



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109458957 A

(43)申请公布日 2019.03.12

(21)申请号 201811608656.6

(22)申请日 2018.12.27

(71)申请人 中国电子科技集团公司第三十四研究所

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星区六合路98号

(72)发明人 吴国锋 赵灏 覃波 刘志强
童章伟 阳华 张昕 鲁正

(74)专利代理机构 桂林市持衡专利商标事务所有限公司 45107

代理人 欧阳波

(51)Int.Cl.

G01B 11/26(2006.01)

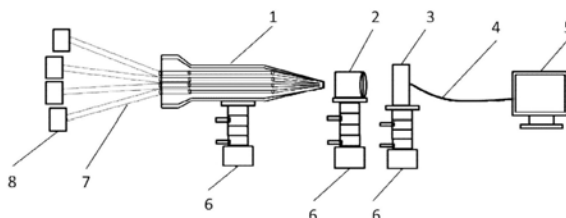
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法

(57)摘要

本发明为一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法,本方法的平行度测试系统中待测的阵列光纤光镊,准直透镜及CCD光电探头分别安装于3个相互独立的五维微调架上,可见激光源与阵列光纤光镊的各尾纤耦合,CCD光电探头的图像输出数据线接入计算机。调节各微调架,使阵列光纤光镊、准直透镜及CCD光电探头同轴。调节阵列光纤光镊与准直透镜焦点之间的距离,使阵列光纤光镊各光纤输出光束经过准直透镜后均落在CCD光电探头的显示屏上,根据各光斑中心与CCD光电探头的显示屏中心的距离计算光纤之间芯间平行度。本法所用平行度测试系统,结构紧凑,使用方便,以可见激光输入,调节可视和简化;平行度测试方法简单,可直接送入计算机。



1. 一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法,使用包括CCD光电探头(3)、准直透镜(2)的平行度测试系统,该系统的光学平台上有3个相互独立的五维微调架(6),其上分别安装待测的阵列光纤光镊(1),准直透镜(2)及CCD光电探头(3),可见激光源(8)与阵列光纤光镊(1)的各光纤输入尾纤(7)耦合,CCD光电探头(3)的图像输出数据线(4)接入计算机(5);所述五维微调架(6)包括x、y、z三向和俯仰角、水平角的微调机构;其特征在于:

所述待测的阵列光纤光镊(1)为拉锥成形的4芯 2×2 阵列光纤光镊(1),所述阵列光纤光镊(1)的锥角为 $30^\circ \sim 45^\circ$;

所述准直透镜(2)为平凸棒透镜,所述平凸棒透镜的空间口径大于阵列光纤光镊(1)主体直径,平凸棒透镜的数值孔径大于阵列光纤光镊(1)中单根光纤的数值孔径;所述准直透镜(2)的球面端与CCD光电探头(3)相对,其平面端与阵列光纤光镊(1)相对。

2. 根据权利要求1所述的阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法,其特征在于:

所述CCD光电探头(3)的显示屏像素大于等于24万。

3. 根据权利要求1至2中任一项所述的阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法,其特征在于包括如下主要步骤:

I、阵列光纤光镊1输出端面处理

用宝石刀切割阵列光纤光镊(1)输出端面,该端面平整,且端面与阵列光纤光镊(1)中心线垂直;

II、平行度测试系统的调节

II-1、阵列光纤光镊(1),准直透镜(2)及CCD光电探头(3)共轴;

调节阵列光纤光镊(1)的五维微调架(6),使阵列光纤光镊(1)的输出端面处于准直透镜(2)的焦点位置,阵列光纤光镊(1)的4根尾纤(7)均与可见激光源(8)耦合,阵列光纤光镊(1)各光纤的4束发散光经准直透镜(2)准直、输出可视的一束平行光,调节准直透镜(2)和/或阵列光纤光镊(1)使阵列光纤光镊(1)经准直透镜(2)输出的平行光束与准直透镜(1)、阵列光纤光镊(1)共轴;

再调节CCD光电探头(3)的位置,使阵列光纤光镊(1)输出的平行光束在CCD光电探头(3)显示屏上产生的光斑(9)处于显示屏中心位置;

II-2、CCD光电探头(3)显示屏上的待测的阵列光纤光镊(1)各光纤光斑(9)的调节

调节安装了阵列光纤光镊(1)的五维微调架(6)的轴向,调节阵列光纤光镊(1)的输出端面与准直透镜(2)尾端平面之间的距离为 $10 \sim 100 \mu\text{m}$;

阵列光纤光镊(1)的输出端面离开了准直透镜(2)的焦点,阵列光纤光镊(1)各光纤输出的发散光经准直透镜(2)后仍为4束发散光,调节阵列光纤光镊(1)的输出端面与准直透镜(2)尾端平面之间的距离,至阵列光纤光镊(1)各光纤的光斑(9)均清晰地出现在CCD光电探头(3)的显示屏上出现;

III、阵列光纤光镊(1)光纤芯间平行度测试

待测的阵列光纤光镊(1)各光纤出射光束在CCD光电探头(3)的显示屏上形成光斑(9),各光斑(9)中心与CCD光电探头(3)的显示屏中心的距离分别为 d_1, d_2, d_3, d_4 ;

计算各光纤光斑(9)中心与CCD光电探头(3)的显示屏中心的距离的均方根 d_{RMS} 值:

$$d_{RMS} = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2}{4}}$$

d_i 为 d_1, d_2, d_3, d_4 中的一个,且 d_i 与 d_{RMS} 的差值的绝对值最大,单位为弧度的平行度 θ_{II} 计算式如下:

$$\theta_{II} = \frac{|d_{RMS} - d_i|}{d_{RMS}} \quad \circ$$

4. 根据权利要求3所述的阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法,其特征在于:

所述步骤I中待测的阵列光纤光镊(1)输出端面处理后,所述阵列光纤光镊(1)输出端面与阵列光纤光镊(1)中心线的垂直度小于等于1度。

一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种阵列光纤光镊的检测方法,具体涉及一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法。

背景技术

[0002] 由于传统光镊具有体积大、工作距离短,不易实现多光镊操作等缺点,使其难以得到更广泛的应用。光纤光镊克服了上述缺点并以结构简单,价格便宜,传输光路柔性强及捕获范围大等优点,越来越受到人们的广泛重视。光纤光镊系统是利用经处理的光纤端面出射的激光束来实现对粒子的微操纵。与基于显微镜的光镊系统相比,光纤形成的光阱操纵灵活,能够自由移动被捕获的生物样品。微操纵系统简单适用,光纤可以深入到样品池中形成光阱,大大提高了光阱捕陷范围。捕陷光学系统从观察光学系统中分离出来,使得在系统中添加激光束计量和光谱仪等测量设备有了较大的自由度。光纤光镊的激光输入端与带尾纤的半导体二极管激光器进行光纤活动连接,无需外部光学系统,结构特别简单。另外,半导体二极管激光器可以快速开关和调制,可满足激光多种微操纵实验研究的需要。

[0003] 目前已出现的单光纤光镊,只能对一个微粒进行操控,而需要同时对多个微粒进行操控时,必须采用阵列型光纤光镊。在生物及医学研究中,许多情况下需要同时对多个细胞微粒进行操控,故研制参数优化的阵列型光纤光镊有着现实的必要性。

[0004] 通过光纤熔融拉锥(FBT-Fused Biconical Taper)工艺拉制的阵列光纤光镊,石英管完美地约束光纤束,拉锥后得到阵列光纤光镊的光纤紧密排列,各光纤的锥角一致,相对于阵列光纤光镊中心线对称,效率和质量显著提高。熔融拉锥阵列光纤光镊的主要技术指标为插入损耗指标、插损均匀性指标,以及阵列光纤光镊中各个光纤的芯间平行度。但目前尚未见对阵列光纤光镊各个光纤之间的芯间平行度进行测试的适用方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法,使用包括CCD光电探头、准直透镜的平行度测试系统,待测的阵列光纤光镊,准直透镜及CCD光电探头分别安装于3个相互独立的五维微调架上,可见激光源与阵列光纤光镊的各光纤输入尾纤耦合,CCD光电探头的图像输出数据线接入计算机。调节各微调架,使所述阵列光纤光镊、准直透镜及CCD光电探头同轴。调节阵列光纤光镊与准直透镜焦点之间的距离,使阵列光纤光镊各光纤输出光束经过准直透镜后均落在CCD光电探头的显示屏上,根据各光斑中心与CCD光电探头的显示屏中心的距离计算光纤之间芯间平行度。

[0006] 本发明设计的一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法,使用包括CCD光电探头、准直透镜的平行度测试系统,该系统的光学平台上有3个相互独立的五维微调架,其上分别安装待测的阵列光纤光镊,准直透镜及CCD光电探头,可见激光源与阵列光纤光镊的各光纤输入尾纤耦合,CCD光电探头的图像输出数据线接入计算机。所述五维微调架包括x、y、z三向和俯仰角、水平角的微调机构,即可手动调节其上安装的部件的五维位置。

[0007] 本发明所检测的阵列光纤光镊为拉锥成形的4芯2×2阵列光纤光镊,所述阵列光纤光镊的锥角为30°~45°。

[0008] 所述准直透镜为平凸棒透镜,所述平凸棒透镜的空间口径大于阵列光纤光镊主体直径,平凸棒透镜的数值孔径大于阵列光纤光镊中单根光纤的数值孔径。所述准直透镜的球面端与CCD光电探头相对,其平面端与阵列光纤光镊相对。

[0009] 所述CCD光电探头的显示屏像素大于等于24万。

[0010] 本发明的一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法包括如下主要步骤:

[0011] I、阵列光纤光镊输出端面处理

[0012] 用宝石刀切割待测的阵列光纤光镊输出端面,该端面平整,且端面与待测的阵列光纤光镊中心线垂直;

[0013] 阵列光纤光镊输出端面与阵列光纤光镊中心线的垂直度小于等于1度;

[0014] II、平行度测试系统的调节

[0015] II-1、待测的阵列光纤光镊,准直透镜及CCD光电探头共轴。

[0016] 调节阵列光纤光镊的五维微调架,使阵列光纤光镊的输出端面处于准直透镜的焦点位置,阵列光纤光镊的4根尾纤均与可见激光源耦合,阵列光纤光镊的与中心线成锥角各光纤输出4束发散光经准直透镜准直输出可见的一束平行光,阵列光纤光镊的输出端面正处于准直透镜的焦点位置时,该束平行光的发散角最小,视为平行光。

[0017] 调节准直透镜和/或阵列光纤光镊的五维微调架,使阵列光纤光镊经准直透镜输出的平行光束与准直透镜、阵列光纤光镊共轴;

[0018] 再调节CCD光电探头的位置,使阵列光纤光镊输出的平行光束在CCD光电探头显示屏上产生的光斑处于显示屏中心位置;

[0019] II-2、CCD光电探头显示屏上的待测的阵列光纤光镊各光纤光斑的调节调节待测的阵列光纤光镊的五维微调架的轴向(z向),使阵列光纤光镊的输出端面与准直透镜焦点之间的距离为10~100μm。

[0020] 待测的阵列光纤光镊的输出端面离开了准直透镜的焦点,阵列光纤光镊各光纤输出的发散光经准直透镜后仍为4束发散光,调节阵列光纤光镊的输出端面与准直透镜之间的距离,至阵列光纤光镊各光纤的4个光斑分开且清晰地在CCD光电探头的显示屏上出现。

[0021] 虽然阵列光纤光镊的石英管和其内光纤拉成锥形后,在锥形区有部分光漏出光纤,本发明的待测的阵列光纤光镊的锥角仅为30°~45°,漏泄较小,激光的大部分能量由阵列光纤光镊锥角的输出端面出射形成阵列光纤光镊所需的光锥点。

[0022] III、阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试

[0023] 待测的阵列光纤光镊各光纤出射光束在CCD光电探头的显示屏上形成光斑,各光斑中心与CCD光电探头的显示屏中心的距离分别为 d_1, d_2, d_3, d_4 。

[0024] 计算各光纤光斑中心与CCD光电探头的显示屏中心的距离的均方根 d_{RMS} 值:

$$[0025] \quad d_{RMS} = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2}{4}}$$

[0026] d_i 为 d_1, d_2, d_3, d_4 中的一个,且 d_i 与 d_{RMS} 的差值的绝对值最大,单位为弧度的平行度 θ_{II} 计算式如下:

$$[0027] \quad \theta_{II} = \frac{|d_{RMS} - d_i|}{d_{RMS}}$$

[0028] 与现有技术相比,本发明一种阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法的优点为:1、采用现有的平行度测试系统,结构紧凑,使用方便,以可见激光输入,使系统同轴调节可视和简化;2、阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法简单,且其CCD光电探头的图像输出数据线直接送入计算机,实时得到计算平行度结果。

附图说明

[0029] 图1为本阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法实施例的平行度测试系统示意图;

[0030] 图2为本阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法实施例的各光纤输出光束的光路图;

[0031] 图3为本阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法实施例的各光纤输出光束在CCD光电探头的显示屏上形成的光斑示意图。

[0032] 图中标号为:

[0033] 1、阵列光纤光镊,2、准直透镜,3、CCD光电探头,4、数据线,5、计算机,6、五维微调架,7、尾纤,8、可见激光源,9、各光纤输出光束在CCD光电探头的显示屏上形成的光斑。

具体实施方式

[0034] 本阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法实施例所使用的平行度测试系统如图1所示,包括CCD光电探头3、准直透镜2、3个相互独立的五维微调架6、可见激光源8,阵列光纤光镊1的各光纤输入尾纤7经测试光纤与可见激光源8耦合,CCD光电探头3的输出图像的数据线4接入计算机5。

[0035] 本例所检测的阵列光纤光镊为拉锥成形的4芯 2×2 阵列光纤光镊,所述阵列光纤光镊的锥角为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

[0036] 本例准直透镜为平凸棒透镜,所述平凸棒透镜的空间口径大于阵列光纤光镊1主体直径,平凸棒透镜的数值孔径大于阵列光纤光镊1中单根光纤的数值孔径。

[0037] 本例五维微调架6包括x、y、z三向和俯仰角、水平角的微调机构,即可手动调节其上安装的部件的五维位置。

[0038] 本例CCD光电探头的显示屏像素为24万。

[0039] 本例可见激光源采用输出为红色激光束的半导体激光器。

[0040] 本阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法实施例包括如下主要步骤:

[0041] I、阵列光纤光镊输出端面处理

[0042] 用宝石刀切割阵列光纤光镊输出端面,该端面平整,且端面与阵列光纤光镊中心线垂直;

[0043] 阵列光纤光镊输出端面与阵列光纤光镊中心线的垂直度小于等于1度;

[0044] II、平行度测试系统的调节

[0045] II-1、待测的阵列光纤光镊1,准直透镜2及CCD光电探头3共轴

[0046] 待测的阵列光纤光镊1中的任一根光纤的尾纤7连接可见激光源8,根据其在各部

件上产生的可见光斑位置,手动调节光学平台上的3个相互独立的五维微调架6,使阵列光纤光镊1,准直透镜2及CCD光电探头3的中心线处于同一水平直线;

[0047] 调节待测的阵列光纤光镊1的五维微调架,使阵列光纤光镊1的输出端面处于准直透镜2的焦点位置,阵列光纤光镊1的4根尾纤7均与可见激光源8耦合,阵列光纤光镊1中与中心线成锥角的各光纤输出4束发散光经准直透镜2准直、输出可视的一束平行光。

[0048] 调节准直透镜2和阵列光纤光镊1的五维微调架6,使阵列光纤光镊1经准直透镜2输出的平行光束与准直透镜2、阵列光纤光镊1共轴,此时即准直透镜2和阵列光纤光镊2共轴;

[0049] 再调节CCD光电探头3的位置,使阵列光纤光镊1输出的平行光束在CCD光电探头3显示屏上产生的光斑处于显示屏中心位置。

[0050] II-2、CCD光电探头显示屏上的待测的阵列光纤光镊各光纤光斑的调节调节安装了待测的阵列光纤光镊1的五维微调架6,调节阵列光纤光镊1的输出端面与准直透镜2尾端平面之间的距离为10~100 μm 。

[0051] 待测的阵列光纤光镊1的输出端面离开了准直透镜2的焦点,阵列光纤光镊各光纤输出的发散光经准直透镜后仍为4束发散光,如图2所示。继续调节阵列光纤光镊1的输出端面与准直透镜2尾端平面之间的距离,调节CCD光电探头3的俯仰角、水平角,至阵列光纤光镊1各光纤的光斑均清晰地出现在CCD光电探头3的显示屏上,且分布于CCD光电探头3的显示屏中心的四周,如图3所示。

[0052] III、阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试

[0053] 阵列光纤光镊1各光纤出射光束在CCD光电探头3的显示屏上形成光斑9,各光斑9中心与CCD光电探头3的显示屏中心(即显示屏上的十字线的交叉点)距离分别为 d_1, d_2, d_3, d_4 。

[0054] 计算各光纤光斑9中心与CCD光电探头的显示屏中心的距离的均方根 d_{RMS} 值:

$$[0055] \quad d_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2}{4}}$$

[0056] d_i 为 d_1, d_2, d_3, d_4 中的一个,且 d_i 与 d_{RMS} 的差值的绝对值最大,单位为弧度的平行度 θ_{II} 计算式如下:

$$[0057] \quad \theta_{\text{II}} = \frac{|d_{\text{RMS}} - d_i|}{d_{\text{RMS}}} \quad \circ$$

[0058] 本阵列光纤光镊光纤芯间平行度测试方法实施例可见,本发明所用测试系统简单、结构紧凑,可见激光输入,使系统的调节可视和简化。

[0059] 上述实施例,仅为对本发明的目的、技术方案和有益效果进一步详细说明的具体个例,本发明并非限于此。凡在本发明的公开的范围之内所做的任何修改、等同替换、改进等,均包含在本发明的保护范围之内。

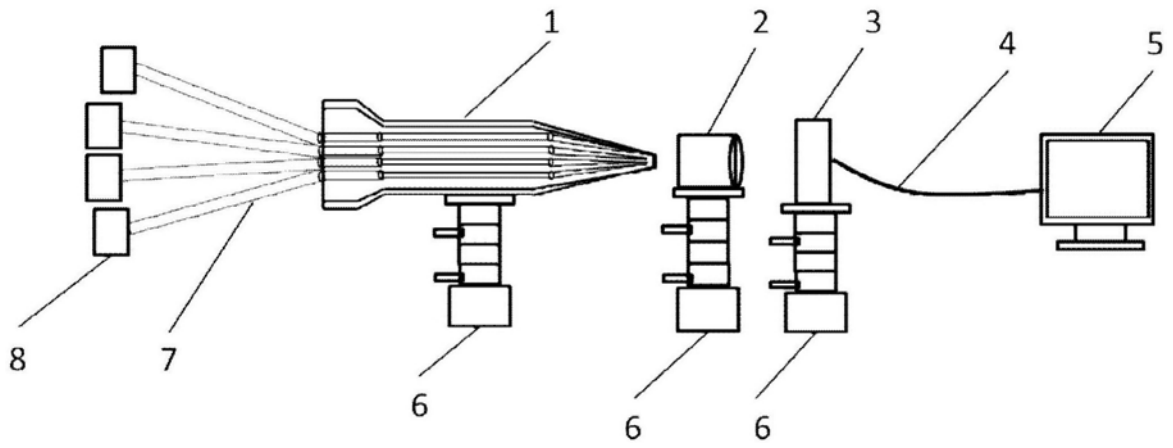


图1

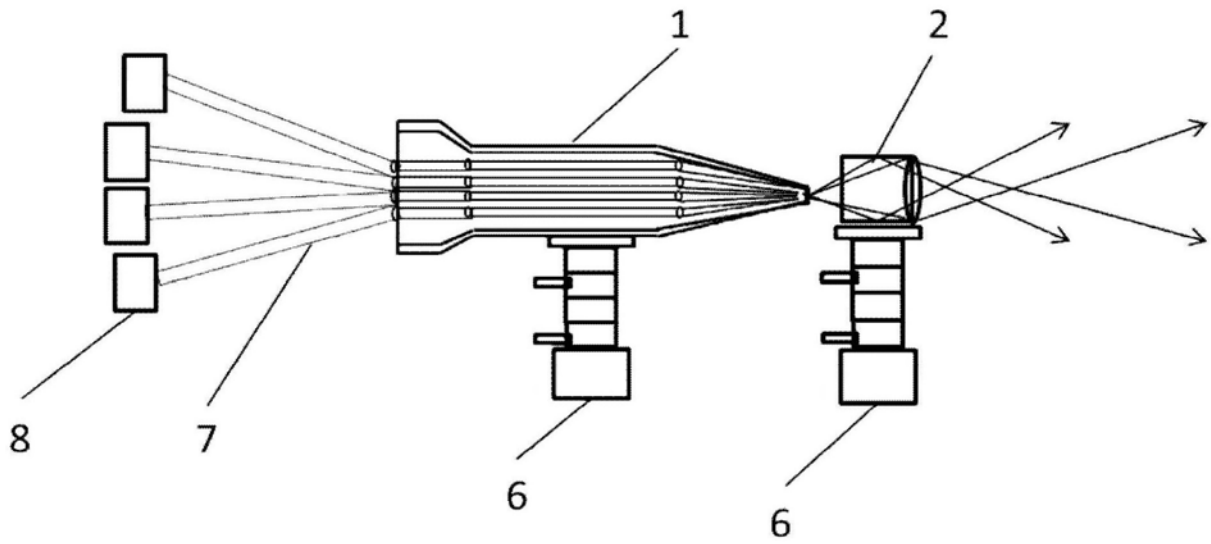


图2

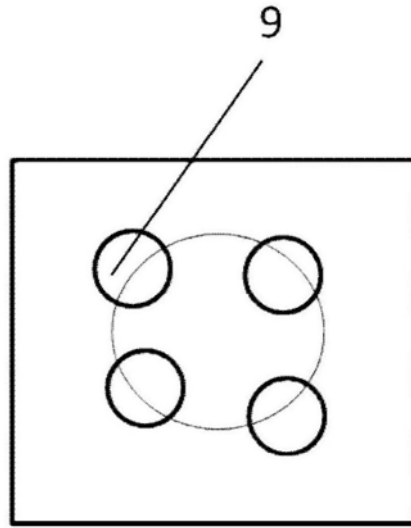


图3