



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109297940 A

(43)申请公布日 2019.02.01

(21)申请号 201811036090.4

(22)申请日 2018.09.06

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区南塔街
114号

(72)发明人 孙兰香 汪为 郑黎明 齐立峰
张鹏

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 何丽英

(51)Int.Cl.

G01N 21/63(2006.01)

G01J 3/443(2006.01)

G01J 3/02(2006.01)

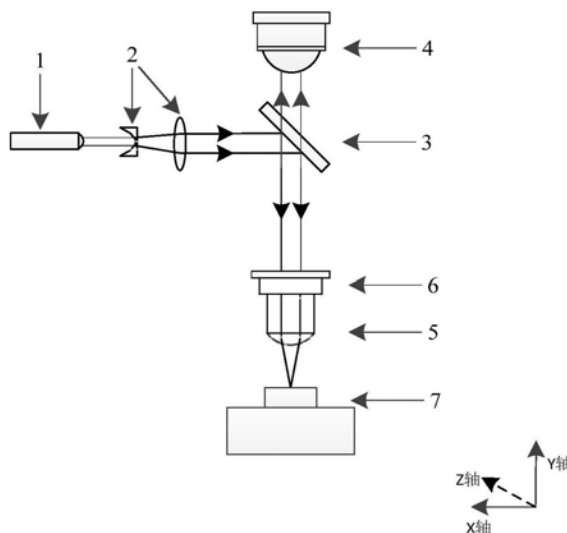
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置及其调节方法

(57)摘要

本发明涉及原子发射光谱检测技术领域,特别涉及一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置及其调节方法。所述装置包括一激光笔,激光笔发射光束的中心轴上配置了一个光束整形系统和一块分束镜,分束镜与激光笔的光束夹角为45°,分束镜上下侧设有用于对样品表面形貌进行观察及对样品表面激光笔光斑进行探测的显微成像光学系统,显微成像光学系统的下方设有用于承载样品的三维载物台,显微成像光学系统和三维载物台均与控制主机电性连接。显微成像光学系统包括位于分束镜上下侧的CCD相机和显微物镜。本发明能利用CCD相机实时获取图像,实时判断,实时对激光离焦量进行校正,对于保证激光在样品上产生等离子体形貌的一致性具有重要意义。



1. 一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置,其特征在于:包括一激光笔(1),所述激光笔(1)发射光束的中心轴上配置了一个光束整形系统(2)和一块分束镜(3),所述分束镜(3)与激光笔(1)的光束夹角为 45° ,所述分束镜(3)上下侧设有用于对样品表面形貌进行观察及对样品表面激光笔光斑进行探测的显微成像光学系统,所述显微成像光学系统的下方设有用于承载样品的三维载物台(7),所述显微成像光学系统和三维载物台(7)均与控制主机电性连接。

2. 根据权利要求1所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置,其特征在于:所述显微成像光学系统包括CCD相机(4)和显微物镜(5),所述分束镜(3)的上侧且垂直于激光笔(1)光束中心轴方向设置CCD相机(4),所述分束镜(3)的下侧且垂直于激光笔光束中心轴方向设置显微物镜(5),所述显微物镜(5)连接有压电陶瓷(6),所述CCD相机(4)和压电陶瓷(6)均与所述控制主机电性连接。

3. 根据权利要求2所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置,其特征在于:所述分束镜(3)将所述激光笔(1)的部分光束通过显微物镜(5)汇聚在样品表面,且通过透射部分聚焦光斑折返光束,减弱所述CCD相机(4)所探测到的光斑亮度。

4. 根据权利要求2所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置,其特征在于:所述压电陶瓷(6)可以驱动所述显微物镜(5)上下移动,实现激光离焦量快速调节。

5. 根据权利要求2所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置,其特征在于:所述三维载物台(7)在调焦量超过所述压电陶瓷(6)行程时,能控制样品上下移动,使所述压电陶瓷(6)工作在预定的行程范围内。

6. 根据权利要求2所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置,其特征在于:所述光束整形系统(2)对所述激光笔(1)产生的光路进行调节,使所述激光笔(1)产生的光束在样品上聚焦变化率最大处的光斑尺寸与激光器产生稳定等离子体的位置一致。

7. 一种利用权利要求2-6任一项所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置的调节方法,其特征在于:首先,建立激光离焦量与图片区域亮斑像素点个数的模型,再进行调节,具体调节方法,包括以下步骤:

步骤1): 利用CCD相机(4)采集N张图;

步骤2): 求解N张图片的平均亮斑的像素点个数;

步骤3): 利用激光离焦量与图片区域亮斑像素点个数的模型,计算激光离焦量;

步骤4): 驱动三维载物台(7)和压电陶瓷(6)进行自动调焦;

步骤5): 重复以上步骤1、2、3和4,当步骤3所获得的调焦量小于 $1\mu\text{m}$ 时,则表明本次调焦结束。

8. 根据权利要求7所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置的调节方法,其特征在于:步骤1)中, $2 < N < 10$ 。

9. 根据权利要求7所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置的调节方法,其特征在于:采用CCD相机(4)捕获的图片区域的亮斑像素点个数,通过亮斑像素点个数来获取光斑尺寸的大小。

10. 根据权利要求9所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置的调节方法,其特征在于:采用CCD相机(4)捕获的图片区域的亮斑像素点个数来获取光斑尺寸的大小,包括以下步骤:

步骤1):首先采用中值滤波器对CCD相机(4)所拍摄的图片进行处理,消除图片中椒盐噪声的影响;

步骤2):将图片进行归一化(0-1),然后设定合适的阈值将图片进行二值化;

步骤3):求解图片中像素值为1的像素点个数作为光斑区尺寸的大小。

一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置及其调节方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及原子发射光谱检测技术领域，特别涉及一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置及其调节方法。

背景技术：

[0002] 激光诱导击穿光谱微区分析技术具有分析速度快、样品制备简单、使用和维护较方便等优点，能弥补传统微区分析方法的不足。近年来，得到了很高的关注。激光与物质的相互作用的微观机理比较复杂，激光在样品表面离焦量的不同，直接导致激光聚焦在样品表面的功率密度的不同，使得所激发的等离子体内部参数（电子密度、等离子温度、离子密度等）以及所产生的等离子体形貌有较大的差异。在具体微区分析中，激光光束一般通过显微物镜紧聚焦在样品表面，使得产生的等离子体形态对样品表面的离焦量异常敏感，导致探测器所采集到的光谱谱线不稳定，极大的影响物质成分定性定量分析的结果。

发明内容：

[0003] 为了克服上述现有技术的不足，本发明提供一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置及其调节方法，主要应用在LIBS系统在微米尺度下对金属、半导体、动植物标本等进行扫描分析时，激光光束离焦量高精度自动调节，大大提高了调焦的精准度。

[0004] 为了实现上述目的，本发明采用的技术方案是：

[0005] 一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置，包括一激光笔，所述激光笔发射光束的中心轴上配置了一个光束整形系统和一块分束镜，所述分束镜与激光笔的光束夹角为 45° ，所述分束镜上下侧设有用于对样品表面形貌进行观察及对样品表面激光笔光斑进行探测的显微成像光学系统，所述显微成像光学系统的下方设有用于承载样品的三维载物台，所述显微成像光学系统和三维载物台均与控制主机电性连接。

[0006] 所述显微成像光学系统包括CCD相机和显微物镜，所述分束镜的上侧且垂直于激光笔光束中心轴方向设置CCD相机，所述分束镜的下侧且垂直于激光笔光束中心轴方向设置显微物镜，所述显微物镜连接有压电陶瓷，所述CCD相机和压电陶瓷均与所述控制主机电性连接。

[0007] 所述分束镜将所述激光笔的部分光束通过显微物镜汇聚在样品表面，且通过透射部分聚焦光斑折返光束，减弱所述CCD相机所探测到的光斑亮度。

[0008] 所述压电陶瓷可以驱动所述显微物镜上下移动，实现激光离焦量快速调节。

[0009] 所述三维载物台在调焦量超过所述压电陶瓷行程时，能控制样品上下移动，使所述压电陶瓷工作在预定的行程范围内。

[0010] 所述光束整形系统对所述激光笔产生的光路进行调节，使所述激光笔产生的光束在样品上聚焦变化率最大处的光斑尺寸与激光器产生稳定等离子体的位置一致。

[0011] 一种所述的在微米尺度下激光离焦量自动调节装置的调节方法，首先，建立激光离焦量与图片区域亮斑像素点个数的模型，再进行调节，具体调节方法，包括以下步骤：

- [0012] 步骤1):利用CCD相机采集N张图;
- [0013] 步骤2):求解N张图片的平均亮斑的像素点个数;
- [0014] 步骤3):利用激光离焦量与图片区域亮斑像素点个数的模型,计算激光离焦量;
- [0015] 步骤4):驱动三维载物台和压电陶瓷进行自动调焦;
- [0016] 步骤5):重复以上步骤1、2、3和4,当步骤3所获得的调焦量小于 $1\mu\text{m}$ 时,则表明本次调焦结束。
- [0017] 步骤1)中, $2 < N < 10$ 。
- [0018] 采用CCD相机捕获的图片区域的亮斑像素点个数,通过亮斑像素点个数来获取光斑尺寸的大小。
- [0019] 采用CCD相机捕获的图片区域的亮斑像素点个数来获取光斑尺寸的大小,包括以下步骤:
- [0020] 步骤1):首先采用中值滤波器对CCD相机所拍摄的图片进行处理,消除图片中椒盐噪声的影响;
- [0021] 步骤2):将图片进行归一化(0-1),然后设定合适的阈值将图片进行二值化;
- [0022] 步骤3):求解图片中像素值为1的像素点个数作为光斑区尺寸的大小。
- [0023] 本发明的有点及有益效果是:
- [0024] 本发明提供的一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置及其调节方法,利用CCD相机获取聚焦光斑尺寸图像,通过采用计算图片中光斑像素点个数的多少来估计光斑区域的差异的变化来驱动三维载物台和压电陶瓷协同工作,从而达到激光离焦量在微米尺度下自动调节的目的。该方式能利用CCD相机实时获取图像,实时判断,实时对激光离焦量进行校正,对于保证激光在样品上产生等离子体形貌的一致性具有重要意义。

附图说明:

- [0025] 图1为本发明的结构示意图;
- [0026] 图2为本发明工作状态的结构示意图;
- [0027] 图3为本发明的工作原理示意图。
- [0028] 图中:1.激光笔,2.光束整形系统,3.分束镜,4.CCD相机,5.显微物镜,6.压电陶瓷,7.三维载物台,8.激光能量截止器,9.激光能量衰减器,10.光阑,11.激光器,12.电脑,13.DG645时序控制器,14.光谱仪,15.光纤,16.光谱收集装置,17.波长为 1064nm 的反射镜

具体实施方式

[0029] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述。

[0030] 如图1-2所示,本发明提供的一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置,包括一激光笔1,激光笔1作为本调焦的校准光源。激光笔1发射光束的中心轴上配置了一个光束整形系统2和一块分束镜3,分束镜3与激光笔1的光束夹角为 45° ,分束镜3上下侧设有用于对样品表面形貌进行观察及对样品表面激光笔光斑进行探测的显微成像光学系统,显微成像光学系统的下方设有用于承载样品的三维载物台7,显微成像光学系统和三维载物台7均与控制主机电性连接。

[0031] 显微成像光学系统包括CCD相机4和显微物镜5,分束镜3的上侧且垂直于激光笔1光束中心轴方向设置CCD相机4,分束镜3的下侧且垂直于激光笔光束中心轴方向设置显微物镜5,显微物镜5连接有压电陶瓷6,CCD相机4和压电陶瓷6均与控制主机电性连接。

[0032] CCD相机4和显微物镜5组成显微成像光学系统,一方面对样品表面形貌进行观察,另一方面对样品表面激光笔光斑进行探测。

[0033] 分束镜3将激光笔1的部分光束通过显微物镜5汇聚在样品表面,且通过透射部分聚焦光斑折返光束,减弱CCD相机4所探测到的光斑亮度。

[0034] 压电陶瓷6的工作频率高,响应时间短,可以驱动显微物镜5上下移动,实现激光离焦量快速调节。

[0035] 三维载物台7在调焦量超过压电陶瓷6行程时,能控制样品上下移动,使压电陶瓷6工作在预定的行程范围内。

[0036] 光束整形系统2包括沿激光笔1的光束依次设置的凹面镜和凸透镜,光束整形系统2对激光笔1产生的光路进行调节,使激光笔1产生的光束在样品上聚焦变化率较大处的光斑尺寸与激光束产生稳定等离子体的位置一致。

[0037] 如图2所示,是本发明工作状态的结构示意图。激光器11产生激光,激光光束通过光阑10和能量衰减器9一方面优化激光光束前沿和减弱激光能量。其次,光束在通过光束整形系统22来减小激光束的发散角。光束通过波长为1064nm的反射镜17后通过聚焦物镜5汇聚在样品表面。此外,光谱收集装置16通过光纤15连接在光谱仪上。DG645时序控制器14用于调节激光器出光时间与光谱仪收光时间,使光谱仪能收集到较强的等离子体发射谱线。电脑12用于控制整个系统的运行状态。

[0038] 本发明的工作原理是:激光离焦量自动调节方法采用了一个激光束聚焦模型。如图3所示,在理想情况下,当光束通过透镜时,若汇聚光束与主光轴的夹角为 θ ,则在平行于焦平面且与焦平面相距为 h 处所获的光斑尺寸的面积 S 可以表示为:

$$[0039] \quad S = \pi h^2 \tan^2 \theta \quad (1)$$

[0040] 由(1)式可以看出,光斑的面积与到焦平面呈现二次函数关系,本发明就是利用此特点来实现激光离焦量自动调节。

[0041] 一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置的调节方法,在具体实施前,首先,建立激光离焦量与图片区域亮斑像素点个数的模型,包括以下步骤:

[0042] 步骤1):上下移动三维载物台7,找到红光笔聚焦光斑的最小点,利用相机拍摄 N 张图,并记录此刻的光斑的平均像素点个数, $2 < N < 10$ 。

[0043] 步骤2):将三维载物台7向上每移动 $1\mu\text{m}$,重复步骤1的方法。直至三维载物台7向上移动 $100\mu\text{m}$ 。

[0044] 步骤3):将步骤2所获得的光斑的像素点个数与三维载物台7运行的相对位置利用一条曲线拟合出来,作为此调焦模型。

[0045] 步骤4),寻找激光光束能量稳定点,调节光束整形系统2,使此时的激光笔在样品上的光斑尺寸与聚焦模型在 $50\mu\text{m}$ 处所获得的模型一致。

[0046] 在激光离焦量自动调节的具体实施过程中,包括以下步骤:

[0047] 步骤1):利用CCD相机4采集 N 张图, $2 < N < 10$;

[0048] 步骤2):利用亮斑像素点个数估计光斑尺寸大小的方法,求解这 N 张图片的平均亮

斑的像素点个数；

[0049] 步骤3):利用激光离焦量与图片区域亮斑像素点个数的模型,计算激光离焦量;

[0050] 步骤4):通过驱动三维载物台7和压电陶瓷6进行自动调焦;

[0051] 步骤5):重复以上步骤1、2、3和4,当步骤3所获得的调焦量小于 $1\mu\text{m}$ 时,则表明本次调焦结束。

[0052] 采用CCD相机4捕获的图片区域的亮斑像素点个数,通过亮斑像素点个数来估计CCD相机4所探测的图片亮斑尺寸的大小。

[0053] 采用CCD相机4捕获的图片区域的亮斑像素点个数来估计CCD相机4所探测的图片亮斑尺寸的大小,包括以下步骤:

[0054] 步骤1):首先采用中值滤波器对CCD相机4所拍摄的图片进行处理,消除图片中椒盐噪声的影响;

[0055] 步骤2):将图片进行归一化0-1,然后设定合适的阈值将图片进行二值化;

[0056] 步骤3):求解图片中像素值为1的像素点个数作为光斑区尺寸的大小。

[0057] 本发明提供的一种在微米尺度下激光离焦量自动调节装置及其调节方法,利用CCD相机获取聚焦光斑尺寸图像,通过采用计算图片中光斑像素点个数的多少来估计光斑区域的差异的变化来驱动三维载物台和压电陶瓷协同工作,从而达到激光离焦量在微米尺度下自动调节的目的。该方式能利用CCD相机实时获取图像,实时判断,实时对激光离焦量进行校正,对于保证激光在样品上产生等离子体形貌的一致性具有重要意义。

[0058] 以上所述仅为本发明的实施方式,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进、扩展等,均包含在本发明的保护范围内。

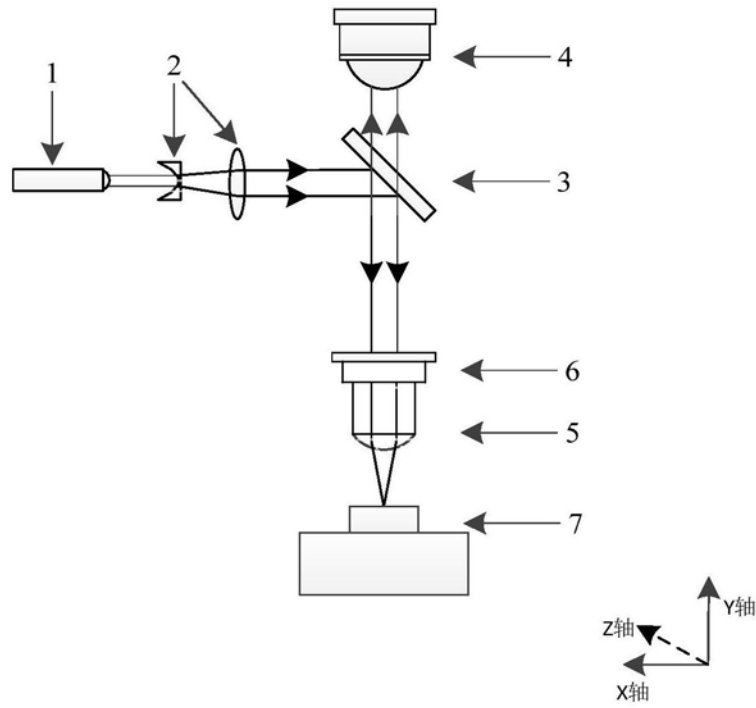


图1

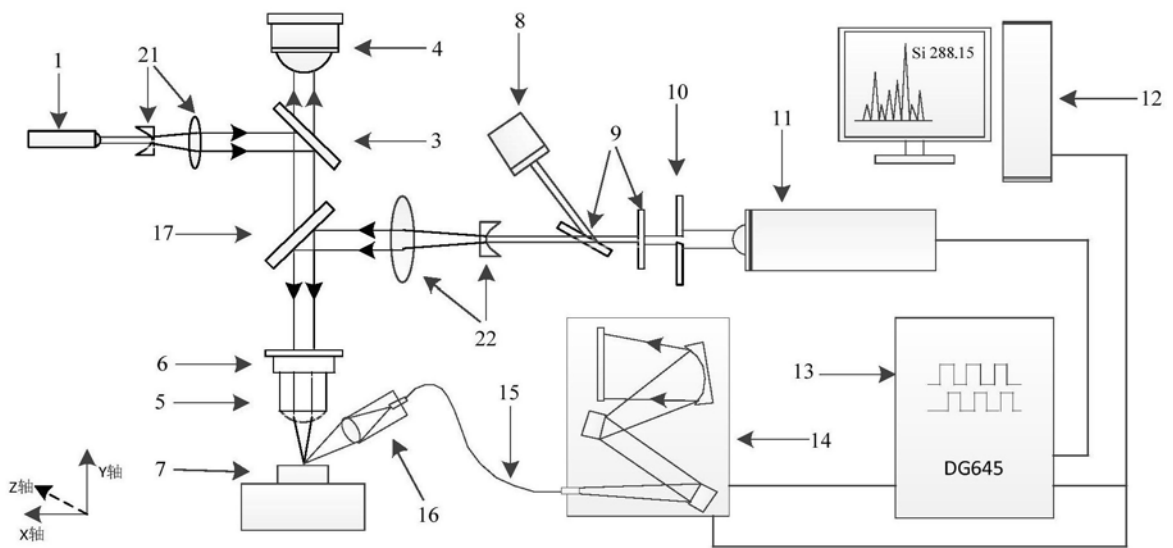


图2

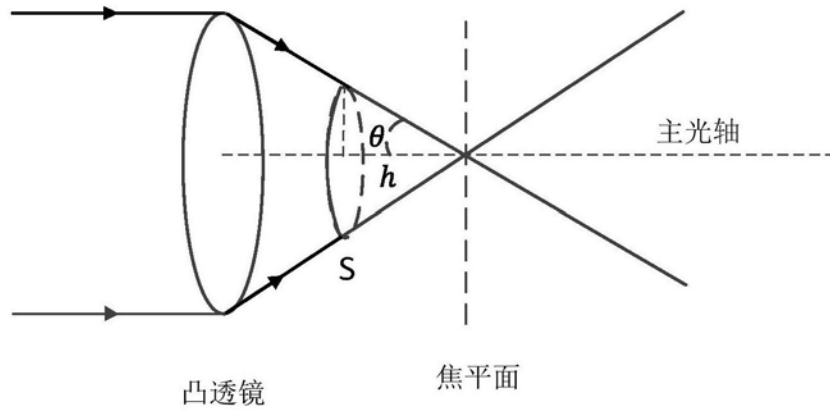


图3