



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103076092 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201210579522. 2

(22) 申请日 2012. 12. 28

(73) 专利权人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
200 号

(72) 发明人 李建欣 孟鑫 孙宇声 徐婷婷
郭仁慧 沈华 马骏 朱日宏
陈磊 何勇

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 朱显国

(51) Int. Cl.

G01J 3/45(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1256407 A, 2000. 06. 14, 全文.

CN 101271202 A, 2008. 09. 24, 全文.

CN 101276139 A, 2008. 10. 01, 全文.

US 2010/0321688 A1, 2010. 12. 23, 全文.

US 2010/0027001 A1, 2010. 02. 04, 全文.

白加光等. Sagnac 横向剪切干涉仪设计方法的研究. 《航天器工程》. 2010, 第 19 卷 (第 2 期), 第 87-90 页.

审查员 王杰

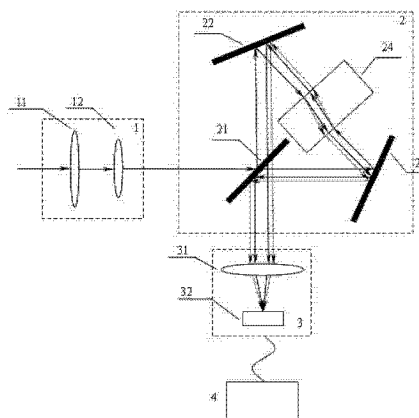
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱的装置及方法,该装置包括沿光路依次放置的前置光学系统、色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统、成像系统和信号处理系统;目标各点的入射光进入前置光学系统,消除杂散光并形成准直光束;随后进入色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统,光被横向剪切分束系统横向剪切,由于平板色散作用,剪切距离随着光波长而变化,进而引入随波数变化的光程差信息;剪切开的两束光随后进入成像系统;通过旋转横向剪切分束器或者旋转整个系统获取目标各点不同光程差下的干涉信息;对获取的目标物点干涉信息进行离散傅里叶变换,得到高分辨率的光谱信息和各谱段的二维图像信息;本发明具有高光谱分辨率、高光通量、高目标分辨率等优点。



1. 一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置,其特征在于:包括沿光路方向依次放置的前置光学系统(1)、色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统(2)、成像系统(3)和信号处理系统(4);其中,前置光学系统(1)包括沿光路方向依次设置的前置成像物镜(11)和准直物镜(12),前置成像物镜(11)的像面和准直物镜(12)的前焦面重合;色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统(2)包括沿 Sagnac 共光路系统的内部顺时针光轴依次设置的分束器(21)、第一高反镜(22)、色散平板(24)、第二高反镜(23),其中分束器(21)与色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统(2)的入射光轴成逆时针 45° 角,第一高反镜(22)与顺时针入射光轴成逆时针 67.5° 角,第二高反镜(23)与顺时针入射光轴成 67.5° 角,色散平板(24)位于第一高反镜(22)和第二高反镜(23)之间;成像系统(3)包括沿光路方向依次设置的成像物镜(31)、探测器(32),其中探测器(32)的靶面位于成像物镜(31)的后焦面上;信号处理系统(4)与探测器(32)相连;所有光学元件相对于基底同轴等高,即相对于光学平台或仪器底座同轴等高。

2. 根据权利要求 1 所述的提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置,其特征在于,装置的光路走向如下:探测目标发射或者反射的光通过前置成像物镜(11)成像在其像面上,消除杂散光,随后经过准直物镜(12),形成准直光束;前置光学系统(1)形成的准直光束经过分束器(21)后形成第一反射光 and 第一透射光两支:第一反射光首先入射到第一高反镜(22),发生反射,然后入射色散平板(24),发生色散,形成发散光束穿过色散平板,发散角度随波数变化,在色散平板(24)的出射面形成平行光束出射,随后入射第二高反镜(23),发生反射后,入射到分束器(21),形成第二反射光和第二透射光,其中第二反射光进入成像系统(3);第一透射光首先入射到第二高反镜(23),发生反射,然后入射色散平板(24),发生色散,形成发散光束穿过色散平板,发散角度随波数变化,在色散平板(24)的出射面形成平行光束出射,随后入射第一高反镜(22),发生反射后,入射到分束器(21),形成第三反射光和第三透射光,其中第三透射光进入成像系统(3);从分束器(21)出射的第二反射光和第三透射光的剪切量随波数变换进而引入随波数变换的光程差信息,随后光束经过成像物镜(31)汇聚到成像物镜(31)的后焦面处的探测器(32)的靶面上,通过电控旋转平台进行旋转色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统(2)或者旋转整套系统对被测目标进行推扫可以获取目标各点不同光程差下的携带有干涉信息的目标干涉图像,并转化成电信号进入信号处理系统(4)。

3. 一种基于权利要求 1 所述的提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置的光谱成像方法,其特征在于,包含以下步骤:

第一步,探测目标发射或者反射的光通过前置成像物镜(11)成像在其像面上,消除杂散光,随后经过准直物镜(12),形成准直光束,以准直光束形式进入色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统(2);

第二步,前置光学系统(1)形成的准直光束经过分束器(21)后形成第一反射光 and 第一透射光两支:第一反射光首先入射到第一高反镜(22),发生反射,然后入射色散平板(24),发生色散,形成发散光束穿过色散平板,发散角度随波数变化,在色散平板(24)的出射面形成平行光束出射,随后入射第二高反镜(23),发生反射后,入射到分束器(21),形成第二反射光 and 第二透射光,其中第二反射光进入成像系统(3);第一透射光首先入射到第二高反镜(23),发生反射,然后入射色散平板(24),发生色散,形成发散光束穿过色散平板,发散角度

随波数变化,在色散平板(24)的出射面形成平行光束出射,随后入射第一高反镜(22),发生反射后,入射到分束器(21),形成第三反射光和第三透射光,其中第三透射光进入成像系统(3);

第三步,从分束器(21)出射的第二反射光和第三透射光的剪切量随波数变换进而引入随波数变换的光程差信息,随后光束经过成像物镜(31)汇聚到成像物镜(31)的后焦面处的探测器(32)的靶面上,通过电控旋转平台进行旋转色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统(2)或者旋转整套系统对被测目标进行推扫可以获取目标各点不同光程差下的携带有干涉信息的目标干涉图像,并转化成电信号进入信号处理系统(4);

第四步,信号处理系统(4)从收到的电信号中提取目标各点不同光程差下的干涉数据,对干涉数据进行傅里叶变换,得到复原的目标图像,从而得到目标各点的光谱信息及各个谱段的二维图像信息。

一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学探测目标领域,特别是一种能够获得目标空间二维图像信息,目标各点高分辨率光谱信息的探测方法。

背景技术

[0002] 成像光谱技术采用辐射成像技术和光谱测量技术相结合方法,能够获得目标的二维空间辐射光强信息和目标各点的光谱信息。其中干涉成像光谱技术是上世纪 80 年代发展起来的新型探测技术,利用干涉信息与光谱信息之间存在的傅里叶变换关系来计算目标的光谱信息,并且获取目标的二维空间信息。90 年代中后期出现的像面干涉成像光谱技术,通过在无限远成像系统中加入横向剪切分束器,引入干涉信息;与时间型干涉成像光谱技术相比,内部不需要动镜推扫,具有结构稳固的优点;与空间型干涉成像光谱技术相比,不受入射狭缝的限制,具有高光通量、高目标分辨率、高光谱分辨率等优点。像面干涉成像光谱技术现已成为国内外研究的热点,在工业、农业、医学等领域具有广阔的应用前景。现有干涉成像光谱技术光谱分辨率受获取干涉光程差影响,光程差越大光谱分辨率越高。受探测器信噪比、靶面大小等因素的影响,现有干涉成像光谱技术获取的干涉光程差有限,其光谱分辨率受限,限制了像面干涉光谱成像技术的应用领域。

[0003] 1986 年,Okamoto 等人首次提出在横向剪切分束器中加入色散平板的方法提高光谱分辨率,后来由 Meigs 等人进行了优化。通过选取合适的材料以及不同厚度的色散平板,可以提高探测波段内的光谱分辨率。该方法目前只用于空间调制型干涉成像光谱仪中,但是在空间调制型干涉成像光谱仪中,狭缝的使用使得空间分辨率和光通量之间存在制约关系。为了获得高空间分辨率,通常需要减小狭缝的宽度,而结果导致光通量的极大损失。对于弱辐射目标,特别是天文目标的光谱探测,将增加探测器响应灵敏度的负担。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置及方法,能够提高现有像面干涉光谱成像装置的光谱分辨率,扩展其应用领域。。

[0005] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置,其特征在于包括沿光路方向依次放置的前置光学系统、色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统、成像系统和信号处理系统;其中,前置光学系统包括沿光路方向依次设置的前置成像物镜和准直物镜,前置成像物镜的像面和准直物镜的前焦面重合;色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统包括沿 Sagnac 共光路系统的内部顺时针光轴依次设置的分束器、高反镜、色散平板、高反镜,其中分束器与色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统的入射光轴成逆时针 45° 角,高反镜与顺时针入射光轴成逆时针 67.5° 角,高反镜与顺时针入射光轴成 67.5° 角,色散平板位于高反镜和高反镜之间;成像系统包括沿光路方向依次设置的成像物镜、探测器,其中探测器的靶面位于成像物镜的后焦面上;信号处理系统与探测器相连;所有光学元件相对于基底同轴等高,即相对于光学平台或仪器底座同轴等高。

[0006] 该发明装置的光路走向如下：探测目标发射或者反射的光通过前置成像物镜成像在其像面上，消除杂散光，随后经过准直物镜，形成准直光束；前置光学系统形成的准直光束经过分束器后形成第一反射光 and 第一透射光两支；第一反射光首先入射到第一高反镜，发生反射，然后入射色散平板，发生色散，形成发散光束穿过色散平板，发散角度随波数变化，在色散平板的出射面形成平行光束出射，随后入射高反镜，发生反射后，入射到分束器，形成第二发射光 and 第二透射光，其中第二反射光进入成像系统；第一透射光首先入射到第一高反镜，发生反射，然后入射色散平板，发生色散，形成发散光束穿过色散平板，发散角度随波数变化，在色散平板的出射面形成平行光束出射，随后入射高反镜，发生反射后，入射到分束器，形成第三发射光 and 第三透射光，其中第三透射光进入成像系统。从分束器出射的第二反射光 and 第三透射光的剪切量随波数变换进而引入随波数变换的光程差信息，随后光束经过成像物镜汇聚到成像物镜的后焦面处的探测器的靶面上，通过电控旋转平台进行旋转 Sagnac 色散横向剪切分束器或者旋转整套系统对被测目标进行推扫可以获取目标各点不同光程差下的携带有干涉信息的目标干涉图像，并转化成电信号进入信号处理系统；

[0007] 本发明的一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱方法，包含以下步骤：

[0008] 第一步，探测目标发射或者反射的光通过前置成像物镜成像在其像面上，消除杂散光，随后经过准直物镜，形成准直光束，以准直光束形式进入色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统；

[0009] 第二步，前置光学系统形成的准直光束经过分束器后形成第一反射光 and 第一透射光两支；第一反射光首先入射到第一高反镜，发生反射，然后入射色散平板，发生色散，形成发散光束穿过色散平板，发散角度随波数变化，在色散平板的出射面形成平行光束出射，随后入射高反镜，发生反射后，入射到分束器，形成第二发射光 and 第二透射光，其中第二发射光进入成像系统；第一透射光首先入射到第一高反镜，发生反射，然后入射色散平板，发生色散，形成发散光束穿过色散平板，发散角度随波数变化，在色散平板的出射面形成平行光束出射，随后入射高反镜，发生反射后，入射到分束器，形成第三发射光 and 第三透射光，其中第三透射光进入成像系统。

[0010] 第三步，从分束器出射的第二反射光 and 第三透射光的剪切量随波数变换进而引入随波数变换的光程差信息，随后光束经过成像物镜汇聚到成像物镜的后焦面处的探测器的靶面上，通过电控旋转平台进行旋转 Sagnac 色散横向剪切分束器或者旋转整套系统对被测目标进行推扫可以获取目标各点不同光程差下的携带有干涉信息的目标干涉图像，并转化成电信号进入信号处理系统；

[0011] 第四步，信号处理系统从收到的电信号中提取目标各点不同光程差下的干涉数据，对干涉数据进行傅里叶变换，得到复原的目标图像，从而得到目标各点的光谱信息及各个谱段的二维图像信息。

[0012] 本发明与现有技术相比，其显著优点：1、具备像面干涉成像光谱技术的优点：

[0013] 1) 探测器之前器件为全光器件，无声光、电光调制，方法简单实用。

[0014] 2) 具有高通量、高信噪比的优点。

[0015] 2、能够提高像面干涉成像光谱技术的光谱分辨率，能够兼顾高光通量和高光谱分辨率探测。

附图说明

[0016] 图 1 为实现本发明方法的装置结构示意图。

[0017] 具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述。

[0019] 参照图 1, 一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱装置, 其特征在于包括沿光路方向依次放置的前置光学系统 1、色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统 2、成像系统 3 和信号处理系统 4; 其中, 前置光学系统 1 包括沿光路方向依次设置的前置成像物镜 11 和准直物镜 12, 前置成像物镜 11 的像面和准直物镜 12 的前焦面重合; 色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统 2 包括沿 Sagnac 共光路系统的内部顺时针光轴依次设置的分束器 21、高反镜 22、色散平板 24、高反镜 23, 其中分束器 21 与色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统 2 的入射光轴成逆时针 45° 角, 高反镜 22 与顺时针入射光轴成逆时针 67.5° 角, 高反镜 23 与顺时针入射光轴成 67.5° 角, 色散平板 24 位于高反镜 22 和高反镜 23 之间; 成像系统 3 包括沿光路方向依次设置的成像物镜 31、探测器 32, 其中探测器 32 的靶面位于成像物镜 31 的后焦面上; 信号处理系统 4 与探测器 32 相连; 所有光学元件相对于基底同轴等高, 即相对于光学平台或仪器底座同轴等高。

[0020] 该发明装置的光路走向如下: 探测目标发射或者反射的光通过前置成像物镜 11 成像在其像面上, 消除杂散光, 随后经过准直物镜 12, 形成准直光束; 前置光学系统 1 形成的准直光束经过分束器 21 后形成第一反射光 and 第一透射光两支; 第一反射光首先入射到第一高反镜 22, 发生反射, 然后入射色散平板 24, 发生色散, 形成发散光束穿过色散平板, 发散角度随波数变化, 在色散平板 24 的出射面形成平行光束出射, 随后入射高反镜 23, 发生反射后, 入射到分束器 21, 形成第二发射光和第二透射光, 其中第二反射光进入成像系统 3; 第一透射光首先入射到第一高反镜 23, 发生反射, 然后入射色散平板 24, 发生色散, 形成发散光束穿过色散平板, 发散角度随波数变化, 在色散平板 24 的出射面形成平行光束出射, 随后入射高反镜 22, 发生反射后, 入射到分束器 21, 形成第三发射光和第三透射光, 其中第三透射光进入成像系统 3。从分束器 21 出射的第二反射光和第三透射光的剪切量随波数变换进而引入随波数变换的光程差信息, 随后光束经过成像物镜 31 汇聚到成像物镜 31 的后焦面处的探测器 32 的靶面上, 通过电控旋转平台进行旋转 Sagnac 色散横向剪切分束器 2 或者旋转整套系统对被测目标进行推扫可以获取目标各点不同光程差下的携带有干涉信息的目标干涉图像, 并转化成电信号进入信号处理系统 4。

[0021] 一种提高光谱分辨率的干涉成像光谱方法, 步骤为:

[0022] 第一步, 探测目标发射或者反射的光通过前置成像物镜 11 成像在其像面上, 消除杂散光, 随后经过准直物镜 12, 形成准直光束, 以准直光束形式进入色散平板 Sagnac 横向剪切分束系统 2;

[0023] 第二步, 前置光学系统 1 形成的准直光束经过分束器 21 后形成第一反射光 and 第一透射光两支; 第一反射光首先入射到第一高反镜 22, 发生反射, 然后入射色散平板 24, 发生色散, 形成发散光束穿过色散平板, 发散角度随波数变化, 在色散平板 24 的出射面形成平行光束出射, 随后入射高反镜 23, 发生反射后, 入射到分束器 21, 形成第二发射光和第二透射光, 其中第二发射光进入成像系统 3; 第一透射光首先入射到第一高反镜 23, 发生反射, 然后入射色散平板 24, 发生色散, 形成发散光束穿过色散平板, 发散角度随波数变化, 在色

散平板 24 的出射面形成平行光束出射,随后入射高反镜 22,发生反射后,入射到分束器 21,形成第三发射光和第三透射光,其中第三透射光进入成像系统 3。

[0024] 第三步,从分束器 21 出射的第二反射光和第三透射光的剪切量随波数变换进而引入随波数变换的光程差信息,随后光束经过成像物镜 31 汇聚到成像物镜 31 的后焦面处的探测器 32 的靶面上,通过电控旋转平台进行旋转 Sagnac 色散横向剪切分束器 2 或者旋转整套系统对被测目标进行推扫可以获取目标各点不同光程差下的携带有干涉信息的目标干涉图像,并转化成电信号进入信号处理系统 4;

[0025] 第四步,信号处理系统 4 从收到的电信号中提取目标各点不同光程差下的干涉数据,对干涉数据进行傅里叶变换,得到复原的目标图像,从而得到目标各点的光谱信息及各个谱段的二维图像信息。

[0026] 本发明色散剪切像面干涉超光谱成像装置探测器之前器件为全光器件,无声光、电光调制,方法简单实用;具有高目标分辨率、高通量的优点;能够提高干涉成像光谱技术的光谱分辨率。

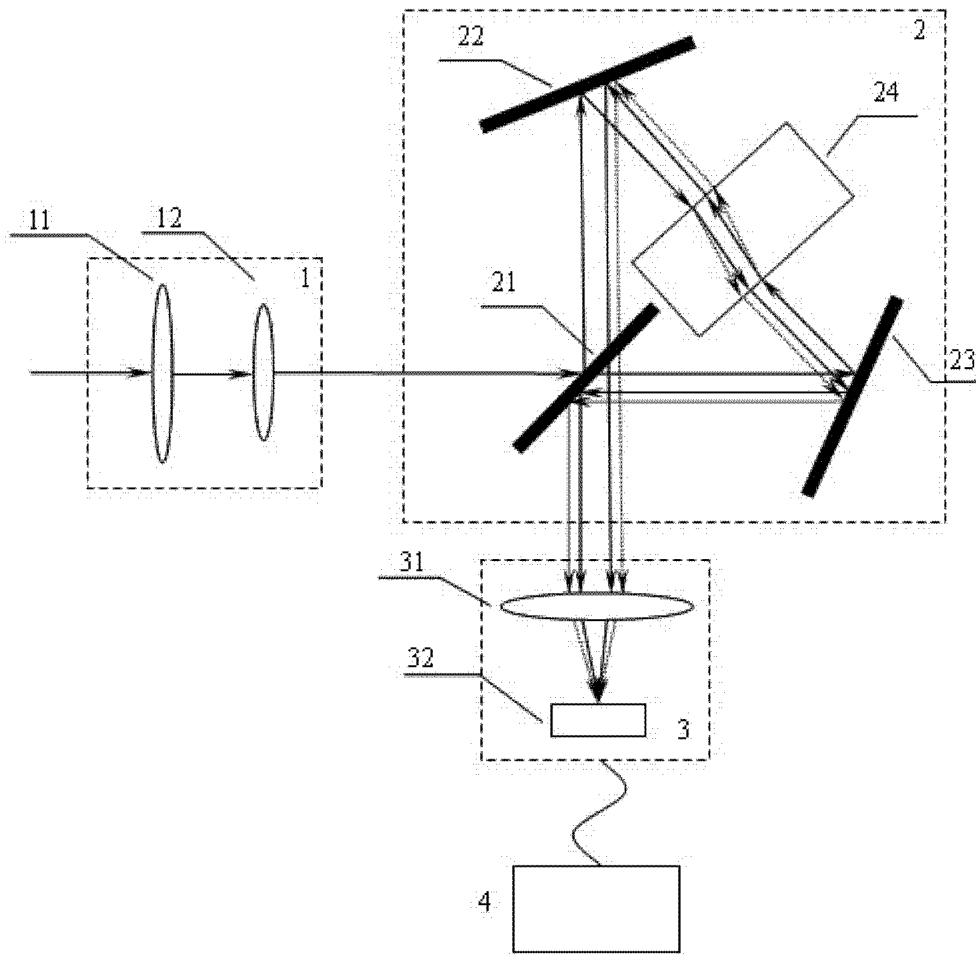


图 1