

空间外差光谱仪试验装置干涉仪

申请号: [200610085990.9](#)

申请日: 2006-06-13

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)
地址 [230031安徽省合肥市蜀山湖路350号](#)
发明(设计)人 [叶松](#) [洪津](#) [汪元均](#) [乔延利](#) [方黎](#) [方勇华](#) [杨伟锋](#) [荀毓龙](#)
[王乐意](#)
主分类号 [G01N21/45 \(2006.01\) I](#)
分类号 [G01N21/45 \(2006.01\) I](#) [G01J3/26 \(2006.01\) I](#)
公开(公告)号 [1869658](#)
公开(公告)日 [2006-11-29](#)
专利代理机构 [合肥华信专利商标事务所](#)
代理人 [余成俊](#)

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01N 21/45 (2006.01)
G01J 3/26 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610085990.9

[43] 公开日 2006年11月29日

[11] 公开号 CN 1869658A

[22] 申请日 2006.6.13
[21] 申请号 200610085990.9
[71] 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路 350 号
[72] 发明人 叶松 洪津 汪元均 乔延利
方黎 方勇华 杨伟锋 荀毓龙
王乐意

[74] 专利代理机构 合肥华信专利商标事务所
代理人 余成俊

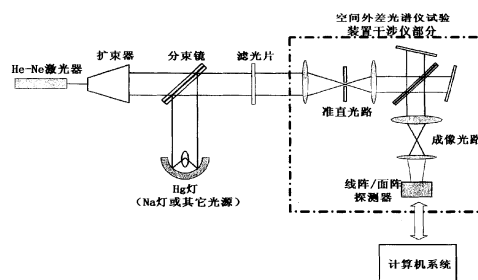
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

空间外差光谱仪试验装置干涉仪

[57] 摘要

本发明公开了一种空间外差光谱仪试验装置干涉仪，干涉仪是在迈克尔逊干涉仪的基础上进行了改进，采用两个衍射光栅代替了迈克尔逊干涉仪中两个平面反射镜。目标光源通过准直光路系统调制为平行光源，由干涉仪对光波进行空间干涉调制并形成一定空间频率的干涉条纹，干涉条纹的空间频率为波长的函数。干涉条纹通过成像物镜成像于线阵(或面阵)探测器中，并被探测器记录下来保存于计算机中，通过特定的算法可以恢复光谱曲线。



- 1、空间外差光谱仪试验装置干涉仪，其特征在于其光路结构为：目标光源经过光阑入射到分束器，分束器的上方和后方分别固定有光栅，光栅与光轴正交面成 Littrow 角 θ （光栅的第一闪耀角）倾斜放置，Littrow 波长的两束光经光栅衍射后的波面与光轴垂直，两波面同位相，位相差为零，不产生干涉条纹，非 Littrow 波长的光经光栅衍射返回，传播方向与光轴有一小的夹角 $\pm\gamma$ ，某一单色的非 Littrow 波长的两波面将有一夹角 2γ ，中心的光程差为零，两端的光程差最大；分束器下方放置成像物镜和探测器，干涉条纹经成像物镜成像于线阵或面阵探测器上。
- 2、根据权利要求 1 所述的空间外差光谱仪试验装置干涉仪，其特征在于目标光源的干涉调制方式为空间外差式。

空间外差光谱仪试验装置干涉仪

技术领域

本发明属于光学电子测量领域，具体是一种空间外差光谱仪试验装置干涉仪。

背景技术

传统的高分辨率光谱仪主要有两大类：光栅式和干涉式。

光栅光谱仪技术的色散原理属于空间分离光谱，即利用光栅等色散器件将光谱按波长的顺序在空间进行规律性的排列，在不同的空间位置获得不同波长的光谱信息。然而随着科学技术的发展，对光谱分辨率技术和光谱仪器提出了更高的要求。传统的具有入射(出射)狭缝、色散系统的经典色散型光谱仪已不能完全适应更高分辨率、快速、遥测、更高灵敏度及极检测信噪比的要求。

由于有机化学、无机化学、固体物理、宇宙航行、气象和大气污染研究的需要，基于干涉调制分光原理的傅里叶分光光度计有了很大发展。这种仪器具有较高的分辨率，并且能对弱信号和微量样品进行测定，因此这种仪器的发展为分光光度法开辟新的领域。傅里叶变换光谱仪采用双光束干涉原理，使相干光束间的相位连续变换，同步地记录中央条纹的光强变换曲线——干涉图，然后对其进行傅里叶变换而获得光谱图。与光栅式光谱仪器不同，傅里叶变换光谱仪不是使不同波长的光谱组元在空间分解开来、在不同的空间位置获得不同波长的光谱信息，而是利用频率调制方法，使不同波长的光受到不同频率调制，通过傅里叶积分变换进行解调而获取不同波长的光谱信息。与光栅式光谱仪相比，干涉式光谱仪有很多优点。首先，由于它能收集更多的光，所以灵敏度高于相同尺寸和相同光谱分辨率的光栅式光谱仪；其次，作为高分辨率光谱仪，干涉式不需要用一个长焦距的器件将一条狭缝成像在典型尺寸的探测器像元上。因此，一个体积较小、重量较轻的干涉仪的性能可以等于甚至优于实际应用中的光栅式光谱仪。干涉式光谱仪的主要问题是由于光程差非线性和系统准直的影响，进一步提高光谱分辨率有很大的技术障碍。因此，寻求新的高光谱探测手段是一个不仅具有科学意义，

同时也极具应用背景。

暂且称以被动遥感方式获取光谱分辨率优于 0.1nm 的光辐射信息为超分辨光谱信息。超分辨光谱遥感是指利用很多很窄的电磁波波段从感兴趣的物体获取有关数据，通过物质超分辨光谱特征可以进行地物的遥感识别。当我们将光谱的分辨率提高到一定尺度的时候，物体表现出来的光谱信息发生了一定的变化，或者说此时我们更准确的获取了物质的光谱信息，这样提高了目标的识别能力。事实证明当光谱分辨率提高的时候，遥感信息更能准确的反映物质特性，那么超分辨光谱遥感必然是未来遥感发展的重要趋势。

地球大气中含有很多微量成分，如臭氧、水汽及碳、硫、氮等的化合物，它们的含量虽少，和人类的关系却很密切。这些微量气体有的能影响大气的辐射平衡，有的能产生酸雨改变土壤的化学过程，有的气体对人和动、植物有害。随着人类空间活动的增加和工业生产的大量污染物进入大气，为了保护人类赖以生存的环境，对这些微量气体成分浓度的变化和分布以及其发生在大气中的化学反应的研究已日益被重视。因此，进行全球大气微量成分的浓度探测能够提高气象的预报能力，有助于解释和预测全球气候变迁，同时可以提高大气环境监测水平，为大气的环境保护提供必要的指导。基础研究表明，精确反演大气微量气体成分需要超高分辨率大气光谱观测。例如在大气 OH 自由基的探测过程中，不同的光谱分辨率下，大气的光谱曲线有着很大的差别。在 308nm 波段，当光谱分辨率为 0.1nm 时难以区分大气散射背景信号与 OH 自由基光谱辐射信号，然而当光谱分辨率达到 0.024nm 时可以获取 OH 自由基的光谱辐射信号。因此，要在复杂背景下获取微量气体的特征光谱辐射信息，需要提高探测系统的分辨能力，获取精细光谱信息。

传统的光谱测量方法很难达到超高分辨率探测，而空间外差光谱技术是一种新型可实现超光谱分辨的光谱分析技术。通过空间外差光谱技术可探测到大气中 H₂O、O₃、CH₄、CO₂、NO 及 OH 自由基等各种物质的高分辨光谱。

发明内容

本发明为空间外差光谱仪试验装置干涉仪，利用空间外差光谱技术获取超高分辨光谱。

本发明的技术方案如下：

空间外差光谱仪试验装置干涉仪,其特征在于其光路结构为:目标光源经过光阑入射到分束器,分束器的上方和后方分别固定有光栅,光栅与光轴正交面成 Littrow 角 θ (光栅的第一闪耀角) 倾斜放置, Littrow 波长的两束光经光栅衍射后的波面与光轴垂直,两波面同位相,位相差为零,不产生干涉条纹,非 Littrow 波长的光经光栅衍射返回,传播方向与光轴有一小的夹角 $\pm\gamma$,某一单色的非 Littrow 波长的两波面将有一夹角 2γ ,中心的光程差为零,两端的光程差最大;分束器下方放置成像物镜和探测器,干涉条纹经成像物镜成像于线阵或面阵探测器上。

目标光源的干涉调制方式为空间外差式。

空间外差光谱仪试验装置在迈克尔逊干涉仪的基础上进行了改进,采用两个衍射光栅代替了迈克尔逊干涉仪中两个平面反射镜,经过色散的两束反射光在空间上相干产生等厚干涉,干涉条纹为空间频率的函数。由线阵(或面阵)探测器记录不同位置的干涉条纹函数,然后通过一定的算法即可计算出待测光谱曲线。

本发明可以通过调整系统中某些关键光学器件的参数可以改变系统光谱范围与光谱分辨率等性能参数,以满足实际应用的需要,适用于紫外—红外波段。

本发明综合了光栅及无动镜剪切干涉仪技术于一体,可以在特定的光谱范围内获取超高分辨光谱,同时具有了干涉仪的高通量和光栅空间衍射特点。此外,空间外差光谱仪集成度高、体积小、重量小、功耗小等特点,符合航天、航空应用的需要。能满足超分辨光谱遥感的要求,主要面向大气微量气体的遥感应用。

附图说明

图 1 为空间外差光谱仪试验装置光路结构图。

图 2 为空间外差光谱仪试验装置干涉仪光路结构图。

图 3 为 Na 灯双线光源的空间外差干涉光谱实验结果。

图 4 为 Hg 灯双线光源的空间外差干涉光谱实验结果。

具体实施方式

参见图 1、图 2。

通过实验室搭台的方式建立空间外差光谱仪试验装置,系统结构如图 1 所示,由激光器、激光扩束器、滤光片、准直光路、干涉仪、计算机等部分组成。目标

光源通过准直光路系统调制为平行光源,由干涉仪对光波进行空间干涉调制并形成一定空间频率的干涉条纹,干涉条纹的空间频率为波长的函数。干涉条纹通过成像物镜成像于线阵(或面阵)探测器中,并被探测器记录下来保存于计算机中,通过特定的算法可以恢复光谱曲线。

空间外差光谱仪试验装置干涉仪的基本光路如图2所示,由光阑1、准直镜2、分束器4、衍射光栅3、衍射光栅5,以及成像物镜6、7,线阵(或面阵)探测器8等部分构成。干涉仪中光栅位置固定不动,与光轴正交面成Littrow角 θ (光栅的第一闪耀角)倾斜放置。轴向光以光栅的Littrow角 θ 入射到光栅上,Littrow波长的两束光经光栅衍射后的波面与光轴垂直,两波面同位相,位相差为零,不产生干涉条纹。非Littrow波长的光经光栅衍射返回,传播方向与光轴有一小的夹角 $\pm\gamma$ 。某一单色的非Littrow波长的两波面将有一夹角 2γ ,中心的光程差为零,两端的光程差最大。两束光将发生干涉,形成等厚干涉条纹。干涉条纹经成像物镜成像于线阵(或面阵)探测器上。通过记录不同位置处的干涉条纹函数,并通过一定的算法即可计算出待测的光谱曲线。

以上述装置进行特征光谱的空间外差光谱实验,以验证本发明的科学性。试验装置的工作波段选择可见波段,在574nm~591nm(带宽17nm)光谱范围内获取高达0.033nm的光谱分辨率,光谱分辨能力约为17700。分别以Na双线(589.0nm,589.6nm)发射光谱以及Hg双线(577nm,579nm)发射光谱进行实验验证。图3为Na灯双线光源的空间外差干涉光谱实验结果,左图为实验获取的Na灯光谱二维干涉图,右图为最终获取的傅里叶变换光谱结果。光谱曲线中横坐标为对应的细分光谱点数,0坐标对应于591nm,纵坐标为光谱相对强度。在Na光谱中的两个峰值(589.6nm、589.0nm)清晰可辨,在横坐标上对应的位置分别为66、84。通过计算获得系统的光谱分辨率达到0.033nm,光谱分辨能力约为17700,光谱范围为17nm。

图4为Hg灯双线光源的空间外差干涉光谱实验结果,在光谱中的两个峰值分别对应于Hg光谱的579nm、577nm,在横坐标上的位置分别为361、421,计算结果系统光谱分辨率也为0.033nm,光谱分辨能力为17700,光谱范围为17nm,与Na光谱实验结果一致。

本装置的光谱范围为574nm~591nm(带宽17nm),光谱分辨率为0.033nm,

分辨能力约为 17700。探测器采用 1024×1024 面阵 CCD 探测器，像元大小为 12μm×12μm，量化精度 12bit；光栅 Littrow 波长为 591nm，Littrow 角为 10.21°，光栅的刻线密度为 600L/mm，光栅的有效口径为 22mm×22mm；分束器采用对称型立方体型分束器，尺寸大小为 25.4mm×25.4mm×25.4mm。

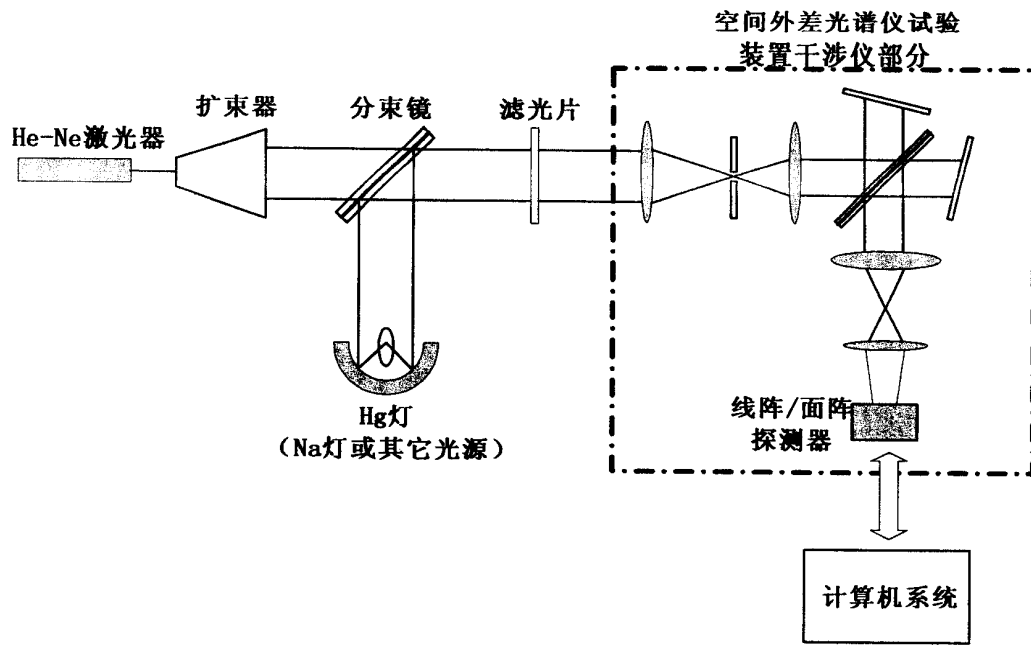


图 1

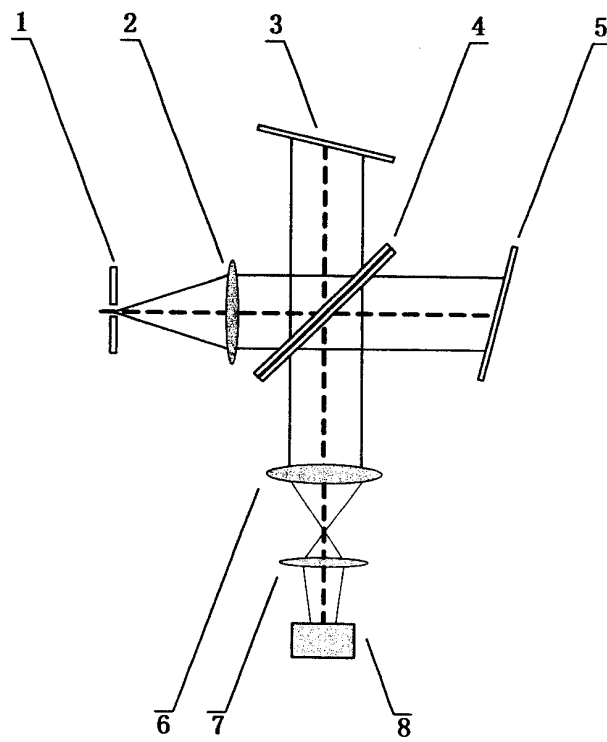
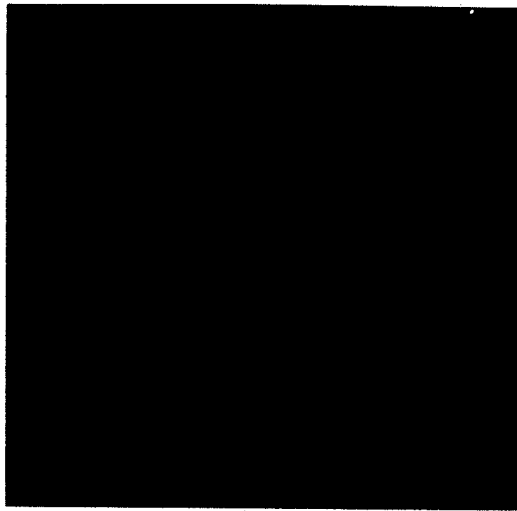
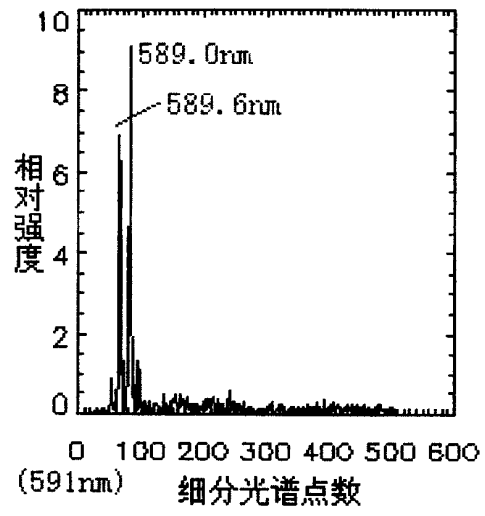


图 2

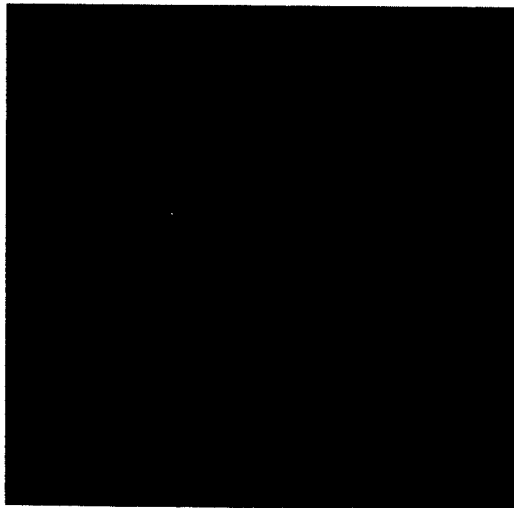


(a) 原始二维干涉图

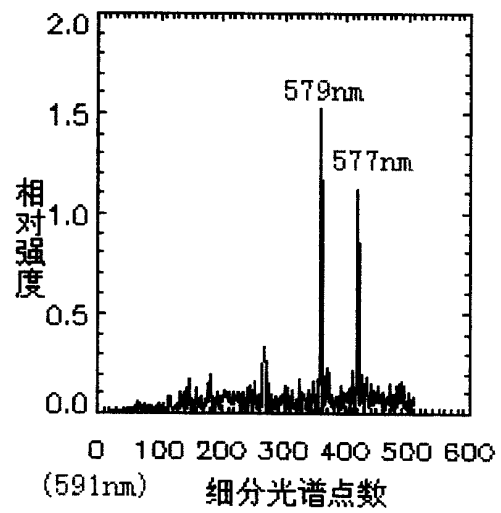


(b) 傅里叶变换光谱

图 3



(a) 原始二维干涉图



(b) 傅里叶变换光谱

图 4