

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 17/08 (2006.01)

H04N 1/03 (2006.01)

H04N 1/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610002429.X

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 100443945C

[22] 申请日 2006.1.27

[21] 申请号 200610002429.X

[30] 优先权

[32] 2005.2.4 [33] JP [31] 2005-029298

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 栃木伸之 斋贺丈庆 林出匡生
今道和行

[56] 参考文献

JP2004-133378A 2004.4.30

US2003/0137751A1 2003.7.24

CN1463136A 2003.12.24

US2004/0075913A1 2004.4.22

JP2000-50013A 2000.2.18

CN1482517A 2004.3.17

审查员 尉小霞

[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

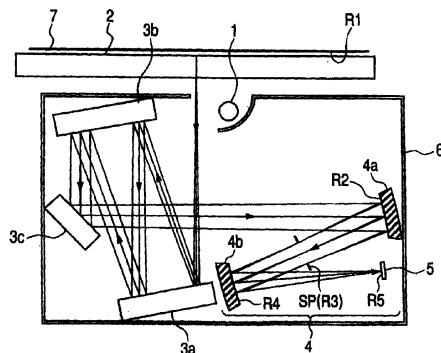
权利要求书 4 页 说明书 26 页 附图 5 页

[54] 发明名称

成像光学系统和利用该系统的图像读取设备

[57] 摘要

获得一种具有简单结构的成像光学系统，其中减小了因离轴光学元件的重量所造成的变形而引起的成像位置偏离。根据用于图像读取的成像光学系统，将原件表面上的图像信息成像到传感器上，并通过传感器读取。该成像光学系统包括反射型离轴光学元件，每个反射型离轴光学元件具有这样的外形，其中在相互垂直的方向上，其长度彼此不同，并且其厚度小于在短边方向外形的长度，并由树脂材料制成。将多个离轴光学元件设置成，使其镜面彼此相对，且设计成满足某一条件表达式。



1. 一种用于图像读取的成像光学系统，其中，将原件表面上的图像信息成像到线传感器上，并由线传感器读取所述图像信息，所述成像光学系统从原件侧起依次包括：

第一离轴光学元件；以及

第二离轴光学元件，

其中，当线传感器的线方向为主扫描方向，且垂直于主扫描方向的方向为次扫描方向时，第一和第二离轴光学元件中的每一个是这样的反射型离轴光学元件：其主扫描方向的长度比其在次扫描方向的长度长，并且其厚度比其在次扫描方向的长度小，并且其由树脂材料制成，并且

其中，在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中，满足以下条件，

$$-30^{\circ} < \theta_a - \theta_b < 30^{\circ}$$

其中， θ_a 代表，在反射参考轴光束的第一离轴光学元件的反射表面的反射点处，第一离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第一角度的绝对值； θ_b 代表，在反射参考轴光束的第二离轴光学元件的反射表面的反射点处，第二离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第二角度的绝对值。

2. 一种用于图像读取的成像光学系统，其中，将原件表面上的图像信息成像到线传感器上，并由线传感器读取所述图像信息，所述成像光学系统从原件侧起依次包括：

第一离轴光学元件；

第二离轴光学元件；

第三离轴光学元件；以及

第四离轴光学元件，

其中，当线传感器的线方向为主扫描方向，且垂直于主扫描方向的方向为次扫描方向时，第一、第二、第三和第四离轴光学元件中的每一个是这样的反射型离轴光学元件：其主扫描方向的长度比其在次扫描方向的长度长，并且其厚度比其在次扫描方向的长度小，并且其由树脂材料制成，

其中，在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中，满足以下条件，

$$-30^{\circ} < \theta_{a1} - \theta_{b1} < 30^{\circ}$$

其中， θ_{a1} 代表，在反射参考轴光束的第一离轴光学元件的反射表面的反射点处，第一离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第一角度的绝对值； θ_{b1} 代表，在反射参考轴光束的第二离轴光学元件的反射表面的反射点处，第二离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第二角度的绝对值，并且

其中，在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中，满足以下条件，

$$-30^{\circ} < \theta_{a2} - \theta_{b2} < 30^{\circ}$$

其中， θ_{a2} 代表，在反射参考轴光束的第三离轴光学元件的反射表面的反射点处，第三离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第三角度的绝对值； θ_{b2} 代表，在反射参考轴光束的第四离轴光学元件的反射表面的反射点处，第四离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第四角度的绝对值。

3. 一种用于图像读取的成像光学系统，其中，将原件表面上的图像信息成像到线传感器上，并由线传感器读取所述图像信息，所述成像光学系统从原件侧起依次包括：

第一离轴光学元件；

第二离轴光学元件;

第三离轴光学元件; 以及

第四离轴光学元件,

其中, 当线传感器的线方向为主扫描方向, 且垂直于主扫描方向的方向为次扫描方向时, 第一、第二、第三和第四离轴光学元件中的每一个是这样的反射型离轴光学元件: 其主扫描方向的长度比其在次扫描方向的长度长, 并且其厚度比其在次扫描方向的长度小, 并且其由树脂材料制成,

其中, 在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中, 满足以下条件,

$$-30^{\circ} < \theta_{a1} - \theta_{b1} < 30^{\circ}$$

其中, θ_{a1} 代表, 在反射参考轴光束的第一离轴光学元件的反射表面的反射点处, 第一离轴光学元件的反射表面的表面法线, 与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第一角度的绝对值; θ_{b1} 代表, 在反射参考轴光束的第四离轴光学元件的反射表面的反射点处, 第四离轴光学元件的反射表面的表面法线, 与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第二角度的绝对值, 并且

其中, 在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中, 满足以下条件,

$$-30^{\circ} < \theta_{a2} - \theta_{b2} < 30^{\circ}$$

其中, θ_{a2} 代表, 在反射参考轴光束的第二离轴光学元件的反射表面的反射点处, 第二离轴光学元件的反射表面的表面法线, 与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第三角度的绝对值; θ_{b2} 代表, 在反射参考轴光束的第三离轴光学元件的反射表面的反射点处, 第三离轴光学元件的反射表面的表面法线, 与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第四角度的绝对值。

4. 根据权利要求 1 到 3 中任一权利要求所述的用于图像读取的

成像光学系统，其中，每个所述的离轴光学元件包括沿主扫描方向关于参考轴对称、且沿次扫描方向关于参考轴不对称的反射表面。

5. 根据权利要求 4 所述的用于图像读取的成像光学系统，其中，所述的离轴光学元件包括彼此不同的厚度。

6. 根据权利要求 1 到 3 中任一权利要求所述的用于图像读取的成像光学系统，其中，所述的离轴光学元件被固定在透镜镜筒的保持部分中，并且在与透镜镜筒的保持部分连接的离轴光学元件的部分的位置方面，离轴光学元件彼此不同。

7. 根据权利要求 1 到 3 中任一权利要求所述的用于图像读取的成像光学系统，其中，满足以下条件：

$$1.5 < L_y/L_z < 20,$$

其中 L_z 表示所述的离轴光学元件中的任一个离轴光学元件的厚度， L_y 表示其在次扫描方向上的长度。

8. 根据权利要求 1 到 3 中任一权利要求所述的用于图像读取的成像光学系统，还包括设置在所述第一离轴光学元件与所述第二离轴光学元件之间光路上的孔径光阑。

9. 一种图像读取设备，包括：

根据权利要求 1 到 3 中任一权利要求所述的用于图像读取的成像光学系统；

上面放置所述原件的原件台；以及

所述的线传感器。

成像光学系统和利用该系统的图像读取设备

技术领域

本发明涉及成像光学系统和利用该成像光学系统的图像读取设备。特别是，本发明适于使用以均衡方式校正各种像差以读取高分辨率图像的图像扫描仪，数字复印机，或同类仪器的线传感器读取单色图像或彩色图像。

背景技术

至今，已提出多种用于读取原件表面上图像信息的图像读取设备。根据所提出的图像读取设备，使用其中沿主扫描方向设有多个光接收元件的线传感器，在线传感器的表面（CCD）上成像出图像信息。将原件和线传感器沿次扫描方向彼此相对移动，以便基于线传感器所获得的输出信号读取原件等等表面上的图像信息。

图 7 示意性显示托架整体型（carriage Integral type）扫描系统的传统图像读取设备。在图 7 中，用照明光源 81 发出的光束直接照射设置在原件玻璃台 82 上原件 87。原件 87 上所反射的光束依次通过第一返回反射镜 83a，第二返回反射镜 83b，和第三返回反射镜 83c，使光束的光路在托架 86 的内部发生转向。然后，通过成像透镜（成像光学系统）84，将光束成像在线传感器 85 的表面上。

此后，通过次扫描电机 88，使托架 86 沿图 7 所示箭头 A（次扫描方向）所示的方向移动，以读取原件 87 上的图像信息。如图 7 中所示的线传感器 85 由沿一维方向（主扫描方向）设置的多个光接收元件组成。

图 8 示意性显示出图 7 中所示图像读取光学系统的读取光学系统的基本结构。

在图 8 中，读取光学系统包括成像光学系统 84 和线传感器 85。线传感器 85 由用于读取 R（红）、G（绿）和 B（蓝）色信息的线传感器 85R、85G 和 85B 组成。读取区域 87R，87G 和 87B 与线传感器 85R，85G 和 85B 相对应地设置在原件 87 的表面上。

当扫描原件 87 的表面时，能够以一定的时间间隔以不同色彩读取同一位置。在成像光学系统 84 包括上述结构的普通折射系统的情形中，出现有纵向色差和横向色差。因此，与线传感器 85G 用作参考传感器的情形相比，在线传感器 85B 和 85R 上要形成的线图像中，发生散焦或位置对准不良。从而，当为了重现而叠加各个色彩的图像时，在合成图像中出现明显的洇色或位置对准不良。也就是，当需要高孔径性能和高分辨率性能时，不能满足这

样的要求。

另一方面,根据近来的提议,即使在非同轴光学系统的情形中,也可构建一种光学系统,该系统通过引入参考轴的概念使其构成表面为非对称和非球面来充分校正其像差(参见日本专利申请待审查公开 No. H09-005650,日本专利申请待审查公开 No. H08-292371 和日本专利申请待审查公开 No. H08-292372)。在日本专利申请待审查公开 No. H09-005650 中披露了光学系统设计方法的示例,在日本专利申请待审查公开 No. H08-292371 和日本专利申请待审查公开 No. H08-292372 中披露了其设计示例。

这样的非同轴光学系统称为离轴光学系统。离轴光学系统被定义为包括曲面(离轴曲面)的光学系统,其中,当参考轴设置成沿着通过图像和光瞳中心的光束的方向时,在与参考轴的交点处,构成表面的表面法线不在参考轴上。此时,参考轴变成弯折形。

在离轴光学系统中,其构成表面通常变成非同轴的,即使在其反射表面上也不出现失色(eclipse),因此,易于构建使用反射表面的光学系统。离轴光学系统还具有这样的优点,即,光路可相对自由地延伸,以及通过使用整体模塑构成表面的方法,易于生成整体型光学系统。

已披露了采用该技术的用于图像读取的成像光学系统(参见日本专利申请待审查公开 No. 2002-335375)。当使用所披露的技术时,在图像读取设备中,实现了一种包括有 5 或 6 个反射表面(离轴反射表面)的离轴光学系统,在所述表面中不具有色差,且充分校正其他像差。除此之外,使该成像光学设备的尺寸缩减,从而在该示例中,提供了一种适于托架整体型的光学系统。

已披露了采用同样技术的用于图像读取的成像光学系统(参见日本专利申请待审查公开 No. 2003-057549)。在该示例中,披露了包括三个反射表面(离轴反射表面)的离轴光学系统,其具有足以用于 2:1 镜面扫描型扫描仪的光程长度。

已披露了关于在使用树脂材料简化离轴光学系统(缩减成本)的情形中因温度变化导致成像平面位置偏移的发明(参见日本专利申请待审查公开 No. 2003-287683)。

另一方面,在这种反射型离轴光学系统的情形中,难以利用其形成为球形的各个表面保持最佳的光学性能。然而,当将至少一个表面形成为旋转非对称的非球面表面(自由表面)时,可获得最佳光学性能。

我们一般都知道,由折射表面组成的光学系统对偏心较敏感。当离轴光学系统中包含有具有旋转非对称的非球面表面(自由表面)的反射型光学元件时,除常规球面反射表面的精度之外,还要求高精度地形成用于保持常规球面反射表面和反射型光学元件的构件。

在离轴光学反射表面为具有自由表面形状的反射表面的情形中，由普通玻璃制成的离轴光学系统的制造，使其制造工艺变得复杂，造成其成本增加。为解决该问题，例如，可由塑料（如聚碳酸酯，丙烯酸或聚烯烃）制成该离轴光学系统。然而，除因环境变化（特别是，在日本专利申请待审查公开 No. 2003-287683 中所述温度的变化）造成成像位置对准不良的问题外，还出现另一种问题，即，在其自身重量下光学元件（离轴光学元件）变形造成成像位置偏移。

通常用作光学材料的树脂材料具有较玻璃材料而言小得多的挠曲模量，从而，树脂材料容易变形。在仅对光学元件提供力以阻止光学元件因自身重量发生变形时，光学元件被制得又大又厚。从而，用于模塑光学元件的时间加长或腔数量减少，导致出现制造变得困难（从而增加成本）的问题。

发明内容

本发明的目的在于提供一种具有简单结构的成像光学系统，该结构中，因离轴光学元件的重量导致的变形而引起的成像位置偏移得到减小，且提供一种使用该成像光学系统的图像读取设备。特别是，本发明的目的在于提供一种适于使用树脂材料作为离轴光学元件材料的情形的图像读取设备。

根据本发明的一个方面，提供一种用于图像读取的成像光学系统，其中，将原件表面上的图像信息成像到线传感器上，并由线传感器读取所述图像信息，所述成像光学系统从原件侧起依次包括：第一离轴光学元件；以及第二离轴光学元件，其中，当线传感器的线方向为主扫描方向，且垂直于主扫描方向的方向为次扫描方向时，第一和第二离轴光学元件中的每一个是这样的反射型离轴光学元件：其主扫描方向的长度比其在次扫描方向的长度长，并且其厚度比其在次扫描方向的长度小，并且其由树脂材料制成，并且其中，在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中，满足以下条件，

$$-30^{\circ} < \theta_a - \theta_b < 30^{\circ}$$

其中， θ_a 代表，在反射参考轴光束的第一离轴光学元件的反射表面的反射点处，第一离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第一角度的绝对值； θ_b 代表，在反射参考轴光束的第二离轴光学元件的反射表面的反射点处，第二离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第二角度的绝对值。

根据本发明的另一方面，提供一种用于图像读取的成像光学系统，其中，将原件表面上的图像信息成像到线传感器上，并由线传感器读取所述图像信息，所述成像光学系统从原件侧起依次包括：第一离轴光学元件；第二离轴光学元件；第三离轴光学元件；以及第四离轴光学元件，其中，当线传

传感器的线方向为主扫描方向，且垂直于主扫描方向的方向为次扫描方向时，第一、第二、第三和第四离轴光学元件中的每一个是这样的反射型离轴光学元件：其主扫描方向的长度比其在次扫描方向的长度长，并且其厚度比其在次扫描方向的长度小，并且其由树脂材料制成，其中，在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中，满足以下条件，

$$-30^{\circ} < \theta_{a1} - \theta_{b1} < 30^{\circ}$$

其中， θ_{a1} 代表，在反射参考轴光束的第一离轴光学元件的反射表面的反射点处，第一离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第一角度的绝对值； θ_{b1} 代表，在反射参考轴光束的第二离轴光学元件的反射表面的反射点处，第二离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第二角度的绝对值，并且

其中，在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中，满足以下条件，

$$-30^{\circ} < \theta_{a2} - \theta_{b2} < 30^{\circ}$$

其中， θ_{a2} 代表，在反射参考轴光束的第三离轴光学元件的反射表面的反射点处，第三离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第三角度的绝对值； θ_{b2} 代表，在反射参考轴光束的第四离轴光学元件的反射表面的反射点处，第四离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第四角度的绝对值。

根据本发明的另一方面，提供一种用于图像读取的成像光学系统，其中，将原件表面上的图像信息成像到线传感器上，并由线传感器读取所述图像信息，所述成像光学系统从原件侧起依次包括：第一离轴光学元件；第二离轴光学元件；第三离轴光学元件；以及第四离轴光学元件，其中，当线传感器的线方向为主扫描方向，且垂直于主扫描方向的方向为次扫描方向时，第一、第二、第三和第四离轴光学元件中的每一个是这样的反射型离轴光学元件：其主扫描方向的长度比其在次扫描方向的长度长，并且其厚度比其在次扫描方向的长度小，并且其由树脂材料制成，其中，在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中，满足以下条件，

$$-30^{\circ} < \theta_{a1} - \theta_{b1} < 30^{\circ}$$

其中， θ_{a1} 代表，在反射参考轴光束的第一离轴光学元件的反射表面的反射点处，第一离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第一角度的绝对值； θ_{b1} 代表，在反射参考轴光束的第四离轴光学元件的反射表面的反射点处，第四离轴光学元件的反射表面的表面法线，与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第二角度的绝对值，并且

其中,在主扫描方向对应于法线的次扫描截面中,满足以下条件,

$$-30^{\circ} < \theta_{a2} - \theta_{b2} < 30^{\circ}$$

其中, θ_{a2} 代表,在反射参考轴光束的第二离轴光学元件的反射表面的反射点处,第二离轴光学元件的反射表面的表面法线,与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第三角度的绝对值; θ_{b2} 代表,在反射参考轴光束的第三离轴光学元件的反射表面的反射点处,第三离轴光学元件的反射表面的表面法线,与入射在第一离轴光学元件的反射表面上的参考轴光束之间所形成的第四角度的绝对值。

根据本发明的另一方面,在用于图像读取的成像光学系统中,每个离轴光学元件包括沿主扫描方向关于参考轴对称、且沿次扫描方向关于参考轴不对称的反射表面。

根据本发明的另一方面,在用于图像读取的成像光学系统中,多个离轴光学元件包括彼此不同的厚度。

根据本发明的另一方面,在用于图像读取的成像光学系统中,当 n 为正整数时,成像光学系统包括 $2n$ ($0 < n < 3$) 个离轴光学元件。

根据本发明的另一方面,在用于图像读取的成像光学系统中,将多个离轴光学元件固定在透镜镜筒的保持部分中,并且在与透镜镜筒的保持部分邻接的离轴光学元件的部分的位置方面,离轴光学元件彼此不同。

根据本发明的另一方面,在用于图像读取的成像光学系统中,当用 L_z 表示多个离轴光学元件中任意一个离轴光学元件的厚度,用 L_y 表示其沿次扫描方向的长度时,满足以下条件,

$$1.5 < L_y/L_z < 20$$

其中, L_z 代表所述多个离轴光学元件中任意一个离轴光学元件的厚度, L_y 代表其沿次扫描方向的所述长度。

根据本发明的另一方面,用于图像读取的成像光学系统还包括设置在第一离轴光学元件与第二离轴光学元件之间光路上的孔径光阑。

根据本发明的另一方面,图像读取设备包括前面所述用于图像读取的成像光学系统;和上面放置原件的原件台;以及线传感器。

根据本发明,可获得用于包括线传感器的图像读取设备的成像光学系统,和由树脂材料制成的离轴光学元件组成的成像光学系统,如图像扫描仪或数字复印机,成像光学系统具有简单的结构,在其中减小了因离轴光学元件重量导致的变形所引起的成像位置偏移。此外,可获得使用所述成像光学系统的图像读取设备。

附图说明

图 1 的示意图表示根据本发明实施例 1 的图像读取设备的主要

部分;

图 2 所示的剖面图表示根据本发明实施例 1 的成像光学系统;

图 3 的示意图表示根据本发明实施例 2 的图像读取设备的主要部分;

图 4 所示的剖面图表示根据本发明实施例 2 的成像光学系统;

图 5 的示意图表示根据本发明实施例 3 的图像读取设备的主要部分;

图 6 所示的剖面图表示根据本发明实施例 3 的成像光学系统;

图 7 的示意图表示传统图像读取设备的主要部分;

图 8 所示的基本结构图表示彩色图像读取设备; 以及

图 9 用于解释离轴光学系统的定义。

具体实施方式

在描述每个实施例之前, 将描述本发明每个实施例中所用的成像光学系统(光学系统)的构件规格的表达方式以及所有实施例的共同术语。

图 9 的解释性视图表示一种坐标系, 用于定义根据本发明的成像光学系统的构成数据。在每个实施例中, 假设位于从物侧传播到成像平面的光束(图 9 中用虚线表示的参考轴光束 La1, 在后面将对此进行描述)的光路上的第 i 个平面为第 i 平面。

在图 9 中, 第一平面 R1 表示孔径光阑。第二平面 R2 表示与第一平面 R1 同轴的折射表面。第三平面 R3 表示相对于第二平面 R2 倾斜的反射表面。第四平面 R4 表示相对于第三平面 R3 移动且倾斜的反射表面。第五平面 R5 表示相对于第四平面 R4 移动且倾斜的反射表面。第六平面 R6 表示相对于第五平面 R5 移动且倾斜的反射表面。第七平面 R7 表示相对于第六平面 R6 移动且倾斜的折射表面。第二平面 R2 到第七平面 R7 的各个平面处于由诸如玻璃或塑料的透明介质制成的光学元件中。

从而, 在图 9 中所示的结构中, 物平面(未示出)与第二平面

R2 之间的介质为空气，第二平面 R2 与第七平面 R7 之间的介质为公共介质，第七平面 R7 与第八平面（如成像平面）R8 之间的介质为空气。

根据本发明的成像光学系统是一种离轴光学系统，从而，组成成像光学系统的第二平面 R2 到第七平面 R7 不包括共同的光轴。

从而，首先，在每个实施例中设定以第一平面 R1 的有效光束直径的中心为原点的绝对坐标系。然后，在每个实施例中，将第一平面 R1 的有效光束直径的中点设定为原点。将通过原点和最后的成像平面 R8 的光束（参考轴光束）的光路 La1 定义为成像光学系统的参考轴 La。在每个实施例中，参考轴 La 具有一定的方向（取向）。该方向与成像时参考轴光束 La1 传播的方向相一致。

在本发明的每个实施例中，如上所述，设定成像光学系统的参考轴作为参考。成像光学系统所采用的参考轴可以为从系统的光学设计角度看是适当的轴，从而按照一种均衡的方式校正像差，或者表示组成成像光学系统的各个平面形状。不过，通常将通过成像平面中心和孔径光阑、入射光瞳、出射光瞳、成像光学系统第一平面的中心以及其最后平面的中心其中任何一个的光束的光路，设定为成像光学系统的参考轴，以作为参考。

换言之，在本发明的每个实施例中，将通过第一平面 R1 的有效光束直径（即孔径光阑表面）的中点、通过折射表面折射、并在反射表面上偏转，且到达最后成像平面的中心的光束（参考轴光束）的光路，设定为参考轴 La。将各表面的顺序设定成与参考轴光束 La1 受到折射或反射的顺序相应。

从而，根据折射定律或反射定律，参考轴 La 的方向随各表面的设置顺序而变，并且参考轴 La 最终到达成像平面的中心。

组成根据本发明的每个实施例的成像光学系统的所有倾斜表面，基本上在相同平面内倾斜。从而，按照如下所述确定绝对坐标系的每个轴。

Z 轴：通过原点且延伸到第二平面 R2 的参考轴

Y 轴：通过原点且在倾斜平面（图 9 的页面）内相对于 Z 轴逆时针旋转 90° 的直线

X 轴：通过原点且垂直于 Z 轴和 Y 轴的直线（垂直于图 9 的页面的直线）

使用局部坐标系而不是绝对坐标系来表示组成成像光学系统的第 i 个平面的平面形状，其中将参考轴和第 i 个平面的交点设定为原点，以便能够更容易地识别平面形状。因此，在表示关于本发明成像光学系统的构成数据的实施例中，使用局部坐标系表示第 i 个平面的平面形状。

在相对于绝对坐标系的 Z 轴的逆时针方向为正的情形中，YZ 平面内第 i 个平面的倾斜角度用角度 θ_i （单位：度）表示。因而，在本发明的每个实施例中，每个平面的局部坐标原点位于图 9 中所示的 YZ 平面上。在 XZ 平面和 XY 平面的每个上不存在平面偏心。第 i 个平面的局部坐标（ x , y 和 z ）的 y 和 z 轴在 YZ 平面内相对于绝对坐标系（X, Y, Z）倾斜角度 θ_i ，且更具体而言按照如下方式设定。

z 轴：通过局部坐标系原点，且在 YZ 平面内相对于绝对坐标系的 Z 方向逆时针旋转角度 θ_i 的直线

y 轴：通过局部坐标系原点，且在 YZ 平面内相对于 z 方向逆时针旋转 90° 的直线

x 轴：通过局部坐标系原点且垂直于 YZ 平面的直线

参考符号 D_i 表示标量，其表示第 i 个平面与第 $(i+1)$ 个平面的局部坐标系原点之间的间隔。参考符号 N_{di} 和 v_{di} 分别表示第 i 个平面与第 $(i+1)$ 个平面间介质的折射率以及其阿贝数。

在本发明的每一个实施例中，都提供了光学系统的剖面图及其数值数据。

球面具有下式所表示的形状。

$$z = ((x^2 + y^2)/r_i) / (1 + (1 - (x^2 + y^2)/r_i^2)^{1/2})$$

根据本发明每一个实施例的成像光学系统具有旋转非对称的非球面。非球面的形状用下式来表示。

$$z = C_{02}y^2 + C_{20}x^2 + C_{03}y^3 + C_{21}x^2y + C_{04}y^4 + C_{22}x^2y^2 + C_{40}x^4 + C_{05}y^5 + C_{23}x^2y^3 \\ + C_{41}x^4y + C_{06}y^6 + C_{24}x^2y^4 + C_{42}x^4y^2 + C_{60}x^6 \dots\dots$$

上述的曲面公式仅保留了 x 的偶数阶项，从而由该曲面公式确定的曲面具有相对 yz 平面的表面对称形状，以作为对称表面。

根据每一个实施例的成像光学系统不是同轴光学系统，从而难以根据旁轴理论直接计算焦距。从而，使用由下式所定义的换算焦距 f_{eq} 。

$$f_{eq} = h_1 / \tan(a_k')$$

通过定义反射表面的数量何时是奇数个，用与常规符号相反的方式表示焦距的符号。此处， h_1 代表从平行于参考轴的方向入射在第一表面上且最靠近参考轴的光束的入射高度， a_k' 代表从最后平面射出的光束的方向与参考轴之间所形成的角度。

[实施例 1]

图 1 的示意性次扫描剖面图表示采用根据本发明实施例 1 的成像光学系统的图像读取设备的主要部分。

图 2 为抽取出图 1 中所示成像光学系统 4 时的示意性次扫描剖面图。

在图 1 中，光源（光源装置）1 由荧光灯、氙灯等组成。原件（物体）7 放置于原件玻璃台 2 上。参考符号 3a，3b 和 3c 分别表示第一反射镜，第二反射镜和第三反射镜。

基于原件 7 的图像信息的光束被成像光学系统（离轴光学系统）4 成像在用作读取装置的线传感器 5 上，以进行图像读取。

在本实施例中，成像光学系统 4 包括两个从原件 7 侧按所列顺序设置的第一和第二反射型离轴光学元件（反射型离轴光学元件）4a 和 4b，每个反射型离轴光学元件具有这样一种外形，其中在相互垂直的方向上的长度彼此是不同的。第一和第二离轴光学元件 4a 和 4b 的每一个的厚度要小于外形的短方向长度，且由树脂材料制成。第一和第二离轴光学元件 4a 和 4b 的镜面（离轴反射表面）R2 和 R4 彼

此相对。更具体而言，第一和第二离轴光学元件 4a 和 4b 的每一个都具有矩形形状，且形成为在厚度方向的长度要短于其短方向（短边方向）的长度。

在本实施例中，第一和第二离轴光学元件 4a 和 4b 的每一个镜面（离轴反射表面）具有比次扫描方向（短方向）长度更长的主扫描方向（长方向）长度，并且具有比次扫描方向（短方向）长度更小的主扫描方向（长方向）厚度。

孔径光阑 SP (R3) 处于第一离轴光学元件 4a 与第二离轴光学元件 4b 之间。

线传感器（光接收装置）5 由 CCD 等组成，且设置在与成像平面相应的位置。托架（外壳）6 容纳光源 1，第一反射镜 3a，第二反射镜 3b，第三反射镜 3c，成像光学系统 4 和线传感器 5。

此处，线传感器 5 的像素排列方向（垂直于页面的方向，X 方向）与主扫描方向一致，并且与主扫描方向垂直的方向（页面内的方向，Y 方向）与次扫描方向一致。假设光束的传播方向为 Z 方向。此时，XY 平面对应于主扫描截面，YZ 平面对应于次扫描截面。

在本实施例中，用光源 1 发射的光束照射放置在原件玻璃台 2 上的原件（物体）7。被原件 7 反射的光束，经由第一反射镜 3a，第二反射镜 3b 和第三反射镜 3c。然后，通过成像光学系统 4 将光束成像到线传感器 5 上。此时，原件 7 与托架 6 沿次扫描方向（箭头 A 所示的方向）彼此相对移动，以便二维地读取原件 7。

为了使图像读取设备紧凑，使用第一反射镜 3a，第二反射镜 3b 和第三反射镜 3c 将光束的光路折叠。成像光学系统 4 也有助于折叠光路。在成像光学系统 4 中，光路被折叠成大致的 Z 形，以便于消除离轴反射表面 R2 和 R4 所引起的偏心。从而，尽管该结构具有的表面数量为两个这样少，也能获得好的成像性能。

为了获得更好的成像性能，在次扫描截面中，以相对于次扫描截面（YZ 平面）的非对称自由表面形状形成离轴反射表面 R2 和 R4。从而，很好地校正了因在次扫描方向折叠光路所引起的偏心。

如图 2 中所示,为了易于理解,将入射在成像光学系统 4 的第一离轴光学元件 4a 上的入射参考轴光束 12 延长。下面,将入射在成像光学系统 4 上的参考轴光束称作“入射参考轴光束”。从第二离轴光学元件 4b 射出的参考轴光束 13 平行或者基本平行于入射在第一离轴光学元件 4a 上的入射参考轴光束 12。轴 12a 平行于入射参考轴光束 12 的光路。

参考符号 8 表示在入射参考轴光束 12 被反射的点“a”处第一离轴光学元件 4a 的镜面 R2 的表面法线。参考符号 9 表示在参考轴光束 13 被反射的点“b”处第二离轴光学元件 4b 的镜面 R4 的表面法线。

参考符号 θa 表示表面法线 8 与入射参考轴光束 12 的光路之间所形成的角度的绝对值。参考符号 θb 表示表面法线 9 与平行于入射参考轴光束 12 的光路的轴 12a 之间所形成的角度的绝对值。

在本实施例中,重力沿图 1 中下部方向作用,使该光学结构受重力的影响相对较小。不过,重力的影响并非为零,从而使离轴光学元件发生变形。另外,在移除原件玻璃台 2 且文档输送器中托架 6 以及容纳在其中的元件倾斜设置的光学结构,更易于受重力的影响。

在本实施例中,表面法线 8 与入射参考轴光束 12 的光路之间所形成的角度的绝对值 θa ,以及表面法线 9 与轴 12a 之间所形成的角度的绝对值 θb 满足以下条件。

$$-30^{\circ} < \theta a - \theta b < 30^{\circ} \quad (1)$$

条件表达式(1)是指定角度的绝对值 θa 和 θb 的条件。当条件表达式(1)没有得到满足时,不是优选的,这是因为因自身重量所致的离轴光学元件变形引起的成像位置的偏离变得更大,难以消除表面(镜面)的变形。

最好将条件表达式(1)设定如下。

$$-15^{\circ} < \theta a - \theta b < 15^{\circ} \quad (1a)$$

在本实施例中,按照下式设定角度的绝对值 θa 和 θb 。

$$\theta a = 11.63^{\circ}, \theta b = 13.93^{\circ}$$

从而，满足下式：

$$\theta_a - \theta_b = -2.3^\circ$$

该数值满足条件表达式(1)。

在本实施例中，用于图像读取的成像光学系统 4 不包括具有折射能力(power)的折射表面，并且两个离轴光学元件 4a 和 4b 具有反射表面。其原因如下。当使用在每个入射表面和出射表面中具有折射功能的结构，如棱镜时，会减少因自身重量导致的变形所引发的问题。不过，棱镜玻璃材料的光学特性引起色差，从而在读取的图像中发生颜色失真。因此，使用多个离轴光学元件而非使用作为单个模块的一个离轴光学元件，并且每个离轴光学元件由易于制造的树脂材料制成。

由于用于将图像成像到线传感器上的成像光学系统的具体特征，每个离轴光学元件具有这样的外形：纵向(Y 方向)长度与横向(X 方向)长度不同。即，具有长边和短边。可强制使纵向长度与横向长度相等。不过，相应地会增加离轴光学元件的不必要部分，而这会使次扫描截面上成像光学系统的尺寸增大得非常大。当将离轴光学元件的厚度(Z 方向)设定为小于短边方向(Y 方向)长度的数值时，可简化用于制造离轴光学元件的模具结构。从而，使表面精度提高，并使成像光学系统的尺寸减小。

当将离轴光学元件在厚度方向的长度设定为最短长度时，基本上在镜面方向易于引起表面变形，结果易于在其镜面彼此相对的离轴光学元件的设置与成像位置偏离之间建立消除关系。另一方面，当加厚离轴光学元件从而使其短边方向长度变得最薄时，在长边方向(X 方向)，其表面变形为翘曲的形状，从而不保持与其镜面彼此相对设置的离轴光学元件的消除关系。

即使其镜面 R2 和 R4 彼此相对的离轴光学元件 4a 和 4b 并非完全彼此相对，也能消除因其表面变形而引起的成像位置的偏离。当相对的离轴光学元件的尺寸彼此不同时，与它们彼此完全相对的情形相比，它们彼此稍稍偏离的情况会更好。从而，在本实施例中，提供了

如条件表达式(1)所表达的角度差的范围(宽度)。

在本实施例中,第一和第二离轴光学元件4a和4b中的每一个都具有自由表面形状的反射表面,其在主扫描方向关于参考轴La是对称的(关于YZ截面对称),在次扫描方向(在次扫描截面内)是非对称的。

这是因为本实施例中的成像光学系统4是在次扫描截面内偏心的离轴光学系统。从而,在次扫描截面内表面形状是非对称的。尽管在主扫描截面内表面形状是对称的,不过每个离轴光学元件在主扫描方向的两个接触端在三点处与透镜镜筒相连接,从而一个接触端具有一个点,另一个接触端具有两个点。因此,离轴光学元件并非是完全对称的。不过,当离轴光学元件变得过于不对称时,难以消除因表面变形引起的成像位置偏离。从而,优选地,离轴光学元件是对称的。

在本实施例中,根据离轴光学元件4a和4b的外部尺寸,调节第一和第二离轴光学元件4a和4b的厚度。

这是因为,当相对的离轴光学元件的尺寸彼此不同时,变形量发生改变。从而,根据其尺寸调节离轴光学元件的厚度,以便于消除因变形造成的成像位置的偏离。

在本实施例中,当n为正整数时,成像光学系统4包括 $2n$ ($0 < n < 3$)个离轴光学元件。

这是因为,当将成像光学系统的所有离轴光学元件设置成使其镜面彼此相对时,通过所有离轴光学元件可消除成像位置的偏离。因此,最好使用2的倍数个的离轴光学元件。注意,当表面的总数量太大时,难以制造离轴光学元件。从而,在本实施例中,将n设定为满足 $0 < n < 3$ 。尽管指定了离轴光学元件的数量,但没有指定在设计中表面的数量。

在本实施例中,在第一和第二离轴光学元件4a和4b将被保持在透镜镜筒的保持部分中时,针对其每一个,调节与透镜镜筒的保持部分相连接的第一和第二离轴光学元件4a和4b的每一个的各部分的位置。

这样做的原因是为了控制表面的变形形状，因为离轴光学元件的尺寸、形状以及到透镜镜筒的组装位置是彼此不同的。

在本实施例中，当用 L_y 表示任意一个离轴光学元件的短方向长度，用 L_z 表示其厚度方向的长度时，满足以下条件。

$$1.5 < L_y/L_z < 20 \quad (2)$$

条件表达式 (2) 是用于将上述离轴光学元件的厚度设定为比短边方向长度更短的数值的一个更详细条件表达式。当 L_y/L_z 小于条件表达式 (2) 的下限值时，并不是优选的，这是因为离轴光学元件的厚度太大，用于制造离轴光学元件的时间变得更长，导致难以保持最佳表面精度的问题。另一方面，当 L_y/L_z 超过条件表达式 (2) 的上限值时，也不是优选的，这是因为离轴光学元件的厚度太小，并且不能获得足够的强度，在组装到透镜镜筒上时会引发变形的问题。

更优选地，可如下设定条件表达式 (2)。

$$1.6 < L_y/L_z < 15 \quad (2a)$$

在本实施例中，当分别用 L_{z1} 和 L_{z2} 表示第一和第二离轴光学元件 4a 和 4b 在厚度方向的长度时，将 L_{z1} 和 L_{z2} 均设定为 3mm，并且在其两侧向短边方向上有效光束区的长度增加有效部分与外部边缘之间的余量，该余量为 1mm。当分别用 L_{y1} 和 L_{y2} 表示第一和第二离轴光学元件 4a 和 4b 在短边方向的长度时， L_{y1} 和 L_{y2} 按照如下设定。

$$L_{y1} = 6.4, L_{y2} = 5.1$$

从而，得到以下各项：

$$L_{y1}/L_{z1} = 21.3, L_{y2}/L_{z2} = 1.7$$

每个数值都满足条件表达式 (2)。

在本实施例中，在第一与第二离轴光学元件 4a 与 4b 之间的光路上设置孔径光阑 SP (R3)，从而减小离轴反射表面的尺寸。

下面说明与本发明的实施例 1 相应的、用于图像读取的成像光学系统的数值实施例中的数值数据。

数值实施例 1

原件读取宽度 = 220mm

成像倍率 = -0.189

光学元件厚度 = 3mm

原件侧 NA = 0.016

$f_{eq}=29.680$

表 1

i	Yi	Zi	θI	Ndi	Ly	
1	0	0	0	1		物平面（原件表面）
2	0	166.8934	11.63	1	6.4	反射平面
3	-5.1695	154.8658	23.26	1		透射平面（孔径光 阑）
4	-9.6119	144.5325	13.93	1	5.1	反射平面
5	-7.8571	166.3281	4.60			成像平面

非球面结构

表面 R2

C02=-4.5460E-03 C03=1.8570E-05 C04=-1.9333E-05

C05=1.2781E-06 C06=1.5282E-06 C07=-2.6256E-07

C08=4.0099E-08 C20=-4.7534E-03 C21=6.3040E-05

C22=-4.0753E-06 C23=-5.3171E-08 C24=5.5317E-07

C25=2.3713E-08 C26=-4.2652E-08 C40=2.5124E-06

C41=-6.5956E-08 C42=-2.5347E-09 C43=-8.2587E-10

C44=-8.2235E-10 C60=-3.3116E-09 C61=2.3522E-11

C62=6.4321E-11 C80=3.3081E-12

表面 R4

C02=6.8081E-03 C03=6.1342E-05 C04=-8.7196E-05
C05=-4.3217E-05 C06=1.5179E-05 C07=1.0360E-05
C08=6.6517E-07 C20=6.9865E-03 C21=8.4961E-05
C22=8.3621E-06 C23=5.2533E-07 C24=3.4662E-06
C25=-1.4766E-07 C26=-5.7376E-07 C40=-6.0197E-06
C41=-1.6224E-07 C42=2.0695E-08 C43=7.9461E-10
C44=-6.8943E-09 C60=1.5482E-08 C61=3.6681E-10
C62=-1.4023E-10 C80=-3.0158E-11

如上所述，在本实施例中，成像光学系统 4 包括两个离轴光学元件。从而，即使使用可变形的树脂材料，也能减小因离轴光学元件自身重量导致变形所引起的成像位置偏离。此外，可获得易于制造且具有简单结构的图像读取设备。

[实施例 2]

图 3 的示意性次扫描剖面图表示采用根据本发明实施例 2 的成像光学系统的图像读取设备的主要部分。图 4 为抽取图 3 中所示的成像光学系统 34 的示意性次扫描剖面图。

本实施例与前面所述的实施例 1 的不同之处在于，对包括 2:1 反射镜扫描型光学系统的图像读取设备应用包括第一，第二，第三和第四离轴光学元件 34a, 34b, 34c 和 34d 的成像光学系统 34。其他结构和光学功能与实施例 1 中相同，因此，获得相同的效果。

也就是，在图 3 中，通过用于图像读取的成像光学系统（离轴光学系统 34）将基于原件 37 的图像信息的光束成像在作为读取装置的线传感器 35 上。

在该实施例中，成像光学系统 34 包括从原件 37 侧依次设置的第一，第二，第三和第四反射型离轴光学元件 34a, 34b, 34c 和 34d，每个光学元件均由树脂材料制成。为满足条件表达式（1），将第一和第二离轴光学元件 34a 和 34b 设置成其镜面（离轴反射表面）R2 和 R3 彼此相对，将第三和第四离轴光学元件 34c 和 34d 设置成

其镜面 R5 和 R6 彼此相对。将第一, 第二, 第三和第四离轴光学元件 34a, 34b, 34c 和 34d 中的每一个形成为, 其沿厚度方向 (Z 方向) 的长度变得比其短边方向 (Y 方向) 的长度更短。

在该实施例中, 第一, 第二, 第三和第四离轴光学元件 34a, 34b, 34c 和 34d 的镜面中的每一个均具有比次扫描方向 (短方向) 长度更长的主扫描方向 (长方向) 长度和比次扫描方向 (短方向) 厚度更短的主扫描方向 (长方向) 厚度。

在该实施例中, 使用自光源 31 发出的直接光束或由其发出并通过反射帽 36 的间接光束来照明原件 37。在原件 37 上反射的光束通过第一, 第二和第三反射镜 33a, 33b 和 33c。然后, 在主体内部使光束的光路转向, 通过成像光学系统 34 将光束成像在线传感器 35 上。此时, 当沿次扫描方向移动第一, 第二和第三反射镜 33a, 33b 和 33c 时, 沿主扫描方向进行电子扫描, 从而读取原件 37 的图像信息。以第一反射镜 33a 的移动量的一半的量来移动第二和第三反射镜 33b 和 33c, 以使原件 37 与线传感器 35 之间的距离保持恒定。

在该实施例中, 使用上述成像光学系统 34 获得包括 2:1 反射镜扫描型光学系统的图像读取设备, 在 2:1 反射镜扫描型光学系统中, 确保一定空间用于移动光源 31 和第一反射镜 33a, 同时缩减了朝下突出的部分。

在该实施例中, 能够使成像光学系统 34 的光路相对自由地延伸, 从而, 可相对自由地设置原件 37 表面和线传感器 35 的位置。然而, 在线传感器 35 的传感器部分周围具有封装等。此外, 例如适于安装线传感器 35 的板和各种构件的电路位于线传感器 35 的后面。因此, 应当将原件 37 表面和线传感器 35 设置成防止线传感器 35 以及其相邻的构件使光路中断。当线传感器 35 处于成像光学系统 34 的下面时, 各种构件向下突出。除此之外, 位于线传感器 35 上面的反射镜受由此所产生的热的影响, 这导致图像性能下降。

为了避免发生这样的问题, 入射在成像光学系统 34 的第一离轴光学元件 34a 上的入射参考轴光束 42 与入射在线传感器 35 上的参考

轴光束 44 之间所形成的角度, 最好等于或小于预定角度 (45 度)。在本实施例中, 两个参考轴光束彼此平行, 即它们之间所形成的角度为 0 度。

如图 4 中所示, 出于简化目的, 延长了入射在成像光学系统 34 的第一离轴光学元件 34a 上的入射参考轴光束 42。出于简化目的, 从第二离轴光学元件 34b 射出或者入射在第三离轴光学元件 34c 上的参考轴光束 43 变得与入射在第一离轴光学元件 34a 上的入射参考轴光束 42 相平行, 并且将其延长。从第四离轴光学元件 34d 射出的参考轴光束 44 变得平行于入射在第一离轴光学元件 34a 上的入射参考轴光束 42。

参考标记 38 表示, 在反射入射参考轴光束 42 的反射点“a”处, 第一离轴光学元件 34a 的镜面 R2 的表面法线。参考标记 39 表示在反射参考轴光束 43 的反射点“b”处, 第二离轴光学元件 34b 的镜面 R3 的表面法线。参考标记 40 表示在反射参考轴光束 43 的反射点“c”处, 第三离轴光学元件 34c 的镜面 R5 的表面法线。参考标记 41 表示在反射参考轴光束 44 的反射点“d”处, 第四离轴光学元件 34d 的镜面 R6 的表面法线。

参考符号 θ_{a1} 表示表面法线 38 与入射参考轴光束 42 的光路之间所形成的角度的绝对值。参考符号 θ_{b1} 表示表面法线 39 与参考轴光束 43 (入射参考轴光束 42) 的光路之间所形成的角度的绝对值。参考符号 θ_{a2} 表示表面法线 40 与参考轴光束 43 (入射参考轴光束 42) 的光路之间所形成的角度的绝对值。参考符号 θ_{b2} 表示表面法线 41 与参考轴光束 44 (入射参考轴光束 42) 的光路之间所形成的角度的绝对值。

在本实施例中, 重力沿图 4 中向下方向作用。

在本实施例中, 设定各角度的绝对值 θ_{a1} , θ_{b1} , θ_{a2} 和 θ_{b2} , 从而满足条件表达式 (1)。

即, 在本实施例中, 将相对于使其镜面 R2 与 R3 彼此相对设置的第一和第二离轴光学元件 34a 和 34b 的角度的绝对值 θ_{a1} 和 θ_{b1} 如

下地设定。

$$\theta_{a1}=25^{\circ}, \theta_{b1}=25^{\circ}$$

此外，将相对于使其镜面 R5 与 R6 彼此相对设置的第三和第四离轴光学元件 34c 和 34d 的角度的绝对值 θ_{a2} 和 θ_{b2} 如下地设定。

$$\theta_{a2}=20^{\circ}, \theta_{b2}=20^{\circ}$$

从而，得到：

$$\theta_{a1} - \theta_{b1} = 0^{\circ}, \theta_{a2} - \theta_{b2} = 0^{\circ}$$

每个数值都满足条件表达式 (1)。

在本实施例中，当依次用 Lz1, Lz2, Lz3 和 Lz4 表示第一，第二，第三和第四离轴光学元件 34a, 34b, 34c 和 34d 在厚度方向的长度时，将 Lz1, Lz2, Lz3 和 Lz4 中的每一个都设定为 3mm，并且在其两侧向短边方向上有效光束区的长度增加有效部分与外围之间的余量，该余量为 1mm。当依次用 Ly1, Ly2, Ly3 和 Ly4 表示第一，第二，第三和第四离轴光学元件 34a, 34b, 34c 和 34d 在短边方向的长度时，如下地设定 Ly1, Ly2, Ly3 和 Ly4。

$$Ly1 = 35, Ly2 = 36$$

$$Ly3 = 18, Ly4 = 26$$

从而，得到：

$$Ly1/Lz1 = 11.7, Ly2/Lz2 = 12.0$$

$$Ly3/Lz3 = 6.0, Ly4/Lz4 = 8.7$$

每个数值都满足条件表达式 (2)。

在本实施例中，孔径光阑 SP (R4) 设置在第二与第三离轴光学元件 34b 与 34c 之间的光路上，从而减小了离轴反射表面的尺寸。

下面给出与上述的本发明实施例 2 相应的用于图像读取的成像光学系统的数值实施例 2 中的数值数据。

数值实施例 2:

原件读取宽度 = 304.8

成像倍率 = -0.22028

元件厚度 = 3mm

原件侧 NA = 0.02

$f_{eq}=149.45$

表 2

i	Yi	Zi	θ_i	Ndi	Ly	
1	0.0	0.0	0.0	1.0		物平面（原件表面）
2	0.0	454.6167	25.0	1.0	35	反射平面
3	-30.6418	428.9052	-25.0	1.0	36	反射表面
4	-30.6418	463.9052	0.0	1.0		透射平面（孔径光阑）
5	-30.6418	498.9052	-20.0	1.0	18	反射平面
6	-6.2158	469.7955	20.0	1.0	26	反射平面
7	-6.2158	542.5317	0.0			成像平面

非球面结构

表面 R2

$C_{02}=-3.2176e-04$ $C_{03}=3.7018e-06$ $C_{04}=-7.5623e-08$
 $C_{05}=-1.8329e-10$ $C_{06}=-9.3466e-12$ $C_{20}=1.5416e-03$
 $C_{21}=-4.0469e-07$ $C_{22}=1.5085e-07$ $C_{23}=-8.7666e-10$
 $C_{24}=-1.3156e-14$ $C_{40}=3.4146e-08$ $C_{41}=1.1840e-12$
 $C_{42}=3.9721e-12$ $C_{60}=-7.1066e-12$

表面 R3

$C_{02}=1.8933e-03$ $C_{03}=-8.4667e-06$ $C_{04}=-9.6183e-08$
 $C_{05}=4.5947e-11$ $C_{06}=-2.1682e-11$ $C_{20}=2.2505e-03$
 $C_{21}=4.9289e-07$ $C_{22}=1.0880e-07$ $C_{23}=-1.2602e-09$
 $C_{24}=9.2162e-12$ $C_{40}=-1.2151e-08$ $C_{41}=3.2535e-10$
 $C_{42}=2.0246e-12$ $C_{60}=-7.6249e-12$

表面 R5

$C_{02}=6.9371e-03$ $C_{03}=-2.0976e-04$ $C_{04}=2.2162e-06$
 $C_{05}=-2.4220e-08$ $C_{06}=8.0368e-10$ $C_{20}=-1.7120e-03$
 $C_{21}=-1.5612e-05$ $C_{22}=-5.7870e-08$ $C_{23}=1.7639e-08$
 $C_{24}=-5.3901e-10$ $C_{40}=-9.6716e-08$ $C_{41}=3.3192e-09$
 $C_{42}=-1.6123e-10$ $C_{60}=-1.6803e-12$

表面 R6

$C_{02}=5.3043e-03$ $C_{03}=-2.9534e-05$ $C_{04}=-1.7392e-07$
 $C_{05}=-9.4337e-09$ $C_{06}=-7.7157e-11$ $C_{20}=-2.0619e-05$
 $C_{21}=-1.3461e-06$ $C_{22}=-1.7288e-07$ $C_{23}=-2.3419e-09$
 $C_{24}=-4.0562e-11$ $C_{40}=-2.2836e-07$ $C_{41}=2.0954e-09$
 $C_{42}=-5.0235e-11$ $C_{60}=-1.8984e-11$

[实施例 3]

图 5 的示意性次扫描剖面图表示采用本发明实施例 3 的成像光学系统的图像读取设备的主要部分。图 6 为抽取图 5 中所示的成像光学系统 54 时的示意性次扫描剖面图。

本实施例与前面所述的实施例 1 的区别在于，成像光学系统 54 包括第一，第二，第三和第四离轴光学元件 54a, 54b, 54c 和 54d。其他结构和光学功能与实施例 1 中相同，从而实现相同的效果。

即，在图 5 中，通过成像光学系统（离轴光学系统）54，将基于原件 57 的图像信息的光束成像到作为读取装置的线传感器 35 上，以进行图像读取。

在本实施例中，成像光学系统 54 包括从原件 7 侧依次设置的第一，第二，第三和第四反射型离轴光学元件 54a, 54b, 54c 和 54d，每一个反射型离轴光学元件由树脂材料制成。为了满足条件表达式 (1)，将第一和第四离轴光学元件 54a 和 54d 设置成使其镜面（离轴反射表面）R2 和 R6 彼此相对，将第二和第三离轴光学元件 54b 和 54c 设置成使其镜面 R3 和 R5 彼此相对。将第一，第二，第三，和第四离轴光学元件 54a, 54b, 54c 和 54d 中的每一个形成为使其在厚度方向的长度小于其短边方向长度。

在本实施例中，用光源 1 发射出的光束照射放置在原件玻璃台 2 上的原件（物体）7。被原件 7 反射的光束经由第一，第二和第三反射镜 3a, 3b 和 3c 传播。然后，光束通过成像光学系统 54 被成像到线传感器 5 上。此时，原件 7 与托架 6 沿次扫描方向（箭头 A 所示的方向）彼此相对地运动，以便二维地读取原件 7。

为了使图像读取设备紧凑，使用第一，第二和第三反射镜 3a, 3b 和 3c 将光束光路折叠。使用成像光学系统 54 折叠光路。光路被成像光学系统 54 基本上折叠成图 4 中两种形状的组合的形式，以便于消除相对的离轴反射表面引起的偏心。从而，得到较好的成像性能。

为了获得更好的成像性能，将每个离轴反射表面形成为在主扫描方向关于参考轴对称，在次扫描方向关于参考轴不对称的自由表面。因此，很好地校正了因在次扫描方向折叠光路而引起的偏心。

如图 6 中所示，出于简化目的，延长了入射在第一离轴光学元件 54a 上的入射参考轴光束 65。出于简化目的，延长了从第二离轴光学元件 54b 射出的参考轴光束 66。参考轴光束 67 入射到第三离轴光学元件 54c 上。参考轴光束 68 从第四离轴光学元件 54d 上射出。

在反射参考轴光束的镜面 R3 的反射点“b”处，轴 66a 平行于入射参考光束 65 的光路。在反射参考轴光束的镜面 R5 的反射点“c”处，轴 67a 平行于入射参考轴光束 65 的光路。在反射参考轴光束的镜面 R6 的反射点“d”处，轴 68a 平行于入射参考轴光束 65 的光路。

参考标记 61 表示，在反射入射参考轴光束 65 的反射点“a”处，第一离轴光学元件 54a 的镜面 R2 的表面法线。参考标记 62 表示，在反射参考轴光束 66 的反射点“b”处，第二离轴光学元件 54b 的镜面 R3 的表面法线。参考标记 63 表示，在反射参考轴光束 67 的反射点“c”处，第三离轴光学元件 54c 的镜面 R5 的表面法线。参考标记 64 表示，在反射参考轴光束 68 的反射点“d”处，第四离轴光学元件 54d 的镜面 R6 的表面法线。

参考符号 θ_{a1} 表示表面法线 61 与入射参考轴光束 65 的光路之间

所形成的角度的绝对值。参考符号 θ_{a2} 表示表面法线 62 与轴 66a 之间所形成的角度的绝对值。参考符号 θ_{b2} 表示表面法线 63 与轴 67a 之间所形成的角度的绝对值。参考符号 θ_{b1} 表示表面法线 64 与轴 68a 之间所形成的角度的绝对值。

在本实施例中，重力沿图 6 中向下方向作用。

在本实施例中，将各角度的绝对值 θ_{a1} ， θ_{b1} ， θ_{a2} 和 θ_{b2} 设定为满足条件表达式（1）。

即，在本实施例中，将相对于使其镜面 R2 和 R6 彼此相对的第一和第四离轴光学元件 54a 和 54b 的角度的绝对值 θ_{a1} 和 θ_{b1} 进行如下设定。

$$\theta_{a1}=18.5^\circ, \theta_{b1}=22.425^\circ$$

此外，将相对于使其镜面 R3 和 R5 彼此相对的第二和第三离轴光学元件 54b 和 54c 的角度的绝对值 θ_{a2} 和 θ_{b2} 进行如下设定。

$$\theta_{a2}=61.411^\circ, \theta_{b2}=62.837^\circ$$

从而，得到：

$$\theta_{a1} - \theta_{b1} = -3.92^\circ, \theta_{a2} - \theta_{b2} = -1.426^\circ$$

每个数值满足条件表达式（1）。

在本实施例中，当用 Lz1 和 Lz4 表示第一和第四离轴光学元件 54a 和 54d 在厚度方向的长度时，将 Lz1 和 Lz4 均设定为 6mm。当用 Lz2 表示第二离轴光学元件 54b 在厚度方向的长度时，将 Lz2 设定为 5mm。当用 Lz3 表示第三离轴光学元件 54c 在厚度方向的长度时，将 Lz3 设定为 4mm。在其两侧向短边方向上有效光束区的长度增加有效部分与外围之间的余量，该余量为 1mm。当依次用 Ly1，Ly2，Ly3 和 Ly4 表示第一，第二，第三和第四离轴光学元件 54a，54b，54c 和 54d 在短边方向的长度时，如下地设定 Ly1，Ly2，Ly3 和 Ly4。

$$Ly1 = 14, Ly2 = 12$$

$$Ly3 = 9, Ly4 = 11$$

从而，得到：

$$Ly1/Lz1 = 2.3, Ly2/Lz2 = 2.4$$

$$Ly3/Lz3 = 2.25, Ly4/Lz4 = 1.8$$

每个值均满足条件表达式(2)。

在本实施例中, 孔径光阑 SP(R4) 设置在第一和第三离轴光学元件 54b 和 54c 之间的光路上, 从而减小了离轴反射表面的尺寸。

下面说明与上述本发明的实施例 3 相应的、用于图像读取的成像光学系统的数值实施例 3 中的数值数据。

数值实施例 3:

原件读取宽度 = 304.8

成像倍率 = -0.22028

元件厚度: $Lz1 = 6$, $Lz2 = 5$, $Lz3 = 4$, $Lz4 = 6$

原件侧 NA = 0.02

$f_{eq} = 49.912$

表 3

i	Yi	Zi	θ_i	Ndi	Ly	
1	0.0	0.0	0.0	1.0		物平面 (原件表面)
2	0.0	176.6883	18.5	1.0	14	反射平面
3	-8.2419	165.7509	61.4113	1.0	12	反射表面
4	8.2154	166.9530	85.8225	1.0		透射平面 (孔径光阑)
5	24.1746	168.1186	62.8366	1.0	9	反射平面
6	14.9929	157.1182	22.4254	1.0	11	反射平面
7	17.5197	186.0000	5.0			成像平面

表面 R2

C02=-1.3207E-03 C03=2.6667E-06 C04=3.3489E-06
C05=5.3173E-06 C06=-1.3333E-08 C07=-2.6007E-09
C08=-2.5014E-10 C20=-1.1446E-03 C21=-5.7000E-05
C22=1.6118E-06 C23=-7.1879E-08 C24=2.1492E-09
C25=1.2028E-10 C26=5.8979E-11 C40=-1.0980E-07
C41=2.3051E-08 C42=-9.6151E-10 C43=4.6901E-11
C44=-6.7039E-12 C60=4.8532E-11 C61=-8.2096E-12
C62=5.1746E-13 C80=-2.4227E-15

表面 R3

C02=2.3797E-03 C03=-2.8576E-06 C04=3.6486E-06
C05=9.9884E-08 C06=-2.0000E-08 C07=-3.5678E-09
C08=-1.8740E-10 C20=1.2266E-03 C21=-7.3777E-05
C22=-1.6000E-07 C23=-2.6667E-08 C24=2.1607E-09
C25=-2.0065E-10 C26=1.0043E-10 C40=-8.0582E-07
C41=4.0054E-08 C42=2.0023E-09 C43=1.2699E-10
C44=-1.2974E-11 C60=7.7270E-10 C61=-2.5130E-11
C62=-1.5557E-12 C80=-3.8483E-13

表面 R5

C02=5.4062E-03 C03=5.3333E-06 C04=3.8756E-06
C05=6.9415E-07 C06=2.0000E-07 C07=-5.4455E-08
C08=-6.0202E-09 C20=-2.6134E-03 C21=-1.6073E-05
C22=-6.1166E-06 C23=-3.3333E-07 C24=6.0000E-09
C25=-9.2388E-09 C26=-1.4212E-09 C40=-1.5265E-06
C41=-1.4026E-07 C42=3.1323E-09 C43=-1.4890E-10
C44=-1.9827E-12 C60=1.5752E-09 C61=4.9067E-11
C62=-4.1013E-12 C80=-9.2414E-13

表面 R6

C02=1.0000E-02 C03=-1.1951E-05 C04=8.0000E-07
C05=1.2553E-07 C06=1.4258E-07 C07=-1.2965E-08
C08=-9.3779E-10 C20=4.8806E-03 C21=-1.3709E-05
C22=-2.0841E-06 C23=-2.7268E-07 C24=-1.4302E-08
C25=2.0567E-09 C26=-1.3279E-10 C40=-1.3224E-06
C41=-8.6942E-08 C42=-7.0696E-09 C43=-4.4229E-10
C44=2.6856E-11 C60=-4.1850E-10 C61=-6.8174E-11
C62=-5.1278E-12 C80=1.2409E-13

图 1

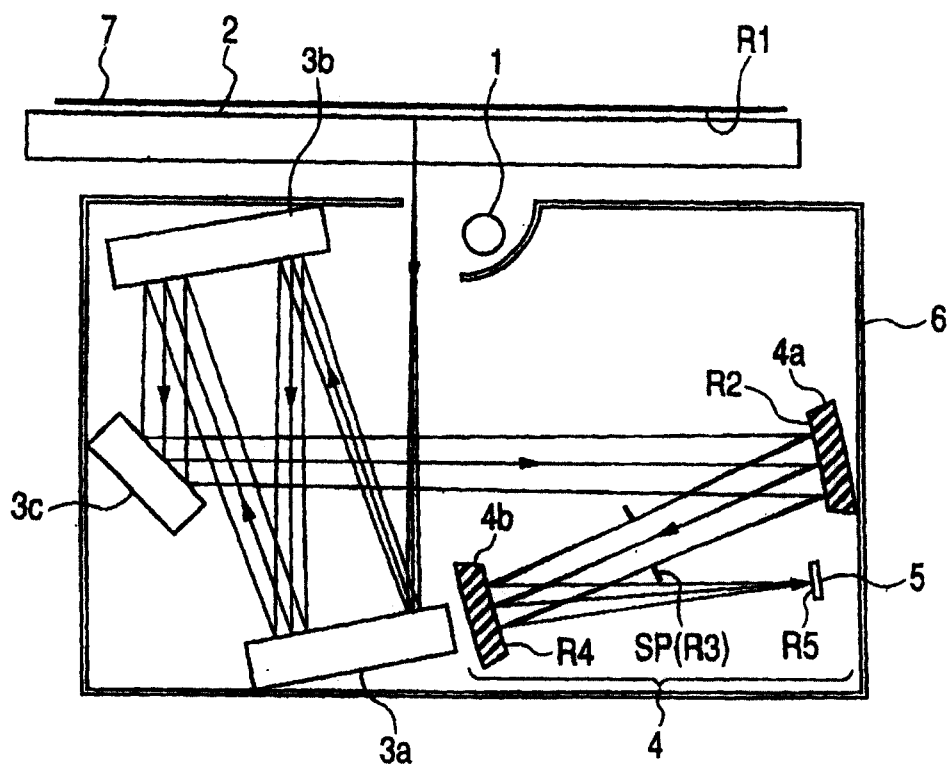


图 2

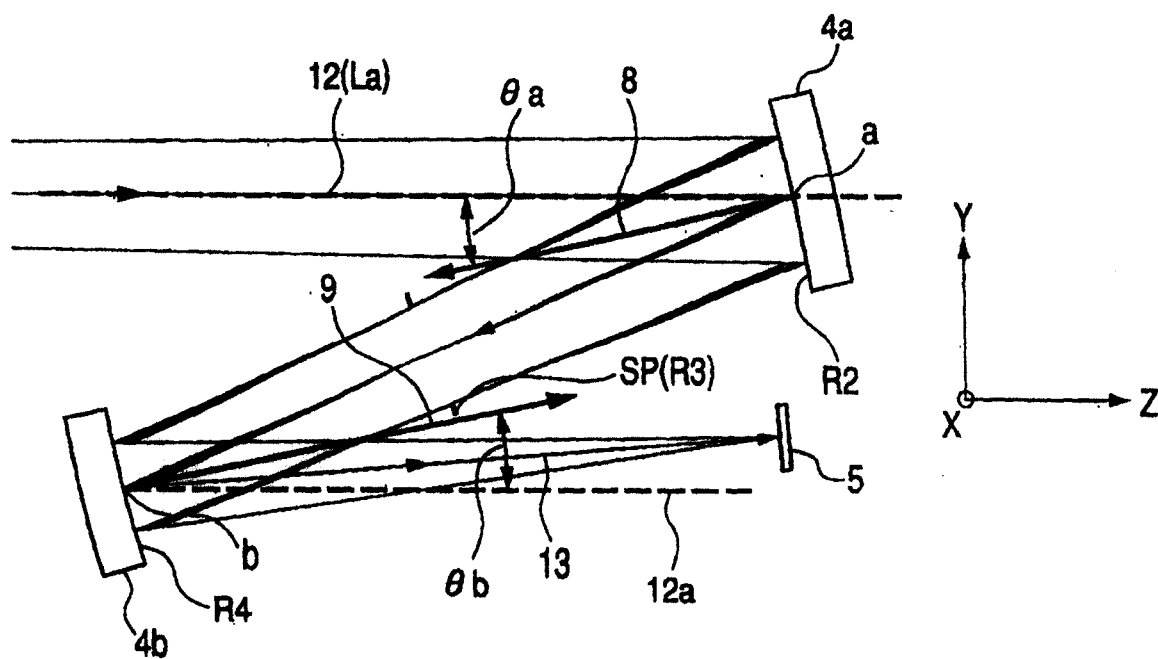


图 3

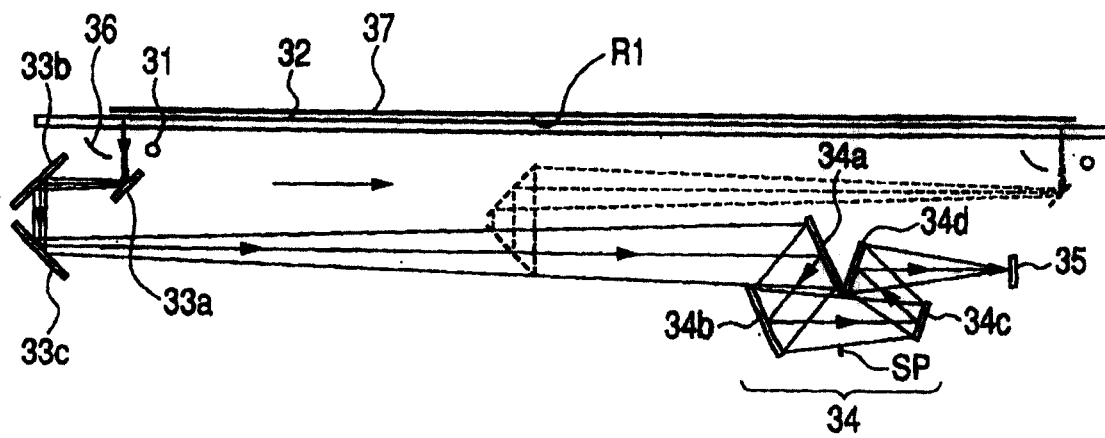


图 4

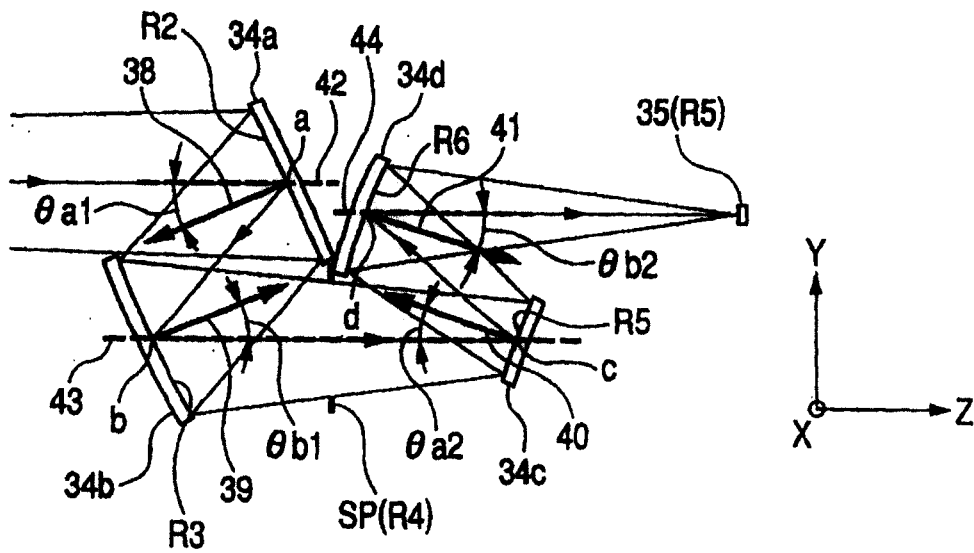


图5

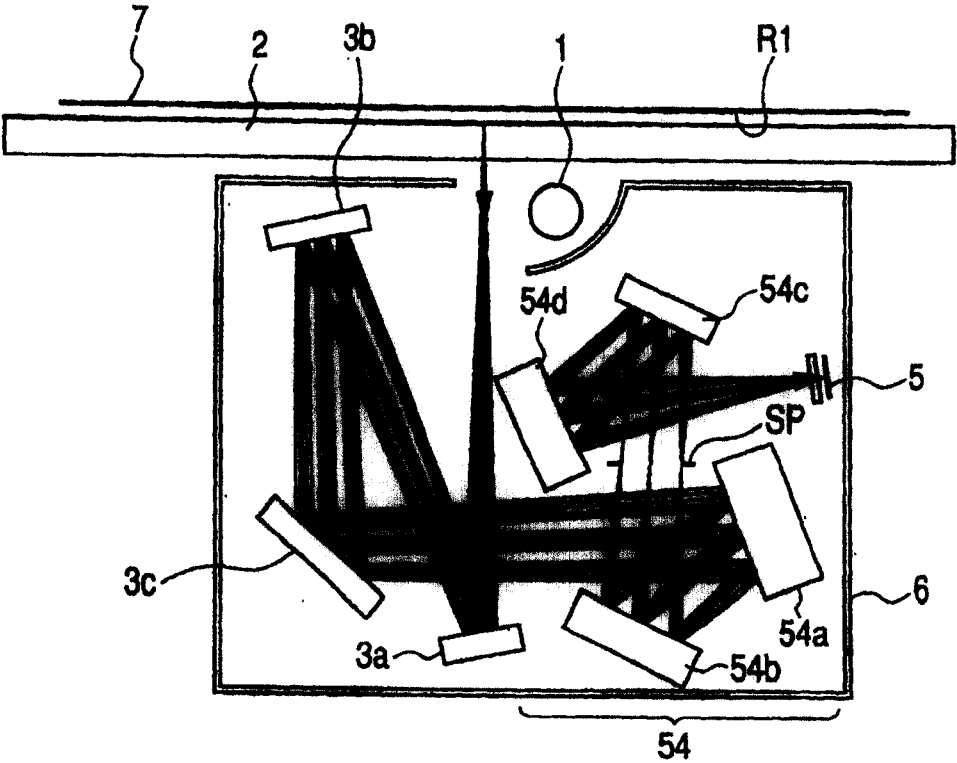


图6

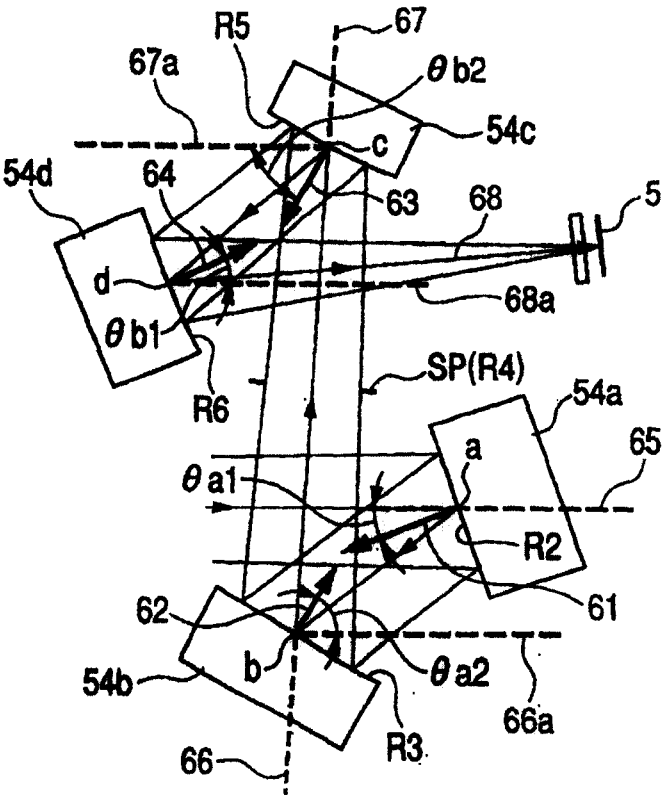


图 7

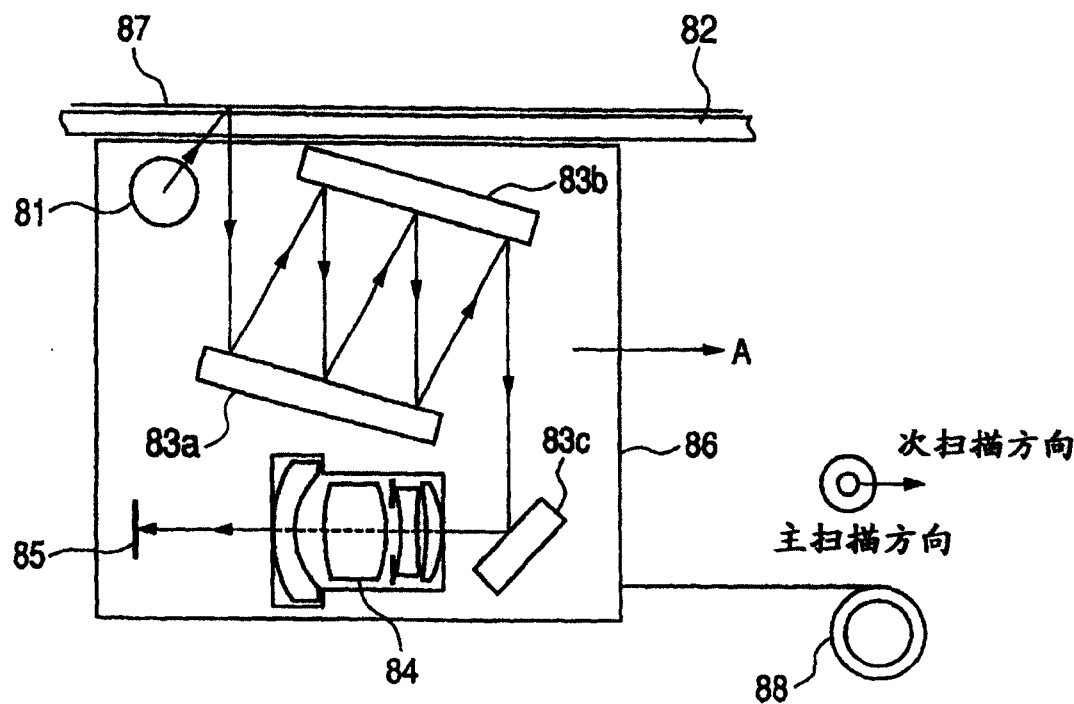


图 8

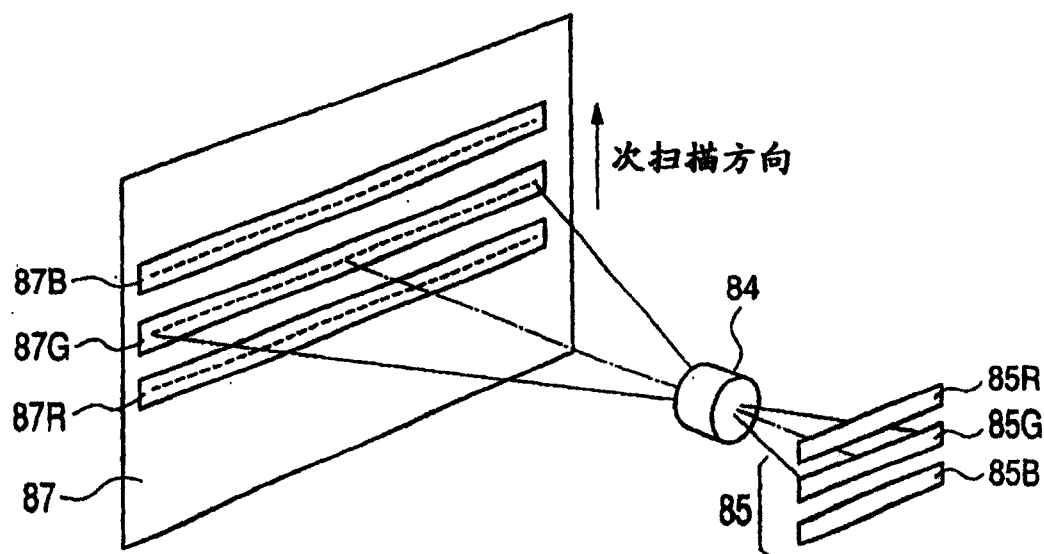


图 9

