



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104949616 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201410114025. 4

(22) 申请日 2014. 03. 25

(71) 申请人 上海微电子装备有限公司
地址 201203 上海市浦东新区张东路 1525 号

(72) 发明人 吴萍 张志平

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务所 (普通合伙) 31237
代理人 屈衡 李时云

(51) Int. Cl.
G01B 11/00(2006. 01)

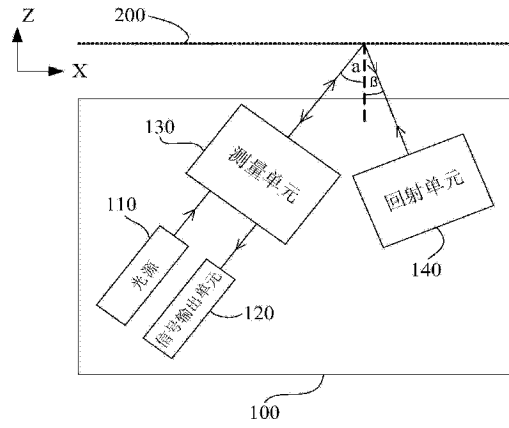
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

回射式光栅尺测量系统及其应用

(57) 摘要

本发明涉及一种回射式光栅尺测量系统及其应用, 该系统包括光栅尺测量探头和光栅, 其中, 所述光栅尺测量探头包括光源、信号输出单元、测量单元和回射单元, 所述光源发出的光束入射至所述测量单元, 从所述测量单元出射后以非利特罗角度入射至所述光栅上, 经光栅衍射后的光束入射至所述回射单元, 经所述回射单元回射的光束沿入射光方向原路返回所述光栅上, 在光栅上发生第二次衍射后原路返回至所述测量单元, 经所述测量单元作用后, 入射至所述信号输出单元, 从所述信号输出单元输出测量信号。本发明的测量系统在工作中受环境影响较小, 相对于干涉仪具有更好的重复精度, 同时能够满足大垂向测量范围的应用需求。



1. 一种回射式光栅尺测量系统,其特征在于,包括光栅尺测量探头和光栅,其中,所述光栅尺测量探头包括光源、信号输出单元、测量单元和回射单元,所述光源发出的光束入射至所述测量单元,从所述测量单元出射后以非利特罗角度入射至所述光栅上,经光栅衍射后的光束入射至所述回射单元,经所述回射单元回射的光束沿入射光方向原路返回所述光栅上,在光栅上发生第二次衍射后原路返回至所述测量单元,经所述测量单元作用后,入射至所述信号输出单元,从所述信号输出单元输出测量信号。

2. 如权利要求 1 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述回射单元为反射镜、反射光栅、或者透射光栅与反射镜的组合。

3. 如权利要求 1 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述光源为激光光源。

4. 如权利要求 3 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述激光光源为单频激光光源或双频激光光源。

5. 如权利要求 3 或 4 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述光源还包括传输光纤和准直器,所述激光光源发出的激光束通过所述传输光纤远程连接至所述准直器,光束经所述准直器处理入射至所述测量单元。

6. 如权利要求 1 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述测量单元包括偏振分光棱镜、第一四分之一波片、第二反射镜、角锥棱镜和第二四分之一波片,所述光源发出的光束入射至所述偏振分光棱镜,在所述偏振分光棱镜的分光面进行分光,一部分光束经所述第一四分之一波片后入射至所述第二反射镜,被所述第二反射镜反射,并再次经过所述第一四分之一波片后从所述偏振分光棱镜的分光面透射至所述角锥棱镜,经所述角锥棱镜的反射后再次通过所述分光面透射,并依次入射至所述第一四分之一波片和所述第二反射镜,被所述第二反射镜反射的光束再次经过四分之一波片后在分光面发生反射,进入所述信号输出单元,作为参考光束;另一部分光束从所述偏振分光棱镜的分光面透射,经第二四分之一波片后以入射角 α 入射至所述光栅上,并以 β 角发生衍射,衍射光束入射至所述回射单元,经所述回射单元的回射按原路返回至所述光栅,并沿 α 角返回测量单元,再次经过所述第二四分之一波片后经所述分光面进行反射,经所述角锥棱镜再次反射,在所述分光面反射后再次入射至光栅,经所述回射单元后原路返回至所述测量单元,最终从所述分光面透射,入射至所述信号输出单元,作为测量光束。

7. 如权利要求 6 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述信号输出单元根据所述测量光束与所述参考光束得到干涉条纹数,并计算出光栅相对于所述光栅尺测量探头的位移信息。

8. 如权利要求 1 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述信号输出单元为探测器。

9. 如权利要求 8 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述探测器采用单一探测器或四象限探测器。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的回射式光栅尺测量系统,其特征在于,所述探测器还包括耦合器和探测光纤,从所述测量单元输出的带有位移信息的信号光由所述耦合器耦合至所述探测光纤,并通过所述探测光纤传输至所述探测器进行探测。

11. 一种二维测量系统,采用光栅和两个如权利要求 1 所述的光栅尺测量探头组成,其特征在于,所述光栅沿 X 方向设置,所述两个光栅尺测量探头设置于所述光栅的同侧,并以

Z 方向为对称轴对称设置。

12. 一种六自由度测量系统,采用二维光栅和三个如权利要求 1 所述的光栅尺测量探头组成,其特征在于,所述二维光栅沿 X 方向和 Y 方向设置,其中两个光栅尺测量探头沿 Y 方向设置于 X 方向的正向或负向,另外一个光栅尺测量探头设置于 X 方向的负向或正向。

回射式光栅尺测量系统及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种回射式光栅尺测量系统及其应用。

背景技术

[0002] 纳米测量技术是纳米加工、纳米操控、纳米材料等领域的基础。而 IC 产业、精密机械、微机电系统等都需要高分辨率、高精度的位移传感器,以达到纳米精度定位。

[0003] 随着集成电路朝大规模、高集成度的方向飞跃发展,光刻机的套刻精度要求也越来越高,与之相应地,获取工件台、掩模台的六自由度位置信息的精度也随之提高。

[0004] 干涉仪有较高的测量精度,可达纳米量级,在光刻系统中,被运用于测量工件台、掩模台的位置。然而,目前干涉仪的测量精度几乎达到极限,同时干涉仪测量精度受周围环境影响较大,测量重复精度不高(即便环境很好,也会超过 1nm),传统干涉仪测量系统很难满足进一步提高套刻精度的要求。所以高精度、高稳定性的皮米测量方案迫切需要。

[0005] 光栅尺测量系统中在工作中受环境影响较小,有较好的重复精度,在新一代光刻系统中已开始逐渐取代干涉仪,承担高精度、高稳定性皮米精度测量任务。

[0006] 例如,一种方式是以 littrow (利特罗)角度 θ 入射光栅的测量系统,可同时获得水平方向和垂直方向的二维位置数据,所述的 littrow 角度 $\theta = \arcsin\left(\frac{\lambda}{2k}\right)$, 其中, λ 为入射光源的波长; k 为光栅间距。当在运动台上合理布局多个测量探头时,即可获取运动台六自由度(X、Y、Z、Rx、Ry、Rz)数据。

[0007] 另一种方式,也是利用光栅尺实现测量,它采用非 littrow 角入射光栅,角锥棱镜返回衍射光束后获取水平方向和垂直方向的二维位置数据。但采用角锥棱镜的结构,会限制光栅尺垂直方向(Z)的测量范围,使垂直方向的测量范围限制在几个毫米之内,该方案无法满足大垂向测量范围的应用需求。

发明内容

[0008] 本发明提供一种回射式光栅尺测量系统及其应用,以解决现有的光栅尺测量系统无法满足大垂向测量范围的应用需求的问题。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明提供一种回射式光栅尺测量系统,包括光栅尺测量探头和光栅,其中,所述光栅尺测量探头包括光源、信号输出单元、测量单元和回射单元,所述光源发出的光束入射至所述测量单元,从所述测量单元出射后以非利特罗角度入射至所述光栅上,经光栅衍射后的光束入射至所述回射单元,经所述回射单元回射的光束沿入射光方向原路返回所述光栅上,在光栅上发生第二次衍射后原路返回至所述测量单元,经所述测量单元作用后,入射至所述信号输出单元,从所述信号输出单元输出测量信号。

[0010] 较佳地,所述回射单元为反射镜、反射光栅、或者透射光栅与反射镜的组合。

[0011] 较佳地,所述光源为激光光源。

[0012] 较佳地,所述激光光源为单频激光光源或双频激光光源。

[0013] 较佳地,所述光源还包括传输光纤和准直器,所述激光光源发出的激光束通过所述传输光纤远程连接至所述准直器,光束经所述准直器处理入射至所述测量单元。

[0014] 较佳地,所述测量单元包括偏振分光棱镜、第一四分之一波片、第二反射镜、角锥棱镜和第二四分之一波片,所述光源发出的光束入射至所述偏振分光棱镜,在所述偏振分光棱镜的分光面进行分光,一部分光束经所述第一四分之一波片后入射至所述第二反射镜,被所述第二反射镜反射,并再次经过所述第一四分之一波片后从所述偏振分光棱镜的分光面透射至所述角锥棱镜,经所述角锥棱镜的反射后再次通过所述分光面透射,并依次入射至所述第一四分之一波片和所述第二反射镜,被第二反射镜反射的光束再次经过四分之一波片后在分光面发生反射,进入所述信号输出单元,作为参考光束;另一部分光束从所述偏振分光棱镜的分光面透射,经第二四分之一波片后以入射角 α 入射至所述光栅上,并以 β 角发生衍射,衍射光束入射至所述回射单元,经所述回射单元的回射按原路返回至所述光栅,并沿 α 角返回测量单元,再次经过所述第二四分之一波片后经所述分光面进行反射,经所述角锥棱镜再次反射,在所述分光面反射后再次入射至光栅,经所述回射单元后原路返回至所述测量单元,最终从所述分光面透射,入射至所述信号输出单元,作为测量光束。

[0015] 较佳地,所述信号输出单元根据所述测量光束与所述参考光束得到干涉条纹数,并计算出光栅相对于所述光栅尺测量探头的位移信息。

[0016] 较佳地,所述信号输出单元为探测器。

[0017] 较佳地,所述探测器采用单一探测器或四象限探测器。

[0018] 较佳地,所述探测器还包括耦合器和探测光纤,从所述测量单元输出的带有位移信息的信号光由所述耦合器耦合至所述探测光纤,并通过所述探测光纤传输至所述探测器进行探测。

[0019] 本发明还提供了一种二维测量系统,采用光栅和两个上述的光栅尺测量探头组成,所述光栅沿 X 方向设置,所述两个光栅尺测量探头设置于所述光栅的同侧,并以 Z 方向为对称轴对称设置。

[0020] 本发明还提供了一种六自由度测量系统,采用二维光栅和三个上述的光栅尺测量探头组成,所述二维光栅沿 X 方向和 Y 方向设置,其中两个光栅尺测量探头沿 Y 方向设置于 X 方向的正向或负向,另外一个光栅尺测量探头设置于 X 方向的负向或正向。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0022] 1. 相对于干涉仪,本发明具有更高的精度和稳定性,能够实现皮米精度测量;

[0023] 2. 本发明中,从测量单元出射的光束以非利特罗角度入射至光栅上,可较方便地实现水平方向和垂直反向的二维位置测量,并且不会限制垂直方向的测量范围;

[0024] 3. 当在运动台上合理布局多个光栅尺测量探头时,即可获取运动台高精度、高稳定性的六自由度(X、Y、Z、Rx、Ry、Rz)数据。

附图说明

[0025] 图 1 为本发明的回射式光栅尺测量系统的结构示意图;

[0026] 图 2 为本发明实施例 1 的回射式光栅尺测量系统的结构及光路示意图(光源为双频激光光源,探测器为单一探测器);

[0027] 图 3 为本发明实施例 1 的回射式光栅尺测量系统的结构及光路示意图(光源为单

频激光光源,探测器为四象限探测器);

[0028] 图 4 为本发明实施例 1 的回射式光栅尺测量系统的结构及光路示意图(采用光纤远程传输);

[0029] 图 5 为本发明的二维测量系统的结构示意图;

[0030] 图 6 为本发明的六自由度测量系统的结构示意图;

[0031] 图 7 为本发明实施例 2 的回射式光栅尺测量系统的结构示意图;

[0032] 图 8 为本发明实施例 3 的回射式光栅尺测量系统的结构示意图。

具体实施方式

[0033] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加清晰易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。需说明的是,本发明附图均采用简化的形式且均使用非精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0034] 请参考图 1,本发明提供的回射式光栅尺测量系统,包括:光栅尺测量探头 100 和光栅 200,其中,所述光栅尺测量探头 100 包括光源 110、信号输出单元 120、测量单元 130 和回射单元 140,所述光源 110 发出的光束入射至所述测量单元 130,从所述测量单元 130 出射后以非利特罗角度入射至所述光栅 200 上,经光栅 200 衍射后的光束入射至所述回射单元 140,经所述回射单元 140 回射的光束沿入射光方向原路返回所述光栅 200 上,在光栅 200 上发生第二次衍射后原路返回至所述测量单元 130,经所述测量单元 130 作用后,入射至所述信号输出单元 120,从所述信号输出单元 120 输出测量信号。相对于干涉仪,本发明提供的回射式光栅尺测量系统具有更高的精度和稳定性,能够实现皮米精度测量;从测量单元 130 出射的光束以非利特罗角度入射至光栅 200 上,可较方便地实现水平方向和垂直反向的二维位置测量,并且不会限制垂直方向的测量范围,从而满足大垂向测量范围的应用需求。

[0035] 实施例 1

[0036] 较佳地,请重点参考图 2,所述回射单元 140 为反射镜 141;所述光源 110 为双频激光光源 111;所述探测器 121 为单一探测器。

[0037] 较佳地,所述测量单元 130 包括偏振分光棱镜 131、第一四分之一波片 132、第二反射镜 133、角锥棱镜 134 和第二四分之一波片 135,从光源 110 发射的光束 300 是具有一定频差的正交偏振光,包括 P 偏振光和 S 偏振光,其具体的光路走向为:光束 300 入射至所述偏振分光棱镜 131,在所述偏振分光棱镜 131 的分光面 131' 进行分光,一部分光束 311 (S 偏振光)经所述第一四分之一波片 132 (相位变化 90 度)后入射至所述第二反射镜 133,被所述第二反射镜 133 反射,并再次经过所述第一四分之一波片 132 后(相位变化 180 度)的光束 312,此时,光束 312 为 P 偏振光,从所述偏振分光棱镜 131 的分光面 131' 透射至所述角锥棱镜 134,经所述角锥棱镜 134 的反射后再次通过所述分光面 131' 透射形成光束 313,并依次入射至所述第一四分之一波片 132 和第二反射镜 133,被第二反射镜 133 反射的光束 314 再次经过四分之一波片 132 后(相位变化 180 度,变为 S 偏振光)在分光面 131' 发生反射,进入所述探测器 121,作为参考光束 315;另一部分光束 321 (P 偏振光)从所述偏振分光棱镜 131 的分光面 131' 透射,经第二四分之一波片 135 后(相位变化 90 度)以入射角 α (当然,所述入射角 α 为非 littrow 角度)入射至所述光栅 200 上,并以 β 角发生衍射,

衍射光束 322 入射至所述反射镜 141, 当然, 所述衍射光束 322 需与反射镜 141 的反射面垂直, 经所述反射镜 141 的反射光束 323 按原路返回至所述光栅 200, 经光栅 200 反射的光束 324 沿 α 角返回测量单元 130, 再次经过所述第二四分之一波片 135 后(相位变化 180 度, 变为 S 偏振光)经所述分光面 131' 进行反射, 经所述角锥棱镜 134 再次反射, 在所述分光面 131' 反射后的光束 325 再次入射至光栅 200, 形成的光束 326 经所述反射镜 141 的反射后形成光束 327, 经光栅 200 反射后的光束 328 原路返回至所述测量单元 130, 并变为 P 偏振光, 最终从所述分光面 131' 透射, 入射至所述探测器 121, 作为测量光束 328。

[0038] 较佳地, 请继续参考图 2, 所述测量光束 328 与所述参考光束 315 同时经过偏振片 122 后, 在探测器 121 表面形成干涉条纹信息, 通过光电转换后获得干涉条纹数, 并由此计算出光栅 200 相对于所述光栅尺测量探头 100 的位移信息。

[0039] 光栅 200 的光栅间距为 d , 激光光源波长为 λ , 根据光栅方程可知, $d(\sin \alpha + \sin \beta) = \lambda$ 。假设光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 在 X 方向移动 Δx , 在 Z 方向移动 Δz , 则在探测器 121 处探测到的条纹数 N_1 为:

$$[0040] \quad N_1 = \frac{2\Delta x}{d} + \frac{2\Delta z}{d} \left(\frac{\sin \alpha + \sin \beta \cos(\alpha + \beta)}{\cos \alpha} \right) \quad (1-1)$$

[0041] 采用该结构, 探测器 121 测得的数据中同时包含 X 方向和 Z 方向的位移量。为了分别获取 X 方向和 Z 方向的位移量, 需要增加一个光栅尺测量探头 100, 对两个自由度的数据解耦。能同时获得二维方向位移数据的光栅尺测量系统结构图如图 5 所示, 具体地, 所述光栅 200 沿 X 方向设置, 所述两个光栅尺测量探头 100 设置于所述光栅 200 的同侧, 并以 Z 方向为对称轴对称设置。本实施例中, 二维测量系统增加了一套对称的结构, 当光栅 200 相对于测量探头 100 在 X 方向和 Z 方向移动时, 在另外一个探测器 121 处探测到的干涉条纹数 N_2 为:

$$[0042] \quad N_2 = -\frac{2\Delta x}{d} + \frac{2\Delta z}{d} \left(\frac{\sin \alpha + \sin \beta \cos(\alpha + \beta)}{\cos \alpha} \right) \quad (1-2)$$

[0043] 因此, 根据 1-1, 1-2 式, 即可得出光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的位移 Δx 和 Δz 分别为:

$$[0044] \quad \Delta x = \frac{d}{4}(N_1 - N_2) \quad (1-3)$$

$$[0045] \quad \Delta z = \frac{d}{4}(N_1 + N_2) \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha + \sin \beta \cos(\alpha + \beta)} \right) \quad (1-4)$$

[0046] 本实施例所述的光栅尺测量探头 100, 采用反射镜 141 作为回射器件, 不会限制光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的距离, 只要适当增加反射镜 141 的尺寸, 即可保证光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 在 Z 方向运动时, 光栅尺测量探头 100 可以正常工作并获取 Z 向位移数据。

[0047] 本实施例 1 中的二维光栅尺测量探头, 可以同时获取水平方向和垂直方向的二维位移数据。当在运动台 500 上合理布置三个光栅尺测量探头 100, 即可获得光栅 200 相对与光栅尺测量探头 100 运动的六自由度位移数据, 其原理图如图 6 所示。具体地, 本发明提供的六自由度测量系统, 采用二维光栅 501 和三个光栅尺测量探头 502a、502b、502c 组成,

所述二维光栅 501 沿 X 方向和 Y 方向设置,即三个光栅尺测量探头 502a、502b、502c 在二维光栅 501 上沿 X 方向和 Y 方向运动,其中两个光栅尺测量探头 502a、502b 沿 Y 方向设置于 X 方向的负向,另外一个光栅尺测量探头 502c 设置于 X 方向的正向,当然,三个光栅尺测量探头 502a、502b、502c 的具体位置可根据实际情况调换,此处不做限定。本实施例中,光栅尺测量探头 502a 和 502b 测量二维光栅 501 在 X 和 Z 方向的运动;光栅尺测量探头 502c 测量二维光栅 501 在 Y 和 Z 方向的运动;二维光栅 501 的 R_x 可以由光栅尺测量探头 502a 和 502b 在 Z 方向数据运算得出;二维光栅 501 的 R_y 可以由三个光栅尺测量探头 502a、502b、502c 在 Z 方向数据运算得出;二维光栅 501 的 R_z 可以由光栅尺测量探头 502a 和 502b 在 X 方向数据运算得出。从而获得运动台 500 高精度、高稳定性的六自由度数据。

[0048] 较佳地,请重点参考图 3,所述光源 110 为单频激光光源 112;所述探测器 121 为四象限探测器。具体地,单频激光光源 112 的线偏振方向相对于偏振分光棱镜 131 呈 45 度角放置,此时对于偏振分光棱镜 131 来说,单频激光光源 112 有一半能量以 P 偏振态入射,一半能量以 S 偏振态入射。S 偏振态的光束由测量单元 130 反射后沿光束 315 方向出射,形成参考光信号;P 偏振态的光束经测量单元 130 作用后,入射到光栅 200 上,衍射光束由回射单元 140 的反射镜 141 反射之后,回射至光栅 200,再次经过测量单元 130 后第二次由光栅 200 反射,最终携带了光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 运动位移信息的光束 328 同样沿光束 315 方向出射,与未携带运动位移信息的参考光信号一起,被探测器 121 探测并获取光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的位移信息。

[0049] 请继续参考图 3,探测器 121 采用四象限探测器进行探测,可实现位移辨向,并可消除直流漂移。具体地,所述四象限探测器包括两个正交偏振态的激光束 315 经过 45 度方向放置的第三四分之一波片 401 之后,变为旋向相反的两个圆偏振光,然后由分光镜 402 将光束分为两部分,一部分通过第二偏振分光棱镜 403,一部分通过第三偏振分光棱镜 404,所述第三偏振分光棱镜 404 相对于第二偏振分光棱镜 403 分光面旋转 45 度放置,第一探测器 405、第二探测器 406、第三探测器 407、第四探测器 408 依次获取相位相差 90 度的四个干涉信号。通过两两差动放大之后,即可获得光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的位移信息。

[0050] 请重点参考图 4,所述光源 110 可以通过光纤远程连接到所述光栅尺测量探头 100,同样的,光信号也可以用光纤远程传输至所述探测器 121,具体地,所述光源 110 还包括传输光纤 113 和准直器 114,所述激光光源发出的激光束通过所述传输光纤 113 远程连接至所述准直器 114,光束经所述准直器 114 处理入射至所述测量单元 130;所述探测器 121 还包括耦合器 123 和探测光纤 124,从所述测量单元 130 输出的带有位移信息的信号光由所述耦合器 123 耦合至所述探测光纤 124,并通过所述探测光纤 124 传输至所述探测器 121 进行探测。采用光纤远程传输的方式,可以减小光栅尺测量探头 100 的体积;同时,由于光源 110 和探测器 121 都是发热量较大的器件,将二者放置在光栅尺测量探头 100 的外部,能够大大减小光栅尺测量探头 100 的发热量,提高回射式光栅尺测量系统的温度稳定性。

[0051] 实施例 2

[0052] 请重点参考图 7,本实施例与实施例 1 的区别在于,回射单元 140 采用反射光栅 142。

[0053] 具体地,参考光束和测量光束经过偏振片后,在探测器表面形成干涉条纹信号,通

过光电转换后获得干涉条纹数,并由此计算出光栅相对于光栅尺测量探头 100 的位移信息。光栅 200 的光栅间距为 d ,激光光源波长为 λ ,根据光栅方程可知, $d*(\sin \alpha + \sin \beta) = \lambda$ 。假设光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 在 X 方向移动 Δx ,在 Z 方向移动 Δz ,则在探测器处探测到的条纹数 $N3$ 为:

$$[0054] \quad N3 = \frac{2\Delta x}{d} + 2\Delta z \left(\tan \alpha + \frac{\sin \beta \cos(\alpha + \beta - \theta)}{\cos \alpha \cos \theta} \right) \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{k \cos(\beta - \theta)} \right) \quad (1-5)$$

[0055] 其中, α 为光束 321 入射至光栅 200 的入射角, β 为光束 322 从光栅 200 的出射角, θ 为光束 322 入射至反射光栅 142 的入射角。

[0056] 本实施例中,探测器测得的数据中同时包含 X 方向和 Z 方向的位移量。为了分别获取 X 方向和 Z 方向的位移量,需要增加一个光栅尺测量探头 100,对两个自由度的数据解耦。增加的一个光栅尺测量探头 100 与图 5 结构类似,两个部分对称放置。

[0057] 设:

$$[0058] \quad m = \frac{1}{\left(\tan \alpha + \frac{\sin \beta \cos(\alpha + \beta - \theta)}{\cos \alpha \cos \theta} \right) \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{k \cos(\beta - \theta)} \right)},$$

[0059] 则增加的一个光栅尺测量探头 100 探测到的条纹数 $N4$ 为:

$$[0060] \quad N4 = -\frac{2\Delta x}{d} + \frac{2\Delta z}{m} \quad (1-6)$$

[0061] 因此,根据 1-5,1-6 式,即可得出光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的位移 Δx 和 Δz 分别为:

$$[0062] \quad \Delta x = \frac{d}{4}(N3 - N4) \quad (1-7)$$

$$[0063] \quad \Delta z = \frac{m}{4}(N3 + N4) \quad (1-8)$$

[0064] 本实施例采用反射光栅 142 作为回射器件,同样不会限制光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的距离,只要适当增加反射光栅 142 的尺寸,即可保证光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 在 Z 方向运动时,使得光栅尺测量探头 100 可以正常工作并获取 Z 向位移数据。

[0065] 实施例 3

[0066] 请重点参考图 8,本实施例与实施例 1 和实施例 2 的区别在于,回射单元 140 采用透射光栅 143 与反射镜 144 的组合的形式。

[0067] 具体地,由于本实施例中透射光栅 143 和反射镜 144 所组成的回射单元 140 具有与实施例 2 中反射光栅 142 相同的作用,且光路结构类似,在探测器处探测到的条纹数可按照式(1-5)计算。

[0068] 采用本实施例中的结构,探测器测得的数据中同时包含 X 方向和 Z 方向的位移量。为了分别获取 X 方向和 Z 方向的位移量,需要增加一个光栅尺探测头 100,对两个自由度的数据解耦。增加的一个光栅尺探测头 100 与图 5 结构类似,两个部分对称放置。光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的位移 Δx 和 Δz 分别可参考式(1-6)、式(1-7)和式(1-8)计

算。

[0069] 采用透射光栅 143 与反射镜 144 作为回射器件,同样不会限制光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 的距离,只要适当增加透射光栅 143 与反射镜 144 的尺寸,即可保证光栅 200 相对于光栅尺测量探头 100 在 Z 方向运动时,使得光栅尺测量探头 100 可以正常工作并获取 Z 向位移数据。

[0070] 综上所述,本发明提供一种回射式光栅尺测量系统及其应用,该系统包括光栅尺测量探头 100 和光栅 200,其中,所述光栅尺测量探头 100 包括光源 110、信号输出单元 120、测量单元 130 和回射单元 140,所述光源 110 发出的光束入射至所述测量单元 130,从所述测量单元 130 出射后以非利特罗角度入射至所述光栅 200 上,经光栅 200 衍射后的光束入射至所述回射单元 140,经所述回射单元 140 回射的光束沿入射光方向原路返回所述光栅 200 上,在光栅 200 上发生第二次衍射后原路返回至所述测量单元 130,经所述测量单元 130 作用后,从所述信号输出单元 120 输出测量信号。本发明的测量系统中受环境影响较小,相对于干涉仪具有更好的重复精度,同时能够满足大垂向测量范围的应用需求。

[0071] 显然,本领域的技术人员可以对发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包括这些改动和变型在内。

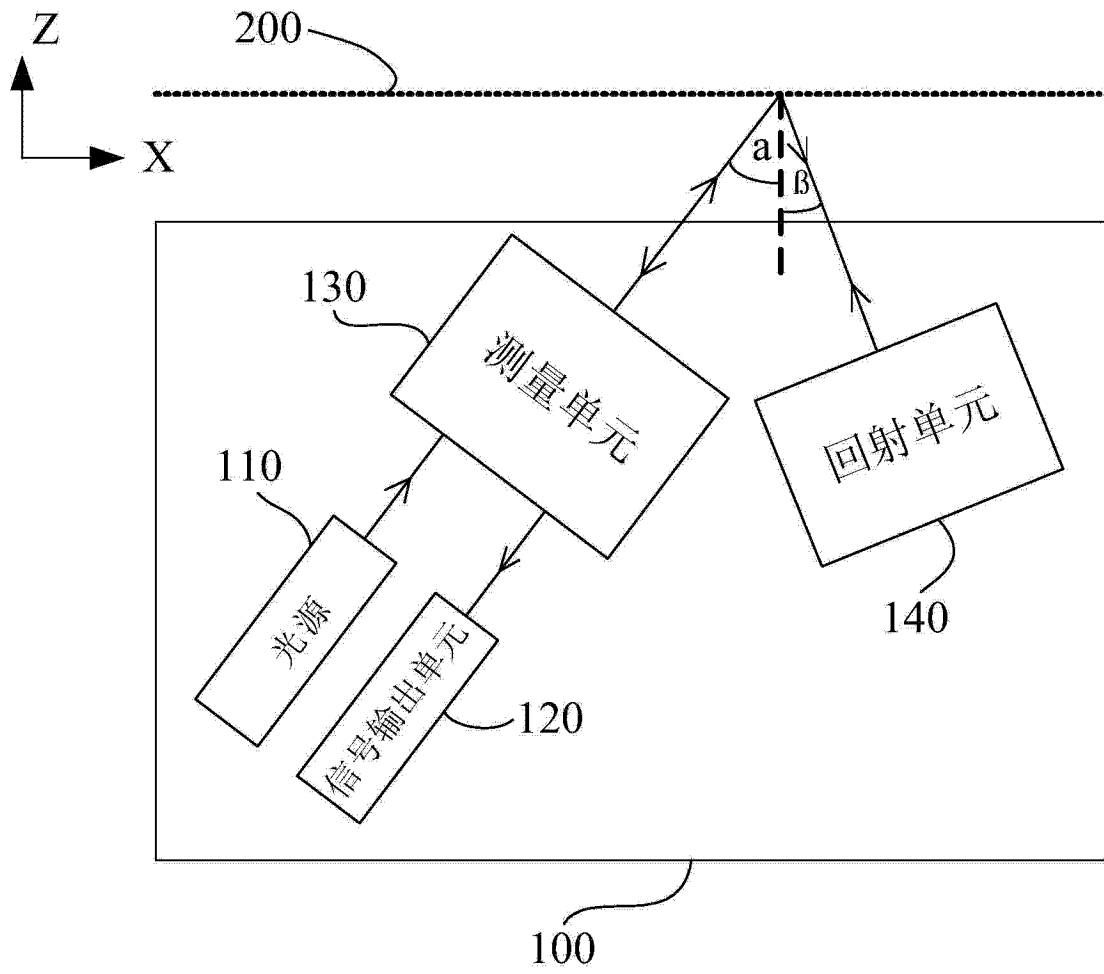


图 1

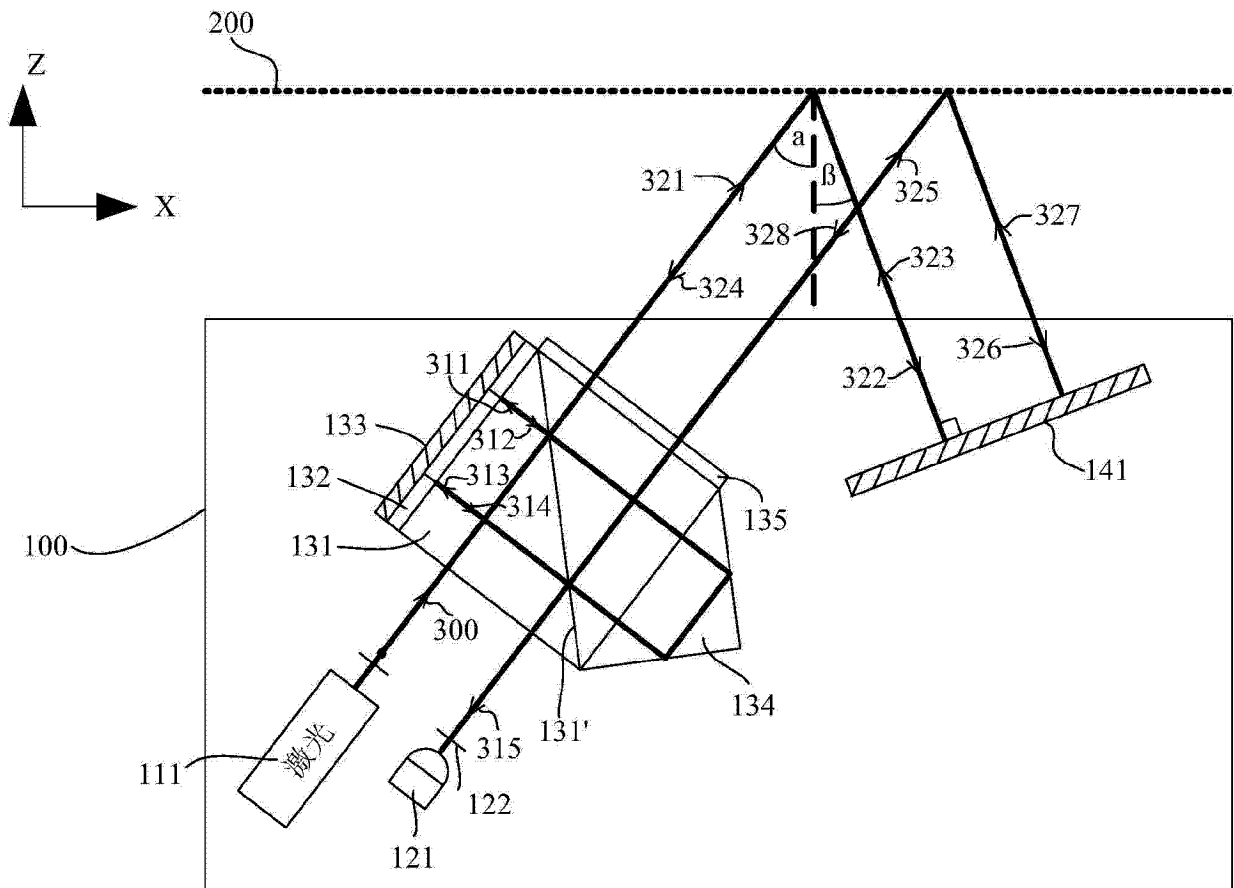


图 2

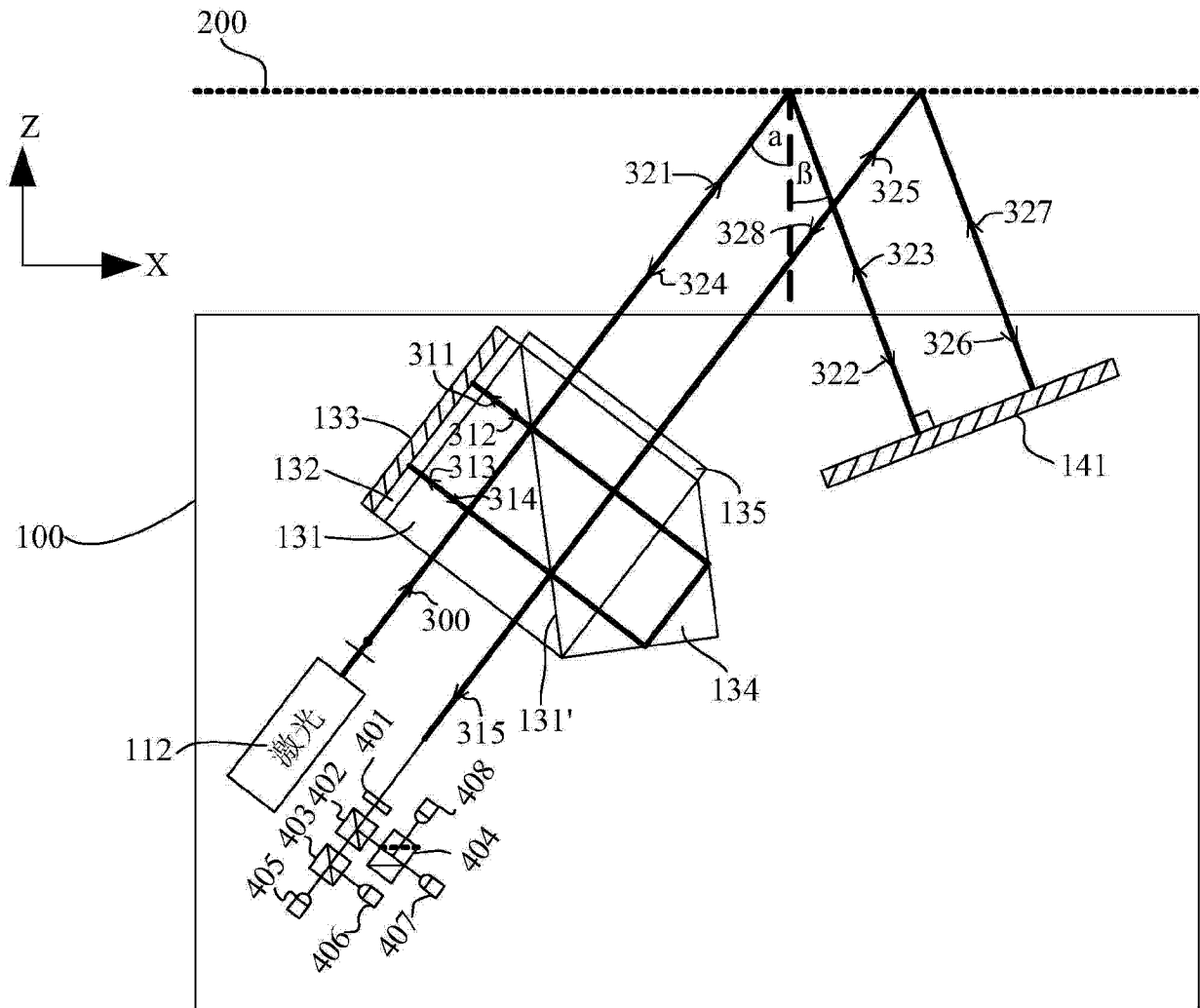


图 3

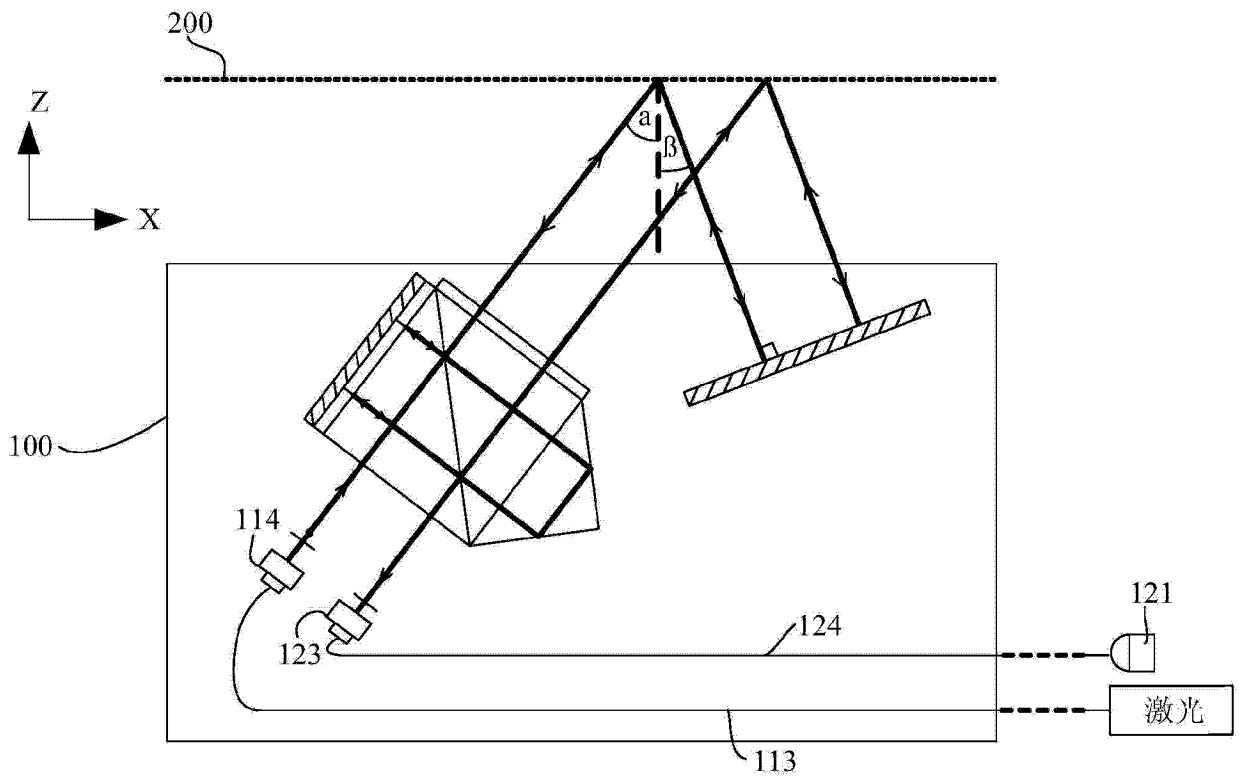


图 4

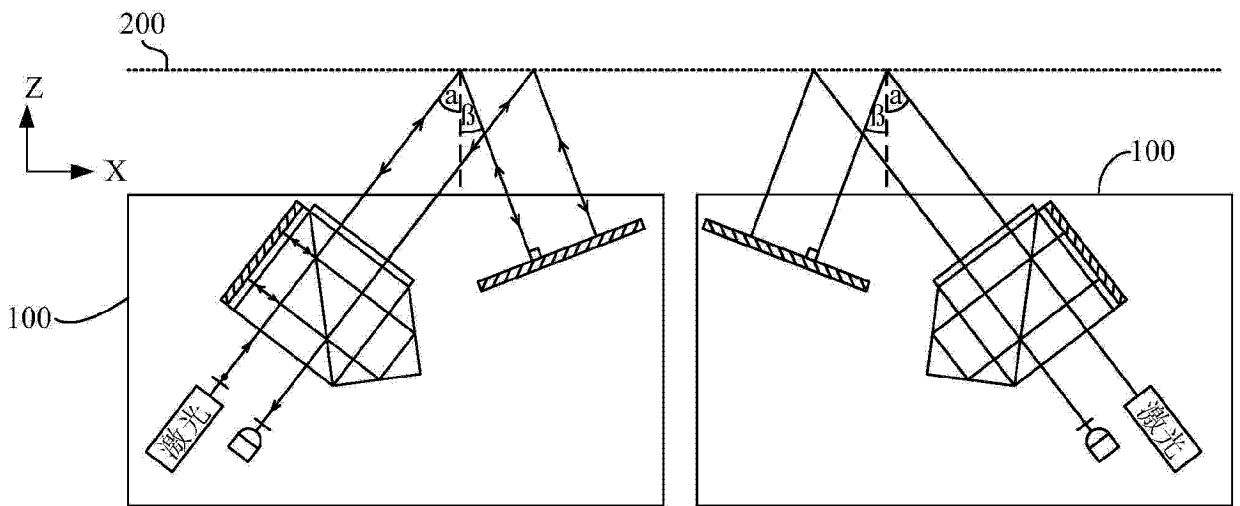


图 5

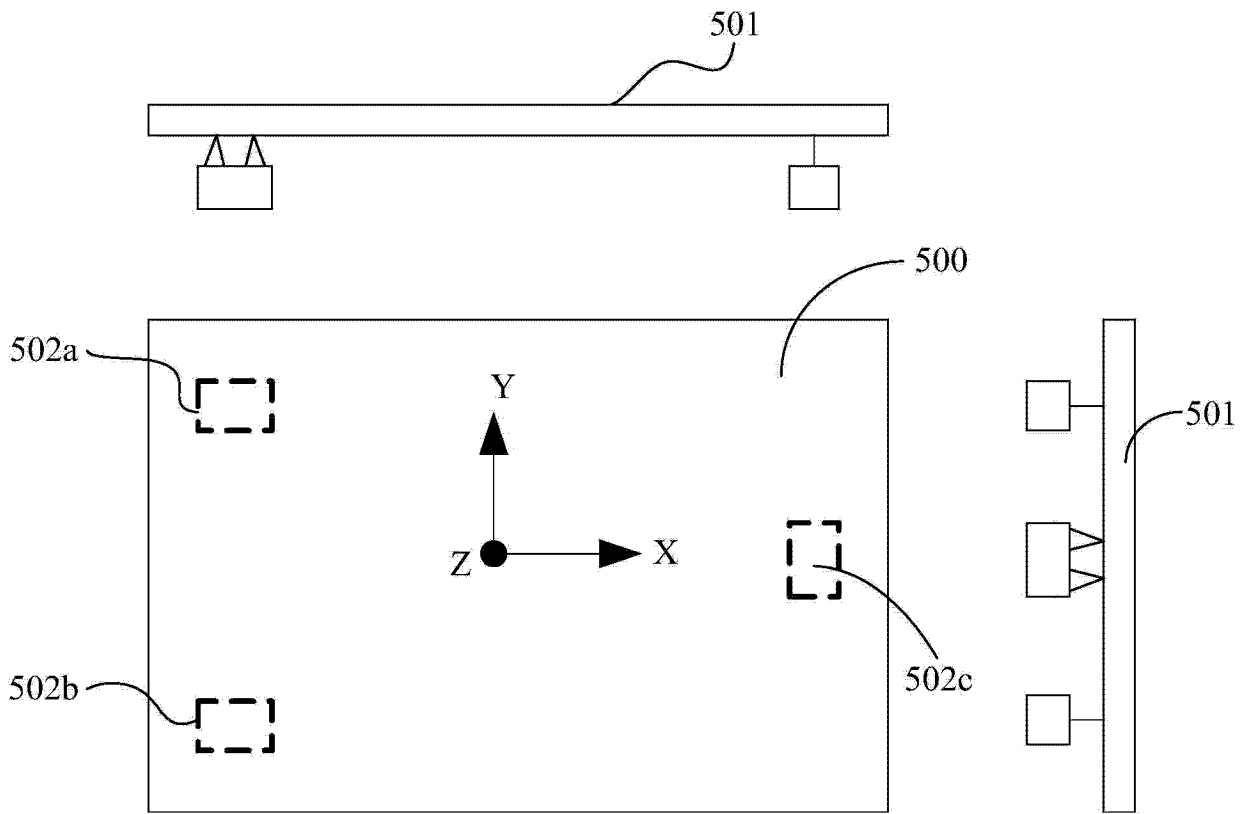


图 6

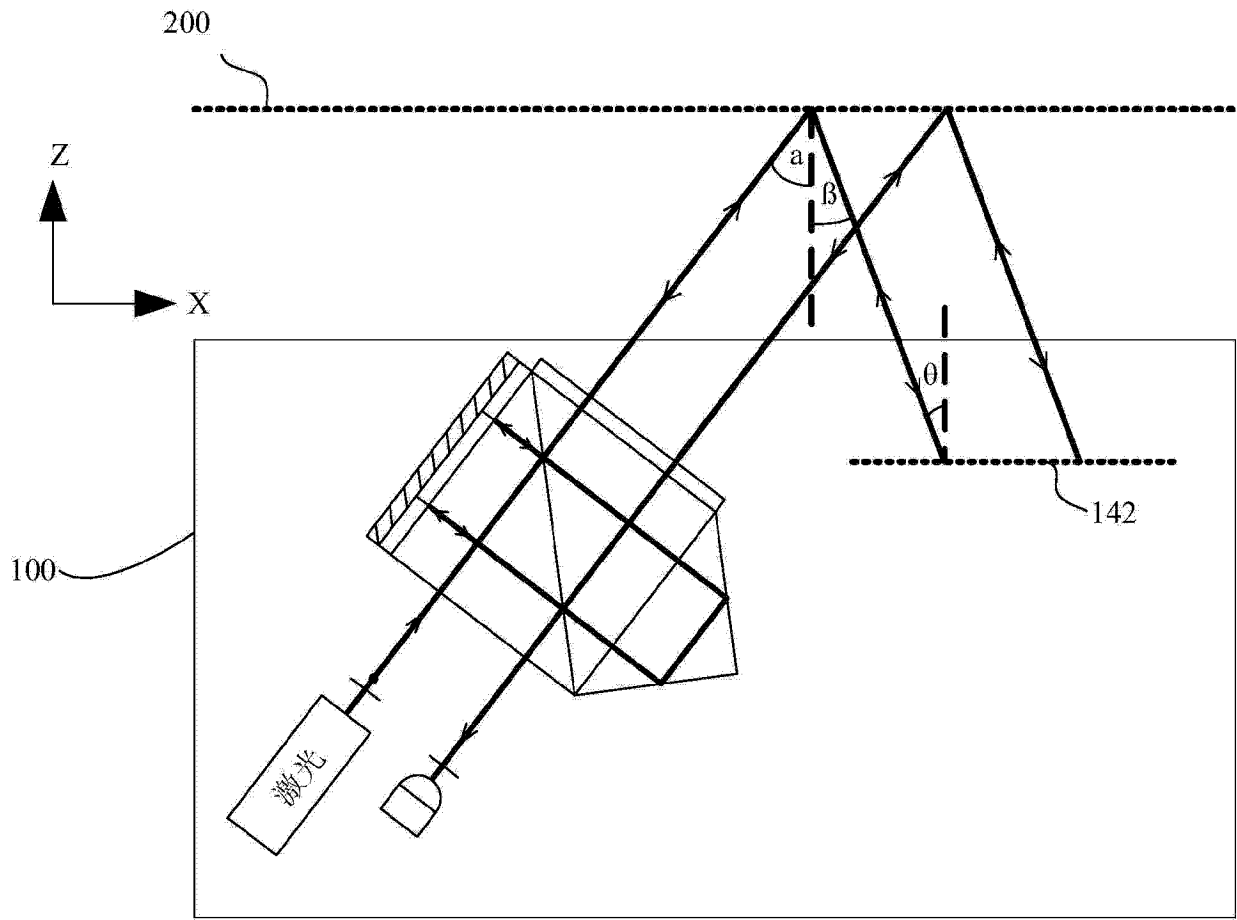


图 7

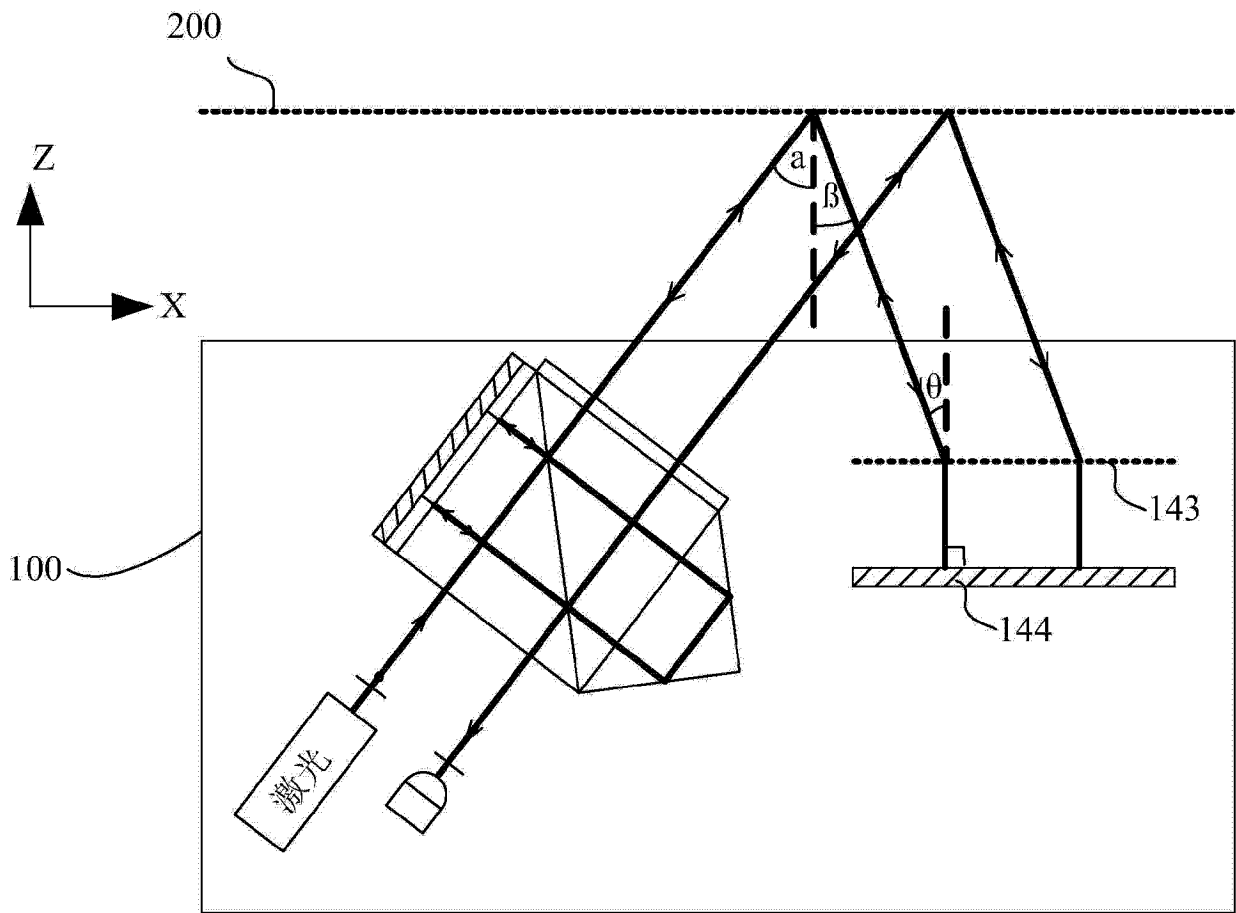


图 8