦点があっていても高さの相違する他の領域には焦点が合わないことになるので、図２１に示すように画素数しきい値を設定して、一部の領域で焦点が合っている領域があれば「現在の高さ位置に試料がある」と判断するようにしている。

【０１０８】

ステップＳ５では、「現在の高さ位置に試料がある」と判断したときは、マスクテーブルに「１」を登録し、「現在の高さ位置に試料がない」と判断したときは「０」を登録する。

【０１０９】

図２２（ａ）（ｂ）には、マスクテーブルと段差試料１０′との対応関係を示している。マスクテーブルは、１ビット幅でステージ１１の上限から下限にかけてのステップ数に応じた長さを有している。ステージ１１が上限のときの判断結果はマスクテーブルの最上位アドレスに登録される。ここでは、ステージ１１が上限のときは試料１０′のいずれの部分も対物レンズ１２の焦点位置にないのでマスクテーブルの最上位アドレスに「０」をセットする。

【０１１０】

以上の処理を、ステージ１１を１ステップづつ下げながらステージ１１が下限に達するまで繰り返し実行する。その結果、図２２に示すようにマスクテーブルにはステージ１１と対物レンズ１２との相対位値が試料１０′の各高さ位置（ガラス面、鏡面）に一致する各領域で「１」がセットされることになる。

【０１１１】

（２）　（１）の処理で検出した各高さ位置でのエクステンド画像に対する最適な利得値を検出する。

【０１１２】

図２３に示すフローチャートに基づいてエクステンド画像に対するサチレーションをチェックして最適な利得値を設定する。すなわち、マスクテーブルを参照してステージ１１を最も上限よりで「１」が設定された高さ位置に移動する（Ｔ１）。これにより、段差試料１０′の鏡面に焦点が合った状態となる。可変利得増幅回路３３の利得値を最大利得に設定した後（Ｔ２）、二次元走査駆動回路２２に指令を与えて二次元走査画像を取り込む（Ｔ３）。ここで、初期のレベルを最大値とすることにより、適正レベルに足りない状態を避けることができる。この取り込んだ二次元走査画像の輝度値をチェックし（Ｔ４）、所定数以上の画素が飽和していれば可変利得増幅回路３３の利得値を１ステップダウンする（Ｔ５）。このようにして、二次元走査画像がサチレーションしなくなるまで１ステップ単位で利得値を下げていき、サチレーションしなくなった利得値を当該高さ位置での最適な利得値としてＣＰＵ３１に登録する（Ｔ６）。

【０１１３】

また、同様の処理を段差試料１０′の段差面の全てについて実行し、マスクテーブルの「１」の領域（各高さ位置）について最適な利得値を検出してＣＰＵ３１に登録する。以上

の処理によりステージ領域２００～４００では利得値１．５を設定でき、ステージ領域４００～４５０では利得値４を設定できる。

【０１１４】

（３）　段差試料１０′の各高さ位置について（２）の処理で検出した最適な各利得値に、第２の実施形態と同様にして、利得値に応じた係数をかけて補正した補正利得値を求める。

【０１１５】

以上の処理により、段差のある試料１０′に対して各高さ位置に合わせたステージ位置と各高さ位置での利得値とを初期設定できたことになる。

【０１１６】

このように本実施形態によれば、ステージ１１を上限から下限にかけて１ステップづつ下げながら二次元走査画像を取り込み、各二次元走査画像で所定の輝度範囲に含まれる画素数を検査することにより、対物レンズ１２の焦点と段差試料の各面とが一致するステージ位置を検出することができる。また、各高さ位置に対してサチレーションチェックを行うようにしたので各高さ位置に対する最適な利得値を求めることができる。

【０１１７】

（第５の実施形態）

本実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡は、第３の実施形態と同じシステム構成を有している。したがって、この共焦点走査型光学顕微鏡の各構成要素には第３の実施形態と同一符号を使用して説明する。

【０１１８】

本実施形態は、高さと反射率が異なる領域を持つ試料の各高さ位置を正確に測定できるようにした例である。本実施形態では、反射率に応じた高さ方向（Ｚ方向）の領域の設定と、設定された各領域での可変利得値の設定を、一度取り込んだ合焦観測画像と表面形状情報よりソフトウエア処理する。ここで、合焦観測画像とは、全ての高さに焦点の合った画像のことである。また表面形状情報とは合焦観測画像と一緒に取り込まれる試料の高さ方向の形状情報である。

【０１１９】

以下、図２４に示すようなガラス面上に段差のある鏡面Ａ，Ｃ及びガラス面Ｂがある試料を例に説明する。

【０１２０】

この試料をガラス面の反射を検出可能な適当な可変利得値で合焦観測画像と表面形状情報の取り込を行うと、図２５に示す断面位置上での合焦観測画像の断面図は図２７に示す様な検出信号レベルとなる。鏡面Ａと鏡面Ｃに対応する画像が飽和状態になり、適正レベルを越えて飽和レベルに達してしまう。ステージを下から上に上げながら、つまり試料の上部から下方に向けて走査して表面形状情報を取り込むとする。検出信号レベルが飽和状態になった領域では最初に飽和状態となったＺ位置を高さ情報として記録する。この方式で表面形状情報を取得すれば、図２６に示す様に鏡面Ａ，Ｂの高さが飽和状態の影響により実際の高さよりも若干高めに測定されてしまう。

【０１２１】

このような不都合を回避する必要がある。以下に、合焦観測画像と表面形状情報を元に正しい表面形状情報を得るための高さ方向の領域の設定及び各高さ領域に対する適切な可変利得値設定の手順を説明する。

【０１２２】

先ずは、１ライン上での情報に限定して説明する。

【０１２３】

基本的な考え方としては、検出信号レベルが飽和している領域が存在する高さ領域では、検出信号レベルが適正なレベルになるまで可変利得値を下げれるようにする。図２７の合焦観測画像のＸ走査ラインにおいては、鏡面Ａ，鏡面Ｃの領域において検出信号レベルが飽和している。そこで、鏡面Ａ領域，鏡面Ｃ領域の高さはどうなっているかというと、図

２６の表面形状情報の断面図より鏡面Ａ領域の高さが表面高さＡであり、水平方向領域Ｃの高さが表面高さＣとなっていることがわかる。もちろん表面高さＡ，Ｃには検出信号レベルが飽和していることによる誤差があり、実際の高さは若干下にあることになる。したがって、結果としては、高さ方向の領域の設定は表面高さＡ，Ｃを可変利得値を適切な値に下げた値にして、それ以外の高さを範囲を可変利得値を変更しない領域とすればよいわけである。

【０１２４】

先ず、試料の上から順に各領域の高さを探す。最初に可変利得値を下げる必要がある表面高さＡが検出され、次にあらわれるのが可変利得値を変更しない表面高さＢである。図２８に示すように、上端から表面高さＡと表面高さＢとの中間迄を第１の領域として可変利得値を低くする設定にする。次に現れるのが可変利得値を下げる必要ある表面高さＣである。そこで、第１の領域の下端より表面高さＢと表面高さＣの中間までを第２の領域として、可変利得値は変更しない領域として設定する。最後に現れるのが最も低いガラス面であり、第２の領域の下端から表面高さＣとガラス面との中間までを第３の領域として、可変利得値を下げる領域とする。第３の領域の下端から、ガラス表面の範囲を第４の領域として可変利得値を変更しない領域として設定する。

【０１２５】

以上、説明を簡明化するためにライン上のデータに限定して説明したが、実際のデータは面データであり、ＸＹ方向に広がりを持った合焦観測画像や表面形状情報より可変利得値を設定する範囲や最適な利得値を設定する必要がある。そこで、考え方を面に拡張して説明する。

【０１２６】

図２９は、反射率と高さの異なる領域を複数有する試料を示している。同図に示す試料は、面領域Ａ、Ｂ，Ｃの反射率が高く、その他の領域の反射率は低いものとする。また各領域は異なる高さとなっており、反射率も微妙に異なるものとする。各領域内の高さも一定ではなくある程度の範囲を持つものする。また、各面領域の高さは高い順にＡ，Ｂ，Ｄ，Ｃ，Ｅとなっているものとする。

【０１２７】

このような試料を対象とした高さ範囲の測定及び利得値の設定の手順を、図３１のフローチャートを参照して説明する。

【０１２８】

まず、ステップＳ１において、反射率の低い領域を検出可能な適当な利得値で合焦観測画像と表面形状情報を得る。合焦観測画像と表面形状情報を得る手順は前述した第３の実施形態と同様であるので、ここでは説明を省略する。

【０１２９】

この得られた合焦観測画像上では反射率の高い面領域Ａ，Ｂ，Ｃで飽和状態に達している。そこで、飽和状態になっている領域を抽出するためにステップＳ２において合焦観測画像を検出信号レベルが飽和状態になっている領域の値を１、それ以外の領域の値を０として２値化する。

【０１３０】

次に、ステップＳ３における領域認識の処理において、飽和状態になっている領域をより明確に認識できるようにするために値が１になっている部分のラベリングを行う。ラベリングの方法は、画像処理の手法として一般化されている。本実施形態では、図３３に示す線分法と呼ばれる方法を採用している。この方法は、つながっている領域に数字のラベルを付与していき、最終的に連結状態にあるすべての領域のラベルが同じものになるように演算を施す。そして、つながっている領域を認識して、領域単位で処理を施せるようにするものである。図３３の斜線部は２値化状態の値がｌとなっている領域である。図３３（ａ）に示す２値化データの斜線部の横の連結状態を調べ、つながりの単位で数字のラベルをつけてゆく。次に、縦方向のつながりを調べ、連結状態がある場合はラベルの数値がもっとも小さいラベルで置き換えてゆく。この処理を一回施した結果が図３３（ｂ）に示さ

れている。縦方向の連結状態を調べて、ラベルを付け替える処理を何回か繰り返すことにより、連結している領域に一つのラベルが割り当てられる様になり、同図（ｃ）に示す様な結果が得られる。本実施形態では線分法を説明したが、これ以外のラベリング手法も採用できる。

【０１３１】

次に、ステップＳ４における微小領域削除、穴埋めの処理において、ノイズ等の影響による小さな領域を削除したり、値１の領域に囲まれた値０の領域を穴埋めする。例えば、図３３（ｃ）のラベル１の領域中の値０の領域を値１に置き換えたり、ラベル１６の領域を値０とみなして存在しないものとする。どの程度の微小領域を削除、穴埋めの対象とするかは装置性能より適切な値を設定する。

【０１３２】

次にステップＳ５では、各領域の高さ範囲を認識する処理を実行する。これは検出信号レベルが飽和している領域と非飽和の領域とに分けて高さの分布状況を調べる。その結果は、横軸に高さ（Ｚ位置）、縦軸に度数分布をとれば図３０に示す分布データとして表される。図３０に示す分布データにおいて、斜線領域が飽和状態の分布領域であり、白抜き領域が非飽和状態領域の分布領域である。図３０に示す分布データに基づいて可変利得値を個別に設定すべき小範囲となる領域を設定する。

【０１３３】

図３２に示すフローチャートを参照して領域に対する利得値の設定手順について説明する。

【０１３４】

先ず、ステップＴ１の処理において、高さ方向の領域の番号を示すインデックスｉに１を設定して、第１領域にＸＹ走査の上限であるＺ位置を設定する。次に、図３０の分布データにおけるＺ軸上を下方向にシフトしながら次に出現する分布領域の右端を検索する（ステップＴ２）。図３０の分布データの場合、面領域Ａ，Ｂの分布の右端が検出されることになる。

【０１３５】

ステップＴ３の処理において、上記検出された分布領域が飽和領域であるか又は非飽和領域であるかを調べ、その結果を領域区分として記憶しておく。（ステップＴ４，ステップＴ５）ステップＴ６においてさらにＺ軸の下方向に調べてゆき分布領域の左端を検索する。図３０に示す分布データの場合、面領域Ａ，Ｂの分布領域の左端が検出される。ステップＴ８でさらにＺ軸の下方向に調べ、次の分布領域の右端を検索する。図３０に示す分布データの場合、一番右にある非飽和領域の右端が検出される。ステップＴ１０においては、ステップＴ６，ステップＴ８で得られた分布の左端と次の分布領域の右端を使い、その中間値を第１領域の下限位置として設定する。ステップＴ６，ステップＴ８の後には高さ方向の検索位置がＸＹ走査の下限位置に達しているかどうかのチェックを必ず行い（ステップＴ７，ステップＴ９）、下限に達している場合はＸＹ走査の下限値を第１領域の下限値として設定して処理を終了する。

【０１３６】

下限でない場合は、ステップＴ１２にて第１領域の下限値を第（ｉ＋１）領域の上限値として設定して、領域インデックスを（ｉ＋１）にして再度ステップＴ３以降を繰り返す。この処理により、図３０に示す分布データの場合、第１から第４迄の領域が設定され、第１領域、第３領域において飽和状態を示す領域区分が設定される。

【０１３７】

再度、図３１のフローチャートの説明に戻る。

【０１３８】

ステップＳ５で得られた高さ方向の領域設定範囲と、飽和、非飽和を示す領域区分とにより、ステップＳ６では各領域の可変利得値を設定する。図３０に示す分布データの場合では、第１領域、第３領域で可変利得値を所定の割合だけ下げた可変利得値が設定される。可変利得値を下げる所定の割合は装置性能に応じて適当に定める必要があるが、下げる割

合が大きすぎると１回の処理で飽和していた領域の検出レベルが適正レベルを大きく下回ることになり、小さすぎると繰り返し回数が増え、適切な設定になるまでの時間がかかることになる。

【０１３９】

再度ステップＳ８において、合焦観測画像と表面形状情報の取り込を行う。ここで用いる可変利得値はステップＳ２からステップＳ６で求めた高さ方向の各領域毎に設定した可変利得値を利用するものとする。ステップＳ９において飽和領域が残っているか否かのチェックを行う。まだ飽和領域が残っている場合は、再度ステップＳ２に戻り、以降の処理を同様に繰り返す。

【０１４０】

以上により反射率が異なる領域を持つ試料の高さを正しく測定するための、高さ方向の領域と可変利得値の設定が可能にとなる。

【０１４１】

本実施形態では、鏡面部が上にあり反射率の低い面が下にある試料を例にしたが、鏡面部が下にあり、反射率の低い部分が上にある試料でも同様の効果得られる。さらに複雑な形状として、同じ高さに高反射率部と低反射率部が存在する様な試料の場合、図３０に示す飽和状態の斜線部の分布領域と非飽和状態の白抜き部の分布領域が重なることになる。このような場合は、第１の実施形態に示すＸＹ平面方向の特定領域で可変利得値を設定するようにすればよい。また本実施形態を適用して取り込んだ合焦観測画像は輝度が近接したコントラストの低い画像となる可能性があるが、各領域の範囲、可変利得値の設定を使いディスプレイ２７に表示するときに適当な輝度をつけるようにすればよい。

【０１４２】

（第６の実施形態）

図３４は本実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡のシステム構成を示す図である。第１の実施形態と同一機能を有する部分には同一符号を付している。

【０１４３】

本実施形態は、第１の実施形態として説明した共焦点走査型光学顕微鏡に、レーザーの出力を制御する機能と、レーザーの光量を調節する機能とを追加し、可変利得増幅回路を２つの機能に分割している。

【０１４４】

レーザ光源１５とハーフミラー１７との間の光路上にＮＤフィルター１０１を配置している。ＮＤフィルター１０１は、図３５に示すように円盤状をなしており光の透過率が周方向に沿って連続的に変化している。ＮＤフィルター１０１の中心軸にモータ１０２の回転軸を連結している。モータ１０２の駆動を制御するＮＤモータ駆動回路１０３にＣＰＵ３０から透過率指令を与えることにより光路上に配置すべきＮＤフィルター１０１の領域を調節する。

【０１４５】

光検出器１２から出力されるアナログ画像信号の利得調整を行っていたアナログ調整回路２３の内部にオフセット切換回路１０５と、ゲイン切換回路１０４とが直列に配置されている。オフセット切換回路１０５及びゲイン切換回路１０４は、それぞれＣＰＵ３１からＤ／Ａ変換器３２Ａ，３２Ｂを介してオフセット、ゲインが可変設定できる。ゲイン切換回路１０４は、図３６に示すようにアナログ画像信号の信号レベルを増幅するものであり、オフセット切換回路１０５は、図３７に示すようにアナログ画像信号の信号レベルをプラス方向またはマイナス方向へシフトするものである。

【０１４６】

レーザー光源１５から出力されるレーザーの出力を制御するためにレーザー出力調整ユニット１０６を備えている。レーザー出力調整ユニット１０６は、制御回路３０からの指令によりレーザー出力を調整するものである。

【０１４７】

以上のように構成された本実施形態での利得値の初期設定は次のような手順に従って行う

。
【０１４８】
まず、二次元走査画像に対する領域指定は第１の実施形態と同様に行う。図４０に示す設定画面を利用して、二次元走査画像に対する各指定領域での利得値の設定を行う。各々の指定領域に対応して制御情報が表示される。制御情報は利得値データを含んでおり、利得値データはレーザ出力値、ＮＤフィルター値、ゲイン値、オフセット値から構成される。オペレータが入力部２７からこれらのパラメータを入力することにより制御回路３１のメモリに記憶される。
【０１４９】
ここで、より良い画像を得るためには、レーザー出力値、ＮＤフィルター値を一定の値（レーザー出力は最大値、ＮＤフィルターは透過率最大値）に固定したまま、ゲインとオフセットの値で調整する。例えば、図３８（ａ）（ｂ）に示すようにゲインを上げるだけではＭａｘを越えてしまって得ることのできない増幅信号であっても、図３９（ａ）～（ｃ）に示すようにオフセットを引いてから、ゲインを上げることによって適正信号レベレでのアナログ画像信号を得ることができる。
【０１５０】
ゲイン及びオフセットの調節だけでは適正な画像が得られない領域が存在する場合がある。例えば、ゲイン値及びオフセット値を最小にしてもサチレーションを起こしてしまうような反射率の非常に高い試料の場合である。
【０１５１】
このような場合には、レーザー出力値またはＮＤフィルター値を調整することにより適正な画像を得るようにする。すなわち、図４０に設定画面を表示してレーザー出力値、ＮＤフィルター値の設定をやり直す。ＣＰＵ３１は、設定されたレーザー出力値となるようにレーザ出力調整ユニット１０６に指令を送出すると共に、設定されたＮＤフィルター値の部分が光路上に配置されるようにＮＤモータ駆動回路１０３に指令を送出する。
【０１５２】
また、ゲイン、オフセット値を一定値に固定して、レーザ出力とＮＤフィルターの透過率の調整だけで画質の調整をおこなうこともできる。
【０１５３】
このように本実施形態によれば、レーザ出力値、ＮＤフィルター値、ゲイン値、オフセット値を任意に組み合わせてアナログ画像信号の調節を行うことができ、ゲイン値の調整だけでは測定が不可能であった試料についても高品質の画像データを取得することができる。
【０１５４】
なお、上記第６の実施形態では、図４０に示す設定画面を利用することにより二次元走査画面を複数の領域に分割しているが、図４１に示す設定画面を利用することにより、ステージ範囲を指定して高さ方向に対して複数の領域を設定し、各領域毎にレーザ出力値、ＮＤフィルター値、ゲイン値、オフセット値を入力して第６の実施形態と同様に各パラメータを初期設定するようにしても良い。
【０１５５】
なお、本発明は上記各実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では試料のＺ方向の移動をステージ１１の昇降により行なったが、対物レンズ１２側を上下移動させることにより行なってもよい。またステージ１１および対物レンズ１２の双方を同時に上下移動させることにより行なってもよい。
【０１５６】
その他、制御回路による初期設定制御手順およびその制御内容や、測定制御手順およびその制御内容、顕微鏡本体の構成、制御処理部の構成などについても、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。
【０１５７】
以上、本発明を実施形態に基づいて説明したが、本発明は以下の発明を含む。（１）試料

に対し集束光を照射する対物光学系と、前記集束光と前記試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、前記対物光学系の焦点位置と前記試料の位置とを相対的に光軸方向へ移動走査する光軸走査手段と、前記集束光の前記試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された検出信号の信号レベルを可変する可変利得形レベル可変手段とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡を使用して前記試料の表面測定を行なうに際し、
反射率の低い領域を検出可能な利得値で合焦観測画像と表面形状情報を得る工程と、
得られた合焦観測画像上で飽和状態になっている領域を抽出する工程と、
合焦観測画像上で飽和状態になっている領域の値を１、それ以外の領域の値を０として２値化し、その２値化データに基づいて飽和領域と非飽和領域を認識する工程と、
領域認識した画像上においてノイズ等の影響による小さな領域を削除し、値１の領域に囲まれた値０の領域を穴埋めする工程と、
合焦観測画像の画素輝度レベルが飽和している領域と非飽和の領域とに分けて高さの分布状況を調べ高さ領域を設定する工程と、
高さ方向の領域設定範囲と、飽和、非飽和を示す領域区分とにより、各領域の可変利得値を設定する工程とを具備する。

【０１５８】

本発明によれば、反射率及び高さの異なる領域を持つ試料について各高さを正しく測定することができ、高さ方向の領域と各領域に対する利得値を自動的に設定することができる。

【０１５９】

（２）　試料に対し集束光を照射する対物光学系と、前記集束光と前記試料とを相対的に二次元方向へ移動走査する二次元走査手段と、前記対物光学系の焦点位置と前記試料の位置とを相対的に光軸方向へ移動走査する光軸走査手段と、前記集束光の前記試料による反射光を受光してその受光強度に応じた検出信号を出力する光検出手段と、この光検出手段から出力された検出信号の信号レベルに影響を与えるレーザ出力調整ユニット、ＮＤフィルター、オフセット切換え回路、ゲイン切換え回路の任意の組み合わせからなるレベル可変手段とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡において、
前記試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数の範囲に分割してこれら分割範囲ごとに予め設定されたレーザ出力値、ＮＤフィルター値、ゲイン値、オフセット値の任意の組み合わせからなる利得情報を記憶した利得情報記憶手段と、
前記二次元走査手段および前記光軸走査手段のうちの少なくとも一方による走査動作に応じて、走査中の分割範囲に対応する利得情報を前記利得情報記憶手段から読み出して、この利得情報に応じて前記レベル可変手段のレーザ出力値、ＮＤフィルター値、ゲイン値、オフセット値を可変制御する利得制御手段とを具備してなる。

【０１６０】

本発明によれば、レーザ出力値、ＮＤフィルター値、ゲイン値、オフセット値を組み合わせてアナログ画像信号の調節を行うことができ、ゲイン値の調整だけでは測定が不可能であった試料についても高品質の画像データを取得することができる。

【０１６１】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明では、試料に対し集束光を照射してその反射光を光検出手段で検出し、その検出信号の信号レベルを可変利得形のレベル可変手段により可変するようにした共焦点走査型光学顕微鏡において、
上記試料の測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数の小範囲に分割してこれらの小範囲ごとに予め設定された利得情報を記憶した利得情報記憶手段と、利得制御手段とを備えている。そして、上記利得制御手段により、二次元走査手段および光軸走査手段のうちの少なくとも一方による走査動作に応じて、走査中の小範囲に対応する利得情報を上記利得情報記憶手段から読み出し、この利得情報に応じて上記可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御するようにしている。

【０１６２】
また本発明の測定方法は、試料に対し集束光を照射してその反射光を光検出手段で検出し、その検出信号の信号レベルを可変利得形のレベル可変手段により可変するようにした共焦点走査型光学顕微鏡を使用して上記試料の表面測定を行なうに際し、
試料ごとにその測定対象範囲を当該試料の反射率に応じて複数の小範囲に分割して、この分割された複数の小範囲ごとに上記可変利得形レベル可変手段の利得を制御するための利得情報を設定して記憶し、しかるのち二次元走査手段および光軸走査手段のうちの少なくとも一方による走査動作に応じて、上記記憶された利得情報の中から走査中の小範囲に対応する利得情報を選択して上記可変利得形レベル可変手段の利得を可変制御するようにしている。

【０１６３】
したがって本発明によれば、試料の測定対象面に反射率の異なる部位が存在する場合でも、この反射率の相違の影響を受けずに常に正確な測定を行なうことができる共焦点走査型光学顕微鏡およびこの顕微鏡を使用した測定方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡のシステム構成図である。

【図２】図１に示した制御回路による初期設定制御の制御手順および制御内容の前半部分を示すフローチャートである。

【図３】図１に示した制御回路による初期設定制御の制御手順および制御内容の後半部分を示すフローチャートである。

【図４】図１に示したシステムにおけるディスプレイへの表示例を示す図である。

【図５】制御情報の表示内容の一例を示す図である。

【図６】下限利得値Ｇａでの二次元走査画像の輝度分布及びそれに対応したマスクテーブルの具体例を示す図である。

【図７】鏡面に合った利得値Ｇｋでの二次元走査画像の輝度分布及びそれに対応したマスクテーブルの具体例を示す図である。

【図８】ガラス面に合った利得値Ｇｌでの二次元走査画像の輝度分布及びそれに対応したマスクテーブルの具体例を示す図である。

【図９】上限利得値Ｇｎでの二次元走査画像の輝度分布及びそれに対応したマスクテーブルの具体例を示す図である。

【図１０】第２の実施形態で測定対象とした試料の平面図である。

【図１１】ある画素について輝度と利得値との関係を示す図である。

【図１２】第２の実施形態における初期設定動作の前半部分の処理内容を示すフローチャートである。

【図１３】第２の実施形態における初期設定動作の後半部分の処理内容を示すフローチャートである。

【図１４】本発明の第３の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡のシステム構成図である。

【図１５】図１４に示した制御回路による初期設定制御の制御手順および制御内容を示すフローチャートである。

【図１６】図１に示した制御回路によるステージ昇降制御の制御手順および制御内容を示すフローチャートである。

【図１７】図１に示した制御回路による利得設定制御の制御手順および制御内容を示すフローチャートである。

【図１８】制御情報の表示内容の一例を示す図である。

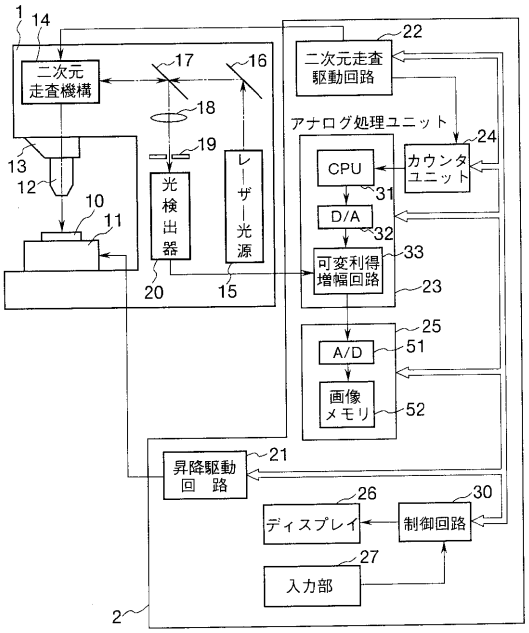
【図１９】Ｚ方向への領域の設定例を示す図である。

【図２０】本発明の第４の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡における初期設定動作を示すフローチャートである。

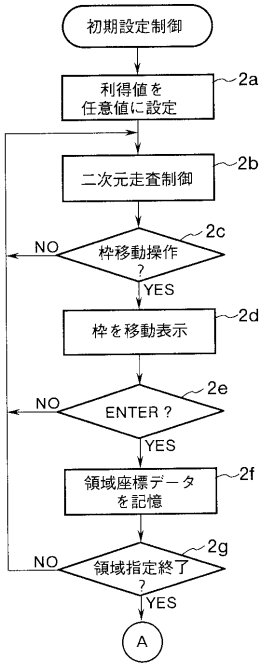
【図２１】第４の実施形態において高さ領域の検出に用いる領域設定を示す図である。

【図２２】第４の実施形態におけるマスクテーブルと高さ領域との関係を示す図である。
【図２３】第４の実施形態における利得値設定動作を示すフローチャートである。
【図２４】本発明の第５の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡において測定対象とする試料の模式図である。
【図２５】図２４に示す試料の平面図である。
【図２６】図２４に示す試料の真の高さ位置と測定値との関係を示す図である。
【図２７】図２４に示す試料についての検出信号レベルを示す図である。
【図２８】図２４に示す試料について設定した高さ領域を示す図である。
【図２９】本発明の第５の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡において測定対象とする他の試料の模式図である。
【図３０】図２９に示す試料から測定した分布データを示す図である。
【図３１】第５の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡の動作内容を示すフローチャートである。
【図３２】第５の実施形態における具体的な高さ領域の設定動作を示すフローチャートである。
【図３３】第５の実施形態で採用した線分法によるラベリング処理を示す図である。
【図３４】第６の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡のシステム構成図である。
【図３５】第６の実施形態の共焦点走査型光学顕微鏡に備えたＮＤフィルターの構成図である。
【図３６】第６の実施形態におけるゲイン切り換え前後の信号波形を示す図である。
【図３７】第６の実施形態におけるオフセット切り換え（プラス方向及びマイナス方向）前後の信号波形を示す図である。
【図３８】第６の実施形態におけるゲイン調整の例を示す図である。
【図３９】第６の実施形態におけるゲイン及びオフセット調整の例を示す図である。
【図４０】第６の実施形態におけるパラメータの設定画面を示す図である。
【図４１】第６の実施形態で使用する設定画面の変形例を示す図である。
【図４２】従来の共焦点走査型光学顕微鏡の概略構成図と試料の一例を示した図である。
【図４３】従来技術の説明に用いる検出信号レベルの変化例を示す図である。
【図４４】従来技術の説明に用いる検出信号レベルの他の変化例を示す図である。
【図４５】段差および反射率の異なる面を有する試料の一例を示す図である。
【図４６】Ｚ方向に対する検出信号レベルの変化特性の一例を示す図である。
【符号の説明】
１…顕微鏡本体、２…制御処理部、１１…ステージ、１２…対物レンズ、１３…レボルバ、１４…二次元走査機構、１５…レーザ光源、１６…ミラー、１７…ハーフミラー、１８…レンズ、１９…ピンホール、２０…光検出器、２１，２１′…昇降駆動回路、２２…二次元駆動回路、２３，２３′…アナログ処理ユニット、２４，２４′…カウンタユニット、２５，２５′…画像処理ユニット、２６…ディスプレイ、２７…入力部、３０，３０′…制御回路、３１，３１′…ＣＰＵ、３２…Ｄ／Ａ変換器、３３…可変利得増幅回路、５１…Ａ／Ｄ変換器、５２…第１の画像メモリ、５３…第２の画像メモリ。

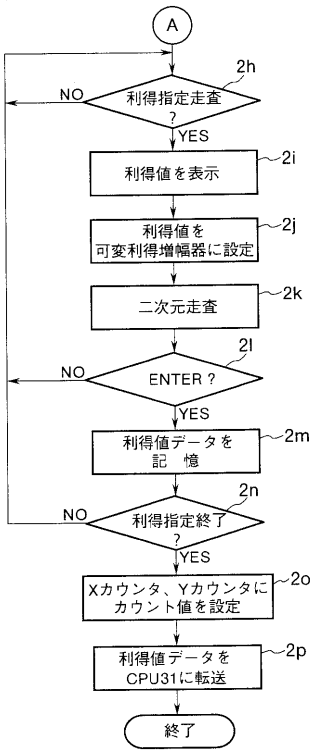
【図１】


1
14
二次元走査機構
17
16
18
19
13
12
10
11
光検出器
レーザ光源
20
15
22
二次元走査駆動回路
アナログ処理ユニット
24
CPU
カウンタユニット
31
D/A
32
可変利得増幅回路
33
23
25
A/D
51
画像メモリ
52
昇降駆動回路
21
26
ディスプレイ
30
制御回路
27
入力部
2

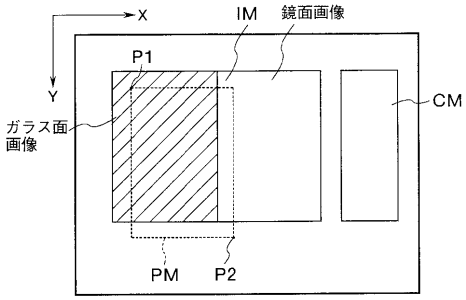
【図２】


初期設定制御
利得値を任意値に設定
2a
二次元走査制御
2b
NO
枠移動操作？
2c
YES
枠を移動表示
2d
NO
ENTER？
2e
YES
領域座標データを記憶
2f
NO
領域指定終了？
2g
YES
A

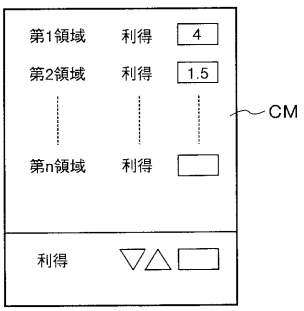
【図３】


A
NO
利得指定走査？
2h
YES
利得値を表示
2i
利得値を可変利得増幅器に設定
2j
二次元走査
2k
NO
ENTER？
2l
YES
利得値データを記憶
2m
NO
利得指定終了？
2n
YES
Xカウンタ、Yカウンタにカウント値を設定
2o
利得値データをCPU31に転送
2p
終了

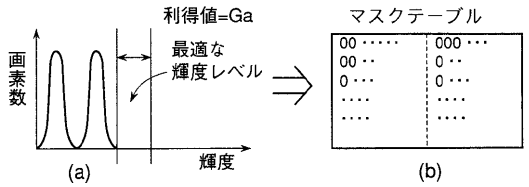
【図４】


X
IM
鏡面画像
P1
Y
ガラス面画像
CM
PM
P2

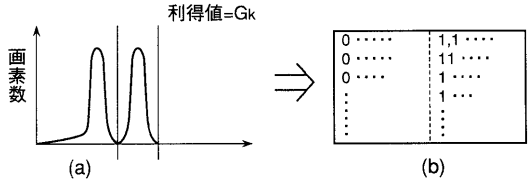
【図５】


第1領域
利得
4
第2領域
利得
1.5
第n領域
利得
CM
利得

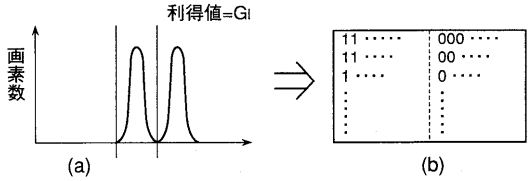
【図６】



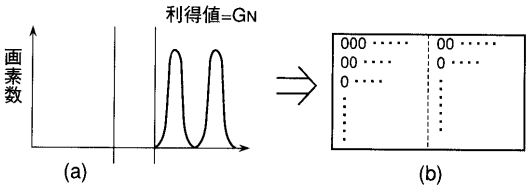
【図７】



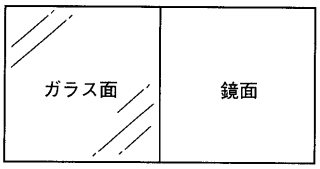
【図８】



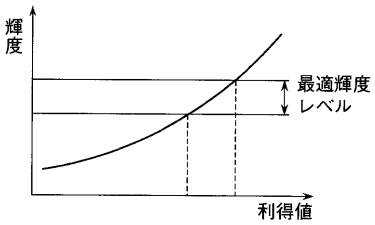
【図９】



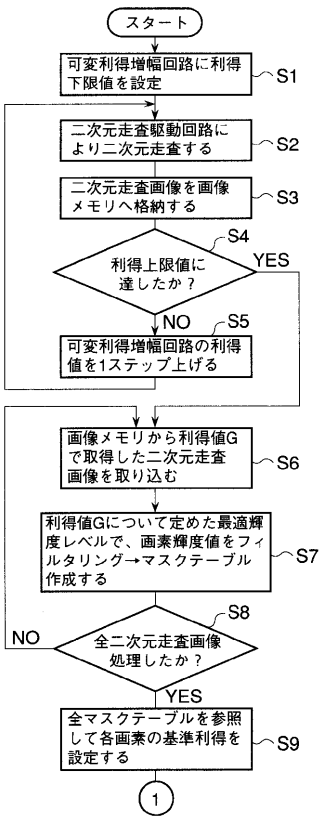
【図１０】



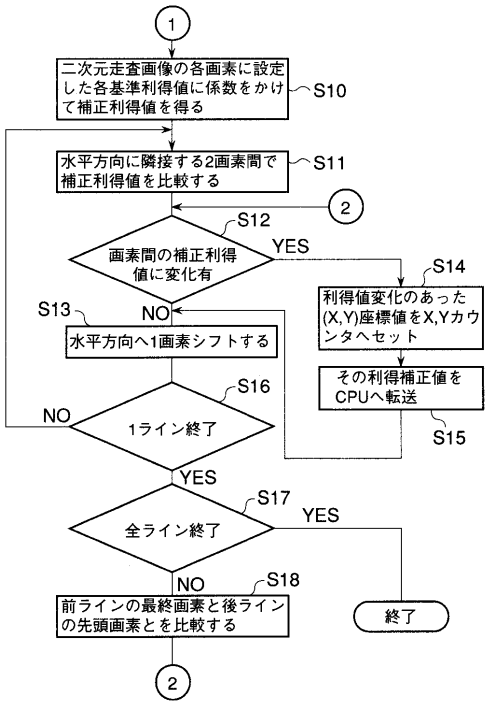
【図１１】



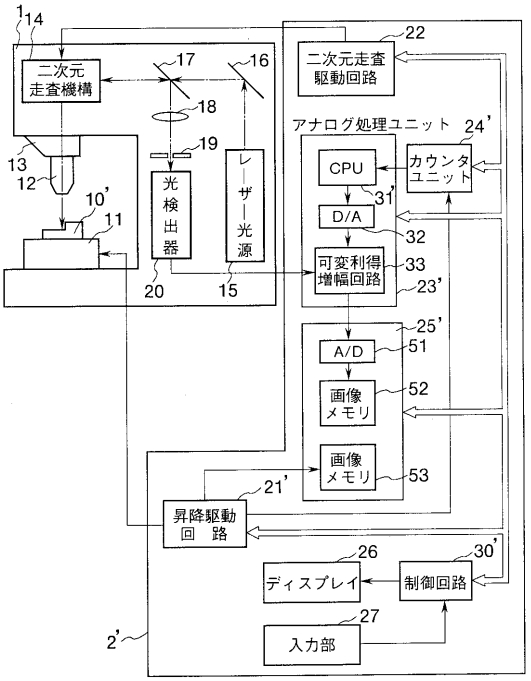
【図１２】



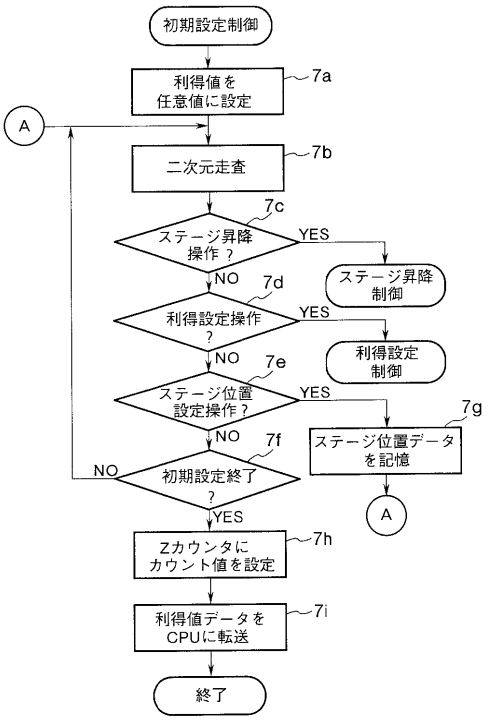
【図１３】



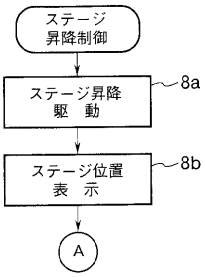
【図１４】



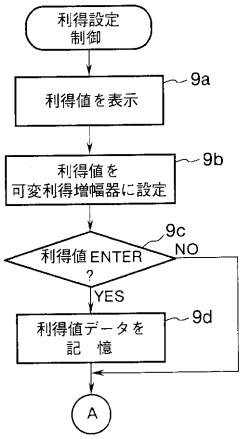
【図１５】



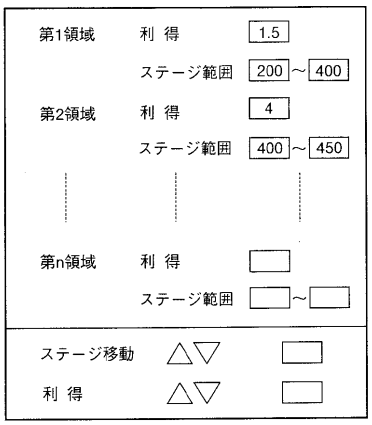
【図１６】



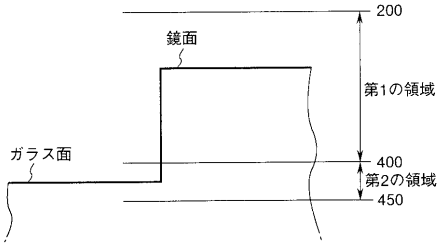
【図１７】



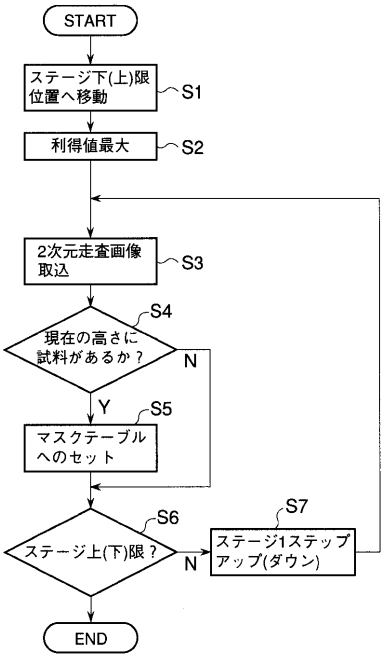
【図１８】



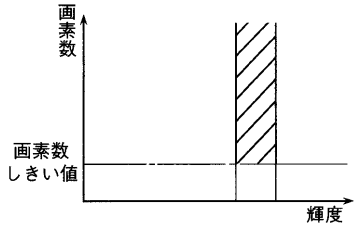
【図１９】



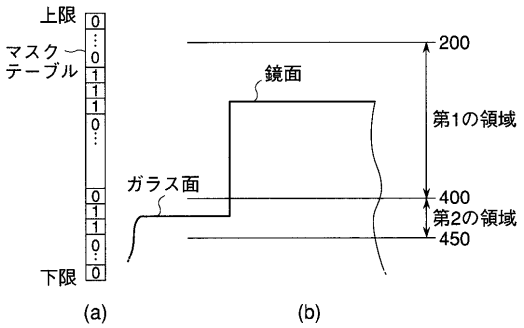
【図２０】



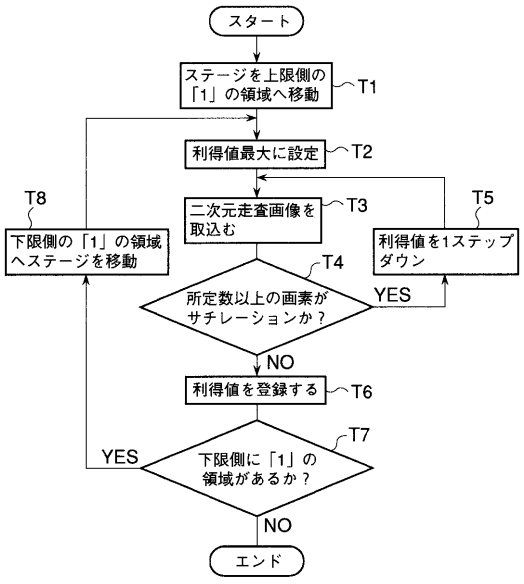
【図２１】



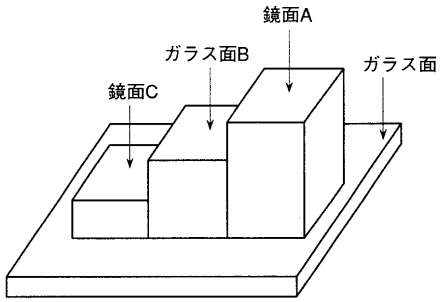
【図２２】



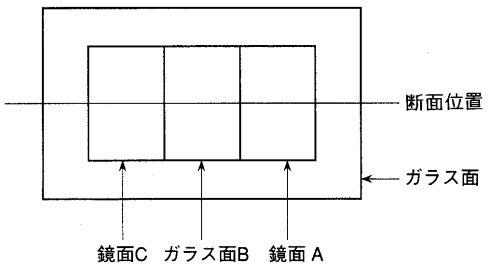
【図２３】



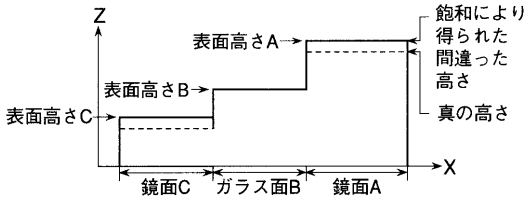
【図２４】



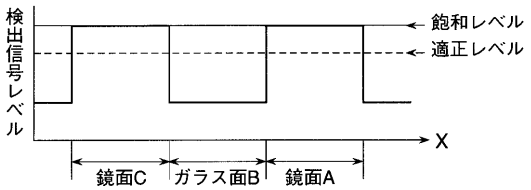
【図２５】



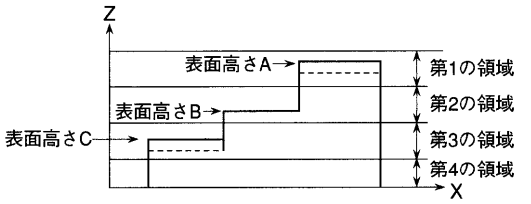
【図２６】



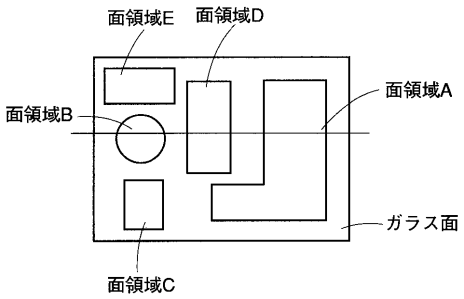
【図２７】



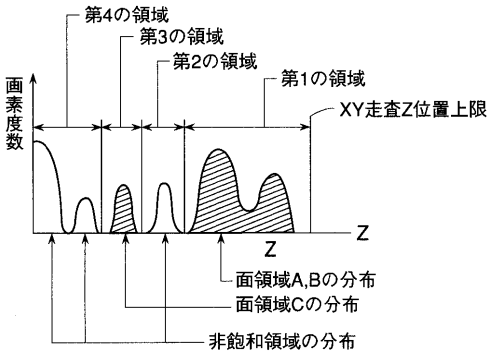
【図２８】



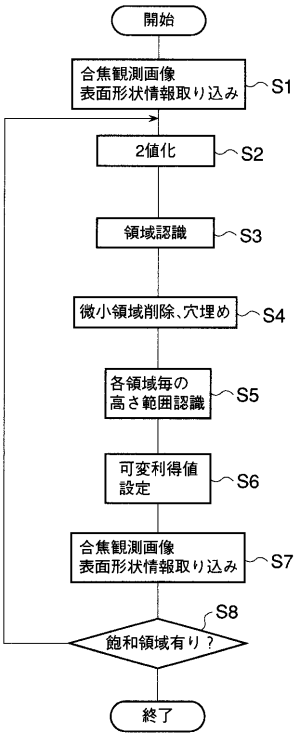
【図２９】



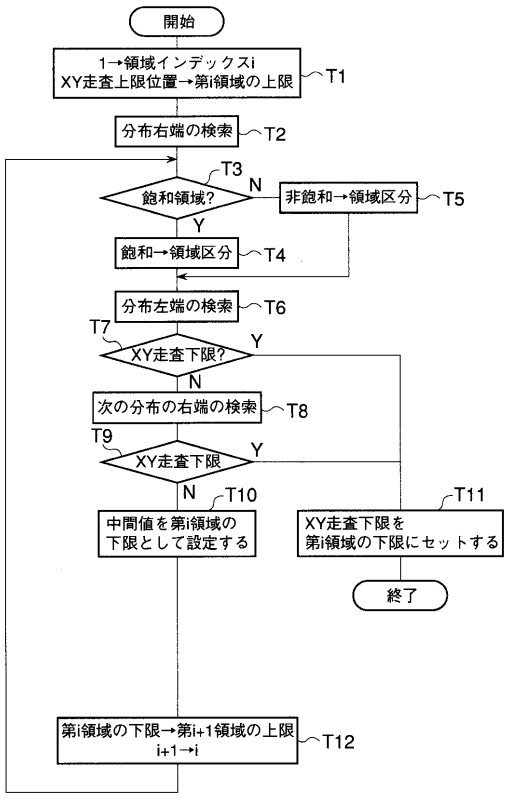
【図３０】



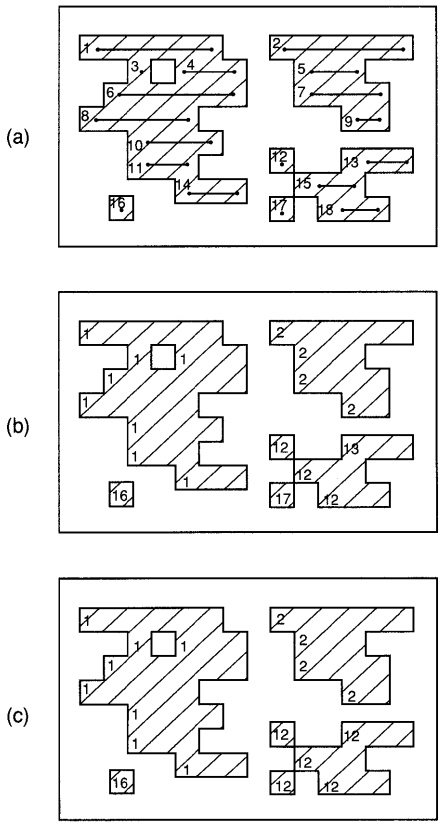
【図３１】



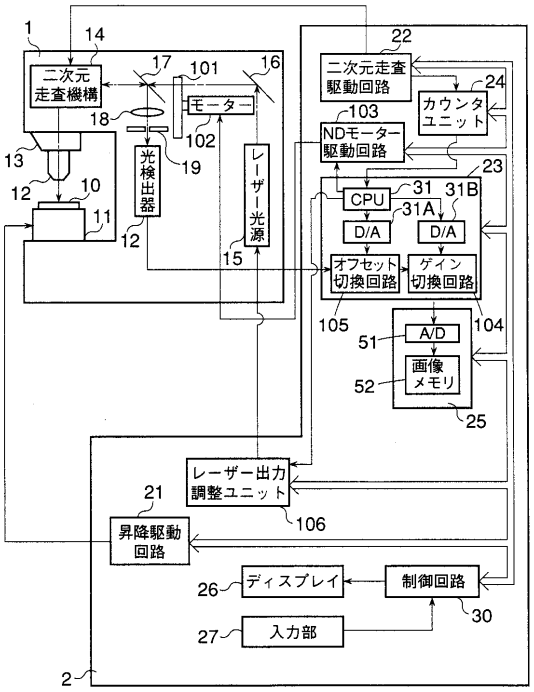
【図３２】



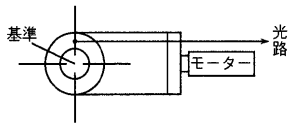
【図３３】



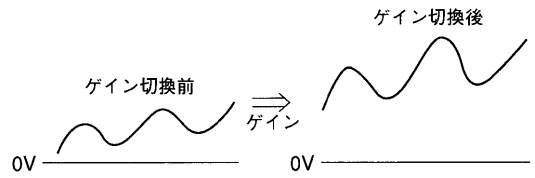
【図３４】



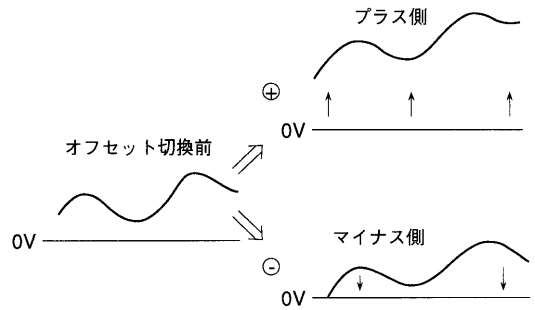
【図３５】



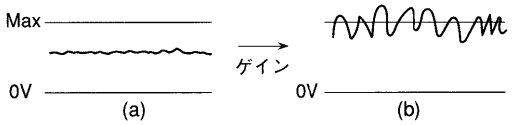
【図３６】



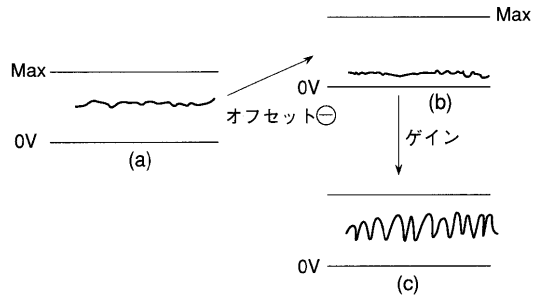
【図３７】



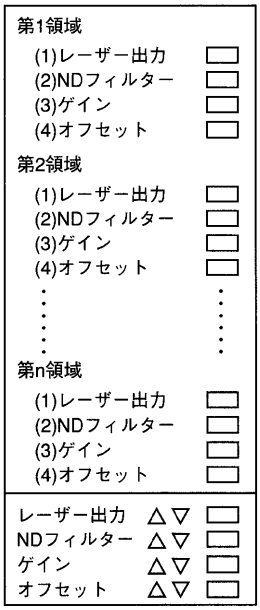
【図３８】



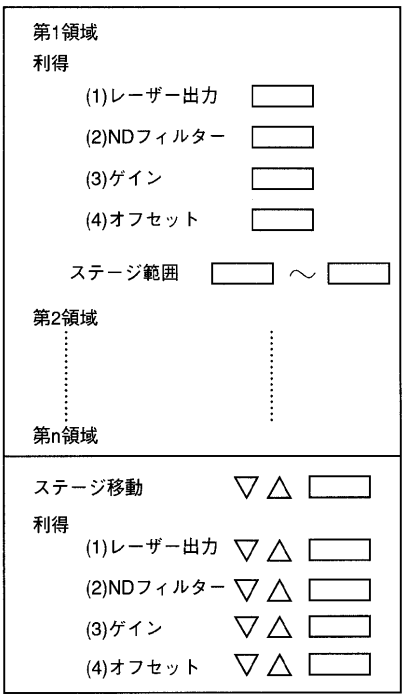
【図３９】



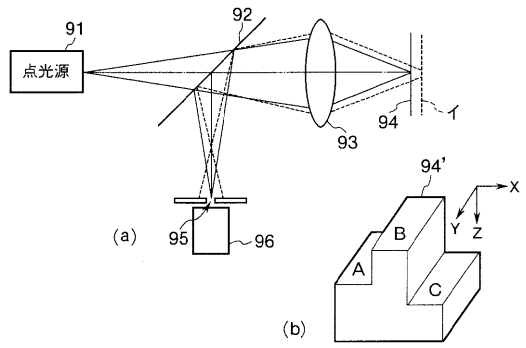
【図４０】



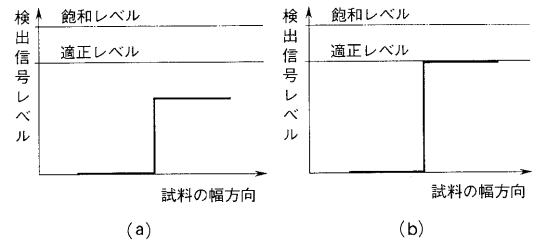
【図４１】



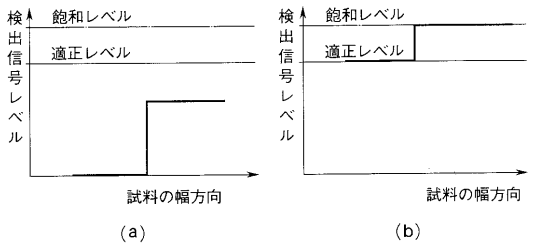
【図４２】



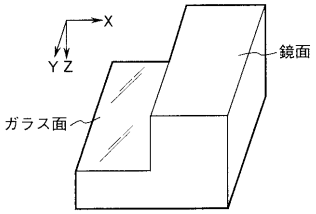
【図４３】



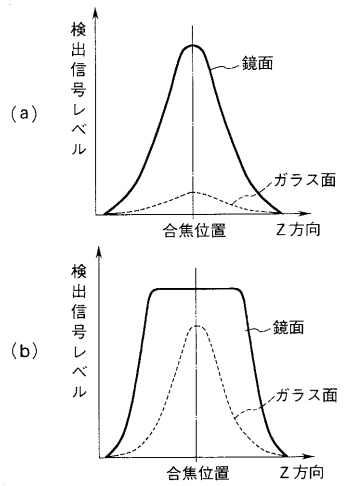
【図４４】



【図４５】



【図４６】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
G02B 21/00
G01B 11/30