

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 7 月 12 日 (12.07.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/126497 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 1/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/071501
- (22) 国际申请日: 2017 年 1 月 18 日 (18.01.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710013135.5 2017 年 1 月 9 日 (09.01.2017) CN
- (71) 申请人: 清华大学深圳研究生院
(GRADUATE SCHOOL AT SHENZHEN, TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市西丽深圳大学城清华校区 A 栋二楼, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 吴剑(WU, Jian); 中国广东省深圳市西丽深圳大学城清华校区 A 栋二楼, Guangdong 518055

(CN)。付轶帆(FU, Yifan); 中国广东省深圳市西丽深圳大学城清华校区 A 栋二楼, Guangdong 518055 (CN)。黄志文(HUANG, Zhiwen); 中国广东省深圳市西丽深圳大学城清华校区 A 栋二楼, Guangdong 518055 (CN)。何宏辉(HE, Honghui); 中国广东省深圳市西丽深圳大学城清华校区 A 栋二楼, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京市诚辉律师事务所(BEIJING CHENGHUI LAW FIRM); 中国北京市朝阳区朝阳北路 99 号楼 2 单元 905, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

(54) Title: TIP-MODULATED ENDOSCOPIC POLARIZATION IMAGING SYSTEM AND MEASURING METHOD

(54) 发明名称: 一种头端调制的内窥偏振成像系统及测量方法

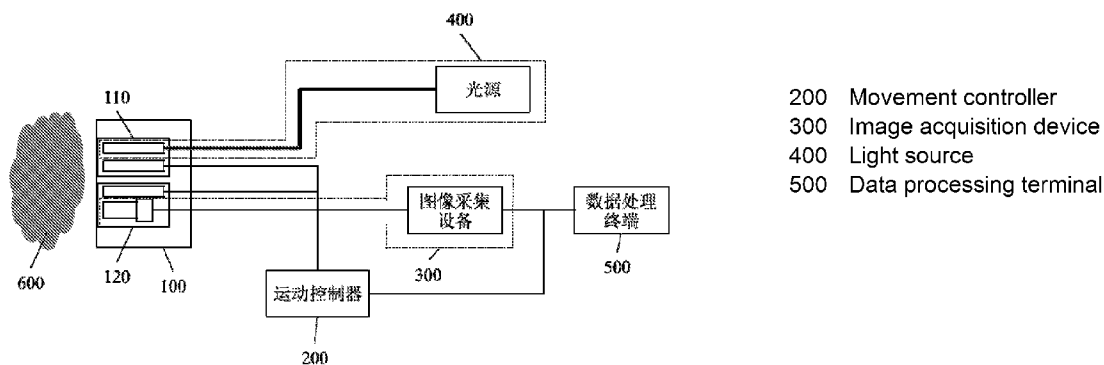


图 1

(57) Abstract: A tip-modulated endoscopic polarization imaging system and an endoscopic polarization imaging measuring method thereof. The system comprises: a light source (400), a polarization generating device (110), a polarization analyzing device (120), an imaging device (310), a mechanical tip-fixing component (100), a movement controller (200), an image acquisition device (300), and a data processing terminal (500). The polarization generating device (110) and the polarization analyzing device (120) are installed at the mechanical tip-fixing component (100) and are integrated with the light source (400) and the imaging device (310) into a tip of an endoscope. The system integrates a polarization modulating device and a demodulating device with the tip of the endoscope to form a single component, enabling flexible and convenient access to different locations for large-scale polarization detection in various endoscopic areas. Incident polarized light is modulated, and demodulated polarized light is received, both without passing through other light transmission media, significantly reducing the impact of a transmission path and the external environment on light polarization. The system has the advantages of a highly integrated tip, a small structure and quick imaging.



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种头端调制的内窥偏振成像系统及其内窥偏振成像测量方法, 该系统包括光源 (400)、偏振发生装置 (110)、偏振分析装置 (120)、成像装置 (310)、头端机械固定件 (100)、运动控制器 (200)、图像采集设备 (300) 以及数据处理终端 (500), 其中, 偏振发生装置 (110)、偏振分析装置 (120) 安装在头端机械固定件 (100) 上, 与光源 (400)、成像装置 (310) 集成于内窥镜头端。该系统将偏振调制与解调设备集成于内窥镜头端, 使之为一个整体, 可以灵活方便地对不同的位置进行大范围内窥区域偏振检测, 对入射偏振光的调制和经过解调后的偏振光的接收不经过其它的光传输介质, 大幅度地减小了传输路径以及外部环境对光偏振状态的影响, 具有头端高度集成、结构小、成像快的有益效果。

一种头端调制的内窥偏振成像系统及测量方法

技术领域

本发明涉及内窥成像测量领域，尤其涉及一种头端调制的内窥偏振成像系统及测量方法。

背景技术

偏振光学成像方法具有无损伤，分辨率高，并且能够对被测组织进行功能成像等优点，现有研究表明偏振光学成像方法相对于传统的非偏振光学成像方法而言，能够提供更加明显的组织对比分辨能力，能直观地反映组织微观结构和形态上的不同，并已经显示出在早期癌变诊断中的潜力。

内窥检测相对于传统的活检方法能够提供更方便、快捷、高效的检查方式，并且不会对个体造成较大的创伤。当前的传统内窥检测方法所采用的大部分为普通光学成像，不能很好地区分体内病变组织与正常组织。因此出现了一些将偏振光学成像与内窥检测相结合的技术。

公开号为 CN104161493A、发明名称为“偏振成像内窥镜系统及内窥成像方法”的发明申请公布了一种采用液晶相位延迟波片作为起偏器件以分焦平面为检偏方式的偏振成像系统及成像方法。

文献“Ji Q, Elson D S. A high definition Mueller polarimetric endoscope for tissue characterisation.[J]. Scientific Reports, 2016, 6.”公布了一种采用体外转动进行偏振调制和解调的内窥偏振测量系统及方法。

上述两种测量方式所依托的是硬管内窥镜作为导光及成像介质，并且其光源及成像端都远离内窥镜头端，由于偏振光在介质中的传输过程中对外部环境非常敏感，并且硬管内窥镜由于不能弯曲，导致上述两种测量方式在实际中的使用会受到限制。

文献“Vizet J, Manhas S, Deby S, et al. Demonstration of Mueller polarimetry through an optical fiber for endoscopic applications[C]// CLEO: Applications and Technology. 2014:3047-54.”、文献“Vizet J, Manhas S, Tran J, et al. Optical fiber-based full Mueller polarimeter for endoscopic imaging using a two-wavelength simultaneous measurement method.[J]. Journal of Biomedical Optics, 2016, 21(7).”和文献“Rivet S, Bradu A, Podoleanu A. Fast full 4x4 Mueller polarimeter for

endoscopic applications[C]// SPIE BiOS. 2016.”公布了利用光纤作为导光和成像介质的内窥偏振测量方法，均需要在头端加上机械位移装置才能进行面成像，否则只能进行单点测量。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是克服上述缺陷，提供一种头端调制的内窥偏振成像系统及测量方法，在内窥镜头端实现偏振调制与解调功能，可对被测组织进行偏振成像。

为达到上述目的，本发明通下述技术方案实现：

一种头端调制的内窥偏振成像系统，包括光源、偏振发生装置、偏振分析装置、成像装置、头端机械固定件、运动控制器、图像采集设备以及数据处理终端。

所述光源发出的光经过所述偏振发生装置照射在被测物上被散射，通过所述偏振分析装置进入所述成像装置成像，经由所述图像采集设备采集并传输至所述数据处理终端。

所述偏振发生装置、偏振分析装置安装在所述头端机械固定件上，与光源、成像装置集成于内窥镜头端。

所述数据处理终端连接并控制所述运动控制器，分别控制偏振发生装置的偏振产生状态与偏振分析装置的偏振检测状态。

所述偏振发生装置包括起偏偏振片、起偏轴承、起偏被传动部件、起偏传动部件以及起偏微型马达。

所述起偏被传动部件和起偏传动部件为摩擦传动轮。

所述起偏被传动部件和起偏传动部件为齿轮或皮带传动轮。

所述起偏微型马达安装固定在头端机械固定件上，所述起偏传动部件安装在起偏微型马达的输出轴上，起偏传动部件与起偏被传动部件贴合装配，起偏被传动部件固定在起偏轴承的外圈，起偏轴承的内圈安装固定在头端机械固定件上，起偏偏振片固定贴合在起偏轴承的外圈。

通过起偏微型马达的转动带动起偏轴承转动以改变起始偏振片的偏振状态，用于将光调制成不同预设偏振态的线偏振光。

所述偏振分析装置包括检偏偏振片、检偏轴承、检偏被传动部件、检偏传动部件以及检偏微型马达。

所述检偏被传动部件和检偏传动部件为摩擦传动轮。

所述检偏被传动部件和检偏传动部件为齿轮或皮带传动轮。

所述检偏微型马达安装固定在头端机械固定件上，检偏传动部件安装在检偏微型马达的输出轴上，检偏传动部件与检偏被传动部件贴合装配，检偏被传动部件固定在检偏轴承的外圈，检偏轴承的内圈安装固定在头端机械固定件上，检偏偏振片固定贴合在检偏轴承的外圈。

通过检偏微型马达的转动带动检偏轴承转动以改变检偏偏振片的偏振状态，用于检测经被测物散射后不同偏振态的线偏振光。

所述光源包括用于产生宽带光的宽带光源近端、用于对所述宽带光进行滤波以产生预设窄带光的带通滤光片、用于进行窄带光传输的导光介质以及用于出射经由所述导光介质传输后的窄带光的光源远端。

所述起偏偏振片的偏振角度 θ_1 取值范围为 $[0, \pi]$ ，所述数据处理终端根据所述角度 θ_1 以及起偏齿轮与起偏传动齿轮的传动比计算起偏微型马达需要转动的角度，发送指令到运动控制器控制起偏微型马达转动到指定位置。

所述检偏偏振片的偏振角度 θ_2 取值为范围为 $[0, \pi]$ ，所述数据处理终端根据所述角度 θ_2 以及检偏齿轮与检偏传动齿轮的传动比计算检偏微型马达需要转动的角度，发送指令到运动控制器控制起偏微型马达转动到指定位置。

所述的数据处理终端为计算机或者嵌入式处理系统。

本发明还提供一种头端调制的内窥偏振成像测量方法，测量的步骤如下：

- a. 将光源发出的光经过偏振发生装置起偏后照射到被测物上；
- b. 偏振分析装置检测经由被测物散射并经过检偏的光并由成像装置进行强度成像；

c. 分别改变步骤a和b中的起偏偏振态 N 次以及检偏偏振态 M 次，拍摄 MN 幅被测物表面偏振图像，建立关于被测物入射光和出射光的系统方程，获得被测物表面的 mueller 矩阵信息。

所述步骤c求解被测物表面的 mueller 矩阵的系统方程可描述为 $AM'_s = P$ ，其中 A 为 $MN \times 9$ 阶矩阵，是根据步骤c所设定的偏振发生态以及偏振分析态的组合所确定的系数矩阵， P 为 $MN \times 1$ 阶列向量，向量的每一行代表每次测量得到的偏振图像强度值，求解系统方程可以获得以 9×1 阶列向量代表的被测物的 mueller 矩阵 M'_s ，经过元素重新排列即可得到被测物的 mueller 矩阵 M_s 。

本发明的有益效果是：与现有技术相比，本发明将偏振调制与解调设备集成于内窥镜头端，使之为一个整体，可以灵活方便地对不同的位置进行大范围内窥区域偏振检测，对入射偏振光的调制和经过解调后的偏振光的接收不经过其它的光传输介质，大幅度地减小了传输路径以及外部环境对光偏振状态的影响，提高了成像质量。

附图说明

图 1 是本发明的具体实施例的系统结构原理图。

图 2 是图 1 中的偏振测量头端结构示意图。

图 3 是图 1 中的光源结构示意图。

图 4 是图 1 中的成像端结构示意图。

图 5 是图 2 中头端机械固定件结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的较佳实施例进行详细阐述，以使本发明的优点和特征能更易于被本领域技术人员理解，从而对本发明的保护范围做出更为清楚明确的界定。

参见图 1 和图 2，本发明所描述的基于头端调制的内窥偏振成像系统包括医疗冷光源 400、偏振发生装置 110、偏振分析装置 120、成像装置 310、头端机械固定件 100、运动控制器 200、图像采集设备 300、数据处理终端 500。

由医疗冷光源 400 所产生的光进入偏振发生装置 110，经过偏振发生装置的光变为线偏振光，照射至被测组织 600，经由被测组织散射后经过偏振分析装置 120 检测进入成像装置 310，偏振分析装置 120 检测预定角度的线偏振光。

偏振发生装置 110 和偏振分析装置 120 由运动控制器件 200 控制偏振片旋转到预定角度以产生不同的起偏和检偏状态。

医疗冷光源的远端 402、偏振发生装置 110，偏振分析装置 120 以及成像装置 310 都固定在头端机械固定件 110 上，形成内窥偏振测量头端。经过成像装置 310 采集后的图像由图像采集设备 300 采集并传输至数据处理终端 500 进行记录与处理。

参见图 2 所提供的一种优选的偏振发生装置，其包括起偏偏振片 114、起偏轴承 115、起偏齿轮 113、起偏传动齿轮 112 以及起偏微型马达 111，用于对通

过该装置的入射光调制成指定偏振态的线偏振光。

一种优选的安装方式为，起偏微型马达 111 安装固定在头端机械固定件 110 的底座 101 上，起偏传动齿轮 112 安装在起偏微型马达 111 的输出轴上，起偏传动齿轮 112 与起偏齿轮 113 贴合装配，起偏齿轮 113 固定在起偏轴承 115 的外圈，起偏轴承 115 的内圈安装固定在头端机械固定件底座 111 上，起偏偏振片 114 固定贴合在起偏轴承 115 的外圈。

参见图 2 所提供的一种优选的偏振分析装置，其包括检偏偏振片 124、检偏轴承 125、检偏齿轮 123、检偏传动齿轮 122 以及检偏微型马达 121，用于对通过该装置的接收光指定偏振态的线偏振光。

一种优选的安装方式为，检偏微型马达 121 安装固定在头端机械固定件 110 的底座 101 上，检偏传动齿轮 122 安装在检偏微型马达 121 的输出轴上，检偏传动齿轮 122 与检偏齿轮 123 贴合装配，检偏齿轮 123 固定在检偏轴承 125 的外圈，检偏轴承 125 的内圈安装固定在头端机械固定件底座 101 上，检偏偏振片 124 固定贴合在检偏轴承 125 的外圈。

本实施例中，所采用的起偏偏振片和检偏偏振片均为薄膜线偏振片，但是本领域的技术人员可以了解，起偏偏振片和检偏偏振片可以采用其它材料的线偏振片。本实施例中所采用的传动方式为齿轮贴合的传动方式，除此之外还可采用非齿轮的传动方式，例如皮带传动或滚动摩擦传动。

在图 3 所示的实施例中，医疗冷光源 400 包括光源后端 401、窄带滤光片 402、导光介质 403 和光源头端 404。光源后端 401 发出的宽带光经过窄带滤光片 402 后变为窄带光，窄带光经过导光介质 403 传输到光源头端 404。在本实施例中，光源后端 401 采用宽谱氙灯，但不限制于此并可以采用其余光源，例如 LED 或汞灯；滤光片 402 为 632nm 的窄带光滤光片，但不限制只采用此波段；导光介质 404 为光纤束，但不限制于此，可采用其它导光介质，例如液体光波导束。

在图 4 所示的实施例中，成像装置 310 的组成包括广角 CMOS 头端成像镜头 311 和 CMOS 芯片 312。

参见图 5(a)所示的一种优选的头端机械固定件，包括固定件底座 101 和固定件盖 102。固定件底座 101 包括起偏微型马达的固定孔 C110、起偏微型马达的头端轴通过孔 K111、起偏齿轮的安置孔 C109、检偏微型马达的固定孔 C106、检偏微型马达的头端轴通过孔 K108、检偏齿轮的安置孔 C107、光源的通过固定

孔 K104、起偏轴承、起偏齿轮和起偏偏振片的安置孔 C102、CMOS 的安置孔 C105、CMOS 头端成像镜头 311 通过固定孔 K103 以及检偏轴承、检偏齿轮和检偏偏振片的安置孔 C101。图 5(b)所示的固定件盖包括用于出射由光源发出的光出射光通孔 K202 和用于接收被测组织散射光的接收光通孔 K201。

传统的偏振成像方法所采用的偏振发生器件和偏振分析器件都较大，所以一般安置在体外，偏振光在导光介质传输到内窥镜远端的过程中偏振态会发生改变，从而对测量结果产生干扰。本实施例中将偏振发生装置、偏振分析装置、光源以及成像装置都安装在内窥镜的头端，可以克服上述传输问题所造成的影响。

本发明还提供一种基于头端调制的内窥偏振成像方法，结合一种优选的实施方式进行说明：

进行内窥偏振测量的步骤如下：

- a. 将光源 400 发出的光经过偏振发生装置 110 起偏后照射到被测组织上。
- b. 由偏振分析装置 120 检测经由被测组织散射后的光并由成像装置 310 进行强度成像。
- c. 分别改变步骤 a 中的起偏偏振态 $N(N \geq 3)$ 次以及 b 中的检偏偏振态 $M(M \geq 3)$ 次，拍摄 MN 幅被测组织表面偏振图像并存储在数据处理终端 500 中，建立关于被测组织入射和出射的系统方程，获得被测组织表面的 mueller 矩阵信息。

通过数据处理终端 500 控制运动控制器 200 发送指定数目的脉冲到对应的起偏微型马达 111 和检偏微型马达 121，实现步骤 a 和步骤 b 的偏振发生装置 110 和偏振分析装置 120 偏振态的改变，待起偏微型马达和检偏微型马达转动到指定位置后，记录当前的起偏及检偏偏振状态下被测组织表面图像。

根据获取图像对应的起偏偏振态和检偏偏振态，在内窥探头所确定的局部坐标系下可以确定当前所拍摄图像每一像素点灰度值 (m, n) 与被测组织所决定的 mueller 矩阵阵元之间的线性方程。

根据偏振测量原理，入射光经过起偏器件后照射到被测组织上会发生散射，散射后的光会携带与组织光学特性相关的偏振信息，经过检偏器件筛选后由成像器件进行强度成像，这个过程可以描述为：

$$I_{out}(m, n) = AM_s P I_{in} = I_{in}(m, n) \sum_{i,j=1}^3 u_{ij}(m, n) m_{ij}(m, n) ;$$

$I_{out}(m,n)$ 和 $I_{in}(m,n)$ 分别对应成像器件上点 (m,n) 所接收到光强值和光源所发出的光强值, 对成像器件上的每个像素来说, 在测量过程中 $I_{in}(m,n)$ 不会发生改变, 而 $I_{out}(m,n)$ 会随着起偏器件和检偏器件偏振态的不同而不同, 这就是光强信号的调制。A 表示起偏器件对应偏振态的仪器 mueller 矩阵, P 表示检偏器件对应偏振态的 mueller 矩阵, $u_{ij} = a_i p_j$ 为 A 的第一行的第 i 个矩阵阵元与 P 的第一列的 j 个矩阵阵元的乘积, 将 M_s 展开为 9×1 阶的列向量 M'_s , 上述表达式可以表示为:

$$I'_{out} = I_{out} / I_{in} = U M'_s = \begin{bmatrix} a_1^1 p_1^1 & a_1^1 p_2^1 & a_1^1 p_3^1 & \cdots & a_3^1 p_3^1 \\ a_1^2 p_1^2 & a_1^2 p_2^2 & a_1^2 p_3^2 & \cdots & a_3^2 p_3^2 \\ a_1^3 p_1^3 & a_1^3 p_2^3 & a_1^3 p_3^3 & \cdots & a_3^3 p_3^3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_1^{N^2} p_1^{N^2} & a_1^{N^2} p_2^{N^2} & a_1^{N^2} p_3^{N^2} & \cdots & a_3^{N^2} p_3^{N^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{11} \\ m_{12} \\ m_{13} \\ \vdots \\ m_{33} \end{bmatrix};$$

该线性方程可简化描述为: $U M'_s(i, j) = I'_{out}(i, j)$, 对于待求解的 mueller 矩阵 $M_s(i, j)$, 可由线性方程组求伪逆的方法得到:

$$M'_s(i, j) = (U^T U)^{-1} U^T \cdot I'_{out}(i, j);$$

9×1 阶的列向量 $M'_s(i, j) = [m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{21}, m_{22}, m_{23}, m_{31}, m_{32}, m_{33}]^T$ 经过重新排列后得到被测样品的 mueller 矩阵 $M_s(i, j)$ 。

$$M_s(i, j) = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix};$$

特别的, 在本实施例中, 选取 $N = 4$, 起偏偏振片和检偏偏振片相对于内窥头端预设水平位置的角度分别设置为 $\theta_1 = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$, $\theta_2 = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 。如此可求解 $M_s(i, j)$ 与获取的灰度图像中某一特定像素点取值向量 $I'_{out}(i, j)$ 的线性关系, 改变像素坐标进行相同的运算可获得整幅图像的 mueller 矩阵 M_s 。

以上所述仅为本发明的实施例, 并非因此限制本发明的专利范围, 凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换, 或直接或间接运用在其他相关的技术领域, 均同理包括在本发明的专利保护范围内。

1、一种头端调制的内窥偏振成像系统，包括光源、偏振发生装置、偏振分析装置、成像装置、头端机械固定件、运动控制器、图像采集设备以及数据处理终端；

所述光源发出的光经过所述偏振发生装置照射在被测物上被散射，通过所述偏振分析装置进入所述成像装置成像，经由所述图像采集设备采集并传输至所述数据处理终端；其特征在于：

所述偏振发生装置、偏振分析装置安装在所述头端机械固定件上，与光源、成像装置集成于内窥镜头端；

所述数据处理终端连接并控制所述运动控制器，分别控制偏振发生装置的偏振产生状态与偏振分析装置的偏振检测状态。

2、根据权利要求 1 所述的头端调制的内窥偏振成像系统，其特征在于：

所述偏振发生装置包括起偏偏振片、起偏轴承、起偏被传动部件、起偏传动部件以及起偏微型马达；

所述起偏被传动部件和起偏传动部件为摩擦传动轮，优选地，起偏被传动部件和起偏传动部件为齿轮或皮带传动轮；

所述起偏微型马达安装固定在头端机械固定件上，所述起偏传动部件安装在起偏微型马达的输出轴上，起偏传动部件与起偏被传动部件贴合装配，起偏被传动部件固定在起偏轴承的外圈，起偏轴承的内圈安装固定在头端机械固定件上，起偏偏振片固定贴合在起偏轴承的外圈；

通过起偏微型马达的转动带动起偏轴承转动以改变起始偏振片

的偏振状态，用于将光调制成不同预设偏振态的线偏振光。

3、根据权利要求 1 所述的头端调制的内窥偏振成像系统，其特征在于：

所述偏振分析装置包括检偏偏振片、检偏轴承、检偏被传动部件、检偏传动部件以及检偏微型马达；

所述检偏被传动部件和检偏传动部件为摩擦传动轮；

所述检偏微型马达安装固定在头端机械固定件上，检偏传动部件安装在检偏微型马达的输出轴上，检偏传动部件与检偏被传动部件贴合装配，检偏被传动部件固定在检偏轴承的外圈，检偏轴承的内圈安装固定在头端机械固定件上，检偏偏振片固定贴合在检偏轴承的外圈；

通过检偏微型马达的转动带动检偏轴承转动以改变检偏偏振片的偏振状态，用于检测经被测物散射后不同偏振态的线偏振光。

4、根据权利要求 3 所述的头端调制的内窥偏振成像系统，其特征在于：

所述检偏被传动部件和检偏传动部件为齿轮或皮带传动轮。

5、根据权利要求 1 所述的头端调制的内窥偏振成像系统，其特征在于：

所述光源包括用于产生宽带光的宽带光源近端、用于对所述宽带光进行滤波以产生预设窄带光的带通滤光片、用于进行窄带光传输的导光介质以及用于出射经由所述导光介质传输后的窄带光的光源远端。

6、根据权利要求 2 所述的头端调制的内窥偏振成像系统，其特征在于：

所述起偏偏振片的偏振角度 θ_1 取值范围为 $[0, \pi]$ ，所述数据处理终端根据所述角度 θ_1 以及起偏齿轮与起偏传动齿轮的传动比计算起偏微型马达需要转动的角度，发送指令到运动控制器控制起偏微型马达转动到指定位置。

7、根据权利要求 3 所述的头端调制的内窥偏振成像系统，其特征在于：

所述检偏偏振片的偏振角度 θ_2 取值为范围为 $[0, \pi]$ ，所述数据处理终端根据所述角度 θ_2 以及检偏齿轮与检偏传动齿轮的传动比计算检偏微型马达需要转动的角度，发送指令到运动控制器控制起偏微型马达转动到指定位置。

8、根据权利要求 1 所述的头端调制的内窥偏振成像系统，其特征在于：

所述的数据处理终端为计算机或者嵌入式处理系统。

9、一种采用权利要求 1 所述的头端调制的内窥偏振成像系统进行内窥偏振成像测量方法，其特征在于：包括如下步骤：

- a. 将光源发出的光经过偏振发生装置起偏后照射到被测物上；
- b. 偏振分析装置检测经由被测物散射并经过检偏的光并由成像装置进行强度成像；
- c. 分别改变步骤 a 和 b 中的起偏偏振态 N 次以及检偏偏振态 M 次，拍摄 MN 幅被测物表面偏振图像，建立关于被测物入射光和出射

光的系统方程，获得被测物表面的 mueller 矩阵信息。

10、根据权利要求 5 所述的窥偏振成像测量方法，其特征在于：
所述步骤 c 求解被测物表面的 mueller 矩阵的系统方程可描述为 $AM'_s = P$ ，其中 A 为 $MN \times 9$ 阶矩阵，是根据步骤 c 所设定的偏振发生态以及偏振分析态的组合所确定的系数矩阵， P 为 $MN \times 1$ 阶列向量，向量的每一行代表每次测量得到的偏振图像强度值，求解系统方程可以获得以 9×1 阶列向量代表的被测物的 mueller 矩阵 M'_s ，经过元素重新排列即可得到被测物的 mueller 矩阵 M_s 。

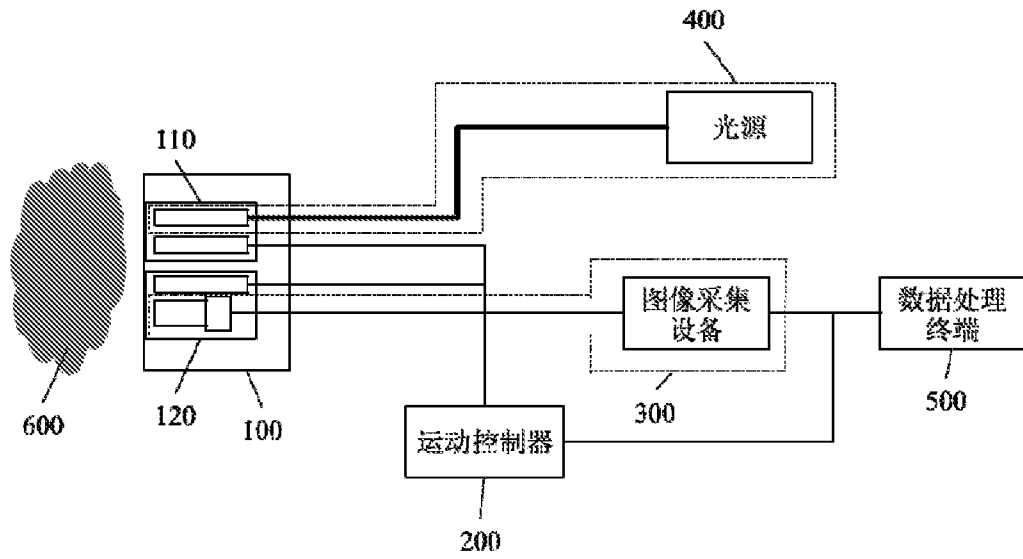


图 1

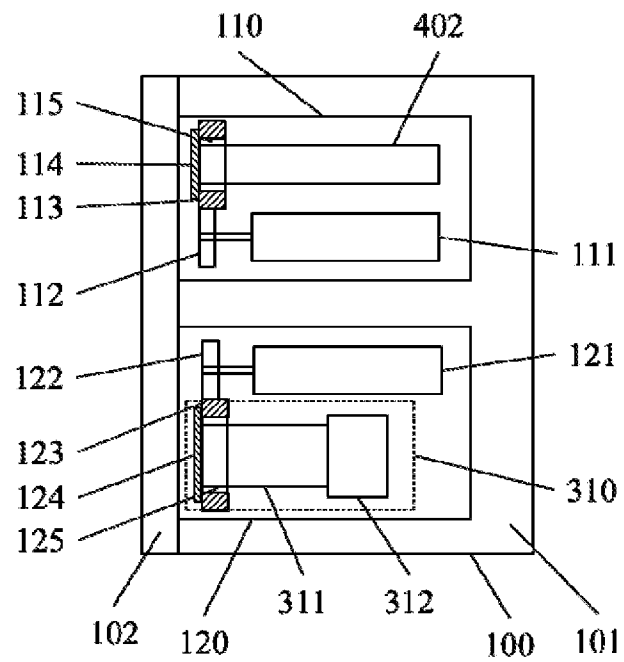


图 2

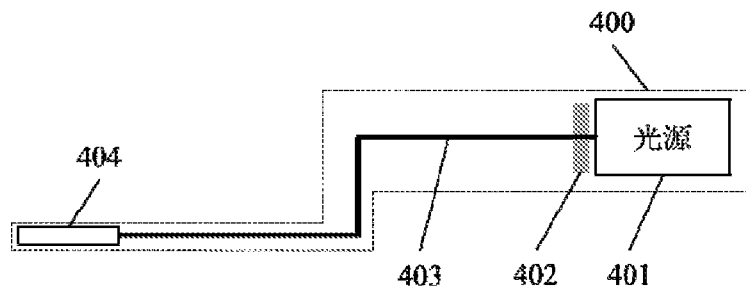


图 3

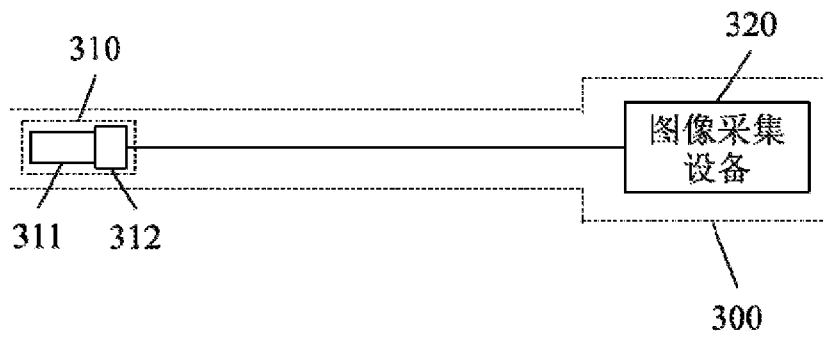


图 4

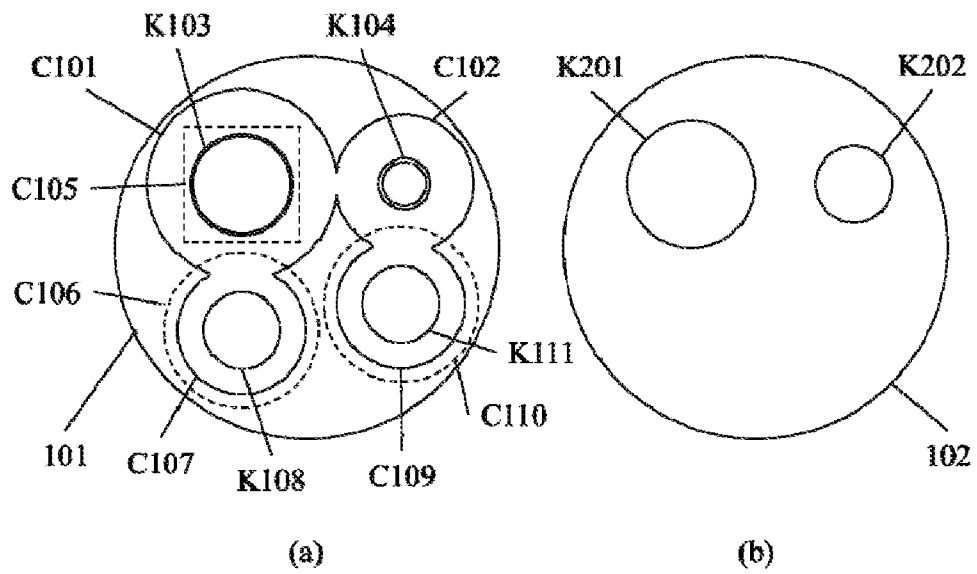


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/071501

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 1/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPATJPI, EPODOC: 清华大学深圳研究生院, 吴剑, 何宏辉, 头, 内窥, 偏振, 成像, 摄像, 光源, 控制, 运动, 移动, 采集, 图像, 轮, 齿轮, 方法, 起偏, 检偏, endoscope, head, end, modulation, polarization, imag+, system, method, control+, detect+, analysis, generat+, light, mov+, wheel, gear

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104161493 A (GRADUATE SCHOOL AT SHENZHEN, TSINGHUA UNIVERSITY), 26 November 2014 (26.11.2014), description, paragraphs [0035]-[0041] and [0044]-[0068], and figures 1-3	1-10
A	CN 102356628 B (PANASONIC CORPORATION), 11 March 2015 (11.03.2015), entire document	1-10
A	CN 1341209 A (NEWTON LABORATORIES, INC.), 20 March 2002 (20.03.2002), entire document	1-10
A	CN 106264453 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY), 04 January 2017 (04.01.2017), entire document	1-10
A	CN 102429628 A (HANGZHOU SHOUTIAN PHOTOELECTRIC TECHNOLOGY CO., LTD.), 02 May 2012 (02.05.2012), entire document	1-10
A	JP 2016007273 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.), 18 January 2016 (18.01.2016), entire document	1-10
A	CN 101032390 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 12 September 2007 (12.09.2007), entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 06 September 2017	Date of mailing of the international search report 27 September 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer JIANG, Peijie Telephone No. (86-10) 62413521

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/071501

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104161493 A	26 November 2014	CN 104161493 B	20 April 2016
CN 102356628 B	11 March 2015	WO 2011070708 A1	16 June 2011
		EP 2512124 A1	17 October 2012
		JP 4762369 B2	31 August 2011
		EP 2512124 B1	06 July 2016
		US 2011267483 A1	03 November 2011
		CN 102356628 A	15 February 2012
		US 8654246 B2	18 February 2014
CN 1341209 A	20 March 2002	WO 0043750 A2	27 July 2000
		NZ 513118 A	27 February 2004
		AU 2628200 A	07 August 2000
		EP 1153280 A2	14 November 2001
		CA 2371782 A1	27 July 2000
		KR 20010110346 A	13 December 2001
		JP 2002535645 A	22 October 2002
CN 106264453 A	04 January 2017	None	
CN 102429628 A	02 May 2012	None	
JP 2016007273 A	18 January 2016	None	
CN 101032390 A	12 September 2007	CN 100455253 C	28 January 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/071501

A. 主题的分类

A61B 1/00(2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A61B;

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC:清华大学深圳研究生院, 吴剑, 何宏辉, 头, 内窥, 偏振, 成像, 摄像, 光源, 控制, 运动, 移动, 采集, 图像, 轮, 齿轮, 方法, 起偏, 检偏, endoscope, head, end, modulation, polarization, imag+, system, method, control+, detect+, analysis, generat+, light, mov+, wheel, gear

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 104161493 A (清华大学深圳研究生院) 2014年 11月 26日 (2014 - 11 - 26) 说明书第[0035]-[0041], [0044]-[0068]段, 图1-3	1-10
A	CN 102356628 B (松下电器产业株式会社) 2015年 3月 11日 (2015 - 03 - 11) 全文	1-10
A	CN 1341209 A (牛顿实验室公司) 2002年 3月 20日 (2002 - 03 - 20) 全文	1-10
A	CN 106264453 A (深圳先进技术研究院) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 全文	1-10
A	CN 102429628 A (杭州首天光电技术有限公司) 2012年 5月 2日 (2012 - 05 - 02) 全文	1-10
A	JP 2016007273 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 2016年 1月 18日 (2016 - 01 - 18) 全文	1-10
A	CN 101032390 A (浙江大学) 2007年 9月 12日 (2007 - 09 - 12) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 9月 6日

国际检索报告邮寄日期

2017年 9月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10) 62019451

受权官员

姜佩杰

电话号码 (86-10) 62413521

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/071501

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104161493	A	2014年 11月 26日	CN	104161493	B	2016年 4月 20日
CN	102356628	B	2015年 3月 11日	WO	2011070708	A1	2011年 6月 16日
				EP	2512124	A1	2012年 10月 17日
				JP	4762369	B2	2011年 8月 31日
				EP	2512124	B1	2016年 7月 6日
				US	2011267483	A1	2011年 11月 3日
				CN	102356628	A	2012年 2月 15日
				US	8654246	B2	2014年 2月 18日
CN	1341209	A	2002年 3月 20日	WO	0043750	A2	2000年 7月 27日
				NZ	513118	A	2004年 2月 27日
				AU	2628200	A	2000年 8月 7日
				EP	1153280	A2	2001年 11月 14日
				CA	2371782	A1	2000年 7月 27日
				KR	20010110346	A	2001年 12月 13日
				JP	2002535645	A	2002年 10月 22日
CN	106264453	A	2017年 1月 4日	无			
CN	102429628	A	2012年 5月 2日	无			
JP	2016007273	A	2016年 1月 18日	无			
CN	101032390	A	2007年 9月 12日	CN	100455253	C	2009年 1月 28日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)