



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109620102 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201811543790.2

G02B 23/24(2006.01)

(22)申请日 2018.12.17

G03H 1/04(2006.01)

(71)申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

申请人 中国科学院大学

(72)发明人 任立勇 许程访 庄斌 贺正权

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 杨引雪

(51)Int.Cl.

A61B 1/00(2006.01)

A61B 1/06(2006.01)

A61B 1/07(2006.01)

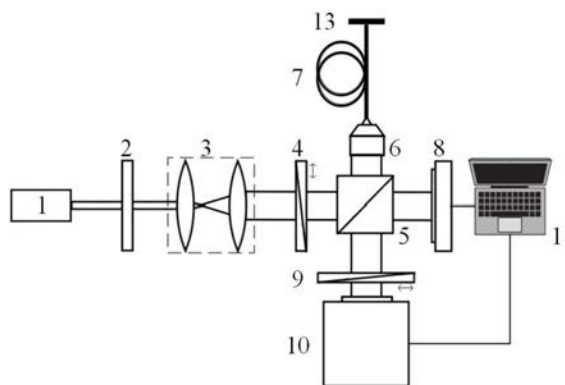
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

基于单根多模光纤的内窥成像系统及方法

(57)摘要

为解决现有内窥成像技术存在的探头尺寸较大,难以满足应用要求,以及采用聚焦光斑扫描成像时,由于逐点扫描、多次迭代计算、反复访问外设、形成批量聚焦光斑所用时间长的技术问题,本发明提供一种基于单根多模光纤的内窥成像系统及方法。该系统包括照明系统、光场测量系统和计算机处理系统;照明系统包括依次设置的激光器、光衰减器、准直扩束镜和第一线偏振片;光场测量系统包括分束镜、参考臂、物光臂、第二线偏振片和相机;参考臂由光学移相器构成;物光臂包括聚焦物镜和单根多模光纤;计算机处理系统用于控制光学移相器和相机,并通过相移干涉方法对干涉光场进行解调,得到物光的复光波电场,并成像。



1. 一种基于单根多模光纤的内窥成像系统,其特征在于,包括照明系统、光场测量系统和计算机处理系统(11);

所述照明系统用于提供线偏振激光光源,包括依次设置的激光器(1)、光衰减器(2)、准直扩束镜(3)和第一线偏振片(4);

所述光场测量系统为干涉光路,包括分束镜(5)、参考臂、物光臂、第二线偏振片(9)和相机(10);

所述分束镜(5)用于将照明系统输出的激光光源分为第一光束和第二光束;

所述参考臂由光学移相器(8)构成,用于向分束镜(5)提供参考光;

所述物光臂包括聚焦物镜(6)和单根多模光纤(7);

所述聚焦物镜(6)将所述第一光束聚焦耦合后经所述单根多模光纤(7)照射被测目标物(13);

所述单根多模光纤(7)将被测目标物(13)反射的携带测量信息的物光经聚焦物镜(6)进入分束镜(5);

所述分束镜(5)还用于将所述物光臂提供的物光和将所述参考臂提供的参考光合束;

所述第二线偏振片(9)用于将所述分束镜(5)出射的合束光束检偏,使合束光束发生干涉,形成干涉光场;所述第二线偏振片(9)与第一线偏振片(4)的偏振方向相同;

所述相机(10)用于记录所述干涉光场;

所述计算机处理系统(11)用于控制所述光学移相器(8)和所述相机(10),并通过相移干涉方法对所述干涉光场进行解调,得到物光的复光波电场,并成像。

2. 根据权利要求1所述的基于单根多模光纤的内窥成像系统,其特征在于:所述光学移相器(8)为具有对光波实现相移功能的器件。

3. 根据权利要求2所述的基于单根多模光纤的内窥成像系统,其特征在于:所述光学移相器(8)为反射式纯相位空间光调制器。

4. 基于权利要求1-3任一项所述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 对被测目标物(13)的散斑光场进行采集;

2) 将参考光与步骤1)采集到的散斑光场进行相移干涉,得到散斑光场的复光波电场;

3) 利用标定好的光传输矩阵,根据复共轭恢复算法,从步骤2)获取的复光波电场中反演恢复出被测目标物图像。

5. 根据权利要求4所述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特征在于,步骤1)具体包括以下步骤:

1.1) 将单根多模光纤(7)出射端正对被测目标物(13),照射成像;

1.2) 将步骤1.1)中经被测目标物(13)反射后又依次经过单根多模光纤(7)和聚焦物镜(6)出射的光作为物光采集,所述物光为被测目标物(13)的散斑光场。

6. 根据权利要求5所述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特征在于,步骤2)具体包括以下步骤:

2.1) 光学移相器(8)出射参考光;

2.2) 同步控制所述光学移相器(8)及所述相机(10),利用步骤1.2)获取的物光和步骤2.1)获取的参考光,运用相移干涉法,获得所述物光的复光波电场。

7. 根据权利要求6所述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特征在于,步骤3)具体为:

所述被测目标物(13)光束入射面为物面,所述相机(10)光束入射面为像面,得到被测目标物(13)图像为:

$$|O(\xi, \eta)| = \left| \frac{\sum_{x,y} T^*(x, y; \xi, \eta) * E(x, y)}{\sum_{x,y} T(x, y; \xi, \eta) * T^*(x, y; \xi, \eta)} \right|;$$

其中:

$(\xi, \eta)$  为物面坐标;

$(x, y)$  为像面坐标,每个所述调制子区域均由相应的坐标表示;

$T(x, y; \xi, \eta)$  为光传输矩阵;

$T^*(x, y; \xi, \eta)$  为光传输矩阵的复共轭矩阵;

$E(x, y)$  为步骤2.2)测得的物光复光波电场;

运算符“\*”表示矩阵对应坐标元素相乘。

8. 根据权利要求4所述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特征在于,所述步骤3)中,光传输矩阵的标定方法包括以下步骤:

3.1) 对数字微镜器件(12)上观察区域内的第一个调制子区域所对应的散斑光场进行采集;

3.2) 将参考光与步骤3.1)获取的所述调制子区域的散斑光场进行相移干涉,得到所述散斑光场的复光波电场;

3.3) 判断是否采集完所述数字微镜器件(12)上观察区域内的所有调制子区域所对应的散斑光场并获取了其复光波电场,若否,选取下一个调制子区域,采集其所对应的散斑光场,并将参考光与所选取的调制子区域的散斑光场进行相移干涉,得到所述散斑光场的复光波电场;若是,则所获得的所有调制子区域的复光波电场的集合即为光传输矩阵。

9. 根据权利要求8所述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特征在于:步骤3.1)具体为:

3.1.1) 将数字微镜器件(12)设置于单根多模光纤(7)出射端;

3.1.2) 将所述数字微镜器件(12)正对单根多模光纤(7)出射端的区域作为观察区域,并将该观察区域分成N个调制子区域,所述N为大于等于1的自然数;

3.1.3) 将每一个调制子区域作为标定目标物,照射成像;

3.1.4) 将经步骤3.1.3)所述标定目标物反射后又依次经过单根多模光纤(7)和聚焦物镜(6)出射的光作为物光采集,所述物光为散斑光场。

10. 根据权利要求9所述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特征在于:步骤3.2)具体为:

3.2.1) 光学移相器(8)出射参考光;

3.2.2) 将步骤3.1.4)获取的物光和步骤3.2.1)获取的参考光合束,形成干涉光场;

3.2.3) 同步控制所述光学移相器(8)和所述相机(10),记录步骤3.2.2)获取的干涉光

场,通过相移干涉方法对所述干涉光场进行解调,得到所述调制子区域的复光波电场。

## 基于单根多模光纤的内窥成像系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及内窥成像技术,具体涉及一种基于单根多模光纤的内窥成像系统及方法。

### 背景技术

[0002] 内窥镜因其可通过狭小腔体对内部目标物成像,而被广泛应用于医学和工业领域的成像及检测。目前主流的医学内窥镜是基于光纤束系统或者复杂的机械扫描系统,照明光路与传像光路分离,导致探头尺寸较大,难以满足现代医学在微创、无创疾病诊断和治疗中对小尺寸探头的要求;同样,目前的工业内窥镜也需要超细的内窥探头。

[0003] 多模光纤具有多个空间模式,可并行传输信息,因此被认为具有用来成像的潜力;同时,由于其直径较小,因此其有望代替传统内窥镜,从而开发出超细的光纤内窥镜。

[0004] 然而,目前有三个重要因素限制多模光纤用作内窥成像介质:

[0005] 其一,当光波耦合进多模光纤后,由于模式色散作用,光波在其中被随机调制,输出光场为散斑光场;

[0006] 其二,由于光纤制造缺陷及形变等不确定性因素的存在,造成多模光纤的光传输特性发生显著改变,进一步加剧了光波的随机调制程度;

[0007] 其三,要实现多模光纤内窥成像,光波须在光纤中往返传输两次,使光波的随机调制程度加倍。

[0008] 如何克服以上问题,从而实现利用单根多模光纤成像,是实现单根多模光纤内窥成像的基础。

[0009] 目前,主要运用聚焦光斑扫描成像方法来实现单根多模光纤成像。其原理是通过调制光纤入射光场,在光纤出射端端形成聚焦光斑,成像时利用聚焦光斑对目标物体扫描采样,再根据成像模型,重建目标物体。现有的多模光纤光斑聚焦方法通常存在多次迭代计算、反复访问外设、形成批量聚焦光斑所需时间长等问题。此外,聚焦光斑扫描成像是点扫描成像方法,在采集图像时须对目标物体进行逐点扫描,因此存在采集图像速度慢,采集图像耗时长的缺点。

### 发明内容

[0010] 为解决现有光纤内窥成像技术存在的探头尺寸较大,难以满足应用要求,以及采用聚焦光斑扫描成像时,由于逐点扫描、多次迭代计算、反复访问外设、形成批量聚焦光斑所用时间长的技术问题,本发明提供一种基于单根多模光纤的内窥成像系统及方法,利用单根多模光纤做探头,由于探头直径小,可进入狭小腔体对目标物成像;并利用宽场成像方法,采集目标物图像时无需进行扫描操作,因此具有采集图像耗时短的优点。

[0011] 为解决上述技术问题,本发明的技术解决方案如下:

[0012] 一种基于单根多模光纤的内窥成像系统,其特征在于,包括照明系统、光场测量系统和计算机处理系统;

- [0013] 所述照明系统用于提供线偏振激光光源,包括依次设置的激光器、光衰减器、准直扩束镜和第一线偏振片;
- [0014] 所述光场测量系统为干涉光路,包括分束镜、参考臂、物光臂、第二线偏振片和相机;
- [0015] 所述分束镜用于将照明系统输出的激光光源分为第一光束和第二光束;
- [0016] 所述参考臂由光学移相器构成,用于向分束镜提供参考光;
- [0017] 所述物光臂包括聚焦物镜和单根多模光纤;
- [0018] 所述聚焦物镜将所述第一光束聚焦耦合后经所述单根多模光纤照射被测目标物;
- [0019] 所述单根多模光纤将被测目标物反射的携带测量信息的物光经聚焦物镜进入分束镜;
- [0020] 所述分束镜还用于将所述物光臂提供的物光和将所述参考臂提供的参考光合束;
- [0021] 所述第二线偏振片用于将所述分束镜出射的合束光束检偏,使合束光束发生干涉,形成干涉光场;所述第二线偏振片与所述第一线偏振片的偏振方向相同;
- [0022] 所述相机用于记录所述干涉光场;
- [0023] 所述计算机处理系统用于控制所述光学移相器和所述相机,并通过相移干涉方法对所述干涉光场进行解调,得到物光的复光波电场,并成像。
- [0024] 进一步地,所述光学移相器为具有对光波实现相移功能的器件。
- [0025] 进一步地,所述光学移相器为反射式纯相位空间光调制器。
- [0026] 本发明还提供一种上述基于单根多模光纤的内窥成像系统的成像方法,其特殊之处在于,包括以下步骤:
- [0027] 1) 对被测目标物的散斑光场进行采集;
- [0028] 2) 将参考光与步骤1)采集到的散斑光场进行相移干涉,得到散斑光场的复光波电场;
- [0029] 3) 利用标定好的光传输矩阵,根据复共轭恢复算法,从步骤2)获取的复光波电场中反演恢复出被测目标物图像。
- [0030] 进一步地,步骤1)具体包括以下步骤:
- [0031] 1.1) 将单根多模光纤出射端正对被测目标物,照射成像;
- [0032] 1.2) 将步骤1.1)中经被测目标物反射后又依次经过单根多模光纤和聚焦物镜出射的光作为物光采集,所述物光为被测目标物)的散斑光场。
- [0033] 进一步地,步骤2)具体包括以下步骤:
- [0034] 2.1) 光学移相器出射参考光;
- [0035] 2.2) 同步控制所述光学移相器及所述相机,利用步骤1.2)获取的物光和步骤2.1)获取的参考光,运用相移干涉法,获得所述物光的复光波电场。
- [0036] 进一步地,步骤3)具体为:
- [0037] 所述被测目标物光束入射面为物面,所述相机光束入射面为像面,得到被测目标物图像为:

$$[0038] \quad |O(\xi, \eta)| = \left| \frac{\sum_{x,y} T^*(x, y; \xi, \eta) * E(x, y)}{\sum_{x,y} T(x, y; \xi, \eta) * T^*(x, y; \xi, \eta)} \right|;$$

[0039] 其中:

[0040]  $(\xi, \eta)$  为物面坐标;

[0041]  $(x, y)$  为像面坐标, 每个所述调制子区域均由相应的坐标表示;

[0042]  $T(x, y; \xi, \eta)$  为光传输矩阵;

[0043]  $T^*(x, y; \xi, \eta)$  为光传输矩阵的复共轭矩阵;

[0044]  $E(x, y)$  为步骤2.2) 测得的物光复光波电场;

[0045] 运算符“\*”表示矩阵对应坐标元素相乘。

[0046] 进一步地, 所述步骤3) 中, 光传输矩阵的标定方法包括以下步骤:

[0047] 3.1) 对数字微镜器件上观察区域内的第一个调制子区域所对应的散斑光场进行采集;

[0048] 3.2) 将参考光与步骤3.1) 获取的所述调制子区域的散斑光场进行相移干涉, 得到所述散斑光场的复光波电场;

[0049] 3.3) 判断是否采集完所述数字微镜器件(12) 上观察区域内的所有调制子区域所对应的散斑光场并获取了其复光波电场, 若否, 选取下一个调制子区域, 采集其所对应的散斑光场, 并将参考光与所选取的调制子区域的散斑光场进行相移干涉, 得到所述散斑光场的复光波电场; 若是, 则步骤3.3) 所获得的所有调制子区域的复光波电场的集合即为光传输矩阵。

[0050] 进一步地, 步骤3.1) 具体为:

[0051] 3.1.1) 将数字微镜器件设置于单根多模光纤出射端;

[0052] 3.1.2) 将所述数字微镜器件正对单根多模光纤出射端的区域作为观察区域, 并将该观察区域分成N个调制子区域, 所述N为大于等于1的自然数;

[0053] 3.1.3) 将每一个调制子区域作为标定目标物, 照射成像;

[0054] 3.1.4) 将经步骤3.1.3) 所述标定目标物反射后又依次经过单根多模光纤和聚焦物镜出射的光作为物光采集, 所述物光为散斑光场。

[0055] 进一步地, 步骤3.2) 具体为:

[0056] 3.2.1) 光学移相器出射参考光;

[0057] 3.2.2) 将步骤3.1.4) 获取的物光和步骤3.2.1) 获取的参考光合束, 形成干涉光场;

[0058] 3.2.3) 同步控制所述光学移相器和所述相机, 记录步骤3.2.2) 获取的干涉光场, 通过相移干涉方法对所述干涉光场进行解调, 得到所述调制子区域的复光波电场。

[0059] 本发明相比现有技术具有以下有益效果:

[0060] 1、本发明的基于单根多模光纤的内窥成像系统及方法, 利用单根多模光纤作为该系统的内窥探头, 通过采集被测目标物的一幅复光波电场, 借助在成像前测量得到的成像系统光传输矩阵, 即可对被测目标物进行计算成像重构, 实现利用单根多模光纤对被测目

标物进行内窥成像。与现有聚焦光斑扫描内窥成像方法相比,采集图像信息时无需进行扫描操作,从而避免了多次迭代计算、反复访问外设、形成批量聚焦光斑占用时间长的问题,可有效降低图像采集时间。

[0061] 2、本发明的基于单根多模光纤的内窥成像系统,用单根多模光纤作为该系统的内窥探针,单根多模光纤可以同时被用作照明光纤和成像光纤,与传统的照明光纤和成像光纤相分离的光纤束内窥探头相比,相同成像分辨率下单根多模光纤内窥探头的直径更小。

[0062] 3、本发明可应用于生物医学内窥成像及工业内窥成像等相关应用领域。

## 附图说明

[0063] 图1为本发明未加载被测目标物时的成像系统光路图;

[0064] 图2为成像前,对图1成像系统的成像特性进行标定的标定系统光路图,即光传输矩阵测量系统光路图;

[0065] 图3为本发明加载被测目标物时的成像系统光路图;

[0066] 图4为本发明基于单根多模光纤的内窥成像方法的流程图,其中包含光传输矩阵标定方法;

[0067] 图5为本发明具体实施例中光传输矩阵标定过程及结果图;a为依次打开的数字微镜器件调制子区域,b和c为测得的光传输矩阵,其中,b为光传输矩阵振幅图,c为光传输矩阵相位图;

[0068] 图6为本发明具体实施例中内窥成像结果图,其中,a为测得的物光复光波电场振幅图,b为测得的物光复光波电场相位图;c为利用数字微镜器件成像时的具体加载图案,d为利用数字微镜器件成像时的成像结果;

[0069] 附图标记说明:

[0070] 1-激光器;2-光衰减器;3-准直扩束镜;4-第一线偏振片;5-分束镜;6-聚焦物镜;7-单根多模光纤;8-光学移相器;9-第二线偏振片;10-相机;11-计算机处理系统;12-数字微镜器件(DMD);13-被测目标物。

## 具体实施方式

[0071] 本发明提出了一种基于单根多模光纤的内窥成像系统及方法,分成像系统和成像方法两个部分,下面结合附图1至6逐一进行介绍。

[0072] 第一部分:成像系统(如图1所示)

[0073] 本发明的基于单根多模光纤的内窥成像系统,包括照明系统、光场测量系统和计算机处理系统11。

[0074] 照明系统用于提供线偏振激光光源,包括依次设置的激光器1、光衰减器2、准直扩束镜3和第一线偏振片4。

[0075] 光场测量系统为干涉光路,包括分束镜5、参考臂、物光臂、第二线偏振片9和相机10;分束镜5用于将照明系统输出的激光光源分为第一光束和第二光束;参考臂由光学移相器8构成,用于向分束镜5提供参考光;物光臂包括聚焦物镜6和单根多模光纤7;聚焦物镜6将第一光束聚焦耦合后经单根多模光纤7照射被测目标物13;单根多模光纤7将被测目标物13反射的携带测量信息的物光经聚焦物镜6进入分束镜5;分束镜5还用于将物光臂提供的



物光和将参考臂提供的参考光合束；第二线偏振片9用于将分束镜5出射的合束光束检偏，使合束光束发生干涉，形成干涉光场，第二线偏振片9与第一线偏振片4的偏振方向相同；相机10用于记录干涉光场。

[0076] 计算机处理系统11用于控制光学移相器8和相机10，并通过相移干涉方法干涉光场进行解调，得到物光的复光波电场，并成像。

[0077] 如图3所示，当加载被测目标物13时，工作方式如下：

[0078] 激光器1输出的光波，依次经光衰减器2、准直扩束镜3、第一个线偏振片4后，光波的光强度、光斑尺寸和光偏振方向被调制至合适状态，然后被分束镜5分为两束。其中一束经光学移相器8反射后又传至分束镜5处，作为参考光；另一束经聚焦物镜6耦合进单根多模光纤7，单根多模光纤7输出光场经物面处被测目标物13反射后原路返回至分束镜5，作为物光。物光和参考光经分束镜5合束，被第二线偏振片9检偏后发生干涉，干涉光场被像面处相机10采集。其中第二线偏振片9偏振方向与第一线偏振片4偏振方向相同。

[0079] 光传输矩阵标定系统如图2所示，将数字微镜器件12设置于单根多模光纤7出射端。其中数字微镜器件12正对单根多模光纤7出射端的区域作为观察区域。标定光传输矩阵的详细过程见第二部分的成像系统光传输矩阵标定方法。

[0080] 第二部分：基于单根多模光纤的内窥成像方法，以及成像系统的光传输矩阵标定方法：

[0081] 单根多模光纤内窥成像方法(如图4和6所示)

[0082] 1) 对被测目标物13的散斑光场进行采集，具体为：

[0083] 1.1) 将单根多模光纤7出射端正对被测目标物13，照射成像；

[0084] 1.2) 将步骤1.1)中经被测目标物13反射后又依次经过单根多模光纤7和聚焦物镜6出射的光作为物光采集，物光为被测目标物13的散斑光场；

[0085] 2) 将参考光与步骤1.2)采集到的散斑光场进行相移干涉，得到散斑光场的复光波电场，具体为：

[0086] 2.1) 光学移相器8出射参考光；

[0087] 2.2) 同步控制光学移相器8及相机10，利用步骤1.2)获取的物光和步骤2.1)获取的参考光，运用相移干涉法，获得物光的复光波电场；

[0088] 3) 利用标定好的光传输矩阵，根据复共轭恢复算法，从步骤2.2)获取的复光波电场中反演恢复出被测目标物图像，具体为：

[0089] 被测目标物13光束入射面为物面，相机10光束入射面为像面，得到被测目标物13图像为：

$$[0090] \quad |O(\xi, \eta)| = \left| \frac{\sum_{x,y} T^*(x, y; \xi, \eta) * E(x, y)}{\sum_{x,y} T(x, y; \xi, \eta) * T^*(x, y; \xi, \eta)} \right|;$$

[0091] 其中：

[0092]  $(\xi, \eta)$  为物面坐标；

[0093]  $(x, y)$  为像面坐标，每个调制子区域均由相应的坐标表示；

- [0094]  $T(x, y; \xi, \eta)$  为光传输矩阵;
- [0095]  $T^*(x, y; \xi, \eta)$  为光传输矩阵的复共轭矩阵;
- [0096]  $E(x, y)$  为步骤2.2)测得的物光复光波电场;
- [0097] 运算符“\*”表示矩阵对应坐标元素相乘。
- [0098] 光传输矩阵标定方法(如图4和5所示)
- [0099] 3.1)对数字微镜器件12上观察区域内的第一个调制子区域所对应的散斑光场进行采集,具体为:
- [0100] 3.1.1)将数字微镜器件12设置于单根多模光纤7出射端;
- [0101] 3.1.2)将数字微镜器件12正对单根多模光纤7出射端的区域作为观察区域,并将该观察区域分成N个调制子区域,N为大于等于1的自然数;
- [0102] 3.1.3)将每一个调制子区域作为标定目标物,照射成像;
- [0103] 3.1.4)将经步骤3.1.3)标定目标物反射后又依次经过单根多模光纤7和聚焦物镜6出射的光作为物光采集,物光为散斑光场;
- [0104] 3.2)将参考光与步骤3.1.4)获取的调制子区域的散斑光场进行相移干涉,得到散斑光场的复光波电场,具体为:
- [0105] 3.2.1)光学移相器8出射参考光;
- [0106] 3.2.2)将步骤3.1.4)获取的物光和步骤3.2.1)获取的参考光合束,形成干涉光场;
- [0107] 3.2.3)同步控制光学移相器8和相机10,记录步骤3.2.2)获取的干涉光场,通过相移干涉方法对干涉光场进行解调,得到调制子区域的复光波电场;
- [0108] 3.3)判断是否采集完所述数字微镜器件(12)上观察区域内的所有调制子区域所对应的散斑光场并获取了其复光波电场,若否,选取下一个调制子区域,采集其所对应的散斑光场,并将参考光与所选取的调制子区域的散斑光场进行相移干涉,得到所述散斑光场的复光波电场;若是,则所获得的所有调制子区域的复光波电场的集合即为光传输矩阵。
- [0109] 上述光传输矩阵可以是在基于单根多模光纤的内窥成像系统加工出厂前完成标定,也可以是在成像系统使用过程中需要的时候进行标定。
- [0110] 由于本具体实例中所加物体为纯振幅型物体,因此只取所计算结果的模作为物体图像,图6d即为成像结果。
- [0111] 在本具体实施例中,光学移相器8选用反射式纯相位空间光调制器,当然光学移相器8也可以为其他具有对光波实现相移功能的器件。
- [0112] 综上所述,本发明提出的基于单根多模光纤的内窥成像系统的内窥探头是单根多模光纤,它同时被用作照明光纤和成像光纤,由于其直径小,可进入狭小腔体对目标物成像;该系统相应的基于单根多模光纤的内窥成像方法是一种宽场成像方法,采集目标物图像时无需进行扫描操作,因此具有采集图像耗时短的优点。
- [0113] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明。显然对于本领域的专业人员来说,在了解了本发明内容和原理后,都可能在不背离本发明原理、结构的情况下,进行形式和细节上的各种修正和改变,等同替换或者改进等,但是这些基于本发明思想的修正和改变均应包含在本发明的权利要求保护范围之内。

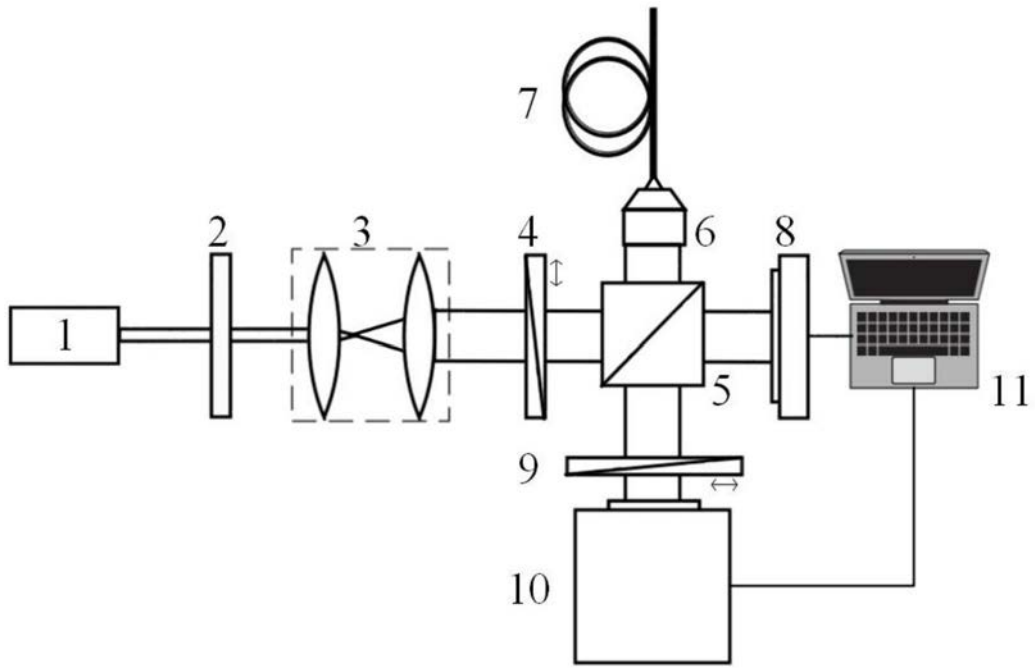


图1

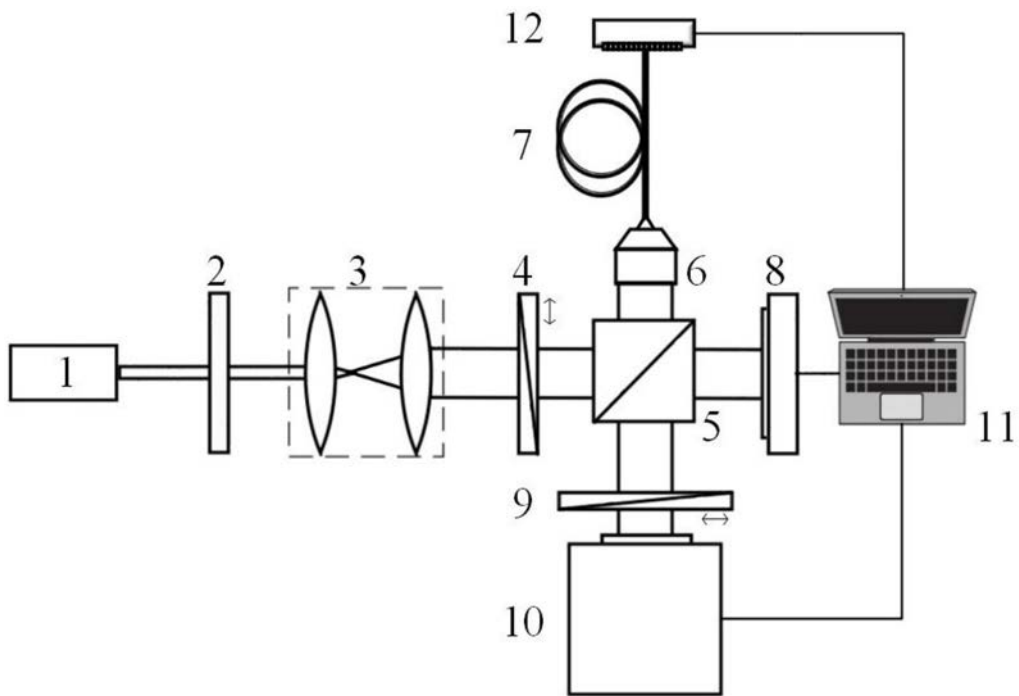


图2

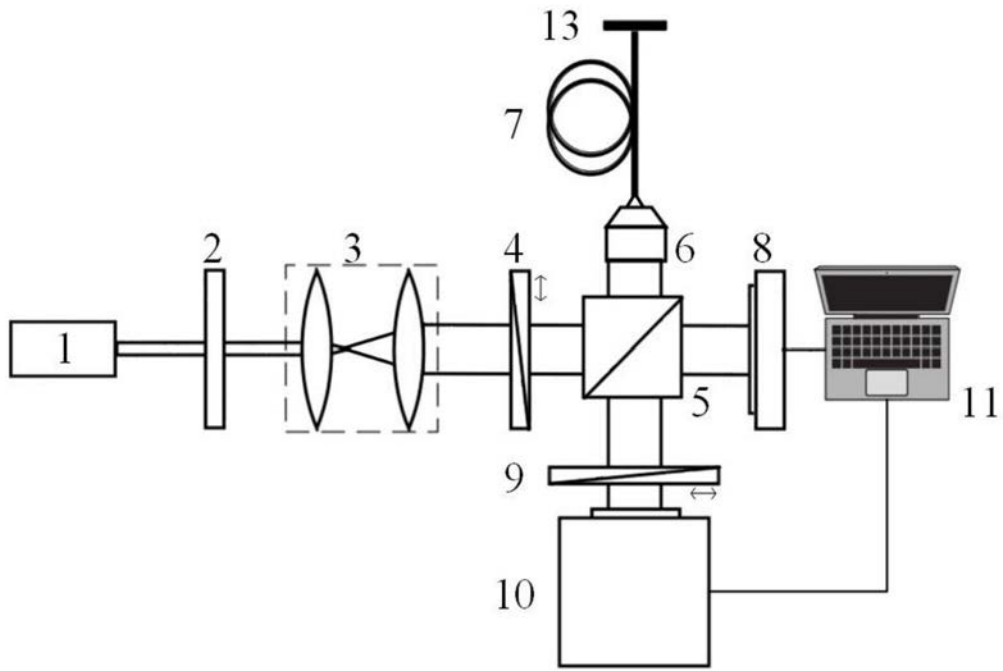


图3

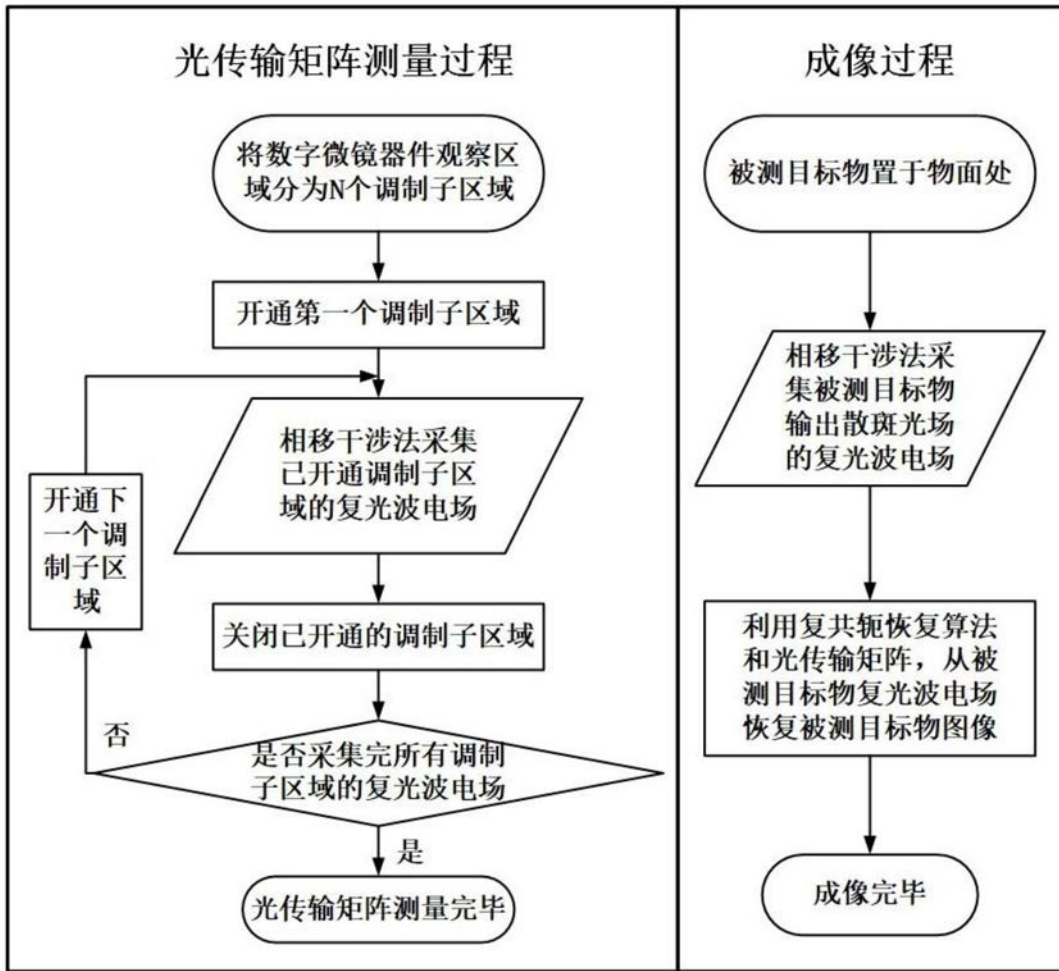


图4

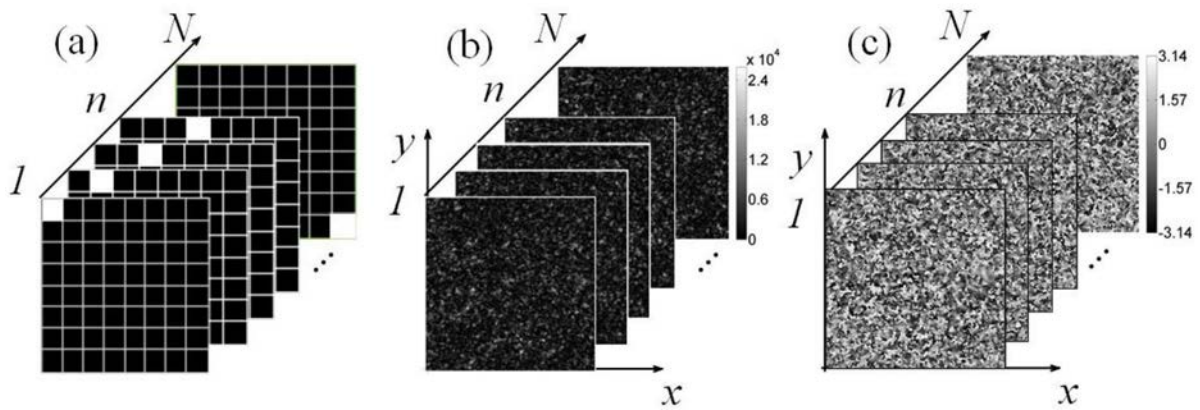


图5

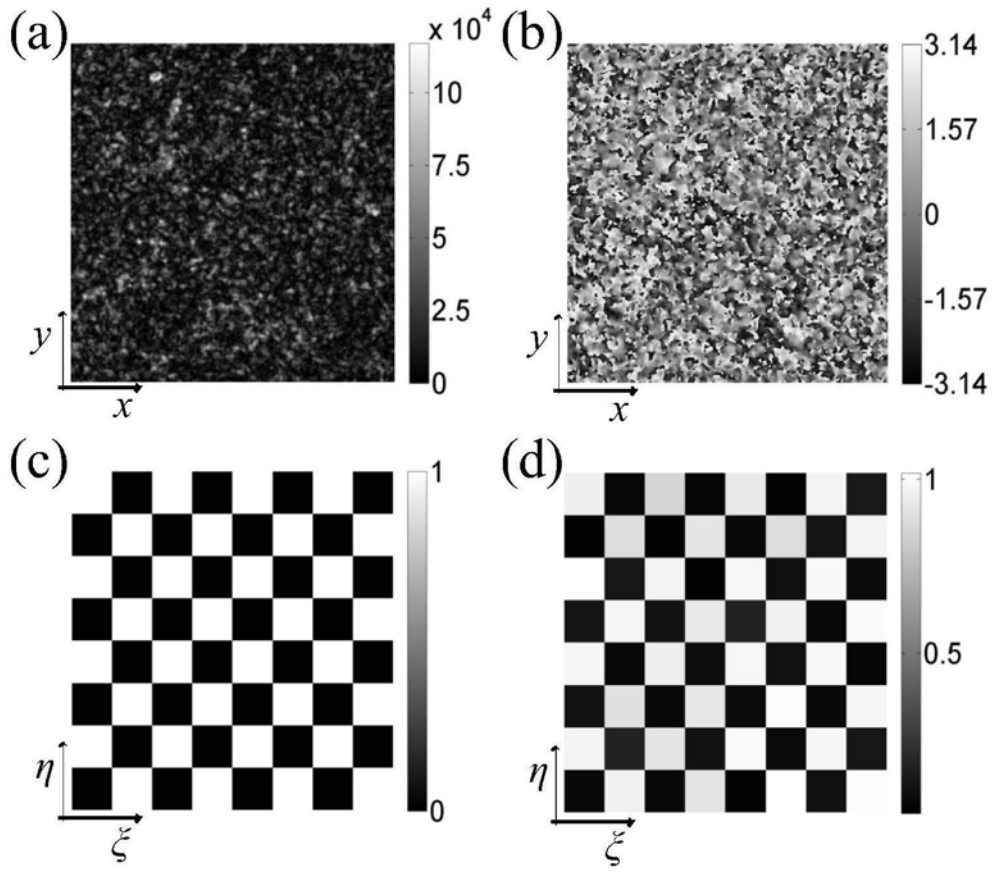


图6