



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108398774 B

(45) 授权公告日 2021. 03. 02

(21) 申请号 201810047840.1

(22) 申请日 2018.01.18

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108398774 A

(43) 申请公布日 2018.08.14

(73) 专利权人 中国科学院广州生物医药与健康
研究院

地址 510663 广东省广州市科学城开源大
道190号

(72) 发明人 张骁 骆健忠 樊科 宋研 卢俊
麦仕文 欧阳瑶 张凤香 赵洪南
张莹 董建华 秦季生 黄海飞

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

代理人 孟金喆

(51) Int.Cl.

G02B 21/06 (2006.01)

G02B 21/00 (2006.01)

G01N 21/01 (2006.01)

审查员 毛洁

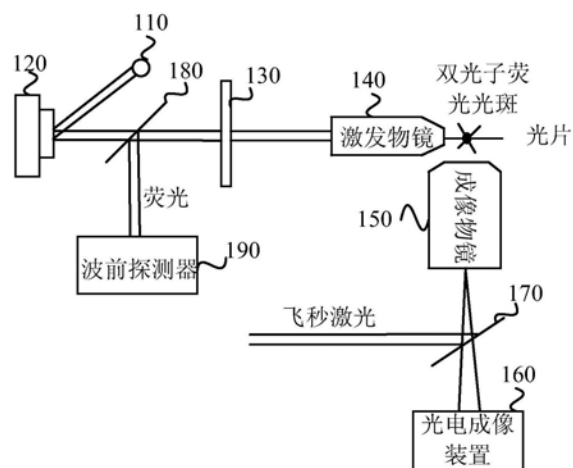
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种光片显微镜

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种光片显微镜。包括：激光光源；光波相位调整器，用于调整所述激光束的相位；光片产生装置，用于接收由所述光波相位调整器出射的激光束，并将所述激光束整形为光片；激发物镜，用于将所述光片耦合至样品，以激发所述样品产生荧光；成像物镜，用于采集并会聚所述样品激发产生的荧光；光电检测装置，用于对所述荧光进行成像；第一分光镜，设置于所述成像物镜和所述光电检测装置之间；第二分光镜，用于改变所述双光子荧光光斑出射的荧光的光路；波前探测器，用于检测所述双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变。本发明实施例提供的光片显微镜，可以校正激光光片的波前畸变，实现对浑浊样品的深度成像。



1. 一种光片显微镜,其特征在于,包括:

激光光源,用于产生激光束;

光波相位调整器,用于接收由所述激光光源产生的激光束,并调整所述激光束的相位;

光片产生装置,用于接收由所述光波相位调整器出射的激光束,并将所述激光束整形为光片;所述光波相位调整器位于所述激光光源与所述光片产生装置之间的光学路径上;

激发物镜,用于接收由所述光片产生装置产生的光片,并将所述光片耦合至样品,以激发所述样品产生荧光;

成像物镜,与所述光片所在平面垂直,用于采集并会聚所述样品激发产生的荧光;

光电检测装置,用于检测由所述成像物镜采集并会聚的荧光,并对所述荧光进行成像;

第一分光镜,设置于所述成像物镜和所述光电检测装置之间,用于改变飞秒激光的光路,使所述飞秒激光耦合进入所述成像物镜,所述飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑;

第二分光镜,位于所述激光光源与所述光片产生装置之间的光学路径上,用于改变所述双光子荧光光斑出射的荧光的光路;

波前探测器,位于所述第二分光棱镜的反射光路上,用于接收被所述第二分光棱镜反射的所述双光子荧光光斑发射的荧光,并检测所述双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变;其中,所述双光子荧光光斑出射的荧光通过所述激发物镜后返回至所述波前探测器,所述双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变为激发光路的波前畸变;

所述光波相位调整器根据所述波前探测器探测到的所述双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变来调整所述激光束的波前相位,校正所述激光束的波前畸变,以使样品处获得消除或减少畸变的激光光片。

2. 根据权利要求1所述的光片显微镜,其特征在于,所述光波相位调整器包括空间光调制器或者可变形镜。

3. 根据权利要求1所述的光片显微镜,其特征在于,所述光片产生装置包括柱透镜或者扫描振镜。

4. 根据权利要求1所述的光片显微镜,其特征在于,还包括:至少一个透镜,设置于所述激光光源产生的激光束的光路上,用于会聚并传递所述激光束。

5. 根据权利要求4所述的光片显微镜,其特征在于,所述至少一个透镜设置于所述光波相位调整器和所述光片产生装置之间,和/或设置于所述光片产生装置和所述激发物镜之间。

6. 根据权利要求4所述的光片显微镜,其特征在于,当包含至少两个透镜时,所述至少两个透镜之间的位置关系为共轭关系。

7. 根据权利要求1所述的光片显微镜,其特征在于,所述飞秒激光由飞秒激光源产生,或者由所述激光光源产生。

8. 根据权利要求1所述的光片显微镜,其特征在于,当飞秒激光由激发光路耦合至样品时,所述第一分光镜,设置于所述光片产生装置和所述激发物镜之间,用于改变飞秒激光的光路,使所述飞秒激光耦合进入所述激发物镜,所述飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑。

9. 根据权利要求1或8所述的光片显微镜,其特征在于,所述波前探测器设置于所述光

波相位调整器之前,或者设置于所述光波相位调整器之后。

一种光片显微镜

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及显微镜技术领域,尤其涉及一种光片显微镜。

背景技术

[0002] 光片显微镜的成像方式为选择照明焦平面进行成像,这种方式可以避免激发焦平面外的样品,使得图像不受离焦信号的干扰,从而实现光学切片层析成像。由于成像时样品受激发的平面为焦平面,不会对样品的其他部分造成影响,所以光片显微镜可以将光漂白和光损伤降到最低,有利于活细胞的长时间成像。

[0003] 传统的光片显微镜存在对浑浊样品穿透深度不足的局限性。当激发光束聚焦到透明度不够高的生物样品上时,光束会产生波前畸变,从而导致光片变厚,降低图像的分辨率及对比度,从而降低照明的穿透深度。现有的做法是,当对浑浊样品深度成像时,需要预先对样品进行透明化处理,不仅会对样品造成一定的损伤,而且不方便。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种光片显微镜,可以校正成像激光光片的波前畸变,提高光片显微镜的成像质量,从而实现对浑浊样品的深度成像。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种光片显微镜,该光片显微镜包括:

[0006] 激光光源,用于产生激光束;

[0007] 光波相位调整器,用于接收由所述激光光源产生的激光束,并调整所述激光束的相位;

[0008] 光片产生装置,用于接收由所述光波相位调整器出射的激光束,并将所述激光束整形为光片;

[0009] 激发物镜,用于接收由所述光片产生装置产生的光片,并将所述光片耦合至样品,以激发所述样品产生荧光;

[0010] 成像物镜,与所述光片所在平面垂直,用于采集并会聚所述样品激发产生的荧光;

[0011] 光电检测装置,用于检测由所述成像物镜采集并会聚的荧光,并对所述荧光进行成像;

[0012] 第一分光镜,设置于所述成像物镜和所述光电检测装置之间,用于改变飞秒激光的光路,使所述飞秒激光耦合进入所述成像物镜,所述飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑;

[0013] 第二分光镜,用于改变所述双光子荧光光斑出射的荧光的光路;

[0014] 波前探测器,用于接收所述双光子荧光光斑发射的荧光,并检测所述双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变;其中,所述双光子荧光光斑出射的荧光通过所述激发物镜后返回至所述波前探测器,所述双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变为激发光路的波前畸变。

[0015] 进一步地,所述光波相位调整器根据波前探测器检测到的所述双光子荧光光斑出

射的荧光的波前畸变来调整所述激光束的波前相位,校正所述激光束的波前畸变,以使样品处获得消除或减少畸变的激光光片。。

[0016] 进一步地,所述光波相位调整器包括空间光调制器或者可变形镜。

[0017] 进一步地,所述光片产生装置包括柱透镜或者扫描振镜。

[0018] 进一步地,所述扫描振镜包括X轴振镜和/或Y轴振镜。

[0019] 进一步地,还包括:至少一个透镜,设置于所述激光光源产生的激光束的光路上,用于会聚并传递所述激光束。

[0020] 进一步地,所述至少一个透镜设置于所述光波相位调整器和所述光片产生装置之间,和/或设置于所述光片产生装置和所述激发物镜之间。

[0021] 进一步地,当包含至少两个透镜时,所述至少两个透镜之间的位置关系为共轭关系。

[0022] 进一步地,所述飞秒激光由飞秒激光光源产生,或者由所述激光光源产生。

[0023] 进一步地,还包括:

[0024] 反射镜,设置于所述光波相位调整器和所述光片产生装置之间,用于改变所述激光束的传播方向。

[0025] 进一步地,所述波前探测器设置于所述光波相位调整器之前,或者设置于所述光波相位调整器之后。

[0026] 本发明实施例提供的光片显微镜,该显微镜包括:激光光源,用于产生激光束;光波相位调整器,用于接收由激光光源产生的激光束,并调整激光束的相位;光片产生装置,用于接收由光波相位调整器出射的激光束,并将激光束整形为光片;激发物镜,用于接收由光片产生装置产生的光片,并将光片耦合至样品,以激发样品产生荧光;成像物镜,与光片所在平面垂直,用于采集并会聚样品激发产生的荧光;光电检测装置,用于检测由成像物镜采集并会聚的荧光,并对荧光进行成像;第一分光镜,设置于成像物镜和光电检测装置之间,用于改变飞秒激光的光路,使飞秒激光耦合进入成像物镜,飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑;第二分光镜,用于改变双光子荧光光斑发射的荧光的光路;波前探测器,用于接收双光子荧光光斑发射的荧光,并检测双光子荧光光斑发射的荧光的波前畸变。本发明实施例提供的光片显微镜,在激光光路中增加光波相位调整器及波前探测器,可以自适应的调整激光束的相位,从而校正激光光片的波前畸变,提高光片显微镜的成像质量,实现对浑浊样品的深度成像。

附图说明

[0027] 图1是本发明实施例一中的一种光片显微镜的结构示意图;

[0028] 图2是本发明实施例一中的另一种一种光片显微镜的结构示意图;

[0029] 图3是本发明实施例一中的又一种一种光片显微镜的结构示意图;

[0030] 图4是本发明实施例一中的又一种一种光片显微镜的结构示意图

[0031] 图5是本发明实施例二中的一种光片显微镜的结构示意图。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描

述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0033] 实施例一

[0034] 图1为本发明实施例一提供的一种光片显微镜的结构示意图,该光片显微镜可以实现对浑浊样本的深度成像。如图1所示,该光片显微镜包括:激光光源110,光波相位调整器120,光片产生装置130,激发物镜140,成像物镜150,光电检测装置160,第一分光镜170,第二分光镜180和波前探测器190。

[0035] 激光光源110,用于产生激光束。光波相位调整器120,用于接收由激光光源110产生的激光束,并调整激光束的相位。光片产生装置130,用于接收由光波相位调整器120出射的激光束,并将激光束整形为光片。激发物镜140,用于接收由光片产生装置130产生的光片,并将光片耦合至样品,以激发样品产生荧光。成像物镜150,与光片所在平面垂直,用于采集并会聚样品激发产生的荧光。光电检测装置160,用于检测由成像物镜150采集并会聚的荧光,并对荧光进行成像。第一分光镜170,设置于成像物镜150和光电检测装置160之间,用于改变飞秒激光的光路,使飞秒激光耦合进入成像物镜150,飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑。第二分光镜180,用于改变双光子荧光光斑出射的荧光的光路。波前探测器190,用于接收双光子荧光光斑出射的荧光,并检测双光子荧光光斑发射的荧光的波前畸变,其中,双光子荧光光斑出射的荧光通过激发物镜140后返回至波前探测器190,双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变为激发光路的波前畸变。

[0036] 本实施例中,激光光源110可以是能够产生激光的激光器或者激光二极管,其中,激光器可以是准分子激光器或者飞秒激光器等。光波相位调整器120可以调整激光的相位,可选的,光波相位调整器120可以是空间光调制器(Spatial Light Modulator,SLM)或者可变形镜。其中,空间光调制器调制激光相位的原理可以通过液晶分子调制光场的折射率参量来调制相位;可变形镜又可以称为波前校正器,可变形镜调制激光相位的原理可以是,通过改变激光光波传输的光程或改变传输介质的折射率来改变激光相位,从而达到调制激光相位的目的。光片产生装置130可以将激光束整形为光片,可选的,光片产生装置130可以是柱透镜或者扫描振镜。激发物镜140可以将由光片产生装置130出射的激光光片耦合至样品,从而激发样品产生荧光。成像物镜150可以采集并会聚由样品激发产生的荧光。光电检测装置150可以检测由成像物镜采集并会聚的荧光,并对荧光进行成像。可选的,光电检测装置150可以由电荷耦合器件(Charge-coupled Device,CCD)制作的装置或者由互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor,CMOS)制作的装置。第一分光镜170,用于改变飞秒激光的光路,使飞秒激光耦合进入成像物镜150,飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑。可选的,飞秒激光可以由飞秒激光产生或者由激光光源110产生,当飞秒激光由激光光源110产生时,实现的方式可以是,将激光光源110产生的激光分为两部分,一部分进入光波相位调整器120用于后续的成像,一部分经过第一分光镜170耦合进入成像物镜150,用于后续的激发样品产生一双光子荧光光斑。

[0037] 第二分光镜180,用于改变双光子荧光光斑出射的荧光的光路。波前探测器190,用于接收双光子荧光光斑出射的荧光,并检测双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变。当波前探测器190检测到双光子荧光光斑发射的荧光的波前畸变后,调整光波相位调整器120以校正该波前畸变。可选的,波前探测器190可以设置于光波相位调整器120之前,或者设置于

光波相位调整器120之后。

[0038] 本实施例中,校正光片显微镜的过程可以是,飞秒激光经第一分光镜170改变光路后耦合进入成像物镜150中,从成像物镜150出射后照射样品,激发处于焦点处的样品形成一双光子荧光光斑,该双光子荧光光斑可以用作激发光路的引导星,引导星出射的荧光可以作为自适应校正波前畸变的参考光。然后激发物镜140采集并会聚由双光子荧光光斑出射的荧光,双光子荧光光斑出射的荧光经光片产生装置130传播至第二分光镜180,经第二分光镜180改变光路后传播至波前探测器190,波前探测器190检测到参考光的波前畸变,根据参考光的波前畸变调节光波相位调整器120,以校正该波前畸变。其中,参考光的波前畸变即为激发光路的波前畸变。

[0039] 可选的,光波相位调整器120根据波前探测器190检测到的双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变来调整激光束的波前相位,校正激光束的波前畸变,以使样品处获得消除或减少畸变的激光光片。

[0040] 本实施例中,校正波前畸变后的光片显微镜的工作过程可以是,由激光光源110产生的激光束进入光波相位调整器120,被光波相位调整器120调整相位后经第二分光镜180入射进光片产生装置130,激光束被光片产生装置130整形为光片,产生的光片入射进激发物镜140,激发物镜140将光片耦合至样品,以激发样品产生荧光,产生的荧光被成像物镜150采集并会聚,最后经第一分光镜170进入光电检测装置160,光电检测装置160检测由成像物镜150采集并会聚的荧光,并对荧光进行成像。

[0041] 本发明实施例提供的光片显微镜,该显微镜包括:激光光源,用于产生激光束;光波相位调整器,用于接收由激光光源产生的激光束,并调整激光束的相位;光片产生装置,用于接收由光波相位调整器出射的激光束,并将激光束整形为光片;激发物镜,用于接收由光片产生装置产生的光片,并将光片耦合至样品,以激发样品产生荧光;成像物镜,与光片所在平面垂直,用于采集并会聚样品激发产生的荧光;光电检测装置,用于检测由成像物镜采集并会聚的荧光,并对荧光进行成像;第一分光镜,设置于成像物镜和光电检测装置之间,用于改变飞秒激光的光路,使飞秒激光耦合进入成像物镜,飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑;第二分光镜,设置于光波相位调整器和光片产生装置之间,用于改变双光子荧光光斑发射的荧光的光路;波前探测器,用于接收双光子荧光光斑发射的荧光,并检测双光子荧光光斑发射的荧光的波前畸变。本发明实施例提供的光片显微镜,在激光光路中增加光波相位调整器及波前探测器,可以调整激光束的相位,从而校正激光光片的波前畸变,提高光片显微镜的成像质量,实现对浑浊样品的深度成像。

[0042] 图2为本发明实施例一提供的另一种光片显微镜的结构示意图。如图2所示,波前探测器190设置于光波相位调整器120之前。

[0043] 本实施例中,校正光片显微镜的过程可以是,飞秒激光经第一分光镜170改变光路后耦合进入成像物镜150中,从成像物镜150出射后照射样品,激发处于焦点处的样品形成一双光子荧光光斑,该双光子荧光光斑可以用作激发光路的引导星,引导星出射的荧光作为自适应校正波前畸变的参考光。然后激发物镜140采集并会聚由双光子荧光光斑出射的荧光,双光子荧光光斑出射的荧光经光片产生装置130传播至光波相位调整器120,光波相位调整器对参考光调整相位后,参考光传播至第二分光镜180,经第二分光镜180改变光路后传播至波前探测器190,波前探测器190检测参考光的波前畸变,根据参考光的波前畸变

调节光波相位调整器120,以校正该波前畸变,直至参考光没有波前畸变或者波前畸变降到最低。光波相位调整器120根据波前探测器190检测到的双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变来调整激光束的波前相位,校正激光束的波前畸变,以使样品处获得消除或减少畸变的激光光片。

[0044] 图3为本发明实施例一提供的又一种光片显微镜的结构示意图。如图3所示,可选的,当飞秒激光由激发光路耦合至样品时,第一分光镜170,设置于光片产生装置130和激发物镜140之间,用于改变飞秒激光的光路,使飞秒激光耦合进入所述激发物镜,所述飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑。

[0045] 本实施例中,校正光片显微镜的过程可以是,飞秒激光经第一分光镜170改变光路后耦合进入激发物镜140中,从激发物镜140出射后照射样品,激发处于焦点处的样品形成一双光子荧光光斑,该双光子荧光光斑可以用作激发光路的引导星,引导星出射的荧光作为自适应校正波前畸变的参考光。然后激发物镜140采集并会聚由双光子荧光光斑出射的荧光,双光子荧光光斑出射的荧光经光片产生装置130传播至第二分光镜180,经第二分光镜180改变光路后传播至波前探测器190,波前探测器190检测到参考光的波前畸变,根据参考光的波前畸变调节光波相位调整器120,以校正该波前畸变。其中,参考光的波前畸变即为激发光路的波前畸变。

[0046] 图4为本发明实施例一提供的又一种光片显微镜的结构示意图。如图4所示,可选的,当飞秒激光由激发光路耦合至样品时,第一分光镜170,设置于光片产生装置130和激发物镜140之间,用于改变飞秒激光的光路,使飞秒激光耦合进入所述激发物镜,所述飞秒激光激发样品产生一双光子荧光光斑。波前探测器190设置于光波相位调整器120之前。

[0047] 本实施例中,校正光片显微镜的过程可以是,飞秒激光经第一分光镜170改变光路后耦合进入激发物镜140中,从激发物镜140出射后照射样品,激发处于焦点处的样品形成一双光子荧光光斑,该双光子荧光光斑可以用作激发光路的引导星,引导星出射的荧光作为自适应校正波前畸变的参考光。然后激发物镜140采集并会聚由双光子荧光光斑出射的荧光,双光子荧光光斑出射的荧光经光片产生装置130传播至光波相位调整器120,光波相位调整器对参考光调整相位后,参考光传播至第二分光镜180,经第二分光镜180改变光路后传播至波前探测器190,波前探测器190检测参考光的波前畸变,根据参考光的波前畸变调节光波相位调整器120,以校正该波前畸变,直至参考光没有波前畸变或者波前畸变降到最低。光波相位调整器120根据波前探测器190检测到的双光子荧光光斑出射的荧光的波前畸变来调整激光束的波前相位,校正激光束的波前畸变,以使样品处获得消除或减少畸变的激光光片。

[0048] 可选的,当光片产生装置为扫描振镜时,扫描振镜可以包括X轴振镜和/或Y轴振镜。本实施例中,X轴振镜和Y轴振镜为沿相互垂直的两个方向分别扫描激光束的振镜,若将沿其中一个方向扫描激光束的振镜称为X轴振镜,则另一个振镜称为Y轴振镜。当扫描振镜只包括X轴振镜或Y轴振镜时,扫描振镜只沿X轴或Y轴扫描激光束将激光束整形为光片,并在X轴方向或Y轴方向控制激光束的偏转。当扫描振镜包括X轴振镜和Y轴振镜时,扫描振镜在X和Y轴两个方向控制激光束的偏转,并沿X和Y轴两个方向将激光束整形为光片。本应用场景下,可根据光片显微镜光路的实际需求选择X轴振镜和/或Y轴振镜,此处不做限定。

[0049] 可选的,光片显微镜还包括至少一个透镜,设置于激光光源产生的激光束的光路

上,用于会聚并传递激光束。

[0050] 可选的,至少一个透镜设置于光波相位调整器和光片产生装置之间,和/或设置于光片产生装置和激发物镜之间。即光波相位调整器和光片产生装置之间可以设置至少一个透镜,或者光片产生装置和激发物镜之间可以设置至少一个透镜,或者光波相位调整器和光片产生装置和光片产生装置和激发物镜之间可以都设置至少一个透镜。在激光束的光路上设置透镜可以减少激光束能量的损失。

[0051] 可选的,当光片显微镜包含至少两个透镜时,至少两个透镜之间的位置关系为共轭关系。共轭关系可以是透镜之间的焦平面共轭。例如,当包含两个透镜时,以激光的传播方向分别为第一透镜和第二透镜,则第二透镜位于第一透镜的焦平面上;当包含三个透镜时,以激光的传播方向分别为第一透镜、第二透镜和第三透镜,则第二透镜在第一透镜的焦平面上,第三透镜距离第二透镜的光路距离为第一透镜的焦距加第二透镜焦距之和。

[0052] 可选的,光片显微镜还包括反射镜,设置于光波相位调整器和光片产生装置之间,用于改变激光束的传播方向。

[0053] 实施例二

[0054] 图5为本发明实施例二提供的一种光片显微镜的结构示意图,作为对上述实施例的进一步说明,如图5所示,该光片显微镜包括:激光光源201,空间光调制器202,第一透镜203,反射镜204,第二透镜205,X轴振镜206,第三透镜207,第四透镜208,Y轴振镜209,第五透镜210,第六透镜211,激发物镜212,成像物镜213,光电检测装置214,第一分光镜215,第二分光镜216,波前探测器217和中继透镜218。

[0055] 在本实施中,光片显微镜的工作过程可以是,由激光光源201产生的激光束进入空间光调制器202,经空间光调制器202调制相位后进入第一透镜203,经第一透镜203会聚传递后进入反射镜204,激光束经反射镜204改变传播方向后进入第二透镜205,经第二透镜205会聚传递后进入X轴振镜206,X轴振镜206沿X轴方向将激光束扫描成光片并控制激光光片沿X轴方向偏转后,光片先后进入第三透镜207和第四透镜208,然后进入Y轴振镜209,Y轴振镜209沿Y轴方向将激光束扫描成光片并控制激光光片沿Y轴方向偏转后,光片先后进入第五透镜210和第六透镜211,然后进入激发透镜212,激发物镜212将光片耦合至样品,以激发样品产生荧光,产生的荧光被成像物镜213采集并会聚,经中继透镜218进入光电检测装置214,光电检测装置214检测由成像物镜213采集并会聚的荧光,并对荧光进行成像。

[0056] 本实施例中,校正光片显微镜的过程可以是,飞秒激光经第一分光镜215改变光路后耦合进入成像物镜213中,从成像物镜213出射后照射样品,激发处于焦点处的样品形成一双光子荧光光斑,该双光子荧光光斑可以用作激发光路的引导星,引导星出射的荧光作为自适应校正波前畸变的参考光。然后激发物镜212采集并会聚由双光子荧光光斑出射的荧光,双光子荧光光斑出射的荧光依次经第六透镜211、第五透镜210、Y轴振镜209、第四透镜208、第三透镜207、X轴振镜206、第二透镜205、反射镜204和第一透镜203传播至第二分光镜216,经第二分光镜216改变光路后传播至波前探测器217,波前探测器217检测到参考光的波前畸变,根据参考光的波前畸变调节光波相位调整器202,以校正该波前畸变。

[0057] 本实施例提供的光片显微镜,包括:激光光源、空间光调制器、第一透镜、反射镜、第二透镜、X轴振镜、第三透镜、第四透镜、Y轴振镜、第五透镜、第六透镜、激发物镜、成像物镜和光电检测装置,可以校正激光光片的波前畸变,提高光片显微镜的成像质量,实现对浑

浊样品的深度成像。

[0058] 注意,上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本发明不限于这里所述的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明,但是本发明不仅仅限于以上实施例,在不脱离本发明构思的情况下,还可以包括更多其他等效实施例,而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

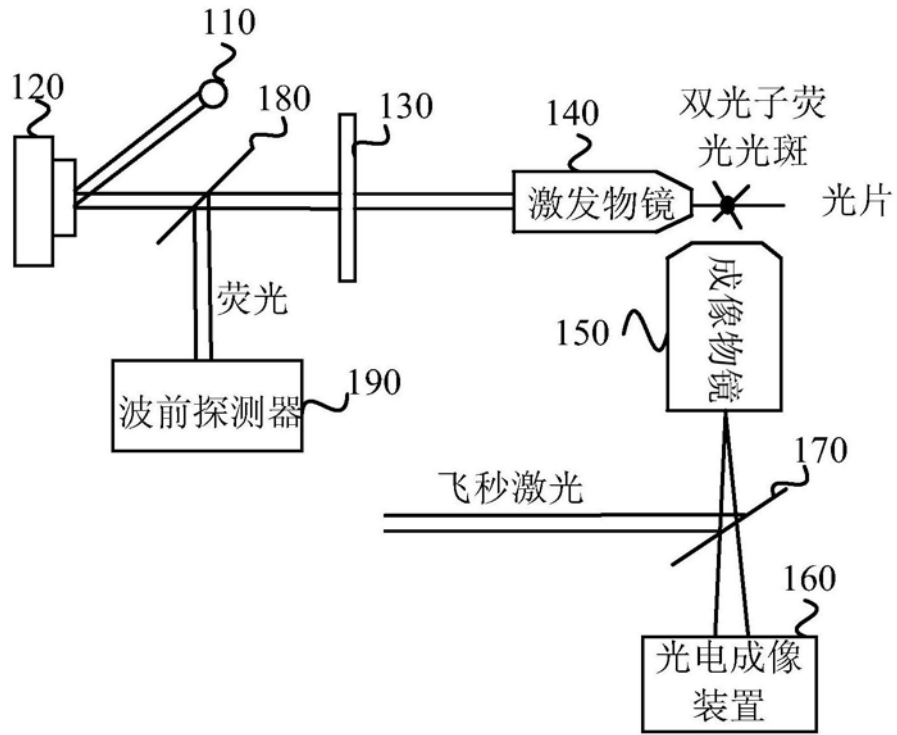


图1

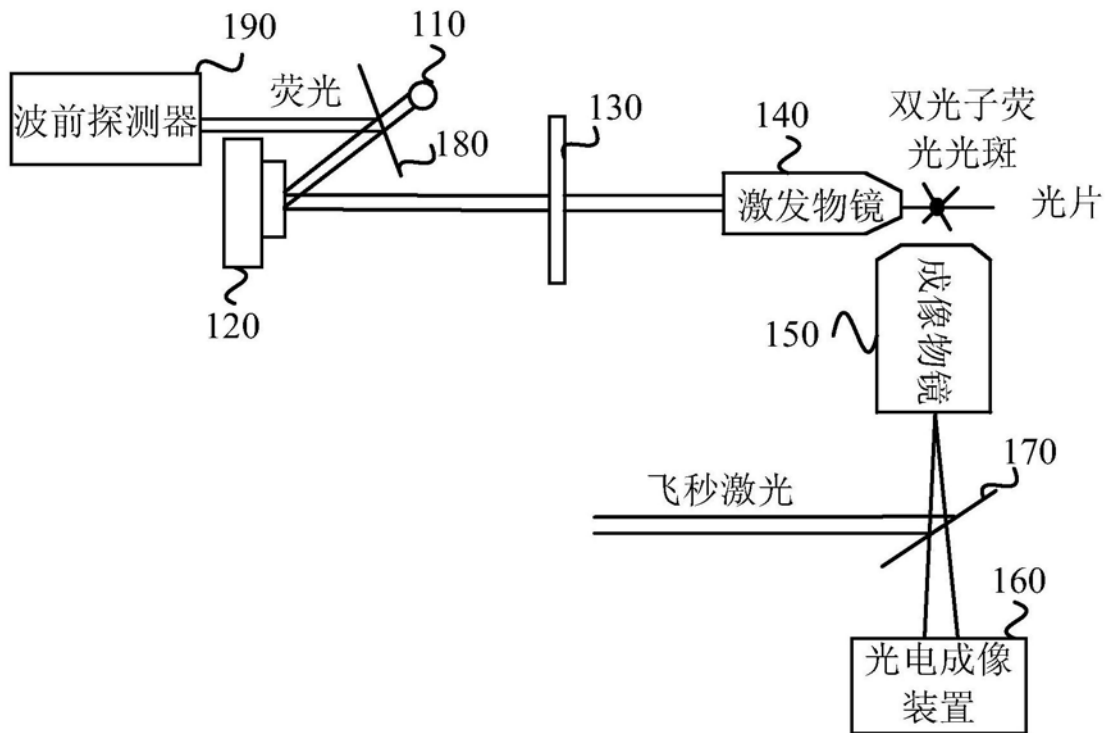


图2

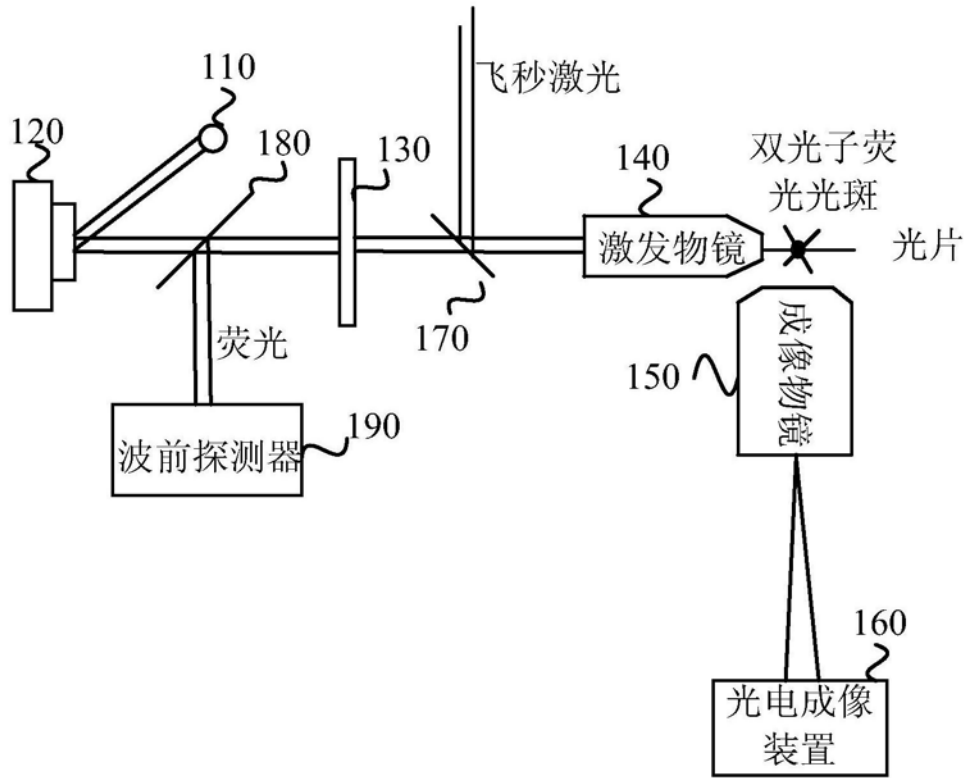


图3

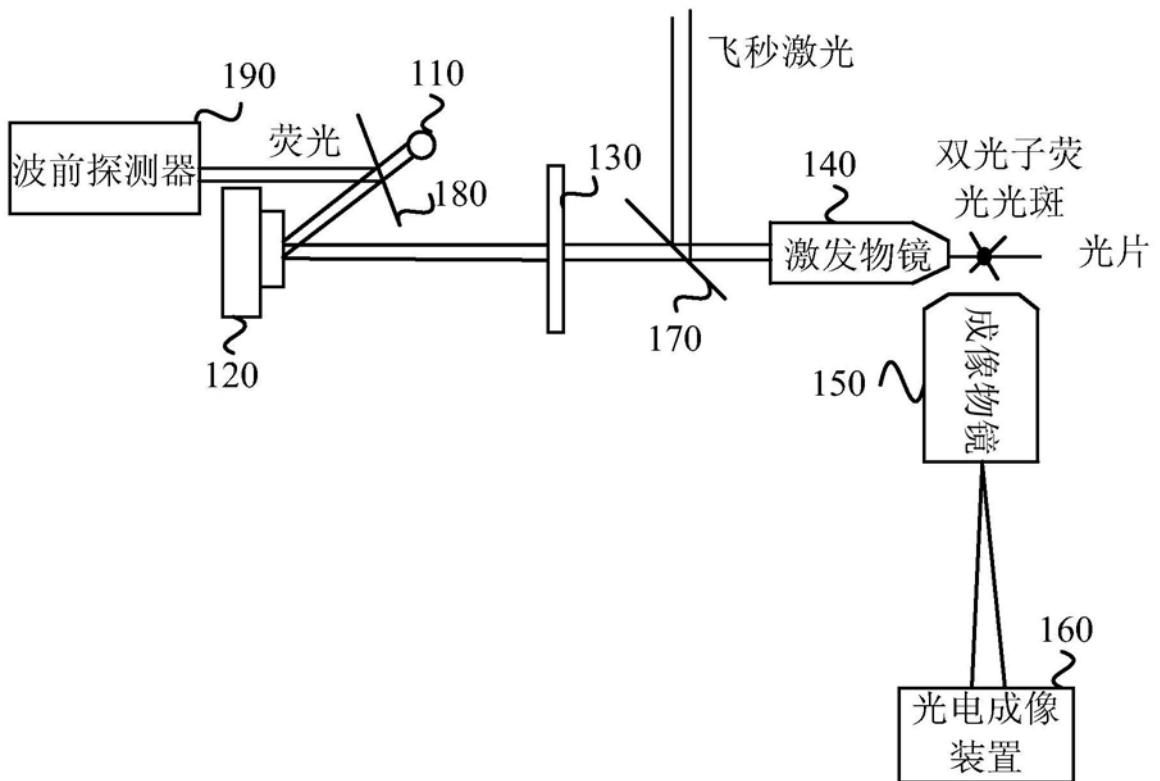


图4

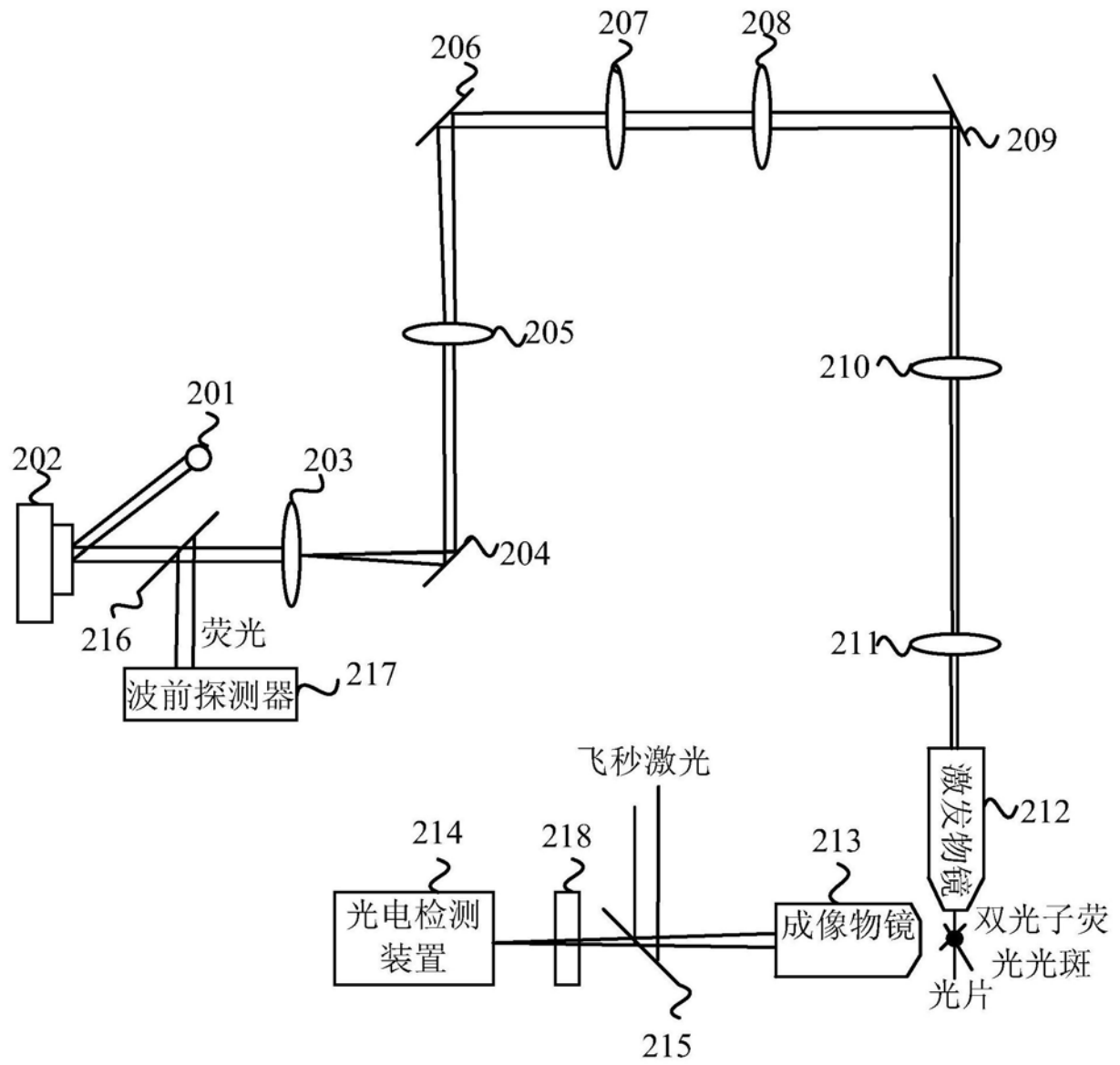


图5