



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104374695 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 25

(21) 申请号 201310354583. 3

(22) 申请日 2013. 08. 14

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114 号

(72) 发明人 孙兰香 辛勇 丛智博 齐立峰
李洋

(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 许宗富

(51) Int. Cl.

G01N 21/01(2006. 01)

G01N 21/63(2006. 01)

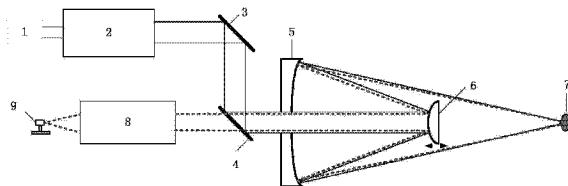
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统和方法，激光初级扩束系统同轴设置于激光发生装置的出射方向；反射系统设置于激光初级扩束系统的激光出射方向；望远系统在反射系统的激光出射方向一侧同轴设置；光纤耦合系统在反射系统的另一侧，与望远系统同轴设置，并在光纤耦合系统的会聚焦点处设置光纤。本发明能使激光在不同的距离下聚焦，并且使得聚焦光斑小于 1mm，保证其在被测物的表面能激发出高温、高密度的等离子体，同时保证聚焦光路和收集光路同轴，用最少的调整量来控制在不同距离下的聚焦和收集的优化，还需保证在不同的距离下都能将宽波段的光谱信号耦合到光纤芯径中。



1. 一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统, 其特征在于 :

激光初级扩束系统(2)同轴设置于激光发生装置(1)的出射方向, 用于对激光进行扩束;

反射系统设置于激光初级扩束系统(2)的激光出射方向, 用于将激光导入望远系统中, 并将等离子体(7)导入光纤耦合系统(8);

望远系统同轴设置于反射系统的激光出射方向一侧, 用于对激光进行扩束聚焦, 并收集激光聚焦到被测物表面产生的等离子体(7);

光纤耦合系统(8)在反射系统的另一侧, 与望远系统同轴设置, 并在光纤耦合系统(8)的聚焦焦点处设置光纤(9)。

2. 根据权利要求 1 所述的用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统, 其特征在于 : 所述激光初级扩束系统(2)包括依次同轴设置的第一双凹负透镜(10)、第一弯月透镜(11)和第一双凸正透镜(12), 所述第一双凸正透镜(12)的出射激光与光轴平行。

3. 根据权利要求 1 所述的用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统, 其特征在于 : 所述反射系统包括与激光初级扩束系统(2)的光轴成 45 度角设置的反射镜(3)和二向色镜(4);

所述反射镜(3)和二向色镜(4)的中心分别与激光初级扩束系统(2)和望远系统同轴, 且中心连线垂直于初级扩束系统(2)的光轴。

4. 根据权利要求 1 或 3 所述的用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统, 其特征在于 : 所述望远系统包括在二向色镜(4)的激光出射方向依次同轴设置的主镜(5)和副镜(6)。

5. 根据权利要求 4 所述的用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统, 其特征在于 : 所述主镜(5)为凹球面镜, 且中心开孔; 所述副镜(6)为可在光轴方向移动的凸非球面镜。

6. 根据权利要求 1 所述的用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统, 其特征在于 : 所述光纤耦合系统包括在通过二向色镜(4)的等离子体(7)的出射方向依次同轴设置的第二双凸正透镜(13)、第二双凹负透镜(14)、第三双凸正透镜(15)和第二弯月透镜(16)。

7. 一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集方法, 其特征在于 :

激光发生装置(1)发出激光光束, 激光初级扩束系统(2)接收并将激光光束进行第一次扩束后, 经过反射镜(3)和二向色镜(4)的反射, 并通过主镜(5)的中心孔照射到副镜(6);

激光光束经副镜(6)扩束后反射到主镜(5)上再次反射, 通过主镜(5)反射的激光光束聚焦, 产生等离子体(7);

等离子体(7)经主镜(5)收集后, 反射到副镜(6)再次反射, 并通过二向色镜(4)后传输到光纤耦合系统(8);

等离子体(7)通过光纤耦合系统(8)后耦合到光纤(9)中, 光纤(9)将等离子体(7)传输到光谱仪中进行分光探测, 得到含被测物组分含量信息的光谱图。

一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光学设计领域,特别是一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统和方法。

背景技术

[0002] 激光诱导击穿光谱技术,简称 LIBS 技术,其基本原理是一束高能量的激光经透镜聚焦后产生高温、高密度的等离子体,通过分析等离子体光谱中的特征谱线来检测样品的组分含量,由于其具有无需样品制备、可同时测量多种元素、可测固、液、气以及非接触式、快速测量等优点,非常适合于在线、实时、非接触式分析,现已广泛应用于冶金、环境、考古、深海、太空等各行各业。

[0003] 目前 LIBS 技术的发展已由近距离测量逐渐发展到远程测量,如在高温、高辐射的危险环境、悬崖峭壁、太空深海等人无法到达的环境下就需要利用 LIBS 技术进行远距离测量,而且随着被测物的变化,测量距离也相应的变化,目前的 LIBS 系统或者是不能同时在不同距离聚焦收集,不能满足在不同距离下的分析测量;或者是聚焦系统和收集系统是分离的,这样的光学系统不够紧凑,不容易调节,所以目前的 LIBS 系统不适合 LIBS 应用于未知远距离下的分析测量。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供一种能使激光在不同的距离下聚焦,并且使得聚焦光斑小于 1mm,保证其在被测物的表面能激发出高温、高密度的等离子体,同时保证聚焦光路和收集光路同轴,用最少的调整量来控制在不同距离下的聚焦和收集的优化,还需保证在不同的距离下都能将宽波段的光谱信号聚焦到光纤芯径中的望远聚焦收集系统和方法。

[0005] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统,激光初级扩束系统 2 同轴设置于激光发生装置 1 的出射方向,用于对激光进行扩束;反射系统设置于激光初级扩束系统 2 的激光出射方向,用于将激光导入望远系统中,并将等离子体 7 导入光纤耦合系统 8;望远系统同轴设置于反射系统的激光出射方向一侧,用于对激光进行扩束聚焦,并收集激光聚焦到被测物表面产生的等离子体 7;光纤耦合系统 8 在反射系统的另一侧,与望远系统同轴设置,并在光纤耦合系统 8 的聚焦焦点处设置光纤 9。

[0006] 所述激光初级扩束系统 2 包括依次同轴设置的第一双凹负透镜 10、第一弯月透镜 11 和第一双凸正透镜 12,所述第一双凸正透镜 12 的出射激光与光轴平行。

[0007] 所述反射系统包括与激光初级扩束系统 2 的光轴成 45 度角设置的反射镜 3 和二向色镜 4;

[0008] 所述反射镜 3 和二向色镜 4 的中心分别与激光初级扩束系统 2 和望远系统同轴,且中心连线垂直于初级扩束系统 2 的光轴。

[0009] 所述望远系统包括在二向色镜 4 的激光出射方向依次同轴设置的主镜 5 和副镜 6。
[0010] 所述主镜 5 为凹球面镜,且中心开孔;所述副镜 6 为可在光轴方向移动的凸非球面镜。

[0011] 所述光纤耦合系统包括在通过二向色镜 4 的等离子体 7 的出射方向依次同轴设置的第二双凸正透镜 13、第二双凹负透镜 14、第三双凸正透镜 15 和第二弯月透镜 16。

[0012] 一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集方法,激光发生装置 1 发出激光光束,激光初级扩束系统 2 接收并将激光光束进行第一次扩束后,经过反射镜 3 和二向色镜 4 的反射,并通过主镜 5 的中心孔照射到副镜 6;激光光束经副镜 6 扩束后反射到主镜 5 上再次反射,通过主镜 5 反射的激光光束聚焦,产生等离子体 7;等离子体 7 经主镜 5 收集后,反射到副镜 6 再次反射,并通过二向色镜 4 后传输到光纤耦合系统 8;等离子体 7 通过光纤耦合系统 8 后耦合到光纤 9 中,光纤 9 将等离子体 7 传输到光谱仪中进行分光探测,得到含被测物组分含量信息的光谱图。

[0013] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0014] 1. 可在不同距离下对激光进行聚焦,且聚焦光斑小于 1mm,保证了在被测物表面能激发出高温、高密度的等离子体;

[0015] 2. 聚焦光路和收集光路为同轴结构,使得系统更加紧凑、更加容易调节;

[0016] 3. 望远系统即作为激光聚焦系统的一部分,又作为光谱信号收集系统的一部分,保证了只需移动副镜即可实现激光聚焦和光谱信号收集在不同距离下能同时优化,大大缩短了优化时间;

[0017] 4. 在不同距离下能将宽波段的信号光都耦合到光纤芯径中。

附图说明

[0018] 图 1 是本发明的总体结构示意图;

[0019] 图 2 是本发明的激光初级扩束系统的光学结构示意图;

[0020] 图 3 是本发明的收集系统的光学结构示意图;

[0021] 图 4 是激光经本系统后在 5m 处聚焦的几何弥散斑示意图;

[0022] 图 5 是 5m 外的光谱信号经本系统收集聚焦的几何弥散斑示意图;

[0023] 其中,1 为激光发生装置,2 为激光初级扩束系统,3 为反射镜,4 为二向色镜,5 为主镜,6 为副镜,7 为等离子体,8 为光纤耦合系统,9 为光纤,10 为第一双凹负透镜,11 为第一弯月透镜,12 为第一双凸正透镜,13 为第二双凸正透镜,14 为第二双凹负透镜,15 为第三双凸正透镜,16 为第二弯月透镜。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0025] 如图 1 所示为本发明的总体结构示意图,本发明提供一种用于 LIBS 远程探测的望远聚焦收集系统,其中:激光发生装置 1 发出激光光束,激光初级扩束系统 2 接收并将激光光束进行第一次扩束后,经过反射镜 3 和二向色镜 4 的反射,并通过主镜 5 的中心孔照射到副镜 6;

[0026] 激光光束经副镜 6 扩束后反射到主镜 5 上再次反射,通过主镜 5 反射的激光光

束聚焦,产生等离子体 7;

[0027] 等离子体 7 传输到经主镜 5 收集后,反射到副镜 6 再次反射,并通过二向色镜 4 后传输到收集光纤耦合系统 8;

[0028] 等离子体 7 通过收集光纤耦合系统 8 后聚焦耦合到光纤 9 中,光纤 9 将等离子体 7 传输到通过光谱仪中进行分光处理分析探测,最后得到了含被测物组分含量信息的光谱图。

[0029] 望远系统即作为激光聚焦系统的一部分又作为等离子体光谱信号收集系统的一部分,加上二向色镜 4 的配合保证了激光聚焦光路和等离子体光谱信号收集光路为同轴结构。保证了只需移动副镜 6 即可实现激光聚焦和等离子体光谱信号收集在不同距离下能同时优化。

[0030] 光纤耦合系统 8 能够降低其系统中的球差和色差,保证在不同的距离下都能将宽波段的等离子体光谱信号耦合到光纤芯径中。

[0031] 如图 2 所示为本发明的激光初级扩束系统的结构示意图,包括依次同轴设置第一双凹负透镜 10、第一弯月透镜 11 和第一双凸正透镜 12,使第一双凸正透镜 2 的出射激光与光轴平行。

[0032] 激光经透镜 10 扩散后,再经透镜 11 和 12 进行准直,镜片都镀增透膜,注意镜片的摆放位置,防止鬼点打坏镜片。

[0033] 如图 3 所示为本发明的光纤耦合系统的结构示意图,包括在二向色镜的等离子体光谱信号出射方向依次同轴设置的第二双凸正透镜 13、第二双凹负透镜 14、第三双凸正透镜 15 和第二弯月透镜 16。

[0034] 宽波段的等离子体光谱信号经透镜聚焦会产生各种像差,如球差、色差等,设计中采用多组镜片以及采用不同的材料来消减各种像差。

[0035] 以激光(1064nm,光斑直径 8mm)经望远聚焦收集光学系统后在 5m 处聚焦收集为例,其具体实施方式如下:

[0036] 首先激光照射到激光初级扩束系统后,出射后光斑变为 27mm,经反射镜 3 将激光折到二向色镜 4 上,二向色镜 4 将激光反射到望远系统中的副镜 6 上,激光经副镜 6 扩束反射到主镜 5 上,此时激光光斑变为 120mm,当主镜 5 和副镜 6 的间距为 112.03mm 时,主镜 5 将激光聚焦到 5m 远处的位置,此时激光聚焦产生等离子体 7,聚焦光斑为 324um。

[0037] 聚焦产生的等离子体光谱信号 7 经望远系统主镜 5 收集,然后反射到副镜 6,经副镜 6 反射出近似平行光的信号光,然后透过二向色镜 4 将光谱信号传输到光纤耦合系统 8 中,经光纤耦合系统 8 将光谱信号耦合到光纤中,此时宽波段的光谱信号聚焦光斑为 312um,绝大部分能量都能耦合到光纤 9 (芯径 600um) 中。

[0038] 其用光学设计软件模拟成像质量如下:

[0039] 如图 4 所示为激光经本系统后在 5m 处聚焦的几何弥散斑示意图,望远聚焦收集光学系统在 5m 处激光(1064nm)聚焦的几何弥散斑,其 RMS 半径为 324um,满足了激光聚焦光斑小于 1mm 的要求,从而保证了激光在 5m 远的被测物表面激发出高温、高密度的等离子体。

[0040] 如图 5 所示为 5m 外的光谱信号经本系统收集聚焦的几何弥散斑示意图,望远聚焦收集光学系统在 5m 处光谱信号(250nm~900nm)收集聚焦的几何弥散斑,其 RMS 半径为 312um,保证了绝大部分能量都能耦合到光纤 9 (芯径 600um) 中

[0041] 本发明的望远聚焦收集光学系统非常适合于 LIBS 远程探测的需求,利用该望远聚焦收集光学系统,可以得到很好的聚焦效果,极大地提高了激光焦点处的能量密度,保证焦点处能激发出高温、高密度的等离子体,而且由于该望远聚焦收集光学系统中的主镜和副镜之间的间距可以调节,所以可以根据需要灵活地改变激光聚焦位置,同时该望远聚焦收集光学系统保证了聚焦光路和收集光路为同轴结构,只需改变副镜的位置,即可同时在不同距离下对聚焦和收集进行优化,大大缩短了优化时间,而且可以在不同距离下将宽波段的光谱信号都耦合到光纤芯径中,所以该发明非常适合用于 LIBS 应用于未知远距离下的分析测量。

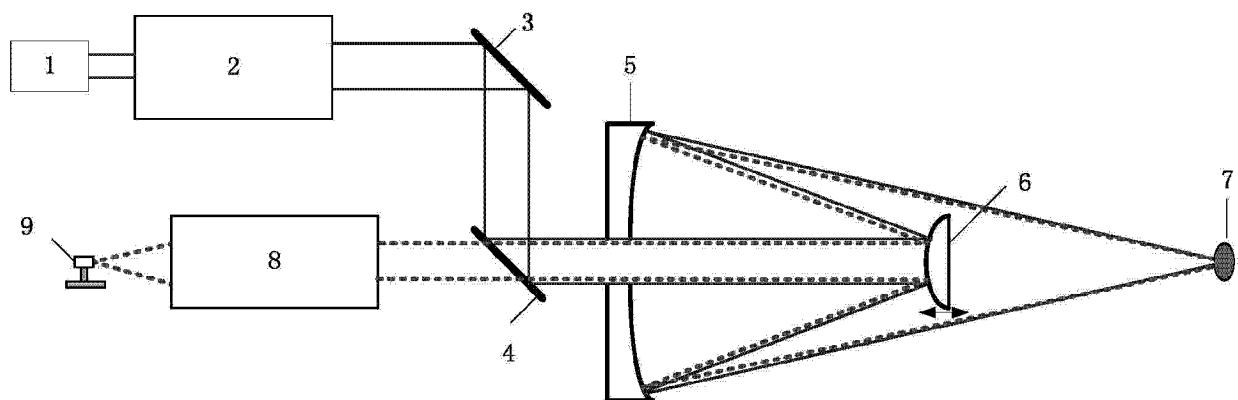


图 1

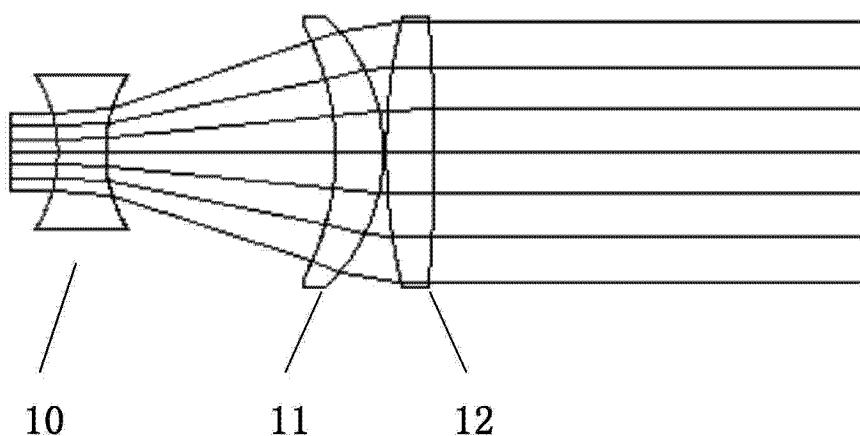


图 2

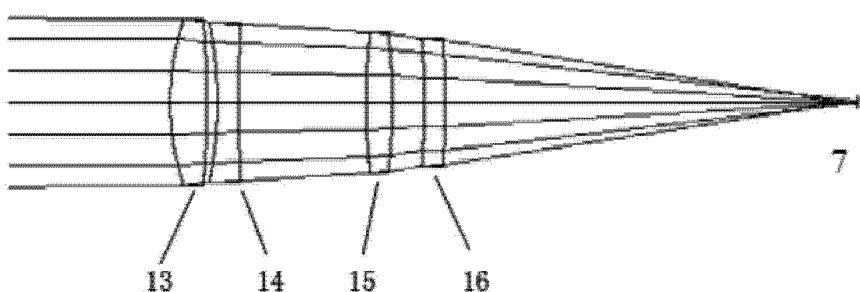


图 3

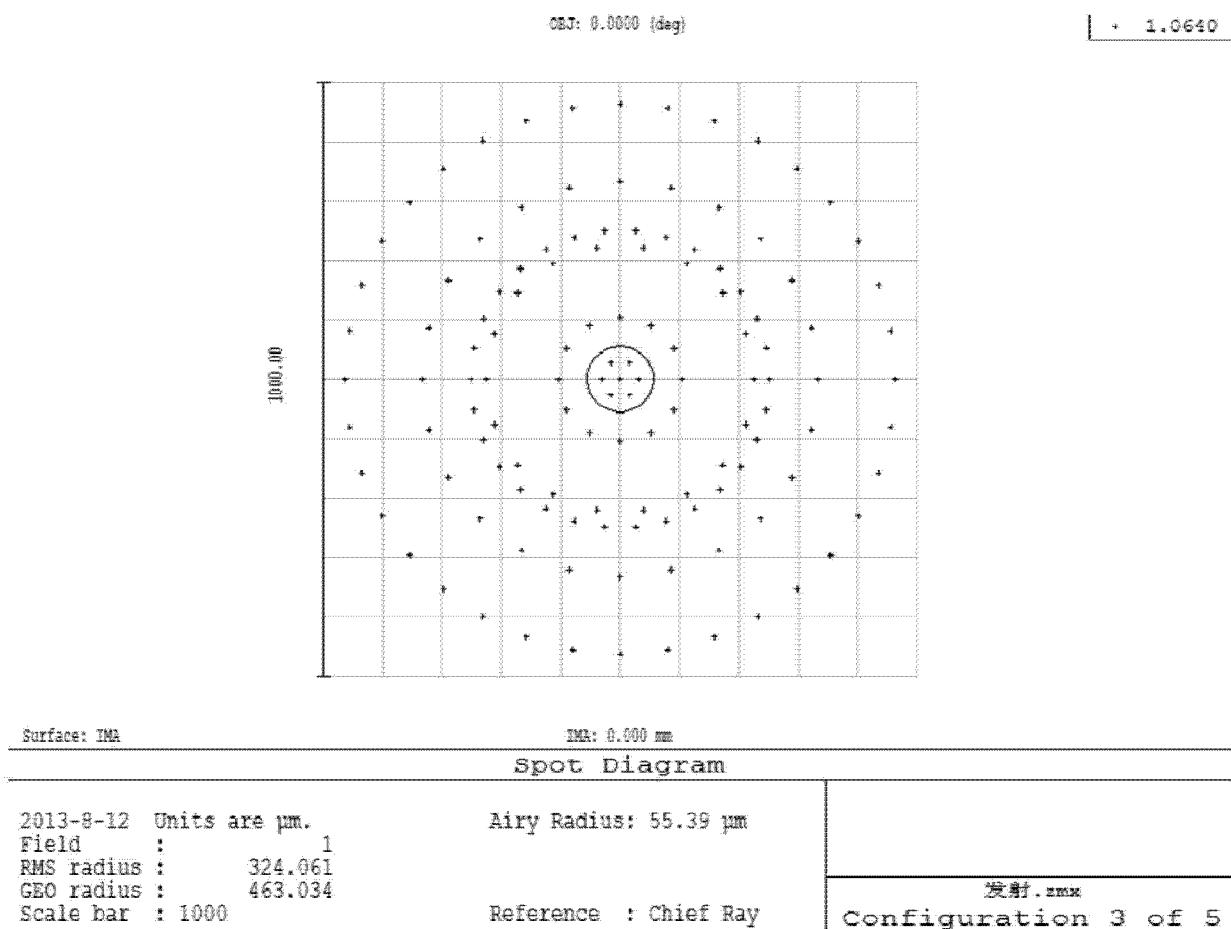


图 4

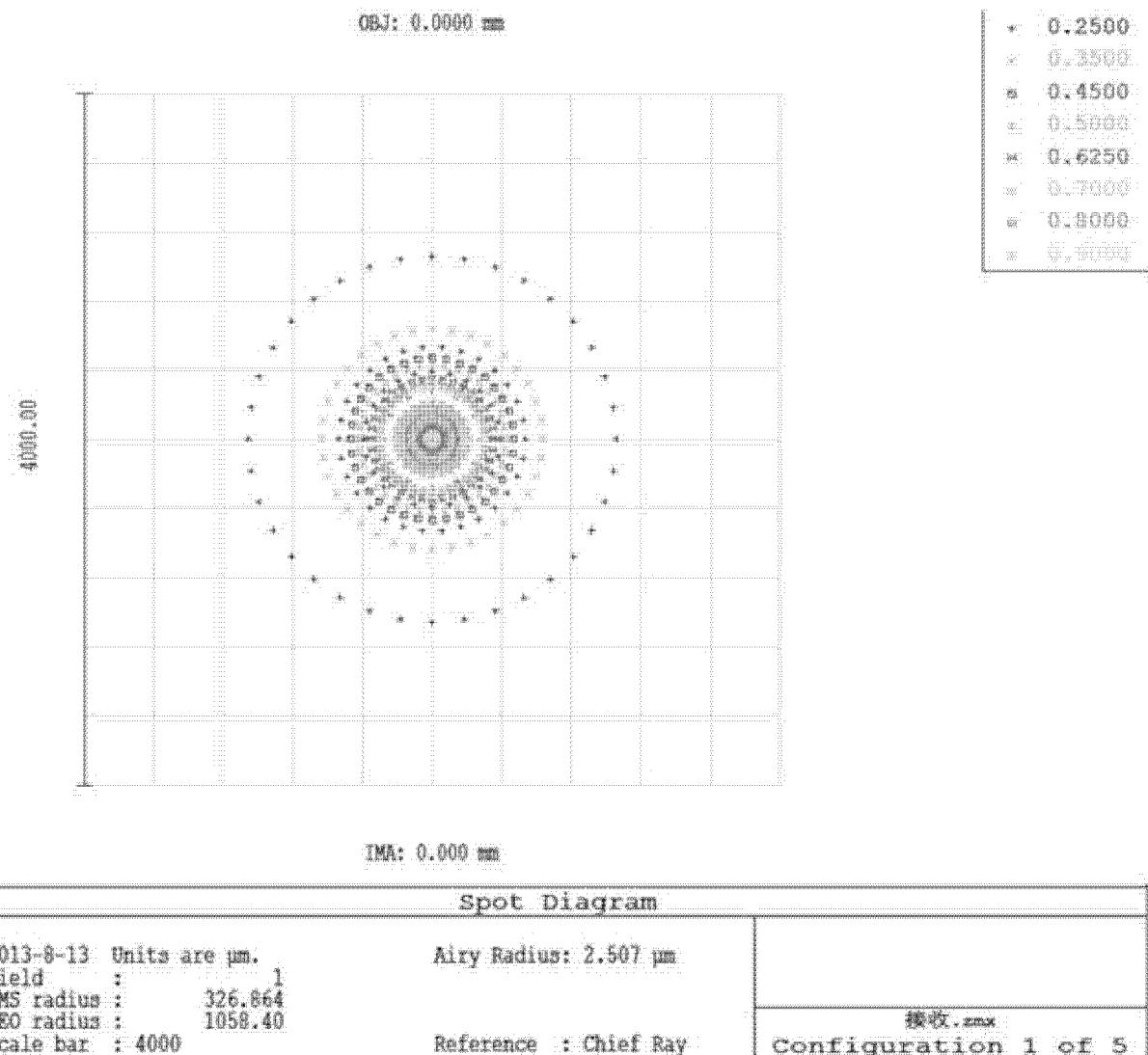


图 5