



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102435418 A

(43) 申请公布日 2012.05.02

(21) 申请号 201110272811.3

(22) 申请日 2011.09.15

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888 号

(72) 发明人 邓文渊 金春水 靳京城

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G01M 11/02(2006.01)

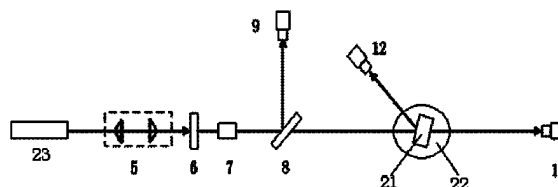
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置及测量方法

## (57) 摘要

本发明涉及一种 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置,该装置的 ArF 准分子激光器、ArF 准分子激光扩束准直装置、可变光阑、起偏器、分束器、样品台沿主光轴顺序放置;参比光偏振探测装置位于分束器的反射光路上,样品台位于分束器的透射光路上;透射光偏振测量装置固定安装在第一可旋转支撑臂上,反射光偏振探测装置固定安装在第二可旋转支撑臂上;样品台、第一可旋转支撑臂和第二可旋转支撑臂位于同一平面内并具有同一旋转中心,且该旋转中心位于主光轴上。本发明可以同时测量不同形状的光学薄膜元件在不同入射角时的偏振反射率、透射率、反射退偏度和透射退偏度,从而最大限度满足各种 ArF 激光光学薄膜元件偏振性能评价的需要。



1. 一种 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置,其特征在于包括 ArF 准分子激光器 (23)、ArF 准分子激光扩束准直装置 (5)、可变光阑 (6)、起偏器 (7)、分束器 (8)、样品台 (22)、193nm 参比光偏振探测装置 (9)、193nm 透射光偏振测量装置 (11)、193nm 反射光偏振探测装置 (12);ArF 准分子激光器 (23) 发出的光束经 ArF 准分子激光扩束准直装置 (5) 扩束准直后照射到可变光阑 (6),再由可变光阑 (6) 调节光斑大小,然后由起偏器 (7) 转变为偏振光后入射到分束器 (8);193nm 参比光偏振探测装置 (9) 位于分束器 (8) 的反射光路上,样品台 (22) 位于分束器 (8) 的透射光路上;193nm 透射光偏振测量装置 (11) 固定安装在第一可旋转支撑臂 (24) 上,193nm 反射光偏振探测装置 (12) 固定安装在第二可旋转支撑臂 (25) 上;样品台 (22)、第一可旋转支撑臂 (24) 和第二可旋转支撑臂 (25) 位于同一平面内并具有同一旋转中心,且该旋转中心位于主光轴上。

2. 根据权利要求 1 所述的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置,其特征在于所述 193nm 参比光偏振探测装置 (9)、193nm 反射光偏振探测装置 (12)、193nm 透射光偏振测量装置 (11) 各包含一个检偏器和一个探测器,检偏器和探测器准直放置。

3. 根据权利要求 2 所述的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置,其特征在于所述起偏器 (7) 采用 Rochon 棱镜偏振片;所述检偏器采用 Rochon 棱镜偏振片,探测器采用光电倍增管。

4. 根据权利要求 1 所述的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置,其特征在于所述 ArF 激光扩束准直装置 (5) 和可变光阑 (6) 安装在第一矩形真空腔体 (1) 底板上;起偏器 (7) 和分束器 (8) 安装在第二矩形真空腔体 (2) 底板上;193nm 参比光偏振探测装置 (9) 安装在第三矩形真空腔体 (3) 底板上;193nm 透射光偏振测量装置 (11)、样品台 (22)、193nm 反射光偏振探测装置 (12) 安装在第四矩形真空腔体 (4) 内部;第一矩形真空腔体 (1) 沿主光轴方向前后相对开有两个开口;第二矩形真空腔体 (2) 沿主光轴方向前后相对开有两个开口,在分束器 (8) 反射光路方向有一个开口;第三矩形真空腔体 (3) 在分束器 (8) 反射光路方向有一个开口;第四矩形真空腔体 (4) 在主光轴方向有一个前开口;各矩形真空腔体之间采用圆形管路连接;第一矩形真空腔体 (1) 的前开口用窗片密封,并且该开口的边上安装通入  $N_2$  气的连接管路;所述第四矩形真空腔体 (4) 上部的密封板上有一个开口,利用一个带有密封胶圈的盖子进行密封。

5. 一种使用权利要求 1 所述的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置测量光学薄膜元件偏振性能的方法:

a、变角度偏振反射率测量:根据光学薄膜元件 (21) 的大小,设定可变光阑 (6) 大小;将起偏器 (7)、193nm 参比光偏振探测装置 (9) 的检偏器、193nm 透射光偏振探测装置 (11) 的检偏器设定为同一偏振态;在光学薄膜元件 (21) 没有放入样品台 (22) 之前,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值作为参考百线值;然后将光学薄膜元件 (21) 置于样品台 (22) 上,调整样品台 (22),设定所需的光学薄膜元件 (21) 表面入射角度,设定 193nm 反射光偏振探测装置 (12) 的检偏器偏振态,使其与起偏器 (7) 相同;转动第一可旋转支撑臂 (24) 使 193nm 反射光偏振探测装置 (12) 探测器的读数最大;分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数和 193nm 反射光偏振探测装置 (12) 探测器的读数,并用 193nm

反射光偏振探测装置 (12) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值再除以前面得到的参考百线值,得到相应入射角度下光学薄膜元件 (21) 的偏振反射率;

b、变角度偏振透射率测量:根据光学薄膜元件 (21) 的大小,设定可变光阑 (6) 大小;将起偏器 (7)、193nm 参比光偏振探测装置 (9) 的检偏器、193nm 透射光偏振探测装置 (11) 的检偏器设定为同一偏振态;在光学薄膜元件 (21) 没有放入样品台 (22) 之前,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值作为参考百线值;然后将光学薄膜元件 (21) 放入样品台 (22),调整样品台 (22),设定所需的光学薄膜元件 (21) 入射角度;转动第二可旋转支撑臂 (25) 使 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数最大;测量记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值再除以前面得到的参考百线值,得到相应入射角度下,光学薄膜元件 (21) 的偏振透射率;

c、变角度反射退偏度测量:设定起偏器 (7) 的偏振态为 P 偏振,在光学薄膜元件 (21) 没有放入样品台 (22) 之前,将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 中的检偏器同时设置为 P 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值作为 P 偏振态参考百线值;然后将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 中的检偏器同时设置为 S 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值作为 S 偏振态参考百线值;将光学薄膜元件 (21) 放入样品台 (22),调整样品台 (22),设定所需的光学薄膜元件 (21) 表面入射角度,将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 反射光偏振探测装置 (12) 中的检偏器同时设置为 P 偏振,转动第一可旋转支撑臂 (24) 使 193nm 反射光偏振探测装置 (12) 探测器的读数最大,测得光学薄膜元件 (21) 的 P 偏振态反射率  $R_p$ ;然后,将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 反射光偏振探测装置 (12) 中的检偏器同时设置为 S 偏振,测得光学薄膜元件 (21) 的 S 偏振态反射率  $R_s$ ,利用  $R_p$  和  $R_s$  计算通过光学薄膜元件 (21) 后 ArF 激光的偏振度,得到光学薄膜元件 (21) 的 P 偏振态反射退偏度和光学薄膜元件的 S 偏振态反射退偏度;

d、变角度透射退偏度测量:设定起偏器 (7) 的偏振态为 P 偏振,在光学薄膜元件 (21) 没有放入样品台 (22) 之前,将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 中的检偏器同时设置为 P 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值作为 P 偏振态参考百线值;然后将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 中的检偏器同时设置为 S 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读

数和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 探测器的读数,得到的数值作为 S 偏振态参考百线值;将光学薄膜元件 (21) 放入样品台 (22),调整样品台 (22),设定所需的光学薄膜元件 (21) 表面入射角度,将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 中的检偏器同时设置为 P 偏振,转动第二可旋转支撑臂 (25) 使 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 探测器的读数最大,测得光学薄膜元件 (21) 的 P 偏振态透射率  $T_p$ ;将 193nm 参比光偏振探测装置 (9) 和 193nm 透射光偏振探测装置 (11) 中的检偏器同时设置为 S 偏振,测得光学薄膜元件 (21) 的 S 偏振态透射率  $T_s$ ,利用  $T_p$  和  $T_s$  计算通过光学薄膜元件 (21) 后 ArF 激光的偏振度,得到光学薄膜元件 (21) 的 P 偏振态透射退偏度和光学薄膜元件的 S 偏振态透射退偏度。

## ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置及测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于 ArF 准分子激光应用技术领域,涉及一种 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置。

### 背景技术

[0002] 光波是一种横波,其光波矢量的振动方向垂直于光的传播方向。根据光波矢量振动方向的变化情况,可以将光分成自然光和偏振光,偏振光又可以进一步分为平面偏振光(线偏光)、圆偏振光、椭圆偏振光、部分偏振光。对于线偏振光,根据光波矢量振动方向,又可以分为 P 偏振和 S 偏振,其中光波电矢量平行于入射平面的为 P 偏振,光波电矢量垂直于入射平面的为 S。基于受激发射机理,绝大部分的激光都是偏振光,偏振是激光的重要特性。与此同时,为了实现特定的偏振光输出,激光器腔内需要使用偏振光学元件。激光器腔内的偏振光学元件对于激光输出的功率和偏振度都有重要影响。在 ArF 准分子激光器中,为了实现极窄的波长输出,需要采用线宽压窄光学模块,该光学模块包含了多个用于光学扩束的色散棱镜。线宽压窄光学模块不仅直接决定了 ArF 准分子激光器的输出线宽,而且对于 ArF 准分子激光器的输出功率和偏振度都有十分重要的影响。因此,精确表征 ArF 准分子激光器光学薄膜元件的偏振特性,对于其光学薄膜元件的加工、制备、以及整个 ArF 准分子激光器的研究都具有重要意义。

[0003] 为了确定光学薄膜元件的偏振特性,需要包含有偏振光学元件的偏振光测量装置。偏振光学元件包括一个起偏光学元件和一个检偏光学元件,起偏器和检偏器的基本原理和功能都是相同的,即让一个电矢量振动方向的光通过器件,而抑制电矢量振动方向与之垂直的光。在深紫外波段,常采用的偏振光学元件的基本类型包括格兰-泰勒棱镜和 Rochon 棱镜。

[0004] 目前国际上已经建立的光学薄膜元件偏振特性的测量装置主要包括:带有偏振光学测量附件的分光光谱仪和椭偏仪。但是针对 ArF 激光光学薄膜元件偏振特性测量,上述两类测量装置都有不足之处。

[0005] 分光光谱仪的种类很多,可以分为单光路和双光路两种结构类型,其中单光路结构只包含样品光路,而双光路则同时包含样品光路和参考光路。除此之外,还有采用双探测器的单光路结构分光光谱仪。

[0006] 现有带偏振光学测量附件的双光路结构分光光谱仪。此类偏振特性测量装置的主要工作机理是在非偏振特性测量功能的基础上,通过在光学薄膜元件测量光路中插入偏振光学元件,控制光学元件表面入射光的偏振态,进而获得光学薄膜元件的偏振特性。此类偏振特性测量装置主要是针对宽光谱范围非偏振态特性测量应用,因此,在非偏振特性测量时具有较高的精度。但是偏振测量特性并不是其关注的主要目标,其偏振特性测量仅仅采用了一个起偏光学元件,在探测器前面并没有采用检偏光学元件,不能精确评价由于光学薄膜元件退偏效应导致的影响,因此,其偏振特性的测量精度比较有限,且由于工作波长范围很宽,其偏振特性测量波长范围往往不能覆盖到 ArF 激光的 193nm 波长。此外,此类偏振

特性测量装置在测量反射时,需要采用专门设计的反射测量附件,才能满足不同入射角时的反射特性。此类带偏振附件分光光谱仪包括了目前所有主要商用分光光谱仪产品,如美国 PE 公司的系列分光光谱仪产品。

[0007] 现有带偏振光学测量附件的双探测器单光路结构分光光谱仪。此类偏振特性测量装置的主要工作机理也是在非偏振特性测量功能的基础上,通过在光学薄膜元件测量光路中插入偏振光学元件,控制光学元件表面入射光的偏振态,进而获得光学薄膜元件的偏振特性。与现有带偏振光学测量附件的双光路结构分光光谱仪相比,其采用了双探测器单光路结构,即在光学薄膜元件前面利用一个斩波器,将入射光切换成两束光,一束光反射进入参考探测器,另一束光入射到光学元件样品表面。与现有带偏振光学测量附件的双光路结构分光光谱仪相似,此类偏振特性测量装置的偏振特性测量也仅仅采用了一个起偏光学元件,在信号光探测器的前面并没有采用检偏光学元件,同样不能精确评价由于光学薄膜元件退偏效应导致的影响,其偏振特性的测量精度也是比较有限。但是其偏振特性测量波长范围能够覆盖 ArF 激光的 193nm 波长,也可以测量不同角度入射时的反射特性。

[0008] 现有光谱型椭偏光谱仪。此类偏振特性测量装置的主体包括一个起偏器、一个检偏器和一个探测器。其主要工作机理是固定起偏器(和检偏器)在一个合适的角度,通过测量并比较检偏器(或起偏器)在不同角度时的探测器探测到的信号光强,进而获得两个椭偏测量参量  $\Psi$  和  $\Delta$ 。为了能够表征光学样品的退偏效应,可以在上述装置的基础上,在光路中增加一个可调或旋转的补偿器。从上述表述可以看到,此类偏振特性测量装置的主要目的是测量椭偏参量  $\Psi$ 、 $\Delta$  以及偏振度。虽然可以测量偏振光的强度,但实际上主要是测量偏振光的相对强度,并且是针对样品反射特性的测量。

## 发明内容

[0009] 本发明要解决的一个技术问题是提供一种适用于测量各种不同形状光学薄膜元件在不同入射角时的偏振反射率、偏振透射率、反射退偏度和透射退偏度,从而最大限度满足各种 ArF 激光光学薄膜元件偏振性能评价需要的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置。

[0010] 为了解决上述技术问题,本发明的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置包括 ArF 准分子激光器、ArF 准分子激光扩束准直装置、可变光阑、起偏器、分束器、样品台、193nm 参比光偏振探测装置、193nm 透射光偏振测量装置、193nm 反射光偏振探测装置;ArF 准分子激光器发出的光束经 ArF 准分子激光扩束准直装置扩束准直后照射到可变光阑,再由可变光阑调节光斑大小,然后由起偏器转变为偏振光后入射到分束器;193nm 参比光偏振探测装置位于分束器的反射光路上,样品台位于分束器的透射光路上;193nm 透射光偏振测量装置固定安装在第一可旋转支撑臂上,193nm 反射光偏振探测装置固定安装在第二可旋转支撑臂上;样品台、第一可旋转支撑臂和第二可旋转支撑臂位于同一平面内并具有同一旋转中心,且该旋转中心位于主光轴上。

[0011] 所述 193nm 参比光偏振探测装置、193nm 反射光偏振探测装置、193nm 透射光偏振测量装置各包含一个检偏器和一个探测器,检偏器和探测器准直放置。

[0012] 所述起偏器采用 Rochon 棱镜偏振片。

[0013] 所述检偏器采用 Rochon 棱镜偏振片,探测器采用光电倍增管。

[0014] 所述 ArF 激光扩束准直镜和可变光阑安装在第一矩形真空腔体底板上;起偏器和分束器安装在第二矩形真空腔体底板上;193nm 参比光偏振探测装置安装在第三矩形真空腔体底板上;193nm 透射光偏振测量装置、样品台、193nm 反射光偏振探测装置安装在第四矩形真空腔体内部;第一矩形真空腔体沿主光轴方向前后相对开有两个开口;第二矩形真空腔体沿主光轴方向前后相对开有两个开口,在分束器反射光路方向有一个开口;第三矩形真空腔体在分束器反射光路方向有一个开口;第四矩形真空腔体在主光轴方向有一个前开口;各矩形真空腔体之间采用圆形管路连接;第一矩形真空腔体的前开口用窗片密封,并且该开口的边上安装通入  $N_2$  气的连接管路;所述第四矩形真空腔体上部的密封板上有一个开口,利用一个带有密封胶圈的盖子进行密封。

[0015] 本发明的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置可以分别实现 ArF 激光光学薄膜元件不同入射角度的偏振反射率和偏振透射率等两种测试功能,并在此基础上实现对光学薄膜元件反射退偏度和透射退偏度的测量。

[0016] 本发明要解决的另一个技术问题是提供一种使用上述 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置测量光学薄膜元件偏振性能的方法。

[0017] 为了解决上述技术问题,本发明的使用上述 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置测量光学薄膜元件偏振性能的方法包括如下步骤:

[0018] a、变角度偏振反射率测量:根据光学薄膜元件的大小,设定可变光阑大小;将起偏器、193nm 参比光偏振探测装置的检偏器、193nm 透射光偏振探测装置的检偏器设定为同一偏振态;在光学薄膜元件没有放入样品台之前,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值作为参考百线值;然后将光学薄膜元件置于样品台上,调整样品台,设定所需的光学薄膜元件表面入射角度,设定 193nm 反射光偏振探测装置的检偏器偏振态,使其与起偏器相同;转动第一可旋转支撑臂使 193nm 反射光偏振探测装置探测器的读数最大;分别记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 反射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 反射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值再除以前面得到的参考百线值,得到相应入射角度下光学薄膜元件的偏振反射率;

[0019] b、变角度偏振透射率测量:根据光学薄膜元件的大小,设定可变光阑大小;将起偏器、193nm 参比光偏振探测装置的检偏器、193nm 透射光偏振探测装置的检偏器设定为同一偏振态;在光学薄膜元件没有放入样品台之前,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值作为参考百线值;然后将光学薄膜元件放入样品台,调整样品台,设定所需的光学薄膜元件入射角度;转动第二可旋转支撑臂使 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数最大;测量记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值再除以前面得到的参考百线值,得到相应入射角度下,光学薄膜元件的偏振透射率;

[0020] c、变角度反射退偏度测量:设定起偏器的偏振态为 P 偏振,在光学薄膜元件没有放入样品台之前,将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 透射光偏振探测装置中的检偏器

同时设置为 P 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值作为 P 偏振态参考百线值;然后将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 透射光偏振探测装置中的检偏器同时设置为 S 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值作为 S 偏振态参考百线值;将光学薄膜元件放入样品台,调整样品台,设定所需的光学薄膜元件表面入射角度,将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 反射光偏振探测装置中的检偏器同时设置为 P 偏振,转动第一可旋转支撑臂使 193nm 反射光偏振探测装置探测器的读数最大,测得光学薄膜元件的 P 偏振态反射率  $R_p$ ;然后,将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 反射光偏振探测装置中的检偏器同时设置为 S 偏振,测得光学薄膜元件的 S 偏振态反射率  $R_s$ ,利用  $R_p$  和  $R_s$  计算通过光学薄膜元件后 ArF 激光的偏振度,得到光学薄膜元件的 P 偏振态反射退偏度和光学薄膜元件的 S 偏振态反射退偏度;

[0021] d、变角度透射退偏度测量:设定起偏器的偏振态为 P 偏振,在光学薄膜元件没有放入样品台之前,将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 透射光偏振探测装置中的检偏器同时设置为 P 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值作为 P 偏振态参考百线值;然后将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 透射光偏振探测装置中的检偏器同时设置为 S 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置探测器的读数,得到的数值作为 S 偏振态参考百线值;将光学薄膜元件放入样品台,调整样品台,设定所需的光学薄膜元件表面入射角度,将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 透射光偏振探测装置中的检偏器同时设置为 P 偏振,转动第二可旋转支撑臂使 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数最大,测得光学薄膜元件的 P 偏振态透射率  $T_p$ ;将 193nm 参比光偏振探测装置和 193nm 透射光偏振探测装置中的检偏器同时设置为 S 偏振,测得光学薄膜元件的 S 偏振态透射率  $T_s$ ,利用  $T_p$  和  $T_s$  计算通过光学薄膜元件后 ArF 激光的偏振度,得到光学薄膜元件的 P 偏振态透射退偏度和光学薄膜元件的 S 偏振态透射退偏度。

[0022] 本发明的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置采用了参比光、反射光、透射光等三套偏振光探测装置,反射和透射偏振光探测装置分别安装在两个可在 0-180 度范围内连续转动的旋转臂上,并采用了一套可在 0-360 度范围内转动的旋转样品台,从而可以分别实现 ArF 激光光学薄膜元件不同入射角度的偏振反射率、偏振透射率、反射退偏度和透射退偏度四种测试功能于同一个测量装置。本发明与目前国际上已有的偏振测量装置相比,突出特点是四种测试功能于一体,并且可以同时测量不同形状的光学薄膜元件在不同入射角时的偏振反射率和透射率,以及测量评价光学薄膜元件的反射退偏度和透射退偏度,从而最大限度满足各种 ArF 激光光学薄膜元件偏振性能评价的需要。

[0023] 本发明适合 ArF 激光波长应用,是多功能变角度通用综合偏振测量装置,其有益效果如下:

[0024] 1. 可专门针对 ArF 激光波长的光学薄膜元件进行偏振特性测试,结构紧凑。



[0025] 2. 集多种功能于一体,可以实现不同形状的光学薄膜元件的不同角度的偏振反射率、偏振透射率、偏振反射退偏度、及偏振透射退偏度测量。

[0026] 3. 可以测量不同类型的光学薄膜元件,包括反射膜片、透射膜片、棱镜等。

[0027] 4. 对所有四种测量功能和不同类型光学元件,都可以实现大角度范围内的变角度测试,从而满足更多的实际应用需求。

[0028] 5. 偏振特性测量不仅采用了一个起偏光学元件,在探测器前面还采用了检偏光学元件,能精确评价由于光学薄膜元件退偏效应导致的影响,测量精度较高。

[0029] 6. 光路结构密封在真空腔体管路中,避免了由于光学元件吸附灰尘等造成的测量精度降低,并且增加了整个装置的使用寿命。

### 附图说明

[0030] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0031] 图 1 为本发明的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置的光路图。

[0032] 图 2 为本发明的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置结构示意图。

[0033] 图 3 为对棱镜进行综合偏振测量时的光路图。

### 具体实施方式

[0034] 如图 1 所示,本发明的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置包括沿主光轴顺序放置的 ArF 准分子激光器 23、ArF 准分子激光扩束准直装置 5、可变光阑 6、起偏器 7、分束器 8、样品台 22,193nm 参比光偏振探测装置 9,193nm 透射光偏振测量装置 11,193nm 反射光偏振探测装置 12;193nm 参比光偏振探测装置 9 位于分束器 8 的反射光路上,样品台 22 位于分束器 8 的透射光路上;193nm 透射光偏振测量装置 11 固定安装在第一可旋转支撑臂 24 上,193nm 反射光偏振探测装置固定安装在第二可旋转支撑臂 25 上;样品台 22、第一可旋转支撑臂 24 和第二可旋转支撑臂 25 位于同一平面内并具有同一旋转中心,且该旋转中心位于主光轴上。

[0035] 本发明的 ArF 激光光学薄膜元件综合偏振测量装置还包括真空腔体管路,真空腔体管路由四个大小不同的矩形真空腔体和连接这些矩形真空腔体之间的圆形管路组成,矩形真空腔体均为径向垂直水平面固定放置在一个金属柜上方。第一矩形真空腔体 1 沿水平入射光路方向前后相对开有两个开口;第二矩形真空腔体 2 除了沿水平入射光路方向前后相对开有两个开口,在垂直入射光路方向也有一个开口;第三矩形真空腔体 3 只在沿垂直入射光路方向有一个前开口;第四矩形真空腔体 4 只在沿水平入射光路方向有一个前开口。第一矩形真空腔体 1 的前开口用熔石英或  $\text{CaF}_2$  窗片密封,并且该开口的边上安装通入  $\text{N}_2$  气的连接管路,在后开口通过一段矩形真空管路与第二矩形真空腔体 2 的前开口相连;第二矩形真空腔体 2 垂直入射光路方向的开口通过一段矩形真空管路与第三矩形真空腔体 3 的开口相连;第二矩形真空腔体 2 的后开口通过一段矩形真空管路与第四矩形真空腔体 4 的开口相连。

[0036] 第一矩形真空腔体 1 底板上安装了一组 ArF 激光扩束准直镜 5 和一个可变光阑 6。

[0037] 第二矩形真空腔体 2 底板上安装了一个起偏器 7,在起偏器 7 后面是一个分束器 8。

[0038] 第三矩形真空腔体 3 底板上安装 193nm 参比光偏振探测装置 9, 193nm 参比光偏振探测装置 9 包括一个检偏器和一个探测器。

[0039] 第四矩形真空腔体 4 轴向上部的密封板上有一个大小适度的开口, 利用一个带有密封胶圈的盖子进行密封。第四矩形真空腔体 4 内部包括 193nm 透射光偏振测量装置 11、样品台 22、193nm 反射光偏振探测装置 12。样品台 22 形状为圆形, 圆心位于入射光线上。样品台 22 的大小可以根据实际测量光学薄膜元件样品 21 的大小选择合适尺寸, 利用步进电机驱动可使样品台 22 围绕圆心在水平方向 0-360 度范围内连续转动。193nm 反射光偏振探测装置 12 位于样品台 22 入射光一侧, 包含一个检偏器和一个探测器, 安装在第一旋转支撑臂 24 上, 可以绕样品台 22 的圆心旋转, 旋转角度范围为入射光与样品台 22 中心连线  $\pm 90$  度。193nm 透射光偏振测量装置 11 位于样品台 22 出射光一侧, 包含一个检偏器和一个探测器, 安装在第二旋转支撑臂 25 上, 可以绕样品台 22 的圆心旋转, 旋转角度范围为入射光与样品台中心连线  $\pm 90$  度。193nm 反射光偏振探测装置 12 和 193nm 透射光偏振测量装置 11 都采用步进电机驱动的方式进行定位转动。

[0040] 所述 193nm 参比光偏振探测装置 9、193nm 反射光偏振探测装置 12 和 193nm 透射光偏振探测装置 11 均包含一个检偏器和一个探测器; 检偏器采用 Rochon 棱镜偏振片, 探测器采用高灵敏的光电倍增管, 检偏器和探测器准直放置。

[0041] 所述样品台 22 可以利用步进电机驱动使样品台 22 围绕圆心在水平方向 0-360 度范围内连续转动。

[0042] 驱动样品台 22、第一可旋转支撑臂 24、第二可旋转支撑臂 25 旋转的步进电机, 193nm 参比光偏振探测装置 9、193nm 透射光偏振测量装置 11、193nm 反射光偏振探测装置 12 的数据读取、数据计算及测量过程监控, 均由数据获取与控制系统利用可编程软件 Labview 实现。

[0043] 所述样品数据获取和控制系统, 由计算机, 步进电机控制卡、驱动器等组成, 利用可编程软件 Labview 实现仪器控制、数据采集和过程监控等功能。

[0044] Rochin 偏振棱镜的工作原理:

[0045] 在 ArF 激光波长, Rochin 偏振棱镜是偏振分光元件的主要选择。Rochin 偏振棱镜是由两块光轴相互正交的棱镜胶合组成, 其中第一块的光轴与入射方向相同。通过入射光中不同偏振态在胶合界面的不同折射效应, 实现透过光的偏振态的选择。在 ArF 激光波长, 可以选择石英晶体或  $MgF_2$  晶体作为棱镜的材料选择。

[0046] 本发明的光学薄膜元件综合偏振测量装置的主体及其工作模式:

[0047] 光学薄膜元件综合偏振测量装置的主体包括一个起偏装置、三套 193nm 波长偏振光探测装置和一个样品台。其中有两套 193nm 波长偏振光探测装置分别安装在两个 0-180 度范围内连续转动的方位角旋转机构上, 一套 0-360 度范围内转动的方位角旋转样品台。

[0048] [0039] 该装置可以实现四种测量功能:

[0049] [0040] 变角度偏振反射率测量功能: 根据光学薄膜元件的大小, 设定第一矩形真空腔体 1 中的可变光阑 6 大小; 设定起偏器 7 选择偏振态, 并据此分别设定第三矩形真空腔体 3 中 193nm 参比光偏振探测装置 9 的检偏器状态, 以及第四矩形真空腔体 4 中 193nm 透射光偏振探测装置 11 的检偏器状态; 在光学薄膜元件 21 没有放入样品台 22 之前, 分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读

数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数,得到的数值作为参考百线值;然后将光学薄膜元件 21 放入样品台 22,调整样品台 22,设定所需的光学薄膜元件 21 表面入射角度,设定 193nm 反射光偏振探测装置的检偏器状态,并转动第一可旋转支撑臂 24 使 193nm 反射光偏振探测装置探测器的读数最大;分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数和 193nm 反射光偏振探测装置 12 探测器的读数,并用 193nm 反射光偏振探测装置 12 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数,得到的数值再除以前面得到的参考百线值,由此可以确定相应入射角度下,ArF 激光光学薄膜元件的偏振反射率。

[0050] 变角度偏振透射率测量功能:根据光学薄膜元件 21 的大小,设定第一矩形真空腔体 1 中的可变光阑 6 大小;设定起偏器 7 选择偏振态,并据此分别设定第三矩形真空腔体 3 中 193nm 参比光偏振探测装置 9 的检偏器状态,以及第四矩形真空腔体 4 中 193nm 透射光偏振探测装置 11 的检偏器状态;在光学薄膜元件 21 没有放入样品台 22 之前,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数,得到的数值作为参考百线值。然后将光学薄膜元件 21 放入样品台 22,调整样品台 22,设定所需的光学薄膜元件 21 表面入射角度,并转动第二可旋转支撑臂 25 使 193nm 透射光偏振探测装置探测器的读数最大;测量记录 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数,得到的数值再除以前面得到的参考百线值,由此可以确定相应入射角度下,ArF 激光光学薄膜元件的偏振透射率。

[0051] 变角度反射退偏度测量功能:设定起偏器 7 的偏振态为 P 偏振,在光学薄膜元件 21 没有放入样品台 22 之前,分别将 193nm 参比光偏振探测装置 9 和透射光偏振探测装置 11 中的检偏器同时设置为 P 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数,得到的数值作为 P 偏振态参考百线值;然后将 193nm 参比光偏振探测装置 9 和透射光偏振探测装置 11 中的检偏器同时设置为 S 偏振,分别记录 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数和 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数,并用 193nm 透射光偏振探测装置 11 探测器的读数除以 193nm 参比光偏振探测装置 9 探测器的读数,得到的数值作为 S 偏振态参考百线值。将光学薄膜元件 21 放入样品台 22,调整样品台,设定所需的光学薄膜元件 21 表面入射角度,将 193nm 参比光偏振探测装置 9 和 193nm 反射光偏振探测装置 12 中的检偏器同时设置为 P 偏振,转动第一可旋转支撑臂 24 使 193nm 反射光偏振探测装置 12 探测器的读数最大,测得光学薄膜元件的 P 偏振态反射率  $R_p$ ;然后,将 193nm 参比光偏振探测装置 9 和 193nm 反射光偏振探测装置 12 中的检偏器同时设置为 S 偏振,测得光学薄膜元件的 S 偏振态反射率  $R_s$ ,利用  $R_p$  和  $R_s$  计算通过光学薄膜元件后 ArF 激光的偏振度,得到光学薄膜元件的 P 偏振态反射退偏度和光学薄膜元件的 S 偏振态反射退偏度。

[0052] 上述所有测量功能都包含入射角度扫描功能,即无论是反射测量还是透射测量,入射角度都可以在  $5-85^\circ$  之间进行变化。

[0053] 探测器的选择:

[0054] 作为 ArF 激光探测器,可以选用光电二极管或光电倍增管。光电二极管可以适用于较强的光信号,但是其准确性和稳定性相对较低,相比较而言,光电倍增管适用较弱的光强,但是其准确性和稳定性都比较高,适用于要求较高精度的应用,因此,本发明选用光电倍增管作为探测器。

[0055] 实施例

[0056] 本发明的光学薄膜元件综合偏振测量装置光路原理图如图 2 所示。

[0057] 参阅图 1,为本发明的光学薄膜元件综合偏振测量装置结构示意图,装置主要包括 ArF 准分子激光器 23、真空腔体管路、ArF 准分子激光扩束准直装置 5、193nm 偏振光起偏器 7、偏振光探测装置及数据获取与控制系统。其中 ArF 准分子激光器 23、第一矩形真空腔体 1、第二矩形真空腔体 2、第三矩形真空腔体 3、第四矩形真空腔体 4、ArF 准分子激光扩束准直装置 5、光阑 6、193nm 偏振光起偏器 7、分束器 8、193nm 参比光偏振探测装置 9、旋转样品台 22、193nm 透射光偏振探测装置 11、193nm 反射光偏振探测装置 12。

[0058] 下面介绍各部件功能与相关参数。

[0059] ArF 准分子激光器 23,用于光谱测试的光源,宜选用低功率,高能量稳定性的产品,在此我们选用相干公司的 Indy Star 500-193nm。其输出光斑大小为 6mmx3mm,相应的发散角为 2mradx1mrad。

[0060] 第一矩形真空腔体 1 中包含 ArF 激光准直扩束装置 5 和可变光阑 6。ArF 激光准直扩束装置 5 包含一片球面镜和一片柱面镜,用于将 ArF 激光垂直方向的分散角 (2mrad) 压缩到与水平方向的分散角 (1mrad) 一样,使 ArF 激光的光斑由矩形 (6mmx3mm) 变成正方形 (3mmx3mm),整个准直扩束装置的前后工作面距离约为 600mm。

[0061] 第二矩形真空腔体 2 中包含 ArF 激光偏振光起偏器和分束器。偏振光起偏器 7 是一个 Rochin 偏振棱镜,其消光比大于  $10^5$ ,通过第二矩形真空腔体 2 外面的控制手柄选择设定输出光偏振态为 S 态或 P 态。分束器 8 用于将经过起偏器 7 后的激光分成两束,其中 90 度反射的激光束 (参比光) 进入第三矩形真空腔体 3,直通激光束 (信号光) 进入第四矩形真空腔体 4。分束器 8 的偏振反射率和偏振透射率均经过精确标定。

[0062] 第三矩形真空腔体 3 中包含 193nm 参比光偏振测量装置。该装置包含一个偏振光检偏器和一个光电倍增管,其中偏振光检偏器放置在光电倍增管的前端。偏振光检偏器也是一个 Rochin 偏振棱镜,其消光比大于  $10^5$ ,在测量过程中,通过第三矩形真空腔体 3 外面的控制手柄设定偏振光检偏器的输出态,选择与偏振光起偏器相同的偏振态。

[0063] 第四矩形真空腔体 4 中包含 193nm 透射光偏振测量装置 11、193nm 反射光偏振测量装置 12、以及旋转样品台 22。旋转样品台 22 为圆形平台,其大小为直径 15cm,在圆形平台的中心下面的有一个转轴支撑,转轴的轴心位于第四矩形真空腔体 4 中央,入射光经过圆形平台的中心。圆形平台是一个精密的转角定位台,整个圆形平台可以通过程序设置、由电机驱动绕轴心在 0-360 度范围内旋转,精度为 0.1 度。193nm 透射光偏振测量装置包含一个偏振光检偏器和一个光电倍增管,其中偏振光检偏器放置在光电倍增管的前端。偏振光检偏器也是一个 Rochin 偏振棱镜,其消光比大于  $10^5$ ,在测量过程中,通过控制手柄设定偏振光检偏器的输出态。整个 193nm 透射光偏振测量装置 11 固定安装在一个可旋转的第二旋转支撑臂 25 上,第二旋转支撑臂 25 的一端由一个位于入射光与旋转样品台中心连线后方的转轴固定在腔体的底板上,整个 193nm 透射光偏振测量装置 11 可以随第二旋转支撑

臂 25 绕转轴、以入射光与旋转样品台 22 中心连线为中心  $\pm 90$  度旋转,精度 0.1 度。193nm 反射光偏振测量装置 12 包含一个偏振光检偏器和一个光电倍增管,其中偏振光检偏器放置在光电倍增管的前端。偏振光检偏器也是一个 Rochin 偏振棱镜,其消光比大于  $10^5$ ,在测量过程中,通过控制手柄设定偏振光检偏器的输出态。整个 193nm 反射光偏振测量装置 12 固定安装在一个可旋转的第一旋转支撑臂 24 上,第一旋转支撑臂 24 的一端由一个位于入射光与旋转样品台 22 中心连线前方的转轴固定在腔体的底板上,整个 193nm 反射光偏振测量装置 12 可以随第一旋转支撑臂 24 绕转轴、以入射光线为中心  $\pm 90$  度旋转,精度 0.1 度。第四矩形真空腔体 4 最上面的密封板上面有一个圆形的开孔,利用一个圆形盖板密封。通过开启该盖板,将光学薄膜元件放入样品台 22 或从样品台 22 上取出。在测量时,先在不放入光学薄膜元件的情况下,由 193nm 透射光偏振测量装置 11 和 193nm 参比光偏振测量装置 9 测量参考百线值;之后,将光学薄膜元件 21 放入样品台 22,通过程序控制转角定位台,调整到所需的入射角,然后分别转动 193nm 透射光偏振测量装置 11 和 193nm 反射光偏振测量装置 12,测量光学薄膜元件的透射光强度和反射光强度。

[0064] 上述所有偏振探测装置中的检偏器的偏振透过率均经过精密标定,而光电倍增管均采用在紫外波段具有较高灵敏度的 R6872 型的光电倍增管。为了降低偏振相应的相关度,选择端窗型结构。

[0065] 上述所有的矩形真空腔体均采用内表面镀黑处理的 Al 材。通过在第一矩形真空腔体 1 的前端开始通入  $N_2$  气,充满整个腔体管路,并在第三、第四矩形真空腔体 3、4 上各开一个出气孔,排出  $N_2$  气。在正式测量之前,整个腔体中通  $N_2$  气 30 分钟以上。

[0066] [0058] 控制系统的软硬件实现:针对 ArF 激光光学薄膜元件的光谱偏振度和退偏度测量装置的特点和功能要求,研制一套基于 labview 编程方法的系统控制和数据获取的计算机软件控制系统。该系统界面简洁,功能清晰,可以实现测量过程中所需的光学薄膜元件定位、探测器定位、探测器数据记录、及测量数据输出显示等功能。整个控制系统的硬件由步进电机驱动器和运动控制卡实现。整个测量装置中包含样品平台、透射光偏振测量装置、反射光偏振测量装置等三个装置的电机驱动运动定位。采用 M420 型驱动器控制电机和 DMC1000 型 PCI 总线运动控制卡,可以同时实现对上述三个装置的运动定位。

[0067] 本发明不限于上述实施方式,任何在本发明权利要求 1 技术方案基础上作出的技术特征之间结构的变形形式,如采用不同具体方式与结构的 ArF 准分子激光扩束准直装置、以及通过增加光路转向元件(如反射镜或棱镜等)改变光路方向和装置整体结构与布局等,都在本发明意图保护范围之内。

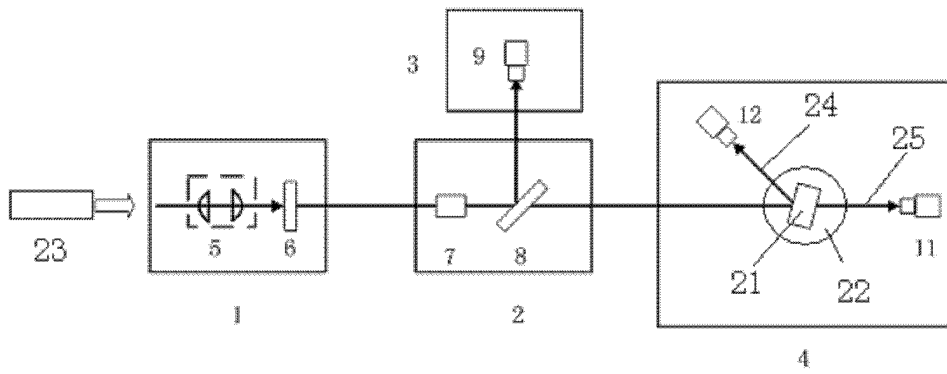


图 1

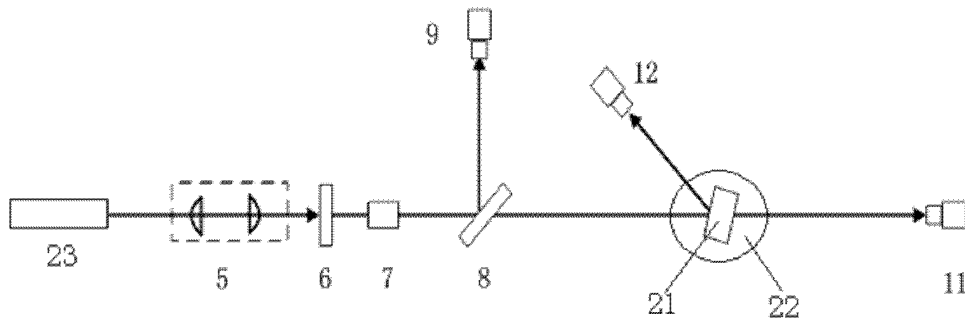


图 2

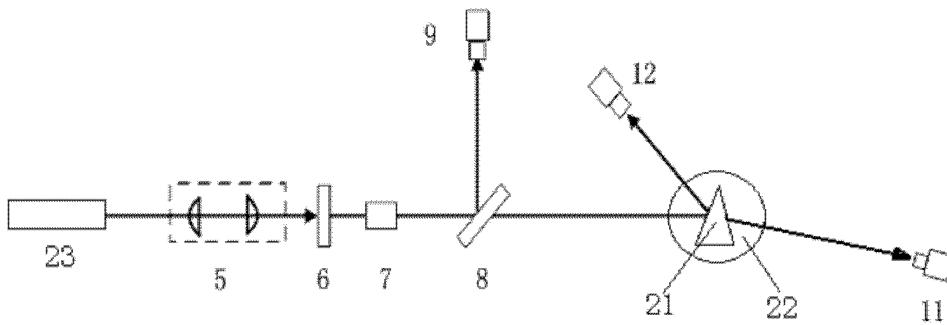


图 3