(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 101449134 B
(45)授权公告日 2011.08.03

(21)申请号 200780015862.X
(22)申请日 2007.05.01
(30)优先权数据
60/746,167 2006.05.01 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2008.11.03
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2007/067949 2007.05.01
(87)PCT申请的公布数据
WO2007/130990 EN 2007.11.15
(73)专利权人 海因兹仪器公司
地址 美国俄勒冈州
(72)发明人 王宝良
(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 孙志湧 安翔
(51)Int.Cl.
G01J 4/00(2006.01)

(56)对比文件
US 2003/0227622 A1,2003.12.11, 说明书第19-46段、图3-8.
US 2005/0068531 A1,2005.03.31, 全文.
US 2003/0179375 A1,2003.09.25, 说明书第29-48,76-101段、图1-6.

审查员 刘娟

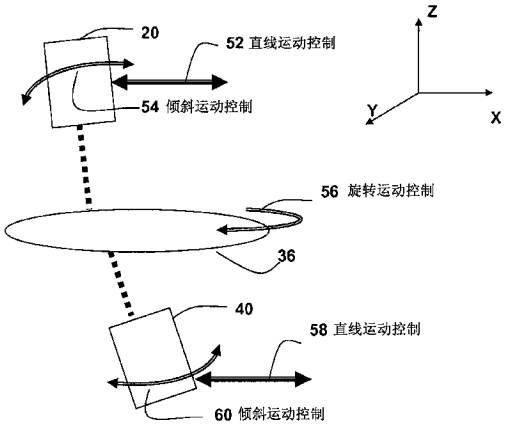
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54)发明名称

光学元件中线性和圆形双衰减的测量

(57)摘要

一种用于测量光学元件中的线性或圆形双衰减的系统,包括:样品旋转台,用于固定光学元件样品;光源模块,用于产生光源光束;和检测器模块。光源模块和检测器模块布置成样品旋转台在它们之间,从而允许光源光束传播通过可以固定在样品台中的样品并到达检测器模块。提供光源模块和检测器模块的直线运动控制以及光源模块、样品旋转台和检测器模块的倾斜控制,从而有助于由检测器模块检测与固定在样品台中的光学样品的双衰减特性相对应的调制后的光强信息。



CN 101449134 B

1. 一种用于测量光学元件中的双衰减的系统，包括：

样品旋转台，用于固定光学元件样品；

光源模块，用于产生光源光束；

检测器模块；所述光源模块和所述检测器模块布置成所述样品旋转台在它们之间，从而允许所述光源光束传播通过可以固定在所述样品台中的样品并到达所述检测器模块；

用于控制所述光源模块的直线运动的直线运动装置和用于控制所述检测器模块的直线运动的直线运动装置；

第一倾斜装置，用于控制光源光束和所述光源模块的倾斜，

旋转装置，用于控制所述样品旋转台的旋转，和

第二倾斜装置，用于控制所述检测器模块的倾斜，从而有助于由所述检测器模块来检测与固定在所述样品台中的所述光学样品的双衰减特性相对应的光强信息。

2. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述光源模块和所述检测器模块每个均包括用于调制光束的偏振的光弹调制器。

3. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述光源模块被构造成除了所述光源光束以外还产生可见光的对准光束，从而有助于所述光源模块和所述检测器模块的对准。

4. 根据权利要求 3 所述的系统，其中所述光源光束具有大约 193 纳米的波长。

5. 根据权利要求 1 所述的系统，包括：样品，具有变化的厚度和光焦度，其引起所述光源光束会聚，并且其中所述检测器模块包括用于接收光的有效区域；和

孔径装置，与所述检测器模块相关联，用于使所述检测器模块的所述有效区域有效改变与由所述样品引起的会聚量相关的量。

6. 根据权利要求 1 所述的系统，包括：样品，具有变化的厚度和光焦度，其引起所述光源光束发散，并且其中所述检测器模块包括用于接收光的有效区域；和

孔径装置，与所述检测器模块相关联，用于使所述检测器模块的所述有效区域有效改变与由所述样品引起的发散量相关的量。

7. 根据权利要求 1 所述的系统，包括：样品，具有变化的厚度和光焦度；并且其中所述检测器模块包括用于接收光的有效区域；和

孔径装置，与所述检测器模块相关联，用于有效改变所述检测器模块的所述有效区域。

8. 根据权利要求 1 所述的系统，包括：样品，具有变化的厚度和光焦度；并且其中所述检测器模块包括用于接收光的有效区域；和

准直透镜，设置在所述样品和所述检测器模块的所述有效区域之间。

9. 根据权利要求 1 所述的系统，其中，所述光源光束被偏振且被使用光弹调整器进行调制，并且调制后的光强信息相应于所述光学样品的线性和圆形双衰减特性。

10. 一种测量光学元件中的双衰减的方法，包括以下步骤：

将光学元件样品固定在可旋转的台中；

产生被偏振且被调制的光源光束；

指引所述光源光束通过所述样品，该指引是通过下述方式实现：

使用用于控制所述光源模块的直线运动的直线运动装置；和

使用用于控制所述光源模块的倾斜的第一倾斜装置；

布置检测器的有效区域以在所述光源光束传播通过所述样品之后检测所述光源光束，

该布置是通过下述方式实现：

使用用于控制所述检测器模块的直线运动的直线运动装置；和

使用用于控制所述检测器模块的倾斜的第二倾斜装置；和

从检测到的光源光束，确定与固定在所述样品台中的所述光学样品的双衰减特性相对应的信息。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，包括在所述光源光束传播通过所述样品之前和之后，使用光弹调制器对所述光源光束的偏振进行调制的步骤。

12. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述布置步骤包括除了所述光源光束以外还产生可见光的对准光束的步骤，从而有助于所述光源光束和所述检测器的对准。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，包括选择所述光源光束以具有大约 193 纳米的波长的步骤。

14. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述布置步骤包括使所述检测器的所述有效区域有效改变与所述样品会聚或发散所述光源光束的程度相对应的量。

15. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述布置步骤包括在所述光源光束传播通过所述样品之后使所述光源光束准直的步骤。

16. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述确定步骤包括确定所述光学样品的圆形双衰减。

光学元件中线性和圆形双衰减的测量

技术领域

[0001] 本申请涉及光学元件中线性和圆形双衰减 (Diattenuation) 的精确测量。

背景技术

[0002] 许多光学元件显示出公知为双衰减的性质，从而射出光学元件或样品的光束的强度透射比是入射光束的偏振态的函数。强度透射比对于入射光束的一个偏振态为最大值 Tmax，而对于该光束的正交偏振态为最小值 Tmin。

[0003] 线性双衰减需要两个参数来描述 :(1) 角度 θ，其是线性偏振光的最大透射轴的角度 ;和 (2) 量值 L_d，其被定义为 $(T_{max}-T_{min})/(T_{max}+T_{min})$。

发明内容

[0004] 下面除了描述光学元件的线性双折射、该元件的线性和圆形双衰减性质以外，还描述了一种测量系统。

附图说明

[0005] 图 1 是用于本发明的仪器的一个实施例的图示，包括光源模块、光学元件或样品和检测器模块。

[0006] 图 2 是光源模块的优选形式的框图。

[0007] 图 3 是说明用于该仪器的运动控制器的图示。

[0008] 图 4 是示出了使用可见激光作为用于测量计算中的实际光束的引导的图示。

[0009] 图 5 是说明了在光源光束准直被样品改变的情况下用于检测器模块的可变孔径。

[0010] 图 6 是示出了在光束准直被样品改变的情况下用于检测器模块的固定孔径和再准直透镜的使用的图示。

具体实施方式

[0011] 本发明的一个优选实施例包括 (见图 1 和 2) 包含氖灯 22(30W) 的光源模块 20、波长选择器件 24(窄带滤波器) 和光准直透镜 26。

[0012] 例如罗歇偏振器 (Rochon Polarizer) 的偏振器定位在光源模块 20 和检测器模块 40 中，如图所示。光源模块偏振器 28 以 45 度定向，检测器模块偏振器 30 以 0 度定向。

[0013] 光弹调制器 (PEM)32 定位在光源模块中，并且它的光轴处于 0 度。PEM 32 对光源光束“B”的偏振进行调制。第二 PEM 34 位于光束“B”的路径中并以 45 度定向。所关心的光学元件 (以下称为样品 36) 定位在光源和检测器模块之间，因此在两个 PEM 32、PEM 34 之间。两个 PEM 具有不同的频率 (例如，分别为 50KHz 和 60KHZ)。

[0014] 检测器 42 可以是光电倍增管 (PMT)。

[0015] 图 1 所示的仪器实质上是偏振计，其特别为确定样品中的线性延迟 (快轴的量值和角度)、线性双衰减 (最大透射轴的量值和角度)、圆形延迟和圆形双衰减而设计。为了

测量样品的双折射和双衰减，如图 1 所示，仅需要一个光学构造。不需要旋转光源和检测器模块或相关联的光学元件。

[0016] 接下来提供利用米勒 (Mueller) 矩阵对图 1 所示的双 PEM 单检测器构造 (dual PEM-single detector configuration) 进行理论分析的结果。

[0017] 变量 δ1 和 δ2 是各个 PEM 32、34 的时间变化相位延迟 ($\delta 1 = \delta 1_0 \sin \omega_1 t$ 和 $\delta 2 = \delta 2_0 \sin \omega_2 t$) ;和

[0018] ω_1 和 ω_2 是各个 PEM 32、34 的 PEM 调制频率 ; $\delta 1_0$ 和 $\delta 2_0$ 是各个 PEM 32、34 的峰值延迟幅度。

[0019] 如果样品同时显示出线性延迟和线性双衰减，那么 $\delta 1_0 = \delta 2_0 = 2.405$ 弧度 (0.3828 波) 时，检测器 42 处相应的 DC 信号是 :

[0020] $$V_{DC} = \frac{KI_0}{2}$$ 等式 (1)

[0021] 对于确定样品中线性延迟 (量值和角度) 和线性双衰减 (量值和角度) 的有用的 AC 项可以利用贝塞耳 (Bessel) 函数展开式 :

[0022] $$\sin \delta 1 = \sin(\delta 1_0 \sin(\omega_1 t)) = \sum_{2k+1} 2J_{2k+1}(\delta 1_0)\sin((2k+1)\omega_1 t)$$

[0023] 等式 (2)

[0024] $$\cos \delta 1 = \cos(\delta 1_0 \sin(\omega_1 t)) = J_0(\delta 1_0) + \sum_{2k} 2J_{2k}(\delta 1_0)\cos((2k)\omega_1 t)$$

[0025] 等式 (3)

[0026] 以及类似的 $\sin \delta 2$ 和 $\cos \delta 2$ 的展开式得到，其中 k 是“0”或表示贝塞耳函数的级数的正整数。

[0027] 对于测量四分之一光源波长以下的线性双折射，有用的项是 $(2\omega_1+\omega_2)$ 和 $(\omega_1+2\omega_2)$ 项 :

[0028] $$V_{2\omega_1+\omega_2} = \frac{KI_0}{2} 2J_2(\delta 1_0)\cdot 2J_1(\delta 2_0)\cos(2\rho)\sin\delta$$

[0029] 等式 (4.1)

[0030] $$V_{2\omega_2+\omega_1} = \frac{KI_0}{2} 2J_2(\delta 2_0)\cdot 2J_1(\delta 1_0)\sin(2\rho)\sin\delta$$

[0031] 等式 (4.2)

[0032] 为了消除由于光源波动以及来自样品和其它光学部件的吸收、反射和散射引起的光强变化的影响，使用 AC 信号与 DC 信号的比率。对于 $(2\omega_1+\omega_2)$ 和 $(\omega_1+2\omega_2)$ 项的 AC 信号与 DC 信号的比率表示在等式 (5.1) 和等式 (5.2) 中 :

[0033] $$\frac{V_{2\omega_1+\omega_2}}{V_{DC}} = 2J_2(\delta 1_0)\cdot 2J_1(\delta 2_0)\cos(2\rho)\sin\delta$$

[0034] 等式 (5.1)

[0035] $$\frac{V_{2\omega_2+\omega_1}}{V_{DC}} = 2J_2(\delta 2_0)\cdot 2J_1(\delta 1_0)\sin(2\rho)\sin\delta$$

[0036] 等式 (5.2)

[0037] 定义 R1 和 R2 为修正后的比率，那么等式 (5.1) 和等式 (5.2) 变成：

[0038] $$\frac{V_{2\omega_1+\omega_2}}{V_{DC}}\frac{1}{2J_2(\delta 1_0)\cdot 2J_1(\delta 2_0)}=R_1=\cos(2\rho)\sin\delta$$

[0039] 等式 (6.1)

[0040] $$\frac{V_{2\omega_2+\omega_1}}{V_{DC}}\frac{1}{2J_2(\delta 2_0)\cdot 2J_1(\delta 1_0)}=R_2=\sin(2\rho)\sin\delta$$

[0041] 等式 (6.2)

[0042] 重新整理等式 (6.1) 和等式 (6.2)，我们可以将样品快轴的延迟量值和角度表示为：

[0043] $$\rho=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left[\frac{R_2}{R_1}\right]\text{或}\rho=\frac{1}{2}ctg^{-1}\left[\frac{R_1}{R_2}\right]$$

[0044] $$\delta=\arcsin\sqrt{(R_1)^2+(R_2)^2}$$ 等式 (7.1)&(7.2)

[0045] 其中以弧度表示的 δ 是标量。当在特定波长 (即 193nm) 处测量时，它可以转换为单位为“nm”的延迟 ($\delta_{nm}=\delta_{rad}\cdot 193/(2\pi)$)。

[0046] 对于测量线性双衰减，有用的项是 2ω1 和 2ω2 项：

[0047] $$V_{2\omega_1}=\frac{KI_0}{2}2J_2(\delta 1_0)\cdot Ld\cdot\sin(2\theta)$$

[0048] 等式 (8.1)

[0049] $$V_{2\omega_2}=\frac{KI_0}{2}2J_2(\delta 2_0)\cdot Ld\cdot\cos(2\theta)$$

[0050] 等式 (8.2)

[0051] 其中，θ 是线性偏振光的最大透射轴的角度，Ld 定义为 $(T_{max}-T_{min})/(T_{max}+T_{min})$，其中 T_{max} 和 T_{min} 是线性偏振光的最大和最小透射强度。

[0052] AC 信号与 DC 信号的比率是：

[0053] $$\frac{V_{2\omega_1}}{V_{DC}}=2J_2(\delta 1_0)\cdot Ld\cdot\sin(2\theta)$$

[0054] 等式 (9.1)

[0055] $$\frac{V_{2\omega_2}}{V_{DC}}=2J_2(\delta 2_0)\cdot Ld\cdot\cos(2\theta)$$

[0056] 等式 (9.2)

[0057] 定义 LR_1 和 LR_2 为线性双衰减的修正后的比率，则我们得到：

[0058] $$\frac{V_{2\omega_1}}{V_{DC}\cdot 2J_2(\delta 1_0)}=LR_1=Ld\cdot\sin(2\theta)$$

[0059] 等式 (10.1)

[0060] $$\frac{V_{2\omega_2}}{V_{DC}\cdot 2J_2(\delta 2_0)} = LR_2 = Ld\cdot\cos(2\theta)$$

[0061] 等式 (10.2)

[0062] 重新整理等式 (10.1) 和等式 (10.2)，我们可以将样品快轴的延迟量值和角度表示为：

[0063] $$\theta = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left[\frac{LR_1}{LR_2}\right]$$

[0064] 等式 (11.1)

[0065] $$Ld = \sqrt{(LR_1)^2 + (LR_2)^2}$$

[0066] 等式 (11.2)

[0067] 对于测量圆形双衰减，有用的项是 ω_1 和 ω_2 项：

[0068] $$V_{\omega_1} = \frac{KI_0}{2}2J_1(\delta 1_0)\cdot Cd$$

[0069] 等式 (12.1)

[0070] $$V_{\omega_2} = \frac{KI_0}{2}2J_1(\delta 2_0)\cdot Cd$$

[0071] 等式 (12.2)

[0072] 其中，圆形双衰减 (Cd) 定义为 (TRCP-TLCP)/(TRCP+TLCP)，其中 TRCP 和 TLCP 分别是右圆形偏振光和左圆形偏振光的透射强度。

[0073] AC 信号与 DC 信号的比率是：

[0074] $$\frac{V_{\omega_1}}{V_{DC}} = 2J_1(\delta 1_0)\cdot Cd$$

[0075] 等式 (13.1)

[0076] $$\frac{V_{\omega_2}}{V_{DC}} = 2J_1(\delta 2_0)\cdot Cd$$

[0077] 等式 (13.2)

[0078] 或

[0079] $$Cd = \frac{V_{\omega_2}}{V_{DC}2J_1(\delta 2_0)} = \frac{V_{\omega_1}}{V_{DC}2J_1(\delta 1_0)}$$

[0080] 等式 (14.1)

[0081] 该仪器还提供圆瞬 (circular brief)（旋光）的测量。转到本发明的优选实施方式，波长选择可以利用窄带光学滤波器 24（图 2）（例如 193nm）代替单色仪来进行。这最小化了光源模块 20 的尺寸和重量，并最优化了光传输但是可能限制了波长分辨率。可选地，

可以使用简化的单色仪（在固定位置处的光栅），用于仅选择 193nm 的光。

[0082] 本发明的系统还包括具有软件 MACRO 的半自动系统以减小运动复杂性。使用 5 个运动控制（图 3）。光源模块包括直线平移台 52 和倾斜台 54。样品 36（在本情况中，为具有变化的光焦度和厚度的透镜）包括旋转台 56。检测器模块包括直线平移台 58 和倾斜台 60。因此，系统包括 5 个运动控制器。

[0083] 系统的操作（参考图 3）包括以下步骤：

[0084] • 对于第一样品 36 手动产生 5 个运动控制的测量坐标；

[0085] • 通过调节直线运动控制 52 和倾斜运动控制 54 而手动将光源模块 20 对准样品（例如透镜）；

[0086] •通过调节直线运动控制 58 和倾斜运动控制 60 而手动对准检测器模块 40 以接收已优化的光强；

[0087] • 由于透镜样品的对称性，所以，一旦选择直线运动控制 52、倾斜控制 54、直线运动控制 58 和倾斜控制 60 的坐标，那么剩余（样品）旋转控制 56 的所有坐标可以通过使透镜样品旋转一个转体（full turn）而产生；（可选地，样品可以保持固定而可以使模块 20、40 旋转。）

[0088] • 基于手动产生的坐标而生成软件指令（MACRO）；

[0089] • 在相同类型透镜的随后测量中使用 MACRO 自动操作。

[0090] 上述对准步骤可以通过利用两个或多个可见激光器作为引导来进行辅助，如图 4 中“VL”处所示。在可见激光“VL”内部的线包围光源光束，其可以具有 193nm 的波长，并且难以用肉眼观察到。

[0091] 如果需要，更精细的运动控制可以包括在模块之一中，以得到最佳的光强传递。

[0092] 将 PEM 用于透镜测量系统的优点包括大的有效孔径和可接受的角度。

[0093] 对于射出（透镜）样品 36 的非准直光束的处理，可以使用孔径直径控制 62（由图 5 中相对的箭头表示），其类似于上述的运动控制器，可以由计算机控制。孔径的直径与样品 36 引入的光束的会聚量或发散量相关，该样品如上所述可以是具有变化的光焦度的透镜。

[0094] 可选地，可以在检测器的有效区域前面使用再准直透镜 64 和固定孔径 66（见图 6）。使测量中从样品透镜发出的聚焦光束或发散光束 B 在通过固定孔径 66 之前指引到该再准直透镜 64。

[0095] 虽然本发明已经就优选实施例进行了描述，但是本领域技术人员应当理解，在不脱离本发明的教导和精神的情况下，可以做出修改。

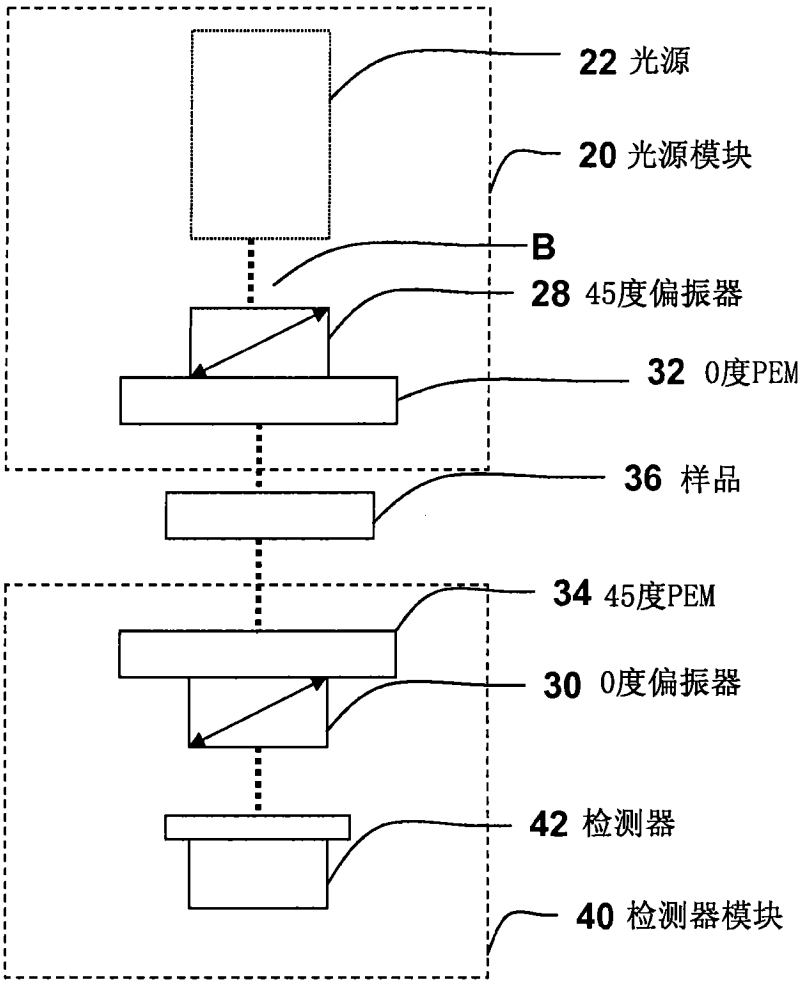

22 光源
20 光源模块
B
28 45度偏振器
32 0度PEM
36 样品
34 45度PEM
30 0度偏振器
42 检测器
40 检测器模块

图 1

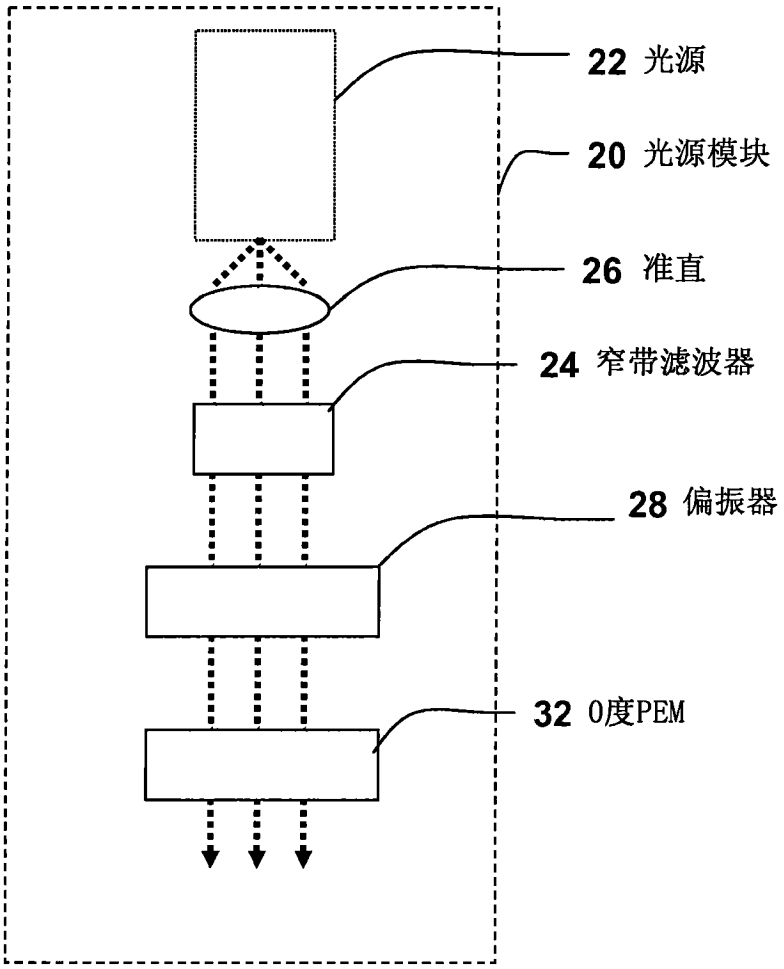


图 2

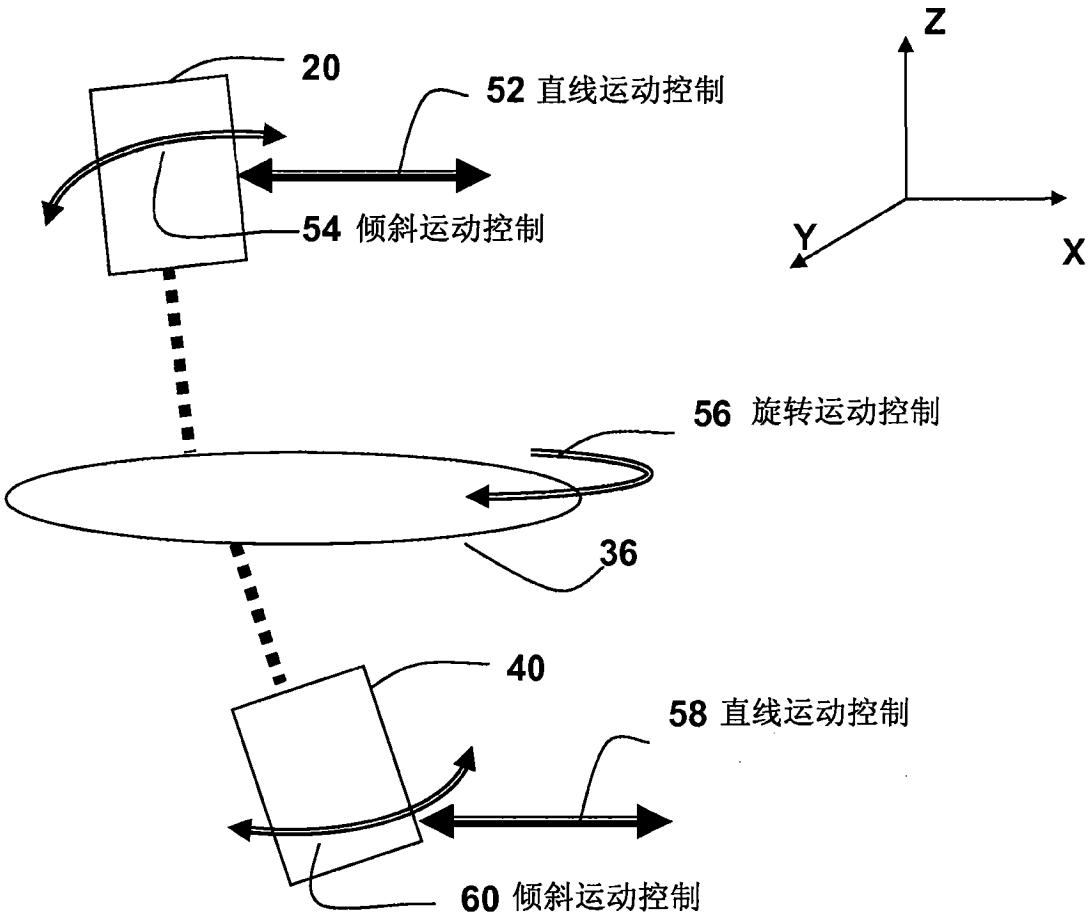


图 3

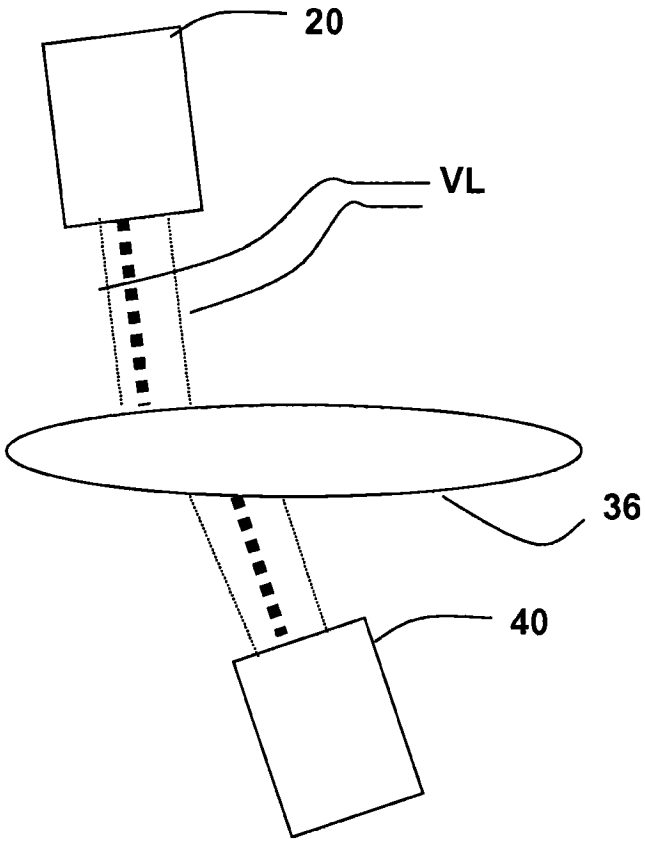


图 4

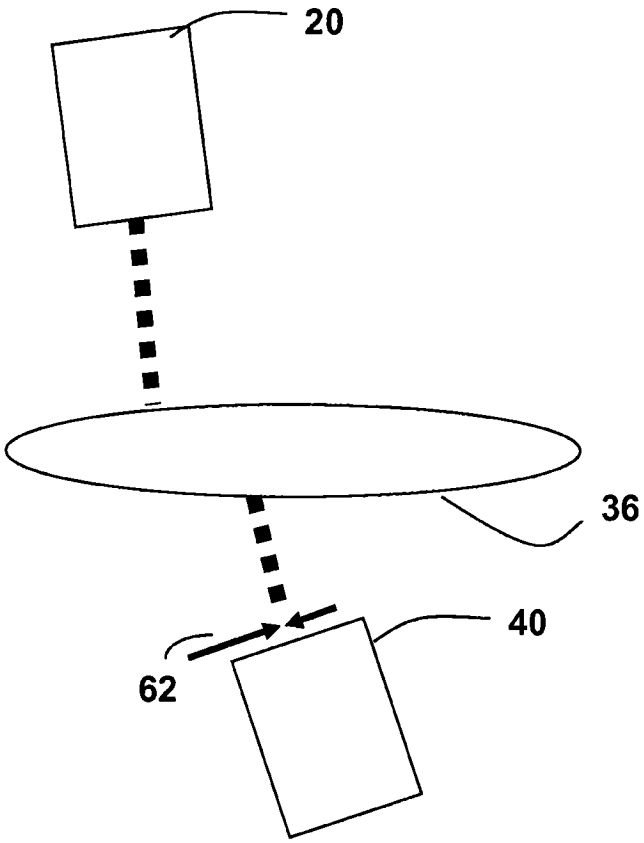


图 5

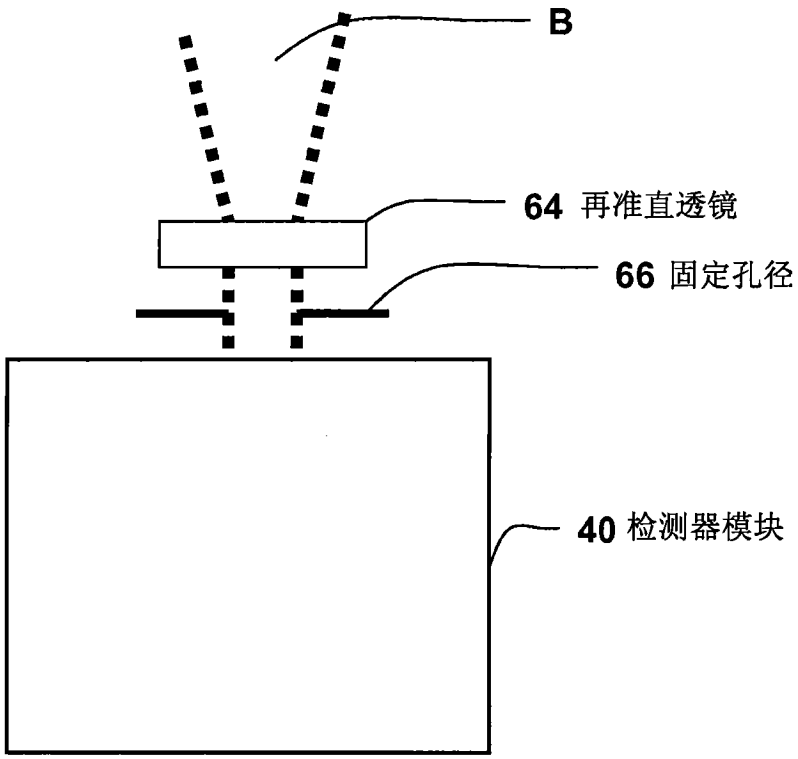


图 6