

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

G11B 7/135 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03820542.4

[45] 授权公告日 2007 年 12 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100357780C

[22] 申请日 2003.8.28 [21] 申请号 03820542.4

[30] 优先权

[32] 2002. 8. 28 [33] JP [31] 248207/2002

[32] 2002. 12. 27 [33] JP [31] 379657/2002

[32] 2003. 2. 20 [33] JP [31] 42269/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2003/010994 2003. 8. 28

[87] 国际公布 WO2004/021065 日 2004. 3. 11

[85] 进入国家阶段日期 2005. 2. 28

[73] 专利权人 柯尼卡美能达控股株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 木村彻

[56] 参考文献

JP-2001-51192A 2001.2.23

US6191889B1 2001.2.20

CN1349121A 2002.5.15

CN1298175A 2001.6.6

JP-9-311271A 1997.12.2

JP-2001-296471A 2001.10.26

CN1286407A 2001.3.7

CN1354376A 2002.6.19

US6349083B1 2002.2.19

CN1351337A 2002.5.29

审查员 毛燕

[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 王萍

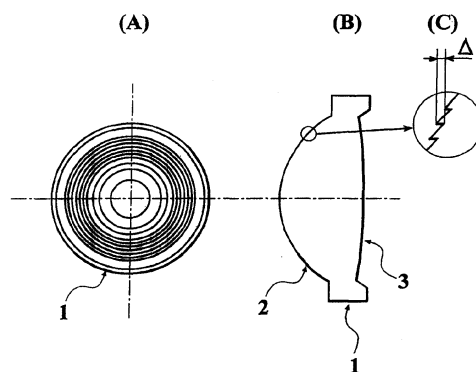
权利要求书 17 页 说明书 52 页 附图 6 页

[54] 发明名称

光学拾取设备的物镜、光学拾取设备和光学
信息记录/再现设备

[57] 摘要

用于光学拾取设备的物镜，该光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括物镜，用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面，该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，该物镜是塑料单透镜，当 NA 是将信息记录和/或再现到光学信息记录介质所需的图像侧数值孔径， $f(\text{mm})$ 是物镜的焦距时，满足下列公式。甚至在具有高 NA 的塑料单透镜的情况下热像差也不会过度增大，且在折射类型的塑料单透镜中也可以将光学拾取设备实际应用温度范围内的热像差抑制在容许范围内。 $NA \geq 0.8$ (1); $1.0 > f > 0.2$ (2)。



1. 一种用于光学拾取设备的物镜，

其中，该光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括物镜，用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面，并且

该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，以及

其中，物镜是塑料单透镜，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

其中，NA 是将信息记录和/或再现到光学信息记录介质所需的物镜的图像侧数值孔径，f 是物镜的焦距，其单位为 mm。

2. 根据权利要求 1 所述的光学拾取设备的物镜，其中，在下列情况下：当具有其单位为 nm 的设计波长 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时， $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，以及，当具有其设计波长 λ_0 的光在第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时， $W(\lambda_0, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，则由下列公式定义的 ΔW ：

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

满足下列公式：

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4).$$

3. 根据权利要求 1 所述的光学拾取设备的物镜，其中，光学物镜的设计波长 λ_0 不超过 500 nm，并且在下列情况下：当具有其单位为 nm 的波长 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时， $f_B(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的后焦距，当具有比波长 λ_0 长 5 nm 的波长 λ_1 的光在第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射

到物镜时, $f_B(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的后焦距, 则由下列公式定义的 Δf_B

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

满足下列公式:

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6).$$

4.根据权利要求 1 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 物镜是有限共轭类型的物镜, 用于将从光源发出的发散光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面, 并满足下列公式:

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A).$$

5. 根据权利要求 4 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 当 m 是物镜的图像形成放大率时, m 满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B).$$

6.根据权利要求 1 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 物镜满足下列公式:

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

其中, d 是沿物镜的光轴的透镜厚度, 其单位为 mm, f 是焦距, 其单位为 mm.

7.根据权利要求 1 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 物镜的单位为 nm 的设计波长 λ_0 满足下列公式:

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15).$$

8.根据权利要求 1 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 物镜满足下列公式:

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

其中

$X1$: 垂直于光轴并与光源侧的光学表面的顶端相切的平面以及

有效直径的最外围部分中光源侧的光学表面即边缘光束入射到其中的光源侧的表面上 NA 的位置之间沿光轴方向的距离，其单位为 mm，其中，在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 X1 的情况下 X1 为正，在沿光源的方向测量 X1 的情况下 X1 为负，

X2: 垂直于光轴并与光学信息记录介质侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中光学信息记录介质侧的光学表面即边缘光束入射到其中的光学信息记录介质侧的表面上 NA 的位置之间沿光轴方向的距离，其单位为 mm，其中，在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 X2 的情况下 X2 为正，在沿光源的方向测量 X2 的情况下 X2 为负，

N: 在设计波长 λ_0 时物镜的折射率，
 f: 物镜的焦距，其单位为 mm，以及
 m: 物镜的图像形成放大率。

9. 一种用于光学拾取设备的物镜，

其中，该光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括物镜，用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面，以及

该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，

其中，该物镜是在至少一个光学表面上包括环状相结构的塑料单透镜，该环状相结构包括多个环面，并形成使得相邻的环面对于入射光产生预先确定的光程差，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

其中，NA 是对于光学信息记录介质进行信息记录和/或再现所需的物镜的图像侧数值孔径，f 是物镜的焦距，其单位为 mm。

10. 根据权利要求 9 所述的光学拾取设备的物镜，其中，环状相

结构是具有衍射预先确定的入射光的功能的衍射结构，并且物镜构成了会聚波阵面，该波阵面由于通过组合衍射效应和折射效应所获得的效应而聚焦于信息记录表面上。

11. 根据权利要求 10 所述的光学拾取设备的物镜，其中，物镜具有这样的球面像差特征：当入射光的波长变长时，球面像差在校正更不足的方向变化。

12. 根据权利要求 10 所述的光学拾取设备的物镜，其中，当添加到透射通过衍射结构的波阵面的光程差通过由下列公式定义的光程差函数 Φ_b 来表示时：

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

满足下列公式：

$$-70 < (b_4 \cdot h_{\max}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))^4) < -20 \quad (8A)$$

其中， $b_2, b_4, b_6 \dots$ 分别是第 2 阶、第 4 阶、第 6 阶... 光程差函数系数， h 是在其上形成了衍射结构的光学表面距物镜的光轴的高度，以及其中， λ_0 是物镜的设计波长，其单位为 nm， h_{\max} 是在其上面形成了衍射结构的光学表面的有效直径最大高度，其单位为 mm， m 是物镜的图像形成放大率。

13. 根据权利要求 9 所述的光学拾取设备的物镜，其中，环状相结构通过构成相邻的环面以便在光轴方向彼此移位，从而对入射光产生预先确定的光程差，以及，物镜构成了会聚波阵面，该波阵面由于折射效应而会聚于信息记录表面上。

14. 根据权利要求 13 所述的光学拾取设备的物镜，其中，当包括光轴的环面叫做中心环面时，邻近中心环面的外面的环面形成为沿光轴方向移动，以便具有比中心环面短的光程长度，在最大有效直径位置处的环面形成为沿光轴方向移动，以便具有比邻近其内侧的环面

长的光程长度，以及，在最大有效直径的 75% 的位置处的环面形成为被移动，以便具有比邻近其内侧的环面和邻近其外侧的环面短的光程长度。

15.根据权利要求 13 所述的光学拾取设备的物镜，其中，环面的总数从 3 到 20。

16 根据权利要求 13 所述的光学拾取设备的物镜，其中，当单位为 μm 的 Δ_j 是在其上面形成了环状相结构的光学表面的有效直径最大高度的 75% 的高度到 100% 的高度的区域中形成的环状相结构中相互邻近的环面的边界处沿光轴方向的步长中任意步长的步长量，以及 n 是单位为 nm 的设计波长 λ_0 时物镜的折射率时，由下列公式代表的 m_j

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

是不小于 2 的整数，其中 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ ，并且 $\text{INT}(X)$ 是通过对 X 进行四舍五入所获得的整数。

17.根据权利要求 9 所述的光学拾取设备的物镜，其中，在下列情况下：当具有其单位为 nm 的设计波长 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时， $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，当具有比波长 λ_0 长 5 nm 的单位为 nm 的波长 λ_1 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时， $W(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，以及当具有单位为 nm 的波长 λ_2 的光在第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时， $W(\lambda_2, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，则由下列公式定义的 $\Delta W1$ 和 $\Delta W2$ ：

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

满足下列公式：

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{\text{rms}} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

其中

当 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ 以及

当 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$.

18.根据权利要求 17 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 物镜满足下列公式:

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13).$$

19.根据权利要求 9 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 物镜是有限共轭类型的物镜, 用于将从光源发出的发散光束会聚到信息记录表面, 并满足下列公式:

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A).$$

20.根据权利要求 19 所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 当 m 是物镜的图像形成放大率时, m 满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B).$$

21. 一种光学拾取设备, 包括: 光源; 以及会聚光学系统, 该系统包括物镜, 用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面, 以及

其中, 该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息,

其中, 物镜是塑料单透镜, 并满足下列公式:

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

其中, NA 是将信息记录和/或再现到光学信息记录介质所需的物镜的图像侧数值孔径, f 是物镜的焦距, 其单位为 mm .

22. 根据权利要求 21 所述的光学拾取设备, 其中, 在下列情况下: 当具有其单位为 nm 的设计波长 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 以及当具有其单位为 nm 的设计波长 λ_0 的光在第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 则由下列公式定义的 ΔW :

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

满足下列公式:

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{\text{rms}} \quad (4).$$

23. 根据权利要求 21 所述的光学拾取设备, 其中, 光学物镜的设计波长 λ_0 不超过 500 nm, 并且在下列情况下: 当单位为 nm 的波长为 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $fB(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的后焦距, 当波长为比波长 λ_0 长 5 nm 的单位为 nm 的 λ_1 的光在第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $fB(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的后焦距, 由下列公式定义的 ΔfB

$$\Delta fB = |fB(\lambda_1, T_0) - fB(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

满足下列公式:

$$\Delta fB < 0.001 \text{ mm} \quad (6).$$

24. 根据权利要求 21 所述的光学拾取设备, 其中, 物镜是有限共轭类型的物镜, 用于将从光源发出的发散光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面, 并满足下列公式:

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A).$$

25. 根据权利要求 24 所述的光学拾取设备, 其中, 当 m 是物镜的图像形成放大率时, m 满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B).$$

26.根据权利要求 24 所述的光学拾取设备, 其中, 物镜和光源被致动器结合起来, 至少被驱动用于进行跟踪。

27.根据权利要求 21 所述的光学拾取设备, 其中, 光学设备满足下列公式:

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

其中, d 是沿物镜的光轴的透镜厚度, 其单位为 mm , f 是焦距, 其单位为 mm 。

28. 根据权利要求 21 所述的光学拾取设备, 其中, 物镜的单位为 nm 的设计波长 λ_0 满足下列公式:

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15).$$

29.根据权利要求 21 所述的光学拾取设备, 其中, 光学拾取设备满足下列公式:

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{(1 + |m|)}) \leq 0.63 \quad (16)$$

其中

$X1$: 垂直于光轴并与光源侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中光源侧的光学表面即边缘光束入射到其中的光源侧的表面上 NA 的位置之间沿光轴方向的距离, 其单位为 mm , 其中, 在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 $X1$ 的情况下 $X1$ 为正, 在沿光源的方向测量 $X1$ 的情况下 $X1$ 为负,

$X2$: 垂直于光轴并与光学信息记录介质侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中光学信息记录介质侧的光学表面即边缘光束入射到其中的光学信息记录介质侧的表面上 NA 的位置之间沿光轴方向的距离, 其单位为 mm , 其中, 在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 $X2$ 的情况下 $X2$ 为正, 在沿光源的方向测量 $X2$ 的情况下 $X2$ 为负,

N : 在设计波长 λ_0 时物镜的折射率,

f: 物镜的焦距, 其单位为mm, 以及
m: 物镜的图像形成放大率。

30.一种光学拾取设备, 包括: 光源; 以及会聚光学系统, 该系统包括物镜, 用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面,

其中, 该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息,

其中, 物镜是在至少一个光学表面上包括环状相结构的塑料单透镜, 该环状相结构包括多个环面, 并形成使得相邻的环面对入射光产生预先确定的光程差, 并满足下列公式:

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

其中, NA 是对光学信息记录介质进行信息记录和/或再现所需的物镜的图像侧数值孔径, f 是物镜的焦距, 其单位为 mm。

31. 根据权利要求 30 所述的光学拾取设备, 其中, 环状相结构是具有衍射预先确定的入射光的功能的衍射结构, 以及, 物镜构成了会聚波阵面, 该波阵面由于通过组合衍射效应和折射效应所获得的效应而会聚于信息记录表面上。

32. 根据权利要求 31 所述的光学拾取设备, 其中, 物镜具有这样的球面像差特征: 当入射光的波长变长时, 球面像差在校正更不足的方向变化。

33. 根据权利要求 31 所述的光学拾取设备, 其中, 当添加到透射通过衍射结构的波阵面的光程差通过由下列公式定义的光程差函数 Φ_b 来表示时:

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

满足下列公式:

$$-70 < (b_4 \cdot h_{max}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))^4) < -20 \quad (8A)$$

其中, $b_2, b_4, b_6 \dots$ 分别是第 2 阶、第 4 阶、第 6 阶...光程差函数系数, h 是在其上形成了衍射结构的光学表面距物镜的光轴的高度, 以及其中, 单位为 nm 的 λ_0 是物镜的设计波长, h_{MAX} 是在其上面形成了衍射结构的光学表面的有效直径最大高度, 其单位为 mm, m 是物镜的图像形成放大率。

34. 根据权利要求 30 所述的光学拾取设备, 其中, 环状相结构通过构成相邻的环面以便在光轴方向彼此移位, 对于入射光产生预先确定的光程差, 物镜构成了会聚波阵面, 该波阵面由于折射效应而聚焦于信息记录表面上。

35. 根据权利要求 34 所述的光学拾取设备, 其中, 当包括光轴的环面叫做中心环面时, 邻近中心环面的外面的环面形成沿光轴方向移动, 以便具有比中心环面短的光程长度, 在最大有效直径位置处的环面形成沿光轴方向移动, 以便具有比邻近其内侧的环面长的光程长度, 以及在最大有效直径的 75% 的位置处的环面形成被移动, 以便具有比邻近其内侧的环面和邻近其外侧的环面短的光程长度。

36. 根据权利要求 34 所述的光学拾取设备, 其中, 环面的总数从 3 到 20。

37. 根据权利要求 34 所述的光学拾取设备, 其中, 当 $\Delta_j(\mu m)$ 是在其上面形成了环状相结构的 optical 表面的有效直径最大高度的 75% 的高度到 100% 的高度的区域中形成的环状相结构中相互邻近的环面的边界处沿光轴方向的步长中任意步长的步长量, 其单位为 μm , 以及 n 是单位为 nm 的设计波长 λ_0 时的物镜的折射率时, 由下列公式代表的 m_j

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

是不小于 2 的整数, 其中 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$, 以及 $\text{INT}(X)$ 是通过对 X 进行四舍五入所获得的整数。

38. 根据权利要求 30 所述的光学拾取设备, 其中, 在下列情况下: 当具有其单位为 nm 的设计波长 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 当具有比波长 λ_0 长 5 nm 的单位为 nm 的波长 λ_1 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 以及当具有单位为 nm 的波长 λ_2 的光在第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_2, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 则由下列公式定义的 $\Delta W1$ 和 $\Delta W2$:

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

满足下列公式:

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

其中

当 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ nm}$ 以及

当 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ nm}$ 。

39. 根据权利要求 38 所述的光学拾取设备, 其中, 物镜满足下列公式:

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13).$$

40. 根据权利要求 30 所述的光学拾取设备, 其中, 物镜是有限共轭类型的物镜, 用于将从光源发出的发散光束会聚到信息记录表面, 并满足下列公式:

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A).$$

41. 根据权利要求 40 所述的光学拾取设备, 其中, 光学拾取设备满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

其中, m 是物镜的图像形成放大率。

42. 根据权利要求 40 所述的光学拾取设备, 其中, 物镜和光源被致动器结合起来, 至少被驱动用于进行跟踪。

43. 一种包括光学拾取设备的光学信息记录/再现设备, 该光学拾取设备包括: 光源; 以及会聚光学系统, 该系统包括物镜, 用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面,

并且该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息,

其中, 物镜是塑料单透镜, 并满足下列公式:

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

其中, NA 是将信息记录和/或再现到光学信息记录介质所需的物镜的图像侧数值孔径, f 是物镜的焦距, 其单位为 mm。

44. 根据权利要求 43 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 在下列情况下: 当具有其单位为 nm 的设计波长 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 当具有其设计波长 λ_0 的光在第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 则由下列公式定义的 ΔW :

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

满足下列公式:

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4).$$

45.根据权利要求 43 所述的光学信息记录/再现设备,其中,光学物镜的设计波长 λ_0 不超过 500 nm,以及在下列情况下:当单位为 nm 的波长为 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $fB(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的后焦距,当波长为比波长 λ_0 长 5 nm 的单位为 nm 的 λ_1 的光在第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $fB(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的后焦距,则由下列公式定义的 ΔfB

$$\Delta fB = |fB(\lambda_1, T_0) - fB(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

满足下列公式:

$$\Delta fB < 0.001 \text{ mm} \quad (6).$$

46.根据权利要求 43 所述的光学记录/再现设备,其中,物镜是有限共轭类型的物镜,用于将从光源发出的发散光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面,并满足下列公式:

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A).$$

47.根据权利要求 46 所述的光学信息记录/再现设备,其中,当 m 是物镜的图像形成放大率时, m 满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B).$$

48.根据权利要求 46 所述的光学信息记录/再现设备,其中,物镜和光源被致动器结合起来,至少被驱动用于进行跟踪。

49.根据权利要求 43 所述的光学信息记录/再现设备,其中,该设备满足下列公式:

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

其中, d 是沿物镜的光轴的透镜厚度,其单位为 mm, f 是焦距,其单位为 mm.

50.根据权利要求 43 所述的光学信息记录/再现设备,其中,物镜的单位为 nm 的设计波长 λ_0 满足下列公式:

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15).$$

51.根据权利要求 43 所述的光学信息记录/再现设备,其中,该设备满足下列公式:

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

其中

X1: 垂直于光轴并与光源侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中光源侧的光学表面即边缘光束入射到其中的光源侧的表面上 NA 的位置之间沿光轴方向的距离,其单位为 mm,其中,在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 X1 的情况下 X1 为正,在沿光源的方向测量 X1 的情况下 X1 为负,

X2: 垂直于光轴并与光学信息记录介质侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中光学信息记录介质侧的光学表面即边缘光束入射到其中的光学信息记录介质侧的表面上 NA 的位置之间沿光轴方向的距离,其单位为 mm,其中,在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 X2 的情况下 X2 为正,在沿光源的方向测量 X2 的情况下 X2 为负,

N: 在设计波长 λ_0 时物镜的折射率,

f: 物镜的焦距,其单位为 mm,以及

m: 物镜的图像形成放大率。

52. 一种包括光学拾取设备的光学信息记录/再现设备,

其中,该光学拾取设备包括:光源;以及会聚光学系统,该系统包括物镜,用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面,以及

该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息,

其中，物镜是在至少一个光学表面上包括环状相结构的塑料单透镜，该环状相结构包括多个环面，并形成使相邻的环面对于入射光产生预先确定的光程差，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

其中，NA 是物镜的图像侧数值孔径，这是对于光学信息记录介质进行信息记录和/或再现所需的，f 是物镜的焦距，其单位为 mm。

53. 根据权利要求 52 所述的光学信息记录/再现设备，其中，环状相结构是具有衍射预先确定的入射光的功能的衍射结构，以及，物镜构成了会聚波阵面，该波阵面由于通过组合衍射效应和折射效应所获得的效应而会聚于信息记录表面上。

54. 根据权利要求 53 所述的光学信息记录/再现设备，其中，物镜具有这样的球面像差特征：当入射光的波长变长时，球面像差在校正更不足的方向变化。

55. 根据权利要求 53 所述的光学信息记录/再现设备，其中，当添加到透射通过衍射结构的波阵面的光程差通过由下列公式定义的光程差函数 Φ_b 来表示时：

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

满足下列公式：

$$-70 < (b_4 \cdot h_{\max}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))^4) < -20 \quad (8A)$$

其中， $b_2, b_4, b_6 \dots$ 分别是第 2 阶、第 4 阶、第 6 阶...光程差函数系数，h 是在其上形成了衍射结构的光学表面距物镜的光轴的高度，以及其中， λ_0 是物镜的设计波长，其单位为 nm， h_{\max} 是在其上面形成了衍射结构的光学表面的有效直径最大高度，其单位为 mm，m 是物镜的图像形成放大率。

56. 根据权利要求52所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 环状相结构通过构成相邻的环面以便在光轴方向彼此移位, 从而对于入射光产生预先确定的光程差, 以及, 物镜构成了会聚波阵面, 该波阵面由于折射效应而会聚于信息记录表面上。

57. 根据权利要求 56 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 当包括光轴的环面叫做中心环面时, 邻近中心环面的外面的环面形成为沿光轴方向移动, 以便具有比中心环面短的光程长度, 在最大有效直径位置处的环面形成为沿光轴方向移动, 以便具有比邻近其内侧的环面长的光程长度, 以及, 在最大有效直径的 75% 的位置处的环面形成为被移动, 以便具有比邻近其内侧的环面和邻近其外侧的环面短的光程长度。

58. 据权利要求 56 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 环面的总数从 3 到 20。

59. 根据权利要求 56 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 当 Δ_j 是在其上面形成了环状相结构的光学表面的有效直径最大高度的 75% 的高度到 100% 的高度的区域中形成的环状相结构中相互邻近的环面的边界处沿光轴方向的步长中任意步长的步长量, 其单位为 μm , 以及 n 是单位为 nm 的设计波长 λ_0 时的物镜的折射率时, 由下列公式代表的 m_j

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

是不小于 2 的整数, 其中 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$, 并且 $\text{INT}(X)$ 是通过 X 进行四舍五入所获得的整数。

60. 根据权利要求 52 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 在下列情况下: 当具有其单位为 nm 的设计波长 λ_0 的光在第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的

RMS 值, 当具有比波长 λ_0 长 5 nm 的单位为 nm 的波长 λ_1 的光在第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 以及当具有单位为 nm 的波长 λ_2 的光在第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$ 的环境温度下入射到物镜时, $W(\lambda_2, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 则由下列公式定义的 $\Delta W1$ 和 $\Delta W2$:

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

满足下列公式:

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

其中

当 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ nm}$ 以及

当 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ nm}$.

61. 根据权利要求 60 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 设备满足下列公式:

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13).$$

62. 根据权利要求 52 所述的光学记录/再现设备, 其中, 物镜是有限共轭类型的物镜, 用于将从光源发出的发散光束会聚到信息记录表面, 并满足下列公式:

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A).$$

63. 根据权利要求 62 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 当 m 是物镜的图像形成放大率时, 设备满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B).$$

64. 根据权利要求 62 所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 物镜和光源被致动器联合起来, 至少被驱动用于进行跟踪。

光学拾取设备的物镜、 光学拾取设备和光学信息记录/再现设备

技术领域

本发明涉及光学拾取设备、光学信息记录/再现设备和它们所使用的物镜，具体来说，涉及能够进行高密度光学信息记录或再现的光学拾取设备、光学信息记录/再现设备，以及它们所使用的物镜。

背景技术

迄今为止，通常使用塑料单透镜作为在用于记录或再现诸如 CD、MD 和 DVD 之类的光学信息记录介质的光学拾取设备或光学信息记录/再现设备中所使用的物镜。

由于与玻璃透镜相比较比密度较低，塑料透镜具有一个优点：可以降低驱动物镜以便聚焦和跟踪的致动器的负担，并在这方面以高速度执行物镜的跟踪。

此外，通过以较高的准确性制造所希望的模子，可以大量生产通过注模法生产的塑料透镜。因此，虽然可以稳定地发挥透镜的高性能，但是，也可以计划降低成本。

顺便提一下，近年来，新的高密度光盘系统的研究/开发已经取得了很大的进步，在这种系统中，使用波长大致为 400 nm 的蓝色-紫色激光二极管光源和数值孔径 (NA) 增强到大致 0.85 的物镜。作为示例，对于 NA 为 0.85 并且光源波长为 405 nm 的执行信息记录/再现的光盘(下面，这样的光盘被称为“高密度 DVD”)，在和 DVD 一样大小的直径为 12 cm 的光盘上，每一面可以记录 20 到 30 GB 的信息 (NA 为 0.6，光源波长为 650 nm，存储容量为 4.7 GB)。

这里，在用于这种高密度 DVD 的光学拾取设备中，在 NA 比较高的物镜是塑料透镜的情况下，伴随温度变化的折射率变化所产生

的球面像差（下面，这样的球面像差被称为“热像差”）会成为问题。由于在折射率的变化方面塑料透镜比玻璃透镜大两个数量级，因此，会发生这样的问题。在用于高密度 DVD 的 NA 为 0.85 的物镜是塑料透镜的情况下，可使用的温度范围变得非常窄，因为热像差与 NA 的四次幂成比例，相应地，这在实际应用中会成为问题。

在 JP Tokukaihei-11-337818A 中，描述了通过使用在其光学面上形成的环状相结构的衍射效应来校正塑料单透镜的这样的热像差的技术。

为了采用此技术校正 NA 为 0.85 的塑料透镜的热像差，必须使在波长的变化中的球面像差曲线的倾角（下面，这样的球面像差曲线的倾角被称为“彩色球面像差”）为大。因此，不可能使用具有由于制造误差而偏离标准波长的发射波长的激光二极管，从而需要选择激光二极管，这又使得成本变高。

下面显示了具有数值的特定示例。其透镜数据在表 1 中显示出的物镜是这样的塑料单透镜：入射光束直径为 3 mm，焦距为 2.5 mm，NA 为 0.6，设计波长为 650 nm，设计温度为 25℃，并通过在第一表面（光源例子的光学面）上形成的环状相结构的衍射效应来校正热像差。另一方面，其透镜数据在表 2 中显示出的物镜是这样的塑料单透镜：入射光束直径为 3 mm，焦距为 1.76 mm，NA 为 0.85，设计波长为 405 nm，设计温度为 25℃，并通过在第一表面上形成的环状相结构的衍射效应来校正热像差，和表 1 的物镜的方式一样。请注意，10 的乘方（例如， 2.5×10^{-3} ）下面将通过使用 E 来表示（例如， $2.5 \times E^{-3}$ ）（包括表中的透镜数据）。

表 1

表面 No.	r(mm)	d(mm)	N650	vd	备注
0		∞			光源
1	1.6603	2.0500	1.54090	56.7	物镜
2	-4.5237	1.0105			
3	∞	0.6000	1.57756	30.0	保护层
4	∞				

非球面系数

	第一表面	第二表面
K	-6.8755E-01	-7.9005E+00
A4	3.0995E-03	4.3885E-02
A6	2.6042E-04	-3.2001E-02
A8	4.5653E-05	1.1954E-02
A10	-1.2223E-04	-1.9590E-03

衍射表面系数

	第一表面
b2	-2.3969E-03
b4	-7.8946E-04

表 2

表面 No.	r(mm)	d(mm)	N405	vd	备注
0		∞			光源
1	1.2099	2.4500	1.56013	56.7	物镜
2	-1.5783	0.3771			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保护层
4	∞				

非球面表面系数

	第一表面	第二表面
K	-7.1214E-01	-4.3724E+01
A4	5.4718E-03	5.2395E-01
A6	5.1672E-03	-1.1813E+00
A8	1.5578E-03	1.2111E+00
A10	1.0499E-03	-5.0156E-01
A12	-1.7777E-04	6.2662E-04
A14	-1.4455E-05	
A16	1.7285E-04	
A18	-2.2142E-05	
A20	-1.2407E-05	

衍射表面系数

	第一表面
b2	-7.6944E-03
b4	-8.9900E-03
b6	1.1465E-03
b8	2.2677E-04
b10	-3.3067E-04

当光轴方向是 x 轴，垂直于光轴的方向的高度为 h ，光学面的曲率半径为 r 时，这样的物镜中的非球面表面由下列公式 1 来表示。请注意， k 是圆锥常数， A_{2i} 是非球面表面系数。

公式 1

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1+K)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_{2i}h^{2i}$$

此外，在这样的物镜中，作为在光学表面上形成的衍射结构的环状的相结构由通过衍射结构添加到发射波正面的光程差来表达。当垂直于光轴的方向的高度是 h ，而 b_{2i} 是衍射表面系数（也被称为光程差函数系数）时，光程差由下列公式 2 定义的光程差函数 Φ_b (mm) 来表达。

公式 2

$$\Phi_b = \sum_{i=1} b_{2i}h^{2i}$$

当基于光程差函数 Φ_b (mm) 的值在物镜的光学面上形成衍射结构时，每次光程差函数 Φ_b (mm) 的值被改变预先确定的波长 λ_B 的 n 倍 (n 只是自然数) 时，形成环面。在本说明书中，“衍射结构在波长 λ_B 和衍射阶 n 被优化”表示衍射结构以这种方法确定，并且波长称为优化波长或生产波长。

表 3 显示了当两个物镜的周围温度提高 30°C 时热像差的 RMS 值，以及当入射波长比设计波长要长 5 nm 时彩色球面像差的 RMS 值。

表 3

	热像差 (+30°C)	彩色球面像差 (+5 nm)
NA0.6	0.010 λ_{rms}	0.003 λ_{rms}
NA0.85	0.014 λ_{rms}	0.057 λ_{rms}

从表 2 中可以看出,甚至在热像差被校正到 $0.010 \lambda_{\text{rms}}$ 的情况下,NA 为 0.6 的物镜将彩色球面像差控制在 $0.003 \lambda_{\text{rms}}$,相应地,可以使用波长偏离 5 nm 的激光二极管。同时,至于 NA 为 0.85 的物镜,当热像差被校正到 $0.014 \lambda_{\text{rms}}$,与 NA 为 0.6 的物镜差不多时,彩色球面像差变成 $0.057 \lambda_{\text{rms}}$,相应地,不能使用波长偏离 5 nm 的激光二极管。在光学拾取设备中用作光源的激光二极管在其发射波长中具有大约 $\pm 5 \text{ nm}$ 的偏差,相应地,需要选择激光二极管,并且在使用 NA 为 0.85 的物镜的情况下,光学拾取设备的生产成本就会上升。

请注意,在表 1 和 2 的物镜中,使伴随温度上升的折射率的变化率都为 -9.0×10^{-5} ,并使伴随温度上升的入射光的波长的变化率分别为 $+0.2 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 和 $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 。

此外,在表 1 的透镜数据中, $r(\text{mm})$ 表示曲率半径, $d(\text{mm})$ 表示表面距离,N650 表示波长为 650 nm 时的折射率, v_d 表示 d 行中的阿贝数,在表 2 的透镜数据中, $r(\text{mm})$ 表示曲率半径, $d(\text{mm})$ 表示表面距离,N405 表示波长为 405 nm 时的折射率, v_d 表示 d 行中的阿贝数。

此外,在使用蓝色-紫色激光二极管产生波长大约为 400 nm 的短波长光作为光源(如在高密度 DVD 的光学拾取设备)的情况下,物镜中产生的纵向色像差会成为问题。在光学拾取设备中,物镜的色像差不视为问题,因为从激光二极管发出的激光具有单一波长(单模式)。然而,实际上,由于温度变化、输出变化等等,会产生被称为“模式跳越”的现象:中心波长会立刻改变几个纳米。由于模式跳越是立刻引起的波长变化,聚焦装置是不能跟踪的,因此,会产生一个问题:当校正物镜的纵向色像差时,添加对应于图像形成位置的移动的散焦部件,且物镜的聚焦能力降低。

由于用作物镜的通用透镜的耗散在 600 nm 到 800 nm 的范围内(这是红外激光二极管和红光激光二极管的波长范围)不是那么大,

因此，由于模式跳跃而导致的物镜的聚焦能力的下降在 CD 和 DVD 中不会成为问题。

然而，由于透镜材料的耗散在 400 nm 的范围内（这是蓝色-天鹅绒激光二极管的波长范围）变得非常大，因此，甚至稍微几个纳米的波长变化都会导致物镜的图像形成位置大大地偏离。因此，在高密度 DVD 中，当激光二极管光源导致模式跳越时，物镜的聚焦能力大大地降低，稳定的记录和再现不可能实现。

发明内容

本发明是在考虑到上文所描述的情况下作出的，其目的在于提供一种塑料单透镜，该塑料单透镜适合作为使用具有高 NA 的物镜的光学拾取设备的物镜，具有足够宽的可用温度范围，并且由于光源的模式跳越而导致的聚焦能力下降轻微。

此外，本发明的目的还在于提供一种塑料单透镜，该塑料单透镜适合作为使用具有高 NA 的物镜的光学拾取设备的物镜，其中，可以使得选择激光二极管光源在光学拾取设备的生产步骤中不必要进行而不会造成彩色球面像差的过度增大，甚至在已经校正热像差以便扩大可用温度范围的情况下。

此外，本发明的目的还在于提供一种其中安装了这种塑料单透镜的光学拾取设备，以及其中安装了该光学拾取设备的光学信息记录/再现设备。

根据第1项所述的光学拾取设备的物镜是用于光学拾取设备的物镜，

其中，光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括物镜，用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面，并且光学拾取设备能够通过用该会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，以及

其中，该物镜是塑料单透镜，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

其中, NA 是将信息记录和/或再现到光学信息记录介质所需的物镜的图像侧的数值孔径, $f(\text{mm})$ 是物镜的焦距。

由于伴随温度上升而产生的塑料单透镜的折射率的变化所带来的球面像差的偏差(热像差)与焦距和 NA 的四次幂成比例地增大。相应地,甚至在增大 NA 以便增加光学信息记录介质的密度的情况下,也可以通过相应地缩小焦距来相对地抑制热像差。因此,对于根据第1项的物镜,通过根据公式(2)设置焦距的上限,甚至在具有满足公式(1)的高 NA 的塑料单透镜的情况下,也可以阻止热像差过度地增大。此外,对于折射类型的塑料单透镜,不可能使热像差完全变为零。然而,可以通过使焦距不超过公式(2)的上限,将光学拾取设备的实际应用的温度范围内的热像差抑制在容许范围内。

另一方面,尽管从抑制热像差的产生量的观点来看,缩小焦距是有利的,但是,从工作距离和图像高度特征的观点来看,过度缩小焦距是不利的。对于具有高 NA 的物镜的设计,将焦距固定对于防止和光学信息记录介质发生冲突是非常重要的问题。当焦距过度缩小时,工作距离也损失该量,这是不利的。当试图获得与具有相对长的焦距的物镜相同的图像高度时,由于到具有相对短的焦距的物镜的入射角增大,像散像差和彗形像差也会降低。相应地,也从图像高度特征的观点来看,缩小物镜的焦距是不利的。因此,根据第1项所述的物镜通过根据公式(2)设置焦距的上限,取得了必要而足够的工作距离和图像高度特征。

根据第2项所述的光学拾取设备的物镜,其中,在根据第1项所述的发明中,当具有波长 λ_0 (nm) (这是其设计波长)的光在环境温度(这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$)下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值,当具有波长 λ_0 (nm) (这是其设计波长)的光在环境温度(这是第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$)下入射到物镜时, $W(\lambda_0, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值,则由下列公式定义的 ΔW :

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

满足下列公式:

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

为了使塑料单透镜能够在光学拾取设备的实际应用的温度范围内使用, 优选情况下提供这样的温度特性: 使焦距不超过公式 (2) 的上限, 因此满足公式 (4)。因此, 通过在光学拾取设备的实际应用的温度范围内使用塑料单透镜, 对于光学信息记录介质可以执行良好的信息记录/再现。

根据第3项所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 在根据第1或2项所述的光学拾取设备的物镜中, 光学物镜的设计波长 λ_0 不超过 500 nm, 在下列情况下, 当波长为 λ_0 (nm) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时, $fB(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的后焦距, 当波长为 λ_1 (nm) (这比波长 λ_0 长 5 nm) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时, $fB(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的后焦距, 则由下列公式定义的 ΔfB

$$\Delta fB = |fB(\lambda_1, T_0) - fB(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

满足下列公式:

$$\Delta fB < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

由于激光二极管的模式跳越造成的纵向色像差与焦距成比例地增大。相应地, 例如, 甚至在使用蓝色-紫色激光二极管作为光源的情况下, 也可以在焦距相应缩小时相对地抑制纵向色像差。至于折射类型的单透镜, 不可能使色像差完全为零。然而, 当在物镜中使得在将入射波长增大 5 nm 时后焦距的偏差小于 0.001 mm (公式 (6)) 时, 如根据第3项所述的物镜, 其中, 焦距被这样设置, 以便满足公式 (2), 并且使用蓝色-紫色激光二极管作为光源, 对于由于蓝色-紫色激光二极管的模式跳越造成的波长的偏差, 可以使包括散焦分量的波阵面像差的偏差被抑制为小于 $0.035 \lambda_{rms}$ 。因此, 甚至在从再现条件切换到记录条件时产生了模式跳越的情况下, 聚焦能力也不会显著降低。

根据第4项所述的光学拾取设备的物镜, 其中, 在根据第1-3项中

的任何一项所述的发明中，物镜是有限共轭类型的物镜，用于将从光源发出的发散光束聚焦到光学信息记录介质的信息记录表面，并满足下列公式：

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

根据第4项所述的物镜，在优选情况下作为要求小型化的光学拾取设备的物镜，例如，可以用作安装在便携式光盘播放器中的光学拾取设备的物镜。为了获得图像形成放大率为 m 并且亮度与无限类型的物镜差不多的有限共轭类型的物镜，必须设计亮度为无限类型的物镜的图像侧数值孔径的 $(1-m)$ 倍的透镜。在物镜是有限共轭类型，该物镜将从光源发出的发散光束聚焦到光学信息记录介质的信息记录表面的情况下， m 的符号为负，且图像侧的基本数值孔径变得大于无限类型的物镜的图像侧的数值孔径。相应地，当使用有限共轭类型的物镜作为塑料单透镜时，使热像差大于无限类型的物镜。在根据第4项所述的物镜中，通过使焦距的上限远比公式 (2) 小，并如公式 (6A) 那样进行设置，甚至在具有高 NA 并且 NA 满足公式 (1) 的有限共轭类型的塑料单透镜的情况下，也可以将热像差抑制在实际应用的容许范围内。在用于聚焦发散光束的有限共轭类型的物镜中，与具有相同焦距的无限类型的物镜相比，工作距离变得更大。相应地，作为根据第4项所述的物镜，也是在使焦距的上限远比公式 (2) 小的情况下，从获得工作距离的观点来看是不利的。

根据第5项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在根据第4项所述的发明中，当 m 是物镜的图像形成放大率时， m 满足下列公式：

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

当图像形成放大率 m 大于上文所描述的公式 (6B) 的下限时，甚至满足上文所描述的公式 (6A) 的具有短焦距的物镜也可以获得足够的工作距离。另一方面，当图像形成放大率 m 小于公式 (6B) 的上限时，也可以将热像差抑制在实际应用的容许范围内，因为图像侧的基本数值孔径不会过度地增大。

根据第6项所述的用于光学拾取设备的物镜是用于光学拾取设备

的物镜，其中，光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面的物镜，并且该光学拾取设备能够通过用该会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，

其中，物镜是在至少一个光学表面上包括环状相结构的塑料单透镜，该环状相结构包括多个环面，并形成以便相邻的环面对入射光产生预先确定的光程差，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

其中，NA 是物镜的图像侧的数值孔径，这是对于光学信息记录介质进行信息记录和/或再现所需的，f(mm) 是物镜的焦距。

在其中数值孔径 NA 满足公式 (7) 的塑料物镜中，在通过在光学表面上形成的环状相结构的效应来校正由伴随温度上升导致的折射率变化所产生的球面像差（热像差）的情况下，波长的变化中的球面像差曲线的倾角（彩色球面像差）过度地变大。相应地，不可能使用具有由于制造误差而偏离标准波长的发射波长的激光二极管，从而需要选择激光二极管。

如上所述，由于塑料物镜的折射率的变化所带来的球面像差的偏差与焦距和 NA 的四次幂成比例地增大。相应地，甚至在增大 NA 以便增加光学信息记录介质的密度的情况下，也可以通过相应地缩小焦距来相对地抑制由于物镜的折射率变化所产生的球面像差。

对于根据第6项所述的物镜，可以阻止彩色球面像差在校正热像差之后过度地增大，因为通过根据公式 (8) 设置焦距的上限，使由于环状相结构的效应所带来的热像差的校正量被抑制为低。结果，对于其中安装了本发明的物镜的光学拾取设备，可以降低生产成本，因为在生产步骤中不必选择激光二极管。同时，尽管从抑制热像差的产生量的观点来看，缩小焦距是有利的，但是，从工作距离和图像高度特征的观点来看，过度的缩小焦距是不利的。因此，本发明的物镜通过

根据公式 (8) 设置焦距的上限, 获得了必要而足够的工作距离和图像高度特征。

在本说明书中, 从狭义上来讲, 物镜表示具有聚焦能力的透镜, 其位于与光学信息记录介质最近的位置, 并在光记录介质装入光学拾取设备的状态下与光学信息记录介质面相对, 从广义上来讲, 物镜是至少在光轴方向上能够被致动器驱动的透镜。相应地, 在本说明书中, 光学信息记录介质侧 (图像侧) 上的物镜的数值孔径表示位于与光学信息记录介质最近的物镜的透镜表面的数值孔径。还是在本说明书中, 需要的 (预先确定的) 数值孔径表示通过相应的光学信息记录介质的标准调节的数值孔径, 或具有衍射限制能力的物镜的数值孔径, 能够根据相应的光学信息记录介质所使用的光源的波长, 获得记录或再现信息所需的光点尺寸。

还是在本说明书中, 信息的记录表示在类似于上文所描述的光学信息记录介质的信息记录表面上记录信息。在本说明书中, 信息的再现表示再现在类似于上文所描述的光学信息记录介质的信息记录表面上记录的信息。本发明的物镜可以用于只进行记录或只进行再现, 也可以用于既进行记录又进行再现。可以用于对于某一光学信息记录介质进行记录并对于另一光学信息记录介质进行再现, 或者, 可以用于对于某一光学信息记录介质进行记录或再现, 而对于另一光学信息记录介质进行记录和再现。这里的术语“再现”只包括读取信息。

对于根据第7项所述的光学拾取设备的物镜, 在根据第6项所述的发明中, 环状相结构是具有衍射预先确定的入射光的功能的衍射结构, 且物镜构成了会聚波阵面, 该波阵面由于通过组合衍射效应和折射效应而获得的效应聚焦于信息记录表面上, 并且有效地执行上文所描述的操作, 因此是优选的。

根据第8项所述的光学拾取设备的物镜具有这样的球面像差特征, 当入射光的波长变为根据第7项所述的发明中的比较长的波长时, 球面像差在校正不足的方向变化。

因为塑料单透镜的折射率通常由于温度上升而降低, 因此, 球面

像差在过度校正的方向变化。同时，激光二极管的发射波长通常具有随着温度上升而在增大方向中变化的倾向。相应地，通过提供由于衍射结构的效应而具有上文所描述的球面像差特征的物镜，通过伴随温度上升的折射率变化被过度校正的球面像差变化，可以借助于通过由于温度上升导致的激光二极管的发射波长的变化被校正不足的球面像差的变化来加以平衡。甚至对于高 NA 塑料单透镜，由于本发明的物镜具有满足公式 (8) 的焦距，因为衍射结构的效应而导致的热像差的校正量小，且在校正热像差之后的彩色球面像差不会变得过大。

在本说明书中，在其上面形成了衍射结构的光学表面(衍射表面)是这样的表面，通过为光学元件的表面(例如，透镜的表面)提供凸纹而获得衍射入射光束的效应，并且在同一个光学表面上有用于产生衍射的区域和不用于产生衍射的区域的情况下，是用于产生衍射的区域。衍射结构或衍射图形是用于产生衍射的区域。作为凸纹的形状，例如，作为以光轴为中心的基本上同心的环表面在光学元件上形成形状，当看到包括光轴的平面的部分时，对于相应的环表面，已知有锯齿或阶梯式形状，同时也包括了这些形状。

此外，从在其上形成衍射结构的光学表面(衍射表面)产生了数不清的衍射光：第 0 阶衍射光、 ± 1 阶衍射光、 ± 2 阶衍射光……。例如，在具有凸纹(其子午线部分是如上所述的锯齿形)的衍射表面的情况下，凸纹的形状可以设置成使特定阶的衍射效率高于其他阶的衍射效率，而在某些情况下，使一个特定阶(例如，+1阶的衍射光)的衍射效率几乎为 100 %。在本发明中，“衍射结构在波长 λ_B 和衍射阶 n 被优化”表示设置衍射结构(凸纹)的形状，以便当使波长为 λ_B 的光为入射光时，衍射阶 n 的衍射光的衍射效率从理论上讲变为 100 %。

根据第9项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在根据第7或8项所述的发明中，当添加到通过衍射结构的波阵面的光程差通过由下列公式定义的光程差函数 Φ_0 来表示时：

$$\Phi_0 = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

(其中, $b_2, b_4, b_6 \dots$ 分别是第2阶、第4阶、第6阶...光程差函数系数), 满足下列公式:

$$-70 < (b_4 \cdot h_{\max}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))^4) < -20 \quad (8A)$$

其中, λ_0 (nm) 是物镜的设计波长, h_{\max} 是在其上面形成了衍射结构的 optical 表面的有效直径最大高度 (mm), m 是物镜的图像形成放大率。

本发明的光学拾取设备的物镜优选情况下这样设计: 以便第四阶光程差函数系数 b_4 、在其上面形成了衍射结构的 optical 表面的有效直径最大高度 h_{\max} 、图像形成放大率 m 、焦距 f 和图像侧数值孔径 NA 满足上文所描述的公式 (8A) 的条件。此条件是为了改善其中形成了衍射结构的塑料透镜中的热像差的校正和彩色球面像差的产生量的平衡的条件。在超过上面的公式的下限的情况下, 彩色球面像差的产生量不会过度地增大, 因为热像差不会被过度校正, 相应地, 甚至可以使用具有由于制造误差而偏离标准波长的发射波长的激光二极管, 并可以减轻激光二极管的选择条件, 从而降低成本。同时, 在低于上面的公式的上限的情况下, 可以提供宽的温度范围, 在该范围内, 可以使用具有高 NA 的塑料透镜, 因为由具有高 NA 的塑料透镜的折射率变化所产生球面像差可以用由激光二极管的波长变化所产生的球面像差加以平衡。

对于根据第10项所述的光学拾取设备的物镜, 在根据第6项所述的发明中, 环状相结构通过构成相邻的环面以便在光轴方向彼此移位, 对于入射光产生预先确定的光程差, 并且物镜构成了会聚波阵面, 该波阵面由于折射效应而聚焦于信息记录表面上, 并且有效地执行上文所描述的操作, 因此这是优选的。

根据第11项所述的光学拾取设备的物镜, 在根据第6项所述的发明中, 至少包括一个环面, 该环面这样形成, 以便与更靠近光轴一侧附近的环面相比, 其向内侧移动, 以及至少包括一个环面, 该环面这样形成, 以便在与更靠近光轴一侧附近的环面相比, 其向外侧移动, 以及, 被形成为与更靠近光轴一侧附近的环面相比向内侧移动的环面,

要比被形成为与更靠近光轴一侧附近的环面相比向外侧移动的环面更靠近光轴，并且热像差可以通过以这种方法配置环状相结构来很好地校正，因此，它是优选的。

根据第12项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在根据第10或11项所述的发明中，环面的总数从3到20。

根据第13项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在根据第10-12项中的任何一项所述的发明中，当 $\Delta_j(\mu\text{m})$ 是在其上面形成了环状相结构的 optical 表面的有效直径最大高度的 75% 的高度到 100% 的高度的区域中形成的环状相结构中的相互邻近的环面的边界处沿光轴方向的步长中的任意步长的步长量， n 是设计波长 $\lambda_0(\text{nm})$ 时的物镜的折射率时，由下列公式代表的 m_j

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(其中 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ 和 $\text{INT}(X)$ 是通过将 X 进行四舍五入所获得的整数) 是不小于 2 的整数。

根据第10和11项所述的物镜中，环面的总数从3到20，另外，当 $\Delta_j(\mu\text{m})$ 是在其上面形成了环状相结构的 optical 表面的有效直径最大高度的 75% 的高度到 100% 的高度的区域中形成的环状相结构中的相互邻近的环面边界处沿光轴方向的步长中的任意步长的步长量，并且 n 是设计波长 $\lambda_0(\text{nm})$ 时的物镜的折射率时，由上文所描述的 (8B) 代表的 m_j 是不小于 2 的整数，模压物镜的模压过程变得很容易，为模压过程所花费的时间可以缩短，因为可以在垂直于光轴的方向获得环面的较大宽度。

这里，在于第一表面（光源侧的 optical 表面）形成了环状相结构的情况下，形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，向内侧移动”表示形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，沿第二表面（光学信息记录介质侧的 optical 表面）的方向移动”，以及，形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，向外侧移动”表示形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，沿与第二表面（光学信息记录介质侧的 optical 表面）的

方向相反的方向移动”。此外，在于第二表面（光学信息记录介质侧的光学表面）形成了环状相结构的情况下，形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，向内侧移动”表示形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，沿第一表面（光源侧的光学表面）的方向移动”，以及，形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，向外侧移动”表示形成为“与更靠近光轴一侧附近的环面相比，沿与第一表面（光源侧的光学表面）的方向相反的方向移动”。

根据第14项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在第6-13项中的任何一项所述的发明中，当具有波长 λ_0 (nm)（这是其设计波长）的光在环境温度（这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ ）下入射到物镜时 $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，当具有波长 λ_1 (nm)（这比波长 λ_0 长 5 nm）的光在环境温度（这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$ ）下入射到物镜时 $W(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，以及当具有波长 λ_2 (nm) 的光在环境温度（这是第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$ ）下入射到物镜时 $W(\lambda_2, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，则由下列公式定义的 $\Delta W1$ 和 $\Delta W2$ ：

$$\Delta W1 = | W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0) | \quad (9)$$

$$\Delta W2 = | W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0) | \quad (10)$$

满足下列公式：

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

其中

当 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ 时， $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ 以及

当 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ 时， $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ 。

在具有高 NA 的塑料透镜中，当通过在光学表面上形成的环状相结构的效应来完全校正热像差时，甚至在焦距满足公式 (8) 的情况下彩色球面像差也会过度增大，并且不可能使用具有偏离标准波长的发射波长的激光二极管，相应地，在透镜的设计中，必须将热像差的校正和彩色球面像差的产生量加以平衡。这里，公式 (9) 是对应于在

温度上升 30℃ 的情况下的热像差的公式，公式 (10) 是对应于在入射光的波长变化 5 nm 的情况下的彩色球面像差的公式。对于本发明的物镜，优选情况下，热像差、彩色球面像差以及彩色球面像差和热像差的总的像差满足公式 (11) 和 (12) 以及稍后描述的公式 (13)。

作为根据第14项所述的物镜， $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ ， $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ 的条件对应于由于蓝色-紫色激光二极管的温度上升而导致的发射波长的变化 (+0.05 nm /°C)，以及 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ ， $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ 的条件对应于由于红光激光二极管的温度上升而导致的发射波长的变化 (+0.2 nm /°C)。

在本说明书中，物镜的设计波长是在使各种波长的光在相同条件（图像形成放大率、温度、入射光束直径等等）下入射到物镜的情况下使物镜的残余像差最小的波长。此外，在本说明书中，物镜的设计温度是在测量相同条件（图像形成放大率、波长、入射光束直径等等）下各种环境温度中的物镜的残余像差的情况下使物镜的残余像差最小的温度。

根据第15项所述的光学拾取设备的物镜，其中，根据第14项所述的发明中的物镜满足下列公式，因此，它是优选的。

$$\sqrt{((\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2)} < 0.05\lambda_{rms} \quad (13)$$

根据第16项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在第6-15项中的任何一项所述的发明中，物镜是有限共轭类型的物镜，用于将从光源发出的发散光束聚焦到信息记录表面，并满足下列公式：

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

本发明的操作和效果与第4项所述的发明的操作和效果相同。

根据第17项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在第16项所述的发明中，当 m 是物镜的图像形成放大率时，物镜满足下列公式：

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

本发明的操作和效果与第5项所述的发明的操作和效果相同。

根据第18项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在第1-17项中的

任何一项所述的发明中，物镜满足下列公式：

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

其中， d (mm) 是沿物镜的光轴的透镜厚度， f (mm) 是焦距。

公式 (14) 是在具有小直径的高 NA 物镜 (其中，焦距满足公式 (2)、(6A)、(8) 和 (13A)) 中获得良好的图像高度特征、足够的生产容差和足够的工作距离的条件，并有一个优点：当 d/f 的值大于公式 (14) 的下限时，在通过波阵面像差评估图像高度特征时第三阶像散分量不会过度地增大，并且等于或大于第五阶的高阶彗形像散分量不会过度地增大。同时，有一个优点：在通过波阵面像差评估图像高度特征时第三阶球面像散分量、第五阶像散分量、第三阶彗形像散分量和象散差不会过度地增大。此外，由于光源侧的光学表面的齿轮半径不会过度地缩小，因此，可以抑制由于光学表面的光轴偏差而产生的彗形像差并获得足够的生产容差。当 d/f 的值大于公式 (14) 的下限时，可以抑制由于模压而产生的双折射，因为获得了足够的边缘厚度，且不均匀的厚度比不会过度地变小，同时，当 d/f 的值大于公式 (14) 的上限时，可以使透镜变轻而由较小的致动器进行驱动，并且可以获得足够的工作距离，因为透镜厚度不会过度地增大。

对于根据第19项所述的光学拾取设备的物镜，在第1-18项中的任何一项所述的发明中，物镜的设计波长 λ_0 (nm) 满足下列公式，并可以将它用于配备有诸如蓝色-紫色激光二极管之类的短波长光源的光学拾取设备。

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

根据第20项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在第1-19项中的任何一项所述的发明中，物镜满足下列公式：

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

其中

$X1$: 垂直于光轴并与光源侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外圈部分中的光源侧的光学表面 (在边缘光束入射到其中的光源侧的表面上 NA 的位置) 之间的光轴方向的距离 (mm)，其

中，在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 $X1$ 的情况下 $X1$ 为正，在沿光源的方向测量 $X1$ 的情况下 $X1$ 为负，

$X2$: 垂直于光轴并与光学信息记录介质侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中的光学信息记录介质侧的光学表面（在边缘光束入射到其中的光学信息记录介质侧的表面上 NA 的位置）之间的光轴方向的距离 (mm)，其中，在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 $X2$ 的情况下 $X2$ 为正，在沿光源的方向测量 $X2$ 的情况下 $X2$ 为负，

N : 在设计波长 λ_0 时物镜的折射率，

f : 物镜的焦距 (mm)，以及

m : 物镜的图像形成放大率。

第20项调节了与光源侧的光学表面和光学信息记录介质侧的光学表面的下垂相关的条件公式，以便较好地校正球面像差。当按如上文所描述的方式定义的 $X1$ 是正值并且其绝对值较小时，或当按如上文所描述的方式定义的 $X2$ 是负值并且其绝对值较小时，过度校正边缘光束的球面像差的效果变高，以及，当按如上文所描述的方式定义的 $X1$ 是正值并且其绝对值较大时，或当按如上文所描述的方式定义的 $X2$ 是负值并且其绝对值较大时，对边缘光束的球面像差校正不足的效果变高，因此，必须将 $(X1-X2)$ 限制在某一范围内，以便校正球面像差。从上文可以看出，优选情况下满足公式 (16)，当大于下限时，边缘光束不会过度地过校正，当小于上限时，边缘光束不会过度地校正不足。具体来说，在采用无限类型的物镜（其中，在设计波长为 λ_0 时图像形成放大率为零）的情况下，优选地满足下列公式：

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.55 \quad (16')$$

此外，在采用有限共轭类型的用于将从光源发出的发散光束聚焦到信息记录表面上的物镜的情况下，优选地满足下列公式：

$$0.48 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16'')$$

根据第21项所述的光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括物镜，用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质

的信息记录表面，并且该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，

其中，物镜是塑料单透镜，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

其中，NA 是将信息记录和/或再现到光学信息记录介质所需的物镜的图像侧数值孔径，f(mm) 是物镜的焦距。

本发明的操作和效果与第1项所述的发明的操作和效果相同。

根据第22项所述的光学拾取设备，其中，在根据第21项所述的发明中，当具有波长 λ_0 (nm) (这是其设计波长) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，以及当具有波长 λ_0 (nm) (这是其设计波长) 的光在环境温度 (这是第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_0, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，则由下列公式定义的 ΔW ：

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

满足下列公式：

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

本发明的操作和效果与第2项所述的发明的操作和效果相同。

根据第23项所述的光学拾取设备，其中，在根据第21或22项所述的发明中，光学物镜的设计波长 λ_0 不超过 500 nm，在下列情况下，当波长为 λ_0 (nm) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $fB(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的后焦距，以及当波长为 λ_1 (nm) (这比波长 λ_0 长 5 nm) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $fB(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的后焦距，由下列公式定义的 ΔfB

$$\Delta fB = |fB(\lambda_1, T_0) - fB(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

满足下列公式：

$$\Delta fB < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

本发明的操作和效果与第3项所述的发明的操作和效果相同。

根据第24项所述的光学拾取设备，其中，在第21-23项中的任何一项所述的发明中，物镜是有限共轭类型的物镜，用于将从光源发出的发散光束聚焦到光学信息记录介质的信息记录表面，并满足下列公式：

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

本发明的操作和效果与第4项所述的发明的操作和效果相同。

根据第25项所述的光学拾取设备，其中，在根据第24项所述的发明中，当 m 是物镜的图像形成放大率时， m 满足下列公式：

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

本发明的操作和效果与第5项所述的发明的操作和效果相同。

根据第26项所述的光学拾取设备，其中，在根据第24或25项所述的发明中，物镜和光源被致动器结合起来，至少被驱动，以便进行跟踪。

在向其入射了发散光束的有限共轭类型的物镜中，由跟踪误差所产生的彗形像差是一个问题。理由是，当物镜由于跟踪误差从光源的发射点偏心时，发出点变成物镜的高轴物点。尽管在普通光学拾取设备中由于跟踪误差而导致的物镜的偏心大约为 0.2 到 0.3 mm，但是，本发明的物镜是满足上文所描述的公式 (6A) 的具有短焦距的透镜，相应地，会显著产生彗形像差和像散差，并且当物镜由于跟踪误差而偏心大约 0.2 到 0.3 mm 时，不可能对光学信息记录介质执行良好的记录/再现。因此，根据第22项所述的光学拾取设备被配置为使物镜和光源被致动器结合起来，至少被驱动，以便进行跟踪。因此，可以解决由于跟踪误差所产生的彗形像差和像散差的问题。

根据第27项所述的光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括物镜，用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面，并且该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，

其中，物镜是至少在一个光学表面上包括环状相结构的塑料单透镜，环状相结构包括多个环面，并形成使相邻的环面对于入射光产生预先确定的光程差，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

其中，NA 是物镜的图像侧数值孔径，这是对于光学信息记录介质进行信息记录和/或再现所需的，f(mm) 是物镜的焦距。

本发明的操作和效果与第6项的操作和效果相同。

根据第28项所述的光学拾取设备，其中，在根据第27项所述的发明中，环状相结构是具有衍射预先确定的入射光的功能的衍射结构，并且物镜构成了会聚波阵面，该波阵面由于通过组合衍射效应和折射效应所获得的效应而被聚焦于信息记录表面上。本发明的操作和效果与第7项的操作和效果相同。

根据第29项所述的光学拾取设备，其中，在根据第28项所述的发明中，物镜具有这样的球面像差特征：当入射光的波长变为比较长的波长时，球面像差在校正不足的方向变化。本发明的操作和效果与第8项的操作和效果相同。

根据第30项所述的光学拾取设备，其中，在根据第28或29项所述的发明中，当添加到通过衍射结构的波阵面的光程差通过由下列公式定义的光程差函数 Φ_b 来表示时：

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

其中， $b_2, b_4, b_6 \dots$ 分别是第2阶、第4阶、第6阶...光程差函数系数)，满足下列公式：

$$-70 < (b_4 \cdot h_{\max}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))^4) < -20 \quad (8A)$$

其中， λ_0 (nm) 是物镜的设计波长， h_{\max} 是在其上面形成了衍射结构的光学表面的有效直径最大高度 (mm)，m 是物镜的图像形成放大率。本发明的操作和效果与第9项的操作和效果相同。

根据第31项所述的光学拾取设备，其中，在根据第27项所述的发明中，环状相结构通过构成相邻的环面以便在光轴方向彼此移位，从

而对于入射光产生预先确定的光程差，物镜构成了会聚波阵面，该波阵面由于折射效应而聚焦于信息记录表面上。本发明的操作和效果与第10项的操作和效果相同。

根据第32项所述的光学拾取设备，其中，在根据第31项所述的发明中，当包括光轴的环面叫做中心环面时，邻近中心环面外面的环面形成为沿光轴方向移动，以便具有比中心环面更短的光程长度，在最大有效直径位置处的环面形成为沿光轴方向移动，以便具有比邻近其内侧的环面更长的光程长度，在最大有效直径的 75% 的位置处的环面被形成为移动，以便具有比邻近其内侧的环面和邻近其外侧的环面更短的光程长度。本发明的操作和效果与第11项的操作和效果相同。

根据第33项所述的光学拾取设备，其中，在根据第21或22项所述的发明中，环面的总数从 3 到 20。本发明的操作和效果与第12项的操作和效果相同。

根据第34项所述的光学拾取设备，其中，在根据第21-23项中的任何一项所述的发明中，当 $\Delta_j(\mu\text{m})$ 是在其上面形成了环状相结构的光学表面的有效直径最大高度的 75% 的高度到 100% 的高度的区域中形成的环状相结构中相互邻近的环面的边界处沿光轴方向的步长中的任意步长的步长量， n 是设计波长 $\lambda_0(\text{nm})$ 时的物镜的折射率时，由下列公式代表的 m_j

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(其中 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ 和 $\text{INT}(X)$ 是通过将 X 进行四舍五入所获得的整数) 是不小于 2 的整数。本发明的操作和效果与第13项的操作和效果相同。

根据第35项所述的光学拾取设备，其中，在根据第27-37项中的任何一项所述的发明中，当具有波长 $\lambda_0(\text{nm})$ (这是其设计波长) 的光在环境温度(这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$)下入射到物镜时 $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，当具有波长 $\lambda_1(\text{nm})$ (这比波长 λ_0 长 5 nm) 的光在环境温度(这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$)下入射到物镜

时 $W(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 以及当具有波长 λ_2 (nm) 的光在环境温度 (这是第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_2, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值, 由下列公式定义的 $\Delta W1$ 和 $\Delta W2$:

$$\Delta W1 = | W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0) | \quad (9)$$

$$\Delta W2 = | W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0) | \quad (10)$$

满足下列公式:

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

其中

当 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ 以及

当 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ 。

本发明的操作和效果与第 14 项的操作和效果相同。

优选情况下, 根据第 36 项所述的光学拾取设备满足根据第 35 项所述的发明中的下列公式:

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

本发明的操作和效果与第 15 项的操作和效果相同。

在根据第 37 项所述的光学拾取设备中, 在根据第 27-36 项中的任何一项所述的本发明中, 物镜是有限共轭类型的物镜, 用于将从光源发出的发散光束聚焦到信息记录表面, 并满足下列公式:

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

本发明的操作和效果与第 16 项的操作和效果相同。

根据第 38 项所述的光学拾取设备, 当 m 是根据第 37 项所述的发明中的物镜的图像形成放大率时, 满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

本发明的操作和效果与第 17 项的操作和效果相同。

根据第 39 项所述的光学拾取设备, 其中, 在根据第 37 或 38 项所述的发明中, 物镜和光源被致动器结合起来, 至少被驱动, 以便进行跟踪。本发明的操作和效果与第 26 项的操作和效果相同。

根据第 40 项所述的光学拾取设备, 满足第 21-39 项中的任何一项所述的发明中的下列公式:

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

其中, d (mm) 是沿物镜的光轴的透镜厚度, f (mm) 是焦距。

本发明的操作和效果与第 18 项的操作和效果相同。

根据第 41 项所述的光学拾取设备, 其中, 在第 21-40 项中的任何一项所述的发明中, 物镜的设计波长 λ_0 (nm) 满足下列公式:

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

本发明的操作和效果与第 19 项的操作和效果相同。

根据第 42 项所述的光学拾取设备满足第 21-41 项中的任何一项所述的发明中的下列公式:

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{1 + |m|}) \leq 0.63 \quad (16)$$

其中

X1: 垂直于光轴并与光源侧光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中的光源侧的光学表面 (边缘光束入射到其中的光源侧的表面上 NA 的位置) 之间沿光轴方向的距离 (mm), 其中, 在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 X1 的情况下其为正, 在沿光源的方向测量 X1 的情况下其为负,

X2: 垂直于光轴并与光学信息记录介质侧光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中的光学信息记录介质侧的光学表面 (边缘光束入射到其中的光学信息记录介质侧的表面上 NA 的位置) 之间沿光轴方向的距离 (mm), 其中, 在参考正切面在光学信息记录介质的方向测量 X2 的情况下其为正, 在光源的方向测量 X2 的情况下其为负,

N: 在设计波长 λ_0 时的物镜的折射率,

f: 物镜的焦距 (mm), 以及

m: 物镜的图像形成放大率。

本发明的操作和效果与第 20 项的操作和效果相同。

根据第 43 项所述的光学信息记录/再现设备包括光学拾取设备，该光学拾取设备包括：光源；以及会聚光学系统，该系统包括物镜，用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面，并且该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息，其中，物镜是塑料单透镜，并满足下列公式：

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

其中，NA 是将信息记录和/或再现到光学信息记录介质所需的物镜的图像侧的数值孔径， f (mm) 是物镜的焦距。

本发明的操作和效果与第 1 项的操作和效果相同。

根据第 44 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在根据第 43 项所述的发明中，当具有波长 λ_0 (nm) (这是其设计波长) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，以及当具有波长 λ_0 (nm) (这是其设计波长) 的光在环境温度 (这是第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_0, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，则由下列公式定义的 ΔW ：

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

满足下列公式：

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

本发明的操作和效果与第 2 项的操作和效果相同。

根据第 45 项所述的光学拾取设备，其中，在根据第 43 或 44 项所述的发明中，光学物镜的设计波长 λ_0 不超过 500 nm，在下列情况下：当波长为 λ_0 (nm) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $fB(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的后焦距，当波长为 λ_1 (nm) (这比波长 λ_0 长 5 nm) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $fB(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的后焦距，则由下列公式定义的 ΔfB

$$\Delta fB = |fB(\lambda_1, T_0) - fB(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

满足下列公式:

$$\Delta fB < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

本发明的操作和效果与第3项的操作和效果相同。

根据第46项所述的光学信息记录/再现设备,其中,在根据第43-45项中的任何一项所述的发明中,物镜是有限共轭类型的物镜,用于将从光源发出的发散光束聚焦到光学信息记录介质的信息记录表面,并满足下列公式:

$$0.8 > f > 0.2 \quad (6A)$$

本发明的操作和效果与第4项的操作和效果相同。

根据第47项所述的光学信息记录/再现设备,其中,在根据第46项所述的发明中,当 m 是物镜的图像形成放大率时, m 满足下列公式:

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (6B)$$

本发明的操作和效果与第5项的操作和效果相同。

根据第48项所述的光学信息记录/再现设备,其中,在根据第46或47项所述的发明中,物镜和光源被致动器结合起来,至少被驱动用于进行跟踪。本发明的操作和效果与第26项的操作和效果相同。

根据第49项所述的光学信息记录/再现设备,包括光学拾取设备,该光学拾取设备包括:光源;以及会聚光学系统,该系统包括物镜,用于将从光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面,并且该光学拾取设备能够通过用会聚光学系统将光源发出的光束会聚到光学信息记录介质的信息记录表面来记录和/或再现信息,其中,物镜是在至少一个光学表面上包括环状相结构的塑料单透镜,环状相结构包括多个环面,并形成使得相邻的环面对于入射光产生预先确定的光程差,并满足下列公式:

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

其中, NA 是物镜的图像侧的数值孔径,这是对于光学信息记录

介质进行信息记录和/或再现所需的， $f(\text{mm})$ 是物镜的焦距。

本发明的操作和效果与第 6 项的操作和效果相同。

根据第 50 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在根据第 49 项所述的发明中，环状相结构是具有衍射预先确定的入射光的功能的衍射结构，物镜构成了会聚波阵面，该波阵面由于通过组合衍射效应和折射效应所获得的效应而聚焦于信息记录表面上。本发明的操作和效果与第 7 项的操作和效果相同。

根据第 51 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在根据第 50 项所述的发明中，物镜具有这样的球面像差特征：当入射光的波长变为较长的波长时，球面像差在校正不足的方向变化。本发明的操作和效果与第 8 项的操作和效果相同。

根据第 52 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在根据第 50 或 51 项所述的发明中，当添加到透射通过衍射结构的波阵面的光程差通过由下列公式定义的光程差函数 Φ_b 来表示时：

$$\Phi_b = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 + b_6 \cdot h^6 + \dots$$

其中， $b_2, b_4, b_6 \dots$ 分别是第 2 阶、第 4 阶、第 6 阶...光程差函数系数)，满足下列公式：

$$-70 < (b_4 \cdot h_{\text{MAX}}^4) / (f \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6} \cdot (NA \cdot (1-m))^4) < -20 \quad (8A)$$

其中， λ_0 (nm) 是物镜的设计波长， h_{MAX} 是在其上面形成了衍射结构的光学表面的有效直径最大高度 (mm)， m 是物镜的图像形成放大率。本发明的操作和效果与第 9 项的操作和效果相同。

根据第 53 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在根据第 49 项所述的发明中，环状相结构通过构成相邻的环面以便在光轴方向彼此移位，从而对于入射光产生预先确定的光程差，物镜构成了会聚波阵面，该波阵面由于折射效应而聚焦于信息记录表面上。本发明的操作和效果与第 10 项的操作和效果相同。

根据第 54 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在根据第 53 项所述的发明中，当包括光轴的环面叫做中心环面时，邻近中心环面外面的环面形成为沿光轴方向移动，以便具有比中心环面更短的光程

长度，在最大有效直径位置处的环面形成为沿光轴方向移动，以便具有比邻近其内侧的环面更长的光程长度，在最大有效直径的 75% 的位置的环面被形成为移动，以便具有比邻近其内侧的环面和邻近其外侧的环面更短的光程长度。本发明的操作和效果与第 11 项的操作和效果相同。

根据第 55 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在根据第 53 或 54 项所述的发明中，环面的总数从 3 到 20。本发明的操作和效果与第 12 项的操作和效果相同。

根据第 56 项所述的光学拾取设备的物镜，其中，在根据第 53-55 项中的任何一项所述的发明中，当 $\Delta_j(\mu\text{m})$ 是在其上面形成了环状相结构的光学表面的有效直径最大高度的 75% 的高度到 100% 的高度的区域中形成的环状相结构中相互邻近的环面的边界处沿光轴方向的步长中的任意步长的步长量，以及 n 是设计波长 $\lambda_0(\text{nm})$ 时物镜的折射率时，由下列公式代表的 m_j

$$m_j = \text{INT}(X) \quad (8B)$$

(其中 $X = \Delta_j \cdot (n-1) / (\lambda_0 \cdot 10^{-3})$ 和 $\text{INT}(X)$ 是通过将 X 进行四舍五入所获得的整数) 是不小于 2 的整数。本发明的操作和效果与第 13 项的操作和效果相同。

根据第 57 项所述的光学信息记录/再现设备，其中，在第 49-56 项中的任何一项所述的发明中，在下列情况下，当具有波长 $\lambda_0(\text{nm})$ (这是其设计波长) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_0, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，当具有波长 $\lambda_1(\text{nm})$ (这比波长 λ_0 长 5 nm) 的光在环境温度 (这是第一周围温度 $T_0=25^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_1, T_0)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，以及当具有波长 $\lambda_2(\text{nm})$ 的光在环境温度 (这是第二周围温度 $T_1=55^\circ\text{C}$) 下入射到物镜时 $W(\lambda_2, T_1)$ 是物镜的残余像差的 RMS 值，则由下列公式定义的 $\Delta W1$ 和 $\Delta W2$:

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

满足下列公式:

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

其中

当 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$ 以及

当 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$ 时, $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$ 。

本发明的操作和效果与第 14 项的操作和效果相同。

优选情况下, 根据第 58 项所述的光学信息记录/再现设备满足第 47 项所述的发明中的下列公式:

$$\sqrt{(\Delta W1)^2 + (\Delta W2)^2} < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

本发明的操作和效果与第 15 项的操作和效果相同。

根据第 59 项所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 在根据第 49-58 项中的任何一项所述的发明中, 物镜是有限共轭类型的物镜, 用于将从光源发出的发散光束聚焦到信息记录表面, 并满足下列公式。本发明的操作和效果与第 16 项的操作和效果相同。

$$1.1 > f > 0.2 \quad (13A)$$

根据第 60 项所述的光学信息记录/再现设备, 当 m 是根据第 59 项所述的发明中的物镜的图像形成放大率时满足下列公式:

本发明的操作和效果与第 17 项的操作和效果相同。

$$0.2 > |m| > 0.02 \quad (13B)$$

根据第 61 项所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 在根据第 59 或 60 项所述的发明中, 物镜和光源被致动器结合起来, 至少被驱动用于进行跟踪。本发明的操作和效果与第 26 项的操作和效果相同。

根据第 62 项所述的光学信息记录/再现设备满足第 43-61 项中的任何一项所述的发明中的下列公式:

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

其中, $d \text{ (mm)}$ 是沿物镜的光轴方向的透镜厚度, $f \text{ (mm)}$ 是焦距。

本发明的操作和效果与第 18 项的操作和效果相同。

根据第 63 项所述的光学信息记录/再现设备, 其中, 在第 43-62 项中的任何一项所述的发明中, 物镜的设计波长 $\lambda_0(\text{nm})$ 满足下列公式:

$$500 \geq \lambda_0 \geq 350 \quad (15)$$

本发明的操作和效果与第 19 项的操作和效果相同。

根据第 64 项所述的光学信息记录/再现设备满足第 43-63 项中的任何一项所述的发明中的下列公式:

$$0.40 \leq (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f \cdot \sqrt{(1 + |m|)}) \leq 0.63 \quad (16)$$

其中

X1: 垂直于光轴并与光源侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中的光源侧的光学表面(边缘光束入射到其中的光源侧的表面上 NA 的位置)之间沿光轴方向的距离 (mm), 其中, 在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 X1 的情况下 X1 为正, 在沿光源的方向测量 X1 的情况下 X1 为负,

X2: 垂直于光轴并与光学信息记录介质侧的光学表面的顶端相切的平面以及有效直径的最外围部分中的光学信息记录介质侧的光学表面(边缘光束入射到其中的光学信息记录介质侧的表面上 NA 的位置)之间沿光轴方向的距离 (mm), 其中, 在参考正切面沿光学信息记录介质的方向测量 X2 的情况下 X2 为正, 在沿光源的方向测量 X2 的情况下 X2 为负,

N: 在设计波长 λ_0 时的物镜的折射率,

f: 物镜的焦距 (mm), 以及

m: 物镜的图像形成放大率。

本发明的操作和效果与第 20 项的操作和效果相同。

附图说明

图 1 是显示本实施例的物镜 1 的简要视图;

图 2 是显示本实施例的物镜 4 的简要视图;

图 3 是显示温度比设计温度上升 30 °C 的情况下, 具有两个光

学表面（非球面）的双凸面塑料单透镜的波阵面的情况的视图；

图 4 是概要显示第一实施例的光学拾取设备（光学信息记录/再现设备）的配置的视图；

图 5 是说明后焦距 f_B 的视图；以及

图 6 是概要显示第二实施例的光学拾取设备（光学信息记录/再现设备）的配置的视图；

具体实施方式

下面将参考附图描述根据本发明的实施例。图 1 是显示本实施例的物镜 1 的简要视图，(A) 是正面图，(B) 是侧视图，(C) 是扩展侧面的视图。物镜 1 例如应用于使用诸如蓝色-紫色激光二极管之类的短波长光源的用于记录/再现高密度 DVD、MO 等等的光学拾取设备，并具有用于将从光源发出的激光聚焦到光盘的信息记录表面上的功能。

物镜 1 是具有两个非球面光学表面 2 和 3 的双凸面塑料单透镜。如图 1(A) 所示，作为其中光轴为中心的同心衍射结构的环状相结构在光学表面 2 上形成。如图 1(C) 所示，环状相结构在每一个环面的边界处沿光轴方向具有步长 Δ 作为菲涅耳透镜。入射到环状相结构的任何环面的激光被衍射到由垂直于光轴的方向中的环面的宽度所确定的方向（在本说明书中，这样的沿垂直于光轴的方向的环面的宽度被称为“环面间距”）。

环状相结构具有这样的球面像差特征：随着入射光的波长加长，球面像差在校正不足的方向变化。因为塑料单透镜的折射率由于温度上升而降低，因此，球面像差沿过度校正的方向变化。另一方面，激光二极管的发射波长由于温度上升而在变长的方向变化。例如，因为蓝色-紫色激光二极管由于温度上升而使发射波长变化 $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ ，因此，当温度上升 $+30^\circ\text{C}$ 时，波长会加长 1.5 nm 。相应地，由于提供的物镜具有随着入射光的波长加长而球面像差在校正不足的方向变化的球面像差特征，所以，由伴随温度上升导致的折射率变化所造成

的过度校正的球面像差变化，可以通过由于温度上升导致的激光二极管的发射波长的变化所造成的校正不足的球面像差的变化来加以平衡。

为了以这种方法通过环状相结构的衍射效应来校正球面像差，必须特意地产生彩色球面像差。然而，当尝试完全校正具有高 NA 的塑料单透镜的热像差时，必须将彩色球面像差的产生量配置得大一些，相应地，不可能使用具有由于制造误差而偏离标准波长的发射波长的激光二极管。对于物镜 1，为了缩小热像差的校正量，焦距被设置成满足公式 (8) 或 (13A)，另外，热像差的校正和彩色球面像差的产生量匹配，以便分别满足公式 (11) 到 (13)。相应地，物镜 1 是具有高 NA 的塑料单透镜，还是具有良好的热像差和彩色球面像差的透镜。

图 2 是显示另一个实施例的物镜 4 的简要视图，(A) 是正面图，(B) 是侧面图。光学表面 2，和物镜 1 一样，应用于使用诸如蓝色-紫色激光二极管之类的短波长光源的用于记录/再现高密度 DVD、MO 等等的光学拾取设备，并具有用于将从光源发出的激光聚焦到光盘的信息记录表面上的功能。

物镜 4 是具有两个非球面光学表面 5 和 6 的双凸面塑料单透镜。如图 2(A) 所示，作为其中光轴为中心的同心衍射结构的环状相结构形成在光学表面 5 上。环状相结构在每一个环面的边界处沿光轴方向具有步长 Δ ，每一个步长 Δ 是以这样的方式确定的，以便使得透射通过相邻环面的激光具有 25 °C（这是设计温度）时的波长的整数倍的波长的光程差。

此外，如图 2(B) 所示，该环状相结构包括至少一个环面，该环面形成为在光轴方向移动，以便具有比位于其内侧附近的环面短的光程长度，以及包括至少一个环面，该环面形成为在光轴方向移动，以便具有比位于其内侧附近的环面长的光程长度，其中，被形成为在光轴方向移动以便具有比位于其内侧附近的环面短的光程长度的环面，与被形成为在光轴方向移动以便具有比位于其内侧附近的环面长的光程长度的环面相比，在距离光轴较近的一侧形成。下面，将描述以这

种方法确定的环状相结构对塑料单透镜的热像差的校正的原理。

图 3 是显示在温度比设计温度上升 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况下具有两个光学表面（非球面）的双凸面塑料单透镜的波阵面的情况的视图，横轴表示光学表面的有效半径，纵轴表示光程差。在塑料单透镜中，由伴随温度上升而导致的折射率的变化影响产生球面像差，波阵面随着图 3 中的线条 Ag 而变化。图 3 中的线条 Bg 显示了通过按上文所描述的方式确定的环状相结构添加到透射的波阵面的光程差，线条 Cg 显示了在比设计温度上升 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况下透射通过环状相结构的波阵面的情况。从线条 Bg 和 Cg 可以理解，在温度比设计温度上升 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况下，由于透射通过塑料环状相结构的波阵面和塑料单透镜的波阵面的平衡，聚焦于光盘的信息记录表面的激光的波阵面变成从宽的视图来看没有光程差的良好波阵面，且塑料单透镜的热像差被环状相结构校正。

和通过环状相结构作为衍射结构的衍射效应来校正热像差的情况一样，在通过按上文的方式确定的环状相结构的效应来校正具有高 NA 的塑料单透镜的热像差的情况下，不可能使用具有由于制造误差而偏离标准波长的发射波长的激光二极管，因为尝试完全校正热像差会导致彩色球面像差的产生量变得太大。

对于物镜 4，为了缩小热像差的校正量，焦距被设置成满足公式 (8) 或 (13A)，另外，热像差的校正和彩色球面像差的产生量匹配，以便分别满足公式 (11) 到 (13)。相应地，物镜 4 是具有高 NA 的塑料单透镜，并且还是具有良好的热像差和彩色球面像差的透镜，和物镜 1 一样。

图 4 是概要显示配备有本发明的物镜的光学拾取设备（光学信息记录/再现设备）的配置的视图。光学拾取设备 7 包括作为光源的激光二极管 8 和物镜 9。

激光二极管 8 是产生波长大约为 400 nm 的光的基于 GaN 的蓝色-紫色激光二极管。除了上文所描述的基于 GaN 的蓝色-紫色激光二极管外，产生波长大约为 400 nm 的光的光源可以使用 SHG 蓝

色-紫色激光二极管。

物镜 9 是其焦距满足公式 (2) 的塑料单透镜、图 1 的物镜 1 和图 2 的物镜 4 中的任何一个。物镜 9 包括垂直于光轴延伸的法兰部分 9A。物镜 9 可以通过法兰部分 9A 准确地连接到光学拾取设备 7。光盘 10 一侧的物镜 9 的数值孔径不少于 0.80。

从激光二极管 8 发出的发散光束透射通过偏振光束分离器 11 并通过准直透镜 12 和四分之一波片 13, 以变成圆偏振平行光束, 随后, 光束直径被光阑 14 调节, 并被物镜 9 变成一个通过高密度 DVD 的光盘 10 的保护层 10A 并在信息记录表面 10B 上形成的光点。对于物镜 9, 由位于它周围的致动器 15 执行聚焦控制和跟踪控制。

被信息记录表面 10B 中的信息位调制的反射光束再次透射通过物镜 9、光阑 14、四分之一波片 13 和准直透镜 12, 随后, 被偏振光束分离器 11 变成聚焦光束并被反射, 借助于通过柱面透镜 16 和凹透镜 17 获得了像散差, 并聚焦于光检测器 18 上。随后, 可以通过使用光检测器 18 的输出信号, 读取光盘 10 上记录的信息。

图 6 是概要显示配备有本发明的物镜的另一个光学拾取设备 (光学信息记录/再现设备) 的配置的视图。光学拾取设备 7' 包括作为光源的激光二极管 8 和物镜 9。

激光二极管 8 是产生波长大约为 400 nm 的光的基于 GaN 的蓝色-紫色激光二极管。除了上文所描述的基于 GaN 的蓝色-紫色激光二极管外, 产生波长大约为 400 nm 的光的光源可以使用 SHG 蓝色-紫色激光二极管。

物镜 9 是其焦距满足公式 (6A) 的塑料单透镜、上文所描述的图 1 的物镜 1 和图 2 的物镜 4 中的任何一个。物镜 9 是有限共轭类型的物镜, 用于通过高密度 DVD 的光盘 10 的保护层 10A 将从激光二极管 8 发出的发散光束聚焦到信息记录表面 10B。物镜 9 包括垂直于光轴延伸的法兰部分 9A。物镜 9 可以通过法兰部分 9A 准确地连接到光学拾取设备 7'。光盘 10 一侧的物镜 9 的数值孔径

不少于 0.80。

从激光二极管 8 发出的发散光束透射通过偏振光束分离器 11 并通过四分之一波片 13, 以变成圆偏振光, 随后, 光束直径被光阑 14 调节, 并被物镜 9 变成一个通过高密度 DVD 的光盘 10 的保护层 10A 并在信息记录表面 10B 上形成的光点。被信息记录表面 10B 中的信息位调制的反射光束再次透射通过物镜 9、光阑 14 和四分之一波片 13, 随后, 被偏振光束分离器 11 反射, 借助于通过柱面透镜 16 和凹透镜 17 获得了像散差, 并聚焦于光检测器 18 上。随后, 可以通过使用光检测器 18 的输出信号, 读取光盘 10 上记录的信息。

在光学拾取设备 7' 中, 激光二极管 8、物镜 9、偏振光束分离器 11、四分之一波片 13、柱面透镜 16、凹透镜 17 和光检测器 18 都作为模块集成到衬底上。在跟踪控制中, 这些组件被致动器 19 作为整体来进行驱动。

接下来, 将介绍上文所描述的实施例的六个优选示例。示例 1 到 6 是应用于高密度 DVD 的光学拾取设备的物镜, 其中, 用于记录/再现信息的波长为 405 nm, 保护层的厚度为 0.1 mm。示例 1 是这样的塑料单透镜, 其中, 通过设置焦距以便满足公式 (2), 可以抑制热像差和纵向色像差的产生量为低, 示例 2 和 3 两者都是这样的塑料单透镜, 其中, 通过在第一表面 (光源一侧的光学表面) 上形成的环状相结构的效应来校正热像差。示例 4 是有限共轭类型的塑料单透镜, 其中, 通过设置焦距以便满足公式 (6A), 可以抑制热像差和纵向色像差的产生量为低, 示例 5 和 6 两者都是有限共轭类型的塑料单透镜, 其中, 通过在第一表面 (光源一侧的光学表面) 上形成的环状相结构的效应来校正热像差。

表 4 显示了示例 1 的物镜的透镜数据, 表 5 显示了示例 2 的物镜的透镜数据, 表 6 显示了示例 3 的物镜的透镜数据。在表 4、5 和 6 的透镜数据中, r (mm) 表示曲率半径, d (mm) 表示表面距离, N_{405} 表示波长为 405 nm 时的折射率, V_d 表示 d 行中的阿贝数。

表 4

表面编号	r(mm)	d(mm)	N405	vd	备注
0		∞			光源
1	0.3353	0.6600	1.56013	56.7	物镜
2	-0.3615	0.0762			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保护层
4	∞				

非球面表面系数

	第一表面	第二表面
K	-6.9542E-01	-1.7907E+01
A4	7.9891E-01	1.5728E+01
A6	1.3935E+00	-3.5161E+02
A8	3.3472E+01	3.4150E+03
A10	-7.8778E+01	-1.3187E+04
A12	-7.8324E+02	-5.2600E+02
A14	6.6992E+03	
A16	3.4753E+04	
A18	-1.9498E+05	
A20	-5.8872E+05	

表 5

表面编号	r(mm)	d(mm)	N405	vd	备注
0		∞			光源
1	0.6157	1.1400	1.56013	56.7	物镜
2	-0.9615	0.2018			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保护层
4	∞				

非球面表面系数

	第一表面	第二表面
K	-6.3213E-01	-4.7996E+01
A4	5.0716E-02	1.7646E+00
A6	5.2621E-02	-9.5272E+00
A8	5.2319E-01	1.8626E+01
A10	-7.1277E-01	1.2599E+00
A12	-9.9374E-01	-4.0506E+01
A14	3.4591E+00	
A16	-2.1262E+00	
A18	3.3120E+00	
A20	-8.7979E+00	

衍射表面系数

	第一表面
b2	-2.4634E-02
b4	-5.1397E-02
b6	5.7231E-02
b8	-9.6553E-02
b10	-4.4043E-02

表 6

表面编号	r(mm)	d(mm)	N405	vd	备注
0		∞			光源
1	见下文	见下文	1.56013	56.7	物镜
2	-0.5177	0.1190			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保护层
4	∞				

非球面表面系数

环面编号	第一表面					
	1	2	3	4	5	6
开始高度(mm)	0.000	0.180	0.250	0.320	0.468	0.490
结束高度(mm)	0.180	0.250	0.320	0.468	0.490	0.500
r(mm)	0.4098	0.4091	0.4088	0.4085	0.4091	0.4093
d(mm)	0.790000	0.791446	0.792892	0.794338	0.792892	0.791446
K	-6.8225E-01	-6.8654E-01	-6.8173E-01	-6.4004E-01	-6.8027E-01	-6.8136E-01
A4	4.7569E-01	4.6142E-01	4.7673E-01	4.3957E-01	4.8637E-01	4.8269E-01
A6	-7.5261E-02	3.0402E-01	4.1806E-02	-7.5127E-01	-5.4146E-02	-6.5495E-02
A8	9.7904E+00	8.5608E+00	8.5753E+00	1.2831E+01	9.7795E+00	9.7619E+00
A10	-2.9021E+00	-8.6205E+00	1.3381E+00	-1.0574E+01	-3.3573E+00	-3.2629E+00
A12	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3131E+02	-1.3130E+02
A14	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4201E+02
A16	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03
A18	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03
A20	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04

第二表面	
K	-2.7583E+01
A4	5.6751E+00
A6	-6.8184E+01
A8	3.5710E+02
A10	-7.5179E+02
A12	-4.5183E+01
A14	
A16	
A18	
A20	

示例 1 是这样的塑料单透镜: 入射光束直径为 0.8 mm, 焦距 $f = 0.47$ mm, NA 为 0.85, 设计波长为 405 nm, 设计温度为 25°C。由于焦距被设置为满足公式 (2), 因此它是具有高 NA 的塑料单透镜, 并且还是在产生热像差和模式跳越时的球面像差都比较好的镜头, 如表 7 所示。

表 7

	热像差 (+30°C)	模式跳越 (+1nm)
示例 1	$0.020\lambda_{rms}$	$0.028\lambda_{rms}$

在表 7 中, 为了计算热像差, 塑料透镜的伴随温度上升导致的折射率的变化率为 -9.0×10^{-5} , 并且伴随温度上升导致的入射光的波长的变化率为 $+0.05$ nm/°C。为了计算产生模式跳越时的球面像差, 假设由于模式跳越而产生的蓝色-紫色激光二极管的波长的偏差为 +1 nm, 物镜的焦点位置被固定在 405 nm 的最佳图像表面位置。

对于示例 1 的物镜, ΔW 的值(公式 (3))是 $\Delta W = 0.019 \lambda_{rms}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.001 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405$ nm, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_0, T_1) = 0.020 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405$ nm, $T_1 = 55^\circ\text{C}$)。 Δf_B 的值(公式 (5))是 $\Delta f_B = 0.0004$ mm, 因为 $f_B(\lambda_0, T_0) = 0.0762$ mm ($\lambda_0 = 405$ nm, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $f_B(\lambda_1, T_0) = 0.0766$ mm ($\lambda_1 = 410$ nm, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)。如图 5 所示, 本说明书中的后焦距 f_B 表示在光学信息记录介质一侧物镜的光学表面 S_2 以及光学信息记录介质的光束入射表面 S_{IN} 之间沿着光轴的距离。

示例 2 是这样的塑料单透镜: 入射光束直径为 1.5 mm, 焦距 $f = 0.88$ mm, NA 为 0.85, 设计波长为 405 nm, 设计温度为 25°C, 是作为如上文所描述的实施例中的物镜 1 的合适物镜。如表 8 所示, 在示例 2 的物镜的第一表面上的有效直径内形成了其边界包括沿光轴方向的大约 0.7 μm 到 1.2 μm 的步长 Δ 的 80 段环状相结构作为衍射结构。当使从蓝色-紫色激光二极管发出的激光入射到环状相结构时, 产生第 1 阶衍射光以便具有最大衍射光量(即, 环状相结构

在波长为 405 nm 并且衍射阶为 1 时被优化)。通过环状相结构的衍射效应，热像差得到很好的校正。

表 8

环面编号	开始高度 (mm)	结束高度(mm)
1	0.000	0.126
2	0.126	0.176
3	0.176	0.213
4	0.213	0.243
5	0.243	0.269
6	0.269	0.291
7	0.291	0.312
8	0.312	0.330
9	0.330	0.347
10	0.347	0.363
11	0.363	0.378
12	0.378	0.392
13	0.392	0.406
14	0.406	0.418
15	0.418	0.430
16	0.430	0.441
17	0.441	0.452
18	0.452	0.463
19	0.463	0.473
20	0.473	0.482
21	0.482	0.491
22	0.491	0.500
23	0.500	0.509
24	0.509	0.517
25	0.517	0.525
26	0.525	0.533
27	0.533	0.540
28	0.540	0.547
29	0.547	0.554
30	0.554	0.561
31	0.561	0.568
32	0.568	0.574
33	0.574	0.580
34	0.580	0.586
35	0.586	0.592
36	0.592	0.598
37	0.598	0.603
38	0.603	0.609
39	0.609	0.614
40	0.614	0.619

环面 编号	开始高度 (mm)	结束高度 (mm)
41	0.619	0.624
42	0.624	0.629
43	0.629	0.633
44	0.633	0.638
45	0.638	0.642
46	0.642	0.647
47	0.647	0.651
48	0.651	0.655
49	0.655	0.659
50	0.659	0.663
51	0.663	0.667
52	0.667	0.671
53	0.671	0.675
54	0.675	0.678
55	0.678	0.682
56	0.682	0.685
57	0.685	0.689
58	0.689	0.692
59	0.692	0.695
60	0.695	0.699
61	0.699	0.702
62	0.702	0.705
63	0.705	0.708
64	0.708	0.711
65	0.711	0.714
66	0.714	0.717
67	0.717	0.719
68	0.719	0.722
69	0.722	0.725
70	0.725	0.727
71	0.727	0.730
72	0.730	0.733
73	0.733	0.735
74	0.735	0.738
75	0.738	0.740
76	0.740	0.743
77	0.743	0.745
78	0.745	0.747
79	0.747	0.750
80	0.750	0.752

对于示例 2 的物镜, $\Delta W1$ 的值(公式(9))是 $\Delta W1 = 0.019 \lambda_{rms}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.001 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_2, T_1) = 0.020 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$, $T_1 = 55^\circ\text{C}$)。 $\Delta W2$ 的值(公式(10))是 $\Delta W2 = 0.021 \lambda_{rms}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.001 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_1, T_0) = 0.022 \lambda_{rms}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)。 示例 2 中的公式(8A)的值为 -42。

示例 3 是这样的塑料单透镜: 入射光束直径为 1.0 mm, 焦距 $f = 0.59 \text{ mm}$, NA 为 0.85, 设计波长为 405 nm, 设计温度为 25°C , 是作为如上文所描述的实施例中的物镜 4 的合适物镜。如表 6 所示, 在示例 3 的物镜的第一表面上的有效直径内, 形成了其边界包括沿光轴方向的大约 $1.3 \mu\text{m}$ 到 $2.3 \mu\text{m}$ 的步长 Δ 的 6 段环状相结构作为衍射结构。当使从蓝色-紫色激光二极管发出的激光入射环状相结构时, 产生第 1 阶衍射光以便具有最大衍射光量(即, 环状相结构在波长为 405 nm 并且衍射阶为 1 时被优化)。通过环状相结构的效应, 热像差得到很好的校正。

对于示例 3 的物镜, $\Delta W1$ 的值(公式(9))是 $\Delta W1 = 0.013 \lambda_{rms}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_2, T_1) = 0.015 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$, $T_1 = 55^\circ\text{C}$)。 $\Delta W2$ 的值(公式(10))是 $\Delta W2 = 0.013 \lambda_{rms}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_1, T_1) = 0.015 \lambda_{rms}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)。对于示例 3 中的公式(8B)的值, 第 5 环表面是 $m_j = 3$, 第 6 环表面是 $m_j = 3$ 。

示例 2 和 3 的物镜都设置了满足公式(8)的焦距, 从而降低热像差的校正量, 另外, 还具有这样的配置, 其中, 热像差的校正和彩色球面像差的产生量匹配, 以便分别满足公式(11)到(13)。因此, 它们是具有高 NA 的塑料单透镜, 还是具有良好的热像差和彩色球面像差的透镜, 如表 9 所示。

表 9

	热像差 (+30℃)	彩色球面像差 (+5nm)
示例 2	0.020 λ rms	0.022 λ rms
示例 3	0.015 λ rms	0.015 λ rms

在表 9 中，为了计算热像差，塑料透镜的伴随温度上升导致的折射率的变化率为 -9.0×10^{-5} ，伴随温度上升导致的入射光的波长的变化率为 $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 。

表 11 显示了示例 5 的物镜的透镜数据，表 15 显示了示例 6 的物镜的透镜数据。在表 10、11 和 15 的透镜数据中， r (mm) 表示曲率半径， d (mm) 表示表面距离，N405 表示波长为 405 nm 时的折射率，Vd 表示 d 行中的阿贝数。

表 10

[示例 4]

表面编号	r(mm)	d(nm)	N405	vd	备注
0		3.7500			光源
1	0.2136	0.3750	1.56013	56.7	物镜
2	-0.2910	0.0742			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保护层
4	∞				

非球面表面系数

	第一表面	第二表面
K	-6.5380E-01	-2.9101E-01
A4	5.9438E-01	-8.1619E+00
A6	2.0735E+01	3.9794E+01
A8	-2.1582E+01	-1.4824E+03
A10	2.8863E+03	3.2709E+04
A12	5.9020E+03	-4.4513E+05
A14	-5.2839E+05	3.4193E+06
A16	-1.7610E+06	-1.1349E+07
A18	4.3204E+07	
A20	-3.1642E+08	

表 11

[示例 5]

表面编号	r(mm)	d(mm)	N405	vd	备注
0		5.0000			光源
1	0.2769	0.5240	1.56013	56.7	物镜
2	-0.3763	0.1000			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保护层
4	∞				

非球面表面系数

	第一表面	第二表面
K	-6.8145E-01	-9.4697E+00
A4	-3.0262E-02	1.9844E+01
A6	1.1148E+00	-4.5104E+02
A8	-1.5150E+01	6.0959E+03
A10	3.1738E+02	-5.2115E+04
A12	2.4517E+02	2.5579E+05
A14	-1.9895E+04	-5.5335E+05
A16	-2.8487E+03	
A18	9.0622E+05	
A20	-4.9449E+06	

衍射表面系数

	第一表面
b4	-2.6238E-01
b6	-1.9998E+00

表 15

	热像差 (+30℃)	彩色球面像差 (+5nm)
示例	0.018 λ_{rms}	0.019 λ_{rms}

示例 4 是这样的塑料单透镜：焦距为 0.30 mm，NA 为 0.85，设计波长为 405 nm，图像形成放大率 f 为 -0.084，设计温度为 25℃。在将调节光束的光阑放置在示例 4 的物镜中的第一表面的表面顶端位置的情况下，其光阑直径变成 0.532 mm。由于焦距被设置为满足公式 (6A)，因此它是有限共轭类型的具有高 NA 的塑料单透镜，还是在产生热像差和模式跳越时的球面像差都比较好的镜头，如表 12 所示。

表 12

表面编号	r(mm)	d(mm)	N405	vd	备注
0		5.000			光源
1	见下文	见下文	1.56013	56.7	物镜
2	-0.3424	0.0956			
3	∞	0.1000	1.61950	30.0	保护层
4	∞				

非球面表面系数

环面编号	第一表面						
	1	2	3	4	5	6	7
开始高度 (mm)	0.000	0.100	0.145	0.180	0.215	0.315	0.338
结束高度(mm)	0.100	0.145	0.180	0.215	0.315	0.338	0.373
r(mm)	0.2812	0.2808	0.2806	0.2804	0.2798	0.2817	0.2796
d(mm)	0.540000	0.541446	0.542912	0.544382	0.545818	0.543517	0.540000
K	-6.5614E-01	-6.7753E-01	-6.9605E-01	-6.7324E-01	-6.6181E-01	-6.5835E-01	-6.7741E-01
A4	2.2680E-01	3.4429E-01	5.1719E-01	3.7786E-01	2.8692E-01	2.6051E-01	6.6914E-02
A6	4.4574E+00	4.4574E+00	4.4574E+00	4.4574E+00	4.4574E+00	4.6743E+00	6.1404E+00
A8	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01	-1.4000E+01
A10	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02	3.2216E+02
A12	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02	5.1481E+02
A14	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04	-1.9311E+04
A16	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04	-1.2688E+04
A18	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05	8.2257E+05
A20	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06	-5.0807E+06

	第二表面
K	-9.1512E+00
A4	1.9167E+01
A6	-4.5257E+02
A8	6.1555E+03
A10	-5.1764E+04
A12	2.4522E+05
A14	-5.0382E+05
A16	
A18	
A20	

在表 12 中, 为了计算热像差, 塑料透镜的伴随温度上升导致的折射率的变化率为 -9.0×10^{-5} , 伴随温度上升导致的入射光的波长的变化率为 $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 。为了计算产生模式跳越时的球面像差, 假设由于模式跳越而产生的蓝色-紫色激光二极管的波长的偏差为 $+1 \text{ nm}$, 且物镜的焦点位置被固定在 405 nm 的最佳图像表面位置。

对于示例 4 的物镜, ΔW 的值(公式 (3))是 $\Delta W = 0.028 \lambda_{\text{rms}}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.000 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_0, T_1) = 0.028 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_1 = 55^\circ\text{C}$)。 Δf_B 的值(公式 (5))是 $\Delta f_B = 0.0004 \text{ mm}$, 因为 $f_B(\lambda_0, T_0) = 0.0742 \text{ mm}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $f_B(\lambda_1, T_0) = 0.0746 \text{ mm}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)。

示例 5 是这样的塑料单透镜: 焦距 $f = 0.40 \text{ mm}$, NA 为 0.85, 设计波长为 405 nm , 图像形成放大率 f 为 -0.083 , 设计温度为 25°C , 是作为如上文所描述的实施例中的物镜 1 的合适物镜。在将调节光束的光阑放置在示例 5 的物镜中的第一表面的表面顶端位置的情况下, 其光阑直径变成 0.708 mm 。如表 13 所示, 在示例 5 的物镜的第一表面上的有效直径内, 形成了其边界包括沿光轴方向的大约 $0.7 \mu\text{m}$ 到 $1.1 \mu\text{m}$ 的步长 Δ 的 27 段环状相结构作为衍射结构。当使从蓝色-紫色激光二极管发出的激光入射环状相结构时, 产生第 1 阶衍射光以便具有最大衍射光量(即, 环状相结构在波长为 405 nm 并且衍射阶为 1 时被优化(衍射效率最高))。通过环状相结构的衍射效应, 热像差得到很好的校正。

表 13

	热像差 (+30 °C)	模式跳跃 (+1 nm)
示例 4	0.028 λ_{rms}	0.024 λ_{rms}

对于示例 5 的物镜, $\Delta W1$ 的值 (公式 (9)) 是 $\Delta W1 = 0.018 \lambda_{rms}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.000 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_2, T_1) = 0.018 \lambda_{rms}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$, $T_1 = 55^\circ\text{C}$)。 $\Delta W2$ 的值 (公式 (10)) 是 $\Delta W2 = 0.019 \lambda_{rms}$, 因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.000 \lambda_{rms}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$), $W(\lambda_1, T_0) = 0.019 \lambda_{rms}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)。

示例 5 的物镜设置焦距以便满足公式 (13A), 从而降低热像差的校正量, 另外, 还具有这样的配置, 其中, 热像差的校正和彩色球面像差的产生量匹配, 以便分别满足公式 (9) 到 (11)。因此, 它是有限共轭类型的具有高 NA 的塑料单透镜, 还是具有良好的热像差和彩色球面像差的透镜, 如表 14 所示。

表 14

环面编号	开始高度(mm)	结束高度(mm)
1	0.000	0.187
2	0.187	0.218
3	0.218	0.238
4	0.238	0.254
5	0.254	0.266
6	0.266	0.277
7	0.277	0.286
8	0.286	0.294
9	0.294	0.301
10	0.301	0.308
11	0.308	0.314
12	0.314	0.319
13	0.319	0.325
14	0.325	0.330
15	0.330	0.334
16	0.334	0.339
17	0.339	0.343
18	0.343	0.347
19	0.347	0.351
20	0.351	0.354
21	0.354	0.358
22	0.358	0.361
23	0.361	0.364
24	0.364	0.368
25	0.368	0.371
26	0.371	0.373
27	0.373	0.376

在表 14 中，为了计算热像差，塑料透镜的伴随温度上升导致的折射率的变化率为 -9.0×10^{-5} ，伴随温度上升导致的入射光的波长的变化率为 $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 。示例 5 中的公式 (8A) 的值为 -45。

示例 6 是这样的塑料单透镜：焦距 $f = 0.40 \text{ mm}$ ，NA 为 0.85，设计波长为 405 nm，图像形成放大率 f 为 -0.083，设计温度为 25°C ，是作为如上文所描述的实施例中的物镜 4 的合适物镜。在将调节光束的光阑放置在示例 6 的物镜中的第一表面的表面顶端位置的情况下，

其光阑直径变成 0.702 mm。如表 15 所示，在示例 6 的物镜的第一表面上的有效直径内，形成了其边界包括沿光轴方向的大约 1.5 μm 到 4.0 μm 的步长 Δ 的 7 段环状相结构作为衍射结构。通过环状相结构的衍射效应，热像差得到很好的校正。

对于示例 6 的物镜， $\Delta W1$ 的值（公式 (9)）是 $\Delta W1 = 0.018 \lambda_{\text{rms}}$ ，因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)， $W(\lambda_2, T_1) = 0.020 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_2 = 406.5 \text{ nm}$, $T_1 = 55^\circ\text{C}$)。 $\Delta W2$ 的值（公式 (10)）是 $\Delta W2 = 0.030 \lambda_{\text{rms}}$ ，因为 $W(\lambda_0, T_0) = 0.002 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_0 = 405 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)， $W(\lambda_1, T_1) = 0.032 \lambda_{\text{rms}}$ ($\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$)。对于示例 6 中的公式 (8B) 的值，第 6 环表面是 $m_j = 5$ ，第 7 环表面是 $m_j = 7$ 。

示例 6 的物镜设置了焦距以便满足公式 (6A)，从而降低热像差的校正量，另外，还具有这样的配置，其中，热像差的校正和彩色球面像差的产生量匹配，以便分别满足公式 (11) 到 (13)。相应地，它是有限共轭类型的具有高 NA 的塑料单透镜，还是具有良好的热像差和彩色球面像差的透镜，如表 16 所示。

表 16

	热像差 (+30 °C)	彩色球面像差 (+5 nm)
示例 6	0.020 λ_{rms}	0.0320 λ_{rms}

在表 16 中，为了计算热像差，塑料透镜的伴随温度上升导致的折射率的变化率为 -9.0×10^{-5} ，伴随温度上升导致的入射光的波长的变化率为 $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 。

每一个示例中的上文所描述的公式 (16) 的值（是 $\{(X1 - X2) \cdot (N - 1) / NA \cdot f \cdot \sqrt{(1 + |m|)}\}$ ）如下：

示例 1: 0.471

示例 2: 0.454

示例 3: 0.490

示例 4: 0.576

示例 5: 0.538

示例 6: 0.558

根据本发明，可以提供一种塑料单透镜，该塑料单透镜适合作为使用具有高 NA 的塑料单透镜的光学拾取设备的物镜，其中，可用温度范围足够宽，由于光源的模式跳越而导致的聚焦能力的下降轻微，因此，可以提供一种具有高性能的光学拾取设备和光学信息记录/再现设备。

图1

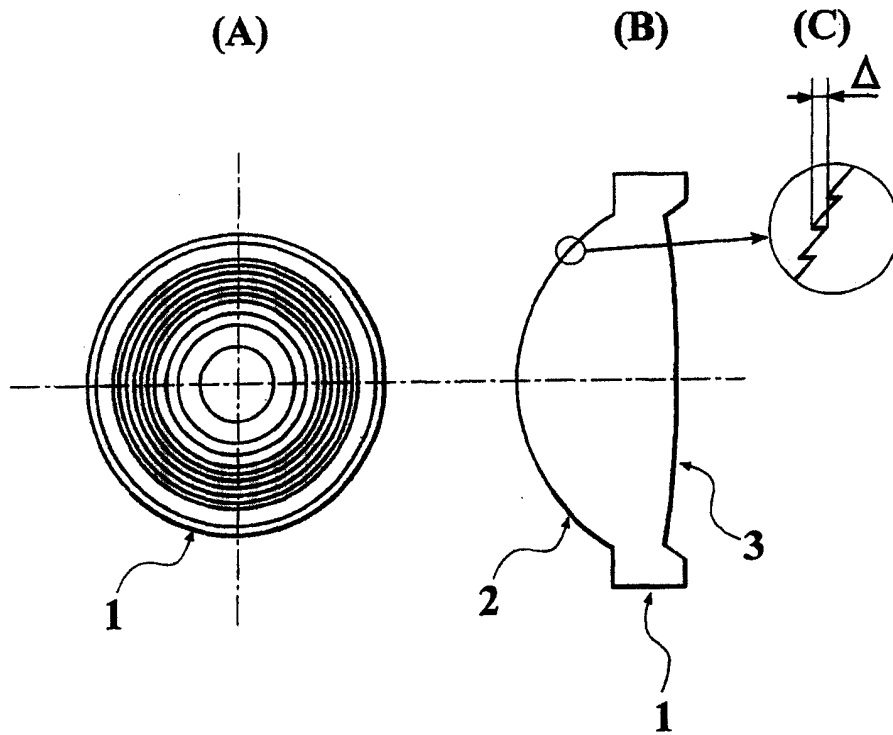


图2

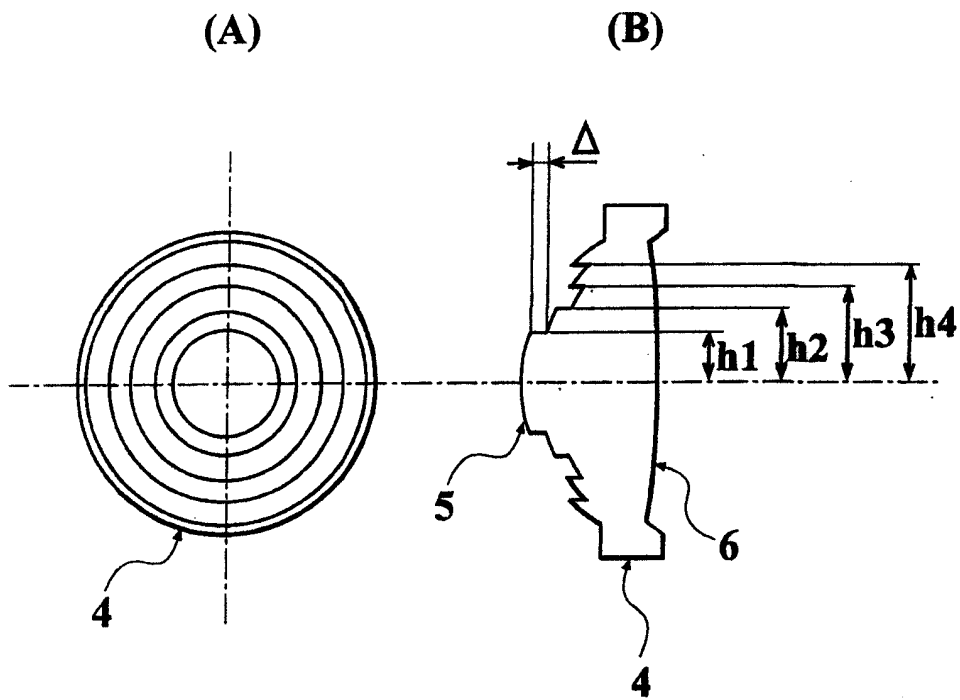


图3

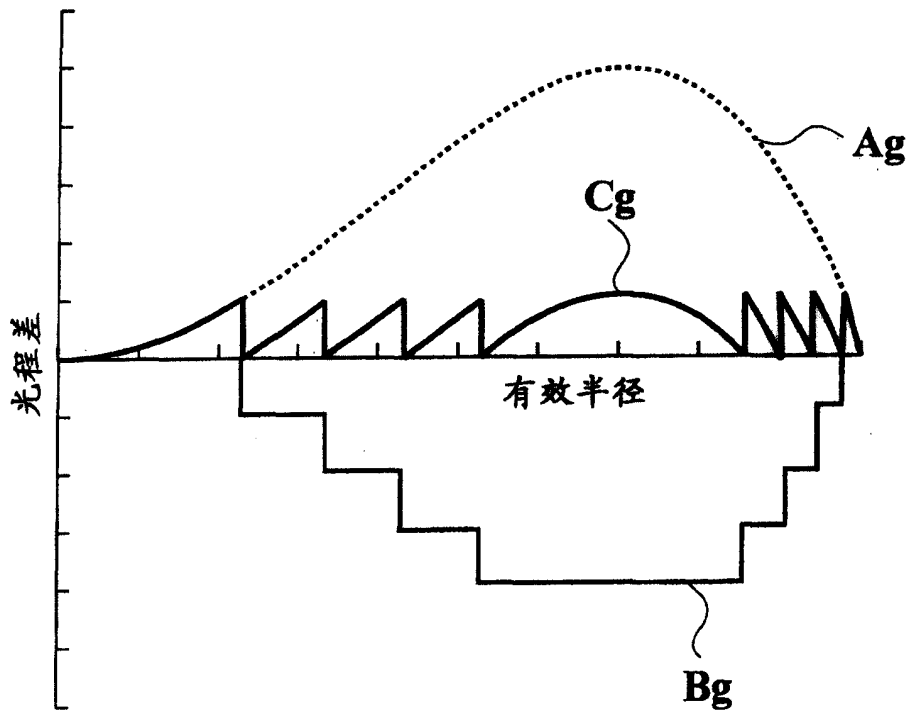


图4

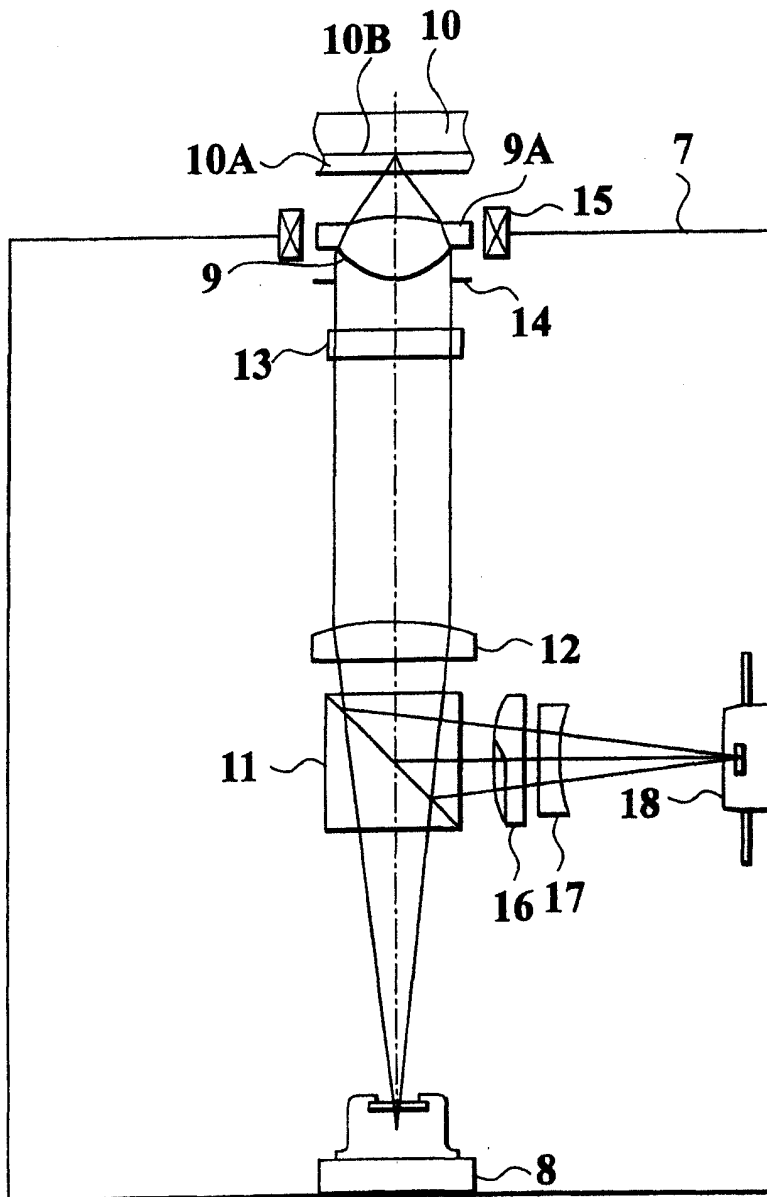


图5

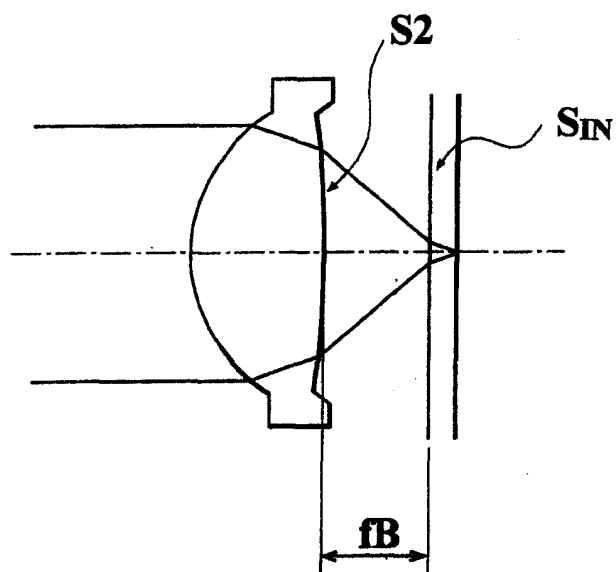


图6

