

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年3月8日 (08.03.2007)

PCT

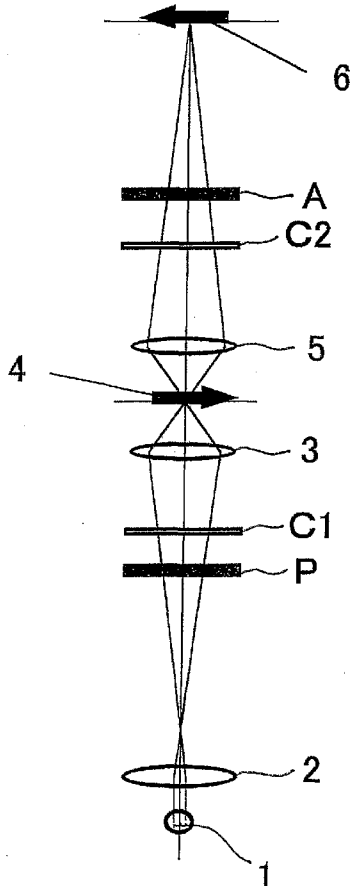
(10) 国際公開番号
WO 2007/026791 A1

- (51) 国際特許分類: *G02B 27/28* (2006.01) *G02B 21/00* (2006.01) *G02B 5/30* (2006.01) 区丸の内3丁目2番3号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/317153 (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).
- (22) 国際出願日: 2006年8月24日 (24.08.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, 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.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (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, ...)
- (30) 優先権データ: 特願2005-248112 2005年8月29日 (29.08.2005) 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

[続葉有]

(54) Title: POLARIZATION COMPENSATION OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 偏光補償光学系



(57) Abstract: A polarization compensation optical system includes a polarization compensation optical element capable of accurately compensating a rotation and phase difference of the polarization direction of the polarization optical system even when an Objective lens is exchanged. The polarization compensation optical system includes: an illumination optical system having a polarizer (P) and applying an illumination light to an object via the polarizer; and an image formation optical system for forming an image by converging light from the object and passing it through an analyzer (A). Polarization compensation optical elements (C1, C2) for compensating the rotation and phase difference of the polarization direction caused by the optical element arranged between the polarizer (P) and the analyzer (A) are arranged between the polarizer (P) and the object (4) or between the object (4) and the analyzer (A).

(57) 要約: 対物レンズを交換した場合でも偏光光学系の偏光方向の回転や位相差を高精度に補償できる偏光補償光学素子を含む偏光補償光学系は、偏光子Pを含み偏光子を透過して物体に照明光を照射する照明光学系と、物体からの光を集光し、検光子Aを透過して結像する結像光学系とからなり、偏光子Pと検光子Aの間に配設されている光学素子により発生する偏光方向の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子C1、C2を、偏光子Pと物体4の間又は物体4と検光子Aの間の少なくとも一方に配設している。

WO 2007/026791 A1



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, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

偏光補償光学系

5 技術分野

本発明は、偏光された光を用いる偏光補償光学系に関する。

背景技術

10 直線偏光された光を用いる顕微鏡光学系において、顕微鏡光学系を構成するレンズの屈折面やレンズに施されている各種のコートの作用により、直線偏光の偏光方向が回転すると共に楕円偏光化し、得られる像のコントラストやS/Nが悪化するという問題がある。この問題は、レンズの屈折面数が多い、屈折面の屈折力が強い、或いは屈折面に施される反射防止膜が多層であるなどの場合に顕著であるため、特に収差を高精度に補正した高NAの対物レンズで問題となる。

15 このような問題を解決するために、顕微鏡光学系とほぼ同等の偏光特性を持つ屈折力がゼロのレンズと1/2波長位相板を組み合わせることにより直線偏光の楕円偏光化を補償する偏光補償光学素子が知られている（例えば、特公昭37-5782号公報参照）。

20 しかしながら、特公昭37-5782号公報の開示例では、1つ乃至複数のかさばる素子を顕微鏡の光路中の所定の場所に精度良く配置することが必要であり、顕微鏡の対物レンズの変更等による偏光補償光学素子の交換が容易でない。また、偏光補償光学素子が固定されたものとならざるを得ず、この結果、特定の対物レンズの使用時には顕微鏡光学系に起因する偏光方向の回転と楕円偏光化を補償できるものの、対物レンズを交換した場合には補償が不十分で得られる像
25 のコントラストやS/Nが充分ではないという問題がある。

発明の開示

本発明は、上記課題に鑑みて行われたものであり、対物レンズを交換した場合でも偏光光学系の偏光方向の回転や位相差を高精度に補償できる偏光補償光学素子を含む偏光補償光学系を提供することを目的とする。

- 5 上記課題を解決するために、本発明の第1の態様は、偏光子を含み、前記偏光子を透過して物体に照明光を照射する照明光学系と、前記物体からの光を集光し、検光子を透過して結像する結像光学系とからなり、前記偏光子と前記検光子の間に配設されている光学素子により発生する偏光方向の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子を、前記偏光子と前記物体の間又は前記物体と前記検光子の
10 間の少なくとも一方に配設したことを特徴とする偏光補償光学系を提供する。

- また、本発明第2の態様は、偏光子を含み、前記偏光子を透過した光を偏向素子を介して物体に照明光を照射する照明光学系と、前記物体からの光を集光し前記偏向素子を透過し、検光子を透過して結像する結像光学系とからなり、前記偏光子と前記検光子の間に配設されている光学素子により発生する偏光方向の回
15 転及び位相差を補償する偏光補償光学素子を、前記偏光子と前記偏向素子の間又は前記偏向素子と前記検光子の間の少なくとも一方に配設したことを特徴とする偏光補償光学系を提供する。

- また、本発明の第3の態様は、物体に偏光を照明光として照射する照明光学系と、前記物体からの光を、検光子を介して集光する集光光学系とを有し、前記集
20 光光学系の前記物体から前記検光子までの光学素子、及び前記照明光学系の光学素子により発生する偏光方向の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子を、前記照明光学系又は前記物体と前記検光子の間の少なくとも一方に配設したことを特徴とする偏光補償光学系を提供する。

- 本発明によれば、対物レンズを交換した場合でも偏光光学系の偏光方向の回転
25 や位相差を高精度に補償できる偏光補償光学素子を含む偏光補償光学系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 実施の形態に係る偏光補償光学系である透過照明型偏光顕微鏡の概略構成図である。

- 5 図 2 A、図 2 B はそれぞれ、光学系における偏光方向の回転を示す模式図と楕円化を示す模式図である。

図 3 A、図 3 B は、偏光補償光学素子の構成例を模式的に示し、図 3 A は分割型位相板の一例の模式図、図 3 B はグラジエント位相板の一例の模式図である。

- 10 図 4 A - 4 C は、構造複屈折部材の第 1 の構成方法の効果を示す模式図である。
図 5 A - 5 C は、構造複屈折部材の第 2 の構成方法の効果を示す模式図である。
図 6 は、本発明の第 1 実施の形態の変形例を示す概略構成図である。

図 7 は、本発明の第 2 実施の形態に係る偏光補償光学系（落射照明型偏光顕微鏡）の概略構成図である

- 15 図 8 は、本発明の第 2 実施の形態の変形例の概略構成図である。

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。

（第 1 実施の形態）

- 20 図 1 は本発明の第 1 実施の形態に係る偏光補償光学系の概略構成図である。本第 1 実施の形態では、偏光補償光学系の代表例として透過照明型偏光顕微鏡を取り上げ、その光学系にて発生する偏光方向の回転と位相差を補償した偏光補償光学系について説明する。

- 25 図 1 において、光源 1 からの照明光は、コレクターレンズ 2 によって集光された後、コンデンサーレンズ 3 を介して不図示のスライドガラス上に載置された標本 4 を照明する。照明された標本 4 からの光は、対物レンズ 5 によって集光され、

拡大像 6 が形成される。観察者はこの拡大像 6 を不図示の接眼レンズを介して肉眼で観察する。コレクターレンズ 2 とコンデンサーレンズ 3 の間の光路中には、偏光子 P が、また対物レンズ 5 と拡大像 6 の間の光路中には検光子 A がそれぞれ配置されている。偏光子 P と検光子 A は、一般にその透過方位が直交するように配置される（クロスニコルの配置）。なお、物体を照明する照明光は、偏光子 P を透過した偏光に限定されず、偏光子を反射することによって生じる偏光、又は光源から直接偏光を発生させるレーザ光源などでも良い。

このような構成において、スライドガラス上に標本 4 が置かれていない場合、視野は暗黒となる。この状態で、例えば鉱物等の薄い標本 4 を置くと、その組織構造が標本 4 の各部の偏光状態の違いによって明暗が生じ可視化される。このような偏光顕微鏡においては、試料による僅かな偏光状態の変化を可視化して高精度に検出するために試料以外の光学系で発生する偏光状態の乱れを極力避けなければならない。

ところが、偏光子 P と検光子 A の間にはコンデンサーレンズ 3 や対物レンズ 5 等の光学系が置かれていることが多く、たとえ偏光子 P と検光子 A がクロスニコルの配置であったとしても、光学系による偏光状態の乱れによって消光比が低下し顕微鏡の検出能力を低くしてしまう。これは高倍の対物レンズ 5 ほど顕著である。その主な原因は対物レンズ 5 内に配置されているレンズ屈折面が多いことやレンズ面による屈折角度が大きいこと、またレンズ表面に施されている反射防止コート等の偏光特性にある。

これらのコートの特性は、一般に光がコートに対して垂直入射する場合に最適となるように設計されており、高倍の対物レンズ 5 のようにレンズを通過する光が大きな角度を持つ場合には、x 軸、及び y 軸以外の領域において図 2 A に示すような偏光方向の回転を引き起こす（入射光が y 軸方向に偏光している場合）。これは、入射直線偏光のうち P 偏光成分と S 偏光成分が入射角度によって反射率が異なることによるものであり、その結果レンズを射出する光は入射直線偏光に

対して回転する。さらに、レンズ表面に多層反射防止膜が多用されている場合には、P偏光成分とS偏光成分との間に位相差が付き、その影響で直線偏光が回転するだけでなく、図2Bに示すような楕円偏光となってしまふ。この図2A、図2Bに示すような、偏光方向の回転や位相差の発生による楕円偏光化は、偏光顕
5 微鏡の消光比を低下させ、像のコントラストやS/Nを低下させる。

そこで本第1実施の形態に係る偏光補償光学系(透過照明型偏光顕微鏡)では、光学系に起因する偏光方向の回転や位相差を補償する目的で、図1の照明光学系のコンデンサ3の前側焦点面近傍に偏光子Pからコンデンサーレンズ3間の光学系に起因する偏光方向の回転や位相差を補償する偏光補償光学素子C1を挿
10 入する。また結像光学系の対物レンズ5と検光子A間の光路中に対物レンズ5から検光子A間の光学系に起因する偏光方向の回転や位相差を補償する偏光補償光学素子C2を挿入して構成されている。

偏光補償光学素子C1及びC2は、図3Aに示されるように、光学系の有効径内を円周方向及び半径方向に分割し、それぞれの分割領域(例えば、図中の1a
15 ~1h、2a~2h)の偏光方向の回転や位相差に対応した位相板を配置した、所謂分割型位相板である。また分割型位相板中のそれぞれの位相板の軸(進相軸又は遅相軸)は、光学系の特性に応じてそれぞれ異なった方向に向けて配置されている。なお、図3A、図3Bは各々、偏光補償光学系C1、C2を同じ図面で説明しているが、位相板の位相差及び位相板の軸の方向は、偏光補償光学素子C
20 1、C2が挿入される光学系の特性によってそれぞれ異なっている。

分割型位相板である位相補償光学素子C1の分割領域1a~1h、2a~2hそれぞれの位相板の位相差を $\delta 1a \sim \delta 1h$ 、 $\delta 2a \sim \delta 2h$ とすると、それらの位相差は分割領域それぞれを通過する光線に対して、図1において位相補償光学素子C1を除く偏光子Pからコンデンサーレンズ3までの光学素子に起因す
25 る偏光方向の回転や位相差を全て補償するように設計させている。また、同様に分割型位相板である位相補償光学素子C2の分割領域1a~1h、2a~2hそ

それぞれの位相板の位相差を $\delta 1 a \sim \delta 1 h$ 、 $\delta 2 a \sim \delta 2 h$ とすると、それらの位相差は分割領域それぞれを通過する光線に対して、図 1 において位相補償光学素子 C 2 を除く対物レンズ 5 から検光子 A までの光学素子に起因する偏光方向の回転や位相差を全て補償するように設計させている。

5 なお、偏光補償光学素子 C 1 および C 2 の分割数や分割形状は図 3 A に限られるものではなく、任意の分割数および分割形状とすることができる。また分割領域の一部に位相差を付与しない、すなわち位相板としての効果をもたない領域を設けることも可能である。

10 また、偏光補償光学素子 C 1 および C 2 は、グラジエント位相板により構成することも可能である。ここでグラジエント位相板とは、図 3 A の分割型位相板のように光学系の有効径内を分割しそれぞれの分割領域に対して位相差 $\delta 1 a \sim \delta 1 h$ および $\delta 2 a \sim \delta 2 h$ を付与する代わりに、図 3 B に示すように光学系の有効径内の位相差および軸方向を徐々に変化させて分割型位相板のような分割領域の境界を持たないようにしたものである。図 3 A の分割型位相板では、分割領域内の偏光をその領域の代表値で平均的に補償するのに対して、図 3 B のグラ
15 ジエント位相板では、有効径内の任意の座標に対して微妙に異なる偏光方向の回転や位相差を全ての座標点において最適な補償を行うことができる。

20 この結果、図 1 の透過照明型偏光顕微鏡の光学系を通過した光束は（標本を載置していない状態）、光学系の偏光特性による偏光方向の回転や位相差が偏光補償光学素子 C 1、及び C 2 によって補償されるため、高い消光比を確保することができ、標本 4 を観察した際にコントラストの良い拡大像 6 を形成することができる。

 偏光補償光学素子 C 1、C 2 は、構造複屈折光学部材、樹脂製位相板、又はフォトニック結晶などで形成することができる。

25 構造複屈折光学部材とは、波長より十分ピッチの小さい格子が位相板や偏光板として作用することを利用するもので、格子のピッチなどを変えることによって

任意の位相差と位相軸を付与することができるものである。図 3 A の分割領域 1 a ~ 1 h、2 a ~ 2 h ごとに、格子の方向やピッチなどを変えることにより、図 3 A に示すような分割型位相板を実現することができる。また、図 3 B に示すように光学系の有効径内の位相軸と位相差が徐々に変わるように格子の方向やピ
5 ッチを変えることによってグラジエント位相板を実現することができる。

また、通常の樹脂製位相板は、樹脂の複屈折を利用して位相軸や位相差を付与するもので、異なる位相軸と位相差の樹脂製位相板を接合することにより、図 3 A に示すような分割型位相板を実現することができる。また、樹脂では、樹脂製位相板作成時に引っ張り応力を各方向に応じて制御することによって、1 枚の樹
10 脂製位相板で位相軸と位相差を連続的に可変することが可能であり、図 3 B のグラジエント位相板を実現することができる。

また、フォトニック結晶は、三次元構造を持つ光機能性結晶であり、三次元構造パラメータを変えることにより、位相差や位相軸などの任意の光学特性を作ることが可能である。このフォトニック結晶を用いて図 3 A に示すような分割型位
15 相板を作る場合には、設計自由度が高いため、広帯域の波長特性を持つ位相板を作ることが可能であり、例えば、白色光源でのカラー観察光学系などに効果的である。また、図 3 B に示すように光学系の有効径内の位相軸と位相差が徐々に変わるように三次元構造のパラメータを変えることによりグラジエント位相板を実現することができる。

20 偏光補償光学素子 C 1 と C 2 は、光学系に対して同様の作用、効果を有するので、以降、偏光補償光学素子 C 1 を代表として説明する。

偏光補償光学素子 C 1 を、構造複屈折光学部材で構成した場合の、偏光方向の回転及び位相差の補償について詳説する。偏光補償光学素子 C 1 を構造複屈折光学部材で構成する場合二つの構成方法がある。

25 「第 1 の構成方法」

第 1 の構成方法は、偏光方向の回転の補償と位相差の補償を一面の構造複屈折

光学部材で達成するものである。図4A-4Cにおいて、y軸方向に偏光された入射直線偏光は、光学系で発生した偏光方向の回転と位相差 δ により楕円偏光化し、図4Aの楕円で示される状態となる。この時、楕円に外接しする四角形ABCDを描く。この四角形ABCDは、対角線上の角ACがy軸上に存在するよう
 5 なものを選択する。そして、 $Ax' / Ay' = \tan \theta$ となるように構造複屈折光学部材の進相軸（図中のy'軸）の方位 θ を選ぶ。

図4Bに示すように、位相差 δ を補償するように形成された構造複屈折光学部材を光が通過すると、楕円化していた光は偏光方向が矢印の方向の直線偏光Mに変換される。さらに図4Cに示すように構造複屈折光学部材に1/2波長位相板
 10 の特性（位相差 π を与える）を付与することにより、直線偏光Mは π の位相差が与えられ直線偏光Nに変換される。この結果、直線偏光Nは入射された入射直線偏光と同じy軸方向に偏光されたものとなる。このように構造複屈折光学部材を位相差 δ 及び π を付与するように形成することで、光学系で楕円偏光化した光（図4A）を、元の入射直線偏光（図4C）に戻すことが可能になる。

15 この第1の構成方法は、一枚の構造複屈折光学部材が二種類の位相差 δ 及び π を合算した位相差を補償するように構成することで達成できる。

「第2の構成方法」

第2の構成方法は、少なくとも二面（表裏）の構造複屈折光学部材で構成する方法である。図5A-5Cにおいて、y軸方向に偏光された入射直線偏光は、光
 20 学系で発生した偏光方向の回転と位相差 δ により楕円偏光化し、図5Aの楕円で示される状態となる。元の直線偏光の軸（y軸）と楕円偏光の長軸（進相軸：y'軸）のなす角度を θ とする。ここで第1の構造複屈折光学部材が位相差 $\pi/2$ を付与するように構成されていると、この第1の構造複屈折光学部材を通過した楕円偏光の光は、y'軸に対して角度 α を有する直線偏光Oに変換される。そして、
 25 第2の構造複屈折光学部材の進相軸（y''軸）の方位を $\theta' = (\theta + \alpha) / 2$ となるように構成して、位相差 π を付与すると、第2の複屈折部材を透過した

直線偏光Oの光は、y軸に平行な直線偏光Pの光に変換され、入射直線偏光の方向に戻すことができる。

このように、第1の構造複屈折光学部材は $\pi/2$ の位相差を与える特性（すなわち、 $1/4$ 波長位相板と同特性）を有し、第2の構造複屈折光学部材は π の位相
5 相差を与える特性（すなわち、 $1/2$ 波長位相板と同特性）有する構成とすることによって、光学系で楕円化した光を元の入射直線偏光に戻すことができる。

第2の構成方法は、 $1/4$ 波長位相版と $1/2$ 波長位相板とを組み合わせることによって偏光方向の回転や位相差を補償することができ、製造するのが簡単であるという特徴を有する。

10 なお、図1において、偏光補償光学素子C1、及びC2は、それぞれの光学系中の任意の位置に配置することが可能であるが、照明光学系では照明光学系の瞳位置（すなわち、コンデンサレンズ3の前側焦点面近傍）に配置することが望ましい。また、結像光学系では対物レンズ5の後側焦点面近傍に配置することもできるが、偏光補償光学素子C2が分割型位相板では分割領域境界近傍の構造などが
15 結像性能に与える収差劣化を考慮する必要がある。

また、本実施の形態の偏光補償光学素子は、平行平板状の薄板形状であるため、光路中に容易に挿脱可能であり、例えば倍率切替におけるレンズ交換時にも偏光補償光学素子を容易に入れ替えることができる。また、レンズ系に組込む必要が無いので、通常のレンズがそのまま使用できる。

20 なお、第1および第2の構成方法のいずれも、必要とされる位相差を構造複屈折光学部材などを複数重ね合わせることに構成することも可能である。すなわち、図3Aにおける領域2aにおける位相差を $\delta 2a$ とするとき、

$$\delta 2a = \delta 2a_1 + \delta 2a_2 + \delta 2a_3 + \dots + \delta 2a_{(n-1)} + \delta 2a_n$$

となるように位相差 $\delta 2a$ をn分割し、分割したそれぞれの位相差を持つn個の
25 構造複屈折光学部材を重ね合わせて合計で $\delta 2a$ となるようにすることで実現できる。但し、上記n個の構造複屈折光学部材の位相軸の方向は全て同一方向で

ある。これは、分割型位相板に限らずグラジエント位相板でも同様である。なお、上記構成は、構造複屈折光学部材に限らず、樹脂製位相板、或いはフォトニック結晶を用いることも可能である。

(第1実施の形態の変形例)

- 5 図6は、本発明の第1実施の形態の変形例を示す。本変形例は、図1の透過照明型偏光顕微鏡において偏光補償光学素子を一枚用いた例である。第1実施の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6において、透過照明型偏光顕微鏡中の照明光学系に偏光補償光学素子Cを配設して構成されている。偏光補償光学素子Cはコンデンサレンズ3の前側焦点
10 面近傍に配設されている。そして、この偏光補償光学素子Cは、標本4を除いた状態における光学系全体の偏光方向の回転及び位相差を補償する特性を有している。このように構成することで、偏光補償光学素子Cが一個で光学系全体の偏光方向の回転や位相差を補償することができる。なお、偏光補償光学素子Cは、上記構造複屈折光学部材の第1の構成方法と第2の構成方法のいずれも使用する
15 ことができる。また、樹脂製位相板、フォトニック結晶なども同様に使用することができる。なお、物体を照明する照明光は、偏光子Pを透過した偏光に限定されず、偏光子を反射することによって生じる偏光、又は光源から直接偏光を発生させるレーザ光源などでも良い。

(第2実施の形態)

- 20 図7は本発明の第2実施の形態に係る偏光補償光学系の概略構成図である。本第2実施の形態では、落射照明型偏光顕微鏡を取り上げ、その光学系にて発生する偏光方向の回転と位相差を補償する偏光補償光学系について説明する。

図7において、光源11からの照明光は、コレクターレンズ12によって集光された後、偏光子P、偏光補償光学素子C1を通過してビームスプリッタBSに
25 入射して、対物レンズ15に入射し、対物レンズ15を介して不図示のスライドガラス上に載置された標本14を照明する。照明された標本14からの光は、対

物レンズ15によって集光され、拡大像16が形成される。観察者はこの拡大像16を不図示の接眼レンズを介して肉眼で観察する。また対物レンズ15と拡大像16の間の光路中には偏光補償光学素子C2、検光子Aがそれぞれ配置されている。偏光子Pと検光子Aは、一般にその透過方位が直交するように配置される
5 (すなわち、クロスニコルの配置)。なお、物体を照明する照明光は、偏光子Pを透過した偏光に限定されず、偏光子を反射することによって生じる偏光、又は光源から直接偏光を発生させるレーザ光源などでも良い。

偏光補償光学素子C1、C2は、第1実施の形態と同様の、構造複屈折光学部材の第1の構成方法または第2の構成方法のいずれも使用することができる。また、樹脂製位相板、フォトリソグラフィ結晶なども同様に使用することができる。この
10 ようにして、落射照明型偏光顕微鏡が構成されている。また、作用、効果は第1実施の形態と同様であり説明を省略する。

(第2実施の形態の変形例)

図8は、本発明の第2実施の形態の変形例を示す。本変形例は、図7の落射照明型偏光顕微鏡において偏光補償光学素子を一枚用いた例である。第2実施の形態と同様の構成には同じ符号を付し説明を省略する。
15

図8において、落射照明型偏光顕微鏡中の照明光学系に偏光補償光学素子Cを配設して構成されている。偏光補償光学素子Cは偏光子PとビームスプリッタBSの間に配設されている。そして、この偏光補償光学素子Cは、標本14を除いた状態における落射照明型偏光顕微鏡の光学系全体の偏光方向の回転及び位相差を補償する特性を有している。このように構成することで、偏光補償光学素子Cが一個で光学系の偏光方向の回転と位相差を補償することができる。なお、偏光補償光学素子Cは、上記構造複屈折光学部材の第1の構成方法または第2の構成方法のいずれも使用することができる。また、樹脂製位相板、フォトリソグラフィ結晶なども同様に使用することができる。また、偏光補償光学素子Cは、偏光子P
20 と検光子Aの任意の場所に配置することができるが、図8に示すように照明光学

系の偏光子PとビームスプリッタBSの間に配置する方が分割型位相板の結合部分の結像性能への影響を小さくすることができるので望ましい。なお、物体を照明する照明光は、偏光子Pを透過した偏光に限定されず、偏光子を反射することによって生じる偏光、又は光源から直接偏光を発生させるレーザ光源などでも
5 良い。

 上記実施の形態では、代表的な偏光顕微鏡光学系に適用する場合について述べたが、これに限定されるものではなく、偏光を利用する、例えばエリプソメータや微分干渉顕微鏡など、あらゆる光学系、に適用可能であり、その光学系自身が
10 有する偏光特性を補償することが可能である。また、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. 偏光子を介して物体に照明光を照射する照明光学系と、
前記物体からの光を集光し、検光子を介して結像する結像光学系と、
5 前記偏光子と前記物体の間又は前記物体と前記検光子の間の少なくとも一方に配設され、前記偏光子と前記検光子の間に配設されている光学素子により発生する偏光方向の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子とを有して成る偏光補償光学系。
- 10 2. 偏光子を介した照明光を偏向素子を介して物体に照射する照明光学系と、
前記物体からの光を集光し、前記偏向素子及び検光子を介して結像する結像光学系と、
前記偏光子と前記偏向素子の間又は前記偏向素子と前記検光子の間の少なくとも一方に配設され、前記偏光子と前記検光子の間に配設されている光学素子により発生する偏光方向の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子とを有して成る偏光補償光学系。
15
3. 物体に偏光した照明光を照射する照明光学系と、
前記物体からの光を検光子を介して集光する集光光学系と、
20 前記照明光学系又は前記物体と前記検光子の間の少なくとも一方に配設され、前記集光光学系の前記物体から前記検光子までの光学素子及び前記照明光学系の光学素子により発生する偏光方向の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子とを有して成る偏光補償光学系。
- 25 4. 前記偏光補償光学素子は、位相差の異なる複数の領域のそれぞれの位相軸を所定の方角に向けて配置して形成された少なくとも一層の分割型位相板であ

ることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の偏光補償光学系。

5. 前記位相板は、構造複屈折光学部材から形成されていることを特徴とする請求項 4 項に記載の偏光補償光学系。

5

6. 前記位相板は、フォトニック結晶から形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の偏光補償光学系。

7. 前記偏光補償光学素子は、前記位相差の異なる複数の領域のそれぞれに対応する、複数の $1/4$ 波長板のそれぞれの位相軸を所定の方
10 向に向けて配置し接合して形成された第 1 の分割型位相板と、前記位相差の異なる複数の領域のそれぞれに対応する、複数の $1/2$ 波長板のそれぞれの位相軸を所定の方
向に向けて配置し接合して形成された第 2 の分割型位相板を含む複数の層から形成されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の偏光補償光学系。

15

8. 前記 $1/4$ 波長板及び前記 $1/2$ 波長板は、構造複屈折光学部材から形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の偏光補償光学系。

9. 前記 $1/4$ 波長板及び前記 $1/2$ 波長板は、フォトニック結晶から形成さ
20 れていることを特徴とする請求項 7 に記載の偏光補償光学系。

10. 前記偏光補償光学素子は、少なくとも 1 層のグラジエント位相板であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の偏光補償光学系。

25 11. 前記グラジエント位相板は、構造複屈折光学部材から形成されていることを特徴とする請求項 10 に記載の偏光補償光学系。

- 1 2. 前記グラジエント位相板は、フォトニック結晶から形成されていることを特徴とする請求項 1 0 に記載の偏光補償光学系。
- 5 1 3. 有効径内を周方向及び半径方向に複数の領域に分割し、それぞれの分割領域に所定の方角に向けたそれぞれ異なる方角の位相軸を有し、異なる位相差を与えるように少なくとも 1 層の部材より成る位相板を配置したことを特徴とする偏光方角の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子。
- 10 1 4. 前記位相板は、前記それぞれの分割領域に対応する、複数の $1/4$ 波長板のそれぞれの位相軸を所定の方角に向けて配置し接合して形成された第 1 の分割型位相板と、前記それぞれの分割領域に対応する、複数の $1/2$ 波長板のそれぞれの位相軸を所定の方角に向けて配置し接合して形成された第 2 の分割型位相板を含む複数の層から形成されていることを特徴とする請求項 1 3 に記載
- 15 の偏光補償光学素子。
- 1 5. 前記位相板、前記 $1/4$ 波長板及び前記 $1/2$ 波長板は、構造複屈折光学部材から形成されていることを特徴とする請求項 1 4 に記載の偏光補償光学素子。
- 20 1 6. 前記位相板、前記 $1/4$ 波長板及び前記 $1/2$ 波長板は、フォトニック結晶から形成されていることを特徴とする請求項 1 4 項に記載の偏光補償光学素子。
- 25 1 7. 前記位相板は、構造複屈折光学部材から形成されていることを特徴とする請求項 1 3 に記載の偏光補償光学素子。

18. 前記位相板は、フォトニック結晶から形成されていることを特徴とする請求項13に記載の偏光補償光学素子。
- 5 19. 有効径内の位相軸及び位相差が、半径方向及び周方向に、所定の方向に徐々に変化するように形成した、少なくとも1層の部材より成るグラジエント位相板であることを特徴とする偏光方向の回転及び位相差を補償する偏光補償光学素子。
- 10 20. 前記グラジエント位相板は、構造複屈折光学部材から形成されていることを特徴とする請求項19に記載の偏光補償光学素子。
21. 前記グラジエント位相板は、フォトニック結晶から形成されていることを特徴とする請求項19に記載の偏光補償光学素子。

図 1

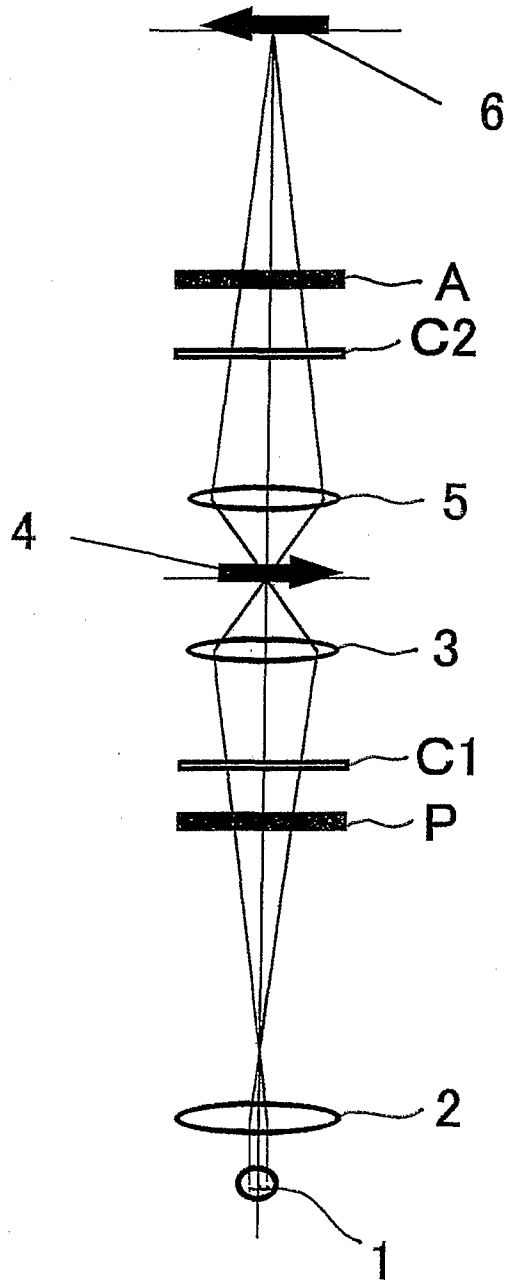


図 2 A

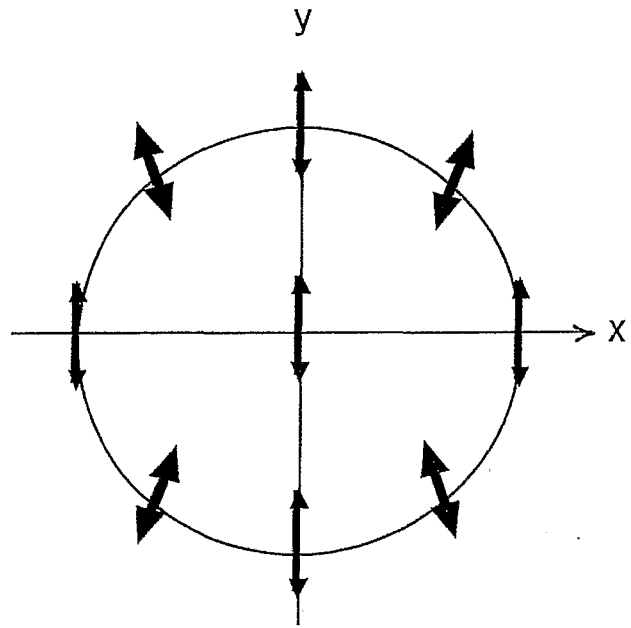


図 2 B

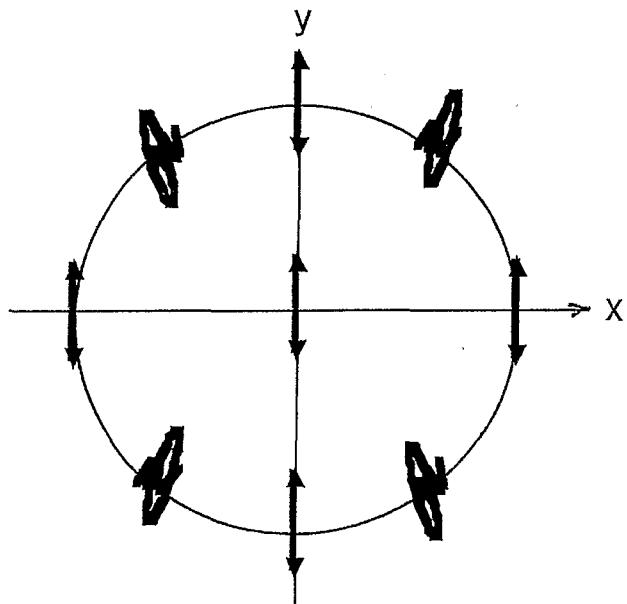


図 3 A

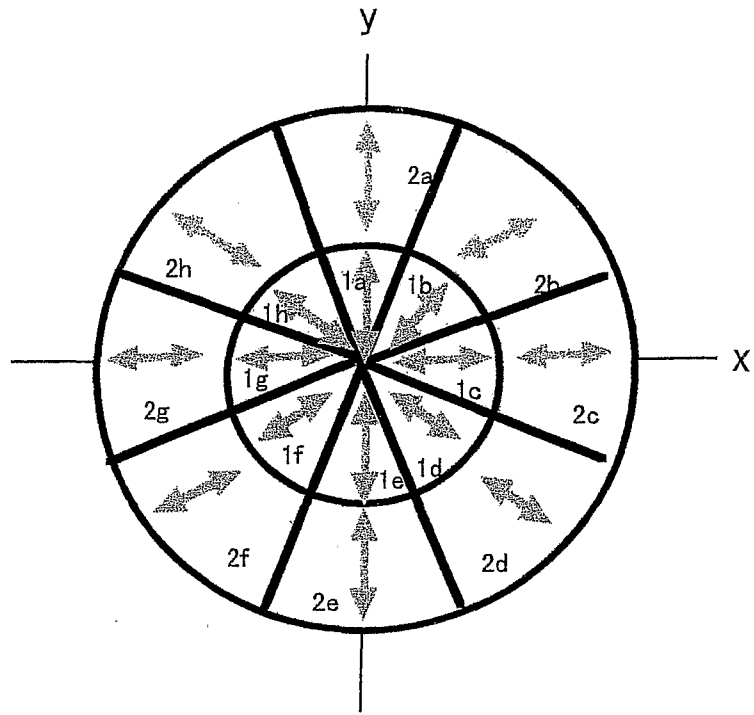


図 3 B

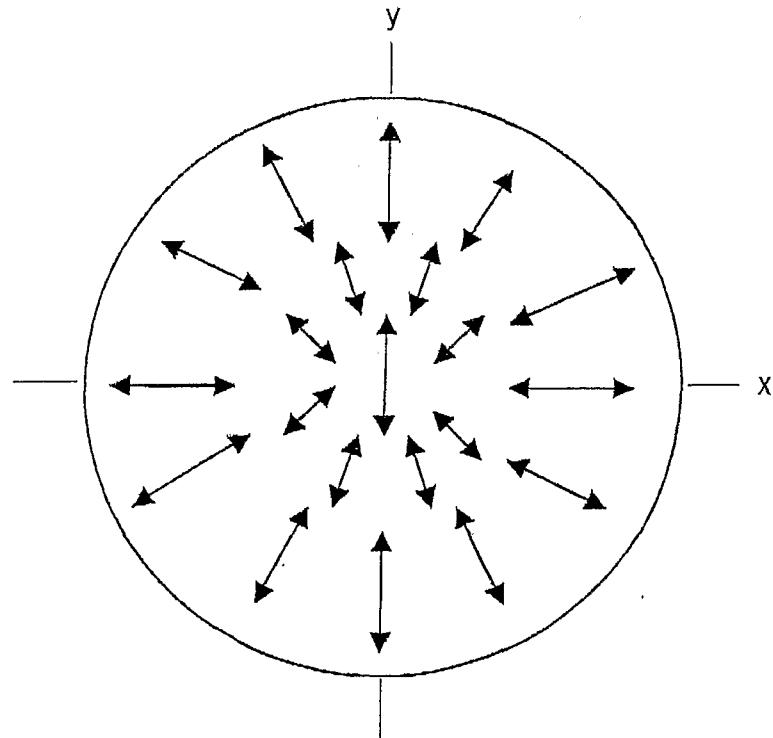


図4C

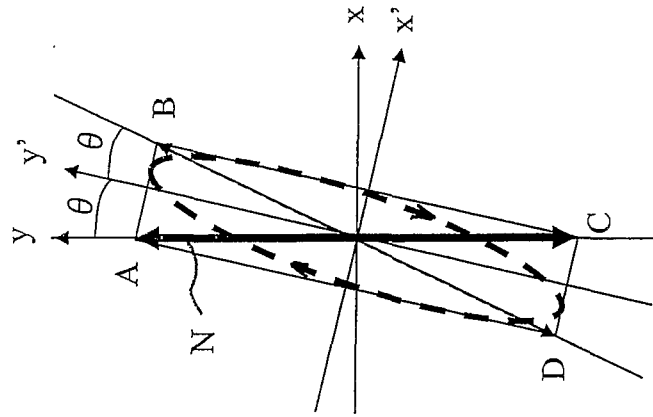


図4B

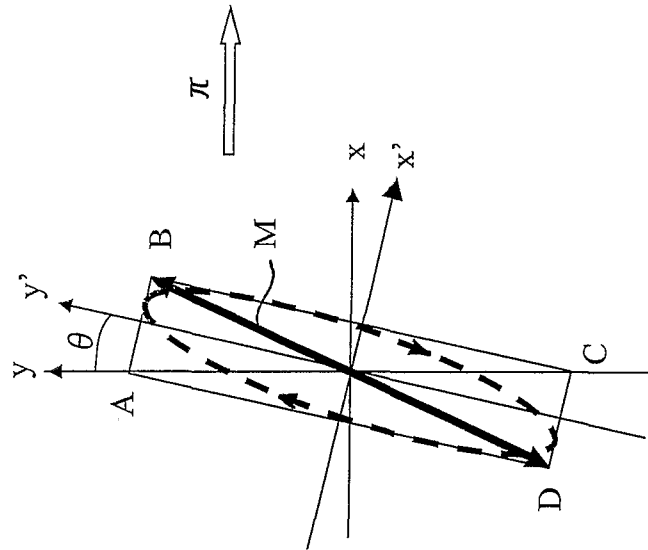


図4A

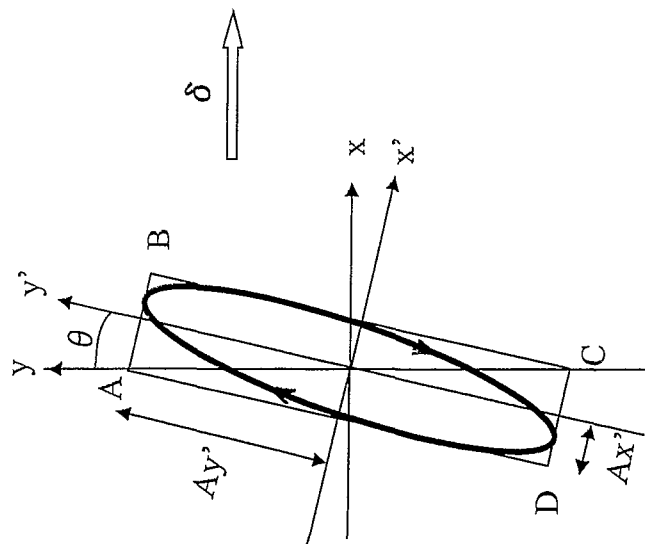


図 5 C

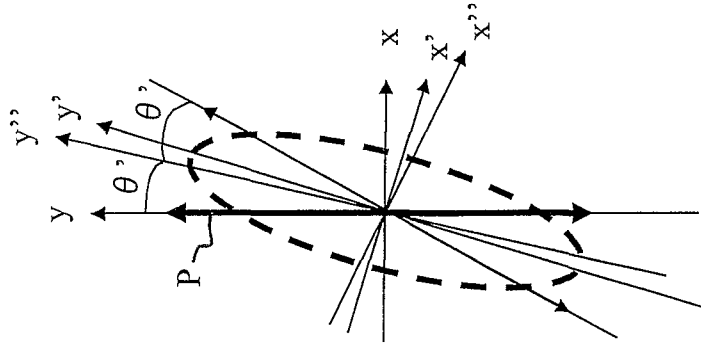


図 5 B

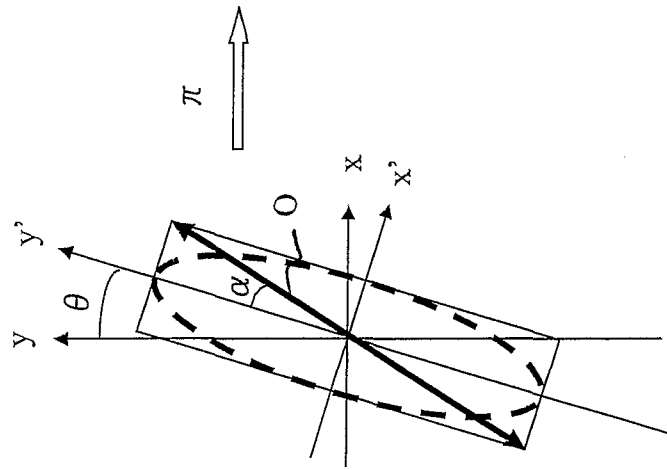


図 5 A

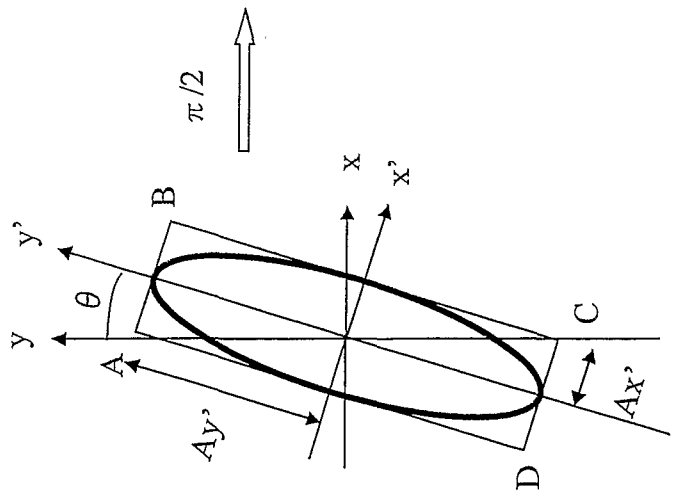


図 6

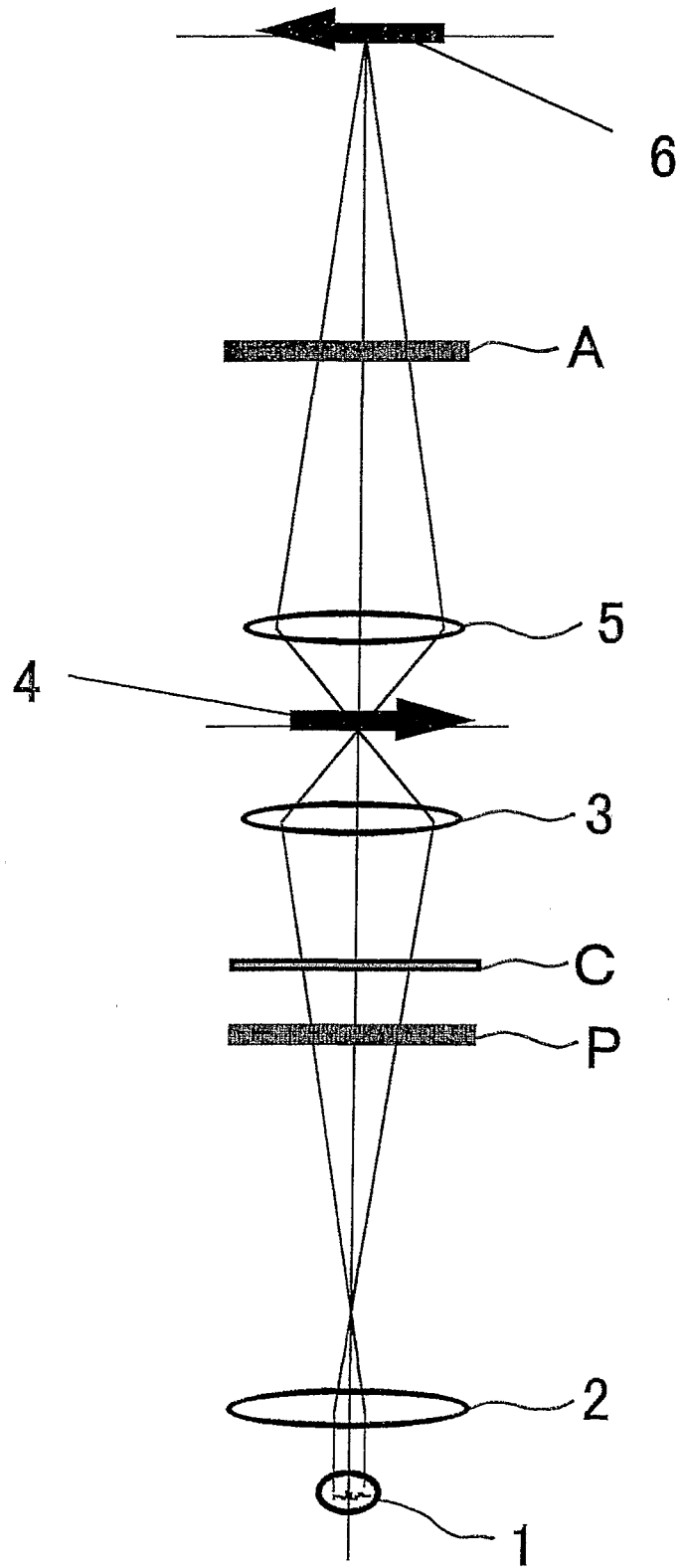


図 7

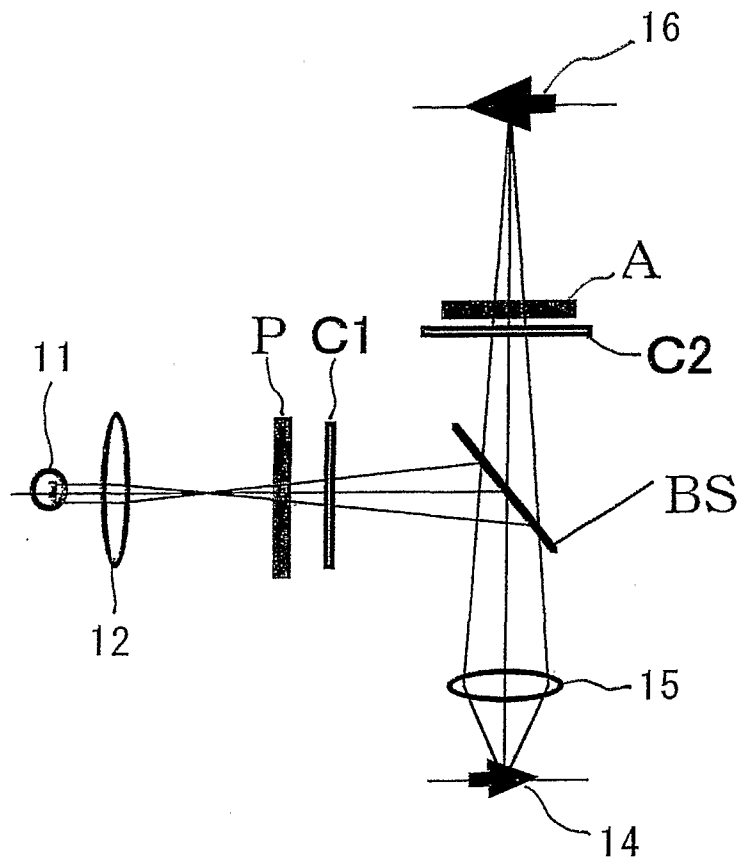
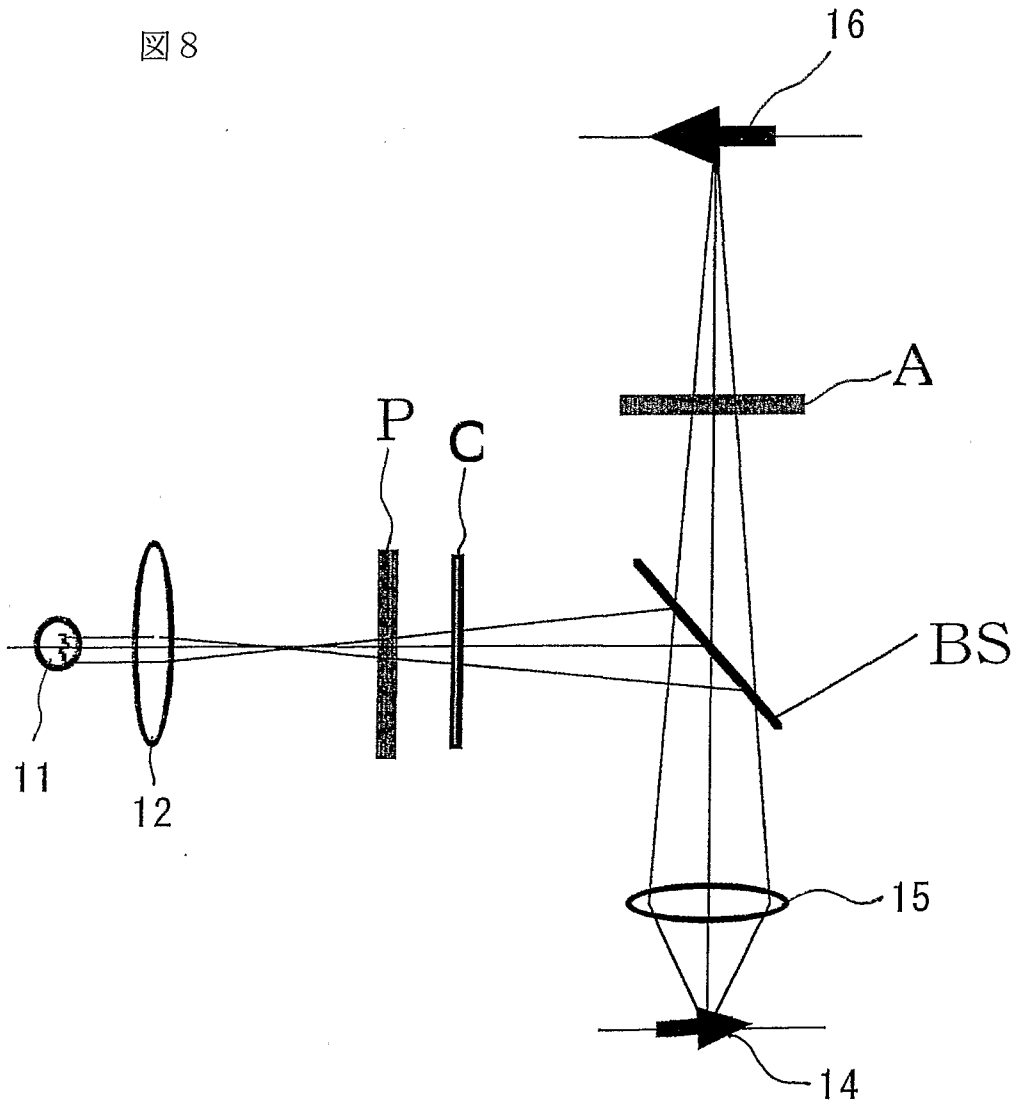


図 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/317153

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/28(2006.01) i, G02B5/30(2006.01) i, G02B21/00(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)

G02B27/28, G02B5/30, G02B21/00

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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.
X Y	JP 2001-356276 A (Nikon Corp.), 26 December, 2001 (26.12.01), Full text; all drawings (Family: none)	1 2-21
Y	JP 62-36624 A (Nikon Corp.), 17 February, 1987 (17.02.87), Page 2, lower right column, line 15 to page 4, lower right column, line 6; all drawings & US 4734578 A1 & DE 3610165 A1	2-12
Y	JP 9-145920 A (Nikon Corp.), 06 June, 1997 (06.06.97), Full text; all drawings (Family: none)	4-21

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
28 November, 2006 (28.11.06)

Date of mailing of the international search report
05 December, 2006 (05.12.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/317153

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2004/008196 A1 (Yugen Kaisha Auto Cloning Technology), 22 January, 2004 (22.01.04), Full text; all drawings & US 2006/0126066 A1 & EP 1560044 A1	6, 9, 12, 13, 16, 18, 19, 21
Y	JP 2001-215461 A (Sharp Corp.), 10 August, 2001 (10.08.01), Full text; all drawings & US 6781640 B1	13-21

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B27/28(2006.01)i, G02B5/30(2006.01)i, G02B21/00(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. G02B27/28, G02B5/30, G02B21/00			
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 1971-2006年 日本国実用新案登録公報 1996-2006年 日本国登録実用新案公報 1994-2006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	
X Y	J P 2 0 0 1 - 3 5 6 2 7 6 A (株式会社ニコン) 2 0 0 1 . 1 2 . 2 6 , 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 2-21	
Y	J P 6 2 - 3 6 6 2 4 A (株式会社ニコン) 1 9 8 7 . 0 2 . 1 7 , 2 頁右下欄 1 5 行 - 4 頁右下欄 6 行, 全図 & U S 4 7 3 4 5 7 8 A 1 & D E 3 6 1 0 1 6 5 A 1	2-12	
<input checked="" 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 2 8 . 1 1 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 0 5 . 1 2 . 2 0 0 6	
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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) 河原 正	2 X 9 0 1 7
		電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4	

C (続き) . 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
Y	JP 9-145920 A (株式会社ニコン) 1997.06.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	4-21
Y	WO 2004/008196 A1 (有限会社オートクローニング・テクノロジー) 2004.01.22, 全文, 全図 &US 2006/0126066 A1 &EP 1560044 A1	6, 9, 12, 13, 16, 18, 19, 21
Y	JP 2001-215461 A (シャープ株式会社) 2001.08.10, 全文, 全図 &US 6781640 B1	13-21