



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112147630 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 01

(21) 申请号 202011033958.2

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.09.27

G01S 17/58 (2006.01)

G01P 3/36 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112147630 A

审查员 朱仲艳

(43) 申请公布日 2020.12.29

(73) 专利权人 中国工程物理研究院激光聚变研究中心

地址 621900 四川省绵阳市游仙区绵山路64号

(72) 发明人 理玉龙 王峰 彭晓世 徐涛  
关赞洋 魏惠月 刘祥明 任宽  
刘欣城 刘永刚

(74) 专利代理机构 重庆为信知识产权代理事务所(普通合伙) 50216

代理人 蔡冬彦

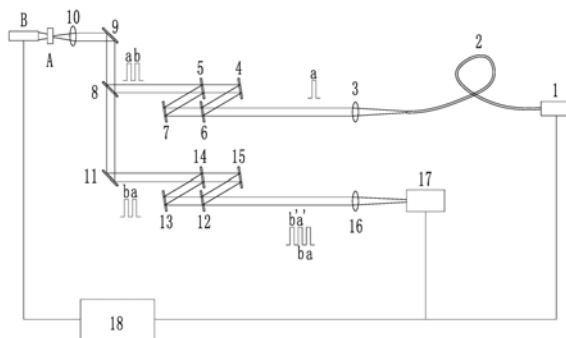
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种成像型多普勒速度仪

(57) 摘要

本发明公开了一种成像型多普勒速度仪,至少包括探针光模块、收光成像模块、前置干涉模块、后置干涉模块和记录模块,其中,收光成像模块包括第一成像镜、第二成像镜和第三成像镜,所述第一成像镜设置在探针光模块和前置干涉模块之间,所述第二成像镜设置在前置干涉模块、后置干涉模块和样品之间,所述第三成像镜设置在后置干涉模块和记录模块之间。采用以上技术方案的一种成像型多普勒速度仪,利用全新设计的多普勒干涉结构,基于多普勒频移结合干涉诊断的原理,实现对百微米量级样品低速运动过程的高精度诊断,即:低速样品在一维空间上速度演化历程的高精度诊断,填补了激光惯性约束聚变等领域低速过程的高精度诊断空白。



1. 一种成像型多普勒速度仪,其特征在于:至少包括探针光模块、收光成像模块、前置干涉模块、后置干涉模块和记录模块,其中,所述收光成像模块包括第一成像镜(3)、第二成像镜(10)和第三成像镜(16),所述第一成像镜(3)设置在探针光模块和前置干涉模块之间,所述第二成像镜(10)设置在前置干涉模块、后置干涉模块和样品(A)之间,所述第三成像镜(16)设置在后置干涉模块和记录模块之间;

探针光模块发出的单个脉冲信号经第一成像镜(3)成像至前置干涉模块,并由前置干涉模块分为两个脉冲信号,两个脉冲信号一前一后经第二成像镜(10)成像至样品(A)表面,由样品(A)表面先后反射回的两个脉冲信号经第二成像镜(10)成像至后置干涉模块,并由后置干涉模块分为中间两个脉冲信号发生干涉的四个脉冲信号,四个脉冲信号先后经第三成像镜(16)成像至记录模块,并由记录模块记录。

2. 根据权利要求1所述的一种成像型多普勒速度仪,其特征在于:所述探针光模块包括脉冲探针光源发生器(1)以及设置在脉冲探针光源发生器(1)与第一成像镜(3)之间的多模光纤(2)。

3. 根据权利要求2所述的一种成像型多普勒速度仪,其特征在于:还包括同步机(18),所述记录模块包括光学条纹相机(17),所述同步机(18)用于控制脉冲探针光源发生器(1)发出探针激光、驱动激光发生器(B)发出照射样品(A)主激光和光学条纹相机(17)启动记录的时序关系。

4. 根据权利要求1所述的一种成像型多普勒速度仪,其特征在于:所述前置干涉模块包括第一反射镜(4)、第二反射镜(7)、第一半透半反镜(6)和第二半透半反镜(5),由第一成像镜(3)引入的单个脉冲信号经第一半透半反镜(6)一分为二,第一半透半反镜(6)透射出的一个脉冲信号依次经第二反射镜(7)和第二半透半反镜(5)反射后射向第二成像镜(10),第一半透半反镜(6)反射出的另一个脉冲信号先经第一反射镜(4)反射、再经第二半透半反镜(5)透射后射向第二成像镜(10),两个脉冲信号在前置干涉模块中的光程差大于脉冲信号的脉宽。

5. 根据权利要求1所述的一种成像型多普勒速度仪,其特征在于:所述后置干涉模块包括第三反射镜(13)、第四反射镜(15)、第三半透半反镜(12)和第四半透半反镜(14),由第二成像镜(10)引入的一前一后两个脉冲信号经第四半透半反镜(14)分为两组,从第四半透半反镜(14)透射出的一组脉冲信号依次经第四反射镜(15)和第三半透半反镜(12)反射后射向第三成像镜(16),从第四半透半反镜(14)反射出的另一组脉冲信号先经第三反射镜(13)反射、再经第三半透半反镜(12)透射后射向第三成像镜(16),两组脉冲信号在后置干涉模块中的光程差大于脉冲信号的脉宽,且先从后置干涉模块出射的一组脉冲信号中的靠后一个脉冲信号与后从后置干涉模块出射的一组脉冲信号中的靠前一个脉冲信号产生干涉。

6. 根据权利要求1所述的一种成像型多普勒速度仪,其特征在于:所述第二成像镜(10)、前置干涉模块和后置干涉模块之间设置有第五半透半反镜(8)、第五反射镜(9)和第六反射镜(11);由前置干涉模块先后射出的两个脉冲信号依次经第五半透半反镜(8)、第五反射镜(9)和第二成像镜(10)成像至样品(A)表面,由样品(A)表面先后反射回的两个脉冲信号依次经第二成像镜(10)、第五反射镜(9)、第五半透半反镜(8)和第六反射镜(11)射向后置干涉模块。

## 一种成像型多普勒速度仪

### 技术领域

[0001] 本发明涉及激光干涉测速技术领域,具体涉及一种成像型多普勒速度仪。

### 背景技术

[0002] 随着科技的发展,传统的煤、石油等化石能源终究有限,无法长久满足人类日益增长的能源需求。通过惯性约束聚变产生能量增益是实验室实现受控能源的有效方式之一,无论在民生经济还是在军事领域均具有重要的研究价值。随着高能量激光装置研制能力的提升,依靠超强功率密度的激光脉冲将靶丸压缩至高温高密度的状态,进而实现聚变点火是目前惯性约束聚变的重要途径之一。同时激光惯性约束聚变过程中所形成的高压高密度等极端状态也为实验室开展天体物理等高能量密度物理研究提供了有效平台。

[0003] 在激光惯性约束聚变和高能量密度物理实验研究中,为了获取待测样品的状态方程数据,一种重要的方法是采用准等熵加载方式对样品进行驱动,利用速度测量装置获得样品的粒子速度,进而计算其所处的压力状态。在目前已有的速度测量装置中,任意反射面速度干涉仪(Velocity interferometer system for Any Reflector,简称VISAR)、全光纤干涉测速仪(All Fiber Displacement Interferometer System for Any Reflector,简称AFDISAR)等均可以对样品表面的速度进行测量。其中VISAR可以获取样品表面一维空间分辨的速度演化历程,但该设备仅适用于较高速度过程的测量(速度 $>10\text{km/s}$ ),对于低速运动的样品界面,其测量精度较低;AFDISAR是一种基于光纤的位移干涉装置,相较于VISAR更适用于低速测量环境,但其并不具备空间分辨能力。

[0004] 在AFDISAR基础上发展的面阵型光纤位移干涉仪能够测量较大样品表面多个位置的速度演化过程,但是其仅适用于气炮驱动飞片等具有毫米甚至厘米量级尺寸样品的速度测量。而在激光惯性约束聚变研究中,样品尺寸通常仅有百微米量级,故无法采用面阵型光纤位移干涉仪进行空间分辨速度测量。因此在激光惯性约束聚变研究等实验平台中,目前尚缺少一种能够对百微米量级样品的低速运动过程(速度 $<10\text{km/s}$ )进行高精度的空间分辨速度测量的诊断设备。

### 发明内容

[0005] 为解决以上的技术问题,本发明提供了一种成像型多普勒速度仪。

[0006] 其技术方案如下:

[0007] 一种成像型多普勒速度仪,其要点在于,至少包括探针光模块、收光成像模块、前置干涉模块、后置干涉模块和记录模块,其中,所述收光成像模块包括第一成像镜、第二成像镜和第三成像镜,所述第一成像镜设置在探针光模块和前置干涉模块之间,所述第二成像镜设置在前置干涉模块、后置干涉模块和样品之间,所述第三成像镜设置在后置干涉模块和记录模块之间;

[0008] 探针光模块发出的单个脉冲信号经第一成像镜成像至前置干涉模块,并由前置干涉模块分为两个脉冲信号,两个脉冲信号一前一后经第二成像镜成像至样品表面,由样品

表面先后反射回的两个脉冲信号经第二成像镜成像至后置干涉模块,并由后置干涉模块分为中间两个脉冲信号发生干涉的四个脉冲信号,四个脉冲信号先后经第三成像镜成像至记录模块,并由记录模块记录。

[0009] 采用以上结构,前置干涉模块将单个脉冲信号复制为两个脉冲信号,其中一个脉冲信号被调节到样品发生运动之前,另外一个脉冲信号被调节到样品发生运动之后,两个脉冲信号经样品反射后进入后置干涉模块再次进行复制,先到的一个脉冲信号被复制为一前一后两个脉冲信号,后到的一个脉冲信号同样被复制为一前一后两个脉冲信号,先到那个脉冲信号复制出的靠后的一个脉冲信号与后到那个脉冲信号复制出的靠前的一个脉冲信号满足干涉条件,可实现干涉。先到那个脉冲信号复制出的靠后的一个脉冲信号与样品未发生运动时的状态关联,后到那个脉冲信号复制出的靠前的一个脉冲信号与样品运动之后的状态关联,其多普勒频移与样品速度成正比,因此这两个脉冲信号在后置干涉仪中干涉时,即可形成对低速过程具有高灵敏度的多普勒位移干涉结构,通过反解记录模块记录的干涉条纹移动情况,即可获得高精度的样品速度演化历程,从而实现低速样品一维空间上速度演化历程的高精度诊断。

[0010] 作为优选:所述探针光模块包括脉冲探针光源发生器以及设置在脉冲探针光源发生器与第一成像镜之间的多模光纤。采用以上结构,探针光模块通过多模光纤引入,为本发明提供脉冲探针光,波长在可见光波段,适用于低速样品。

[0011] 作为优选:还包括同步机,所述记录模块包括光学条纹相机,所述同步机用于控制脉冲探针光源发生器发出探针激光、驱动激光发生器发出照射样品主激光和光学条纹相机启动记录的时序关系。采用以上结构,简单可靠,易于实现。

[0012] 作为优选:所述前置干涉模块包括第一反射镜、第二反射镜、第一半透半反镜和第二半透半反镜,由第一成像镜引入的单个脉冲信号经第一半透半反镜一分为二,第一半透半反镜透射出的一个脉冲信号依次经第二反射镜和第二半透半反镜反射后射向第二成像镜,第一半透半反镜反射出的另一个脉冲信号先经第一反射镜反射、再经第二半透半反镜透射后射向第二成像镜,两个脉冲信号在前置干涉模块中的光程差大于脉冲信号的脉宽。采用以上结构,不仅能够将单个信号一分为二,而且构成不等臂干涉光路,由于光路长度不同,能够延时其中一个信号,简单可靠,易于调节。

[0013] 作为优选:所述后置干涉模块包括第三反射镜、第四反射镜、第三半透半反镜和第四半透半反镜,由第二成像镜引入的一前一后两个脉冲信号经第四半透半反镜分为两组,从第四半透半反镜透射出的一组脉冲信号依次经第四反射镜和第三半透半反镜反射后射向第三成像镜,从第四半透半反镜反射出的另一组脉冲信号先经第三反射镜反射、再经第三半透半反镜透射后射向第三成像镜,两组脉冲信号在后置干涉模块中的光程差大于脉冲信号的脉宽,且先从后置干涉模块出射的一组脉冲信号中的靠后一个脉冲信号与后从后置干涉模块出射的一组脉冲信号中的靠前一个脉冲信号产生干涉。采用以上结构,不仅能够将先后到达的两个信号分为四个信号,而且构成不等臂干涉光路,由于光路长度不同,能够通过延时使中间两个信号发生干涉,简单可靠,易于调节。

[0014] 作为优选:所述第二成像镜、前置干涉模块和后置干涉模块之间设置有第五半透半反镜、第五反射镜和第六反射镜;由前置干涉模块先后射出的两个脉冲信号依次经第五半透半反镜、第五反射镜和第二成像镜成像至样品表面,由样品表面先后反射回的两个脉

冲信号依次经第二成像镜、第五反射镜、第五半透半反镜和第六反射镜射向后置干涉模块。采用以上结构,使光路简洁且合理。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益效果:

[0016] 采用以上技术方案的一种成像型多普勒速度仪,利用全新设计的多普勒干涉结构,基于多普勒频移结合干涉诊断的原理,实现对百微米量级样品低速(速度 $<10\text{km/s}$ )运动过程的高精度诊断,即:低速样品在一维空间上速度演化历程的高精度诊断,填补了激光惯性约束聚变等领域低速过程的高精度诊断空白。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明的示意图。

## 具体实施方式

[0018] 以下结合实施例和附图对本发明作进一步说明。

[0019] 如图1所示,一种成像型多普勒速度仪,其主要包括探针光模块、收光成像模块、前置干涉模块、后置干涉模块和记录模块。

[0020] 探针光模块包括脉冲探针光源发生器1以及设置在脉冲探针光源发生器1与第一成像镜3之间的多模光纤2。脉冲探针光源发生器1发出的探针光(即脉冲信号)通过多模光纤2引入,其中,探针光的波长在可见光波段,本实施例中,脉宽优选为15ns。

[0021] 收光成像模块包括第一成像镜3、第二成像镜10和第三成像镜16,第一成像镜3设置在探针光模块和前置干涉模块之间(即第一成像镜3设置在多模光纤2与前置干涉模块之间),第二成像镜10设置在前置干涉模块、后置干涉模块和样品A之间,第三成像镜16设置在后置干涉模块和记录模块之间。具体地说,收光成像模块将探针光成像至样品A表面,并将样品A表面反射回的探针光收集并成像至记录模块,实现待测样品A的二维成像。

[0022] 前置干涉模块包括第一反射镜4、第二反射镜7、第一半透半反镜6和第二半透半反镜5,由第一成像镜3引入的单个脉冲信号经第一半透半反镜6一分为二,第一半透半反镜6透射出的一个脉冲信号依次经第二反射镜7和第二半透半反镜5反射后射向第二成像镜10,第一半透半反镜6反射出的另一个脉冲信号先经第一反射镜4反射、再经第二半透半反镜5透射后射向第二成像镜10,两个脉冲信号在前置干涉模块中的光程差大于脉冲信号的脉宽,本实施例中光程差大于15ns。前置干涉模块不仅将单个脉冲信号复制为两个脉冲信号(即脉冲信号a和脉冲信号b),而且使两个脉冲信号之间具有延时,一前一后从前置干涉模块射出。

[0023] 第二成像镜10、前置干涉模块和后置干涉模块之间设置有第五半透半反镜8、第五反射镜9和第六反射镜11;由前置干涉模块中的第一半透半反镜6先后射出的两个脉冲信号依次经第五半透半反镜8、第五反射镜9和第二成像镜10成像至样品A表面,由样品A表面先后反射回的两个脉冲信号依次经第二成像镜10、第五反射镜9、第五半透半反镜8和第六反射镜11射向后置干涉模块。

[0024] 后置干涉模块包括第三反射镜13、第四反射镜15、第三半透半反镜12和第四半透半反镜14,由第二成像镜10引入的一前一后两个脉冲信号经第四半透半反镜14分为两组,从第四半透半反镜14透射出的一组脉冲信号依次经第四反射镜15和第三半透半反镜12反

射后射向第三成像镜16,从第四半透半反镜14反射出的另一组脉冲信号先经第三反射镜13反射、再经第三半透半反镜12透射后射向第三成像镜16,两组脉冲信号在后置干涉模块中的光程差大于脉冲信号的脉宽(本实施例中光程差大于15ns),且先从后置干涉模块出射的一组脉冲信号中的靠后一个脉冲信号与后从后置干涉模块出射的一组脉冲信号中的靠前一个脉冲信号产生干涉。

[0025] 具体地说,先到的一个脉冲信号被复制为一前一后两个脉冲信号(脉冲信号a和脉冲信号a'),后到的一个脉冲信号同样被复制为一前一后两个脉冲信号(脉冲信号b和脉冲信号b'),先到那个脉冲信号复制出的靠后的一个脉冲信号(脉冲信号a')与后到那个脉冲信号复制出的靠前的一个脉冲信号(脉冲信号b)满足干涉条件,可实现干涉。

[0026] 记录模块包括光学条纹相机17,光学条纹相机17采用高速光学条纹相机,对垂直于干涉条纹方向的条纹移动进行高时空分辨记录,结合后续的图像处理,即可得到由多普勒频移引起的相位变化,从而得到高精度的样品速度演化过程。

[0027] 本实施例中还包括同步控制模块,该同步控制模块包括同步机18,同步机18至少用于控制脉冲探针光源发生器1发出探针激光和光学条纹相机17启动记录的时序关系,本实施例中,同步机18用于控制脉冲探针光源发生器1发出探针激光、驱动激光发生器B发出主激光和光学条纹相机17启动记录的时序关系,实现对特定时间范围内样品移动过程的速度测量,其中,驱动激光发生器B发的主激光用于照射样品A。

[0028] 脉冲探针光源发生器1发出单个脉冲信号,经多模光纤2引向第一成像镜3,经第一成像镜3成像至前置干涉模块,由第一半透半反镜6一分为二,第一半透半反镜6透射出的一个脉冲信号(即脉冲信号a)依次经第二反射镜7和第二半透半反镜5反射后射向第二成像镜10,第一半透半反镜6反射出的另一个脉冲信号(即脉冲信号b)先经括第一反射镜4反射、再经第二半透半反镜5透射后射向第二成像镜10。脉冲信号a和脉冲信号b一前一后经第二成像镜10成像至样品A表面,由样品A表面先后反射回的脉冲信号a和脉冲信号b经第二成像镜10成像至后置干涉模块,先到的脉冲信号a被复制为一前一后两个脉冲信号(即脉冲信号a和脉冲信号a'),后到的脉冲信号b同样被复制为一前一后两个脉冲信号(即脉冲信号b和脉冲信号b'),脉冲信号a'与脉冲信号b满足干涉条件,可实现干涉,形成对低速过程具有高灵敏度的多普勒位移干涉光路,干涉条纹经第三成像镜16成像至光学条纹相机17上,由光学条纹相机17记录干涉条纹的移动情况,通过反解光学条纹相机17记录的干涉条纹移动情况,即可获得高精度的样品速度演化历程。

[0029] 本发明采用光学成像结构,将样品A成像至光学条纹相机17前,对于成像模块及干涉模块而言,本发明具有二维空间分辨能力;但本发明采用高速光学条纹相机对动态过程进行记录,因此本发明最终具有一维的空间分辨能力。

[0030] 最后需要说明的是,上述描述仅仅为本发明的优选实施例,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不违背本发明宗旨及权利要求的前提下,可以做出多种类似的表示,这样的变换均落入本发明的保护范围之内。

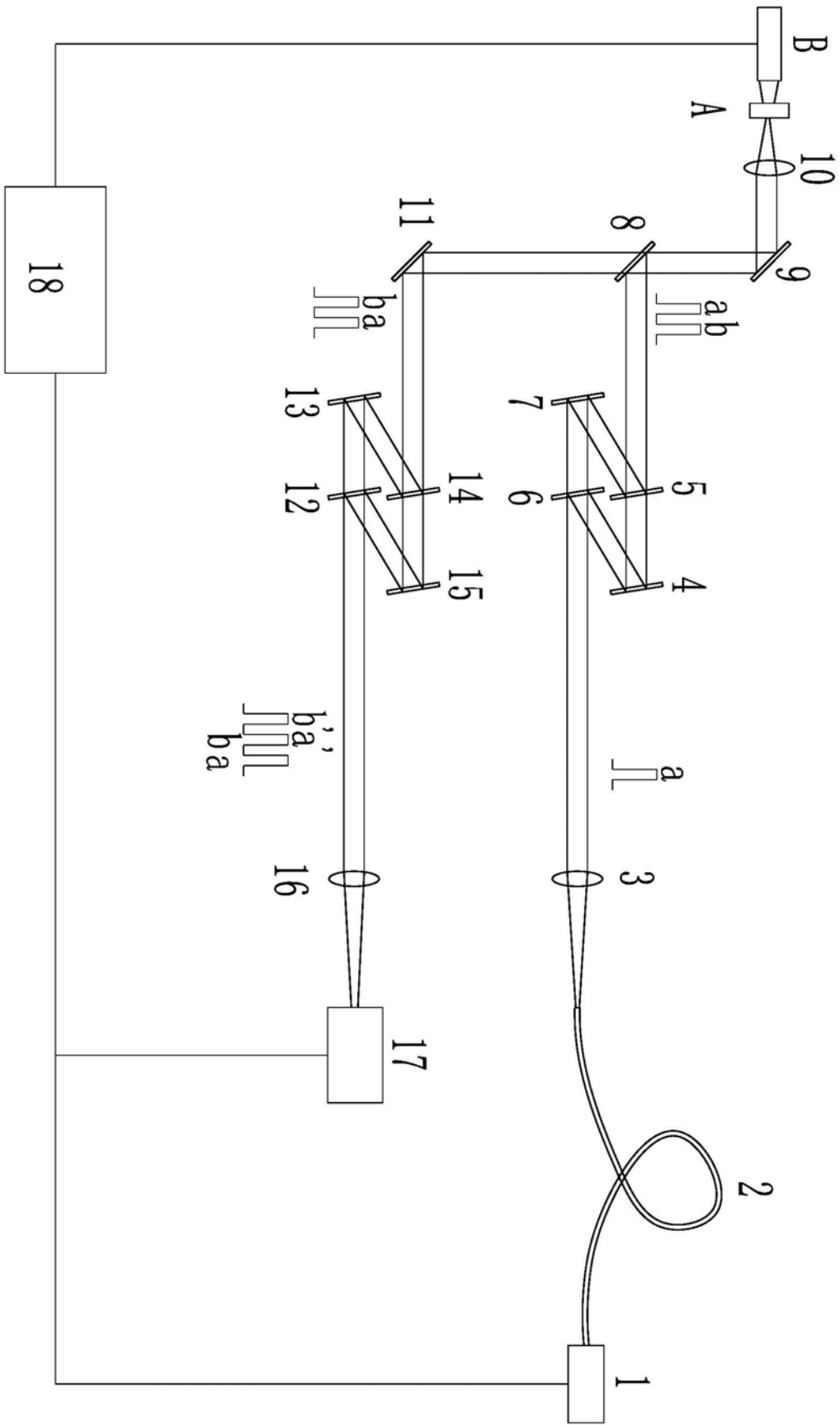


图1