

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4944498号  
(P4944498)

(45) 発行日 平成24年5月30日(2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日(2012.3.9)

(51) Int.Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

F 1

G O 2 B 13/00

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-146437 (P2006-146437)  
 (22) 出願日 平成18年5月26日 (2006.5.26)  
 (65) 公開番号 特開2007-316385 (P2007-316385A)  
 (43) 公開日 平成19年12月6日 (2007.12.6)  
 審査請求日 平成21年5月21日 (2009.5.21)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100086818  
 弁理士 高梨 幸雄  
 (72) 発明者 斎藤 謙治  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ャノン株式会社内  
 (72) 発明者 吉川 博志  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ャノン株式会社内  
 (72) 発明者 斎藤 賢一  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ャノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像光学系

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

共軸系より成る第1の光学系と、該第1の光学系が形成した像を拡大して再結像する、  
 共軸系より成る第2光学系とを有する撮像光学系において、

該第1の光学系の主平面と該第2の光学系の主平面は該第2の光学系の像面に対して互  
 いに異なった方向にチルトしていると共に、

前記第1の光学系の主平面と第1の光学系の像面が交わる軸と、前記第2の光学系の主  
 平面と前記第2の光学系の像面が交わる軸とが、前記第1の光学系の前側主点又は後側主  
 点と前記第2の光学系の前側主点又は後側主点とを結ぶ線に対して異なる側に位置する構  
 成であることを特徴とする撮像光学系。

10

## 【請求項 2】

前記第1の光学系は、物体を縮小して結像することを特徴とする請求項1の撮像光学系  
 。

## 【請求項 3】

前記第1の光学系が形成する像面と前記第2の光学系の主平面と、該第2の光学系が再  
 結像する像面とは、シャインブルーフ条件を満足することを特徴とする請求項1又は2の  
 撮像光学系。

## 【請求項 4】

前記第1の光学系の前側主点又は後側主点と前記第2の光学系の前側主点又は後側主点  
 とを結ぶ線は、該第2の光学系の像面に垂直であることを特徴とする請求項1から3のい

20

すれか 1 項の撮像光学系。

**【請求項 5】**

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系と、前記撮像光学系によって形成された像を受光する固体撮像素子とを有していることを特徴とする撮像装置。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、被撮像物体（観察物体）をローアングルで撮像する際に好適な撮像光学系に関する。

**【背景技術】**

10

**【0002】**

被撮像物体を、その面に近いローアングルで即ち斜め方向から撮像すると表面状態の凹凸を精度良く撮像することができる。

**【0003】**

これは、被撮像物体を斜め方向から見ると、偏光の状態等が原因となって物体を構成している物質や凹凸の大きさの影響が拡大されて観察されるためである。

**【0004】**

撮像系の光軸方向に傾いた被撮像面を全面的にピントを合わせて撮像するのに好適な撮像系としてアオリ撮像光学系が知られている。その撮像原理はシャインブルーフにより発見され、この光学系はシャインブルーフ光学系とも言われている。

20

**【0005】**

従来、シャインブルーフ光学系の技術を利用した撮像装置が提案されている（特許文献 1）。

**【0006】**

一方、シャインブルーフ光学系を適用した光学機器として、リアプロジェクターに代表されるような、斜め方向から画像を投影する投影光学系を用いた投射装置が知られている。このうち装置の薄型化の為にできるだけ大きな角度で斜め方向から投影するようにした投射装置が知られている（特許文献 2、3）。

**【0007】**

以下に、シャインブルーフ光学系について簡単に説明する。

30

**【0008】**

図 11 は、アオリ撮像の原理であるシャインブルーフの法則を説明するための光学系の概略図である。

**【0009】**

一般に、撮像系 101 の主平面 101a と撮像素子が位置する像面 102 が平行であれば、被撮像物体 120 が光軸 101b に対し斜めになっている場合は、被撮像物体 120 の全域（ある大きさの面である）に焦点が合うことはない。

**【0010】**

被撮像物体 120 の全域に焦点を合わせるためには、撮像素子 102 が位置する延長面 102a と被撮像物体 120 の延長面 120a との交線 P が、撮像系 101 の主平面 101a と交わるように構成すればよい。これがシャインブルーフの法則である。

40

**【0011】**

図 11 は、このシャインブルーフの法則を実際に撮像系 101 に応用した場合の被撮像物体 120、撮像系 101 の主平面 101a、撮像面 102 との位置関係を示している。

**【0012】**

ここで被撮像物体 120 の延長面 120a と、像面 102 の延長面 102a と像面 102 に垂直で撮像系 101 の主点を通る軸 101c で囲まれる 3 角形より成る面を基準面とする。

**【0013】**

基準面内の 3 角形内において、被撮像物体面 120 と軸 101c とのなす角 は撮影角

50

である。ローアングルとは撮影角が小さいこと、例えば $20^{\circ}$ 以下のときをいう。

**【0014】**

像面（再結像する光学系を用いたときは最終像面）102と撮影系101の主平面とのなす角はアオリ角である。

**【0015】**

被撮像物体面120と像面102とのなす角はシャインブルーフ角である。

**【特許文献1】**特開平11-190864号公報

**【特許文献2】**特開平6-265814号公報

**【特許文献3】**特開平2-79037号公報

**【発明の開示】**

10

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0016】**

通常、シャインブルーフの条件を満足する光学系を用いて被撮像物体を斜方向から撮影するときの見込む角度（撮像角）はせいぜい $20^{\circ}$ 程度までである。多くのシャインブルーフの条件を満足する光学系では撮影角 $20^{\circ}$ 以下で撮像する事は想定していない。

**【0017】**

撮像角が $20^{\circ}$ 以下のローアングルでの撮像を可能にするには角度に対応してアオリ角（像面と撮影系の主平面とのなす角度）を大きくすれば良い。

**【0018】**

しかしながら、アオリ角を大きくする事は撮影レンズ径の拡大や収差の影響等、設計や製作が難しく、実際にはアオリ角としては $10^{\circ}$ 程度までが限界であった。

20

**【0019】**

又、シャインブルーフ光学系を利用したリアプロジェクション光学系はそもそも斜めに投影する為のもので、光軸に対し斜めになっている被写体を撮像する為のものでない。このため、最終投影面と投影用の光束の光路は大きく角度が付いており、後述する中心光束が像面に垂直に近い状態で入射する撮像光学系に用いると被写体の広い範囲で合焦した像を得るのが難しくなる。

**【0020】**

本発明は、被撮像物体をローアングルで撮像する場合、アオリ角をあまり大きくせずに広い領域に渡り、合焦が容易で高い光学性能の像が得られる撮像光学系の提供を目的とする。

30

**【課題を解決するための手段】**

**【0021】**

本発明の撮像光学系は、共軸系より成る第1の光学系と、該第1の光学系が形成した像を拡大して再結像する、共軸系より成る第2光学系とを有する撮像光学系において、

該第1の光学系の主平面と該第2の光学系の主平面は該第2の光学系の像面に対して互いに異なった方向にチルトしていると共に、

前記第1の光学系の主平面と第1の光学系の像面が交わる軸と、前記第2の光学系の主平面と前記第2の光学系の像面が交わる軸とが、前記第1の光学系の前側主点又は後側主点と前記第2の光学系の前側主点又は後側主点とを結ぶ線に対して異なる側に位置する構成であることを特徴としている。

40

**【発明の効果】**

**【0022】**

本発明によれば、被撮像物体をローアングルで撮像する場合、アオリ角をあまり大きくせずに広い領域に渡り、合焦が容易で高い光学性能の像が得られる撮像光学系が達成できる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0023】**

**【実施例】**

**【0024】**

50

以下、本発明の撮像光学系及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

**【0025】**

まず図1、図2の本発明の撮像光学系の参考例1と実施例1について説明する。

**【0026】**

図1の撮像光学系PLでは被撮像物体2を共軸系より成る第1の光学系1により、結像面3に縮小倍率で中間結像している。この結像面3に結像した中間像を共軸系より成る第2の光学系5により撮像面(最終像面)6に拡大結像(再結像)している。撮像面6にはCCD等の固体撮像素子が配置される。固体撮像素子は、第2の光学系5によって形成される像を受光して、電気信号に変換する。

**【0027】**

ここで共軸系とは、それを構成する各レンズの光軸が同一直線上にある系をいう。

**【0028】**

図1の参考例1は、被撮像物体2の被撮像物体面(表面)2aの所定範囲を撮像光学系PLにより撮像角で撮像する場合を示している。

**【0029】**

ここで、撮影角は被撮像物体面2aと、最終像面6に垂直な軸4とのなす角である。

**【0030】**

参考例1において、撮像角は20°以下のローアングルである。

**【0031】**

参考例1の撮像光学系PLにおいて、第1の光学系1の主平面1aは最終像面6に対してチルトしている。即ち第1の光学系1の主平面1aは第2の光学系5の像面6と物体面3が平行となるように像面6に対してチルトしている。

**【0032】**

2は最終像面6と第1の光学系1の主平面1aとのなすアオリ角である。

**【0033】**

参考例1では、被撮像物体2の物体面2aと第1の光学系1の主平面1aと中間像面3とが1つの軸Pで交差するようにシャインブルーフ条件を満たすように設定している。

1はこのときのシャインブルーフ角である。第2の光学系5の主平面5aと中間像面3と撮像面6は互いに平行である。

**【0034】**

ここで第1の光学系1の物体側又は像側の主点及び第2の光学系2の物体側又は像側の主点を通る軸を中心軸という。

**【0035】**

ここで中心軸は軸4に相当している。以下、軸4を中心軸ともいう。中心軸を通る光線を中心光線4aという。

**【0036】**

図1の参考例1では、中心軸4と中心光線4aは最終像面6に対して垂直又は略垂直(90°±10°)である。

**【0037】**

参考例1では、被撮像物体2の中心2bと中間像面3の中心3aと撮像面6の中心6aが直線上に並ぶ構成を取っている。

**【0038】**

次に図2の本発明の実施例1の要部概略図について説明する。実施例1の撮像光学系PLは、撮像面6に対して主平面1aがチルトした第1の光学系1と、第1の光学系1が結像面3に形成する被撮像物体2の中間像を撮像面6に再結像(拡大結像)する第2の光学系5を有している。

**【0039】**

は撮影角、3は第1の光学系のアオリ角、4は第2の光学系5のアオリ角である。

**【0040】**

10

20

30

40

50

第1の光学系1は物体面2aと第1の光学系1の主平面1aと中間像面3aとがシャインブルーフ条件を満たすように構成している。3は、このときのシャインブルーフ角である。

#### 【0041】

第2の光学系5は、第1の光学系1が形成する中間像の中間像面3aと、第2の光学系5の主平面5aと、撮像面6とがシャインブルーフ条件を満たすように構成している。

#### 【0042】

2はこのときのシャインブルーフ角である。また、第1の光学系1は結像倍率が縮小である縮小光学系、第2の光学系5は結像倍率が拡大である拡大光学系である。

#### 【0043】

第1の光学系1の主平面1aと第2の光学系5の主平面5aは、第2の光学系5の像面(ここでは最終像面)6に対して互いに異なった方向にチルトしている。

#### 【0044】

実施例1では、第1の光学系1の主平面1aと第1の光学系1の像面(中間像面)3とが交わる軸Pと第2の光学系5の主平面5aと第2の光学系5の像面6とが交わる軸Qが中心軸4に対して異なる側に位置する構成となっている。

#### 【0045】

中心光線4aは最終像面6に対して垂直又は略垂直に入射している。

#### 【0046】

尚、図1、図2の参考例1、実施例1は、同じ結像倍率で結像させる場合である。図2の実施例1では被撮像物体2を一度第1の光学系1でシャインブルーフ条件で結像面3に縮小中間像を形成している。

#### 【0047】

その後、中間像を第2の光学系5で撮像面6にシャインブルーフの条件で拡大像を結像させている。ここで縮小倍率×拡大倍率=1(尚、この値は等倍でなくても良い)に設定することにより、図1の撮像光学系PLと同じ結像倍率としている。

#### 【0048】

本発明の撮像光学系PLは、共軸系より成る第1の光学系1と第1の光学系1が形成した像を再結像する共軸系より成る第2光学系5とを有している。

#### 【0049】

これに対して1つの光学系を用い、該光学系をその主平面が最終像面に対してチルトして配置した撮像系について本発明と対比して説明する。

#### 【0050】

図3は1つの光学系を用い、該光学系をその主平面が最終像面6に対してチルトして配置した撮像系の説明図である。

#### 【0051】

図3の撮像光学系PLは被撮像面2aと光学系10の主平面10aと撮像面となる最終像面6とが1つの軸Pで交差し、シャインブルーフ条件を満足している。

#### 【0052】

被撮像物体2の中心と、光学系10の物体側又は像側の主点を結ぶ軸40は撮像面6に垂直になっている。

#### 【0053】

図3の撮像光学系PLでは撮影角 $\alpha$ 、アオリ角 $\beta$ 、シャインブルーフ角 $\gamma$ で被撮像物体2を撮像面6に結像する状態を示している。

#### 【0054】

図3に示すように、1つの光学系10のみを用いて撮像面6に軸40上の光線40aが略垂直に入射するような状態で撮像を行うには、光学系10の主平面10aと撮像面6とのなす角であるアオリ角 $\beta$ を大きくする必要がある。

#### 【0055】

これに対して図1、図2の参考例1、実施例1では、中心光線4aが撮像面6に垂直又

10

20

30

40

50

は略垂直に入射しているのにもかかわらず、いずれの場合も図3の一つの光学系で構成したときのアオリ角<sub>1</sub>よりもアオリ角<sub>2</sub>、<sub>3</sub>を小さく設定可能である。

【0056】

これによって小さな撮影角においてもアオリ角を大きくすることができないので、良好な光学性能を容易に得ている。

【0057】

図1では、中間結像面3は最終像面6に対して平行である。これに対して図2では中間結像面3aを最終像面6に対してチルトするようにしている。

【0058】

これによって図1のアオリ角<sub>2</sub>に比べてアオリ角<sub>3</sub>が更に小さくなるようにしている。  
10

【0059】

一般に、撮影角<sub>1</sub>を小さくして、ローアングルでの撮像を可能にするには角度に対応してアオリ角<sub>2</sub>を大きくすれば良い。しかしながら、アオリ角<sub>2</sub>を大きくすることはレンズ径の拡大や収差の影響等、設計や製作が難しく、実際にはアオリ角<sub>2</sub>としては10°程度までが限界であった。

【0060】

その為撮像可能なローアングル角<sub>1</sub>も20°程度が限界であった。

【0061】

これに対して各実施例によれば、前述の如く構成をとることにより、ローアングル角<sub>1</sub>を20°以下とし、かつアオリ角<sub>2</sub>をあまり大きくせずに被撮像物体を高い光学性能で撮像することができる。  
20

【0062】

次に実施例1の撮像光学系PLと図3の撮像光学系PLとの対比を数式を用いて説明する。

【0063】

図4は、図1の第1の光学系1と、その近傍を抽出したときの説明図である。

【0064】

図4において像側距離（第1の光学系1の後側主点から結像面3までの距離）を1としたときの物体距離（被撮像物体2の中心2bから第1の光学系1の前側主点までの距離）  
30をmとする。

【0065】

m：1倍の結像関係とすればアオリ角<sub>1</sub>は以下の式で表わされる。

【0066】

尚、図4では撮像角<sub>1</sub>を被撮像面2aと像面3の法線4とのなす角で示している。

【0067】

$$=90^\circ - \tan^{-1}\{(m+1)\tan\alpha\}$$

第1の光学系1が等倍結像であればm=1で、アオリ角<sub>1</sub>は

$$1=90^\circ - \tan^{-1}\{2\tan\alpha\}$$

となる。又、  
40

1/2倍結像であればm=2で、アオリ角<sub>1/2</sub>は

$$1/2=90^\circ - \tan^{-1}\{3\tan\alpha\} < 1=90^\circ - \tan^{-1}\{2\tan\alpha\}$$

となる。アオリ角<sub>1/2</sub>はアオリ角<sub>1</sub>に比べて小さくできる。

【0068】

同様に任意の倍率の結像系、例えば総合でp:1の光学系の場合すなわち、1/pの縮小光学系を一つのシャインブルーフ光学系で実現しようとすれば、アオリ角<sub>1</sub>は、以下のようになる。

【0069】

$$1=90^\circ - \tan^{-1}\{(p+1)\tan\alpha\}$$

これをq:1の縮小を掛けてp/q:1の第一の光学系とp:qの第二の光学系との組み合  
50

わせとして構成すればアオリ角  $\alpha_2$  は、

$$\alpha_2 = 90^\circ - \tan^{-1}\{(pq+1)\tan\alpha_1\}$$

となる。

#### 【0070】

$$q > 1$$

であれば、即ち第2の光学系が拡大系であれば

$$\alpha_2 < \alpha_1$$

となり、アオリ角を小さくできる。

#### 【0071】

例えば物体面の長さが300mmの被検物体を撮影角  $\alpha = 10^\circ$  で撮像するとする。 10

#### 【0072】

第1の光学系のみとし、撮像系の倍率10/1倍としたときのアオリ角は約27.3°となる。これに5倍の拡大系の第2の光学系を加えて撮像するときは第一の光学系のアオリ角は約6.3°となる。

#### 【0073】

以上のような構成は図1や図2に示すように物体面2の中心2bと第1光学系1の主平面1aの中心(主点)1bと中間結像面3の中心3bと第2光学系5の主平面5aの中心(主点)5bと撮像面6の中心6aとが一直線上に並ぶ配置とする事ができる。

#### 【0074】

次に第1の光学系1の主平面1aを撮像面6に対してチルトする(傾ける)事により形成される像面3について図1、図2を用いて説明する。 20

#### 【0075】

説明を簡単にする為に、第1の光学系1の結像倍率を1/2倍とし、第2の光学系5の結像倍率を2倍とし、総合で等倍の結像の場合について説明する。

#### 【0076】

図2では中間像面3aと撮像面6の交わる軸をQとする。両者のなすシャインブルーフ角を $\alpha_2$ で表す。

#### 【0077】

図1に示すように物体面2aと像面3とのなす角度(シャインブルーフ角)を $\alpha_1$ とした時の図1と図2の関係について説明する。図2に示すように像面3を傾ける角度をシャインブルーフ角 $\alpha_2$ と同じに設定すると $\alpha_2 < \alpha_1$ なる条件であれば、第2の光学系5のアオリ角 $\alpha_4$ は第1の像面3を傾ける前に設定した第1の光学系1のアオリ角 $\alpha_2$ よりも小さくできる。 30

#### 【0078】

この時、第1の光学系1のアオリ角 $\alpha_3$ もアオリ角 $\alpha_2$ よりも小さくなっているので、結局、第1、第2の光学系1、5、のアオリ角 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ は図1の像面3を傾ける前の時のアオリ角 $\alpha_2$ よりも小さくする事ができる。

#### 【0079】

図4、図5はアオリ角 $\alpha_2$ とアオリ角 $\alpha_4$ の比較を説明する為にそれぞれ図1、図2から必要な部分を抽出したものである。 40

#### 【0080】

図6は物体面61、シャインブルーフ条件を満足する光学系62の主平面、像面63をm:1に分割する配置図である。

#### 【0081】

すなわち、図6はm:1又は1:mになるばいのアオリ角の違いをシャインブルーフ角との関係を示した図である。

#### 【0082】

シャインブルーフ角が大きければアオリ角も大きくなる事を図示してある。

#### 【0083】

以下、アオリ角とシャインブルーフ角とmに関して式を使って示せば次のようにな

る。

【0084】

$$\tan = 1 / \{ (m+1) \tan(90^\circ - \theta) \}$$

すなわち、シャインブルーフ角  $\theta$  が小さくなればアオリ角  $\alpha$  は小さくなる（ここで物面距離と像面距離を  $m:1$  としている）。

【0085】

先に示した、 $2 < 1$  なる条件であれば、第 2 の光学系 5 のアオリ角  $\alpha_4$  は第 1 の像面 3 を傾ける前に設定した第 1 の光学系 1 のアオリ角  $\alpha_2$  よりも小さくできる事が分かる。

【0086】

以上の説明した光学系全体の構成としては物体面 2 の中心  $2_b$ 、第 1 の光学系 1 の主平面  $1_a$  の中心  $1_b$ 、中間結像面 3 の中心  $3_b$ 、第 2 の光学系 5 の主平面  $5_a$  の中心  $5_b$ 、及び撮像面 6 の中心  $6_a$  を一直線上に並べる配置とする事ができる。

10

【0087】

図 7 は図 2 の 2 つのシャインブルーフ条件を満足する光学系 1 及び 5 を用いた撮像光学系 PL を用い、被撮像物体 2 を撮像する場合に、被撮像物体 2 を照明する照明方法について示した説明図である。

【0088】

照明光 7 で被撮像物体 2 を照明する。このとき被撮像物体 2 上で照明光 7 が正反射する角度（明視野照明）より撮像しても良い。又、照明光  $7_a$  の照明角度より少し角度をずらせて、直接反射光が撮像光学系 PL に入らないように設定した暗視野照明を用いて撮像しても良い。

20

【0089】

更に照明光  $7_b$  のように被撮像面 2 から生ずるバック散乱光を利用して撮像するようにしても良い。照明の選択は被撮像物体 2 の何を観察したいかにより適宜選択すればよい。

【0090】

図 8 は各実施例で適用可能な撮像物体の形状の説明図である。図 8 (A) は平面物体、図 8 (B) は円筒物体の場合である。

【0091】

左側の図が被撮像物体面 2 と中心軸 4 を含む平面、右側の図がそれと直交する平面での形状を表している。

30

【0092】

円筒物体の場合は曲率の影響が小さい領域では軸方向に長い領域の表面画像が得られる。この他、円筒の内部であっても軸方向に長い領域での画像が得られる。

【0093】

以上は最終像面に入射する中心光束  $4_a$  が垂直となる前提で説明してきたが、実際の撮像光学系では多少傾いた構成をとっても良い。その分アオリ角  $\alpha$  を小さくするように設計の自由度をあげる事も可能である。

【0094】

図 9 は本発明を撮像装置に適用したときの概略図である。同図では第 2 の光学系 5 のみを示している。

40

【0095】

図 9 では撮像面 8 に入射する光束の最大傾きの光線のうちがカメラ（撮像装置）9 の撮像面 8 の端  $8_a$  にくる光線の主光線  $4_p$  と傾きの両端の光線  $4_u, 4_d$  の全てが、カメラのレンズ取り付け部 10 の端  $10_a$  にかかるなければ良い事を示している。この傾き角を考慮して、設計し、アオリ角  $\alpha$  を多少小さくする事もできる。

【0096】

図 10 は本発明の撮像光学系を設計するにあたって行う設計フロー例を示す。先ず、ステップ 1 で撮像角  $\alpha$  をどこまで取るかを決める。

【0097】

50

次に、ステップ2で撮像倍率 $1/p$ をどの程度とするか決める。そして、ステップ3で最大のアオリ角 $\max$ はどこまで大きくするかを決める。ここまで決まった段階で、ステップ4で第1の光学系1の縮小倍率 $1/m$ 及び、第2の光学系5の拡大倍率 $m$ を決める。最後にステップ5で収差を取る為の一般的なレンズ設計に移る。

## 【0098】

本実施例は以上のステップから成っている。

## 【0099】

以上説明したように、各実施例では、撮像面に対して主平面1aがチルトした第1の光学系1と、第1の光学系1が形成する中間像を撮像面6に再結像する第2の光学系5を有している。

10

## 【0100】

これにより、被撮像物体2の広域にわたる詳細なローアングルの撮像を行う事を容易にしている。特に20°以下のローアングル撮影でも撮像系のレンズ有効径をそれほど大きくする事がない。

## 【0101】

特に、第2の光学系2は、第1の光学系1が形成する中間像の面と、第2の光学系5の主平面5aと、撮像面6とがシャインブルーフ条件を満足するように構成するのが良い。

## 【0102】

これによれば、アオリ角を大きくすることなく更に小さな撮影角で撮影することができ、被撮像物体の表面状態を良好に撮像し、観察することができる。

20

## 【0103】

又、撮像面6に形成される第2の中間像を单一又は複数の図1や図2に示す形態の光学系5を用いて再結像するようにしても良い。これによれば、更にアオリ角を小さくすることができ、高い光学性能で被撮像物体面の画像情報が得られる。

## 【0104】

又、各実施例の撮像光学系において、撮像面6に固体撮像素子を設ければ、それより得られる画像情報を解析し、被撮像物体2の凹凸やキズ等の表面状態を高精度に検査することができる検査装置を構成することもできる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0105】

30

## 【図1】参考例1の要部概略図

## 【図2】実施例1の要部概略図

## 【図3】シャインブルーフの条件を満たす光学系の説明図

## 【図4】図1の一部分の説明図

## 【図5】図2の一部分の説明図

## 【図6】アオリ角とシャインブルーフ角との関係を示す説明図

## 【図7】本発明の撮像光学系を用い被検物体を撮像する場合の照明に関する説明図

## 【図8】本発明に適用可能な被撮像物体の外形状の説明図

## 【図9】本発明の撮像装置の実施例の説明図

## 【図10】本発明の撮像光学系を設計するにあたって行う設計フロー図

40

## 【図11】従来のシャインブルーフの条件を満足する光学系の概念図

## 【符号の説明】

## 【0106】

1 第1の光学系

2 被撮像物体

3 第1の光学系の結像面

4 中心軸

5 第2の光学系

6 撮像面(像面)

7 照明光

50

8 撮像素子

9 カメラボディー

10 レンズマウント

101 撮影レンズ

102 像面

120 物体面

101b 光軸

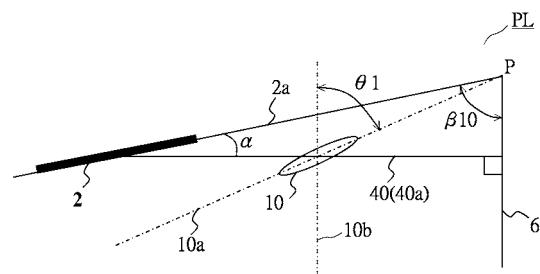
撮影角

1 ~ 4 アオリ角

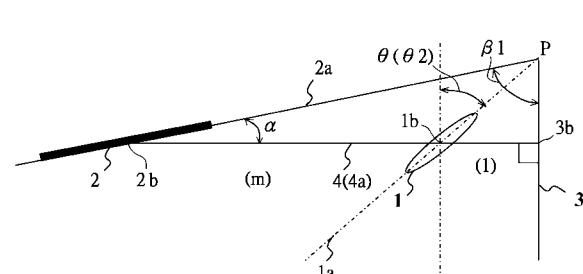
1 ~ 3 シャインブルーフ角

10

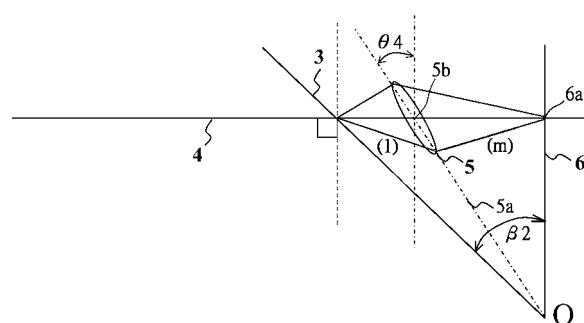
【図3】



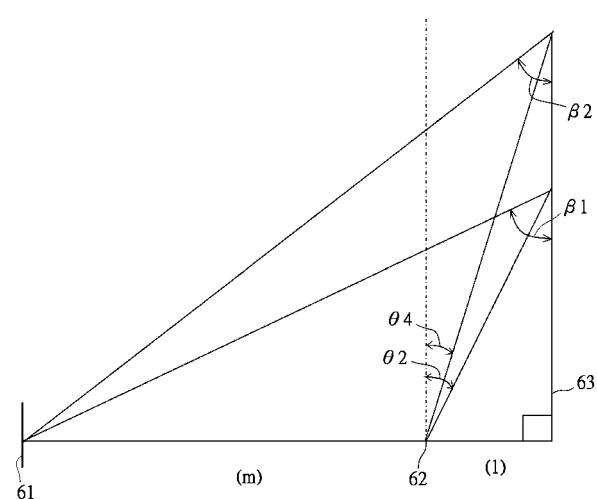
【図4】



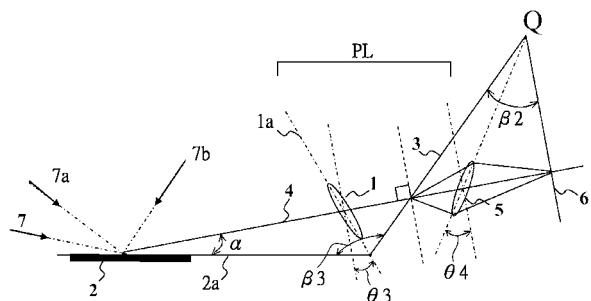
【図5】



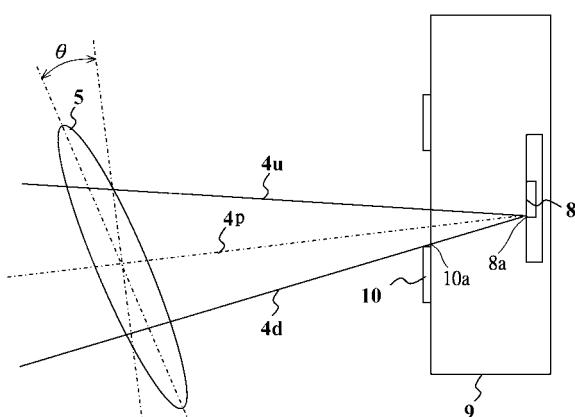
【図6】



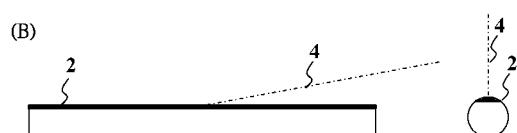
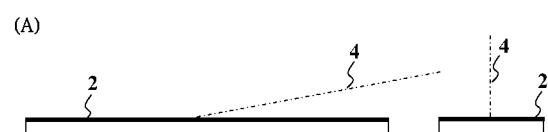
【図7】



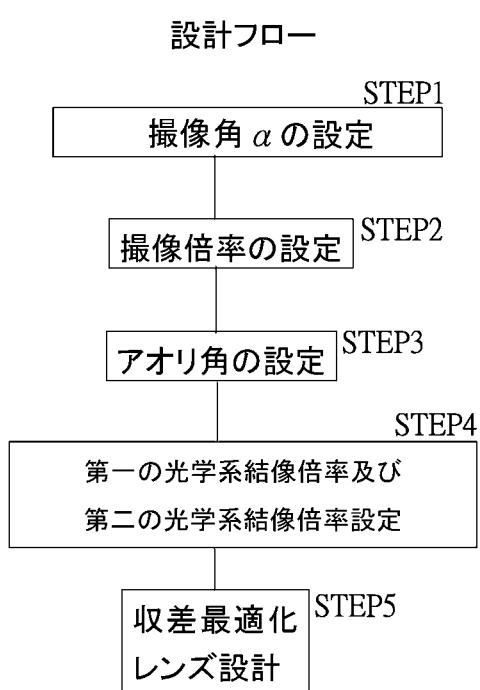
【図9】



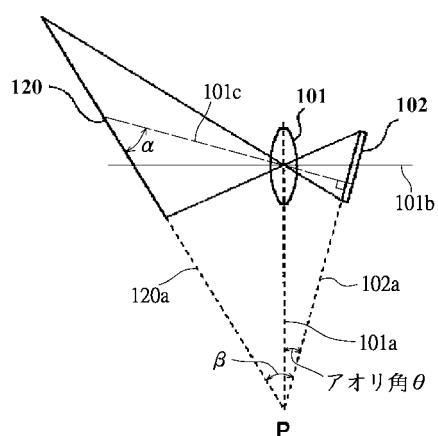
【図8】



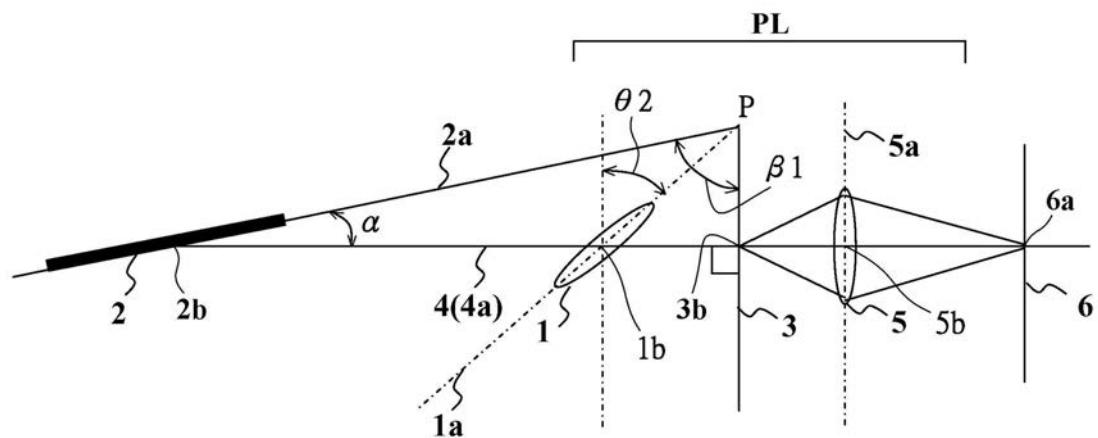
【図10】



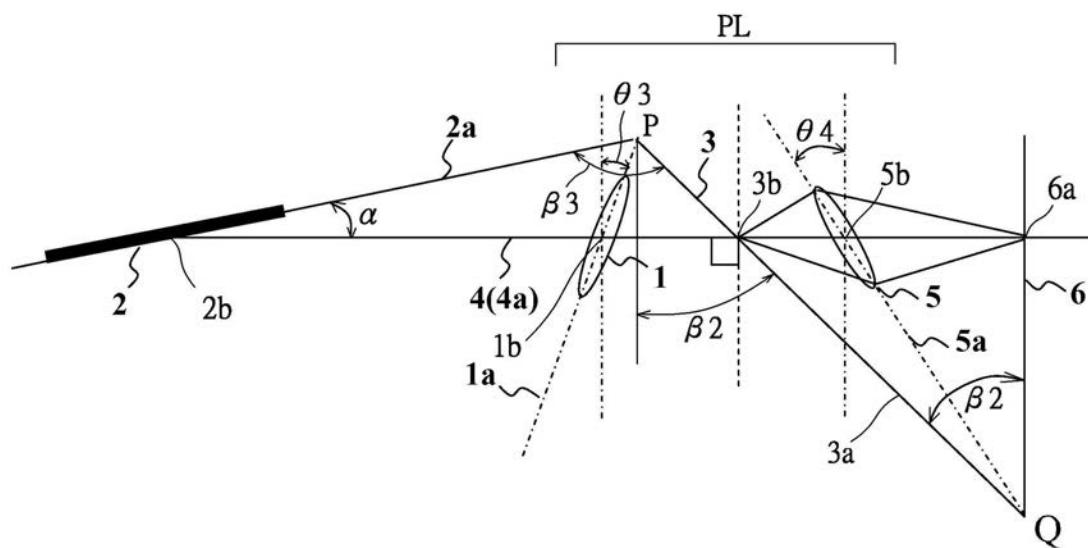
【図11】



【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

審査官 原田 英信

(56)参考文献 特開平04-364414(JP,A)  
特開平02-040506(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08  
G 02 B 21 / 02 - 21 / 04  
G 02 B 25 / 00 - 25 / 04