(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 1922511 B
(45)授权公告日 2010.09.22

(21)申请号 200580005994.5
(22)申请日 2005.02.17
(30)优先权数据
60/547,311 2004.02.24 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2006.08.24
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2005/005058 2005.02.17
(87)PCT申请的公布数据
WO2005/083477 EN 2005.09.09
(73)专利权人 FARO科技有限公司
地址 美国佛罗里达州
(72)发明人 西蒙·拉布 劳伦斯·B.·布朗
罗伯特·E.·布里奇斯
(74)专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司 11225
代理人 黄威
(51)Int.Cl.
G02B 5/122(2006.01)
G01S 17/06(2006.01)
(56)对比文件
US 5327216 A,1994.07.05, 全文.
US 2003/020895 A1,2003.01.30, 全文.
US 5355241 A,1994.10.11, 全文.
审查员 陈亚娟

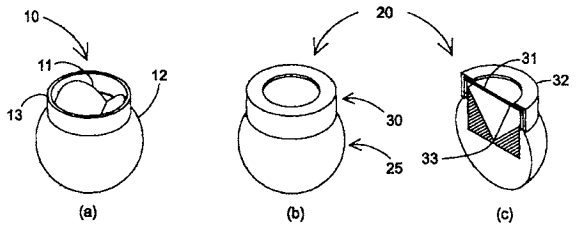
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 6 页

(54)发明名称

窗口遮盖的后向反射器

(57)摘要

示例性实施例可以实现为任何类型的无遮盖立方角锥后向反射器,球形安装后向反射器(SMR)即是其中一个实例。在许多进行计量测试的要素环境中,由于加工或其他工作活动,空气中混入了大量的颗粒物质。该物质能够覆盖立方角锥的玻璃表面(11)或聚集在玻璃表面之间的边缘处。当积聚了足够的物质时,入射到后向反射器的激光束可能反射时功率减弱或波阵面变形。立方角锥的玻璃表面应该清理干净。但是,如果清洁不当,玻璃表面可能被划伤。在一些情况下,难于清理积聚在相邻玻璃平面结合的顶点的物质。本发明(b)和(c)通过在后向反射器(33)上放置平面玻璃窗口(31)解决了这些难题。平面窗口可以用最少的劳动快速清洁并且如果被破坏容易替换。这增大了后向反射器保持清洁的可能性。



CN 1922511 B

1. 调整球形安装后向反射器 SMR 内的立方角锥顶点深度的方法，所述深度调整部分地补偿由激光束穿过 SMR 的窗口导致的径向和横向误差，所述方法包括：

选择将要评估的深度 d 的多个数值，其中深度 d 定义为从 SMR 的中心到立方角锥顶点的距离；

选择激光束在玻璃窗口上的入射角 A_1 的范围；

在所选的入射角的范围内针对每一个值 d 将因玻璃窗口导致的径向误差 ΔR 和横向误差 ΔD 计算为入射角 A_1 的函数；

基于前述计算结果选择深度 d 的值，所述深度 d 的值提供径向误差 ΔR 和横向误差 ΔD 的最小绝对值误差；及

将球形安装后向反射器 SMR 内的立方角锥顶点的深度调整为所选 d 值。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中针对具体的深度 d 和具体的入射角 A_1 计算径向误差 ΔR 进一步包括：

以第一等式 $\Delta R = 2[nT/\cos(A_2)+H/\cos(A_1)-(nT+H+L)]$ 开始，其中 T 为窗口的厚度，n 为窗口的折射率，及 H 为从窗口内缘到立方角锥顶点的距离；

通过以第二等式 $L = (T+H-d)/\cos(A_1)-(T+H-d)$ 进行替代从第一等式中消去参量 L；

使用第三等式 $\sin(A_2) = \sin(A_1)/n$ 从第一和第二等式的结合中消去参量 A_2，从而获得 ΔR 的合成等式，其中消去了参量 H；及

以数值替代合成等式中的 T、n、A_1 和 d 从而获得 ΔR 的值。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中深度 d 设为等于 $T(1-1/n)k$，其中 T 是窗口厚度，n 是窗口折射率，$k = 1.0908$。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中 T = 1 毫米、n = 1.51509 及 d = 0.3708 毫米。

窗口遮盖的后向反射器

[0001] 发明背景

发明领域

[0002] 本发明涉及例如可用于坐标测量的后向反射器目标。

背景技术

[0003] 有一类仪器通过向与点接触的后向反射器目标发射激光束测量该点的坐标。该仪器通过测量到后向反射器目标的距离和两个角确定点的坐标。普通型的后向反射器目标包括嵌在金属球体内的立方角锥后向反射器，立方角锥的顶点在球体的中心。这类后向反射器目标通常称作球形安装后向反射器 (SMR)。立方角锥后向反射器由三个相互垂直的面形成。这些面可以由三个垂直的镜面（无遮盖立方角锥）或玻璃棱镜的三个垂直表面（实心立方角锥）构成。

发明内容

[0004] 实施方式包括调整激光后向反射器以补偿穿过后向反射器窗口的激光的方法，该方法包括：确定调整因数以补偿由于激光穿过后向反射器窗口导致的传播误差；根据调整因数调整后向反射器反射点的位置以最小化传播误差。

[0005] 实施方式包括激光后向反射器装置，该装置包括：使激光穿过照射到后向反射器的窗口，位于后向反射器上用于在激光穿过窗口后反射激光的反射点，其中反射点位于所选位置以最小化由于激光穿过窗口引起的激光传播误差。

[0006] 实施方式包括调整激光后向反射器以补偿穿过后向反射器窗口的激光的系统，该系统包括：确定调整因数以补偿由于激光穿过后向反射器窗口导致的传播误差的装置；根据调整因数调整后向反射器反射点的位置以最小化传播误差的装置。

[0007] 实施方式包括一个或多个其中具有计算机可读指令的计算机可读介质，当计算机执行指令时，指令使计算机确定调整因数以补偿由于激光穿过后向反射器窗口导致的传播误差，并根据调整因数确定后向反射器反射点的位置以最小化传播误差。

附图说明

[0008] 参考示例性而非限定性的附图，实施方式将仅通过实例的方式描述，图中相同的元件以相同的数字表示，其中：

[0009] 图 1(a) 是现有技术的后向反射器。

[0010] 图 1(b) 是后向反射器实施例的透视图。

[0011] 图 1(c) 是图 1(b) 的后向反射器的剖视图。

[0012] 图 2(a) 是后向反射器的原理图。

[0013] 图 2(b) 是具有窗口的后向反射器的原理图。

[0014] 图 3 是相对于角 A_1 的径向误差曲线图。

[0015] 图 4 是相对于角 A_1 的横向误差曲线图。

[0016] 图 5 是相对于角 A_1 的径向误差曲线图。

[0017] 图 6 是相对于角 A_1 的横向误差曲线图。

具体实施方式

[0018] 示例性实施例可以实现为任何类型的无遮盖立方角锥后向反射器，球形安装后向反射器 (SMR) 即是其实例之一。在许多进行计量测量的工厂环境中，由于加工或其他工作活动使大量颗粒物质混入空气。该物质覆盖立方角锥玻璃的表面或集中在玻璃表面之间的边缘处。当累积了足够的物质，入射到后向反射器的激光束可能反射时功率减弱或波阵面变形。立方角锥的玻璃表面应该清理干净。但是，如果清洁不当，玻璃表面可能被划伤。在一些情况下，难于清理积聚在相邻玻璃平面结合的顶点的物质。本发明通过在后向反射器上放置平面玻璃窗口克服了这些难点。平面窗口可以用最少的劳动快速清洁并且如果被破坏容易替换。这增大了后向反射器保持清洁的可能性，并因此降低了由于后向反射器变脏引起测量误差的可能性。

[0019] 在立方角锥后向反射器上放置玻璃窗会导致一些潜在的问题。但是通过合理设计后向反射器组件，误差可以最小化。以下讨论这些设计技术。

[0020] 图 1(a) 是传统 SMR10 的透视图，其包括无遮盖立方角锥后向反射器 11、球体 12 和凸缘 13。三个垂直镜面的表面相交的点称为立方角锥的顶点 33。在传统的 SMR10 中，顶点 33 尽可能靠近球体 12 的中心放置。凸缘 13 提供对立方角锥后向反射器 11 的保护，其还提供方便操作员的手柄。

[0021] 受保护的 SMR 的透视图如图 1(b) 所示，剖视图如图 1(c) 所示，其包括经修改的 SMR 主体 25 和保护外壳 30。如传统 SMR10 一样，经修改的 SMR 主体 25 包括无遮盖立方角锥后向反射器 11、球体 12 和凸缘 13。但是，在经修改的 SMR 主体中立方角锥的顶点 33 从球的中心移开，其原因将在下面解释。保护外壳 30 包括窗口 31 和窗口支架 32。

[0022] 图 2(a) 是表示传统 SMR10 的一部分即无遮盖立方角锥后向反射器 11 的原理图。射入激光束 40 以相对于对称轴 41 的角 A_1 进入无遮盖立方角锥后向反射器，其照射到立方角锥的顶点，在立方角锥的三个垂直镜面上反射，并向后回扫光束路径离开后向反射器。

[0023] 图 2(b) 是表示无遮盖立方角锥后向反射器 11 和受保护 SMR20 的一部分窗口 31 的原理图。在图中夸大了窗口的厚度 T 以更清晰地表示玻璃内光线的弯曲。激光束 40 以相对于对称轴 41 的角 A_1 进入窗口 31。当激光束 40 进入窗口 31 时，其向内弯向窗口表面的法线。当其穿过窗口到达空气时，其远离窗口表面的法线向外弯曲，恢复到原始角度 A_1。如果没有窗口，激光通过的路径 42 如虚线所示。当有窗口 31 时，有窗口的激光束路径 40 与没有窗口的激光束路径 42 不重合。

[0024] 对称轴 41 与路径 42 的交叉点 43 以“X”标记。该点应该保持靠近球体的中心。这确保了无论 SMR 的方位 (即角 A_1) 如何变化跟踪器始终测量空间中的同一点。为了获得最佳的性能，立方角锥的顶点 33 应调整为偏离球体的中心，如图 2(b) 所示。如果角 A_1 很小，则近似值至少为 $d = T(1-1/n)$，其中 T 是窗口厚度，n 是窗口折射率。

[0025] 通过调整球体 12 内的立方角锥 11 而最小化测量径向和横向距离的误差从而实现受保护 SMR20 的最佳设计。径向距离沿径向测量，径向是从测量仪器到 SMR 的方向。横向

距离沿位于 SMR 且垂直于径向的平面测量。受保护 SMR 径向误差 ΔR 为

[0026] $\Delta R = 2[nT/\cos(A_2)+H/\cos(A_1)-(nT+H+L)]$ (1)

[0027] 距离 L 如图 2(b) 所示。为了求出 L，从点 43 到激光束 40 与窗口 31 相交的点 G 画弧线，找到弧线与法线 41 相交的点 F。从点 F 到窗口的距离是

[0028] $L = (T+H-d)/\cos(A_1)-(T+H-d)$ (2)

[0029] 从顶点 33 到点 F 的光学距离是 nT+H+L，其是式 (1) 中的最后一项。往返光学路径是该值的两倍，其说明了式 (1) 前的系数 2。从顶点 33 到点 G 的光学距离是 $nT/\cos(A_2)+H/\cos(A_1)$。这些项也可以在式 (1) 中找到。如果窗口 31 不引起径向测量中的误差，则从点 33 到 G 的光学距离应当等于从点 33 到 F 的光学距离，且式 (1) 中的径向误差 ΔR 应当为零。通过选择与球体中心相关的顶点 33 的深度 d，能够变化距离 L 和式 (1) 中对应的误差 ΔR。通过合理选择距离 d，误差 ΔR 能够最小化。

[0030] 受保护 SMR 的横向误差 ΔD 是

[0031] $\Delta D = T\sin(A_1-A_2)/\cos(A_2)-d\ \sin(A_1)$。 (3)

[0032] 式 (3) 中的第一项代表玻璃窗口 31 引起的激光束 40 远离对称轴 41 的弯曲。第二项代表由于激光束越过点 43 而向对称轴 41 的方向传播并到达点 33。式 (3) 中的第二项可以抵消第一项。通过合理选择距离 d，第二项的大小可以调整以最小化误差 ΔD。

[0033] 对于给定的角 A_1，d 的特定值使径向误差最小，而不同的值使横向误差最小。且最优的深度 d 随着角 A_1 变化。图形方式有助于在整个角度范围内选择最优的深度 d。例如，假设受保护 SMR 具有下列特性：T = 1mm，H = 21mm，n = 1.5。窗口支架 32 的清晰孔径确定了可能的角 A_1 的范围。在本例中，假设 A_1 可以从 0 度变化到 25 度（即周角是 50 度）。使用公式 (1)、(2) 和 (3) 及斯涅耳 (Snell) 定律，$\sin(A_1) = n\ \sin(A_2)$，对不同深度 d，径向和横向误差是角 A_1 的函数。根据调整因数 k 可以方便地给出深度 d：

[0034] $d = T(1-1/n)k$ (4)

[0035] 最优的调整因数 k 对小角度接近于 1，对较大的角度更大一些。

[0036] 图 3 和 4 分别表示径向和横向误差的结果。从图中可以看出 k = 1.09 给出了小于 5 微米的最大径向和横向误差。这接近于最优值，因为其给出了比 k = 1.07 或 k = 1.11 小的最大误差。从公式 (4) 中可以得出对应的深度 d = 0.363 毫米。

[0037] 在另一优选实施例中，T = 1mm，n = 1.51509，k = 1.0908 及 d = 0.3708mm。

[0038] 图 5 和 6 示出了径向和横向精确度的提高。这些图中，如传统 SMR10 一样，顶点 33 位于球体 12 的中心，这是 k = 0 的情况。图 5 和 6 分别表示最大径向和横向误差分别是约 80 和 155 微米。可见，通过优化顶点 33 的深度 d，最大误差已经缩小了一个数量级。

[0039] 本发明的功能可以在软件、固件、硬件或其某种结合中实现。作为示例，本发明的一个或多个方面可以包含在一件具有例如计算机可用介质的产品（如一个或多个计算机程序产品）中。该介质中具有用于例如提供和简化本发明功能的计算机可读程序代码装置。一件产品可以作为一部分包含在计算机系统中或单独售出。

[0040] 此外，还提供了至少一个机器可读计算机存储装置，其明确包含至少一个机器可执行指令组成的程序以完成本发明的功能。

[0041] 在不背离本发明的精神和范围的情况下，对窗口遮盖的立方角锥后向反射器作出各种修改和变化对于本领域的普通技术人员是显而易见的。

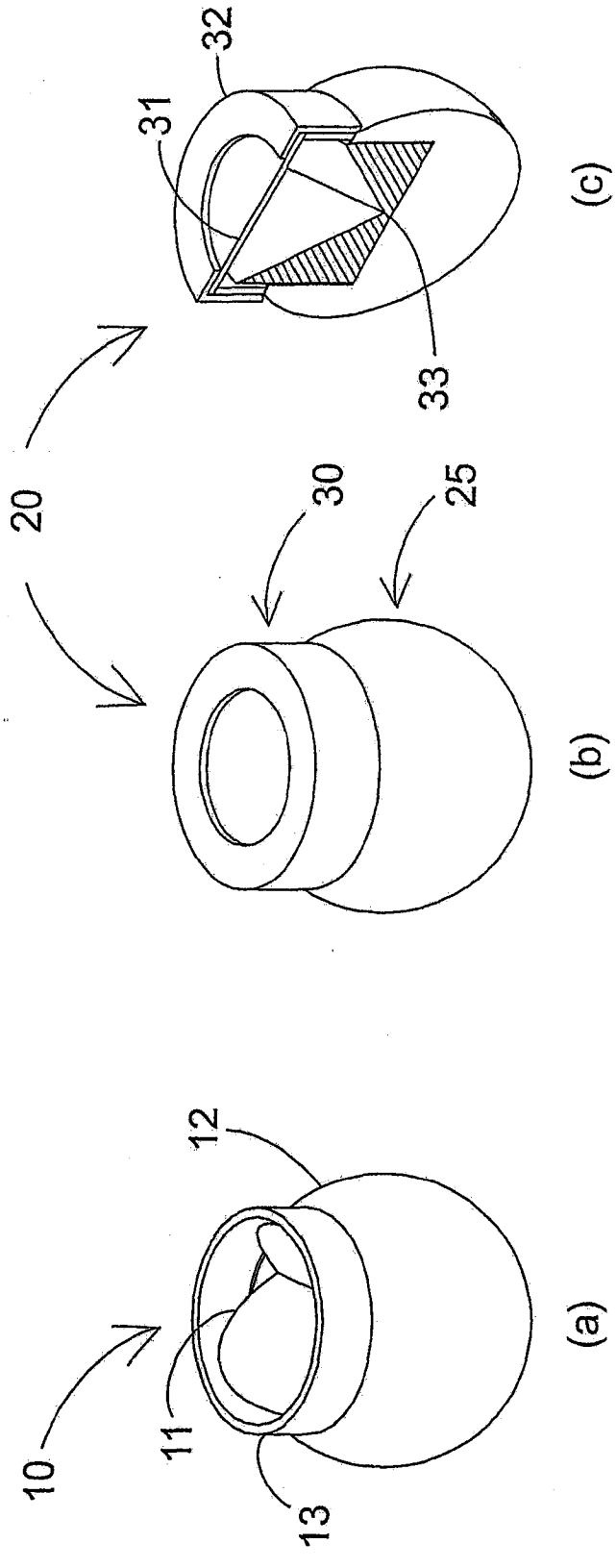


图 1

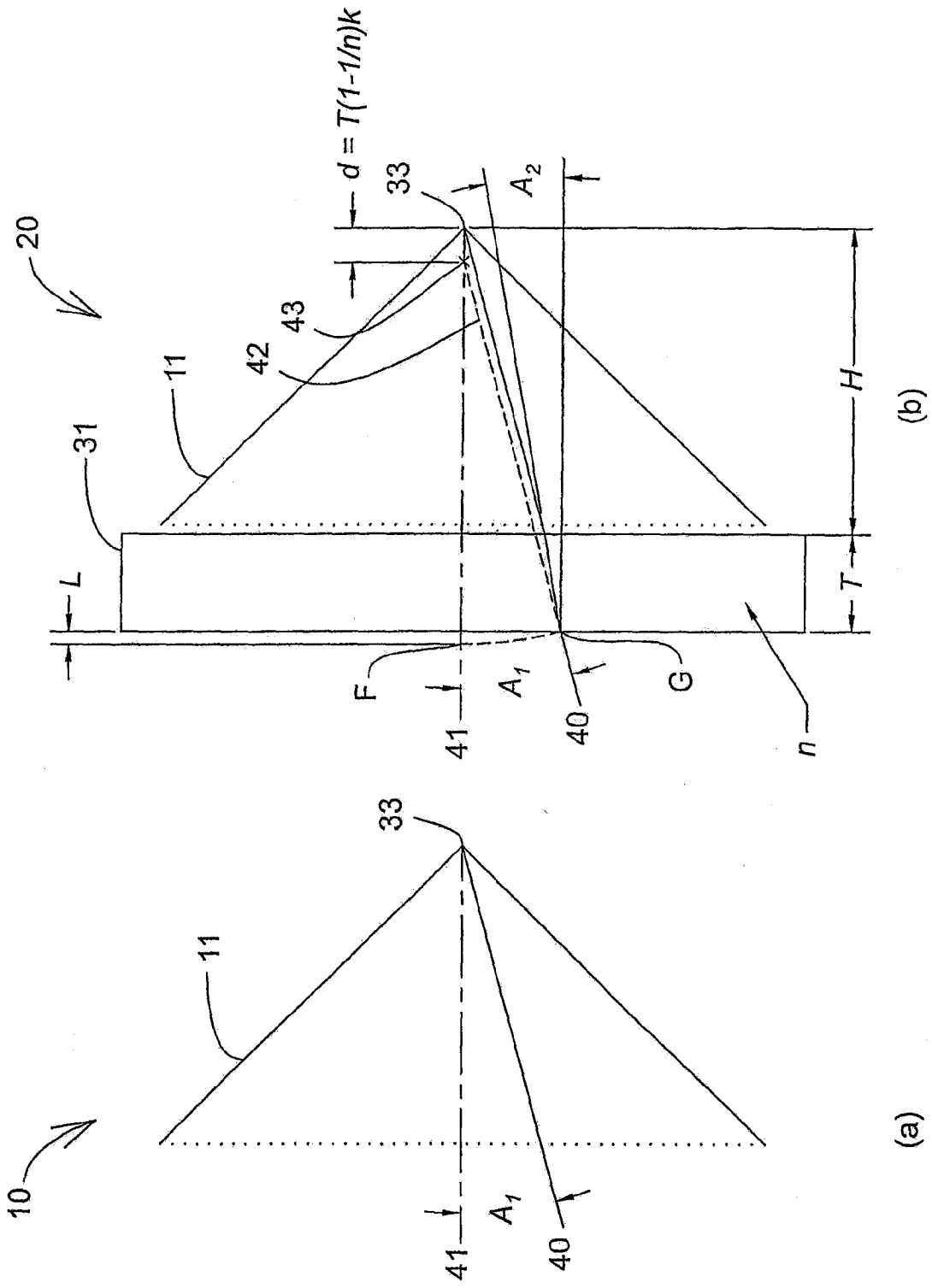


图 2

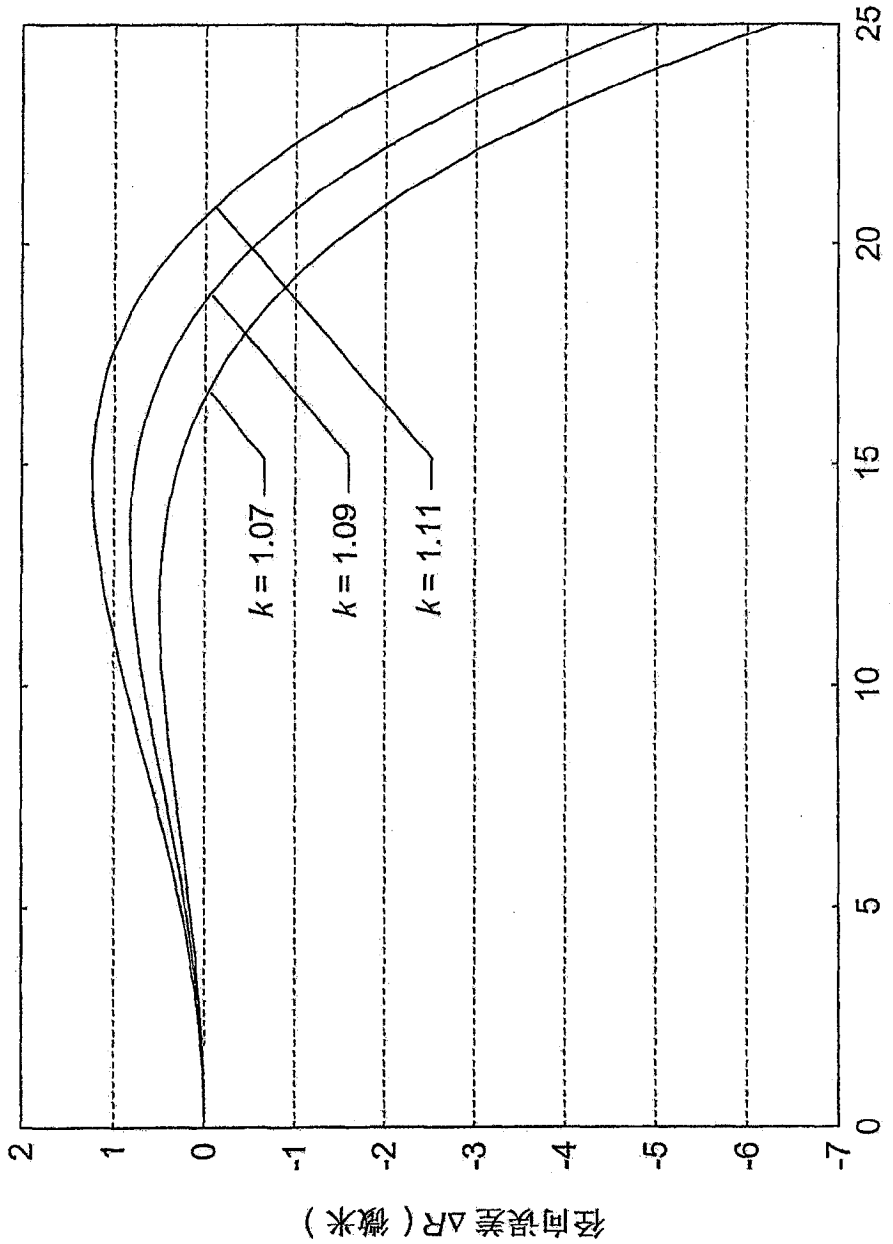


图 3

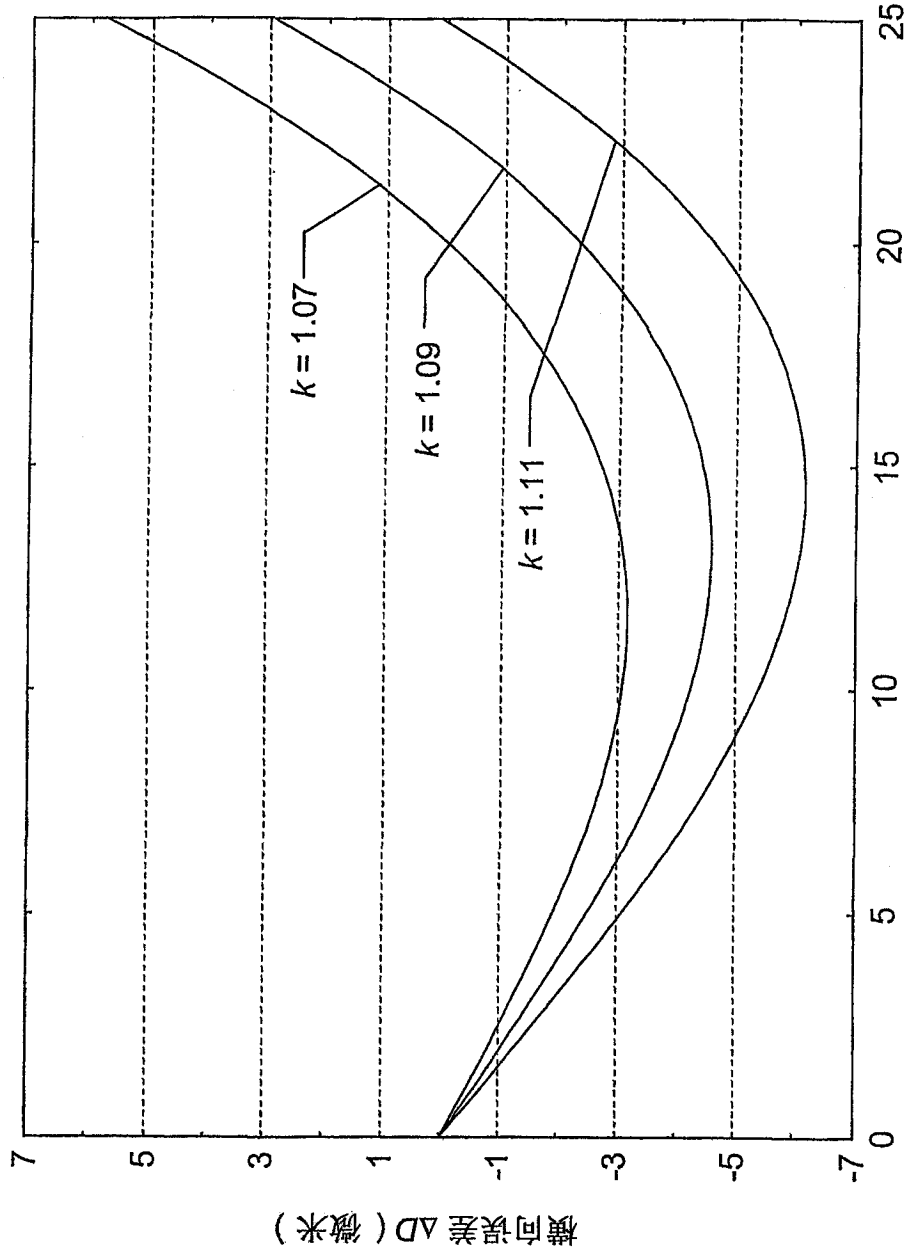


图 4

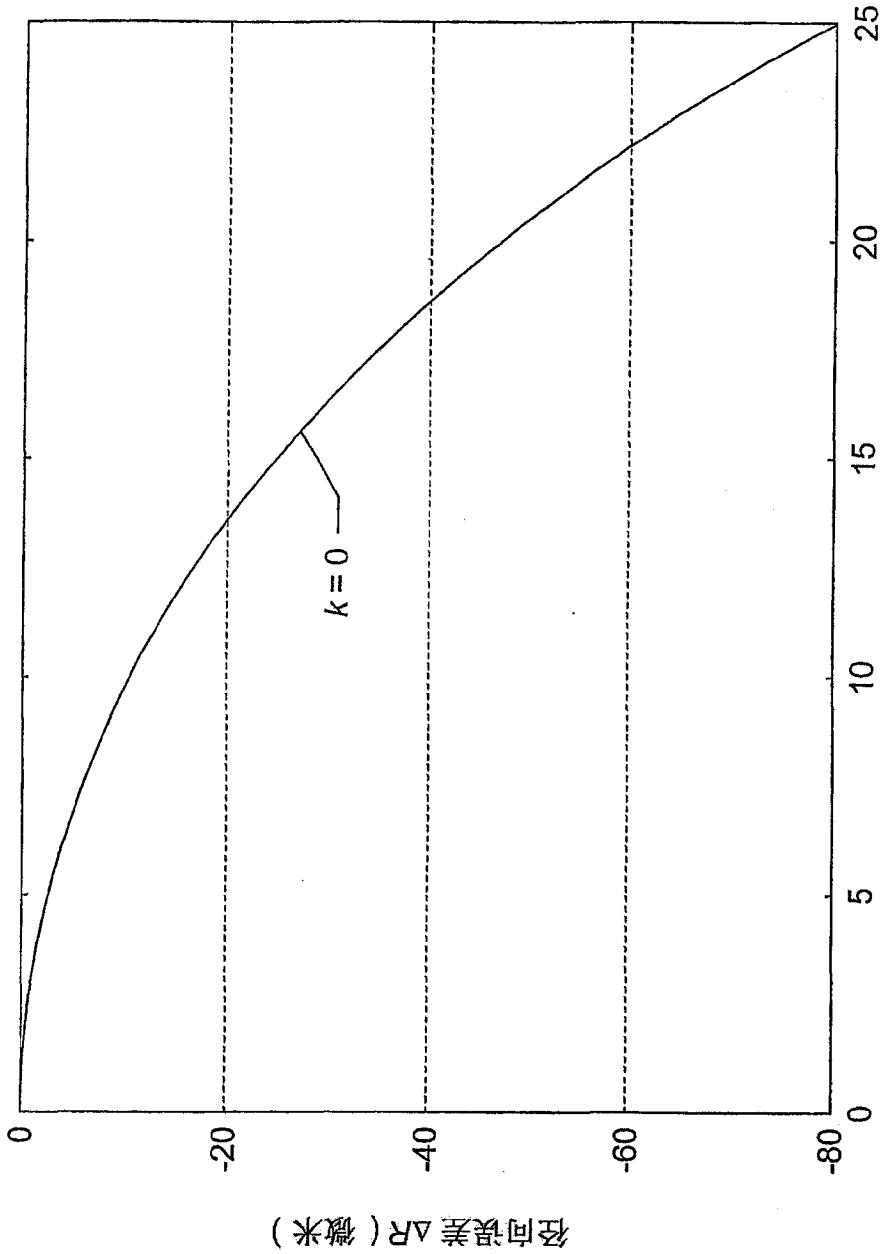


图 5

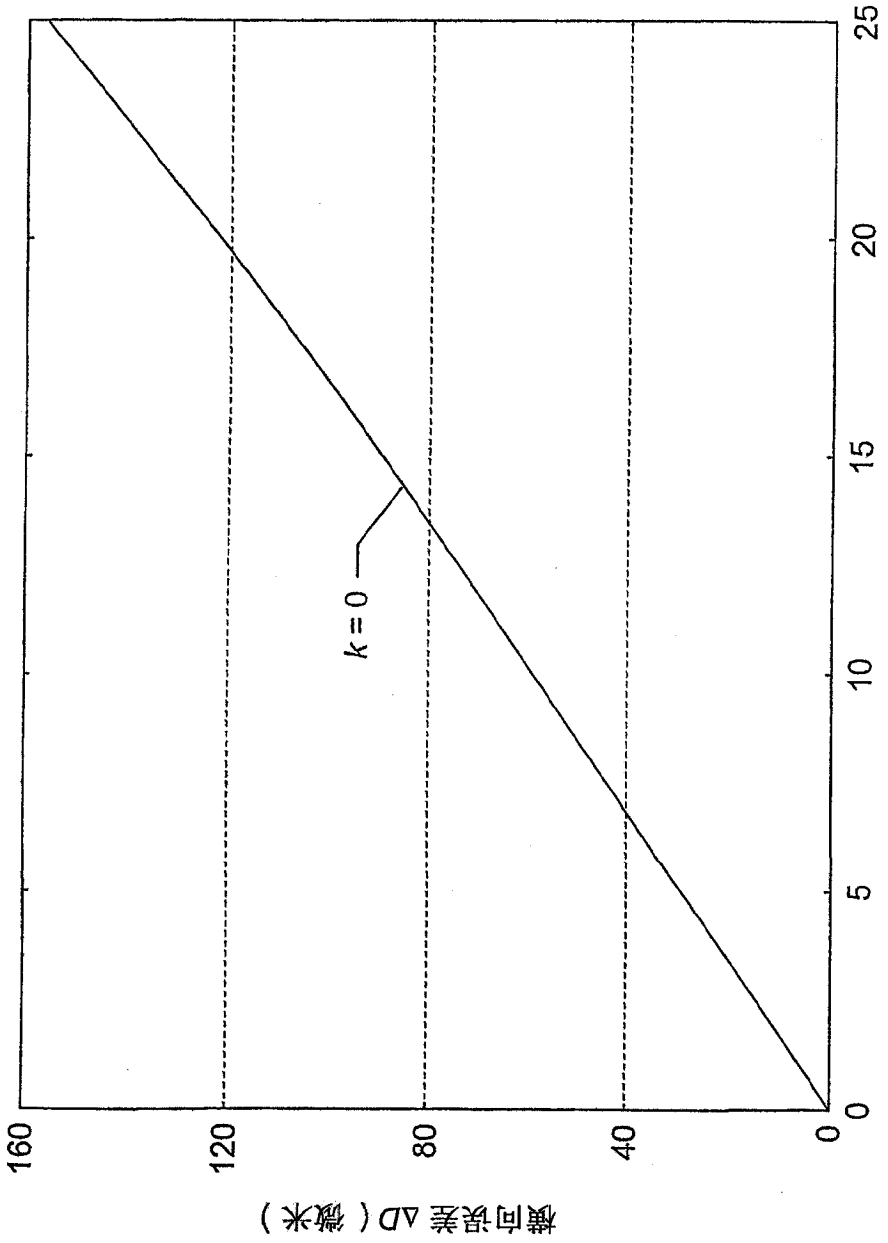


图 6