(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118922710 A
(43)申请公布日 2024.11.08

(21)申请号 202380033365.1
(22)申请日 2023.02.15
(30)优先权数据
2022-073302 2022.04.27 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.10.10
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/005270 2023.02.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/210116 JA 2023.11.02
(71)申请人 松下知识产权经营株式会社
地址 日本
(72)发明人 壁谷泰宏 浦岛毅吏
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
专利代理师 齐秀凤
(51)Int.Cl.
G01N 21/17(2006.01)

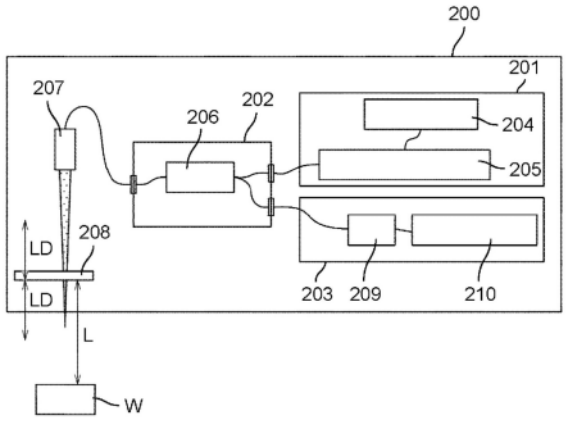
权利要求书1页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

光干涉测量装置

(57)摘要

在由光梳产生滤波器(205)调整成等频率间隔后的光被入射并从测定头(207)照射到测定对象(W)时,通过光分割单元(208)来将由光梳产生滤波器(205)调整成等频率间隔后的光分割为测定光和参照光,通过干涉光检测单元(210)来对将测定光的来自测定对象(W)的反射光和参照光合波后的干涉光进行检测。



CN 118922710 A

1.一种光干涉测量装置,具备:

低相干光源,射出低相干光;

光梳产生滤波器,将从所述低相干光源射出的所述光调整成等间隔的光频率分布;

光分割单元,将由所述光梳产生滤波器调整成等频率间隔的光分割为测定光和参照光;和

干涉光检测单元,对将来自所述测定对象的反射光和所述参照光合波后的干涉光进行检测,

将从作为所述测定光的信号光的信号光路长度与所述参照光的参照光路长度一致的零点到所述测定对象为止的距离设为:从成为将光速乘以所述光梳产生滤波器的模式间隔的倒数后的值的整数倍的值减去根据所述干涉光检测单元的光频率分辨率决定的可测定范围而得到的距离,到对所述值加上所述可测定范围后的距离为止的范围内。

2.根据权利要求1所述的光干涉测量装置,其中,

所述低相干光源是超发光二极管、超短脉冲激光器和超连续光源当中的任一种光源,从该光源射出的光是所述低相干光。

3.根据权利要求1或2所述的光干涉测量装置,其中,

所述光分割单元被配置在所述测定对象与所述测定头之间。

4.根据权利要求1或2所述的光干涉测量装置,其中,

所述光干涉测量装置还具备:强度调整机构,进行作为所述测定光的信号光的强度调整,

所述强度调整机构被配置在从零点起而将光速乘以所述光梳产生滤波器的模式间隔的倒数后的值的一半的距离的位置。

5.根据权利要求4所述的光干涉测量装置,其中,

所述光梳产生滤波器是精细度为2~20的范围的法布里珀罗滤波器,是能对其模式间隔随机地进行调制的机构。

光干涉测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及使用基于反射光和参照光的干涉光来对测定对象进行测量的光干涉测量装置。

背景技术

[0002] 光学相干断层成像(即OCT)是利用了光的干涉现象的涂敷膜等构造物或生物体的断层像拍摄法。OCT已经在眼科医疗领域中被实用化,作为具有十几μm这样的高的分辨率的断层测量手法,被使用于眼球内的视网膜等精细区域的断层像拍摄。

[0003] 在OCT当中,有需要参照平面的扫描的时域OCT(即TD-OCT)和不需要参照平面的扫描的频域OCT(即FD-OCT)这2种。在FD-OCT当中,也有谱域类型(即SD-OCT)和波长扫描型光源类型(即SS-OCT)这2者,但均是在将从光源射出的光分割成测定光和参照光之后,将从测定对象反射的测定光和参照光合波,并基于测定光与参照光的干涉光的拍频来获取光断层图像。

[0004] 图8是示出专利文献1所记载的以往的SD-OCT装置的图。

[0005] 在图8所示的装置中的干涉仪10中,从光源12射出的光在准直器30的端面被分割成参照光和测定光,参照光直接向分光装置40入射,测定光在从测定对象W反射之后经由准直器30而同样地向分光装置40入射。在此,准直器30的端面作为光干涉仪中的参照面而动作。

[0006] 在分光装置40中,测定光和参照光在光谱区域中干涉,结果,作为干涉信号而对干涉条纹进行测量。通过针对该干涉信号进行适当的信号处理,能够得到测定对象W的深度方向1维的折射率分布的微分,也就是说能够得到反射率分布即光断层图像。

[0007] 如此,将参照光与测定光的分支部设置在测定对象W的附近,而不是设置在干涉仪10,在此,设置在准直器30的测定对象W侧的端面。将参照光和测定光几乎穿过同一光路的光学系统称为公共路径光学系统,参照光和测定光共享由波长分散或热膨胀引起的光路长度的变动等的干扰并相互抵消,因而公共路径光学系统具有高的精度。

[0008] 在先技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:日本特开2009-270939号公报

发明内容

[0011] 本发明的1个方式所涉及的光干涉测量装置具备:低相干光源,射出低相干光;光梳产生滤波器,将从所述低相干光源射出的所述光调整成等间隔的光频率分布;光分割单元,将由所述光梳产生滤波器调整成等频率间隔的光分割为测定光和参照光;和干涉光检测单元,对将来自所述测定对象的反射光和所述参照光合波后的干涉光进行检测,将从作为所述测定光的信号光的信号光路长度与所述参照光的参照光路长度一致的零点到所述测定对象为止的距离设为:从成为将光速乘以所述光梳产生滤波器的模式间隔的倒数后的

值的整数倍的值减去根据所述干涉光检测单元的光频率分辨率决定的可测定范围而得到的距离,到对所述值加上所述可测定范围后的距离为止的范围内。

附图说明

[0012] 图1是示出实施方式1中的SD-OCT装置的整体结构的图。

[0013] 图2A是实施方式1中的法布里珀罗滤波器的图。

[0014] 图2B是在频域中示出光频梳光源的光输出的图。

[0015] 图2C是在频域中示出光频梳光源的透射率的图。

[0016] 图2D是在频域中示出光频梳光源的光输出的图。

[0017] 图3是光梳产生滤波器变形例的图。

[0018] 图4是实施方式1中的SD-OCT装置的可干涉区域的图。

[0019] 图5是示出强度调整机构的设置位置的图。

[0020] 图6A是示出入射模式数相对于检测器阵列的偏差的图。

[0021] 图6B是示出基于模式间隔FSR的调制的平均化的图。

[0022] 图7是示出实施方式2中的SD-OCT装置的整体结构的图。

[0023] 图8是示出专利文献3所记载的以往的SD-OCT装置的图。

具体实施方式

[0024] 在SD-OCT装置中能够测定的深度方向的可测定范围LD、即能够正确地获得光谱干涉条纹的参照光与测定光的光路长度差的最大值的一半,被分光器的光频率分辨率限制。因此,在前述以往的结构中,具有如下课题:不能使以参照光与测定光的分支部即准直器30的测定对象W侧的端面为基准的到测定对象W为止的距离L大于可测定范围LD,仅能进行使准直器30与测定对象W接近的测量。

[0025] 本发明解决所述以往的课题,目的在于,提供能够在维持高的精度的同时测量比可测定范围远的对象的光干涉测量装置。

[0026] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0027] ＜实施方式1＞

[0028] 图1是示出作为实施方式1中的光干涉测量装置的一个例子的SD-OCT(谱域类型光学相干断层成像)装置200的整体结构的图。

[0029] SD-OCT装置200至少具备:具有低相干光源204和光梳产生滤波器205的光频梳光源201、光分割单元以及干涉光检测单元。在图1中,SD-OCT装置200还具备光纤干涉仪202和具有干涉光检测单元的分光器203。

[0030] 光频梳光源201是具有等间隔的光频率分布的光源。光频梳光源201由SLD(超发光二极管)、超短脉冲激光器或超连续光源等低相干光源204、和将从低相干光源204射出的低相干光调整成等间隔的光频率分布的光梳产生滤波器205构成。从低相干光源204出来的光由光梳产生滤波器205将光频率成形为等间隔的光频率分布即等频率间隔的梳状。被成形的光频率的详细情况将在后面叙述。

[0031] 从光频梳光源201产生的光入射到光纤干涉仪202。光纤干涉仪202具有与2个光接受口和1个光送出口连接的耦合器206。

[0032] 在光纤干涉仪202中,光频梳光源201的光射出口与耦合器206的2个光接受口当中的第1光接受口连接。耦合器206的光送出口与光纤干涉仪202外的测定头207连接。由光梳产生滤波器205调整成等频率间隔后的光被入射到测定头207,并朝向测定对象W射出。

[0033] 从测定头207射出的光由作为光分割单元的一个例子的参照面208分割成测定光以及参照光。参照面208不是如以往那样被配置在准直器30的测定对象W侧的端面,而是在测定头207与测定对象W之间的空间内被配置在从测定头207向测定对象W侧远离的位置,换言之被配置在从测定对象W远离了距离L的位置。

[0034] 实施方式1中的参照面208是能够将光分离成透射光和反射光的原材料。作为一个例子,能够由半反射镜或玻璃制的平行平板等构成。

[0035] 参照光从参照面208经由测定头207而进入到耦合器206,从耦合器206的2个光接受口当中的第2光接受口向分光器203入射。另一方面,测定光被照射到从参照面208远离了到测定对象W为止的距离L的测定对象W,经过测定对象W处的反射或散射而回到参照面208,并与参照光同样地经由测定头207而进入到耦合器206,从耦合器206的第2光接受口向分光器203入射。

[0036] 在干涉仪202中,将测定光的信号光路和参照光的参照光路一致的点称为零点。该干涉仪202中的零点成为参照面208的位置本身,但在迈克尔逊型等不同的配置的干涉仪的情况下,不限于此。

[0037] 分光器203具有与干涉仪202连接的衍射光栅209和与衍射光栅209连接的检测器阵列210。通过分光器203的衍射光栅209,从而测定光和参照光这两束光被同时地分光,在光频域内干涉而成为将反射光和参照光合波后的干涉光,其结果,干涉光的干涉信号能由作为干涉光检测单元的一个例子的检测器阵列210测量。

[0038] 通过针对该干涉信号进行适当的信号处理,能够得到测定对象W的测定光的信号光路中的1维的折射率分布的微分、即反射率分布。另外,在此定义为,根据信号光路长度-参照光路长度的运算结果的正负来决定光路长度差的正负的符号。

[0039] 此时,若如前述那样将在SD-OCT装置200中能够测定的深度方向的有限的可测定范围设为LD,则能够测定的最大范围成为以零点为中心±LD的范围。若将能够由检测器阵列210所具有的1个像素分辨的光频率设为频率分辨率dv,则根据奈奎斯特的采样定理,由分光器203观测到的测定光以及参照光的最大的时间差为1/2dv。若将其换算成深度、即往返的距离,则将光速设为c时,可由下式来表示,

[0040] $LD=c/4dv$ (1)

[0041] 分光器203的频率分辨率dv越高则可测定范围LD越大,但频率分辨率dv被检测器阵列210所具有的有限的像素数限制,因而是有限度的。

[0042] ＜关于光频梳产生器＞

[0043] 对于由作为光频梳产生器的光频梳光源201生成的输出光谱,使用图2A～图2D来说明。作为一个例子,光梳产生滤波器205是构成了图2A中所示那样的将具有反射率R的2块半反射镜对211夹着一定的气隙距离、即夹着腔体长度LC的气隙217而对置地配设的光谐振器的法布里珀罗滤波器212。透射该光梳产生滤波器205后的低相干光源204的输出在时域上被赋予下式的时间延迟。

[0044] $2LC/c\times n$ (2)

[0045] n是光谐振器内的光的往返次数,n＝0、1、2、3。

[0046] 将在频域上表示光频梳光源201的输出的结果示出于图2B～图2D。在图2B～图2D中,对纵轴取光输出、透射率、光输出,对横轴取光频率。

[0047] 在该光梳产生滤波器205中,将本来的低相干光源204的光谱300(参照图2B)乘以光梳产生滤波器205的透射率光谱301(参照图2C),调整成相等的模式间隔FSR的模式竖立的梳状的输出光谱302(参照图2D)。

[0048] 此时的模式间隔FSR使用光速c和腔体长度LC而表示为下式。

[0049] $FSR＝c/2LC$ (3)

[0050] 在此,关于光频梳光源201,可以不是将光梳产生滤波器205与低相干光源204组合后的光频梳光源,而也可以是使重复频率稳定化的锁模激光器、或者通过电光学元件对单模激光器进行调制而设为梳状的模式的光频梳光源、或高精细度(finesse)的标准具,但它们的输出光谱中的单一模式的线宽为窄带宽,因而作为结果,由光频梳光源201的单一模式的线宽定义的相干长度长达几十～百m以上。具体地,若将单一模式的线宽设为Δf,则该单一模式的相干时间T成为下式。

[0051] $T＝1/\Delta f$ (4)

[0052] 将基于该相干时间T的相干长度CO换算成深度则成为下式。

[0053] $CO＝T*c/2＝c/2\Delta f$ (5)

[0054] 例如在FSR＝10GHz且精细度为2000程度的高精细度标准具的情况下,相干长度CO也会达到30m程度,因而例如在耦合器206等光学元件中产生的后方散射光等也会与来自参照面208的参照光干涉,有作为无用的干涉信号而使S/N比下降这样的问题。此外,高精细度标准具的光的透射率低,与直接使用低相干光源204的输出的情况相比,难以得到满足分光器203的测定动态范围的光强度。

[0055] 因此,优选为,能够将光频梳光源201的单一模式的相干长度控制为从零点到测定对象W为止的距离L的2倍以上且20倍以下这样短的法布里珀罗滤波器。在相干长度低于距离L的2倍的情况下,在如后述那样将测量范围扩展到2倍时,不能得到充分的干涉信号。此外,在相干长度超过距离L的20倍的情况下,如前述那样,会使S/N比下降,进而光的透射率变低。

[0056] 为了实现这点,法布里珀罗滤波器212的透射率的极大值的峰值的线宽成为模式间隔FSR的1/2～1/20。这能够通过将构成法布里珀罗滤波器212的半反射镜对211的反射率R分别设定为20%、85%来实现。

[0057] 由此,光梳产生滤波器205是精细度为2～20的范围的法布里珀罗滤波器212,优选设为能如后述那样随机地调制其模式间隔FSR的机构。

[0058] 在此,对光的合波使用了耦合器206,但也可以使用分束器来在自由空间中构建光纤干涉仪202,也可以使用光循环器等元件来代用。

[0059] 调整低相干光源204的光谱的光梳产生滤波器205可以不是法布里珀罗滤波器212那样的使用了气隙217的谐振器,而也可以设为使用了光纤谐振器的谐振器时间延迟机构。

[0060] ＜光梳产生滤波器205的变形例1＞

[0061] 图3是示出本实施方式1中的光梳产生滤波器205的变形例1的说明图。光梳产生滤波器205的变形例1是具有第一输入端口401、第二输入端口405和2个输出端口402、403的谐

振器耦合器400。

[0062] 低相干光源204的输出入射到谐振器耦合器400的第一输入端口401。入射的光由谐振器耦合器400分支成2个输出端口402、403,第一输出端口402的输出入射到光纤干涉仪202。

[0063] 第二输出端口403的输出经由光路长度LF的时间延迟光纤404与谐振器耦合器400的第二输入端口405连接。

[0064] 通过该结构,能够对低相干光源204的输出设置相当于时间延迟光纤404的光路长度的时间延迟。该时间延迟相当于以腔体长度LC/2对置地配设的光谐振器。

[0065] 特别地,变形例1在设置长的时间延迟时,与如法布里珀罗滤波器212那样的使用了气隙217的谐振器相比,不需要进行精密的对准,容易调整。

[0066] ＜关于深度范度的扩大＞

[0067] 在图4中示出实施方式1中的SD-OCT装置200的可干涉区域。在此,将能够得到干涉信号的光路长度差的范围称为可干涉区域。可干涉区域在对纵轴取干涉信号的强度且对横轴取深度z(＝光路长度差/2)时,描绘出以零点为中心的洛伦兹函数,但在此为了简单,设为干涉信号的强度是一定的并且宽度为±LD的矩形。

[0068] 在信号光路与参照光路的光路长度差为0的零点的附近,在光路长度差0±LD的范围内检测到干涉信号。将其设为0次可干涉区域。

[0069] 进一步地,在信号光路与参照光路的光路长度差进一步地远离了＋2LC时,即在深度z远离了＋LC时,在深度LC±LD的区域中也能够得到干涉信号。这能够被认为是,若在时域上考虑,则由于光梳产生滤波器205,从而具有2LC/c×(n＋1)的时间延迟的光和具有2LC/c×n的时间延迟的光通过零点与测定对象W之间的往返的时间差2LC/c而消除了各自的时间差,进行了干涉。

[0070] 同样地,在信号光路与参照光路的光路长度差进一步远离了＋2LC时,也能够同样地在深度2LC±LD的区域中得到干涉信号。

[0071] 如此,将在从零点远离了深度n×LC(其中,n＝1、2、3……)的区域中产生的干涉称为n次干涉。

[0072] 由此,本实施方式1能够使用n次干涉(其中,n＝1、2、3……)来得到零点与测定对象W的距离L大于可测定范围LD时的干涉信号。

[0073] 作为n的范围,若在由光频梳光源201的单一模式的线宽定义的相干长度的范围内,则取任何值均能够得到干涉信号,但是接着0的1次干涉信号的强度较强,因而优选为n＝1次。即,作为腔体长度LC的范围,优选将腔体长度LC设定为从零点到测定对象W为止的距离L被包括在下式的范围内。

[0074] $LC\times 1-LD<L<LC\times 1+LD$ (6)

[0075] 不过,若增大腔体长度LC,则光梳产生滤波器205中的谐振器长度变长,因而在由光频梳光源201的单一模式的线宽定义的相干长度的范围内使用n＝2次以上的干涉也没有问题。

[0076] 若将该(6)式换种说法,则根据(3)式的LC＝1/(2FSR)＊c,优选为将从作为测定光的信号光的信号光路长度和所述参照光的参照光路长度一致的零点到测定对象W为止的距离L设为,从成为对光梳产生滤波器205的模式间隔FSR的倒数除以2并乘以光速c后的值的

整数倍(其中,n＝1、2、3……)的值(即1/(2FSR)＊c＊n)减去根据分光器203的光频率分辨率dv决定的可测定范围LD而得到的距离([1/(2FSR)＊c＊n]-LD),到对所述值(即1/(2FSR)＊c＊n)加上可测定范围LD后的距离([1/(2FSR)＊c＊n]＋LD)为止的范围内。

[0077] ＜关于信号光强度的调整机构＞

[0078] 在SD-OCT装置200中,为了得到在检测器阵列210的有限的动态范围内对比度高的干涉信号,希望作为测定光的信号光的强度与参照光的强度相等。然而,在公共路径干涉仪中,参照光总是穿过与信号光相同的光路,难以仅调整参照光的强度,因而也可以在测定头207,在从零点到测定对象W之间的信号光侧设置强度调整机构213。

[0079] 在图5中示出设置有强度调整机构213的测定头207和可干涉区域的图。强度调整机构213例如是可改变口径的孔径光阑或可变的ND(Neutral Density)滤波器等元件,通过仅调整参照光的强度,从而信号光的强度与参照光的强度变得相等,能够得到对比度高的干涉信号。

[0080] 为了防止元件端面的反射作为干涉信号而被检测出,强度调整机构213被设置在从作为0次干涉区域与1次干涉区域的中间的零点起的深度＋LC/2的位置,换言之,被设置在从零点起而对光梳产生滤波器205的模式间隔FSR的倒数乘以光速c后的值的1/4的距离的位置。

[0081] 由此,强度调整机构213能够将产生的后方散射光对干涉信号产生的贡献抑制到最小限度。

[0082] 另外,同样地,在作为0次干涉区域与-1次干涉区域的中间的深度-LC/2中也产生无法作为干涉信号而被检测出的区域,但在这样的光路长度差为负的区域中,信号光和参照光未到达参照面208,穿过了相同的光路,因而设置强度调整机构213不是优选的。

[0083] ＜分光器的离散防止＞

[0084] 光频梳光源201所产生的光谱入射到分光器203的检测器阵列210时,在入射到检测器阵列210的每1个像素的模式数中,产生由量化误差引起的偏差。图6A示出了入射模式数相对于检测器阵列210的偏差。例如,若通过1024像素的分光器来将中心波长为1310nm且波长宽度为100nm的光均匀地分光,则检测器阵列210的每1个像素的频率分辨率dv为17GHz。此时,若光梳产生滤波器205的模式间隔FSR与频率分辨率dv同样地为17GHz,则入射到每1个像素的模式数被固定为1根,但在例如为10GHz的情况下,在入射到每1个像素的模式数中,混合存在1根和2根。该偏差成为各像素的强度偏差,成为使SD-OCT装置200的S/N比劣化的原因。

[0085] 为了防止这点,光梳产生滤波器205通过在检测器阵列210的曝光时间内对模式间隔FSR进行调制,从而降低入射的模式数的偏差的影响。

[0086] 在图6B中示出其概要。

[0087] 例如模式间隔FSR为10GHz且LC＝15mm时,中心波长1310nm相当于从0Hz数第22900根的模式。因此,若在曝光时间期间使模式间隔FSR向FSR＋df变化,则作为第22900根的模式的波长移动22900×df。由此,各模式所入射的分光器的像素变化,因而能够将如图6A那样的被量化了的状态消除。

[0088] 作为对模式间隔FSR进行扫描的手段,在使用了气隙217的法布里珀罗滤波器212中,也可以通过压电元件等直动机构来直接对腔体长度LC进行调制,在振动机构或者尤其

是使用了光纤的光梳产生滤波器205的变形例1中,也可以使用针对光纤的温度调制。

[0089] 作为模式的调制宽度df,由于不损害干涉条纹自身的对比度,因而可以在曝光时间期间有0.5像素程度的变化。与此相当的光频率的变化为8.5GHz程度,在中心波长1310nm,实现8.5GHz的移位的模式间隔FSR的变化量为下式。

[0090] 8.5GHz/22900＝370kHz (5)

[0091] 这在15mm的腔体中相当于约1μm的移位。

[0092] 作为模式的调制波形,例如若使用模式间隔FSR相对于时间而正弦波状或锯齿状地变化那样的周期性方法,则由于与检测器阵列210的曝光时间的相关性,从而有无法充分地平均化的担扰,优选为随机地进行调制。作为随机地对模式间隔进行调制的机构,作为例子,能够通过以下机构来构成:通过压电元件来使反射镜对的单侧的反射镜随机地产生位移,或者使反射镜对的单侧或两侧的反射镜机械地振动等。

[0093] 根据所述实施方式1,通过配置在从测定头207向测定对象侧远离了的位置的光分割单元的一个例子的参照面208,将由光梳产生滤波器205调整成等频率间隔后的光分割成测定光和参照光,通过干涉光检测单元的一个例子的检测器阵列210来对将测定光的来自测定对象W的反射光和参照光合波后的干涉光进行检测,由此在公共路径光学系统中,能够使到测定对象W为止的距离L比可测定范围LD远。

[0094] ＜实施方式2＞

[0095] 对于实施方式2,使用示出实施方式2中的SD-OCT装置500的整体结构的图7来进行说明。对于与图1中说明过的实施方式1的构成要素相同的构成要素,使用相同的符号,并省略其说明。

[0096] 本实施方式2中的光纤干涉仪501不是公共路径干涉仪,而是迈克尔逊型干涉仪,不是将参照面208配置在从测定头207向测定对象W侧远离了的位置,而是将其配置在不经由通过耦合器502分支后的测定头207的独立的位置。因此,在实施方式2中,与实施方式1相比,具有能够自由地决定零点的位置这样的优点。在此,关于光分割单元的一个例子,不是参照面208,而是通过耦合器502来发挥功能。

[0097] 在代替光纤干涉仪202的光纤干涉仪501中,光频梳光源201的光射出口与光纤干涉仪501的2个光接受口当中的第1光接受口连接,由耦合器502分割成测定光以及参照光。耦合器502的光送出口作为信号光而与光纤干涉仪501外的测定头207连接,并且还作为参照光而与入射到参照面208的准直透镜503连接。

[0098] 参照光经由参照面208处的反射并经由准直透镜503而进入到耦合器502,从光纤干涉仪501的2个光接受口当中的第2光接受口向分光器203入射。

[0099] 另一方面,测定光从测定头207照射在测定对象W,经过测定对象W处的反射或散射而从测定头207进入到耦合器502,并从光纤干涉仪501的第2光接受口向分光器203入射。

[0100] 在光纤干涉仪501中,将测定光的信号光路长度与参照光的参照光路长度一致的点、即零点示出在图7中。实施方式2中的零点的位置例如能够通过改变准直透镜503与参照面208的距离或从耦合器502到准直透镜503之间的光纤中的距离来自由地更改,例如也能够配置在测定头207与耦合器502之间。

[0101] 测定对象W处于从零点起LC×n±LD的位置,即处于从成为对光梳产生滤波器205的模式间隔FSR的倒数乘以光速c后的值的整数倍的值减去由分光器203的光频率分辨率dv

决定的可测定范围LD而得到的距离,到对所述值加上所述可测定范围LD后的距离的范围内。

[0102] 如以上那样,根据实施方式2,通过光分割单元的一个例子的耦合器502来将由光梳产生滤波器205调整成等频率间隔的光分割为测定光和参照光,并将从所述零点到所述测定对象W为止的距离设为,针对成为对所述光梳产生滤波器205的模式间隔FSR的倒数乘以光速c后的值的整数倍n的值,加减由作为所述干涉光检测单元的一个例子的检测器阵列210的光频率分辨率dv决定的可测定范围LD而得到的距离的范围内,通过干涉光检测单元的一个例子的检测器阵列210来对将测定光的来自测定对象W的反射光和参照光合波后的干涉光进行检测。通过如此构成,从而能够使到测定对象W为止的距离L比可测定范围LD远。

[0103] 另外,实施方式2中的参照面208不需要能够使光透射,也可以是反射镜。

[0104] 另外,通过将前述各种实施方式或变形例当中的任意的实施方式或变形例适当组合,从而能够使得实现各自具有的效果。此外,能够进行实施方式彼此的组合或实施例彼此的组合、或实施方式与实施例的组合,并且也能够进行不同的实施方式或实施例当中的特征彼此的组合。

[0105] 如以上那样,根据本发明的方式所涉及的光干涉测量装置,通过光分割单元来将由光梳产生滤波器调整成等频率间隔后的光分割为测定光和参照光,将从所述零点到所述测定对象为止的距离设为,对成为将光速乘以所述光梳产生滤波器的模式间隔的倒数后的值的整数倍的值加减根据所述干涉光检测单元的光频率分辨率决定的可测定范围而得到的距离的范围内,通过干涉光检测单元来检测将测定光的来自测定对象的反射光和参照光合波后的干涉光。通过如此构成,从而能够使到测定对象为止的距离比可测定范围远。

[0106] 产业上的可利用性

[0107] 本发明的所述方式所涉及的光干涉测量装置具有不仅高精度而且能够进行长距离的测量的特征,还能够应用于工业领域中的精密测定等用途。

[0108] 符号说明

[0109] 10 干涉仪

[0110] 12 光源

[0111] 30 准直器

[0112] 40 分光装置

[0113] 200 SD-OCT装置

[0114] 201 光频梳光源

[0115] 202 光纤干涉仪

[0116] 203 分光器

[0117] 204 低相干光源

[0118] 205 光梳产生滤波器

[0119] 206 耦合器

[0120] 207 测定头

[0121] 208 参照面

[0122] 209 衍射光栅

[0123] 210 检测器阵列

[0124]	211	半反射镜对
[0125]	212	法布里珀罗滤波器
[0126]	213	强度调整机构
[0127]	217	气隙
[0128]	300	低相干光源的光谱
[0129]	301	光梳产生滤波器的透射率光谱
[0130]	302	输出光谱
[0131]	400	谐振器耦合器
[0132]	401	第一输入端口
[0133]	402	第一输出端口
[0134]	403	第二输出端口
[0135]	404	时间延迟光纤
[0136]	405	第二输入端口
[0137]	500	SD-OCT装置
[0138]	501	光纤干涉仪
[0139]	502	耦合器
[0140]	503	准直透镜
[0141]	LD	可测定范围
[0142]	L	到测定对象W为止的距离
[0143]	W	测定对象
[0144]	dv	频率分辨率
[0145]	LC	腔体长度
[0146]	FSR	模式间隔
[0147]	FW	模式宽度
[0148]	R	反射率。

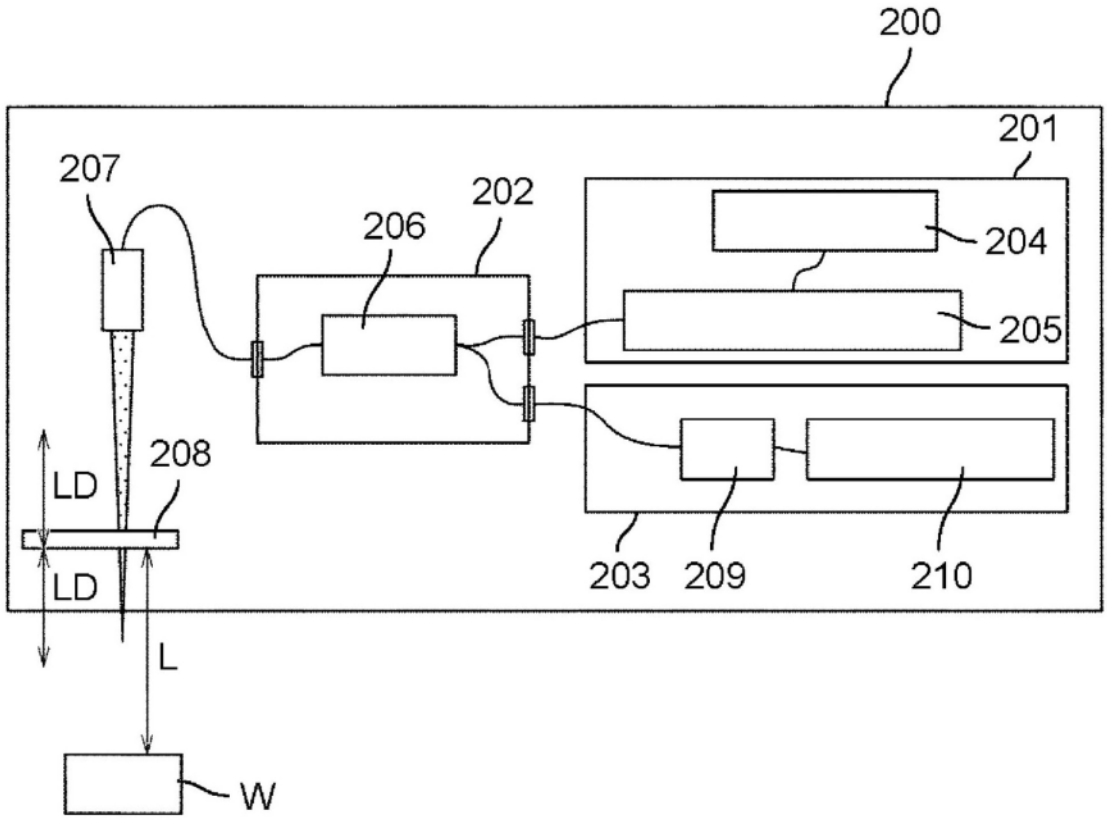

200
201
207
202
206
204
205
208
LD
LD
L
203
209
210
W

图1

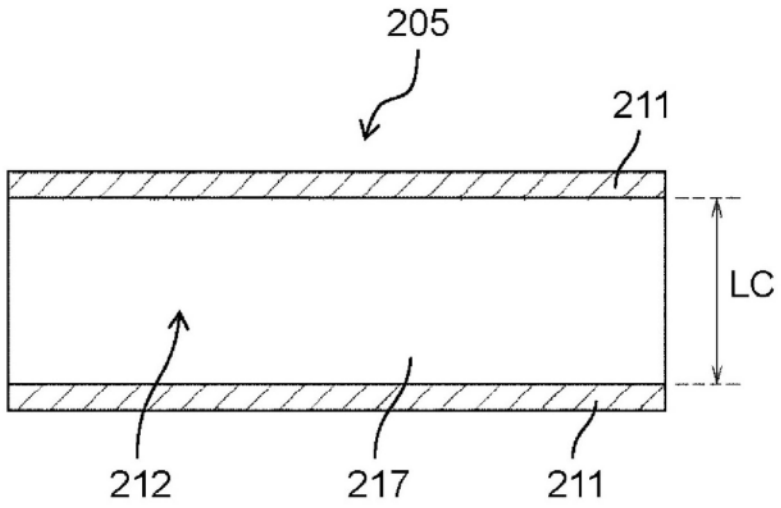

205
211
LC
212
217
211

图2A

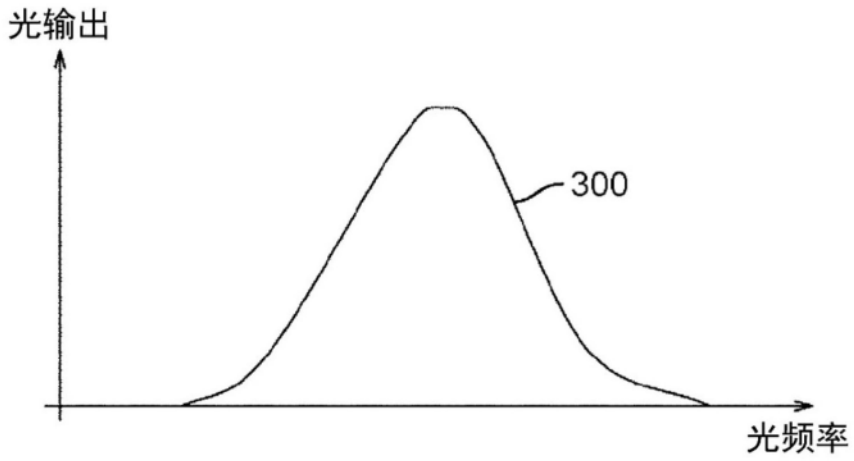


图2B

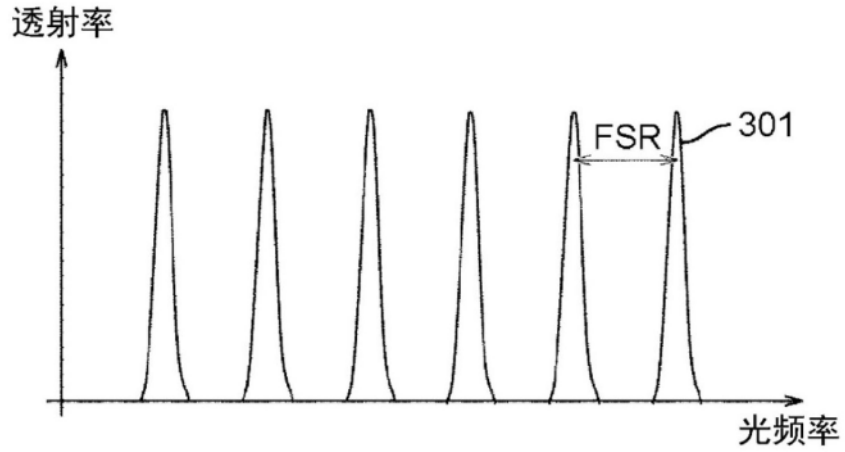


图2C

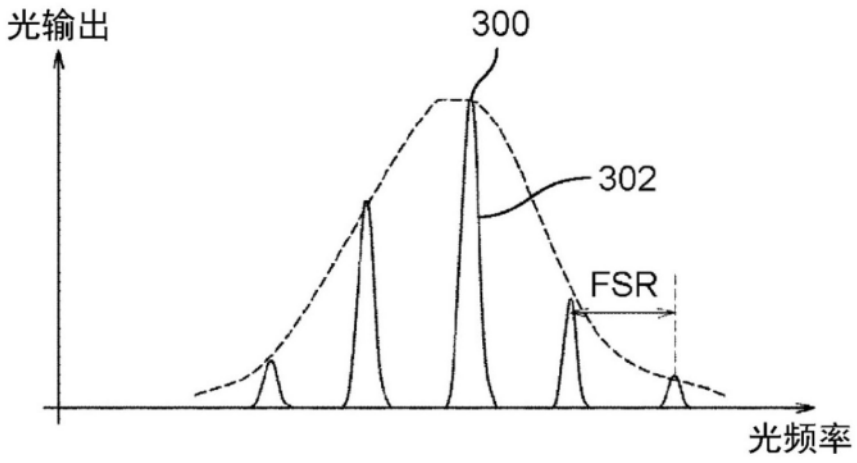


图2D

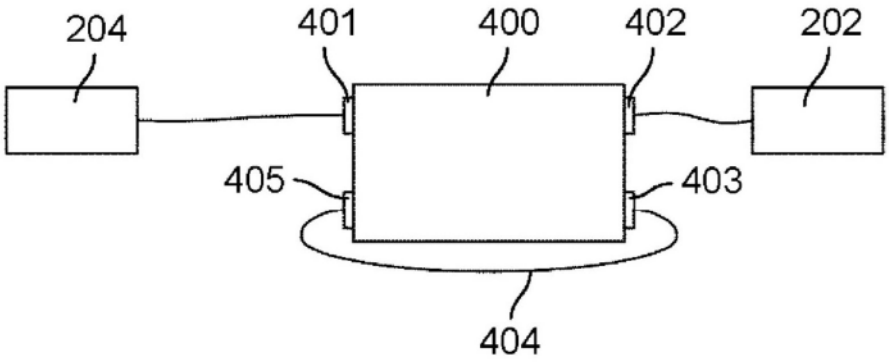

204
401
400
402
202
405
403
404

图3

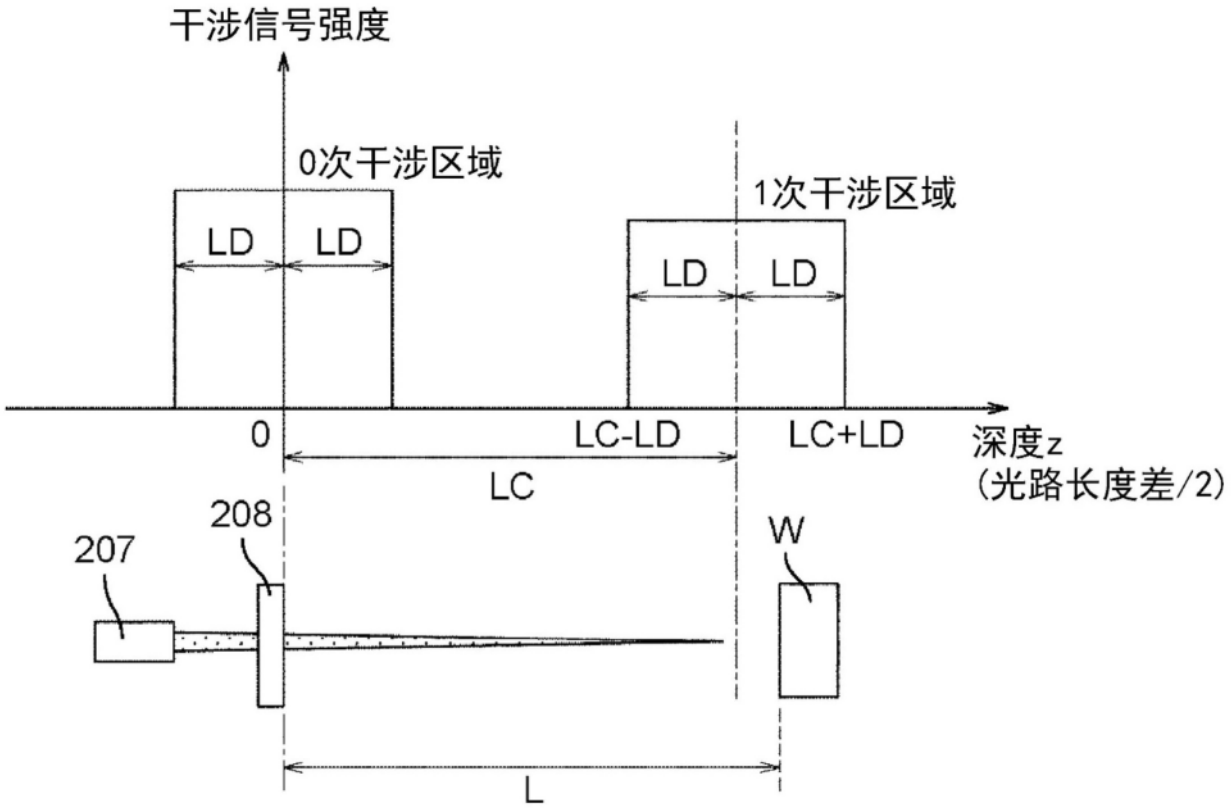

干涉信号强度
0次干涉区域
1次干涉区域
LD
LD
LD
LD
0
LC-LD
LC+LD
深度z
(光路长度差/2)
LC
208
207
W
L

图4

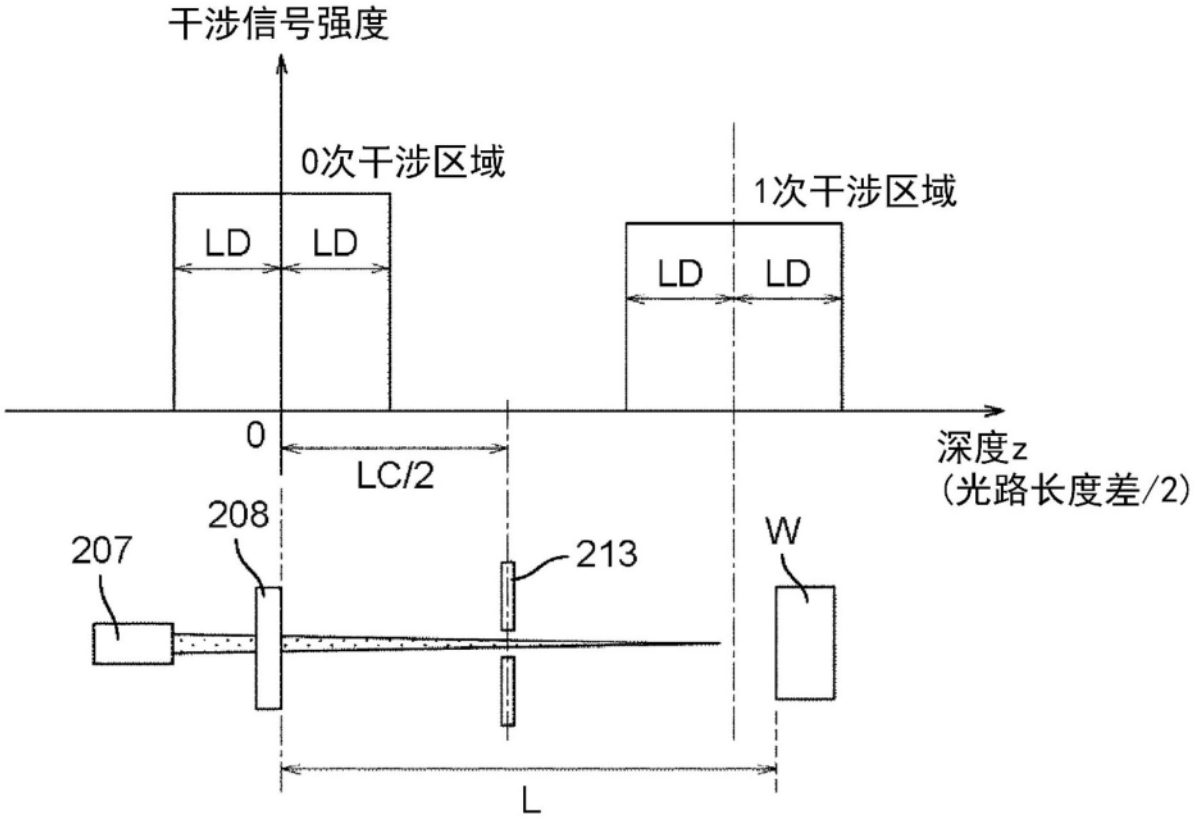

干涉信号强度
0次干涉区域
1次干涉区域
LD
LD
LD
LD
0
LC/2
深度z
(光路长度差/2)
207
208
213
W
L

图5

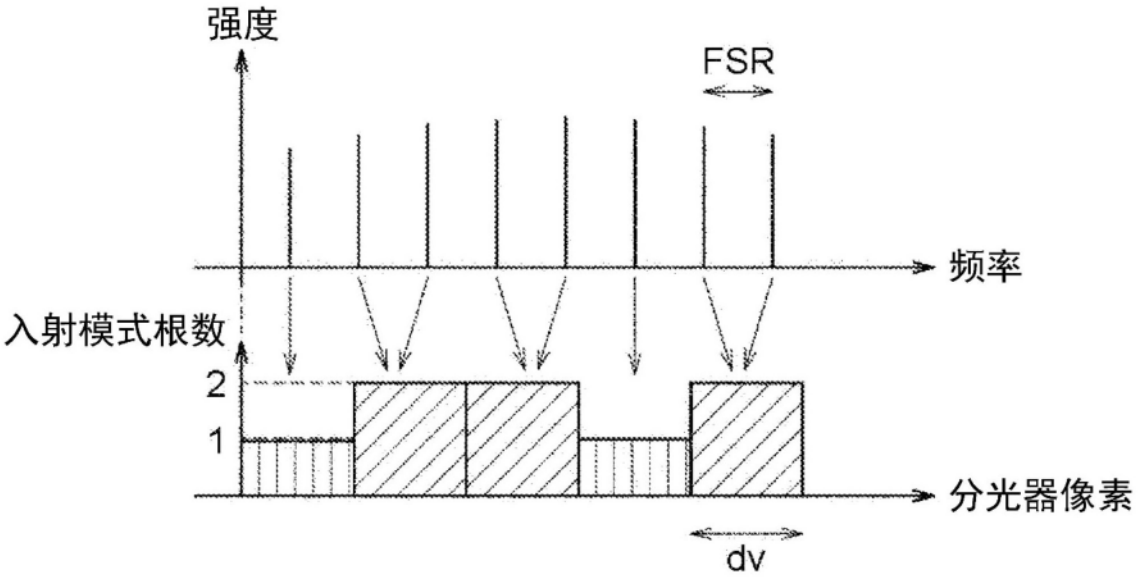

强度
FSR
频率
入射模式根数
2
1
分光器像素
dv

图6A

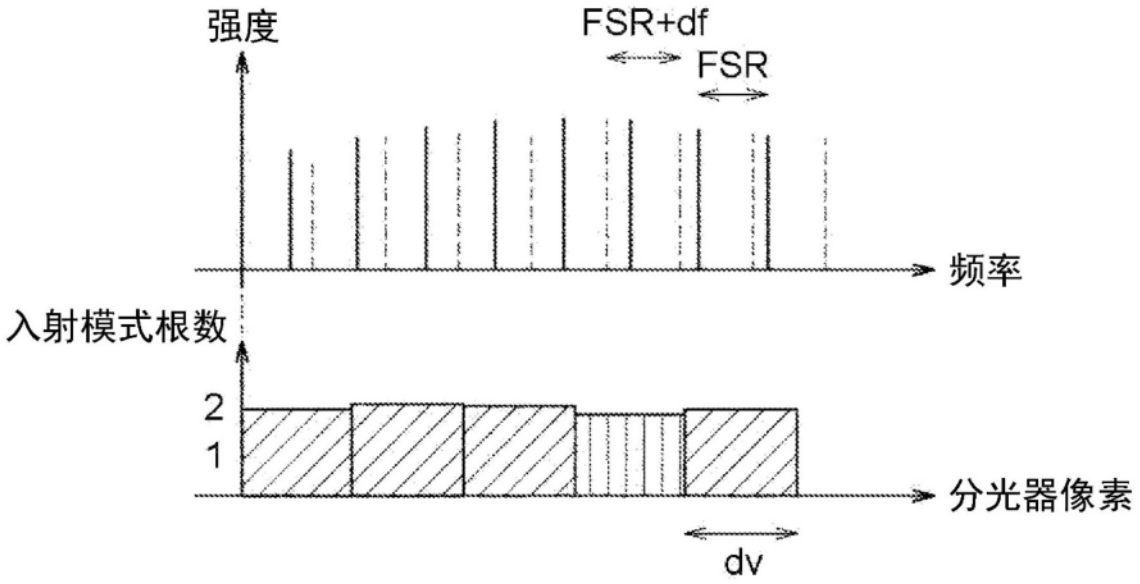


图6B

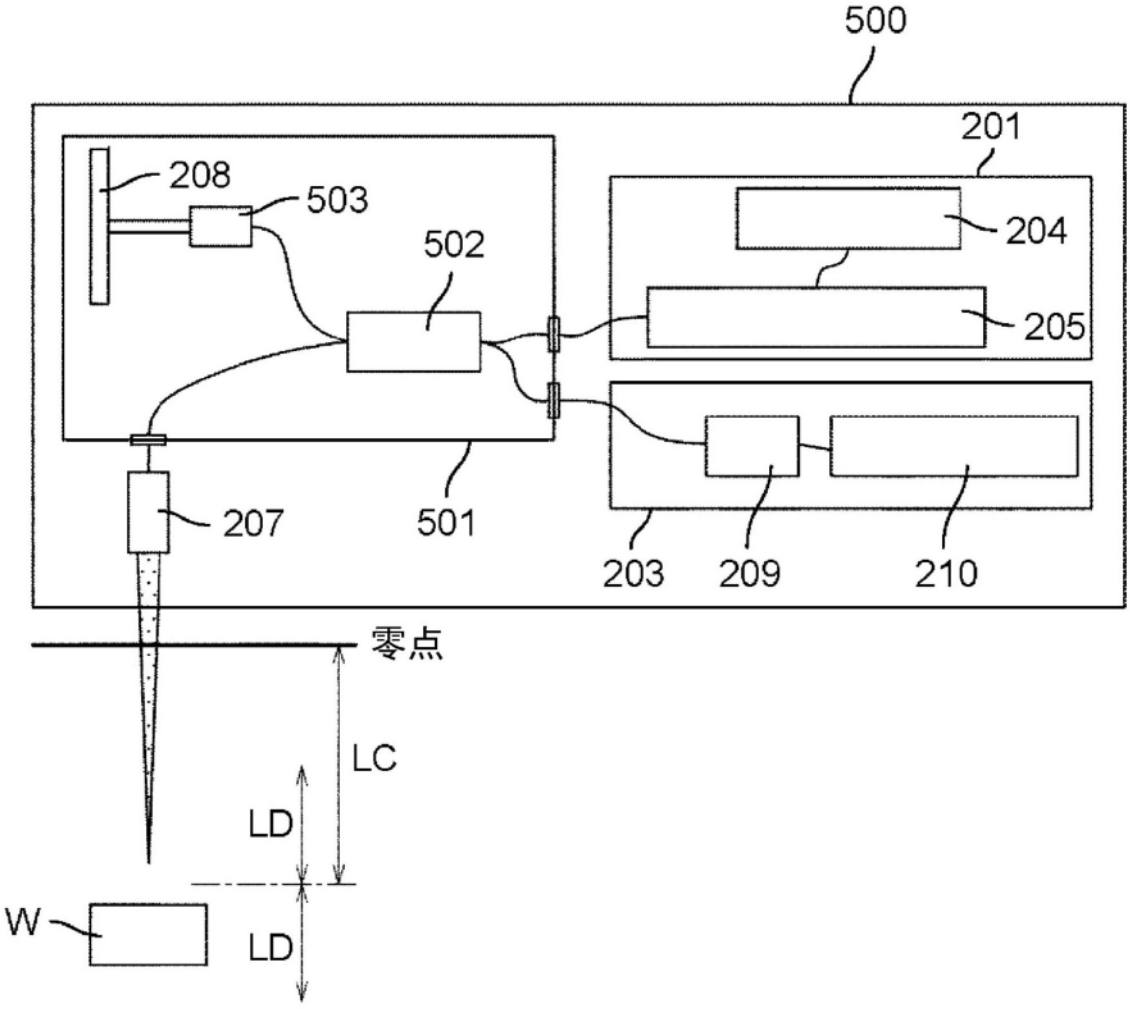


图7

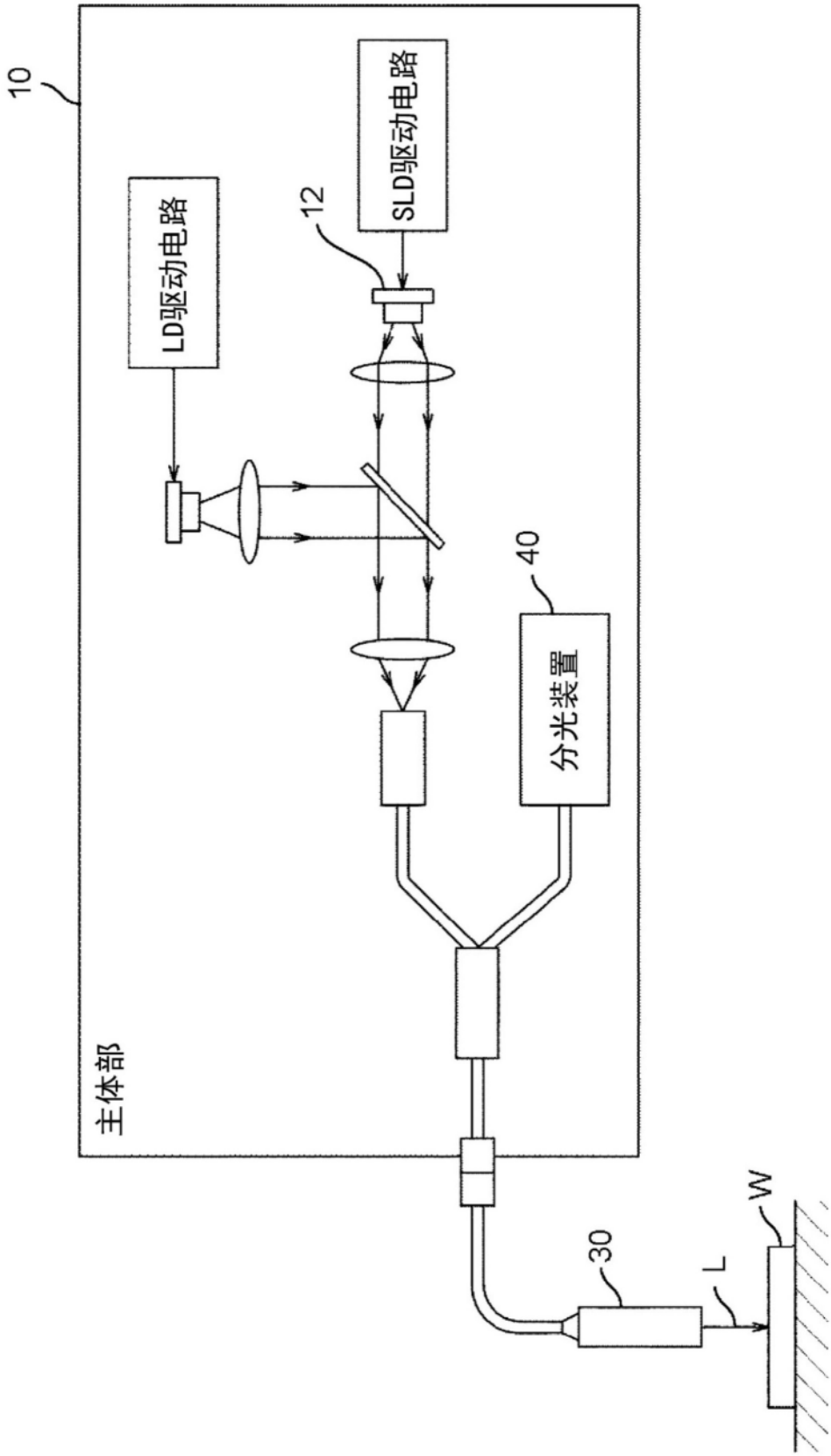


图8