

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710104584.7

[51] Int. Cl.

G03B 17/54 (2006.01)

G02B 27/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2010 年 2 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 100587586C

[22] 申请日 2007.5.25

[21] 申请号 200710104584.7

[30] 优先权

[32] 2006.5.26 [33] JP [31] 2006-146437

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 齐藤谦治 吉川博志 齐藤贤一

[56] 参考文献

JP11-190864A 1999.7.13

US6359676B1 2002.3.19

US5442413A 1995.8.15

US6567126B1 2003.5.20

US5032022A 1991.7.16

US5422691A 1995.6.6

Range Sensing With a Scheimpflug Camera and aCMOSensor/Processor Chip. Ugur Cilingiroglu, Sicheng Chen, Emre Cilingiroglu. IEEE SENSORS JOURNAL, Vol. 4 No. 1. 2004

审查员 聂泽锋

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 李德山

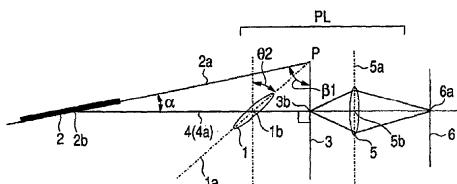
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 7 页

[54] 发明名称

摄像光学系统

[57] 摘要

公开了一种摄像光学系统，所述摄像光学系统能够在从低角度拍摄对象图像的情况下在宽区域中执行对焦而无需大大增加倾斜角。摄像光学系统包含第一光学系统和用于放大由第一光学系统形成的图像并且形成放大的图像的第二光学系统。第一光学系统的主平面相对第二光学系统的像面倾斜。



1.一种摄像光学系统，包括：

配置为同轴系统的第一光学系统；以及

配置为同轴系统的第二光学系统，用于放大由第一光学系统形成的图像并且形成放大的图像，

其中第一光学系统的主平面相对第二光学系统的像面倾斜，以及

其中第一光学系统的主平面和第二光学系统的主平面沿不同方向相对第二光学系统的像面倾斜。

2.如权利要求1所述的摄像光学系统，其中第一光学系统形成对象的缩小图像。

3.如权利要求1所述的摄像光学系统，其中由第一光学系统形成的像面、第二光学系统的主平面以及由第二光学系统形成的像面满足沙伊姆普夫卢格条件。

4.如权利要求1所述的摄像光学系统，其中把第一光学系统的前主点和后主点中的一个与第二光学系统的前主点和后主点中的一个相连的线垂直于第二光学系统的像面。

5.如权利要求1所述的摄像光学系统，其中在摄像光学系统中，在摄像对象平面和垂直于第二光学系统的像面的轴之间形成的角度等于或小于20°。

6.如权利要求1所述的摄像光学系统，其中第一光学系统和第二光学系统被配置成使摄像对象平面的中心、由第一光学系统形成的图像的中心以及第二光学系统的像面的中心在直线上彼此对准。

7.一种摄像设备，包括：

如权利要求1所述的摄像光学系统；以及

固态摄像元件，用于接收由摄像光学系统形成的图像。

摄像光学系统

技术领域

本发明涉及适于从低角度拍摄对象(观察对象)的图像的摄像光学系统。

背景技术

当从接近对应于对象表面的角度的低角度,即从倾斜方向拍摄对象的图像时,对象的不平坦表面的图像能够被高精度地拍摄。

这是由于当从倾斜方向观看对象时,在组成对象的物质和不平坦的程度的影响由于偏振态等等而增加的情况下观察对象。

倾斜摄像光学系统已知为适于在沿摄像系统的光轴方向倾斜的整个摄像表面被对焦时执行摄像的摄像系统。这个摄像原理是沙伊姆普夫卢格发现的。光学系统也被称作沙伊姆普夫卢格光学系统。

迄今为止,已经提出了使用沙伊姆普夫卢格光学系统的技术的摄像设备(日本专利申请公开No.H11-190864)。

使用投影光学系统沿倾斜方向投射图像的投影设备(称为背投)已知为使用沙伊姆普夫卢格光学系统的光学设备。具体地,已知有沿最大角度的倾斜方向执行投影的投影设备,以便使投影设备变薄(日本专利申请公开No.H06-265814(对应于美国专利No.5,442,413)和日本专利申请公开No.H02-079037)。

下面简要描述沙伊姆普夫卢格光学系统。

图11是图解沙伊姆普夫卢格原理(即倾斜摄像原理)的光学系统的示意说明性图例。在图11中,图解了摄像系统101,摄像系统101的像面102以及对象120(即具有一个尺寸的表面)。

通常,当摄像系统101的主平面101a与摄像元件所位于的像面102平行并且对象120相对光轴101b倾斜时,对象120的整个区域不能同时

被聚焦。

为了使对象120的整个区域清晰，优选地使用从摄像元件所位于的像面102延伸的扩展平面102a与从对象120延伸的扩展平面102a的交点P与摄像系统101的主平面101a相交的结构。这是沙伊姆普夫卢格原理。

图11图解了在沙伊姆普夫卢格原理被实际应用于摄像系统101的情况下，对象120、摄像系统101的主平面101a以及像面102间的位置关系。

假定包含垂直于像面102并且穿过摄像系统101的主点的轴101c和光轴101b的平面是参考平面。

在对象120的表面和参考平面中的轴101c之间形成的角度 α 是拍摄角度。注意，“低角度”对应于小拍摄角度 α ，例如等于或小于20°的角度。

在像面102(在使用用于再成像的光学系统的情况下为最终像面)和摄像系统101的主平面101a之间形成的角度 θ 是倾斜角度。

在对象120的表面和像面102之间形成的角度 β 是沙伊姆普夫卢格角。

在从倾斜方向使用满足沙伊姆普夫卢格条件的光学系统拍摄对象的情况下，拍摄角度通常在达到大约20°的范围内。满足沙伊姆普夫卢格条件的许多光学系统不被期待从等于或小于20°的拍摄角度处执行摄像。

为了允许从对应于等于或小于20°的拍摄角度 α 的低角度进行摄像，倾斜角度优选地随着拍摄角度的降低而增加。

然而，当倾斜角度 θ 要被增加时，拍摄透镜直径加大并且象差的影响增加，使得设计和制造困难。因此，实际最大倾斜角度已经达到大约10°。

使用沙伊姆普夫卢格光学系统的背投光学系统最初被用于倾斜投影，不用于对相对光轴倾斜的主体进行摄像，所以在最终投影平面和投影光束的光路之间形成的角度较大。因此，当使用中心光束几乎

垂直地(以后描述)入射到像面的摄像光学系统时，难于获得对焦在主体的宽区域的图像。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种摄像光学系统，在对象的图像被从低角度拍摄的情况下，所述摄像光学系统能够在倾斜角度没有较大增加的情况下在宽区域中执行对焦。

摄像光学系统包含配置为同轴系统的第一光学系统；以及配置为同轴系统的第二光学系统，用于放大由第一光学系统形成的图像并且形成放大图像，其中第一光学系统的主平面相对第二光学系统的像面倾斜。

参考附图，根据下面示例性实施例的描述将能够明白本发明的其它特性。

附图说明

图1是图解本发明的实施例1的示意图的主要部分。

图2是图解本发明的实施例2的示意图的主要部分。

图3是图解满足沙伊姆普夫卢格条件的光学系统的说明性视图。

图4是图解图1所示的光学系统的一部分的说明性视图。

图5是图解图2所示的光学系统的一部分的说明性视图。

图6是图解倾斜角度和沙伊姆普夫卢格角之间的关系的说明性视图。

图7是有关在使用基于本发明的摄像光学系统拍摄对象图像的情况下照明的说明性视图。

图8A和8B是图解可被用于本发明的对象的外形的说明性视图。

图9是图解基于本发明实施例的摄像设备的说明性图例。

图10是图解设计基于本发明的摄像光学系统所执行的步骤的设计流程图。

图11是图解满足沙伊姆普夫卢格条件的传统光学系统的概念视

图。

具体实施例

下面描述基于本发明每个实施例的摄像光学系统以及包含该摄像光学系统的摄像设备。

参照图1和2描述基于本发明的实施例1和2的摄像光学系统。

在图1图解的摄像光学系统PL中，对象2的中间图像以降低的放大率由配置为同轴系统的第一光学系统1在像面(中间像面)3上形成。在像面3上形成的中间图像由配置为同轴系统的第二光学系统5在摄像平面(最终像面)6上放大形成。例如CCD的固态摄像元件位于摄像平面6上。固态摄像元件接收由第二光学系统5形成的图像并且把所接收的图像转换成电信号。

同轴系统是各个组成透镜的光轴彼此对准的系统。

实施例1(图1)说明了要被摄像的对象2的对象平面(表面)2a的预定区域的图像被摄像光学系统PL以拍摄角度 α 拍摄的情形。

如上所述，拍摄角度 α 是在摄像对象平面2a和垂直于最终像面6的轴4之间形成的角度。

在实施例1中，拍摄角度 α 是等于或小于20°的低角度。

在实施例1中，摄像光学系统PL的第一光学系统1的主平面1a相对最终像面6倾斜。即，第一光学系统1的主平面1a相对最终像面6倾斜，使得第二光学系统5的最终像面6的最终像面6和对象平面3变得彼此平行。

参考符号θ2表示在最终像面6和第一光学系统1的主平面1a之间形成的倾斜角度。

在实施例1中，对象2的摄像对象平面2a、第一光学系统1的主平面1a以及中间像面3被设置，使得各平面在单轴P彼此相交以满足具有沙伊姆普夫卢格角β1的沙伊姆普夫卢格条件。第二光学系统5的主平面5a、中间像面3以及摄像平面6彼此平行。

穿过位于物侧和像侧中的一侧的第一光学系统1的主点以及位于

物侧和像侧中的一侧的第二光学系统5的主点的轴被称作中心轴。

中心轴对应于轴4。此后，轴4也被称作中心轴。穿过中心轴的光束被称作中心光束4a。

在实施例1(图1)中，中心轴4和中心光束4a垂直或基本垂直于最终像面6($90^\circ \pm 10^\circ$)。在实施例1中，使用对象2的中心2b、中间像面3的中心3b以及摄像平面6的中心6a彼此对准的结构。

接着，参照图2的示意图的主要部分描述本发明的实施例2。基于实施例2的摄像光学系统PL包含第一光学系统1，其主平面1a相对摄像平面6倾斜，以及第二光学系统5，其用于在摄像平面6上重新形成由第一光学系统1在像面3上形成的对象2的中间图像。

参考符号 α 表示拍摄角度， θ_3 表示第一光学系统1的倾斜角度，并且 θ_4 表示第二光学系统5的倾斜角度。

第一光学系统1被构造成使得对象平面2a，第一光学系统1的主平面1a以及中间像面3a满足具有沙伊姆普夫卢格角 β_3 的沙伊姆普夫卢格条件。

第二光学系统5被布置成使得第一光学系统1形成中间图像的中间像面3a，第二光学系统5的主平面5a以及摄像平面6满足沙伊姆普夫卢格条件。

参考符号 β_2 表示此时的沙伊姆普夫卢格角。第一光学系统1是缩小光学系统，其成像放大率降低。第二光学系统5是放大光学系统，其成像放大率增大。

第一光学系统1的主平面1a和第二光学系统5的主平面5a沿不同方向相对第二光学系统5的像面6(最终像面)倾斜。

在实施例2中，使用这样的结构，其中轴P和轴Q位于相对中心轴4的不同侧，第一光学系统1的主平面1a和第一光学系统1的像面(中间像面)3在轴P上彼此相交，第二光学系统5的主平面5a和第二光学系统5的像面6在轴Q上彼此相交。

中心光束4a垂直或基本垂直($90^\circ \pm 10^\circ$)地入射到最终像面6。

实施例1和2(图1和2)的每个说明了以相同成像放大率执行成像的

情况。在实施例2(图2)中，对象2的缩小中间图像在沙伊姆普夫卢格条件下由第一光学系统1在像面3上形成。

之后，在实施例2(图2)中，中间图像的放大图像在沙伊姆普夫卢格条件下由第二光学系统5在像面6上形成。当"(缩小放大率)×(增大放大率)"被设置成1(这个值可以是除了等尺寸放大率之外的放大率)时，实施例2中的成像放大率变成等于图1中图解的摄像光学系统PL的成像放大率。

如上所述，基于本发明的摄像光学系统PL包含两个成像光学系统，即第一光学系统1和放大第一光学系统1形成的图像并且形成放大图像的第二光学系统5。

与此相反，下面与本发明对比描述使用单个成像光学系统的摄像系统。

图3是图解使用主平面相对最终像面6倾斜的单个成像光学系统的摄像系统的说明性视图。

图3中图解的摄像光学系统PL被构造成使得要被摄像的平面2a、光学系统10的主平面10a以及作为摄像平面的最终像面6在单轴P上彼此相交，以满足沙伊姆普夫卢格条件。

连接对象2的中心和位于物侧和像侧中的一侧的光学系统10的主点的轴40，垂直于摄像平面6。

在摄像光学系统PL中，图3图解了对象2的图像以拍摄角度 α ，倾斜角 θ_1 和沙伊姆普夫卢格角 β_{10} 在摄像平面6上形成的状态。

如图3所示，当在轴40上行进的光束40a仅由单个光学系统10基本上垂直地($90^\circ \pm 10^\circ$)入射到摄像平面6的情况下执行摄像时，有必要增加倾斜角度 θ_1 ，其是在光学系统10的主平面10a和摄像平面6之间形成的角度。

与此相反，基于实施例1和2(图1和2)中描述的每个情形，即使在中心光束4a垂直或基本垂直($90^\circ \pm 10^\circ$)入射到摄像平面6时，每个倾斜角 θ_2 和 θ_3 可以被设置成小于在包含图3中图解的单个光学系统的结构中使用的倾斜角 θ_1 的值。这是由于由第一光学系统形成的图像被第二光

学系统放大形成。后面会详细描述此原因。

因此，即使在拍摄角度 α 较小时，也不必增加倾斜角度，结果可以相对容易地实现极好的光学性能。

在图1中，中间像面3与最终像面6平行。与此相反，在图2中中间像面3a相对最终像面6倾斜。

因此，基于实施例2(图2)，倾斜角 θ_3 被设置成小于图1所示的倾斜角 θ_2 的值。

通常，通过基于拍摄角度的增加而增加倾斜角 θ ，能够允许通过使拍摄角度 α 较小而从低角度进行拍摄。然而，当倾斜角度 θ 要被增加时，拍摄透镜直径加大并且象差的影响增加，使得设计和制造困难。因此，实际最大倾斜角 θ 已经达到大约10°。

因而，摄像的最大拍摄角度 α 已经达到大约20°。

与此相反，基于各个实施例，当使用如上所述的结构时，可以在不大大增倾斜角度 θ 的情况下，基于高光学性能从对应于拍摄角度 α 的低角度拍摄对象的图像，所述拍摄角度 α 等于或小于20°。

接着，参照数字表达式描述基于实施例1和2中的每个的摄像光学系统PL和图3中图解的摄像光学系统PL之间的比较。

图4是图解提取出图1中图解的第一光学系统1和其附近部分的情况的说明性视图。

在图4中，假定像侧距离(第一光学系统1的后主点和像面3之间的距离)为1，物距(对象2的中心2b和第一光学系统1的前主点之间的距离)由"m"表示。

在成像放大率关系为m:1的情况下，倾斜角度 θ 通过下列表达式表示。

注意，在图4中，拍摄角度 α 被图解为要被摄像的像面2a和像面3的法线4之间形成的角度。

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

当第一光学系统1的成像放大率是等尺寸放大率时，m=1。因此，倾斜角 $\theta_{\beta 1}$ 由下列表达式表示。

$$\theta\beta_1 = 90^\circ - \tan^{-1} \{2 \tan \alpha\}$$

当成像放大率为1/2时， $m=2$ 。因此，倾斜角 $\theta\beta_{1/2}$ 由下列表达式表示。

$$\theta\beta_{1/2} = 90^\circ - \tan^{-1} \{3 \tan \alpha\} < \theta\beta_1 = 90^\circ - \tan^{-1} \{2 \tan \alpha\}$$

倾斜角 $\theta\beta_{1/2}$ 可以被设置成小于倾斜角 $\theta\beta_1$ 的值。

类似地，在成像系统具有任意成像放大率，例如总成像放大率为 $p:1$ 的情况下，即在放大率为 $1/P$ 的缩小光学系统将使用单个沙伊姆普夫卢格光学系统实现的情况下，倾斜角 θ_1 由下列表达式表示。

$$\theta_1 = 90^\circ - \tan^{-1} \{(p + 1) \tan \alpha\}$$

当此值乘以缩小比 $q:1$ 以获得包含 $pq:1$ 的第一光学系统和 $p:q$ 的第二光学系统的光学系统时，倾斜角度 θ_2 由下列表达式表示。

$$\theta_2 = 90^\circ - \tan^{-1} \{(pq + 1) \tan \alpha\}$$

当 $q > 1$ 时，即当第二光学系统是放大系统时，获得关系

$$\theta_2 < \theta_1.$$

因此，显然能够使倾斜角更小。

例如，假定以 10° 的拍摄角度 α 拍摄要检查的对象，其中对象表面的长度是300毫米。

当仅使用第一光学系统并且摄像系统的放大率被设置成 $10/1$ 时，其倾斜角变为大约 27.3° 。当除了第一光学系统之外，作为放大率为5的放大系统的第二光学系统也被用于摄像时，第一光学系统的倾斜角变为大约 6.3° 。

基于上述结构，如图1和2所示，对象2的对象平面的中心 $2b$ 、第一光学系统1的主平面 $1a$ 的中心(主点) $1b$ 、中间像面3的中心 $3b$ 、第二光学系统5的主平面 $5a$ 的中心(主点) $5b$ 以及摄像平面6的中心 $6a$ 可以被设置成彼此对准。

接着，参照图1和2描述通过相对摄像平面6倾斜第一光学系统1的主平面 $1a$ 而形成的像面3。

为了进行简单说明，将描述第一光学系统1的成像放大率被设置成 $1/2$ ，第二光学系统5的成像放大率被设置成2并且总成像放大率变成

等尺寸放大率的情况。

在图2中，假定中间像面3a和摄像平面6彼此相交的轴由Q表示。在中间像面3a和摄像平面6之间形成的沙伊姆普夫卢格角由 β_2 表示。

下面描述在如图1所示对象平面2a和像面3之间形成的角度(沙伊姆普夫卢格角)由 β_1 表示的情况下，图1和2之间的关系。当如图2所示倾斜像面3的角度设置为等于沙伊姆普夫卢格角 β_2 的值时，在条件 $\beta_2 < \beta_1$ 的情况下，第二光学系统5的倾斜角度 θ_4 可以被调整为小于在第一像面3倾斜之前设置的第一光学系统1的倾斜角度 θ_2 的值。

此时，第一光学系统1的倾斜角 θ_3 变得比倾斜角 θ_2 更小，结果第一光学系统1的倾斜角 θ_3 和第二光学系统5的倾斜角 θ_4 可以被调整为小于在图1中图解的像面3倾斜之前设置的倾斜角 θ_2 的值。

图4和5图解了从图1和2提取的必要部分以便描述倾斜角 θ_2 和倾斜角 θ_4 之间的比较。

图6是图解对象平面61、满足沙伊姆普夫卢格条件的光学系统62的主平面以及像面63中的每个按m:1的比值分割的情况的结构视图。

即，图6图解了在m:1的比值和1:m的比值中的一个的情况下，倾斜角度 θ 和沙伊姆普夫卢格角 β 之间的关系。

如图6所示，倾斜角 θ 随着沙伊姆普夫卢格角 β 变大而增加。

此后，倾斜角 θ 和沙伊姆普夫卢格角 β 之间的关系由下列有关“m”的表达式表示。

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

即，倾斜角度 θ 随着沙伊姆普夫卢格角 β 变小而减小(假定对象平面距离和像面距离的比值为m:1)。

在较早描述的条件 $\beta_2 < \beta_1$ 的情况下，显然第二光学系统5的倾斜角 θ_4 可以被调整为小于在第一像面3倾斜之前设置的第一光学系统1的倾斜角 θ_2 (图1中图解的系统的倾斜角)的值。

基于如上所述的整个光学系统的结构，对象2的对象平面2a的中心2b、第一光学系统1的主平面1a的中心1b、中间像面3的中心3b、第二光学系统5的主平面5a的中心5b以及摄像平面6的中心6a可以被设置

成在直线上彼此对准。

图7是图解在由如图2所示包含满足沙伊姆普夫卢格条件的两个光学系统1和5的摄像光学系统PL拍摄对象的图像的情况下，照射对象2的照明方法的说明性视图。

用照明光7照射对象2。此时，可以按照在对象2上规则地反射照明光7(亮视场照明)的角度来执行摄像。可选地，可以使用按照一个角度设置的暗视场照明来执行摄像，所述角度相对照明光7a的照射角度略微偏移，以防止反射光直接进入摄像光学系统PL。

可以使用例如照明光7b、在对象2的摄像对象平面上产生的后散射光来执行摄像。可以根据要观察的对象2的部分来适当选择照明。

图8A和8B是图解可被用于各个实施例的对象的外形的说明性视图。图8A图解了平直对象，并且图8B图解了圆柱对象。

在图8A和8B的每个中，左边图解了包含对象2和中心轴4的平面，并且右边图解了与该平面正交的平面中对象2的形状。

在圆柱对象的情况下，在曲率影响较小的区域中获得沿轴向延伸的表面图像。即使在圆柱对象的内部部分，仍获得沿轴向延伸的图像。

上面的描述基于中心光束4a垂直地入射到最终像面的条件。对于实际摄像光学系统，可以使用略微倾斜的结构。在这种情况下，可以提高设计的自由度以便减小倾斜角 θ 。

图9是图解把本发明应用于摄像设备的情况的示意图。在图9中，只图解了第二光学系统5。

如图9所示，在入射到摄像平面8的光束的具有最大倾斜的光线中，防止到达照相机(摄像设备)9的摄像平面8的端部8a的光线的主光线4p和处于光通量的两端的光线4u和4d中的至少每个被照相机的透镜固定部分10的端部10a阻挡。考虑到倾角，也可以进行设计以使倾斜角 θ 略微变小。

图10是图解在设计基于本发明的摄像光学系统时执行的设计流程的例子。在步骤1中，确定拍摄角度 α 。

在步骤2，确定摄像放大率($1/P$)的值。接着，在步骤3，确定最

大倾斜角 θ_{max} 。在确定各值之后，在步骤4，确定第一光学系统1的缩小放大率($1/m$)和第二光学系统5的放大放大率(n)。最终，在步骤5，执行校正象差的正常透镜设计。

针对每个实施例执行上述步骤。

如上所述，基于每个实施例，摄像光学系统包含第一光学系统1，其主平面1a相对摄像平面倾斜，以及第二光学系统5，其用于在摄像平面6上形成由第一光学系统1形成的中间图像。

通过上述配置，易于在对象2的宽区域中执行精确的低角度摄像。具体地，即使在拍摄角度等于或小于 20° 的低角度摄像的情况下，摄像系统不需要具有明显较大的透镜有效直径。

具体地，可以配置第二光学系统5，使得由第一光学系统1形成中间图像的平面、第二光学系统5的主平面5a以及摄像平面6满足沙伊姆普夫卢格条件。

基于该结构，拍摄可以在不增加倾斜角的情况下以较小拍摄角度进行，使得对象的表面状态的图像能够被适当地拍摄和观察。

在摄像平面6上形成的第二中间图像可以由单个或多个光学系统5形成，其中每个光学系统具有在图1或2中图解的结构。因此，可以进一步减小倾斜角，结果对象的对象平面的图像信息基于高光学性能来获得。

当在基于每个实施例的摄像光学系统的摄像平面6中提供固态摄像元件时，可以构造能够分析从固态摄像元件获得的图像信息以高精度地检查对象2的包含不平坦和缺陷的表面状态的检查设备。

虽然参照行示例性实施例描述了本发明，但应当理解本发明不局限于公开的示例性实施例。下列权利要求的范围应进行广义的解释，以便涵盖所有这种修改和等价结构以及功能。

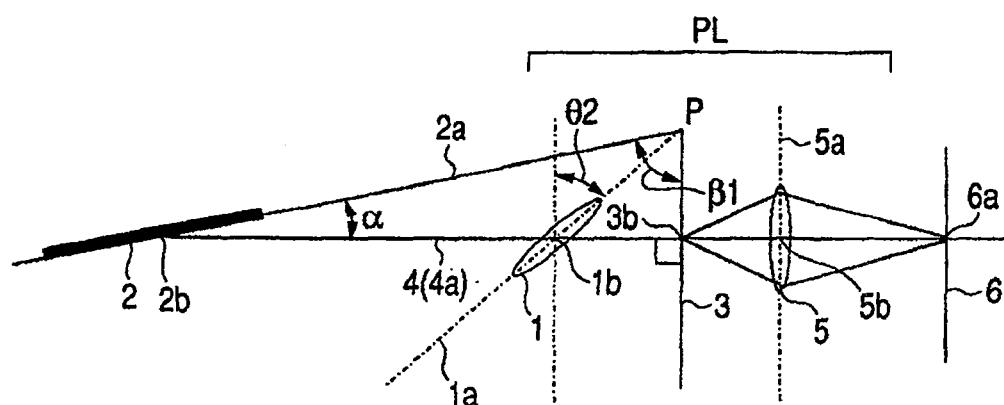


图 1

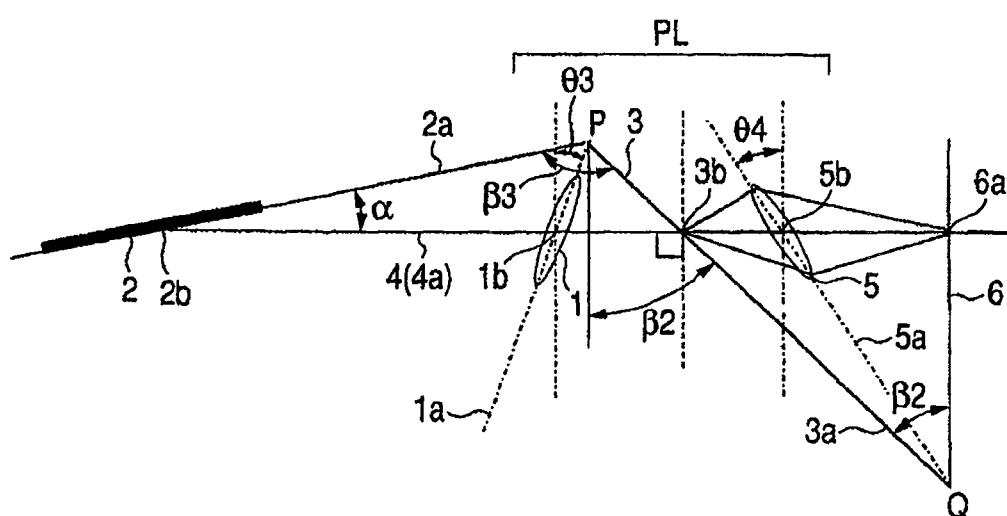


图 2

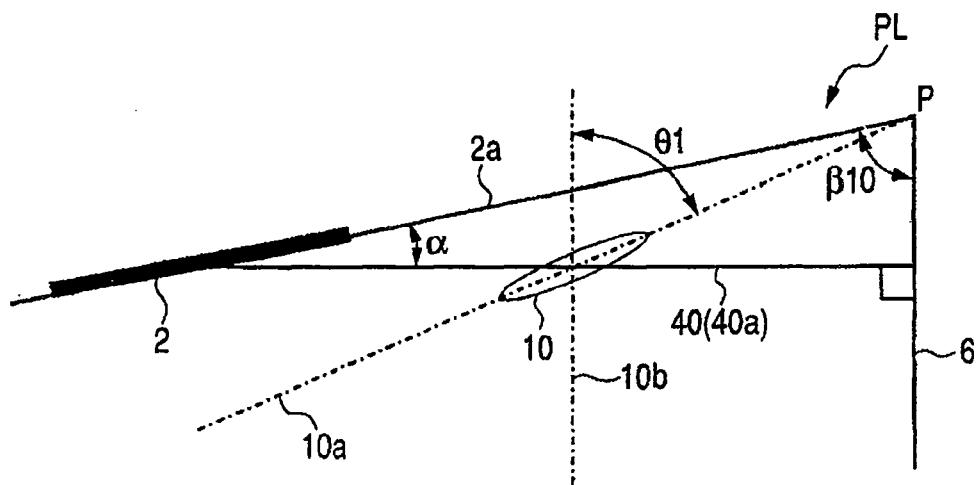


图 3

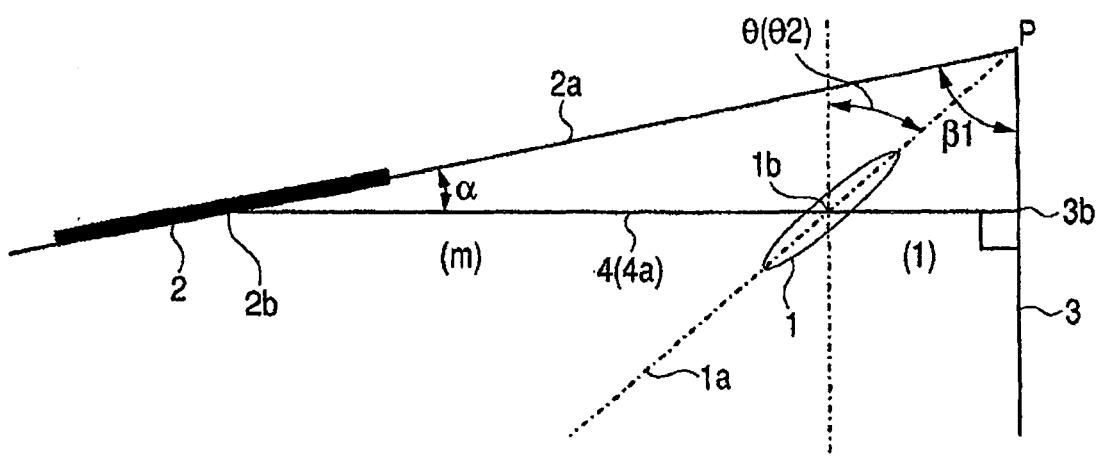


图 4

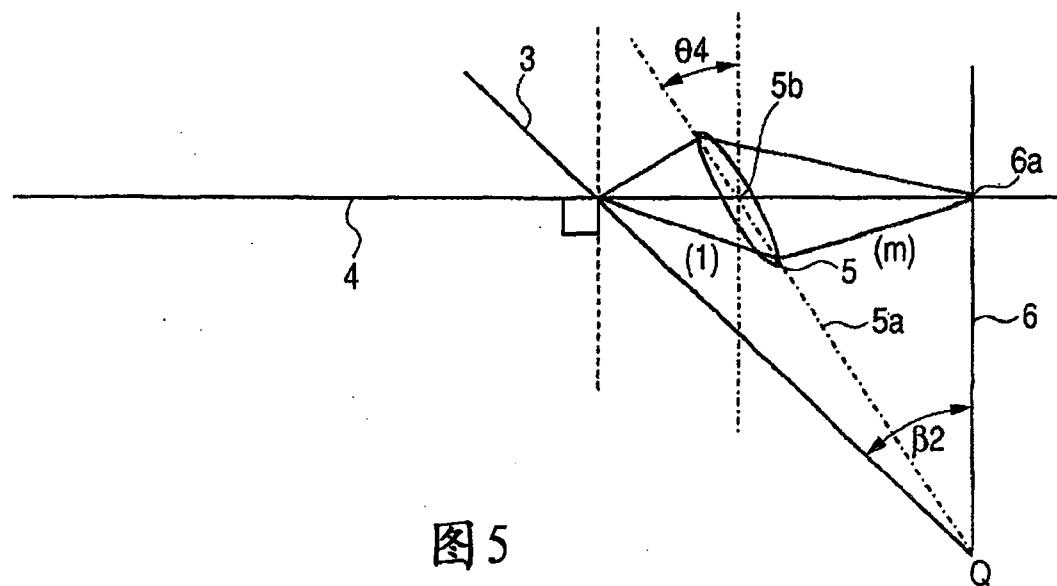


图 5

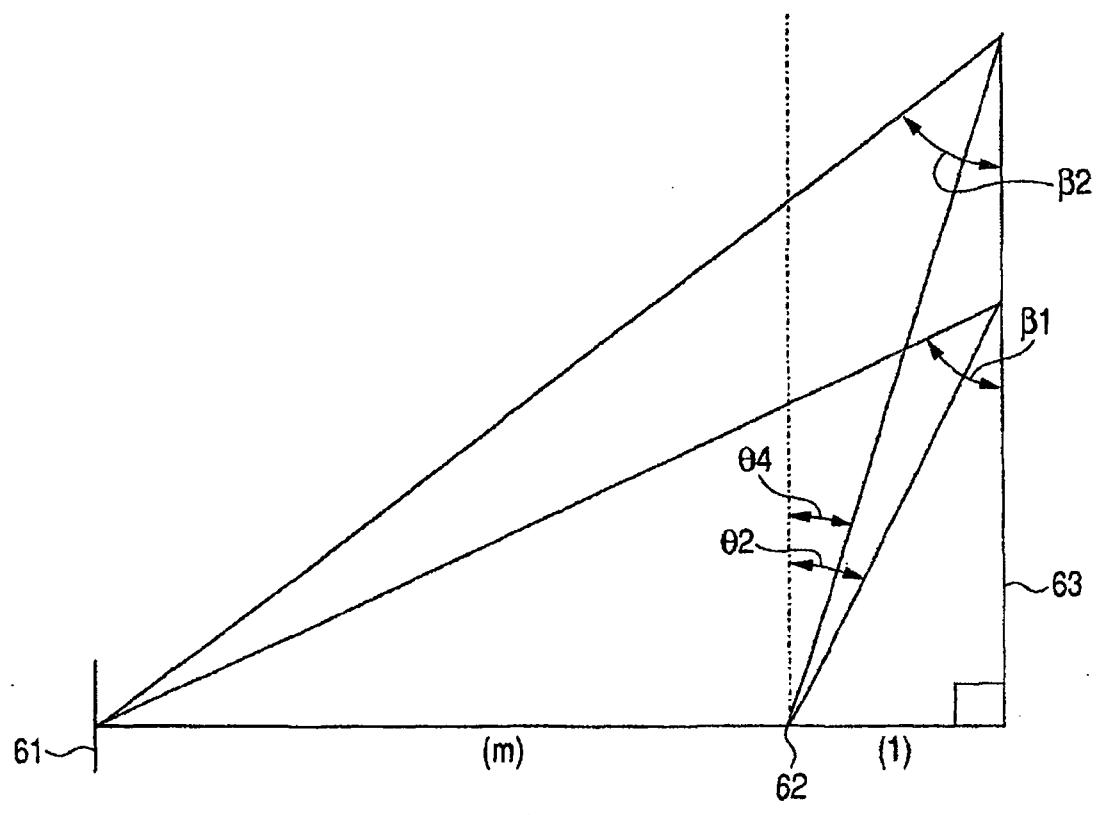


图 6

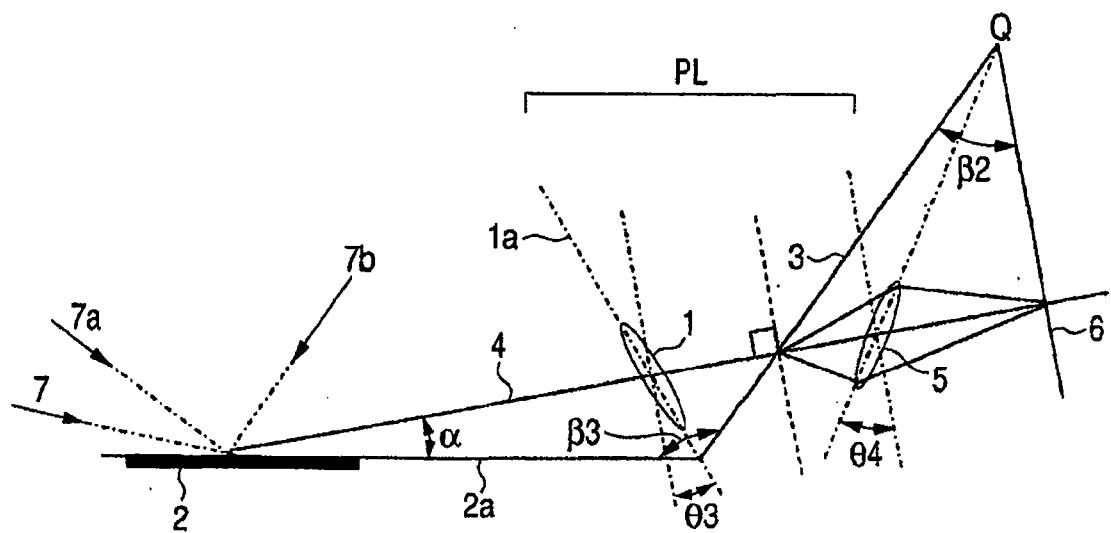


图 7

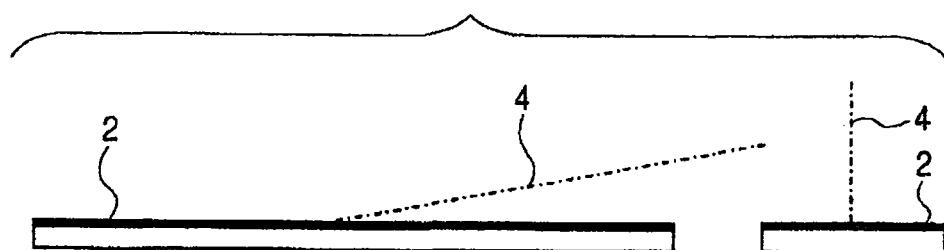


图 8A

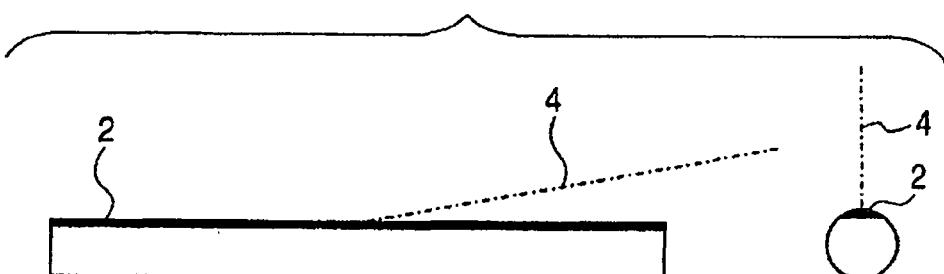


图 8B

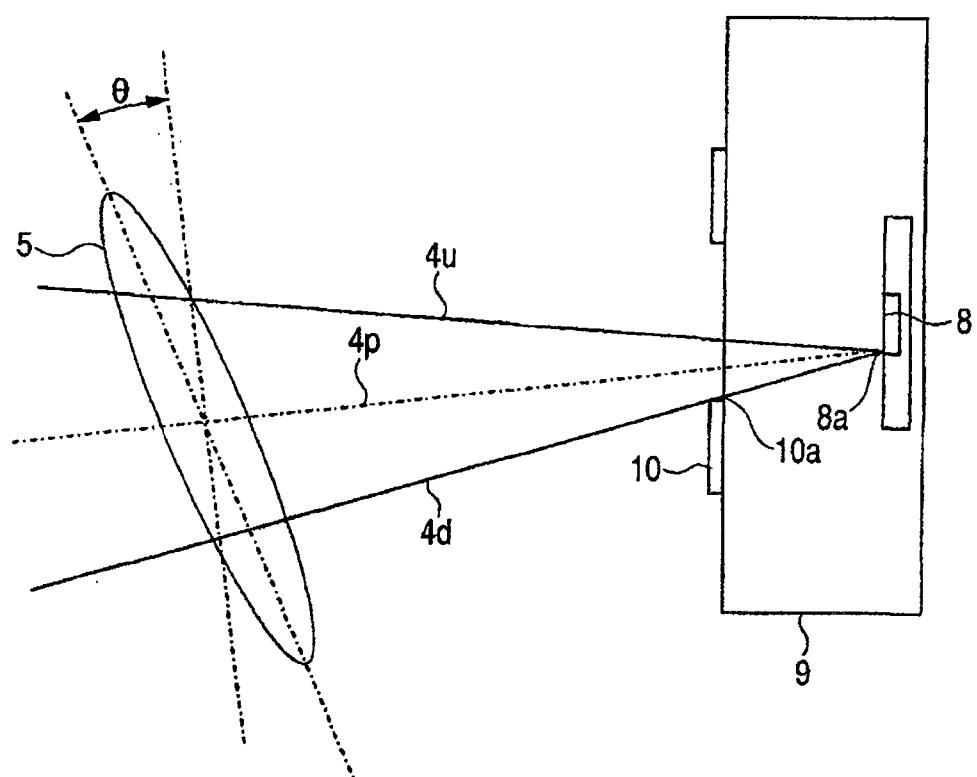


图9

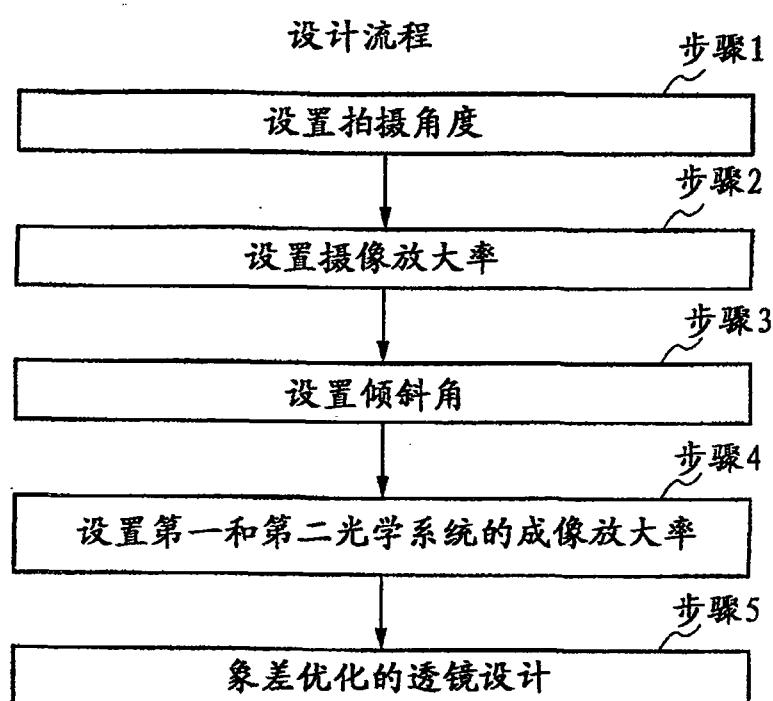


图10

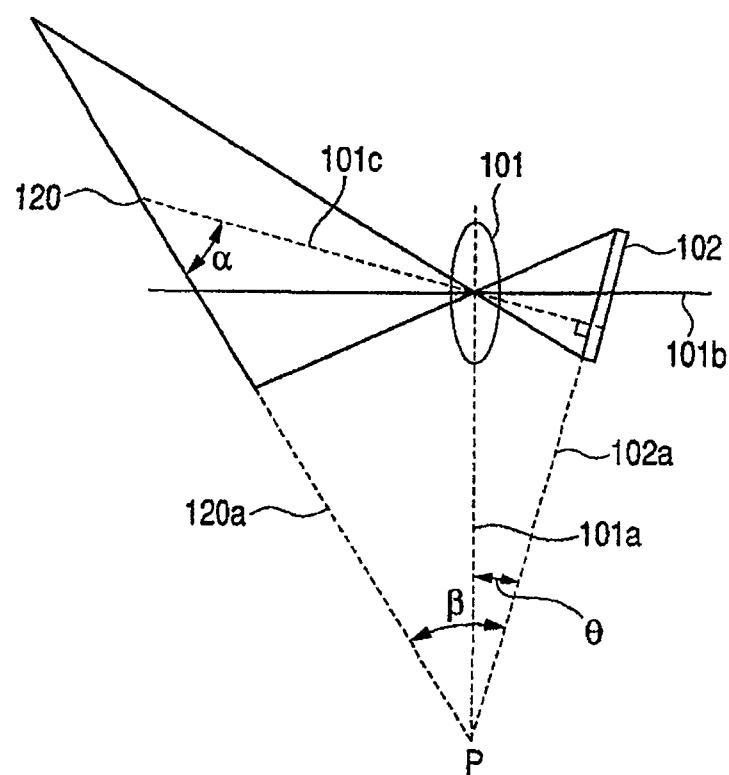


图 11