



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106982315 A

(43)申请公布日 2017.07.25

(21)申请号 201710213960.X

(22)申请日 2017.04.01

(71)申请人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72)发明人 刘海岗 许子健 王春鹏 陶旭磊 邵仁忠

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 邓琪

(51)Int.Cl.
H04N 5/225(2006.01)

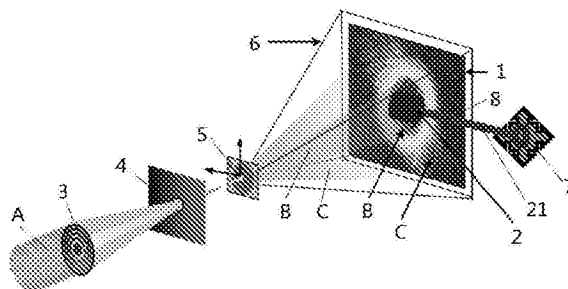
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种高分辨率成像系统

(57)摘要

本发明公开了一种高分辨率成像系统,其包括信号采集装置,信号采集装置包括光信号探测器;待探测光信号的光轴垂直于所述光信号探测器的探测平面,其中,所述高分辨率成像系统还包括:遮挡件,其被配置为可与待探测光信号的光轴中心对准,并且在中心对准状态下所述遮挡件对待探测光信号在其光轴方向上的遮挡面积呈中心对称且面积可调;遮光罩,其与所述光信号探测器连接,所述遮光罩上开设有第一开口,该第一开口与所述遮光罩的内部空间共同形成待探测光信号的光路通道。本发明的高分辨率成像系统能提高光信号探测器对样品后高频衍射信号采集的有效性,提高采集信号的信噪比,同时又尽可能地减少中心低频信号的丢失,从而提高成像系统的分辨率。



1. 一种高分辨率成像系统,其包括信号采集装置,所述信号采集装置包括光信号探测器;待探测光信号的光轴垂直于所述光信号探测器的探测平面,其特征在于,所述高分辨率成像系统还包括:

遮挡件,其被配置为可与待探测光信号的光轴中心对准,并且在中心对准状态下所述遮挡件对待探测光信号在其光轴方向上的遮挡面积呈中心对称且面积可调;

遮光罩,其与所述光信号探测器连接,所述遮光罩上开设有第一开口,该第一开口与所述遮光罩的内部空间共同形成待探测光信号的光路通道。

2. 如权利要求1所述的高分辨率成像系统,其特征在于,还包括第一运动控制平台,所述遮挡件在所述第一运动控制平台的控制下运动以进行所述中心对准以及调整所述遮挡面积。

3. 如权利要求2所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述第一运动控制平台的运动控制自由度包括平移自由度和旋转自由度。

4. 如权利要求3所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述遮挡件为横截面为椭圆形的柱状结构。

5. 如权利要求4所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述遮挡件表面开设有沟槽。

6. 如权利要求4所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述第一运动控制平台通过一连杆连接所述遮挡件,所述连杆和所述遮挡件均轴向平行于所述光信号探测器的探测平面,所述第一运动控制平台基于所述平移自由度进行所述中心对准,所述第一运动控制平台基于所述旋转自由度调整所述遮挡面积。

7. 如权利要求6所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述遮光罩上还开设有第二开口,所述连杆穿过所述第二开口设置。

8. 如权利要求7所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述第一运动控制平台设置于一封闭罩中,所述封闭罩与所述遮光罩组合连接。

9. 如权利要求1-8所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述遮光罩为锥形,所述遮光罩与所述光信号探测器连接的一端为所述锥形的底端,所述第一开口的一端为所述锥形的顶端。

10. 如权利要求1-8所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述光信号探测器为CCD探测器。

11. 如权利要求1-8所述的高分辨率成像系统,其特征在于,还包括第二运动控制平台,所述光信号探测器和遮光罩在所述第二运动控制平台的控制下运动。

12. 如权利要求1-8所述的高分辨率成像系统,其特征在于,所述信号采集装置还包括采集计算机、联动控制系统以及快门装置,所述联动控制系统同步控制快门装置的开关和光信号探测器的曝光,所述光信号探测器输出的探测数据存储于采集计算机上用于成像处理。

一种高分辨率成像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种成像系统,尤其涉及一种高分辨率成像系统。

背景技术

[0002] 众所周知,目前在CCD探测器成像中,高频信号对应更高的成像分辨率,为了采集足够强的大角度高频信号同时避免CCD饱和和损坏芯片,通常使用挡板去除中心强信号提高对高频信号的采集。传统的挡板通常采用一个很大的铅质或钢质的方形板或者圆形板,有些通过二维电机平台控制挡板的移入、移出,有些则直接通过金属丝粘贴固定在CCD探测器上。

[0003] 图1和图2显示了两种传统成像系统。

[0004] 如图1所示,该成像系统包括CCD探测器1'和方形的挡板2',其中,通过二维电机平台(图中未示出)控制挡板2'的移入、移出。工作时X射线A'通过针孔3'和方孔4'入射到样品5'上,然后在样品5'后形成中心强信号B'和衍射信号C'。通过移动挡板2'遮挡中心强信号B',CCD探测器1'探测衍射信号C'。

[0005] 如图2所示,该成像系统包括CCD探测器1''和圆形的挡板2'',其中,挡板2''通过金属丝21''粘贴固定在CCD探测器1''上。工作时X射线A''入射到样品5''上,然后在样品5''后形成中心强信号B''和衍射信号C''。通过移动CCD探测器1''使挡板2''遮挡中心强信号B'',CCD探测器1''探测衍射信号C''。

[0006] 上述传统成像系统存在的缺陷包括:

[0007] 1)图1的成像系统中,挡板2'尺寸过大,会造成衍射信号C'的过多丢失,从而造成重建样品5'图像质量的下降,影响成像分辨率。

[0008] 2)图2的成像系统中,挡板2''固定在CCD探测器1''上,挡板2''中心很难与CCD探测器1''中心对准,造成采集的信号非中心对称。

[0009] 3)由于挡板尺寸固定,通常采取较大尺寸的挡板遮挡中心强信号,这会造成中心低频信号的过多丢失,影响重建图像质量。

[0010] 4)加装挡板虽然可以提高对样品后高频信号的采集,同时也提高了对实验环境内杂散光的采集,因此对采集信号的信噪比提高有限。

[0011] 5)实验时需更换样品或更换不同尺寸的针孔选择入射光斑,尤其是聚焦光成像,为了匹配也需要更换相应尺寸的挡板。传统成像系统的挡板更换不方便,尤其是在真空环境中。

[0012] 为了克服传统成像系统存在的缺陷,迫切期望获得一种成像系统,其能提高CCD探测器对样品后高频衍射信号采集的有效性,提高采集信号的信噪比,同时又尽可能地减少中心低频信号的丢失,从而提高成像系统的分辨率。

发明内容

[0013] 本发明的目的是提供一种高分辨率成像系统,该高分辨率成像系统能提高光信号

探测器对样品后高频衍射信号采集的有效性,提高采集信号的信噪比,同时又尽可能地减少中心低频信号的丢失,从而提高成像系统的分辨率。

[0014] 根据上述发明目的,本发明提出了一种高分辨率成像系统,其包括信号采集装置,所述信号采集装置包括光信号探测器;待探测光信号的光轴垂直于所述光信号探测器的探测平面,其中,所述高分辨率成像系统还包括:

[0015] 遮挡件,其被配置为可与待探测光信号的光轴中心对准,并且在中心对准状态下所述遮挡件对待探测光信号在其光轴方向上的遮挡面积呈中心对称且面积可调;

[0016] 遮光罩,其与所述光信号探测器连接,所述遮光罩上开设有第一开口,该第一开口与所述遮光罩的内部空间共同形成待探测光信号的光路通道。

[0017] 本发明所述的高分辨率成像系统中,所述遮挡件在中心对准状态下其投影也与光轴呈中心对准状态,由于该投影呈中心对称,因此采集的信号也呈中心对称,并且不会造成衍射信号的过多丢失,从而提高光信号探测器对样品后高频衍射信号采集的有效性,提高成像系统的分辨率。此外,由于所述遮挡面积可调,使得可以在不更换遮挡件的情况下实现遮挡面积的调整,从而可以根据中心强信号的投射面积方便地匹配相应的遮挡面积,这样就避免了中心低频信号的过多丢失,也方便在真空环境中的实验操作。所述遮光罩隔离了大部分的环境杂散光,因此可以有效地降低实验环境杂散光对采集信号的影响,从而提高采集信号的信噪比。

[0018] 本发明所述的高分辨率成像系统中,所述遮挡件通常被制作成中心对称的形状,这样可以保证其遮挡面积也呈中心对称。所述遮挡件的中心对准和遮挡面积调整通常通过控制其位置和姿态实现。所述遮挡件的位置和姿态可以通过直接接触或非接触例如引力场进行运动控制,因此在此不做运动控制方式的限定。

[0019] 进一步地,本发明所述的高分辨率成像系统还包括第一运动控制平台,所述遮挡件在所述第一运动控制平台的控制下运动以进行所述中心对准以及调整所述遮挡面积。

[0020] 更进一步地,上述高分辨率成像系统中,所述第一运动控制平台的运动控制自由度包括平移自由度和旋转自由度。

[0021] 上述方案中,所述平移自由度通常包括用于中心对准的平行于所述探测平面的两个相互垂直的平移自由度,所述旋转自由度通常包括用于调整所述遮挡面积的旋转自由度。

[0022] 更进一步地,上述高分辨率成像系统中,所述遮挡件为横截面为椭圆形的柱状结构。

[0023] 上述方案中,所述横截面为椭圆形的柱状结构绕着其中轴旋转可以使得在垂直于该中轴的方向上的投影面积发生周期性变化,旋转角度决定投影面积,该性质可应用到所述遮挡面积的调整:所述柱状结构的中轴与所述旋转自由度的旋转轴对接,以在所述第一运动控制平台的旋转控制下旋转至所需角度,并且在所述第一运动控制平台的平移控制下平移至中心对准位置,从而实现中心对准和遮挡面积的调整。

[0024] 更进一步地,上述高分辨率成像系统中,所述遮挡件表面开设有沟槽。

[0025] 上述方案中,通常所述沟槽为齿状沟槽,从而降低入射到表面上的光发生的掠反射。

[0026] 更进一步地,上述高分辨率成像系统中,所述第一运动控制平台通过一连杆连接

所述遮挡件,所述连杆和所述遮挡件均轴向平行于所述光信号探测器的探测平面,所述第一运动控制平台基于所述平移自由度进行所述中心对准,所述第一运动控制平台基于所述旋转自由度调整所述遮挡面积。

[0027] 上述方案中,采用直接接触的方式进行运动控制。所述第一运动控制平台通过控制所述连杆的平移实现所述遮挡件的中心对准,所述第一运动控制平台通过控制所述连杆绕其自身中轴的旋转实现所述遮挡件的遮挡面积的调整。通常所述连杆的外径尽量小,从而尽量减少对衍射信号的遮挡。

[0028] 更进一步地,上述高分辨率成像系统中,所述遮光罩上还开设有第二开口,所述连杆穿过所述第二开口设置。

[0029] 上述方案中,所述第二开口尽量小,以尽量避免环境杂散光的进入。

[0030] 更进一步地,上述高分辨率成像系统中,所述第一运动控制平台设置于一封闭罩中,所述封闭罩与所述遮光罩组合连接。

[0031] 上述方案中,所述封闭罩有效避免了环境杂散光的进入。

[0032] 进一步地,本发明所述的高分辨率成像系统中,所述遮光罩为锥形,所述遮光罩与所述光信号探测器连接的一端为所述锥形的底端,所述第一开口的一端为所述锥形的顶端。

[0033] 上述方案中,所述遮光罩为锥形使得所述第一开口的面积相对所述光信号探测器的探测平面的面积非常小,这样有利于待探测光信号的有效采集,避免环境杂散光的过多进入,同时也有效保证了衍射信号的通道。

[0034] 进一步地,本发明所述的高分辨率成像系统中,所述光信号探测器为CCD探测器。

[0035] 进一步地,本发明所述的高分辨率成像系统还包括第二运动控制平台,所述光信号探测器和遮光罩在所述第二运动控制平台的控制下运动。

[0036] 上述方案中,所述光信号探测器和遮光罩在所述第二运动控制平台的控制下运动,该运动的自由度通常包括用于所述第一开口与待探测光信号准直的平行于所述探测平面的两个相互垂直的平移自由度,以及用于调节所述探测平面和样品之间间距的平移自由度。调节所述探测平面和样品之间间距将影响到所述遮挡面积的选择。

[0037] 进一步地,本发明所述的高分辨率成像系统中,所述信号采集装置还包括采集计算机、联动控制系统以及快门装置,所述联动控制系统同步控制快门装置的开关和光信号探测器的曝光,所述光信号探测器输出的探测数据存储在采集计算机上用于成像处理。

[0038] 上述方案中,在准直阶段通常采用极短例如毫秒级的曝光时间,这样可以有效保护光信号探测器,而在采集阶段通常采用较长例如分钟级的曝光时间,这样可以提高成像质量。因此,需要通过所述联动控制系统来同步控制快门装置的开关和光信号探测器的曝光。采集到的探测数据可以通过恢复算法重建样品图像,重建过程可以采用GPU工作站。可以通过对重建图像的分辨率分析合理选择遮挡面积和曝光时间以采集足够强的高频衍射信号。

[0039] 本发明所述的高分辨率成像系统与传统的成像系统相比,包括以下优点和有益效果:

[0040] (1) 将传统的挡板设计为椭圆截面的柱状结构,同时增加平移和旋转控制,使得可以自由选择遮挡面积,从而在实验条件更改时不需要切换挡板,节省了大量的宝贵实验机

时,提高了实验的速度。

[0041] (2)增加了遮光罩,极大地消除了背底杂散光对采集信号信噪比的影响。

[0042] (3)克服了传统成像系统存在的缺陷,提高了采集有效高频信号的信噪比,同时又尽可能地降低了低频信号的丢失,最终提高了重建图像的空间分辨率,这对高通量光入射的弱散射生物样品的快速成像具有非常重要的意义。

附图说明

[0043] 图1为传统的成像系统在一种实施方式下的立体结构示意图。

[0044] 图2为传统的成像系统在另一种实施方式下的立体结构示意图。

[0045] 图3为本发明所述的高分辨率成像系统在一种实施方式下的立体结构示意图。

具体实施方式

[0046] 下面将结合说明书附图和具体的实施例对本发明所述的高分辨率成像系统做进一步的详细说明。

[0047] 图3示意了本发明所述的高分辨率成像系统在一种实施方式下的立体结构。

[0048] 如图3所示,本实施例的高分辨率成像系统,其包括信号采集装置,该信号采集装置包括作为光信号探测器的CCD探测器1,以及采集计算机、联动控制系统以及快门装置(图中未示出);X射线A通过波带片3和级选光阑4入射在样品5上形成样品5后的待探测光信号,该待探测光信号包括中心强信号B和衍射信号C,待探测光信号的光轴垂直于CCD探测器1的探测平面,其中,上述高分辨率成像系统还包括遮挡件2、遮光罩6、第一运动控制平台7、第二运动控制平台(图中未示出),其中:

[0049] 遮挡件2为较粗的横截面为椭圆形的柱状结构,其表面开设有齿状沟槽。遮挡件2采用钢质或者铅质材料加工。

[0050] 第一运动控制平台7通过一连杆21共轴连接遮挡件2,连杆21为较细圆棒以减少高频信号的丢失。

[0051] 连杆21和遮挡件2均轴向平行于CCD探测器1的探测平面,第一运动控制平台7通过控制连杆21的平移实现遮挡件2的中心对准,通过控制连杆21绕其自身中轴的旋转实现遮挡件2的遮挡面积的调整。为了精确控制中心对准和遮挡面积的调整,第一运动控制平台7固定在CCD探测器1上,采用纳米分辨级的控制水平、竖直方向移动的二维电机PPX-32和旋转电机PR-32。

[0052] 遮光罩6为锥形,采用铝质或钢质,由于实验环境为真空,表面需要抛光处理。顶端开作为第一开口的毫米级小孔(图中被样品5所遮挡因此未示出),底部固定在CCD探测器1上且密封。通过作为第二运动控制平台的CCD探测器平台调节锥顶小孔与光路准直,使样品后有效衍射信号通过。通过CCD探测器平台的光束方向电机调节遮光罩6尽量与样品5靠近,可有效降低实验环境杂散光对采集信号的影响。

[0053] 遮光罩6侧面还开设有第二开口8,连杆21穿过第二开口8设置。第一运动控制平台7设置于一封闭罩(图中未示出)中,该封闭罩与遮光罩6组合连接。

[0054] 联动控制系统同步控制快门装置的开关和CCD探测器1的曝光,CCD探测器1输出的探测数据存储采集计算机上用于成像处理。

[0055] 本实施例中,在遮光罩6校准光路中心时,把遮挡件2移出光路。通过CCD探测器1曝光观察直透光中心及形状,并计算遮挡件2需要转动的角度以选择合适的遮挡面积。遮挡面积的选择需配合入射光能量、聚焦光学元件聚焦能力、CCD和样品间距等生成的衍射信号强度分布使用。最终选择遮挡面积需要通过位相重建算法重建出样品图像,分析成像分辨率来提前决定。校准光路后移入遮挡件2,第一运动控制平台7的移动电机使其位于光路中心实现中心对准,并且根据先前的计算结果旋转遮挡件2选择合适的遮挡面积。

[0056] 本实施例中,入射X射线A由同步辐射光源提供。CCD探测器1采集待探测光信号,在采集时需要通过联动控制系统同步控制快门装置开闭时间和CCD探测器1曝光时间。光路准直时采用毫秒级曝光时间,移入遮挡件2后曝光时间可延长为分钟量级。采集的信号保存到采集计算机上。具体地,采用作为快门装置的XRS1-800/1600快速压电快门控制X射线A的通过,其最小打开时间只有5.7ms,所以先采用毫秒级时间准直光路,然后移入遮挡件2到对准位置并进行遮挡面积调整,最后采用分钟量级甚至更长时间曝光采集信号数据。CCD探测器1采集样品5后衍射信号,型号选择普林斯顿公司产品PI-MTE:2048B,具体参数为2048*2048像素,单个像素尺寸为13.5um*13.5um,整个曝光芯片为27*27mm。单个像素足够小且整个芯片面积足够大可以保证较大的接收角,所以配合挡板使用接收高频信号具有可行性。CCD采用水冷装置,其芯片温度可以降为-50度,可以大大地消除芯片电子学的暗电流对信号采集的影响。

[0057] 本实施例中,对采集到的数据处理通过编写相干衍射成像所需的位相恢复算法重建样品图像,重建过程采用GPU工作站。通过对重建图像的分辨率分析合理选择遮挡面积和曝光时间以采集足够强的高频衍射信号。

[0058] 本实施例的高分辨率成像系统工作时,首先,通过快速压电快门控制X射线A入射,透过样品5后的待探测光信号通过遮光罩6顶端第一开口入射到CCD探测器1,为了采集足够强的高频衍射信号同时避免CCD饱和,通过第一运动控制平台7移入遮挡件2选择遮挡面积以遮挡中心强光。采集过程中通过联动控制系统同步控制快速压电快门打开和CCD探测器1曝光时间。把采集到的信号保存到采集计算机上,后期通过编写程序采用GPU工作站处理数据重建得到纳米分辨级的样品图像。

[0059] 通过本实施例可以看出,与现有成像系统相比,本发明增加了遮光罩,从而极大地消除了背底杂散光对采集信号信噪比的影响。把传统的光束挡板设计为椭圆形截面的柱状体,同时增加了第一运动控制平台7的旋转电机,可以自由选择遮挡面积,从而在实验条件更改时不需要切换挡板,节省了大量的宝贵实验机时,提高了实验的速度。本发明在提高了对高频信号采集的同时又尽可能减少了低频信号的丢失,这对成像分辨率至关重要。因此,本发明对大通量入射光和弱散射样品,如生物细菌、医学癌细胞等领域相干衍射成像和单晶、微晶体衍射成像具有非常重要的意义。

[0060] 要注意的是,以上列举的仅为本发明的具体实施例,显然本发明不限于以上实施例,随之有着许多的类似变化。本领域的技术人员如果从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均应属于本发明的保护范围。

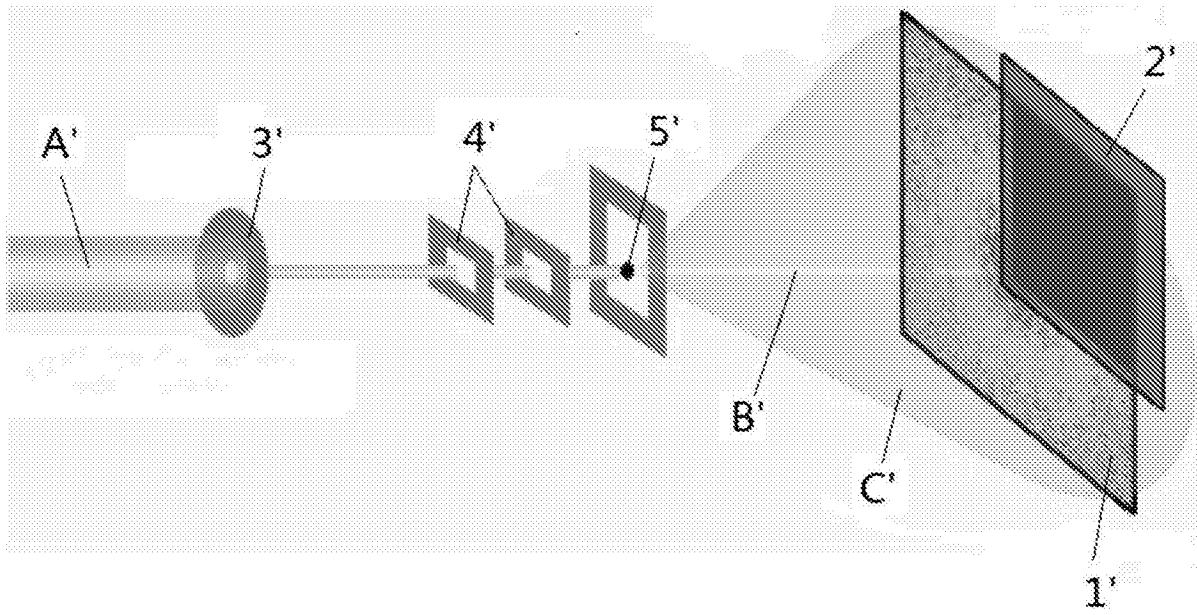


图1

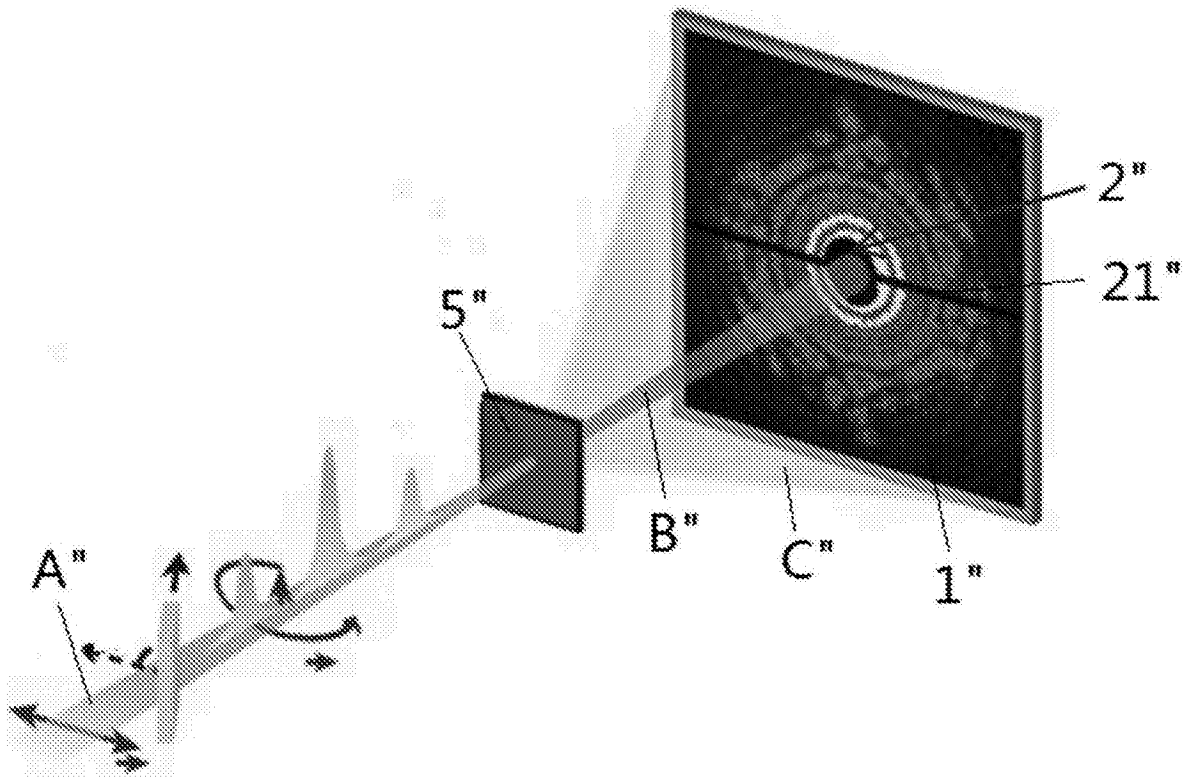


图2

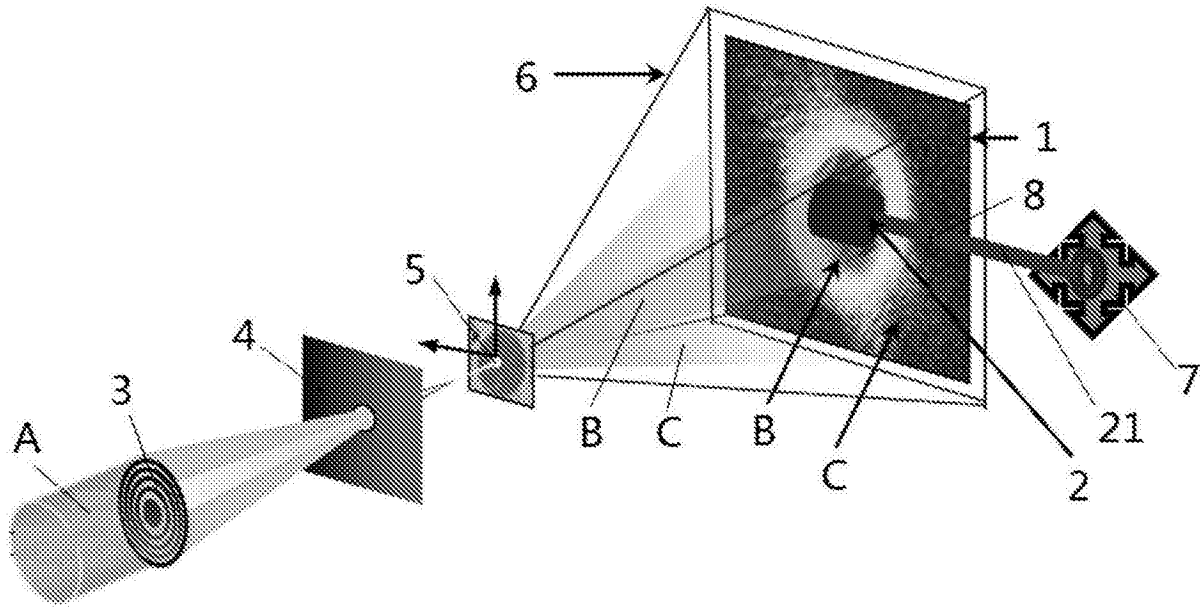


图3