

1、一种光学拾波器的单片物镜，该物镜将基本平行的入射光会聚到光记录介质的数据记录面；物镜的第一表面，即光入射侧表面，是具有正焦度的非球面；物镜的第二表面，即光记录介质侧表面，是具有正或负焦度的非球面；上述第一和第二表面的偏心量在 $2\mu\text{m}$ 或以下时，旁轴波象差在 $0.07\lambda\text{ rms}$ 或以下，从而可使入射光会聚至衍射极限；物镜的数值孔径为0.8或以上。

2、根据权利要求1所述的单片物镜，是用折射率为1.6或以上的玻璃材料制造，该物镜是用模制法成形的。

3、根据权利要求1所述的单片物镜，其中，当非球面以下式表示时：

$$Fi(h) = \frac{h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12}$$

式中， h 是该非球面上一点至光轴的高度， $Fi(h)$ 是弛垂度，定义为非球面上一点到与此非球面在光轴处相切平面的距离， i 是表面编号（即 $F1(h)$ 代表光源组件侧的形状， $F2(h)$ 代表光盘侧的形状， r 是在光轴上的曲率半径， κ 是锥度系数， A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 和 A_{12} 是第四、六、八、十、十二阶项的非球面系数，

则，第一和第二表面都应做成符合以下条件：

$$\begin{aligned} -2 &\leq dF1(h)/dh \leq +2, \\ -0.1 &\leq dF2(h)/dh \leq +0.1, \\ +0.5 &\leq d^2F1(h)/dh^2 \leq +3.5, \text{ 及} \\ -0.2 &\leq d^2F2(h)/dh^2 \leq +0.2. \end{aligned}$$

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 13/18

G11B 7/135



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02143967.2

[43] 公开日 2003 年 4 月 9 日

[11] 公开号 CN 1409148A

[22] 申请日 2002.9.28 [21] 申请号 02143967.2

[30] 优先权

[32] 2001. 9.28 [33] JP [31] 2001 - 303336

[71] 申请人 宾得株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 久保涉

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

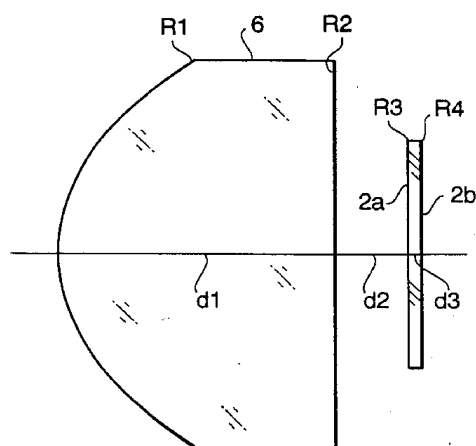
代理人 程 伟 戈 泊

权利要求书 1 页 说明书 17 页 附图 12 页

[54] 发明名称 光学拾波器的物镜光学系统

[57] 摘要

光学拾波器的单片物镜的形状，使入射的平行光线能会聚到光记录介质的数据记录面上。物镜包括：第一表面，这是光入射侧表面；及第二表面，这是光记录介质侧表面。第一表面是有正焦度的非球面，第二表面是有正焦度或负焦度的非球面。物镜这样来设计，以致当第一和第二表面的偏心量在 $2\mu\text{m}$ 以下时傍轴波象差为 $0.07\lambda\text{ rms}$ 因而可将入射光会焦到衍射极限。物镜的数值孔径在 0.8 以上。



ISSN 1008-4274

光学拾波器的物镜光学系统

5 技术领域

本发明涉及光学拾波器的物镜光学系统，可用于将数据存入诸如CD或DVD那样的光盘或从中读出。

背景技术

10 光学拾波器通常这样来构造，以致由激光二极管射出的激光束作为一个射束点会聚到光盘的数据记录面上。

例如，在光学数据重放及/或记录装置中，作为一条横截面为椭圆形的发散光束的激光束从激光二极管射出。然后此发散光束被安装在激光二极管前面的准直透镜校准成平行光。平行激光束入射到光束成形棱柱上，将横截面为椭圆形的激光束改变成圆形截面。然后，例如
15 使用反射镜使激光束被反射并沿与光盘径向平行的方向前进。此激光束再次被装在滑架上的反射镜反射并射向光盘的数据记录面。滑架可沿跟踪方向移动，以便将激光束通过物镜光学系统垂直射到数据记录面，该物镜光学系统也安装在滑架上且可将激光束会聚到光盘的数据
20 记录面上。

早期的物镜光学系统通常包括单透镜镜片，用塑料模制法制成。因此，物镜光学系统的数值孔径NA较小。由于像CD那样的光盘的数据密度较低，所以这种物镜光学系统的NA够用了。

近来数据密度已变得较高，它要求在光盘的数据记录面上形成射
25 束点。相应地，要求数值孔径在0.8以上。本申请受让人已在日本专利申请2000-29879号中建议的一种物镜光学系统的单片玻璃透镜有很大的NA。

当用压模制造这样一种透镜时，要使形成物镜光学系统的两个透表面的压模对应部件的中心轴在一直线上是困难的。这就是说，为了
30 从压模中取出透镜，压模应分成两个部件。为使压模能在模压装置内运动，在压模的两部件之间及每个压模与模压装置之间应当有间隙。

在此间隙内，压模可不受限制地定位/定向。因此，要使每套压模的两个部件的中心轴在一直线上是困难的，因而这样做成的透镜表面偏心（即，两个表面在与物镜光轴垂直的方向上互相有移位）。如果透镜的表面彼此偏心，则透镜的性能，即波象差便会恶化。因此，重要的是物镜应这样来设计，使偏心允差尽量大些，以便使物镜制造容易些。在上述申请中，物镜做成平凸透镜，因此偏心度允差极大，几乎是无限大。

当做成的平凸透镜具有高的，大于0.8的NA时，对于轴外光线慧差不能充分校正，因为有一个表面是平面。因此，图象侧透镜表面能够保持充分光点特征的面积是有限的。因此，当物镜安装到拾波器或精密执行机构上时，入射光束的中心轴与物镜的光轴应精确地在一直线上。所以，装配效率下降。此外，如果由于某种原因在物镜固定后入射光束的中心轴与物光轴发生了移动，则透镜的波象差性能严重恶化。这样，光学拾波器装配允差极小，因机时很难得到应用。

15

发明内容

本发明能很好地解决上述问题。此外，虽然物镜是一有较大数值孔径的单片透镜，但它可提供足够大的象圈，因而装配允差较大。此外，根据本发明提供的物镜，即使物镜用压模制造而表面的偏心在预定公差范围内，其性能不会恶化。所以，物镜生产时产额比高。

根据本发明的实施例所提供的光学拾波器的单片物镜，所述物镜将事实上平行的入射光线会聚在光学记录介质的数据记录面上；该物镜的第一表面，即光线入射例的表面，是一有正焦度的非球面；该物镜的第二表面，即光学记录介质侧的表面，是一具有正和负焦度之一的非球面；当第一表面和第二表面的离心度在 $2\mu\text{m}$ 以下，及便将入射光会聚于衍射极限时旁轴波象差小于 $0.07\lambda_{\text{rms}}$ ，上述物镜的数值孔径为0.8以上。

在这种构造中，由于其NA大于0.8，这种物镜可应用于数据密度较高的光盘。由于物镜光学系统由单片透镜构成，所以可应用平常用来夹持普通单片物镜的精密执行机构于高NA的物镜上。此外，根据上述形式的物镜，象圈被扩大了。所以，即使光学拾波器的光源所发射的

实际上由平行光线组成的光束与物镜的光轴是倾斜的，透镜的性能，即波象差也不会有明显下降。

物镜也可由折射率在1.6以上的玻璃材料制造，这种物镜用模制成型法做成。

5 此外，非球面以下式表示：

$$Fi(h) = \frac{h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12}$$

10 式中，h是非球面上一点至光轴的高度；Fi(h)是弛垂度，定义为非球面一点到与光轴处非球面相切平面的距离；i是表面编号（即，F1(h)代表光源组件侧的形状，而F2(h)代表光盘侧的形状）；r是光轴上的曲率半径，k是锥形系数，A₄、A₆、A₈、A₁₀和A₁₂是第四、六、八、十和十二阶项的非球面系数，

则形成的第一和第二表面最好满足以下条件：

15 - 2 ≤ dF₁(h)/dh ≤ +2,
-0.1 ≤ dF₂(h)/dh ≤ +0.1,
+0.5 ≤ d²F₁(h)/dh² ≤ +3.5, 及
-0.2 ≤ d²F₂(h)/dh² ≤ +0.2,

20 附图说明

图1是一透视图，示出应用本发明一实施例的物镜的光盘录入装置主要元件；

图2是图1所示光盘驱动器的放大样图；

图3是剖视图，示出精密执行机构及物镜光学系统；

25 图4示出了物镜；

图5是函数（2）—（5）的图形；

图6是球面象差及正弦条件的图形；

图7A-7D是波象差在子午面上的图形；

图8是象高与波象差的关系曲线；

30 图9是一透镜示意图，示出第二实施例的物镜；

图10示出其函数（2）—（5）的图形；
图11是第二实施例的物镜的球面象差与正弦条件的图形；
图12A-12D是波象差在子午面上的图形；
图13是第二实施例的象高与波象差的关系曲线；
5 图14是一透镜示意图，示出一比较例的物镜；
图15是其函数（2）—（5）的图形；
图16是比较例的物镜的球面象差与正弦条件的图形；
图17A-17D是波象差在子午面上的图形；
图18是比较例象高与波象差的关系曲线；

10

具体实施方式

以下将参考附图详细说明三个实施例的物镜。

图1是这些实施例的物镜都可适用的光盘驱动器100（如MO光盘驱动器）主要元件透视图。

15 如图1及其局部放大图图2所示，光盘驱动器100有外壳1。光盘2可用一在图上未示出的装载机构装入或取出。外壳1的底面中央有一主轴电动机45。光盘2套在主轴电动机45的转轴45a的端部，因此光盘2可用主轴电动机45带动旋转。沿着光盘2的直径方向伸着一对互相平行的导杆42a和42b。在导杆42a和42b与主轴电动机45相对的那一端有一光源
20 组件7。光源组件7发出激光束L，可用于数据的记录和复制。光源组件7放出的激光束L在导杆42a和42b中间传播。

导杆42a和42b上装一可滑动的滑架40，其上安装的光学系统可将光束从光源组件7引向要求的光盘2轨道。滑架40上有一对线圈41a和41b，它们和装在外壳1上的永久磁体一起起到一对线性电动机的作用。
25 当开动线性电动机（即线圈通电）时，滑架40便由导杆42a和42b引导沿光盘2的径向（即跟踪方向）移动。

滑架40在其光源组件侧有一孔40a。孔40a的伸展方向与导杆42a和42b平行。激光束L从光源组件7出发进入孔40a中，不管滑架40处在导杆42a和42b的什么位置。孔40a的一端的所在位置靠近滑架40的主轴电动机侧的那一端，而在孔40a的这一端部（即主轴电动机侧的那一端）
30 装有凸面反射镜51。在滑架40的顶面紧靠正面反射镜51上方有一孔，

因此入射到反射镜51上的激光束L穿过滑架40顶面上的孔射向光盘2的数据记录面。

在滑架40顶面孔中装一物镜6。具体讲，物镜6是单片透镜，其非球面作为折射面。物镜6由精密执行机构5支承，将其定位在滑架40顶面孔中。应当指出，物镜6的光轴与激光束L的中心轴重合。

如图3所示，精密执行机构5有一固定物镜6的透镜座12，和一固定在滑架40顶面的支承件43。精密执行机构5还包括一组四根支撑线，四根支撑线44的基端固定到支承件43，而线44的末端固定透镜座12，以便使其沿物镜6的光轴方向移动。精密执行机构5还包括一块弧形永久磁铁15，该磁铁固定在滑架40顶上形成的孔中；和一位于物盘侧的线圈14。线圈14与物镜6的光轴共轴。

当电流流经聚焦线圈13时，它与永久磁铁15发生相互吸引/排斥，因此由透镜座12支承的物镜6，便沿其光轴方向移动。因此，调节流过聚焦线圈13的电流便可调节物镜6在其光轴方向的位置。

由凸面反射镜51所反射的激光束L入射到物镜6，激光束的中心轴与物镜6的光轴共轴。物镜6将入射的激光束L会聚到光（磁光）盘2的数据记录面上。应当指出，在数据记录到光盘2上要对激光束L会聚区段施加磁场时要使用线圈14。

光源组件7中装一可射出发散激光束的激光二极管18，一可将激光二极管18射出的激光束L进行准直的准直透镜20，一允许激光束L通过的复棱镜组件21，和一将通过复棱镜组件21的激光束L反射到滑架40的孔40a中的偏转反射镜26。光源组件7还包括激光功率传感器22，沃拉斯通(Wollaston)棱镜31，全息干板32，聚光镜33，和伺服/数据传感器24。

复棱镜组件21整个有互相平行的顶面和底面。如图2所示，复棱镜组件21包括三个元件：第一棱镜211，第二棱镜212和第三棱镜213。

第一棱镜211有光接收面211a，侧面211b和半透明反射镜面211c。光接收面211a及侧面211b的夹角是锐角。半透明反射镜面211c与侧面211b的夹角是45°。

第二棱镜212有一半透明反射镜面212a，它粘接在第一棱镜211的半透明反射镜面211c上；还有一光发射面212b和一侧面212c，它们与

斯通棱镜31的反射光束分量通过全息干板32和聚光镜33入射到伺服/数据传感器24。伺服/数据传感器24输出表示聚焦状态和跟踪状态的信号。该输出信号被一图上未示出的控制电路转换成电动机和聚焦线圈13的驱动信号，从而构成伺服电路。

- 5 在光盘上占记录数据时，主轴电动机45转动光盘2，线性电动机使滑架40移动完成跟踪操作，由此连续进行数据记录。

读出录在光盘2上的数据时，可激励激光二极管18使之连续发射亮度低的激光束L。读出作业完成时，线圈14不通电。主轴电动机45转动光盘2，滑架40由线性电动机作跟踪移动。由物镜6会聚的激光光斑扫描数据记录面，而反射光束被伺服/数据传感器24接收。这时，反射激光束L的偏振方向随射束点射在光盘2的数据记录面的位置上的磁化方向而旋转。因此，自从反射光束通过沃拉斯通棱镜引起，入射到伺服/数据传感器24上的光束的亮度与反射光束偏振方向相对应，该偏振方向与激光束反射位置的磁化方向对应。因此根据伺服/数据传感器24的输出信号，可将记录在光盘数据记录面上数据回放出来。

10

15

物镜6是单片透镜。其光源组件侧的表面是有正焦度的非球面，而光盘侧的表面是有正焦度或负焦度的非球面。物镜6是高性能透镜，其NA为0.8以上。应当指出，物镜6设计成即使两非球面间偏心度为 $2\mu\text{m}$ ，但其傍轴波象差仍可在 $0.07\lambda\text{ rms}$ 以下且能使透镜会聚激光束的性能保持在衍射极限。

20

与平凸透镜相比，由于使用非球面，旁轴慧差可以很好地校正。所以即使物镜的NA很高，也能获得高性能的波象差和足够的偏心允差。

由于光盘侧面是非球面，在实际偏心公差（ $\pm 2\mu\text{m}$ ）以内，获得了较大半径的象圈。因此，偏心慧差（由于物镜6表面偏心引起的慧差）得到抑制。因此，当用压模制造透镜时产生的偏心度在允许范围内且生产成本也能压缩。

25

物镜6应当有一法兰段，用来将物镜6固定到精密执行机构上。为了形成这样的法兰，最好采用折率在1.6以上的材料。普通透镜通常用塑料制造的。但考虑到折射率及各种因素，最好采用玻璃。应当指出，玻璃的热膨胀系数比塑料小一位以上。所以，玻璃材料随着环境变化

30

半透明反射镜面212a的夹角均为 45° 。

第三棱镜213是直角棱柱且粘接第二棱镜212的侧面212c，以致其斜面213a与第二棱镜212的半透明反射镜面212a平行。

5 复棱镜组件21要装得使侧面211b垂直于导杆42a和42b的延伸方向（即滑架40的运动方向）。

偏转反射镜26固定到电动机（未示）上，可绕与光盘2数据记录面平行的轴线旋转，结果，偏转反射镜26可在小角度范围内转动。

以下说明上述光盘驱动器1的运转。

10 记录数据时，由开/关（ON/OFF）调制的驱动电源来驱动激光二极管18，从而发出开/关调制的激光束L。

15 准直透镜20安装时使其光轴与侧面211b成斜角，结果激光束L被光接收面211b折射并平行于侧面211b。于是，由准直透镜20准直的激光束L入射到复棱镜组件21的光接收面211a上。由于光接收面211a与准直透镜20的光轴成斜角，所以横截面为椭圆形的激光束L转变成实际上是圆截面的光束L。激光束L于是沿与侧面211b平行的方向在第一棱镜211内传播，并入射到半透明反射镜面211c上。

20 一部分激光束L被半透明反射镜面211c反射并射向激光功率传感器22。激光功率传感器22输出代表接收光量的信号。此输出信号反馈到未在图上示出的激光功率控制电路，该电路控制激光二极管18发射具有预定亮度的激光束L。

25 射到半透明反射镜面(half mirror surface)211c上的激光束L的其余部分穿过半透明反射镜面211c并从光发射面212b射出。此激光束L然后被偏转反射镜26反射到滑架40的孔40a中。偏转反射镜26的反射方向用伺服/数据传感器24的输出信号精确控制。因此，无论滑架40处在导杆42a和42b的什么位置，激光束L都能进入孔40a中并被凸面反射镜51射向物镜6。

30 入射到光盘2的数据记录面26上的激光束L有一部分沿原光路被反射回到光源组件7。反射回到光源组件7的反射光被偏转反射镜26反射并入射到发光面212b。进入复棱镜组件21的反射光被半透明反射镜面211c反射，并通过第三棱镜213的斜面213a入射到沃拉斯通棱镜31。沃拉斯通棱镜31只允许有预定偏振方向的线性偏振分量通过。通过沃拉

其形状相对稳定，而且可靠。

[0060] 实际上在本发明物镜的情况下，入射平行的光源侧表面设计能提供最大正焦度来会聚光束。所以，表面形状保持稳定十分重要。此外，如果使用折射率较高的材料，透镜表面曲率可做得较小。所以甚至边缘光线也能以较小角度入射到透镜5。这样的透镜对防反射涂层的设计和镀层有利。此外，玻璃材料比塑料在透镜涂后处理上和镀层稳定性上有利。反之，如果透镜是由折射率较低的材料制造，则透镜曲率应增加，以便提供必要的焦度。因此，边缘光线以较大角度入射在透镜表面上。这一特点，加上塑料透镜表面容易因温度变化而变形，使波象差容易恶化。

具体讲，物镜6是这样来设计的，当非球面用式（1）来表示时，应满足条件（2）—（5）。

$$Fi(h) = \frac{h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12} \quad (1)$$

式中，h是非球面上一点相对于光轴的高度，Fi(h)是弛垂度(SAG amount)，定义为非球面上到与非球面在光轴处相切平面的距离，i是表面编号（即，F1（h）代表光源组件侧的形状，而F2（h）代表光盘侧的形状），r是在光轴处的曲率半径，K是锥形系数，A₄、A₆、A₈、A₁₀和A₁₂是第四、六、八、十、和十二阶项的非球面系数。

$$-2 \leq dF_1(h)/dh \leq +2 \quad (2)$$

$$-0.1 \leq dF_2(h)/dh \leq +0.1 \quad (3)$$

$$+0.5 \leq d^2F_1(h)/dh^2 \leq +3.5 \quad (4)$$

$$-0.2 \leq d^2F_2(h)/dh^2 \leq +0.2 \quad (5)$$

物镜6是用折射率在1.6以上的玻璃材料制造的，并且用压缩成型法制成。

以下说明两个用数字说明的实施例和一个作比较的例子。

第一实施例

根据第一实施例，光盘保护层厚度为0.1mm，激光束波长为405nm，NA为0.85。

图4示出根据本发明第一实施例所述的物镜6，保护层2a和光盘2的数据记录面2b。表1指出物镜6的数值结构。应当指出，在表1中，数字是规格化的，所以物镜6的焦距用—（1）表示。

在表1中，R1代表光源侧表面，R2代表光盘侧表面，R3代表保护层表面2a，R4代表光盘2的数据记录面2b。FNO表示物镜6的F编号，f是物镜6的焦距， ω 是视场半角（单位：度）。此外r是傍轴曲率半径，d是沿光轴邻接表面的间距，n是波长为405nm时的折射率， v_d 是阿贝数（Abbe's number）， nd 是d线路的折射率。

应当指出，表面R1和R2是非球面，其形状由上述式（1）表示。表2和3分别列出透镜表面R1和R2式（1）中系数值。

表1

FNO=1:0.588		f=1.00		$\omega=0.5$	
surface number	r	d	n	v_d	nd
R1	0.762	1.149	1.76250	40.5	1.73077
R2	515.151	0.316	---	---	---
R3	inf.	0.052	1.62231	29.9	1.58547
R4	inf.	---	---	---	---

表2

κ	-0.50308
A4	0.21381×10^{-1}
A6	0.16273×10^{-1}
A8	-0.81118×10^{-1}
A10	0.17431
A12	-0.27567

表3

κ	0
A4	0.42512
A6	$-0.32856 \times 10^{+1}$
A8	$0.11792 \times 10^{+2}$
A10	$-0.22353 \times 10^{+2}$
A12	$0.17533 \times 10^{+2}$

表4及表5分别示出光源侧透镜表面及光盘侧透镜的计算结果。在表4中，“h相对值”是NA为0.85，对应于有效半径（0.85mm）的h的标称值。在表5中，h值这样来计算，使其就是光盘侧表面的有效半径

(0.54mm)，结果，“h相对值”=1，而各值均对一个h相对值作计算的。

表4

h 相对值	h (mm)	F1 (h)	dF1 (h) / dh	d ² F1 (h) / dh ²
1	0.850	5.895×10^{-1}	1.54313	1.40102
0.9	0.765	4.495×10^{-1}	1.36776	2.46921
0.8	0.680	3.407×10^{-1}	1.15188	2.51497
0.7	0.595	2.528×10^{-1}	0.94863	2.24920
0.6	0.510	1.812×10^{-1}	0.76992	1.96254
0.5	0.425	1.234×10^{-1}	0.61332	1.73317
0.4	0.340	7.781×10^{-2}	0.47353	1.56527
0.3	0.255	4.327×10^{-2}	0.34580	1.44755
0.2	0.170	1.908×10^{-2}	0.22631	1.37010
0.1	0.085	4.748×10^{-3}	0.11193	1.32630
0	0	0	0	1.31216
-0.1	-0.085	4.748×10^{-3}	-0.11193	1.32630
-0.2	-0.170	1.908×10^{-2}	-0.22631	1.37010
-0.3	-0.255	4.327×10^{-2}	-0.34580	1.44755
-0.4	-0.340	7.781×10^{-2}	-0.47353	1.56527
-0.5	-0.425	1.234×10^{-1}	-0.61332	1.73317
-0.6	-0.510	1.812×10^{-1}	-0.76992	1.96254
-0.7	-0.595	2.528×10^{-1}	-0.94863	2.24920
-0.8	-0.680	3.407×10^{-1}	-1.15188	2.51497
-0.9	-0.765	4.495×10^{-1}	-1.36776	2.46921
-1	-0.850	5.895×10^{-1}	-1.54313	1.40102

5 表5

h 相对值	h (mm)	F2 (h)	dF2 (h) / dh	d ² F2 (h) / dh ²
1	0.540	2.825×10^{-4}	-0.00651	-0.18506
0.9	0.486	2.288×10^{-4}	0.00281	-0.15089
0.8	0.432	1.808×10^{-4}	0.00965	-0.10333
0.7	0.378	1.385×10^{-4}	0.01398	-0.05592
0.6	0.324	1.018×10^{-4}	0.01551	0.00035
0.5	0.270	7.071×10^{-5}	0.01399	0.05378
0.4	0.216	4.527×10^{-5}	0.01014	0.08344
0.3	0.162	2.547×10^{-5}	0.00560	0.07895
0.2	0.108	1.132×10^{-5}	0.00208	0.04905
0.1	0.054	2.830×10^{-6}	0.00036	0.01600
0	0	0	0	0.00194

-0.1	-0.054	2.830×10^{-6}	-0.00036	0.01600
-0.2	-0.108	1.132×10^{-5}	-0.00208	0.04905
-0.3	-0.162	2.547×10^{-5}	-0.00560	0.07895
-0.4	-0.216	4.527×10^{-5}	-0.01014	0.08344
-0.5	-0.270	7.071×10^{-5}	-0.01399	0.05378
-0.6	-0.324	1.018×10^{-4}	-0.01551	0.00035
-0.7	-0.378	1.385×10^{-4}	-0.01398	-0.05592
-0.8	-0.432	1.808×10^{-4}	-0.00965	-0.10333
-0.9	-0.486	2.288×10^{-4}	-0.00281	-0.15089
-1	-0.540	2.825×10^{-4}	0.00651	-0.18506

在表4中， $dF1(h)/dh$ 的值在-1.54313与1.54313之间。因此满足条件(2)。 $dF1(h)/dh$ 的值在1.31216与2.51497之间，因此满足条件(4)。

在表5中， $dF2(h)/dh$ 的值在-0.01551与0.01551之间。因此满足条件(3)。 $dF2(h)/dh$ 的值在-0.18506与0.08344之间。因此满足条件(5)。

图5是表4和表5中数值的曲线表示。

图6是波长为405nm时物镜6的球差SA及正弦条件SC的曲线示图。如图6所示，对波长405nm而言，球差和慧差得到很好的消除。

图7A至7D示出了波象差图。在图中，水平轴代表光瞳坐标，垂直轴代表波象差（单位： λ PV），Y代表象高（单位：mm）。

从图7A-7D可知，长为405nm时波象差可很好地消失，象圈半径也相当大。这就是说，其值在 $\pm 0.2 \lambda$ PV范围内，对于象高Y等于小于0.006而言，它相当于马雷夏尔（Marechal creterion）参照值 0.07λ rms。

图8示出象高（水平轴：mm）与波象差（垂直轴： λ rms）的关系曲线，以光源侧表面与光盘侧表面间的偏心度作为参数。曲线DEC00代表无偏心量时的关系曲线。曲线DEC10代表偏心量为 $1.0 \mu m$ 的关系曲线。曲线DEC20代表偏心量为 $2.0 \mu m$ 时的关系曲线。曲线“平面”是为了作比较而绘出的代表平凸透镜的关系曲线。

从图8可知，根据第一实施例，即使偏心量为 $2 \mu m$ ，轴向波象差也不会超过马雷夏尔评估法的参考值（ 0.07λ rms），而且也不会超过实际限值 0.05λ rms。

如上所述根据第一实施例所述的物镜有高的性能，可用于数盘数据的记录/读出。

第二实施例

根据第二实施例，光盘保护层的厚度为0.01mm，激光束L的波长为655nm，NA为0.80。

- 5 图9示出第二实施例的物镜6，保护层的表面20和光盘2的数据记录面2b。表6指出物镜6的数值结构。应当指出，在表6中，数字是规格化的，因此，物镜6的焦距为1（即 $f=1$ ）。

- 在表6中，所指出的符号的意义和第一实施例中的一样。在第二实施例
10 中，n代表波长655nm的折射率，vd代表阿贝数，nd代表d线路的折射率。

应当指出，表面R1和R2是非球面的，其形状可用上式（1）表示。表7和8分别指出透镜表面R1和R2的式（1）的系数值。

表6

FNO=1:0.625		f=1.00		$\omega=0.5$	
surface number	r	d	n	vd	nd
R1	0.735	1.059	1.72549	40.5	1.73077
R2	-21.587	0.391	---	---	---
R3	inf.	0.005	1.48924	57.4	1.41976
R4	inf.	---	---	---	---

15 表7

κ	-0.47005
A4	0.10190×10^{-1}
A6	-0.62926×10^{-2}
A8	-0.49576×10^{-1}
A10	0.33730
A12	-0.28355

表8

κ	0
A4	0.61166
A6	-0.47578×10^{-1}
A8	0.17983×10^{-2}
A10	-0.35919×10^{-2}
A12	0.29822×10^{-2}

- 20 表9及表10分别示出光源侧透镜表面及光盘侧透镜表面的计算结果。在表9中，h相对值是在NA为0.80，相对于有效半径（0.80mm）的归一化值。在表10中，h值是这样来计算，使其就是光盘侧表面的有效

半径(0.53mm)，结果“h相对值”=1，而各数值均是对一个h相对值进行计算的。

表9

h 相对值	h (mm)	F1 (h)	dF1 (h) / dh	d ² F1 (h) / dh ²
1	0.80	5.479×10^{-1}	1.46109	1.74594
0.9	0.72	4.159×10^{-1}	1.29045	2.38825
0.8	0.64	3.143×10^{-1}	1.09543	2.41976
0.7	0.56	2.328×10^{-1}	0.90954	2.21003
0.6	0.48	1.667×10^{-1}	0.74264	1.96544
0.5	0.40	1.134×10^{-1}	0.59402	1.75828
0.4	0.32	7.148×10^{-2}	0.45995	1.60152
0.3	0.24	3.974×10^{-2}	0.33657	1.48993
0.2	0.16	1.752×10^{-2}	0.22056	1.41594
0.1	0.08	4.359×10^{-3}	0.10917	1.37379
0	0	0	0	1.36011
-0.1	-0.08	4.359×10^{-3}	-0.10917	1.37379
-0.2	-0.16	1.752×10^{-2}	-0.22056	1.41594
-0.3	-0.24	3.974×10^{-2}	-0.33657	1.48993
-0.4	-0.32	7.148×10^{-2}	-0.45995	1.60152
-0.5	-0.40	1.134×10^{-1}	-0.59402	1.75828
-0.6	-0.48	1.667×10^{-1}	-0.74264	1.96544
-0.7	-0.56	2.328×10^{-1}	-0.90954	2.21003
-0.8	-0.64	3.143×10^{-1}	-1.09543	2.41976
-0.9	-0.72	4.159×10^{-1}	-1.29045	2.38825
-1	-0.80	5.479×10^{-1}	-1.46109	1.74594

5 表10

h 相对值	h (mm)	F2 (h)	dF2 (h) / dh	d ² F2 (h) / dh ²
1	0.530	-6.486×10^{-3}	-0.01769	-0.16890
0.9	0.477	-5.255×10^{-3}	-0.00829	-0.16706
0.8	0.424	-4.154×10^{-3}	-0.00051	-0.12624
0.7	0.371	-3.182×10^{-3}	0.00501	-0.08001
0.6	0.318	-2.339×10^{-3}	0.00768	-0.01875
0.5	0.265	-1.625×10^{-3}	0.00700	0.04207
0.4	0.212	-1.041×10^{-3}	0.00374	0.07419
0.3	0.159	-5.855×10^{-4}	-0.00009	0.06300
0.2	0.106	-2.602×10^{-4}	-0.00236	0.01950
0.1	0.053	-6.506×10^{-6}	-0.00210	-0.02681
0	0	0	0	-0.04632
-0.1	-0.053	-6.506×10^{-6}	0.00210	-0.02681
-0.2	-0.106	-2.602×10^{-4}	0.00236	0.01950
-0.3	-0.159	-5.855×10^{-4}	0.00009	0.06300

-0.4	-0.212	-1.041×10^{-3}	-0.00374	0.07419
-0.5	-0.265	-1.625×10^{-3}	-0.00700	0.04207
-0.6	-0.318	-2.339×10^{-3}	-0.00768	-0.01875
-0.7	-0.371	-3.182×10^{-3}	-0.00501	-0.08001
-0.8	-0.424	-4.154×10^{-3}	0.00051	-0.12624
-0.9	-0.477	-5.255×10^{-3}	0.00829	-0.16706
-1	-0.530	-6.486×10^{-3}	0.01769	-0.16890

在表9中, $dF1(h)/2h$ 的值在-1.46109与1.46109之间, 因此, 满足条件(2)。 $d^2F1(h)/dh^2$ 的值在1.36011与2.41976之间。因此满足条件(4)。

在表10中, $dF2(h)/dh$ 的值在-0.01769与0.01769之间, 因此, 满足条件(3)。 $d^2F2(h)/dh^2$ 的值在-0.16890与0.07419之间。因此满足条件(5)。

图10是表9和表10中值的曲线表示。

图11是波长为655nm时物镜6的球差SA和正弦条件SC的曲线表示。如图11所示, 对波长655nm而言, 球差及慧差很好地消除了。

图12A至12D示出了波象差。

从图12A-12D可知, 在波长为655nm时波象差可很好地消除, 且象圈半径也相当大。这就是说, 其值在 $\pm 0.2 \lambda$ PV范围内, 对于象高Y等于小于0.006而言, 它相当于马雷夏尔参照值 0.07λ rms。

图13示出象高(水平轴: mm)与波象差(垂直轴: λ rms)的关系曲线, 以光源侧表面与光盘侧表面的偏心值为参数。曲线DEC00代表无偏心量时的关系曲线。曲线DEC10代表偏心量为 $1.0 \mu m$ 时的关系曲线; 曲线DEC20代表偏心量为 $2.0 \mu m$ 时的关系曲线; 曲线DEC30代表偏心量为 $3.0 \mu m$ 时的关系曲线。曲线“平面”是为了作比较而绘出的代表平凸透镜的关系曲线。

从图13可知, 根据第一实施例, 即使偏心量为 $2 \mu m$, 其轴向波象差也不会超过马雷夏尔参照值(0.07λ rms), 也不会超过实际限值 0.05λ rms。

如上所述, 根据第二实施例所述的物镜性能好, 可用于在光盘上记录/读出数据。

比较例

根据本比较例所述, 光盘保护层厚度为0.1mm, 激光束L的波长为405nm, NA为0.85。

图14示出根据本比较例所述透镜6'，保护层的表面2a及光盘2的数据记录面2b。表11指出物镜6'的数值结构。应当指出，在表11中，数字是归一化的，因此物镜6'的焦距为1。

在表11中，所指出的符号意义与第一实施例中的相同。

- 5 应当指出，表面R1和R2是非球面，其形状可用式（1）表示。表12及13分别指出透镜表面R1和R2的式（1）的系数值。

表11

FNO=1:0.588		f=1.00		$\omega=0.5$	
表面编号	r	d	n	vd	nd
R1	0.741	1.005	1.76250	40.5	1.73077
R2	11.053	0.382	---	---	---
R3	inf.	0.052	1.62231	29.9	1.58547
R4	inf.	---	---	---	---

表12

κ	-0.38523
A4	0.16890×10^{-2}
A6	0.57349×10^{-2}
A8	-0.35097×10^{-2}
A10	0.23743×10^{-1}
A12	-0.28827×10^{-1}

10

表13

κ	0
A4	0.72252
A6	$-0.21168 \times 10^{+1}$
A8	$0.44234 \times 10^{+1}$
A10	$-0.53047 \times 10^{+1}$
A12	$0.27766 \times 10^{+1}$

15

表14和表15分别示出光源侧透镜表面和光盘侧透镜表面的计算结果。在表14中，“h相对值”代表NA为0.85时相对于有效半径（0.85mm）的h的归一化值。在表15中，h值是这样来计算，使其就是光盘侧表面的有效半径（0.57mm），结果，“h相对值”=1，而各数值都是对一个h相对值进行计算的。

表14

h 相对值	h (mm)	F1 (h)	dF1 (h) / dh	d ² F1 (h) / dh ²
1	0.850	6.765×10^{-1}	2.62573	15.9253
0.9	0.765	4.967×10^{-1}	1.76686	6.66767
0.8	0.680	3.678×10^{-1}	1.32783	4.06574

0.7	0.595	2.686×10^{-1}	1.03706	2.90623
0.6	0.510	1.904×10^{-1}	0.81916	2.27801
0.5	0.425	1.287×10^{-1}	0.64278	1.90210
0.4	0.340	8.066×10^{-2}	0.49193	1.66495
0.3	0.255	4.468×10^{-2}	0.35736	1.51273
0.2	0.170	1.965×10^{-2}	0.23315	1.41779
0.1	0.085	4.883×10^{-3}	0.11513	1.36558
0	0	0	0	1.34890
-0.1	-0.085	4.883×10^{-3}	-0.11513	1.36558
-0.2	-0.170	1.965×10^{-2}	-0.23315	1.41779
-0.3	-0.255	4.468×10^{-2}	-0.35736	1.51273
-0.4	-0.340	8.066×10^{-2}	-0.49193	1.66495
-0.5	-0.425	1.287×10^{-1}	-0.64278	1.90210
-0.6	-0.510	1.904×10^{-1}	-0.81916	2.27801
-0.7	-0.595	2.686×10^{-1}	-1.03706	2.90623
-0.8	-0.680	3.678×10^{-1}	-1.32783	4.06574
-0.9	-0.765	4.967×10^{-1}	-1.76686	6.66767
-1	-0.850	6.765×10^{-1}	-2.62573	15.9253

表15

h 相对值	h (mm)	F2 (h)	dF2 (h) / dh	d ² F2 (h) / dh ²
1	0.570	1.444×10^{-2}	0.24628	0.70689
0.9	0.513	1.175×10^{-2}	0.20731	0.66187
0.8	0.456	9.323×10^{-3}	0.17067	0.62482
0.7	0.399	7.161×10^{-3}	0.13600	0.59175
0.6	0.342	5.273×10^{-3}	0.10336	0.55098
0.5	0.285	3.668×10^{-3}	0.07360	0.48910
0.4	0.228	2.350×10^{-3}	0.04811	0.40109
0.3	0.171	1.322×10^{-3}	0.02821	0.29559
0.2	0.114	5.879×10^{-4}	0.01436	0.19297
0.1	0.057	1.470×10^{-4}	0.00568	0.11798
0	0	0	0	0.09047
-0.1	0.057	1.470×10^{-4}	-0.00568	0.11798
-0.2	0.114	5.879×10^{-4}	-0.01436	0.19297
-0.3	0.171	1.322×10^{-3}	-0.02821	0.29559
-0.4	0.228	2.350×10^{-3}	-0.04811	0.40109
-0.5	0.285	3.668×10^{-3}	-0.07360	0.48910
-0.6	0.342	5.273×10^{-3}	-0.10336	0.55098
-0.7	0.399	7.161×10^{-3}	-0.13600	0.59175
-0.8	0.456	9.323×10^{-3}	-0.17067	0.62482
-0.9	0.513	1.175×10^{-2}	-0.20731	0.66187
-1	0.570	1.444×10^{-2}	-0.24628	0.70689

在表14中,dF1(h)/dh的值在-2.62573与2.62573之间。因此,不满足
 5 条件(2)。d²F1(h)/dh²的值在1.34890与15.9253之间。因此,不满足条件(4)。

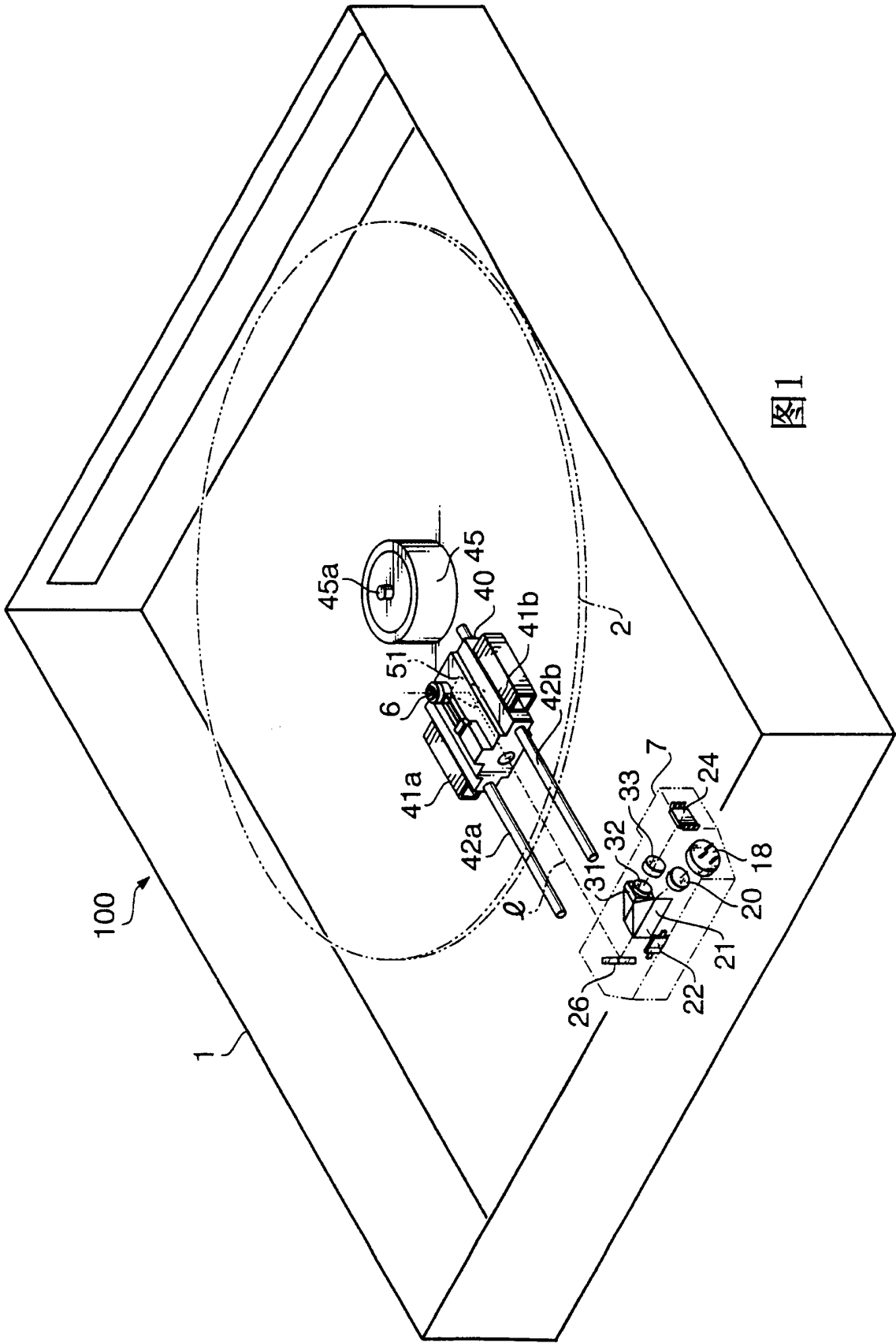


图1

在表15中, $dF2(h)/dh$ 的值在-0.24628与0.24628之间。因此,不满足条件(3)。 $d^2F2(h)/dh^2$ 的值在-0.09047与0.70689之间。因此,不满足条件(5)。

图15是表14和15中数值的曲线表示。

- 5 图16是波长为405nm时物镜6'的球差SA和正弦条件SC的曲线图。如图16所示,对波长405nm而言,球差和慧差得到很好的消除。

图17A至17D示出了波象差。

- 从图17A-17D可知,波长为405nm时波象差可很好地消除,且象圈半径相当大。这就是说,其值在 $\pm 0.2 \lambda$ PV范围内,对象高Y等于小于
10 0.006而言,此值相当于马雷夏尔参照值 0.07λ rms。

- 图18示出象高(水平轴: mm)与波象差(垂直轴: λ rms)的关系曲线,以光源侧表面与光盘侧表面之间的偏心量为参数。曲线DEC00代表无偏心时的关系曲线;曲线DEC05代表偏心量为 $0.5 \mu m$ 时的关系曲线;曲线DEC10代表偏心量为 $1.0 \mu m$ 时的关系曲线;曲线DEC15代
15 表偏心量为 $1.5 \mu m$ 时的关系曲线;DEC20代表偏心量为 $2.0 \mu m$ 时的关系曲线。

- 从图18可知,根据本比较例,如果偏心量在 $1.5 \mu m$ 以上,则轴向波象差超过马雷夏尔参照值(0.07λ rms)。甚至偏心量在 $1.0 \mu m$ 或以上时轴向波象差也会超过实际限值 0.05λ rms。所以,根据本比较例,
20 偏心度允差实际上是 $0.5 \mu m$ 。因此,根据本比较例所述的物镜6'不会有高的生产率。

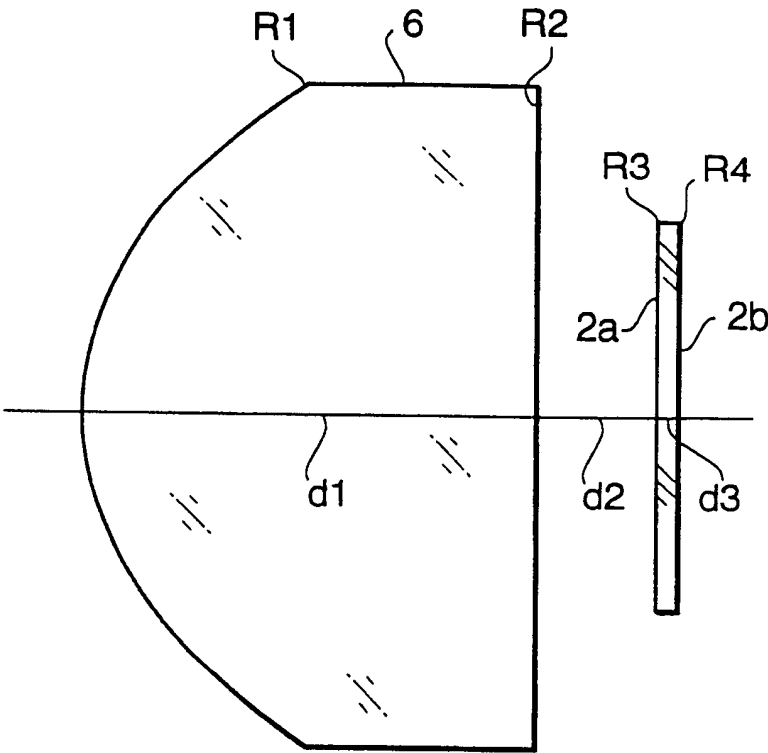


图4

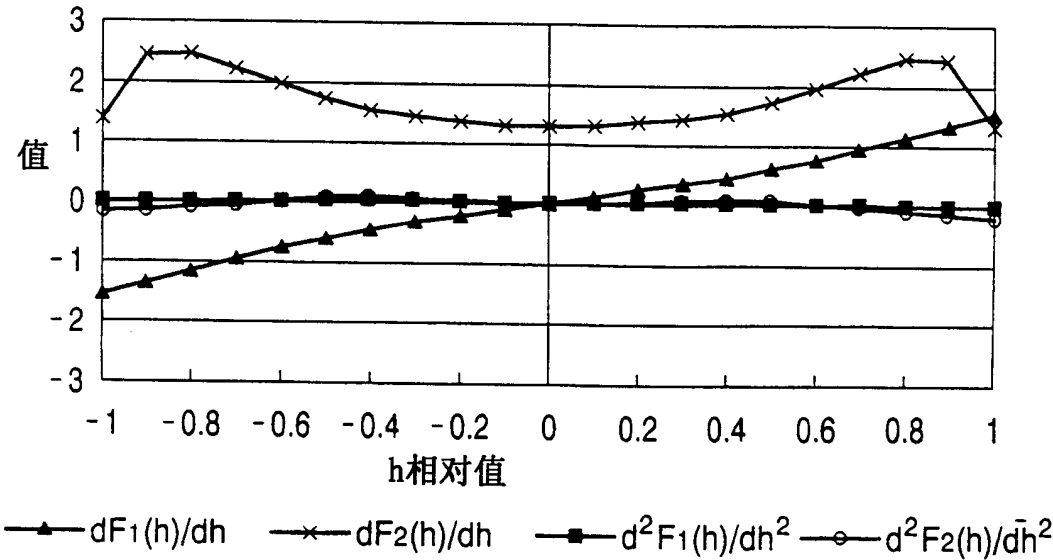


图5

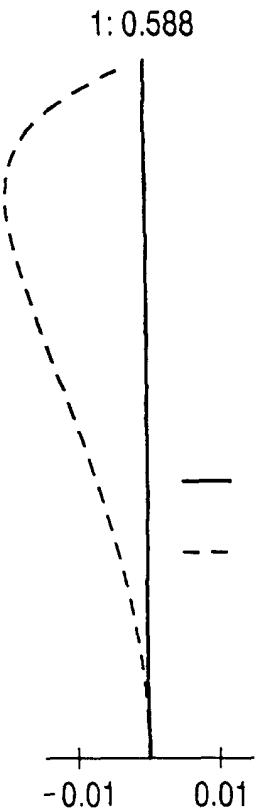


图6

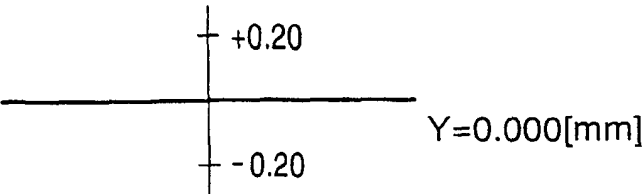


图7A

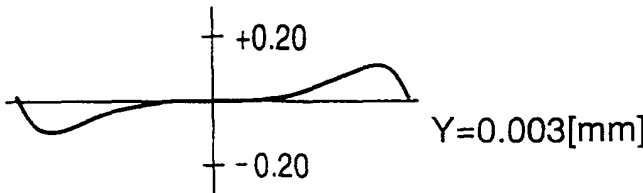


图7B

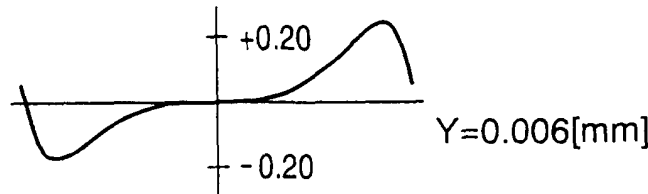


图7C

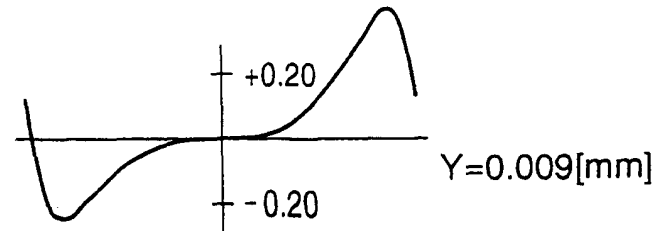


图7D

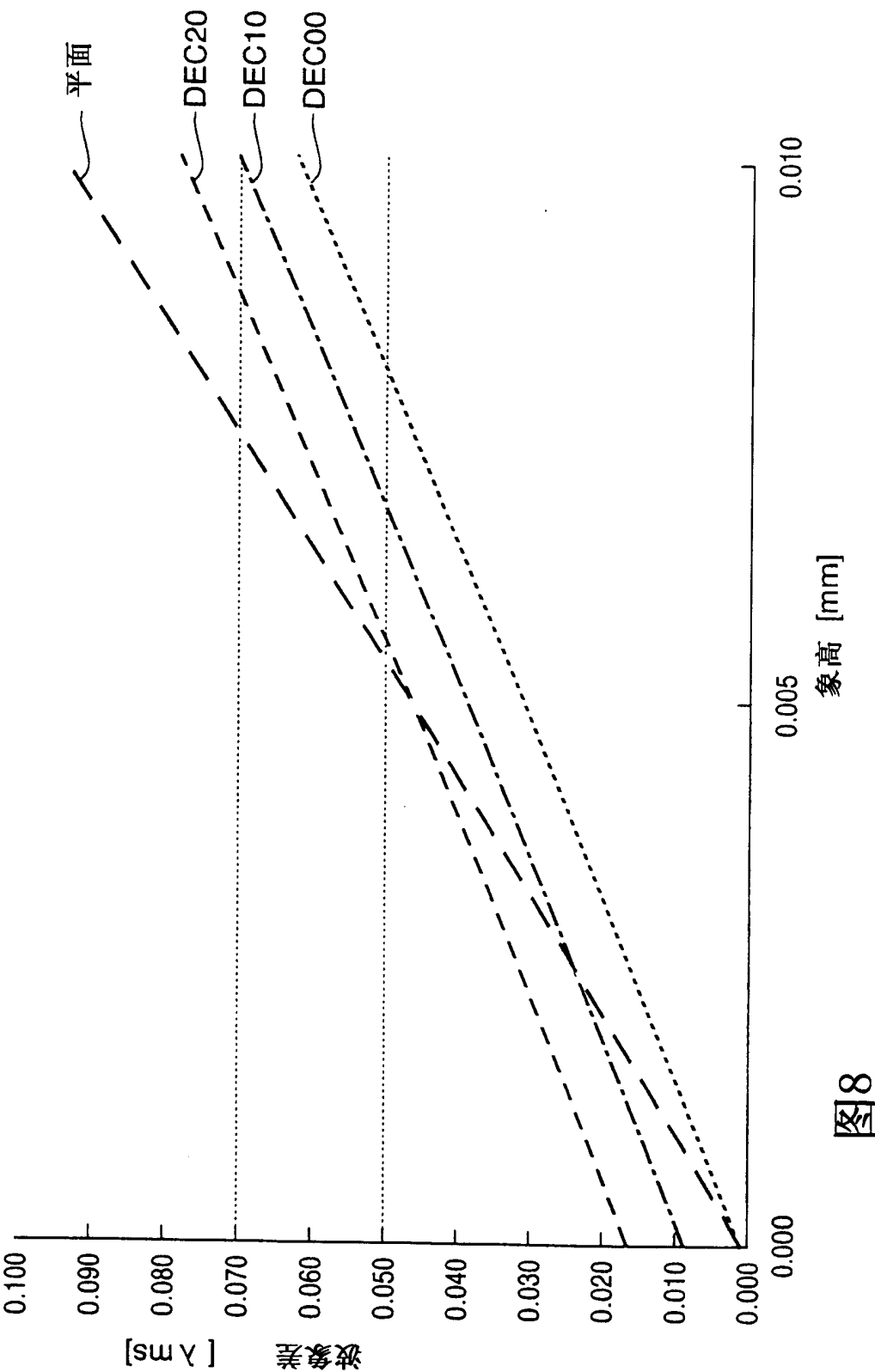


图8

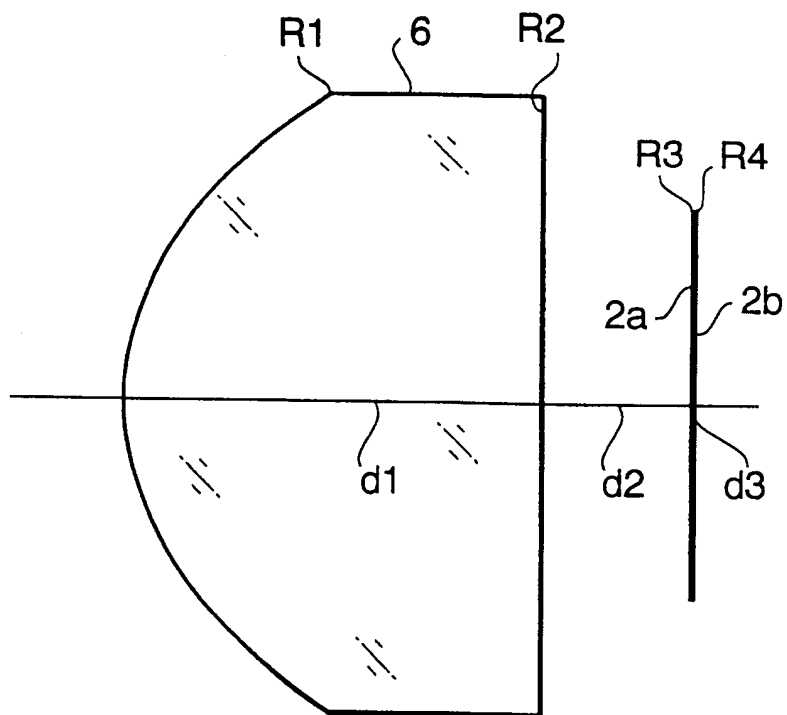


图9

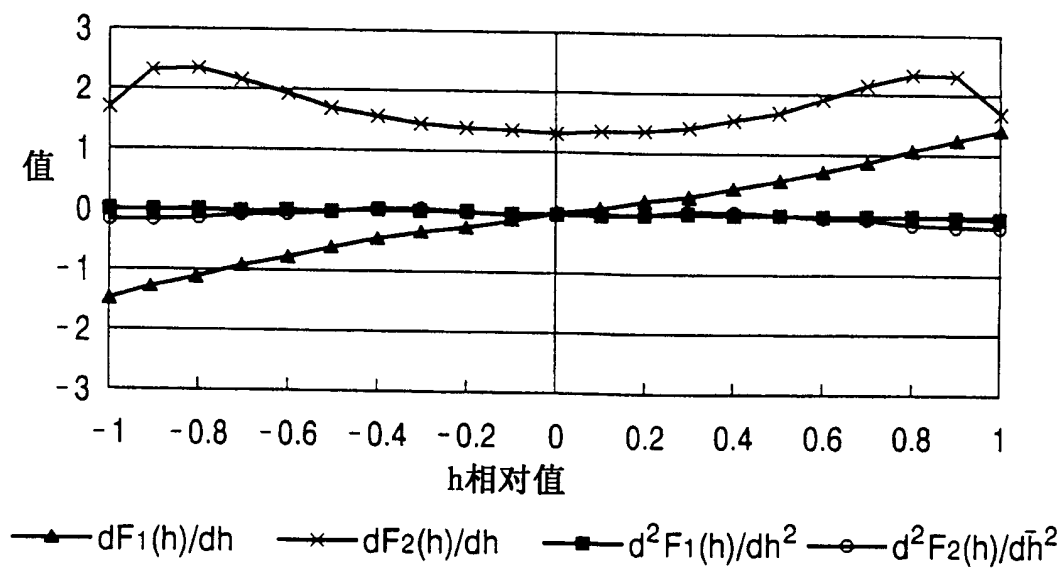


图10

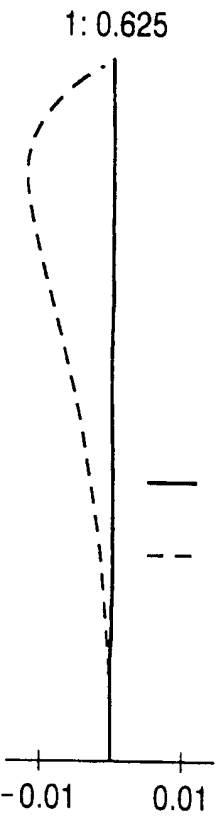


图11

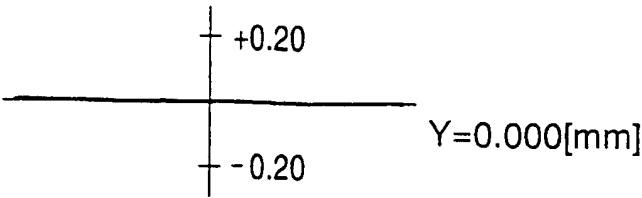


图12A

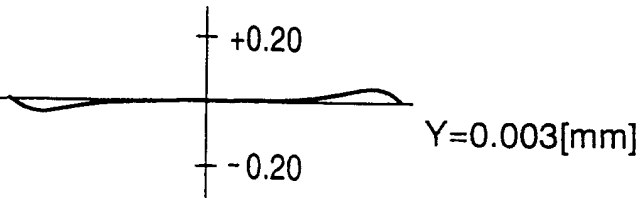


图12B

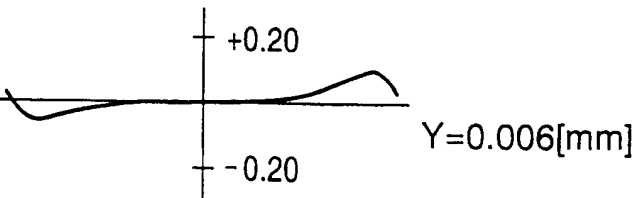


图12C

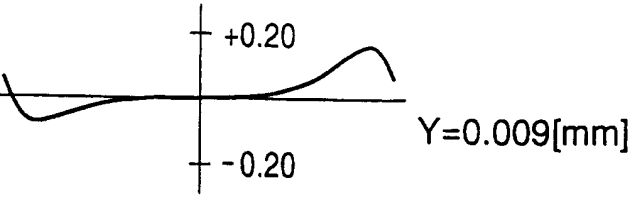


图12D

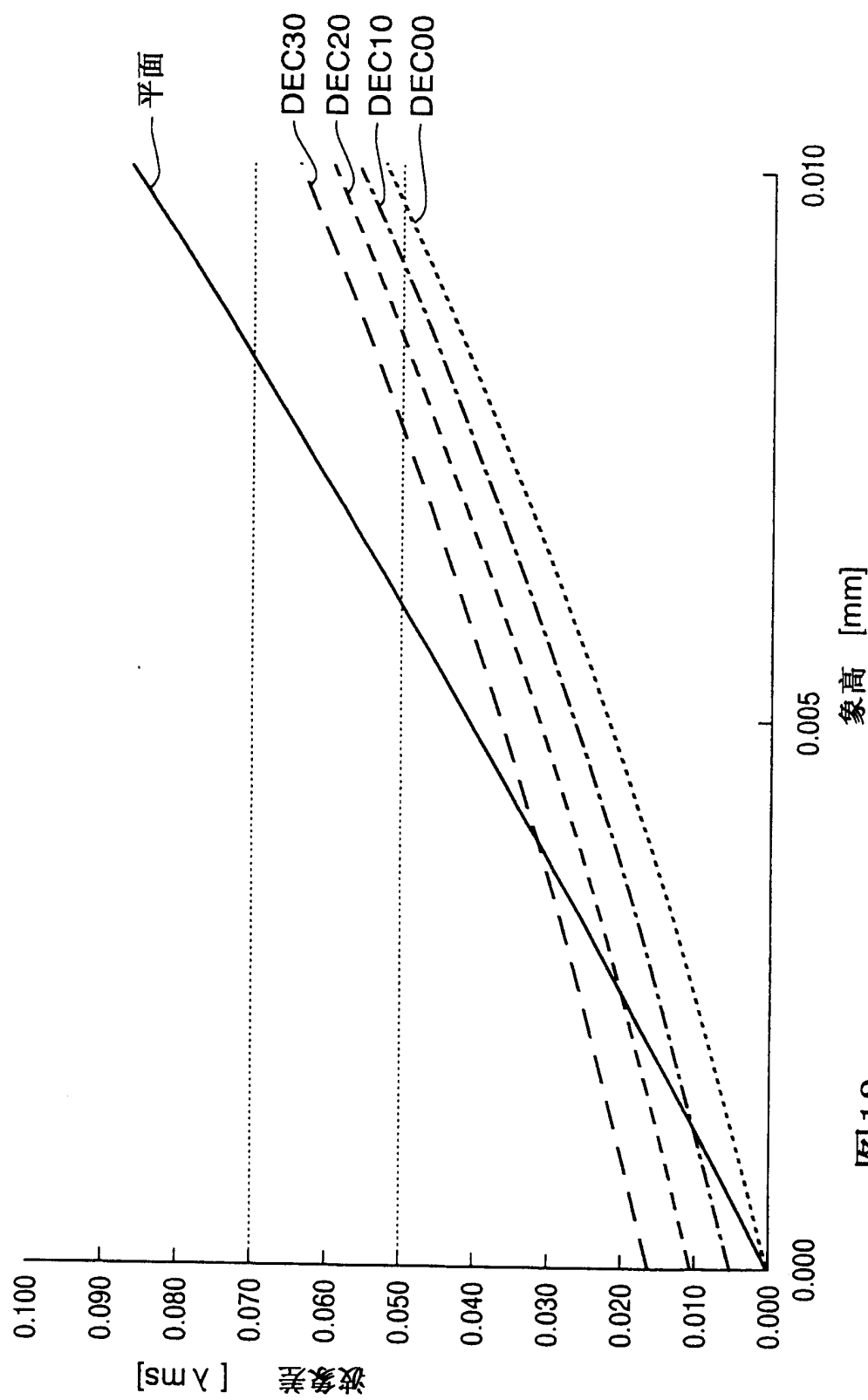


图13

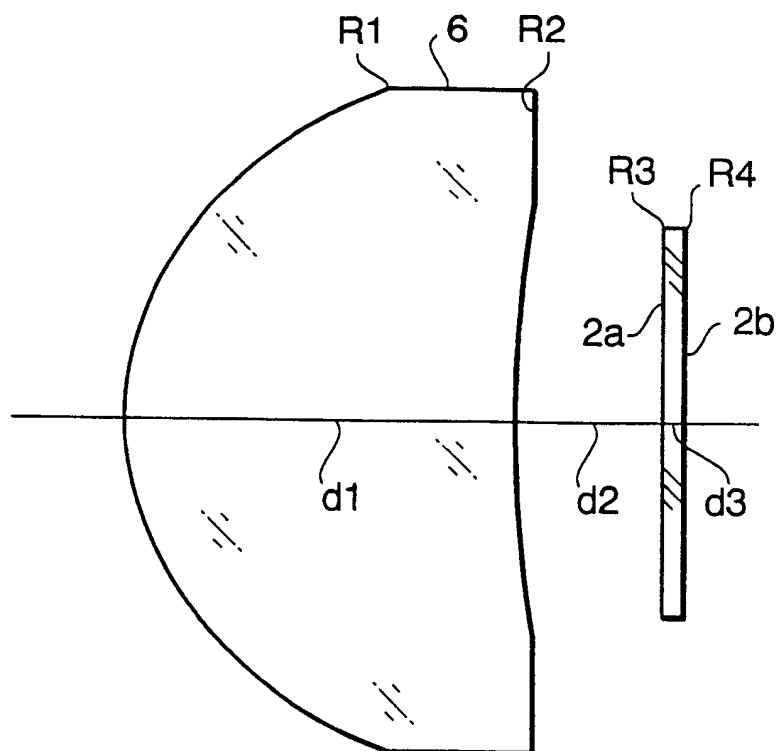


图14

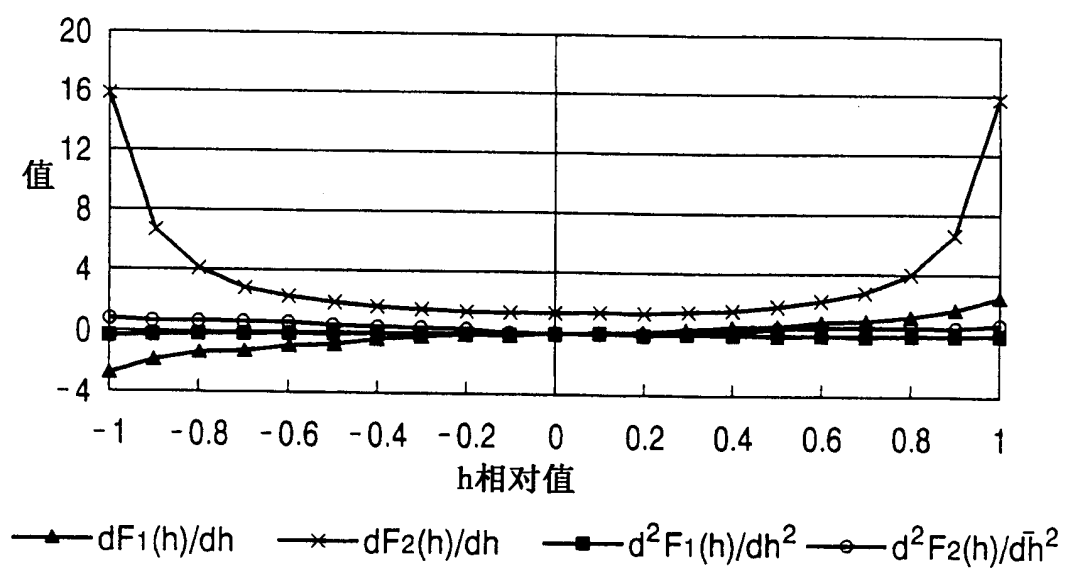


图15

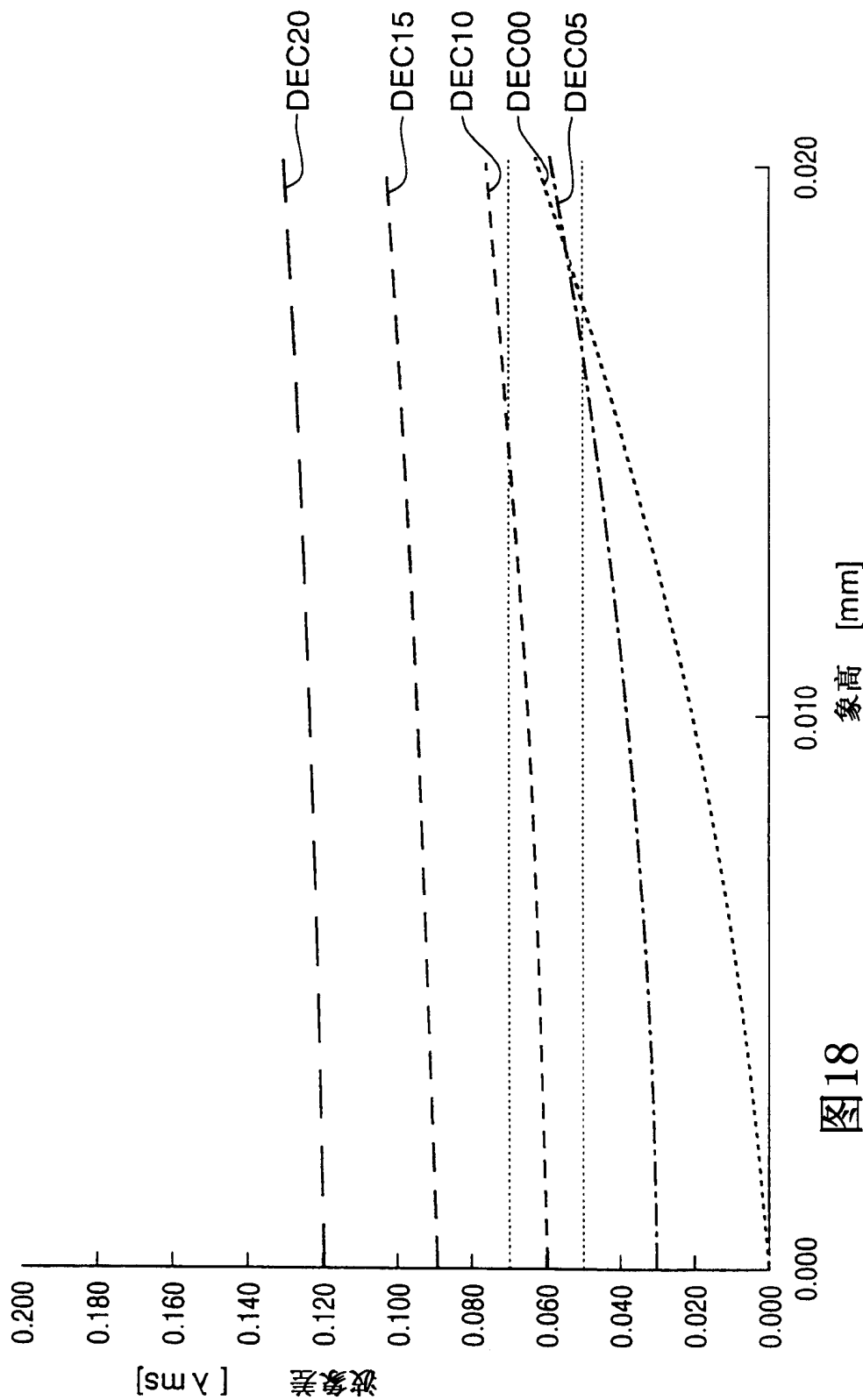


图18

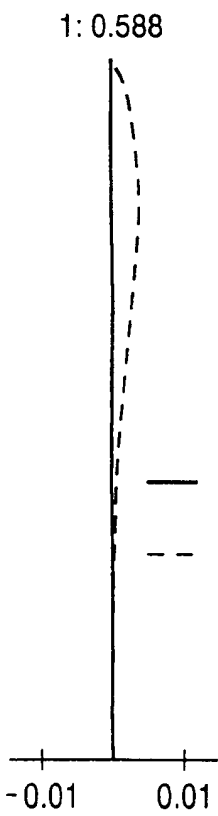


图16

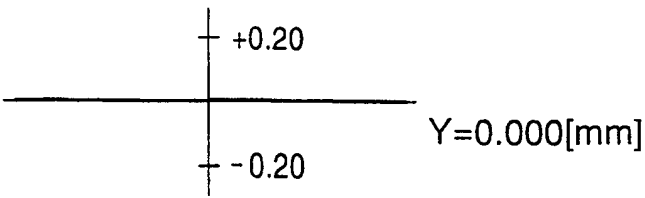


图17A

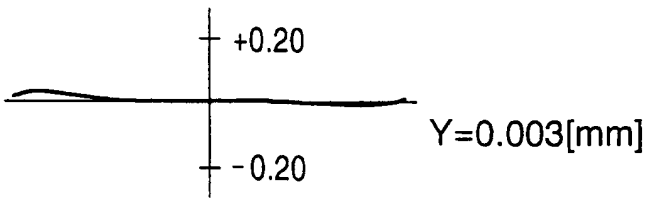


图17B

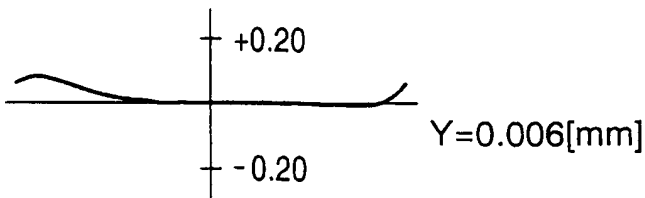


图17C

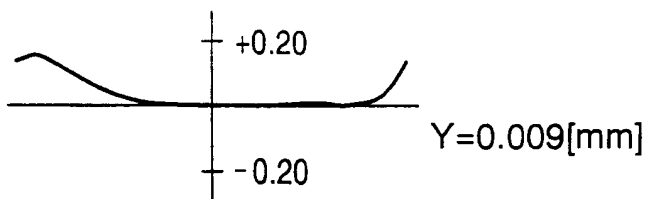


图17D