(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 120213402 A
(43)申请公布日 2025.06.27

(21)申请号 202510360043.9

(22)申请日 2025.03.25

(71)申请人 武汉睿芯特种光纤有限责任公司
地址 430078 湖北省武汉市东湖新技术开发区科技三路99号(自贸区武汉片区)

(72)发明人 王静 李幸国 包箭华 李超 王道龙 刘锐 周程丽 梅梓洋 王钊 闫大鹏

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002
专利代理师 周磊

(51)Int.Cl.
G01M 11/00(2006.01)

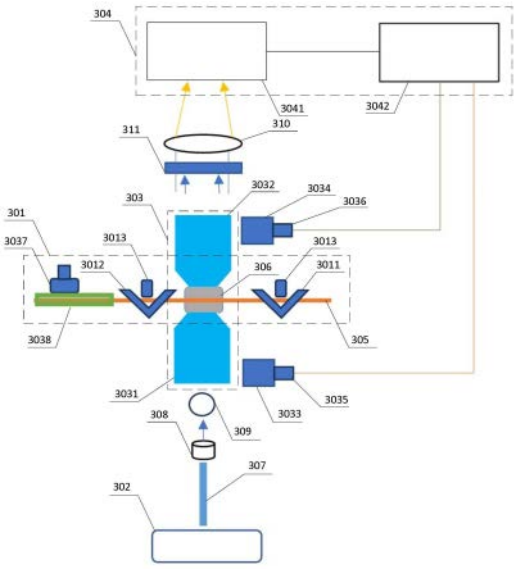
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54)发明名称

纵向周期性结构光纤几何参数检测系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统及方法,该系统包括:光纤夹具用于将待测光纤的测试部位固定在空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油中;光源用于通过光纤束向聚光镜发射测试光,测试光经过聚光镜聚焦为聚焦光斑后,依次发射至空间图像成像装置和检测装置;空间图像成像装置用于在测试光经过光纤折射率匹配油中的测试部位后,基于预设移动速率,沿待测光纤的轴线方向移动,以形成测试部位对应的光学成像信号;检测装置用于根据光学成像信号,获取待测光纤中周期性结构的几何参数。本发明使得检测装置精准获取待测光纤的周期性结构几何参数,提高检测精度与可靠性。



CN 120213402 A

1.一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,包括光纤夹具、光源、空间图像成像装置和检测装置,其中:

所述光纤夹具,用于将待测光纤的测试部位固定在所述空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油中,其中,所述待测光纤是由主芯和侧芯构成的,所述侧芯是以预设节距分布方式形成的周期性结构围绕于所述主芯的,所述测试部位的涂覆层已剥除;所述光纤折射率匹配油的折射率是基于所述待测光纤的包层的折射率确定的;

所述光源,用于通过光纤束向聚光镜发射测试光,所述测试光经过所述聚光镜聚焦为聚焦光斑后,依次发射至所述空间图像成像装置和所述检测装置;

所述空间图像成像装置,用于在所述测试光经过所述光纤折射率匹配油中的所述测试部位后,基于预设移动速率,沿所述待测光纤的轴线方向移动,以形成所述测试部位对应的光学成像信号;

所述检测装置,用于根据所述光学成像信号,获取所述待测光纤中所述周期性结构的几何参数;

其中,所述光源、所述聚光镜和所述空间图像成像装置处于同一光轴。

2.根据权利要求1所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述聚光镜和所述空间图像成像装置之间的所述光轴设置有光阑,所述光阑用于对发射至所述空间图像成像装置的所述聚焦光斑的光量进行调节。

3.根据权利要求2所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述检测装置包括光电探测器和驱动集成控制装置,其中:

所述光电探测器,用于接收所述图像成像装置发送的光学成像信号,并将所述光学成像信号转换为对应的电信号;

所述驱动集成控制装置,用于根据所述电信号对应的周期性特征,获取所述待测光纤中所述周期性结构的几何参数。

4.根据权利要求3所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述空间图像成像装置包括第一物镜和第二物镜,所述第一物镜和所述第二物镜处于同一所述光轴,所述第一物镜和第二物镜之间的物镜间隙吸附有所述光纤折射率匹配油,其中:

所述第一物镜,用于对所述聚光镜发射的所述聚焦光斑进行第一放大处理,并将第一放大处理后的聚焦光斑发射至所述光纤折射率匹配油;

所述第二物镜,用于对经过所述光纤折射率匹配油中所述测试部位的所述第一放大处理后的聚焦光斑进行第二放大处理,生成所述测试部位对应的光学成像信号。

5.根据权利要求4所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述第一物镜设置有第一线性位移台,所述第二物镜设置有第二线性位移台,其中:

所述第一线性位移台和所述第二线性位移台,用于根据所述驱动集成控制装置发送的控制指令,沿所述待测光纤的轴线方向调节所述第一物镜和所述第二物镜之间的空间位置,以获取所述待测光纤至少一个所述周期性结构对应的几何参数。

6.根据权利要求4所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述第二物镜和所述光电探测器之间还设置有聚焦透镜和带通滤波器,其中:

所述带通滤波器,用于对所述光学成像信号进行去噪处理,得到去噪处理后的光学成像信号;

所述聚焦透镜,用于将所述去噪处理后的光学成像信号进行聚焦处理,得到目标光学成像信号;

所述光电探测器还用于,将所述目标光学成像信号转换为对应的所述电信号。

7.根据权利要求4所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述第一物镜的放大倍率至少为20倍,所述第一物镜的空间数值孔径大于0.38;所述第二物镜的放大倍率至少为50倍,所述第二物镜的空间数值孔径大于0.68;所述第一物镜和所述第二物镜之间的所述物镜间隙小于700um。

8.根据权利要求1所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述光纤夹具包括第一V型槽和第二V型槽,其中:

所述第一V型槽和所述第二V型槽,用于通过压块将所述待测光纤的两端按压,以使得所述待测光纤的所述测试部位固定于所述光纤折射率匹配油中。

9.根据权利要求1所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,其特征在于,所述光源为宽带光源,用于发射作为所述测试光的可见光或近红外波段光。

10.一种基于权利要求1至9任一项所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统的纵向周期性结构光纤几何参数检测方法,其特征在于,包括:

在确定待测光纤的测试部分被光纤夹具固定于空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油之后,通过光源向所述测试部分发送测试光;

基于空间图像成像装置,获取所述测试光在经过所述光纤折射率匹配油中的所述测试部位后,形成的所述测试部位对应的光学成像信号;

基于检测装置,将所述光学成像信号转换为电信号,并根据所述电信号对应的周期性特征,获取所述待测光纤中周期性结构的几何参数。

纵向周期性结构光纤几何参数检测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及特种光纤测试技术领域,尤其涉及一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统及方法。

背景技术

[0002] 光纤几何尺寸参数是评估光纤性能的关键指标,对光纤的光学传输效率和插入损耗等性能具有重要影响。

[0003] 目前,常用的图像灰度法,通过采集光纤端面图像并进行数据处理来获取光纤几何尺寸参数。然而,对于在空间维度上具有轴向周期性分布结构的特种光纤,基于端面的图像灰度法无法有效测量特种光纤内的周期性节距参数,并且,目前尚无可靠的测试方法能够准确测量这些参数。

[0004] 因此,现在亟需一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统及方法来解决上述问题。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明提供一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统及方法。

[0006] 本发明提供一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,包括光纤夹具、光源、空间图像成像装置和检测装置,其中:

所述光纤夹具,用于将待测光纤的测试部位固定在所述空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油中,其中,所述待测光纤是由主芯和侧芯构成的,所述侧芯是以预设节距分布方式形成的周期性结构围绕于所述主芯的,所述测试部位的涂覆层已剥除;所述光纤折射率匹配油的折射率是基于所述待测光纤的包层的折射率确定的;

所述光源,用于通过光纤束向聚光镜发射测试光,所述测试光经过所述聚光镜聚焦为聚焦光斑后,依次发射至所述空间图像成像装置和所述检测装置;

所述空间图像成像装置,用于在所述测试光经过所述光纤折射率匹配油中的所述测试部位后,基于预设移动速率,沿所述待测光纤的轴线方向移动,以形成所述测试部位对应的光学成像信号;

所述检测装置,用于根据所述光学成像信号,获取所述待测光纤中所述周期性结构的几何参数;

其中,所述光源、所述聚光镜和所述空间图像成像装置处于同一光轴。

[0007] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述聚光镜和所述空间图像成像装置之间的所述光轴设置有光阑,所述光阑用于对发射至所述空间图像成像装置的所述聚焦光斑的光量进行调节。

[0008] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述检测装置包括光电探测器和驱动集成控制装置,其中:

所述光电探测器,用于接收所述图像成像装置发送的光学成像信号,并将所述光学成像信号转换为对应的电信号;

所述驱动集成控制装置,用于根据所述电信号对应的周期性特征,获取所述待测光纤中所述周期性结构的几何参数。

[0009] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述空间图像成像装置包括第一物镜和第二物镜,所述第一物镜和所述第二物镜处于同一所述光轴,所述第一物镜和第二物镜之间的物镜间隙吸附有所述光纤折射率匹配油,其中:

所述第一物镜,用于对所述聚光镜发射的所述聚焦光斑进行第一放大处理,并将第一放大处理后的聚焦光斑发射至所述光纤折射率匹配油;

所述第二物镜,用于对经过所述光纤折射率匹配油中所述测试部位的所述第一放大处理后的聚焦光斑进行第二放大处理,生成所述测试部位对应的光学成像信号。

[0010] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述第一物镜设置有第一线性位移台,所述第二物镜设置有第二线性位移台,其中:

所述第一线性位移台和所述第二线性位移台,用于根据所述驱动集成控制装置发送的控制指令,沿所述待测光纤的轴线方向调节所述第一物镜和所述第二物镜之间的空间位置,以获取所述待测光纤至少一个所述周期性结构对应的几何参数。

[0011] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述第二物镜和所述光电探测器之间还设置有聚焦透镜和带通滤波器,其中:

所述带通滤波器,用于对所述光学成像信号进行去噪处理,得到去噪处理后的光学成像信号;

所述聚焦透镜,用于将所述去噪处理后的光学成像信号进行聚焦处理,得到目标光学成像信号;

所述光电探测器还用于,将所述目标光学成像信号转换为对应的所述电信号。

[0012] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述第一物镜的放大倍率至少为20倍,所述第一物镜的空间数值孔径大于0.38;所述第二物镜的放大倍率至少为50倍,所述第二物镜的空间数值孔径大于0.68;所述第一物镜和所述第二物镜之间的所述物镜间隙小于700um。

[0013] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述光纤夹具包括第一V型槽和第二V型槽,其中:

所述第一V型槽和所述第二V型槽,用于通过压块将所述待测光纤的两端按压,以使得所述待测光纤的所述测试部位固定于所述光纤折射率匹配油中。

[0014] 根据本发明提供的一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,所述光源为宽带光源,用于发射作为所述测试光的可见光或近红外波段光。

[0015] 本发明还提供一种基于上述纵向周期性结构光纤几何参数检测系统的纵向周期性结构光纤几何参数检测方法,包括:

在确定待测光纤的测试部分被光纤夹具固定于空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油之后,通过光源向所述测试部分发送测试光;

基于空间图像成像装置,获取所述测试光在经过所述光纤折射率匹配油中的所述测试部位后,形成的所述测试部位对应的光学成像信号;

基于检测装置,将所述光学成像信号转换为电信号,并根据所述电信号对应的周期性特征,获取所述待测光纤中周期性结构的几何参数。

[0016] 本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统及方法,通过光纤夹具将待测光纤固定在空间图像成像装置的光纤折射率匹配油中,进而通过光源向聚光镜发射测试光,聚焦后依次射向成像装置和检测装置。成像装置在测试光经过测试部位后,按预设速率沿光纤轴线移动形成光学成像信号,使得检测装置精准获取待测光纤的周期性结构几何参数,提高检测精度与可靠性。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图进行简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1为本发明提供的周期性结构光纤的径向端面示意图;

图2为本发明提供的周期性结构光纤的轴向几何结构示意图;

图3为本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统的结构示意图;

图4为本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测方法的流程示意图;

附图标记 :

101:包层;102:主芯;103:侧芯;

301:光纤夹具;302:光源;303:空间图像成像装置;

304:检测装置;305:待测光纤;306:光纤折射率匹配油;

307:光纤束;308:聚光镜;309:光阑;310:聚焦透镜;

311:带通滤波器;3041:光电探测器;3042:驱动集成控制装置;

3031:第一物镜;3032:第二物镜;3033:第一线性位移台;

3034:第二线性位移台;3035:第一马达控制器;

3036:第二马达控制器;3037:旋转控制器;3038:可旋转的V型槽;

3011:第一V型槽;3012:第二V型槽;3013:压块。

具体实施方式

[0019] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明中的附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0020] 本申请中的术语“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0021] 在本申请的描述中,需要理解的是,术语“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。

[0022] 在本申请的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

[0023] 光纤的几何尺寸参数在评估光纤性能时的关键指标,它们对光纤的光学传输效率、插入损耗等性能有着显著的影响。在传统的光纤结构中,设计相对简单,通常仅由纤芯和包层两部分构成。针对这种常规结构,目前常用的图像灰度法是一种有效的手段,能够通过采集光纤端面的图像,并经过一系列的数据处理,来精确地获取光纤的几何尺寸参数。

[0024] 然而,随着光纤技术的不断发展,一些在空间维度上具有轴向周期性分布结构的特种光纤应运而生。图1为本发明提供的周期性结构光纤的径向端面示意图,如图1所示,这类特种光纤的端面结构更为复杂,除了包层101之外,还存在两个光芯,即主芯102和侧芯103。主芯102位于光纤的中心位置,而侧芯103则围绕主芯102以一定的周期节距进行分布。图2为本发明提供的周期性结构光纤的轴向几何结构示意图,可参考图2所示,这种周期性的节距结构P(其形式可以包括但不限于正弦、余弦、方波等)在光纤设计原理中具有独特的作用,它相当于在主芯102周围引入了一个等效的弯曲半径。这种设计使得主芯102中的高阶模能够耦合到边缘的侧芯103中,一旦高阶模从主芯102耦合到侧芯103,其能量就会因为侧芯103的周期性结构而产生弯曲损耗,进而辐射出光纤。这样一来,低阶模就能够被保留在侧芯103中,从而实现了在不使用弯曲工具的情况下,通过等效弯曲半径来达成主芯102的单模传输。因此,周期节距的大小直接决定了等效弯曲半径的大小,进而对弯曲损耗性能产生影响,最终决定了主芯102是否能够实现单模传输。

[0025] 对于这类特种光纤而言,周期节距参数的准确测量显得尤为重要。然而,传统的端面图像灰度法在面对这种复杂的周期性结构时,无法有效地测量出周期性节距参数。目前尚未有一种可靠的测试方法能够准确地测量这些关键参数。

[0026] 图3为本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统的结构示意图,如图3所示,本发明提供了一种纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,包括光纤夹具301、光源302、空间图像成像装置303和检测装置304,其中:

所述光纤夹具301,用于将待测光纤305的测试部位固定在所述空间图像成像装置303中的光纤折射率匹配油306中,其中,所述待测光纤305是由主芯和侧芯构成的,所述侧芯是以预设节距分布方式形成的周期性结构围绕于所述主芯的,所述测试部位的涂覆层已剥除;所述光纤折射率匹配油306的折射率是基于所述待测光纤305的包层的折射率确定的;

所述光源302,用于通过光纤束307向聚光镜308发射测试光,所述测试光经过所述聚光镜308聚焦为聚焦光斑后,依次发射至所述空间图像成像装置303和所述检测装置304;

所述空间图像成像装置303,用于在所述测试光经过所述光纤折射率匹配油306中的所述测试部位后,基于预设移动速率,沿所述待测光纤305的轴线方向移动,以形成所述测试部位对应的光学成像信号;

所述检测装置304,用于根据所述光学成像信号,获取所述待测光纤305中所述周期性结构的几何参数;

其中,所述光源302、所述聚光镜308和所述空间图像成像装置303处于同一光轴。

[0027] 在本发明中,光纤夹具301的主要作用是将待测光纤305的测试部位稳固地固定在空间图像成像装置303中的光纤折射率匹配油306中。待测光纤305由主芯和侧芯构成,其中,侧芯以预设节距分布方式形成周期性结构围绕主芯,测试部位的涂覆层已被剥除,以便测试光能够直接作用于光纤的核心结构。光纤折射率匹配油306的折射率是根据待测光纤305的包层折射率来确定的,这样可以减少光在光纤与油界面处的折射,提高成像质量。

[0028] 光源302负责产生测试光,并通过光纤束307将测试光传输到聚光镜308。测试光经过聚光镜308后,会被聚焦成一个聚焦光斑,这个光斑发射至空间图像成像装置303和检测装置304。

[0029] 空间图像成像装置303在测试光经过光纤折射率匹配油306中的测试部位后,会基于预设的移动速率,沿待测光纤305的轴线方向移动,以形成测试部位对应的光学成像信号。空间图像成像装置303能够捕捉到光纤内部结构的细微变化,并将其转化为可分析的光学成像信号。通过沿光纤轴线的移动,可以获取光纤不同位置的结构信息,从而更全面地了解光纤的几何参数。

[0030] 检测装置304根据光学成像信号,获取待测光纤305中周期性结构的几何参数。检测装置304常包含图像处理和数据分析软件,能够识别和分析光学成像信号中的周期性特征,从而提取出光纤的几何参数。

[0031] 本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统,通过光纤夹具将待测光纤固定在空间图像成像装置的光纤折射率匹配油中,进而通过光源向聚光镜发射测试光,聚焦后依次射向成像装置和检测装置。成像装置在测试光经过测试部位后,按预设速率沿光纤轴线移动形成光学成像信号,使得检测装置精准获取待测光纤的周期性结构几何参数,提高检测精度与可靠性。

[0032] 在上述实施例的基础上,所述聚光镜308和所述空间图像成像装置303之间的所述光轴设置有光阑309,所述光阑309用于对发射至所述空间图像成像装置303的所述聚焦光斑的光量进行调节。

[0033] 在本发明中,光阑309被设置在聚光镜308和空间图像成像装置303之间的光轴上。当测试光从光源302通过光纤束307发射到聚光镜308,并被聚焦成聚焦光斑后,这个聚焦光斑在到达空间图像成像装置303之前,会先经过光阑309。

[0034] 如果进入空间图像成像装置303的光量过大,可能会导致成像过亮,甚至造成图像饱和或失真;而如果光量过小,则可能导致成像过暗,无法清晰地捕捉到光纤内部结构的细节。因此,本发明设置光阑309,对发射至空间图像成像装置303的聚焦光斑的光量进行调节。在光学系统中,光阑是一种用于控制光通量的装置,它可以通过改变其开口的大小来限制通过的光线量。在本发明中,光阑309可能用于调整聚焦光斑的亮度或强度,以确保空间图像成像装置303能够接收到适当的光量,从而生成清晰、准确的光学成像信号。

[0035] 在本发明中,光阑309不仅提高了系统的灵活性和可调性,还使得系统能够适应不同测试条件和光纤类型的需求。例如,在测试不同直径或折射率的光纤时,可能需要调整光阑309的开口大小,以确保获得最佳的成像效果。此外,光阑309还可以用于减少杂散光或不需要的光线进入空间图像成像装置303,从而提高成像的对比度和清晰度。

[0036] 在上述实施例的基础上,所述检测装置304包括光电探测器3041和驱动集成控制

装置3042,其中:

所述光电探测器3041,用于接收所述图像成像装置303发送的光学成像信号,并将所述光学成像信号转换为对应的电信号;

所述驱动集成控制装置3042,用于根据所述电信号对应的周期性特征,获取所述待测光纤305中所述周期性结构的几何参数。

[0037] 在本发明中,光电探测器3041的主要作用是接收空间图像成像装置303发送的光学成像信号,这个光学成像信号是测试光经过待测光纤305的测试部位后形成的,它包含了光纤内部结构的详细信息。光电探测器3041能够将接收到的光学成像信号转换为对应的电信号,这种转换是基于光电效应实现的,即光信号被转换为电信号,以便后续的处理和分析。

[0038] 驱动集成控制装置3042负责接收光电探测器3041转换后的电信号,并根据这个电信号对应的周期性特征,获取待测光纤305中周期性结构的几何参数。周期性特征是指电信号中呈现出的与待测光纤305中周期性结构相对应的规律或模式,驱动集成控制装置3042通过分析和识别这些特征,能够提取出光纤的周期节距等几何参数。

[0039] 在本发明中,驱动集成控制装置3042还包含数据处理和分析软件,用于对电信号进行进一步的处理和解析,以提高参数获取的准确性和可靠性。

[0040] 在上述实施例的基础上,所述空间图像成像装置303包括第一物镜3031和第二物镜3032,所述第一物镜3031和所述第二物镜3032处于同一所述光轴,所述第一物镜3031和第二物镜3032之间的物镜间隙吸附有所述光纤折射率匹配油306,其中:

所述第一物镜3031,用于对所述聚光镜308发射的所述聚焦光斑进行第一放大处理,并将第一放大处理后的聚焦光斑发射至所述光纤折射率匹配油306;

所述第二物镜3032,用于对经过所述光纤折射率匹配油306中所述测试部位的所述第一放大处理后的聚焦光斑进行第二放大处理,生成所述测试部位对应的光学成像信号。

[0041] 在本发明中,空间图像成像装置303主要由第一物镜3031和第二物镜3032组成,这两个物镜都位于同一光轴上,确保光线的准确传输和成像的清晰度。并且,在第一物镜3031和第二物镜3032之间的物镜间隙中,吸附有光纤折射率匹配油306,光纤折射率匹配油306的作用是减少光在光纤与物镜界面处的折射,提高成像质量。

[0042] 在本发明中,第一物镜3031的主要作用是对聚光镜308发射的聚焦光斑进行第一放大处理。放大后的聚焦光斑会被发射至光纤折射率匹配油306中,由于匹配油的折射率与光纤包层相近,光在通过匹配油与包层界面时折射较小,从而保持了光斑的清晰度和准确性。

[0043] 第二物镜3032的作用是对经过光纤折射率匹配油306中测试部位的第一放大处理后的聚焦光斑进行第二放大处理,其中,测试部位是待测光纤305中被剥除涂覆层并浸入匹配油中的部分。经过第二物镜3032的放大处理后,会生成测试部位对应的光学成像信号,这个信号包含了光纤内部结构的详细信息,特别是周期性结构的特征。

[0044] 本发明将待测光纤的测试部分置于两个物镜之间的匹配油中,提高了成像的清晰度和准确性,为后续的参数检测提供了有力支持。

[0045] 在上述实施例的基础上,所述第一物镜3031设置有第一线性位移台3033,所述第

二物镜3032设置有第二线性位移台3034,其中:

所述第一线性位移台3033和所述第二线性位移台3034,用于根据所述驱动集成控制装置3042发送的控制指令,沿所述待测光纤305的轴线方向调节所述第一物镜3031和所述第二物镜3032之间的空间位置,以获取所述待测光纤305至少一个所述周期性结构对应的几何参数。

[0046] 在本发明中,第一物镜3031设置有第一线性位移台3033,使得第一物镜3031可以沿着某个方向进行线性移动;相应地,第二物镜3032设置有第二线性位移台3034,使得第二物镜3032也可以沿着某个方向进行线性移动。

[0047] 在本发明中,第一线性位移台3033和第二线性位移台3034的主要作用是调节第一物镜3031和第二物镜3032之间的空间位置,这种调节是沿着待测光纤305的轴线方向进行的,即线性位移台可以控制物镜在光纤轴线方向上的移动。

[0048] 在本发明中,两个线性位移台的移动是根据驱动集成控制装置3042发送的控制指令来进行的。驱动集成控制装置3042可根据检测需求或成像效果,向线性位移台发送相应的控制指令,以调整物镜的位置。在本发明中,随着物镜的位置变化,会影响成像的清晰度和聚焦点,进而可以捕捉到光纤内部不同位置的周期性结构特征。通过分析这些特征,可以提取出光纤的几何参数,如周期节距等。

[0049] 在本发明中,第一线性位移台3033和第二线性位移台3034的移动过程,分别由第一马达控制器3035和第二马达控制器3036控制,通过这两个马达控制器驱动线性位移台移动,进而调节第一物镜3031和第二物镜3032的空间位置,以在轴向方向上获得光纤的清晰成像信息。

[0050] 当需要移动物镜位置时,驱动集成控制装置3042发出控制指令,第一马达控制器3035和第二马达控制器3036控制第一线性位移台3033和第二线性位移台3034移动,从而带动第一物镜3031和第二物镜3032移动,实现对待测光纤305测试部位不同轴向位置的成像。

[0051] 在上述实施例的基础上,所述第二物镜3032和所述光电探测器3041之间还设置有聚焦透镜310和带通滤波器311,其中:

所述带通滤波器311,用于对所述光学成像信号进行去噪处理,得到去噪处理后的光学成像信号;

所述聚焦透镜310,用于将所述去噪处理后的光学成像信号进行聚焦处理,得到目标光学成像信号;

所述光电探测器3041还用于,将所述目标光学成像信号转换为对应的所述电信号。

[0052] 在本发明中,在第二物镜3032和光电探测器3041之间,设置了聚焦透镜310和带通滤波器311,其中, 带通滤波器311的主要作用是对光学成像信号进行去噪处理,即滤除光路系统中的噪声,提高检测装置的信噪比。在光学成像过程中,由于各种因素的影响(如光源的波动、光纤的散射、环境的干扰等),成像信号中可能会包含一些噪声成分。带通滤波器311能够选择性地让特定频率范围的光信号通过,同时抑制或阻断其他频率范围的噪声信号,从而得到去噪处理后的光学成像信号,提高成像信号的清晰度和准确性。

[0053] 聚焦透镜310的作用是将去噪处理后的光学成像信号进行聚焦处理。由于光学成像信号在传输过程中可能会发生散射或发散,导致信号在到达光电探测器3041时不够集中

或清晰。聚焦透镜310能够将这些分散的光信号重新聚焦到一个点上,形成更加清晰、集中的目标光学成像信号,提高光电探测器3041对信号的接收效率和转换准确性。

[0054] 进一步地,光电探测器3041在接收到经过聚焦透镜310处理后的目标光学成像信号后,光电探测器3041会利用光电效应将光信号转换为电信号,最终在驱动集成控制装置3042中显示成像信息。

[0055] 在上述实施例的基础上,所述第一物镜3031的放大倍率至少为20倍,所述第一物镜3031的空间数值孔径大于0.38;所述第二物镜3032的放大倍率至少为50倍,所述第二物镜3032的空间数值孔径大于0.68;所述第一物镜3031和所述第二物镜3032之间的所述物镜间隙小于700um(微米)。

[0056] 在本发明中,第一物镜3031的放大倍率至少为20倍,空间数值孔径大于0.38,数值孔径是衡量物镜收集光线能力的一个重要指标。数值孔径越大,物镜能够收集的光线就越多,成像的分辨率和亮度也就越高。

[0057] 第二物镜3032的放大倍率至少为50倍,相比第一物镜3031,它提供了更高的放大倍数,能够进一步放大观察对象,使得更细微的结构也能被清晰捕捉。第二物镜3032的空间数值孔径大于0.68,这比第一物镜3031的数值孔径还要大,意味着它能够收集更多的光线,提供更高的成像分辨率和亮度。

[0058] 第一物镜3031和第二物镜3032之间的物镜间隙小于700um(微米),这是一个非常小的距离,这种紧密的配置有助于减少光在物镜之间的损失和散射,提高成像的质量。在这个物镜间隙中,充满了光纤折射率匹配油。这种油的折射率接近光纤包层的折射率,能够减少光在包层和油之间的折射,从而进一步保持成像的清晰度和准确性。

[0059] 本发明通过组合第一物镜3031和第二物镜3032高数值孔径和紧密的物镜配置,共同确保了成像的清晰度和对比度,能够实现高放大倍数和高分辨率的成像,能够准确地捕捉和测量光纤中周期性结构的几何参数。

[0060] 在上述实施例的基础上,所述光纤夹具301包括第一V型槽3011和第二V型槽3012,其中:

所述第一V型槽3011和所述第二V型槽3012,用于通过压块3013将所述待测光纤305的两端按压,以使得所述待测光纤305的所述测试部位固定于所述光纤折射率匹配油306中。

[0061] 在本发明中,光纤夹具301主要包括第一V型槽3011和第二V型槽3012,这两个V型槽的设计是为了适配并固定光纤的不同部分。光纤夹具301上还设有压块3013,这是用于按压光纤,确保光纤在测试过程中保持稳定的部件。

[0062] 在本发明中,第一V型槽3011和第二V型槽3012分别用于放置待测光纤305的两端,这两个V型槽的设计考虑了光纤的包层和涂层外径,以确保光纤能够紧密且稳定地放置在槽中。例如,放置包层的V型槽的槽深略大于包层外径,放置涂层的V型槽的槽深略小于涂层外径,以确保光纤能够稳固地放置在槽中而不会松动或跳出。

[0063] 压块3013用于按压待测光纤305的两端,使其紧密贴合在第一V型槽3011和第二V型槽3012中,不仅有助于固定光纤,还能防止光纤在测试过程中因外部干扰而跳出V型槽。通过压块3013的按压,待测光纤305的测试部位能够被稳定地固定在光纤折射率匹配油306中,这种固定方式确保了测试部位在测试过程中保持静止,从而提高了成像的准确性和稳

定性。

[0064] 可选地,在本发明中,空间图像成像装置303还设置有旋转控制器3037,旋转控制器3037通过一个可旋转的V型槽3038,连接第一V型槽3011和第二V型槽3012,用于在测试过程中,若光纤的成像不在屏幕中间,控制两个V型槽在预设旋转范围内进行旋转,确保成像清晰且居中,便于观察和测量。

[0065] 在本发明中,待测光纤305的涂层部分放置于可旋转的V型槽中,并通过压块3013固定。当需要调整光纤的旋转角度时,驱动集成控制装置3042通过旋转控制器3037控制旋转V型槽的旋转。在测试过程中,若待测光纤305的成像不在屏幕中间,驱动集成控制装置3042通过旋转控制器3037让待测光纤305旋转至合适的位置,确保成像清晰且居中,便于观察和测量。

[0066] 在本发明中,驱动集成控制装置3042将光电探测器3041、第一马达控制器3035、第二马达控制器3036和旋转控制器3037等组件集成在一起,实现对整个测试装置的集中控制和小型化设计,各个组件可以协同工作,提高测试效率和精度,减少设备占用空间。

[0067] 本发明中的驱动集成控制装置3042还包含测量软件,用于对采集到的数据进行分析和处理。通过测量软件自动计算周期节距等参数,并将结果显示在屏幕上,方便用户查看和记录。并且,在测试完成后,测量软件会根据光电探测器采集到的数据,计算出周期节距的大小,并将其与标准值进行对比,判断测试结果是否合格。

[0068] 在上述实施例的基础上,所述光源302为宽带光源,用于发射作为所述测试光的可见光或近红外波段光。

[0069] 在本发明中,宽带光源是一种能够发射宽光谱范围光的光源,与单色光源(如激光)不同,宽带光源发射的光包含了多个波长的光,这些光覆盖了较宽的光谱范围。本发明中的宽带光源,可发射可见光和近红外波段的光,其中,可见光波长范围在400-700纳米之间;近红外光覆盖700纳米至2500纳米的范围。

[0070] 进一步地,发射出的可见光或近红外波段光被用作测试光,被传导至待测光纤中,并与待测光纤内部的周期性结构相互作用。通过分析测试光与光纤相互作用后的结果,可以获取光纤的几何参数等关键信息。

[0071] 在本发明中,光源301发出的光通过光纤束传导至聚光镜308聚焦成一个较小的光斑,光斑的直径被控制在约为50±5毫米的范围内,再通过调整光阑的开口大小,可以控制通过光阑的光量,从而改变光斑的亮度和尺寸。

[0072] 图4为本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测方法的流程示意图,如图4所示,本发明提供了一种基于上述各实施例所述的纵向周期性结构光纤几何参数检测系统的纵向周期性结构光纤几何参数检测方法,包括:

步骤401,在确定待测光纤的测试部分被光纤夹具固定于空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油之后,通过光源向所述测试部分发送测试光。

[0073] 在本发明中,在确定待测光纤的测试部分已被光纤夹具(如V型槽夹具)稳固地固定于空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油之后,通过光源(如宽带光源)向待测光纤的测试部分发送测试光。光源发射的光是可见光或近红外波段的光,这些光具有较宽的光谱范围,能够覆盖光纤中可能存在的各种周期性结构特征。测试光的作用则是照亮光纤的测试部分,使其内部的周期性结构能够与光相互作用,从而产生可用于成像和分析的光学信

号。

[0074] 步骤402,基于空间图像成像装置,获取所述测试光在经过所述光纤折射率匹配油中的所述测试部位后,形成的所述测试部位对应的光学成像信号。

[0075] 在本发明中,基于空间图像成像装置(包括第一物镜、第二物镜和光纤折射率匹配油等组件),捕捉和放大光纤内部周期性结构产生的光学信号。具体地,测试光在经过光纤折射率匹配油中的测试部位后,会与光纤内部的周期性结构相互作用,如反射、散射或透射等。这些相互作用产生的光学信号被空间图像成像装置捕捉,并经过第一物镜和第二物镜的放大处理,形成清晰的光学成像信号。本发明中的第一物镜和第二物镜具有高放大倍率和高数值孔径,能够确保光纤的轴向周期性结构能够清晰地成像到光电探测器上;同时,物镜之间的精确间距和匹配油的使用进一步提高了成像的准确性和稳定性。

[0076] 步骤403,基于检测装置,将所述光学成像信号转换为电信号,并根据所述电信号对应的周期性特征,获取所述待测光纤中周期性结构的几何参数。

[0077] 在本发明中,基于检测装置(如光电探测器、驱动集成控制装置等),能够将光学成像信号转换为电信号,并进行进一步的处理和分析。具体地,光学成像信号被光电探测器接收并转换为电信号;然后,驱动集成控制装置对电信号进行处理,提取出与光纤中周期性结构对应的周期性特征,进而根据电信号对应的周期性特征,可以获取待测光纤中周期性结构的几何参数。例如,通过测量电信号中相邻波峰或波谷之间的距离,可以确定光纤的周期节距,整个位置控制精度为微米级(如1um),误差范围在极小范围内(如0.1%以内),从而确保了测量的准确性。

[0078] 最后,通过驱动集成控制装置中的测量软件,可以直观地显示多个周期节距的信息,并计算出待测光纤中周期性结构的几何参数。

[0079] 本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测方法,通过光纤夹具将待测光纤固定在空间图像成像装置的光纤折射率匹配油中,进而通过光源向聚光镜发射测试光,聚焦后依次射向成像装置和检测装置。成像装置在测试光经过测试部位后,按预设速率沿光纤轴线移动形成光学成像信号,使得检测装置精准获取待测光纤的周期性结构几何参数,提高检测精度与可靠性。

[0080] 在一实施例中,对本发明提供的纵向周期性结构光纤几何参数检测方法的过程进行整体说明,具体步骤如下:

步骤1,调整第一物镜和第二物镜的相对间距(即物镜间隙)为600um±50um,轴向距离为10mm±0.1mm。然后,使用一次性滴管从匹配油盒中吸取少量匹配油,滴入物镜间隙,匹配油因表面张力吸附在物镜间隙中。

[0081] 步骤2,通过马达控制器的归零功能,将驱动集成控制装置中的马达位置归零,使物镜位置归零。

[0082] 步骤3,制备待测光纤样品:取15-20cm的待测光纤,保留5-10cm的涂覆层不剥除,其余部分剥除涂层,并用无水乙醇擦拭包层表面。

[0083] 步骤4,根据待测光纤的包层和涂层外径,选择与光纤尺寸相匹配的V型槽夹具,其中,带有涂层的部分选择槽深略小于涂层外径的V型槽夹具,带有包层部分则选择槽深略大于包层外径的V型槽夹具。

[0084] 步骤5,将待测光纤的涂层部分放置于可旋转的V型槽夹具中,并用压块固定;包层

部分对应的两端分别放置于第一V型槽和第二V型槽中,中间部分包层浸泡在物镜间隙的匹配油中。

[0085] 步骤6,依次开启白光光源、第一线性位移台、第二线性位移台、第一马达控制器、第二马达控制器、旋转控制器、光电探测器和驱动集成控制装置。白光光源发出的宽带光通过光纤束传导至聚焦镜,经聚光镜聚焦为直径约为50±5mm的光斑,再通过光阑调节光斑大小。

[0086] 步骤7,待测光纤在轴向的周期节距通过第一物镜和第二物镜的高放大倍率和高数值孔径,确保了待测光纤的轴向周期性结构能够清晰地成像到光电探测器上,它们之间的精确间距和匹配油的使用进一步提高了成像的准确性和稳定性。

[0087] 步骤8,通过驱动集成控制装置的位置控制功能,以1um的精度移动第一物镜和第二物镜的位置,相当于在轴向方向上移动光纤。从一个周期的起点作为光纤的起始位置,若成像不在屏幕中间,通过旋转控制器调整位置至中间。

[0088] 步骤9,待测光纤中的周期性结构会随着移动位置而变化,最终回到起始点,首先记录起始点,从起始点移动一定距离后,若能回到原始点,说明光纤经过了一个完整的周期。一个完整的周期距离即为周期节距,一般在亚毫米量级。整个位置控制精度为1um,误差范围在0.1%以内。多个周期节距的信息可显示在驱动集成控制装置中,可以通过驱动集成控制装置中的测量软件,将一个周期结构的波峰或波谷作为起点L1,移动测量距离到下一个波峰或波谷L2,通过计算L2-L1对应的距离,即得到一个完整的周期节距,最终实现了周期节距的精确测试。

[0089] 本发明实现了特征光纤周期节距的精确测量,具有结构简单、操作便捷、测试精度高和测试速度快等优点。

[0090] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

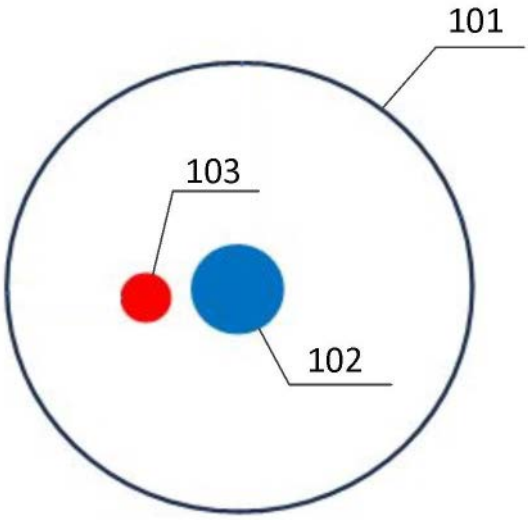


图1

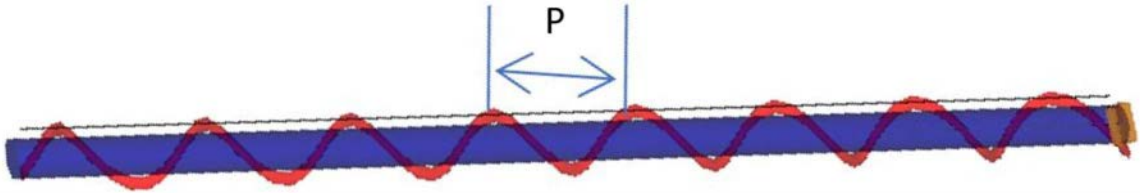


图2

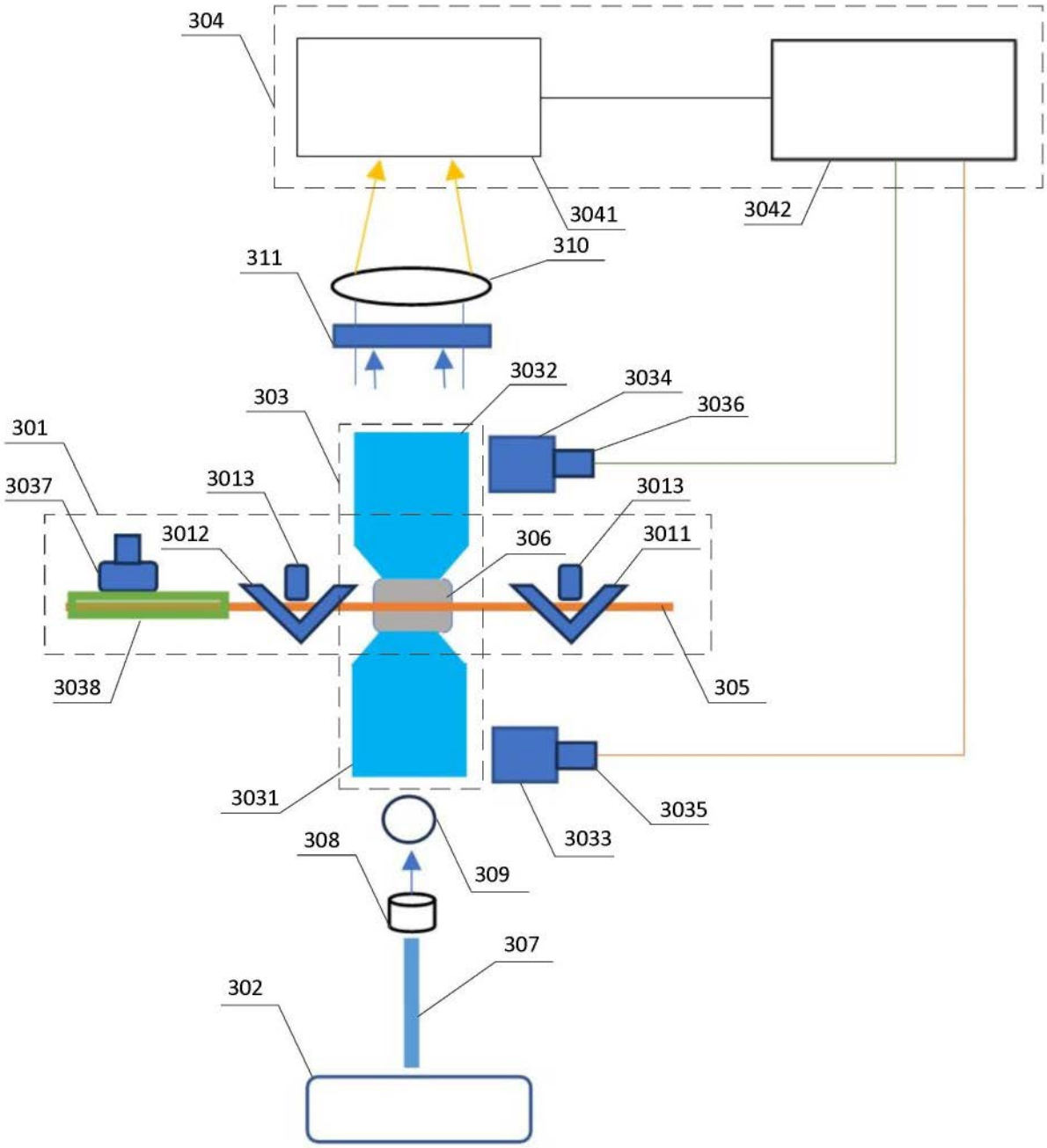

304
3041
3042
310
311
3032
3034
3036
303
301
3037
3013
3013
3012
306
3011
3038
305
3031
3035
3033
308
309
307
302

图3

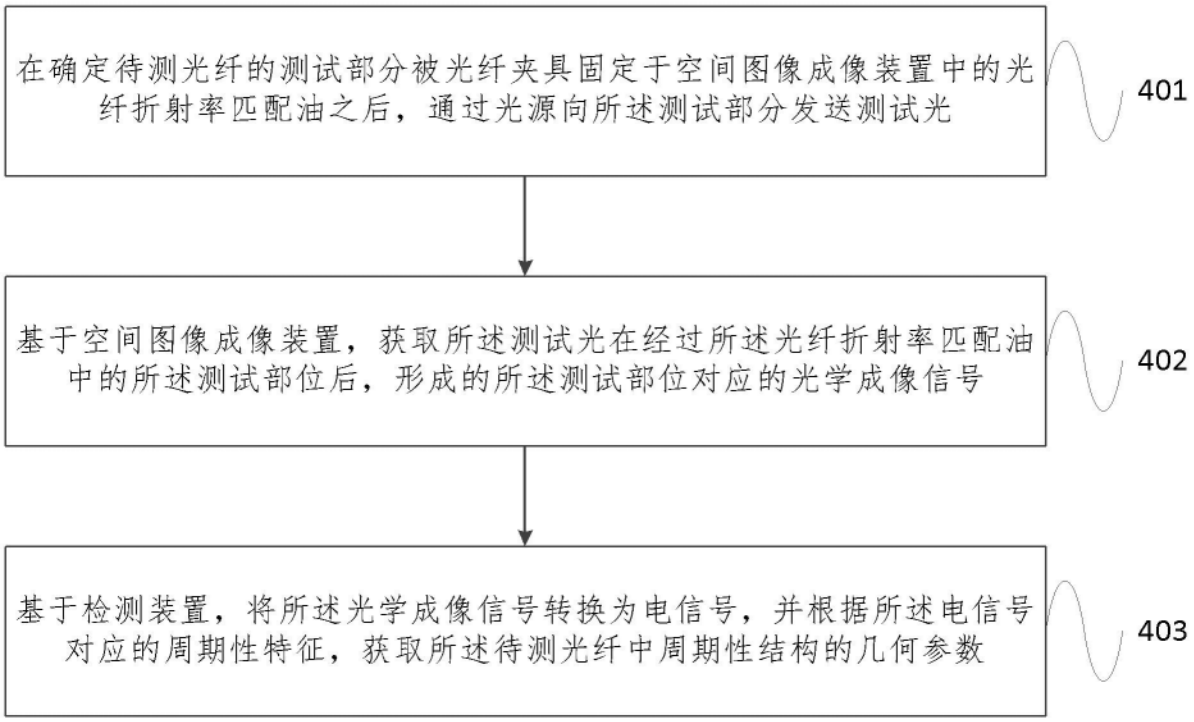

在确定待测光纤的测试部分被光纤夹具固定于空间图像成像装置中的光纤折射率匹配油之后，通过光源向所述测试部分发送测试光
401
基于空间图像成像装置，获取所述测试光在经过所述光纤折射率匹配油中的所述测试部位后，形成的所述测试部位对应的光学成像信号
402
基于检测装置，将所述光学成像信号转换为电信号，并根据所述电信号对应的周期性特征，获取所述待测光纤中周期性结构的几何参数
403

图4