(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3943620号
(P3943620)
(45)発行日　平成19年7月11日(2007.7.11)　(24)登録日　平成19年4月13日(2007.4.13)

(51)Int.Cl.　F I
G02B 21/00 (2006.01)　G02B 21/00

請求項の数 7　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平8-101316
(22)出願日　平成8年4月23日(1996.4.23)
(65)公開番号　特開平9-15504
(43)公開日　平成9年1月17日(1997.1.17)
審査請求日　平成15年2月19日(2003.2.19)
(31)優先権主張番号　特願平7-98326
(32)優先日　平成7年4月24日(1995.4.24)
(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　100147485
弁理士　杉村　憲司
(74)代理人　100107227
弁理士　藤谷　史朗
(74)代理人　100072051
弁理士　杉村　興作
(74)代理人　100065363
弁理士　佐藤　安徳
(74)代理人　100089576
弁理士　冨田　典
(74)代理人　100073313
弁理士　梅本　政夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】微分干渉顕微鏡

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、

前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、

前記結像面に配置した電子撮像素子と、

この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、

この画像処理手段において、前記電子撮像素子からの画像データを、前記常光および異常光の分離量、前記光路長差変化手段による光路長差量および光学系の瞳関数から求まる応答関数を用いてデコンボリューション処理して、前記観察物体の位相分布を求めるよう構成したことを特徴とする微分干渉顕微鏡。

【請求項２】

光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、

前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、

前記結像面に配置した電子撮像素子と、

この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、

前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符

号が異なる２つの状態に変化させ、その各状態での前記電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、それらの差画像を得、その差画像を、前記常光および異常光の分離量、前記光路長差変化手段による光路長差量および光学系の瞳関数から求まる応答関数を用いてデコンボリューション処理して、前記観察物体の位相分布を求めるよう構成したことを特徴とする微分干渉顕微鏡。

【請求項３】

光源からの光を分波手段により常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を合波手段により重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、

前記分波手段を、前記常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成すると共に、前記合波手段を、前記常光および異常光の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成し、

前記分波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第１の支持部材と、この第１の支持部材上に設けた分波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、

前記合波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第２の支持部材と、この第２の支持部材上に設けた合波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、

前記第１の支持部材および第２の支持部材を、それぞれ光軸に対してほぼ垂直な面内で移動させることにより、分波方向および合波方向を切り換えるよう構成したことを特徴とする微分干渉顕微鏡。

【請求項４】

光源からの光を分波手段により常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を合波手段により重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、

前記結像面に配置した電子撮像素子と、

この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、

前記分波手段を、前記常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成すると共に、前記合波手段を、前記常光および異常光の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成し、

前記分波方向および合波方向が異なる少なくとも２方向における画像データを、前記電子撮像素子を介して前記画像処理手段に取り込んで、それらの画像データを合成し、

前記分波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第１の支持部材と、この第１の支持部材上に設けた分波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、

前記合波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第２の支持部材と、この第２の支持部材上に設けた合波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、

前記第１の支持部材および第２の支持部材を、それぞれ光軸に対してほぼ垂直な面内で移動させることにより、分波方向および合波方向を切り換えるよう構成したことを特徴とする微分干渉顕微鏡。

【請求項５】

光源からの光を分波手段により常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を合波手段により重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、

前記結像面に配置した電子撮像素子と、

この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、

前記分波手段を、前記常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成すると共に、前記合波手段を、前記常光および異常光の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成し、

前記分波方向および合波方向が異なる少なくとも２方向における画像データを前記電子撮像素子を介して前記画像処理手段に取り込んで、それらの画像を対応する常光および異常光の分波幅を用いて処理して各分波方向における位相分布情報を求め、それらの位相分布情報を合成して前記観察物体の２次元的位相分布を求めるようにしたことを特徴とする

微分干渉顕微鏡。
【請求項６】
光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させ、その各状態での前記電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、両画像データの差画像データおよび和画像データを求め、これら差画像データおよび和画像データを用いて、前記観察物体の位相情報と振幅情報とを分離するようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
【請求項７】
光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記観察物体を経た前記常光および異常光を複数の結像面に重ね合わせて結像させる合波手段と、
前記複数の結像面の各々に配置した電子撮像素子と、
これら電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
この画像処理手段により、前記複数の電子撮像素子から得られる複数の画像情報に基づいて差画像および和画像を得、これら差画像および和画像を用いて、前記観察物体の位相分布情報と振幅分布情報とを分離することを特徴とする微分干渉顕微鏡。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
この発明は、例えば細胞やバクテリア等の微細物体、あるいは金属等の結晶構造を高解像力で観察するのに好適な微分干渉顕微鏡に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
微分干渉顕微鏡においては、照明光を複屈折性のプリズムにより常光と異常光とに分離して観察物体に照射し、それらの透過光または反射光を干渉させることにより、観察物体の勾配の画像を形成するようにしている。
【０００３】
また、最近では、微分干渉顕微鏡に、従来の２光束干渉計測技術を応用して、観察物体の位相分布や微細形状を計測する試みもなされている。例えば、特開平６－２２９７２４号公報には、半導体製造分野で用いられる位相シフトマスクの位相シフタの膜厚を高精度に測定する方法が提案されている。さらに、このような計測において、微分干渉顕微鏡における測定精度を向上させるものとして、例えば、「Applications of interferomertry and automated inspection in Japan,T.YATAGAI,SPIE.Vol.CR46,1992」や特開平５－２３２３８４号公報には、微分干渉顕微鏡に干渉計測における縞走査法を応用したものが開示されている。
【０００４】
また、観察物体の２次元的な位相分布や微細形状を計測するものとして、観察物体を顕微鏡の光軸を中心に回転させたり、特開平５－３０３０４０号公報に開示されているように、観察物体を回転させる代わりに、複屈折性のプリズムと偏光子および検光子とを同期させて回転させるようにした微分干渉顕微鏡も提案されている。
【０００５】

さらに、「差動微分干渉顕微鏡によるマスク欠陥検査」岩崎他、第５６回応用物理学会学術講演会講演予稿集、２８ａ－Ｎ－９、１９９５、には、微分干渉顕微鏡とレーザ走査型顕微鏡とを組み合わせ、検出部に光磁気ディスク装置で広く用いられている差動検出装置を用いて、１／２波長板を回転させることにより、マスク上のパターンとマスクに付着した汚れとの微分信号の強度を相対的に変化させるようにしたものが提案されている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、微分干渉顕微鏡を観察物体の計測に応用する場合、従来は、特開平６－２２９７２４号公報に開示されているように、微分干渉顕微鏡をマッハツェンダ型の２光束干渉計と考え、観察物体で回折される光の影響は無いものとして、常光と異常光との光路差を求めて、観察物体の位相情報等を得るようにしている。

【０００７】

これに対し、通常の微分干渉顕微鏡においては、観察物体面上での常光と異常光との分離幅、すなわちシア量が解像力やコントラストを決める重要なパラメータとなり、このシア量を顕微鏡の分解能程度に設定することにより、常光と異常光とのそれぞれの回折光が相互に干渉して像が形成されるとされている。このため、上述したように微分干渉顕微鏡を用いて、観察物体の位相分布や微細形状を計測する場合には、微分干渉顕微鏡のシア量および観察物体での回折の影響を考慮する必要がある。

【０００８】

しかしながら、上述した「Applications of interferomertry and automatedinspection in Japan,T.YATAGAI,SPIE.Vol.CR46,1992」や特開平５－２３２３８４号公報においては、観察物体で回折した光が全て像面に伝達されるものとしており、光学系の開口数等による回折光の欠落（応答性）については、何ら考慮されていない。このため、観察物体の位相分布を正確に求めることができないという問題がある。

【０００９】

また、観察物体の２次元的な位相分布や微細形状を計測するために、観察物体を顕微鏡の光軸を中心に回転させたり、特開平５－３０３０４０号公報におけるように、複屈折性のプリズムと偏光子および検光子とを同期させて回転させる場合には、光軸と回転軸と正確に一致させないと、微分干渉像に位置ズレが生じて正確な２次元計測ができなくなる。しかし、光学系の光軸は、光学系を構成する個々の光学部品の偏芯により変化するため、観察物体を載せているステージ等の回転軸を光軸に正確に一致させるには、非常に手間がかかり、装置がコストアップするという問題がある。

【００１０】

さらに、上述した「差動微分干渉顕微鏡によるマスク欠陥検査」岩崎他、第５６回応用物理学会学術講演会講演予稿集、２８ａ－Ｎ－９、１９９５、に開示されている微分干渉顕微鏡では、マスク上のパターンとマスクに付着した汚れとの微分信号の強度を相対的に変化させることが可能であるが、マスクの反射率が部分的に変化している場合等においては、反射率の変化とマスク面上の段差との情報の分離が困難となって、マスク面上の段差情報を正確に測定することができなくなるという問題がある。つまり、観察物体に振幅分布情報と位相分布情報とが混在している場合には、微分干渉顕微鏡による画像から、位相分布情報を正確に抽出することができなくなる。また、観察面上を走査する走査型顕微鏡であるため、観察面上の段差等の情報を得るのに時間がかかるという問題もある。

【００１１】

この発明は、上述した従来の問題点に着目してなされたもので、その第１の目的は、観察物体の正確な位相分布を計測し得るよう適切に構成した微分干渉顕微鏡を提供しようとするものである。

【００１２】

また、第２の目的は、簡単かつ安価な構成で、観察物体の２次元的位相分布情報が得られるようにした微分干渉顕微鏡を提供しようとするものである。

【００１３】

【課題を解決するための手段】
上記第１の目的を達成するため、この発明では、光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
この画像処理手段において、前記電子撮像素子からの画像データを、前記常光および異常光の分離量、前記光路長差変化手段による光路長差量および光学系の瞳関数から求まる応答関数を用いてデコンボリューション処理して、前記観察物体の位相分布を求めるよう構成したことを特徴とするものである。
【００１４】
さらに、この発明では、光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させ、その各状態での前記電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、それらの差画像を得、その差画像を、前記常光および異常光の分離量、前記光路長差変化手段による光路長差量および光学系の瞳関数から求まる応答関数を用いてデコンボリューション処理して、前記観察物体の位相分布を求めるよう構成したことを特徴とするものである。
【００１５】
また第２の目的を達成するため、第２の発明では、光源からの光を分波手段により常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を合波手段により重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記分波手段を、前記常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成すると共に、前記合波手段を、前記常光および異常光の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成し、
前記分波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第１の支持部材と、この第１の支持部材上に設けた分波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、
前記合波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第２の支持部材と、この第２の支持部材上に設けた合波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、
前記第１の支持部材および第２の支持部材を、それぞれ光軸に対してほぼ垂直な面内で移動させることにより、分波方向および合波方向を切り換えるよう構成したことを特徴とするものである。
さらに、この発明では、光源からの光を分波手段により常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を合波手段により重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記分波手段を、前記常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成すると共に、前記合波手段を、前記常光および異常光の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成し、
前記分波方向および合波方向が異なる少なくとも２方向における画像データを、前記電子撮像素子を介して前記画像処理手段に取り込んで、それらの画像データを合成し、
前記分波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第１の支持部材と、この第１の支持部材上に設けた分波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、

前記合波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第２の支持部材と、この第２の支持部材上に設けた合波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、

前記第１の支持部材および第２の支持部材を、それぞれ光軸に対してほぼ垂直な面内で移動させることにより、分波方向および合波方向を切り換えるよう構成したことを特徴とするものである。

【００１６】

【作用】

図１は、この発明の原理を説明するための微分干渉顕微鏡の一例の構成を示すものである。この微分干渉顕微鏡は、標本（観察物体）１を照明する照明光学系２と、標本１の像を拡大して結像する結像光学系３と、この結像光学系３の結像面に配置した電子撮像素子４と、この電子撮像素子４からの画像信号を処理する画像処理装置５と、この画像処理装置５で処理された画像信号（処理画像）および微分干渉顕微鏡の直接観察像を表示する出力装置６とを有する。

【００１７】

照明光学系２は、光源７、偏光子８、ノマルスキープリズム９およびコンデンサレンズ１０を有し、光源７からの光を偏光子８で直線偏光にしてノマルスキープリズム９に入射させ、ここで常光と異常光とに分離してコンデンサレンズ１０を経て標本１を照明するようにする。また、結像光学系３は、対物レンズ１１、ノマルスキープリズム１２および検光子１３を有し、標本１を透過した常光および異常光を対物レンズ１１を経てノマルスキープリズム１２で合波し、その合波した常光および異常光を、検光子１３を経て干渉させて結像面に微分干渉像を形成するようにする。

【００１８】

以下、図１に示す微分干渉顕微鏡の結像について、コンデンサレンズ１０の瞳位置にノマルスキープリズム９のローカライズ位置を一致させると共に、対物レンズ１１の瞳位置にノマルスキープリズム１２のローカライズ位置を一致させた１次元のモデルを用いて説明する。

いま、照明光学系２の瞳関数を$Q(\xi)$、結像光学系３の瞳関数を$P(\xi)$、標本１の位相分布を$\phi(x)$として、ボルン近似、

【数１】

$$\exp\{i\,\phi(x)\} = 1 + i\phi(x)$$

を行うと、標本１の像強度分布$I(x)$は、部分的コヒーレント結像の式より、

【数２】

$$\begin{aligned} I(x) = {} & R(0,0) \\ & + i\int \{R(f,0) - R(0,-f)]\}\,\Phi(f)\exp(-ifx)\,df \\ & + \int\int \Phi(f)\,\Phi^{*}(f')R(f,f')\exp\{-i(f-f')x\}\,df\,df' \qquad (1) \\ & \qquad (f \neq 0, f' \neq 0) \\ & R(f,f') = \int Q(\xi)\,P(\xi+f)P^{*}(\xi+f')\,d\xi \end{aligned}$$

で与えられる。ただし、$\Phi(f)$は$\phi(x)$のフーリエ変換を表し、ｆは空間周波数を示す。

【００１９】

上記（１）式における$R(f,f')$は、部分的コヒーレント結像での伝達関数を表し、第２および３項は、ｆまたはｆ’のいずれかが０のときの計算であり、第４項は、ｆ≠０で、かつｆ’≠０のときの計算を表している。

【００２０】

ここで、微分干渉顕微鏡は、偏光干渉を利用しているので、ノマルスキープリズム１２における常光と異常光との振動方向を、座標軸の方向とする偏光座標を考える。

【００２１】

光源７から発せられた光は、偏光子８により直線偏光となってノマルスキープリズム９に

入射し、ここで常光と異常光との互いに直交する偏光成分に分離される。したがって、結像光学系３の瞳関数P(ξ) はベクトルで表され、

【数３】

$P(\xi) = \{aPx(\xi), bPy(\xi)\}$

となる。なお、ａ，ｂは、偏光子８による直線偏光の偏光成分を表す。

【００２２】

この分離された常光および異常光は、標本１のシア量Δだけ分離した２点を通過し、結像光学系３の対物レンズ１１を経てノマルスキープリズム１２により合波され、その後、検光子１３を通過する際に干渉して、その干渉像が結像面に形成される。したがって、検光子１３の偏光成分をα，βとすると、

【数４】

$$R(f,f') = \int Q(\xi) AP(\xi+f) \cdot AP^{*}(\xi+f')\, d\xi \qquad (2)$$

$$A = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

で表される。

【００２３】

また、上記の Px(ξ) および Py(ξ) は、常光と異常光との間の位相差（リターデーション）をθ、結像光学系３の明視野の瞳関数をp(ξ) とすると、

【数５】

$Px(\xi) = \exp\{i(\Delta\xi/2 + \theta)\}\, p(\xi)$

$Py(\xi) = \exp(-i\,\Delta\xi/2)\, p(\xi)$ （３）

で表されるので、偏光子８および検光子１３が互いに直交（クロスニコル）し、結像光学系３が理想光学系であるとすると、上記（１）式は、上記（２）および（３）式を用いて、

【数６】

$$I(x) = 4(a\alpha)^2 \left[\{1-\cos\theta\} M(0) + i\sin\theta \int \sin(f\Delta/2) M(f)\, \Phi(f) \exp(-ifx)\, df + \int\int \Phi(f)\, \Phi^{*}(f') R(f,f') \exp\{-i(f-f')x\}\, df df' \right] \qquad (4)$$

ただし、$M(f) = \int Q(\xi)\, p(\xi+f) p^{*}(\xi)\, d\xi$

と書き表すことができる。

【００２４】

ここで、リターデーションθを調整して、θ＝±ωとすると、

【数７】

$$I(x) = 4(a\alpha)^2 \left[\{1-\cos\omega\} M(0) \pm i\sin\omega \int \sin(f\Delta/2)\, M(f) \Phi(f) \exp(-ifx)\, df + \int\int \Phi(f)\, \Phi^{*}(f') R(f,f') \exp\{-i(f-f')x\}\, df df' \right] \qquad (5)$$

となる。また、標本１が厚くなく、（５）式の第３項が小さいとすると、θ＝±ωのときの微分干渉顕微鏡の像強度分布は、近似的に、

【数８】

$$I(x)=4(a\alpha)^2\,[\,\{1-\cos\omega\}\,M(0)\pm i\sin\omega\int\sin(f\Delta/2)\,M(f)\Phi(f)\exp(-ifx)df] \quad (6)$$

で与えられる。

【００２５】

（６）式から、リターデーションθが、θ＝±ωのときの２つの微分干渉像の差画像を作ると、

【数９】

$$I'(x)=8(a\alpha)^2\,i\sin\omega\int\sin(f\Delta/2)\,M(f)\Phi(f)\exp(-ifx)df \quad (7)$$

となり、標本１の位相勾配のみを抜き取ることが可能となる。

【００２６】

ここで、（７）式の両辺のフーリエ逆変換をとり、両辺を、$\{\,i8(a\alpha)^2\,\sin\omega\cdot\sin(f\Delta/2)\,M(f)\}$ で割り算すると、

【数１０】

$$\Phi(f)=-i\int I'(x)\exp(ifx)df/\{8(a\alpha)^2\,\sin\omega\cdot\sin(f\Delta/2)\,M(f)\} \quad (8)$$

となり、標本１の位相分布のフーリエ成分が得られ、この（８）式を再びフーリエ変換することにより、標本１の位相分布を求めることができる。

【００２７】

以上のように、（７）式から標本１の位相分布を求める操作は、デコンボリューションと呼ばれるもので、リターデーション量がほぼ同じで符号が異なる微分干渉像の差画像を、リターデーション量、シア量および光学系の瞳関数を用いてデコンボリューションすることにより、標本１の位相分布を求めることができる。しかも、（７）式の差画像（位相勾配）は、リターデーション量がθ＝±π／２のときに、コントラストが最高となるので、この条件で標本１の位相分布を求めれば、より精度の高い位相分布を求めることが可能となる。

【００２８】

また、（７）式で示す差画像は、標本１の位相勾配のみを表しているので、この差画像を積分処理することによっても、標本１の位相分布を求めることができる。

【００２９】

なお、リターデーションθを、θ＝±ωと変化させて得た２つ画像の差画像をデコンボリューションすることにより、コントラストの良い位相分布像が得られるが、差をとることなく、１つの画像をデコンボリューションするだけでも、コントラストは上記の差画像をデコンボリューションする場合と比較して低下するが、位相分布像を得ることができる。ただし、この場合には、１つの画像が位相勾配像以外の項も含んでいるので、デコンボリューション処理を行うにあたっては、それらの余分な項の影響を排除するような計算法をとる必要がある。

【００３０】

次に、標本１に位相分布だけでなく、振幅分布（吸収）も存在した場合について説明する。標本１の振幅分布を$t(x)$とするとき、複素振幅分布が、

【数１１】

$$t(x)\cdot\exp\{i\,\phi(x)\}=t(x)\,\{1+i\phi(x)\}$$

で表され、振幅分布は比較的緩やかに変化し、標本１の表面で回折される光のうち、位相分布と振幅分布との相互作用を受ける光は非常に小さいものとすると、θ＝±ωのとき、上記（６）式は、近似的に、

【数１２】

$$I(x)=t(x)\cdot4(a\alpha)^2\,[\,\{1-\cos\omega\}\,M(0)\pm i\sin\omega\int\sin(f\Delta/2)\,M(f)\Phi(f)\exp(-ifx)df] \quad (9)$$

で表される。

【００３１】

ここで、（６）式と同様にして、リターデーションが、θ＝±ωのときの２つの微分干渉像の和画像を作ると、

【数１３】

$$Is(x) = t(x)\ 8(a\alpha)^2\ (1-\cos\omega)\ M(0) \qquad (10)$$

となり、標本１の吸収分布を求めることができる。

【００３２】

このように、標本１に振幅分布と位相分布とが混在している場合には、リターデーションが、θ＝±ωのときの微分干渉像を撮像して、それぞれの差画像と和画像とを形成すれば、位相分布成分と振幅分布成分とを分離して得ることができる。また、差画像を和画像で割り算してデコンボリューションすることにより、振幅分布の影響を受けることなく、標本１の位相分布を正確に求めることができる。

【００３３】

ところで、２次元物体を観察する場合、観察物体のシア方向の位相分布は、上記（４）式で与えられる強度分布を表すが、シア方向と垂直な方向については、位相分布に比例した強度分布は求まらない。したがって、微分干渉顕微鏡により、観察物体の２次元的な位相分布情報を得るには、シア方向が互いに異なる少なくとも２方向の像情報を得る必要がある。

【００３４】

そこで、この発明の一実施例では、複数の複屈折プリズムを、光学系の光軸に対してほぼ垂直な方向に移動可能な支持部材に固定して、複屈折プリズムの切り換えを行うようにする。なお、複数の複屈折プリズムは、支持部材の移動による切り換えによって、それぞれの微分干渉像に位置ずれが生じないように、すなわち各複屈折プリズムの光軸が、光学系の光軸と平行となるように調整して支持部材に固定する。

【００３５】

このようにして、複数の複屈折プリズムを切り換えて、シア方向が異なる微分干渉像を電子撮像素子４でそれぞれ受像し、それらの画像データを画像処理装置５に取り込んで処理すれば、標本１の２次元的な位相分布情報を得ることが可能となる。この場合、複数の複屈折プリズムのうち、少なくとも２つの複屈折プリズムのシア方向を、電子撮像素子４のサンプリング方向と一致させれば、それらの複屈折プリズムの切り換えにより、電子撮像素子４のサンプリング方向毎に、標本１の位相勾配情報を得ることができるので、それらの画像データを処理することにより、標本１の２次元的な位相分布情報を再構築することが可能となる。

【００３６】

ここで、サンプリング方向が直交している電子撮像素子４を用い、２つの複屈折プリズムのシア方向を電子撮像素子４におけるサンプリング方向と一致するように調整して、これら２つの複屈折プリズムを切り換えて２方向の微分干渉像を撮像し、これら２つの画像（各画像のリターデーション量はほぼ同じになるようにしておく）の和画像を求めると、上記（６）式から、

【数１４】

$$\begin{aligned} I(x,y) = 4(a\alpha)^2 \,[\, & 2\,\{1-\cos\theta\}\,M(0) \\ & + i\sin\theta \int \sin(f\Delta/2)\, M(f)\Phi s(f)\exp(-ifx)\,dfx \\ & + i\sin\theta \int \sin(f\Delta/2)\, M(f)\Phi t(f)\exp(-ify)\,dfy] \end{aligned} \qquad (11)$$

になる。したがって、和画像をデコンボリューションすることにより、標本１の２次元的な位相分布を求めることが可能となる。

【００３７】

また、１つのシア方向でリターデーション量を調整して、リターデーション量がほぼ同じ

で、符号が異なる２つの画像を撮像し、それらの差画像と和画像とを形成して、これら差画像および和画像を用いてデコンボリューションして、１つのシア方向の位相分布を求める。この操作を、複屈折プリズムを切り換えて２つの直交するシア方向について行って、それぞれの方向の位相分布を求め、その直交する方向の位相分布をベクトル合成することにより、標本１の２次元的位相分布を、振幅分布の影響を受けずに正確に求めることもできる。

【００３８】

【実施例】

以下、図面に基づき、この発明の実施例について説明する。

この発明の第１実施例では、図１に示した透過型の微分干渉顕微鏡において、ノマルスキープリズム９，１２を、シア方向が図１の紙面内方向となるように配置し、偏光子８および検光子１３を、偏光面がそれぞれ紙面に対し４５°でクロスニコルとなるように配置する。また、電子撮像素子４は、例えばＣＣＤカメラをもって構成し、その撮像領域の長辺または短辺が紙面に平行となるように、顕微鏡本体に固定する。

【００３９】

なお、ノマルスキープリズム９は、コンデンサレンズ１０の瞳位置に常光と異常光との分波点がローカライズするように配置して、標本１上で常光と異常光とをシア量Δだけ分離するようにし、ノマルスキープリズム１２は、対物レンズ１１の瞳位置に常光と異常光との合波点がローカライズするように配置する。

【００４０】

この実施例では、光源７に単色フィルタを挿入して、照明光の波長を５５０ｎｍとし、先ず、標本１の像を電子撮像素子４および画像処理装置５を経て出力装置６によりリアルタイムで観察しながら、ノマルスキープリズム９または１２を紙面内で平行移動して、リターデーション量がπ／２（ほぼ１３７ｎｍ）となるように調整し、その状態での標本１の微分干渉像の画像データを画像処理装置５内の画像メモリに取り込む。次に、同様に、標本１の像をリアルタイムで観察しながら、ノマルスキープリズム９または１２を紙面内で平行移動して、リターデーション量が３π／２、すなわち－π／２（ほぼ４１２ｎｍ）となるように調整し、その状態での標本１の微分干渉像の画像データを、同様に画像処理装置５内の画像メモリに取り込む。

【００４１】

その後、画像処理装置５において、画像メモリに取り込んだ２つの微分干渉像の差画像を求めると共に、その差画像と応答関数とを用いてデコンボリューション処理を行って、標本１のシア方向の位相分布を求め、その位相分布像を出力装置６に表示する。

【００４２】

なお、応答関数は、対物レンズ１１の開口数、シア量等を予め画像処理装置５に入力することにより、画像処理装置５において演算して求める。ここで、対物レンズ１１の開口数をＮＡ、結像光学系３の瞳径を１に規格化した座標系を用いると、位相勾配の応答関数ｇ(f) は、

【数１５】

$$g(f) = \sin(f\Delta/2)\, M(F) \qquad (12)$$

で与えられる。

【００４３】

図２は、リターデーションがπ／２、シア量が０．２５λ／ＮＡの場合の位相勾配の応答関数を、明視野観察における応答関数と比較して示すものである。なお、図２は、ｆが正の領域のみを示しているが、（１１）式の応答関数は、奇関数であるので、ｆが負の領域では、原点を中心に回転対称になる。

【００４４】

この実施例によれば、リターデーションが±π／２のときの微分干渉像の差画像を求めるようにしているので、コントラストの高い差画像を得ることができ、しかもその差画像をシア量および光学系の開口数等から求めた応答関数を用いてデコンボリューションして、

標本１のシア方向の位相分布像を表示するようにしたので、標本１の位相分布や微細形状を正確に計測することができる。

【００４５】

図３は、この発明の第２実施例を示すものである。この実施例では、図１に示す構成において、照明光学系２にシア方向が直交する２個のノマルスキープリズム９ａ，９ｂを選択的に位置させるようにすると共に、結像光学系３に、同様に、シア方向が直交する２個のノマルスキープリズム１２ａ，１２ｂを選択的に位置させるようにする。

【００４６】

ノマルスキープリズム９ａ，９ｂは、図４に示すように、共通の平板状の支持部材１４に、それぞれ２個の可動ネジ１４ａと、１個の固定ネジ１４ｂとによって３点支持して、固定ネジ１４ｂを支点にあおり調整可能に設ける。ノマルスキープリズム１２ａ，１２ｂについても、図４に示すように、共通の平板状の支持部材１５に、同様に、あおり調整可能に３点支持して設ける。なお、支持部材１４，１５としては、使用する光に対して透明な透明板、あるいは不透明板でプリズムに対応する位置に光路を遮らないように穴を形成したものを用いる。

【００４７】

これら、支持部材１４，１５は、図３において、紙面および光軸と直交する方向に移動可能に顕微鏡本体に取り付けて、シア方向がそれぞれ同一方向のノマルスキープリズム、例えば９ａと１２ａ、９ｂと１２ｂを光学系に選択的に挿入して配置させるようにする。

【００４８】

また、検光子１３は、光軸を中心に回転可能に設けると共に、この検光子１３とノマルスキープリズム１２ａ，１２ｂが選択的に配置される位置との間には、１／４波長板１６を、その進相軸または遅相軸を偏光子８の偏光方向と一致させて配置する。その他の構成は第１実施例と同様である。

【００４９】

この実施例では、先ず、同一シア方向、例えば紙面に平行な方向（第１のシア方向）のノマルスキープリズム９ａと１２ａとを選択して、標本１の像を電子撮像素子４および画像処理装置５を経て出力装置６でリアルタイムで観察しながら、検光子１３を回転させて、リターデーションがπ／２（１／４波長）となるように調整し、その状態での微分干渉像の画像データを第１画像として画像処理装置５内の画像メモリに取り込む。その後、同様に、標本１の像をリアルタイムで観察しながら、検光子１３を回転させて、リターデーションが－π／２（－１／４波長）となるように調整し、その状態での微分干渉像の画像データを第２画像として画像処理装置５内の画像メモリに取り込む。

【００５０】

画像処理装置５では、取り込んだ第１画像および第２画像からそれらの差画像を求め、その差画像を図２に示した応答関数を用いてデコンボリューション処理を行って、第１のシア方向の位相分布を求め、そのデータを画像メモリに格納する。

【００５１】

次に、支持部材１４，１５を移動して、第１のシア方向と直交する第２のシア方向（紙面垂直方向）のノマルスキープリズム９ｂおよび１２ｂを選択し、その状態で、第１のシア方向の場合と同様にして、画像処理装置５において、リターデーションが±π／２の微分干渉像の差画像を求め、その差画像を図２に示した応答関数を用いてデコンボリューション処理して第２のシア方向の位相分布を求め、そのデータを画像メモリに格納する。

【００５２】

その後、画像処理装置５において、第１のシア方向の位相分布データと、第２のシア方向の位相分布データとをベクトル合成して、標本１の２次元的位相分布を求め、その像を出力装置６に表示する。

【００５３】

このように、この実施例によれば、照明光学系２および結像光学系３に、第１のシア方向のノマルスキープリズム９ａおよび１２ａと、第１のシア方向と直交する第２のシア方向

のノマルスキープリズム９ｂおよび１２ｂとを順次選択して位置させると共に、結像光学系３に１／４波長板１６を配置して、各シア方向でのリターデーション量を、検光子１３の回転によりπ／２および－π／２に調整してそれらの微分干渉像の差画像を得、その各差画像をシア量および光学系の開口数等から求めた応答関数を用いてデコンボリューション処理して位相分布を求め、これら第１，第２のシア方向の位相分布をベクトル合成して、標本１の２次元的位相分布を求めるようにしたので、簡単かつ安価な構成で、標本１の２次元的位相分布を正確に求めることができる。

【００５４】

図５は、この発明の第３実施例を示すものである。この実施例は、反射型の微分干渉顕微鏡を示すもので、光源７からの光を偏光子８および１／４波長板１６を経てハーフミラー１７で反射させた後、ノマルスキープリズム１２ａまたは１２ｂにより常光と異常光とに分波し、これら常光および異常光を対物レンズ１１を経て、標本１上にシア量Δで照射する。また、標本１で反射された常光および異常光は、対物レンズ１１を経てノマルスキープリズム１２ａまたは１２ｂで合波し、その合波した標本１からの戻り光を、ハーフミラー１７および検光子１３を経て干渉させて電子撮像素子４で受光する。

【００５５】

ここで、偏光子８は光軸を中心に回転可能に構成し、１／４波長板１６は、その進相軸または遅相軸を検光子１３の偏光方向と一致させて配置する。また、ノマルスキープリズム１２ａ，１２ｂは、図４に示したと同様に、それらのシア方向を直交させて共通の支持部材１５に取り付け、この支持部材１５を紙面および光軸と直交する方向に移動させて、いずれか一方を光学系に選択的に位置させるようにする。なお、ノマルスキープリズム１２ａ，１２ｂは、常光と異常光との分波点および合波点が、対物レンズ１１の瞳位置にローカライズするように選択的に位置させる。その他の構成は、第１，２実施例と同様である。

【００５６】

この実施例では、先ず、支持部材１５の移動により、シア方向が紙面と平行な例えばノマルスキープリズム１２ａを選択して、標本１の像を電子撮像素子４および画像処理装置５を経て出力装置６でリアルタイムで観察しながら、偏光子８を回転させて、リターデーションがπ／２（１／４波長）となるように調整し、その状態での微分干渉像の画像データを第１画像として画像処理装置５内の画像メモリに取り込む。

【００５７】

次に、支持部材１５を移動して、シア方向が紙面と直交するノマルスキープリズム１２ｂを選択して、同様に、偏光子８を回転させて、リターデーションがπ／２（１／４波長）となるように調整し、その状態での微分干渉像の画像データを第２画像として画像処理装置５内の画像メモリに取り込む。

【００５８】

その後、画像処理装置５において、取り込んだ第１画像および第２画像の和画像を求め、その和画像を応答関数を用いてデコンボリューション処理して、標本１の２次元的位相分布データを得、そのデータを出力装置６に表示する。

【００５９】

このように、この実施例によれば、シア方向が直交する２つのノマルスキープリズム１２ａおよび１２ｂを順次選択し、各シア方向において偏光子８の回転によりリターデーション量をπ／２に調整してそれぞれ微分干渉像を得、これら微分干渉像の和画像をシア量および光学系の開口数等から求めた応答関数を用いてデコンボリューション処理して２次元的位相分布を求めるようにしたので、簡単かつ安価な構成で、標本１の２次元的位相分布を正確に求めることができる。

【００６０】

図６は、この発明の第４実施例を示すものである。この実施例は、図５に示す第３実施例において、ハーフミラー１７を透過する標本１からの反射光をビームスプリッタ１８に入射させて分離し、該ビームスプリッタ１８を透過する光を、検光子１３ａを経て電子撮像

素子４ａで受光して、その画像情報を画像処理装置５に供給し、ビームスプリッタ１８で反射される光を、検光子１３ｂを経て電子撮像素子４ｂで受光して、その画像情報を画像処理装置５に供給する。なお、検光子１３ａ，１３ｂは、偏光方向が互いに直交するように配置し、１／４波長板１６は、その進相軸および遅相軸を、検光子１３ａ，１３ｂの偏光方向と一致させて配置する。その他の構成は、第３実施例と同様である。

【００６１】

この実施例では、先ず、支持部材１５の移動により、シア方向が紙面と平行な、例えばノマルスキープリズム１２ａを選択して、標本１の像を電子撮像素子４ａ，４ｂおよび画像処理装置５を経て出力装置６でリアルタイムで観察しながら、偏光子８を回転させて、リターデーションがπ／２（１／４波長）となるように調整し、その状態で電子撮像素子４ａ，４ｂにそれぞれ結像される微分干渉像の画像データを画像処理装置５内の画像メモリに取り込む。画像処理装置５では、画像メモリに取り込んだ電子撮像素子４ａ，４ｂからのそれぞれの微分干渉像の画像データに基づいて、それらの差画像および和画像を求めて、画像処理装置５内の画像メモリに格納する。

【００６２】

次に、支持部材１５を移動して、シア方向が紙面と直交するノマルスキープリズム１２ｂを選択し、同様に、偏光子８を回転させて、リターデーションがπ／２（１／４波長）となるように調整し、その状態で電子撮像素子４ａ，４ｂにそれぞれ結像される微分干渉像の画像データを画像処理装置５に取り込んで、それらの差画像および和画像を求めて画像メモリに格納する。

【００６３】

このように、各シア方向において、電子撮像素子４ａ，４ｂで撮像した微分干渉像の差画像および和画像を求めれば、各シア方向における差画像を和画像で割り算することにより、当該シア方向の標本１の位相勾配を振幅分布情報の影響を受けずに求めることができる。また、各シア方向において求めた位相勾配をデコンボリューション処理して合成すれば、３次元計測を正確に行うことができる。なお、図６では、検光子１３ａ，１３ｂを用いるようにしたが、ビームスプリッタ１８を偏光ビームスプリッタとして、検光子１３ａ，１３ｂを省くこともできる。

【００６４】

付記

１．光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させ、その各状態での前記電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、該画像処理手段において、それらの差画像を得、その差画像に基づいて前記観察物体の位相分布を求めるよう構成したことを特徴とする微分干渉顕微鏡。

２．光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させ、その各状態での前記電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、該画像処理手段において、それらの差画像を得、その差画

像を、前記常光および異常光の分離量、前記光路長差変化手段による光路長差量および光学系の瞳関数から求まる応答関数を用いてデコンボリューション処理して、前記観察物体の位相分布を求めるよう構成したことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
３．付記項２記載の微分干渉顕微鏡において、
前記光路長差変化手段による前記常光および異常光の光路長差を、使用光源の波長のほぼ１／４としたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
４．光源からの光を分波手段により常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を合波手段により重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記分波手段を、前記常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成すると共に、前記合波手段を、前記常光および異常光の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成し、
前記分波方向および合波方向が異なる少なくとも２方向における画像データを前記電子撮像素子を介して前記画像処理手段に取り込んで、それらの画像データを合成するようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
５．請求項３または付記項４記載の微分干渉顕微鏡において、
前記分波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第１の支持部材と、この第１の支持部材上に設けた分波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、
前記合波手段は、光軸に対してほぼ垂直な面内で移動可能な第２の支持部材と、この第２の支持部材上に設けた合波方向が異なる少なくとも２個の分波部材とを有し、
前記第１の支持部材および第２の支持部材を、それぞれ光軸に対してほぼ垂直な面内で移動させることにより、分波方向および合波方向を切り換えるよう構成したことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
６．光源からの光を分波手段により常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を合波手段により重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記分波手段を、前記常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成すると共に、前記合波手段を、前記常光および異常光の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能に構成し、
前記分波方向および合波方向が異なる少なくとも２方向における画像データを前記電子撮像素子を介して前記画像処理手段に取り込み、該画像処理手段において、それらの画像を対応する常光および異常光の分波幅を用いて処理して各分波方向における位相分布情報を求め、それらの位相分布情報を合成して前記観察物体の２次元的位相分布を求めるようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
７．付記項４，５または６記載の微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の分波方向と、前記電子撮像素子のサンプリング方向とをほぼ一致させたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
８．付記項４，５，６または７記載の微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段を有し、
前記常光および異常光の分波方向および合波方向を、互いに一致するほぼ直交する２方向として、
各方向において、前記光路長差変化手段により、前記常光および異常光の光路長差を、使用光源の波長のほぼ１／４で、符号が異なる２つの状態に変化させ、これにより得られる合計４つの画像データを用いるようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
９．光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡におい

て、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記結像面に配置した電子撮像素子と、
この電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させ、その各状態での前記電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、両画像データの差画像データおよび和画像データを求め、これら差画像データおよび和画像データを用いて、前記観察物体の位相情報と振幅情報とを分離するようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
１０．光源からの光を常光および異常光に分離して観察物体に照射し、該観察物体を経た前記常光および異常光を重ね合わせて結像面に結像させるようにした微分干渉顕微鏡において、
前記常光および異常光の光路長差を変化させる光路長差変化手段と、
前記観察物体を経た前記常光および異常光を複数の結像面に重ね合わせて結像させる合波手段と、
前記複数の結像面の各々に配置した電子撮像素子と、
これら電子撮像素子からの画像データを処理する画像処理手段とを有し、
この画像処理手段により、前記複数の電子撮像素子から得られる複数の画像情報に基づいて、差画像および和画像を得るようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
１１．付記項１０記載の微分干渉顕微鏡において、
前記合波手段は、各結像面の前方に配置した検光子を有し、
前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させて、その各状態での前記複数の電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、前記差画像および和画像を得るようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
１２．付記項１０記載の微分干渉顕微鏡において、
前記合波手段は、前記観察物体を経た前記常光および異常光を前記複数の結像面に導くための偏光ビームスプリッタを有し、
前記光路長差変化手段により前記常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させて、その各状態での前記複数の電子撮像素子からの画像データを前記画像処理手段に取り込んで、前記差画像および和画像を得るようにしたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。
１３．付記項１０，１１または１２記載の微分干渉顕微鏡において、
前記画像処理手段は、前記差画像および和画像を用いて、前記観察物体の位相分布情報と振幅分布情報とを分離することを特徴とする微分干渉顕微鏡。
【００６５】
【発明の効果】
以上のように、請求項１記載の発明によれば、電子撮像素子からの画像データを、常光および異常光の分離量、光路長差量および光学系の瞳関数から求まる応答関数を用いてデコンボリューション処理するようにしたので、観察物体のシア方向の位相分布を正確に求めることができる。
【００６６】
また、請求項２記載の発明によれば、常光および異常光の光路長差を、互いにほぼ等しく符号が異なる２つの状態に変化させ、その各状態での画像データを取り込んで、それらの差画像を得、その差画像を、常光および異常光の分離量、光路長差量および光学系の瞳関数から求まる応答関数を用いてデコンボリューション処理するようにしたので、観察物体のシア方向の位相分布や微細形状を正確に求めることができる。
【００６７】
さらに、請求項３および４記載の発明によれば、分波手段を常光および異常光の分波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能にすると共に、合波手段を常光および異常光

の合波方向が異なる少なくとも２方向に切り換え可能にしたので、分波手段および合波手段を、分波方向および合波方向が一致するように切り換えることにより、簡単かつ安価な構成で、観察物体の２次元的位相分布情報を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　この発明の原理および第１実施例を示す図である。

【図２】　第１実施例において、位相分布を求める際に用いる位相勾配の応答関数を、明視野観察における応答関数と比較して示す図である。

【図３】　この発明の第２実施例を示す図である。

【図４】　図３の部分詳細図である。

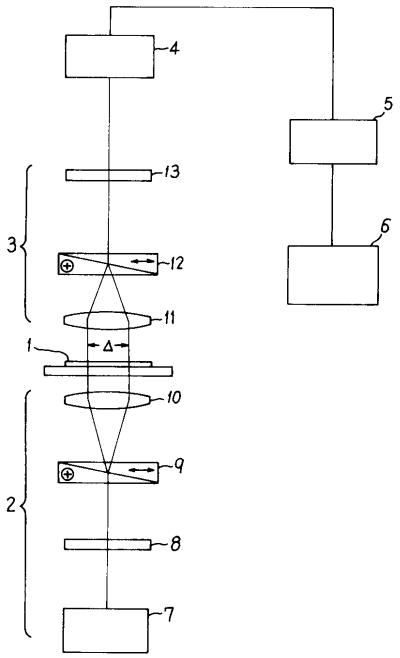
【図５】　この発明の第３実施例を示す図である。

【図６】　この発明の第４実施例を示す図である。

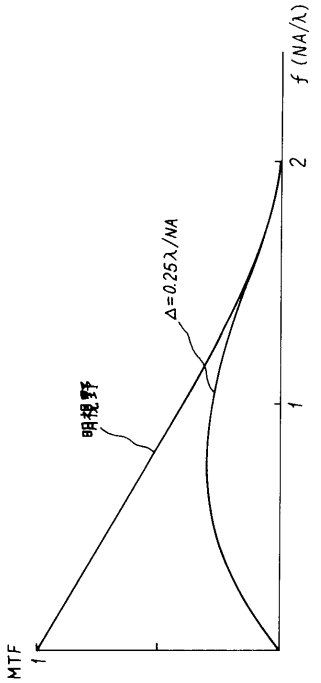
【符号の説明】

１　標本（観察物体）
２　照明光学系
３　結像光学系
４，４ａ，４ｂ　電子撮像素子
５　画像処理装置
６　出力装置
７　光源
８　偏光子
９ａ，９ｂ，１２ａ，１２ｂ　ノマルスキープリズム
１０　コンデンサレンズ
１１　対物レンズ
１３，１３ａ，１３ｂ　検光子
１４，１５　支持部材
１６　１／４波長板
１７　ハーフミラー
１８　ビームスプリッタ

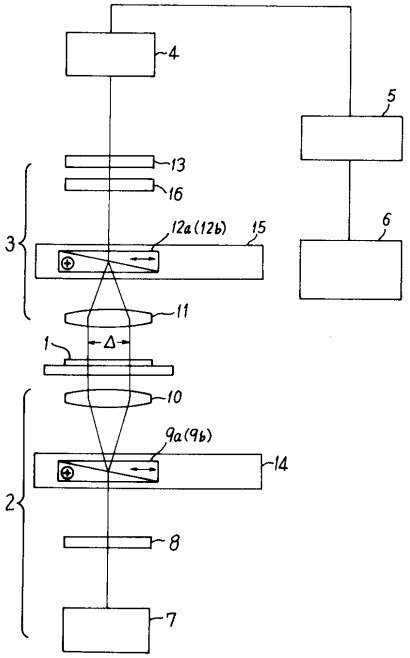
【図１】


4
5
13
3
12
6
11
Δ
1
10
2
9
8
7

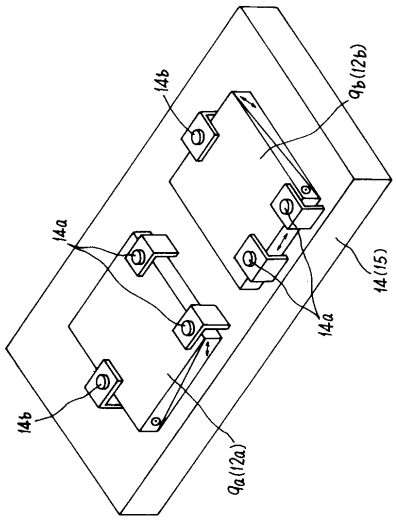
【図２】


f (NA/λ)
2
Δ=0.25λ/NA
明視野
1
MTF
1

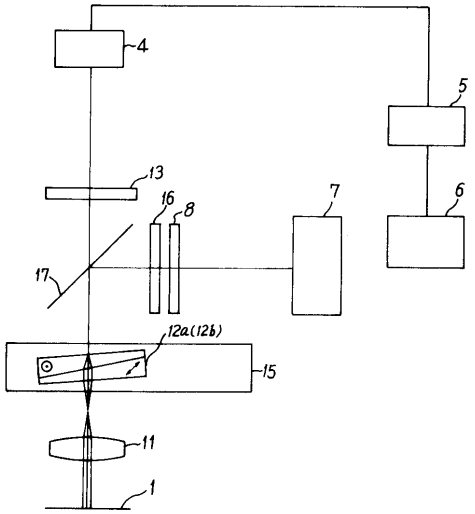
【図３】


4
5
13
16
3
12a(12b)
15
6
11
Δ
1
10
9a(9b)
14
2
8
7

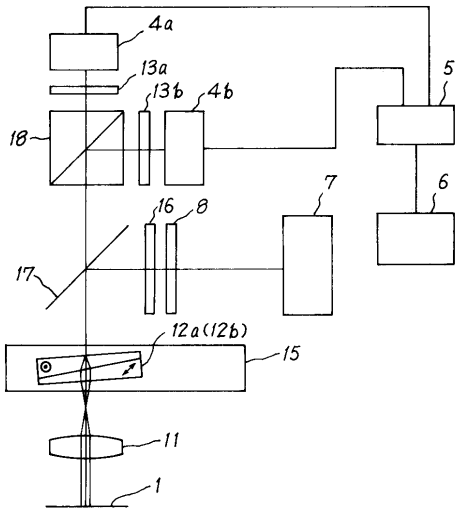
【図４】


14b
9b(12b)
14a
14a
14(15)
14b
9a(12a)

【図５】


4
5
13
16
8
7
6
17
12a(12b)
15
11
1

【図６】


4a
13a
13b
4b
5
18
7
6
16
8
17
12a(12b)
15
11
1

フロントページの続き

(72)発明者　石渡　　裕
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　瀬川　勝久

(56)参考文献　特開平０５－２３２３８４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３０３０４０（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０３５９８２（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０８９０１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２２５３４１（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１７９０２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１０５８６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02B 21/00