

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 7/481 (2006.01)

G01S 17/89 (2006.01)

G02B 5/08 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810051628.9

[43] 公开日 2009年5月27日

[11] 公开号 CN 101441272A

[22] 申请日 2008.12.22

[21] 申请号 200810051628.9

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 刘欣悦 王建立 董磊

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 赵炳仁

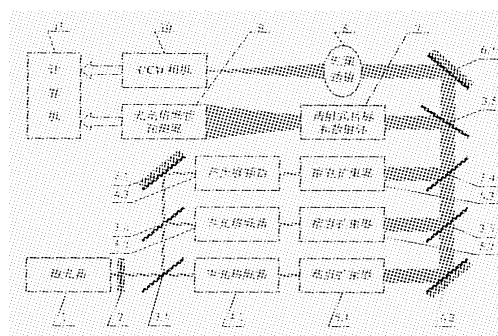
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

[54] 发明名称

傅立叶望远镜室内成像系统

[57] 摘要

本发明涉及一种傅立叶望远镜室内成像系统，包括激光器、半波片、五个分束器、三个声光移频器、三个准直扩束器、三个反射镜、透射式目标和散射体、汇聚透镜、光电倍增管探测器、CCD相机和计算机；成像过程是利用三个不同位置的发射光束在目标表面形成干涉，并通过引入光束频移使干涉条纹产生移动，然后接收目标散射的回波能量，最后利用计算机实现相位闭合与波前重构，并通过傅立叶逆变换得到目标图像。本发明利用低成本通用元器件构造简单灵活的室内成像系统，实现傅立叶望远镜成像过程并验证多种因素对成像质量的影响。室内成像系统采用缩比透射目标，成像原理与实际反射目标等效，并可大大降低成本、体积、以及复杂性。



1. 一种傅立叶望远镜室内成像系统，包括激光器（1），半波片（2），第一、第二、第三、第四、第五分束器（3.1、3.2、3.3、3.4、3.5），第一、第二、第三声光移频器（4.1、4.2、4.3），第一、第二、第三准直扩束器（5.1、5.2、5.3），第一、第二、第三反射镜（6.1、6.2、6.3），透射式目标和散射体（7），汇聚透镜（8），光电倍增管探测器（9），CCD相机（10）和计算机（11），其特征在于：

在所述激光器（1）输出光束的光轴上沿光传输方向依次设置所述的半波片（2）、第一分束器（3.1）、第一声光移频器（4.1）、第一准直扩束器（5.1）和第二反射镜（6.2）；

在第一分束器（3.1）的反射光路光轴上沿光传输方向依次设置所述的第二分束器（3.2）和第一反射镜（6.1）；

在第二反射镜（6.2）的反射光路光轴上沿光传输方向依次设置所述的第三分束器（3.3）、第四分束器（3.4）、第五分束器（3.5）和第三反射镜（6.3）；

所述第二分束器（3.2）的反射光轴与第三分束器（3.3）的入射光轴同轴，在第二分束器（3.2）和第三分束器（3.3）间沿光传输方向依次设置所述的第二声光移频器（4.2）、第二准直扩束器（5.2）；

所述第一反射镜（6.1）的反射光轴与第四分束器（3.4）的入射光轴同轴，在第一反射镜（6.1）和第四分束器（3.4）间沿光传输方向依次设置所述的第三声光移频器（4.3）、第三准直扩束器（5.3）；

在所述第五分束器（3.5）的反射光轴上沿光传输方向依次设置所述的透射式目标和散射体（7）、光电倍增管探测器（9）；

在所述第三反射镜（6.3）的反射光轴上沿光传输方向依次设置所述的汇聚透镜（8）、CCD相机（10）；

所述光电倍增管探测器（9）通过 AD 采集卡与所述的计算机（11）相连接；

所述 CCD 相机（10）通过图像采集卡与所述的计算机（11）相连接。

2. 根据权利要求 1 所述的傅立叶望远镜室内成像系统，其特征在于所述的激光器，采用高相干性的激光器以便于形成干涉条纹，如氦氖激光器、氩离子激光器、Nd:YAG 激光器等。

3. 根据权利要求 1 所述的傅立叶望远镜室内成像系统，其特征在于所述的分束器，均采用消偏振分光棱镜或分光平片，保持光束偏振方向以便于形成干涉条纹以及调整光强。

4. 根据权利要求 1 所述的傅立叶望远镜室内成像系统，其特征在于所述的反射镜，均采用对光束偏振方向不敏感的金属膜反射镜如保护铝、加强铝反射镜，以便于形成干涉条纹以及调整光强。

5. 根据权利要求 1 所述的傅立叶望远镜室内成像系统，其特征在于所述的透射式目标和散射体，透射式目标采用印有目标图像的胶片，散射体采用毛玻璃或全息散射体。

傅立叶望远镜室内成像系统

技术领域

本发明涉及实现傅立叶望远镜技术的光学成像装置，特别是一种利用低成本通用元器件构造傅立叶望远镜的室内成像系统。

背景技术

傅立叶望远镜是激光主动成像、光学合成孔径的高分辨率成像探测技术，通过多光束照明、单孔径接收方式，利用频率调制与相位闭合实现干涉成像。傅立叶望远镜能够通过大气湍流对目标高分辨率成像，而且无需自适应光学进行补偿，具有探测深空目标的突出优势，目前主要用于地球同步轨道目标高分辨率成像探测，此外还可用于长基线干涉测量、 γ 射线探测、光谱测量、遥感等诸多领域。

傅立叶望远镜成像系统主要由发射器和接收器构成，基本工作原理是：发射器同时发射三束或者多束激光照射目标，在目标表面形成干涉条纹。通过在光束之间引入频移，使得干涉条纹产生移动并扫过目标表面，从而对目标散射的回波信号进行时间调制。回波信号中包含了目标的傅立叶分量信息，相应的傅立叶分量由发射光束的间距和方向决定。利用大面积非共相接收器接收经过调制的回波信号能量，并通过解调可以得到相应的目标傅立叶分量。配置不同的发射光束间距和方向可以测量不同的傅立叶分量，测量足够的傅立叶分量之后，利用相位闭合与波前重构消除主要的随机相位误差，并经过傅立叶逆变换就可以得到目标图像。

傅立叶望远镜成像技术主要具有以下优点：首先，利用三束或多束激光同时照射目标，可以通过相位闭合消除上行光路中大气湍流引起的主要相位

误差，因而无需利用自适应光学进行补偿。其次，通过引入发射光束之间的频移对回波信号进行时间调制，将空域信息在时域编码，可以延长发射激光脉冲的时间间隔，从而降低对发射激光器的功率要求。第三，由于回波信号经过时间调制，接收器只需接收回波的能量，降低了对接收器的要求，可以利用较低质量的大面积非共相光学系统，而且成像基本不受下行光路中大气湍流的影响。最后，傅立叶望远镜成像系统易于扩展，增加激光器功率可以对更暗的目标成像，增加更多发射孔径可以提高成像的分辨率，增加接收器面积可以提高成像的信噪比。

实现地球同步轨道目标成像的傅立叶望远镜系统典型配置采用：70m×100m的T型发射基线，49个40cm口径的发射望远镜，激光器脉冲能量120J、相干长度30m，40个接收面积100m²的定日镜，40个光电倍增管探测器。由于体积庞大、结构复杂、成本高昂等因素的制约，构造傅立叶望远镜系统目前还存在很大难度和不确定因素。

发明内容

本发明的目的是提出傅立叶望远镜室内成像系统，以克服上述现有技术存在的体积庞大、结构复杂、成本高昂等缺点。

本发明傅立叶望远镜室内成像系统，包括激光器，半波片，第一、第二、第三、第四、第五分束器，第一、第二、第三声光移频器，第一、第二、第三准直扩束器，第一、第二、第三反射镜，透射式目标和散射体，汇聚透镜，光电倍增管探测器，CCD相机和计算机；

在所述激光器输出光束的光轴上沿光传输方向依次设置所述的半波片、第一分束器、第一声光移频器、第一准直扩束器和第二反射镜；

在第一分束器的反射光路光轴上沿光传输方向依次设置所述的第二分束器和第一反射镜；

在第二反射镜的反射光路光轴上沿光传输方向依次设置所述的第三分束

器、第四分束器、第五分束器和第三反射镜；

所述第二分束器的反射光轴与第三分束器的入射光轴同轴，在第二分束器和第三分束器间沿光传输方向依次设置所述的第二光移频器、第二准直扩束器；

所述第一反射镜的反射光轴与第四分束器的入射光轴同轴，在第一反射镜和第四分束器间沿光传输方向依次设置所述的第三光移频器、第三准直扩束器；

在所述第五分束器的反射光轴上沿光传输方向依次设置所述的透射式目标和散射体、光电倍增管探测器；

在所述第三反射镜的反射光轴上沿光传输方向依次设置所述的汇聚透镜、CCD 相机，CCD 相机的靶面处在汇聚透镜的焦面上；

所述光电倍增管探测器通过 AD 采集卡与所述的计算机相连接；

所述 CCD 相机通过图像采集卡与所述的计算机相连接。

本发明系统的主要工作过程如下：

- (1) 激光器的输出光束经过半波片调整偏振方向；
- (2) 调整后的光束经过第一分束器、第二分束器、第一反射镜后分为光强近似相等的三束；
- (3) 分光后的三光束分别经过第一声光移频器、第二声光移频器、第三声光移频器产生不同的频移，使三光束的差频分别为基频的某整数倍；
- (4) 移频后的三光束分别经过第一准直扩束器、第二准直扩束器、第三准直扩束器进行滤波和扩束；
- (5) 调整后的三光束经过第二反射镜、第三分束器、第四分束器合为干涉光束；
- (6) 干涉后的光束经过第五分束器、第三反射镜分为两束，由光电倍增管探测器接收第五分束器的反射光束为测量光束，由 CCD 相机接收第三反射

镜的反射光束为标定光束；

(7) 测量光束经过透射式目标和散射体后由光电倍增管探测器接收，测量散斑信号能量；

(8) 标定光束经过汇聚透镜后由 CCD 相机接收，标定三光束的相对位置

(9) 光电倍增管探测器的测量信号和 CCD 相机的标定图像由计算机进行采集并处理。

成像过程需要进行多次测量，每次测量首先调整分束器和反射镜的光具座并通过 CCD 相机对三光束的相对位置进行标定，然后利用光电倍增管探测器测量光强信号并采集到计算机进行解调和存储。测量足够数量的傅立叶分量之后，利用计算机进行相位闭合于波前重构处理，然后通过傅立叶逆变换就可以得到目标图像。

本发明利用低成本通用元器件构造简单灵活的室内成像系统，实现傅立叶望远镜成像过程并验证多种因素对成像质量的影响。室内成像系统采用缩比透射目标，成像原理与实际反射目标等效，并可大大降低成本、体积、以及复杂性。通过改变室内系统的设计参数并更换适当的元器件，还可验证系统配置和成像条件等多种因素对成像质量的影响。该傅立叶望远镜室内成像系统具有结构简单、配置灵活、成本低廉等优点，可以对多种形式的傅立叶望远镜成像系统进行验证。

附图说明

图 1 是本发明傅立叶望远镜室内成像系统的机构原理图。

具体实施方式

以下结合附图给出的实施例对本发明结构作进一步详细说明。

参照图 1，一种傅立叶望远镜室内成像系统，包括激光器 1，半波片 2，第一分束器 3.1、第二分束器 3.2、第三分束器 3.3、第四分束器 3.4、第五分

束器 3.5, 第一声光移频器 4.1、第二声光移频器 4.2、第三声光移频器 4.3, 第一准直扩束器 5.1、第二准直扩束器 5.2、第三准直扩束器 5.3, 第一反射镜 6.1、第二反射镜 6.2、第三反射镜 6.3, 透射式目标和散射体 7, 汇聚透镜 8, 光电倍增管探测器 9, CCD 相机 10 和计算机 11;

在所述激光器 1 输出光束的光轴上沿光传输方向依次设置所述的半波片 2、第一分束器 3.1、第一声光移频器 4.1、第一准直扩束器 5.1 和第二反射镜 6.2;

在第一分束器 3.1 的反射光路光轴上沿光传输方向依次设置所述的第二分束器 3.2 和第一反射镜 6.1;

在第二反射镜 6.2 的反射光路光轴上沿光传输方向依次设置所述的第三分束器 3.3、第四分束器 3.4、第五分束器 3.5 和第三反射镜 6.3;

所述第二分束器 3.2 的反射光轴与第三分束器 3.3 的入射光轴同轴, 在第二分束器 3.2 和第三分束器 3.3 间沿光传输方向依次设置所述的第二声光移频器 4.2、第二准直扩束器 5.2;

所述第一反射镜 6.1 的反射光轴与第四分束器 3.4 的入射光轴同轴, 在第一反射镜 6.1 和第四分束器 3.4 间沿光传输方向依次设置所述的第三声光移频器 4.3、第三准直扩束器 5.3;

在所述第五分束器 3.5 的反射光轴上沿光传输方向依次设置所述的透射式目标和散射体 7、光电倍增管探测器 9;

在所述第三反射镜 6.3 的反射光轴上沿光传输方向依次设置所述的汇聚透镜 8、CCD 相机 10, CCD 相机 10 的靶面处在汇聚透镜 8 的焦面上;

所述光电倍增管探测器 9 通过 AD 采集卡与所述的计算机 11 相连接;

所述 CCD 相机 10 通过图像采集卡与所述的计算机 11 相连接。

系统的主要工作过程:

(1) 激光器 1 的输出光束经过半波片 2 调整偏振方向;

(2) 调整后的光束经过第一分束器 3.1、第二分束器 3.2、第一反射镜 6.1 后分为光强近似相等的三束；

(3) 分光后的三光束分别经过第一声光移频器 4.1、第二声光移频器 4.2、第三声光移频器 4.3 产生不同的频移，使三光束的差频分别为基频的某整数倍；

(4) 移频后的三光束分别经过第一准直扩束器 5.1、第二准直扩束器 5.2、第三准直扩束器 5.3 进行滤波和扩束；

(5) 调整后的三光束经过第二反射镜 6.2、第三分束器 3.3、第四分束器 3.4 合为干涉光束；

(6) 干涉后的光束经过第五分束器 3.5、第三反射镜 6.3 分为两束，由光电倍增管探测器 9 接收第五分束器 3.5 的反射光束为测量光束，由 CCD 相机 10 接收第三反射镜 6.3 的反射光束为标定光束；

(7) 测量光束经过透射式目标和散射体 7 后由光电倍增管探测器 9 接收，测量散斑信号能量；

(8) 标定光束经过汇聚透镜 8 后由 CCD 相机 10 接收，标定三光束的相对位置

(9) 光电倍增管探测器 9 的测量信号和 CCD 相机 10 的标定图像由计算机 11 进行采集并处理。

本实施例中所述的：

激光器，采用高相干性的激光器以便于形成干涉条纹，如氦氖激光器、氙离子激光器、Nd:YAG 激光器等，而且可以对输出功率进行调整；

分束器：均采用消偏振分光棱镜或分光平片，保持光束偏振方向以便于形成干涉条纹以及调整光强；

反射镜：均采用金属膜反射镜如保护铝、加强铝反射镜等，对光束偏振方向不敏感以便于形成干涉条纹以及调整光强；

声光移频器：均基于布拉格衍射效应进行频率调制，控制方式可以采用单独的控制或者计算机控制；

准直扩束器：均采用空间滤波器（显微物镜+针孔）和准直透镜实现对光束的滤波和扩束，扩束后采用可变光阑调整光束孔径大小；

透射式目标和散射体：透射式目标可采用印有目标图像的胶片，散射体可以采用毛玻璃或全息散射体；

光电倍增管探测器：包括光电倍增管和高速 AD 采集卡，AD 采集卡对光电倍增管接收信号采样并传输到计算机进行处理；

CCD 相机：包括 CCD 摄像头和图像采集卡，图像采集卡对 CCD 摄像头接收信号采样并传输到计算机进行显示；

计算机：可以基于 LABVIEW 软件，集成数据测量、处理、显示等功能，实现自动的测量和处理流程。

此外，在该实施例系统中还可以：在光电倍增管前增加中性滤光片改变成像信噪比；在光电倍增管前增加遮光罩或者干涉滤光片抑制背景杂光影响；在分束器和反射镜下增加电控光具座，利用计算机编程控制分束器和反射镜的旋转角度实现自动的测量流程等。

本系统可实现以下主要功能：

(1) 实现傅立叶望远镜的成像过程。

傅立叶望远镜成像过程是利用三个不同位置的发射光束在目标表面形成干涉，并通过引入光束频移使干涉条纹产生移动，然后接收目标散射的回波能量，最后利用计算机实现相位闭合与波前重构，并通过傅立叶逆变换得到目标图像。室内成像系统采用等效的方式实现了傅立叶望远镜的成像过程，并大大降低了成本、体积、以及复杂性。

(2) 验证不同系统配置对成像质量的影响。

傅立叶望远镜成像系统主要由发射器和接收器构成，其中发射孔径的最

大间距决定了成像分辨率，接收器的面积是影响成像信噪比的重要因素，此外激光器功率和发射孔径大小等因素也会影响成像的质量。室内成像系统中，通过改变光束之间的角度可等效于改变发射孔径的间距，改变散射体的散射角度可等效于改变接收器面积，而且对激光器功率和发射孔径大小也可进行调整，因此室内成像系统可以用于验证不同系统配置对成像质量的影响。

（3）验证不同成像条件对成像质量的影响。

傅立叶望远镜成像过程中，影响成像质量的环境因素主要包括大气湍流和背景杂光等。大气湍流会使干涉条纹发生畸变，而且大气湍流和背景杂光都会降低成像信噪比。室内成像系统中，通过增加实验装置能够对大气湍流和背景杂光进行仿真，也可直接引入实际大气湍流和背景杂光，因此室内成像系统可以用于验证不同成像条件对成像质量的影响。

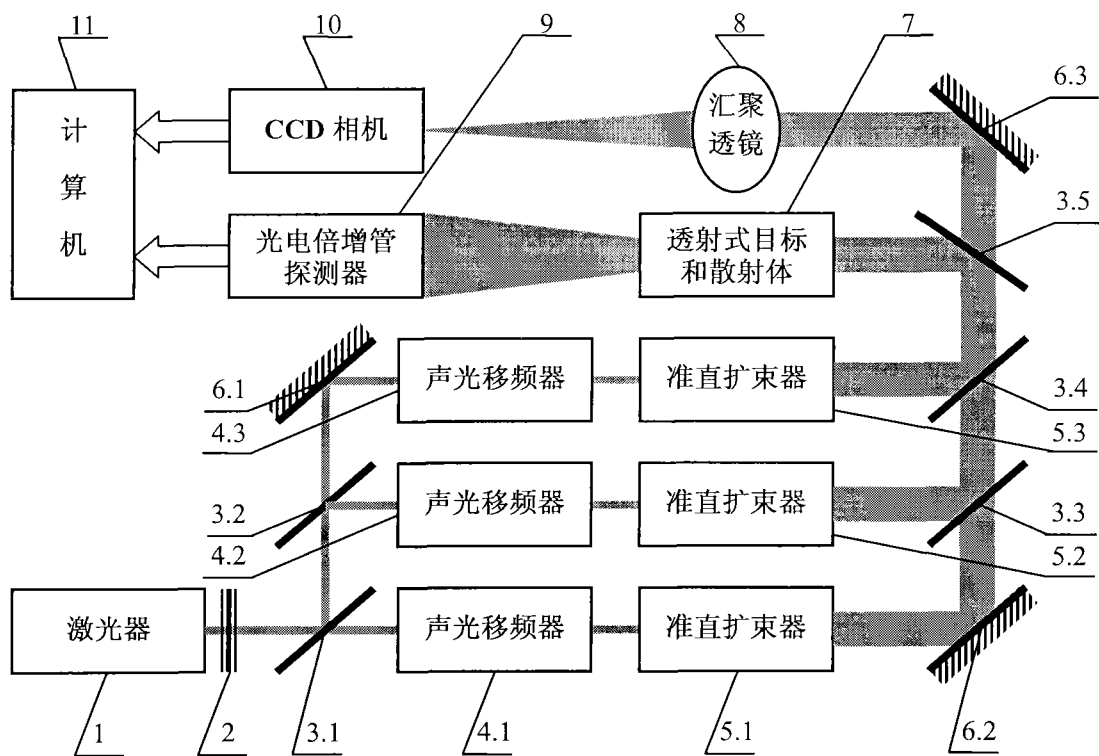


图 1