

小型中阶梯光栅光谱仪的装调方法

申请号：[201210259605.3](#)

申请日：2012-07-25

申请(专利权)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3888号
发明(设计)人 [陈少杰](#) [宁春丽](#) [崔继承](#) [巴音贺希格](#) [齐向东](#) [唐玉国](#)
主分类号 [G01J3/28\(2006.01\)I](#)
分类号 [G01J3/28\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 102809428A
公开(公告)日 2012-12-05
专利代理机构 [长春菁华专利商标代理事务所 22210](#)
代理人 [王淑秋](#)



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102809428 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 09

(21) 申请号 201210259605. 3

(22) 申请日 2012. 07. 25

(73) 专利权人 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 3888 号

(72) 发明人 陈少杰 宁春丽 崔继承 巴音贺希格 齐向东 唐玉国

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G01J 3/28 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102226716 A, 2011. 10. 26, 全文.

WO 2005121723 A1, 2005. 12. 22, 全文.

GEORGE R. HARRISON. The Production of

Diffraction Gratings: II. The Design of Echelle Gratings and Spectrographs. 《JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA》. 1949, 全文.

唐玉国 等. 中阶梯光栅光谱仪的光学设计. 《光学 精密工程》. 2010, 第 18 卷 (第 9 期), 全文.

审查员 刘艳鑫

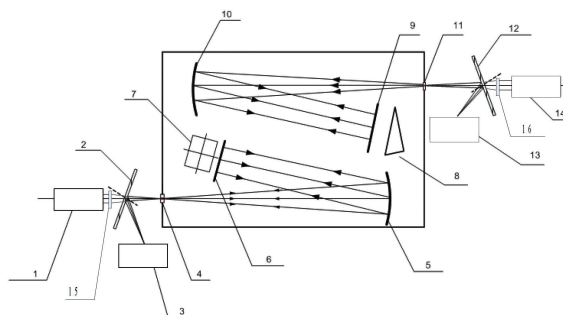
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

小型中阶梯光栅光谱仪的装调方法

(57) 摘要

本发明涉及一种中阶梯光栅光谱仪的装调方法, 该方法包括下述步骤: 将第一入射针孔安装固定, 使第一可见光激光器入射到第一入射针孔; 调整准直镜的位置和角度使其工作在最佳状态; 消除交叉色散棱镜的滚转误差和俯仰误差; 调整聚焦镜的位置和角度, 使其工作处于最佳状态; 安装并调整中阶梯光栅完成其入射角度的初步装调; 完成面阵探测器像面位置的调整与像面滚转误差的调整; 完成中阶梯光栅、交叉色散棱镜入射角度的精确调整。本发明所需专业辅助设备少、操作简便、易于应用的精确装调方法, 利于实现中阶梯光栅光谱仪的高分辨率、宽谱段范围、全谱瞬态直读的光谱分析。



1. 一种中阶梯光栅光谱仪的装调方法,其特征在于包括下述步骤:

步骤一:

将第一入射针孔(4)安装固定,第一聚光镜(15)放置于第一入射针孔(4)前,第一入射针孔(4)作为整个光学系统的坐标原点;然后将第一可见光激光器(1)作为光源,使第一可见光激光器(1)出射的光束无俯仰、无倾斜地经过第一聚光镜(15)后入射到第一入射针孔(4);

步骤二:

在第一聚光镜(15)与入射针孔(4)之间放置第一半反半透板(2),在第一半反半透板(2)反射光路上与第一入射针孔(4)对称的位置放置第一显微镜(3);将准直镜(5)放置于第一入射针孔(4)的出射光路上,并调整准直镜(5)的位置使第一入射针孔(4)位于准直镜(5)的焦点处;在中阶梯光栅(7)位置先安装第一平面反射镜(6),使第一平面反射镜(6)与准直镜(5)出臂垂直,固定第一平面反射镜(6);调整准直镜(5)的角度,当在第一显微镜(3)视场中看到反射光从第一入射针孔(4)射出时,固定准直镜(5);

步骤三:

利用水平仪消除交叉色散棱镜(8)的滚转误差;利用高度尺测试由第一平面反射镜(6)反射并入射到交叉色散棱镜(8)的光线高度,利用高度尺测试交叉色散棱镜(8)折射后的出射光线,调整交叉色散棱镜(8),使出射光线与入射光线在同一水平面上;

步骤四:

调整聚焦镜(10)的位置,使像面位于聚焦镜(10)的焦平面上,在像面中心安装第二入射针孔(11);然后将第二聚光镜(16)、第二可见光激光器(14)放置于第二入射针孔(11)后,使第二可见光激光器(14)出射的光束经过第二聚光镜(16)后无俯仰、无倾斜地入射到第二入射针孔(11);

在第二聚光镜(16)与第二入射针孔(11)之间放置第二半反半透板(12),在第二半反半透板(12)反射光路上与第二入射针孔(11)对称的位置放置第二显微镜(13);在交叉色散棱镜(8)方向放置第二平面反射镜(9),使第二平面反射镜(9)与聚焦镜(10)的出臂垂直,固定第二平面反射镜(9);调整聚焦镜(10)的角度,当在第二显微镜(13)视场中看到反射光从第二入射针孔(11)射出时,固定聚焦镜(10);

步骤五:

将第一半反半透板(2)、第一显微镜(3)、第一平面反射镜(6)、第二入射针孔(11)、第二半反半透板(12)、第二显微镜(13)、第二聚光镜(16)、第二可见光激光器(14)和第二平面反射镜(9)移除光学系统;将中阶梯光栅(7)安装至设计位置,调整中阶梯光栅(7)使其光栅面与光学系统坐标原点所在的水平面垂直;根据光栅衍射角方向转动中阶梯光栅(7),直至找到最亮的光斑并使该光斑入射至交叉色散棱镜(8);

步骤六:

将面阵探测器放置于像面位置,并完成面阵探测器像面位置的调整与像面滚转误差的调整;

步骤七:

将第一可见光激光器(1)移除光学系统,将汞灯放置在第一可见光激光器(1)位置处作为光源,此时像面呈现各波长的二维光谱分布图像;根据谱图还原算法,建立各波长谱线

与像面位置的对应关系,该对应关系作为中阶梯光栅光谱仪标定的谱图模型;将与各特征波长对应的滤光片依次放置在汞灯与第一聚光镜(15)之间,在像面内识别出汞灯的各特征波长谱线;分别调整交叉色散棱镜(8)的入射角度与中阶梯光栅(7)的入射角度,使各特征波长谱线的成像位置与所建立的谱图模型一致;将汞灯移除光学系统,完成中阶梯光栅光谱仪的的装调。

小型中阶梯光栅光谱仪的装调方法

技术领域

[0001] 本发明属于光谱技术领域,涉及一种小型中阶梯光栅光谱仪的装调方法。

背景技术

[0002] 中阶梯光栅光谱仪采用中阶梯光栅作为主色散元件,经棱镜横向色散后,在像面上形成二维重叠光谱,该结构形式使中阶梯光栅光谱仪同时实现了高分辨率、宽波段的瞬态测量。目前,中阶梯光栅光谱仪已在石油、化工、冶金、生物医学等领域有着十分广泛的应用。一般的中阶梯光栅光谱仪波段范围为 200nm-900nm,光谱分辨率可达 20000,经精确标定后,中阶梯光栅光谱仪波长标定精度可达 0.01nm。精确装调是保证中阶梯光栅光谱仪高分辨率与波长准确性的重要环节之一,只有精确装调才能保证其结构参数与设计参数尽可能的接近,使像面的成像质量达到最佳状态,实现像面的一致性与全波段的高分辨率。

[0003] 目前应用的一种中阶梯光栅光谱仪的光路结构,包括聚光镜、入射针孔、准直镜、中阶梯光栅、交叉色散棱镜、聚焦镜和面阵探测器;所述准直镜和聚焦镜均采用抛物镜;聚光镜将入射光束聚焦到入射针孔,从入射针孔出射的光束照射准直镜,准直镜反射的平行光直接入射到中阶梯光栅表面,中阶梯光栅衍射的光束经交叉色散棱镜表面反射后照到聚焦镜上,聚焦镜反射的汇聚光由面阵探测器接收。

[0004] 由于中阶梯光栅光谱仪经交叉色散后在面阵 CCD 上成像,像面较大,为了保证整个像面的成像质量以及像差的一致性,光学设计中采用离轴抛物镜作为系统的准直镜与成像镜。通过分析,得知在系统的成像质量中对两片离轴抛物镜引入的误差非常敏感。排除离轴抛物镜的加工误差后,其误差主要来源于位置误差、角度误差、俯仰误差,以及滚转误差,以上误差均属于安装误差。采用精确的装调方法,可以有效的减小各种误差,使成像质量尽可能的接近设计结果。目前,国内外对于高精度光学仪器的装调方法较多,但对于中阶梯光栅光谱仪的精确装调方法的讨论并不多见,同时由于中阶梯光栅光谱仪光学性质的特殊性,其装调方法需要针对其结构进行设计。大多数装调方法都需要配合使用多个专业的辅助装调设备,装调过程较为繁琐,判读环节较多,对装调者的经验依赖较大。同时,由于中阶梯光栅光谱仪结构较小,并且考虑到紫外波段的应用,大多数中阶梯光栅光谱仪均采用封闭式结构设计,这使得辅助装调设备的使用受到了严重的限制。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种所需专业辅助设备少、操作简便、易于应用,并利于实现中阶梯光栅光谱仪的高分辨率、宽波段范围、全谱瞬态直读光谱分析的中阶梯光栅光谱仪的装调方法。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明的中阶梯光栅光谱仪的装调方法包括下述步骤:

[0007] 步骤一:

[0008] 将第一入射针孔安装固定,第一聚光镜放置于第一入射针孔前,第一入射针孔作为整个光学系统的坐标原点;然后将第一可见光激光器作为光源,使第一可见光激光器出

射的光束无俯仰、无倾斜地经过第一聚光镜后入射到第一入射针孔；

[0009] 步骤二：

[0010] 在第一聚光镜与入射针孔之间放置第一半反半透板，在第一半反半透板反射光路上与第一入射针孔对称的位置放置第一显微镜；将准直镜放置在第一入射针孔的出射光路上，并调整准直镜的位置使第一入射针孔位于准直镜的焦点处；在中阶梯光栅位置先安装第一平面反射镜，使第一平面反射镜与准直镜出臂垂直，固定第一平面反射镜；调整准直镜的角度，当在第一显微镜视场中看到反射光从第一入射针孔射出时，固定准直镜；

[0011] 步骤三：

[0012] 利用水平仪消除交叉色散棱镜的滚转误差；利用高度尺测试由第一平面反射镜反射并入射到交叉色散棱镜的光线高度，利用高度尺测试交叉色散棱镜折射后的出射光线，调整交叉色散棱镜，使出射光线与入射光线在同一水平面上；

[0013] 步骤四：

[0014] 调整聚焦镜的位置，使像面位于聚焦镜的焦平面上，在像面中心安装第二入射针孔；然后将第二聚光镜、第二可见光激光器放置于第二入射针孔后，使第二可见光激光器出射的光束经过第二聚光镜后无俯仰、无倾斜地入射到第二入射针孔；

[0015] 在第二聚光镜与第二入射针孔之间放置第二半反半透板，在第二半反半透板反射光路上与第二入射针孔对称的位置放置第二显微镜；在交叉色散棱镜方向放置第二平面反射镜，使第二平面反射镜与聚焦镜的出臂垂直，固定第二平面反射镜；调整聚焦镜的角度，当在第二显微镜视场中看到反射光从第二入射针孔射出时，固定聚焦镜；

[0016] 步骤五：

[0017] 将第一半反半透板、第一显微镜、第一平面反射镜、第二入射针孔、第二半反半透板、第二显微镜、第二聚光镜、第二可见光激光器和第二平面反射镜移除光学系统；将中阶梯光栅安装至设计位置，调整中阶梯光栅使其光栅面与光学系统坐标原点所在的水平面垂直；根据光栅衍射角方向转动中阶梯光栅，直至找到最亮的光斑并使该光斑入射至交叉色散棱镜；

[0018] 步骤六：

[0019] 将面阵探测器放置于像面位置，并完成面阵探测器像面位置的调整与像面滚转误差的调整；

[0020] 步骤七：

[0021] 将第一可见光激光器移除光学系统，将汞灯放置在第一可见光激光器位置处作为光源，此时像面呈现各波长的二维光谱分布图像；根据谱图还原算法，建立各波长谱线与像面位置的对应关系，该对应关系作为中阶梯光栅光谱仪标定的谱图模型；将与各特征波长对应的滤光片依次放置在汞灯与第一聚光镜之间，在像面内识别出汞灯的各特征波长谱线；分别调整交叉色散棱镜的入射角度与中阶梯光栅的入射角度，使各特征波长谱线的成像位置与所建立的谱图模型一致；将汞灯移除光学系统，完成中阶梯光栅光谱仪的装调。

[0022] 本发明的有益效果：本发明为小型、封闭式中阶梯光栅光谱仪提供了一种所需专业辅助设备少、操作简便、易于应用的精确装调方法，利于实现中阶梯光栅光谱仪的高分辨率、宽谱段范围、全谱瞬态直读的光谱分析。

附图说明

[0023] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0024] 图 1 是中阶梯光栅光谱仪及其装调设备示意图。

具体实施方式

[0025] 如图 1 所示,本发明中阶梯光栅光谱仪的装调方法包括如下步骤:

[0026] 步骤一:第一入射针孔的装调

[0027] 由于第一入射针孔 4 的位置将作为整个光学系统的坐标原点,所以光学系统的第一入射针孔 4 安装完毕后应固定。首先使用第一可见光激光器 1 作为光学系统光源,可以利用本领域常规的方法调整第一可见光激光器 1 的位置和角度,以保证第一可见光激光器 1 出射的光束无俯仰、无倾斜地经过第一聚光镜 15 后入射到第一入射针孔 4。

[0028] 步骤二:准直镜的装调

[0029] 根据离轴抛物镜光学特性可知,自焦点入射的光线经抛物面后准直为平行光。在本光学系统中,调整准直镜 5 角度,当第一入射针孔 4 恰处于准直镜 5 的焦点时,入射光线经抛物面后以平行光出射。为了实现该状态的调整,在第一聚光镜 15 与第一针孔 4 之间放置第一半反半透板 2,在第一半反半透板 2 反射光路上与第一入射针孔 4 对称位置放置第一显微镜 3 进行观测。在中阶梯光栅 7 位置先安装第一平面反射镜 6,使第一平面反射镜 6 法线与离轴抛物镜(准直镜 5)的出臂重合,即保证第一平面反射镜 6 与离轴抛物镜(准直镜 5)出臂垂直,固定第一平面反射镜。此时,调整离轴抛物镜(准直镜 5)角度使光线能够原路返回。当在第一显微镜 3 视场中清晰看到反射光从第一入射针孔 4 的射出,即证明准直镜 5 已工作在最佳状态,固定准直镜 5。

[0030] 步骤三:棱镜的装调

[0031] 在调试过程中,利用水平仪消除交叉色散棱镜 8 的滚转误差;利用高度尺测试由第一平面反射镜 6 反射并入射到交叉色散棱镜 8 的光线高度,利用同样的方法测试经交叉色散棱镜 8 折射后的出射光线高度,调整交叉色散棱镜 8 使出射光线和入射光线与光学系统光轴在同一水平面上,即此时出射光线、入射光线与光学系统的坐标原点在同一个水平面上,以此消除交叉色散棱镜 8 的俯仰误差。

[0032] 步骤四:成像镜的装调

[0033] 根据光学系统像差分析,可知光学系统成像质量对聚焦镜 10 的工作角度与俯仰角度比较敏感,所以必须对聚焦镜 10 进行精确装调。聚焦镜 10 的调整方法与准直镜 5 类似,首先调整聚焦镜 10 滚转误差与俯仰误差,调整聚焦镜位置,使像面到聚焦镜 10 中心距离与设计值(聚焦镜 10 的焦距)一致。然后进行工作角度的调整,其调整方法与准直镜 5 的调整方法相同,在像面中心安装第二入射针孔 11,然后将第二聚光镜 16、第二可见光激光器 14 放置于第二入射针孔 11 后,使第二可见光激光器 14 出射的光束经过第二聚光镜 16 后无俯仰、无倾斜地入射到第二入射针孔 11;在第二聚光镜 16 与第二入射针孔 11 之间放置第二半反半透板 12,在第二半反半透板 12 反射光路上与第二入射针孔 11 对称的位置放置第二显微镜 13;在交叉色散棱镜 8 方向放置第二平面反射镜 9,使第二平面反射镜 9 与聚焦镜 10 的出臂垂直,固定第二平面反射镜 9;调整聚焦镜 10 的角度,当在第二显微镜 13 视场中看到反射光从第二入射针孔 11 射出时,固定聚焦镜 10。此时,聚焦镜 10 工作处于最佳

状态,像面中心与离轴抛物镜焦点重合。

[0034] 步骤五:中阶梯光栅的装调

[0035] 将第一半反半透板 2、第一显微镜 3、第一平面反射镜 6、第二入射针孔 11、第二半反半透板 12、第二显微镜 13、第二聚光镜 16、第二可见光激光器 14 和第二平面反射镜 9 移除光学系统。将中阶梯光栅 7 安装至设计的位置,首先调整中阶梯光栅 7 使其光栅面与光轴平面(光学系统坐标原点所在的水平面)垂直,然后根据光栅衍射角方向转动中阶梯光栅 7,在光栅色散方向可同时观察到多个衍射级次的光斑。随着光栅角度的转动,直至找到最亮的光斑,该级次为衍射极大级,使该光斑入射至交叉色散棱镜 8。该过程仅完成了中阶梯入射角度的初步调节,仍需要进一步确定中阶梯光栅的入射角度。由于光学系统设计过程中,需以某中心一波长为系统主波长进行设计(即经中阶梯光栅 7 色散后,该波长仍然在系统光轴的水平面内传播),但装调所用的激光器的波长往往不是系统所用的主波长,所以在装调过程中,不能简单的将主极大级次出射的光斑入射至交叉色散棱镜 8 的中心,应通过理论计算,得出该波长经中阶梯光栅 7 色散后所在像面的位置。

[0036] 步骤六:探测器的装调

[0037] 本系统采用面阵 CCD 相机作为面阵探测器,面阵探测器像面的前后位置产生离焦对系统成像质量产生影响;相机滚转方向的偏差影响系统波长标定的准确性,所以要对系统面阵探测器像面进行调整,避免像面存在滚转误差。面阵探测器放置于像面位置,像面的调整主要完成像面位置的调整与像面滚转误差的调整。像面位置的调整与像面滚转误差的调整可以采用本领域常规的方法完成。

[0038] 步骤七:波长校正

[0039] 系统各环节调整为最佳状态后,进行系统波长的精确标定。首先将第一可见光激光器 1 移除光学系统,然后利用汞灯作为光源,汞灯放置在第一可见光激光器 1 位置处,此时像面呈现各波长的二维光谱分布图像。根据谱图还原算法(《光学精密工程》2010 年 10 月,第 18 卷,第 10 期,“中阶梯光栅光谱仪的谱图还原与波长标定”),可建立各波长谱线与像面位置的精确对应关系,该对应关系将作为中阶梯光栅光谱仪精确标定的谱图模型。将与各特征波长对应的滤光片依次放置在汞灯与第一聚光镜 15 之间,在像面内可准确识别出汞灯的各特征波长谱线。此时即可确定中阶梯光栅光谱仪的最终工作状态,完成了中阶梯光栅、交叉色散棱镜入射角度的精确调整。最后将汞灯移除光学系统。

[0040] 实施例:

[0041] 下面以对某一小型中阶梯光栅光谱仪进行装调为例,对本发明中阶梯光栅光谱仪的装调加以进一步详细说明。但该实施例不能理解为对本发明保护范围的限制,特征波长谱线不限于 404.656nm 谱线。

[0042] 中阶梯光栅光谱仪系统参数如表 1 所示。采用标准汞灯作为系统测试光源,使用中心波长为 405nm 的窄带滤波片,可以准确判断出汞灯 404.656nm 谱线位置为(346, 288),通过微调系统参数,使该波长谱线理论计算位置与实际调整位置重合。表 2 为各特征波长谱线标定结果,标定误差 <2 个像素,像素分离度为 0.0038nm,系统波长标定精度为 0.0076nm,该状态结果满足系统高分辨率要求。

[0043] 表 1 中阶梯光栅光谱仪性能参数

[0044]	光栅常数	54.49g/mm
	光栅入射角	46°
	光栅偏置角	7.54°
	棱镜顶角	26°
	棱镜入射角	28.3°
	系统焦距	320mm
	探测器像元尺寸	13μm
	探测器分辨率	1024×1024

[0045] 表 2 汞灯特征波长标定结果

特征波长 (nm)	像面位置坐 标 (x, y)	理论计算坐
		标(x', y')
296.728	(230,187)	(232,188)
302.150	(241,308)	(242,307)
[0046] 313.055	(259,290)	(258,290)
313.184	(259,288)	(258,287)
365.015	(317,311)	(317,313)
404.656	(346,289)	(346,288)
546.074	(399,381)	(399,382)

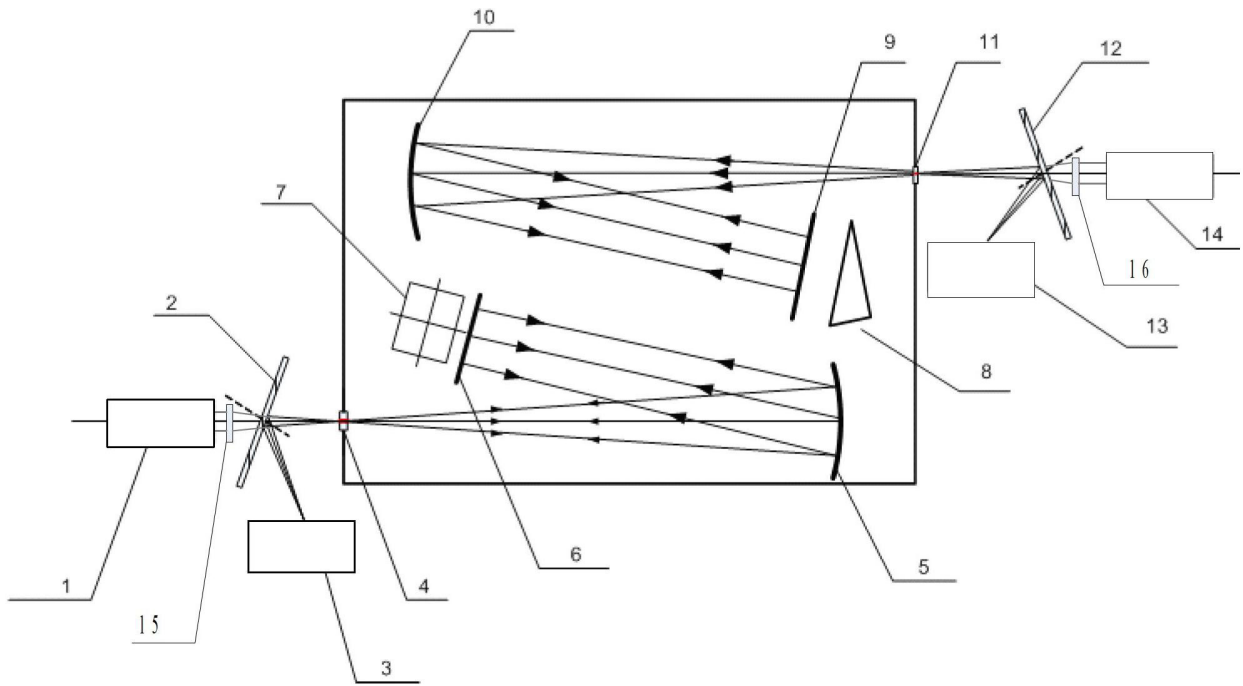


图 1