



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106643557 A

(43)申请公布日 2017. 05. 10

(21)申请号 201710104131.8

(22)申请日 2017.02.24

(71)申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72)发明人 刘俭 王宇航 谷康 谭久彬

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 岳泉清

(51) Int. Cl.

G01B 11/24(2006.01)

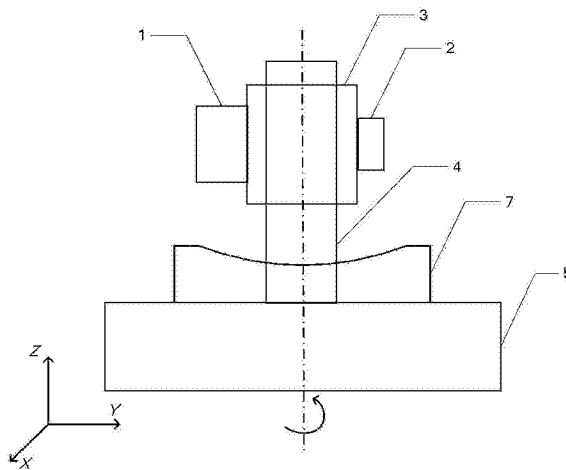
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置及其测量方法

(57)摘要

基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置及其测量方法,属于光学精密测量技术领域,本发明为解决现有微观结构的测量方法测量范围有限,无法进行大口径光学元件测量的问题。本发明包括共焦显微模块、直线运动平台模块和旋转运动平台模块,共焦显微三维测量模块包括第一激光器、第一分光棱镜、二维扫描振镜、扫描透镜、管镜、第一物镜、第一收集透镜和第一光电探测器;共焦光学探针模块包括第二激光器、第二分光棱镜、第二物镜、第二收集透镜和第二光电探测器;共焦光学探针模块用于完成宏观结构的三维测量,共焦显微三维测量模块用于完成微观结构的三维测量。本发明用于测量复杂面形的光学元件。



1. 基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置,其特征在于,该装置包括共焦显微模块、直线运动平台模块(3)和旋转运动平台模块(5),共焦显微模块包括共焦显微三维测量模块(1)和共焦光学探针模块(2);

旋转运动平台模块(5)上端面的中央固定有支柱(4),直线运动平台模块(3)安装在支柱(4)的横梁上,直线运动平台模块(3)在横梁上沿X向运动,旋转运动平台模块(5)在XY平面上旋转,直线运动平台模块(3)的外侧分别安装有共焦显微三维测量模块(1)和共焦光学探针模块(2),待测样品(7)放置在旋转运动平台模块(5)的工作台面上;

共焦显微三维测量模块(1)包括第一激光器(1-1)、第一分光棱镜(1-2)、二维扫描振镜(1-3)、扫描透镜(1-4)、管镜(1-5)、第一物镜(1-6)、第一收集透镜(1-7)和第一光电探测器(1-8);

第一激光器(1-1)发出激光光束,激光光束经过第一分光棱镜(1-2)的分光后,依次经过二维扫描振镜(1-3)、扫描透镜(1-4)、管镜(1-5)和第一物镜(1-6),在待测样品(7)上形成聚焦光斑,通过二维扫描振镜(1-3)偏转使聚焦光斑在待测样品(7)上进行二维扫描,待测样品(7)表面反射的光束依次经过第一物镜(1-6)、管镜(1-5)、二维扫描振镜(1-3)、第一分光棱镜(1-2)和第一收集透镜(1-7),通过多模光纤被第一光电探测器(1-8)收集;

共焦光学探针模块(2)包括第二激光器(2-1)、第二分光棱镜(2-2)、第二物镜(2-3)、第二收集透镜(2-4)和第二光电探测器(2-5);

第二激光器(2-1)发出的激光光束,激光光束经过第二分光棱镜(2-2),然后通过第二物镜(2-3)在待测样品(7)上形成聚焦光斑,待测样品(7)表面反射的光束经过第二物镜(2-3)、第二分光棱镜(2-2)和第二收集透镜(2-4),通过多模光纤被第二光电探测器(2-5)收集。

2. 根据权利要求1所述的基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置,其特征在于,支柱(4)的横梁为气浮直线导轨,直线运动平台模块(3)沿气浮直线导轨运动。

3. 根据权利要求1所述的基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置,其特征在于,第一激光器(1-1)和第二激光器(2-1)采用相同的激光器,发射波长为532nm,经过第一物镜(1-6)和第二物镜(2-3)后,光的功率小于30mW。

4. 根据权利要求1所述的基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置的测量方法,其特征在于,该测量方法包括宏观结构的三维测量和微观结构的三维测量;宏观结构的三维测量采用共焦光学探针模块(2)完成,微观结构的三维测量采用共焦显微三维测量模块(1)完成。

5. 根据权利要求4所述的基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置的测量方法,其特征在于,宏观结构的三维测量的具体过程为:

步骤1、共焦光学探针模块(2)的第二激光器(2-1)发出激光光束,经过第二分光棱镜(2-2)和第二物镜(2-3)后在待测样品(7)上形成聚焦光斑,待测样品(7)表面反射的光束经过第二物镜(2-3)、第二分光棱镜(2-2)和第二收集透镜(2-4),通过多模光纤被第二光电探测器(2-5)收集,通过轴向响应曲线顶点位置确定待测样品(7)的表面位置;

步骤2、直线运动平台模块(3)带动共焦显微三维测量模块(1)沿X向移动,形成宏观二维轮廓扫描测量;

步骤3、旋转运动平台模块(5)带动待测样品(7)在XY平面上旋转,完成待测样品(7)的

宏观三维面形测量。

6. 根据权利要求4所述的基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置的测量方法, 其特征在于, 微观结构的三维测量的具体过程为:

步骤1、共焦显微三维测量模块(1)的第一激光器(1-1)发出激光光束, 经过第一分光棱镜(1-2)的分光后, 依次经过二维扫描振镜(1-3)、扫描透镜(1-4)、管镜(1-5)和第一物镜(1-6), 在待测样品(7)上形成聚焦光斑; 待测样品(7)表面反射的光束依次经过第一物镜(1-6)、管镜(1-5)、二维扫描振镜(1-3)、第一分光棱镜(1-2)和第一收集透镜(1-7), 通过多模光纤被第一光电探测器(1-8)收集, 通过轴向响应曲线顶点位置确定待测样品(7)的表面位置;

步骤2、通过二维扫描振镜(1-3)偏转使聚焦光斑在待测样品(7)上进行二维扫描;

步骤3、直线运动平台模块(3)带动共焦显微三维测量模块(1)沿X向移动, 旋转运动平台模块(5)带动待测样品(7)在XY平面上旋转, 使微结构区域在共焦显微三维测量模块(1)视场范围内, 完成微观结构的三维测量。

基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置及其测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种宏微结合面形的测量装置及其测量方法,属于光学精密测量技术领域。

背景技术

[0002] 随着现代超精密加工技术与计算机科学的发展,光学元件面形精度越来越高,结构特征越来越丰富。为了满足现代光学系统的性能要求,具有宏微结合面形特点的光学元件被广泛应用到各个领域当中,其特点是在宏观尺寸元件上复合微观特殊结构,因此这类光学元件的面形测量成为了亟待解决的问题。目前机械触针式轮廓仪和光学干涉测量仪是解决宏观光学元件的重要手段,但是其并不能同时解决微观结构测量问题;而解决微观结构的测量方法如原子力显微镜、光学显微镜、光学干涉等,测量范围有限,不能很好的解决大口径光学元件测量。

发明内容

[0003] 本发明目的是为了解决现有微观结构的测量方法测量范围有限,无法进行大口径光学元件测量的问题,提供了一种基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置及其测量方法。

[0004] 本发明所述基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置,该装置包括共焦显微模块、直线运动平台模块和旋转运动平台模块,共焦显微模块包括共焦显微三维测量模块和共焦光学探针模块;

[0005] 旋转运动平台模块上端面的中央固定有支柱,直线运动平台模块安装在支柱的横梁上,直线运动平台模块在横梁上沿X向运动,旋转运动平台模块在XY平面上旋转,直线运动平台模块的外侧分别安装有共焦显微三维测量模块和共焦光学探针模块,待测样品放置在旋转运动平台模块的工作台面上;

[0006] 共焦显微三维测量模块包括第一激光器、第一分光棱镜、二维扫描振镜、扫描透镜、管镜、第一物镜、第一收集透镜和第一光电探测器;

[0007] 第一激光器发出激光光束,激光光束经过第一分光棱镜的分光后,依次经过二维扫描振镜、扫描透镜、管镜和第一物镜,在待测样品上形成聚焦光斑,通过二维扫描振镜偏转使聚焦光斑在待测样品上进行二维扫描,待测样品表面反射的光束依次经过第一物镜、管镜、二维扫描振镜、第一分光棱镜和第一收集透镜,通过多模光纤被第一光电探测器收集;

[0008] 共焦光学探针模块包括第二激光器、第二分光棱镜、第二物镜、第二收集透镜和第二光电探测器;

[0009] 第二激光器发出的激光光束,激光光束经过第二分光棱镜,然后通过第二物镜在待测样品上形成聚焦光斑,待测样品表面反射的光束经过第二物镜、第二分光棱镜和第二收集透镜,通过多模光纤被第二光电探测器收集。

[0010] 本发明所述基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置的测量方法,该测量方法包括宏观结构的三维测量和微观结构的三维测量;宏观结构的三维测量采用共焦光学探针模块完成,微观结构的三维测量采用共焦显微三维测量模块完成。

[0011] 宏观结构的三维测量的具体过程为:

[0012] 步骤1、共焦光学探针模块的第二激光器发出激光光束,经过第二分光棱镜和第二物镜后在待测样品上形成聚焦光斑,待测样品表面反射的光束经过第二物镜、第二分光棱镜和第二收集透镜,通过多模光纤被第二光电探测器收集,通过轴向响应曲线顶点位置确定待测样品的表面位置;

[0013] 步骤2、直线运动平台模块带动共焦显微三维测量模块沿X向移动,形成宏观二维轮廓扫描测量;

[0014] 步骤3、旋转运动平台模块带动待测样品在XY平面上旋转,完成待测样品的宏观三维面形测量。

[0015] 微观结构的三维测量的具体过程为:

[0016] 步骤1、共焦显微三维测量模块的第一激光器发出激光光束,经过第一分光棱镜的分光后,依次经过二维扫描振镜、扫描透镜、管镜和第一物镜,在待测样品上形成聚焦光斑;待测样品表面反射的光束依次经过第一物镜、管镜、二维扫描振镜、第一分光棱镜和第一收集透镜,通过多模光纤被第一光电探测器收集,通过轴向响应曲线顶点位置确定待测样品的表面位置;

[0017] 步骤2、通过二维扫描振镜偏转使聚焦光斑在待测样品上进行二维扫描;

[0018] 步骤3、直线运动平台模块带动共焦显微三维测量模块沿X向移动,旋转运动平台模块带动待测样品在XY平面上旋转,使微结构区域在共焦显微三维测量模块视场范围内,完成微观结构的三维测量。

[0019] 本发明的优点:本发明提出的基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置及其测量方法结合共焦显微三维测量以及光学探针轮廓测量手段,实现对具有宏微结合结构特征的光学元件面形测量。本发明通过共焦技术进行宏微复合复杂面形测量,可以测量宏观三维面形以及微观结构三维测量,测量精度高,而且可以对自由曲面进行测量。本发明具有如下优点:

[0020] 1、通过共焦技术进行对具有宏微结合面形特点的光学元件进行测量,可以完成对宏微结合的复杂面形的测量。

[0021] 2、能够测量宏微结合的复杂面形的宏观二维轮廓、宏观三维轮廓和局部微结构的三维测量,同现有方法相比,可以更全面的对面形进行测量,同时可以对自由曲面进行测量。

[0022] 3、由于采用光学非接触式测量方法,因此避免了对被测样品的损伤。

附图说明

[0023] 图1是本发明所述共焦显微原理的宏微结合面形测量装置的结构示意图;

[0024] 图2是本发明所述共焦显微三维测量模块的结构示意图;

[0025] 图3是本发明所述共焦光学探针模块的结构示意图。

具体实施方式

[0026] 具体实施方式一：下面结合图1-图3说明本实施方式，本实施方式所述基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置，该装置包括共焦显微模块、直线运动平台模块3和旋转运动平台模块5，共焦显微模块包括共焦显微三维测量模块1和共焦光学探针模块2；

[0027] 旋转运动平台模块5上端面的中央固定有支柱4，直线运动平台模块3安装在支柱4的横梁上，直线运动平台模块3在横梁上沿X向运动，旋转运动平台模块5在XY平面上旋转，直线运动平台模块3的外侧分别安装有共焦显微三维测量模块1和共焦光学探针模块2，待测样品7放置在旋转运动平台模块5上端面的中央；

[0028] 共焦显微三维测量模块1包括第一激光器1-1、第一分光棱镜1-2、二维扫描振镜1-3、扫描透镜1-4、管镜1-5、第一物镜1-6、第一收集透镜1-7和第一光电探测器1-8；

[0029] 第一激光器1-1发出激光光束，激光光束经过第一分光棱镜1-2的分光后，一次经过二维扫描振镜1-3、扫描透镜1-4、管镜1-5和第一物镜1-6，在待测样品7上形成聚焦光斑，通过二维扫描振镜1-3偏转使聚焦光斑在待测样品7上进行二维扫描，待测样品7表面反射的光束依次经过第一物镜1-6、管镜1-5、二维扫描振镜1-3、第一分光棱镜1-2和第一收集透镜1-7，通过多模光纤被第一光电探测器1-8收集；

[0030] 共焦光学探针模块2包括第二激光器2-1、第二分光棱镜2-2、第二物镜2-3、第二收集透镜2-4和第二光电探测器2-5；

[0031] 第二激光器2-1发出的激光光束，激光光束经过第二分光棱镜2-2，然后通过第二物镜2-3在待测样品7上形成聚焦光斑，待测样品7表面反射的光束经过第二物镜2-3、第二分光棱镜2-2和第二收集透镜2-4，通过多模光纤被第二光电探测器2-5收集。

[0032] 本实施方式中，所述的直线运动平台模块3带动共焦显微模块沿X向移动，使共焦光学探针模块2测量待测样品7的不同位置，得到待测样品7的宏观二维轮廓；所述的旋转运动平台模块5带动待测样品7旋转到固定位置，得到待测样品7的宏观三维面形。

[0033] 本实施方式中，共焦显微三维测量模块1的第一激光器1-1发出激光光束，经过第一分光棱镜1-2、二维扫描振镜1-3、扫描透镜1-4、管镜1-5和第一物镜1-6后在待测样品7上形成聚焦光斑，待测样品7表面反射的光束依次经过第一物镜1-6、管镜1-5、二维扫描振镜1-3、第一分光棱镜1-2和第一收集透镜1-7，通过多模光纤被第一光电探测器1-8收集，完成待测样品7的微观结构的三维测量。

[0034] 本实施方式中，图1中，支柱4为Z轴方向。

[0035] 具体实施方式二：本实施方式对实施方式一作进一步说明，支柱4的横梁为气浮直线导轨，直线运动平台模块3沿气浮直线导轨运动。

[0036] 具体实施方式三：本实施方式对实施方式一作进一步说明，第一激光器1-1和第二激光器2-1采用相同的激光器，发射波长为532nm，经过第一物镜1-6和第二物镜2-3后，光的功率小于30mW。

[0037] 具体实施方式四：下面结合图1-图3说明本实施方式，本实施方式所述基于共焦显微原理的宏微结合面形测量装置的测量方法，该测量方法包括宏观结构的三维测量和微观结构的三维测量；宏观结构的三维测量采用共焦光学探针模块2完成，微观结构的三维测量采用共焦显微三维测量模块1完成。

[0038] 具体实施方式五：下面结合图1-图3说明本实施方式，本实施方式对实施方式四作进一步说明，宏观结构的三维测量的具体过程为：

[0039] 步骤1、共焦光学探针模块2的第二激光器2-1发出激光光束，经过第二分光棱镜2-2和第二物镜2-3后在待测样品7上形成聚焦光斑，待测样品7表面反射的光束经过第二物镜2-3、第二分光棱镜2-2和第二收集透镜2-4，通过多模光纤被第二光电探测器2-5收集，通过轴向响应曲线顶点位置确定待测样品7的表面位置；

[0040] 步骤2、直线运动平台模块3带动共焦显微三维测量模块1沿X向移动，形成宏观二维轮廓扫描测量；

[0041] 步骤3、旋转运动平台模块5带动待测样品7在XY平面上旋转，完成待测样品7的宏观三维面形测量。

[0042] 具体实施方式六：下面结合图1-图3说明本实施方式，本实施方式对实施方式四作进一步说明，微观结构的三维测量的具体过程为：

[0043] 步骤1、共焦显微三维测量模块1的第一激光器1-1发出激光光束，经过第一分光棱镜1-2的分光后，依次经过二维扫描振镜1-3、扫描透镜1-4、管镜1-5和第一物镜1-6，在待测样品7上形成聚焦光斑；待测样品7表面反射的光束依次经过第一物镜1-6、管镜1-5、二维扫描振镜1-3、第一分光棱镜1-2和第一收集透镜1-7，通过多模光纤被第一光电探测器1-8收集，通过轴向响应曲线顶点位置确定待测样品7的表面位置；

[0044] 步骤2、通过二维扫描振镜1-3偏转使聚焦光斑在待测样品7上进行二维扫描；

[0045] 步骤3、直线运动平台模块3带动共焦显微三维测量模块1沿X向移动，旋转运动平台模块5带动待测样品7在XY平面上旋转，使微结构区域在共焦显微三维测量模块1视场范围内，完成微观结构的三维测量。

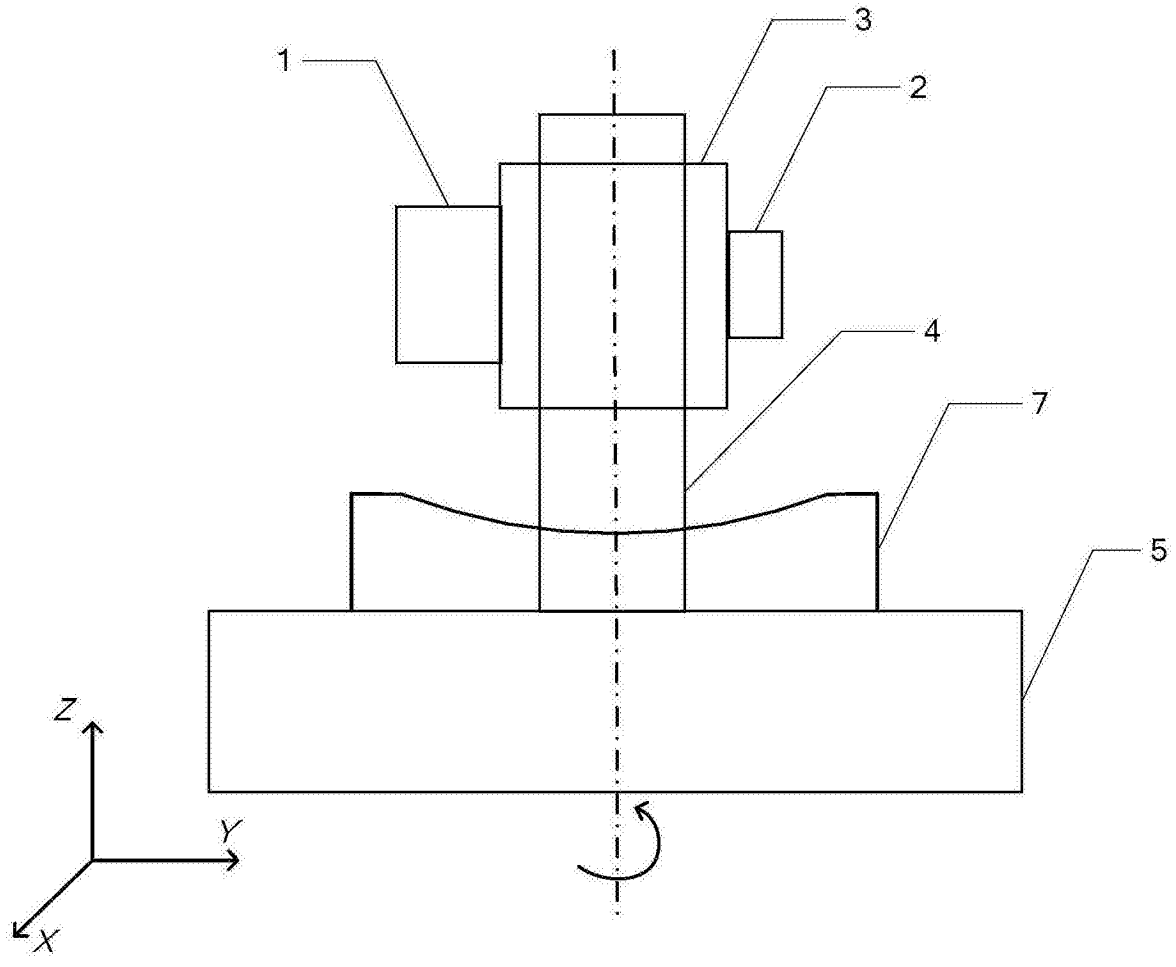


图1

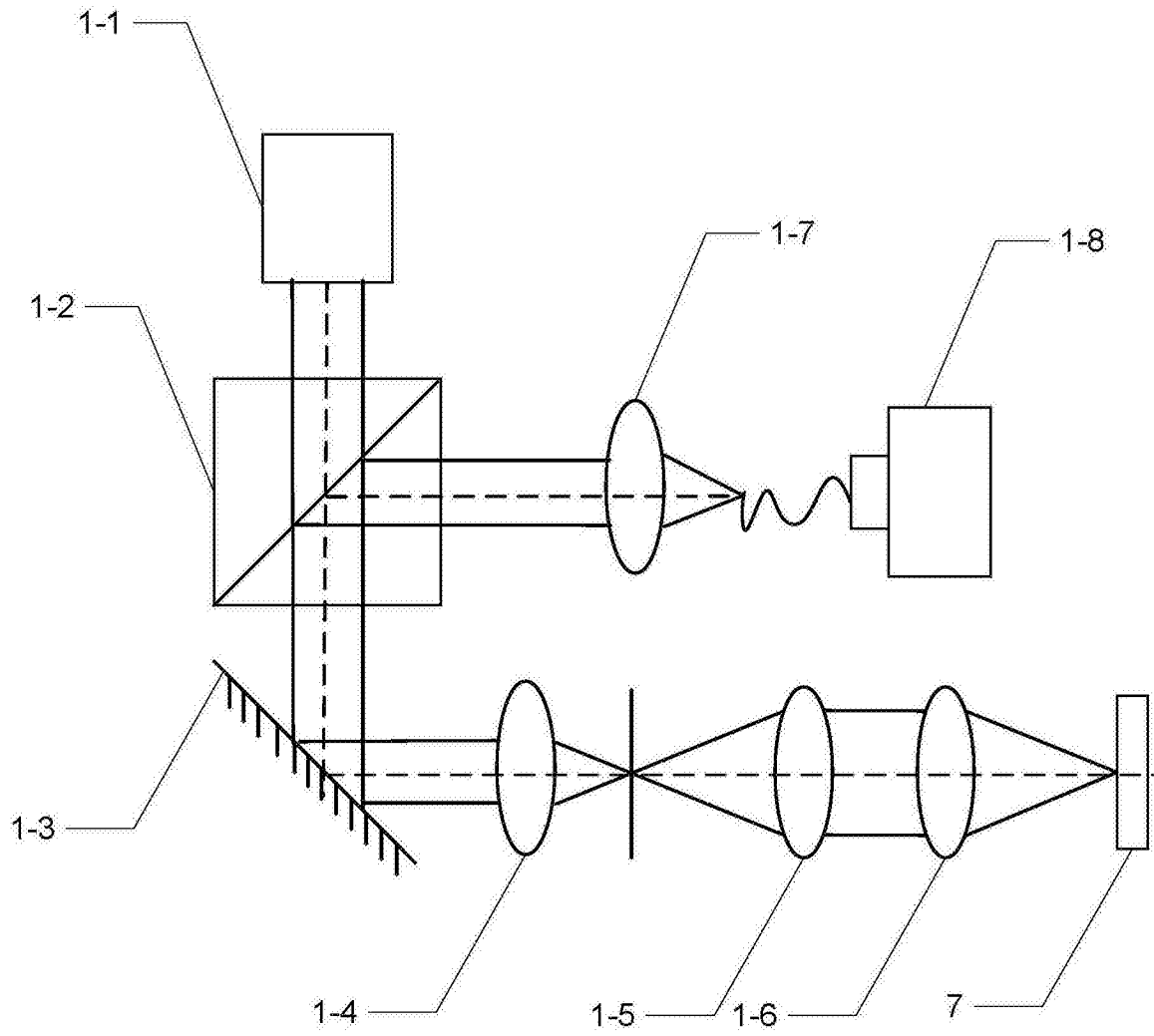


图2

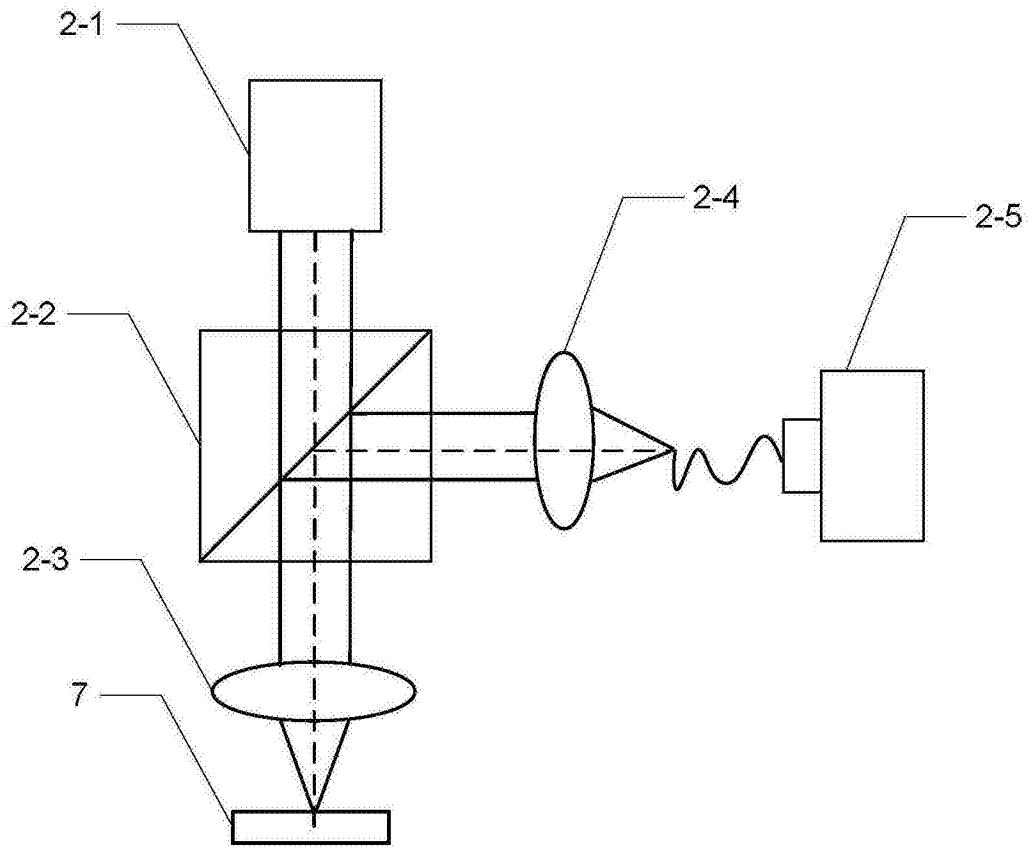


图3