

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4928894号
(P4928894)

(45) 発行日 平成24年5月9日 (2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月17日 (2012.2.17)

(51) Int. Cl.

F I

GO 2 B 21/00 (2006.01)

GO 2 B 21/36 (2006.01)

GO 2 B 21/00

GO 2 B 21/36

請求項の数 7 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2006-272058 (P2006-272058)	(73) 特許権者	000129253
(22) 出願日	平成18年10月3日 (2006.10.3)		株式会社キーエンス
(65) 公開番号	特開2008-90071 (P2008-90071A)		大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番14号
(43) 公開日	平成20年4月17日 (2008.4.17)	(74) 代理人	100104949
審査請求日	平成21年9月24日 (2009.9.24)		弁理士 豊栖 康司
		(74) 代理人	100074354
			弁理士 豊栖 康弘
		(72) 発明者	中務 貴司
			大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番14号 株式会社キーエンス内
		(72) 発明者	梅原 康暢
			大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番14号 株式会社キーエンス内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 拡大観察装置、拡大観察装置の操作方法、拡大観察装置操作プログラムおよびコンピュータで読み取り可能な記録媒体並びに記録した機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象物を撮像した入力画像を取得するための画像取得手段と、
前記画像取得手段で取得した入力画像に対してフーリエ変換を行い、フーリエ変換画像を生成するためのフーリエ変換手段と、
前記フーリエ変換画像を表示するための表示手段と、
前記表示手段上で表示されたフーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定するためのフィルタ設定手段と、
前記フィルタ設定手段で設定される周波数フィルタの適用範囲を、前記表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示するためのハイライト手段と、
周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行うためのフィルタ演算手段と、
前記フィルタ演算手段による周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換するための逆フーリエ変換手段と、
を備えることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の拡大観察装置であって、
前記フィルタ設定手段により設定する周波数フィルタの種別が、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタを含み、周波数フィルタ処理を適用する範囲が、2次元フーリエ変換画像の

X方向、Y方向、XY方向のいずれかを含むことを特徴とする拡大観察装置。

【請求項3】

請求項2に記載の拡大観察装置であって、

前記フィルタ設定手段により周波数フィルタ処理を適用する範囲としてXY方向が選択される際、前記ハイライト手段がマスク領域を、2次元フーリエ変換画像のXY座標の原点を中心とする同心円状に表示し、

前記フィルタ設定手段によりX方向が選択される際、前記ハイライト手段がマスク領域をY座標軸に対して対称かつ平行な直線で区画される矩形状に表示し、

前記フィルタ設定手段によりY方向が選択される際、前記ハイライト手段がマスク領域をX座標軸に対して対称かつ平行な直線で区画される矩形状に表示してなることを特徴とする拡大観察装置。

10

【請求項4】

共焦点光学系を介して測定対象物からの光を受光素子で受光し、その受光情報に基づいて前記測定対象物の表面の高さ情報及び光量情報を取得し、前記測定対象物の表面の画像を共焦点画像として表示可能な拡大観察装置であって、

各測定点において、光学系もしくは測定対象物を高さ方向に変化させながら合焦点位置を明るさに基づいて取得し、測定点を走査して共焦点画像を合成する共焦点光学系と、

前記共焦点光学系で撮像された共焦点画像を表示するための表示手段と、

前記共焦点画像に対してフーリエ変換を行い、フーリエ変換画像を生成するためのフーリエ変換手段と、

20

前記表示手段上で表示されたフーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定するためのフィルタ設定手段と、

前記フィルタ設定手段で設定される周波数フィルタの適用範囲を、前記表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示するためのハイライト手段と、

周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行うためのフィルタ演算手段と、

前記フィルタ演算手段による周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換するための逆フーリエ変換手段と、

を備えることを特徴とする拡大観察装置。

30

【請求項5】

測定対象物からの光を受光素子で受光し、その受光情報に基づいて前記測定対象物の光量情報を取得し、前記測定対象物の拡大画像を表示して観察可能な拡大観察装置の操作方法であって、

測定対象物を撮像した入力画像を取得する工程と、

前記撮像部で取得した入力画像に対してフーリエ変換を行い、生成されたフーリエ変換画像を表示手段に表示する工程と、

フーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定し、設定された周波数フィルタの適用範囲を、前記表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示する工程と、

40

周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行う工程と、

周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換して出力する工程と、

を含むことを特徴とする拡大観察装置の操作方法。

【請求項6】

測定対象物からの光を受光素子で受光し、その受光情報に基づいて前記測定対象物の光量情報を取得し、前記測定対象物の拡大画像を表示して観察可能な拡大観察装置操作プログラムであって、

測定対象物を撮像した入力画像を取得する機能と、

前記撮像部で取得した入力画像に対してフーリエ変換を行い、生成されたフーリエ変換画

50

像を表示手段に表示する機能と、

フーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定し、設定された周波数フィルタの適用範囲を、前記表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示する機能と、

周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行う機能と、

周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換して出力する機能と、

をコンピュータに実現させることを特徴とする拡大観察装置操作プログラム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載されるプログラムを格納したコンピュータで読み取り可能な記録媒体又は記録した機器。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フーリエ変換を行う拡大観察装置、拡大観察装置の操作方法、拡大観察装置操作プログラムおよびコンピュータで読み取り可能な記録媒体並びに記録した機器に関する。

【背景技術】

【0002】

観察用顕微鏡、測定用顕微鏡、マイクロスコプ等、各種顕微鏡や観察装置において、測定対象物（ワーク）の画像を撮影し、その後様々な画像処理を施して目的の観察、解析、測定を行うことは一般的に広く知られるやり方である。画像処理の目的は、対象画像から不要なノイズを除いたり、着目したい箇所だけを抽出したり、コントラストを上げたり、見易くするために色を変えたり等、その後の解析や作成するレポートの品質を向上させるための前準備を行うことにある。このような画像処理には、例えば平滑化、エッジ強調、ノイズ除去、輪郭抽出、周波数フィルタ、明るさ調整、コントラスト調整等がある。中でも、周波数フィルタはよく利用される主要技術の一である。

20

【0003】

周波数フィルタはその名の通り、対象画像を X 軸、Y 軸方向にそれぞれ周波数成分に分解し、特定の周波数成分のみを強調したり、マスクして除いたりして再度画像に戻すフィルタである。例えば周期的な振動によって画像に周期的な縞が載ってしまった場合、前述の周波数フィルタにてこの縞に相当する周波数部分をマスクしてしまうことで、元画像から縞だけを選択的に除去することができる。このような例は周波数フィルタが顕著に効果を発揮する一例である。その他、ノイズ成分を除去するために高周波部分をカットする、いわゆるローパスフィルタや、輪郭情報のみ抽出するために低周波部分をカットする、いわゆるハイパスフィルタ等もフィルタとしてよく用いられている。

30

【特許文献 1】特開 2004 - 157410 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

周波数フィルタは通常、特定の周波数成分をどうするのか、ユーザにその設定を委ねるためにフーリエ変換画像（パワースペクトル画像）を表示させる。このフーリエ変換画像を見ながら、ユーザは必要な箇所をマスクする等して、所望の画像処理結果を得ていた。しかしながら、周波数フィルタとして良く使用されるローパスフィルタ、ハイパスフィルタについて、それを使いたいユーザにとっては前述のフーリエ変換画像が一つの障壁になってしまう。フーリエ変換画像を見たことのないユーザにとっては一体何の画像なのか、理解するのが難しいためである。ただ単にローパスフィルタを使いたい、ハイパスフィルタを試したいだけなのに、そのためにフーリエ変換画像の意味や扱いを理解しなければならないという問題があった。これを解決する案として、フーリエ変換画像とローパス/ハイパスフィルタをインターフェイス上で完全に切り離し、別の画像処理として扱う方法も

50

画像処理ソフト等では行われている。この方法であれば、確かにローパス／ハイパスフィルタを簡単に使用することができるようになる。しかしながら一方、周波数フィルタ及びフーリエ変換画像の有効な使い方を知る機会を逸することにもなり、せっかくのソフトの機能を有効に使い切ることができない。このような理由から、フーリエ変換画像を使ったフィルタ（周波数フィルタ）は、従来は特定の熟練したユーザだけが使用するか、もしくはフーリエ変換画像を見せず特定用途向けフィルタとしてしか使用できないという問題があった。

【 0 0 0 5 】

本発明は、従来のこのような問題点を解決するためになされたものである。本発明の主な目的は、フーリエ変換画像と周波数フィルタの関係を判り易くしたインターフェイスを提供して、周波数フィルタ処理の使用を容易にした拡大観察装置、拡大観察装置の操作方法、拡大観察装置操作プログラムおよびコンピュータで読み取り可能な記録媒体並びに記録した機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【 0 0 0 6 】

以上の目的を達成するために本発明の第1の拡大観察装置は、測定対象物を撮像した入力画像を取得するための画像取得手段と、画像取得手段で取得した入力画像に対してフーリエ変換を行い、フーリエ変換画像を生成するためのフーリエ変換手段と、フーリエ変換画像を表示するための表示手段と、表示手段上で表示されたフーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定するためのフィルタ設定手段と、フィルタ設定手段で設定される周波数フィルタの適用範囲を、表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示するためのハイライト手段と、周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行うためのフィルタ演算手段と、フィルタ演算手段による周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換するための逆フーリエ変換手段とを備えることができる。これにより、周波数フィルタが適用される範囲を、フーリエ変換画像上でハイライト表示できるため、周波数フィルタ処理が視覚的に把握し易くなり、特に周波数フィルタ処理やフーリエ変換に詳しくないユーザでもイメージ的に把握し易くし、周波数フィルタの使用が可能となる。

【 0 0 0 7 】

第2の拡大観察装置は、ハイライト手段が、表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対して、マスクされる領域を網掛け表示することができる。これにより、マスク領域を網掛け表示して、残る領域とカットされる領域とをイメージ的に容易に区別できる。

【 0 0 0 8 】

第3の拡大観察装置は、フィルタ設定手段により設定する周波数フィルタの種別が、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタを含み、周波数フィルタ処理を適用する範囲が、2次元フーリエ変換画像のX方向、Y方向、XY方向のいずれかを含むことができる。

【 0 0 0 9 】

第4の拡大観察装置は、フィルタ設定手段により周波数フィルタ処理を適用する範囲としてXY方向が選択される際、ハイライト手段がマスク領域を、2次元フーリエ変換画像のXY座標の原点を中心とする同心円状に表示し、フィルタ設定手段によりX方向が選択される際、ハイライト手段がマスク領域をY座標軸に対して対称かつ平行な直線で区画される矩形状に表示し、フィルタ設定手段によりY方向が選択される際、ハイライト手段がマスク領域をX座標軸に対して対称かつ平行な直線で区画される矩形状に表示できる。

【 0 0 1 0 】

第5の拡大観察装置は、フィルタ設定手段による周波数フィルタ処理の設定項目を順次提示し、対話形式でユーザに設定項目の入力を促すよう構成できる。これにより、周波数フィルタ処理の設定に詳しくないユーザでも、設定すべき項目を順次提示して入力を促すことでガイダンスが与えられ、これに従って設定することで、容易に設定を行うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

第 6 の拡大観察装置は、画像取得手段を共焦点顕微鏡とできる。これにより、共焦点画像に対する周波数フィルタの適用範囲が視覚的に表示されるので、適用されるフィルタの意味が判らなくとも、ユーザにイメージ的に把握させることができる。

【 0 0 1 2 】

第 7 の拡大観察装置は、共焦点光学系を介して測定対象物からの光を受光素子で受光し、その受光情報に基づいて測定対象物の表面の高さ情報及び光量情報を取得し、測定対象物の表面の画像を共焦点画像として表示可能な拡大観察装置であって、各測定点において、光学系もしくは測定対象物を高さ方向に変化させながら合焦点位置を明るさに基づいて取得し、測定点を走査して共焦点画像を合成する共焦点光学系と、共焦点光学系で撮像された共焦点画像を表示するための表示手段と、共焦点画像に対してフーリエ変換を行い、フーリエ変換画像を生成するためのフーリエ変換手段と、表示手段上で表示されたフーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定するためのフィルタ設定手段と、フィルタ設定手段で設定される周波数フィルタの適用範囲を、表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示するためのハイライト手段と、周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行うためのフィルタ演算手段と、フィルタ演算手段による周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換するための逆フーリエ変換手段とを備えることができる。これにより、周波数フィルタが適用される範囲を、フーリエ変換画像上でハイライト表示できるため、周波数フィルタ処理を視覚的に把握し易くでき、特に周波数フィルタ処理やフーリエ変換に詳しくないユーザでも周波数フィルタを使用し易くできる。

【 0 0 1 3 】

第 8 の拡大観察装置の操作方法は、測定対象物からの光を受光素子で受光し、その受光情報に基づいて測定対象物の光量情報を取得し、測定対象物の拡大画像を表示して観察可能な拡大観察装置の操作方法であって、測定対象物を撮像した入力画像を取得する工程と、撮像部で取得した入力画像に対してフーリエ変換を行い、生成されたフーリエ変換画像を表示手段に表示する工程と、フーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定し、設定された周波数フィルタの適用範囲を、表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示する工程と、周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行う工程と、周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換して出力する工程とを含むことができる。これにより、周波数フィルタが適用される範囲を、フーリエ変換画像上でハイライト表示できるため、周波数フィルタ処理を視覚的に把握し易くでき、特に周波数フィルタ処理やフーリエ変換に詳しくないユーザでも周波数フィルタを使用し易くできる。

【 0 0 1 4 】

第 9 の拡大観察装置操作プログラムは、測定対象物からの光を受光素子で受光し、その受光情報に基づいて測定対象物の光量情報を取得し、測定対象物の拡大画像を表示して観察可能な拡大観察装置操作プログラムであって、測定対象物を撮像した入力画像を取得する機能と、撮像部で取得した入力画像に対してフーリエ変換を行い、生成されたフーリエ変換画像を表示手段に表示する機能と、フーリエ変換画像に対して、周波数フィルタ処理を行うための設定として、周波数フィルタ処理を適用する範囲及び周波数フィルタの種別を設定し、設定された周波数フィルタの適用範囲を、表示手段上で表示されるフーリエ変換画像に対してハイライト表示する機能と、周波数フィルタの設定に従い、フーリエ変換画像に周波数フィルタ処理を行う機能と、周波数フィルタ処理後のフーリエ変換画像を逆フーリエ変換して出力する機能とをコンピュータに実現させることができる。これにより、周波数フィルタが適用される範囲を、フーリエ変換画像上でハイライト表示できるため、周波数フィルタ処理を視覚的に把握し易くでき、特に周波数フィルタ処理やフーリエ変換に詳しくないユーザでも周波数フィルタを使用し易くできる。

【 0 0 1 5 】

第 1 0 のプログラムを格納したコンピュータで読み取り可能な記録媒体又は記録した機器は、上記プログラムを格納するものである。記録媒体には、C D - R O M、C D - R、C D - R W やフレキシブルディスク、磁気テープ、M O、D V D - R O M、D V D - R A M、D V D - R、D V D + R、D V D - R W、D V D + R W、B l u - r a y (登録商標)、H D D V D 等の磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリその他のプログラムを格納可能な媒体が含まれる。またプログラムには、上記記録媒体に格納されて配布されるものの他、インターネット等のネットワーク回線を通じてダウンロードによって配布される形態のものも含まれる。さらに記録した機器には、上記プログラムがソフトウェアやファームウェア等の形態で実行可能な状態に実装された汎用もしくは専用機器を含む。さらにまたプログラムに含まれる各処理や機能は、コンピュータで実行可能なプログラムソフトウェアにより実行してもよいし、各部の処理を所定のゲートアレイ (F P G A、A S I C) 等のハードウェア、又はプログラムソフトウェアとハードウェアの一部の要素を実現する部分的ハードウェアモジュールとが混在する形式で実現してもよい。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の形態は、本発明の技術思想を具体化するための拡大観察装置、拡大観察装置の操作方法、拡大観察装置操作プログラムおよびコンピュータで読み取り可能な記録媒体並びに記録した機器を例示するものであって、本発明は拡大観察装置、拡大観察装置の操作方法、拡大観察装置操作プログラムおよびコンピュータで読み取り可能な記録媒体並びに記録した機器を以下のものに特定しない。また、本明細書は特許請求の範囲に示される部材を、実施の形態の部材に特定するものでは決してない。特に実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がない限りは、本発明の範囲をそれのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係等は、説明を明確にするため誇張していることがある。さらに以下の説明において、同一の名称、符号については同一もしくは同質の部材を示しており、詳細説明を適宜省略する。さらに、本発明を構成する各要素は、複数の要素を同一の部材で構成して一の部材で複数の要素を兼用する態様としてもよいし、逆に一の部材の機能を複数の部材で分担して実現することもできる。

【 0 0 1 7 】

以下、画像処理装置の一例として、共焦点顕微鏡で得られた共焦点画像に対してフーリエ変換し、周波数フィルタを適用する例を説明する。なお、入力画像を取得する画像取得手段は共焦点顕微鏡あるいはその共焦点光学系に限られず、他の顕微鏡あるいは拡大観察装置も利用できる。例えば S E M、T E M その他の荷電粒子線装置等の電子顕微鏡や光学顕微鏡、原子間力顕微鏡、静電気力顕微鏡、近視野顕微鏡、デジタルマイクロスコブ等に適用することもできる。

(実施の形態 1)

【 0 0 1 8 】

共焦点顕微鏡はレーザ光を使用して測定対象物の表面を走査することから、共焦点レーザ顕微鏡、共焦点走査型顕微鏡等とも呼ばれる。また共焦点顕微鏡で得られる共焦点画像はレーザ画像とも呼ばれる。共焦点顕微鏡では、試料やワーク等の測定対象物からの光が共焦点光学系を介して受光素子で受光され、その受光量に基づいて、試料の超深度画像 (焦点深度が非常に深い画像) や高さ分布等の情報が取得される。ステージに載置された試料と対物レンズとの相対距離を光軸方向に変化させると、共焦点光学系を介して受光素子に入射する光の量、すなわち受光量が変化し、試料の表面にピントが合ったときに受光量が最大となる。したがって、最大受光量が得られるときの試料と対物レンズとの相対距離から試料の表面の高さ情報を算出し、試料の表面を光で走査することによって試料の表面の高さ分布を取得することができる。

【 0 0 1 9 】

取得された高さ分布は、例えば三次元表示によって表示装置の画面上に表示される。あるいは、高さ分布を輝度分布や色分布に置き換えたものが画面上に表示される。表示装置としてCRT（陰極線管）やLCD（液晶表示装置）が使用され、共焦点顕微鏡に制御用のコントローラ、表示装置、コンソール等が接続されて共焦点顕微鏡が構成される。

【0020】

また、試料表面の各点（画素）でピントが合ったときの受光量の情報（すなわち各画素の最大輝度情報）をつなぎ合わせることで、焦点深度の非常に深い試料表面の白黒画像を得ることができる。この画像がいわゆる超深度画像である。

【0021】

更に、白色光で照射された試料からの光を共焦点光学系から分離してカラー撮像素子で受光することにより、超深度画像と同じ範囲の試料表面のカラー画像を得ることができる。このカラー画像は超深度画像と異なり焦点深度の浅いものであるが、高さ分布情報に基づいてカラー画像の合焦位置の画素データをつなぎ合わせることで、非常に焦点深度の深いカラー画像（カラーピーク画像ということもある）、及びカラーピーク画像の輝度信号を超深度画像の輝度信号で置き換えるような合成処理を行うことにより、焦点深度の深いカラー画像を得ることも可能である。

【0022】

このような本発明の実施の形態1に係る共焦点顕微鏡システムの概略構成を、図1に示す。また図2に、このシステム構成の外観斜視図、図3に共焦点顕微鏡本体の斜視図を、それぞれ示す。共焦点顕微鏡システム100は、共焦点光学系10及び非共焦点光学系50を有する共焦点顕微鏡本体1と、共焦点光学系10及び非共焦点光学系50で得られたアナログ信号を各々デジタル信号に変換する第1AD変換器41、第2AD変換器42、及びデジタル信号の信号処理等を行う制御部43等を含むコントローラ2と、コントローラ2に接続された操作手段3及び表示手段4とを備えている。また操作手段3には入力手段3Aが接続されている。

【0023】

まず、共焦点顕微鏡の共焦点光学系10とその信号処理について説明する。共焦点光学系10は、試料WKに単色光（例えばレーザ光）を照射するための光源11、第1コリメートレンズ12、偏光ビームスプリッタ13、1/4波長板14、水平・垂直偏向装置15、第1リレーレンズ（f レンズ）16、第2リレーレンズ（チューブレンズ）17、対物レンズ18、結像レンズ（ピンホールレンズ）19、ピンホール板20、受光素子21等を含んでいる。

【0024】

光源11には、例えば紫色レーザ光や赤色レーザ光を発する半導体レーザが用いられる。光源11はレーザ駆動回路によって駆動される。レーザ駆動回路は、コントローラ2の制御部43によって制御される。光源11から出たレーザ光は、第1コリメートレンズ12を通り、偏光ビームスプリッタ13で光路を曲げられ、1/4波長板14を通過する。この後、水平・垂直偏向装置15によって水平（横）方向及び垂直（縦）方向に偏向された後、第1リレーレンズ16及び第2リレーレンズ17を通過し、対物レンズ18によってステージ30上に置かれた試料WKの表面に集光される。

【0025】

水平・垂直偏向装置15は、それぞれガルバノミラーで構成され、レーザ光を水平及び垂直方向に偏向させることにより、試料WKの表面をレーザ光で走査する。説明の便宜上、水平方向をX方向、垂直方向をY方向ということにする。対物レンズ18は、対物レンズ移動機構によりZ方向（光軸方向）に駆動される。対物レンズ移動機構も、制御部43によって制御される。これにより、対物レンズ18の焦点と試料WKとの光軸方向での相対位置を変化させることができる。

【0026】

なお、光による試料の走査は、水平偏向及び垂直偏向による二次元走査に限らず、種々の走査方法が考えられる。例えば、シリンドリカルレンズを用いてX方向に細長い光（ス

10

20

30

40

50

リット光)を生成し、これをY方向に偏向すれば、二次元走査が可能である。

【0027】

また、対物レンズ18の焦点と試料WKとの光軸方向での相対位置は、他の方法で変化させることもできる。例えば、対物レンズ18をZ軸方向に駆動する代わりに、或いはこれに加えてステージ30をZ軸方向に駆動してもよい。または、対物レンズ18と試料WKとの間に屈折率が変化するレンズを挿入することにより、対物レンズ18の焦点をZ軸方向に移動させる構成も可能である。

【0028】

なお、ステージ30は、手動操作によってもX、Y方向及びZ方向に変位可能である。本実施の形態では、ステージを手動で移動させるためのステージ手動操作機構31を備えている。具体的には、図3に示すようにステージをX-Y方向に移動させるX方向移動摘み32及びY方向移動摘み33、ステージをZ方向に移動させるZ方向移動摘み34を設けている。X方向移動摘み32及びY方向移動摘み33は、摘みの回転を同軸として直径の異なるダイヤル状に構成しており、X-Y方向の調整を纏めて行い易くしている。一方、Z方向移動摘み34は、移動量の大きいダイヤルと移動量の小さいダイヤルを同軸に並べており、これにより大まかなピント調整と、ピントの微調整を容易に行える。

【0029】

試料WKで反射されたレーザ光は、上記の光路を逆に辿る。すなわち、対物レンズ18、第2リレーレンズ17及び第1リレーレンズ16を通り、水平・垂直偏向装置15を介して1/4波長板14を再び通る。この結果、レーザ光は偏光ビームスプリッタ13を透過し、結像レンズ19によって集光される。集光されたレーザ光は、結像レンズ19の焦点位置に配置されたピンホール板20のピンホールを通過して受光素子21に入射する。受光素子21は、例えばフォトマルチプライヤチューブ(PMT:光電子増倍管)やフォトダイオード(PD)で構成され、受光量を電気信号に変換する。受光量に相当する電気信号は、出力アンプ及びPMTの受光感度(PMTゲイン)の制御回路を構成する第1受光信号処理回路22を介して第1AD変換器41に与えられ、デジタル値に変換される。またピンホール板20はピンホールに代わってスリットを設けることもできる。スリットとCCD等の受光素子の組み合わせでも疑似的に共焦点画像を得ることができる。

【0030】

上記のような構成の共焦点光学系10により、試料WKの高さ(深さ)情報を取得することができる。以下に、その原理を簡単に説明する。上述のように、対物レンズ18が対物レンズ移動機構40によってZ方向(光軸方向)に駆動されると、対物レンズ18の焦点と試料WKとの光軸方向での相対距離が変化する。そして、対物レンズ18の焦点が試料WKの表面に結ばれたときに、試料WKの表面で反射されたレーザ光は上記の光路を経て結像レンズ19で集光され、殆どのレーザ光がピンホール板20のピンホールを通過する。したがって、このときに受光素子21の受光量が最大になる。逆に、対物レンズ18の焦点が試料WKの表面からずれている状態では、結像レンズ19によって集光されたレーザ光はピンホール板20からずれた位置に焦点を結ぶので、一部のレーザ光しかピンホールを通過することができない。その結果、受光素子21の受光量は著しく低下する。

【0031】

したがって、試料WKの表面の任意の点について、対物レンズ18をZ方向(光軸方向)に駆動しながら受光素子21の受光量を検出すれば、その受光量が最大になるときの対物レンズ18のZ方向位置(対物レンズ18の焦点と試料WKとの光軸方向での相対位置)を高さ情報として一義的に求めることができる。

【0032】

実際には、対物レンズ18を1ステップ(1ピッチ)移動するたびに水平・垂直偏向装置15によって試料WKの表面を走査して受光素子21の受光量を得る。対物レンズ18を高さ方向の移動範囲の下端から上端までZ方向に移動させたとき、走査範囲内の各点(画素)について、Z方向位置に応じて変化する受光量データが得られる。

【0033】

図4は、対物レンズ18のZ方向位置に応じて変化する受光量データの例を示すグラフである。このような受光量データに基づいて、最大受光量とそのときのZ方向位置が各点（画素）ごとに得られる。したがって、試料WKの表面高さのXY平面での分布が得られる。この処理は、操作手段3の外部コンピュータで実行される。

【0034】

得られた表面高さの分布情報は、いくつかの方法で操作手段3の表示手段4に表示することができる。例えば3次元表示によって試料の高さ分布（表面形状）を立体的に表示することができる。あるいは、高さデータを輝度データに変換することにより、明るさの二次元分布として表示できる。高さデータを色差データに変換することにより、高さの分布を色の分布として表示することもできる。

10

【0035】

また、XY走査範囲内の各点（画素）について得られた受光量を輝度データとする輝度信号から、試料WKの表面画像（白黒画像）が得られる。各画素における最大受光量を輝度データとして輝度信号を生成すれば、表面高さの異なる各点でピントの合った焦点深度の非常に深い超深度画像が得られる。また、任意の注目画素で最大受光量が得られた高さ（Z方向位置）に固定した場合は、注目画素の部分と高低差が大きい部分の画素の受光量は著しく小さくなるので、注目画素と同じ高さの部分のみが明るい画像が得られる。

（非共焦点光学系50）

【0036】

次に、共焦点顕微鏡に備えられた非共焦点光学系50とその信号処理について説明する。非共焦点光学系50は、試料WKに白色光（カラー画像撮影用の照明光）を照射するための白色光源51、第2コリメートレンズ（コンデンサレンズ）52、第1ハーフミラー53、第2ハーフミラー54、第2受光素子55等を含んでいる。また、非共焦点光学系50は共焦点光学系10の対物レンズ18を共用しており、2つの光学系10、50の光軸は部分的に一致している。

20

【0037】

白色光源51には例えば白色ランプが用いられるが、特に専用の光源を設けず、自然光又は室内光を利用してもよい。白色光源51から出た白色光は、第2コリメートレンズ52を通り、第1ハーフミラー53で光路を曲げられ、対物レンズ18によってステージ30上に置かれた試料WKの表面に集光される。

30

【0038】

試料WKで反射された白色光は、対物レンズ18、第1ハーフミラー53、第2リレーレンズ17を通過し、第2ハーフミラー54で反射されて第2受光素子55に入射して結像する。第2受光素子55は、共焦点光学系10のピンホール板20のピンホールと共役又は共役に近い位置に設けられている。第2受光素子55は、カラーCCDやCMOS等のイメージセンサ、エリアセンサが利用できる。第2受光素子55で撮像されたカラーの光学画像（以下、「カメラ画像」という。）は、第2受光信号処理回路56によって読み出され、そのアナログ出力信号は第2AD変換器42に与えられ、デジタル値に変換される。このようにして得られたカメラ画像は、試料WKの観察用の拡大カラー画像として操作手段3の表示手段4に表示される。

40

【0039】

また、共焦点光学系10で得られた超深度画像と非共焦点光学系50で得られた通常のカメラ画像とを組み合わせ、すべての画素で略ピントの合った焦点深度の深いカラー超深度画像を生成し、表示することもできる。例えば、非共焦点光学系50で得られたカメラ画像を構成する輝度信号を共焦点光学系10で得られた超深度画像の輝度信号で置き換えることにより、簡単にカラー超深度画像を生成することができる。

【0040】

上記のようなカメラ画像に関する処理についても、操作手段3が司る。操作手段3にはコンソール（操作卓）のような入力手段やCRT（陰極線管）、LCD（液晶表示装置）のような表示手段4が接続されている。また、マウスのようなポインティングデバイスも

50

入力手段として接続される。

【 0 0 4 1 】

また、共焦点顕微鏡システム 1 0 0 のコントローラ 2 には、パーソナルコンピュータのような外部コンピュータシステムを接続するインターフェイスが備えられている。顕微鏡システム 1 0 0 の制御を行なうための専用ソフトウェアをインストールした外部コンピュータシステムを操作手段 3 としてコントローラ 2 に接続することにより、取得された試料 W K の画像データから超深度画像やカラー超深度画像、高さ分布情報等を求めることができる。

(実施の形態 2)

【 0 0 4 2 】

上記の実施の形態 1 では、白色光源 5 1 と第 2 コリメートレンズ 5 2 を使用して非共焦点画像を取得している。一方、この例に限られず、非共焦点光学系に白色光源等を使用せず、モノクロの非共焦点画像を得ることもできる。このような構成を採用した実施の形態 2 に係る共焦点顕微鏡システム 2 0 0 のブロック図を図 5 に示す。この図において、図 1 と同じ部材については同じ番号を付して詳細説明を省略する。

【 0 0 4 3 】

図 5 の例では、非共焦点画像を取得するのに白色光源を使用せず、共焦点画像を取得するために使用するレーザ光源を、非共焦点画像を取得するためにも共用している。これにより、白色光源とコンデンサレンズを省略でき、光学系をコンパクトに設計することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

また図 1 の例では、非共焦点光学系 5 0 は第 2 リレーレンズ 1 7 と対物レンズ 1 8 との間に配置されているが、図 5 の例では非共焦点光学系 5 0 を偏光ビームスプリッタ 1 3 と結像レンズ 1 9 の間に第 2 ハーフミラー 5 4 を配置している。このように、非共焦点光学系 5 0 を共焦点光学系 1 0、具体的には第 2 受光素子 5 5 を受光素子 2 1 に近付けて両者が利用する光学系を共用することで、二つの光学系の光軸合わせ、画像の位置合わせが不要となり、また、収差等の特性も一致するため両画像の不整合も実質起こらない。

【 0 0 4 5 】

これら実施の形態 1、2 の共焦点顕微鏡システム 1 0 0、2 0 0 では、共焦点顕微鏡本体 1 にコントローラ 2 に接続し、さらにコントローラ 2 に操作手段 3 として外部コンピュータを接続してデータ通信を行い、共焦点顕微鏡本体 1 で測定された共焦点画像やカメラ画像を外部コンピュータで取り込み、加工や処理を行うと共に、共焦点顕微鏡の設定や操作を外部コンピュータから行う。また外部コンピュータのモニタを、表示手段 4 として利用できる。外部コンピュータには、汎用のコンピュータを使用し、共焦点顕微鏡操作プログラムをインストールすることで、共焦点顕微鏡の操作装置として機能させることができる。なお、上記の例では共焦点顕微鏡本体とコントローラとを別部材としているが、これらを統合することもできる。あるいは、コントローラを操作手段と一体に構成してもよい。

【 0 0 4 6 】

操作手段 3 は、画像処理装置として機能する。ここでは、操作手段 3 は外部から共焦点画像などの画像データを入力するための画像データ入力部 4 4 と、各種の画像処理を行うための画像処理演算部 4 5 と、画像データを表示手段 4 に表示させるための表示用画像生成部 4 6 を備える。操作手段 3 として、共焦点顕微鏡操作プログラムをインストールしたコンピュータを使用することで、これら画像データ入力部 4 4、画像処理演算部 4 5、表示用画像生成部 4 6 の機能をコンピュータに実現させることができる。

(共焦点顕微鏡操作プログラム)

【 0 0 4 7 】

本明細書において共焦点顕微鏡は、共焦点画像の測定や表示を行うシステムそのもの、ならびに共焦点画像測定や表示に関連する入出力、表示、演算、通信その他の処理をハードウェア的に行う装置や方法に限定するものではない。ソフトウェア的に処理を実現する

10

20

30

40

50

装置や方法も本発明の範囲内に包含する。例えば汎用の回路やコンピュータにソフトウェアやプログラム、プラグイン、オブジェクト、ライブラリ、アプレット、スクリプレット、コンパイラ、モジュール、特定のプログラム上で動作するマクロ等を組み込んで文章表示や文章表示形式付与設定そのものあるいはこれに関連する処理を可能とした汎用あるいは専用のコンピュータ、ワークステーション、携帯型電子機器その他の電子デバイスも、本発明の共焦点顕微鏡、共焦点顕微鏡操作プログラムの少なくともいずれかに含まれる。また本明細書においては、プログラム自体も共焦点顕微鏡に含むものとする。また本プログラムは単体で使用するものに限られず、特定のコンピュータプログラムやソフトウェア、サービス等の一部として機能する態様や、必要時に呼び出されて機能する態様、OS等の環境においてサービスとして提供される態様、環境に常駐して動作する態様、バックグラウンドで動作する態様やその他の支援プログラムという位置付けで 사용할こともできる。

10

(接続、通信形態)

【 0 0 4 8 】

本発明の実施の形態において使用されるコンピュータやコントローラ、顕微鏡その他これらに接続される操作、制御、入出力、表示、各種処理その他のためのコンピュータ、あるいはプリンタ等その他の周辺機器との接続は、例えばIEEE 1394、RS-232xやRS-422、RS-485、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485、USB等のシリアル接続、パラレル接続、あるいは10BASE-T、100BASE-TX、1000BASE-T等のネットワークを介して電氣的に接続して通信を行うことができる。接続は有線を使った物理的な接続に限られず、IEEE 802.1x、OFDM方式等の無線LANやBluetooth等の電波、赤外線、光通信等を利用した無線接続等でもよい。さらにデータの交換や設定の保存等を行うための記録媒体には、メモリカードや磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリ等が利用できる。

20

(画像処理プログラム)

【 0 0 4 9 】

図6～図22は、拡大観察装置操作プログラムの一例として、フーリエ変換画像に対して周波数フィルタを適用する画像処理プログラムのユーザインターフェース画面の一例を示す。この画像処理プログラムは、予め共焦点画像等の入力画像に対してフーリエ変換を行ったフーリエ変換画像に対して、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタ等の周波数フィルタを適用し、さらに逆フーリエ変換を行って入力画像に変換する。これにより、ノイズ除去や平滑化などの画像処理を共焦点画像等の入力画像に対して行うことができる。

30

(画像表示領域 6 1)

【 0 0 5 0 】

図6の例では、画像処理プログラムのユーザインターフェース画面は、画面左側に配置した画像表示領域61と、その右側に配置した操作領域62とを備える。画像表示領域61にはフーリエ変換画像FGが表示されている。ここでは、周波数をXY座標で示すと共に、該周波数におけるパワースペクトルが高いほど赤く、低いほど青くなるように、画素毎に色分けして表示される。図6の例では、座標軸の中心近傍で赤い点が多く、周波数分布が低い帯域に集中していることが判る。

40

(操作領域 6 2)

【 0 0 5 1 】

操作領域62には、マスクの種類を選択するマスク欄110と、選択されたマスクの種類に応じて設定項目を表示する詳細設定欄111と、画像表示領域61上でマウスカーソルで指示した部分を拡大表示する拡大表示欄112と、演算実行のための演算実行欄113とを備える。マスク欄110では、マスク領域を指定するためのマスク手段として、周波数フィルタとマスク形状指定のいずれかをラジオボタンで選択可能としている。

(マスク領域指定手段)

【 0 0 5 2 】

50

ここでマスク形状指定を選択すると、図 7 に示すように、マスク形状指定欄 1 1 4 が表示され、マスク領域指定手段でフーリエ変換画像 F G の特定の場所をマスクする。ここでは、マスク領域の形状として同心円、矩形、ブラシが選択でき、マスク形状指定欄 1 1 4 に設けられたマスク領域指定手段として、「同心円」ボタン 1 1 4 a、「矩形」ボタン 1 1 4 b、「ブラシ」ボタン 1 1 4 c のいずれかを押下することで、画像表示領域 6 1 に該当するマスク形状が表示される。例えば「矩形」ボタン 1 1 4 b を押下すると、矩形状のマスク領域 M R が、図 8 のように座標軸の原点に対して対称に現れる。マスク領域 M R のサイズは、マウス操作により任意に調整できる。例えば矩形状のマスク領域の四隅に現れるハンドルを操作したり、あるいはマスク領域をドラッグして移動させる等の方法が適宜利用できる。また「同心円」ボタン 1 1 4 a では、原点を中心軸とする同心円状のマスク領域を適用できる。また「ブラシ」ボタン 1 1 4 c では、マウスカーソルでなぞった軌跡をマスク領域として設定できる。このように、ポインティングデバイスによりマスク領域を設定することができるので、難解な数式を設定したりパラメータを多数設定することなく、ユーザが所望する領域をマスク領域として平易に設定することができる。このマスク領域を適応させた逆フーリエ変換画像、つまりフィルタが適用された画像を同時に表示させる機能については後述する。なおローパスフィルタ等の設定にも適用できることは言うまでも無い。

10

【 0 0 5 3 】

またマスク領域指定手段の下段には、設定されたマスク領域を反転選択する、すなわちマスク領域の枠内から、枠外の指定に切り替えるための「反転」ボタン 1 1 4 d、設定されたマスク領域を解除するための「クリア」ボタン 1 1 4 e、マスク領域をさらに追加するための「追加」ボタン 1 1 4 f が設けられる。これらを利用することで、マスク領域の設定作業を容易にできる。

20

【 0 0 5 4 】

加えて、これらの下段には、設定されたマスク領域のデータ（サイズ及び位置）をファイルとして名前を付けて保存するための「ファイル保存」ボタン 1 1 4 g、及び保存されたマスク領域のデータを読み出すための「ファイル読込」ボタン 1 1 4 h も設けられる。これにより、一旦設定したマスク領域を再利用することができ、予め登録されたマスク領域を選択して利用するなど、利便性を向上できる。

【 0 0 5 5 】

30

マスク領域が指定されると、演算実行欄 1 1 3 の「演算実行」ボタン 1 1 3 a を押下することで周波数フィルタ処理が実行され、処理後のフーリエ変換画像 F G が画像表示領域 6 1 に表示される。また、「演算実行」ボタン 1 1 3 a の押下前でも「プレビュー」ボタン 1 1 3 b を押下すれば、元の画像に周波数フィルタ処理したイメージ画像がプレビュー表示される。プレビュー表示は、画像表示欄の他、別ウィンドウなどでプレビュー欄を設けて表示させることもできる。また「リセット」ボタン 1 1 3 c を押下すれば、マスク領域の設定や周波数フィルタ処理後であっても、元のフーリエ変換画像 F G に戻すことができる。

（パワースペクトル調整手段）

【 0 0 5 6 】

40

一方、画像表示領域 6 1 の下段には、フーリエ変換画像 F G のパワースペクトルのカラー表示を調整するパワースペクトル調整手段として、パワースペクトル欄 1 1 5 にパワースペクトル調整スライダ 1 1 5 a が設けられる。パワースペクトルは、フーリエ変換画像 F G 中の各周波数毎の強度を表すものであり、例えばモノクロで表示すれば明るいほど強度が高く、暗いほど強度が低いように表示できる。この様子をさらに判り易くするために、図 8 等の例では強度が高い部分を赤く、低い部分を青く表現するように着色表示している。パワースペクトル調整スライダ 1 1 5 a を調整することで、青～赤のグラデーションを、パワースペクトル強度のどの範囲に割り当てるかを調整できる。例えば右にスライドすると全体的に赤く、左にスライドすると全体的に青くなるように調整される。これによりパワースペクトルの見易さをユーザが自由に調整できる。

50

(スケール切替手段)

【0057】

またパワースペクトル調整スライダ115aの右には、フーリエ変換画像FGを表示するXY軸のスケールを切り替えるスケール切替手段として、プルダウンメニュー115bを設けており、「リニアスケール」又は「Logスケール」を選択できる。画像表示領域61に表示されるフーリエ変換画像FGは、横軸及び縦軸が周波数で表示されており、この周波数の軸をリニアスケールで表示するか、Log(対数)スケールで表示するかを切り換えることができる。

【0058】

このようにして周波数フィルタ処理した後、逆フーリエ変換を行って元の入力画像(ここでは共焦点画像)に再変換することで、特定の処理を行った共焦点画像が得られる。例えば、図9の共焦点画像の元画像CI1に対して、ローパスフィルタを適用すると図10の画像CI2が、ハイパスフィルタを適用すると図11の画像CI3が、それぞれ得られる。

【0059】

共焦点顕微鏡画像に代表される顕微鏡画像は、取得後多くの場合ノイズ除去のため、画像処理が行われる。その手法の一つとして、周波数フィルタが存在するが、どの周波数を除去すればよいかが判り難いため、従来よりフーリエ変換画像を表示させていた。

【0060】

しかしながら、初心者にとってはフーリエ変換画像でさえも、判り難いものであり、どの周波数をカットすればよいのかが把握できなかった。そこで本実施の形態では、フーリエ変換画像に、ローパス・ハイパス等の設定に対してどの部分についてフィルタがかかるのか視覚的に判り易くしている。

(周波数フィルタ)

【0061】

マスク欄110で周波数フィルタを選択すると、図6に示すような画面に切り替えられる。操作領域62の詳細設定欄111が変化し、マスク領域指定手段として周波数フィルタ欄116が設けられる。周波数フィルタ欄116では、周波数フィルタ選択部116a、フィルタ方向選択部116b、フィルタ強弱調整部116cが設けられる。周波数フィルタ選択部116aでは、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタなど、周波数フィルタの種別がプルダウンメニューから選択できる。またフィルタ方向選択部116bでは、X方向、Y方向、全方向など、周波数フィルタを適用する方向をプルダウンメニューから選択できる。さらにフィルタ強弱調整部116cでは、周波数フィルタの強弱をスライダで連続的に調整できる。

(ハイパスフィルタ)

【0062】

図6の例では、周波数フィルタ欄116でハイパスフィルタの全方向を選択しており、この設定に応じて画像表示領域61では、周波数フィルタの適用範囲、すなわちマスクしてカットされる領域が網掛け表示される。ここではハイパスフィルタであるため、低周波領域、すなわち座標軸原点近傍の領域がマスクされることになる。図6では、フィルタ強弱調整部116cのスライダを弱付近に設定しているため、座標軸原点を中心とする小さな円状にフィルタ適用範囲(マスク領域MR)が表示されているが、図12~図14に示すように、スライダを操作して強の方向に強めていく程、フィルタ適用範囲を示す同心円の半径が大きくなり、フィルタの適用範囲が広がることが確認できる。これにより、ユーザは周波数フィルタの適用範囲を視覚的に確認できるので、フィルタの意味を知らなくともフィルタを利用することができる。ハイパスフィルタを適用すると、共焦点画像は図9に示す画像CI1から図11に示す画像CI3に変化し、エッジ部分が強調されてそれ以外の部分はカットされた画像となる。なおスライダの移動に合わせて、設定されるハイパスフィルタを適用し、その設定と同期して逆フーリエ変換後の画像を同時に表示しても良い。このことにより、より最適なフィルタをユーザが的確に設定することが容易となる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 6 3 】

なお、ここでは同心円状のマスク領域MRを指定する例を説明したが、X方向、Y方向に等価なマスク形状であればこれに限られず、例えばX軸、Y軸上に頂点が位置する菱形形状等も使用できる。

(ローパスフィルタ)

【 0 0 6 4 】

一方、図15～図18は、ローパスフィルタを全方向に適用した例を示している。ローパスフィルタでは、ハイパスフィルタと逆に高周波成分を除去するフィルタであり、図15の例では座標軸から遠い位置、すなわち原点を中心とする同心円の外側の領域がカットされる。このことが図15の画像表示領域61中で網掛け表示によって示される。また、この例においても、フィルタ強弱調整部116cのスライダを弱から強に近付けるほど、カットされる範囲が広くなる、すなわち同心円が小さくなり、円の外側のフィルタ範囲が広くなる様子が視覚的に確認できる。ローパスフィルタを適用すると、共焦点画像は図9に示す画像CI1から図10に示す画像CI2に変化し、ノイズ部分が除去されて平滑化された画像となる。

【 0 0 6 5 】

このように、ユーザに各フィルタの適用される範囲を視覚的に示すことができ、ユーザはフィルタの意味が判らなくともイメージ的にフィルタの効果を把握できる利点が得られる。

(X軸、Y軸方向へのフィルタ)

【 0 0 6 6 】

上記では、2次元画像に対してX軸、Y軸に対称に、すなわち全方向にフィルタを適用する例を説明した。これに限らず、周波数フィルタはX軸、Y軸いずれかの方向にのみ適用することもできる。図19は、X方向にのみローパスフィルタを適用する例を示している。このように、低周波成分のみを通過させ高周波成分をカットするローパスフィルタをX方向にのみ適用すれば、X軸方向の周波数の高い成分をカットするように、すなわち座標軸のY軸に関して対称に、Y軸に平行な直線で区画された領域を残して、外側をカットする様子が画像表示領域61における網掛けで確認できる。同様に、図20に示すようにY軸方向にのみローパスフィルタを適用する例では、Y軸方向の周波数の高い成分をカットするように、すなわちX軸に関して対称に、X軸に平行な直線で区画された領域を残して、外側をカットする様子が画像表示領域61における網掛けで確認できる。

【 0 0 6 7 】

一方、図21の例では、高周波成分のみを通過させ低周波成分をカットするハイパスフィルタをX方向に適用する例を示している。これにより、X軸方向に低周波成分をカットするように、すなわちY軸に対称に、Y軸に平行な直線で区画された領域の内側をカットし、外側を残すように、画像表示領域61に網掛けが表示される。また図22の例では、ハイパスフィルタをY方向に適用する例を示しており、ここではX軸に対称に、X軸に平行な直線で区画された内側、すなわちY軸方向の低周波成分をカットする様子が、画像表示領域61上で視覚的に確認できる。このように、X軸、Y軸のいずれかの方向にのみ独立してローパスフィルタ、ハイパスフィルタを適用することができる。

【 0 0 6 8 】

以上のように、画像表示領域61でフーリエ変換画像FGに重ねてマスク領域MRを表示することで、周波数フィルタの強弱と、フーリエ変換画像FG上でのマスク領域MRのサイズの相関関係を直感的に理解し易くでき、周波数フィルタの意味が判らないユーザでもこれらのフィルタを利用し易くなる。さらにフーリエ変換画像の扱いも自然と身に着けることができるので、将来的にはより高度なマスク領域MRの指定も可能になる可能性もある。

(周波数フィルタ処理の手順)

【 0 0 6 9 】

以下、図 23 のフローチャートに基づいて、フーリエ変換画像 F G に周波数フィルタを適用する手順を説明する。ここでは、図 9 に示す共焦点画像 C I 1 に対して、ローパスフィルタを適用して図 10 に示す画像、あるいはハイパスフィルタを適用して図 11 に示す画像を得るまでの手順を考える。まずステップ S 1 で、処理対象となる入力画像を読み込む。ここでは、共焦点顕微鏡で観測した共焦点画像を画像処理部の画像データ入力部 44 で読み込み、画像処理演算部 45 のメモリにロードする。次にステップ S 2 で、読み込んだ画像データをフーリエ変換し、フーリエ変換画像（パワースペクトル画像）F G を作成する。さらにステップ S 3 で、フーリエ変換画像 F G 上にマスク領域 M R を指定する。マスク領域 M R の指定は、上述したマスク領域指定手段で行われる。そしてステップ S 4 で、指定されたマスク領域 M R のデータを除去する処理を行う。図 6 等の例では、画像処理演算部 45 が周波数フィルタ処理を行う。さらにステップ S 5 で、画像処理演算部 45 が処理済のフーリエ変換画像 F G を逆フーリエ変換し、元の共焦点画像に戻し、ステップ S 6 で処理後の画像データを表示手段 4 に表示する。このようにして、共焦点画像である図 9 の入力画像 C I 1 に対して周波数解析を行い、画像データの周波数成分を検出後に、周波数フィルタをかけたフーリエ変換画像 F G として、さらに逆フーリエ変換を行い、画像処理を行う。

10

【 0 0 7 0 】

以上反射型の共焦点顕微鏡を説明したが、本発明は透過型の共焦点顕微鏡にも適用できる。透過型の顕微鏡の場合は、試料の裏面から共焦点光学系 10 のレーザ光及び非共焦点光学系 50 の白色光が照射される。共焦点光学系 10 の光源はレーザ光源を含む単色光源はもちろんのこと、複数波長を含むものであってもよい。非共焦点光学系 50 の光源は自然光又は室内光で代用することもできる。

20

【 0 0 7 1 】

さらに、本発明は共焦点顕微鏡画像に限られず、通常の光学顕微鏡やデジタルマイクロスコープ、あるいはレーザ走査顕微鏡や測長 S E M 等の荷電粒子線装置等、さらには走査型トンネル顕微鏡（S T M）や原子間力顕微鏡（A F M）などで得られた電子顕微鏡画像に対しても利用できる。

【 0 0 7 2 】

電子線を用いた透過電子顕微鏡や走査電子顕微鏡は、荷電粒子線で観察対象の試料を照射して得られる信号を検出して観察像を得る荷電粒子線装置である。例えば電子顕微鏡は、電子の進行方向を自由に屈折させ、光学顕微鏡のような結像システムを電子光学的に設計したものである。電子顕微鏡には、試料や標本を透過した電子を電子レンズを用いて結像する透過型の他、試料表面で反射した電子を結像する反射型、収束電子線を試料表面上に走査して各走査点からの二次電子を用いて結像する走査型電子顕微鏡、加熱あるいはイオン照射によって試料から放出される電子を結像する表面放出型（電界イオン顕微鏡）等がある。

30

【 0 0 7 3 】

電子顕微鏡（E M）の例として、走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：S E M）は、観察対象となる試料に細い電子線（電子プローブ）を照射した際に発生する二次電子や反射電子を、二次電子検出器、反射電子検出器等それぞれの検出器を用いて取り出し、ブラウン管や L C D 等の表示画面上に表示して、主として試料の表面形態を観察する装置である。一方、透過型電子顕微鏡（Transmission Electron Microscope：T E M）は、薄膜試料に電子線を透過させ、その際に試料中で原子により散乱、回折された電子を電子回折パターンまたは透過電顕像として得ることによって主に物質の内部構造を観察できる。

40

【 0 0 7 4 】

電子線が固体試料に照射されたとき、電子のエネルギーによって固体中を透過するが、その際に試料を構成する原子核や電子との相互作用によって弾性的な衝突、弾性散乱やエネルギー損失を伴う非弾性散乱を生じる。非弾性散乱によって試料元素の殻内電子を励起したり、X 線等を励起したり、また二次電子を放出し、それに相当するエネルギーを損失

50

する。二次電子は衝突する角度によって放出される量が異なる。一方、弾性散乱によって後方に散乱し、試料から再び放出される反射電子は、原子番号に固有の量が放出される。SEMはこの二次電子や反射電子を利用する。SEMは電子を試料に照射し、放出される二次電子や反射電子を検出して観察像を結像している。

【0075】

また、走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）といった走査型プローブ顕微鏡（SPM）等の微細表面形状計測装置は、探触針が試料表面に接近または接触して支持され、トンネル電流、原子間力等が一定に保たれて走査される探触針または試料の検査すべき表面に垂直な変位量から、試料表面の微細形状を観察する。このとき、試料に対する探触針の位置を知るための観察光学系を備えるものがあり、一例として探触針と観察光学系の対物レンズを切り換えて使用するタイプがある。この装置では、探触針の位置を示す指標（レクチル）を観察光学系の視野内に設けることにより、探触針の観察位置の光学的な観察を可能にしている。

【0076】

このような電子顕微鏡や原子間力顕微鏡等の試料表示装置で得られる電子顕微鏡画像や原子間力顕微鏡画像等の画像データに対しても、本発明の画像処理を適用できる。

【産業上の利用可能性】

【0077】

本発明の拡大観察装置、拡大観察装置の操作方法、拡大観察装置操作プログラムおよびコンピュータで読み取り可能な記録媒体並びに記録した機器は、生物細胞の部分的な検査またはイメージング等に好適に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】本発明の実施の形態1に係る共焦点顕微鏡システムの概略構成を示すブロック図である。

【図2】図1の共焦点顕微鏡システムを示す外観斜視図である。

【図3】共焦点顕微鏡本体を示す斜視図である。

【図4】対物レンズのZ方向位置に応じて変化する受光量データを示すグラフである。

【図5】本発明の実施の形態2に係る共焦点顕微鏡システムを示すブロック図である。

【図6】画像処理プログラムでハイパスフィルタを全方向に設定したユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

【図7】画像処理プログラムでマスク領域指定手段を設定するユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

【図8】図7で矩形形状のマスク領域を選択したユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

【図9】入力画像である共焦点画像を示すイメージ図である。

【図10】図9の共焦点画像に対してローパスフィルタを適用した結果を示すイメージ図である。

【図11】図9の共焦点画像に対してハイパスフィルタを適用した結果を示すイメージ図である。

【図12】図6でフィルタ強弱調整部を強方向に調整した結果を示すイメージ図である。

【図13】図12でフィルタ強弱調整部をさらに強方向に調整した結果を示すイメージ図である。

【図14】図13でフィルタ強弱調整部をより強方向に調整した結果を示すイメージ図である。

【図15】画像処理プログラムでローパスフィルタを全方向に設定したユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

【図16】図15でフィルタ強弱調整部を強方向に調整した結果を示すイメージ図である。

【図17】図16でフィルタ強弱調整部をさらに強方向に調整した結果を示すイメージ図

10

20

30

40

50

である。

【図 1 8】図 1 5 でフィルタ強弱調整部をより強方向に調整した結果を示すイメージ図である。

【図 1 9】画像処理プログラムでローパスフィルタを X 方向に設定したユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

【図 2 0】画像処理プログラムでローパスフィルタを Y 方向に設定したユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

【図 2 1】画像処理プログラムでハイパスフィルタを X 方向に設定したユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

【図 2 2】画像処理プログラムでハイパスフィルタを Y 方向に設定したユーザインターフェース画面を示すイメージ図である。

10

【図 2 3】フーリエ変換画像に周波数フィルタを適用する手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【 0 0 7 9 】

1 0 0、2 0 0 ... 共焦点顕微鏡システム

1 ... 共焦点顕微鏡本体

2 ... コントローラ

3 ... 操作手段

3 A ... 入力手段

4 ... 表示手段

20

1 0、1 0 B ... 共焦点光学系

1 1 ... 光源

1 2 ... 第 1 コリメートレンズ

1 3 ... 偏光ビームスプリッタ

1 4 ... 1 / 4 波長板

1 5 ... 水平・垂直偏向装置

1 6 ... 第 1 リレーレンズ

1 7 ... 第 2 リレーレンズ

1 8 ... 対物レンズ

1 9 ... 結像レンズ

30

2 0 ... ピンホール板 非共焦点光学系

2 1 ... 受光素子

2 2 ... 第 1 受光信号処理回路

3 0 ... ステージ

3 1 ... ステージ手動操作機構

3 2 ... X 方向移動摘み

3 3 ... Y 方向移動摘み

3 4 ... Z 方向移動摘み

4 1 ... 第 1 A D 変換器

4 2 ... 第 2 A D 変換器

4 3 ... 制御部

4 4 ... 画像データ入力部

4 5 ... 画像処理演算部

4 6 ... 表示用画像生成部

40

5 0、5 0 B ... 非共焦点光学系

5 1 ... 白色光源

5 2 ... 第 2 コリメートレンズ

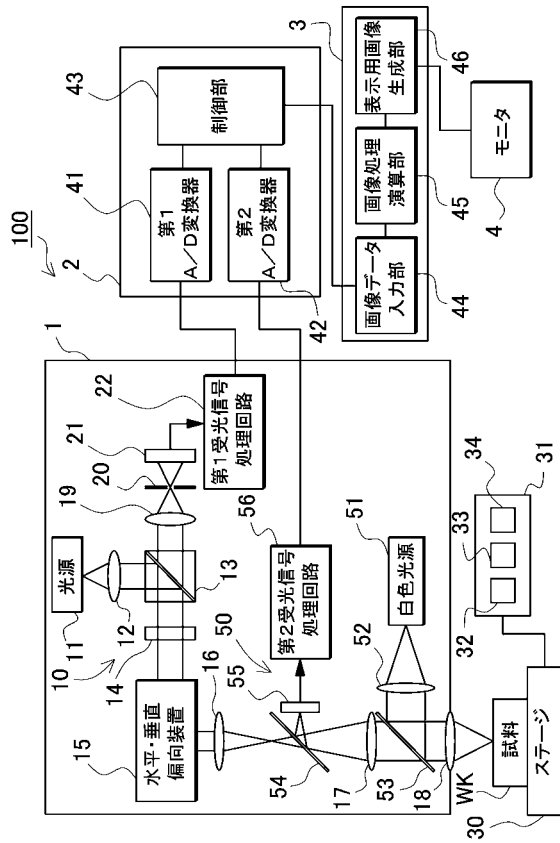
5 3 ... 第 1 ハーフミラー

5 4、5 4 B ... 第 2 ハーフミラー

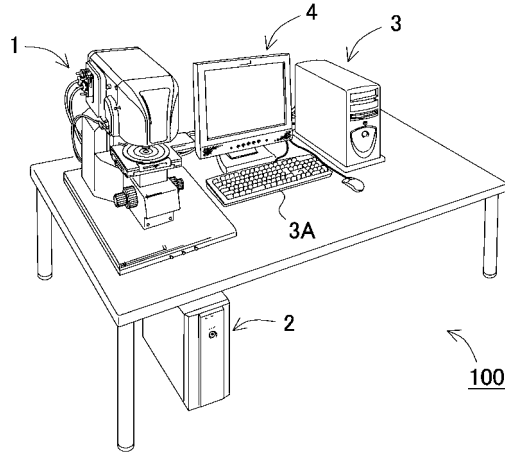
50

5 5 ...第 2 受光素子	
5 6 ...第 2 受光信号処理回路	
6 1 ...画像表示領域	
6 2 ...操作領域	
1 1 0 ...マスク欄	
1 1 1 ...詳細設定欄	
1 1 2 ...拡大表示欄	
1 1 3 ...演算実行欄	
1 1 3 a ...「演算実行」ボタン	
1 1 3 b ...「プレビュー」ボタン	10
1 1 3 c ...「リセット」ボタン	
1 1 4 ...マスク形状指定欄	
1 1 4 a ...「同心円」ボタン	
1 1 4 b ...「矩形」ボタン	
1 1 4 c ...「ブラシ」ボタン	
1 1 4 d ...「反転」ボタン	
1 1 4 e ...「クリア」ボタン	
1 1 4 f ...「追加」ボタン	
1 1 4 g ...「ファイル保存」ボタン	
1 1 4 h ...「ファイル読込」ボタン	20
1 1 5 ...パワースペクトル欄	
1 1 5 a ...パワースペクトル調整スライダ	
1 1 5 b ...プルダウンメニュー	
1 1 6 ...周波数フィルタ欄	
1 1 6 a ...周波数フィルタ選択部	
1 1 6 b ...フィルタ方向選択部	
1 1 6 c ...フィルタ強弱調整部	
W K ...試料	
F G ...フーリエ変換画像	
M R ...マスク領域	30
C I 1 ...共焦点画像の元画像	
C I 2 ...ローパスフィルタ適用後の共焦点画像	
C I 3 ...ハイパスフィルタ適用後の共焦点画像	

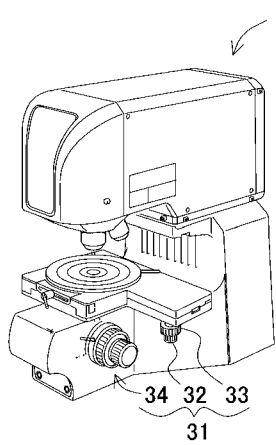
【図1】



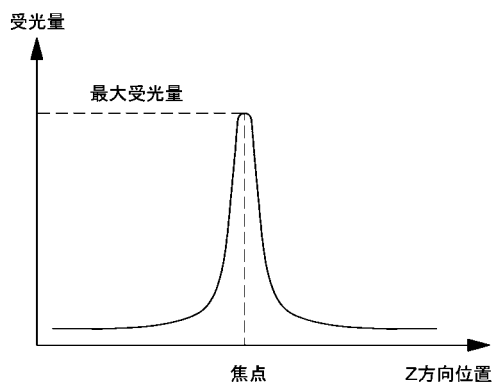
【図2】



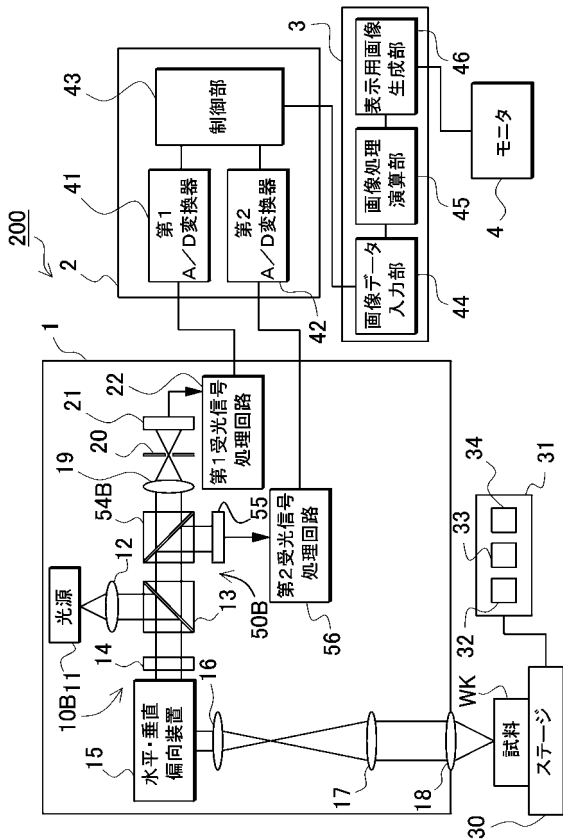
【図3】



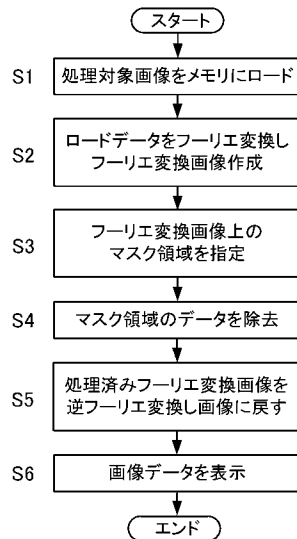
【図4】



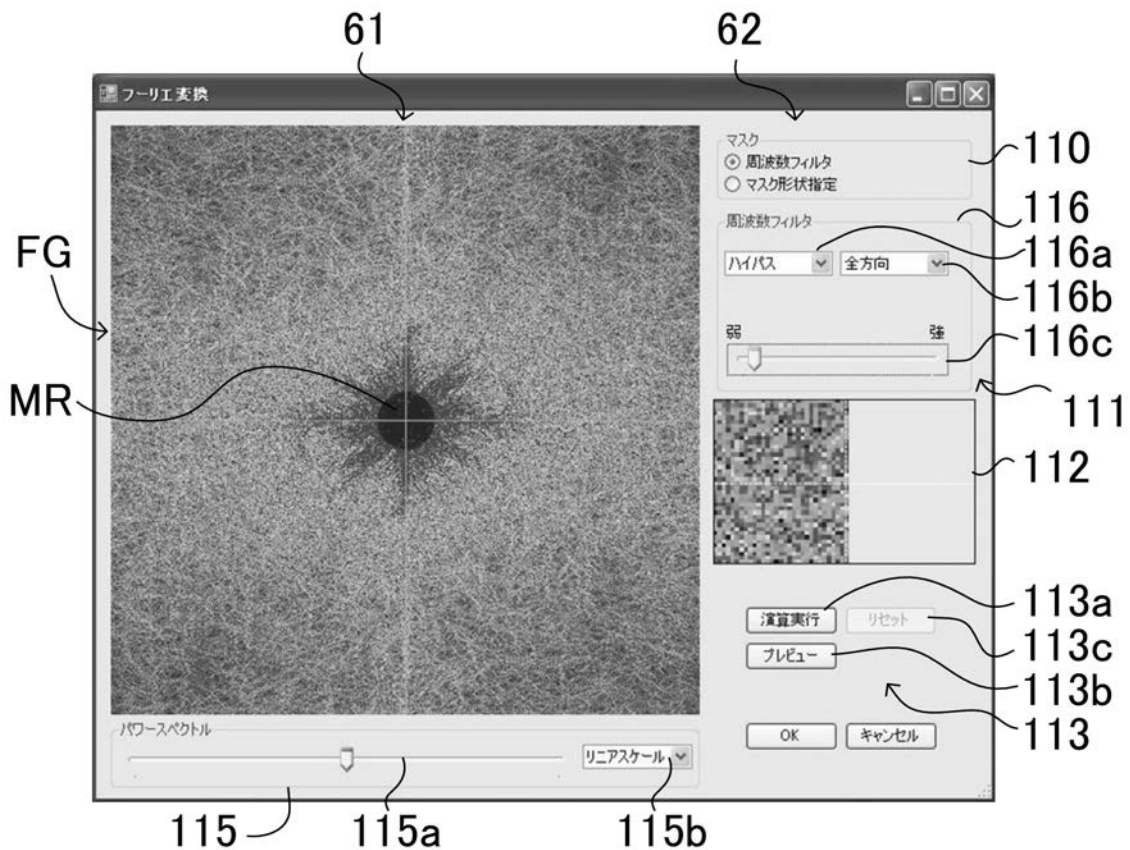
【図5】



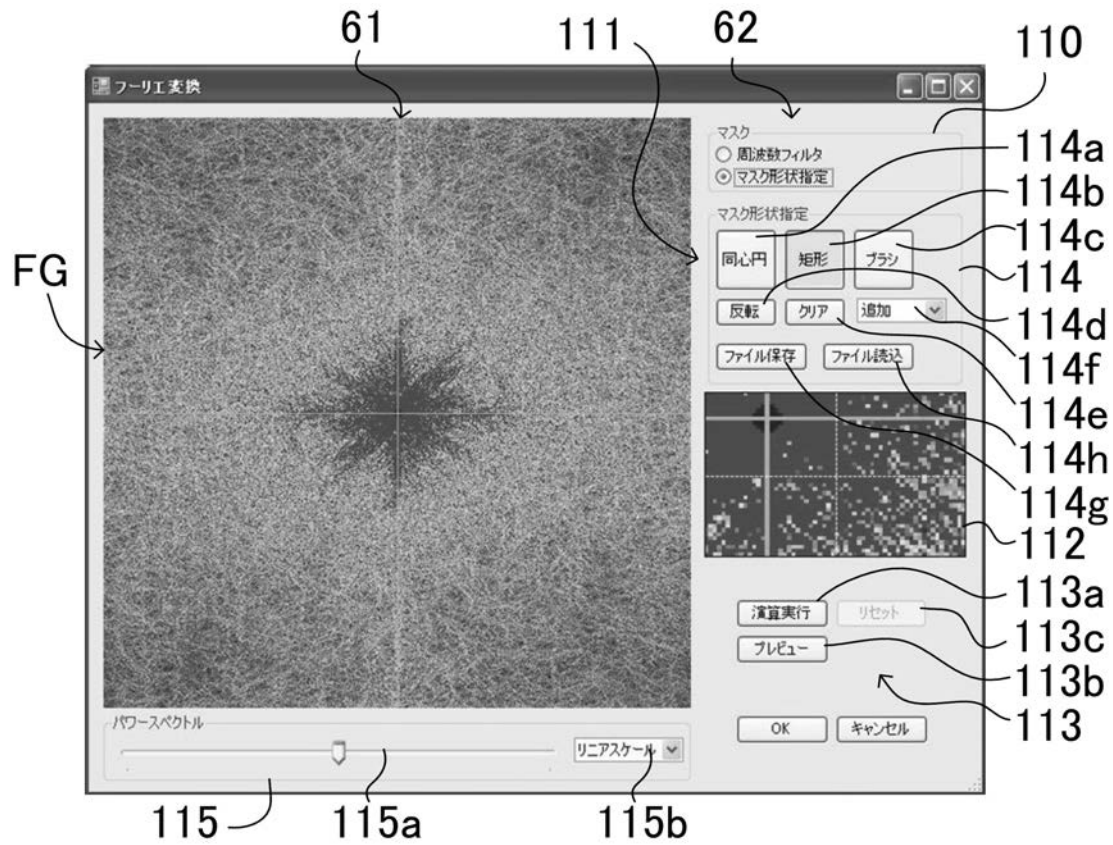
【図 23】



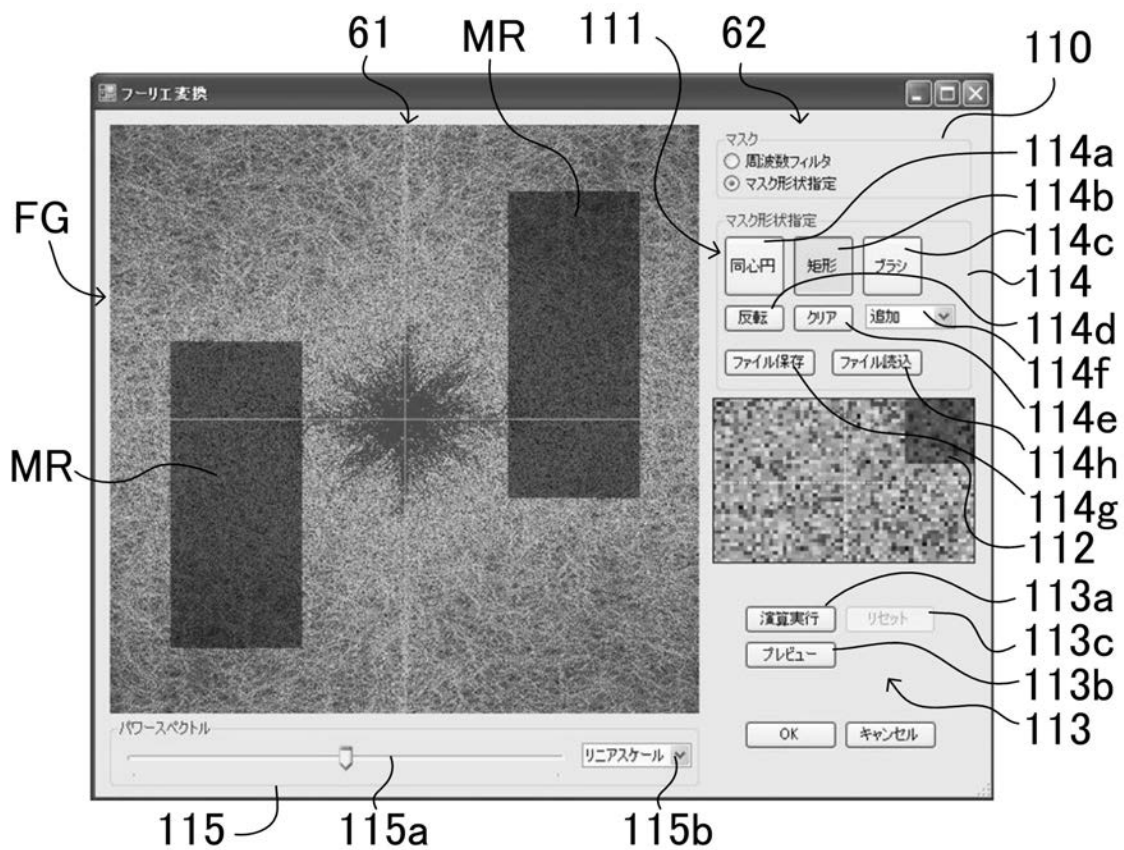
【図 6】



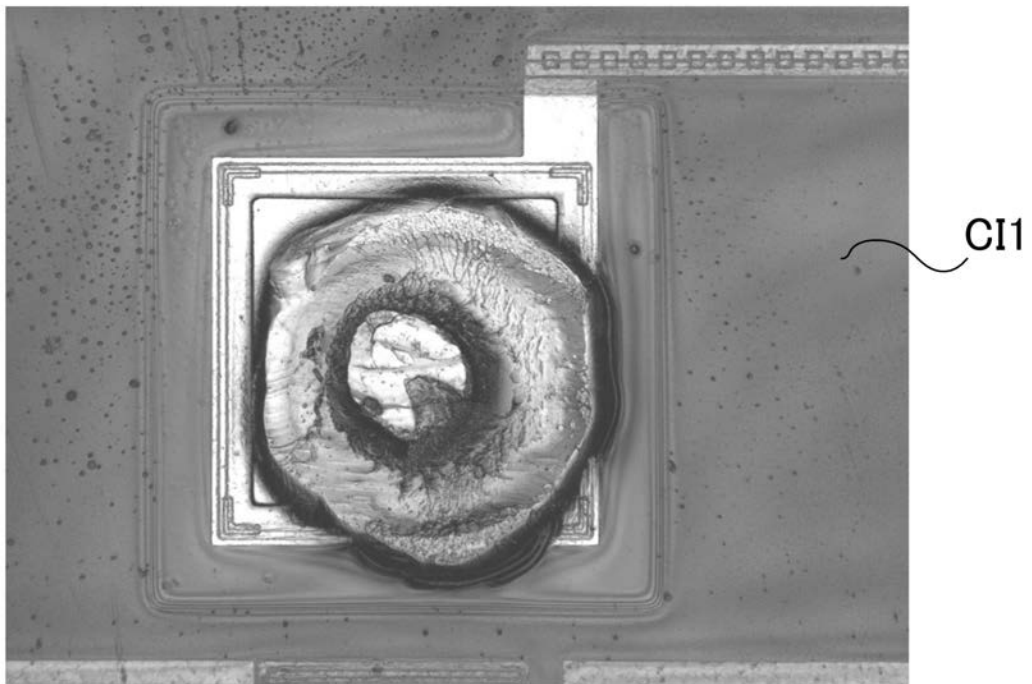
【図 7】



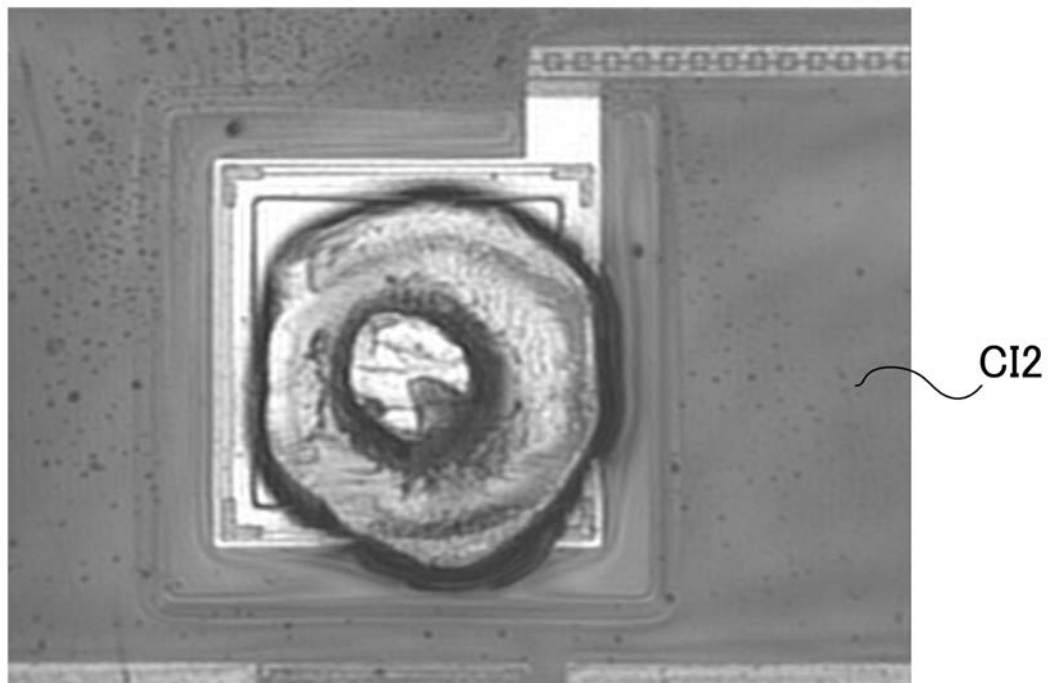
【図 8】



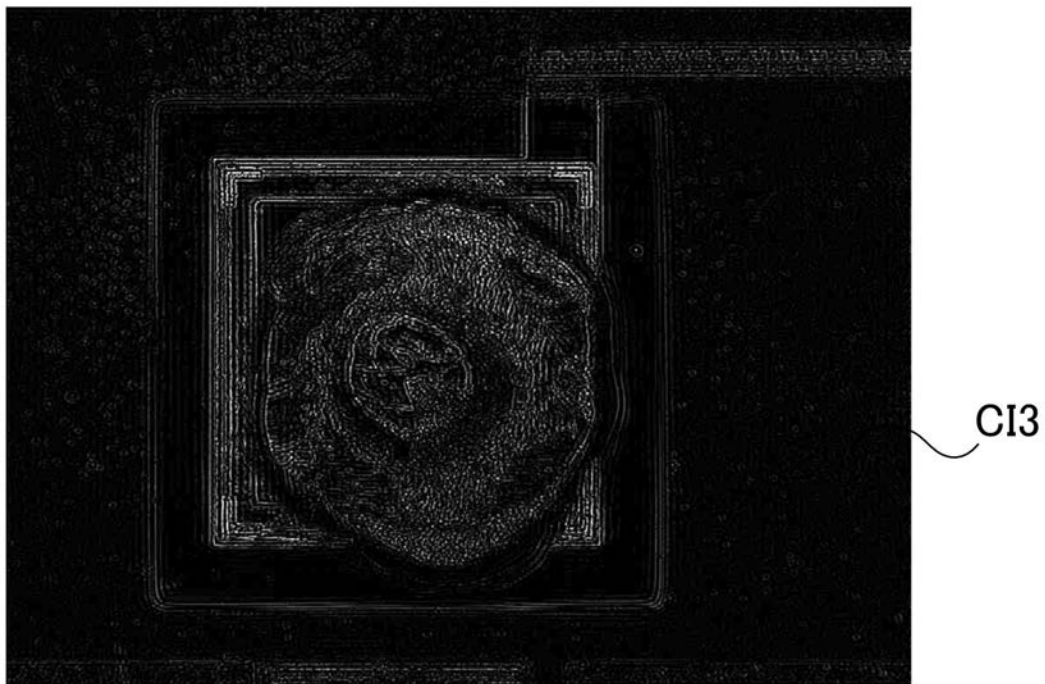
【図 9】



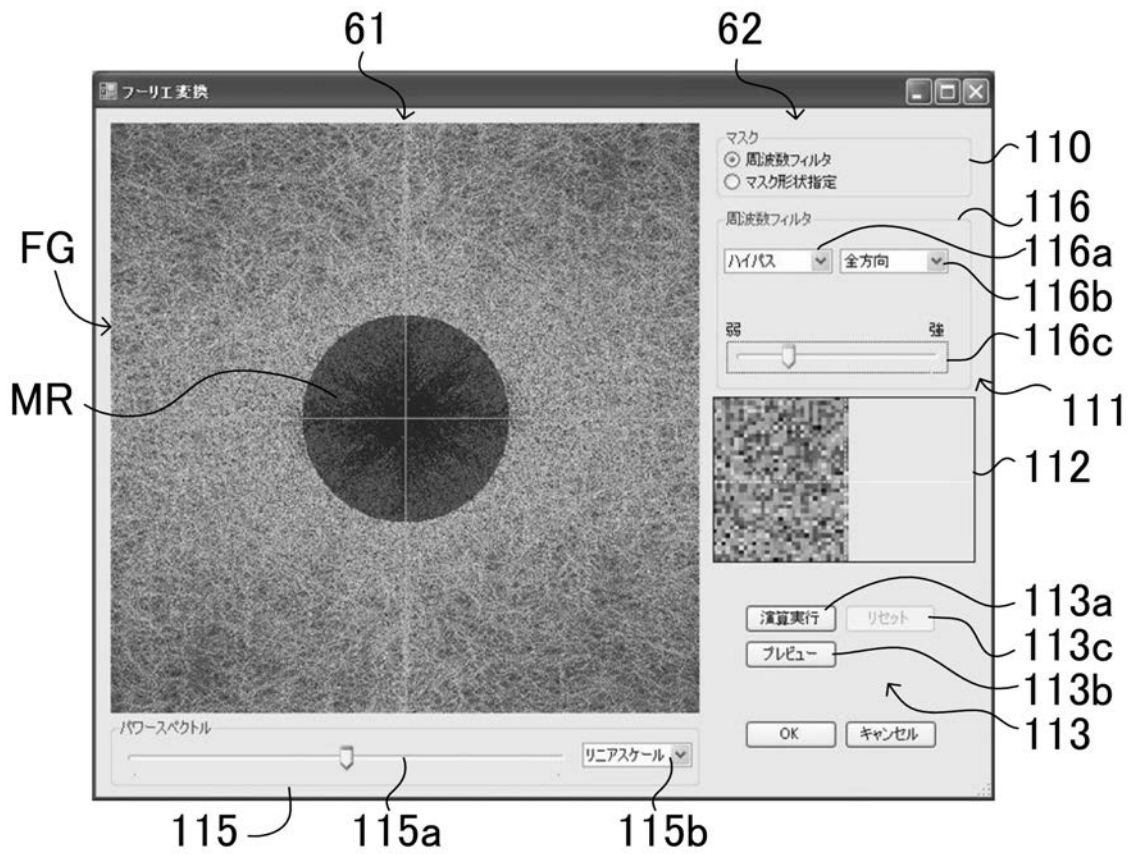
【図 10】



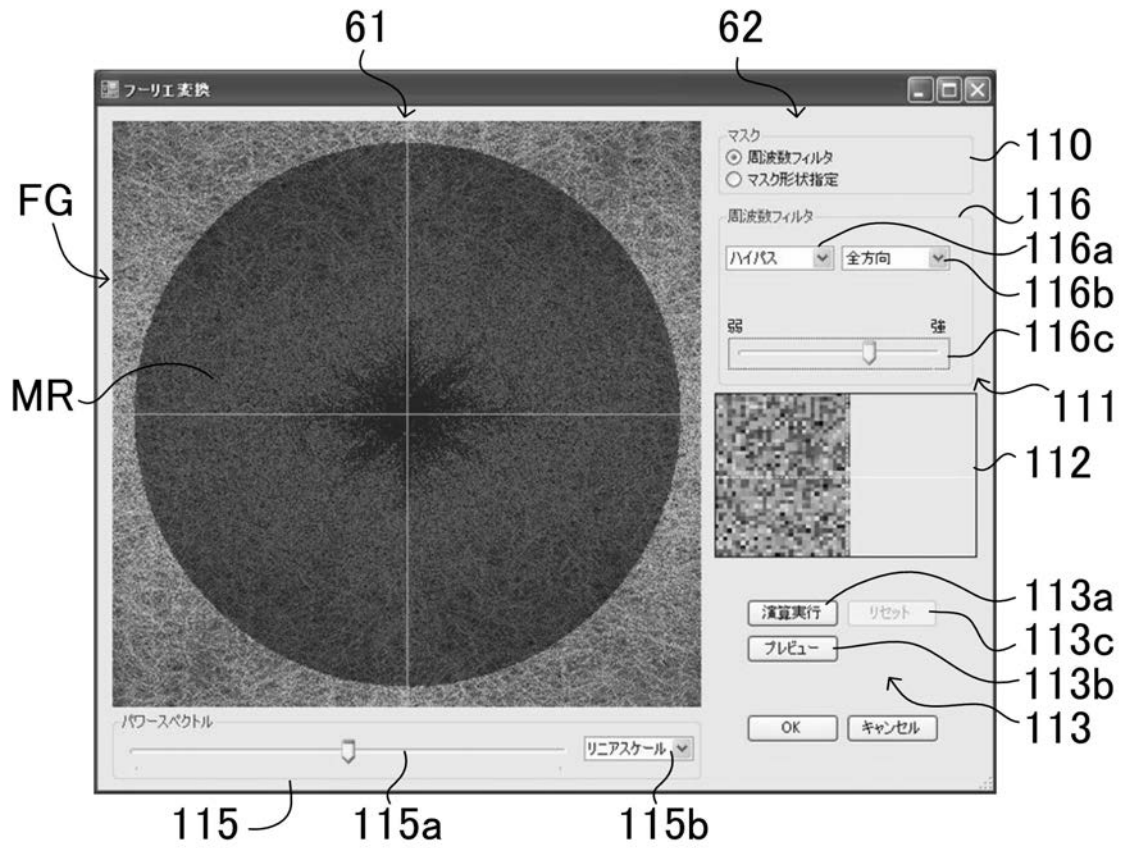
【図 11】



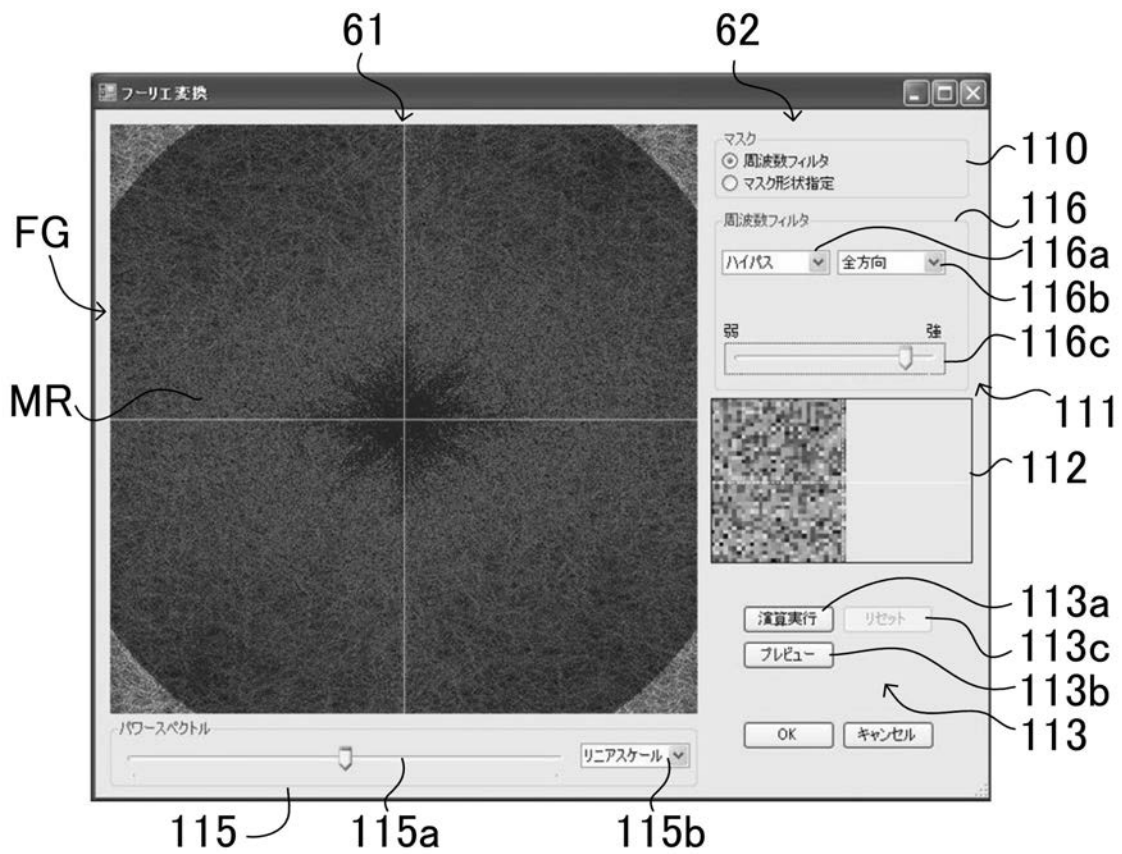
【図 12】



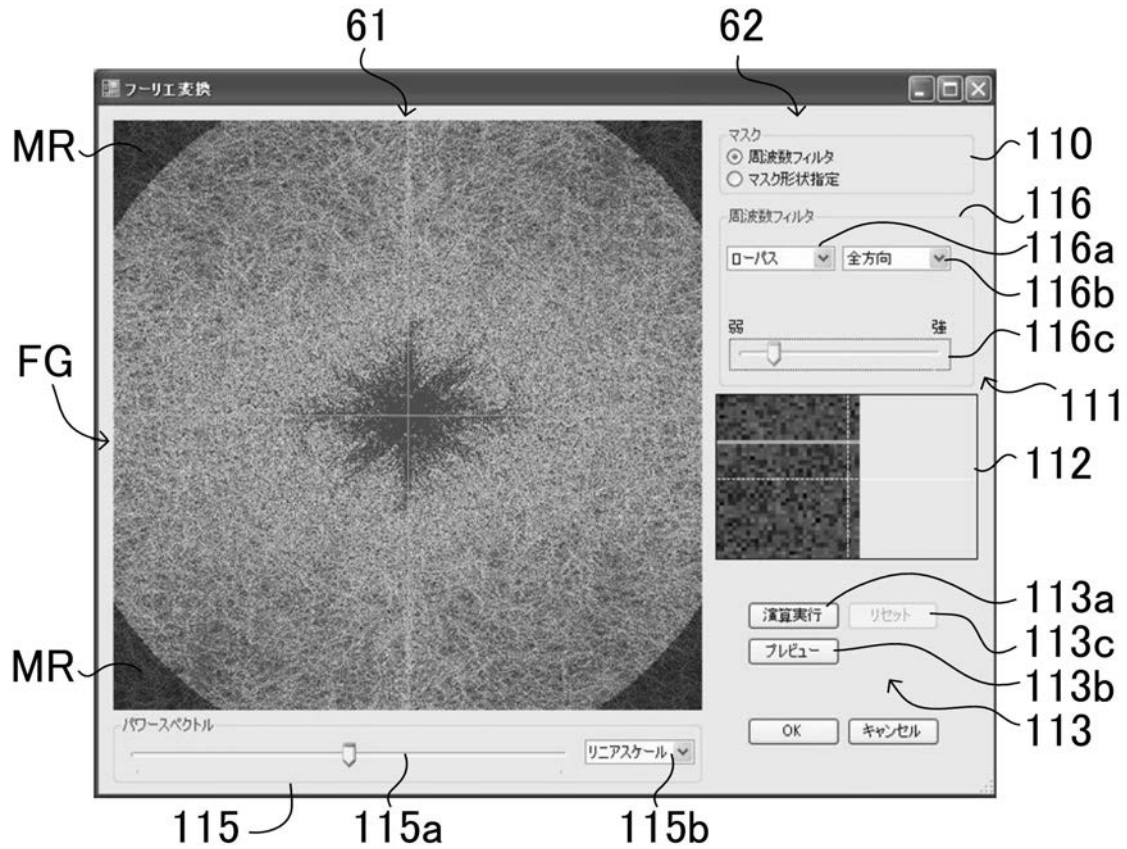
【図 13】



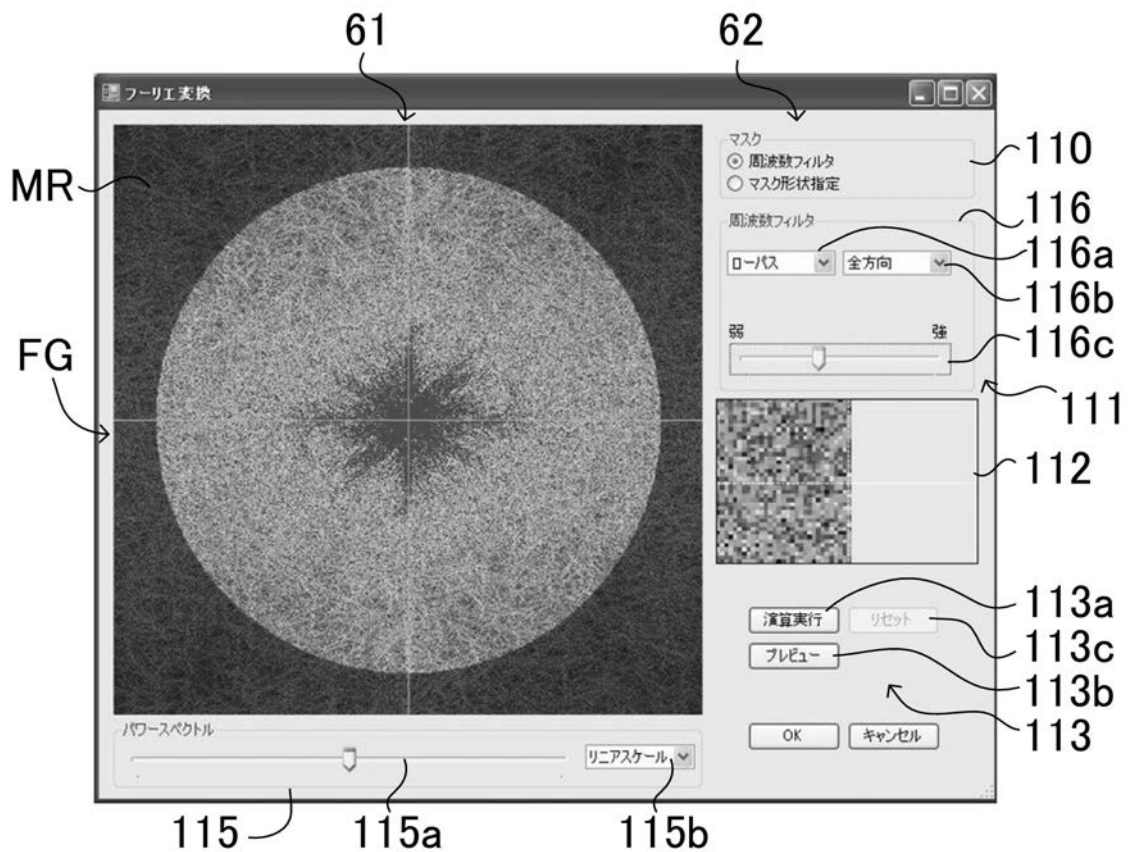
【図 14】



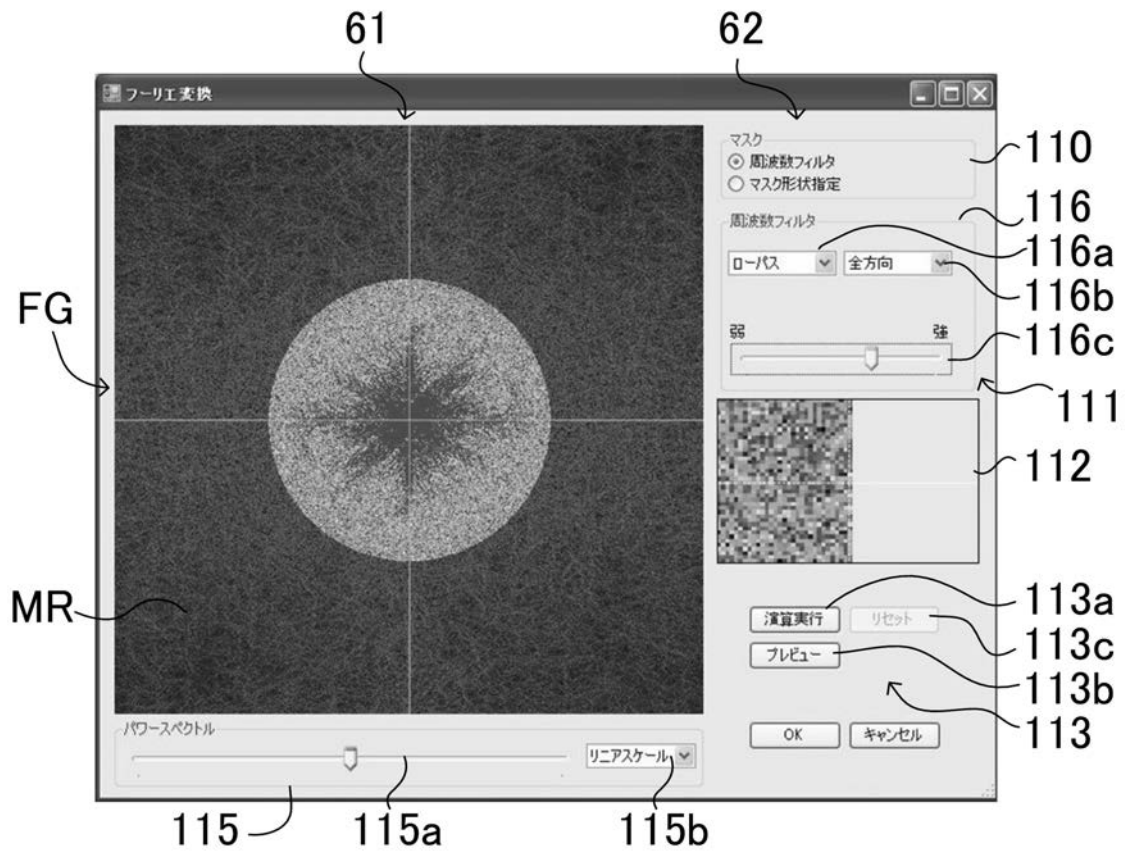
【図 15】



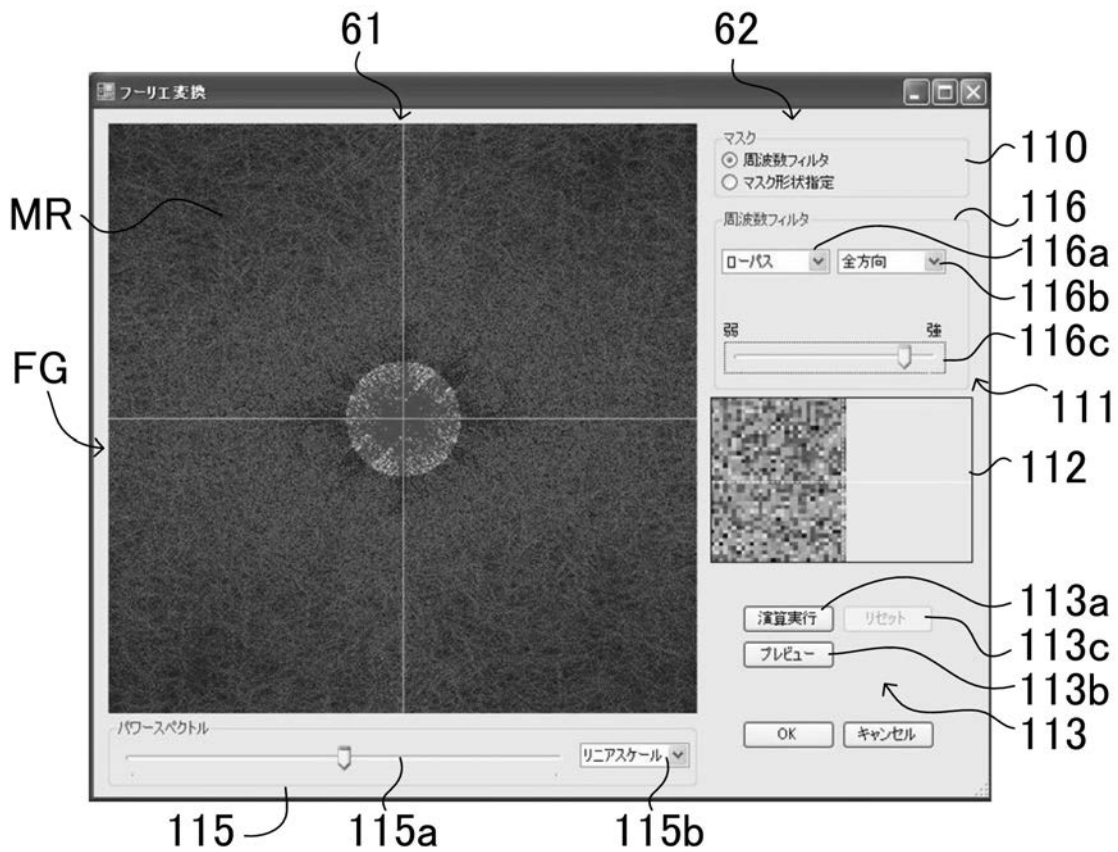
【図 16】



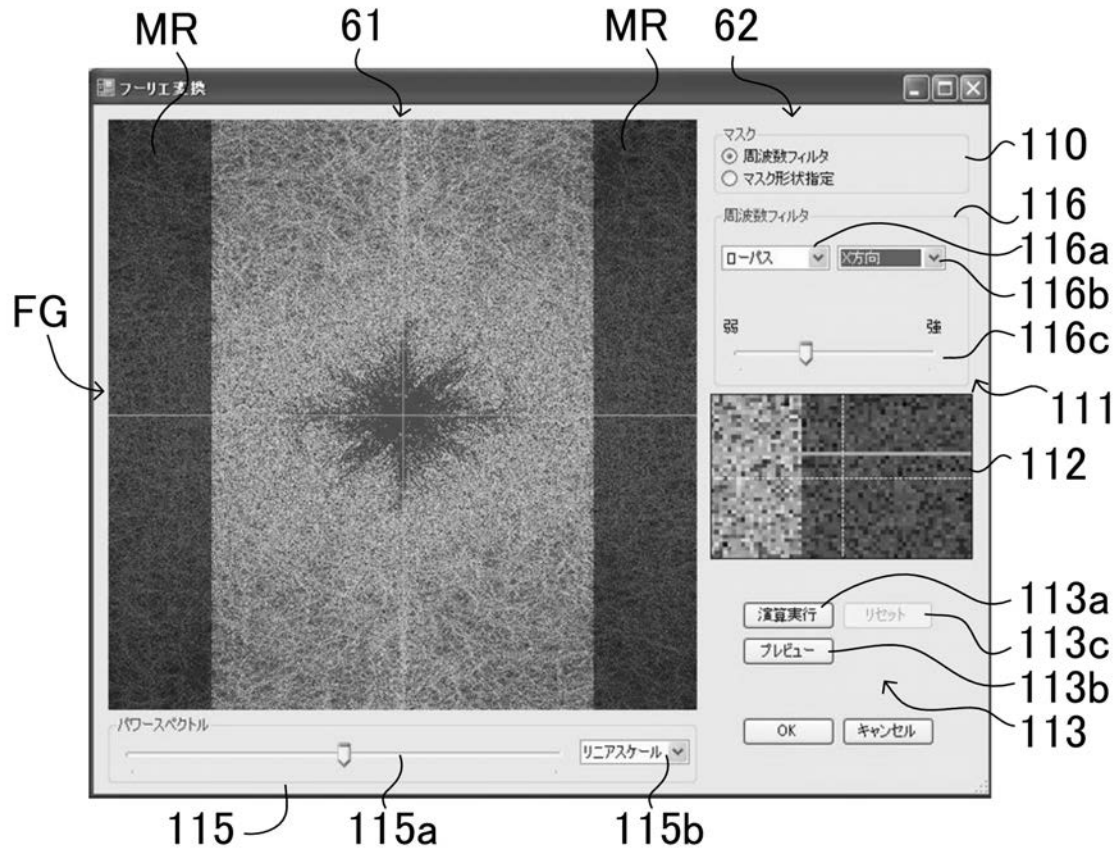
【図 17】



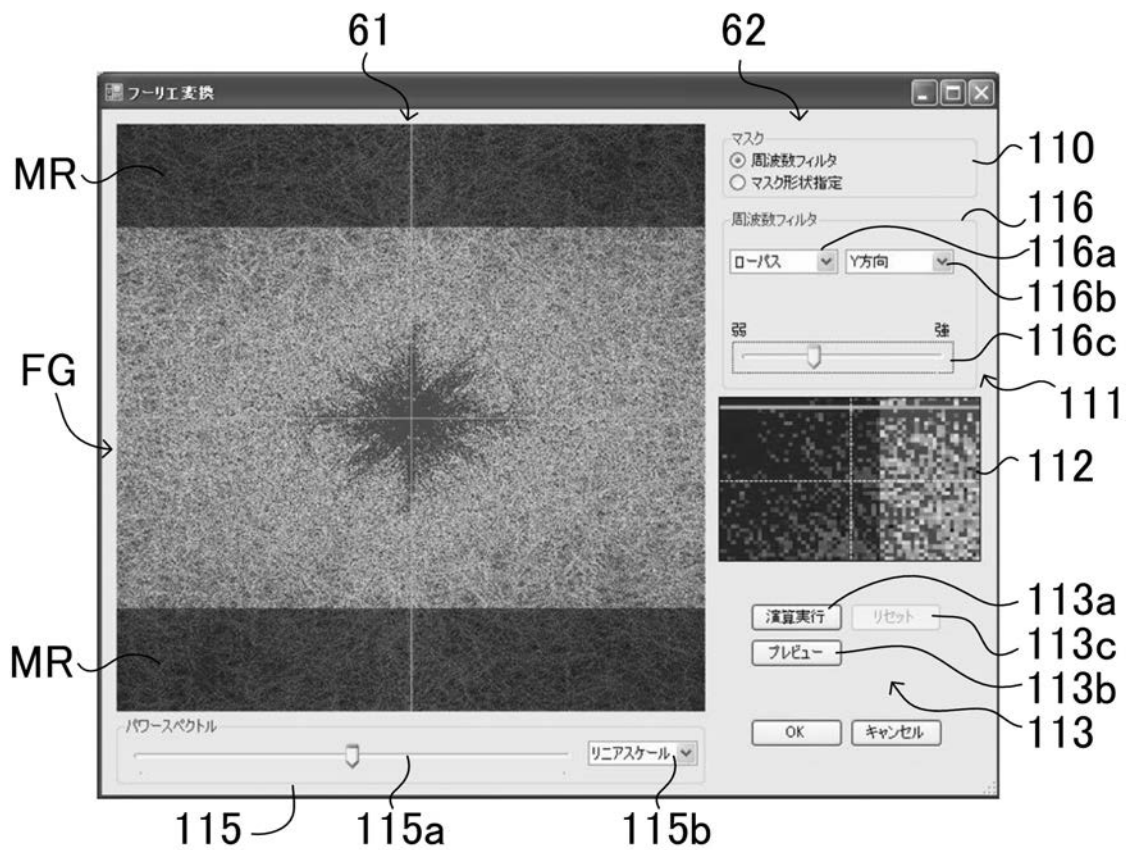
【図 18】



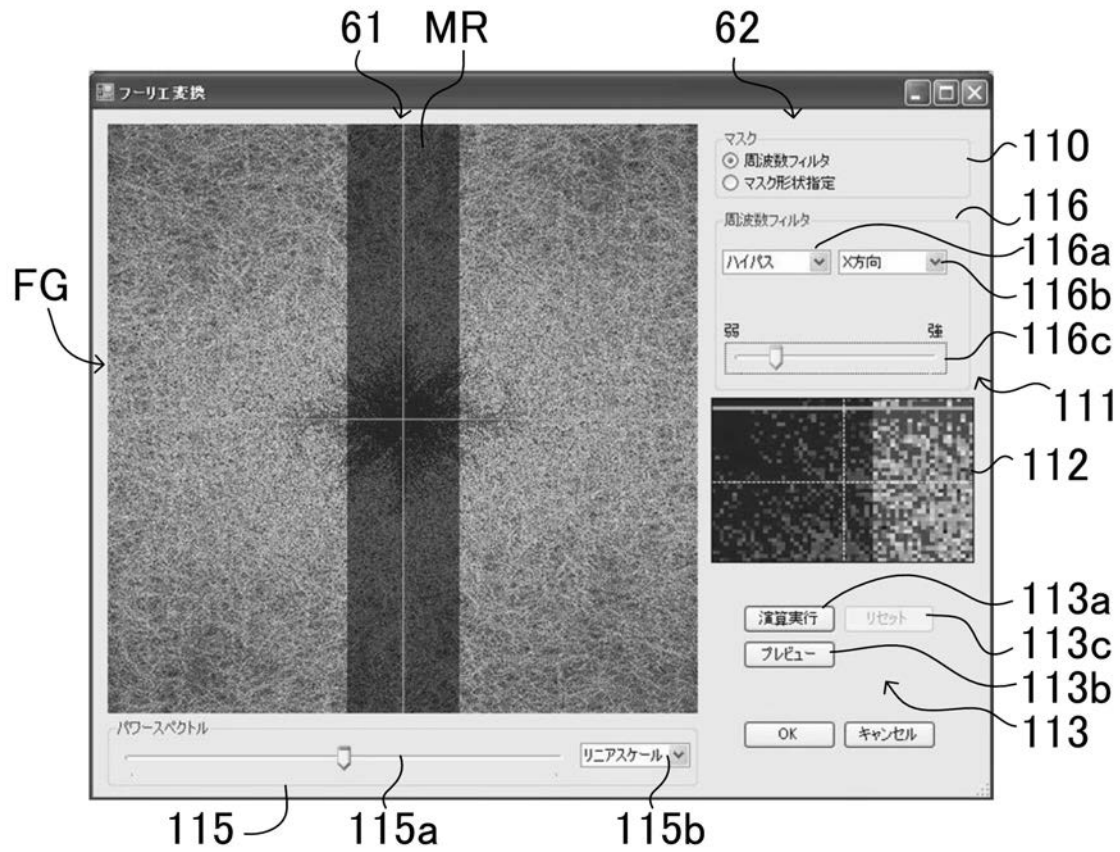
【図 19】



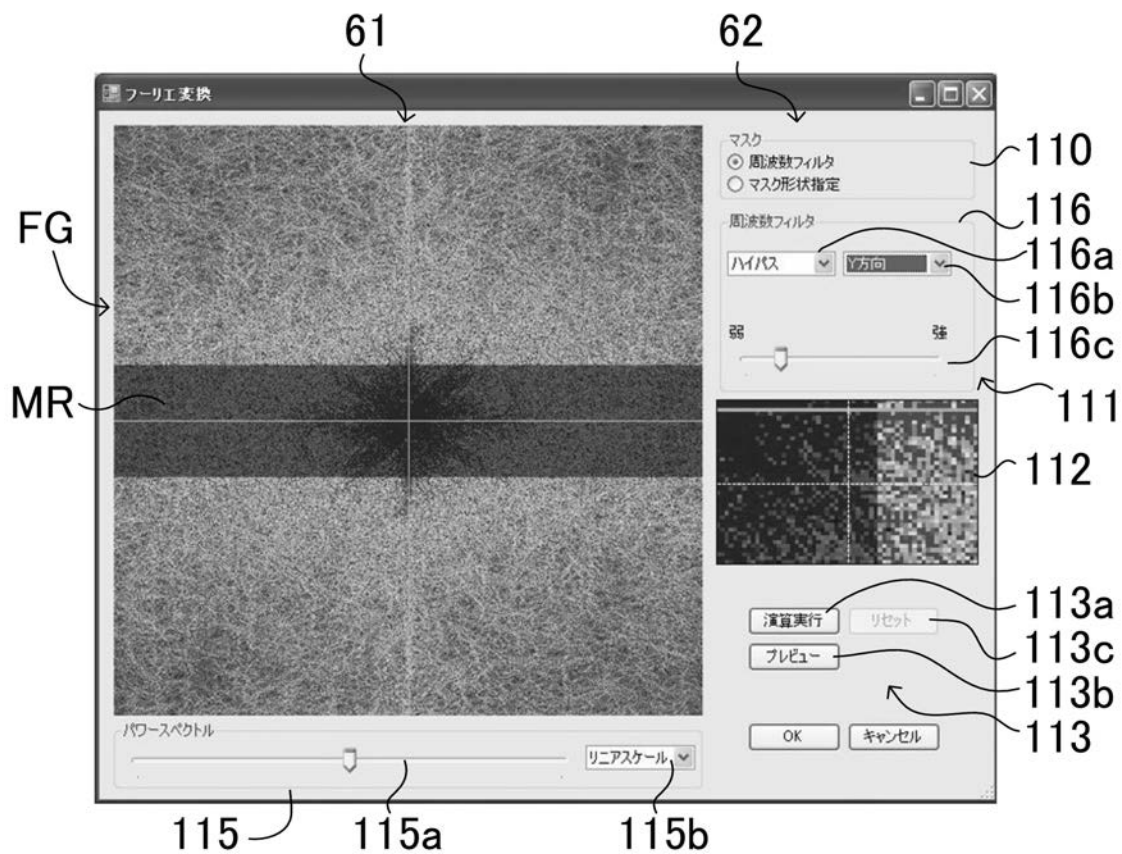
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



フロントページの続き

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開2007-107999(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 21/00

G02B 21/36