

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2015年9月17日 (17.09.2015)



(10) 国际公布号  
WO 2015/135415 A1

- (51) 国际专利分类号:  
G01N 21/65 (2006.01) G01N 21/01 (2006.01)  
G01N 21/63 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/073030
- (22) 国际申请日: 2015年2月13日 (13.02.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201410086360.8 2014年3月10日 (10.03.2014) CN
- (71) 申请人: 北京理工大学 (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区中关村南大街5号, Beijing 100081 (CN)。
- (72) 发明人: 赵维谦 (ZHAO, Weiqian); 中国北京市海淀区中关村南大街5号, Beijing 100081 (CN)。 盛忠 (SHENG, Zhong); 中国北京市海淀区中关村南大街5号, Beijing 100081 (CN)。 邱丽荣 (QIU, Lirong); 中国北京市海淀区中关村南大街5号, Beijing 100081 (CN)。 王允 (WANG, Yun); 中国北京市海淀区中关村南大街5号, Beijing 100081 (CN)。
- (74) 代理人: 北京润泽恒知识产权代理有限公司 (BEIJING RISEHIGH INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区中关村南大街31号神舟大厦702, Beijing 100081 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING LIGHT-SPLITTING PUPIL LASER DIFFERENTIAL MOTION CONFOCAL BRILLOUIN-RAMAN SPECTRUMS

(54) 发明名称: 分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法及装置

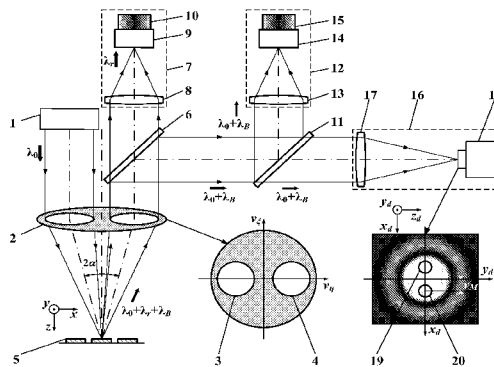
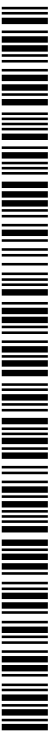


图 3 / Fig.3

(57) Abstract: A method and apparatus for measuring light-splitting pupil laser differential motion confocal Brillouin-Raman spectrums, which relates to the technical field of microscopic spectrum imaging. A light-splitting pupil confocal microscopic imaging system is constructed by using Rayleigh scattered light abandoned in confocal Raman spectrum detection, so as to implement high-resolution imaging at three-dimensional geometric position of a sample; by means of a characteristic that a "zero crossing point" of an light-splitting pupil laser differential motion confocal microscopic imaging apparatus is accurately corresponding to a focal point thereof, a spectrum detector is controlled to accurately capture Raman spectrum information excited on a focus point of an objective lens, so as to further implement high-precision detection of a microcell geometric position and spectrum information of a sample, namely, high spatial resolution detection that "combines image and spectrum", and meanwhile, the balance of a resolution capability and a measurement range is effectively considered; by means of a characteristic that a confocal Raman spectrum detection technology and a confocal Brillouin spectrum detection technology have complementary advantages, a confocal spectrum detection scheme is designed in which a Raman spectrum and a Brillouin spectrum are simultaneously detected, so as to implement comprehensive measurement and de-coupling of multi-performance parameters of materials.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2015/135415 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO,  
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,  
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG)。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

---

一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法及装置, 属于显微光谱成像技术领域。通过利用共焦拉曼光谱探测中遗弃的瑞利散射光构建分光瞳共焦显微成像系统来实现样品三维几何位置的高分辨成像, 并利用分光瞳差动共焦显微成像装置的"过零点"与其焦点精确对应这一特性来控制光谱探测器精确捕获物镜聚焦点处激发的拉曼光谱信息, 进而实现对样品微区几何位置与光谱信息的高精度探测即"图谱合一"的高空间分辨探测, 并同时达到分辨能力和量程范围的有效兼顾; 利用共焦拉曼光谱探测技术和共焦布里渊光谱探测技术优势互补的特点, 设计拉曼光谱和布里渊光谱同时探测的共焦光谱探测方案, 实现材料多性能参数的综合测量与解耦。

## 分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法及装置

### 技术领域

本申请属于显微光谱成像技术领域，涉及一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法及装置。

### 背景技术

5 光射现象广泛存在于光与粒子的作用过程中，即当一束光通过介质时，介质粒子受光波的作用，从一个量子态跃迁到另一个量子态，并同时辐射出散射波，不同的能级跃迁方式分别产生了瑞利、反斯托克斯和斯托克斯散射，通常根据入射光波长改变量将光散射分为：瑞利散射、拉曼散射及布里渊散射。三种散射中的瑞利散射信号最强，布里渊散射信号次之，拉曼散射信号最弱。

10 传统共焦拉曼光谱探测仪的原理如图 1 所示，光源系统发出激发光束透过偏振分光镜、四分之一波片和聚焦物镜后，聚焦在被测样品上，激发出载有样品光谱特性的拉曼散射光；通过三维扫描系统移动被测样品，使对应被测样品不同区域的拉曼散射光再次通过四分之一波片并被偏振分光镜反射，第一聚光镜将偏振分光镜反射的光进行会聚，利用位于第一针孔后面的光谱探测器测得载有被测样品光谱信息的拉曼散射光谱。

现有的共焦光谱显微技术存在如下不足：

15 (1) 空间分辨能力不高，仅达  $1\ \mu\text{m}$  左右。激光激发的拉曼光谱的强度信号很弱，比遗弃的锐利光束的强度低 6 个量级左右，因而为了探测到极弱的拉曼信号，共焦拉曼光谱探测系统的针孔的孔径通常在  $\text{Ø}100\ \mu\text{m}$  左右，远大于现有共焦显微镜  $10\ \mu\text{m}$  左右针孔孔径值，其结果使现有的共焦拉曼光谱的空间分辨力仅达  $1\ \mu\text{m}$ ，并且自共焦拉曼光谱探测技术发明的二十多年来一直未有根本性的改变。

(2) 捕获焦点激发的拉曼光谱能力差。共焦拉曼光谱探测系统，由于在极值点处强度响应不灵敏，其很难真正捕获到焦点处激发的样品的拉曼光谱信息，因而限制了现有共焦拉曼光谱探测的空间分辨能力；

20 (3) 探测时间长，系统漂移大。由于共焦拉曼光谱信号很弱，进行图谱成像时探测器需进行长期的积分（常达数小时），光学系统及样品工作台的漂移，常会造成样品离焦，继而降低了共焦拉曼光谱探测的空间分辨能力；

(4) 样品杂散光较强，影响了拉曼光谱探测仪器的信噪比。现有的共焦拉曼光谱探测仪器，由于采用了背向反射样品探测方式和入射激发光路与散射光探测光路完全共光路的方式，其势必存在样品杂散光干扰大的不足，限制了现有共焦显微镜对高散射样品的光谱探测能力；

25 (5) 多性能参数测量能力亟待改善。现有的光谱探测技术，通常拉曼散射光谱和布里渊散射光谱分开探测，制约了机械形态性能参数的同时测量需求。

30 为克服传统共焦拉曼系统存在定焦精度低的不足，曾提出了一种具有很强微区光谱探测能力的差动共焦拉曼光谱测试方法，其将共焦探测光路系统分为两部分，并将这两个探测系统的点探测器分别置于焦前和焦后位置进行差动探测，继而实现双极性绝对零点跟踪测量等。其原理如图 2 所示，该方法旨在实现样品精细微区的光谱成像检测，为样品微区三维尺度及光谱特性的测量与分析提供新的手段。但是，该差动共焦拉曼光谱测试方法由于采用了双路物理针孔结构，造成差动共焦测量系统结构相对复杂，并且对离焦位置要求严格，装调困难，增加了误差源；该方法未利用含有丰富样品信息的布里渊散射光谱，在材料的弹性和压电等性质测试方面仍然受到限制；此外，由于差动共焦显微系统受到原理限制，通常难以兼顾分辨能力、工作距离和视场。

35 通常样品散射的拉曼光谱强度为反射的瑞利光束强度的  $10^{-3} \sim 10^{-6}$  倍，而传统的光谱探测仪器遗弃了强于拉曼散射光的瑞利光束。因而，利用现有光谱探测系统中遗弃的瑞利光束进行辅助探测以改善现有共焦拉曼光谱探测技术空间分辨力是光谱高分辨成像与探测的新途径。

### 发明内容

40 本申请的目的是为克服现有技术的不足，提出分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法及装置。通过利用共焦拉曼光谱探测中遗弃的瑞利光构建分光瞳激光差动共焦显微成像系统来实现样品三维几何位置的高分辨成像，并利用分光瞳激光差动共焦显微成像装置的“过零点”与其焦点精确对应这一特性来控制光谱探测器精确捕获物镜聚焦

点处激发的拉曼光谱信息,进而实现对样品微区几何位置与光谱信息的高精度探测,即“图谱合一”的高空间分辨探测,同时达到分辨能力和量程范围的有效兼顾;通过探测共焦拉曼光谱探测中遗弃的布里渊散射光来获得物质基本性质(弹性、磁性、相变)及多种交叉效应(压电、磁弹、光弹等),继而实现材料应力、弹性参数、密度等测量;利用共焦拉曼光谱探测技术和共焦布里渊光谱探测技术优势互补的特点,设计拉曼光谱和布里渊光谱同时探测的共焦光谱探测方案,实现材料多性能参数的综合测量与解耦。

- 5 本申请实施例公开了一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法,包括:
- 步骤 1301,光源系统(1)发出激发光束;
- 激发光束透过测量物镜(2)光瞳面上的照明光瞳(3)后,聚焦在被测样品(5)上,获得样品光束;所述样品光束包括激发出的拉曼散射光和布里渊散射光,瑞利散射光和反射光;
- 10 样品光束经测量物镜(2)光瞳面上的收集光瞳(4)到达二向色分光系统(6);
- 步骤 1302,二向色分光系统(6)将拉曼散射光从传入的样品光束中进行分离;
- 经二向色分光系统(6)透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统(7);
- 经二向色分光系统(6)反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光系统(11);
- 步骤 1303,拉曼光谱探测系统(7)对进入的拉曼散射光进行光谱探测,获得拉曼光谱信号;
- 15 步骤 1304,分光系统(11)对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行分光处理;
- 经分光系统(11)反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入布里渊光谱探测系统(12);
- 经分光系统(11)透射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光瞳激光差动共焦探测系统(16);
- 步骤 1305,布里渊光谱探测系统(12)对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行光谱探测,获得布里渊光谱信号;
- 20 步骤 1306,分光瞳激光差动共焦探测系统(16)探测进入的瑞利散射光、布里渊散射光和反射光的艾利斑;
- 步骤 1307,采用分光瞳激光差动共焦探测系统(16)所探测到的光斑和位移传感器(25)所得到的样品位移信息计算被测样品(5)的位置信息;
- 步骤 1308,计算机处理系统(30)控制三维扫描系统(24)移动被测样品(5)至下一位置,重复执行步骤 1303 至步骤 1308 直至测量完成;
- 25 步骤 1309,采用每个位置的位置信息与对应的拉曼光谱信号、布里渊光谱信号对所述被测样品(5)进行三维重构处理及光谱信息融合处理。
- 优选地,步骤 1307 包括:
- 对所述瑞利散射光的光斑进行分割处理,获得第一探测区域(19)和第二探测区域(20),并得到相应的光强信号;
- 30 三维扫描系统(24)驱动被测样品(5)沿测量物镜(2)的主轴方向进行扫描,同时对所述第一探测区域(19)中光强信号和所述第二探测区域(20)中的光强信号进行差动相减处理,获得分光瞳激光差动共焦响应曲线;所述差动共焦响应曲线中包括零点;所述零点为所述第一探测区域(19)中的光强信号与所述第二探测区域(20)中的光强信号相等的点;所述零点精确对应测量物镜(2)的焦点;
- 采用所述零点计算所述被测样品(5)的轴向位置信息;
- 35 监测零点,通过三维扫描系统(24)实时微调被测样品(5)的位置以环境因素变化而导致的离焦误差,使得被测样品(5)始终处于测量物镜的焦点位置;
- 位移传感器(25)向所述计算机处理系统(30)返回被测样品(5)的水平位移信息、轴向位置信息。
- 优选地,在光源系统(1)和照明光瞳(3)之间安放有光束调制系统(36);
- 光束调制系统(36)包括沿光路依次放置的第四聚光镜(37)、位于第四聚光镜(37)焦点处的第三针孔(38)、
- 40 以及焦点位于第三针孔(38)处的第五聚光镜(39);
- 激发光束经第四聚光镜(37)汇聚后进入第三针孔(38)成为点光源,再经焦点位于第三针孔(38)的第五聚光镜(39)准直扩束后,形成平行的激发光束。
- 优选地,在光源系统(1)和照明光瞳(3)之间设置有准直透镜(40)、位于准直透镜(40)焦点处的第一光纤终端(41),第一光纤终端(41)接入第一光纤跳线(42);
- 45 激发光束通过第一光纤跳线(42)传输至第一光纤终端(41);

- 第一光纤终端 (41) 发射激光光束;  
激光光束经准直透镜 (40) 准直后平行入射到测量物镜 (2) 光瞳面上的照明光瞳 (3) 中。  
优选地, 拉曼光谱探测系统 (7) 包括第一聚光镜 (8)、第一光谱探测器 (9) 和第一探测器 (10);  
步骤 1303 包括:
- 5 所述第一聚光镜 (8) 对经二向色分光器 (6) 分离之后的所述拉曼散射光进行聚焦;  
所述光谱探测器 (9) 从聚焦后的所述拉曼散射光中提取拉曼散射信号;  
所述第一探测器 (10) 测量所述拉曼散射信号中不同波长的相对强度以获得拉曼光谱的光谱信息。  
优选地, 所述第一光谱探测器 (9) 的探测面位于所述第一聚光镜 (8) 的焦点处, 拉曼光谱探测系统 (7) 还包括第一针孔 (34);
- 10 第一针孔 (34) 设置在第一聚光镜 (8) 的焦点处, 所述第一光谱探测器 (9) 的探测面位于所述第一针孔 (34) 之后;  
步骤 1303 还包括:  
所述第一针孔 (34) 对所述第一聚光镜 (8) 焦点之外的杂散光进行滤除。  
当只对接收拉曼散射光的拉曼光谱探测系统 (7) 获得的拉曼光谱信号处理时, 系统能够进行共焦拉曼光谱探测。
- 15 优选地, 拉曼光谱探测系统 (7) 还包括第二光纤终端 (43);  
第二光纤终端 (43) 设置在第一聚光镜 (8) 的焦点处, 第二光纤终端 (43) 接入第二光纤跳线 (44);  
步骤 1303 还包括:  
第二光纤终端 (43) 通过第二光纤跳线 (44) 将拉曼散射光传输至第一光谱探测器 (9)。  
优选地, 布里渊光谱探测系统 (12) 包括第二聚光镜 (13)、第二光谱探测器 (14) 和第二探测器 (15);
- 20 步骤 1305 包括:  
进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光经第二聚光镜 (13) 汇聚后传输至第二光谱探测器 (14);  
第二光谱探测器 (14) 从进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光中提取布里渊散射光谱;  
第二探测器 (15) 探测第二光谱探测器 (14) 所提取的布里渊光谱相对强度以获得布里渊光谱的光谱信号。  
优选地, 所述第二光谱探测器 (14) 的探测面位于所述第二聚光镜 (13) 的焦点处, 布里渊光谱探测系统 (12)
- 25 还包括第二针孔 (35);  
第二针孔 (35) 设置在第二聚光镜 (13) 的焦点处, 所述第二光谱探测器 (14) 的探测面位于所述第二针孔 (35) 之后;  
步骤 1305 还包括:  
所述第二针孔 (35) 对所述第二聚光镜 (13) 焦点之外的杂散光进行滤除。
- 30 当只对接收布里渊散射光、瑞利散射光和反射光的布里渊光谱探测系统 (12) 获得的布里渊光谱信号处理时, 系统能够进行共焦布里渊光谱探测。  
优选地, 布里渊光谱探测系统 (12) 还包括第三光纤终端 (45);  
第三光纤终端 (45) 位于第二聚光镜 (13) 的焦点处, 第三光纤终端 (45) 接入第三光纤跳线 (46);  
步骤 1305 还包括:
- 35 第三光纤终端 (45) 通过第三光纤跳线 (46) 将布里渊散射光、瑞利散射光和反射光传输至第二光谱探测器 (14)。  
优选地, 分光瞳激光差动共焦探测系统 (16) 包括第三聚光镜 (17) 和图像采集系统 (18);  
步骤 1306 包括:  
进入的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光经第三聚光镜 (17) 汇聚后传输至图像采集系统 (18);
- 40 图像采集系统 (18) 采集汇聚后的的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光的艾利斑。  
优选地, 图像采集系统 (18) 的探测面位于第三聚光镜 (17) 的焦点处;  
进入的布里渊散射光和瑞利光经第三聚光镜 (17) 聚焦在图像采集系统 (18) 的探测面上。  
优选地, 分光瞳激光差动共焦探测系统 (16) 还包括图像放大系统 (47);  
图像放大系统 (47) 的物面位于第三聚光镜 (17) 的焦点处, 图像采集系统 (18) 的探测面位于图像放大系统
- 45 (47) 的像面处。

优选地，所述激光光束包括：圆偏振光、线偏振光，或者，是由光瞳滤波器生成的结构光束。

本申请实施例还公开了一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置，包括：

光源系统（1），配置为发出激发光束；

5 激发光束透过测量物镜（2）光瞳面上的照明光瞳（3）后，聚焦在被测样品（5）上，获得样品光束；所述样品光束包括激发出的拉曼散射光和布里渊散射光，瑞利散射光和反射光；

样品光束经测量物镜（2）光瞳面上的收集光瞳（4）到达二向色分光系统（6）；

二向色分光系统（6），配置为将拉曼散射光从传入的样品光束中进行分离；

经二向色分光系统（6）透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统（7）；

10 经二向色分光系统（6）反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光系统（11）；

拉曼光谱探测系统（7），配置为对进入的拉曼散射光进行光谱探测，获得拉曼光谱信号；

分光系统（11），配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行分光处理；

经分光系统（11）反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入布里渊光谱探测系统（12）；

经分光系统（11）透射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光瞳激光差动共焦探测系统（16）；

15 布里渊光谱探测系统（12），配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行光谱探测，获得布里渊光谱信号；

分光瞳激光差动共焦探测系统（16），配置为探测进入的瑞利散射光、布里渊散射光和反射光的艾利斑；

数据处理单元（26），配置为采用分光瞳激光差动共焦探测系统（16）所探测到的光斑和位移传感器（25）所得到的样品位移信息计算被测样品（5）的位置信息；

20 计算机处理系统（30），配置为控制三维扫描系统（24）移动被测样品（5）至下一位置，重复调用拉曼光谱探测系统（7）、分光系统（11）、布里渊光谱探测系统（12）和位置信息计算单元直至测量完成；

数据融合模块（29），配置为采用每个位置的位置信息与对应的拉曼光谱信号、布里渊光谱信号对所述被测样品（5）进行三维重构处理及光谱信息融合处理。

优选地，数据处理单元（26）包括：

25 分割焦斑探测模块（27），配置为对所述瑞利散射光的光斑进行分割处理，获得第一探测区域（19）和第二探测区域（20），并得到相应的光强信号；

三维扫描系统（24），还配置为驱动被测样品（5）沿测量物镜（2）的主轴方向进行扫描；

30 差动相减模块（28），配置为对所述第一探测区域（19）中光强信号和所述第二探测区域（20）中的光强信号进行差动相减处理，获得分光瞳激光差动共焦响应曲线；所述差动共焦响应曲线中包括零点；所述零点为所述第一探测区域（19）中的光强信号与所述第二探测区域（20）中的光强信号相等的点；所述零点精确对应测量物镜（2）的焦点；

数据处理单元（26）还配置为采用所述零点计算所述被测样品（5）的轴向位置信息；

监测零点，通过三维扫描系统（24）实时微调被测样品（5）的位置以环境因素变化而导致的离焦误差，使得被测样品（5）始终处于测量物镜的焦点位置；

位移传感器（25），配置为向所述计算机处理系统（30）返回被测样品（5）的水平位移信息、轴向位置信息。

35 优选地，在光源系统（1）和照明光瞳（3）之间安放有光束调制系统（36）；

光束调制系统（36）包括沿光路依次放置的第四聚光镜（37）、位于第四聚光镜（37）焦点处的第三针孔（38）、以及焦点位于第三针孔（38）处的第五聚光镜（39）；

激发光束经第四聚光镜（37）汇聚后进入第三针孔（38）成为点光源，再经焦点位于第三针孔（38）的第五聚光镜（39）准直扩束后，形成平行的激发光束。

40 优选地，在光源系统（1）和照明光瞳（3）之间设置有准直透镜（40）、位于准直透镜（40）焦点处的第一光纤终端（41），第一光纤终端（41）接入第一光纤跳线（42）；

激发光束通过第一光纤跳线（42）传输至第一光纤终端（41）；

第一光纤终端（41）发射激光光束；

激光光束经准直透镜（40）准直后平行入射到测量物镜（2）光瞳面上的照明光瞳（3）中。

45 优选地，拉曼光谱探测系统（7）包括第一聚光镜（8）、第一光谱探测器（9）和第一探测器（10）；

所述第一聚光镜(8)配置为对经二向色分光器(6)分离之后的所述拉曼散射光进行聚焦;

所述光谱探测器(9)配置为从聚焦后的所述拉曼散射光中提取拉曼散射信号;

所述第一探测器(10)配置为测量所述拉曼散射信号中不同波长的相对强度以获得拉曼光谱的光谱信息。

5 优选地,所述第一光谱探测器(9)的探测面位于所述第一聚光镜8的焦点处,拉曼光谱探测系统(7)还包括第一针孔(34);

第一针孔(34)设置在第一聚光镜(8)的焦点处,所述第一光谱探测器(9)的探测面位于所述第一针孔(34)之后;

所述第一针孔(34)配置为对所述第一聚光镜(8)焦点之外的杂散光进行滤除。

当只对接收拉曼散射光的拉曼光谱探测系统(7)获得的拉曼光谱信号处理时,可构建共焦拉曼光谱探测装置。

10 优选地,拉曼光谱探测系统(7)还包括第二光纤终端(43);

第二光纤终端(43)设置在第一聚光镜(8)的焦点处,第二光纤终端(43)接入第二光纤跳线(44);

第二光纤终端(43)配置为通过第二光纤跳线(44)将拉曼散射光传输至第一光谱探测器(9)。

优选地,布里渊光谱探测系统(12)包括第二聚光镜(13)、第二光谱探测器(14)和第二探测器(15);

第二聚光镜(13)配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光经汇聚后传输至第二光谱探测器(14);

15 第二光谱探测器(14)配置为从进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光中提取布里渊散射光谱;

第二探测器(15)配置为探测第二光谱探测器(14)所提取的布里渊光谱相对强度以获得布里渊光谱的光谱信号。

优选地,所述第二光谱探测器14的探测面位于所述第二聚光镜(13)的焦点处,布里渊光谱探测系统(12)还包括第二针孔(35);

20 第二针孔(35)设置在第二聚光镜(13)的焦点处,所述第二光谱探测器(14)的探测面位于所述第二针孔(35)之后;

所述第二针孔(35)配置为对所述第二聚光镜(13)焦点之外的杂散光进行滤除。

当只对接收布里渊散射光、瑞利散射光和反射光的布里渊光谱探测系统(12)获得的布里渊光谱信号处理时,可构建共焦布里渊光谱探测装置。

25 优选地,布里渊光谱探测系统(12)还包括第三光纤终端(45);

第三光纤终端(45)位于第二聚光镜(13)的焦点处,第三光纤终端(45)接入第三光纤跳线(46);

第三光纤终端(45)配置为通过第三光纤跳线(46)将布里渊散射光、瑞利散射光和反射光传输至第二光谱探测器(14)。

优选地,分光瞳激光差动共焦探测系统(16)包括第三聚光镜(17)和图像采集系统(18);

30 第三聚光镜(17)配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光经汇聚后传输至图像采集系统(18);

图像采集系统(18)配置为采集汇聚后的的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光的艾利斑。

优选地,图像采集系统(18)的探测面位于第三聚光镜(17)的焦点处;

进入的布里渊散射光和瑞利光经第三聚光镜(17)聚焦在图像采集系统(18)的探测面上。

在本申请的一种实施例中,分光瞳激光差动共焦探测系统(16)还包括图像放大系统(47);

35 图像放大系统(47)的物面位于第三聚光镜(17)的焦点处,图像采集系统(18)的探测面位于图像放大系统(47)的像面处。

优选地,所述激光光束包括:圆偏振光、线偏振光,或者,是由光瞳滤波器生成的结构光束。

### 有益效果

本申请方法,对比已有技术具有以下创新点:

40 1、本申请将分光瞳激光差动共焦显微技术与光谱探测技术有机结合,融合了分光瞳激光差动共焦显微技术的高精度物镜聚焦点位置跟踪捕获能力,可探测到精确对应最小激发聚焦光斑区域的样品光谱特性,在大幅提高微区光谱探测能力的同时也大大简化了系统的光路结构;

45 2、本申请将分光瞳激光差动共焦显微技术与拉曼光谱、布里渊光谱探测技术有机结合,融合了分光瞳激光差动共焦显微技术的高精度物镜聚焦点位置跟踪捕获能力,利用分光瞳差动共焦响应曲线的“过零点”与物镜聚焦点精确对应的特性,可以对样品进行实时、精确的跟踪定位,克服了传统共焦光谱探测技术捕获焦点光谱能力差的缺点;

3、分光瞳激光差动共焦测具有绝对零点,可进行双极性绝对测量,且绝对零点位于特性曲线灵敏度最大处、并与测量系统“焦点位置”精确对应,极便于进行焦点跟踪测量,可实现几何尺度绝对测量,克服由于探测时间过长而产生的系统漂移;

4、本申请由于采用斜入射的探测光路,抗散射能力强,克服了现有共焦显微成像技术无法抑制焦面散射光干扰的缺,提高了光谱探测的信噪比;本申请通过合理设计能够对蕴含不同信息的拉曼散射光谱和布里渊散射光谱同时进行探测,形成优势互补,实现了对材料成分与基本物理性质的高分辨探测,便于多性能参数的综合测试;

5、由于采用单光路分割焦斑差动探测实现几何位置的成像,其既大幅简化传统差动共焦显微系统的光路结构,又保留了激光差动共焦系统和原有分光瞳激光差动共焦系统的优势,仅通过软件切换处理便可实现分光瞳激光差动共焦显微探测、激光共焦拉曼光谱探测、激光共焦布里渊光谱探测、分光瞳激光差动共焦多性能参数的综合测试等多种模式自由的选与切换处理。

本申请方法具有如下特点:

1、单光路、单探测器分割焦斑差动相减探测方式可有效抑制光源光强波动、探测器电子漂移、环境状态差异等产生的共模噪声,大幅简化探测光路系统,消除因两探测器离轴放置不对称、探测器响应特性不一致等引起的误差,改善了共焦系统的离焦特性;

2、将分光瞳激光差动共焦显微系统与光谱成像系统在结构和功能上相融合,既可实现样品微区几何参数的层析成像,又可实现样品微区的光谱探测,即同时实现微尺度层析成像、图谱层析成像和光谱测试等多种成像模式,并显著改善成像测试系统的抗干扰能力、线性和离焦特性;

3、可实现量程范围与分辨能力的有效兼顾,通过设置在焦斑上所取两个微小区域的参数,以匹配不同反射率的被测样品,应用范围得到扩展;

4、采用分割焦斑的横向差动共焦方式,便于系统根据需求更换不同 NA 值的物镜,调节方便;

5、通过对分光瞳差动共焦探测系统和布里渊光谱探测系统之前的分光系统选择合适的透反比,以最大化利用光强;

6、通过引入了径向偏振光与光瞳滤波器相结合的紧聚焦技术,实现超分辨多光谱综合测试。

#### 附图说明

图 1 为共焦拉曼光谱成像方法示意图;

图 2 为差动共焦拉曼光谱成像方法示意图;

图 3 为本申请的一种形分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法示意图;

图 4 为 D 形分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法示意图;

图 5 为本申请的一种超分辨分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法示意图;

图 6 为本申请的一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置示意图;

图 7 为本申请的一种具有共焦光谱探测系统的分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置示意图;

图 8 为本申请的一种具有光束调制系统的分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置示意图;

图 9 为本申请的一种光纤传输式分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置示意图;

图 10 为本申请的一种具有探测焦斑放大系统的分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置示意图;

图 11 为本申请的一种分超分辨分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法与装置实施例示意图;

图 12 为本申请的一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法的分光瞳激光差动共焦响应曲线、拉曼光谱响应曲线及布里渊光谱响应曲线示意图;

图 13 为本申请的一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法实施例的步骤流程图;

图中, 1-光源系统、2-测量物镜、3-照明光瞳、4-收集光瞳、5-被测样品、6-二向色分光系统、7-拉曼光谱探测系统、8-第一聚光镜、9-第一光谱探测器、10-第一探测器、11-分光系统、12-布里渊光谱探测系统、13-第二聚光镜、14-第二光谱探测器、15-第二探测器、16-分光瞳激光差动共焦探测系统、17-第三聚光镜、18 图像采集系统、19-探测区域 A、20-探测区域 B、21-径向偏振光发生器、22-第一光瞳滤波器、23-第二光瞳滤波器、24-三维扫描系统、25-位移传感器、26-数据处理单元、27-分割焦斑探测模块、28-差动相减模块、29-数据融合模块、30-计算机处理系统、31-分光瞳激光差动共焦响应曲线、32-拉曼光谱响应曲线、33-布里渊光谱响应曲线、34-第一针孔、35-第二针孔、36-光束



调制系统、37-第四聚光镜、38-第三针孔、39-第五聚光镜、40-准直透镜、41-第一光纤终端、42-第一光纤跳线、43-第二光纤终端、44-第二光纤跳线、45-第三光纤终端、46-第三光纤跳线、47-图像放大系统、48-偏振分光镜、49-四分之一波片、50-聚焦物镜、51-第一保偏分光镜、52-第二保偏分光镜、53-第五聚光镜、54-第六聚光镜、55-第三针孔、56-第四针孔、57-第二探测器、58-第三探测器、59-差动共焦数据处理单元、60-数据输出模块。

## 5 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本申请作进一步详细说明。

### 实施例 1

分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法，包括以下步骤：

10 如图 3 所示，首先，在测量物镜 2 的光瞳面上放置照明光瞳 3 和收集光瞳 4；光源系统 1 发出激发光束，激发光束透过测量物镜 2 的照明光瞳 3 后，聚焦在被测样品 5 上，激发出载有被测样品 5 光谱特性的拉曼散射光和布里渊散射光，并反射出瑞利光；拉曼散射光、布里渊散射光和瑞利光经测量物镜 2 的收集光瞳 4 到达二向色分光系统 6；二向色分光系统 6 将拉曼散射光与其他光谱进行无损分离；经二向色分光系统 6 反射的布里渊散射光、瑞利光和反射光进入分光系统 11；经分光系统 11 透射的瑞利光、布里渊散射光和反射光进入分光瞳激光差动共焦探测系统 16；分光瞳激光差动共焦探测系统 16 利用探测器横向偏移能够使分光瞳激光差动共焦显微系统的轴向响应特性曲线产生相移的特性，实现对被测样品 5 微区几何位置的探测；经分光系统 11 反射的布里渊散射光、瑞利光和反射光进入布里渊光谱探测系统 12 进行光谱探测；与此同时，经二向色分光系统 6 透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统 7 中进行光谱探测。被测样品 5 可以通过增强拉曼光谱纳米粒子等拉曼增强技术进行处理，以提高拉曼散射光的强度。

通过计算机处理系统 30 控制三维扫描系统 24 移动被测样品 5，使不同区域瑞利光及对应区域被测样品 5 的拉曼散射光、布里渊散射光通过测量物镜 2 和收集光瞳 4。

20 当对拉曼光谱探测系统 7 获得的拉曼光谱信号进行处理时，系统能够进行拉曼光谱探测；当对布里渊光谱探测系统 12 获得的布里渊光谱信号进行处理时，系统能够进行布里渊光谱探测；当对分光瞳激光差动共焦探测系统 16 获得的差动信号进行处理时，进行高空间分辨力层析成像；当对分光瞳激光差动共焦探测系统 16 获得的差动信号、拉曼光谱探测系统 7 获得的拉曼光谱信号和布里渊光谱探测系统 12 获得的布里渊光谱信号同时进行处理时，系统能够进行高空间分辨力的微区图谱层析成像，对样品的多性能参数的综合测试。

25 特别的，可将圆形的照明光瞳 3 和收集光瞳 4 替换为其他形状（如“D”形，形成 D 形分光瞳激光差动共焦拉曼光谱测试，如图 4 所示）。

特别的，激发光束可以是线偏光、圆偏光等偏振光束；还可以是由光瞳滤波技术生成的结构光束，偏振光与光瞳滤波技术结合可以压缩测量聚焦光斑尺寸，提高系统的横向分辨力，如图 5 所示。

30 分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置，如图 6 所示，包括产生激发光束的光源系统 1、测量物镜 2、二向色分光系统 6、拉曼光谱探测系统 7、布里渊光谱探测系统 12、分光瞳激光差动共焦探测系统 16、三维扫描系统 24、位移传感器 25、数据处理单元 26 和计算机处理系统 30。

其中，在测量物镜 2 的光瞳面上放置照明光瞳 3 和收集光瞳 4。其中，照明光瞳 3 和测量物镜 2 依次位于光源系统 1 的激发光束出射方向上，照明光瞳 3 与激发光束同轴；二向色分光系统 6 位于收集光瞳 4 之后；分光系统 11 位于二向色分光系统 6 的反射方向上。

35 拉曼光谱探测系统 7 位于二向色分光系统 6 的透射方向上；拉曼光谱探测系统 7 包括第一聚光镜 8、第一光谱探测器 9 和第一探测器 10。其中，第一光谱探测器 9 的探测面位于第一聚光镜 8 的焦点处，第一探测器 10 位于第一光谱探测器 9 之后。

40 布里渊光谱探测系统 12 位于分光系统 11 的反射方向上；布里渊光谱探测系统 12 包括第二聚光镜 13、第二光谱探测器 14 和第二探测器 15。其中第二光谱探测器 14 的探测面位于第二聚光镜 13 的焦点处，第二探测器 15 位于第二光谱探测器 14 之后。

分光瞳激光差动共焦探测系统 16 位于分光系统 11 的透射方向上；分光瞳激光差动共焦探测系统 16 包括第三聚光镜 17 和图像采集系统 18，其中，图像采集系统 18 的探测面位于第三聚光镜 17 的焦点处。

数据处理单元 26 包括分割焦斑探测模块 27、差动相减模块 28 和数据融合模块 29；其中，分割焦斑探测模块 27 和差动相减模块 28 配置为处理图像采集系统 18 探测到的光斑，得到分光瞳激光差动共焦响应曲线 31，由此得到被测

样品 5 的位置信息；数据融合模块 29 配置为融合位置信息、拉曼光谱信息和布里渊光谱信息，完成被测样品 5 的三维重构及光谱信息融合。三者关联关系为：分割焦斑探测模块 27 将图像采集系统 18 采集到的艾利斑进行分割并探测，得到的信号进入差动相减模块 28 进行差动相减后，得到分光瞳激光差动共焦响应曲线 31 进入数据融合模块 29。

5 计算机处理系统 30 与位移传感器 25、三维扫描系统 24、数据融合模块 29 相连接。图像采集系统 18 和分割焦斑探测模块 27 相连接。数据融合模块 29 与第一探测器 10 和第二探测器 15 相连接。

通过计算机处理系统 30 控制三维扫描系统 24 移动被测样品 5，使不同区域反射光，瑞利光及对应区域被测样品 5 的拉曼散射光和布里渊散射光通过测量物镜 2 和收集光瞳 4。

如图 7 所示，在第一聚光镜 8 和第二聚光镜 13 的焦点位置安放第一针孔 34 和第二针孔 35，从而构成具有共焦光谱探测系统的分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置。

10 如图 8 所示，在光源系统 1 和照明光瞳 3 之间安放光束调制系统 36；光束调制系统 36 包括沿光路依次放置的第四聚光镜 37、位于第四聚光镜 37 焦点处的第三针孔 38、以及焦点位于第三针孔 38 处的第五聚光镜 39，构成具有光束调制系统的分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置。

15 如图 9 所示，可以通过光纤传输激发光和散射光谱，包括与照明光瞳 3 同轴的准直透镜 40、位于准直透镜 40 焦点处的第一光纤终端 41，通过第一光纤跳线 42 将第一光纤终端 41 与激光器 1 相连；位于第一聚光镜 8 焦点处的第二光纤终端 43，通过第二光纤跳线 44 将第二光纤终端 43 与第一光谱探测器 9 相连；位于第二聚光镜 13 焦点处的第三光纤终端 45，通过第三光纤跳线 46 将第三光纤终端 45 与第二光谱探测器相连 14。以实现模块化拆装，灵活选择功能以及大尺度探测测量。

20 如图 10 所示，在分光瞳激光差动共焦探测系统 16 中，增加图像放大系统 47，能够放大图像采集系统 18 探测到的艾利斑，从而提高分光瞳激光差动共焦探测系统的采集精度；沿光路依次放置第三聚光镜 17、图像放大系统 47 和图像采集系统 18，其中，图像放大系统 47 与第三聚光镜 17 共焦点，图像采集系统 18 位于图像放大系统 47 的焦点处。

## 实施例 2

本实施例中，二向色分光系统 6 为陷波滤波器 Notch Filter，第一光谱探测器 9 为拉曼光谱探测器，分光系统 11 为分光镜，第二光谱探测器 14 为布里渊光谱探测器，图像采集系统 18 为 CCD (Charge-coupled Device, 电荷耦合原件)，三维扫描系统 24 为三维扫描工作台，图像放大系统 47 为放大物镜。

25 如图 11 所示，超分辨分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法，其测试步骤如下：

30 首先，在测量物镜 2 的光瞳面上放置照明光瞳 3 和收集光瞳 4。由激光器构成的光源系统 1 发出可激发出被测样品 5 拉曼光谱的激发光，激发光经第四聚光镜 37 会聚后进入第三针孔 38 成为点光源，再经焦点位于第三针孔 38 的第五聚光镜 39 准直扩束后，形成平行的激发光束。激发光束一次经过径向偏振光发生器 21 和第一光瞳滤波器 22 后透过照明光瞳 3、测量物镜 2，聚焦在被测样品 5 上，返回激发出的载有被测样品 5 光谱特性的拉曼散射光、布里渊散射光、和入射光波长相同的瑞利散射光和反射光。

然后，通过计算机处理系统 30 控制三维扫描工作台 24 移动被测样品 5，使不同区域反射光、瑞利光及对应区域被测样品 5 的拉曼散射光和布里渊散射光通过测量物镜 2 和收集光瞳 4，二向色分光系统 6 将拉曼散射光与其他光谱进行无损分离。

35 经二向色分光系统 6 反射的反射光、瑞利光和布里渊散射光进入分光镜 11，经分光镜 11 透射的布里渊散射光、瑞利光和反射光经过第二光瞳滤波器 23 后进入分光瞳激光差动共焦探测系统 16，经第三聚光镜 17 会聚后进入放大物镜 47，被放大后的光斑被 CCD18 探测，CCD18 探测到的光斑进入分割焦斑探测模块 27，在探测焦斑中的  $x_d$  轴上设置两个微小区域探测区域 A19 和探测区域 B20，两个探测区域关于  $y_d$  轴对称并相对于  $y_d$  轴偏移  $v_M$ ，测得这两个区域的响应分别为  $I_A(u, -v_M)$  和  $I_B(u, v_M)$ ；差动相减模块 28 将得到的信号进行差动相减，得到分光瞳激光差动共焦响应曲线 31：

$$40 \quad I(u, v_M) = I_A(u, -v_M) - I_B(u, v_M)$$

其中， $I(u, v_M)$  为分光瞳激光差动共焦响应， $I_A(u, -v_M)$  为探测区域 A 的响应， $I_B(u, v_M)$  为探测区域 B 的响应； $u$  为轴向归一化光学坐标， $v_M$  为针孔轴向偏移量。分光瞳激光差动共焦响应曲线 31 的“过零点”与激发光束的聚焦焦点精确对应，通过响应曲线 31 的“过零点”获得被测样品 5 表面的高度信息，结合位移传感器 25 反馈的位置信息重构出被测样品 5 的表面三维形貌。

45 经分光镜 11 反射的布里渊散射光、瑞利光和反射光进入布里渊光谱探测系统 12，经第二汇聚镜 13 及其焦点上的

第二针孔 35 后进入布里渊光谱探测器 14 以及其后的第二探测器 15, 测得布里渊散射光谱响应曲线  $I(\lambda_B)$ 33, 其中  $\lambda_B$  为被测样品 5 受激发光激发所发出的布里渊散射光的波长。

同时经二向色分光系统 6 透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统 7, 经第一聚光镜 8 及其焦点上的第一针孔 34 后进入拉曼光谱探测器 9 以及其后的第一探测器 10, 测得载有被测样品 5 光谱信息的拉曼散射光谱响应曲线  $I(\lambda_r)$ 32,

5 其中  $\lambda_r$  为被测样品 5 受激发光所激发出拉曼散射光的波长;

分光瞳激光差动共焦响应曲线 31、拉曼光谱响应曲线 32 和布里渊光谱响应曲线 33 如图 12 所示。

由于本装置采用了径向偏振光紧聚焦技术, 若对两个探测区域的信号进行差动相减处理, 得到分光瞳激光差动共焦响应  $I(u, v_M)$ , 再通过其绝对零点, 精确捕获激发光斑的焦点位置, 系统可以进行超分辨的三维尺度层析成像。

若对接收拉曼散射光的拉曼光谱探测系统 7 获得的光谱响应曲线  $I(\lambda_r)$ 31 进行处理时, 系统可以进行拉曼光谱探  
10 测。

若对接收布里渊散射光和瑞利光的布里渊光谱探测系统 12 获得的光谱响应曲线  $I(\lambda_B)$ 33 进行处理时, 系统可以进行布里渊光谱探测。

若对接收瑞利光的分光瞳激光差动共焦探测系统 16 获得的分光瞳激光差动共焦响应  $I(u, v_M)$ 、拉曼光谱探测系统 7 获得的拉曼光谱信号  $I(\lambda_r)$ 和布里渊光谱探测系统 12 获得的布里渊光谱信号  $I(\lambda_B)$ 同时进行处理时, 系统可以进行超空  
15 间分辨的微区图谱层析成像, 即实现被测样品 5 几何位置信息和多光谱信息的超空间分辨的多性能参数探测效果。

如图 11 所示, 分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置包括产生激发光束的光源系统 1、测量物镜 2、照明  
20 光瞳 3、收集光瞳 4、Notch Filter6、拉曼光谱探测系统 7、分光镜 11、布里渊光谱探测系统 12、分光瞳激光差动共焦探测系统 16、径向偏振光发生器 21、第一光瞳滤波器 22、第二光瞳滤波器 23、三维扫描工作台 24、位移传感器 25 以及数据处理单元 26; 其中, 在测量物镜 2 的光瞳面上放置照明光瞳 3 和收集光瞳 4; 径向偏振光发生器 21、第一光瞳滤波器 22 和照明光瞳 3 放置在光源系统 1 的光束出射方向上, 径向偏振光发生器 21、第一光瞳滤波器 22、照明光瞳 3 与激发光束同轴, Notch Filter6 放置在收集光瞳 4 之后, 拉曼光谱探测系统 7 放置在 Notch Filter6 的透射方向上, 分光镜 11 位于 Notch Filter6 的反射方向上。布里渊光谱探测系统 12 放置在分光镜 11 的反射方向上, 分光瞳激光差动共焦探测系统 16 在分光镜 11 的反射方向上, 数据处理单元 26 配置为融合并处理拉曼光谱探测系统 7、布里渊光谱探测系统 12、分光瞳激光差动共焦探测系统 16 和位移传感器 25 采集到的数据; 拉曼光谱探测系统 7 中第一聚光镜 8 的  
25 焦点处放置第一针孔 34 对杂散光进行滤除, 以提高拉曼光谱探测信噪比; 布里渊光谱探测系统 12 中第二聚光镜 13 的焦点处放置第二针孔 35 对杂散光进行滤除, 以提高布里渊光谱探测的信噪比; 光源系统 1 通过包括第四聚光镜 37、位于第四聚光镜 37 焦点处的第三针孔 38、以及焦点位于第三针孔 38 处的第五聚光镜 39 构成的光束调制系统 36 对光源系统 1 发出的激发光束进行调制, 以保证激发光束的质量; 分光瞳激光差动共焦探测系统 16 中第三聚光镜 17 焦面上的像通过放大物镜 47 放大后进入 CCD18, 以便于探测器进行分割焦斑探测, 提高探测精度。

### 实施例 3

参见图 13, 示出了本申请的一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法实施例的步骤流程图, 具体可以  
包括如下步骤:

步骤 1301, 光源系统 1 发出激发光束;

35 在具体实现中, 所述激光光束可以包括: 圆偏振光、线偏振光, 或者, 是由光瞳滤波器生成的结构光束, 等等, 本申请实施例对此不加以限制。

激发光束可以根据被测样品 5 所能激发出的频移选择相应的激发光波长, 通常使用波长为 532nm、785nm 的激发  
40 光束。

其中, 如图 5 所示, 偏振光与光瞳滤波技术结合可以压缩测量聚焦光斑尺寸, 提高系统的横向分辨力。

在本申请的一种实施例中, 如图 8 所示, 在光源系统 1 和照明光瞳 3 之间可以安放有光束调制系统 36;

光束调制系统 36 可以包括沿光路依次放置的第四聚光镜 37、位于第四聚光镜 37 焦点处的第三针孔 38、以及焦点  
45 位于第三针孔 38 处的第五聚光镜 39, 构成具有光束调制系统的分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置。

则在本申请实施例中, 激发光束经第四聚光镜 37 汇聚后进入第三针孔 38 成为点光源, 再经焦点位于第三针孔 38  
50 的第五聚光镜 39 准直扩束后, 形成平行的激发光束, 光束调制系统 36 对光源系统 1 发出的激发光束进行调制, 以保证激发光束的质量。

在本申请的另一种实施例中，如图9所示，可以通过光纤传输激发光，具体而言，在光源系统1和照明光瞳3之间设置有准直透镜40、位于准直透镜40焦点处的第一光纤终端41，第一光纤终端41接入第一光纤跳线42；

激发光束通过第一光纤跳线42传输至第一光纤终端41；

第一光纤终端41发射激光光束；

5 激光光束经直透镜40准直后平行入射到测量物镜2光瞳面上的照明光瞳3中。

在具体实现中，可以对光源系统1进行调焦，或者，激发光束可以通过一汇聚镜等方式，将激光光束汇聚在第一光纤跳线42中，再传输至第一光纤终端41。

如图3所示，在测量物镜2的光瞳面上放置照明光瞳3和收集光瞳4；照明光瞳3和测量物镜2依次位于光源系统1的激发光束出射方向上，照明光瞳3与激发光束同轴。

10 在一个示例中，可将圆形的照明光瞳3和收集光瞳4替换为其他形状，例如，如图4所示“D”形，形成D形分光瞳激光差动共焦拉曼光谱测试。

激发光束透过测量物镜2光瞳面上的照明光瞳3后，聚焦在被测样品5上，获得样品光束；所述样品光束包括激发出的拉曼散射光和布里渊散射光，瑞利散射光和反射光；

二向色分光系统6位于收集光瞳4之后，样品光束经测量物镜2光瞳面上的收集光瞳4到达二向色分光系统6。

15 进一步而言，测量物镜2光瞳面上的照明光瞳3偏离测量物镜2的主轴，将激发光束汇聚后斜入射到被测样品5上，激发出载有被测样品5光谱特性的拉曼散射光、布里渊散射光，以及与入射光波长相同的瑞利散射光，和反射光；测量物镜2光瞳面上的收集光瞳4收集所述拉曼散射光、布里渊散射光、瑞利光以及所述反射光，以及，被收集后的所述拉曼散射光、布里渊散射光、瑞利光以及反射光到达二向色分光器6；

20 背向反射光是由于被测样品5存在一定的粗糙度，所以即使是被测样品5处在测量物镜2的焦点处，也仍然会有非焦点处的物质被照射，因此会产生杂散光，此种杂散光以焦点为中心成高斯分布，普通共焦系统是垂直样品照射，垂直光路收集，因此这种杂散光绝大部分会进入光谱后期探测系统，本申请实施例倾斜入射，收集光路避开杂散光的最强位置。

在本申请实施例中，被测样品5可以通过增强拉曼光谱纳米粒子等拉曼增强技术进行处理，以提高拉曼散射光的强度。

25 具体而言，可以预先在被测样品5表面增加特殊粒子，以达到光谱共振，达到提到拉曼光谱激发效果。

步骤1302，二向色分光系统6将拉曼散射光从传入的样品光束中进行分离；

在具体实现中，二向色分光系统6为陷波滤波器Notch Filter，可以将拉曼散射光与其他光谱进行无损分离。

拉曼光谱探测系统7位于二向色分光系统6的透射方向上，经二向色分光系统6透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统7，进行光谱探测；

30 分光系统11位于二向色分光系统6的反射方向上，经二向色分光系统6反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光系统11，进行光谱探测。

步骤1303，拉曼光谱探测系统7对进入的拉曼散射光进行光谱探测，获得拉曼光谱信号；

当对拉曼光谱探测系统7获得的拉曼光谱信号进行处理时，系统能够进行拉曼光谱探测，测得如图12所示的，载有被测样品5光谱信息的拉曼散射光谱响应曲线 $I(\lambda_r)$ 32，其中 $\lambda_r$ 为被测样品5受激发光所激发出拉曼散射光的波长。

35 在本申请的一种实施例中，拉曼光谱探测系统7包括第一聚光镜8、第一光谱探测器9和第一探测器10；

步骤1303可以包括如下步骤：

步骤S11，所述第一聚光镜8对经二向色分光器6分离之后的所述拉曼散射光进行聚焦；

步骤S12，所述光谱探测器9从聚焦后的所述拉曼散射光中提取拉曼散射信号；

步骤S13，所述第一探测器10测量所述拉曼散射信号中不同波长的相对强度以获得拉曼光谱的光谱信息。

40 在本申请的另一种实施例中，第一光谱探测器9可以为拉曼光谱探测器，其探测面可以位于所述第一聚光镜8的焦点处；

拉曼光谱探测系统7还可以包括第一针孔34；

第一针孔34设置在第一聚光镜8的焦点处，所述第一光谱探测器9的探测面位于所述第一针孔34之后；

则拉曼散射光聚焦在第一针孔34；

45 在本申请实施例中，步骤1303还可以包括如下步骤：

步骤 S14, 所述第一针孔 34 对所述第一聚光镜 8 焦点之外的杂散光进行滤除, 以提高拉曼光谱探测信噪比。

当只对接收拉曼散射光的拉曼光谱探测系统 7 获得的拉曼光谱信号处理时, 系统能够进行共焦拉曼光谱探测。

在本申请的另一种实施例中, 如图 9 所示, 拉曼光谱探测系统 7 还可以包括第二光纤终端 43, 可以通过光纤传输散射光谱;

5 第二光纤终端 43 设置在第一聚光镜 8 的焦点处, 则拉曼散射光聚焦在第二光纤终端 43 上, 第二光纤终端 43 接入第二光纤跳线 44;

则在本申请实施例中, 步骤 1303 还可以包括如下步骤:

步骤 S15, 第二光纤终端 43 通过第二光纤跳线 44 将拉曼散射光传输至第一光谱探测器 9。

步骤 1304, 分光系统 11 对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行分光处理;

10 在具体实现中, 分光系统 11 为可以分光镜。

布里渊光谱探测系统 12 位于分光系统 11 的反射方向上, 经分光系统 11 反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入布里渊光谱探测系统 12;

分光瞳激光差动共焦探测系统 16 位于分光系统 11 的透射方向上, 经分光系统 11 透射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光瞳激光差动共焦探测系统 16。

15 步骤 1305, 布里渊光谱探测系统 12 对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行光谱探测, 获得布里渊光谱信号;

当对布里渊光谱探测系统 12 获得的布里渊光谱信号进行处理时, 系统能够进行布里渊光谱探测, 测得如图 12 所示的布里渊散射光谱响应曲线  $I(\lambda_B)$  33, 其中  $\lambda_B$  为被测样品 5 受激发光激发所发出的布里渊散射光的波长。

20 在本申请的一种实施例中, 布里渊光谱探测系统 12 可以包括第二聚光镜 13、第二光谱探测器 14 和第二探测器 15;

则在本申请实施例中, 步骤 1305 可以包括如下步骤:

步骤 S21, 进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光经第二聚光镜 13 汇聚后传输至第二光谱探测器 14;

步骤 S22, 第二光谱探测器 14 从进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光中提取布里渊散射光谱;

步骤 S23, 第二探测器 15 探测第二光谱探测器 14 所提取的布里渊光谱相对强度以获得布里渊光谱的光谱信号。

25 在本申请的一种实施例中, 第二光谱探测器 14 可以为布里渊光谱探测器, 其探测面可以位于所述第二聚光镜 13 的焦点处;

布里渊光谱探测系统 12 还包括第二针孔 35;

第二针孔 35 设置在第二聚光镜 13 的焦点处, 所述第二光谱探测器 14 的探测面位于所述第二针孔 35 之后;

则布里渊散射光、瑞利散射光和反射光聚焦在第二针孔 35;

30 在本申请实施例中, 步骤 1305 还可以包括如下步骤:

步骤 S24, 所述第二针孔 35 对所述第二聚光镜 13 焦点之外的杂散光进行滤除, 以提高布里渊光谱探测的信噪比。

当只对接收布里渊散射光、瑞利散射光和反射光的布里渊光谱探测系统 12 获得的布里渊光谱信号处理时, 系统能够进行共焦布里渊光谱探测。

35 在本申请的另一种实施例中, 如图 9 所示, 布里渊光谱探测系统 12 还可以包括第三光纤终端 45, 可以通过光纤传输散射光谱;

第三光纤终端 45 位于第二聚光镜 13 的焦点处, 第三光纤终端 45 接入第三光纤跳线 46;

则在本申请实施例中, 步骤 1305 还可以包括如下步骤:

步骤 S25, 第三光纤终端 45 通过第三光纤跳线 46 将布里渊散射光、瑞利散射光和反射光传输至第二光谱探测器

40 14。

步骤 1306, 分光瞳激光差动共焦探测系统 16 探测进入的瑞利散射光、布里渊散射光和反射光的艾利斑;

当对分光瞳激光差动共焦探测系统 16 获得的差动信号进行处理时, 进行高空间分辨力层析成像。

由于布里渊光谱强度比瑞利散射光、反射光强度低  $10^{-8}$  量级, 相比于其他系统噪声可以忽略, 可以不分离瑞利散射光、反射光。

在本申请的一个实施例中，分光瞳激光差动共焦探测系统 16 包括第三聚光镜 17 和图像采集系统 18，图像采集系统 18 可以为 CCD (Charge-coupled Device, 电荷耦合原件)，其探测面位于第三聚光镜 17 的焦点处；

则在本申请实施例中，步骤 1306 可以包括如下步骤：

步骤 S31，进入的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光经第三聚光镜 17 汇聚后传输至图像采集系统 18；

5 步骤 S32，图像采集系统 18 采集汇聚后的的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光的艾利斑。

在本申请的一个实施例中，图像采集系统 18 的探测面位于第三聚光镜 17 的焦点处；

进入的布里渊散射光、瑞利光和反射光经第三聚光镜 17 聚焦在图像采集系统 18 的探测面上。

在本申请的另一个实施例中，如图 10 所示，分光瞳激光差动共焦探测系统 16 还可以包括图像放大系统 47，沿光路依次放置第三聚光镜 17、图像放大系统 47 和图像采集系统 18。

10 在具体实现中，图像放大系统 47 可以为放大物镜，图像放大系统 47 的物面位于第三聚光镜 17 的焦点处，图像放大系统 47 可以对第三聚光镜 17 的汇聚光斑进行放大处理，图像采集系统 18 的探测面位于图像放大系统 47 的像面处，图像放大系统 47 能够放大图像采集系统 18 探测到的艾利斑，从而提高分光瞳激光差动共焦探测系统的采集精度。

15 步骤 1307，采用分光瞳激光差动共焦探测系统 16 所探测到的光斑和位移传感器 25 所得到的样品位移信息计算被测样品 5 的位置信息；

在具体实现中，分光瞳激光差动共焦探测系统 16 可以利用探测器横向偏移能够使分光瞳激光差动共焦显微系统的轴向响应特性曲线产生相移的特性，实现对被测样品 5 微区几何位置的探测。

在本申请的一个实施例中，步骤 1307 可以包括如下步骤：

20 步骤 S41，对所述瑞利散射光的光斑进行分割处理，获得第一探测区域 19 (即上述探测区域 A) 和第二探测区域 20 (即上述探测区域 B)，并得到相应的光强信号；

步骤 S42，三维扫描系统 24 驱动被测样品 5 沿 Z 轴，即测量物镜 2 的主轴方向进行扫描，同时，对第一探测区域 19 中光强信号和第二探测区域 20 中的光强信号进行差动相减处理，获得分光瞳激光差动共焦响应曲线；

其中，所述差动共焦响应曲线中包括零点；所述零点为所述第一探测区域 19 中的光强信号与第二探测区域 20 中的光强信号相等的点；所述零点精确对应测量物镜 2 的焦点；

25 步骤 S43，采用所述零点计算所述被测样品 5 的轴向位置信息；

步骤 S44，监测零点，通过三维扫描系统 24 实时微调被测样品 5 的位置以环境因素变化而导致的离焦误差，使得被测样品 5 始终处于测量物镜的焦点位置；

步骤 S45，位移传感器 25 向所述计算机处理系统 30 返回被测样品 5 的水平位移信息、轴向位置信息。

30 在具体实现中，如图 12 所示，在探测到的光斑中的  $x_d$  轴上设置两个微小区域，即第一探测区域 19 和第二探测区域 20，两个探测区域关于  $y_d$  轴对称并相对于  $y_d$  轴偏移  $v_M$ ，测得这两个区域的光强信号分别为  $I_A(u, -v_M)$  和  $I_B(u, v_M)$ ；将得到的光强信号进行差动相减，得到分光瞳激光差动共焦响应曲线 31：

$$I(u, v_M) = I_A(u, -v_M) - I_B(u, v_M)$$

35 其中， $I(u, v_M)$  为分光瞳激光差动共焦响应， $I_A(u, -v_M)$  为探测区域 A 的响应， $I_B(u, v_M)$  为探测区域 B 的响应； $u$  为轴向归一化光学坐标， $v_M$  为针孔轴向偏移量。分光瞳激光差动共焦响应曲线 31 的“过零点”与激发光束的聚焦焦点精确对应，通过响应曲线 31 的“过零点”获得被测样品 5 表面的高度信息，结合位移传感器 25 反馈的位置信息重构出被测样品 5 的表面三维形貌。

本实施例可以采用径向偏振光紧聚焦技术，与光瞳滤波器相结合，若对两个探测区域的信号进行差动相减处理，得到分光瞳激光差动共焦响应  $I(u, v_M)$ ，再通过其绝对零点，精确捕获激发光斑的焦点位置，系统可以进行超分辨率的三维尺度层析成像。

40 本申请实施例探测的是焦点处的光谱信息，而长时间的积分存在系统漂移，这就要求实时校正样品的位置使其始终处在测量物镜 2 的焦点处，但由于普通共焦系统是用最大值来确定，不灵敏，所以其空间分辨率会降低，而本本申请实施例是利用“过零点”来确定焦点，灵敏度高，便于实时监测焦点位置，因此可以提高分辨率。

步骤 1308，计算机处理系统 30 控制三维扫描系统 24 移动被测样品 5 至下一位置，重复执行步骤 1303 至步骤 1308 直至测量完成；

45 在具体实现中，三维扫描系统 24 为三维扫描工作台，可以进行水平移动和垂直移动。

通过计算机处理系统 30 控制三维扫描系统 24 移动被测样品 5, 使不同区域瑞利光、反射光及对应该区域被测样品 5 的拉曼散射光、布里渊散射光通过测量物镜 2 和收集光瞳 4。

步骤 1309, 采用每个位置的位置信息与对应的拉曼光谱信号、布里渊光谱信号对所述被测样品 5 进行三维重构处理及光谱信息融合处理。

- 5 当对分光瞳激光差动共焦探测系统 16 获得的差动信号、拉曼光谱探测系统 7 获得的拉曼光谱信号和布里渊光谱探测系统 12 获得的布里渊光谱信号同时进行处理时, 系统能够进行高空间分辨力的微区图谱层析成像, 实现被测样品 5 几何位置信息和多光谱信息的超空间分辨的多性能参数探测效果。

#### 实施例 4

- 10 参见图 3-图 12, 本申请还公开了一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置实施例, 该装置包括:  
光源系统 1, 配置为发出激发光束;  
激发光束透过测量物镜 2 光瞳面上的照明光瞳 3 后, 聚焦在被测样品 5 上, 获得样品光束; 所述样品光束包括激  
发出的拉曼散射光和布里渊散射光, 瑞利散射光和反射光;  
样品光束经测量物镜 2 光瞳面上的收集光瞳 4 到达二向色分光系统 6;  
15 二向色分光系统 6, 配置为将拉曼散射光从传入的样品光束中进行分离;  
经二向色分光系统 6 透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统 7;  
经二向色分光系统 6 反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光系统 11;  
拉曼光谱探测系统 7, 配置为对进入的拉曼散射光进行光谱探测, 获得拉曼光谱信号;  
分光系统 11, 配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行分光处理;  
20 经分光系统 11 反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入布里渊光谱探测系统 12;  
经分光系统 11 透射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光瞳激光差动共焦探测系统 16;  
布里渊光谱探测系统 12, 配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行光谱探测, 获得布里渊光谱信  
号;  
分光瞳激光差动共焦探测系统 16, 配置为探测进入的瑞利散射光、布里渊散射光和反射光的艾利斑;  
25 数据处理单元 26, 配置为采用分光瞳激光差动共焦探测系统 16 所探测到的光斑和位移传感器 25 所得到的样品位  
移信息计算被测样品 5 的位置信息;  
计算机处理系统 30, 配置为控制三维扫描系统 24 移动被测样品 5 至下一位置, 重复调用拉曼光谱探测系统 7、分  
光系统 11、布里渊光谱探测系统 12 和位置信息计算单元直至测量完成;  
数据融合模块 29, 配置为采用每个位置的位置信息与对应的拉曼光谱信号、布里渊光谱信号对所述被测样品 5 进  
30 行三维重构处理及光谱信息融合处理。  
在本申请的一种实施例中, 数据处理单元 26 可以包括如下模块:  
分割焦斑探测模块 27, 配置为对所述瑞利散射光的光斑进行分割处理, 获得第一探测区域 19 和第二探测区域  
20, 并得到相应的光强信号;  
三维扫描系统 24, 还配置为驱动被测样品 5 沿测量物镜 2 的主轴方向进行扫描;  
35 差动相减模块 28, 配置为对所述第一探测区域 19 中光强信号和所述第二探测区域 20 中的光强信号进行差动相减  
处理, 获得分光瞳激光差动共焦响应曲线; 所述差动共焦响应曲线中包括零点; 所述零点为所述第一探测区域 19 中  
的光强信号与所述第二探测区域 20 中的光强信号相等的点; 所述零点精确对应测量物镜 2 的焦点;  
数据处理单元 26 还配置为采用所述零点计算所述被测样品 5 的轴向位置信息;  
监测零点, 通过三维扫描系统 24 实时微调被测样品 5 的位置以环境因素变化而导致的离焦误差, 使得被测样品 5  
40 始终处于测量物镜的焦点位置;  
位移传感器 25, 配置为向所述计算机处理系统 30 返回被测样品 5 的水平位移信息、轴向位置信息。  
在本申请的一种实施例中, 在光源系统 1 和照明光瞳 3 之间安放有光束调制系统 36;  
光束调制系统 36 包括沿光路依次放置的第四聚光镜 37、位于第四聚光镜 37 焦点处的第三针孔 38、以及焦点  
位于第三针孔 38 处的第五聚光镜 39;  
45 激发光束经第四聚光镜 37 汇聚后进入第三针孔 38 成为点光源, 再经焦点位于第三针孔 38 的第五聚光镜 39 准

直扩束后，形成平行的激发光束。

在本申请的一种实施例中，在光源系统 1 和照明光瞳 3 之间设置有准直透镜 40、位于准直透镜 40 焦点处的第一光纤终端 41，第一光纤终端 41 接入第一光纤跳线 42；

激发光束通过第一光纤跳线 42 传输至第一光纤终端 41；

5 第一光纤终端 41 发射激光光束；

激光光束经直透镜 40 准直后平行入射到测量物镜 2 光瞳面上的照明光瞳 3 中。

在本申请的一种实施例中，拉曼光谱探测系统 7 包括第一聚光镜 8、第一光谱探测器 9 和第一探测器 10；

所述第一聚光镜 8 配置为对经二向色分光器 6 分离之后的所述拉曼散射光进行聚焦；

所述第一光谱探测器 9 配置为从聚焦后的所述拉曼散射光中提取拉曼散射信号；

10 所述第一探测器 10 配置为测量所述拉曼散射信号中不同波长的相对强度以获得拉曼光谱的光谱信息。

在本申请的一种实施例中，所述第一光谱探测器 9 的探测面位于所述第一聚光镜 8 的焦点处，拉曼光谱探测系统 7 还包括第一针孔 34；

第一针孔 34 设置在第一聚光镜 8 的焦点处，所述第一光谱探测器 9 的探测面位于所述第一针孔 34 之后；

所述第一针孔 34 配置为对所述第一聚光镜 8 焦点之外的杂散光进行滤除。

15 当只对接收拉曼散射光的拉曼光谱探测系统 7 获得的拉曼光谱信号处理时，可构建共焦拉曼光谱探测装置。

在本申请的一种实施例中，拉曼光谱探测系统 7 还包括第二光纤终端 43；

第二光纤终端 43 设置在第一聚光镜 8 的焦点处，第二光纤终端 43 接入第二光纤跳线 44；

第二光纤终端 43 配置为通过第二光纤跳线 44 将拉曼散射光传输至第一光谱探测器 9。

20 在本申请的一种实施例中，布里渊光谱探测系统 12 包括第二聚光镜 13、第二光谱探测器 14 和第二探测器 15；

第二聚光镜 13 配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光经汇聚后传输至第二光谱探测器 14；

第二光谱探测器 14 配置为从进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光中提取布里渊散射光谱；

第二探测器 15 配置为探测第二光谱探测器 14 所提取的布里渊光谱相对强度以获得布里渊光谱的光谱信号。

在本申请的一种实施例中，所述第二光谱探测器 14 的探测面位于所述第二聚光镜 13 的焦点处，布里渊光谱探测系统 12 还包括第二针孔 35；

25 第二针孔 35 设置在第二聚光镜 13 的焦点处，所述第二光谱探测器 14 的探测面位于所述第二针孔 35 之后；

所述第二针孔 35 配置为对所述第二聚光镜 13 焦点之外的杂散光进行滤除。

当只对接收布里渊散射光、瑞利散射光和反射光的布里渊光谱探测系统 12 获得的布里渊光谱信号处理时，可构建共焦布里渊光谱探测装置。

在本申请的一种实施例中，布里渊光谱探测系统 12 还包括第三光纤终端 45；

30 第三光纤终端 45 位于第二聚光镜 13 的焦点处，第三光纤终端 45 接入第三光纤跳线 46；

第三光纤终端 45 配置为通过第三光纤跳线 46 将布里渊散射光、瑞利散射光和反射光传输至第二光谱探测器

14。

在本申请的一种实施例中，分光瞳激光差动共焦探测系统 16 包括第三聚光镜 17 和图像采集系统 18；

第三聚光镜 17 配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光经汇聚后传输至图像采集系统 18；

35 图像采集系统 18 配置为采集汇聚后的的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光的艾利斑。

在本申请的一种实施例中，图像采集系统 18 的探测面位于第三聚光镜 17 的焦点处；

进入的布里渊散射光和瑞利光经第三聚光镜 17 聚焦在图像采集系统 18 的探测面上。

在本申请的一种实施例中，分光瞳激光差动共焦探测系统 16 还包括图像放大系统 47；

图像放大系统 47 的物面位于第三聚光镜 17 的焦点处，图像采集系统 18 的探测面位于图像放大系统 47 的像面处。

40 在具体实现中，所述激光光束可以包括：圆偏振光、线偏振光，或者，是由光瞳滤波器生成的结构光束。

以上结合附图对本申请的具体实施方式作了说明，但这些说明不能被理解为限制了本申请的范围，本申请的保护范围由随附的权利要求书限定，任何在本申请权利要求基础上进行的改动都是本申请的保护范围。



## 权 利 要 求 书

- 1、一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量方法，其特征在于：包括：  
步骤 1301，光源系统（1）发出激发光束；  
激发光束透过测量物镜（2）光瞳面上的照明光瞳（3）后，聚焦在被测样品（5）上，获得样品光束；所述样品光束包括激发出的拉曼散射光和布里渊散射光，瑞利散射光和反射光；
- 5 样品光束经测量物镜（2）光瞳面上的收集光瞳（4）到达二向色分光系统（6）；  
步骤 1302，二向色分光系统（6）将拉曼散射光从传入的样品光束中进行分离；  
经二向色分光系统（6）透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统（7）；  
经二向色分光系统（6）反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光系统（11）；  
步骤 1303，拉曼光谱探测系统（7）对进入的拉曼散射光进行光谱探测，获得拉曼光谱信号；
- 10 步骤 1304，分光系统（11）对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行分光处理；  
经分光系统（11）反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入布里渊光谱探测系统（12）；  
经分光系统（11）透射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光瞳激光差动共焦探测系统（16）；  
步骤 1305，布里渊光谱探测系统（12）对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行光谱探测，获得布里渊光谱信号；
- 15 步骤 1306，分光瞳激光差动共焦探测系统（16）探测进入的瑞利散射光、布里渊散射光和反射光的艾利斑；  
步骤 1307，采用分光瞳激光差动共焦探测系统（16）所探测到的光斑和位移传感器（25）所得到的样品位移信息计算被测样品（5）的位置信息；  
步骤 1308，计算机处理系统（30）控制三维扫描系统（24）移动被测样品（5）至下一位置，重复执行步骤 1303 至步骤 1308 直至测量完成；
- 20 步骤 1309，采用每个位置的位置信息与对应的拉曼光谱信号、布里渊光谱信号对所述被测样品（5）进行三维重构处理及光谱信息融合处理。
- 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 1307 包括：  
对所述瑞利散射光的光斑进行分割处理，获得第一探测区域（19）和第二探测区域（20），并得到相应的光强信号；
- 25 三维扫描系统（24）驱动被测样品（5）沿测量物镜（2）的主轴方向进行扫描，同时对所述第一探测区域（19）中光强信号和所述第二探测区域（20）中的光强信号进行差动相减处理，获得分光瞳激光差动共焦响应曲线；所述差动共焦响应曲线中包括零点；所述零点为所述第一探测区域（19）中的光强信号与所述第二探测区域（20）中的光强信号相等的点；所述零点精确对应测量物镜（2）的焦点；  
采用所述零点计算所述被测样品（5）的轴向位置信息；
- 30 监测零点，通过三维扫描系统（24）实时微调被测样品（5）的位置以环境因素变化而导致的离焦误差，使得被测样品（5）始终处于测量物镜的焦点位置；  
位移传感器（25）向所述计算机处理系统（30）返回被测样品（5）的水平位移信息、轴向位置信息。
- 3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在光源系统（1）和照明光瞳（3）之间安放有光束调制系统（36）；  
光束调制系统（36）包括沿光路依次放置的第四聚光镜（37）、位于第四聚光镜（37）焦点处的第三针孔（38）、  
35 以及焦点位于第三针孔（38）处的第五聚光镜（39）；  
激发光束经第四聚光镜（37）汇聚后进入第三针孔（38）成为点光源，再经焦点位于第三针孔（38）的第五聚光镜（39）准直扩束后，形成平行的激发光束。
- 4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在光源系统（1）和照明光瞳（3）之间设置有准直透镜（40）、位于准直透镜（40）焦点处的第一光纤终端（41），第一光纤终端（41）接入第一光纤跳线（42）；  
40 激发光束通过第一光纤跳线（42）传输至第一光纤终端（41）；  
第一光纤终端（41）发射激光光束；  
激光光束经准直透镜（40）准直后平行入射到测量物镜（2）光瞳面上的照明光瞳（3）中。
- 5、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，拉曼光谱探测系统（7）包括第一聚光镜（8）、第一光谱探测器（9）和第一探测器（10）；

步骤 1303 包括:

所述第一聚光镜 (8) 对经二向色分光器 (6) 分离之后的所述拉曼散射光进行聚焦;

所述光谱探测器 (9) 从聚焦后的所述拉曼散射光中提取拉曼散射信号;

所述第一探测器 (10) 测量所述拉曼散射信号中不同波长的相对强度以获得拉曼光谱的光谱信息。

- 5 6、根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 所述第一光谱探测器 (9) 的探测面位于所述第一聚光镜 (8) 的焦点处, 拉曼光谱探测系统 (7) 还包括第一针孔 (34);

第一针孔 (34) 设置在第一聚光镜 (8) 的焦点处, 所述第一光谱探测器 (9) 的探测面位于所述第一针孔 (34) 之后;

步骤 1303 还包括:

- 10 所述第一针孔 (34) 对所述第一聚光镜 (8) 焦点之外的杂散光进行滤除。

7、根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 拉曼光谱探测系统 (7) 还包括第二光纤终端 (43);

第二光纤终端 (43) 设置在第一聚光镜 (8) 的焦点处, 第二光纤终端 (43) 接入第二光纤跳线 (44);

步骤 1303 还包括:

第二光纤终端 (43) 通过第二光纤跳线 (44) 将拉曼散射光传输至第一光谱探测器 (9)。

- 15 8、根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 布里渊光谱探测系统 (12) 包括第二聚光镜 (13)、第二光谱探测器 (14) 和第二探测器 (15);

步骤 1305 包括:

进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光经第二聚光镜 (13) 汇聚后传输至第二光谱探测器 (14);

第二光谱探测器 (14) 从进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光中提取布里渊散射光谱;

- 20 第二探测器 (15) 探测第二光谱探测器 (14) 所提取的布里渊光谱相对强度以获得布里渊光谱的光谱信号。

9、根据权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 所述第二光谱探测器 (14) 的探测面位于所述第二聚光镜 (13) 的焦点处, 布里渊光谱探测系统 (12) 还包括第二针孔 (35);

第二针孔 (35) 设置在第二聚光镜 (13) 的焦点处, 所述第二光谱探测器 (14) 的探测面位于所述第二针孔 (35) 之后;

- 25 步骤 1305 还包括:

所述第二针孔 (35) 对所述第二聚光镜 (13) 焦点之外的杂散光进行滤除。

10、根据权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 布里渊光谱探测系统 (12) 还包括第三光纤终端 (45);

第三光纤终端 (45) 位于第二聚光镜 (13) 的焦点处, 第三光纤终端 (45) 接入第三光纤跳线 (46);

步骤 1305 还包括:

- 30 第三光纤终端 (45) 通过第三光纤跳线 (46) 将布里渊散射光、瑞利散射光和反射光传输至第二光谱探测器 (14)。

11、根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 分光瞳激光差动共焦探测系统 (16) 包括第三聚光镜 (17) 和图像采集系统 (18);

步骤 1306 包括:

- 35 进入的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光经第三聚光镜 (17) 汇聚后传输至图像采集系统 (18);

图像采集系统 (18) 采集汇聚后的的布里渊散射光、瑞利散射光和发射光的艾利斑。

12、根据权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 图像采集系统 (18) 的探测面位于第三聚光镜 (17) 的焦点处;

进入的布里渊散射光和瑞利光经第三聚光镜 (17) 聚焦在图像采集系统 (18) 的探测面上。

- 40 13、根据权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 分光瞳激光差动共焦探测系统 (16) 还包括图像放大系统 (47);

图像放大系统 (47) 的物面位于第三聚光镜 (17) 的焦点处, 图像采集系统 (18) 的探测面位于图像放大系统 (47) 的像面处。

14、根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述激光光束包括: 圆偏振光、线偏振光, 或者, 是由光瞳滤波器生成的结构光束。

45

15、一种分光瞳激光差动共焦布里渊-拉曼光谱测量装置，其特征在于，包括：

光源系统（1），配置为发出激发光束；

激发光束透过测量物镜（2）光瞳面上的照明光瞳（3）后，聚焦在被测样品（5）上，获得样品光束；所述样品光束包括激发出的拉曼散射光和布里渊散射光、瑞利散射光和反射光；

5 样品光束经测量物镜（2）光瞳面上的收集光瞳（4）到达二向色分光系统（6）；

二向色分光系统（6），配置为将拉曼散射光从传入的样品光束中进行分离；

经二向色分光系统（6）透射的拉曼散射光进入拉曼光谱探测系统（7）；

经二向色分光系统（6）反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光系统（11）；

拉曼光谱探测系统（7），配置为对进入的拉曼散射光进行光谱探测，获得拉曼光谱信号；

10 分光系统（11），配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行分光处理；

经分光系统（11）反射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入布里渊光谱探测系统（12）；

经分光系统（11）透射的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进入分光瞳激光差动共焦探测系统（16）；

布里渊光谱探测系统（12），配置为对进入的布里渊散射光、瑞利散射光和反射光进行光谱探测，获得布里渊光谱信号；

15 分光瞳激光差动共焦探测系统（16），配置为探测进入的瑞利散射光、布里渊散射光和反射光的艾利斑；

数据处理单元（26），配置为采用分光瞳激光差动共焦探测系统（16）所探测到的光斑和位移传感器（25）所得到的样品位移信息计算被测样品（5）的位置信息；

计算机处理系统（30），配置为控制三维扫描系统（24）移动被测样品（5）至下一位置，重复调用拉曼光谱探测系统（7）、分光系统（11）、布里渊光谱探测系统（12）和位置信息计算单元直至测量完成；

20 数据融合模块（29），配置为采用每个位置的位置信息与对应的拉曼光谱信号、布里渊光谱信号对所述被测样品（5）进行三维重构处理及光谱信息融合处理。

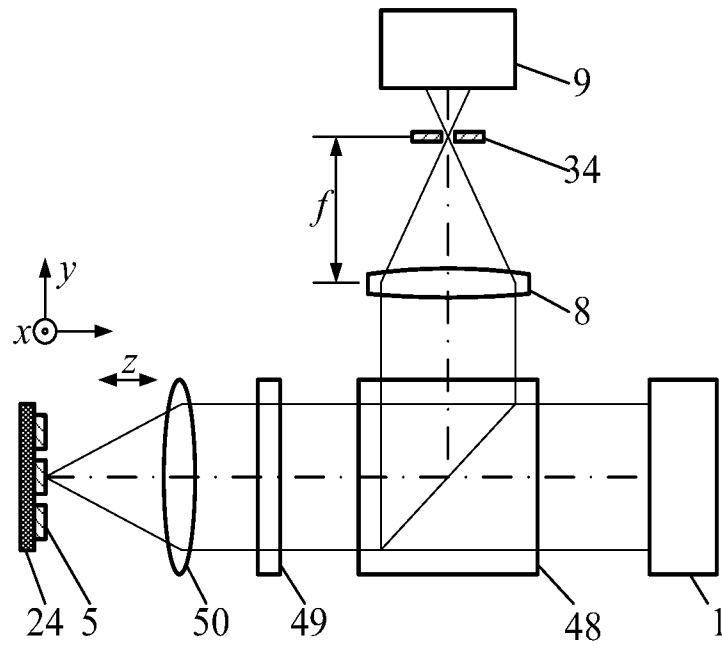


图 1

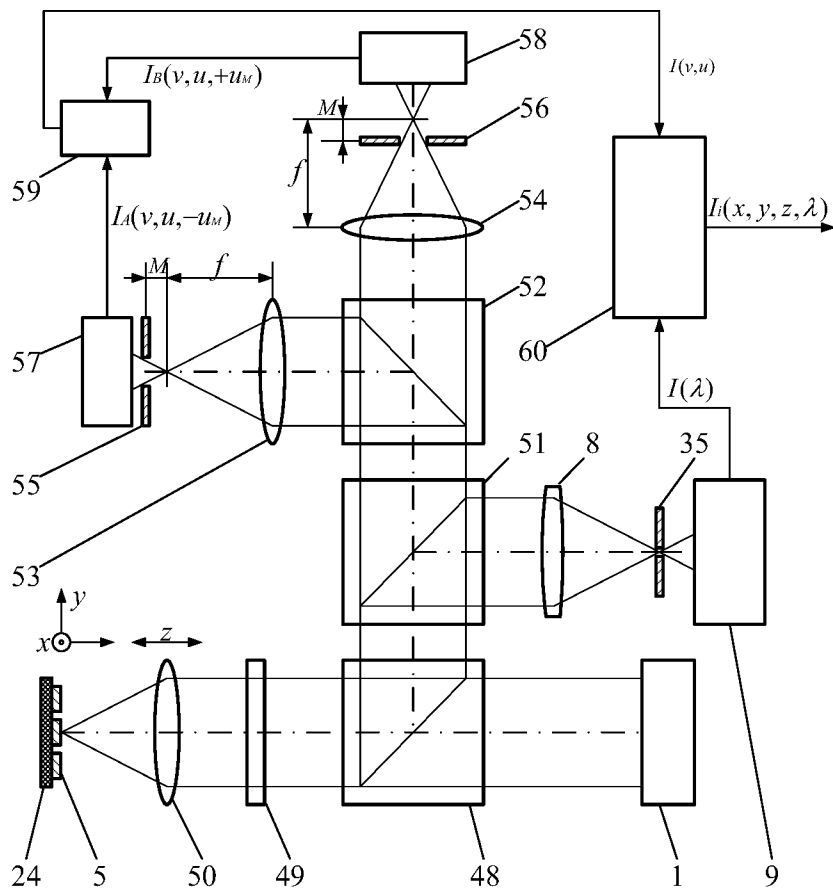


图 2

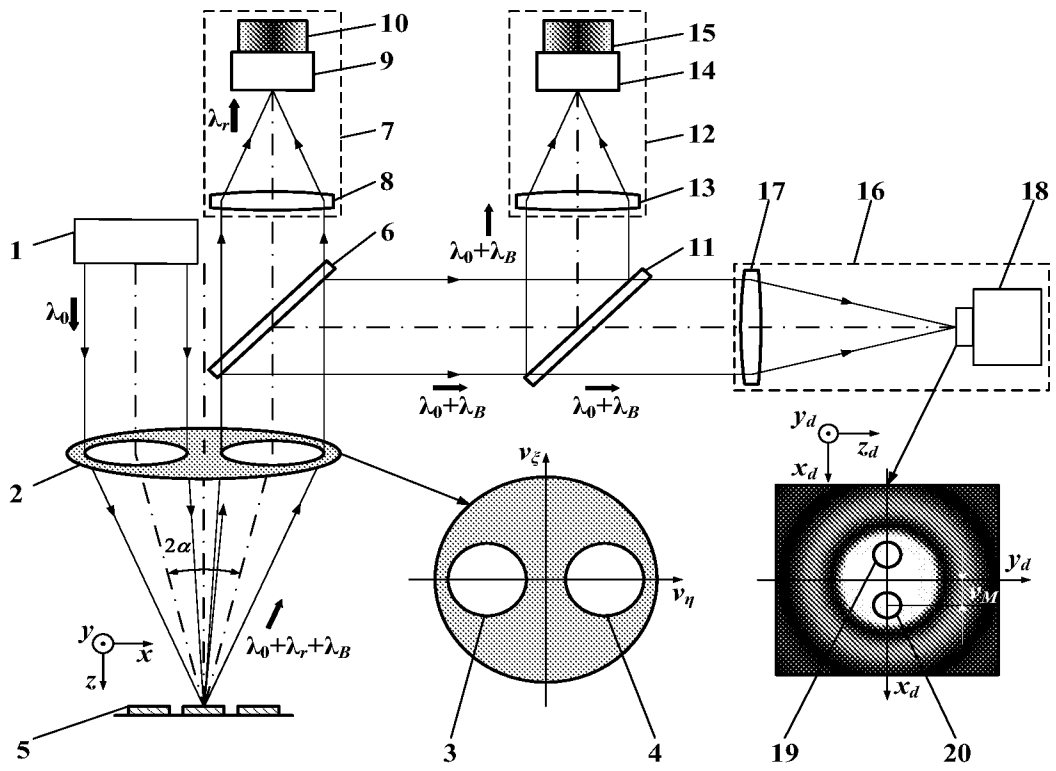


图 3

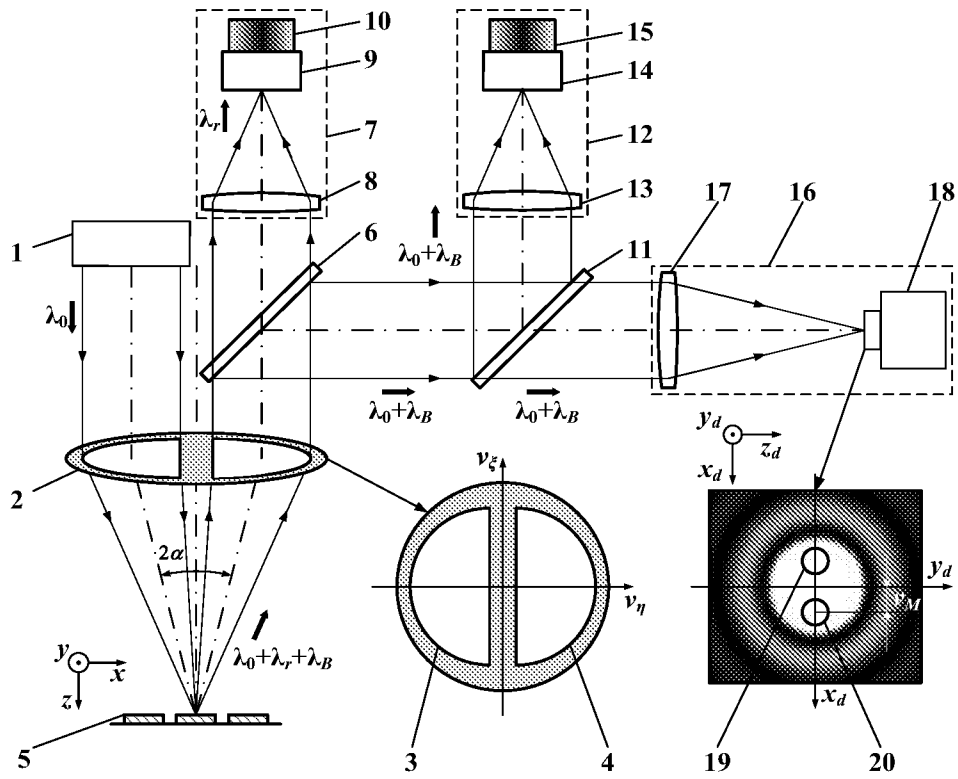


图 4

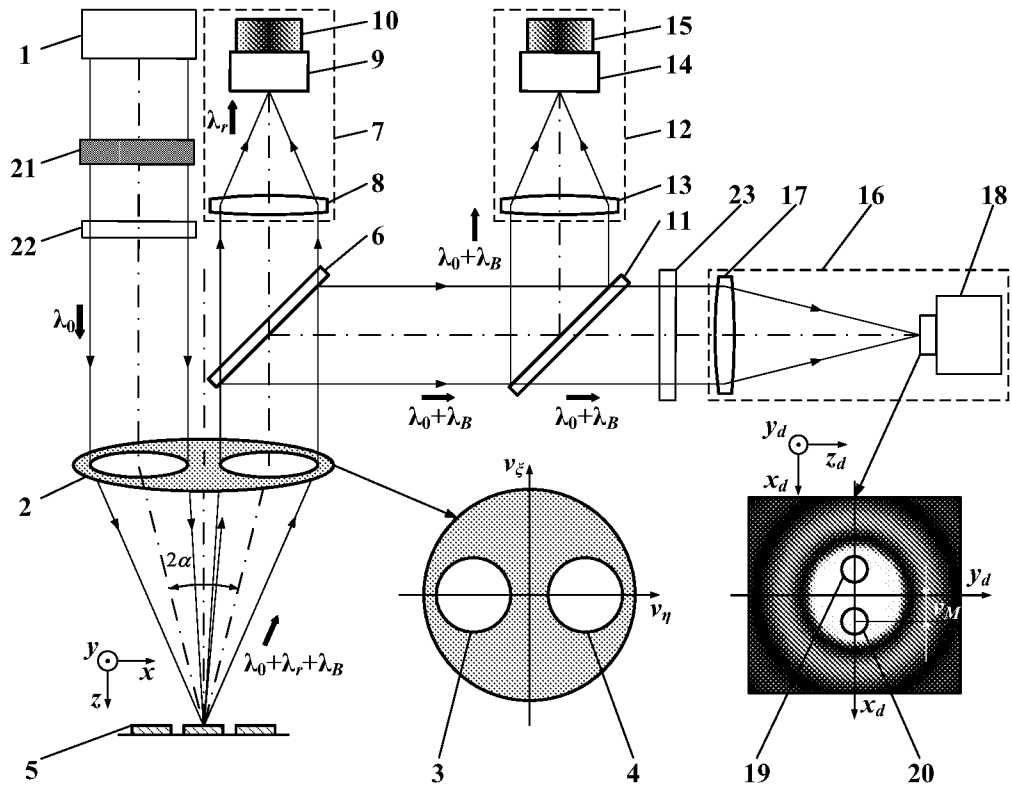


图 5

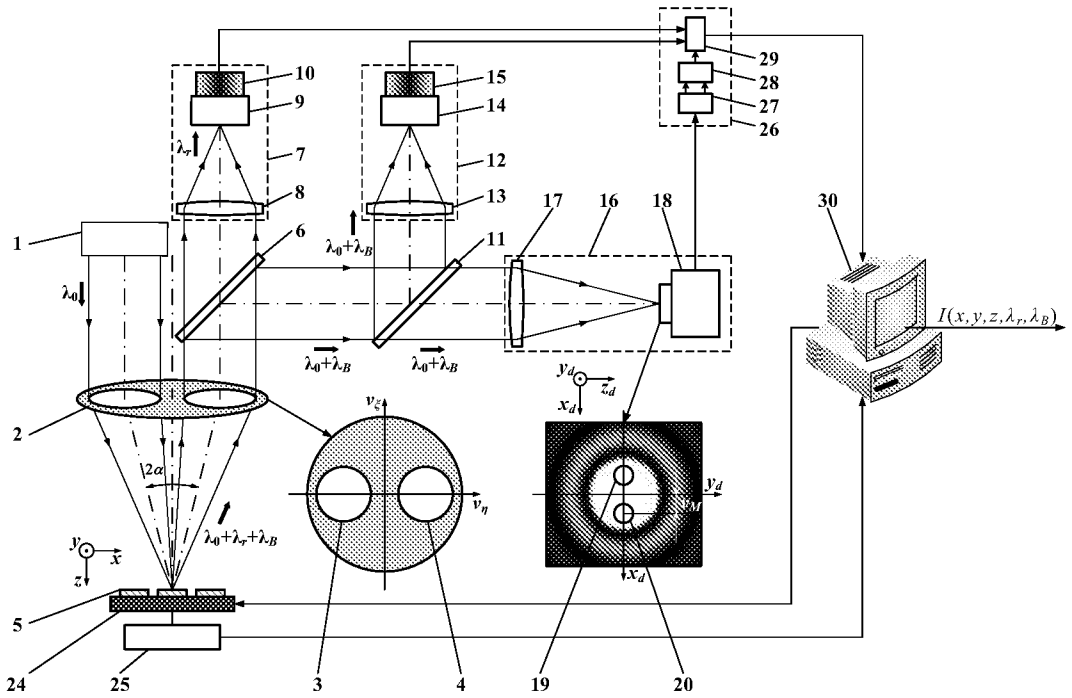


图 6

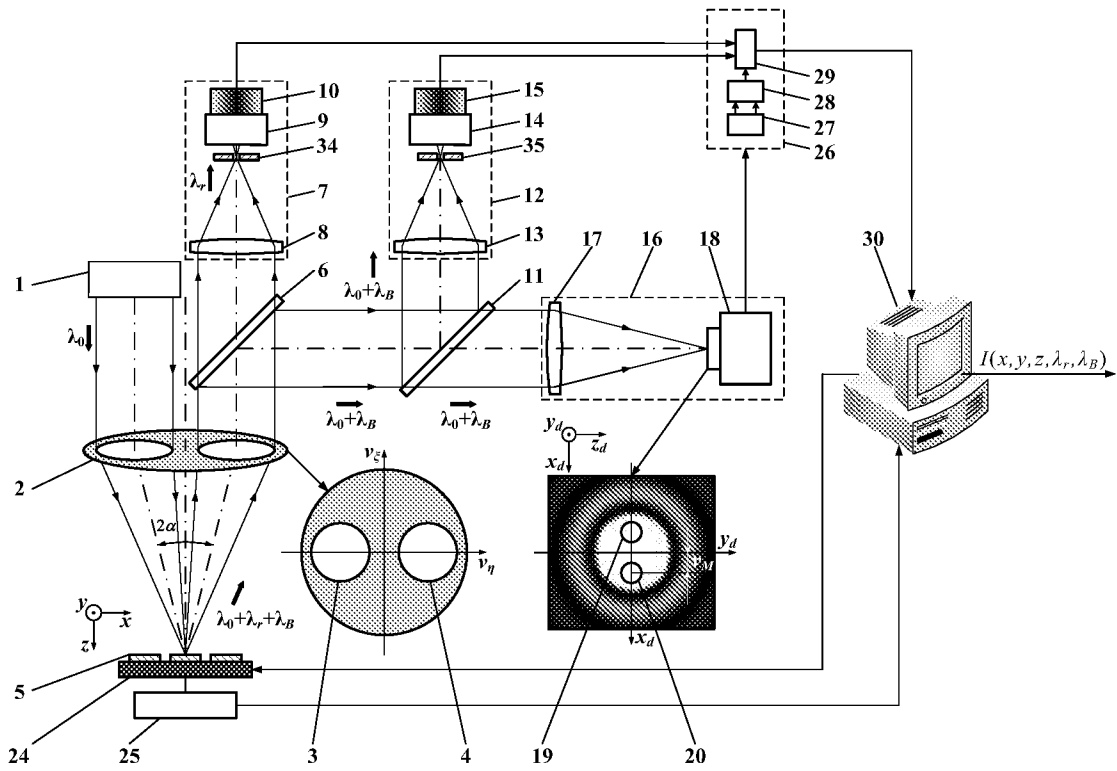


图 7

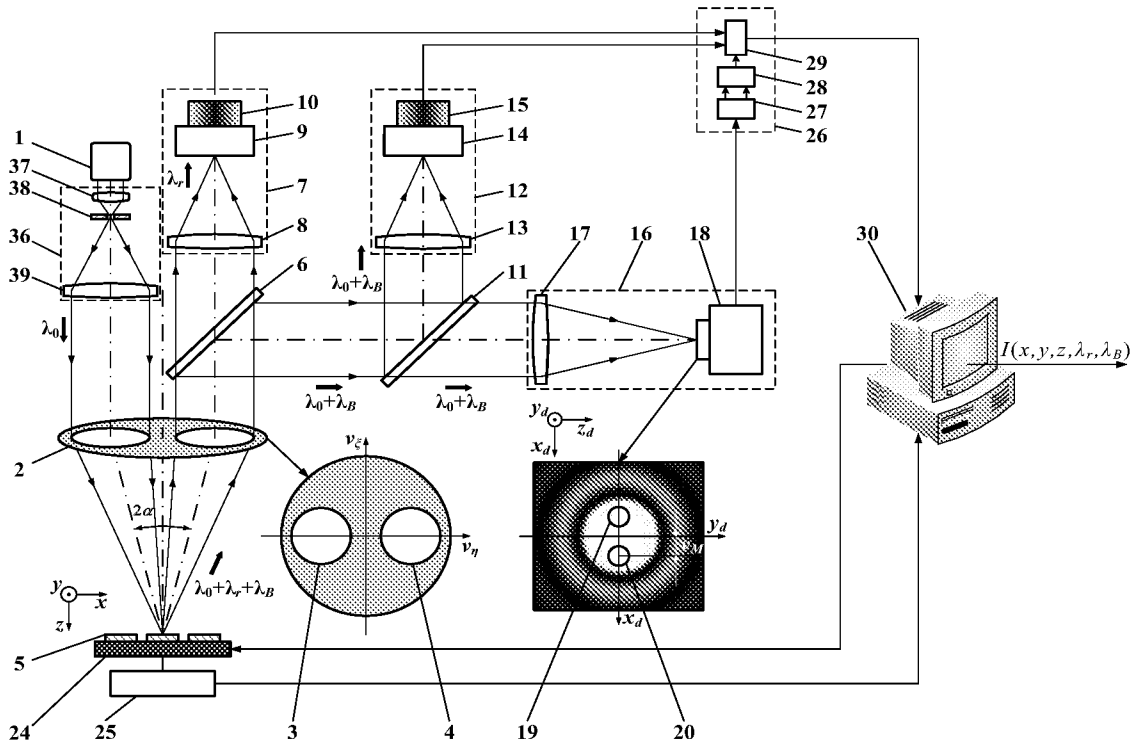


图 8

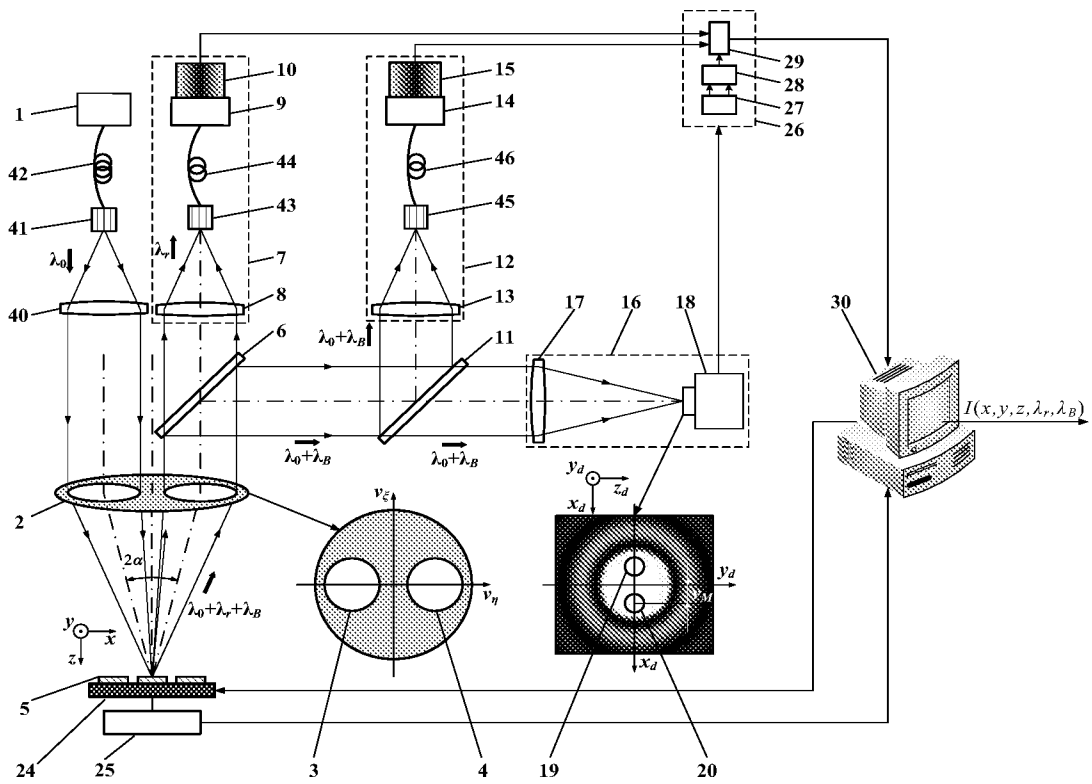


图 9

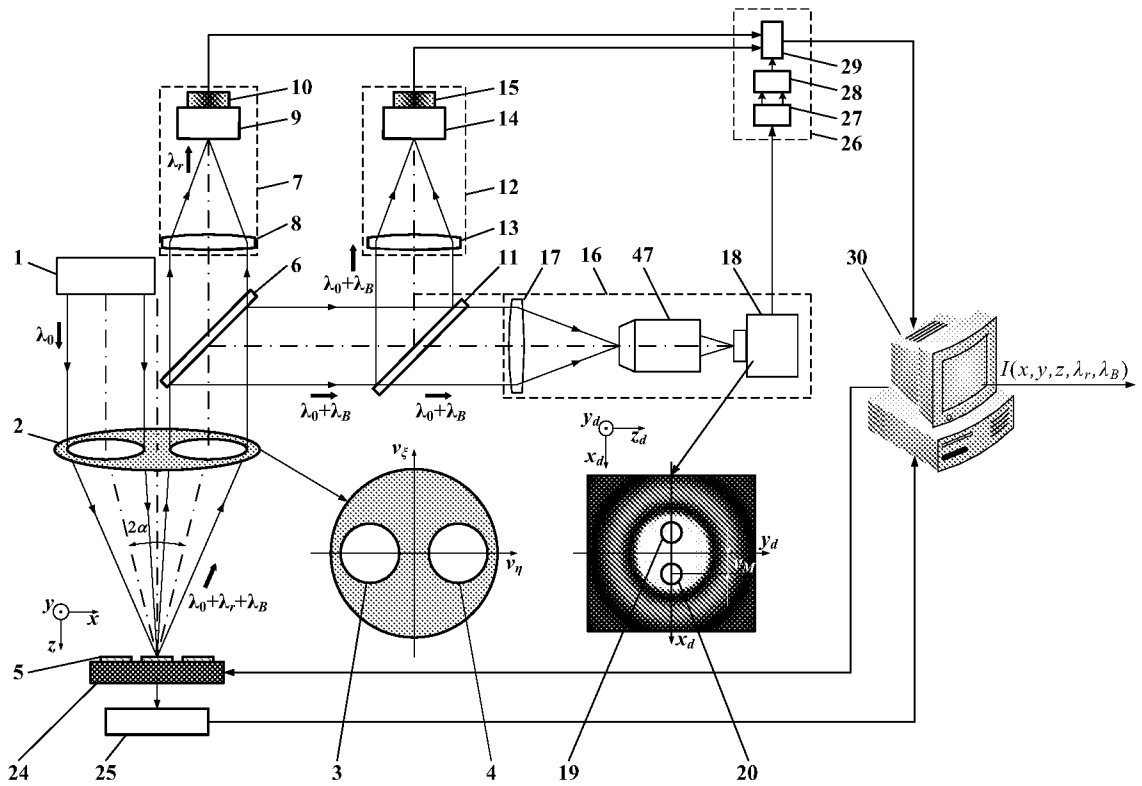


图 10



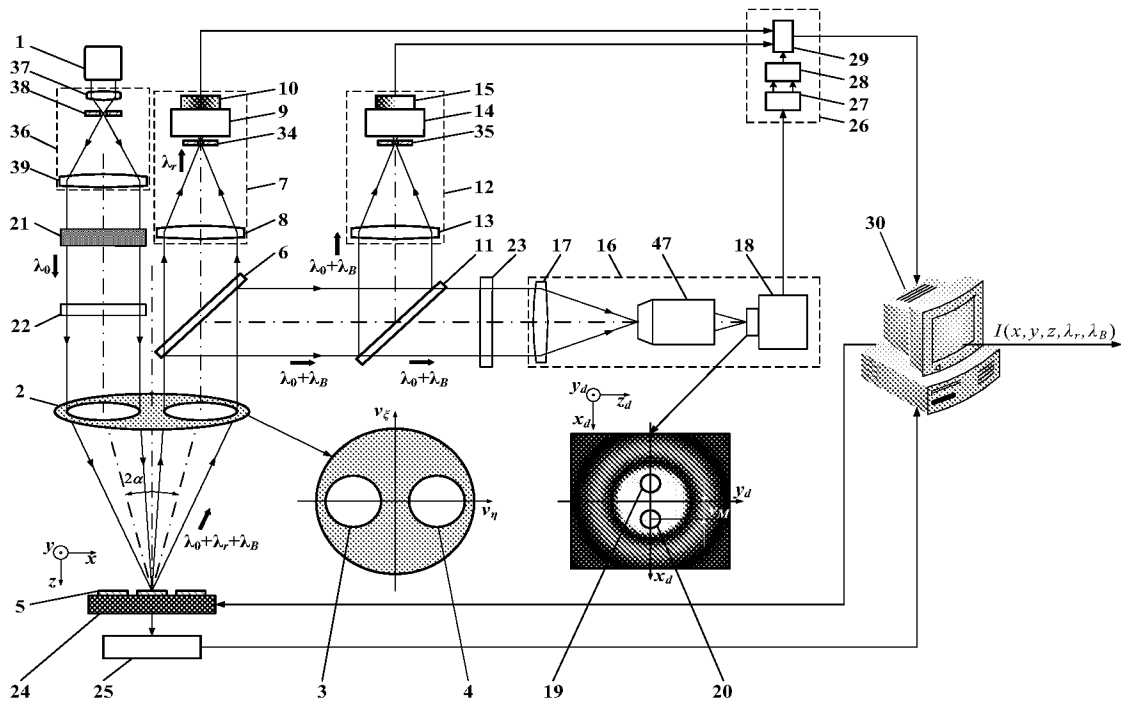


图 11

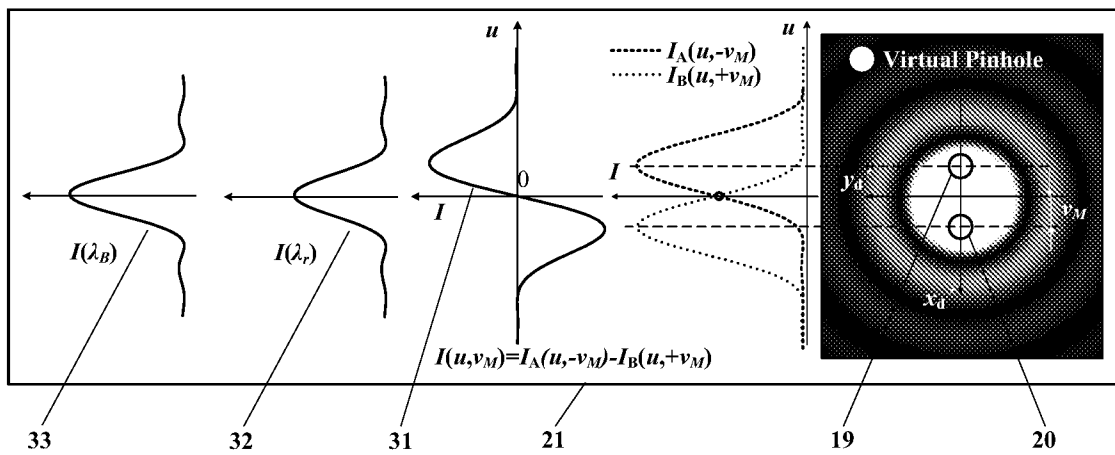


图 12

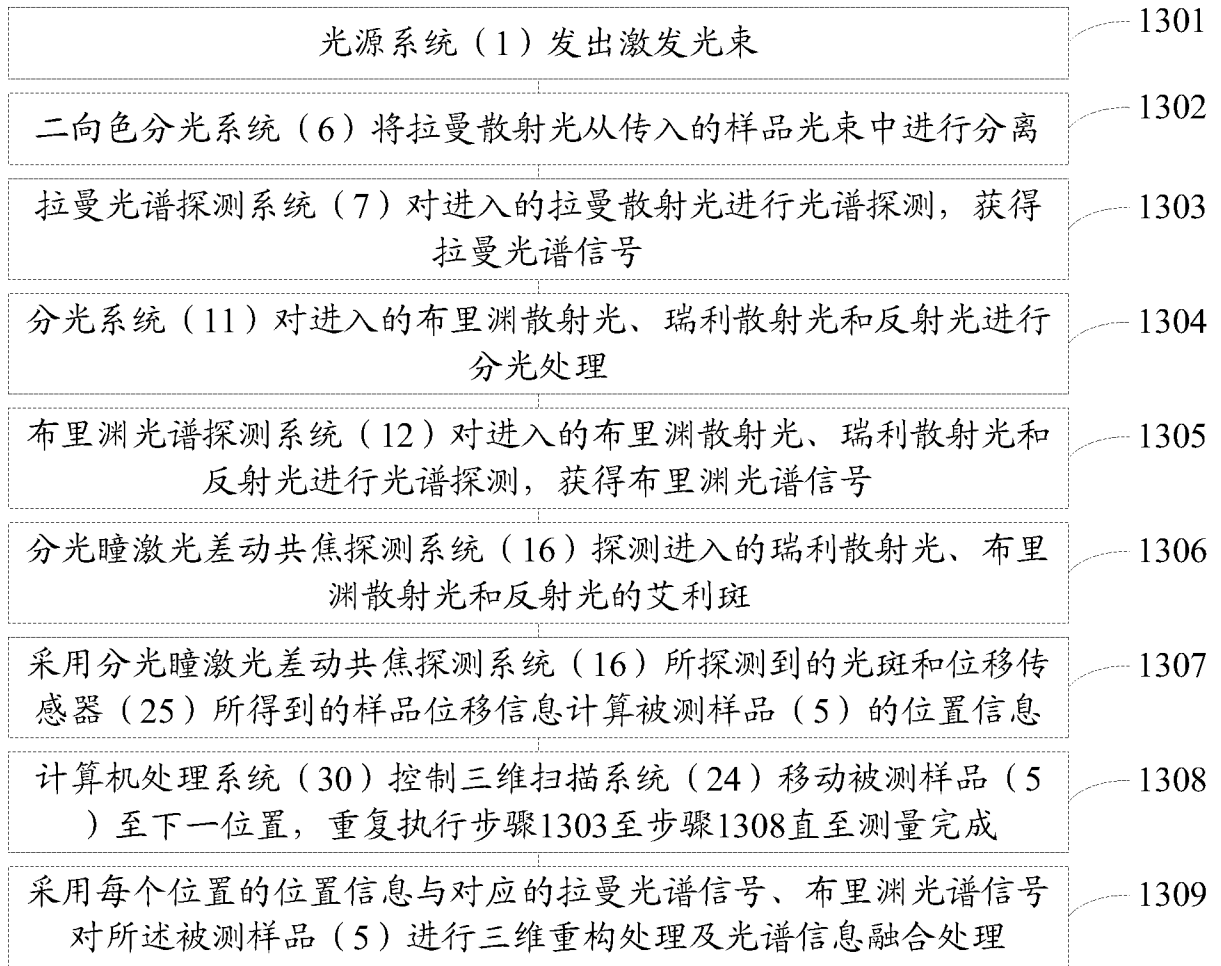


图 13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2015/073030**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/65 (2006.01) i; G01N 21/63 (2006.01) i; G01N 21/01 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 21

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, CNTXT, WPI, EPODOC, ISI WEB OF KNOWLEDGE: focus, pupil, beam splitting, excite, fibre; ZHAO, Weiqian; BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY, confocal, brillouin, focal, rayleigh, stokes, raman, anti-stokes, scatter, sperture, differen+, spectr+, splitter, dichroic

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103884703 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 25 June 2014 (25.06.2014), description, paragraphs 0018-0041, and figures 3-12	1-15
Y	CN 103439254 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 11 December 2013 (11.12.2013), description, paragraphs 0017, 0018, 0022 and 0049-0069, and figures 2 and 8	1-15
Y	CN 102053047 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 11 May 2011 (11.05.2011), description, paragraphs 0004-0012, 0028-0031 and 0049, and figures 1 and 2	1-15
Y	US 4986656 (GTE GOVERNMENT SYSTEMS CORPORATION), 22 January 1991 (22.01.1991), description, column 7, lines 18-40, and figure 2	1-15
A	CN 103091299 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 08 May 2013 (08.05.2013), the whole document	1-15
A	CN 202204524 U (HANGZHOU BRIGHTWAVE PHOTONICS TECHNOLOGY CO., LTD.), 25 April 2012 (25.04.2012), the whole document	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">22 April 2015 (22.04.2015)</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;"><b>15 May 2015 (15.05.2015)</b></p>
<p>Name and mailing address of the ISA/CN:</p> <p>State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;"><b>TANG, Chenguang</b></p> <p>Telephone No.: (86-10) <b>62413589</b></p>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2015/073030**

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2008181554 A1 (TAVERNER, D. et al.), 31 July 2008 (31.07.2008), the whole document	1-15
A	ZHAO, Weiqian et al., "Laser Divided-Aperture Differential Confocal Sensing Technology with Improved Axial Resolution", OPTICS EXPRESS, vol. 20, no. 23, 02 November 2012 (02.11.2012), pages 25979-25989	1-15

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/CN2015/073030**

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103884703 A	25 June 2014	None	
CN 103439254 A	11 December 2013	None	
CN 102053047 A	11 May 2011	CN 102053047 B	04 July 2012
US 4986656 A	22 January 1991	None	
CN 103091299 A	08 May 2013	CN 103091299 B	21 January 2015
		EP 2799844 A1	05 November 2014
		WO 2014110900 A1	24 July 2014
CN 202204524 U	25 April 2012	None	
US 2008181554 A1	31 July 2008	CA 2619317 C	29 March 2011
		CA 2619317 A1	31 July 2008
		GB 2446285 A	06 August 2008
		US 7529434 B2	05 May 2009
		GB 2446285 B	30 November 2011
		GB 0801658 D0	05 March 2008

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01N 21/65(2006.01)i; G01N 21/63(2006.01)i; G01N 21/01(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G01N21</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNPAT, CNKI, CNTXT, WPI, EPODOC, ISI WEB OF KNOWLEDGE: 布里渊, 拉曼, 喇曼, 瑞利, 散射, 斯托克斯, 反斯托克斯, 光谱, 共焦, 差动, 差分, 焦点, 光瞳, 分光, 二向色, 分束, 激发, 光纤, 赵维谦, 北京理工大学, confocal, brillouin, focal, rayleigh, stokes, raman, anti-stokes, scatter, sperture, differen+, spectr+, splitter, dichroic</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 103884703 A (北京理工大学) 2014年 6月 25日 (2014 - 06 - 25) 说明书0018-0041段、附图3-12</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103439254 A (北京理工大学) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 说明书0017、0018、0022、0049-0069段, 附图2、8</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102053047 A (北京理工大学) 2011年 5月 11日 (2011 - 05 - 11) 说明书0004-0012、0028-0031、0049段、附图1、2</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 4986656 (GTE GOVERNMENT SYSTEMS CORPORATION) 1991年 1月 22日 (1991 - 01 - 22) 说明书第7栏第18-40行、附图2</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103091299 A (北京理工大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 202204524 U (杭州布里特威光电技术有限公司) 2012年 4月 25日 (2012 - 04 - 25) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 103884703 A (北京理工大学) 2014年 6月 25日 (2014 - 06 - 25) 说明书0018-0041段、附图3-12	1-15	Y	CN 103439254 A (北京理工大学) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 说明书0017、0018、0022、0049-0069段, 附图2、8	1-15	Y	CN 102053047 A (北京理工大学) 2011年 5月 11日 (2011 - 05 - 11) 说明书0004-0012、0028-0031、0049段、附图1、2	1-15	Y	US 4986656 (GTE GOVERNMENT SYSTEMS CORPORATION) 1991年 1月 22日 (1991 - 01 - 22) 说明书第7栏第18-40行、附图2	1-15	A	CN 103091299 A (北京理工大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 全文	1-15	A	CN 202204524 U (杭州布里特威光电技术有限公司) 2012年 4月 25日 (2012 - 04 - 25) 全文	1-15
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 103884703 A (北京理工大学) 2014年 6月 25日 (2014 - 06 - 25) 说明书0018-0041段、附图3-12	1-15																					
Y	CN 103439254 A (北京理工大学) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 说明书0017、0018、0022、0049-0069段, 附图2、8	1-15																					
Y	CN 102053047 A (北京理工大学) 2011年 5月 11日 (2011 - 05 - 11) 说明书0004-0012、0028-0031、0049段、附图1、2	1-15																					
Y	US 4986656 (GTE GOVERNMENT SYSTEMS CORPORATION) 1991年 1月 22日 (1991 - 01 - 22) 说明书第7栏第18-40行、附图2	1-15																					
A	CN 103091299 A (北京理工大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 全文	1-15																					
A	CN 202204524 U (杭州布里特威光电技术有限公司) 2012年 4月 25日 (2012 - 04 - 25) 全文	1-15																					
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&amp;” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件												
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																						
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																						
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																						
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																						
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2015年 4月 22日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2015年 5月 15日</p>																						
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>汤晨光</p> <p>电话号码 (86-10)62413589</p>																						

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2008181554 A1 (TAVERNER DOMINO 等) 2008年 7月 31日 (2008 - 07 - 31) 全文	1-15
A	ZHAO, Weiqian 等. "Laser divided-aperture differential confocal sensing technology with improved axial resolution" 《OPTICS EXPRESS》, 第第20卷卷, 第第23期期, 2012年 11月 2日 (2012 - 11 - 02), 第25979-25989页	1-15

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/073030

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103884703	A	2014年 6月 25日	无	
CN	103439254	A	2013年 12月 11日	无	
CN	102053047	A	2011年 5月 11日	CN	102053047 B 2012年 7月 4日
US	4986656	A	1991年 1月 22日	无	
CN	103091299	A	2013年 5月 8日	CN	103091299 B 2015年 1月 21日
				EP	2799844 A1 2014年 11月 5日
				WO	2014110900 A1 2014年 7月 24日
CN	202204524	U	2012年 4月 25日	无	
US	2008181554	A1	2008年 7月 31日	CA	2619317 C 2011年 3月 29日
				CA	2619317 A1 2008年 7月 31日
				GB	2446285 A 2008年 8月 6日
				US	7529434 B2 2009年 5月 5日
				GB	2446285 B 2011年 11月 30日
				GB	0801658 D0 2008年 3月 5日