(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102290069 B
(45)授权公告日 2014.06.25

(21)申请号 201110206443.2
(22)申请日 2006.04.20
(30)优先权数据
2005-123385 2005.04.21 JP
(62)分案原申请数据
200610076389.3 2006.04.20
(73)专利权人 日立麦克赛尔株式会社
地址 日本大阪府
(72)发明人 若林康一郎 宫内充佑
牧野由多可 杉靖幸
(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
代理人 曾贤伟 范胜杰
(51)Int.Cl.
G11B 7/1374(2012.01)
G11B 7/1392(2012.01)

(56)对比文件
CN 1432835 A,2003.07.30,
CN 1581320 A,2005.02.16,
US 5696750 A,1997.12.09,
JP 特开 2004-220760 A,2004.08.05,
US 6134055 A,2000.10.17,
JP 特开 2005-44461 A,2005.02.17,

审查员 魏晶瑶

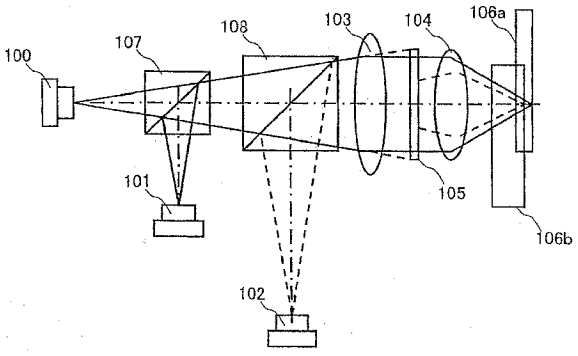
权利要求书2页 说明书12页 附图19页

(54)发明名称

光学拾波器透镜及光学拾波器装置

(57)摘要

本发明涉及光学拾波器透镜及光学拾波器装置。本发明提供对至少三种光盘可发挥实用上足够的降低波面像差效果的光学拾波器透镜及光学拾波器装置。本发明的光学拾波器透镜(104)用于使具有相互不同的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束对至少三种光盘进行汇聚。并且,在光学拾波器透镜(104)的至少一个面上形成有用于对以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差进行补偿的同心圆状的环带结构。并且,当以波长 λ3 的激光光束在衬底厚度 t3 的光盘上进行记录和读取时,由该同心圆状的各环带结构给与波长 λ3 的激光光束的相位差大致在 0.15λ 以下。



CN 102290069 B

1. 一种蓝光光盘、DVD、CD 用的拾波器透镜，其用于使用波长不同的三个激光光束，以来自无限远的波长 λ1 的蓝光光盘激光光束以数值孔径 NA1 在衬底厚度 t1 的信息记录介质上进行汇聚，以来自无限远的波长 λ2 的 DVD 激光光束以数值孔径 NA2 在衬底厚度 t2 的信息记录介质上进行汇聚，以波长 λ3 的 CD 激光光束以数值孔径 NA3 在衬底厚度 t3 的信息记录介质上进行汇聚，所述拾波器透镜的特征在于，

所述拾波器透镜由单片透镜构成，

在所述拾波器透镜的至少一个面上存在同心圆状的多个环带，

在将形成有所述环带的面分成含有光轴的同心圆状的第一区域、与所述第一区域的外侧相邻的同心圆状的第二区域、与所述第二区域的外侧相邻的同心圆状的第三区域的情况下，

在所述第一区域存在两个以上的环带，与所述第一区域相当的范围的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束分别汇聚到衬底厚度 t1、t2、t3 的信息记录介质，

在所述第二区域存在两个以上的环带，与所述第二区域相当的范围的波长 λ1、λ2 的激光光束分别汇聚到衬底厚度 t1、t2 的信息记录介质，而与所述第二区域相当的范围的波长 λ3 的激光光束不汇聚到衬底厚度 t3 的信息记录介质，

与所述第三区域相当的范围的波长 λ1 的激光光束汇聚到衬底厚度 t1 的信息记录介质，而与所述第三区域相当的范围的波长 λ2、λ3 的激光光束分别不汇聚到衬底厚度 t2、t3 的信息记录介质，

对于将来自所述无限远的波长 λ1 的激光光束汇聚到衬底厚度 t1 的信息记录介质、将来自所述无限远的波长 λ2 的激光光束汇聚到衬底厚度 t2 的信息记录介质的第一区域和第二区域，单独设定存在于区域的两个以上的环带的面形状。

2. 根据权利要求 1 所述的拾波器透镜，其特征在于，

在由 λ1 的激光光束产生的波面像差和由 λ2 的激光光束产生的波面像差之中，设最大的波面像差为 W_{max}、最小的波面像差为 W_{min} 时，在 $1 \leqslant W_{max}/W_{min} < 1.8$ 条件下分别对衬底厚度 t1 的信息记录介质和衬底厚度 t2 的信息记录介质汇聚 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束。

3. 根据权利要求 1 所述的拾波器透镜，其特征在于，

以波长 λ3 的激光光束对衬底厚度 t3 的信息记录介质给与的相位差大致在 0.15λ3 以下。

4. 根据权利要求 1 所述的拾波器透镜，其特征在于，

以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的信息记录介质上进行汇聚时产生的波面像差和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的信息记录介质上进行汇聚时产生的波面像差的绝对值大致相等，正负符号相反。

5. 根据权利要求 1 所述的拾波器透镜，其特征在于，

波长 λ1 约为 405nm，波长 λ2 约为 650nm，波长 λ3 约为 790nm，衬底厚度 t1 约为 0.1mm，衬底厚度 t2 约为 0.6mm，衬底厚度 t3 约为 1.2mm。

6. 根据权利要求 1 所述的拾波器透镜，其特征在于，

在对所述拾波器透镜入射的激光光束之中，波长 λ3 的激光光束是有限系统。

7. 一种拾波器装置，其特征在于，

所述拾波器装置使用了蓝光光盘、DVD、CD 用的拾波器透镜，该拾波器透镜用于使用波长不同的三个激光光束，以来自无限远的波长 λ1 的蓝光光盘激光光束以数值孔径 NA1 在衬底厚度 t1 的信息记录介质上进行汇聚，以来自无限远的波长 λ2 的 DVD 激光光束以数值孔径 NA2 在衬底厚度 t2 的信息记录介质上进行汇聚，以波长 λ3 的 CD 激光光束以数值孔径 NA3 在衬底厚度 t3 的信息记录介质上进行汇聚，

所述拾波器装置至少具备：

发出波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束的光源；

用于将从所述光源出射的激光光束导向信息记录介质的分束器；

对从所述光源出射的激光光束的发散角进行变换的准直透镜；和

使所述波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束分别汇聚到所述衬底厚度 t1、t2、t3 的信息记录介质的拾波器透镜，

所述分束器设置于所述光源与所述拾波器透镜之间的光路上，并且，所述准直透镜设置于所述分束器与所述拾波器透镜之间的光路上，

所述拾波器透镜由单片透镜构成，

在所述拾波器透镜的至少一个面上存在同心圆状的多个环带，

在将形成有所述环带的面分成含有光轴的同心圆状的第一区域、与所述第一区域的外侧相邻的同心圆状的第二区域、与所述第二区域的外侧相邻的同心圆状的第三区域的情况下，

在所述第一区域存在两个以上的环带，与所述第一区域相当的范围的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束分别汇聚到衬底厚度 t1、t2、t3 的信息记录介质，

在所述第二区域存在两个以上的环带，与所述第二区域相当的范围的波长 λ1、λ2 的激光光束分别汇聚到衬底厚度 t1、t2 的信息记录介质，而与所述第二区域相当的范围的波长 λ3 的激光光束不汇聚到衬底厚度 t3 的信息记录介质，

在所述第三区域存在两个以上的环带，与所述第三区域相当的范围的波长 λ1 的激光光束汇聚到衬底厚度 t1 的信息记录介质，而与所述第三区域相当的范围的波长 λ2、λ3 的激光光束分别不汇聚到衬底厚度 t2、t3 的信息记录介质，

对于将来自所述无限远的波长 λ1 的激光光束汇聚到衬底厚度 t1 的信息记录介质、将来自所述无限远的波长 λ2 的激光光束汇聚到衬底厚度 t2 的信息记录介质的第一区域和第二区域，单独设定存在于区域的两个以上的环带的面形状。

8. 根据权利要求 7 所述的拾波器装置，其特征在于，

波长 λ1 约为 405nm，波长 λ2 约为 650nm，波长 λ3 约为 790nm，衬底厚度 t1 约为 0.1mm，衬底厚度 t2 约为 0.6mm，衬底厚度 t3 约为 1.2mm。

9. 根据权利要求 7 所述的拾波器装置，其特征在于，

在对所述拾波器透镜入射的激光光束之中，波长 λ1 的激光光束和波长 λ2 的激光光束是无限系统，波长 λ3 的激光光束是有限系统。

10. 根据权利要求 7 所述的拾波器装置，其特征在于，

在由 λ1 的激光光束产生的波面像差和由 λ2 的激光光束产生的波面像差之中，设最大的波面像差为 W_{max}、最小的波面像差为 W_{min} 时，在 $1 \leqslant W_{max}/W_{min} < 1.8$ 条件下分别对衬底厚度 t1 的信息记录介质和衬底厚度 t2 的信息记录介质汇聚 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束。

光学拾波器透镜及光学拾波器装置

技术领域

[0001] 本发明涉及在光盘的记录和读取装置中所使用的光学拾波器透镜及光学拾波器装置，更详细说，涉及使用多种单色光的多波长用光学系统，例如能够处理CD(compact Disc：包括CD-R等的CD)、DVD(Digital Versatile Disc)、蓝光光盘、HD-DVD(High-Definition DVD)等不同种类的光盘的互换型光盘装置中所使用的光学拾波器透镜及光学拾波器装置。

背景技术

[0002] 迄今为止，提出了用一个装置可以记录或读取CD或DVD等多种光盘的互换型光盘装置的方案。

[0003] 在这种互换型光盘装置中，为了记录或读取分别储存在CD或DVD等（以下把它们统称为光盘）上的信息信号，需要使来自光源的激光光束通过透明衬底汇聚到各光盘的信息记录面上。然而，(i)记录或读取CD时所`使用的激光光束的波长与记录或读取DVD时所使用的激光光束的波长不同；(ii)CD的透明衬底的厚度为1.2mm，而DVD的透明衬底的厚度为0.6mm，透明衬底的厚度也不同。因此，迄今为止，不加改变地在互换型光盘装置中对CD和DVD共用为使激光光束通过透明衬底汇聚到光盘的信息记录面上而使用的光学拾波器透镜的话，因上述(i)以及(ii)而导致的色散，直到衍射极限附近不能将分别在CD和DVD中所使用的激光光束汇聚在各光盘的信息记录面上。

[0004] 此外，近年来，提出了与适用于超高密度记录的光盘（蓝光光盘、HD-DVD)相应的光盘装置的方案。并且，还期待开发出不仅能记录或读取CD或DVD，还能够记录或读取适用于超高密度记录的光盘的互换型光盘装置。在原来的互换型光盘装置中，虽然只要适用于两种光源波长和两种厚度不同的透明衬底即可，但在期待开发的互换型光盘装置中，需要适用于最多三种光源波长和最多三种厚度不同的透明衬底。

[0005] 为了适用于最多三种光源波长和最多三种厚度不同的透明衬底，考虑了在光学拾波器装置中，设置对每种光盘不产生色散的多个光学拾波器透镜，根据所使用的光盘的种类更换光学拾波器透镜。此外，还考虑了对每种光盘设置光学拾波器装置，根据所使用的光盘的种类更换光学拾波器装置。然而，为了降低成本，使装置小型化，作为光学拾波器透镜，希望使用对哪种光盘都通用的透镜。

[0006] 专利文献1（日本特开平11-287948号公报）中公开了可适用于多种光盘的光学拾波器透镜的例子。专利文献1所公开的光学拾波器透镜通过形成多段环带状凹部或凸部而完全不牺牲读取DVD时的读取特性，就能抑制读取CD时的色散，可以用一个汇聚透镜适应DVD和CD两种光盘。在专利文献1多公开的光学拾波器透镜中，该环带状凹部或凸部的深度或高度（以下简称为阶梯差量)h，被设定成没有环带状凹部或凸部的部分与环带状凹部或凸部的部分的光程差大致为DVD用波长的整数倍。即，该环带状凹部或凸部的单位阶梯差量h用$h \fallingdotseq m \times \lambda 1/(n1-1)$表示。在此，m是自然数，λ1是DVD用的光源波长，n1是光学拾波器透镜的折射率。

[0007] 上述专利文献 1 所公开的光学拾波器透镜由于能够记录或读取多种光盘，从而不需要用于对每个光盘更换光学拾波器透镜或光学拾波器装置的装置，有利于降低成本并简化结构。

[0008] 然而，在该专利文献 1 中作为实施例具体地公开的光学拾波器透镜有两个问题。第一，在专利文献 1 的光学拾波器透镜中，为了减小对 DVD 和 CD 的波面像差而在光学拾波器透镜表面设置多段环带状凹部或凸部，对于 DVD 波面像差虽变得足够小，但对于 CD 则不一定能得到实用上足够的降低波面像差的效果。

[0009] 第二，在专利文献 1 中，只考虑了 DVD 和 CD，而没有考虑近年来提出的适用于超高密度记录的光盘（蓝光光盘、HD-DVD）。对于期待开发的互换型光盘装置，不仅能够记录或读取 DVD 或 CD，还能够记录或读取适用于超高密度记录的光盘（蓝光光盘、HD-DVD）这一点，如上所述是今后的重要课题。

发明内容

[0010] 本发明的目的在于解决上述问题，提供对至少三种光盘实用的，可发挥足够的减少波面像差效果的光学拾波器透镜及光学拾波器装置。更详细地说，本发明的目的在于，提供对例如 DVD 和 CD 都实用的、有充分的减少波面像差效果的，并且能适应蓝光光盘、HD-DVD 之类适用于超高密度记录的光盘的光学拾波器透镜及使用了它的光学拾波器装置。

[0011] 本发明的光学拾波器透镜，是用于使具有相互不同的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束对至少三种光盘进行汇聚的光学拾波器透镜，其特征是，在该光学拾波器透镜的至少一个面上形成有用于对以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差进行补偿的同心圆状的环带结构，在以波长 λ3 的激光光束在衬底厚度 t3 的光盘上进行记录和读取时，由该同心圆状的各环带结构给与波长 λ3 的激光光束的相位差大致在 0.15λ 以下。采用这种结构，对三种光盘可发挥实用上足够的降低波面像差效果。

[0012] 在此，优选以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差的绝对值大致相等，正负符号相反。

[0013] 另外，上述激光光束的波长 λ1、λ2、λ3 依次增加。

[0014] 再有，优选在对上述光学拾波器透镜入射的激光光束之中，波长 λ1 的激光光束及波长 λ2 的激光光束是无限系统、波长 λ3 是有限系统。

[0015] 在最佳实施例中，波长 λ1 约为 405nm，波长 λ2 约为 650nm，波长 λ3 约为 790nm，衬底厚度 t1 约为 0.1mm，衬底厚度 t2 约为 0.6mm，衬底厚度 t3 约为 1.2mm。或者，波长 λ1 约为 405nm，波长 λ2 约为 650nm，波长 λ3 约为 790nm，衬底厚度 t1 约为 0.6mm，衬底厚度 t2 约为 0.6mm，衬底厚度 t3 约为 1.2mm。

[0016] 另外，优选在由透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的波面像差和由 λ2 的激光光束产生的波面像差之中，设最大的波面像差为 W_{max}，最小的波面像差为 W_{min} 时，在 $1 \leqslant Wmax/Wmin < 1.8$ 条件下分别对衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘汇聚 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束。

[0017] 再有，优选由透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的 RMS 波面像

差和由 λ2 的激光光束产生的 RMS 波面像差都在 0.040λ 以下。

[0018] 本发明的其它光学拾波器透镜，是用于使具有相互不同的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束对至少三种光盘进行汇聚的光学拾波器透镜，其特征是，在该光学拾波器透镜的至少一个面上形成有同心圆状的环带结构，通过设置该同心圆状的环带结构，在由透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的波面像差和由 λ2 的激光光束产生的波面像差之中，设最大的波面像差为 W_{max}，最小的波面像差为 W_{min} 时，在 1 ≤ Wmax/Wmin < 1.8 条件下分别对衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘汇聚 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束，并且，W_{min} 以及 W_{max} 都在 0.040λ 以下，在以波长 λ3 的激光光束在衬底厚度 t3 的光盘上进行记录和读取时，由该同心圆状的各环带结构给与波长 λ3 的激光光束的相位差大致在 0.15λ 以下。采用这种结构，对三种光盘可发挥实用上足够的降低波面像差效果。

[0019] 在此，优选在以上述波长 λ3 的激光光束在衬底厚度 t3 的光盘上进行记录和读取时，由该同心圆状的各环带结构给与波长 λ3 的激光光束的相位差大致在 0.10λ 以下。

[0020] 再有，优选以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差的绝对值大致相等，正负符号相反。

[0021] 另外，优选上述激光光束的波长 λ1、λ2、λ3 具有 λ1 < λ2 < λ3 的关系。并且，优选在对上述光学拾波器透镜入射的激光光束之中，波长 λ1 的激光光束及波长 λ2 的激光光束是无限系统、波长 λ3 是有限系统。

[0022] 在最佳实施例中，波长 λ1 约为 405nm，波长 λ2 约为 650nm，波长 λ3 约为 790nm，衬底厚度 t1 约为 0.1mm，衬底厚度 t2 约为 0.6mm，衬底厚度 t3 约为 1.2mm。或者，波长 λ1 约为 405nm，波长 λ2 约为 650nm，波长 λ3 约为 790nm，衬底厚度 t1 约为 0.6mm，衬底厚度 t2 约为 0.6mm，衬底厚度 t3 约为 1.2mm。

[0023] 再有，优选使透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束分别对衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘进行汇聚，使其 RMS 波面像差为 $\{(W_1^2+W_2^2)/2\}^{1/2} \leqslant 0.028$（其中，对 λ1 的激光光束的波面像差为 W_1、对 λ2 的激光光束的波面像差为 W_2）。

[0024] 本发明的光学拾波器装置，是用具有互不相同的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束对分别具有不同厚度 t1、t2、t3 的衬底的光盘进行信息的记录和读取的光学拾波器装置，其特征在于，具备：发出波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束的光源；使从上述光源出射的波长 λ1 及 λ2 的激光光束成为平行光束入射，使波长 λ3 的激光光束成为发散光束入射，并且把各激光光束汇聚到上述光盘上的光学拾波器透镜；在上述光学拾波器透镜的至少一个面上形成有用于对以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的光盘上记录和读取时产生的波面像差，和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的光盘上记录和读取时产生的波面像差进行补偿的同心圆状的环带结构，当以波长 λ3 的激光光束在衬底厚度 t3 的光盘上记录和读取时，由该同心圆状的各环带结构给与波长 λ3 的激光光束的相位差大致在 0.15λ 以下。采用这种结构，对三种光盘可发挥实用上足够的降低波面像差效果。

[0025] 本发明的其它光学拾波器装置，是用具有互不相同的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束对分别具有不同厚度 t1、t2、t3 的衬底的光盘进行信息的记录和读取的光学拾波器装置，其特征在于，具备：发出波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束的光源；使从上述光源出射的波

长 λ1、λ2、λ3 的激光光束成为平行光束入射，使入射的激光光束汇聚到上述光盘上的光学拾波器透镜；

[0026] 在该拾波器透镜的至少一个面上形成有同心圆状的环带结构；通过设置该同心圆状的环带结构，在由透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的波面像差和由 λ2 的激光光束产生的波面像差之中，设最大的波面像差为 W_{max}，最小的波面像差为 W_{min} 时，在 $1 \leqslant W_{max}/W_{min} < 1.8$ 的条件下分别将 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束汇聚到衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘上；并且，W_{min} 及 W_{max} 都在 0.040λ 以下；在以波长 λ3 的激光光束在衬底厚度 t3 的光盘上进行记录和读取时，由该同心圆状的各环带结构给与波长 λ3 的激光光束的相位差大致在 0.15λ 以下。采用这种结构，对三种光盘可发挥实用上足够的降低波面像差效果。

[0027] 本发明的其它光学拾波器装置，是用具有互不相同的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束对分别具有不同厚度 t1、t2、t3 的衬底的光盘进行信息的记录和读取的光学拾波器装置，其特征在于，具备：发出波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束的光源；使从上述光源出射的波长 λ1、λ2、λ3 的激光光束成为平行光束入射，使入射的激光光束汇聚到上述光盘上的光学拾波器透镜；

[0028] 在上述光学拾波器透镜的至少一个面上形成有用于对以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的光盘上记录和读取时产生的波面像差，和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的光盘上记录和读取时产生的波面像差进行补偿的同心圆状的环带结构；在波长 λ3 的光路上设置用于对波长 λ3 的激光光束附加具有预定的空间分布的相位差的相位补偿元件；当以波长 λ3 的激光光束在衬底厚度 t3 的光盘上进行记录和读取时，由该相位补偿元件的空间分布给与波长 λ3 的激光光束的相位差大致在 0.15λ 以下。采用这种结构，对三种光盘可发挥实用上足够的降低波面像差效果。

[0029] 在此，优选以波长 λ1 的激光光束在衬底厚度 t1 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差和以波长 λ2 的激光光束在衬底厚度 t2 的光盘上进行记录和读取时产生的波面像差的绝对值大致相等，正负符号相反。

[0030] 另外，优选上述相位补偿元件由在平面板上设置同心圆状的环带结构形成。

[0031] 另外，优选在由透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的波面像差和由 λ2 的激光光束产生的波面像差之中，设最大的波面像差为 W_{max}，最小的波面像差为 W_{min} 时，在 $1 \leqslant W_{max}/W_{min} < 1.8$ 的条件下将 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束分别汇聚到衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘上。再有，优选由透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的 RMS 波面像差和由 λ2 的激光光束产生的 RMS 波面像差都在 0.040λ 以下。并且，优选使透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束分别对衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘进行汇聚，使其 RMS 波面像差为 $\{(W_1^2+W_2^2)/2\}^{1/2} \leqslant 0.028$（其中，对 λ1 的激光光束的波面像差为 W_1、对 λ2 的激光光束的波面像差为 W_2）。

[0032] 采用本发明的话，即使用一个光学拾波器，对于使用波长不同的多种光盘，也能够确保尽可能减少波面像差的状态。

附图说明

[0033] 图 1 是本发明的实施例 1 的光学拾波器装置的示意图。

[0034] 图 2 是本发明的光学拾波器透镜及相位补偿元件的示意图。

[0035] 图 3 是表示现有例子的光学拾波器透镜的 HD-DVD 和 DVD 的波面像差的图。

[0036] 图 4 是表示本发明的光学拾波器透镜的 HD-DVD 和 DVD 的波面像差的图。

[0037] 图 5 是说明本发明的光学拾波器透镜的环带结构的图。

[0038] 图 6 是表示本发明的光学拾波器透镜的设计方法的流程图。

[0039] 图 7 是表示本发明的光学拾波器透镜的 HD-DVD 和 DVD 及 CD 的波面像差的图。

[0040] 图 8 是表示本发明的光学拾波器透镜的 HD-DVD 和 DVD 及 CD 的波面像差的图。

[0041] 图 9 是表示本发明的光学拾波器透镜的 HD-DVD 和 DVD 及 CD 的波面像差的图。

[0042] 图 10 是本发明的实施例 2 的光学拾波器装置的示意图。

[0043] 图 11 是表示没有使用本发明的相位补偿元件来记录或读取 CD 时的波面像差的图。

[0044] 图 12 是本发明的相位补偿元件的示意图。

[0045] 图 13 是表示构成本发明的相位补偿元件的各相位补偿元件得到的相位差的图。

[0046] 图 14 是使用了本发明的相位补偿元件和光学拾波器透镜时的 HD-DVD 和 DVD 及 CD 的波面像差的图。

[0047] 图 15 是本发明的光学拾波器透镜的透镜数据。

[0048] 图 16 是本发明的光学拾波器透镜的透镜数据。

[0049] 图 17 是本发明的光学拾波器透镜的透镜数据。

[0050] 图 18 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0051] 图 19 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0052] 图 20 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0053] 图 21 是表示本发明的光学拾波器透镜的通用区域和专用区域的光程差的表。

[0054] 图 22 是表示本发明的光学拾波器透镜的坐标系的图。

[0055] 图 23 是表示本发明的光学拾波器透镜的透镜数据。

[0056] 图 24 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0057] 图 25 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0058] 图 26 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0059] 图 27 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0060] 图 28 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0061] 图 29 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0062] 图 30 是表示以数学式表现的本发明的光学拾波器透镜的非球面形状的数据表。

[0063] 图 31 是表示本发明的光学拾波器透镜的通用区域和专用区域的光程差的表。

[0064] 图 32 是表示本发明的光学拾波器透镜的 HD-DVD 和 DVD 及 CD 的波面像差的图。

具体实施方式

[0065] 实施例 1

[0066] 图 1 表示本发明的实施例 1 的光学拾波器装置的一例。该光学拾波器装置具备 HD-DVD 用光源 100、DVD 用光源 101、CD 用光源 102。光源 100 发出波长 λ1 = 405nm 的激

光光束，光源 101 发出波长 λ2 = 655nm 的激光光束，光源 102 发出波长 λ3 = 790nm 的激光光束。

[0067] 在分别从光源 100 和光源 101 出射的激光光束的光路上设有分束器 107。分束器 107 使从光源 100 出射的激光光束透过，并且反射从光源 101 出射的激光光束，把两束光都导向光盘侧。

[0068] 在从分束器 107 出射的激光光束和从光源 102 出射的激光光束的光路上设有分束器 108。分束器 108 使从分束器 107 出射的激光光束透过，并且反射从光源 102 出射的激光光束，把两束光都导向光盘侧。

[0069] 在从分束器 108 出射的激光光束的光路上设有准直透镜 103。从各光源 101、102、103 出射的激光光束在入射到准直透镜 103 的阶段都是发散光。准直透镜 103 把从光源 100 出射的激光光束和从光源 101 出射的激光光束从发散光转换成大致平行的光。此外，准直透镜 103 转换从光源 102 出射的激光光束使其发散角变小并输出。但是，从光源 102 出射的激光光束被准直透镜 103 转换了发散角后，仍维持发散光的状态。

[0070] 在透过了准直透镜 103 的激光光束的光路上设有光阑 105。光阑 105 是决定光学拾波器透镜 104 的有效数值孔径的元件。具体地说，在光盘 106 为 HD-DVD 时，光阑 105 动作使得光学拾波器透镜 104 的有效数值孔径约为 0.65。此外，在光盘 106 为 DVD 时，光阑 105 动作使得光学拾波器透镜 104 的有效数值孔径约为 0.60。再有，在光盘 106 为 CD 时，光阑 105 动作使得光学拾波器透镜 104 的有效数值孔径约为 0.47。作为光阑 105，能够使用例如日本特开平 9-54977 号公报所述的波长选择滤波器。

[0071] 在透过了光阑 105 的激光光束的光路上设有光学拾波器透镜 104。光学拾波器透镜 104 具有使入射的光在光盘 106 的信息记录面上汇聚直到接近衍射极限。光学拾波器透镜 104 还具有把在光盘 106 的信息记录面反射的激光光束导入检测系统（未图示）的作用。对于该光学拾波器透镜 104 将在后述。

[0072] 在聚焦伺服时及寻迹伺服时，光学拾波器透镜 104 和光阑 105 成为一体，利用未图示的传动装置动作。

[0073] 还有，在本实施例中，HD-DVD 用、DVD 用、CD 用光盘 106 的透明衬底为聚碳酸脂，HD-DVD 用、DVD 用、CD 用光盘 106 的透明衬底的厚度分别为 0.6mm、0.6mm、1.2mm。在图 1 中，光盘 106a 为 HD-DVD 用、DVD 用光盘，光盘 106b 为 CD 用光盘。

[0074] 其次，对从各光源 100、101、102 出射的激光光束在光盘 106 的信息记录面反射直到被检测系统检测出的工作过程进行说明。

[0075] 从光源 100 出射的激光光束透过分束器 107 及分束器 108 入射到准直透镜 103。从光源 101 出射的激光光束在分束器 107 被反射，透过分束器 108 后入射到准直透镜 103。从光源 102 出射的激光光束在分束器 108 被反射并入射到准直透镜 103。

[0076] 准直透镜 103 把从光源 100 出射的激光光束和从光源 101 出射的激光光束从发散光变换成大致平行的光。此外，准直透镜 103 转换从光源 102 出射的激光光束使其发散角变小并输出。

[0077] 透过了准直透镜 103 的激光光束被光阑 105 限制其实际的数值孔径。通过了光阑 105 的激光光束入射到光学拾波器透镜 104。光学拾波器透镜 104 使入射的激光光束在光盘 106 的信息记录面上汇聚直到衍射极限附近。由光盘 106 的信息记录面反射的激光光束

通过光学拾波器透镜 104 入射到检测系统（未图示），并被检测出。检测系统（未图示）检测该激光光束，通过光电转换，产生聚焦伺服信号、寻迹伺服信号、读取信号等。

[0078] 其次，对在本发明实施例 1 的光学拾波器装置中所使用的光学拾波器透镜 104 进行详细的说明。

[0079] 光学拾波器透镜 104 如上所述是起使激光光束汇聚到光盘 106 的信息记录面上的作用的元件。图 2 表示该光学拾波器透镜 104 的正视图及侧视图。本实施例 1 的光学拾波器透镜 104 如图 2 所示，其一个面具有不连续的非球面形状。即，在激光光束的入射面，产生相位差的多个环带状凹部或凸部相对于相邻的环带状凹部或凸部具有预定的阶梯差量 h 并形成同心圆状。在此，将构成该环带状凹部或凸部的各非球面最优化，使其形状的 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差很小。

[0080] 该场合，环带状凹部或凸部的单位阶梯差 h 以 $h \fallingdotseq m \times \lambda 1/(n1-1)$ 表示。此处，m 是自然数，λ1 是 HD-DVD 用光源的波长、n1 是汇聚透镜的折射率。

[0081] 在本发明实施例 1 的光学拾波器中，特别地，根据上述单位阶梯差 h 在环带状凹部或凸部形成阶梯差后，使构成各环带的非球面的形状最优化，从而使 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差都很小。

[0082] 在此，对专利文献 1 中所述的光学拾波器透镜中产生的波面像差作为比较例进行说明。图 3 表示计算在基于该专利文献 1 所记载的数据设计光学拾波器透镜的场合、在信息记录面上产生的波面像差的结果。图 3 中，横轴是光学拾波器透镜的标准化半径，“0”表示光学拾波器透镜的中心轴，“1”表示光学拾波器透镜的边缘。该图的纵轴表示波面像差。由于光学拾波器透镜的环带结构的形状定为相对于其中心轴（光轴）成同心圆状，从而实际的波面像差分布相当于使图 3 的分布以该曲线图的纵轴为中心旋转。图 3 中的虚线表示相对于具有 HD-DVD 用的波长 λ1 的激光光束的波面像差，实线表示相对于具有 DVD 用的波长 λ2 的激光光束的波面像差。

[0083] 根据图 3 的曲线图可知，HD-DVD 用的波长 λ1 的波面像差虽几乎为 0，但 DVD 用的波长 λ2 的波面像差却约为 60mλrms。这小于能将激光光束缩小到衍射极限附近的极限的波面像差值，即 Marshall 评估的基准值 70mλrms。但是，还考虑到基于制造透镜时透镜面的偏心的产生和组装到光学读取头时的安装误差导致的透镜倾斜的产生而在制造阶段产生的波面像差不会带来妨碍的话，约 60mλrms 之类的波面像差的值不一定在实用上是足够的值。

[0084] 对于专利文献 1 所公开的光学拾波器透镜，可以推测，它是根据波面像差的计算结果进行设计的，以减小对于在 DVD 和 CD 使用的光源波长的波面像差。与此相应，对于本发明的实施例 1 的光学拾波器透镜，它是考虑适用于蓝光光盘、HD-DVD 之类应用超高密度记录的光盘来设计光学拾波器透镜的，从而首先减小对 HD-DVD 和 DVD 所使用的光源波长的波面像差。还有，为了便于理解，利用光线追踪换算成在光学拾波器透镜的光瞳面的波面像差。

[0085] 图 4 表示本发明的实施例 1 的光学拾波器透镜的 HD-DVD 和 DVD 的波面像差。在该光学拾波器透镜中，同心圆状的环带结构形成于光学拾波器透镜的激光光束入射面侧，如前所述的以 $h \fallingdotseq m \times \lambda 1/(n1-1)$ 表示的环带状凹部或凸部的单位阶梯差 h 是以 m ＝ 2 得到的值。此外，图 5 表示与环带边缘位置和其环带深度相关的数据。图 5 中所谓的环带边

缘位置表示各环带的边缘相对于光学拾波器透镜的标准化半径位于哪里（参照图 2）。此外，图 5 中所谓的阶梯差，表示以各环带的透镜的激光光束入射面中心位置为基准，各环带向光轴方向具有多少阶梯差量，并以上述 h 的倍数表示。阶梯差为正时，形成向透镜厚度增加的方向的环带，阶梯差为负时，形成向透镜厚度减小的方向的环带。

[0086] 对于本发明的实施例 1 的光学拾波器透镜，按照图 6 所示的流程图进行设计。最初，决定阶梯差量 h，对环带状凹部或凸部给与阶梯差量 h(S101)。在该步骤 S101，预先准备不仅是以一个波长，而是以两个波长 λ1、λ2、透镜对波长 λ1 的激光光束的折射率 n1、透镜对波长 λ2 的激光光束的折射率 n2、以变量为因子的计数学式。并且，将变量设定在预定的范围内，基于该数学式决定阶梯差量。

[0087] 其次，对构成各环带的非球面的形状进行最优化，使 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差都很小 (S102)。

[0088] 具体地说，例如，最好是如同一申请人的日本特开 2003-270528 号（美国专利 6,678,096）所公开的那样，在由透过同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的波面像差和由 λ2 的激光光束产生的波面像差之中，当设最大的波面像差为 W_{max}、最小的波面像差为 W_{min} 时，分别以 $1 \leqslant W_{max}/W_{min} < 1.8$ 将 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束汇聚到衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘上。优选的范围是 $1 \leqslant W_{max}/W_{min} < 1.6$，更优选的范围是 $1 \leqslant W_{max}/W_{min} < 1.4$。此外，希望由透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束产生的 RMS 波面像差和由 λ2 的激光光束产生的 RMS 波面像差都在 0.040λ 以下。优选的范围是在 0.035λ 以下。或者，最好是将透过上述同心圆状的环带结构的 λ1 的激光光束和 λ2 的激光光束汇聚到各衬底厚度 t1 的光盘和衬底厚度 t2 的光盘上，从而使 RMS 波面像差为 $\{(W_1^2+W_2^2)/2\}^{1/2} \leqslant 0.028$（其中，相对于 λ1 的激光光束的波面像差为 W_1、相对于 λ2 的激光光束的波面像差为 W_2）。优选该 RMS 波面像差为 0.026，更优选 0.025 或 0.023。

[0089] 根据图 4 所示的计算结果，HD-DVD 用的波长 λ1 的波面像差的 r m s 值约为 34mλrms，DVD 用的波长 λ2 的波面像差的 r m s 值约为 35mλrms。如图 4 所示可知，对波长 λ1 的波面像差的曲线图和对波长 λ2 的波面像差的曲线图以波面像差值为 0 的轴为中心基本上呈线对称。即，设计成波长 λ1 的波面像差和波长 λ2 的波面像差其绝对值相等，而正负符号相反。对于任何一个光盘，即使考虑到制造时产生的波面像差，也能将激光光束汇聚直到光盘的信息记录面上直到衍射极限附近。

[0090] 这样，对于在决定阶梯差量 h，对环带状凹部或凸部给与决定的台阶量 h 后，对于构成各环带的非球面的形状进行最优化的本发明的光学拾波器透镜，使用两种光盘所使用的两种波长能够把各波面像差降低到实用上足够小的水准。这对于上述专利文献 1 中所公开的光学拾波器透镜来说是得不到的效果。

[0091] 采用以上的方法，可以用一个光学拾波器透镜记录和读取 HD-DVD 和 DVD。下面，对用一个光学拾波器透镜不仅可记录和读取 HD-DVD 和 DVD，还可记录和读取 CD 的方法进行说明。

[0092] 图 7 表示把 CD 的激光光束准直成平行光束并入射到采用上述方法设计成同时减小 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差的光学拾波器透镜 104 的情况下的波面像差。图 7 中的虚线表示 HD-DVD 用的波长 λ1 的波面像差，实线表示 DVD 用的波长 λ2 的波面像差。另外，粗线表示 CD 用的波长 λ3 的波面像差。由于对 CD 的波面像差没有

作任何补偿，所以，CD 用的波长 λ3 的波面像差很大，约为 261mλrms。还有，CD 的数值孔径为 0.47，此时的标准化半径约为 0.72。

[0093] 相对于此，图 8 表示对 CD 为有限系统时的波面像差。所谓有限系统是指，不是把 CD 用的波长 λ3 的激光光束准直为平行光束入射到光学拾波器透镜（以下，称为无限系统），而是作为发散光入射，利用球面色散通过改变该入射光的发散程度，即几何光学上所谓的光学拾波器透镜的物像间距离而变化的性质，补偿如图 7 所示的 CD 的波面像差。

[0094] 图 8 的 CD 用的波长 λ3 的波面像差约为 27mλrms，即使考虑到光学拾波器透镜制造时产生的波面像差，也能将激光光束汇聚到光盘的信息记录面上直到衍射极限附近。还有，这种场合的物体间距离约为 49.8mm。

[0095] 这样，本发明实施例 1 的光学拾波器装置相对于设计成同时减小 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差的光学拾波器透镜 104，由于 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的激光光束以无限系统入射，CD 用的波长 λ3 的激光光束以预定的有限系统入射，所以，用一个光学拾波器透镜 104 就能够确保 HD-DVD、DVD 以及 CD 的互换。

[0096] 但是，在设计构筑于光学拾波器透镜 104 上的同心圆状的环带结构，以同时减小 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差时，希望做成 CD 用的波长 λ3 的激光光束难以因其环带结构而给与相位差的那样的同心圆状的环带结构。具体地说，因环带结构给与 CD 光源的光的相位差尽可能接近于 CD 波长的整数倍即可。

[0097] 图 9 是计算了上述的以 h ≒ m×λ1/(n1-1) 表示的单位阶梯差 h 中，m ＝ 3 时的 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 及 CD 用的波长 λ3 的波面像差的结果。HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差，相对于为了获得与以 m ＝ 2 得到的图 8 所示的波面像差几乎相等的结果，对于 CD 用的波长 λ3 的激光光束，即使采用有限系统也不能充分地减小波面像差。这是由于，虽然在 CD 用的波长 λ3 的激光光束的波面像差中呈现几个地方的大的不连续点，但在其半径位置形成有环带的阶梯差，因环带的阶梯差而对 CD 用的波长 λ3 的激光光束给与大的相位差。在该 CD 用的波长 λ3 的激光光束中源于所产生的环带的阶梯差的波面像差，即使采用有限系统也难以充分地减小。另一方面，在图 8 所示的 CD 用的波长 λ3 的激光光束的波面像差中，虽然也与图 9 所示同样地呈现几个地方的不连续点，但都小到 0.1λ 以下。这是因为，对 CD 用的波长 λ3 的激光光束形成难以附加大的相位差的单位阶梯差 h。

[0098] 难以对 CD 用的波长 λ3 的激光光束附加大的相位差的单位阶梯差 h，在本实施例中虽在例如 m ＝ 2 的情况下得到，但这是因为，单位阶梯差 h 是由 h ≒ m×λ1/(n1-1) 所规定，是由 λ1 的值和 n1 的值所决定的，在所有的情况下，并不限于 m ＝ 2 是最佳的。在本实施例中，由于使 λ1 ＝ 405nm，作为透镜材料使用了塑料系列材料，所以 n1 ＝ 1.52。还有，与 m ＝ 2 的情况完全相同，即使在 m ＝ 8、m ＝ 10 的情况下，也能得到同时减小 HD-DVD 用的波长 λ1 和 DVD 用的波长 λ2 的波面像差，并对 CD 用的波长 λ3 的激光光束难以附加大的相位差的效果。此外，对 CD 用的波长 λ3 的激光光束难以附加大的相位差的的阶梯差量，从得到 CD 的实用的波面像差的观点来看，希望选择 CD 用的波长 λ3 的激光光束的波面像差的不连续点的相位差使其大致在 0.15λ 以下，进而，优选在 0.10λ 以下。但是，由于即使局部地超过 0.15λ 总体上对波面像差的影响很小，因而即使在该点应当注意的是选择阶梯差量。

[0099] 图 15 ～图 17 是上述最优化的结果得到的、图 1 中所示的光学拾波器透镜 104 和光盘 106 的透镜数据，图 15 对应于 HD-DVD，图 16 对应于 DVD，图 17 对应于 CD。光学拾波器透镜 104 的材质为塑料类，光盘 109 的透明衬底为聚碳酸酯 (PC)。这些材质对每种波长的折射率如图 15 ～图 17 所示。此外，“空气”是指面与面之间充满了空气。

[0100] 图 18 ～图 20 是以数学式表现的光学拾波器透镜 104 的非球面形状的数据。一般来说，在图 22 表示的坐标系中，透镜的非球面的形状以所谓的垂度 z 的形式表示成下述 (1) 式。其中，c ＝ 1/R。

[0101] 【式 1】

[0102] $$Z=\frac{cr^2}{1+\sqrt{(1-(1+k)c^2r^2)}}+\sum_{i=2}^{8}A_{2i}r^{2i}+B \qquad (1)$$

[0103] 用该 (1) 式的参数表示光学拾波器透镜 104 的物侧的面的话，则如图 18、图 19 所示。即，如图 2 所示，由于光学拾波器透镜 104 的物侧的面具有不连续的非球面形状，因而在构成其不连续的非球面形状的每个区域都表示该非球面形状。由连续的非球面形状组成的像侧的面以图 20 表示。图 18 ～图 20 中的所谓的“区域的范围”表示在各区域中以 (1) 式表示的非球面形状为有效的透镜半径 (单位为 mm)。此外，图 18 ～图 20 中的“B”表示光轴上的垂度量 (单位为 mm)。还有，在图 18 ～图 20 中表示的各参数的值是在记录或读取 HD-DVD 和 DVD 时将波面像差抑制得尽可能小来决定的结果。

[0104] 如图 18、图 19 所示，光学拾波器透镜 104 的物侧的面由 9 个环带状的区域组成，由于从含有光轴的区域向透镜外侧方向数直到第 7 个环带状的区域，是在记录和读取 HD-DVD 和 DVD 时共同使用的区域，所以，以下称之为 HD-DVD/DVD 通用区域。同样地，由于第 8 个和第 9 个环带状的区域是仅在记录和读取 HD-DVD 时使用，在记录和读取 DVD 时不使用的区域，因而称之为 HD-DVD 专用区域。

[0105] 图 21 表示在图 18 ～图 20 所示的各非球面部，以第一区间的大致的光程差为基准时，相当于 HD-DVD/DVD 通用区域和 HD-DVD 专用区域的第二～第九区间的大致光程差分别大致是波长 λ 的多少倍。

[0106] 如图 21 所表明的，第二～第九区间相对于波长 405nm 的 HD-DVD 是 2mλ 的差，相对于波长 655nm 的 DVD 及波长 790nm 的 CD 为 mλ 之差 (m 为整数)。这是因为，由于短的波长 λ1 在 380 ～ 430nm 之间，长的波长 λ2 在 630 ～ 680nm 之间，λ3 在波长 790nm 附近，因而易于满足上述大致光程差的关系。

[0107] 实施例 2

[0108] 图 10 是表示本发明的实施例 2 的光学拾波器装置的结构例子。该光学拾波器装置的基本结构与图 1 所示的本发明的实施例 1 的光学拾波器装置相同，作为特征的结构要素的光学拾波器透镜 104 也可以使用相同的透镜。相对于在本发明的实施例 1 中，通过使 CD 用的波长 λ3 的激光光束以预定的有限系统相对于光学拾波器透镜 104 入射，以便减小对 CD 用的激光光束的波面像差，在本发明的实施例 2 中，则是通过将相位补偿元件 110 插入到 CD 用光源 102 和偏光分束器 108 的光路中来降低对 CD 用的激光光束的波面像差。

[0109] 在本发明的实施例 2 中，所有的光源 100、101、102 的激光光束都被准直透镜 103 转换成大致平行的光，并相对于光学拾波器透镜 104 入射。在这种状态下，对 CD 用的激光光束的波面像差则如图 7 所示那样变大，已如本发明的实施例 1 中所述。

[0110] 因此，在本发明的实施例 2 中，将相位补偿元件 110 插入到 CD 用光源 102 和偏光分数器 108 的光路中，用以代替对 CD 不使用有限系统，来降低对 CD 用的激光光束的波面像差。以下，对相位补偿元件 110 进行说明。

[0111] 图 11 表示 CD 也采用了无限系统时的波面像差的计算结果。如图 11 所示，该场合的波面像差最大为 0.5λ 以上。图 12 表示的是用于减小这种波面像差的相位补偿元件 110 的例子。图 12 的上侧表示该相位补偿元件 110 的正视图，该图下侧表示该相位补偿元件 110 的侧视图。如图 12 所示，相位补偿元件 110 由多个同心圆状的相位补偿要素组成，各相位补偿要素对各激光光束给与的相位差量不同。当从相位补偿元件 110 的中心起设同心圆状的相位补偿要素为 p1、p2、...、pn，设其各相位补偿要素的外延为 b1、b2、...、bn 时，在本实施例 2 中，当将由各相位补偿要素给与的相位差为 p1 ＝ 0λ、p2 ＝ -0.12λ、p3 ＝ -0.24λ、p4 ＝ -0.36λ、p5 ＝ -0.48λ、p6 ＝ -0.36λ、p7 ＝ -0.24λ、p8 ＝ -0.12λ、p9 ＝ 0λ 时，各相位补偿要素的外延为从光学拾波器透镜的 HD-DVD 或 DVD 的最大的有效半径以逆算得到的相位补偿元件 110 的插入位置的最大有效半径标准化了的值，其值为 :b1 ＝ 0.204、b2 ＝ 0.262、b3 ＝ 0.363、b4 ＝ 0.507、b5 ＝ 0.549、b6 ＝ 0.601、b7 ＝ 0.651、b8 ＝ 0.674、b9 ＝ 1(参照图 11、图 13)。

[0112] 图 14 表示使用相位补偿元件 110 将在记录或读取 CD 时用光拾波器透镜 104 不能减小的图 11 的以实线表示的波面像差成分减小了的情况的波面像差的计算结果。从图可知，补偿后的波面像差约为 40mλrms，得到大幅地改善。这里，虽将由各相位补偿元件给与的相位差取为 -0.12λ 的倍数，但若取为例如 -0.10λ 的倍数的话，还可以进一步减小波面像差的 r m s 值。但是，必须用更多的相位补偿要素构成相位补偿元件 110。再有，这里，虽将由各相位补偿要素给与的相位差取为某个值的倍数，但并不是必须将由各相位补偿要素给与的相位差取为某个值的倍数。例如，也有将各相位补偿要素的外延 b1、b2、...、bn 与光学拾波器透镜 104 的不连续点 a1、a2、...、am(参照图 2) 尽可能设定为不一致的方法。在这种情况下，还有利于增加对相位补偿元件 110 与光学拾波器透镜 104 的位置偏离的容许度。

[0113] 此外，相位补偿元件 110 能够通过例如在光透过特性优良的平面板上设置同心圆状的环带结构来实现。例如，对于本实施例 2，只要设计环带结构，使得相邻的环带之间的单位阶梯差产生的相位差大致在 -0.2λ 以内，优选为 -0.12λ 的相位差即可。

[0114] 还有，图 10 中的光学拾波器透镜 104 和光盘 106 的透镜数据与图 15 ～图 17 及图 18 ～图 20 所示的相同。

[0115] 实施例 3

[0116] 上述实施例 1 和实施例 2 作为适用于超高密度记录的光盘虽考虑了 HD-DVD，但即使在考虑了蓝光光盘的情况下，通过同样的设计也能够实现。本实施例 3 就是考虑了蓝光光盘的例子。

[0117] 图 23 是上述最优化的结果得到的、图 1 中所示的光学拾波器透镜 104 和光盘 106 的透镜数据，图 23(a) 对应于蓝光光盘，图 23(b) 对应于 DVD，图 23(c) 对应于 CD 的场合。光学拾波器透镜 104 的材质为玻璃类，光盘 109 的透明衬底为聚碳酸酯 (PC)。这些材质对每种波长的折射率如图 23(a) ～图 23(c) 所示。此外，“空气”是指面与面之间充满了空气。

[0118] 图 24 ～图 29 是以数学式表现的光学拾波器透镜 104 的非球面形状的数据。一般

来说，在图 22 表示的坐标系中，透镜的非球面的形状以所谓的垂度 z 的形式表示成上述的 (1) 式。其中，c ＝ 1/R。

[0119] 用 (1) 式的参数表示光学拾波器透镜 104 的物侧的面时，成为图 24 ～图 29 所示那样。即，如图 2 所示，由于光学拾波器透镜 104 的物侧的面具有不连续的非球面形状，因而在构成其不连续的非球面形状的每个区域表示其非球面形状。由连续的非球面形状组成的像侧面以图 30 表示。图 24 ～图 30 中的所谓的“h 的范围”表示在各区域中以 (1) 式表示的非球面形状为有效的透镜半径 (单位为 mm)。此外，图 24 ～图 30 中的“B”表示光轴上的垂度量 (单位为 mm)。还有，在图 24 ～图 30 中表示的各参数的值，是将记录或读取蓝光光盘和 DVD 时的波面像差抑制得尽可能小所决定的结果。

[0120] 如图 24 ～图 29 所示，光学拾波器透镜 104 的物侧的面由 31 个环带状的区域组成，由于从含有光轴的区域向透镜外侧方向数直到第 29 个的区域都是在记录和读取蓝光光盘和 DVD 的时共同使用的区域，所以，以下称之为蓝光光盘 /DVD 通用区域。同样地，由于第 30 个和第 31 个区域仅在记录和读取蓝光光盘时使用，在记录和读取 DVD 时不使用的区域，因而称之为蓝光光盘专用区域。

[0121] 图 31 表示在图 24 ～图 29 中所示的各非球面部中，以第一区间的大致的光程差为基准时，相当于蓝光光盘 /DVD 通用区域和蓝光光盘专用区域的第 2 ～ 31 区间的大致光程差分别大致是波长 λ 的多少倍。

[0122] 如图 31 所表明的，第 2 ～ 29 区间相对于波长 405nm 的蓝光光盘是 2mλ 的差，相对于波长 655nm 的 DVD 及波长 790nm 的 CD 为 mλ 之差 (m 为整数)。这是因为，由于短的波长 λ1 在 380 ～ 430nm 之间，长的波长 λ2 在 630 ～ 680nm 之间，λ3 在波长 790nm 附近，因而易于满足上述大致光程差的关系。此外，图 32 是表示蓝光光盘、DVD 以及 CD 的波面像差图。

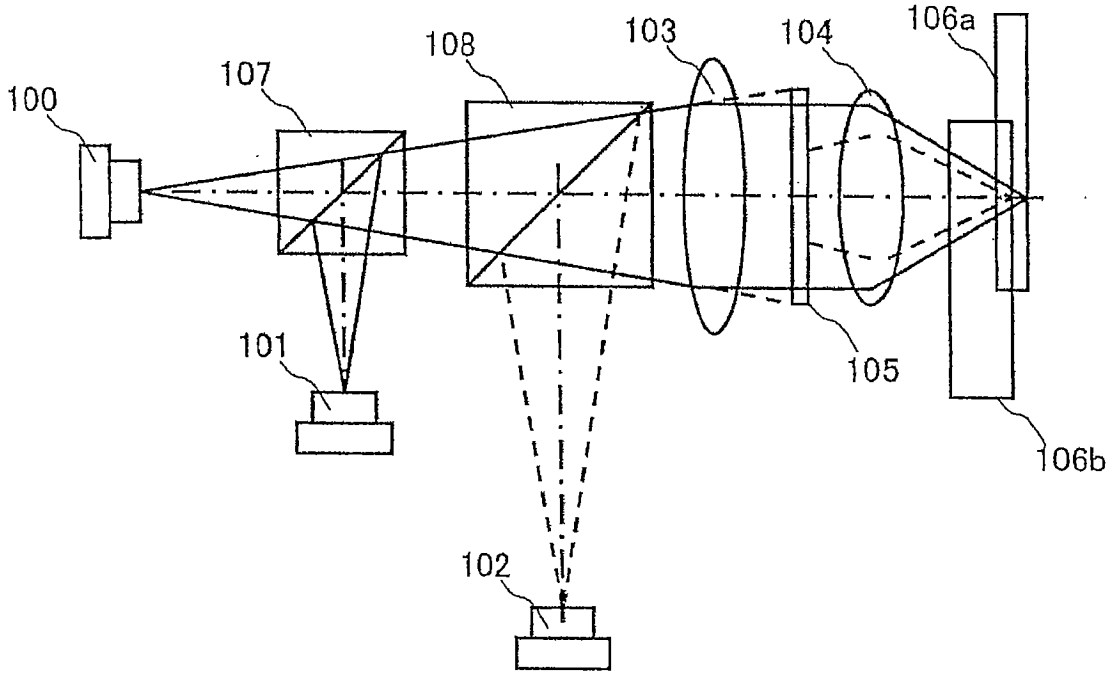

100
107
108
103
104
106a
101
105
106b
102

图 1

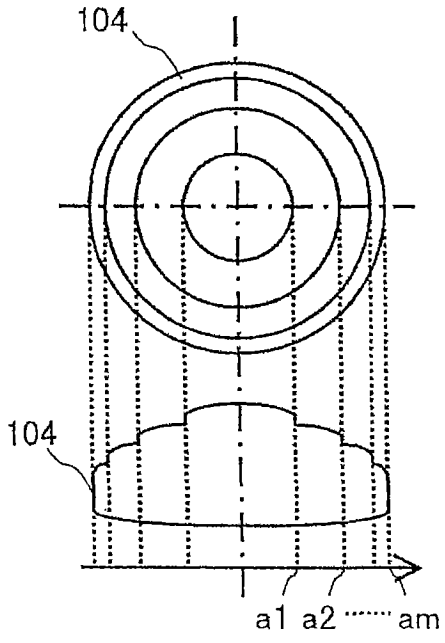

104
104
a1 a2 ····· am

图 2

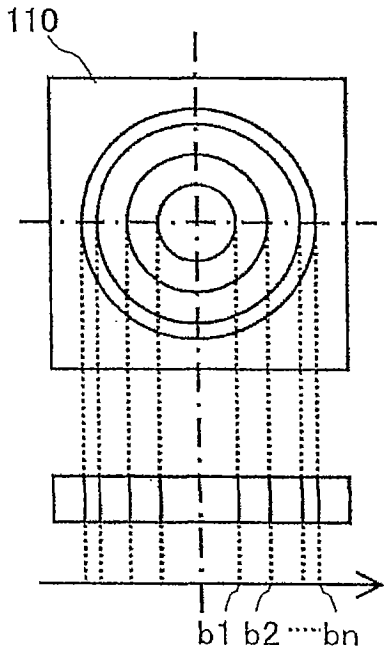

110
b1 b2 ····bn

图 12

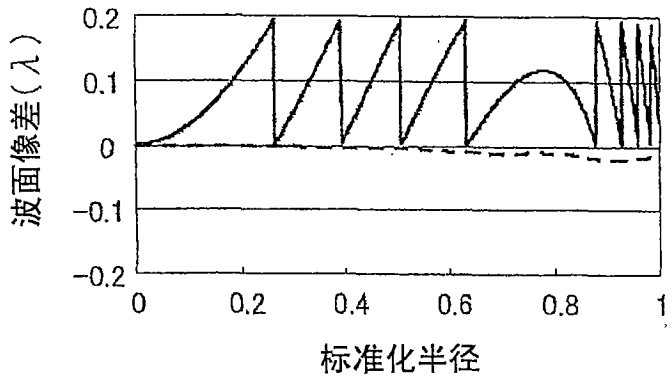


图 3

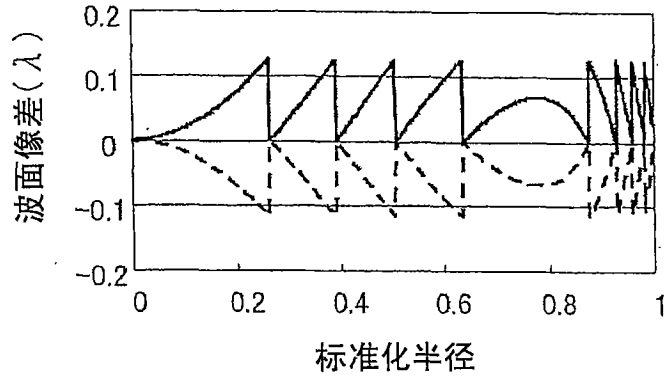


图 4

环带边缘位置		阶梯差
a1	0.263	0
a2	0.390	−h
a3	0.507	−2h
a4	0.636	−3h
a5	0.881	−4h
a6	0.930	−3h
a7	0.961	−2h
a8	0.984	−h
a9	1.000	0

图 5

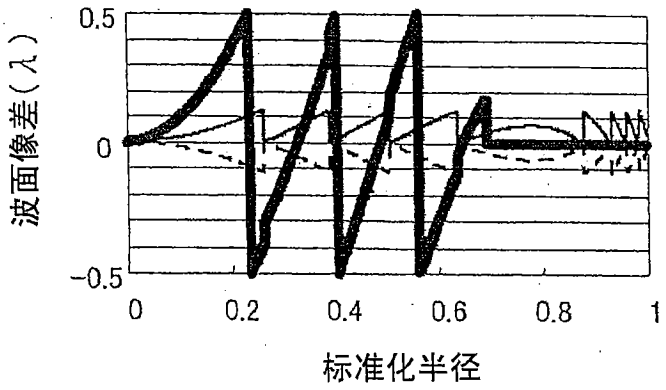

0.5
0
-0.5
波面像差(λ)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
标准化半径

图 7

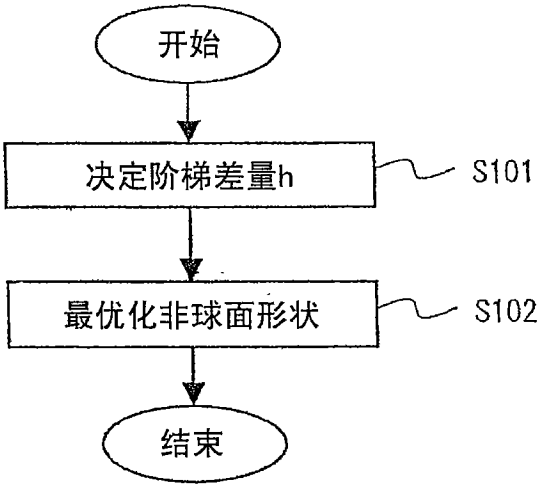

开始
决定阶梯差量h
S101
最优化非球面形状
S102
结束

图 6

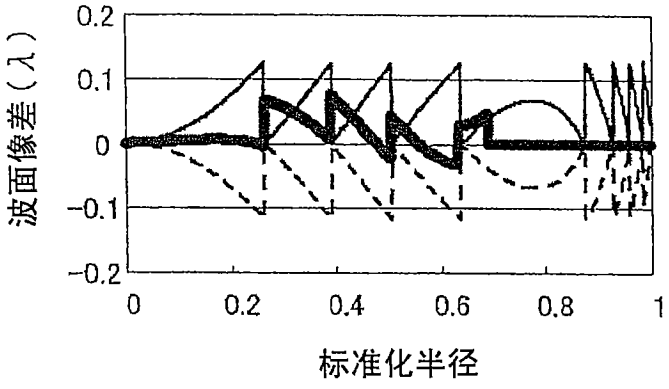

0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
波面像差(λ)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
标准化半径

图 8

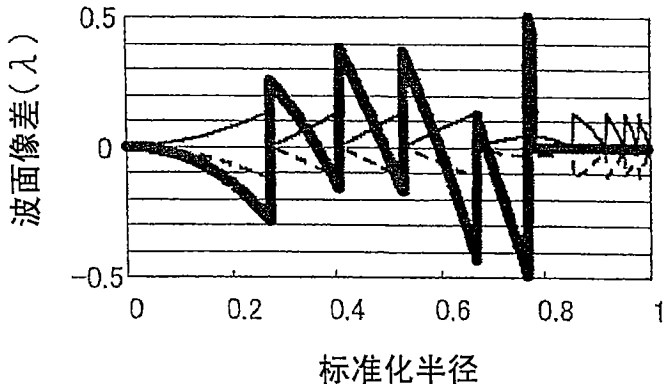

0.5
0
-0.5
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
波面像差(λ)
标准化半径

图 9

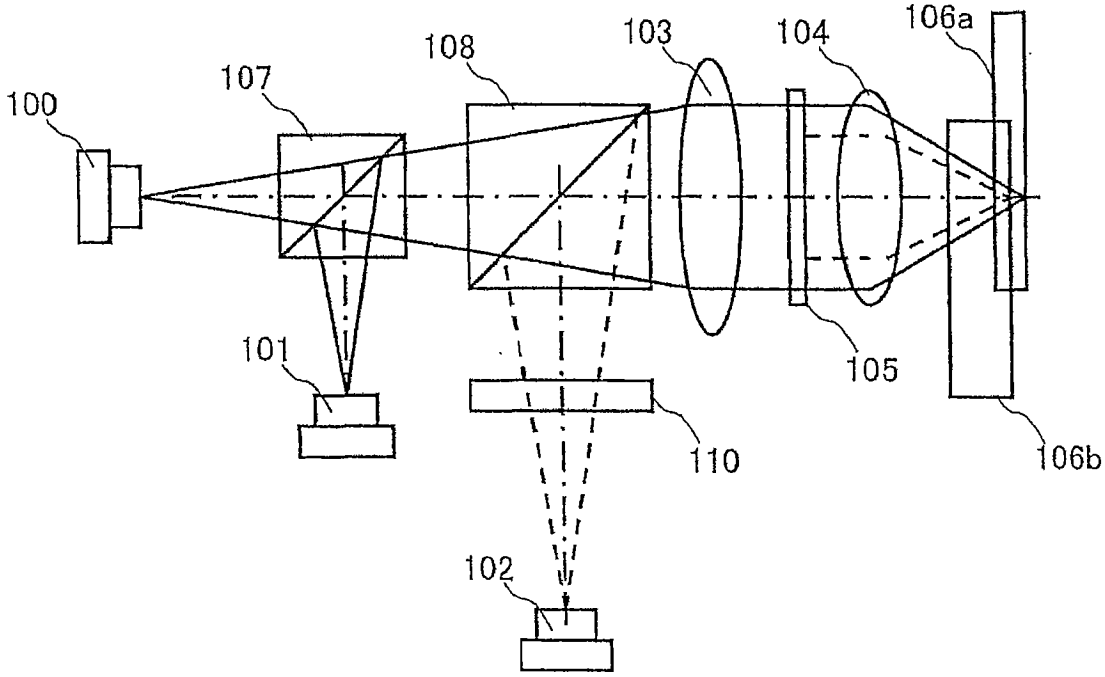

100
107
108
103
104
106a
101
105
110
106b
102

图 10

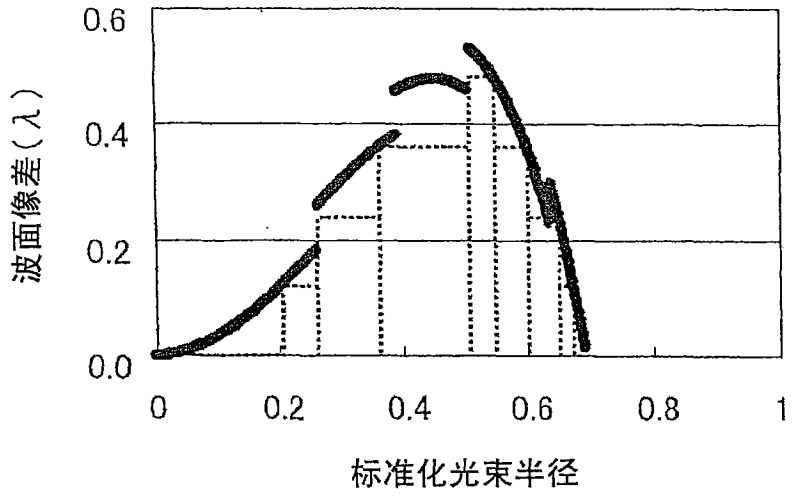

0.6
0.4
0.2
0.0
波面像差(λ)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
标准化光束半径

图 11

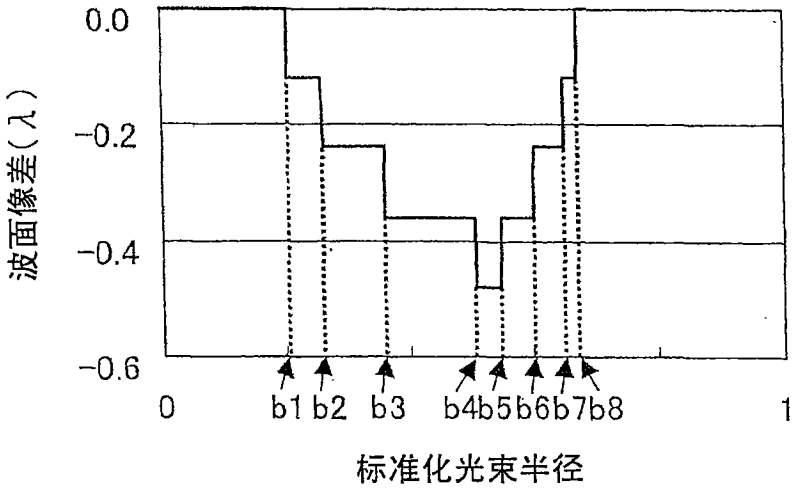

0.0
-0.2
-0.4
-0.6
波面像差(λ)
0
b1 b2 b3 b4 b5 b6 b7 b8
1
标准化光束半径

图 13

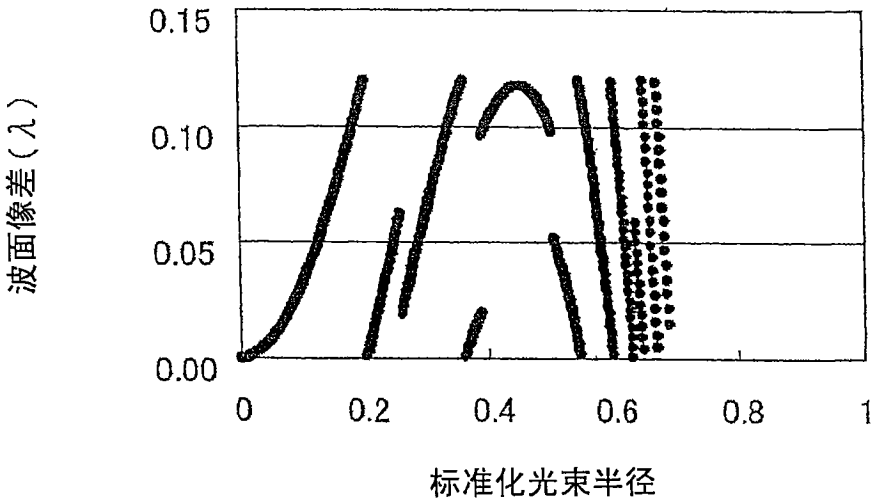


图 14

实施例1 HD DVD（蓝光、405nm）配置
对物透镜焦距3.102mm NA0.650

面序号	注释	曲率半径（mm）	与下一个面在光轴上的面间距离（mm）	与下一个面之间的材质	折射率	有效直径（mm）
1	物面	∞	∞	空气	1	—
2	光阑面	∞	0	空气	1	4.032
3	透镜面物侧	非球面	2.2	塑料类	1.520148	—
4	透镜面像侧	非球面	1.53813	空气	1	—
5	光盘面物侧	∞	0.6	PC	1.6235	—
6	光盘信息记录面	∞	—	—	—	—

图 15

实施例1 DVD（655nm）配置
对物透镜焦距3.205mm NA0.629

面序号	注释	曲率半径（mm）	与下一个面在光轴上的面间距离（mm）	与下一个面之间的材质	折射率	有效直径（mm）
1	物面	∞	∞	空气	1	—
2	光阑面	∞	0	空气	1	4.032
3	透镜面物侧	非球面	2.2	塑料类	1.502116	—
4	透镜面像侧	非球面	1.630125	空气	1	—
5	光盘面物侧	∞	0.6	PC	1.58	—
6	光盘信息记录面	∞	—	—	—	—

图 16

实施例1 CD(790nm)配置

对物透镜焦距3.226mm NA0.470

面序号	注释	曲率半径(mm)	与下一个面在光轴上的面间距离(mm)	与下一个面之间的材质	折射率	有效直径(mm)
1	物面	∞	49.8	空气	1	—
2	光阑面	∞	0	空气	1	3.163
3	透镜面物侧	非球面	2.2	塑料类	1.498584	—
4	透镜面像侧	非球面	1.480416	空气	1	—
5	光盘面物侧	∞	1.2	PC	1.57163	—
6	光盘信息记录面	∞	—	—	—	—

图 17

物面侧:区间j=1～6

区间 j								
1 HD DVD /DVD通用区域	R	1.961164E+00	C	5.099013E-01	K	-7.171994E-01		
	A4	5.941686E-03	A6	-2.952150E-04	A8	1.747287E-04	A10	-7.075881E-05
	A12	2.280891E-05	A14	-6.748199E-06	A16	7.906353E-07		
	区域的范围		B	0				
			小	0				
			大	0.527983005				
2 HD DVD /DVD通用区域	R	1.961666E+00	C	5.097707E-01	K	-6.879136E-01		
	A4	5.452389E-03	A6	-3.330526E-04	A8	1.726828E-04	A10	-7.137150E-05
	A12	2.292024E-05	A14	-6.758406E-06	A16	7.895848E-07		
	区域的范围		B	-0.001462789				
			小	0.527983005				
			大	0.786831561				
3 HD DVD /DVD通用区域	R	1.962167E+00	C	5.096406E-01	K	-6.900110E-01		
	A4	5.482011E-03	A6	-3.282861E-04	A8	1.713408E-04	A10	-7.059930E-05
	A12	2.271048E-05	A14	-6.717899E-06	A16	7.857438E-07		
	区域的范围		B	-0.002924152				
			小	0.786831561				
			大	1.024862323				
4 HD DVD /DVD通用区域	R	1.962670E+00	C	5.095100E-01	K	-6.839427E-01		
	A4	5.378139E-03	A6	-3.376053E-04	A8	1.721947E-04	A10	-7.146818E-05
	A12	2.294799E-05	A14	-6.744784E-06	A16	7.858748E-07		
	区域的范围		B	-0.004386257				
			小	1.024862323				
			大	1.289234974				
5 HD DVD /DVD通用区域	R	1.963172E+00	C	5.093797E-01	K	-6.955049E-01		
	A4	5.565035E-03	A6	-3.221594E-04	A8	1.737197E-04	A10	-7.165584E-05
	A12	2.304752E-05	A14	-6.750307E-06	A16	7.849629E-07		
	区域的范围		B	-0.005847419				
			小	1.289234974				
			大	1.772263788				
6 HD DVD /DVD通用区域	R	1.962669E+00	C	5.095103E-01	K	-6.942346E-01		
	A4	5.548337E-03	A6	-3.239672E-04	A8	1.733603E-04	A10	-7.147108E-05
	A12	2.298161E-05	A14	-6.749231E-06	A16	7.862807E-07		
	区域的范围		B	-0.004389635				
			小	1.772263788				
			大	1.874431068				

图 18

区间 j								
7 HD DVD /DVD通用区域	R	1.962167E+00	C	5.096407E-01	K	-6.897721E-01		
	A4	5.478682E-03	A6	-3.298444E-04	A8	1.725296E-04	A10	-7.123807E-05
	A12	2.289436E-05	A14	-6.745462E-06	A16	7.874131E-07		
	区域的范围		B	-0.002928338				
			小	1.874431068				
			大	1.936558244				
8 HD DVD 专用区域	R	1.961664E+00	C	5.097712E-01	K	-7.036127E-01		
	A4	5.711363E-03	A6	-3.105361E-04	A8	1.723249E-04	A10	-7.029008E-05
	A12	2.265427E-05	A14	-6.717740E-06	A16	7.873065E-07		
	区域的范围		B	-0.001463602				
			小	1.936558244				
			大	1.983164721				
9 HD DVD 专用区域	R	1.961162E+00	C	5.099017E-01	K	-6.905755E-01		
	A4	5.500499E-03	A6	-3.291831E-04	A8	1.722634E-04	A10	-7.092133E-05
	A12	2.278891E-05	A14	-6.747295E-06	A16	7.903575E-07		
	区域的范围		B	7.87111E-07				
			小	1.983164721				
			大	2.016				

图 19

像面侧

R2面	R	-5.608087E+00	C	-1.783139E-01	K	-5.506429E+01		
	A4	4.689891E-03	A6	-2.015207E-03	A8	-1.091107E-04	A10	1.343906E-04
	A12	7.694800E-06	A14	-8.013337E-06	A16	8.706881E-07		
	区域的范围		B	0				
			小	0				
			大	1.675852				

图 20

第2～9区间的大致光程与第1区间的大致光程之差（λ）

区间 j	与第1区间的大致光程差		
	波长405nm、HD DVD	波长655nm、DVD	波长790nm、CD
1	基准	基准	基准
2	2	1	1
3	4	2	2
4	6	3	3
5	8	4	4
6	6	3	–
7	4	2	–
8	2	1	–
9	0	0	–

图 21

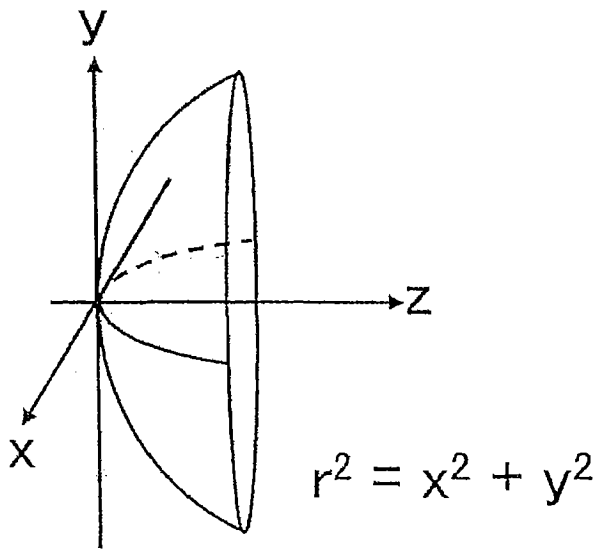


图 22

实施例3的光学系统的配置

实施例3 蓝光光盘(蓝光、408nm)配置

对物透镜焦距2.3721mm NA0.850

(a)

面序号	注释	曲率半径(mm)	与下一个面在光轴上的面间距离(mm)	与下一个面之间的材质	折射率	有效直径(mm)
1	物面	∞	∞	空气	1	—
2	光阑面	∞	0	空气	1	4.032
3	透镜面物侧	非球面	2.642	玻璃类	1.5126	—
4	透镜面像侧	非球面	0.8867	空气	1	—
5	光盘面物侧	∞	0.0875	PC	1.6205	—
6	光盘信息记录面	∞	—	—	—	—

实施例3 DVD(655nm)配置

对物透镜焦距2.4262mm NA0.650

(b)

面序号	注释	曲率半径(mm)	与下一个面在光轴上的面间距离(mm)	与下一个面之间的材质	折射率	有效直径(mm)
1	物面	∞	∞	空气	1	—
2	光阑面	∞	0	空气	1	3.153
3	透镜面物侧	非球面	2.642	玻璃类	1.4987	—
4	透镜面像侧	非球面	0.60873	空气	1	—
5	光盘面物侧	∞	0.6	PC	1.5794	—
6	光盘信息记录面	∞	—	—	—	—

实施例3 CD(790nm)配置

对物透镜焦距2.4378mm NA0.510

(c)

面序号	注释	曲率半径(mm)	与下一个面在光轴上的面间距离(mm)	与下一个面之间的材质	折射率	有效直径(mm)
1	物面	∞	19.35	空气	1	—
2	光阑面	∞	0	空气	1	2.794
3	透镜面物侧	非球面	2.642	玻璃类	1.4958	—
4	透镜面像侧	非球面	0.5557	空气	1	—
5	光盘面物侧	∞	1.2	PC	1.5725	—
6	光盘信息记录面	∞	—	—	—	—

图 23

物面侧：区间j＝1～6

区间 j								
1 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.483996664	C	0.673855962	K	-16.3972459		
	A4	0.094660411	A6	39.11539292	A8	-1505.37515	A10	26018.3113
	A12	-170114.543	A14	2.252424464	A16	0.287207077		
	h的范围		B	0				
			小	0				
			大	0.21762238				
2 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.53567174	C	0.651180831	K	-6.65802029		
	A4	0.817293994	A6	-9.14557483	A8	-17.2690536	A10	979.9972387
	A12	2483.17142	A14	-118851.816	A16	524155.6559		
	h的范围		B	-0.0015919				
			小	0.21762238				
			大	0.31022235				
3 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.599112109	C	0.625347025	K	1.433878527		
	A4	0.396330904	A6	-0.63776774	A8	-18.796398	A10	-54.5171068
	A12	636.3429712	A14	5925.017186	A16	-32751.9962		
	h的范围		B	-0.00318377				
			小	0.31022235				
			大	0.3829029				
4 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.434551701	C	0.697081882	K	-7.52479429		
	A4	0.085767596	A6	0.423482479	A8	2.603767797	A10	-3.81841
	A12	-69.3580366	A14	-133.809602	A16	1225.44831		
	h的范围		B	-0.00477565				
			小	0.3829029				
			大	0.44551105				
5 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.23702856	C	0.808388773	K	-13.8934328		
	A4	-0.04197071	A6	0.627402525	A8	3.888321541	A10	5.882855892
	A12	-59.9644373	A14	-237.861474	A16	855.430159		
	h的范围		B	-0.00636754				
			小	0.44551105				
			大	0.50184088				
6 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.166760899	C	0.857073631	K	-12.1244823		
	A4	-0.07888418	A6	0.308580202	A8	2.682470381	A10	4.183538737
	A12	-19.9011704	A14	-99.0700446	A16	237.2207005		
	h的范围		B	-0.00795942				
			小	0.50184088				
			大	0.55384699				

图 24

物面侧:区间j=7～12

区间j								
7 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.244427233	C	0.803582542	K	-8.08545341		
	A4	-0.02845717	A6	0.108380327	A8	1.076913034	A10	1.964356292
	A12	-3.75981137	A14	-31.8120777	A16	53.25002802		
	h的范围		B	-0.00955131				
			小	0.55384699				
			大	0.60271631				
8 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.327355868	C	0.753377466	K	-5.19465131		
	A4	0.010760779	A6	0.039032865	A8	0.364424321	A10	0.240003296
	A12	0.481545028	A14	-6.16830235	A16	5.8148765		
	h的范围		B	-0.01114319				
			小	0.60271631				
			大	0.64925904				
9 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.409106927	C	0.709669352	K	-2.38637377		
	A4	0.027844963	A6	-0.04544383	A8	-0.01694078	A10	0.15663804
	A12	0.5162377	A14	0.721501213	A16	-2.66990743		
	h的范围		B	-0.01273508				
			小	0.64925904				
			大	0.69409466				
10 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.338005001	C	0.747381362	K	-3.56445559		
	A4	0.014468192	A6	-0.0220885	A8	0.097664239	A10	0.263425333
	A12	0.030096219	A14	-0.66685014	A16	0.110657132		
	h的范围		B	-0.01432696				
			小	0.69409466				
			大	0.73773231				
11 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.348930249	C	0.741328175	K	1.348930249		
	A4	0.019832778	A6	-0.03230534	A8	0.023369232	A10	0.12517188
	A12	0.188638209	A14	-0.1012241	A16	-0.34477055		
	h的范围		B	-0.01591885				
			小	0.73773231				
			大	0.7806433				
12 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.300111546	C	0.769164771	K	-2.6569841		
	A4	0.012719799	A6	-0.06037886	A8	-0.02185226	A10	0.097939601
	A12	0.252933148	A14	0.208391643	A16	-0.58404278		
	h的范围		B	-0.01751073				
			小	0.7806433				
			大	0.82330839				

图 25

物面侧:区间j＝13～18

区间j								
13 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.419047629	C	0.704697982	K	-2.08105117		
	A4	0.03516193	A6	-0.01799753	A8	-0.00592847	A10	0.022874187
	A12	0.055942122	A14	0.043145862	A16	-0.10882687		
	h的范围		B	-0.01910261				
			小	0.82330839				
			大	0.86626825				
14 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.546115933	C	0.646782029	K	-1.50835739		
	A4	0.052135072	A6	0.010960979	A8	0.003664849	A10	-0.01231273
	A12	-0.02675421	A14	-0.01946868	A16	0.041244308		
	h的范围		B	-0.0206945				
			小	0.86626825				
			大	0.91020224				
15 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.555431411	C	0.642908452	K	-1.51093094		
	A4	0.052553858	A6	0.010222417	A8	0.003114724	A10	-0.00934616
	A12	-0.01836561	A14	-0.01186149	A16	0.023019799		
	h的范围		B	-0.02228638				
			小	0.91020224				
			大	0.95608451				
16 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.548209197	C	0.645907544	K	-1.557899		
	A4	0.050747145	A6	0.007188213	A8	0.001961623	A10	-0.00530843
	A12	-0.00949987	A14	-0.00632247	A16	0.010317907		
	h的范围		B	-0.0238783				
			小	0.95608451				
			大	1.00552917				
17 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.544630001	C	0.647404232	K	-1.587942		
	A4	0.049769271	A6	0.005181299	A8	0.001120656	A10	-0.00330778
	A12	-0.00510844	A14	-0.0029516	A16	0.004507299		
	h的范围		B	-0.02547015				
			小	1.00552917				
			大	1.061859				
18 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.580184659	C	0.632837431	K	-1.19506424		
	A4	0.052025599	A6	-0.00032127	A8	-0.00515099	A10	-0.00463934
	A12	0.000134763	A14	0.002926451	A16	-0.00064826		
	h的范围		B	-0.02706204				
			小	1.061859				
			大	1.13567132				

图 26

物面侧：区间j＝19～24

区间 j									
19 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.555954904	C	0.642692148	K	-1.34639801			
	A4	0.050919564	A6	-0.00350483	A8	-0.00416339	A10	-0.00096262	
	A12	0.001201134	A14	0.000745264	A16	-0.00036526			
	h的范围		B	-0.02865392					
			小	1.13567132					
			大	1.33034626					
20 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.44416631	C	0.692441025	K	-1.80761473			
	A4	0.042529601	A6	-0.00258023	A8	-0.00093988	A10	0.000261275	
	A12	0.000673281	A14	0.000111189	A16	-0.00013072			
	h的范围		B	-0.02706204					
			小	1.33034626					
			大	1.38585801					
21 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.49455004	C	0.669097704	K	-1.76648975			
	A4	0.045003624	A6	-0.00045278	A8	-0.000255	A10	2.25736E-05	
	A12	0.00024333	A14	-8.7995E-05	A16	5.22662E-06			
	h的范围		B	-0.02547015					
			小	1.38585801					
			大	1.42287845					
22 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.566237953	C	0.638472588	K	-1.66992176			
	A4	0.048479042	A6	0.001490439	A8	-2.1408E-05	A10	-0.00028489	
	A12	-2.1435E-05	A14	-0.00016441	A16	7.00167E-05			
	h的范围		B	-0.02387827					
			小	1.42287845					
			大	1.45193712					
23 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.647620951	C	0.606935715	K	-1.58171714			
	A4	0.052010933	A6	0.003244997	A8	0.000258507	A10	-0.00051211	
	A12	-0.00019464	A14	-0.0002237	A16	0.000107794			
	h的范围		B	-0.02228638					
			小	1.45193712					
			大	1.47627483					
24 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.575125725	C	0.634869956	K	-1.65403728			
	A4	0.049162687	A6	0.001405863	A8	-0.00010388	A10	-0.00027842	
	A12	6.52617E-06	A14	-0.00015409	A16	6.11741E-05			
	h的范围		B	-0.0206945					
			小	1.47627483					
			大	1.49740483					

图 27

物面侧:区间j=25~29

区间j								
25 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.479508128	C	0.675900308	K	-1.76273653		
	A4	0.04538464	A6	-0.00073096	A8	-0.00041136	A10	-3.5704E-05
	A12	0.000224223	A14	-8.5864E-05	A16	1.51987E-05		
	h的范围		B	-0.01910261				
			小	1.49740483				
			大	1.51618144				
26 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.552307326	C	0.644202332	K	-1.69655271		
	A4	0.048007259	A6	0.000678304	A8	-0.00015887	A10	-0.00013321
	A12	0.000117908	A14	-0.00012678	A16	3.42952E-05		
	h的范围		B	-0.01751073				
			小	1.51618144				
			大	1.5331406				
27 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.596231378	C	0.626475594	K	-1.65825971		
	A4	0.049354083	A6	0.001377076	A8	-3.2511E-05	A10	-0.0001617
	A12	7.20323E-05	A14	-0.0001368	A16	3.84509E-05		
	h的范围		B	-0.01591885				
			小	1.5331406				
			大	1.54864802				
28 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.548556394	C	0.645762727	K	-1.71865614		
	A4	0.047508066	A6	0.000450203	A8	-0.0001415	A10	-5.7179E-05
	A12	0.000165962	A14	-0.00011379	A16	2.16564E-05		
	h的范围		B	-0.01432696				
			小	1.54864802				
			大	1.56296219				
29 蓝光光盘/DVD通用区域	R	1.581540106	C	0.632295062	K	-1.68511463		
	A4	0.048533047	A6	0.000963999	A8	-6.4664E-05	A10	-8.9982E-05
	A12	0.000128895	A14	-0.00012105	A16	2.61297E-05		
	h的范围		B	-0.01273508				
			小	1.56296219				
			大	1.57627745				

图 28

物面侧：区间j＝30～31

区间 j								
30 蓝光光盘专用区域	R	1.443125977	C	0.692940198	K	-2.02113842		
	A4	0.045697032	A6	0.000804706	A8	-0.00021843	A10	-9.9119E-05
	A12	0.000217028	A14	-7.8061E-05	A16	8.11143E-06		
			B	-0.0111852				
	h的范围		小	1.57627745				
			大	1.779083				
31 蓝光光盘专用区域	R	1.440992543	C	0.693966117	K	-2.0128819		
	A4	0.045497326	A6	0.000855015	A8	-0.0001979	A10	-0.0001015
	A12	0.000215442	A14	-7.7924E-05	A16	8.13734E-06		
			B	-0.00640955				
	h的范围		小	1.779083				
			大	2.016				

图 29

像面侧

R2面	R	-2.66955809	C	-0.37459383	K	-20.6486848		
	A4	0.068007176	A6	-0.06053298	A8	0.029587666	A10	-0.00861265
	A12	0.001454018	A14	-0.00012305	A16	3.35E-06		
			B	2.642468				
	h的范围		小	0				
			大	1.6473				

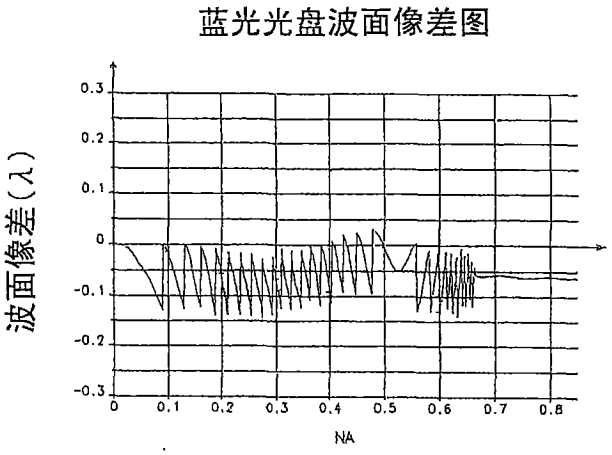
图 30

第2～31区间的大致光程与第1区间的大致光程之差（λ）

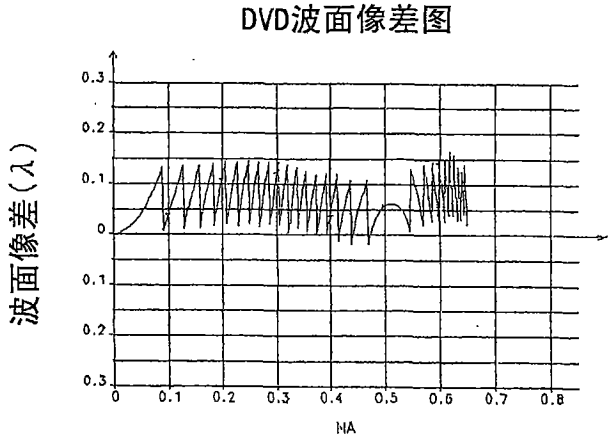
区间j	与第1区间的大致光程差		
	波长405nm、蓝光光盘	波长655nm、DVD	波长790nm、CD
1	基准	基准	基准
2	2	1	1
3	4	2	2
4	6	3	3
5	8	4	4
6	10	5	5
7	12	6	6
8	14	7	7
9	16	8	8
10	18	9	9
11	20	10	10
12	22	11	11
13	24	12	12
14	26	13	13
15	28	14	14
16	30	15	15
17	32	16	16
18	34	17	17
19	36	18	18
20	34	17	17
21	32	16	16
22	30	15	15
23	28	14	—
24	26	13	—
25	24	12	—
26	22	11	—
27	20	10	—
28	18	9	—
29	16	8	—
30	14	—	—
31	8	—	—

图 31

(a)


蓝光光盘波面像差图
波面像差(λ)
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8
NA

(b)


DVD波面像差图
波面像差(λ)
0.3
0.2
0.1
0
0.1
0.2
0.3
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8
NA

(c)

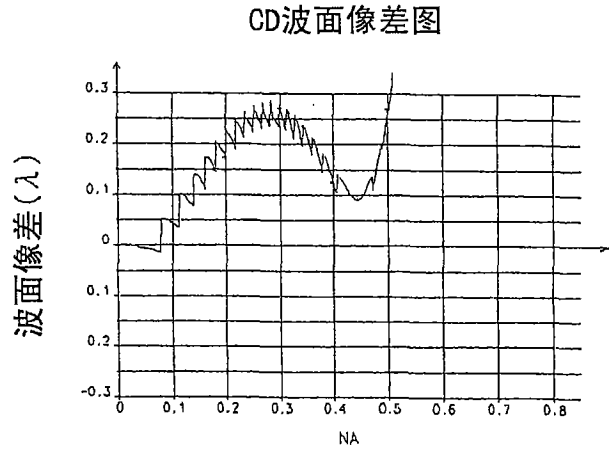

CD波面像差图
波面像差(λ)
0.3
0.2
0.1
0
0.1
0.2
-0.3
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8
NA

图 32