



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106802428 A

(43)申请公布日 2017.06.06

(21)申请号 201710039152.6

(22)申请日 2017.01.19

(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 佟亚军 谢红兰 陈敏 杜国浩
邓彪 朱化春 肖体乔

(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.
G01T 1/202(2006.01)

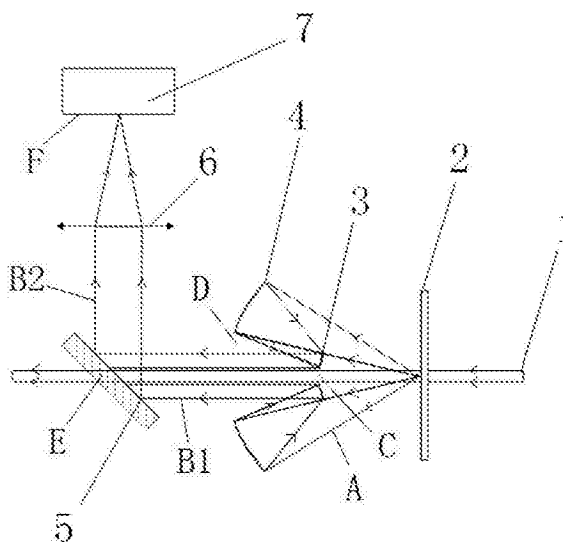
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种耐辐射和高热负载的X射线成像探测器

(57)摘要

本发明公开了一种耐辐射和高热负载的X射线成像探测器,其用于探测入射的X射线光束,包括闪烁体、耦合系统以及可见光探测器,其中,所述闪烁体在所述X射线光束的作用下生成可见光,所述耦合系统将所述可见光传输至所述可见光探测器,从而探测所述X射线光束,其中:所述耦合系统包括全反射式物镜、反射平面镜以及投影透镜组,其中:所述全反射式物镜基于所述可见光对所述闪烁体成像生成可见光束;所述反射平面镜将所述可见光束反射至所述投影透镜组,并且不反射所述X射线光束;所述投影透镜组将接收到的可见光束投影至所述可见光探测器。本发明提供的X射线成像探测器耐辐射并且耐高热负载,可以用在高功率密度的X射线成像探测领域。



1. 一种耐辐射和高热负载的X射线成像探测器,其用于探测入射的X射线光束的光强分布,包括闪烁体、耦合系统以及可见光探测器,其中,所述闪烁体在所述X射线光束的作用下生成可见光,所述耦合系统将所述可见光传输至所述可见光探测器,从而探测所述X射线光束的光强分布,其特征在于:

所述耦合系统包括全反射式物镜、反射平面镜以及投影透镜组,其中:

所述全反射式物镜包括凸面镜和凹面镜,其中凸面镜中心设有用于通过所述X射线光束的第一通孔,凹面镜中心设有第二通孔,所述全反射式物镜基于所述可见光对所述闪烁体成像生成可见光束;

所述反射平面镜上设有与所述第一通孔共轴的用于通过所述X射线光束的第三通孔,所述反射平面镜将所述可见光束反射至所述投影透镜组,并且不反射或吸收所述X射线光束;

所述投影透镜组将接收到的可见光束投影至所述可见光探测器。

2. 如权利要求1所述的X射线成像探测器,其特征在于,所述反射平面镜的反射面与入射的可见光束的光轴呈 45° 角。

3. 如权利要求1所述的X射线成像探测器,其特征在于,所述投影透镜组为相机镜头或消色差的复合透镜。

4. 如权利要求1所述的X射线成像探测器,其特征在于,所述闪烁体为雅格晶体或其他能够在X射线照射下产生可见光荧光的晶体。

5. 如权利要求1所述的X射线成像探测器,其特征在于,还包括用于遮光的外壳。

6. 如权利要求1-5中任意一项权利要求所述的X射线成像探测器,其特征在于,所述第一通孔尺寸大于所述X射线光束尺寸,且小于所述全反射式物镜的中心阻挡尺寸。

7. 如权利要求1-5中任意一项权利要求所述的X射线成像探测器,其特征在于,使用表面氧化的铝膜将所述第一通孔遮盖。

8. 如权利要求1-5中任意一项权利要求所述的X射线成像探测器,其特征在于,所述第三通孔尺寸大于所述X射线光束尺寸,且小于所述全反射式物镜的中心阻挡尺寸。

一种耐辐射和高热负载的X射线成像探测器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种X射线成像探测器,尤其涉及一种耐辐射和高热负载的X射线成像探测器。

背景技术

[0002] 在同步辐射成像光束线上,通常使用的X射线成像探测器包括闪烁体,耦合系统以及可见光二维面阵探测器,其中耦合系统可以分为两类,一类是由光纤直接耦合到二维面阵探测器上,另一类通过透射式显微物镜和投影物镜耦合到二维面阵探测器上。前一类的空间分辨率通常较差,适用于对较大物体的低分辨成像,不适用X射线显微成像,后一类是同步辐射显微成像比较常用的方式,但在实际使用过程中,由于同步辐射光通量密度非常高,而透射式显微物镜所使用的光学玻璃容易在X射线照射情况下变色,导致在几天之内光学传输效率严重下降,曝光时间不断增加,为了解决这个问题需要经常更换显微物镜,导致维护费用较高。

[0003] 然而上述情况还只是在同步辐射单色光的情况下。如果使用同步辐射白光,其光通量密度将提高4个量级以上,这时透射式显微物镜会在毫秒级的时间内变色,因此会非常严重地影响实验效果和效率。另外由于白光的热负载通常会达到几十至上百瓦,这些热负载也会严重影响光学元件的面型,导致分辨率下降。

[0004] 为了解决以上问题,期望获得一种X射线成像探测器,该X射线成像探测器耐辐射并且耐高温负载。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种X射线成像探测器,该X射线成像探测器耐辐射并且耐高温负载。

[0006] 根据上述发明目的,本发明提出了一种耐辐射和高热负载的X射线成像探测器,其用于探测入射的X射线光束的光强分布,包括闪烁体、耦合系统以及可见光探测器,其中,所述闪烁体在所述X射线光束的作用下生成可见光,所述耦合系统将所述可见光传输至所述可见光探测器,从而探测所述X射线光束的光强分布,其中:

[0007] 所述耦合系统包括全反射式物镜、反射平面镜以及投影透镜组,其中:

[0008] 所述全反射式物镜包括凸面镜和凹面镜,其中凸面镜中心设有用于通过所述X射线光束的第一通孔,凹面镜中心设有第二通孔,所述全反射式物镜基于所述可见光对所述闪烁体成像生成可见光束;

[0009] 所述反射平面镜上设有与所述第一通孔共轴的用于通过所述X射线光束的第三通孔,所述反射平面镜将所述可见光束反射至所述投影透镜组,并且不反射或吸收所述X射线光束;

[0010] 所述投影透镜组将接收到的可见光束投影至所述可见光探测器。

[0011] 本发明所述的X射线成像探测器中,所述反射平面镜可以为带用于透过所述X射线

光束的通孔的整体,以不反射或吸收所述X射线光束。所述共轴的轴指通孔的开孔轴,通常通孔是由钻头沿着开孔轴旋转推进形成。

[0012] 本发明所述的X射线成像探测器中,发明人对耦合系统进行了重新设计,其构思包括采用全反射式物镜作为显微物镜,并且在其凸面镜中心开设第一通孔以通过所述X射线光束,从而避免X射线光束入射到全反射式物镜的光学元件上。具体来说,全反射式物镜可以是施瓦兹希尔德显微物镜,其为常用的显微物镜。由于全反射物镜具有紫外到远红外(系统通过光谱带宽由投影透镜组限制)的高传输效率,以及没有色差,从而提高了探测器的探测效率。全反射式物镜通常包括凸面镜和开孔凹面镜,并且通常表面镀有金属反射膜,因此在X射线照射情况下不会像光学玻璃一样发生变色现象,耐X射线辐射。更重要的是本发明中对凸面镜也进行了开孔,因此X射线可以直接通过开孔,不会照射在全反射式物镜的光学元件上,从而耐高热负载,可以用在高功率密度的X射线成像探测领域。

[0013] 此外,在所述反射平面镜上开设第三通孔以通过所述X射线光束,通过反射平面镜将所述可见光束反射至所述投影透镜组,使得所述可见光束的光路偏离原来方向,并且不反射或吸收所述X射线光束,这样反射平面镜和投影透镜组就避开了X射线光束,从而避免高热负载对反射平面镜和投影透镜组的面型的影响,以避免分辨率下降,也避免了X射线光束对投影透镜组的辐射损伤。因此,整个X射线成像探测器耐辐射并且耐高热负载。

[0014] 本发明所述的X射线成像探测器工作时,X射线光束入射到闪烁体上,闪烁体在X射线光束的作用下生成可见光;全反射式物镜基于该可见光对闪烁体成像生成可见光束,其中所述X射线光束直接通过第一通孔和第二通孔,不会照射在全反射式物镜上,闪烁体生成的可见光被凹面镜反射后再被凸面镜反射,从而生成所述可见光束;反射平面镜将该可见光束反射至投影透镜组,并且不反射或吸收X射线光束,所述X射线光束直接通过第三通孔,不会照射在反射平面镜上;投影透镜组将接收到的可见光束投影至可见光探测器,从而完成X射线光束的光强分布探测。

[0015] 进一步地,本发明所述的X射线成像探测器中,所述反射平面镜的反射面与入射的可见光束的光轴呈 45° 角。其中, 45° 角是最常用的角度,也可以是其他角度。

[0016] 上述方案中,所述可见光探测器的探测平面垂直于反射的可见光束的光轴,所述投影透镜组的光轴与反射的可见光束的光轴共轴。当所述反射平面镜的反射面与所述X射线光束的光轴呈 45° 角时,入射的可见光束的光轴和反射的可见光束的光轴相互垂直。

[0017] 进一步地,本发明所述的X射线成像探测器中,所述投影透镜组为相机镜头或消色差的复合透镜。

[0018] 进一步地,本发明所述的X射线成像探测器中,所述闪烁体为雅格晶体或其他能够在X射线照射下产生可见光荧光的晶体。

[0019] 上述方案中,为实现高空间分辨率,所述闪烁体尽可能薄,通常在几十微米左右。

[0020] 进一步地,本发明所述的X射线成像探测器中,还包括用于遮光的外壳。

[0021] 上述方案中,遮光的外壳在X射线的光路上留有窗口,X射线进入端由闪烁体密封,出射端由氧化发黑的铝膜密封,其余元件均安装在遮光的外壳内。

[0022] 进一步地,本发明所述或上述X射线成像探测器中,所述第一通孔尺寸大于所述X射线光束尺寸,且小于所述全反射式物镜的中心阻挡尺寸。所述第二通孔尺寸通常与所述凸面镜的外径尺寸接近。

[0023] 上述方案中,通常,所述第一通孔和第二通孔为共轴的圆孔,所述X射线光束为矩形,所述尺寸为孔圆孔内径/矩形对角线长度,所述可见光束为圆柱,相应地所述尺寸为圆柱外径;由于全反射式物镜例如施瓦兹希尔德物镜在几何光学原理上形成的光束中心的一部分光不能通过该光学系统,所述中心阻挡尺寸通常约为凸面镜的外径尺寸的二分之一。

[0024] 进一步地,本发明所述或上述X射线成像探测器中,所述第一通孔使用表面氧化(通常表面呈黑色)的铝膜遮盖,用以阻挡所述闪烁体产生的可见光直接穿过全反射式物镜经反射平面镜和投影透镜组进入探测器,形成探测器背景噪声。所述表面氧化的铝膜对高能X射线吸收极少,可以认为对X射线透明。

[0025] 进一步地,本发明所述或上述X射线成像探测器中,所述第三通孔尺寸大于所述X射线光束尺寸,且小于所述全反射式物镜的中心阻挡尺寸。

[0026] 上述方案中,通常,所述第三通孔在光束截面上的投影为圆形,所述X射线光束为矩形,所述尺寸为圆形直径/矩形对角线长度;由于全反射式物镜例如施瓦兹希尔德物镜在几何光学原理上形成的光束中心的一部分光不能通过该光学系统,因此所述中心阻挡尺寸通常约为凸面镜的外径尺寸的二分之一。

[0027] 本发明所述的耐辐射和高热负载的X射线成像探测器包括以下优点和有益效果:

[0028] (1) 避开了X射线光束,从而耐辐射并且耐高温负载,可以用在高功率密度的X射线成像探测领域,并且避免高热负载对光学元件的面型的影响,避免了分辨率下降,也避免了X射线光束对投影透镜组的辐射损伤。

[0029] (2) 由于全反射物镜具有紫外到远红外(系统通过带宽由投影透镜组限制)的高传输效率,以及没有色差,从而提高了探测器的探测效率。

附图说明

[0030] 图1为本发明所述的耐辐射和高热负载的X射线成像探测器在一种实施方式下的结构示意图。

具体实施方式

[0031] 下面将结合说明书附图和具体的实施例对本发明所述的耐辐射和高热负载的X射线成像探测器做进一步的详细说明。

[0032] 图1示意了本发明所述的耐辐射和高热负载的X射线成像探测器在一种实施方式下的结构。

[0033] 如图1所示,该实施方式下的耐辐射和高热负载的X射线成像探测器,其用于探测入射的X射线光束1的光强分布,包括闪烁体2、耦合系统以及可见光探测器7,其中,闪烁体2在X射线光束1的作用下生成可见光A,耦合系统将可见光A传输至可见光探测器7,从而探测X射线光束1的光强分布,其中:耦合系统包括全反射式物镜、反射平面镜5以及投影透镜组6,其中:

[0034] X射线光束1的与其入射方向垂直的截面为矩形。

[0035] 全反射式物镜包括凸面镜3和凹面镜4,其中凸面镜3中心设有第一通孔C,凹面镜4中心设有第二通孔D,第一通孔C和第二通孔D为共轴的圆孔。第一通孔C内径大于X射线光束1的矩形截面对角线长度,且小于全反射式物镜的中心阻挡尺寸(即约等于凸面镜3外径的

二分之一)。第二通孔D内径与凸面镜3的外径尺寸接近。全反射式物镜基于可见光A对闪烁体2成像生成入射的可见光束B1。

[0036] 第一通孔C使用表面氧化发黑的铝膜遮盖,用以阻挡所述闪烁体产生的可见光直接穿过全反射式物镜经反射平面镜5和投影透镜组6进入探测器,形成探测器背景噪声。表面氧化发黑的铝膜对高能X射线吸收极少,可以认为对X射线透明。

[0037] 反射平面镜5上设有与第一通孔C共轴的第三通孔E,其中,共轴的轴为通孔的开孔轴。第三通孔E在光束截面上的投影为圆形,该圆形直径大于X射线光束1的矩形截面对角线长度,且小于全反射式物镜的中心阻挡尺寸(即约等于凸面镜3外径的二分之一)。反射平面镜5将入射的可见光束B1反射生成反射的可见光束B2至投影透镜组6,并且不反射X射线光束1。

[0038] 投影透镜组6将接收到的反射的可见光束B2投影至可见光探测器7。

[0039] 上述实施方式中,反射平面镜5的反射面与入射的可见光束B1的光轴呈 45° 角,入射的可见光束B1的光轴和反射的可见光束B2的光轴相互垂直。可见光探测器7的探测平面F垂直于反射的可见光束B2的光轴,投影透镜组6的光轴与反射的可见光束B2的光轴共轴。

[0040] 上述实施方式中,投影透镜组6为消色差的复合透镜。

[0041] 上述实施方式中,闪烁体2为雅格晶体或其他能够在X射线照射下产生可见光荧光的晶体。为实现高空间分辨率,闪烁体2在几十微米左右。

[0042] 上述实施方式中,X射线成像探测器还包括用于遮光的外壳,遮光的外壳在X射线的光路上留有窗口,X射线进入端由闪烁体2密封,出射端由氧化发黑的铝膜密封,其余元件均安装在遮光的外壳内。

[0043] 上述实施方式中,可见光探测器7为二维光电探测器,其可以将探测到的光信号转换为电信号,并传输到电脑上。

[0044] 请继续参考图1,上述实施方式的X射线成像探测器工作时,X射线光束1入射到闪烁体2上,闪烁体2在X射线光束1的作用下生成可见光A;全反射式物镜基于该可见光A对闪烁体2成像生成入射的可见光束B1,具体来说,X射线光束1直接通过第一通孔C和第二通孔D,不会照射在全反射式物镜上,闪烁体2生成的可见光A被凹面镜4反射后再被凸面镜3反射,从而生成入射的可见光束B1;反射平面镜5将该入射的可见光束B1反射生成反射的可见光束B2至投影透镜组6,并且不反射或吸收X射线光束1,X射线光束1直接通过第三通孔E,不会照射在反射平面镜5上;投影透镜组6将接收到的反射的可见光束B2投影至可见光探测器7的探测平面F,从而完成X射线光束1的探测。

[0045] 上述实施方式的X射线成像探测器中,全反射式物镜中心开孔可以使高热负载的X射线不入射在光学元件上,从而耐辐射并且耐高热负载,解决玻璃物镜在X射线下变色造成效率下降的问题,并保护光学元件保持面型精度,避免分辨率下降,可以用在高功率密度的X射线成像探测领域。此外,由于采用了全反射式物镜,具有紫外到远红外(系统通过带宽由投影透镜组限制)的高传输效率,以及没有色差,从而提高了探测器的探测效率。

[0046] 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。

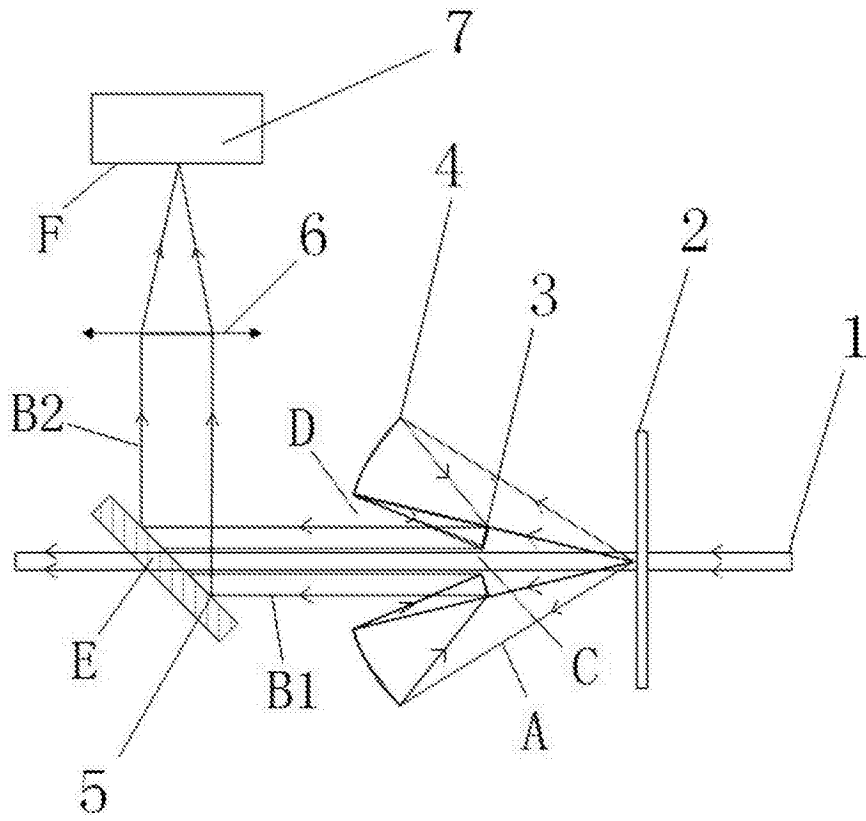


图1