



(21) 申请号 202410774563.X

(22) 申请日 2024.06.17

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118348578 A

(43) 申请公布日 2024.07.16

(73) 专利权人 中国工程物理研究院激光聚变研究中心

地址 621054 四川省绵阳市游仙区绵山路64号

(72) 发明人 任宽 董建军 邓克立 杜华冰
杨正华 尚万里 杨品 徐涛
吴玉迟 杨冬 董云松

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

专利代理师 高棋

(51) Int.Cl.

G01T 1/105 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109507153 A, 2019.03.22

JP 2003344963 A, 2003.12.03

审查员 叶红学

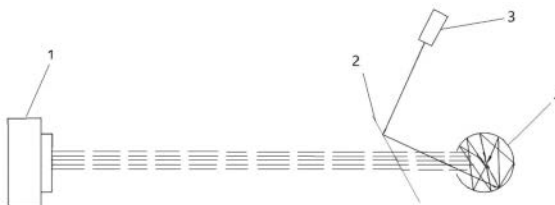
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种X射线图像信息的增强型读取装置和方法

(57) 摘要

本发明涉及激光驱动惯性约束聚变领域,更具体,本发明公开一种X射线图像信息的增强型读取装置和方法,本发明使用激发光源入射在二向色镜上,反射并以斜角度进入球形反射镜,入射在反射内壁上,形成多次循环反射,并多次照射记录了X射线图像的Ag-PG辐射光致发光材料,X射线图像所转换的可见光图像强度将获得20倍以上的增强,并通过球形反射镜的小孔入射到可见光照相设备灵敏面,避免了长时间积分叠加所带来信噪比差。



1. 一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,包括:可见光照相设备(1)、二向色镜(2)、激发光源(3)和球形反射镜(4),所述激发光源(3)发射激发光,所述激发光经所述二向色镜(2)反射后射入所述球形反射镜(4)的腔体中,辐射光致发光材料放置于所述球形反射镜(4)的腔体中心,所述辐射光致发光材料受所述球形反射镜(4)反射的激发光多次照射,所述辐射光致发光材料发出可见光射出所述球形反射镜(4),所述可见光被所述可见光照相设备(1)接收。

2. 根据权利要求1所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,所述激发光源(3)根据所述辐射光致发光材料发出特定波长的激发光。

3. 根据权利要求1所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,所述二向色镜(2)被设置为反射所述激发光,透射所述可见光。

4. 根据权利要求1所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,所述球形反射镜(4)设置为有开孔的空腔球体,球体内壁为光滑有弧度的反射面。

5. 根据权利要求4所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,所述反射面上均匀涂覆有金属膜。

6. 根据权利要求4所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,激发光经所述开孔进入和反射出所述球形反射镜(4),所述反射出所述球形反射镜(4)的所述激发光的强度小于5%。

7. 根据权利要求6所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,所述球形反射镜(4)的内表面面积与辐射光致发光材料的表面积之比为6~32。

8. 根据权利要求1所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,其特征在于,所述增强型读取装置还包括陷波片(5),使用所述陷波片(5)去除激发光所带来的本底噪声,所述球形反射镜(4)开孔的中心、所述二向色镜(2)中心、所述陷波片(5)中心和所述可见光照相设备(1)中心在同一条直线上,所述陷波片(5)放置在可见光照相设备(1)和二向色镜(2)之间。

9. 一种X射线图像信息的增强型读取方法,其特征在于,增强型读取方法应用于权利要求1至8任一项所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,增强型读取方法包括以下步骤:

S1:所述辐射光致发光材料经过X射线照射后,使用所述激发光源(3)发射激发光,激发光在二向色镜(2)入射;

S2:所述激发光经二向色镜(2)反射并斜入射进入所述球形反射镜(4),所述激发光在所述球形反射镜(4)中循环反射,并多次照射位于球形反射镜(4)中心的辐射光致发光材料;

S3:所述辐射光致发光材料被激发光多次照射后,所述辐射光致发光材料发出可见光射出所述球形反射镜(4)被所述可见光照相设备(1)所记录,获得X射线信息图像。

10. 根据权利要求9所述的一种X射线图像信息的增强型读取方法,其特征在于,步骤S2中,所述激发光在球形反射镜(4)中循环反射,包括:

$$T^i = (r + r^2 + r^3 + \dots + r^i) S_{\lambda}$$

式中, S_{λ} 为入射激发光强度, T^i 为激发光在球形反射镜(4)中循环反射的总强度, r 为球形反射镜(4)对激发光的反射率, i 为激发光在球形反射镜(4)中的反射次数, r^i 为激发光在

球形反射镜(4)反射了第 i 次的反射率。

一种X射线图像信息的增强型读取装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光驱动惯性约束聚变领域,更具体地,涉及一种X射线图像信息的增强型读取装置和方法。

背景技术

[0002] 激光惯性约束聚变的研究对于新能源开发、实验室天体物理、高能物理的研究具有重要意义。由于惯性约束聚变的靶丸内爆过程的高空间分辨时变信息反映了惯性力做功以及电子热传导、辐射热传导等能量输运带来的靶丸流体状态的时空演化情况,这些演化情况将直接影响聚变点火的成败,因此,获取惯性约束聚变的靶丸内爆过程的高空间分辨时变X光成像信息是深入研究内爆辐射烧蚀、向心驱动以及热斑演化等细致物理过程的重点和难点。

[0003] 辐射光致发光材料一般广泛应用于辐射剂量监测领域,不涉及对X射线图像的空间分辨记录与读取。当辐射光致发光材料被X射线照射,形成电子-空穴对,这些电子或空穴分别与辐射光致发光材料中的活性离子结合形成色心,利用某种波长的可见激发光照射,色心将会发射另外一种波长的可见光输出,这些可见光的强度与吸收X射线的强度成正比,从而通过对所述可见光的读取实现X射线图像信息的定量读取,对这些X射线图像信息的记录与读取是深入研究激光驱动惯性约束聚变黑腔以及内爆物理过程的关键诊断技术,因为它是描述这些物理过程“记录仪”。

[0004] 但是现有的对X射线图像信息的读取技术还存在以下不足:目前,常用的荧光显微镜在辐射光致发光材料记录弱信号时,通过时间积分叠加,获得弱信号图像,造成信噪比差;荧光显微镜的激发光易进入收光系统,荧光显微镜的激发光的强度是X射线图像转换成的可见光信号强度的数十倍以上,产生较强的本底噪声,也会造成X射线图像所转换的可见光信号的采集信噪比差。

发明内容

[0005] 本发明为克服上述现有技术所述的常用的荧光显微镜在辐射光致发光材料记录弱信号时,通过时间积分叠加,获得弱信号图像,造成信噪比差和荧光显微镜的激发光易进入收光系统和使用荧光显微镜的激发光的强度是X射线图像转换成的可见光信号强度的数十倍以上,产生信噪比差和较强的本底噪声的问题,提供一种X射线图像信息的增强型读取装置和方法。

[0006] 本发明旨在至少在一定程度上解决上述技术问题。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案如下:

[0008] 一种X射线图像信息的增强型读取装置,包括:可见光照相设备、二向色镜、激发光源和球形反射镜,所述激发光源发射激发光,所述激发光经所述二向色镜反射后射入所述球形反射镜的腔体中,所述辐射光致发光材料放置于所述球形反射镜的腔体中心,所述辐射光致发光材料受所述球形反射镜反射的激发光多次照射,所述辐射光致发光材料发出可

见光射出所述球形反射镜,所述可见光被所述可见光照相设备接收。

[0009] 所述激发光源根据所述辐射光致发光材料发出特定波长的激发光。

[0010] 所述二向色镜被设置为反射所述激发光,透射所述可见光。

[0011] 所述球形反射镜设置为有开孔的空腔球体,球体内壁为光滑有弧度的反射面。

[0012] 所述反射面上均匀涂覆有金属膜。

[0013] 所述激发光经所述开孔进入和反射出所述球形反射镜,所述反射出所述球形反射镜的所述激发光的强度小于5%。

[0014] 所述球形反射镜的内表面面积与辐射光致发光材料的表面积之比为6~32。

[0015] 所述增强型读取装置还包括陷波片,使用所述陷波片去除激发光所带来的本底噪声,所述球形反射镜开孔的中心、所述二向色镜中心、所述陷波片中心和所述可见光照相设备的中心在同一条直线上,所述陷波片放置在可见光照相设备和二向色镜之间。

[0016] 一种X射线图像信息的增强型读取方法,增强型读取方法应用于所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,增强型读取方法包括以下步骤:

[0017] S1:所述辐射光致发光材料经过X射线照射后,使用所述激发光源发射激发光,激发光在二向色镜入射;

[0018] S2:所述激发光经二向色镜反射并斜入射进入所述球形反射镜,所述激发光在所述球形反射镜中循环反射,并多次照射位于球形反射镜中心的辐射光致发光材料;

[0019] S3:所述辐射光致发光材料被激发光多次照射后,所述辐射光致发光材料发出可见光射出所述球形反射镜被所述可见光照相设备所记录,获得X射线信息图像。

[0020] 步骤S2中,所述激发光在球形反射镜中循环反射,包括:

[0021] $T^i = (r + r^2 + r^3 + \dots + r^i) S_{\lambda}$

[0022] 式中, S_{λ} 为入射激发光强度, T^i 为激发光在球形反射镜中循环反射时腔内的总强度, r 为球形反射镜对激发光的反射率, i 为激发光在球形反射镜中的反射次数, r^i 为激发光在球形反射镜反射了第*i*次的反射率。

[0023] 与现有技术相比,本发明技术方案的有益效果是:

[0024] 为解决信噪比差这个难题,本发明通过激发光在球形反射镜中以光速多次循环反射照射样品后,X射线图像的强度所转换为可见光图像的强度获得20倍以上的增强,并通过球形反射镜的小孔入射到可见光照相设备,这样就避免了长时间积分叠加所带来信噪比差。在另一方面,球形反射镜的设计能够确保非常少(小于5%)的激发光入射向可见光照相设备灵敏面,并且这些激发光需要经过二向色镜和陷波片才能抵达可见光照相设备灵敏面,至少衰减至0.05%以下,因此,信噪比得到进一步提升,达到10以上。

附图说明

[0025] 图1为本发明所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置的结构示意图;

[0026] 图2为本实施例中所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置的结构示意图;

[0027] 图3为本发明所述的一种X射线图像信息的增强型读取方法流程图;

[0028] 图中,1、可见光照相设备;2、二向色镜;3、激发光源;4、球形反射镜;5、陷波片。

具体实施方式

[0029] 附图仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制;

[0030] 为了更好地说明本实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;

[0031] 对于本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明的技术方案做进一步的说明。

[0033] 实施例1

[0034] 一种X射线图像信息的增强型读取装置,如图1所示,包括:可见光照相设备1、二向色镜2、激发光源3和球形反射镜4,所述激发光源3发射激发光,所述激发光经所述二向色镜2反射后射入所述球形反射镜4的腔体中,辐射光致发光材料放置于所述球形反射镜4的腔体中心,所述辐射光致发光材料受所述球形反射镜4反射的激发光多次照射,所述辐射光致发光材料发出可见光射出所述球形反射镜4,所述可见光被所述可见光照相设备1接收。

[0035] 本发明使用激发光在球形反射镜4形成多次循环反射,并多次照射记录了X射线图像的一种辐射光致发光材料—Ag掺杂磷酸玻璃(Ag-PG)样品,避免了常用时间积分信号叠加以及激发光本底噪声的影响,显著提高Ag-PG所记录X射线图像信息所转化的可见光信号记录的信噪比,达到10以上,同时信号强度提升至20倍以上,可直接应用于激光驱动惯性约束聚变中Ag-PG所记录X射线图像信息的高信噪比读取,解决了因为时间积分叠加,获得弱信号图像,造成信噪比差的问题。

[0036] 实施例2

[0037] 本实施例在实施例1的基础上,继续公开以下内容:

[0038] 在具体实施过程中,辐射光致发光材料采用Ag掺杂磷酸玻璃Ag-PG,也可以采用掺Yb的NaCl,掺Sm的MgF₂等。Ag-PG是通过AgCl,NaPO₃,Al(PO₃)₃经熔融淬冷法制备而成,它的制备工艺,平面样品直径达到10cm,且空间分辨标定达到0.7μm,打破了国际技术壁垒,并已应用于激光驱动惯性约束聚变中的X射线图像高空间分辨量化记录。当Ag-PG被X射线照射,将产生电子-空穴(e⁻-h⁺)对,其中,

[0039] $Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag^{0}$

[0040] $Ag^{+} + h^{+} \rightarrow Ag^{2+}$ 。

[0041] Ag⁰和Ag²⁺色心将X射线图像在理论上以原子级分辨记录存储,除非记录介质被加热到400℃,Ag⁰和Ag²⁺色心不会返回Ag⁺状态,这就确保了增强型读取的可能性、优良的抗干扰能力(避免了环境温度、湿度、可见光干扰)及量化能力。另外当用355nm紫外激光照射此时的Ag-PG,Ag⁰和Ag²⁺色心由于电子能级轨道跃迁会分别发射蓝色和橙色可见光,因此X射线图像即可转换为可见光图像并能够读取。

[0042] Ag-PG样品在激光驱动惯性约束聚变中记录了弱X射线图像之后的读取存在以下不足:首先常用的荧光显微镜在读取Ag-PG样品所记录弱信号时,通过时间积分叠加,获得弱信号图像,造成信噪比差;其次是荧光显微镜的激发光易进入收光系统,其强度是X射线图像转换成的可见光信号强度的数十倍以上,产生较强的本底噪声,也会造成X射线图像所转换的可见光信号的信噪比差,因而难以媲美激光驱动惯性约束聚变中常用的X射线图像

记录器件的信噪比,本发明为了解决上述提到的问题,提出了一种X射线图像信息的增强型读取装置和方法。

[0043] 所述的激发光源波长为所采用的辐射光致发光材料色心对应的激发光波长,以Ag-PG为例,即采用355nm激发光波长,该激发光入射在二向色镜,反射并斜入射进入球形反射镜4,激发光在球形反射镜4中循环反射,并多次照射位于球形反射镜4中心的记录了X射线图像的Ag-PG样品,其记录的X射线图像被激发光反复多次照射所转化的可见光(波长563nm)图像经陷波片过滤355nm激发光后,被可见光照相设备1所记录,获得高信噪比读取X射线图像。

[0044] 实施例3

[0045] 本实施例在实施例1和2的基础上,继续公开以下内容:

[0046] 所述激发光源3根据所述辐射光致发光材料发出特定波长的激发光,激发光源为特定波长激光或灯。

[0047] 所述二向色镜2被设置为反射所述激发光,透射所述可见光,激发光为波长355nm,所述的二向色镜2为反射激发光,透射Ag-PG样品记录X射线图像所转化为的可见光。

[0048] 所述球形反射镜4设置为有开孔的空腔球体,球体内壁为光滑有弧度的反射面,在另一方面,球形反射镜4的设计能够确保非常少(激发光强度的5%以下)的激发光(波长355nm)入射向可见光照相设备1的灵敏面。

[0049] 所述反射面上均匀涂覆有金属膜,金属膜可以提高激发光在球体内壁反射的次数和提高激发光的反射率。

[0050] 所述激发光经所述开孔进入和反射出所述球形反射镜4,所述反射出所述球形反射镜4的所述激发光的强度小于5%。

[0051] 所述球形反射镜4的内表面积和所述辐射光致发光材料的表面积成预设比例,所述的球形反射镜4的内表面对激发光反射率达到80%以上,并且球形反射镜4的内表面面积与辐射光致发光材料的表面积之比为10,在这个比例下激发光在球形反射镜4的内表面反射次数和辐射光致发光材料被照射到的次数比较多,效果比较好。

[0052] 如图2所示,所述增强型读取装置还包括陷波片5,使用陷波片5去除激发光所带来的本底噪声,本发明采用355nm陷波片5去除这些少量的激发光(波长为355nm)所带来的本底噪声,球形反射镜4入射口中心,二向色镜2中心、355nm陷波片5中心以及可见光照相设备1灵敏面的中心在同一条直线上,所述陷波片5放置在可见光照相设备1和二向色镜2之间。

[0053] 实施例4

[0054] 本实施例在实施例1、2和3的基础上,继续公开以下内容:

[0055] 一种X射线图像信息的增强型读取方法,如图3所示,增强型读取方法所述的一种X射线图像信息的增强型读取装置,增强型读取方法包括以下步骤:

[0056] S1:所述辐射光致发光材料经过X射线照射后,使用所述激发光源3发射激发光,激发光在二向色镜2入射;

[0057] S2:所述激发光经二向色镜2反射并斜入射进入所述球形反射镜4,所述激发光在所述球形反射镜4中循环反射,并多次照射位于球形反射镜4中心的辐射光致发光材料;

[0058] S3:所述辐射光致发光材料被激发光多次照射后,所述辐射光致发光材料发出可见光射出所述球形反射镜4被所述可见光照相设备1所记录,获得X射线信息图像。

[0059] 在具体实施过程中,所述的激发光源波长为所采用的辐射光致发光材料的色心对应的激发光波长,以Ag-PG样品为例,即采用355nm激发光波长,该激发光入射在二向色镜2,反射并斜入射进入球形反射镜4,在球形反射镜4中循环反射,并多次照射位于球形反射镜4中心的记录了X射线图像的Ag-PG样品,其记录的X射线图像被激发光反复多次照射所转化的可见光(波长563nm)图像经陷波片过滤355nm激发光后,被可见光照相设备1所记录,即获得高信噪比读取X射线图像。

[0060] 步骤S2中,所述激发光在球形反射镜4中循环反射,包括:

$$[0061] \quad T^i = (r + r^2 + r^3 + \cdots + r^i) S_\lambda$$

[0062] 式中, S_λ 为入射激发光强度, T^i 为激发光在球形反射镜4中循环反射时腔内的总强度, r 为球形反射镜4对激发光的反射率, i 为激发光在球形反射镜4中的反射次数, r^i 为激发光在球形反射镜4反射了第*i*次的反射率。

[0063] 激发光在球形反射镜4中循环反射后辐射光致发光材料Ag-PG样品被激发光照射的强度变强,其强度提升至20倍以上,相应的所转化的可见光的强度也大幅提升,因此Ag-PG样品所记录的X射线图像被激发光反复多次照射所转化的可见光(波长563nm)图像经陷波片过滤355nm激发光后,被可见光照相设备1所记录,获得高信噪比X射线图像,本发明可直接应用于激光驱动惯性约束聚变中辐射光致发光材料所记录X射线图像信息的高信噪比读取,因此本发明在激光驱动惯性约束聚变中具有十分广阔且重要的应用前景。

[0064] 相同或相似的标号对应相同或相似的部件;

[0065] 附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制;

[0066] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

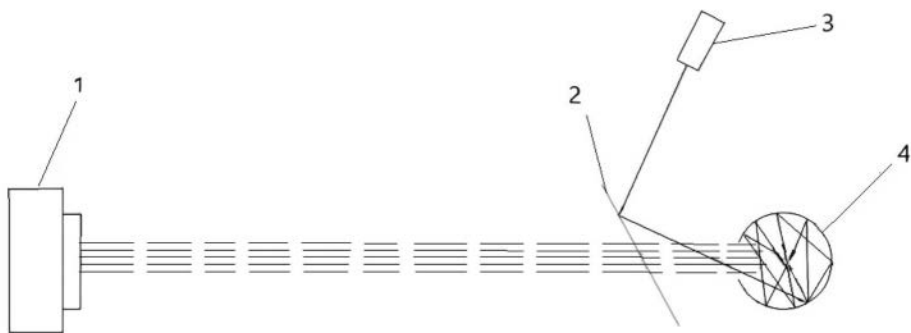


图1

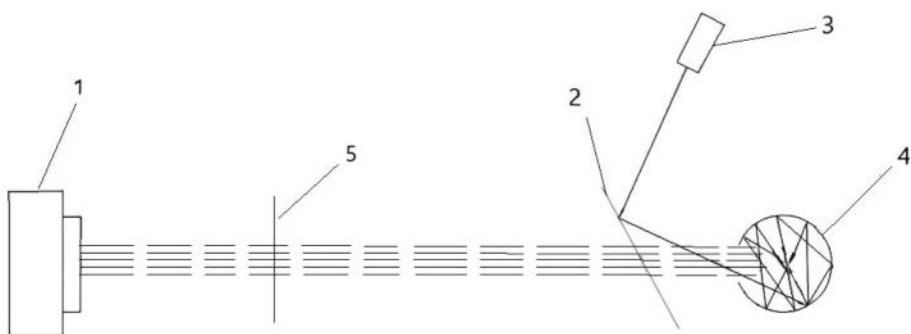


图2

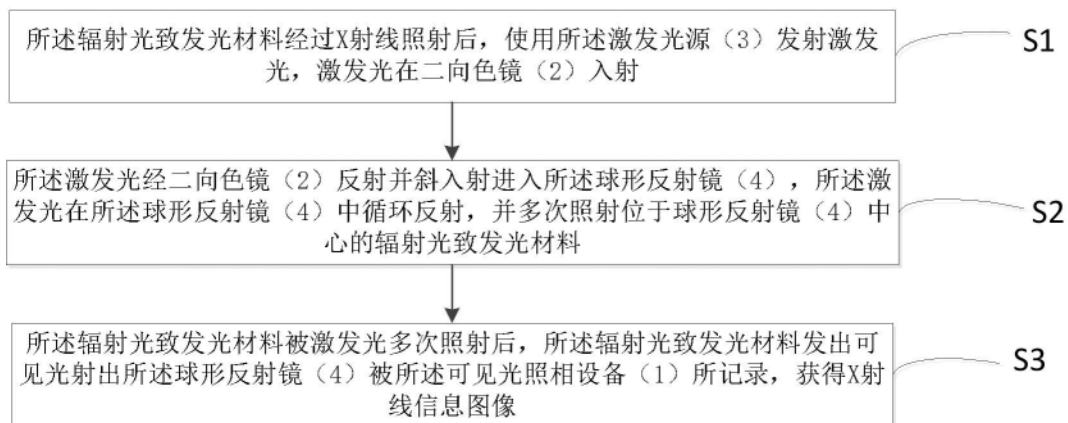


图3