

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03H 1/04 (2006.01)

G01N 23/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410052783.4

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 100399211C

[22] 申请日 2004.7.13

[21] 申请号 200410052783.4

[73] 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市 800-211 邮政信箱

[72] 发明人 陈建文 高鸿奕 何红 李儒新
徐至展

[56] 参考文献

CN1136587C 2004.1.28

SU1343242A1 1987.10.7

US5074667A 1991.12.24

审查员 任荣东

[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司
代理人 张泽纯

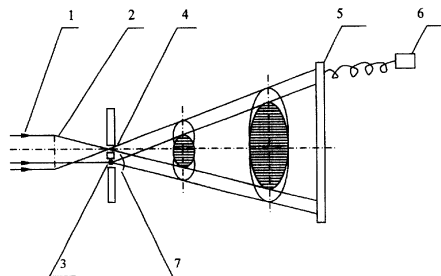
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称

消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的装置和方法

[57] 摘要

一种消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的装置和方法，该装置的构成是：在 X 射线源的前进方向依次设有波带片、针孔光阑和探测器，该探测器的输出端与计算机相连，所述针孔光阑的针孔位于波带片的焦点处，一待测物位于与所述针孔光阑的针孔同一平面且靠近的另一孔中，在所述的待测物之后设有一移相器，该移相器的移相为 $2k\pi$ 。利用所述的装置获得消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息图零级波的方法：在物光束中不插入移相器，拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图并存储在计算机中；在物光束中插入移相器，再拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图亦存储在计算机中；计算机将两张全息图重现的光强相减。



1、一种 X 射线无透镜傅里叶变换全息术中消除零级波的装置，在 X 射线源 (1) 的 X 射线的前进方向设有波带片 (2)、针孔光阑 (4) 和探测器 (5)，该探测器 (5) 的输出端与计算机 (6) 相连，所述针孔光阑 (4) 的针孔位于波带片 (2) 的焦点处，一待测物 (3) 位于与所述针孔光阑 (4) 的针孔同一平面且靠近的另一光孔中，其特征是在所述的待测物 (3) 之后设有一移相器 (7)，该移相器 (7) 的移相为 $2k\pi$ ，其中 k 为正整数，本装置使用时，对同一待测物 (3) 拍摄第一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图，物光束中先不插入该移相器 (7)，拍摄第二张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图，物光束中插入该移相器 (7)。

2、利用权利要求 1 所述的装置消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的方法，其特征是该方法按以下三个步骤进行：

①在所述的装置中，物光束中先不插入移相器 (7)，拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图并存储在计算机 (6) 中；

②在所述的装置中，物光束中插入移相器 (7)，再拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图亦存储在计算机 (6) 中；

③计算机 (6) 将两张全息图重现的光强相减，即可获得消除了零级波的 X 射线无透镜傅里叶变换全息图。

消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的装置和方法

技术领域

本发明与 X 射线全息有关，特别是一种消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的装置和方法，这种全息术在生物医学中有广泛的用途。

背景技术

早在 1952 年，Balz 就把全息术的概念引进到 X 射线领域，经几年的努力，X 射线全息取得了不少进步。70 年代，由于缺少高亮度的 X 射线源、缺乏所必需的光学元件和高分辨率的记录介质，以及成像方法上存在不少问题，致使这一领域进展不尽人意。近年来，由于同步辐射源的出现，这一成像方法又得到广泛关注。参见在先技术：陈建文，徐至展，朱佩平，王之江，X 射线全息术，物理学进展，1995 年，15 卷，第 2 期，125~147。

X 射线全息目前有两种记录方法：同轴记录和无透镜傅里叶变换全息记录。我们感兴趣的是 X 射线无透镜傅里叶变换全息。傅里叶变换全息图是指记录了样品的傅里叶变换谱，即样品的空间频谱的全息图。无透镜傅里叶变换全息图是指参考点源和样品在同一平面上时，就能记录到样品的准傅里叶变换谱的全息图，如图 1 所示。

一相干的平行平面 X 射线 1 照射一 X 射线波带片 2，这个波带片除一部分透射的零级波以外，还产生一会聚衍射波，在其焦点处放置一针孔，由小孔出射的 X 射线作为参考波，透射的零级波照射待测样品 3，样品 3 散射波作为物束，两者重叠时发生干涉，形成干涉图 5。因此，无透镜傅里叶变换全息图也称为准傅里叶变换全息图。傅里叶变换全息图和无透镜傅里叶变换全息图的关系，非常像双缝干涉条纹和两平面波干涉条纹的关系。两平面波的干涉条纹是等间距的，而双缝干涉条纹是近似等间距的，中心条纹略宽于两边的条纹。对于双缝干涉而言，干涉场离双

缝越远，其干涉条纹越近似于两平面波的干涉条纹。对于无透镜傅里叶变换全息图而言，记录物距越大，无透镜傅里叶变换全息图和傅里叶变换全息图的差别越小。记录物距大的另一个优点是可以提高物点光锥和参考点源光锥的重叠程度，提高分辨率。

再现时，为了使一级物波和零级物波自相关，而和负一级衍射波得到分离，样品中心与参考点源之间的距离必须足够大。记录时，如果物波和参考波相比，振幅足够小，则物波的自相关就可以忽略不计。因而，可不考虑一级衍射波和物波自相关的分离条件，样品和参考点源便可进一步靠近，从而使无透镜傅里叶变换全息图对记录介质的分辨率和 X 射线束时间相干性的要求降到最低，但这样做给实验增加了很多困难。

1992 年，I. McNulty 等人在 Brookhaven 国家同步辐射实验室 X-1A Undulator 线束上，采用无透镜傅里叶变换全息方式，以 CCD 作为接收器，数字法重现，据报道，把 X 射线无透镜傅里叶变换全息图的分辨率提高到 60nm。他们用电子束光刻的方法，制作出质量较高的波带片，波带片最窄环带宽度达到 50nm。波带片的最窄宽度决定了波带片聚焦半径，而这个聚焦半径又决定着无透镜傅里叶变换全息图的分辨率。在十到三十分钟的曝光期间内，确保系统的稳定性，并控制环境温度变化，使其不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，他们所用的 X 射线源的相干长度为 $0.7\mu\text{m}$ 。

从上述讨论可以看出，在 X 射线无透镜傅里叶变换全息中，由于零级波的存在，降低了重现图像的衬度和分辨率，因此非常有必要将零级波从重现图像中消除掉。

发明内容

本发明要解决的技术问题是针对上述在先技术所存在的缺点，提出一种消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的装置和方法，以提高重现图像的衬度和分辨率。

本发明的技术解决方案如下：

一种消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波装置的构成：在 X 射

线源的 X 射线的前进方向依次设有波带片、针孔光阑和探测器，该探测器的输出端与计算机相连，所述针孔光阑的针孔位于波带片的焦点处，一待测物位于与所述针孔光阑的针孔同一平面且靠近的另一孔中，其特征是在所述的待测物之后设有一移相器，该移相器的移相为 $2k\pi$ ，其中 k 为正整数，本装置使用时，对同一待测物拍摄第一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图，物光束中先不插入该移相器，拍摄第二张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图，物光束中插入该移相器。

利用所述的装置消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的方法，其特征是该方法按以下三个步骤进行：

①在所述的装置中，物光束中先不插入移相器，拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图并把这种全息图存储在计算机中；

②在所述的装置中，物光束中插入移相器，再拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图，亦存储在计算机中；

③在计算机 (6) 中将两张全息图重现的光强相减，即可获得消除了零级波的 X 射线无透镜傅里叶变换全息图。

本发明的工作原理如下：一平行 X 射线照明波带片，经过波带片以后，X 射线一部分为零级波照明待测物，一部分被波带片聚焦，并经过一针孔光阑作为参考波。参考波和被待测物散射的物波干涉，经探测器接收，被计算机重构待测物的图像。

用这种方法记录全息图时，如上面所讲的，在重构时，存在一个零级波对图像干扰的问题。为了解决这一问题，我们如果物光束光程中插入一移相器，从而获得一个具有不同记录参数的 X 射线无透镜傅里叶变换全息图，那么在未加移相器之前和加移相器之后，得到的两张全息图都记录在探测器上，让它们强度相减，得到光强度差值为：

$$\Delta I(x, y) = RO(x, y)[1 - \exp j\Delta\phi(x, y)] + RO^*(x, y)\{1 - \exp[-j\Delta\phi(x, y)]\}$$

式中：R 为参考波振幅，O 为物波振幅， $\Delta\phi(x, y)$ 为物波和参考波的位相差。

在物束中加入移相器的目的在于让 $\Delta\phi(x, y)$ 为一常数，即 $2k\pi$ ，

那么两个全息图相减之后，重现像中只含有 R_0 和 R_0^* 两项，从而可达到零级波消除的目的。

与在先技术相比：本发明的 X 射线无透镜傅里叶变换全息术中零级波消除方法，只在物光束中加入一 X 射线移相器，就可以消除重现像中的零级波，从而可大大提高重现图像的衬度和分辨率。

附图说明

图 1 是现有的用于 X 射线无透镜傅里叶变换全息图的装置原理图。

图 2 为本发明的 X 射线无透镜傅里叶变换全息中消除零级波的装置原理图。

具体实施方式

先请参阅图 2，图 2 为本发明的 X 射线无透镜傅里叶变换全息中消除零级波的装置原理图。由图可见，本发明 X 射线无透镜傅里叶变换全息中消除零级波的装置的构成是：在 X 射线源 1 的 X 射线的前进方向依次设有波带片 2、针孔光阑 4 和探测器 5，该探测器 5 的输出端与计算机 6 相连，所述针孔光阑 4 的一针孔位于波带片 2 的焦点处，一待测物 3 位于与所述针孔光阑 4 的针孔同一平面的且靠近的另一光孔中，其特征是在所述的待测物 3 之后设有一移相器 7，该移相器 7 的移相为 $2k\pi$ ，其中 k 为正整数。

利用上述装置消除 X 射线无透镜傅里叶变换全息零级波的方法，按以下三个步骤进行：

①在所述的装置中，物光束中先不插入移相器 7，拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图并把这种全息图存储在计算机 6 中；

②在所述的装置中，物光束中插入移相器 7，再拍摄一张 X 射线无透镜傅里叶变换全息图，亦存储在计算机 6 中；

③在计算机 6 中将两张全息图重现的光强相减，即可获得消除了零级波的 X 射线无透镜傅里叶变换全息图。

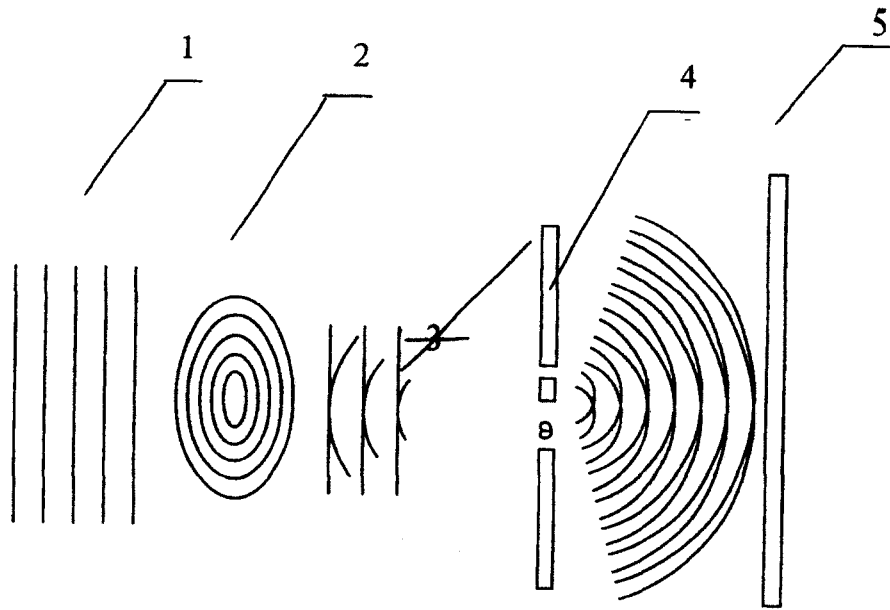


图 1

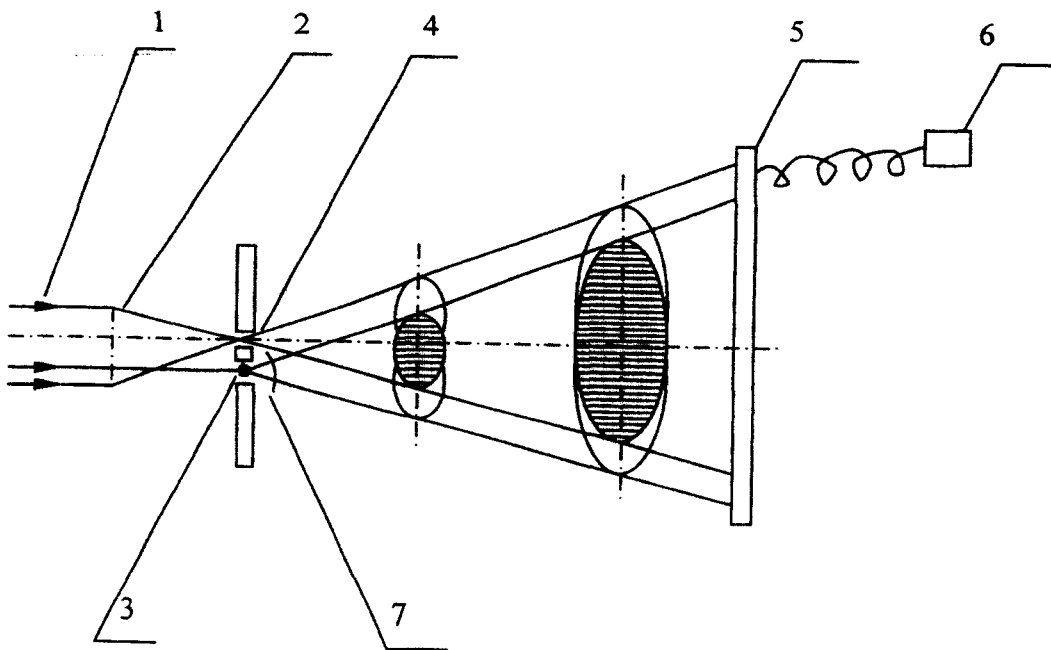


图 2