

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年1月10日 (10.01.2008)

PCT

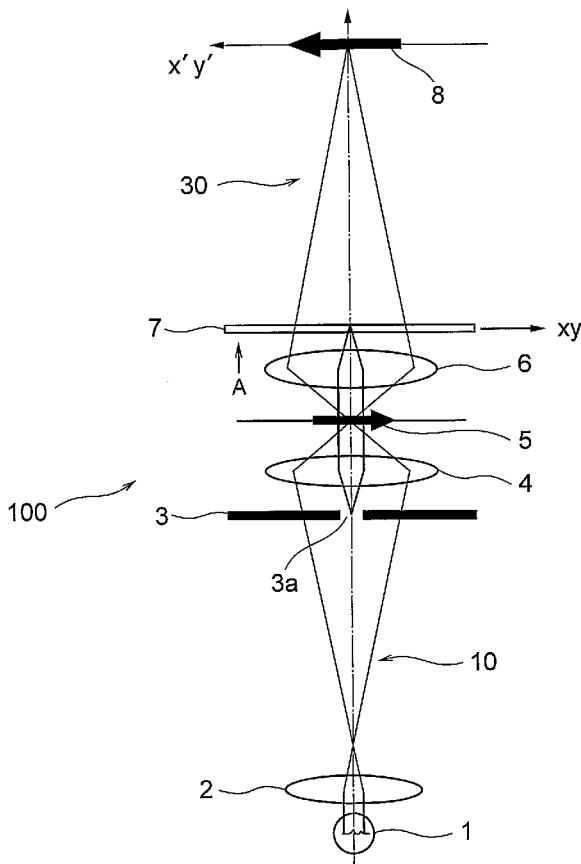
(10) 国際公開番号
WO 2008/004679 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 21/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/063613
- (22) 国際出願日: 2007年6月28日 (28.06.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-184803 2006年7月4日 (04.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松為久美子
(MATSUI, Kumiko) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田
区丸の内3丁目2番3号株式会社ニコン内 Tokyo
(JP).
- (74) 代理人: 井上義雄 (INOUE, Yoshio); 〒1030027 東京
都中央区日本橋3丁目1番4号画廊ビル3階 Tokyo
(JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

[続葉有]

(54) Title: MICROSCOPE DEVICE

(54) 発明の名称: 顕微鏡装置



(57) Abstract: A microscope device enabling observation of a phase variation of a phase object with an adequate contrast by using a light source such as a white light source such as a halogen lamp or a mercury lamp having a divergence. The microscope device (100) comprises an illumination optical system (10) for illuminating a sample (5) with an illuminating light from a light source (1), an image-forming optical system (30) for forming a sample image by converging the light from the sample by means of an objective lens (6), an aperture member (3) disposed near the surface conjugated with the back focal plane of the objective lens in the illumination optical system and having an aperture limiting the illuminating light, and a filter member having a phase plate (7) which is disposed near the back focal plane of the objective lens of the image-forming optical system or near the surface conjugated with the back focal plane and has first and second phase regions for giving a phase difference of 180° to the light from the sample and in which the phase boundary part between the first and second phase regions is positioned in the aperture conjugated with the former aperture.

(57) 要約: ハロゲンや水銀ランプ等の白色光源のような広がりを持った光源を用いて位相物体の位相変化を十分なコントラストで観察可能にする顕微鏡装置を提供すること。光源1からの照明光を標本5に照射する照明光学系10と、前記標本からの光を対物レンズ6で集光し標本像を結像する結像光学系30と、前記照明光学系内の前記対物レンズの後側焦点面と共役な面の近傍に配置され、前記照明光を制限する開口を有する開口部材3と、前記結像光学系内の前記対物レンズの後側焦点面近傍、または前記後側焦点面の共役面の近傍に配置され、前記標本からの光に180度の位

相差を与える第1の位相領域と第2の位相領域とを有し、前記第1の位相領域と前記第2の位相領域の位相境界部分は、前記開口に共役な開口内に位置付けられている位相板7を有するフィルタ部材とを有して成る顕微鏡装置100。

WO 2008/004679 A1



OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

顕微鏡装置

5 技術分野

本発明は、顕微鏡装置に関する。

背景技術

10 従来、顕微鏡の被検物は、振幅物体と位相物体に大別される。振幅物体は光の明暗や色を変化させるので、その変化を目やCCD等の撮像素子でコントラストとして識別できる。一方、位相物体は光の位相を変化させるだけなので、そのままではコントラストが低く識別が難しい。そこで従来より、位相物体の位相変化を識別可能なコントラストに変換する手法が提案されてきた（例えば、特開平11-95174号公報参照）。

15 しかしながら、特開平11-95174号公報の開示例では、位相物体の位相変化を識別可能なコントラストに変換するためには、光源がコヒーレント光源に限定されると言う問題がある。

発明の開示

20 本発明は、上記課題に鑑みて行われたものであり、顕微鏡で通常使われるハロゲンや水銀ランプ等の白色光源のような広がりを持った光源を用いて位相物体の位相変化を十分なコントラストで観察可能にする顕微鏡装置を提供することを目的とする。

25 上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、光源からの照明光を標本に照射する照明光学系と、前記標本からの光を対物レンズで集光し標本像を結像する結像光学系と、前記照明光学系内の前記対物レンズの後側焦点面と共役な面

の近傍に配置され、前記照明光を制限する開口を有する開口部材と、前記結像光学系内の前記対物レンズの後側焦点面近傍、または前記後側焦点面の共役面の近傍に配置され、前記標本からの光に180度の位相差を与える第1の位相領域と第2の位相領域とを有し、前記第1の位相領域と前記第2の位相領域の位相境界部分5は、前記開口に共役な開口内に位置付けられている位相板を有するフィルタ部材とを有して成ることを特徴とする顕微鏡装置を提供する。

また、本発明の第1の態様によれば、前記開口は、スリット状開口であり、前記位相境界部分は、前記スリット状開口の長辺方向と略平行に位置付けられていることが好ましい。

10 また、本発明の第1の態様によれば、前記スリット状開口の短辺方向の幅d1は、以下の条件式(1)を満たすことが好ましい。

$$(1) \quad 0.05 \leq d1 / (2 \times NA \times f \times m) \leq 0.6$$

但し、

NA：前記対物レンズの開口数

15 f：前記対物レンズの焦点距離

m：前記対物レンズの後側焦点面から前記照明光学系内の前記スリット状の開口が配置される面への倍率

20 また、本発明の第1の態様によれば、前記フィルタ部材は、前記位相板の前記スリット状開口と共役な位置の透過率を制御する透過率制御板を更に有し、前記透過率制御板は、前記位相板の前記スリット状開口と共役な位置の透過率が略一定であり、前記透過率tは、以下の条件式(2)を満たすことが好ましい。

$$(2) \quad 0 \leq t \leq 50 \quad (\text{単位：}\%)$$

25 また、本発明の第1の態様によれば、前記位相板において、前記位相境界部分をY軸とし、前記Y軸と光軸とに垂直な軸をX軸、前記Y軸と前記X軸との交点を原点とするとき、前記フィルタ部材は、前記原点の近傍で前記透過率が最小で前記原点から離れるに従って前記透過率が高くなる、前記Y軸に対して対称な透

過率分布を持つ透過率制御板を更に有することが好ましい。

また、本発明の第1の態様によれば、前記位相板において、前記位相境界部分をY軸とし、前記Y軸と光軸とに垂直な軸をX軸、前記Y軸と前記X軸との交点を原点とするとき、前記フィルタ部材は、前記原点から離れるにつれて階段状に
5 透過率が高くなる、前記Y軸に対して対称な透過率分布を持つ透過率制御板を更に有することが好ましい。

また、本発明の第1の態様によれば、前記開口部材の前記開口は、輪帯開口であり、前記位相板の前記位相境界部分は、円形状であり、前記位相境界部分は、前記輪帯開口と共役な輪帯開口の略中央に位置付けられていることが好ましい。

10 また、本発明の第1の態様によれば、前記輪帯開口の開口幅 d_2 は、以下の条件式(3)を満たすことが好ましい。

$$(3) \quad 0.025 \leq d_2 / (2 \times NA \times f \times m) \leq 0.3$$

但し、

NA：前記対物レンズの開口数

15 f：前記対物レンズの焦点距離

m：前記対物レンズの後側焦点面から前記照明光学系内の前記輪帯状開口が配置される面への倍率

また、本発明の第1の態様によれば、前記フィルタ部材は、前記位相板の前記輪帯開口位置と共役な位置の透過率を制御する透過率制御板を更に有し、前記透
20 過率制御板は、前記位相板の前記輪帯開口位置と共役な位置の透過率が略一定であり、前記透過率 t は以下の条件式(2)を満たすことが好ましい。

$$(2) \quad 0 \leq t \leq 50 \quad (\text{単位：}\%)$$

また、本発明の第1の態様によれば、前記フィルタ部材は、光軸を中心とした同心円状の透過率分布を有する透過率制御板を更に有し、前記同心円状の透過率
25 分布は、前記位相板の前記輪帯開口と略共役な開口位置で最も透過率が低く、前記輪帯開口と略共役な開口位置から遠ざかるに従って段階的に透過率が高くな

り、前記輪帯開口と共役な開口の内周部から前記輪帯開口の中心方向と前記輪帯開口と共役な開口の外周部の外側方向で略対称であることが好ましい。

また、本発明の第1の態様によれば、前記フィルタ部材は、複数の前記位相板と複数の前記透過率制御板とを有し、前記複数の位相板と前記複数の透過率制御板を、光軸に対してそれぞれ独立に交換可能に形成されていることが好ましい。

また、本発明の第1の態様によれば、前記フィルタ部材は、光軸に対して挿脱可能に形成されていることが好ましい。

本発明によれば、顕微鏡で通常使われるハロゲンや水銀ランプ等の白色光源のような広がりを持った光源を用いて位相物体の位相変化を十分なコントラストで観察可能にする顕微鏡装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1実施形態にかかる顕微鏡装置の概略構成図である。

図2A、2B、2Cは、第1実施形態の顕微鏡装置に配設された π 位相板に関し、図2Aは、その構成とスリット状開口の位置関係を示し、図2Bは π 位相板の透過率特性を示し、図2Cは π 位相板の位相特性をそれぞれ示す。

図3は、図2Cに示す位相特性を有する π 位相板の応答特性を示す。

図4A～4Dは、図2Aに示す π 位相板の $\sigma = 0$ において、 x 値を変化させた時の結像シミュレーション結果を示す。

図5A～5Dは、図2Aに示す π 位相板の $x = 0$ において、 σ 値を変化させた時の結像シミュレーション結果を示す。

図6は、図2Aに示す π 位相板の $x = 0$ において、 σ 値を変化させた時のコントラストの明視野観察との比較結果を示す。

図7A、7B、7Cは、本発明の第2実施形態に係る顕微鏡装置に配設された透過率 t のフィルタを有する π 位相板に関し、図7Aは、その構成とスリット状開口の位置関係を示し、図7Bは π 位相板の透過率特性を示し、図7Cは π 位相

板の位相特性をそれぞれ示す。

図 8 A ~ 8 F は、図 7 A に示す π 位相板の $\sigma = 0.1$ において、透過率 t と x 値を変化させた時の結像シミュレーション結果を示す。

5 図 9 A、9 B、9 C は、本発明の第 3 実施形態に係る顕微鏡装置に配設された π 位相板に関し、図 9 A は、その構成と輪帯開口の位置関係を示し、図 9 B は π 位相板の透過率特性を示し、図 9 C は π 位相板の位相特性をそれぞれ示す。

10 図 10 A、10 B、10 C は、本発明の第 3 実施形態の変形例であり、図 10 A は透過率 t のフィルタを有する π 位相板の構成と輪帯開口の位置関係を示す、図 10 B は π 位相板の透過率特性を示す、図 10 C は π 位相板の位相特性をそれぞれ示す。

図 11 は、本発明の第 4 実施形態にかかる顕微鏡装置の概略構成図である。

図 12 A、12 B は、第 4 実施形態に用いられるスライダ式開口部材とスライダ式位相板ホルダの一例をそれぞれ示す。

15 図 13 は、本発明の第 4 実施形態にかかる顕微鏡装置の変形例の概略構成図である。

図 14 A、14 B、14 C は、第 4 実施形態の変形例に関し、図 14 A はスライダ式フィルタ部材、図 14 B はスライダ式 π 位相板、図 14 C は、図 14 A と図 14 B を組み合わせた状態の例を示す。

20 発明の実施の形態

以下、本発明の実施の形態に関し図面を参照しつつ説明する。以下の実施の形態では、透過型顕微鏡を用いて説明する。

(第 1 実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 実施形態にかかる顕微鏡装置の概略構成図である。

25 図 1 において、ハロゲンランプや水銀ランプ等の白色光源 1 から射出した照明光は、コレクタレンズ 2 で集光されスリット状の開口 3 a を有するスリット部材

3を透過し、コンデンサレンズ4を含む照明光学系10により試料(標本)5を照明する。試料5を透過した光は、対物レンズ6で集光され180度の位相差を与える π 位相板7を透過して結像光学系30を介して像面8に試料像として形成される。

5 π 位相板7は、対物レンズ6の後側焦点面の近傍に配置され、スリット部材3は、 π 位相板7と共役な面であるコンデンサレンズ4の前側焦点面近傍に配置される。ここで、対物レンズ6の後側焦点面とコンデンサレンズ4の前側焦点面とは共役の関係にある。なお、 π 位相板7は結像光学系30内の対物レンズ6の後側焦点面と共役な面の近傍に配置しても良い。また、スリット部材3は照明光学系30内のコンデンサレンズ4の前側焦点面と共役な面の近傍に配置しても良い。

10 π 位相板7はXYZ方向に移動可能である。Z軸方向の移動は、対物レンズ6を交換した際の、対物レンズ6の後側焦点位置の変化に対応するために設けられている。XYZ軸方向の移動は、 π 位相板7の芯だし調整および目視観察時や不図示の撮像素子等による画像取得時のコントラスト調節に使用する。このようにして顕微鏡装置100が構成されている。

20 図2A、2B、2Cは、 π 位相板7とスリット状の開口3aの詳細を示す説明図である。図2Aは、図1の矢印A側から π 位相板7を見た図を表し、光軸に垂直なXY軸は互いに垂直で、かつ π 位相板7面内に含まれる。図2Aにおいて、外周円7aは対物レンズ6の対物瞳の有効径を表し、対物瞳の有効径は $x=1$ 、及び $y=1$ に規格化して示している。なお、この規格化は、以降の他の実施形態でも同様である。また図2A中の四角い実線はスリット部材3のスリット状の開口3aの共役な開口を示し、 π 位相板7面上に投影したときのスリット状の開口像を示し、符号は同じ3aで示す。図2Bは、 π 位相板7面上における対物瞳径

25 に対応したX軸方向の透過率分布を表し、図2Cは、 π 位相板7の位相分布を示

す。π位相板7は、Y軸を基準に、-X側に位相差-π/2の位相板7eを、+X側に位相差+π/2の位相板7fを有し、両者の境界である位相境界部7cがY軸と一致している場合を示している。なお、ここでは位相板7eが-π/2、位相板7fが+π/2であり、両方で位相差πを有する場合について説明したが、
5 両者の位相差がπであれば良く上記構成に限定されることはない。また、π位相板7の透過率分布や位相分布が外周円7aよりも外側でもゼロでない値を持つものは、π位相板7をXY軸方向に移動した時に対物レンズ6の瞳の有効径がケラレないためである。

次に、結像シミュレーションについて説明する。

10 図2Cの外周円7a内におけるX軸方向の位相分布F(x)を式(a1)に示す。

$$F(x) = i \cdot \text{sgn}(x),$$

$$\text{ここで、} \quad \text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & 0 < x \leq 1 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & -1 \leq x < 0 \end{cases}$$

$$(a1)$$

15 (a1)式は、1次元ヒルベルト変換の周波数空間における伝達関数である。位相分布図2(c)がx=0を境界として位相差がπであるため、位相分布をもつ試料5を通過した光はその約半分がπの位相シフトを受けて像面8に到達し干渉する。その結果、試料5の位相分布が像面8にて強度分布として可視化される。

20 試料5における位相分布が像面8で試料像として可視化される様子を以下に説明する。

簡単のために1次元(X軸方向)で考える。またスリット状の開口3aが無限小ピンホールであると仮定する。試料5を点光源で照明した試料5の振幅分布をs(x')、そのフーリエ変換をS(x)とし、像面8における試料像の振幅分布をg(x')、そのフーリエ変換をG(x)とする。S(x)、G(x)、F(x)
25 は(a2)式の関係で表される。

$$G(x) = S(x) \cdot F(x) \quad (a2)$$

ここで、試料 5 として弱位相物体を仮定すると、

$$s(x') = \exp(i\phi(x')) \approx 1 + i\phi(x') \quad (a3)$$

であり、試料 5 による回折光はそのフーリエ変換 $S(x)$ で与えられる。

$$S(x) = \delta(x) + \Phi(x) \quad (a4)$$

5 ただし $\Phi(x)$ は ϕ のフーリエ変換である。

(a 2) 式に代入すると、位相分布成分 $\phi(x)$ が残る。

$$G(x) = \Phi(x) \cdot F(x) \quad (a5)$$

$F(x)$ はヒルベルト変換の周波数空間における伝達関数であるから、 $\phi(x')$ のヒルベルト変換を $\phi H(x')$ とすると、像振幅分布 $g(x')$ は、

$$10 \quad g(x') = \phi H(x') \quad (a6)$$

像強度分布は、

$$|g(x')|^2 = \phi H(x')^2 \quad (a7)$$

となる。

これを像空間に移行すると、試料 5 を点光源で照明した分布 $s(x')$ に (a 1) 式のフーリエ逆変換 $f(x')$ を点像分布関数として畳み込み積分したものが $g(x')$ となり、(a 8) 式で表す。

$$g(x') = s(x') * f(x'), \quad (* \text{は畳み込み積分を表す}) \quad (a8)$$

20 図 3 に $f(x')$ のグラフを示す。図 3 より、ヒルベルト変換における点像分布は、位相物体に対してコントラストをもち、そのコントラスト形状はいわゆる微分像の様子を呈することがわかる。

以下に、理想レンズによる結像シミュレーションの比較結果を示す。

計算条件は生物観察において汎用的な 40 倍の対物レンズを想定し、照明光のコヒーレンシー σ を、

$$25 \quad \sigma = d1 / (2 \times NA \times f \times m) \quad (0)$$

で表す。d1 は、照明光を制限する開口の開口幅であり、図 2 A のスリット幅 d

1 に対応している。

式(0)において対物レンズ6の開口数 $NA=0.6$ 、対物レンズ6の焦点距離 $f=5\text{ mm}$ 、対物レンズ6の後側焦点面からスリット部材3が配置される面への倍率 $m=1$ とする。

5 また試料は、透過率 $=1$ (100%)、位相差 100 nm 、幅 $W=100\text{ }\mu\text{ m}$ (像面換算)の矩形位相物体が視野中央($x=0$)にあると仮定する。波長は $\lambda=588\text{ nm}$ である。

式(0)の $\sigma=0$ 、すなわち光源1をコヒーレント光源とみなしたときの結像シミュレーション結果を図4に示す。ここで、 $\sigma=0$ とは、開口幅 d_1 が無限小と仮定した場合であり、 $d_1=0$ を示すものではない。なお、 $\sigma=0$ のコヒーレント光源を用いた場合は、スリット部材3は不要であり、本願発明を適用することが無意味となる。図4A~4Dに示す結像シミュレーション結果が得られる。図4Aは、 π 位相板7の位相境界部7cを光軸に一致させて配置した(原点: $x=0$)ときに相当し、図4B~4Dは π 位相板7の位置をX軸方向に 0.2 mm ずつずらしていったときの結像シミュレーション結果である。図4Aより、いわゆる微分像に類似したコントラスト像が得られているものの、ノイズの多い像であることがわかる。例えば、 x 値が $-50\text{ }\mu\text{ m}$ 以下、および x 値が $+50\text{ }\mu\text{ m}$ 以上ではバックグラウンド信号が凸凹の波状になるノイズが見られる。さらに図4B~4Dに示すように π 位相板7をX軸方向にずらすと、いわゆる擬似レリーフ像のようなコントラスト像が得られるが、同時にX軸方向ずらし量に応じた周波数成分のうねりがバックグラウンド信号に乗ってしまうことがわかる。これは、 π 位相板7のX軸方向のずらしが、ずらし量に応じた周波数変調をかけたことに相当することによる。このよううねり成分がバックグラウンド信号にのるのは顕微鏡像として好ましくない。

25 このように、 $\sigma=0$ 、すなわち光源1がコヒーレント光源である場合には好ましいコントラスト像を得ることが困難であることがわかる。

次に本発明において σ を、 $\sigma = 0.05$ 、 0.1 、 0.2 （スリット幅 d_1 を変えた場合に相当する）の時の $x = 0$ における結像シミュレーション結果を図5 A～5 Cに示す。図5 A～5 Cにより、照明光学系10中に各スリット幅 d_1 のスリット状の開口3 aを有するスリット部材3を設ける事により、コントラストはコヒーレント光源（ $\sigma = 0$ ：図4 A参照）の場合よりも低くなるが、バックグラウンド信号のノイズが明らかに少なくなると共に、いわゆる微分像の特性も良くなっている事がわかる。

また、図5 Dは、 $\sigma = 0.1$ 、 $x = 0.3$ mmの結像シミュレーション結果である。X軸方向のずらしによりコントラストがいわゆる擬似レリーフ像を形成するが、図4 Cに比べてバックグラウンド信号に周波数変調成分のうねりは発生せず、ほぼ均一なバックグラウンド信号が得られることが判る。これは、スリット幅 d_1 の範囲内で周波数変調成分が積算されて平均化される効果によるものである。この効果は計算によれば図5 Aの $\sigma = 0.05$ では不足しておりバックグラウンド信号に凸凹の波状のノイズが残るが、図4 Aに比較すると実用上問題ない程度のノイズである。図5 Bの $\sigma = 0.1$ では、さらにノイズが減少し良好なコントラスト像が得られる。この結果から、 σ の下限値が 0.05 程度であることがわかる。なお、本発明の効果を確実にするためには、 σ の下限値を 0.1 にする事が好ましい。

このような背景の積算効果は、 σ の値を大きくするほど高くなる傾向にあるが、一方で図5 A～5 Cのようにコントラストが相対的に低くなるので、むやみに σ の値を大きくすることはできず、ある上限値が存在することがわかる。以下、 σ の上限値の条件について考える。

図6は、 $x = 0$ において σ の値を変化させたときの、コントラスト値が変化していく様子をAで示す。図6中には、参考として明視野観察で同じ試料5を観察したときのコントラスト値をBで示してある。明視野観察におけるコントラスト値は $\sigma = 0$ のとき最大で 0.22 である。少なくとも明視野観察よりもコントラ

ストに優れる必要があることから、これと同じコントラスト値をとる σ 値をグラフより求めると約0.6となり、これが σ の上限値となる。なお、本発明の効果を確実にするためには σ の上限値を0.5にする事が好ましい。これにより、コントラストをよりよくすることができる。

- 5 以上の結果から、本発明にかかる顕微鏡装置100では、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 0.05 \leq d1 / (2 \times NA \times f \times m) \leq 0.6$$

- 但し、 $d1$ はスリット状の開口3aの開口幅、 NA は対物レンズ6の開口数、 f は対物レンズ6の焦点距離、 m は対物レンズ6の後側焦点面から照明光学系10
10 内のスリット状の開口3aが配置される面への倍率である。

また、実用上は、 $\sigma = 0.4$ であるのがより望ましい。もちろん、コントラスト重視、あるいはノイズ低減効果重視の場合にはこの限りではなく、用途や目的に応じて条件式(1)の範囲内で σ 値を選択すれば良い。

(第2実施形態)

- 15 次に、本発明の第2実施形態にかかる顕微鏡装置について図7A、7B、7C、図8A~8Fを参照しつつ説明する。本第2実施形態の顕微鏡装置100は、第1実施形態の顕微鏡装置100と光学系の構成は同様で π 位相板の一部に透過率を制御するフィルタを有することが異なるのみであり、構成全体の説明は第1実施形態と同様であり詳細な説明を省略する。

- 20 図7A、7B、7Cは、本発明の第2実施形態の顕微鏡装置100の π 位相板17諸特性を示し、図7Aは π 位相板17の構成を、図7Bは π 位相板17の透過率特性を、図7Cは π 位相板17の位相特性をそれぞれ示している。

- 図7Aにおいて、 π 位相板17の外周円17aは対物レンズ6の対物瞳の有効
25 径を表している。また図7A中の四角い実線はスリット部材3のスリット状の開口13aの共役な開口を示し、 π 位相板7面上で観察したときのスリット状の開口像を示し、同じ符号13aを付してある。また、このスリット状の開口13a

を覆うように透過率 t のフィルタ 1 8 が形成されている。なお、フィルタ 1 8 は、 π 位相板 1 7 の表面に形成しても良いし、別体に形成して π 位相板 1 7 と一体的に構成しても良い。

図 7 B は、 π 位相板 1 7 面上における対物瞳径 1 7 a に対応した X 軸方向の透過率分布を表し、フィルタ 1 8 の部分のみ透過率が減少している。図 7 C は、 π 位相板 1 7 の位相分布を示し、Y 軸を基準に、 $-X$ 側に位相差 $-\pi/2$ の位相板 1 7 e を、 $+X$ 側に位相差 $+\pi/2$ の位相板 1 7 f を有し、両者の境界である位相境界部 1 7 c が Y 軸に一致している場合を示している。なお、ここでは位相板 1 7 e が $-\pi/2$ 、位相板 1 7 f が $+\pi/2$ で位相差 π を有する場合について説明したが、両者の位相差が π であれば良く、上記構成に限定されることはない。このようにして、 π 位相板 1 7 が形成されている。また、第 1 実施形態と同様に、スリット幅 d_1 は条件式 (1) の範囲を満たしていることが望ましい。

また、スリット幅 d_1 のスリット状の開口 1 3 a を覆うフィルタ 1 8 の透過率 t は、50%以下となるようにしてあるため、図 8 A に示すように、いわゆる直接光 (0 次光) 成分が弱められて第 1 実施形態と比べると視野は暗くなる。しかし信号光強度比がバックグラウンド信号に対して相対的に強くなるため、結果的にコントラストは第 1 実施形態よりも向上する。特に X 軸方向のずらし量が小さい ($x=0$ 近傍) 状態でのコントラスト向上効果が高い。用途や目的に応じてフィルタ 1 8 は、適切な透過率 t を選べば良い。

図 8 A ~ 8 F は、図 7 A に示す π 位相板 1 7 において、 $\sigma=0.1$ の場合の結像シミュレーション結果の一例を示し、図 8 A は $t=10\%$ 、 $x=0$ 、図 8 B は $t=10\%$ 、 $x=0.4\text{ mm}$ X 軸方向にずらした場合をそれぞれ示す。シミュレーション条件は、第 1 実施形態と同様である。図 5 と比較して、特に $x=0$ (図 5 B と図 8 A 参照) でのコントラストが向上しているのがわかる。図 8 C は $t=40\%$ 、 $x=0$ 、図 8 D は $t=40\%$ 、 $x=0.4\text{ mm}$ 、図 8 E は $t=50\%$ 、 $x=0\text{ mm}$ 、図 8 F は $t=50\%$ 、 $x=0.4\text{ mm}$ における結像シミュレーション

ン結果をそれぞれ示している。これらの図から、透過率 t を上げるにつれてバックグラウンドの光強度が上がり、相対的にコントラストが低くなることが判るが、 $t = 50\%$ の場合でも十分実用に耐えるコントラストを保っていることが判る。これらの結果から、透過率 t は以下の条件式 (2) を満たすことが望ましい。

5 (2) $0 \leq t \leq 50$ (単位: %)

なお、本第2実施形態では、スリット状の開口13aの開口幅 d_1 の範囲で透過率 t が一定となる場合を説明したが、本第2実施形態の変形例として透過率 t が $x = 0$ の位置を最低値として、 $x = 0$ から X 軸方向に沿って離れるに従って透過率 t 増加する、 Y 軸を対称軸とする透過率分布とすることもできる。例えば、
10 透過率 t が x 値に比例する、 $\sin^2(x)$ に比例する、或いは x 値に対して段階的に変化するように構成することができる。

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態にかかる顕微鏡装置について説明する。本第3実施形態では、第1実施形態における位相板とスリット部材の構成が異なり、その
15 他の構成は第1実施形態と同様であるため、位相板と開口部材についてののみ説明する。

図9Aは、本発明の第3実施形態にかかる顕微鏡装置の π 位相板27と開口部材3に形成した輪帯開口23aとの位置関係を示している。すなわち、本第3実施形態では、第1実施形態の図1において、スリット部材3の位置に輪帯幅 d_2
20 の輪帯開口23aを有する開口部材3が配置され、対物レンズ6の後側焦点面近傍には、 $-\pi/2$ の位相差を与える円板状の位相板27eと、その外周側に $+\pi/2$ の位相差を与える輪帯状の位相板27fとを有する π 位相板27が配置されている。また図9Bは、 π 位相板27の透過率特性を示し、図9Cは、 π 位相板27の位相差特性をそれぞれ示している。なお、ここでは位相板27eが $-\pi/2$ 、位相板27fが $+\pi/2$ で位相差 π を有する場合について説明したが、
25 両者の位相差が π であれば良く、上記構成に限定されることはない。

また図 9 A、9 B、9 Cにおいて、位相板 2 7 e と位相板 2 7 f と境界である円形の位相境界部分 2 7 c は、照明光学系 1 0 の π 位相板 2 7 と共役な位置に配置された輪帯幅 $d 2$ の輪帯開口 2 3 a のほぼ中央付近に位置付けられるように配置されている。

- 5 π 位相板 2 7 と輪帯開口 2 3 a が配置された顕微鏡装置 1 0 0 により得られる画像は、第 1 実施形態で $x = 0$ としたときに類似している（よってここでは像の計算結果を省略する）。第 1 実施形態では開口幅 $d 1$ の方向（即ち、X 軸方向）にしか像が分解を特たないという方向性を有するのに対して、本第 3 実施形態では輪帯開口 2 3 a で試料 5 を輪帯照明しているため、得られる像は方向性を持たないという特徴がある。そのため、得られる 2 次元像はいわゆるエッジ強調画像
10 のような見え方となる。

また、輪帯開口 2 3 a の開口幅 $d 2$ と第 1 実施形態のスリット状の開口 3 a の開口幅 $d 1$ とは、

$$d 2 = d 1 / 2$$

- 15 の関係を満たしている。この結果、本第 2 実施形態では、第 1 実施形態の条件式 (1) に相当する条件式 (3) を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 0.025 \leq d 2 / (2 \times NA \times f \times m) \leq 0.3$$

- 条件式 (3) の意味するところは、第 1 実施形態と同様であり説明を省略する。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式 (3) の下限値を 0.05 にする事が好ましい。また、本発明の効果を確実にするためには、条件式 (3) の上限値を、0.25 にする事が好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするためには、条件式 (3) の上限値を 0.20 にする事が好ましい。
20

- 図 1 0 A、1 0 B、1 0 C は、本第 3 実施形態の変形例を示す。図 1 0 A は π 位相板 3 7 を、図 1 0 B は π 位相板 2 7 の透過率特性を、図 1 0 C は位相特性をそれぞれ示している。
25

図 1 0 A、1 0 B、1 0 C において、 π 位相板 3 7 は輪帯幅 $d 2$ の輪帯開口 2

3 a の位置の透過率 t が、輪帯開口 2 3 a 以外の部分に比べて低い透過率 t を有するようにフィルタ 3 8 が形成されている。なお、透過率 t のフィルタ 3 8 は、 π 位相板 3 7 面上に形成されてあっても良いし、フィルタ 3 8 を別体に作成して π 位相板 3 7 と一体的に構成しても良い。

5 また、透過率 t は、第 1 実施形態と同様に以下の条件式 (2) を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 0 \leq t \leq 50 \quad (\text{単位: \%})$$

10 このように、輪帯幅 d_2 の輪帯開口 2 3 a 部分に、透過率 t のフィルタ 3 8 を設けることによって、得られる試料像は第 2 実施形態と同様にバックグラウンド光は暗くなり、信号光が相対的に強くなるため、透過率 t の領域が無い図 9 の場合にくらべてコントラストが高くなる。

15 なお、フィルタ部分 3 8 は、上記のように輪帯幅 d_2 に亘って透過率 t が一定に形成しても良いし、位相差の境界領域 3 7 c を最低値とし、境界領域 3 7 c に対して対称に透過率 t が高くなるような透過率分布を有するフィルタ部分 3 8 としても良い。その場合、透過率 t の変化は、境界領域 3 7 c の半径を r_c として半径に対し $|r - r_c|$ に比例する、 $\sin^2(|r - r_c|)$ に比例する、 $|r - r_c|$ に応じて段階的に高くなる、などの分布をとることが可能である。

20 また、位相板 2 7、3 7 は、XYZ 軸方向に移動可能に構成されており、その作用、効果は第 1 実施形態と同様である。

20 (第 4 実施形態)

25 次に、本発明の第 4 実施形態にかかる顕微鏡装置について説明する。図 11 は、本発明の第 4 実施形態にかかる顕微鏡装置の概略構成図である。本第 4 実施形態が第 1 実施形態から第 3 実施形態と異なる点は、第 1 実施形態から第 3 実施形態では、開口部材と π 位相板がそれぞれ 1 個の場合であったが、本第 4 実施形態は、開口部材が複数の開口を有し、それぞれの開口を照明光学系の光軸に挿脱切替可能であり、開口形状に対応した π 位相板を複数有する位相板ホルダを有し結像光

光学系の光軸に挿脱切替可能に構成されている。第1実施形態と同様の構成には同じ符号を付し説明を省略する。

図11において、第4実施形態にかかる顕微鏡装置200は、照明光学系10中の、対物レンズ6の後側焦点面と共役な位置にスライダ式の開口部材53が配置され、結像光学系30の対物レンズ6の後側焦点面の近傍に、スライダ式の位相板ホルダ57が配置されて構成されている。なお、スライダ式の π 位相板ホルダ57は結像光学系30内の対物レンズ6の後側焦点面と共役な面の近傍に配置しても良い。また、スライダ式の開口部材53は照明光学系30内のコンデンサレンズ4の前側焦点面と共役な面の近傍に配置しても良い。

スライダ式の開口部材53には、図12Aに示す、スリット状の開口3a、13a、及び輪帯開口23aがほぼ同一平面内に配置され、照明光学系10の光軸に対して交換可能に構成されている。なお、開口3aは第1実施形態で、開口13aは第2実施形態で、開口23aは第3実施形態で説明された開口と同等であり構成等の説明を省略する。

スライダ式位相板ホルダ57には、図12Bに示す、スリット状の開口3aに対して用いられる π 位相板7、スリット状の開口13aに対して用いられるフィルタ18を有する π 位相板17、及び輪帯開口23aに対して用いられる π 位相板27がほぼ同一平面内に配置され、光軸に対して交換可能に構成されている。なお、 π 位相板7は第1実施形態で、 π 位相板17は第2実施形態で、 π 位相板27は第3実施形態で説明された π 位相板と同等であり構成等の説明を省略する。また、各 π 位相板7、17、27は一つの支持部材57aで支持され、光軸に垂直な平面内のXY軸方向に微動可能とするために、支持部材57aをX軸方向に微動させるための微動機構58とY軸方向に微動させるための微動機構59とが設けられている。また、スライダ式位相板ホルダ57はZ軸方向にも移動可能に構成され、対物レンズ6の変更に伴う後側焦点面の変化に対応可能に構成されている。

本第4実施形態では、上述のように開口部材53と位相板ホルダ57が構成されているため、開口3a、13a、23aと π 位相板7、17、27の組合せを必要に応じて切り替えることにより、サンプルに応じた最適な観察方法を選択できる。位相板ホルダ57の支持部材57aはXY軸方向に微動可能であり、像の
5 コントラストを調整することができる。なお、第4本実施形態ではスライダ式の開口部材53及びスライダ式の位相板ホルダ57で挿脱切り替えを説明したが、ターレット式で回転による挿脱切り替えやその他類似の方法でも良い。

また、開口部がスリット状の開口3a、13aの場合の開口幅d1は、条件式(1)を満足し、輪帯開口23aの場合の開口幅d2は条件式(3)を満足し、
10 フィルタ18の透過率tは条件式(2)を満足する。

図13及び図14A、14B、14Cは、本発明の第4実施形態に係る変形例を示す図である。図13は変形例にかかる顕微鏡装置200を、図14Aは位相板を示し、図14Bはフィルタを示し、図14Cは両者を組み合わせた状態をそれぞれ示す。本変形例では、 π 位相板17と透過率tを変えるフィルタ18とを
15 個別に光軸に挿脱可能に構成してある。また、開口3a、13a、23aの交換の仕方は前述と同様である。

図13、図14A、14B、14Cにおいて、透過率tのフィルタ18を有するスライダ式フィルタ部材19と π 位相板17を有するスライダ式 π 位相板20が、結像光学系30の光軸に挿脱可能に構成されている。スライダ式
20 フィルタ部材19とスライダ式 π 位相板20とは、対物レンズ6の後側焦点面の近傍にそれぞれ挿脱可能に構成されている。なお、スライダ式フィルタ部材19とスライダ式 π 位相板20は、第2実施形態と同様の構成を例示してあり、その作用、効果等の説明は省略する。

本変形例では、照明光学系10の光軸にスリット状の開口13aを挿入し、結
25 像光学系30の光軸にスライダ式 π 位相板20を挿入した場合を示している。スライダ式 π 位相板20のみを光路に挿入すると第1実施形態と同様の顕微

鏡装置 100 となり、さらにスライダース式フィルタ部材 19 も結像光学系 30 の光軸に挿入するとスライダース式 π 位相板 20 とスライダース式フィルタ部材 19 の特性を合わせた特性の π 位相板となり第 2 実施形態の顕微鏡装置 100 が実現できる。さらに透過率分布や位相分布を微妙に変えたもの等をそれぞれ準備し

5 交換することで、多様な観察条件を実現することが可能となる。

また、スライダース式フィルタ部材 19 とスライダース式 π 位相板 20 とを、スライダース式開口 53 に配設されている開口の形状に対応するスライダース式フィルタ部材及びスライダース式 π 位相板にそれぞれ交換することで、上述した各実施形態と同様の効果を奏することができる。

10 また、開口部がスリット状の開口 3a、13a の場合の開口幅 d1 は、条件式 (1) を満足し、輪帯開口 23a の場合の開口幅 d2 は条件式 (3) を満足し、透過率 t は条件式 (2) を満足する。

なお、上記各実施形態では、透過型顕微鏡の場合について説明したが、反射型顕微鏡でも同様の効果を奏することができる。反射型顕微鏡の場合には、照明光

15 学系と結像光学系とに共用される例えばハーフミラー部材に対して、開口を有する開口部材或いはスライダース式開口部材は照明光学系の光源とハーフミラー部材との間の対物レンズの後側焦点面と略共役な位置に配置し、 π 位相板またはスライダース式位相板ホルダ或いはフィルタ部材はハーフミラー部材と像面との間の対物レンズの後側焦点面と略共役な位置に配置することが必要である。

20 なお、上述の実施の形態は例に過ぎず、上述の構成や形状に限定されるものではなく、本発明の範囲内において適宜修正、変更が可能である。

請 求 の 範 囲

1. 光源からの照明光を標本に照射する照明光学系と、
前記標本からの光を対物レンズで集光し標本像を結像する結像光学系と、
- 5 前記照明光学系内の前記対物レンズの後側焦点面と共役な面の近傍に配置され、前記照明光を制限する開口を有する開口部材と、
前記結像光学系内の前記対物レンズの後側焦点面近傍、または前記後側焦点面の共役面の近傍に配置され、前記標本からの光に180度の位相差を与える第1の位相領域と第2の位相領域とを有し、
- 10 前記第1の位相領域と前期第2の位相領域の位相境界部分は、前記開口に共役な開口内に位置付けられている位相板を有するフィルタ部材とを有して成ることを特徴とする顕微鏡装置。
2. 前記開口は、スリット状開口であり、
- 15 前記位相境界部分は、前記スリット状開口の長辺方向と略平行に位置付けられていることを特徴とする請求項1に記載の顕微鏡装置。
3. 前記スリット状開口の短辺方向の幅 d_1 は、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項2に記載の顕微鏡装置。
- 20 $0.05 \leq d_1 / (2 \times NA \times f \times m) \leq 0.6$
- 但し、
- NA：前記対物レンズの開口数
- f：前記対物レンズの焦点距離
- m：前記対物レンズの後側焦点面から前記照明光学系内の前記スリット状の開
- 25 口が配置される面への倍率

4. 前記フィルタ部材は、前記位相板の前記スリット状開口と共役な位置の透過率を制御する透過率制御板を更に有し、前記透過率制御板は、前記位相板の前記スリット状開口と共役な位置の透過率が略一定であり、

前記透過率 t は、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項 3 記載の顕微鏡装置。

$$0 \leq t \leq 50 \quad (\text{単位: \%})$$

5. 前記フィルタ部材は、複数の前記位相板と複数の前記透過率制御板とを有し、

10 前記複数の位相板と前記複数の透過率制御板を、光軸に対してそれぞれ独立に交換可能に形成されていることを特徴とする請求項 4 記載の顕微鏡装置。

6. 前記フィルタ部材は、光軸に対して挿脱可能に形成されていることを特徴とする請求項 5 記載の顕微鏡装置。

15

7. 前記位相板において、前記位相境界部分を Y 軸とし、前記 Y 軸と光軸とに垂直な軸を X 軸、前記 Y 軸と前記 X 軸との交点を原点とするとき、

前記フィルタ部材は、前記原点の近傍で前記透過率が最小で前記原点から離れるに従って前記透過率が高くなる、前記 Y 軸に対して対称な透過率分布を持つ透過率制御板を更に有することを特徴とする請求項 3 記載の顕微鏡装置。

20

8. 前記位相板において、前記位相境界部分を Y 軸とし、前記 Y 軸と光軸とに垂直な軸を X 軸、前記 Y 軸と前記 X 軸との交点を原点とするとき、

前記フィルタ部材は、前記原点から離れるにつれて階段状に透過率が高くなる、前記 Y 軸に対して対称な透過率分布を持つ透過率制御板を更に有することを特徴とする請求項 3 記載の顕微鏡装置。

25

9. 前記フィルタ部材は、光軸に対して挿脱可能に形成されていることを特徴とする請求項 3 記載の顕微鏡装置。

5 10. 前記フィルタ部材は、前記位相板の前記スリット状開口と共役な位置の透過率を制御する透過率制御板を更に有し、前記透過率制御板は、前記位相板の前記スリット状開口と共役な位置の透過率が略一定であり、

前記透過率 t は、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項 2 記載の顕微鏡装置。

10 $0 \leq t \leq 50$ (単位：%)

11. 前記位相板において、前記位相境界部分を Y 軸とし、前記 Y 軸と光軸とに垂直な軸を X 軸、前記 Y 軸と前記 X 軸との交点を原点とするとき、

15 前記フィルタ部材は、前記原点の近傍で前記透過率が最小で前記原点から離れるに従って前記透過率が高くなる、前記 Y 軸に対して対称な透過率分布を持つ透過率制御板を更に有することを特徴とする請求項 2 記載の顕微鏡装置。

12. 前記位相板において、前記位相境界部分を Y 軸とし、前記 Y 軸と光軸とに垂直な軸を X 軸、前記 Y 軸と前記 X 軸との交点を原点とするとき、

20 前記フィルタ部材は、前記原点から離れるにつれて階段状に透過率が高くなる、前記 Y 軸に対して対称な透過率分布を持つ透過率制御板を更に有することを特徴とする請求項 2 記載の顕微鏡装置。

13. 前記位相板において、前記位相境界部分を Y 軸とし、前記 Y 軸と光軸とに垂直な軸を X 軸、前記 Y 軸と前記 X 軸との交点を原点とするとき、

25 前記フィルタ部材は、前記原点の近傍で前記透過率が最小で前記原点から離れ

るに従って前記透過率が高くなる、前記Y軸に対して対称な透過率分布を持つ透過率制御板を更に有することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡装置。

14. 前記位相板において、前記位相境界部分をY軸とし、前記Y軸と光軸とに垂直な軸をX軸、前記Y軸と前記X軸との交点を原点とするとき、

前記フィルタ部材は、前記原点から離れるにつれて階段状に透過率が高くなる、前記Y軸に対して対称な透過率分布を持つ透過率制御板を更に有することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡装置。

15. 前記開口部材の前記開口は、輪帯開口であり、前記位相板の前記位相境界部分は、円形状であり、

前記位相境界部分は、前記輪帯開口と共役な輪帯開口の略中央に位置付けられていることを特徴とする請求項1に記載の顕微鏡装置。

16. 前記輪帯開口の開口幅 d_2 は、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項15に記載の顕微鏡装置。

$$0.025 \leq d_2 / (2 \times NA \times f \times m) \leq 0.3$$

但し、

NA：前記対物レンズの開口数

f：前記対物レンズの焦点距離

m：前記対物レンズの後側焦点面から前記照明光学系内の前記輪帯状開口が配置される面への倍率

17. 前記フィルタ部材は、前記位相板の前記輪帯開口位置と共役な位置の透過率を制御する透過率制御板を更に有し、前記透過率制御板は、前記位相板の前記輪帯開口位置と共役な位置の透過率が略一定であり、

前記透過率 t は以下の条件を満たすことを特徴とする請求項 16 記載の顕微鏡装置。

$$0 \leq t \leq 50 \quad (\text{単位: \%})$$

- 5 18. 前記フィルタ部材は、複数の前記位相板と複数の前記透過率制御板とを有し、

前記複数の位相板と前記複数の透過率制御板を、光軸に対してそれぞれ独立に交換可能に形成されていることを特徴とする請求項 17 記載の顕微鏡装置。

- 10 19. 前記フィルタ部材は、光軸に対して挿脱可能に形成されていることを特徴とする請求項 18 記載の顕微鏡装置。

20. 前記フィルタ部材は、光軸を中心とした同心円状の透過率分布を有する透過率制御板を更に有し、

- 15 前記同心円状の透過率分布は、前記位相板の前記輪帯開口と略共役な開口位置で最も透過率が低く、前記輪帯開口と略共役な開口位置から遠ざかるに従って段階的に透過率が高くなり、前記輪帯開口と共役な開口の内周部から前記輪帯開口の中心方向と前記輪帯開口と共役な開口の外周部の外側方向で略対称であることを特徴とする請求項 16 記載の顕微鏡装置。

20

21. 前記フィルタ部材は、光軸に対して挿脱可能に形成されていることを特徴とする請求項 16 記載の顕微鏡装置。

22. 前記フィルタ部材は、前記位相板の前記輪帯開口位置と共役な位置の透過率を制御する透過率制御板を更に有し、前記透過率制御板は、前記位相板の前記輪帯開口位置と共役な位置の透過率が略一定であり、
- 25

前記透過率 t は以下の条件を満たすことを特徴とする請求項 15 記載の顕微鏡装置。

$$0 \leq t \leq 50 \quad (\text{単位: \%})$$

- 5 23. 前記フィルタ部材は、光軸を中心とした同心円状の透過率分布を有する透過率制御板を更に有し、

前記同心円状の透過率分布は、前記位相板の前記輪帯開口と略共役な開口位置で最も透過率が低く、前記輪帯開口と略共役な開口位置から遠ざかるに従って段階的に透過率が高くなり、前記輪帯開口と共役な開口の内周部から前記輪帯開口
10 の中心方向と前記輪帯開口と共役な開口の外周部の外側方向で略対称であることを特徴とする請求項 15 記載の顕微鏡装置。

図 1

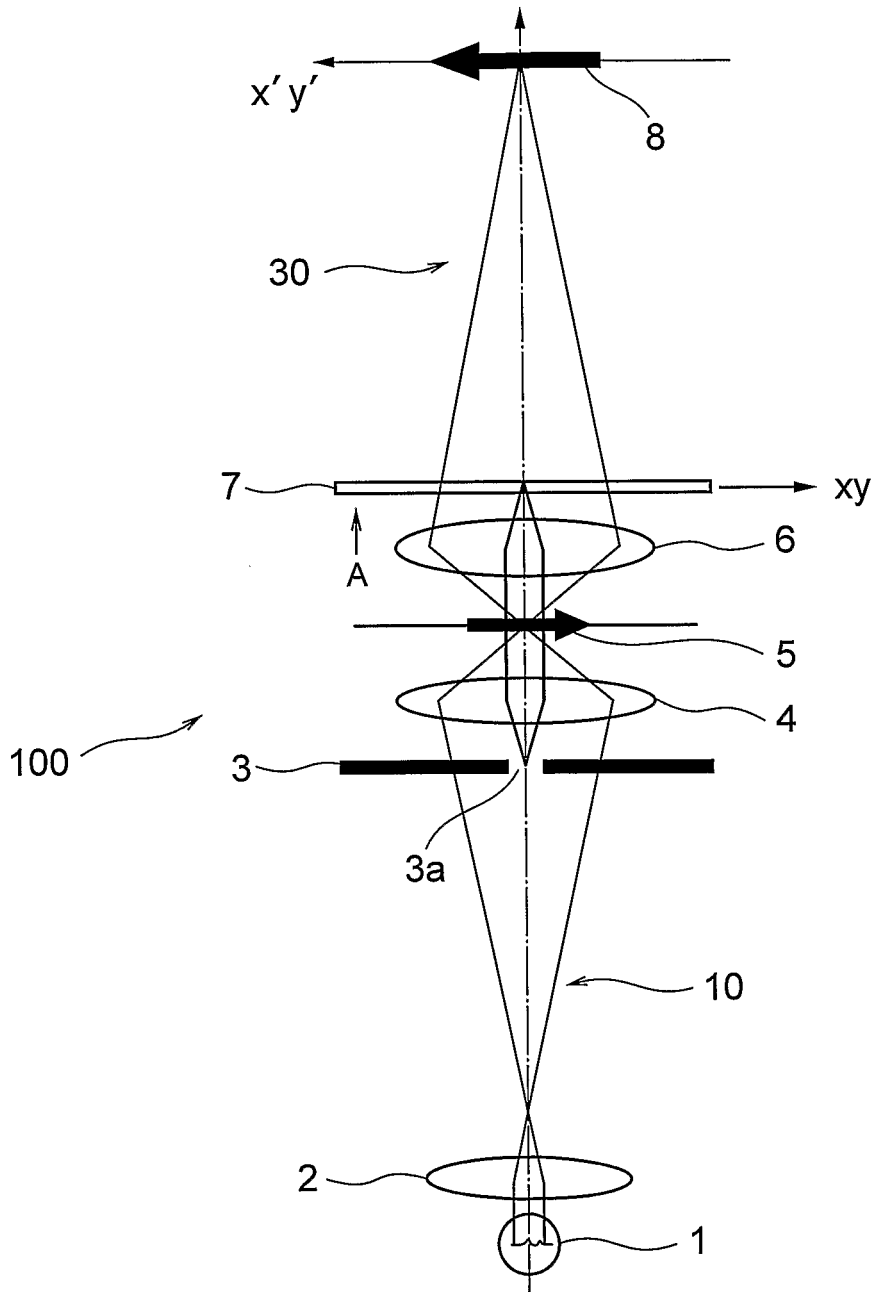


図 2A

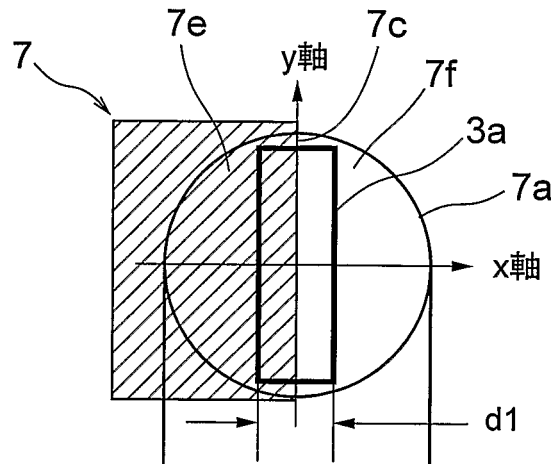


図 2B

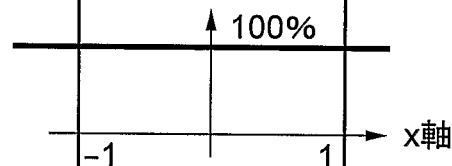


図 2C

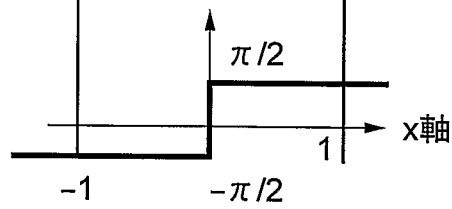


図 3

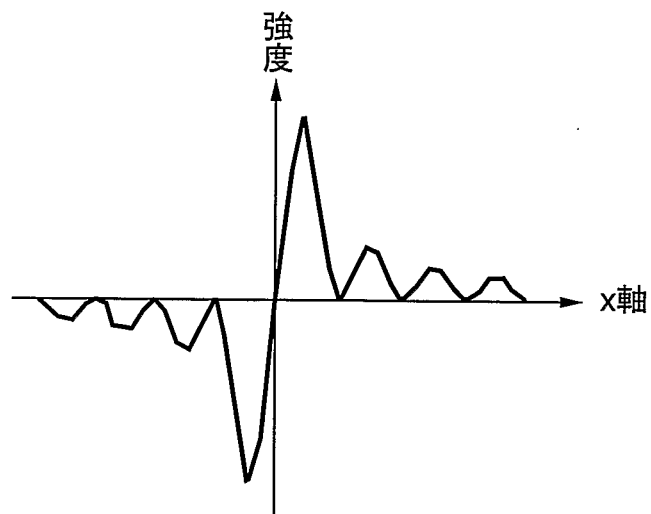


図 4A

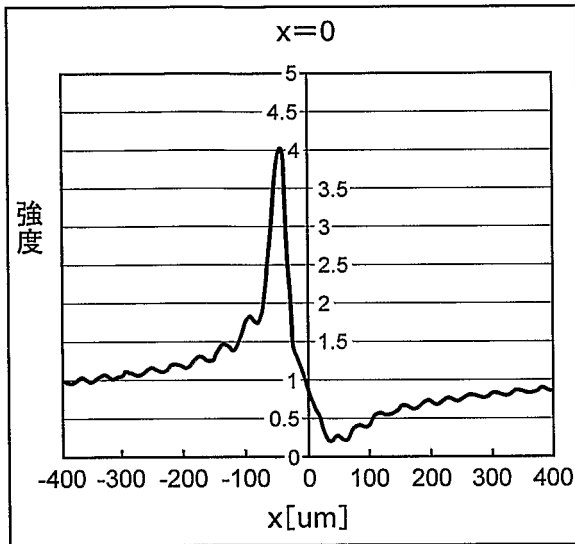


図 4B

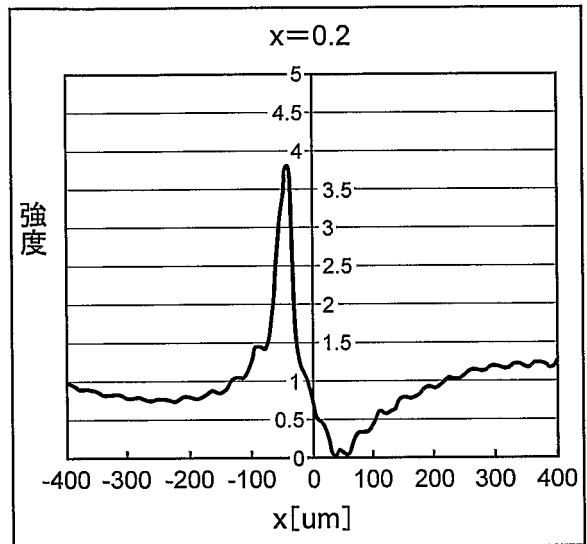


図 4C

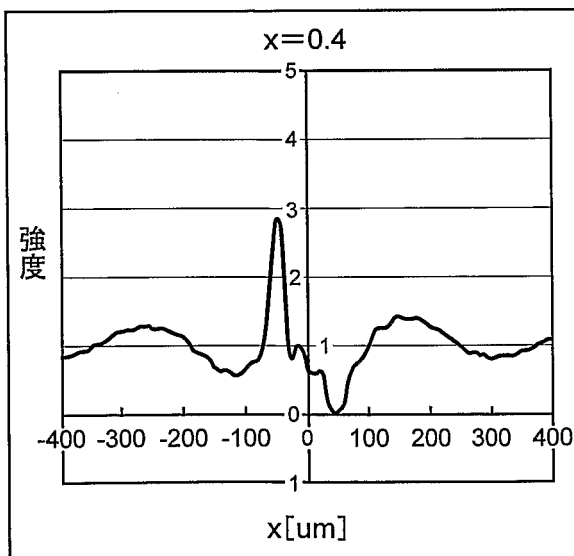


図 4D

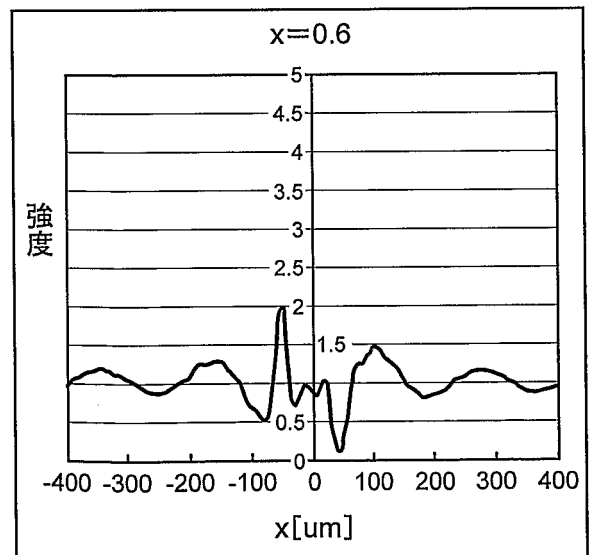


図 5A

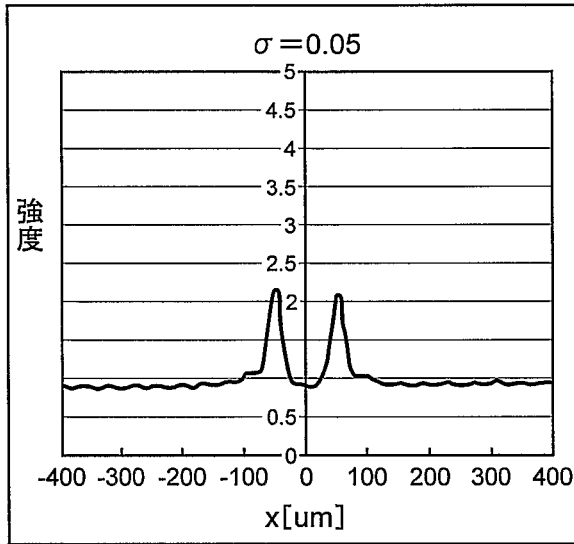


図 5B

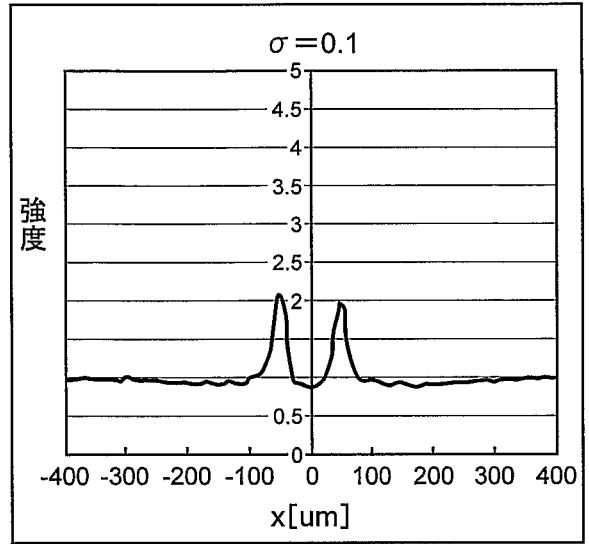


図 5C

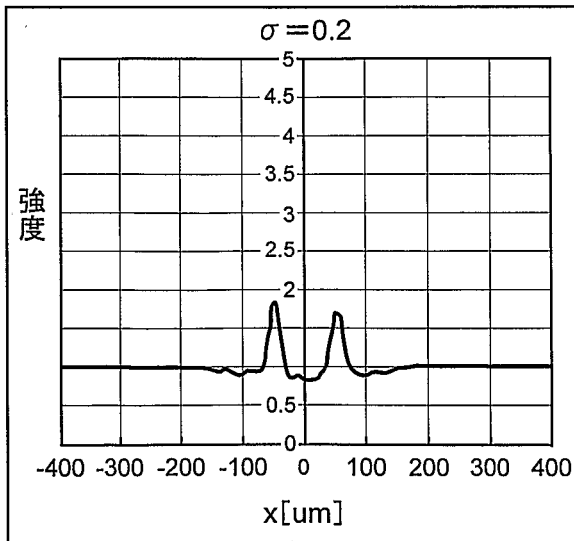


図 5D

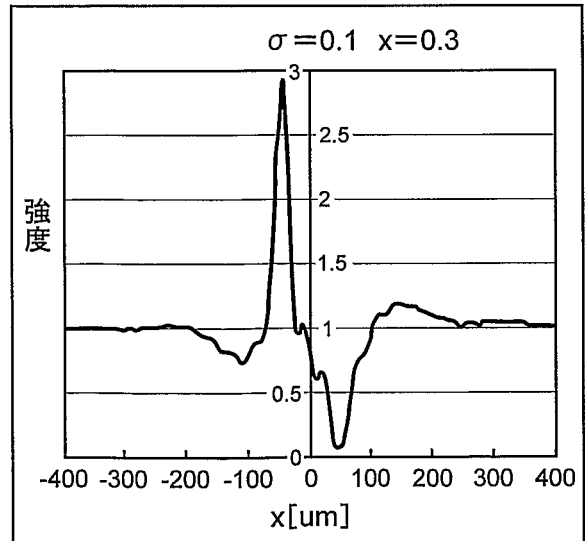


図 6

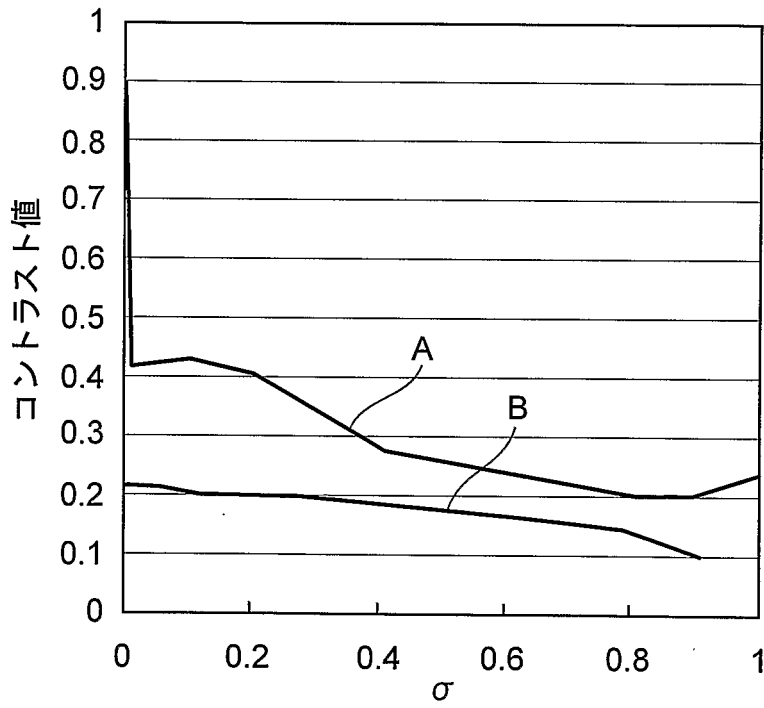


図 7A

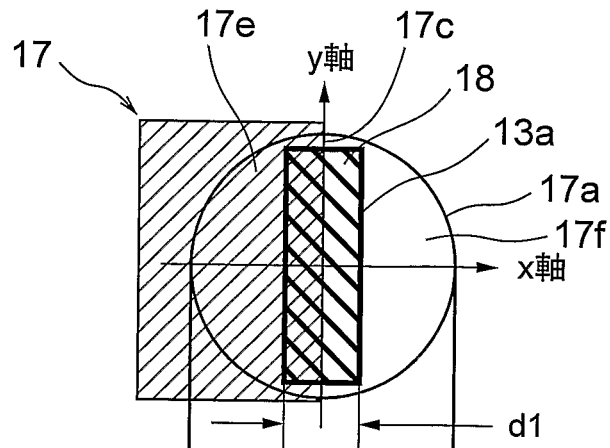


図 7B

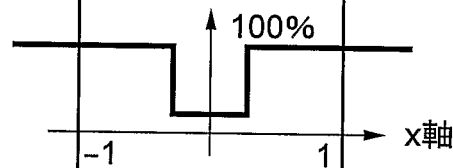


図 7C

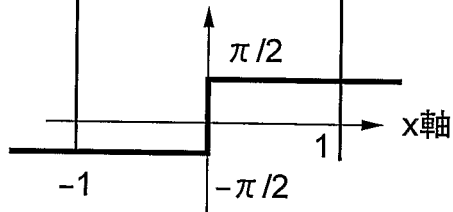


図 8A

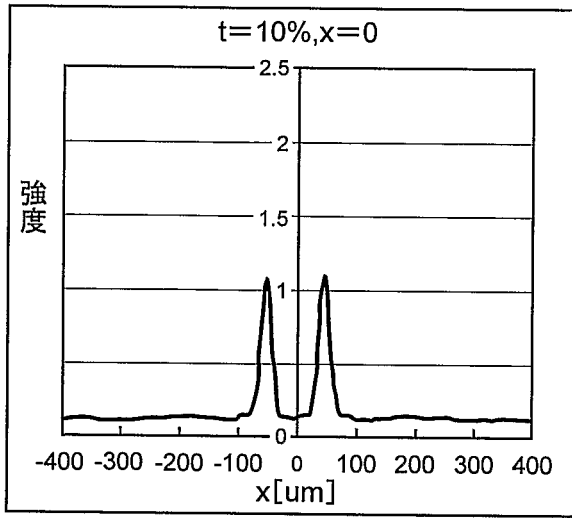


図 8B

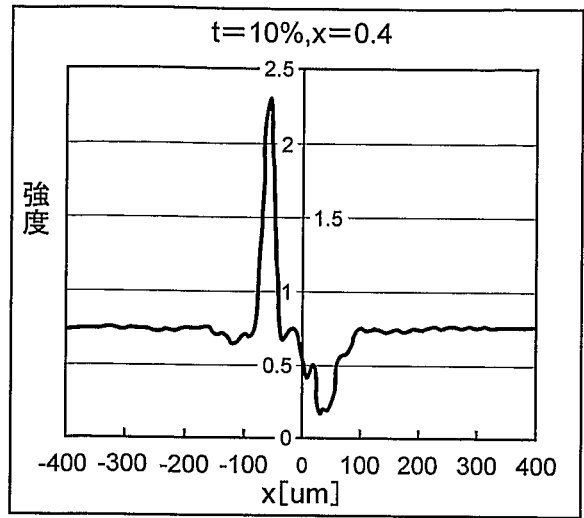


図 8C

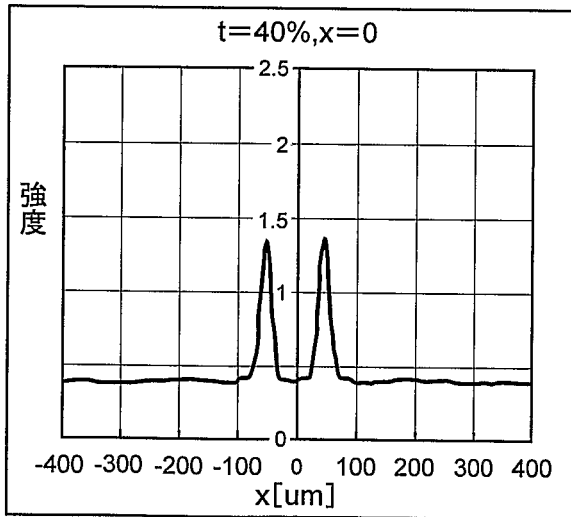


図 8D

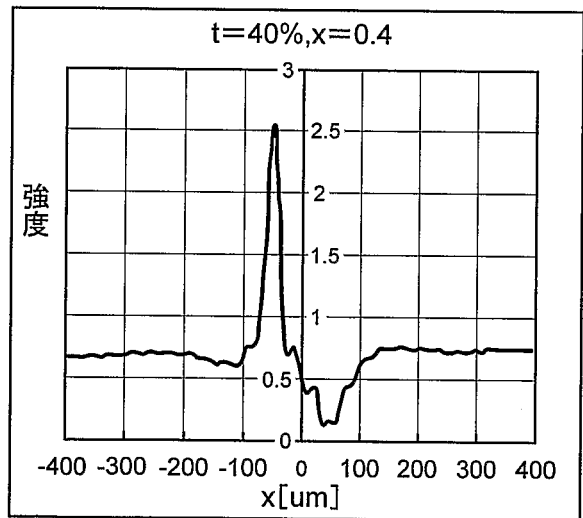


図 8E

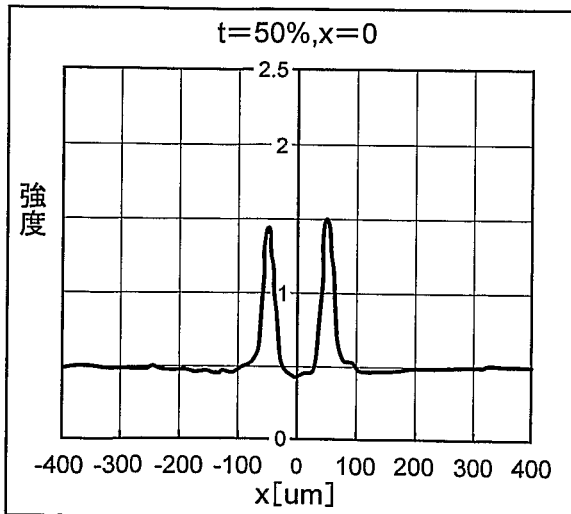


図 8F

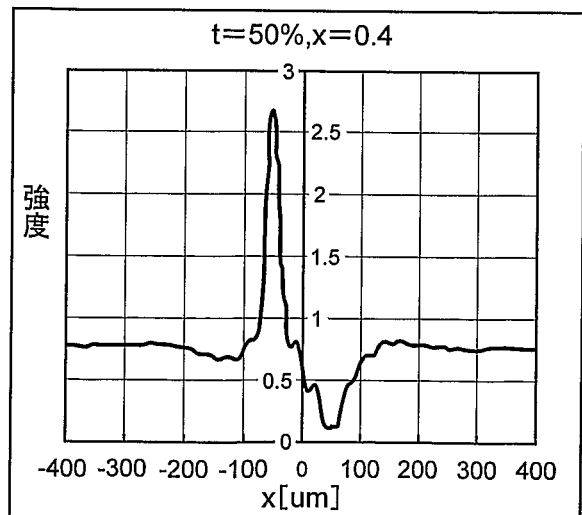


图 9A

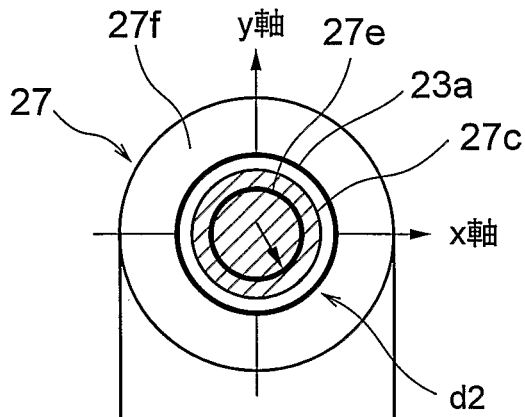


图 9B

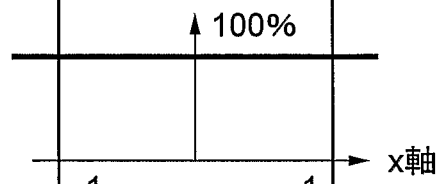


图 9C

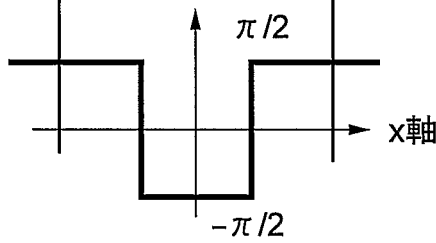


図10A

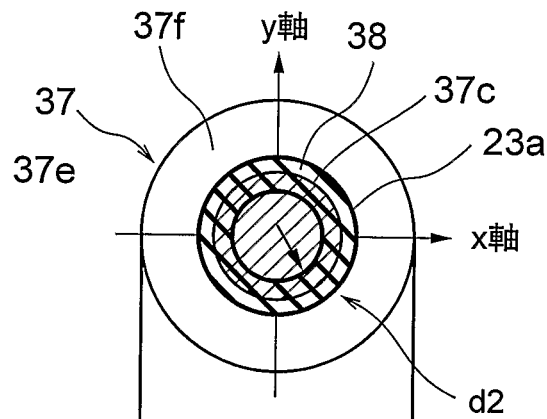


図10B

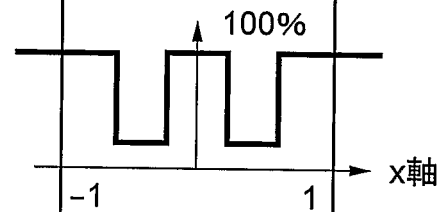


図10C

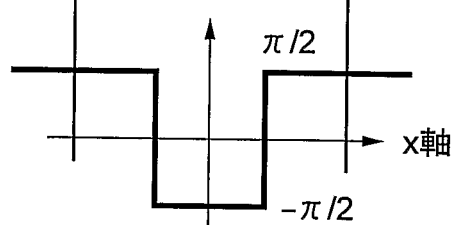
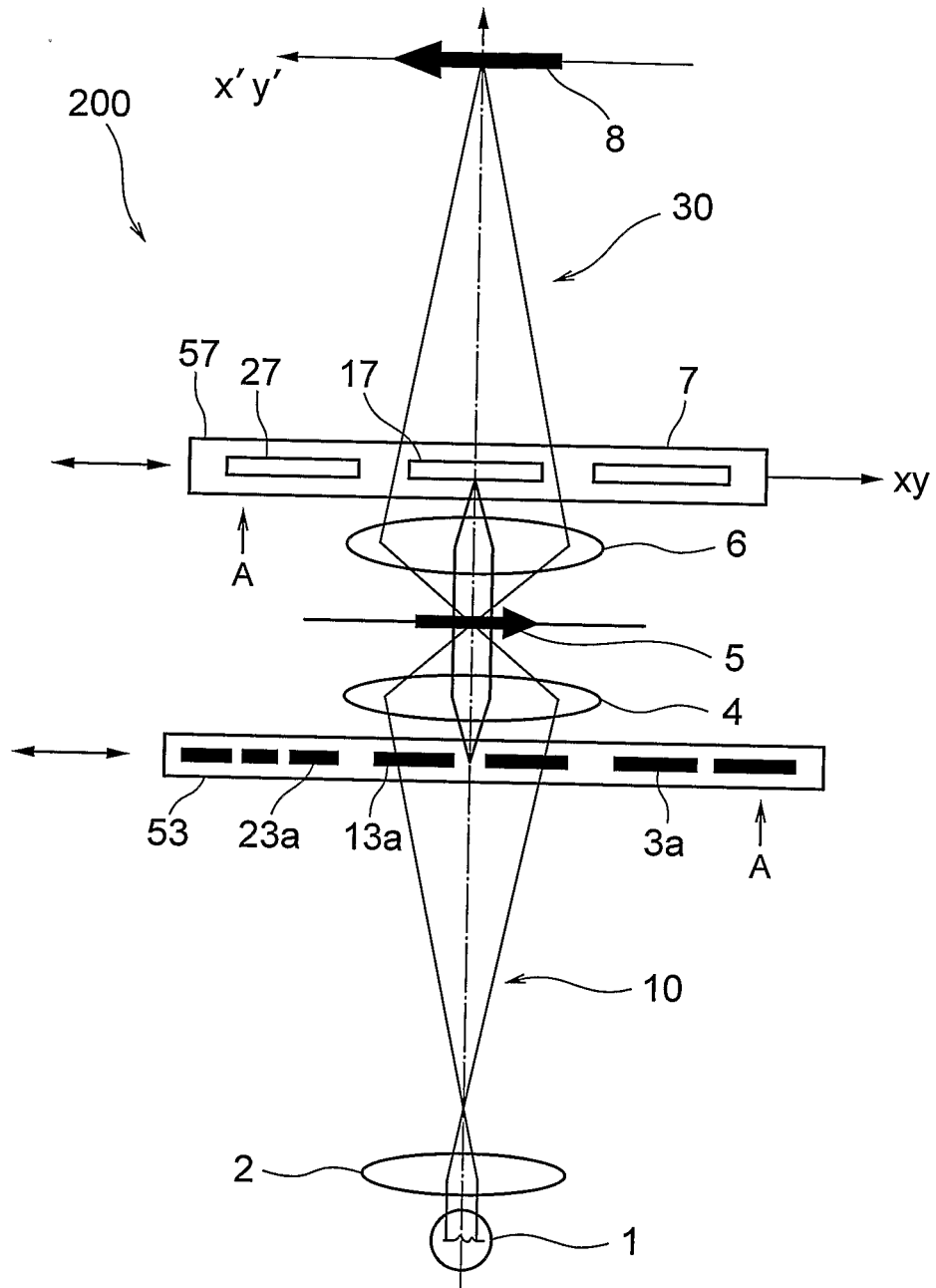


図11



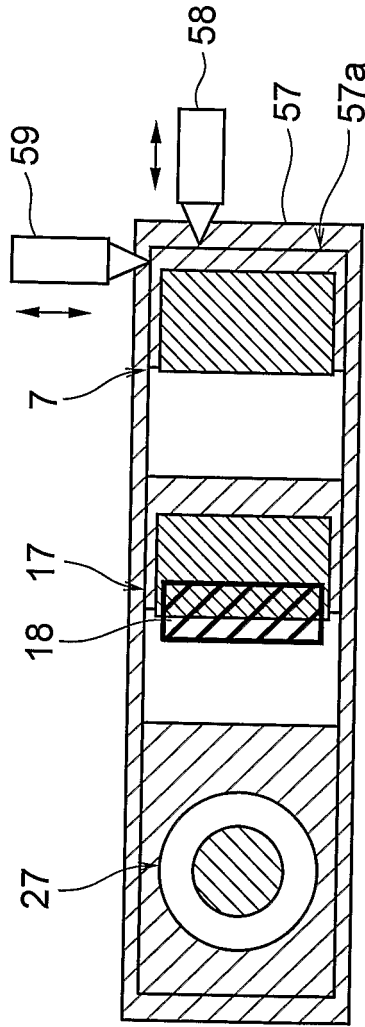


図12A

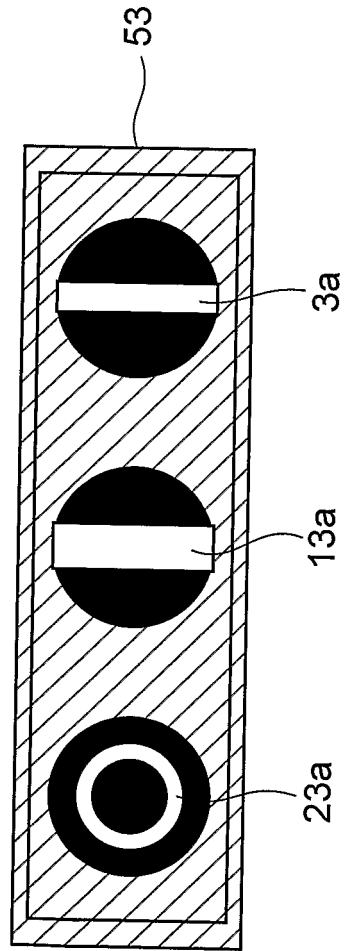
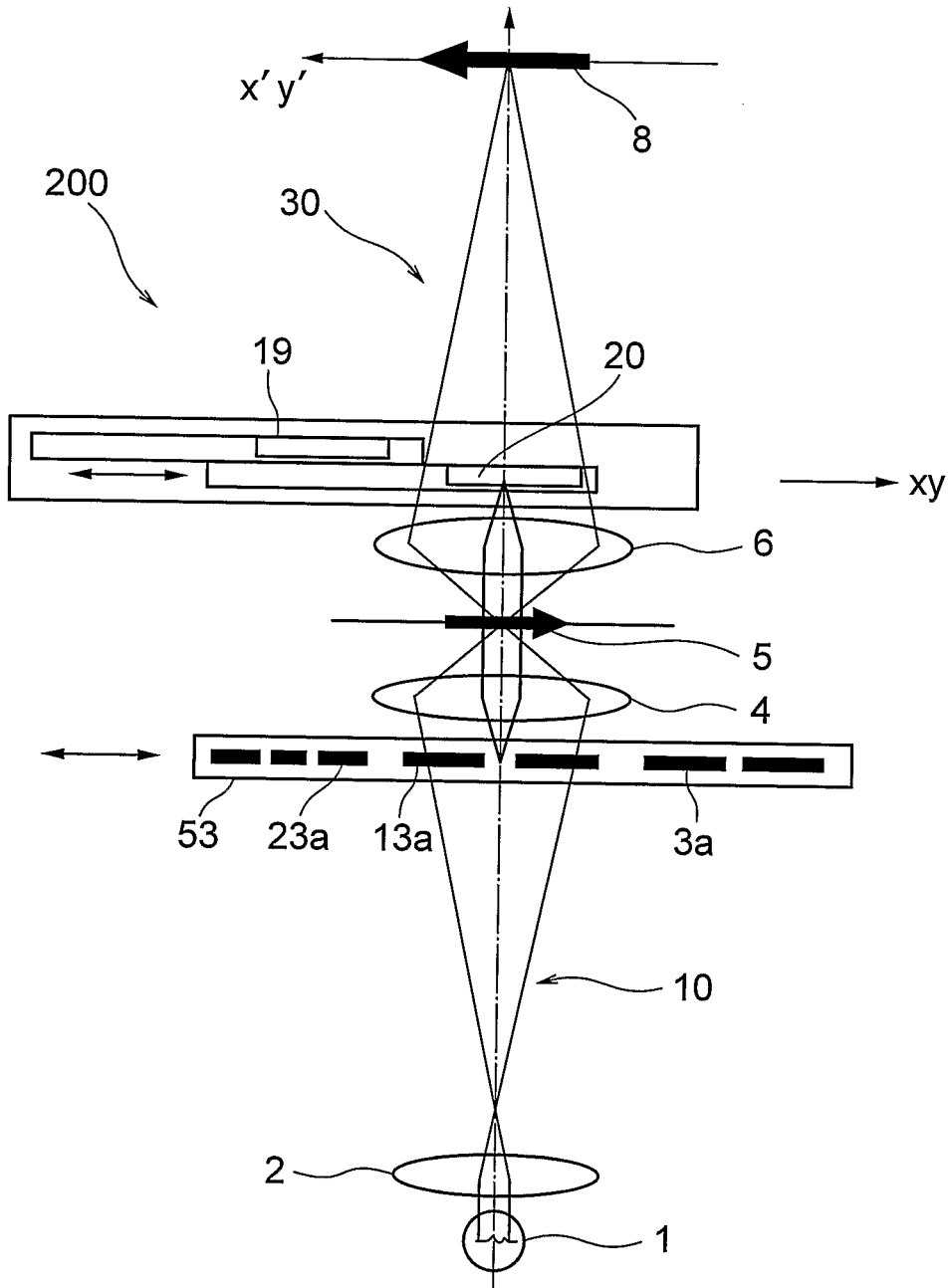
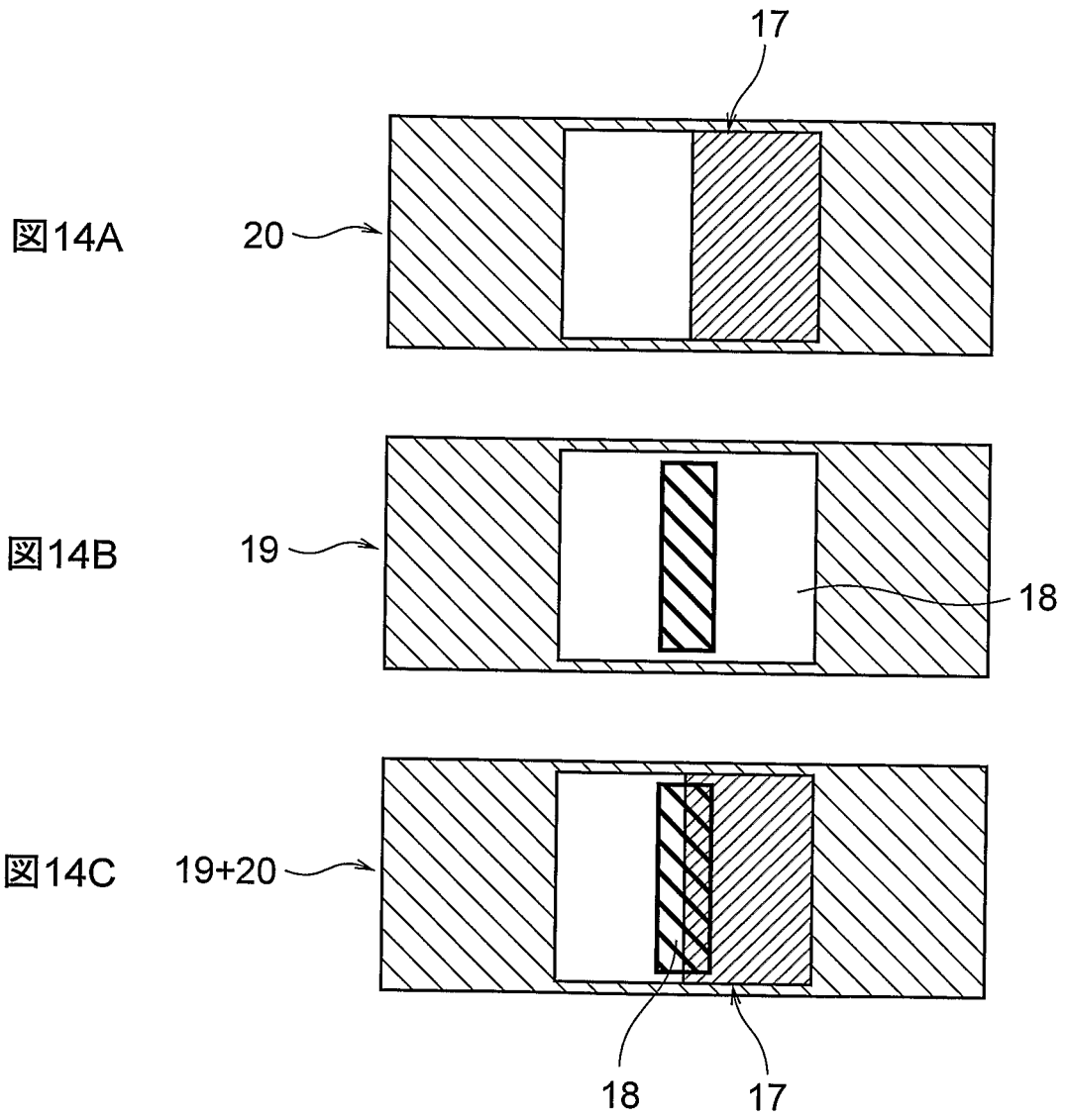


図12B

図13





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/063613

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B21/14 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B21/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-95174 A (Nikon Corp.), 09 April, 1999 (09.04.99), Claims 1 to 3; examples; full text (Family: none)	1-23
A	JP 2004-318185 A (Olympus Corp.), 11 November, 2004 (11.11.04), Claims 1, 2; full text (Family: none)	1-23

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 October, 2007 (01.10.07)

Date of mailing of the international search report
09 October, 2007 (09.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B21/14(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B21/14			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
A	JP 11-95174 A (株式会社ニコン) 1999.04.09, 請求項1-3、実施例、全文 (ファミリーなし)	1-23	
A	JP 2004-318185 A (オリンパス株式会社) 2004.11.11, 請求項1, 2、全文 (ファミリーなし)	1-23	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 01.10.2007		国際調査報告の発送日 09.10.2007	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 原田 英信	2V 3702
		電話番号 03-3581-1101	内線 3271