

(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2005-172805

(P2005-172805A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/02	GO 1 B 11/02	Z 2 F 0 6 5
GO 1 B 11/24	GO 1 B 11/24	A

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2004-328368 (P2004-328368)	(71) 出願人	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(22) 出願日	平成16年11月12日(2004.11.12)	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
(31) 優先権主張番号	特願2003-391642 (P2003-391642)	(72) 発明者	渡部 秀夫 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内
(32) 優先日	平成15年11月21日(2003.11.21)	(72) 発明者	永田 渉 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	Fターム(参考)	2F065 AA24 AA53 BB05 FF10 JJ01 LL00 LL05 LL13 LL30 LL46 LL62 MM16 PP02 PP12 QQ17 SS02 SS13

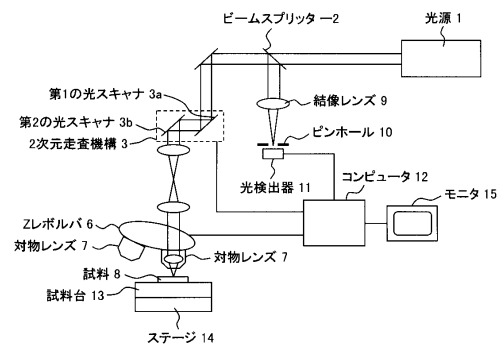
(54) 【発明の名称】 試料情報測定方法および走査型共焦点顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 観察試料の表面形状を直感的で判りやすく表示することができるとともに、3次元情報取得の操作性を格段に向上することが可能な試料情報測定方法および走査型共焦点顕微鏡を提供すること。

【解決手段】 対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、対物レンズの集光位置と試料との相対的な位置を集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、各相対位置での試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える相対位置を推定し、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得するに際して、対物レンズの集光位置と試料との相対的な位置を集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、  
前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、  
各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、  
それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、  
前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、  
その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法において、  
前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得することを特徴とする試料情報測定方法。

10

## 【請求項 2】

前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための指示がされることにより、前記集束光を光軸方向に沿って離散的に変化させる移動間隔（ステップ）を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際と比較して、同等又はより小さくして 3 次元画像データを取得することを特徴とする請求項 1 に記載の試料情報測定方法。

20

## 【請求項 3】

前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための指示がされることにより、前記試料に対して対物レンズの集光位置を、前記集束光の光軸に対して垂直方向に走査する 2 次元走査間隔（ステップ）を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際と比較して、同等又はより小さくして 3 次元画像データを取得することを特徴とする請求項 1 に記載の試料情報測定方法。

## 【請求項 4】

前記連続的に得られる前記試料の輝度情報と高さ情報とに基づいて、前記試料の形状を連続的に更新しながら表示することを特徴とする請求項 1 に記載の試料情報測定方法。

30

## 【請求項 5】

前記連続的に更新しながら表示される試料形状上に測定位置を指定し、前記指定した測定位置に基づいて、前記試料形状を測定することを特徴とする請求項 4 に記載の試料情報測定方法。

## 【請求項 6】

光源からの光を試料に対して集束させる対物レンズと、  
前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的に移動させる移動機構と、  
前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、  
前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、  
前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、  
各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、  
それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、  
前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、  
その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得する輝度及び高さ情報演算手段とを備え、  
前記輝度及び高さ情報演算手段は、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間

40

50

に取得される各相対位置での前記試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得することを特徴とする走査型共焦点顕微鏡。

【請求項 7】

前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための 3 次元画像データ取得指示部を備え、

前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記 3 次元画像データ取得指示部が指示されることにより、前記輝度及び高さ情報演算手段は、前記集束光を光軸方向に沿って離散的に変化させる移動間隔（ステップ）を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に比較して、同等又はより小さくして 3 次元画像データを取得することを特徴とする請求項 6 に記載の走査型共焦点顕微鏡。

10

【請求項 8】

前記集束光の光軸に対して垂直方向に走査する 2 次元走査部と、

前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための 3 次元画像データ取得指示部とを備え、

前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記 3 次元画像データ取得指示部が指示されることにより、前記輝度及び高さ情報演算手段は、前記集束光の光軸に対して垂直方向に走査する 2 次元走査間隔（ステップ）を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に比較して、同等又はより小さくして 3 次元画像データを取得することを特徴とする請求項 6 に記載の走査型共焦点顕微鏡。

20

【請求項 9】

前記連続的に得られる前記試料の輝度情報と高さ情報とに基づいて、前記試料の形状を連続的に更新しながら表示する表示手段をさらに備えることを特徴とする請求項 6 に記載の走査型共焦点顕微鏡。

【請求項 10】

前記連続的に更新しながら表示される試料形状上に測定位置を指定する測定位置指示部と、

前記測定位置指示部で指定された測定位置に基づいて、試料形状を測定する試料形状測定部と、

をさらに備えることを特徴とする請求項 9 に記載の走査型共焦点顕微鏡。

30

【請求項 11】

対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、

前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、

各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、

それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、

前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、

その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法において、

40

前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得し、

前記取得した高さ情報に基づいて作成された前記試料形状の 3 D 画像と前記輝度情報とを同一画面上に、連続的に更新しながら表示させることを特徴とする試料情報測定方法。

【請求項 12】

前記輝度情報を用いて共焦点画像を作成し、前記 3 D 画像と共に同一画面上に、連続的に更新しながら表示することを特徴とする請求項 11 に記載の試料情報測定方法。

【請求項 13】

前記共焦点画像は、エクステンド画像であることを特徴とする請求項 12 に記載の試料

50

情報測定方法。

【請求項 14】

対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、  
 前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、  
 各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、  
 それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、  
 前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、  
 その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、  
 前記試料からの非共焦点画像情報を前記光強度情報とは別に取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法において、  
 前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得し、  
 前記取得した高さ情報に基づいて作成された前記試料形状の3D画像と前記非共焦点画像情報とを同一画面上に、連続的に更新しながら表示させることを特徴とする試料情報測定方法。

10

【請求項 15】

対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、  
 前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、  
 各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、  
 それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、  
 前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、  
 その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、  
 前記対物レンズを通して白色光源からの白色光を前記試料に照射し、  
 前記試料からのカラー画像情報を取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法において、  
 前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得し、  
 前記取得した高さ情報に基づいて作成された前記試料形状の3D画像と前記カラー画像情報とを同一画面上に、連続的に更新しながら表示させることを特徴とする試料情報測定方法。

20

30

【請求項 16】

前記3D画像は、前記形状が得られる毎に更新しながら表示され、  
 前記3D画像とともに表示する前記輝度情報、前記非共焦点画像情報、前記共焦点画像情報または前記カラー画像情報は、情報が取得される毎に更新しながら表示されることを特徴とする請求項 11乃至15の何れか1項に記載の試料情報測定方法。

40

【請求項 17】

前記連続的に更新しながら画像を表示する表示画面上に、前記画像が更新されるタイミングを知らせるようにしたことを特徴とする請求項 11乃至16の何れか1項に記載の試料情報測定方法。

【請求項 18】

光源からの光を試料に対して集束させる対物レンズと、  
 前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的

50

に移動させる移動機構と、

前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、

前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、

前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、

各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、

それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、

前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、

10

その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間に取得される各相対位置での前記試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得する輝度及び高さ情報演算手段と、

前記連続的に得られる前記試料の輝度情報と高さ情報とに基づいて、前記試料形状の3D画像を作成し、前記輝度情報とともに同一画面上に、連続的に更新しながら表示する表示手段とを備えることを特徴とする走査型共焦点顕微鏡。

【請求項19】

前記表示手段は、前記輝度情報を用いて共焦点画像を作成し、前記3D画像と共に同一画面上に、連続的に更新しながら表示することを特徴とする請求項18記載の走査型共焦点顕微鏡。

20

【請求項20】

前記共焦点画像は、エクステンド画像であることを特徴とする請求項19記載の走査型共焦点顕微鏡。

【請求項21】

光源からの光を試料に対して集束させる対物レンズと、

前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的に移動させる移動機構と、

前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、

前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、

30

前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、

各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、

それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、

前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、

その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間に取得される各相対位置での前記試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得する輝度及び高さ情報演算手段と、

40

前記試料からの非共焦点画像情報を前記光強度情報とは別に取得する非共焦点画像情報取得手段と、

前記連続的に得られる前記試料の高さ情報に基づいて前記試料形状の3D画像を作成し、前記非共焦点画像情報取得手段によって取得した非共焦点画像情報とともに同一画面上に、連続的に更新しながら表示する表示手段とを備えることを特徴とする走査型共焦点顕微鏡。

【請求項22】

光源からの光を試料に対して集束させる対物レンズと、

前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的

50

に移動させる移動機構と、

前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、

前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、

前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、

各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、

それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、

前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、

10

その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間に取得される各相対位置での前記試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得する輝度及び高さ情報演算手段と、

前記対物レンズを通して白色光源からの白色光が前記試料に入射され、前記試料からのカラー画像情報を取得するカラー画像情報取得手段と、

前記連続的に得られる前記試料の高さ情報に基づいて前記試料形状の3D画像を作成し、前記カラー画像情報取得手段によって取得したカラー画像情報とともに同一画面上に、連続的に更新しながら表示する表示手段とを備えることを特徴とする走査型共焦点顕微鏡。

20

#### 【請求項23】

前記表示手段は、前記形状が得られる毎に更新しながら前記3D画像を表示し、

前記輝度情報、前記非共焦点画像情報または前記カラー画像情報は、情報が取得される毎に更新しながら表示することを特徴とする請求項18、21または22に記載の走査型共焦点顕微鏡。

#### 【請求項24】

前記表示手段は、前記画像の更新のタイミングに示す画像更新表示部を備えることを特徴とする請求項18乃至23の何れか1項に記載の走査型共焦点顕微鏡。

30

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

本発明は、試料情報測定方法および走査型共焦点顕微鏡に関し、特に、走査型共焦点顕微鏡を用いて試料の高さ方向に関する表面情報を測定して、試料の3次元形状を視認し易いよう表示するための試料情報測定方法および走査型共焦点顕微鏡に関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

従来、走査型共焦点顕微鏡は、試料に点状照明し、試料からの透過光または反射光、蛍光を共焦点絞りに集光させる。その後、この共焦点絞りを透過する光の強度を光検出器で検出することによって試料の表面情報を取得している。また、点状照明を種々の方法によって試料面上を走査することにより、試料の広い範囲の表面情報を取得することができる。

40

##### 【0003】

図30は、従来の走査型共焦点顕微鏡の概略的な構成を示す図である。

図30に示す走査型共焦点顕微鏡では、光源1から出射した光が、ビームスプリッター2を透過した後、2次元走査機構3に入射する。2次元走査機構3は、第1の光スキャナ3aと第2の光スキャナ3bとからなり、光束を2次元に走査し、対物レンズ7へと導く。対物レンズ7へ入射した光束は、集束光となって試料8の表面上を走査する。

50

## 【0004】

試料8の表面で反射した光は、再び対物レンズ7から2次元走査機構3を介してビームスプリッター2に導入された後、ビームスプリッター2によって反射され結像レンズ9によってピンホール10上に集光する。ピンホール10により試料8の集光点以外からの反射光をカットし、ピンホール10を通過する光だけを光検出器11によって検出する。

## 【0005】

試料8は、試料台13上に載置されており、ステージ14および光検出器11は、コンピュータ12によって制御されている。

ここで、対物レンズ7による集光位置は、ピンホール10と光学的に共役な位置にあり、試料8が対物レンズ7による集光位置にある場合は、試料8からの反射光がピンホール10上で集光してピンホール10を通過する。試料8が対物レンズ7による集光位置からずれた位置にある場合は、試料8からの反射光はピンホール10上では集光しておらず、ピンホール10を通過しない。

10

## 【0006】

図31は、対物レンズ7と試料8の相対位置(Z)と光検出器11の出力(I)の関係を示す図である。

以下この関係をI-Zカーブと呼ぶ。

## 【0007】

図31に示すように、試料8が対物レンズ7の集光位置 $Z_0$ にある場合、光検出器11の出力は最大となり、この位置から対物レンズ7と試料8の相対位置が離れるに従い光検出器11の出力は急激に低下する。

20

## 【0008】

この特性により、2次元走査機構3によって集光点を2次元走査し、光検出器11の出力を2次元走査機構3に同期して画像化すれば、試料8のある特定の高さのみが画像化され、試料8を光学的にスライスした画像(共焦点画像)が得られる。さらに、ステージ14で試料8を光軸方向に離散的に移動させ、各位置で2次元走査機構3を走査して共焦点画像を取得し、試料8上の各点で光検出器11の出力が最大になるステージ14の位置を検出することにより試料8の高さ情報が得られる。また、試料各点における光検出器11の出力の最大値を重ねて表示することにより、全ての面にピントの合った画像(以降、エクステンド画像)を得ることが出来る。

30

## 【0009】

ところで、このような構成によって試料8の高さを計測する際、測定精度を高めようとするとステージ14の1回当たりの移動量を小さくすることが必要になり、計測に時間がかかる。そこで、ステージ14の1回当たりの移動量を小さくすることなく、試料8の高さ計測の精度を高める高さ測定方法が提案されている(特許文献1参照。)

## 【0010】

この方法では、ステージ14をある移動量で動かしながら光検出器11の出力を順次取得し、それらの中でその値が最大になっているところのステージ14の位置、およびその前後の位置の計3点での光検出器11の出力に基づいてI-Zカーブを2次曲線で近似し、光検出器11の出力が本来最大となるステージ14の位置をステージ14の移動量以下

40

## 【0011】

また、高さ方向における試料の相対移動量を小さくすることなく、高分解能で試料の表面形状を計測することを目的として、試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で共焦点画像をそれぞれ撮像し、これらの共焦点画像に基づき、画素ごとに以下のようにして当該画素に対応する試料の表面情報としての表面高さデータ $H(x, y)$ を求める技術が開示されている。(特許文献2参照。)

具体的には、高さ方向において光量が最大となる第1高さ位置 $D(m)$ を求めるとともに、第1高さ位置 $D(m)$ での第1光量 $F_m(x, y)$ と、第1高さ位置 $D(m)$ の上方側および下方側でそれぞれ近接する第2および第3高さ位置 $D(m-1)$ ,  $D(m+1)$

50

での第2および第3光量  $F_{m-1}(x, y)$ ,  $F_{m+1}(x, y)$  を求める。そして、これらに基づき、高さ位置に対する光量の変化を示す2次曲線を求め、この2次曲線から光量の極値を求める。さらに、この極値に対応する高さ位置  $D_{max}$  を表面高さデータ  $H(x, y)$  とするものである。

#### 【0012】

また、光軸方向に走査することなく試料の光軸方向位置及び3次元形状を得ることが可能な走査型共焦点顕微鏡が開示されている。この走査型共焦点顕微鏡は、レーザ光源と、このレーザ光源の出力光を開孔に通過させて出射させる共焦点スキャナと、この共焦点スキャナからの出射光を試料に集光する光学顕微鏡と、試料からの戻り光のうち共焦点スキャナの開孔を通過した光を撮影して断面画像を得る撮影手段と、光軸方向位置 - 光量特性に基づき断面画像の光量から試料の光軸方向位置を求める制御手段とを設けるというものである（特許文献3参照。）。

10

【特許文献1】特開平9-68413号公報

【特許文献2】特開平9-113235号公報

【特許文献3】特開平11-264933号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0013】

上述のように、走査型共焦点顕微鏡などの3次元測定装置では、これらの従来技術を実際に利用し試料の立体的な形状を得ることができている。

20

しかしながら、以下のような前提のもとに使用されていること、及びそのために3次元の情報を得るための事前操作において不便さを感じるものが時々ある。

#### 【0014】

すなわち、本来、3次元（Z軸方向）の測定を行う場合、共焦点画像は試料のある特定の位置の高さのみの輝度情報を抽出した2次元（XY方向）画像であるので、Z軸方向にこの焦点面を移動させながら情報を取得し加工しなければならないという問題点がある。

#### 【0015】

このことは、試料の高さ情報を得るにはZ軸方向にある移動範囲を設定しておく必要があることを意味している。ところが、通常の走査では2次元画像しか得られないにもかかわらず、試料形状の微細なZ軸方向の位置関係をどのように捉えるかということ、使用者がステージ14を上下方向に移動させ、変化する共焦点画像を観察し、おおよその位置関係をつかんでから高さ情報を得るためのZ軸方向の移動範囲を決定している。これは初心者には非常にイメージしにくい概念であり、また慣れていても煩わしい作業である。また、共焦点画像は合焦位置の輝度情報しか得ていないので、試料の形状によっては全体が真っ暗に近い画像となるときがあり、ステージ14を移動させているうちにZ軸のどの辺りにいるのか見失ってしまい不必要に上下動を繰り返す羽目になることもある。

30

#### 【0016】

また、上記作業を1度行えば出来上がった高さ情報が果たして適切に得られているのかという点においても習熟度が要求され、初心者には難しい条件出しの1つになっているという問題点がある。

40

#### 【0017】

一連の高さ情報取得動作が完了して高さ情報が得られると、それを3D表示や解析に利用したりするのが一般的な使われ方であるが、仮に取得条件が不適切であった場合、ここまで作業を行ってから初めて得られたデータに不備があることが判明する。高さ情報の不備の原因として考えられるのは、ステージ14の移動中の共焦点画像に輝度飽和があること、ステージ14の移動範囲や移動量設定が不適切であること、試料8表面の反射率が低くS/Nが悪いこと、急斜面であり反射光が得られていないことなどが挙げられる。

#### 【0018】

2次元画像である共焦点画像は、2次元走査機構3の走査に同期して連続的に更新されており、そのZ軸位置において輝度飽和の有無や2次元走査範囲の設定が所望の範囲であ

50



るかなどは画像を見れば瞬時に判断がつき簡単に適切な設定に調整することができる。しかし、高さ情報になった途端にZ軸移動方向全体に渡って設定条件に不備がないかを見るには、使用者が試料8の範囲全体を移動させてみて目視で確認するか、一度高さ情報を取って条件を適当に変え再度確認するというサイクルを繰り返さなくてはならない。

【0019】

このように、高さ情報を得るための事前操作として、ステージ14を移動させながら2次元的な共焦点の画像を得つつ、これを見て試料8の3次元的な構造を使用者が推測し、あらかじめ欲しい範囲が含まれるようにステージ14の移動範囲を設定しなければならない。また、高さ情報が適切に得られているかは一連の工程の最後に出来上がった高さ情報を見て良否を判断しなくてはならず、取り直しをする必要がある場合など、時間的にも作業的にも2次元画像に比べて著しく不便さを伴ってしまう。

【0020】

本発明は、上記従来技術の欠点に鑑みてなされたもので、観察試料の表面形状を直感的で判りやすく表示することができるとともに、3次元情報取得の操作性を格段に向上することが可能な試料情報測定方法および走査型共焦点顕微鏡を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明は、上記課題を解決するため、下記のような構成を採用した。

すなわち、本発明の一態様によれば、本発明の試料情報測定方法は、対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法であって、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得することを特徴とする。

【0022】

また、本発明の試料情報測定方法は、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための指示がされることにより、前記集束光を光軸方向に沿って離散的に変化させる移動間隔(ステップ)を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際と比較して、同等又はより小さくして3次元画像データを取得することが望ましい。

【0023】

また、本発明の試料情報測定方法は、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための指示がされることにより、前記試料に対して対物レンズの集光位置を、前記集束光の光軸に対して垂直方向に走査する2次元走査間隔(ステップ)を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際と比較して、同等又はより小さくして3次元画像データを取得することが望ましい。

【0024】

また、本発明の試料情報測定方法は、前記連続的に得られる前記試料の輝度情報と高さ情報とに基づいて、前記試料の形状を連続的に更新しながら表示することが望ましい。

また、本発明の試料情報測定方法は、前記連続的に更新しながら表示される試料形状上に測定位置を指定し、前記指定した測定位置に基づいて、前記試料形状を測定することが望ましい。

【0025】

また、本発明の一態様によれば、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、光源からの光を試料

10

20

30

40

50

に対して集束させる対物レンズと、前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的に移動させる移動機構と、前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得する輝度及び高さ情報演算手段とを備え、前記輝度及び高さ情報演算手段が、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間に取得される各相対位置での前記試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得することを特徴とする。

10

## 【0026】

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための3次元画像データ取得指示部を備え、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記3次元画像データ取得指示部が指示されることにより、前記輝度及び高さ情報演算手段は、前記集束光を光軸方向に沿って離散的に変化させる移動間隔(ステップ)を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に比較して、同等又はより小さくして3次元画像データを取得することが望ましい。

20

## 【0027】

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記集束光の光軸に対して垂直方向に走査する2次元走査部と、前記試料を高精度に計測する計測モード用の画像を取り込むための3次元画像データ取得指示部とをさらに備え、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に、前記3次元画像データ取得指示部が指示されることにより、前記輝度及び高さ情報演算手段は、前記集束光の光軸に対して垂直方向に走査する2次元走査間隔(ステップ)を、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得している際に比較して、同等又はより小さくして3次元画像データを取得することが望ましい。

## 【0028】

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記連続的に得られる前記試料の輝度情報と高さ情報とに基づいて、前記試料の形状を連続的に更新しながら表示する表示手段をさらに備えることが望ましい。

30

## 【0029】

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記連続的に更新しながら表示される試料形状上に測定位置を指定する測定位置指示部と、前記測定位置指示部で指定された測定位置に基づいて、試料形状を測定する試料形状測定部とをさらに備えることが望ましい。

## 【0030】

また、本発明の一態様によれば、本発明の試料情報測定方法は、対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、

40

それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法であって、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得し、前記取得した高さ情報に基づいて作成された前記試料形状の3D画像と前記輝度情報とを同一画面上に、連続的に更新しながら表示させることを特徴とする。

## 【0031】

50

また、本発明の試料情報測定方法は、前記輝度情報を用いて共焦点画像を作成し、前記3D画像と共に同一画面上に、連続的に更新しながら表示することが望ましい。

また、本発明の試料情報測定方法は、前記共焦点画像が、エクステンド画像であることが望ましい。

#### 【0032】

また、本発明の一態様によれば、本発明の試料情報測定方法は、対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記試料からの非共焦点画像情報を前記光強度情報とは別に取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法であって、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得し、前記取得した高さ情報に基づいて作成された前記試料形状の3D画像と前記非共焦点画像情報とを同一画面上に、連続的に更新しながら表示させることを特徴とする。

10

#### 【0033】

また、本発明の一態様によれば、本発明の試料情報測定方法は、対物レンズを通して光源からの光を試料に照射し、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に変化させ、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得し、

20

それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出し、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定し、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記対物レンズを通して白色光源からの白色光を前記試料に照射し、前記試料からのカラー画像情報を取得する走査型共焦点顕微鏡における試料情報測定方法であって、前記対物レンズの集光位置と前記試料との相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させることで、前記試料の輝度情報と高さ情報を連続的に取得し、前記取得した高さ情報に基づいて作成された前記試料形状の3D画像と前記カラー画像情報とを同一画面上に

30

#### 【0034】

また、本発明の試料情報測定方法は、前記3D画像が、前記形状が得られる毎に更新しながら表示され、前記3D画像とともに表示する前記輝度情報、前記非共焦点画像情報、前記共焦点画像情報または前記カラー画像情報が、情報が取得される毎に更新しながら表示されることが望ましい。

#### 【0035】

また、本発明の試料情報測定方法は、前記連続的に更新しながら画像を表示する表示画面上に、前記画像が更新されるタイミングを知らせるようにしたことが望ましい。

また、本発明の一態様によれば、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、光源からの光を試料に対して集束させる対物レンズと、前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的に移動させる移動機構と、前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間に取得される各相対位置での前記

40

50

試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得する輝度及び高さ情報演算手段と、前記連続的に得られる前記試料の輝度情報と高さ情報とに基づいて、前記試料形状の3D画像を作成し、前記輝度情報とともに同一画面上に、連続的に更新しながら表示する表示手段とを備えることを特徴とする。

**【0036】**

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記表示手段が、前記輝度情報を用いて共焦点画像を作成し、前記3D画像と共に同一画面上に、連続的に更新しながら表示することが望ましい。

**【0037】**

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記共焦点画像が、エクステンド画像であることが望ましい。

また、本発明の一態様によれば、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、光源からの光を試料に対して集束させる対物レンズと、前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的に移動させる移動機構と、前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間に取得される各相対位置での前記試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得する輝度及び高さ情報演算手段と、前記試料からの非共焦点画像情報を前記光強度情報とは別に取得する非共焦点画像情報取得手段と、前記連続的に得られる前記試料の高さ情報に基づいて前記試料形状の3D画像を作成し、前記非共焦点画像情報取得手段によって取得した非共焦点画像情報とともに同一画面上に、連続的に更新しながら表示する表示手段とを備えることを特徴とする。

**【0038】**

また、本発明の一態様によれば、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、光源からの光を試料に対して集束させる対物レンズと、前記集束光の光軸方向に沿って、前記対物レンズの集光位置と前記試料の位置を相対的に移動させる移動機構と、前記対物レンズの集光位置と共役な位置に配置された共焦点絞りと、前記共焦点絞りを通過する光の強度を検出する光検出器とを備えた走査型共焦点顕微鏡であって、前記移動機構によって前記対物レンズの集光位置と前記試料の相対的な位置を前記集束光の光軸方向に沿って離散的に繰り返し往復動作させる手段と、各相対位置での前記試料からの光強度情報をそれぞれ取得する手段と、それら光強度情報群から複数の光強度情報を抽出する手段と、前記抽出した複数の光強度情報に適合する変化曲線上の最大値と、それを与える前記相対位置を推定する手段と、その推定した光強度情報の最大値と相対位置をそれぞれ輝度情報と高さ情報として取得し、前記移動機構の反転動作から次の反転動作までの間に取得される各相対位置での前記試料からの光強度情報を前記光強度情報群として取り扱い、前記移動機構の往復動作に合わせて前記輝度情報と高さ情報とを連続的に取得する輝度及び高さ情報演算手段と、前記対物レンズを通して白色光源からの白色光が前記試料に入射され、前記試料からのカラー画像情報を取得するカラー画像情報取得手段と、前記連続的に得られる前記試料の高さ情報に基づいて前記試料形状の3D画像を作成し、前記カラー画像情報取得手段によって取得したカラー画像情報とともに同一画面上に、連続的に更新しながら表示する表示手段とを備えることを特徴とする。

**【0039】**

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記表示手段が、前記形状が得られる毎に更新

10

20

30

40

50

しながら前記3D画像を表示し、前記輝度情報、前記非共焦点画像情報または前記カラー画像情報が、情報が取得される毎に更新しながら表示することが望ましい。

【0040】

また、本発明の走査型共焦点顕微鏡は、前記表示手段が、前記画像の更新のタイミングに示す画像更新表示部を備えることが望ましい。

【発明の効果】

【0041】

本発明によれば、試料の輝度及び高さ計測をステージの移動回数を少なくして高速で行うことが可能であり、しかもこれを繰り返し連続的に行うので、瞬時に試料の3次元構造を取得することができる。

10

【0042】

また、本発明によれば、試料の3次元構造を取得するとともに、得られた輝度・高さ情報を同時に表示し、これを常に更新し続けるので一目で試料の3次元構造を理解したり、条件設定の修正をしたりすることが可能となる。

【0043】

また、本発明によれば、試料の3次元構造を繰り返し連続的に取得して表示するとともに、同時に試料の2次元情報を表示するため、瞬時に試料の3次元構造を認識することができ、かつ容易に試料の位置合わせをすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

20

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について述べる。

図1は、本発明の第1の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡の構成を示す図である。

【0045】

図1に示す走査型共焦点顕微鏡では、光源1から出射した光が、ビームスプリッター2を透過した後、2次元走査機構3に入射する。2次元走査機構3は、第1の光スキャナ3aと第2の光スキャナ3bとからなり、光束を2次元に走査し、対物レンズ7へと導く。対物レンズ7へ入射した光束は、集束光となって試料8の表面上を走査する。

【0046】

試料8の表面で反射した光は、再び対物レンズ7から2次元走査機構3を介してビームスプリッター2に導入された後、ビームスプリッター2によって反射され結像レンズ9によってピンホール10上に集光する。ピンホール10により試料8の集光点以外からの反射光をカットし、ピンホール10を通過する光だけを光検出器11によって検出する。

30

【0047】

Zレボルバ6は、複数の対物レンズ7を保有し、所望の倍率の対物レンズ7を2次元走査の光路中に挿入することができるとともに、Z軸方向に移動可能となっており、対物レンズ7の集光位置と試料8の相対位置とを变化させることができるようになっている。

【0048】

試料8は、試料台13上に載置されており、ステージ14によってXY方向に移動可能となっている。2次元走査機構3、Zレボルバ6および光検出器11等は、コンピュータ12に記憶された顕微鏡制御プログラムによって制御され、使用者はモニタ15に表示される操作画面を通じて各部を操作することができる。

40

【0049】

ここで、対物レンズ7による集光位置は、ピンホール10と光学的に共役な位置にあり、試料8が対物レンズ7による集光位置にある場合は、試料8からの反射光がピンホール10上で集光してピンホール10を通過する。試料8が対物レンズ7による集光位置からずれた位置にある場合は、試料8からの反射光はピンホール10上では集光しておらず、ピンホール10を通過しない。

【0050】

このときの図31に示された対物レンズ7と試料8の相対位置(Z)と光検出器11の

50

出力 ( I ) の関係である I - Z カーブのとおり、試料 8 が対物レンズ 7 の集光位置  $Z_0$  にある場合、光検出器 1 1 の出力は最大となり、この位置から対物レンズ 7 と試料 8 の相対位置が離れるに従い光検出器 1 1 の出力は急激に低下する。

【 0 0 5 1 】

この特性により、2次元走査機構 3 によって集光点を2次元走査し、光検出器 1 1 の出力を2次元走査機構 3 に同期して画像化すれば、試料 8 のある特定の高さのみが画像化され、試料 8 を光学的にスライスした画像 ( 共焦点画像 ) が得られる。そして、上記画像は、モニタ 1 5 に上記操作画面と合わせて表示される。

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 に示した走査型共焦点顕微鏡を用いて、本発明を適用した試料情報測定方法について説明する。 10

図 2 は、計測する試料の形状例を説明するための図である。

【 0 0 5 3 】

上記走査型共焦点顕微鏡が計測する試料 8 として図 2 のような試料を考える。すなわち、試料 8 は、一方の端から他方の端へ a 面、b 面、c 面へと高さ ( Z 方向への厚さ ) が異なり、かつ、厚い ( 高い ) 順に b 面、c 面、a 面となる 3 面を有しているとする。

【 0 0 5 4 】

図 3 は、c 面に焦点を合わせた場合の画像表示例を示す図である。

まず、走査型共焦点顕微鏡の2次元走査を開始し、試料 8 の c 面に焦点を合わせる。このとき、モニタ 1 5 には、図 3 に示すような画像が表示される。具体的には、「走査開始 / 停止」ボタンにより走査型共焦点顕微鏡が画像取得を開始し、「対物」ボタンで所望の倍率の対物レンズ 7 を選択し、「ズーム」スクロールバーと合わせて観察部位が所望の大きさで表示されるように調節する。そして、「Z 位置」スクロールバーで Z レボルバ 6 を上下に移動させ、対物レンズ 7 の焦点面を試料 8 の c 面に合わせる。 20

【 0 0 5 5 】

図 4 は、Z 方向の走査範囲の設定を説明するための図である。

焦点面を試料 8 の c 面に合わせた後に、Z 方向の走査範囲を決定する。この Z 方向の走査範囲を条件設定するのは図 4 に示した「Z 走査範囲」で示された領域を対象とすることとしている。これまでの走査型共焦点顕微鏡は、焦点位置を上下に移動させてこの試料 8 のおおよその形状と「Z 走査範囲」の領域を2次元画像を見ながら推測し決定していたが、本発明では以下に述べるプロセスの働きにより、モニタ 1 5 に直接表示される試料 8 の表示から Z 走査範囲の設定が可能となる。イメージ的には、「対物」ボタンで X Y 方向の基準視野範囲を選択し、「Z 位置」スクロールバーで Z 方向の基準位置を選択している。そしてさらに、「ズーム」及び「Z 範囲」スクロールバーによって3次元走査の範囲を設定している。 30

【 0 0 5 6 】

コンピュータ 1 2 には輝度及び高さ演算プログラムが記憶されており、この輝度及び高さ演算プログラムが実行されることにより、共焦点画像を利用した輝度及び高さ情報が得られる。

【 0 0 5 7 】

この輝度及び高さ測定プロセスについて説明する。

Z 範囲のスクロールバーをゼロ以外の値に設定すると、図 4 のように Z レボルバ 6 は現在の焦点位置 ( c 面 ) を中心にスクロールバーでの設定値に対応した Z 走査範囲の間を上下にステップ移動し始める。使用者はモニタ 1 5 に表示される試料 8 の画像を見ながら、上記操作画面より希望する Z 走査範囲を設定することとなる。設定された Z 走査範囲内をあらかじめ決められた移動ピッチ Z で Z レボルバ 6 は移動し、Z 相対位置毎に、共焦点画像が取得される。説明を簡単にするため共焦点画像取得は 5 枚、即ち、Z レボルバ 6 の移動回数が 4 回であるとし、それぞれ Z ( - 2 )、Z ( - 1 )、Z ( 0 )、Z ( 1 )、Z ( 2 ) の位置であるとする。この時の試料 8 の任意の点 ( 例えば、a 面、b 面、c 面上の点 ) の光強度情報を得る。 40

## 【0058】

図5は、a面、b面、c面上の点の光強度群のI-Zカーブを示す図であり、図6は、Z(-2)乃至Z(2)の位置での光強度群を示す図である。

上記a面、b面、c面上の点の光強度群は、図5に示した各点のようにI-Zカーブ上の値となる。

## 【0059】

次に、各点において上記光強度情報を比較し、最大強度となった(I(n)、Z(n))、その前後の値(I(n-1)、Z(n-1))、(I(n+1)、Z(n+1))を抽出する。図4の場合でa面について言えば、最大強度点は、(Ia(-1)、Za(-1))、その前後が(Ia(0)、Za(0))、(Ia(-2)、Za(-2))となる。そして、この3点を通る近似2次曲線を想定し、その極値を求めることで真の最大値Ia[max]と、それを与えるZレボルバ6の位置Za[max]を得ることができるので、試料8表面の輝度及び相対高さを移動ピッチZ以上の分解能で求めることが可能となる。b面、c面についても同様である。b面での最大強度点は(Ib(1)、Zb(1))、その前後が(Ib(0)、Zb(0))、(Ib(2)、Zb(2))となり、これらから(Ib[max]、Zb[max])が得られる。そして、c面での最大強度点は(Ic(0)、Zc(0))、その前後が(Ic(-1)、Zc(-1))、(Ic(1)、Zc(1))となり、これらから(Ic[max]、Zc[max])が得られる。

## 【0060】

図7は、全面に渡って焦点が合った場合の画像表示例を示す図である。

この共焦点画像5枚で1回の輝度・高さ情報の抽出が可能であるので、Zレボルバ6のステップ移動をZ(-2) Z(-1) Z(0) Z(1) Z(2) Z(1) Z(0) Z(-1) Z(-2)・・・と繰り返し行えば、図7のように連続的に試料8のa面からb面までの構造を得ることができる。このとき、顕微鏡画像ウィンドウに表示されている高さ方向の位置が悪ければ、Z走査範囲の中心、即ち、「Z位置」を変えるか、幅の方が悪ければ、「Z範囲」そのものを変えることでエクステンド画像を確認しながら設定を最適に調節することもできる。これは、顕微鏡画像ウィンドウに全面に合焦した画像が全部映っていれば、その試料8の高さ方向に対して十分な領域で走査が行われていることが一目で判断できることを意味している。

## 【0061】

一方、これらの処理がどのくらいの時間で行われるかと言うと、例えば、画像サイズを1024×768とし、Z走査範囲を5μm(Z=1μm)程度とすると、1枚の共焦点画像を得るのに約200ms、Zレボルバ6のステップ移動に約200msであるので、5枚の画像を得るのに約1.8秒かかる。これに処理時間を付加しても約2秒あれば1回の輝度・高さ情報が更新されることになる。

## 【0062】

但し、Zレボルバ6を上下にステップ移動させて連続的に画像取得している関係上、5枚目の画像は次回の輝度・高さ情報を得るための1枚目の共焦点画像として利用できるので、2秒以内で1回の更新が期待できる。このくらいであれば十分実用的な更新速度であるといえる。更新速度に関しては、1枚の共焦点画像のライン数やZレボルバ6のステップ移動量、ステップ回数(範囲)によって組み合わせが様々に考えられるので、使用者があらかじめ決められた所望の組み合わせの中から自由に選択することができる。例えば更新を速くしたいのであれば、共焦点画像のライン数を制限し、Z走査範囲を必要最小限に狭くしておけば良い。また、ここでは5枚の画像を使って説明したが、原理的には光強度情報群から極大値を求めるのには3枚の画像があれば良く、更新速度をより向上させることができる。

## 【0063】

次に、第2の実施の形態について説明する。

本第2の実施の形態における走査型共焦点顕微鏡の構成は、図1を用いて説明した実施

の形態と同様である。但し、モニタ 15 に表示される試料 8 の情報は 3 D 表示化されている。

【 0 0 6 4 】

図 8 は、第 2 の実施に形態にかかる表示例を示す図である。

図 8 に示した表示例は、輝度及び高さ演算プログラムによって得られた高さ情報の表面部分に、試料 8 表面の実際の輝度情報を貼り合せて同時に表示させた例である。これが走査型共焦点顕微鏡のレーザ走査に同期して常に更新されるので、エクステンド画像による 2 次元的な表示に対して実際の試料 8 の様子をより忠実に立体的に表現したものとなる。このような表示により、使用者は一目で試料 8 の詳細な立体情報を得ることが可能になる。一般的な 3 D 表示ソフトが併せ持つ回転、拡大、縮小などが自在にできるようにし、使用者が所望の角度から観察できるようにしている。

10

【 0 0 6 5 】

次に、第 3 の実施の形態について説明する。

上述してきたように、連続的に試料 8 の 3 次元の情報が得られて更新されているので、これを利用して試料 8 の任意の各部の計測を連続的にやり続けることも可能である。

【 0 0 6 6 】

図 9 は、指示された 2 点間の距離の表示例を示す図である。

また、3 D 表示を用いてそのまま計測することももちろん可能である。3 D 表示されている試料 8 からラインカーソルなどで測定位置を指定し、プロファイルウィンドウで 2 点間の指定を行えば、画像の更新に合わせて測定結果が連続的に得られる。

20

【 0 0 6 7 】

なお、ラインカーソルを指示するものとして、例えばコンピュータ 12 に接続されているマウス等がある。

例えば、図 10 に示したように測定項目の「段差」を選択し、エクステンド画像中の注目点にラインカーソル（クロスカーソル 1 およびクロスカーソル 2）を合わせる。そのラインでの断面プロファイルが得られているので、このプロファイル上で 2 点を指定すればその間の段差が連続的に測定され、測定値の表示が描画に同期して更新される。今までの走査型共焦点顕微鏡が計測のために 3 次元取り込みをするとそこで作業の流れが終わってしまい、別条件で初めからやり直しになるところを、この機能は「条件出し」「測定による確認」「条件修正」の間に連続性を持たせることを可能としている。

30

【 0 0 6 8 】

図 11 は、指示された 2 点間の X、Y、Z の表示例を示す図である。

3 D 表示された試料 8 に対しマウスなどで空間の 1 点を指定することは困難であるため、プロファイル表示されるクロスカーソルを 3 D 画像に対して表示することで任意の 1 点が指定可能となる。これはある 1 ライン内のプロファイル計測であっても良いし、複数の異なるプロファイル間を指定できるようにしても良い。計測結果には、指定した 2 点間の X、Y、Z および 2 点間の距離などが走査に同期して連続的に計測され表示も更新される。

【 0 0 6 9 】

次に、第 4 の実施の形態について説明する。

40

第 4 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡は、上述の第 1 乃至第 3 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡と同様である。

【 0 0 7 0 】

すなわち、第 4 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡は、試料 8 上の X Y 走査範囲にわたって取得した情報に基づいて、全面に焦点があったエクステンド画像と高さマップ画像とを作成する。高さマップ画像は、コンピュータ 12 により処理されモニタ 15 上に 3 次元的に表示させることができる。この 3 次元的に表示した高さマップ画像、すなわち 3 D 画像は、その表面にエクステンド画像を貼り付けて表示することができる。

【 0 0 7 1 】

そして、第 4 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡は、この 3 D 画像とともに工

50



クステンド画像も同一画面上に同時かつ連続的に更新しながら表示する。

図12乃至図17は、3D画像21とエクステンド画像22とをモニタ15上に表示させた例を示す図である。それぞれ、試料8の表面の3次元形状を示す3D画像21と全面にピントの合ったエクステンド画像22とが、モニタ15上に同時かつ連続的に更新しながら表示されている。

【0072】

図12は、3次元の3D画像21と2次元のエクステンド画像22を同一の画面サイズで表示させた例であり、図13は、全画面表示した3次元の3D画像21上の一部分に2次元のエクステンド画像22を縮小表示させた例であるが、各々の表示サイズの割合は使用者が見やすいように自由に変更されるようになっていけばさらによい。

10

【0073】

また、図14乃至図16は、図13と同様に全画面表示した3次元の3D画像21上の一部分に2次元のエクステンド画像22を縮小表示させた例であるが、図14は、全画面表示した3次元の3D画像21として高さ情報を濃淡で表現した例であり、図15は、全画面表示した3次元の3D画像21として高さ情報をラインで表現した例であり、図16は、全画面表示した3次元の3D画像21として高さ情報をメッシュで表現した例である。

【0074】

また、2次元画像として表示されるものは、エクステンド画像22に対して所定の画像処理を施したものであってもよい。例えば、エクステンド画像22に対してエッジ抽出フィルタをかけたものを表示させるようにすれば、3D画像21により3次元形状を観察できるとともにエクステンド画像22によりエッジ部を同時に観察することができる。画像処理としては、そのほかにも例えば2値化フィルタ、境界線抽出フィルタ等、一般的な画像処理手法として知られている種々のものを適用することができる。なお、この画像処理は、連続的に更新されその表示中に行えるようにしても良い。

20

【0075】

さらに、2次元画像として表示されるエクステンド画像22としては、図17に示したように、高さマップ画像で表現したものであってもよいし、高さマップ画像を元にした等高線画像であってもよい。このようにして、3次元画像である3D画像21と2次元的な高さ情報を示すエクステンド画像22が同時に表示されて、時間の経過とともに連続的に更新されることによって、使用者は高さ方向の情報をより認識しやすくなる。

30

【0076】

なお、3D画像21は、動作中にも回転、拡大、縮小などが自在にできる。また、Z範囲は、現在の焦点位置を下限として設定されたZ走査範囲を上下に移動する方式であってもよい。このようにすれば、設計値等からあらかじめ段差量が分かっている試料8に対して最初のZ走査範囲の指定がしやすくなる。

【0077】

このように、試料8の3D画像21とエクステンド画像22とをモニタ15の同じ画面上に連続的に更新表示することで、使用者が試料8の立体的な情報と平面的な情報とを同時に観察することができるため、使用者は視覚的に試料8の表面状態が観察しやすくなる。

40

【0078】

次に、第5の実施の形態について説明する。

図18は、本発明の第5の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡の構成を示す図である。

【0079】

第5の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡は、図1に示した第1の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡と比較して、ハーフミラー16および光検出器17をさらに備えている。

【0080】

50

すなわち、試料 8 の表面で反射した光は、再び対物レンズ 7 から 2 次元走査機構 3 を介してビームスプリッター 2 に導入された後、結像レンズ 9 によって集光され、ハーフミラー 16 で分割されてそれぞれピンホール 10 を介して光検出器 11 と光検出器 17 によって検出される。光検出器 17 によって検出された画像は非共焦点画像であり、焦点深度が広い。

【0081】

そして、第 5 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡は、この 3 D 画像とともに非共焦点画像をも同時に表示する。

次に、図 18 に示した走査型共焦点顕微鏡による試料情報測定方法について説明する。なお、高さマップ画像を取得して、繰り返し 3 次元の画像を表示をさせる方法は、上述の各実施の形態と同様である。 10

【0082】

図 19 乃至図 22 は、3 D 画像 31 と非共焦点画像 32 とをモニタ 15 上に表示させた例を示す図である。それぞれ、試料 8 の表面の 3 次元形状を示す 3 D 画像 31 と非共焦点画像 32 とが、モニタ 15 上に同時かつ連続的に更新しながら表示されている。

【0083】

この時、3 D 画像 31 の表示は 1 回の高さ情報の抽出毎に更新され、非共焦点画像 32 の表示は各位置 Z 毎に更新される。すなわち、図 4 で示したような動作をした場合、3 D 画像 31 の表示は Z ( - 2 ) から Z ( 2 ) まで移動したところで 1 回更新され、非共焦点画像 32 の表示は Z ( - 2 )、Z ( - 1 )、Z ( 0 )、Z ( 1 )、Z ( 2 ) の各 Z 位置毎に更新される。 20

【0084】

図 19 は、Z ( - 1 ) における 3 D 画像 31 と非共焦点画像 32 とをモニタ 15 上に表示させた例を示す図であり、図 20 は、Z ( 0 ) における 3 D 画像 31 と非共焦点画像 32 とをモニタ 15 上に表示させた例を示す図であり、図 21 は、Z ( 1 ) における 3 D 画像 31 と非共焦点画像 32 とをモニタ 15 上に表示させた例を示す図であり、図 22 は、Z ( 2 ) における 3 D 画像 31 と非共焦点画像 32 とをモニタ 15 上に表示させた例を示す図である。

【0085】

これらの図 19 乃至図 22 を見れば分かるように、3 D 画像 31 の表示は 1 回の高さ情報の抽出毎に更新されるので、図 19 乃至図 21 までは同じ画像が表示され、図 22 で初めて画像が更新されるのに対して、非共焦点画像 32 の表示は各位置 Z 毎に更新されるので、図 19 乃至図 22 のそれぞれにおいて画像が更新されている。なお、第 4 の実施の形態と同様に、この場合に表示される非共焦点画像 32 は縮小された表示方法であってもよい。 30

【0086】

このように、Z 走査範囲の各 Z 位置で取得した非共焦点画像 32 を 3 D 画像 31 と同じモニタ 15 上の画面に同時かつ連続的に更新しながら表示させることにより、試料 8 を X Y 方向に移動させた時等に使用者が試料 8 の観察場所を見失ってしまうことを避けることができる。特に非共焦点画像 32 は焦点深度が深いため、どの Z 位置であっても試料 8 の表面の情報を得やすく、使用者は非共焦点画像 32 と 3 D 画像 31 とを同時に見ながら容易に試料 8 の位置調整を行うことができる。なお、光スキャナ 3 a、3 b を Z 範囲走査中ずっと連続的に X Y 走査させ、非共焦点画像 32 を 1 フレーム毎に更新するようにすればさらに操作性は良くなる。 40

【0087】

また、2 次元として表示させる画像は、非共焦点画像 32 の代わりに、各 Z 位置での共焦点画像であってもよい。この場合、焦点深度は浅くなるが、焦点が合った部分の変化推移を 3 次元形状と同時に観察することができる。

【0088】

図 23 乃至図 25 は、3 D 画像 31 と共焦点画像 33 とをモニタ 15 上に表示させた例 50

を示す図である。それぞれ、試料 8 の表面の 3 次元形状を示す 3 D 画像 3 1 と共焦点画像 3 3 とが、モニタ 1 5 上に同時かつ連続的に更新しながら表示されている。

【 0 0 8 9 】

図 2 3 は、 $Z(-1)$  における 3 D 画像 3 1 と共焦点画像 3 3 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図であり、図 2 4 は、 $Z(0)$  における 3 D 画像 3 1 と共焦点画像 3 3 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図であり、図 2 5 は、 $Z(1)$  における 3 D 画像 3 1 と共焦点画像 3 3 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図である。

【 0 0 9 0 】

次に、第 6 の実施の形態について説明する。

図 2 6 は、本発明の第 6 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡の構成を示す図である。 10

【 0 0 9 1 】

第 6 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡は、図 1 に示した第 1 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡と比較して、白色光源 1 9 およびカラー検出器 2 0 をさらに備えている。

【 0 0 9 2 】

すなわち、白色光源 1 9 から対物レンズ 7 を介して試料 8 の表面で反射した光は、例えばカラー CCD 等のカラー検出器 2 0 上に結像され、カラー検出器 2 0 で撮像された信号は、コンピュータ 1 2 内の不図示のカラー画像取込ボードにより取り込まれて、3 D 画像とともにカラー画像がモニタ 1 5 上に表示される。 20

【 0 0 9 3 】

次に、図 2 6 に示した走査型共焦点顕微鏡による試料情報測定方法について説明する。なお、高さマップ画像を取得して、繰り返し 3 次元の画像を表示をさせる方法は、上述の各実施の形態と同様である。

【 0 0 9 4 】

図 2 7 は、3 D 画像 4 1 とカラー画像 4 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図である。試料 8 の表面の 3 次元形状を示す 3 D 画像 4 1 とカラー画像 4 2 とが、モニタ 1 5 上に同時かつ連続的に更新しながら表示されている。

【 0 0 9 5 】

この時、3 D 画像 4 1 の表示は 1 回の高さ情報の抽出毎に更新され、Z 移動動作および スキャナ走査とカラー画像 4 2 の撮像描画とは非同期に実行できるため、カラー画像 4 2 はほぼフレームレートで更新される。 30

【 0 0 9 6 】

このように、カラー検出器 2 0 により取得したカラー画像 4 2 を 3 D 画像 4 1 と同じモニタ 1 5 上の画面に連続的に更新しながら表示させることにより、試料 8 を X Y 方向に移動させた時等に使用者が試料 8 の観察場所を見失ってしまうことを避けることができる。また、カラー画像 4 2 によりカラーの情報を得られるため、使用者は試料 8 の表面状態を認識しやすく、カラー画像 4 2 と 3 D 画像 4 1 とを同時に見ながら容易に試料 8 の位置調整を行うことができる。

【 0 0 9 7 】

また、カラー画像 4 2 をフレームレートで表示更新する代わりに、カラー画像 4 2 の情報からコントラスト等の情報を使って全面にピントが合うように焦点合成したカラーエクステンド画像を、1 回の Z 走査毎に表示更新するようにもできる。このようにした場合、3 D 画像 4 1 の表面には、共焦点画像から構成されたエクステンド画像の代わりにカラーのエクステンド画像を貼り付けてもよい。 40

【 0 0 9 8 】

次に、上述の各実施の形態で共通する試料情報計測処理の流れを説明する。

図 2 8 は、試料情報計測処理の流れを示すフローチャートである。

まず、ステップ S 2 8 1 において、使用者が走査型共焦点顕微鏡 ( L S M ) による 2 次元画像で試料 8 を確認し、ステップ S 2 8 2 において、3 次元繰り返し表示を実行させる 50

ための開始ボタンを押す。

【0099】

そして、ステップS283において、Z位置始動ボタンを操作して観察する試料8のZ方向の観察位置を調整するとともに、ステップS284において、3次元繰り返し表示のZ走査範囲(上端位置から下端位置までの幅)を調整する。

【0100】

すると、上述の各実施の形態の走査型共焦点顕微鏡は、試料8をZ方向に繰り返し走査して3D画像21、31、41を表示する。

この際、例えば、図29に示すように、モニタ15上に3D画像21の繰り返し表示タイミングを示す3D画像更新表示灯23、24を表示すれば、3D画像21が更新されるタイミングを知ることができる。図29に示した表示例は、3D画像21が表示されるサイクル毎に3D画像更新表示灯23および24が交互に表示される例を示している。すなわち、1サイクル目は3D画像更新表示灯23が点灯し3D画像更新表示灯24が消灯し、2サイクル目は3D画像更新表示灯23が消灯し3D画像更新表示灯24が点灯し、3サイクル目はまた3D画像更新表示灯23が点灯し3D画像更新表示灯24が消灯するという具合である。

【0101】

このように、3D画像21が表示されるサイクル毎に3D画像更新表示灯23および24が表示されることにより、使用者は3D画像21が更新されるタイミングを知ることができ、測定パラメータを変更するタイミングを図ることができる。なお、この繰り返し走査表示のタイミングを示す3D画像更新表示は、上記に限定されず、1つの表示灯でも良いし、様々な図形、又は棒状のレベルメータ等でも良い。

【0102】

図28の説明に戻る。

ステップS285において、表示されている3D画像21、31、41が期待する3次元形状であるのか否かを使用者が判断し、期待する3次元形状でないと判断した場合(ステップS286:N)は、ステップS283以降を繰り返すことにより、観察する試料8のZ方向の観察位置の再調整(ステップS283)や、3次元繰り返し表示のZ走査範囲の再調整(ステップS284)を行う。

【0103】

ステップS286で期待する3次元形状であると判断した場合(ステップS286:Y)は、ステップS287において、計測モードでの画像情報を取り込むための3次元画像取り込みボタンを押すことにより、3次元繰り返し表示を停止し、ステップS288において、ステップS285の3次元繰り返し表示で観察していた時と同じ走査範囲で、3次元繰り返し表示で観察していた際のZ走査ステップ又はXY走査ステップと比較して、同等又は小さく自動変換された高精度な3次元画像データを取得する。よって、連続的に更新し表示している画像上での測定より、高精度な測定が可能となる。

【0104】

以上、本発明を適用した各実施の形態を説明してきたが、本発明を適用する走査型共焦点顕微鏡の構成は、図1、図18または図26に示す構成に限らず各種の走査型共焦点顕微鏡に適用することができる。

【0105】

例えば、円盤上にスパイラル状に複数の微小開口を設けたニポウまたはニブコウ(Nipkow)ディスクを高速回転させる構成であっても良い。このとき、上記Nipkowディスクが対物レンズの集光位置と共役な位置に配置される微小開口を兼ね、光検出器としてCCDなどの2次元画像センサが用いられる。さらには2次元光走査機構に変えて、1次元光スキャナによって対物レンズの集束光を試料の1ライン上で走査し、試料の断面形状を測定する構成であっても良い。

【0106】

また、対物レンズ7の集光位置と試料8の位置を相対的に移動させる移動機構として、

10

20

30

40

50

対物レンズ 7 を移動する Z レボルバ 6 に代えて試料 8 の位置を移動させるステージ機構を用いても良い。

【0107】

その他、上記の構成に限らず、各種の走査型共焦点顕微鏡に本発明を適用することができる。すなわち、本発明が適用される走査型共焦点顕微鏡および試料情報測定方法は、その機能が実行されるのであれば、上述の実施の形態に限定されることはなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の構成または形状を取ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡の構成を示す図である 10

【図 2】計測する試料の形状例を説明するための図である。

【図 3】c 面に焦点を合わせた場合の画像表示例を示す図である。

【図 4】Z 方向の走査範囲の設定を説明するための図である。

【図 5】a 面、b 面、c 面上の点の光強度群の I - Z カーブを示す図である。

【図 6】Z ( - 2 ) 乃至 Z ( 2 ) の位置での光強度群を示す図である。

【図 7】全面に渡って焦点が合った場合の画像表示例を示す図である。

【図 8】第 2 の実施に形態にかかる表示例を示す図である。

【図 9】指示された 2 点間の距離の表示例を示す図である。

【図 10】任意の 2 点を指示する例を示す画像である。 20

【図 11】指示された 2 点間の X、Y、Z の表示例を示す図である。

【図 12】3 D 画像 2 1 とエクステンド画像 2 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 1 ) である。

【図 13】3 D 画像 2 1 とエクステンド画像 2 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 2 ) である。

【図 14】3 D 画像 2 1 とエクステンド画像 2 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 3 ) である。

【図 15】3 D 画像 2 1 とエクステンド画像 2 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 4 ) である。

【図 16】3 D 画像 2 1 とエクステンド画像 2 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 5 ) である。 30

【図 17】3 D 画像 2 1 とエクステンド画像 2 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 6 ) である。

【図 18】本発明の第 5 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡の構成を示す図である。

【図 19】3 D 画像 3 1 と非共焦点画像 3 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 1 ) である。

【図 20】3 D 画像 3 1 と非共焦点画像 3 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 2 ) である。

【図 21】3 D 画像 3 1 と非共焦点画像 3 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 3 ) である。 40

【図 22】3 D 画像 3 1 と非共焦点画像 3 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 4 ) である。

【図 23】3 D 画像 3 1 と共焦点画像 3 3 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 1 ) である。

【図 24】3 D 画像 3 1 と共焦点画像 3 3 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 2 ) である。

【図 25】3 D 画像 3 1 と共焦点画像 3 3 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図 ( その 3 ) である。

【図 26】本発明の第 6 の実施の形態を適用した走査型共焦点顕微鏡の構成を示す図であ 50

る。

【図 2 7】3 D 画像 4 1 とカラー画像 4 2 とをモニタ 1 5 上に表示させた例を示す図である。

【図 2 8】試料情報計測処理の流れを示すフローチャートである。

【図 2 9】3 D 画像 2 1 の繰り返し表示タイミングを示す 3 D 画像更新表示灯の表示例を示す図である。

【図 3 0】従来の走査型共焦点顕微鏡の概略的な構成を示す図である。

【図 3 1】対物レンズ 7 と試料 8 の相対位置 ( Z ) と光検出器 1 1 の出力 ( I ) の関係を示す図である。

【符号の説明】

10

【 0 1 0 9 】

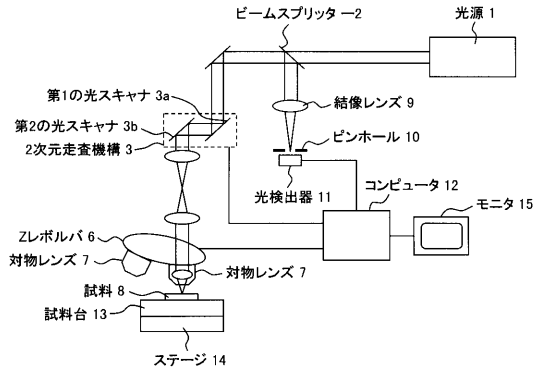
- 1 光源
- 2 ビームスプリッター
- 3 2次元走査機構
- 3 a 第 1 の光スキャナ
- 3 b 第 2 の光スキャナ
- 6 Z レボルバ
- 7 対物レンズ
- 8 試料
- 9 結像レンズ
- 1 0 ピンホール
- 1 1 光検出器
- 1 2 コンピュータ
- 1 3 試料台
- 1 4 ステージ
- 1 5 モニタ
- 1 6 ハーフミラー
- 1 7 光検出器
- 1 9 白色光源
- 2 0 カラー検出器
- 2 1 3 D 画像
- 2 2 エクステンド画像
- 2 3 3 D 画像更新表示灯
- 2 4 3 D 画像更新表示灯
- 3 1 3 D 画像
- 3 2 非共焦点画像
- 3 3 共焦点画像
- 4 1 3 D 画像
- 4 2 カラー画像

20

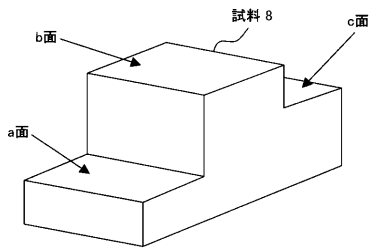
30

40

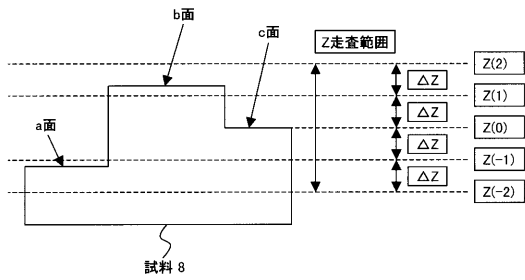
【 図 1 】



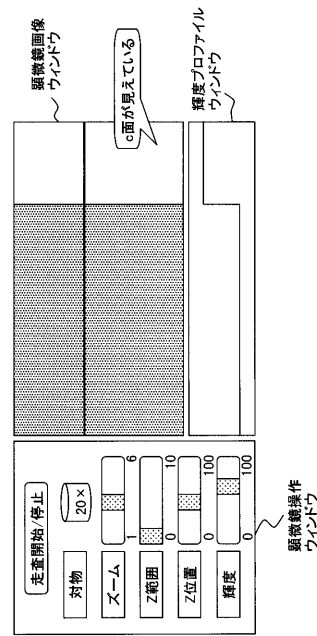
【 図 2 】



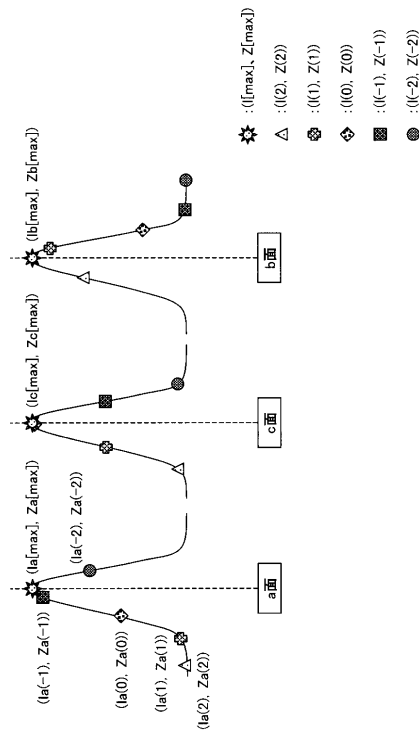
【 図 4 】



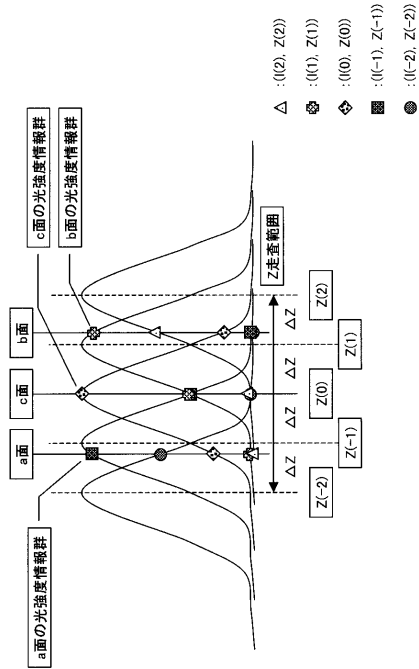
【 図 3 】



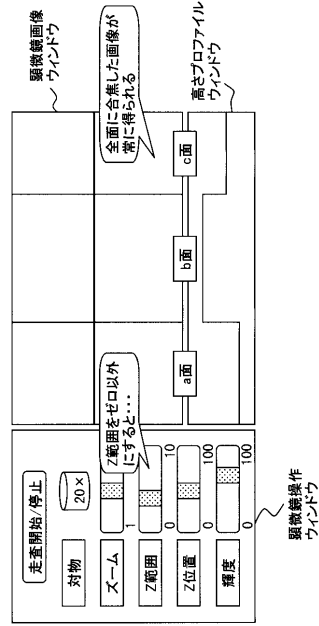
【 図 5 】



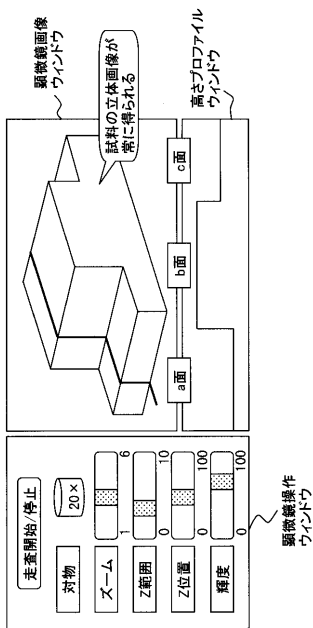
【 図 6 】



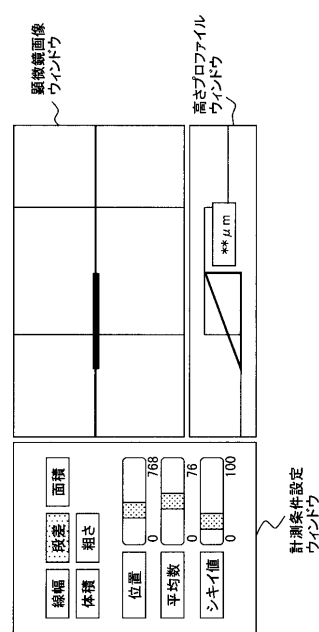
【 図 7 】



【 図 8 】

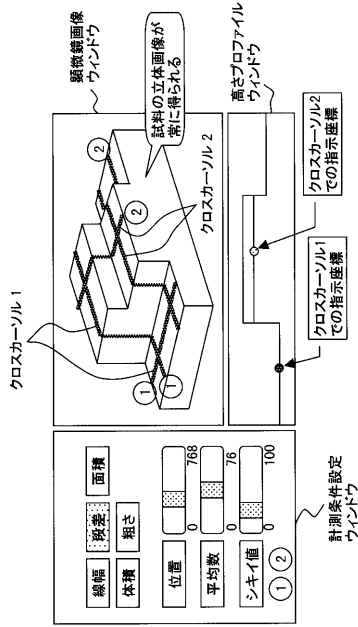


【 図 9 】

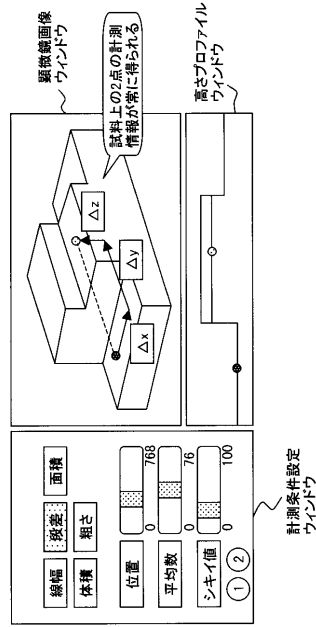




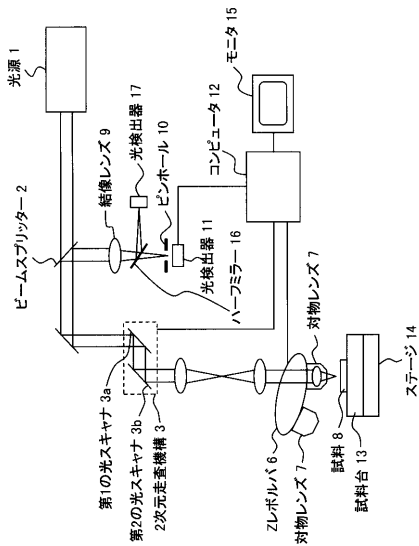
【図 10】



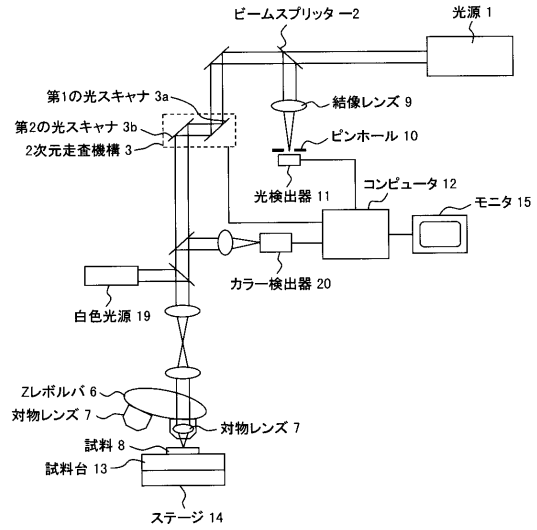
【図 11】



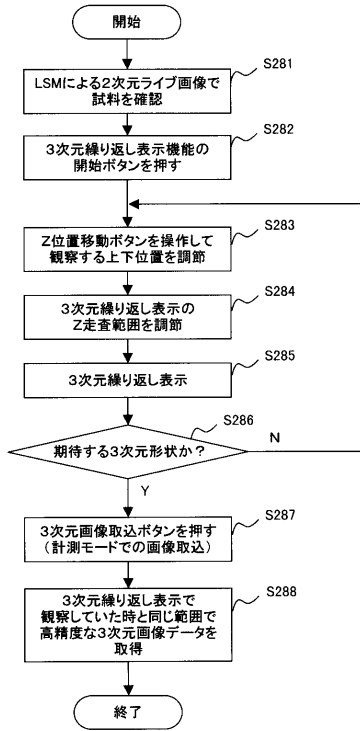
【図 18】



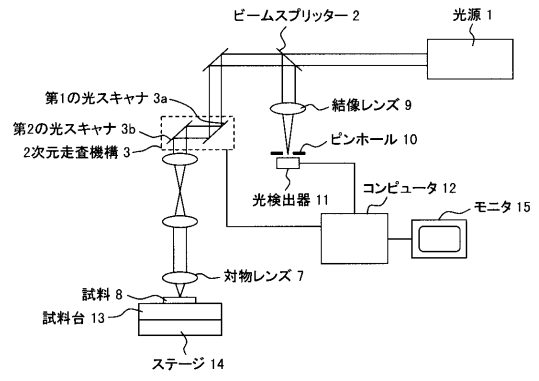
【図 26】



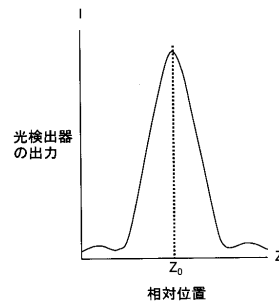
【 図 2 8 】



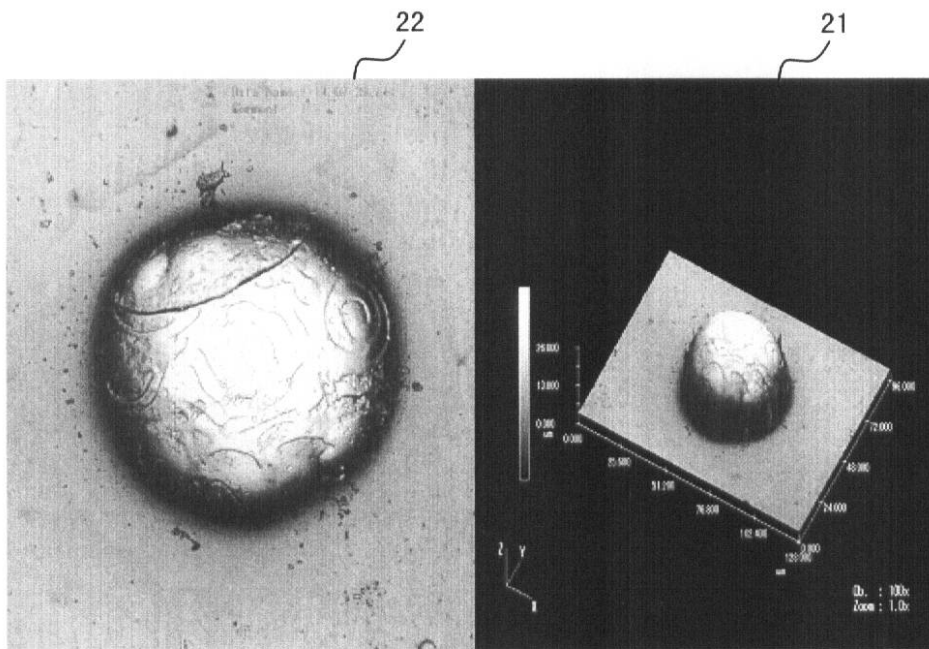
【 図 3 0 】



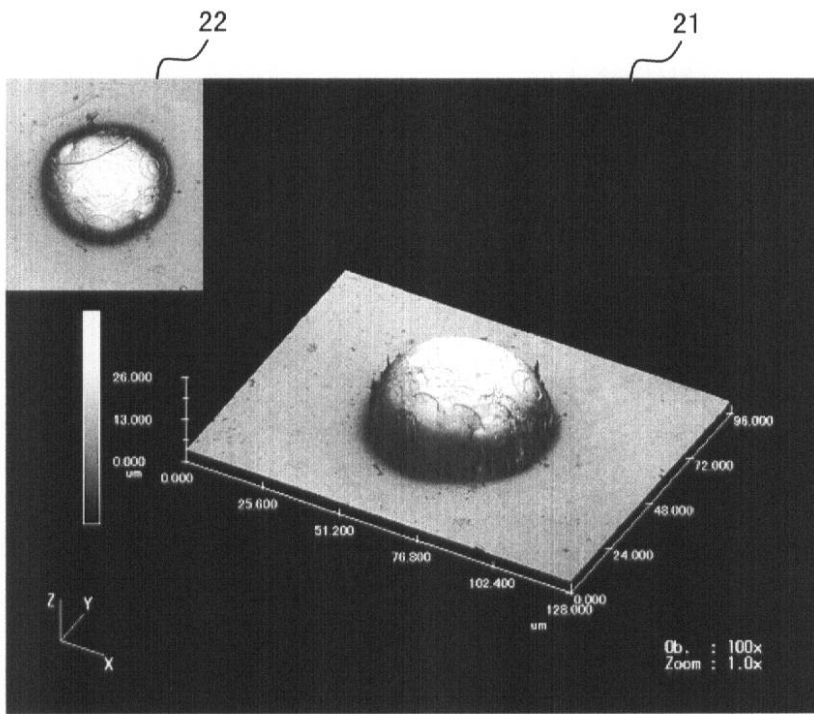
【 図 3 1 】



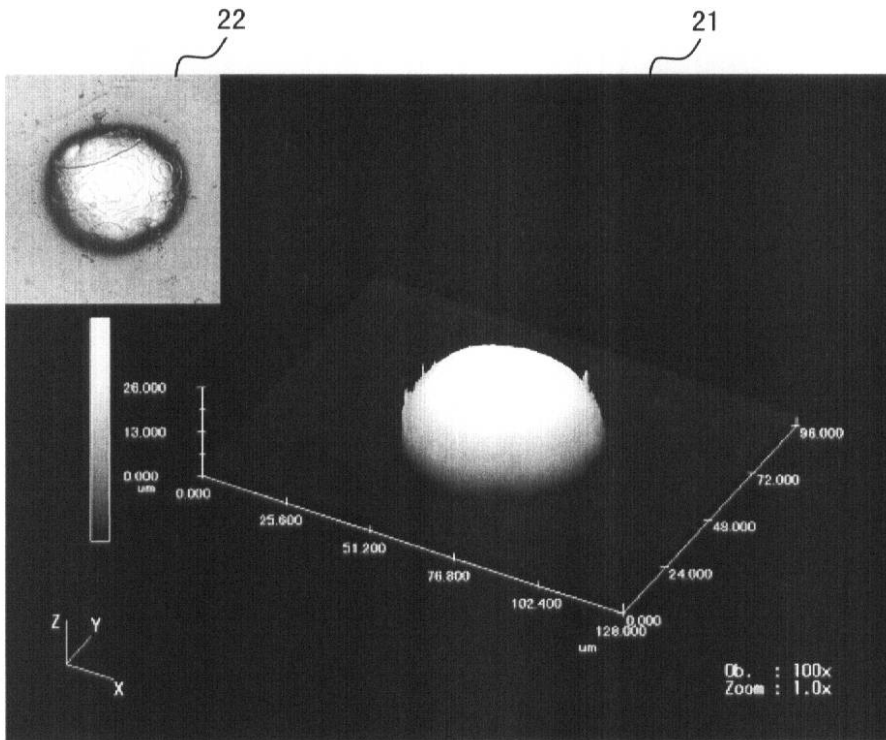
【 図 1 2 】



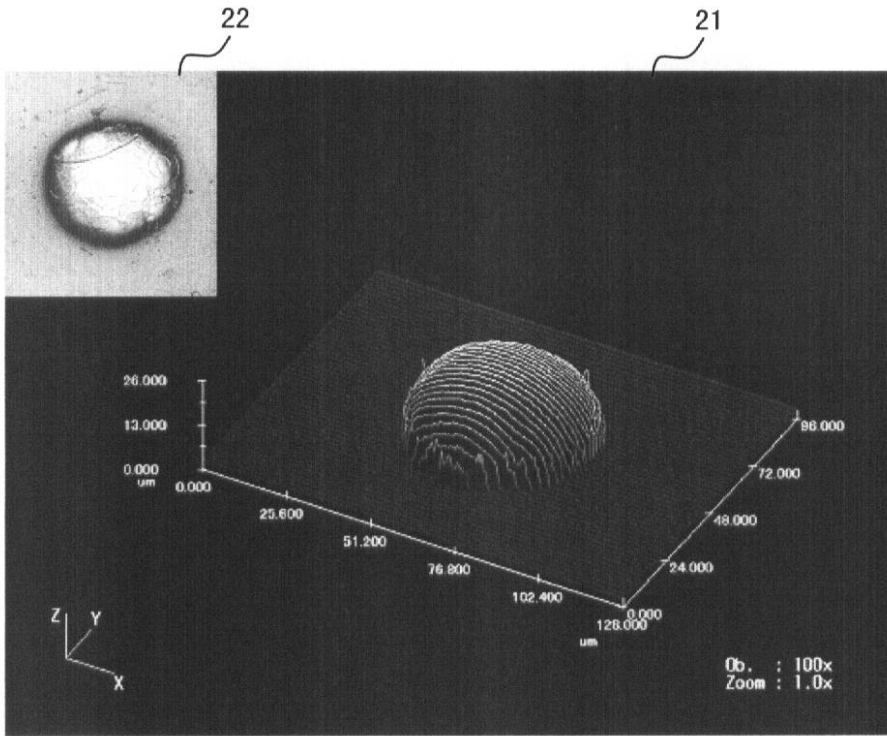
【 図 1 3 】



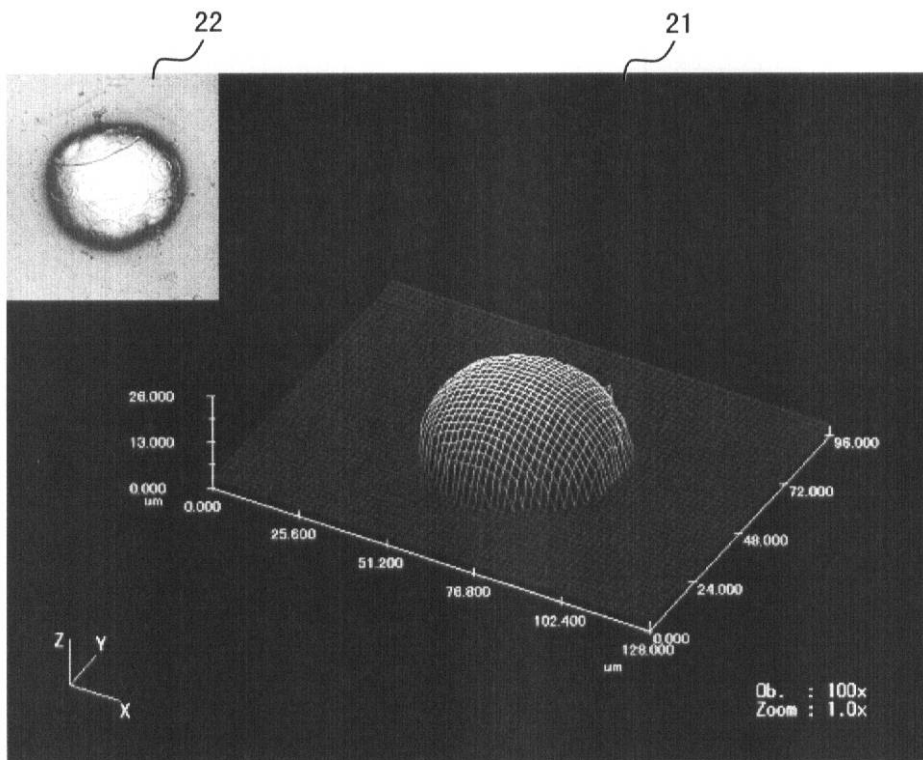
【 図 1 4 】



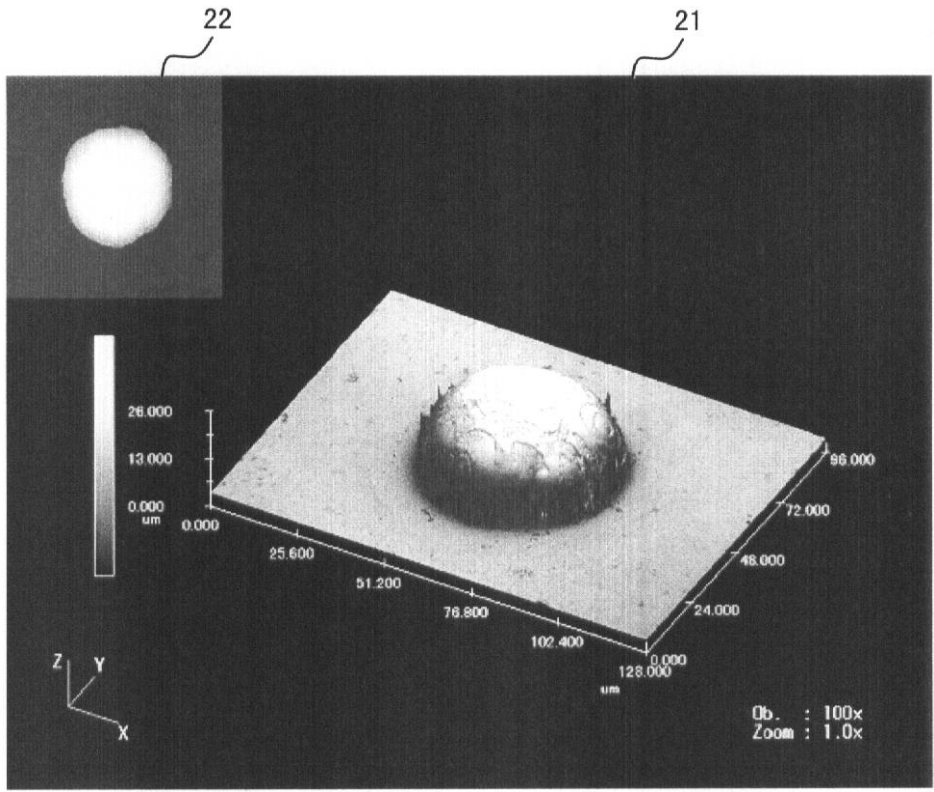
【 図 1 5 】



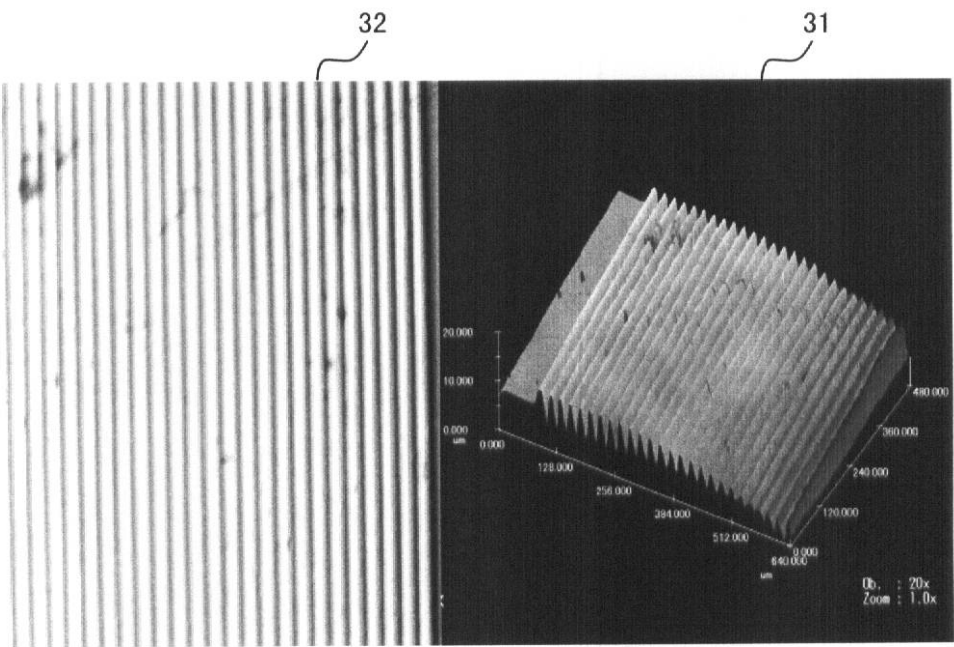
【 図 1 6 】



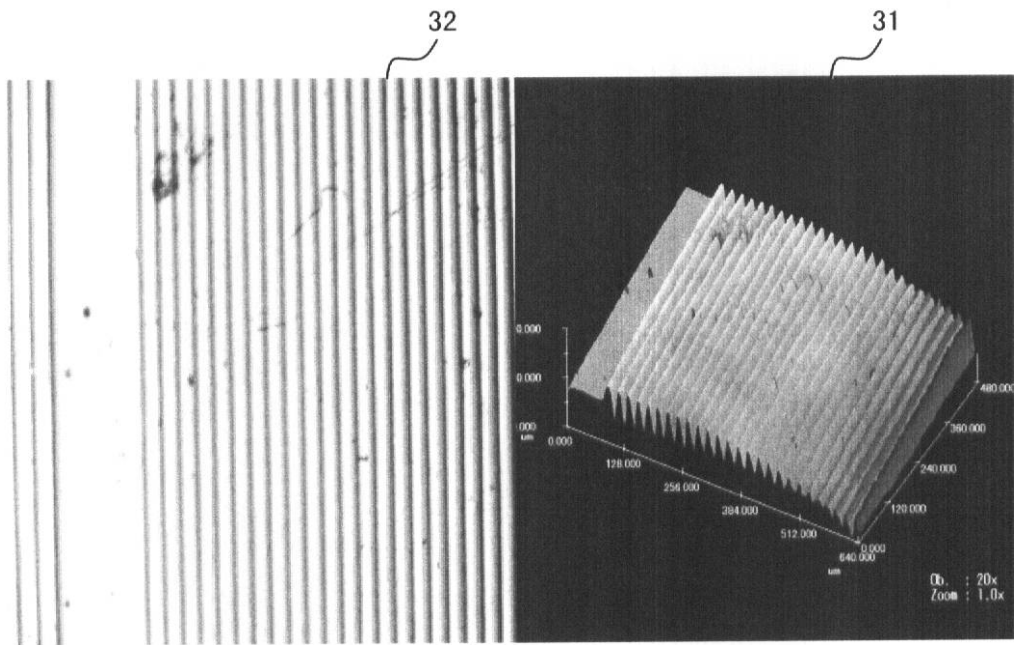
【 図 17 】



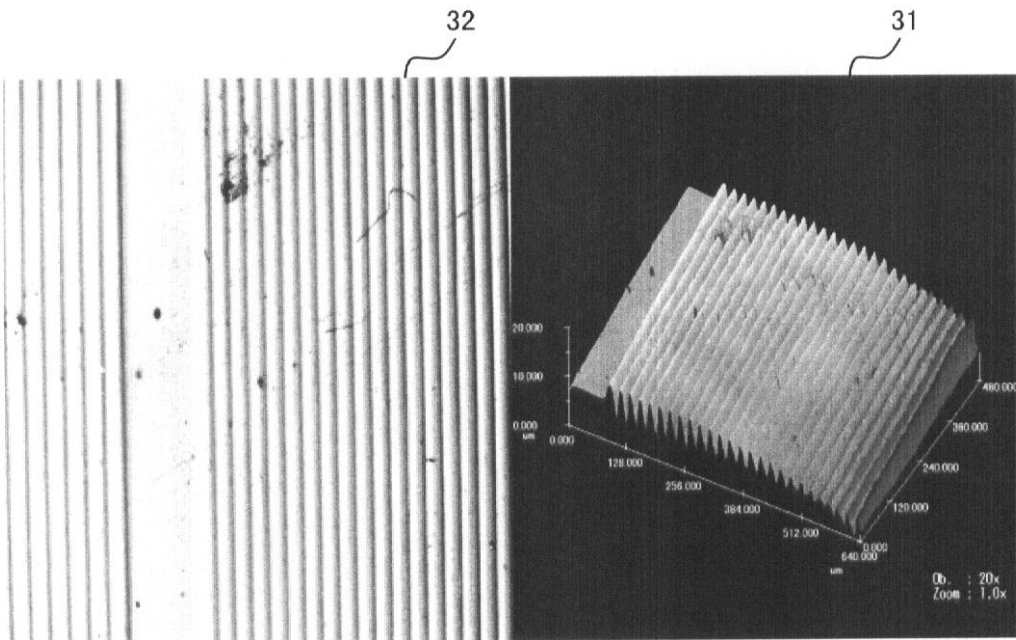
【 図 19 】



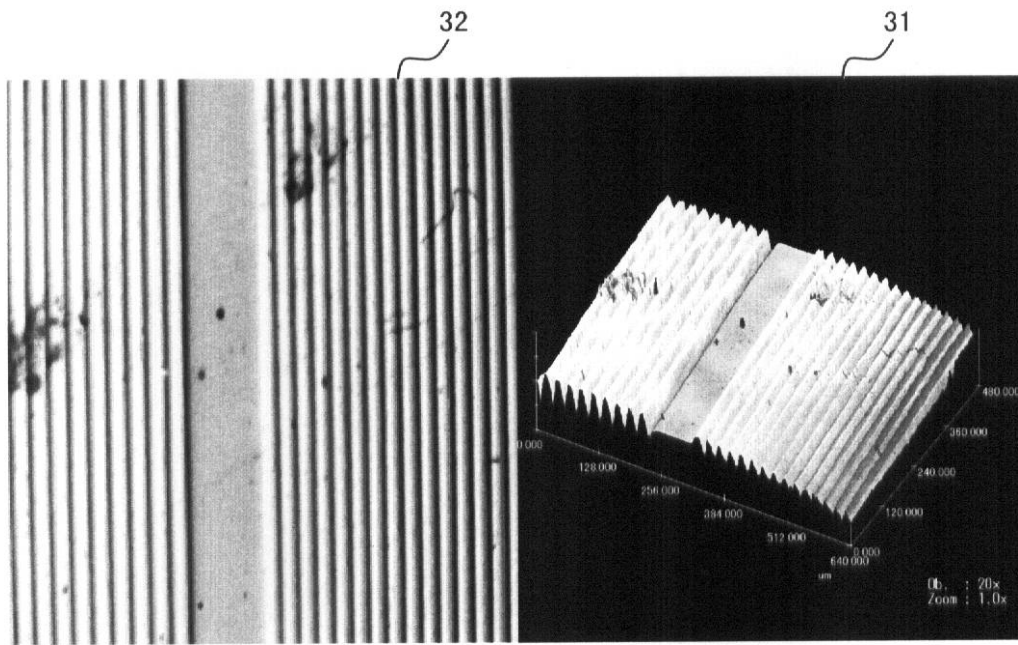
【 図 2 0 】



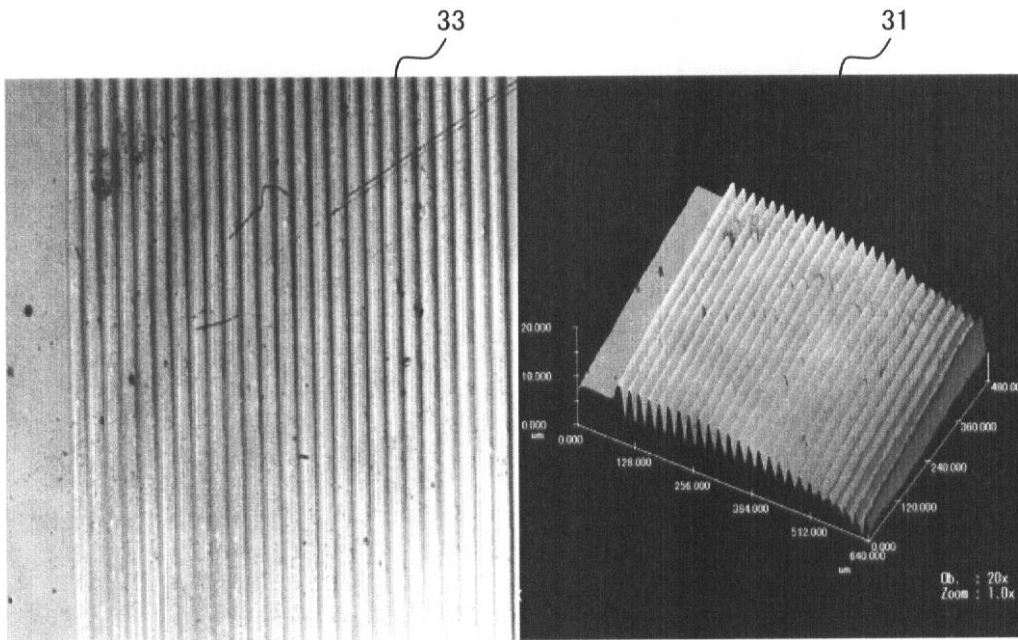
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】

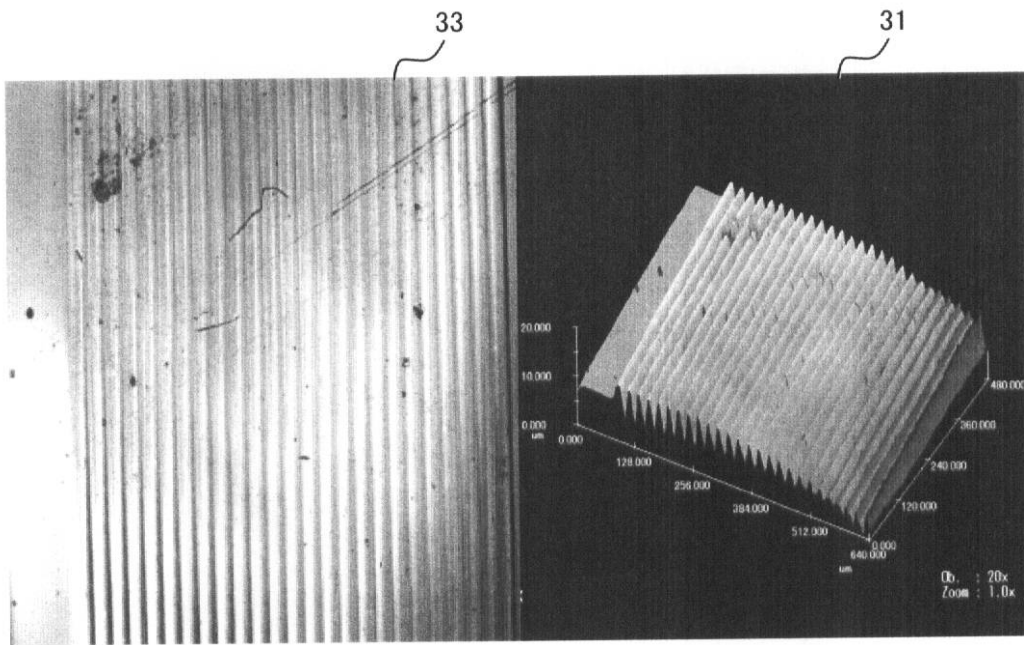


【 図 2 3 】

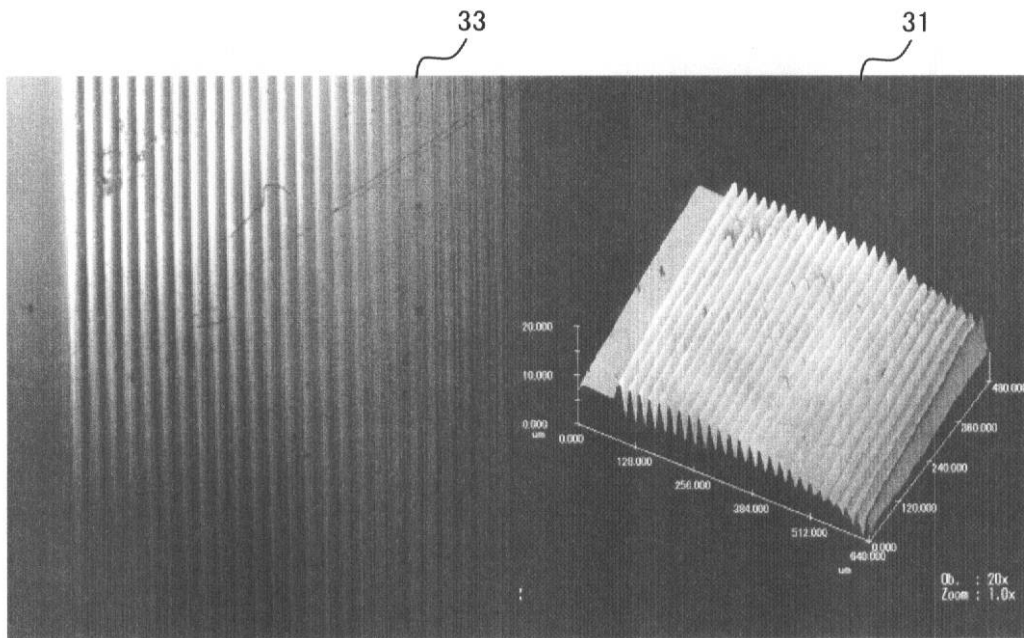




【 図 2 4 】

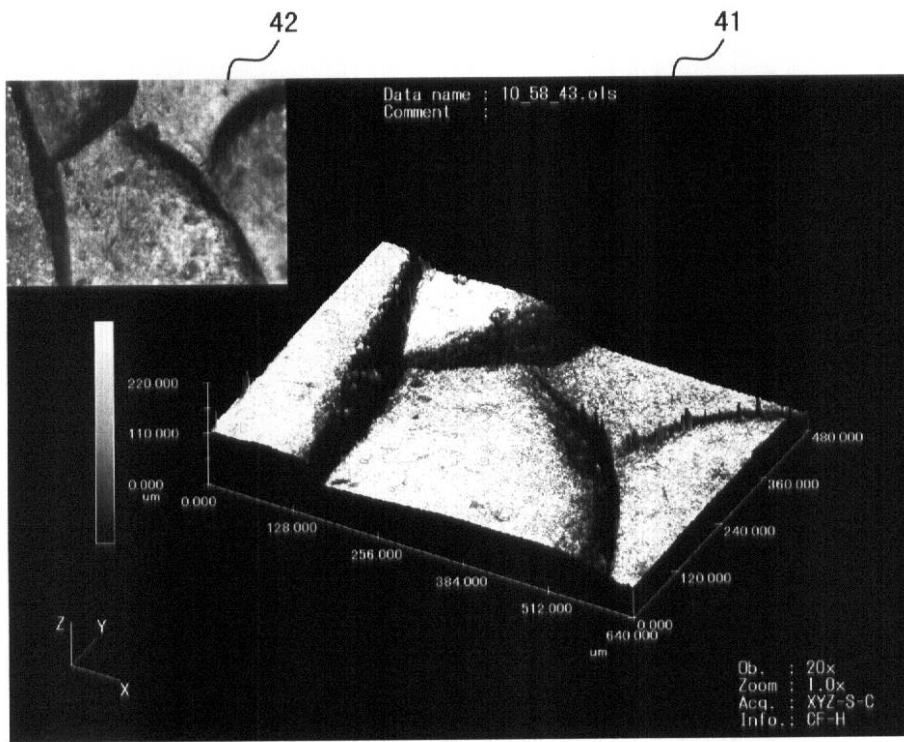


【 図 2 5 】





【 図 2 7 】



【 図 2 9 】

