



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105849550 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(21)申请号 201580003425.0

(22)申请日 2015.01.07

(30)优先权数据

2014-035423 2014.02.26 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.06.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2015/050292 2015.01.07

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/129293 JA 2015.09.03

(71)申请人 奥林巴斯株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 福島郁俊

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 于英慧

(51)Int.Cl.

G01N 29/06(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

G01N 29/24(2006.01)

G02B 21/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书10页 附图12页

按照条约第19条修改的权利要求书1页

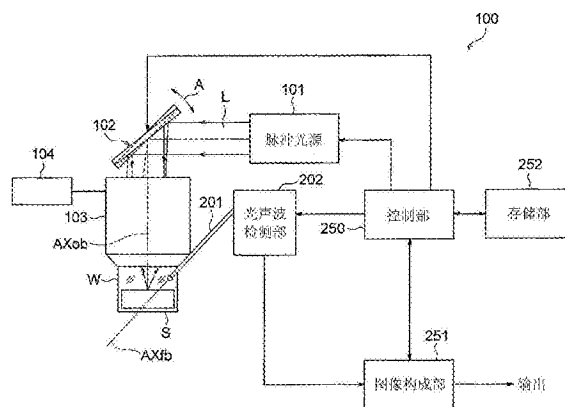
按照条约第19条修改的声明或说明1页

(54)发明名称

光声显微镜装置

(57)摘要

光声显微镜装置(100)具有:光源(101),其产生用于产生光声波的激励光;物镜(103),其使激励光会聚到标本(S)上;扫描部(102),其使标本(S)上的激励光的会聚位置移动;光声波检测部(202),其具有检测所产生的光声波的传感器部(201);以及图像构成部(251),其基于来自光声波检测部(202)的数据,构成图像,在传感器部(201)中,能够接收入射到传感器部(201)的光声波的范围的角度比与物镜(103)的照明侧的数值孔径对应的角度大。



1. 一种光声显微镜装置,其特征在于,具有:
光源,其产生用于产生光声波的激励光;
物镜,其使所述激励光会聚到标本上;
扫描部,其使所述标本上的所述激励光的会聚位置移动;
光声波检测部,其具有检测所产生的光声波的传感器部;以及
图像构成部,其基于来自所述光声波检测部的数据,构成图像,
在所述传感器部中,能够接收入射到所述传感器部的光声波的范围的角度比与所述物镜的照明侧的数值孔径对应的角度大。

2. 根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述光声波检测部的传感器部具有多个传感器组,
多个所述传感器组能够在从期望范围至全部范围的任意范围中入射来自所述扫描部所能扫描的所述标本的范围的光声波。

3. 根据权利要求2所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述图像构成部根据来自多个所述传感器组的光声波信号,检测所述标本中的信号产生源的位置。

4. 根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
在所述物镜的周边部,还具有用于保持所述传感器部的检测器保持部。

5. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的光声显微镜装置,其特征在于,满足以下的条件式(1),

$$Z_s \times \tan(\theta - \alpha) > X_r + d \quad (1)$$

这里,

θ 是所述传感器部能够接收光声波的范围的角度,

α 是所述传感器部的指向性的中心轴与所述物镜的光轴所成的角度,

X_r 是进行观察的最大区域的半径,

d 是所述物镜的光轴与所述传感器部在垂直于光轴的观察面内的距离,

Z_s 是所述物镜的会聚位置与所述传感器部在沿着所述物镜的光轴的方向上的距离。

6. 根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述物镜的会聚位置与所述传感器部的、沿着所述物镜的光轴的方向上的距离比从所述物镜的前端部到会聚位置的距离短。

7. 根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,

所述传感器部具有光纤,

所述光纤在前端具有干涉薄膜。

8. 根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,

所述传感器部具有光纤,并且使用外差信号,检测光声波信号的产生源的位置。

光声显微镜装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光声显微镜装置。

背景技术

[0002] 光声波是指在热弹性过程中产生的声波的一种,上述热弹性过程是在向物质照射了吸收波长范围的光时产生的。因此,光声波作为使吸收特性成像的方法而受到关注。此外,光声波是超声波的一种,与光相比,具有不易受到散射的影响的特征,因此被应用为活体内部的成像手段。

[0003] 在将光声波作为检测信号而应用于成像的光声显微镜中,采用了如下方法:使用与观察对象物的吸收波长范围匹配的脉冲光来作为激励光,通过物镜会聚该激励光而通过聚光点扫描标本内,由此,用传感器(transducer)等检测由此在各聚光点位置产生的光声波。如果利用上述光声显微镜,在用聚光点扫描标本时,如果在聚光点位置处存在吸收物质,则产生光声波,因此通过检测该光声波,能够使标本内的吸收特性成像。

[0004] 作为这样的光声显微镜,例如已知专利文献1公开的光声显微镜。图12示出专利文献1所公开的光声显微镜。在图12中,来自未图示的激光脉冲光源的激励光L经过聚光透镜11、针孔12、振动反射镜13、物镜14、校正透镜15、等腰棱镜16、硅油层17、菱形棱镜18以及声透镜19后,被会聚到标本S的内部。此外,通过激励光L的照射而从标本S内的会聚位置产生的光声波U被声透镜19会聚并进行波前变换,在菱形棱镜18内反射并被超声波传感器20检测到。

[0005] 在图12中,等腰棱镜16和菱形棱镜18经由硅油层17结合。声透镜19与菱形棱镜18接合,使得和光学透镜的光轴对应的声轴与物镜14的光轴一致、且声透镜19的焦点位置与物镜14的焦点位置一致。超声波传感器20与菱形棱镜18接合,使得来自声透镜19的焦点的光声波U在波阵面被声透镜19变换为平面波后垂直入射到超声波传感器20的检测面。此外,标本S被浸渍到液体中。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:特表2011-519281号公报

发明内容

[0009] 发明所要解决的课题

[0010] 在图12示出的结构的光声显微镜中,通过使振动反射镜13振动,使被照射到标本S的激励光L偏转,用激励光L的聚光点扫描标本S。但是,在通过振动反射镜13使激励光L偏转时,由从声透镜19的焦点位置偏离照射的聚光点而产生的光声波U在由声透镜19进行波前变换后,倾斜入射到超声波传感器20的检测面。

[0011] 这里,超声波传感器20被设定为,在平面波垂直入射的情况下检测灵敏度最高。这里,当要扩大振动反射镜13对标本S的扫描范围时,入射到超声波传感器20的光声波U的最

大倾斜度增大而检测精度下降。

[0012] 此外,需要将照射到标本S的激励光L、和从标本S返回的光声波U分离的部件。因此,难以充分确保工作距离。并且,照射标本S的照射侧的激励光L的数值孔径(NA)减小。

[0013] 本发明正是鉴于上述观点而完成的,目的在于提供一种光声显微镜装置,能够确保足够长度的工作距离,且能够在较宽的扫描范围内,以较大的区域单位进行扫描,从而能够提高检测精度。

[0014] 用于解决课题的手段

[0015] 为了解决上述课题并达成目的,本发明的光声显微镜装置的特征在于,具有:

[0016] 光源,其产生用于产生光声波的激励光;

[0017] 物镜,其使激励光会聚到标本上;

[0018] 扫描部,其使标本上的激励光的会聚位置移动;

[0019] 光声波检测部,其具有检测所产生的光声波的传感器部;以及

[0020] 图像构成部,其基于来自光声波检测部的数据,构成图像,

[0021] 在所述传感器部中,能够接收入射到所述传感器部的光声波的范围的角度比与所述物镜的照明侧的数值孔径NA对应的角度 γ 大。

[0022] 数值孔径NA用 $NA=1.333 \times \sin(\gamma)$ 表示。

[0023] 1.333是水的折射率, γ 是物镜与标本间的介质(水)中的光束相对于光轴的最大角度。与数值孔径对应的角度是指该 γ 的角度。

[0024] 此外,能够接收入射到传感器部的光声波的范围的角度 θ 是指光声信号的检测灵敏度为最高检测灵敏度的入射方向与检测灵敏度为最高检测灵敏度的1/2的入射方向所成的角。

[0025] 发明的效果

[0026] 本发明起到如下效果:可提供一种光声显微镜装置,能够确保足够长度的工作距离,且能够在较宽的扫描范围内,以较大的区域单位进行扫描,从而能够提高检测精度。

附图说明

[0027] 图1是示出第1实施方式的光声显微镜装置的图。

[0028] 图2的(a)、(b)是分别示出使振镜102偏转的情况下的状态的图。

[0029] 图3是说明参数的图。

[0030] 图4的(a)是示出光声波检测部的结构的图。图4的(b)是示出光纤传感器的端部结构的图。图4的(c)是示出光纤传感器的指向性分布的图。

[0031] 图5的(a)是示出光声波信号的图。图5的(b)是示出二维的映射的图。图5的(c)是示出标本的深度方向的信息的图。图5的(d)是示出三维的光声波图像的图。

[0032] 图6是示出第1实施方式的变形例的光声显微镜装置的结构图。

[0033] 图7的(a)是示出由光纤传感器检测出的光声波信号的图。图7的(b)是示出由另一光纤传感器检测出的光声波信号的图。图7的(c)是示出由又一光纤传感器检测出的光声波信号的图。

[0034] 图8的(a)是示出第2实施方式的光声显微镜装置的图。图8的(b)是说明检测器保持部的图。

[0035] 图9的(a)是示出第3实施方式的光声显微镜装置的图。图9的(b)是说明检测器保持部的图。

[0036] 图10的(a)是示出光声检测部的概略结构的图。图10的(b)是示出光纤传感器211的前端结构的图。

[0037] 图11的(a)是示出从物镜的光轴方向观察到的检测器保持部的结构的图。图11的(b)、(c)、(d)是分别示出不同的光纤传感器检测出的光声波信号的图。

[0038] 图12是说明以往的光声显微镜的结构图。

具体实施方式

[0039] 对本实施方式的光声显微镜装置的结构和作用效果进行说明。另外,本发明不受该实施方式限定。即,在实施方式的说明时为了例示包含较多的特定详细内容,但即使在这些详细内容中加入各种变形或变更,也不会超出本发明的范围。因此,以下说明的本发明的例示性实施方式是针对请求权利的发明没有失去一般性,并且不对请求权利的发明进行任何限定而被叙述的。

[0040] (第1实施方式)

[0041] 接着,说明第1实施方式的结构。如图1所示,本实施方式的光声显微镜装置100的特征在于,具有:

[0042] 脉冲光源101,其产生用于产生光声波的激励光;

[0043] 物镜103,其使激励光会聚到标本S上;

[0044] 振镜102,其是使标本上的激励光的会聚位置移动的扫描部;

[0045] 光声波检测部202,其具有检测所产生的光声波的传感器部201;以及

[0046] 图像构成部251,其基于来自光声波检测部202的数据,构成图像,

[0047] 在传感器部201中,能够接收入射到传感器部201的光声波的范围的角度比与物镜103的照明侧的数值孔径对应的角度大。

[0048] 另外,物镜103是物镜103的前端与标本S之间被液体、例如水W填充的液浸透镜。

[0049] 通过该结构,来自作为脉冲光源的脉冲激光器101的光束被振镜102反射。并且,以规定的角度入射至用于使激励光L会聚到标本S上的物镜103。

[0050] 入射到物镜103的光束经由水W会聚到标本S。如果在标本S内部的聚光的位置处存在产生光声波的物体,则在标本S内部产生光声波。

[0051] 接着,说明通过激励光L来扫描标本S的结构。

[0052] 光声波信号(声信号)在标本S中传播,进而在水W中传播。在水W内传播后的光声波Lr到达光声波检测部202具有的光纤传感器201。

[0053] 图2的(a)、(b)分别示出使振镜102偏转的情况下的状态。

[0054] 在图2的(a)中,来自脉冲光源101的激励光L的光路被振镜102弯折45度。然后,平行的激励光L大致垂直地入射到物镜103。物镜103将所入射的激励光L会聚到焦点位置。

[0055] 在标本S内的聚光点位置P0处产生光声波SN。光声波SN在标本S内传播并行进,进而在水W内传播并行进。作为在水W中传播后的光声波SN中的一部分的光声波Lr到达光纤传感器201的前端部。

[0056] 图2的(b)示出使振镜102相比图2的(a)中示出的状态朝纸面箭头方向振动(倾斜)

后的状态。在使振镜102振动时,例如来自脉冲光源101的激励光L被振镜102在保持平行光的状态下弯折规定角度。然后,平行的激励光L倾斜地入射到物镜103。物镜103将倾斜入射的激励光L会聚到聚光点位置P1。

[0057] 这里,聚光点位置P1(图2的(b))是与聚光点位置P0(图2的(a))不同的位置。这样,能够通过振镜102,利用激励光L的聚光点,沿着第1扫描方向和第2扫描方向二维扫描标本S内。

[0058] 以下,针对能够通过激励光L扫描的标本S的区域,将扫描范围的半径设为Xr(即,进行观察的最大区域的半径)。

[0059] 并且,能够通过改变物镜103和标本S的相对距离,使聚光点的位置朝标本S的深度方向移动。此外,如上所述,对于物镜103,可以适当选择焦距不同的物镜来进行安装。

[0060] 在标本S内的聚光点位置P1处产生了光声波SN的情况下,光声波SN在标本S内传播并行进,进而在水W内传播并行进。作为在水W中传播后的光声波SN中的一部分的光声波Lr到达光声波检测部202具有的光纤传感器201的前端部。光声波检测部202是计算检测出的光声波Lr的干涉仪。光声波检测部202的详细结构将后述。

[0061] 此外,在控制部250上连接有图像构成部251。控制部250与控制部250对振镜102的驱动同步地,即与在平面内二维扫描标本S时的激励光L的照射定时同步地,基于从光声检测部202得到的输出信号,将激励光L的照射位置与输出信号之间的对应关系数据化。例如,控制部250可以将激励光L的照射位置和所取得的信号强度对应,也可以将激励光L的照射位置和所取得的输出波形对应。

[0062] 此外,在将标本S的扫描面的数据图像化的情况下,通过图像构成部251进行图像化,例如存储到存储部252中,并显示在未图示的监视器上。另外,图像构成部251可以内置在控制部250中。

[0063] 此外,在本实施方式中,优选满足以下的条件式。

[0064] $Z_s \times \tan(\theta + \alpha) > X_r + d$ (1)

[0065] 这里,如图3所示,

[0066] NA是物镜103(高倍率用)的数值孔径,

[0067] ϕ (mm)是实际视野(Xr的2倍),

[0068] Xr(mm)是进行观察的最大区域的半径,

[0069] WD(mm)是物镜103的工作距离,

[0070] Zs(mm)是光纤传感器201的前端部与物镜103的会聚位置的距离,

[0071] θ (度)是能够入射到光纤传感器201的前端部的光束的角度范围,

[0072] d(mm)是物镜103的光轴AXob与光纤传感器201在垂直于光轴AXob的观察面内(xy面内)的距离,

[0073] α (度)是光纤传感器201的中心轴AXfb与物镜103的光轴AXob所成的角度。

[0074] 本实施方式能够通过设为满足条件式(1)的结构,确保检测灵敏度高的区域。

[0075] 以下示出本实施方式中的条件式(1)的对应值。

	NA	0.75
	ϕ (mm)	1
	WD (mm)	11
	Zs (mm)	10
	θ (度)	45
[0076]	d (mm)	15
	α (度)	30
	Xr (mm)	0.5
	$Zs \times \tan(\theta + \alpha)$	37.32
	Xr+d	15.5

[0077] 此外,物镜103的会聚位置与光纤传感器201的、沿着物镜的光轴的方向的距离Zs优选比从物镜103的前端部到会聚位置的距离、即工作距离WD短。

[0078] 在本实施方式中,如上所述, $Zs=10$ 、 $WD=11$ 。这样,能够确保足够的工作距离。

[0079] 图4的(a)示出光声波检测部202的结构。激光二极管203射出波长 $\lambda=1000\text{nm}$ 的光。来自激光二极管203的光从光环行器204的端口PA入射、直线传播、透过,并从端口PB射出。从端口PB射出的光输入到光纤传感器201的一个端子。

[0080] 图4的(b)示出光纤传感器201的端部结构。在光纤传感器201的端部形成有薄膜201a。薄膜201a具有用于参照用的光声波的参照面201b和标本侧的物体侧面201c。

[0081] 返回图4的(a)继续说明。

[0082] 考虑从光环行器204的端口PB射出的光束中的、如上述那样被照射到标本S并再次返回的光声信号Lr。光声信号Lr入射到光环行器204的端口PB。入射到端口PB的光声信号Lr此次从端口PC射出。

[0083] 硅光电探测器217接收来自端口PC的光。在硅光电探测器217中,得到2个光束发生干涉后的强度信号。

[0084] 如使用图4的(b)说明那样,在光纤传感器201的标本S侧的端部,形成有薄膜201a。光纤传感器201的前端被浸入到水W中。在薄膜201a的参照面201b处反射后的光束作为参照光返回到光环行器204侧。

[0085] 当来自标本S的光声信号Lr到达光纤传感器201的前端时,薄膜201a的膜厚发生变化。以薄膜201b反射后的光束、和以薄膜201c反射后的光束在相同的路径中返回,并到达光环行器204。

[0086] 因此,由于干涉,光的强度发生变化,获得声信号作为光的强度信号。

[0087] 然后,从光环行器204的端口PB入射的声强度信号(光束)入射到硅光电探测器217。图像构成部251根据基于干涉的光的强度信息,构成图像。图像构成步骤将后述。

[0088] 图4的(c)示出与光纤传感器201相关的角度和灵敏度之间的关系。对于角度,将沿着光纤传感器201的指向性的中心轴AXfb(例如参照图2的(a)、图2的(b))的轴上入射的光束设为0度。此外,将最大灵敏度设为1来归一化地示出灵敏度。

[0089] 例如,检测从相对于中心轴AXfb的45度方向入射的光声信号的灵敏度为检测从中

心轴AXfb的轴上入射的信号灵敏度(信号强度=1)的大致1/2(信号强度=0.5)。

[0090] 图5的(a)示出通过光声波检测部202得到的光声波信号。图5的(a)的横轴表示时间T,纵轴表示信号强度I。由此,光声波信号成为时间序列信号。

[0091] 将信号振幅的最大值Amax设为来自聚光点的光声波信号的大小。此外,物镜103的聚光点的位置信息根据振镜102的偏转角得到。

[0092] 因此,图像构成部251能够根据位置信息和声信号的大小,进行图5的(b)所示的二维的映射。图5的(b)示出根据扫描的xy位置对标本S内部的特定的强度信息进行映射、并图像化后的结果。

[0093] 并且,通过物镜驱动部104(图1),物镜驱动部104(图1)使物镜103朝沿着光轴AXob的z方向移动。其结果,如图5的(c)所示,能够获得标本S的深度z方向的信息。

[0094] 图像构成部251根据深度z方向的信息,对物镜103进行运算。并且,在标本S的内部进行上述光声波检测。

[0095] 使图5的(d)所示那样的、物镜103的位置改变,再次取得图像。由此,能够得到多个z方向的图像。由此,构成标本S的三维的光声波图像。

[0096] 另外,如上所述,将光纤传感器201能够检测和取得光声波信号的指向性的范围设为能够检测至灵敏度最好的状态(图4的(c)的角度0度)的50%的灵敏度的位置(图4的(c)的角度45度)的范围。

[0097] 如上所述,在本实施方式中,不需要以往的棱镜或声透镜。由此,较大取得至标本S的距离(WD),因此能够更明亮地观察标本S的更深部。

[0098] 此外,由于激励光L上不需要声透镜,因此能够进行满足物镜103的光学性能(数值孔径)的观察。并且,能够通过指向性宽的光纤传感器201,扩大能够观察标本S的范围。

[0099] 并且,在图12的现有技术的结构中,为了使来自标本S的光声波U始终垂直入射到超声波传感器20,假设替代利用振动反射镜13的扫描,而使包含物镜14的激励光L的入射系统以及包含声透镜19的光声波U的检测系统、与载置标本S的标本台相对移动。但是,该情况下,扫描耗费时间。

[0100] 与此相对,在本实施方式中,在进行扫描时,不需要物镜或标本台的移动。因此,起到能够进行高速的扫描的效果。

[0101] (第1实施方式的变形例)

[0102] 图6示出第1实施方式的变形例的光声显微镜装置的结构。在本变形例中,如图6所示,是检测来自与物镜103的焦点(聚光点)位置P0不同位置的光声波信号的结构。另外,省略控制部和存储部的图示。

[0103] 在本变形例中,为此而另外具有新的光纤传感器201'和光声波检测部202b。

[0104] 图7的(a)示出由光纤传感器201检测出的光声波信号。

[0105] 例如,由于通过光纤传感器201前端的薄膜观察水W的移位,因此仅由光纤传感器201检测出的、来自标本S的光声波信号不仅受到来自标本S的光声波Lr的影响,还受到空气的干扰、或标本S的移动等引起的外部振动的影响。

[0106] 图7的(b)示出由光纤传感器201'检测出的光声波信号。光纤传感器201'检测来自标本S以外的区域的信号。

[0107] 因此,取图7的(a)所示的光声波信号的强度分布、与图7的(b)所示的光声波信号

的强度分布的差分。图7的(c)示出该结果。在本变形例中,能够仅检测来自标本S的信号。因此,能够进行排除了外界因素的噪声、即减少了外部环境的影响的精度高的检测。

[0108] 优选的是,光纤传感器201'需要获得来自标本S以外的声信号。因此,优选将指向性最高的方向配置成朝向与标本S相反的方向。

[0109] (第2实施方式)

[0110] 接着,使用图8的(a),说明第2实施方式的光声显微镜装置200。

[0111] 另外,对与第1实施方式相同的部分标注相同标号并省略重复的说明。此外,省略控制部和存储部的图示。

[0112] 光声波检测部202的光纤传感器(传感器部)具有多个、例如3个传感器组301a、301b、301c,

[0113] 多个传感器组301a、301b、301c优选能够在从期望范围至全部范围中的任意范围内入射来自作为扫描部的振镜102能够扫描的标本S的范围的光声波 L_r 。

[0114] 由此,能够在从期望范围至全部范围中的任意范围内,大范围地观察来自标本的范围的光声波。

[0115] 并且,优选的是,图像构成部251能够根据来自多个传感器组301a、301b、301c的信息(光声波信号),检测标本S中的信号产生源的位置。

[0116] 由此,与以往相比,能够根据多个信息(光声波信号),更高精度地检测信号产生源的位置。

[0117] 此外,在本实施方式中,优选的是,在物镜103的周边部,还具有用于保持构成传感器部的传感器组301a、301b、301d的检测器保持部302。

[0118] 图8的(b)示出从物镜103的光轴方向观察到的检测器保持部103的结构。

[0119] 由此,结构简单、且配置传感器组的自由度提高。其结果,能够增大工作距离、且还增大xy面内的观察区域。

[0120] 在本实施方式中,用于检测光声信号的3个光纤传感器301a、301b、301c在圆筒形的检测器保持部302中离散地设置于每隔120度的位置处。

[0121] 由此,在1个光纤传感器中,即使在无法充分网罗通过扫描观察到的范围的情况下,也能够组合来自多个光纤传感器的信息,生成光声波信号的图像。

[0122] 图像构成部251根据基于振镜102的物镜103的会聚位置的信息、和由对应的任意光纤传感器301a、301b、301c检测出的信息,构成图像。

[0123] 此外,在3个光纤传感器中,在光纤传感器的检测范围处于光声波信号的范围外的情况下,能够将该光纤传感器用作在上述变形例中叙述的、进行噪声去除的传感器。

[0124] 以下示出本实施方式中的条件式(1)的对应值。

	NA	0.15
	ϕ (mm)	5
	WD (mm)	20
	Zs (mm)	18
	θ (度)	30
[0125]	d (mm)	15
	α (度)	0
	Xr (mm)	2.5
	$Zs \times \tan(\theta + \alpha)$	10.39
	Xr+d	17.5

[0126] (第3实施方式)

[0127] 接着,说明第3实施方式的光声显微镜装置300。

[0128] 图9的(a)示出本实施方式的结构。另外,对与第1实施方式、第2实施方式相同的部分标注相同标号并省略重复的说明。此外,省略控制部和存储部的图示。

[0129] 本实施方式与第2实施例相比,构成为即使利用多个光纤传感器组401a、401b、401c中的1个光纤传感器,也能够检测来自可通过扫描观察到的区域的信号。

[0130] 具体而言,例如使用3个光纤传感器组401a、401b、401c。图9的(b)示出从物镜103的光轴方向观察到的检测器保持部103的结构。

[0131] 构成为能够根据来自光纤传感器组401a、401b、401c的多个信号,进一步提高精度,来检测物镜103的聚光点的位置信息、和光声波信号。

[0132] 并且,在本实施方式中,光声检测部202还通过图10的(a)、(b)所示的外差干涉法,观察光纤传感器201的薄膜201a的变化量。

[0133] 图10的(a)示出光声检测部202的概略。在外差法中,需要以特定的频率对来自激光二极管211的光(例如 $\lambda=1000\text{nm}$)进行调制。

[0134] 光束分离器212将来自激光二极管211的光分割为透过的物体光、和反射的参照光。并且,使用参照用移频器215和观察用移频器216。

[0135] 此外,透过光束分离器212后的光束透过观察用移频器213和光环行器214。然后,入射到光纤传感器201。

[0136] 如图10的(b)所示,光纤传感器201在标本S侧形成有薄膜201a。这里,标本S侧的面201c的反射率比标本S的相反侧的面201b的反射率大。

[0137] 其结果,来自标本S侧的光进行反射并穿过光纤传感器201。然后,来自标本S的光声波信号通过光环行器214入射到硅光电探测器217。

[0138] 另一方面,穿过参照用移频器215后的光束经过光路长度为与光纤的往复光路长度大致相同长度的参照用光路后,入射到硅光电探测器217。由硅光电探测器217检测出的光量成为与参照用和观察用的2个光的频率对应的共振的信号。

[0139] 图像构成部251对该共振信号进行分析。由此,能够更高精度地检测光纤传感器201的端部的膜厚变化。其结果,能够高精度地检测来自标本S的光声波信号。

[0140] 接着,在本实施方式中,说明测量标本S的深度z方向的会聚位置的原理。图11的(a)示出从物镜103的光轴方向观察到的检测器保持部402的结构。例如使用3个光纤传感器组401a、401b、401c。图11的(a)的X符号SP表示位于从标本S的表面起一定深度的深度处的物镜102的会聚位置。

[0141] 在本实施方式中,3个光纤传感器组401a、401b、401c的中心轴与物镜103的光轴AXob形成规定的角度。能够通过基于振镜102偏转的物镜103的会聚位置的坐标(x,y)、和光声波信号到达标本S内的观察对象物为止的时间,运算相对于各个光纤传感器位置的、到观察对象物为止的深度z方向的位置(声源位置)。

[0142] 由此,在本实施方式中,能够基于从3个光纤传感器组401a、401b、401c得到的声源的深度z位置,高精度地得到观察对象物的深度z的位置。

[0143] 图11的(b)示出光纤传感器401a检测出的光声波信号。

[0144] 图11的(c)示出光纤传感器401b检测出的光声波信号。

[0145] 图11的(d)示出光纤传感器401c检测出的光声波信号。

[0146] 以下示出本实施方式中的条件式(1)的对应值。

NA	0.5
ϕ (mm)	2
WD (mm)	15
Zs (mm)	12
θ (度)	30
[0147] d (mm)	12
α (度)	25
Xr (mm)	1
$Zs \times \tan(\theta + \alpha)$	17.14
Xr+d	13

[0148] 另外,例如在标本S是活体,且使活体内的血管成像的情况下,在脉冲光源101中射出血红蛋白的吸收波长的激励光L。另外,观察对象不限于血管,还能够应用于黑色素等内源性物质的成像。此时,激励光L使用作为对象的物质的吸收波长范围的光即可。

[0149] 此外,还能够应用于荧光体或金属纳米粒子等外源性物质的成像。此时,对于激励光L,在荧光体的情况下,使用作为对象的荧光体的吸收波长范围的光即可,在金属纳米粒子的情况下,使用作为对象的金属纳米粒子的共振波长范围的光即可。

[0150] 此外,在标本S内存在多个吸收体的情况下,优选使用观察对象物的特征性吸收光谱的峰值波长的光。脉冲光源101通过控制部250控制脉冲光的发光定时。

[0151] 这里,对于物镜103,适当选择焦距不同的物镜来进行安装。

[0152] 如以上所说明那样,本发明能够在不脱离其宗旨的范围内采取各种变形例。例如,在上述各实施方式中,为了使激励光偏转,使用了振镜。但是,只要是能够使光束偏转的结构即可,不限于此。

[0153] 产业上的可利用性

[0154] 如上所述,本发明的光声显微镜装置作为能够确保足够长度的工作距离、且能够在较宽的扫描范围内以较大的区域单位进行扫描、从而能够提高检测精度的装置是有用的。

[0155] 标号说明

[0156] 100:光声显微镜装置

[0157] 101:脉冲光源(脉冲激光器)

[0158] 102:振镜

[0159] 103:物镜

[0160] 201:光纤传感器(传感器部)

[0161] 202:光声波检测部

[0162] 250:控制部

[0163] 251:图像构成部

[0164] 252:存储部

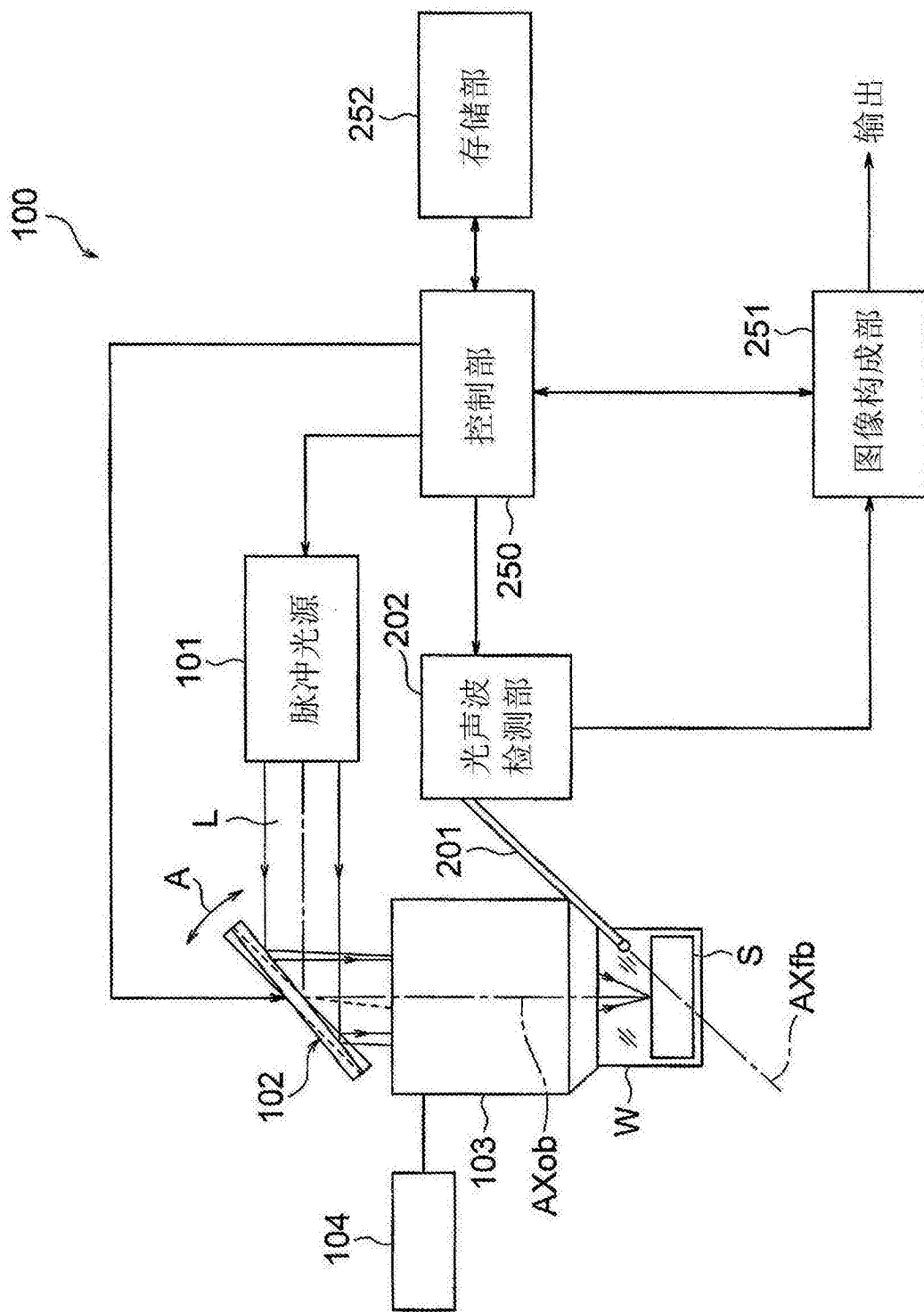


图1

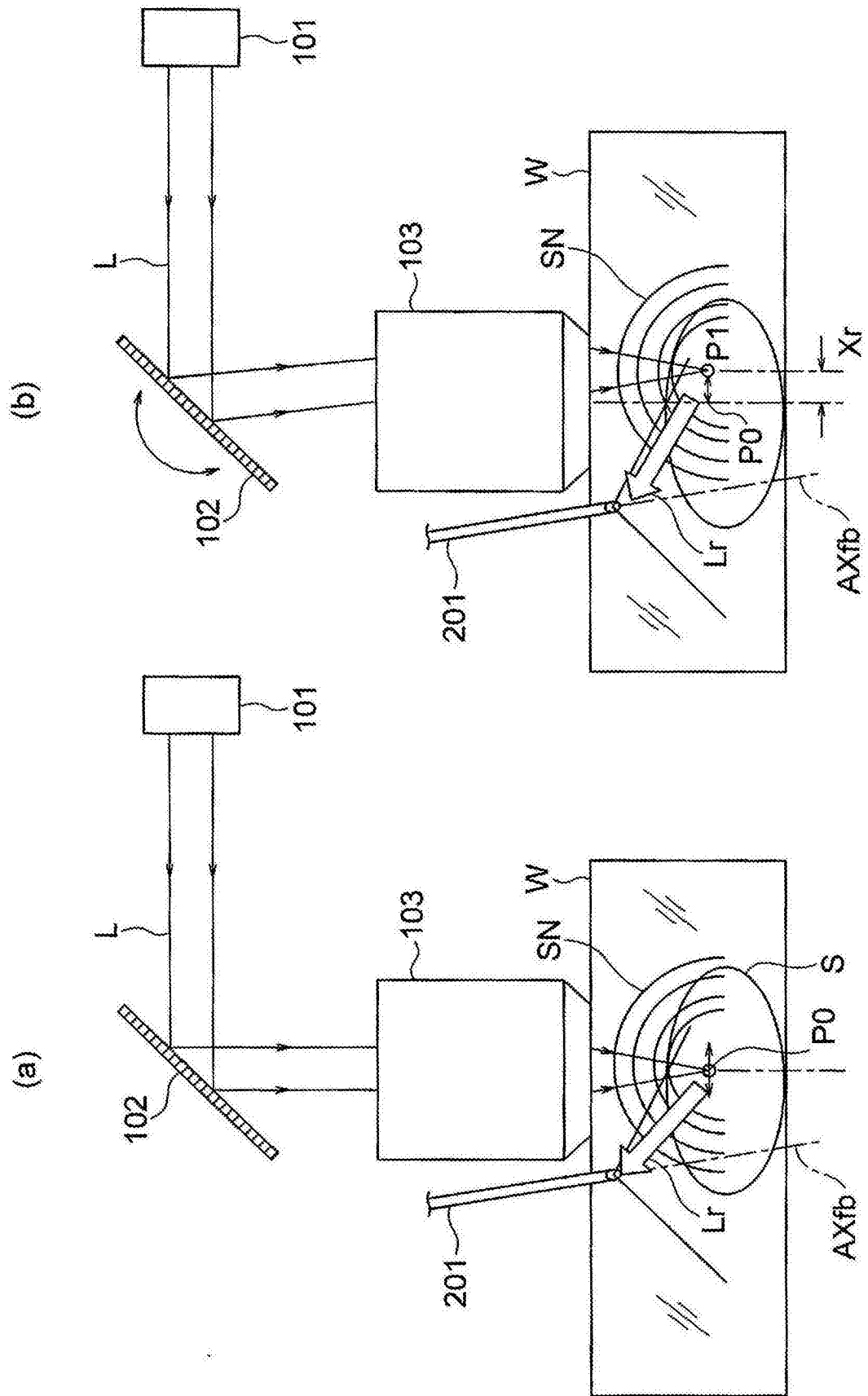


图2

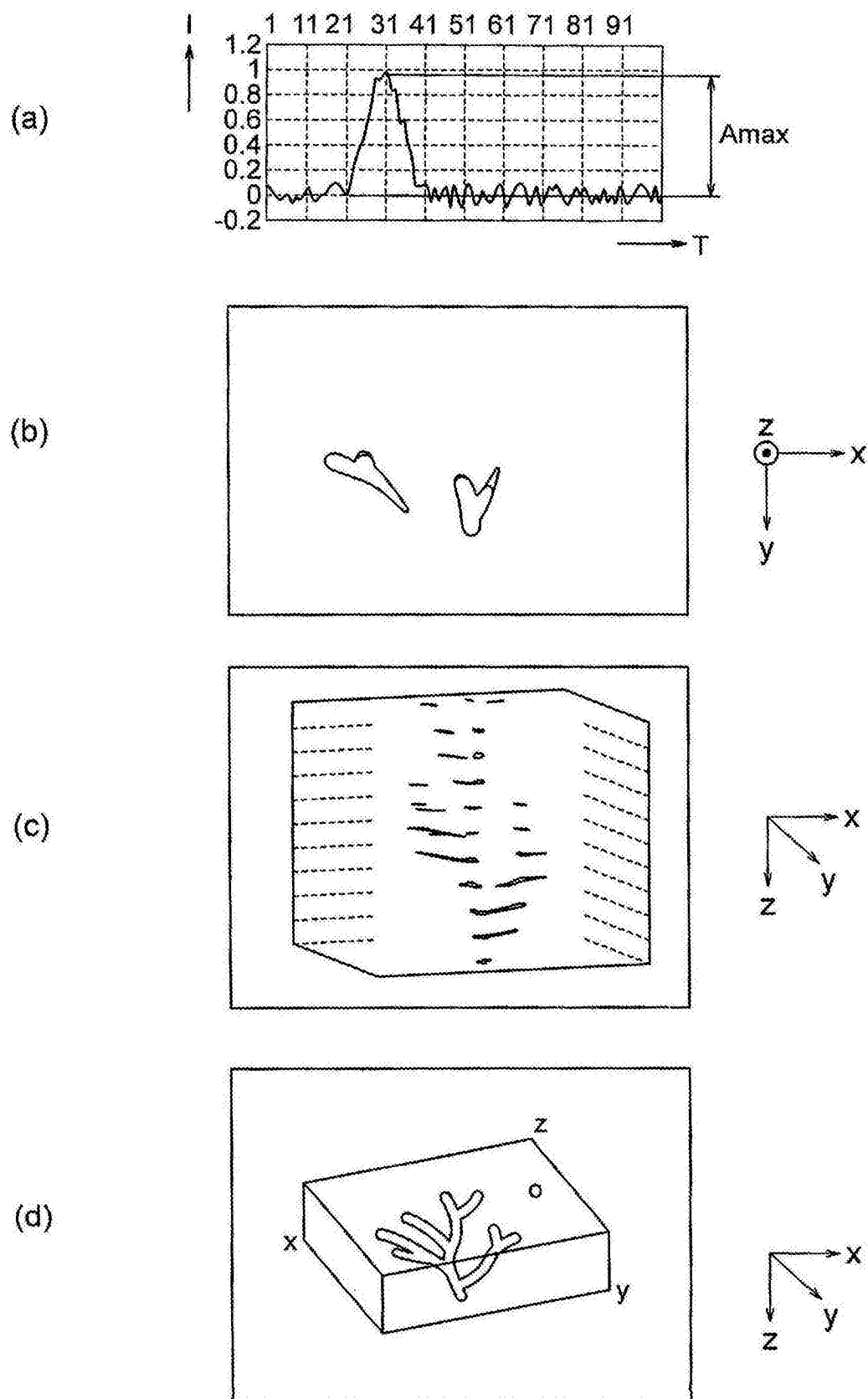


图5

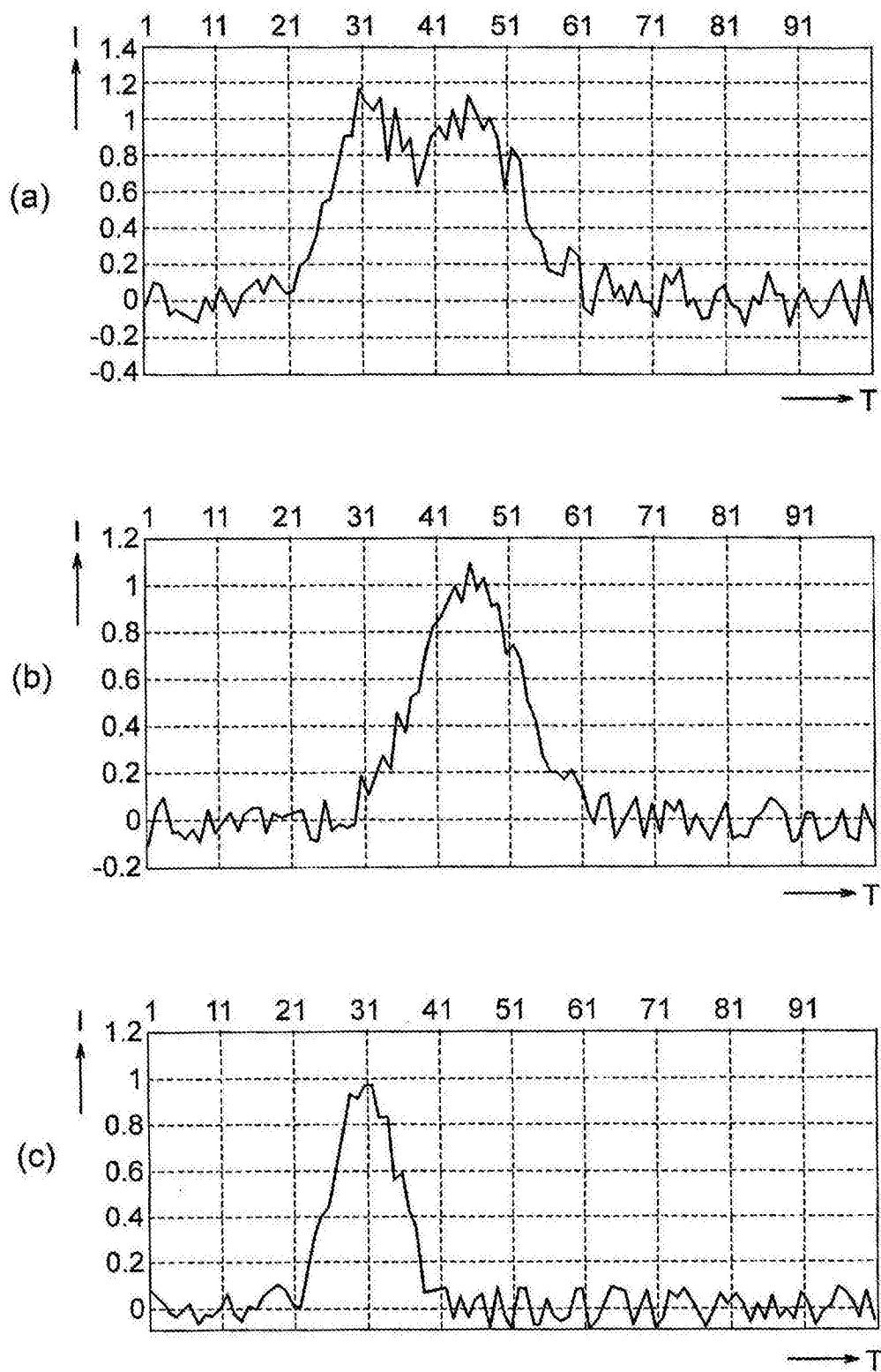


图7

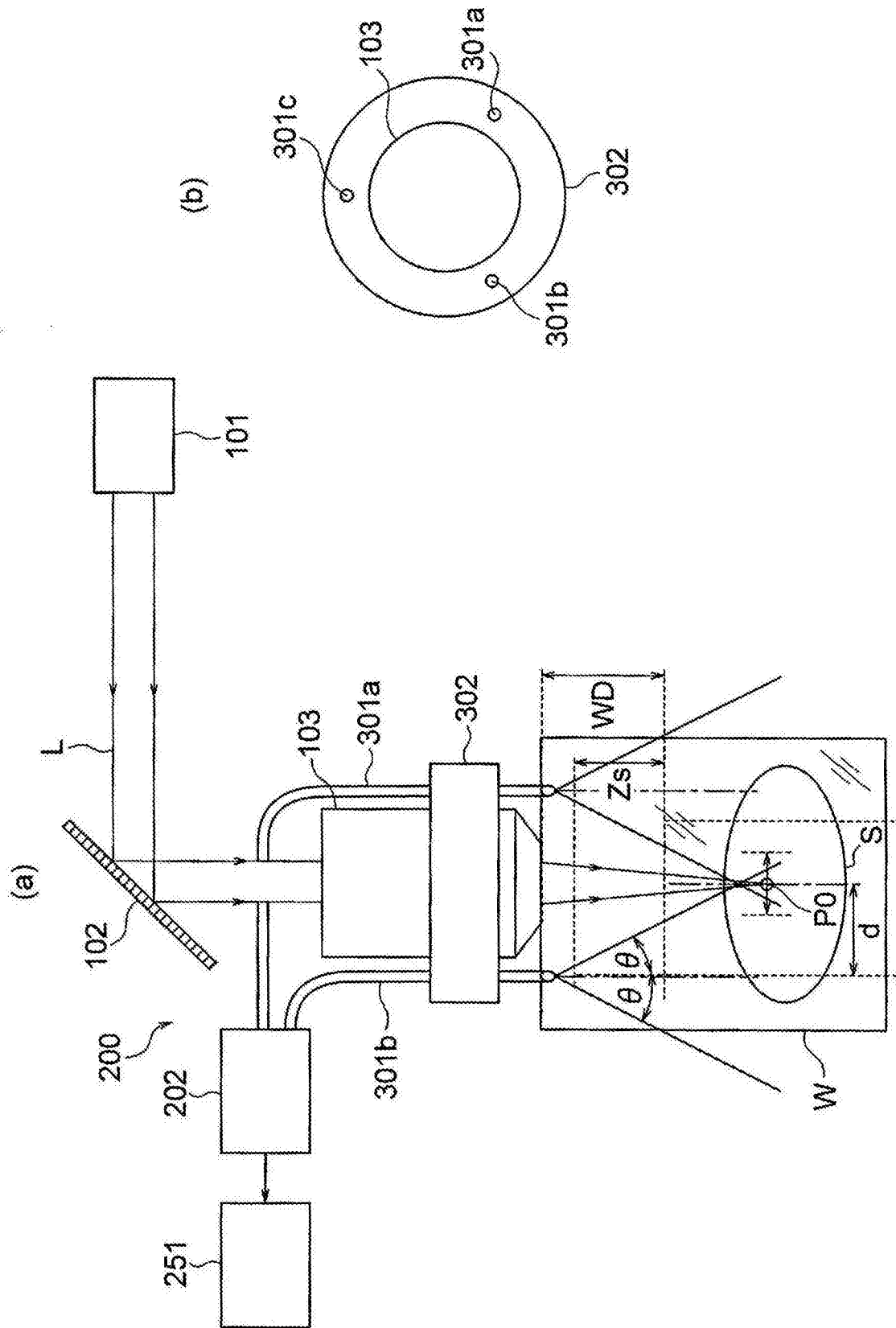


图8

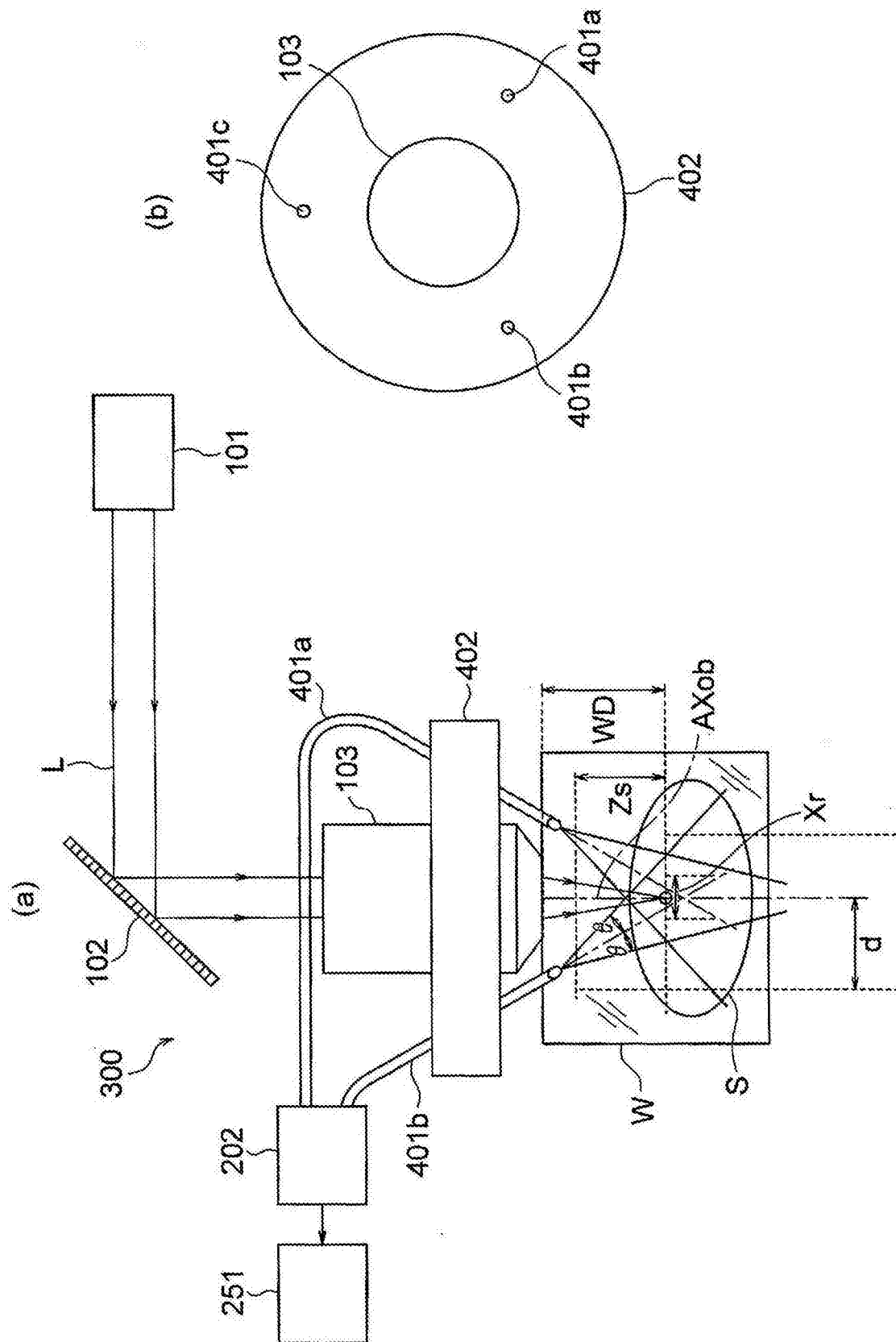


图9

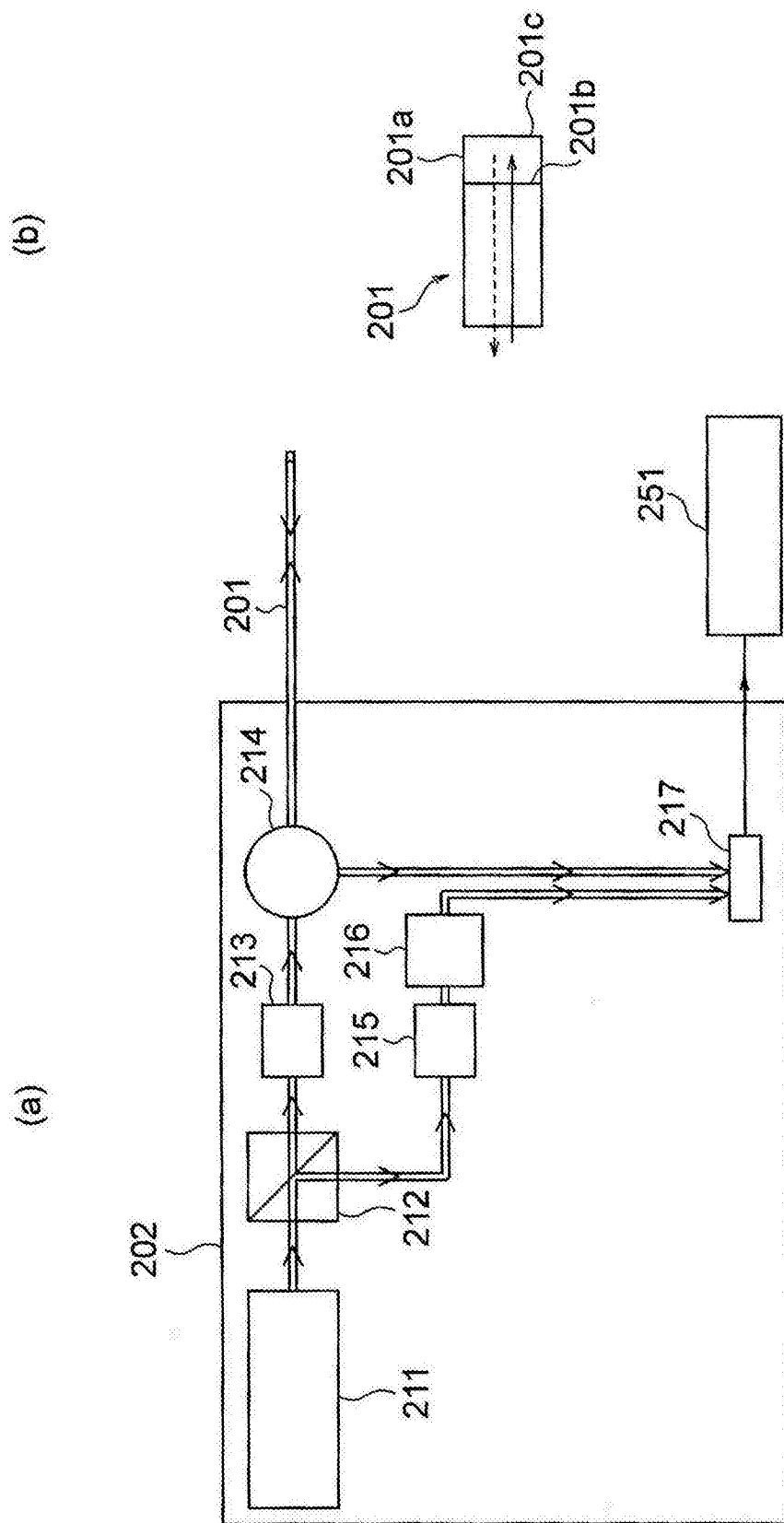


图10

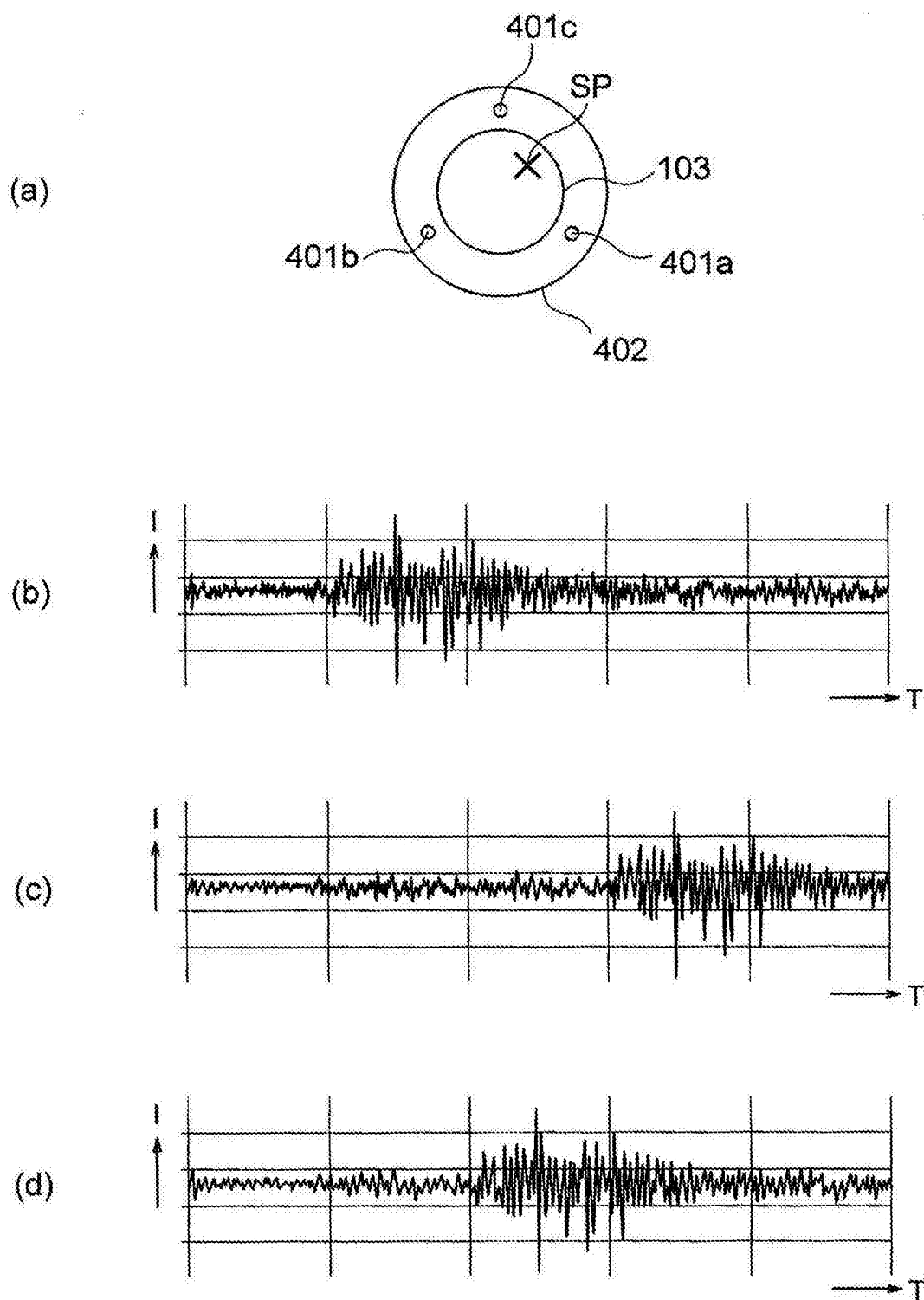


图11

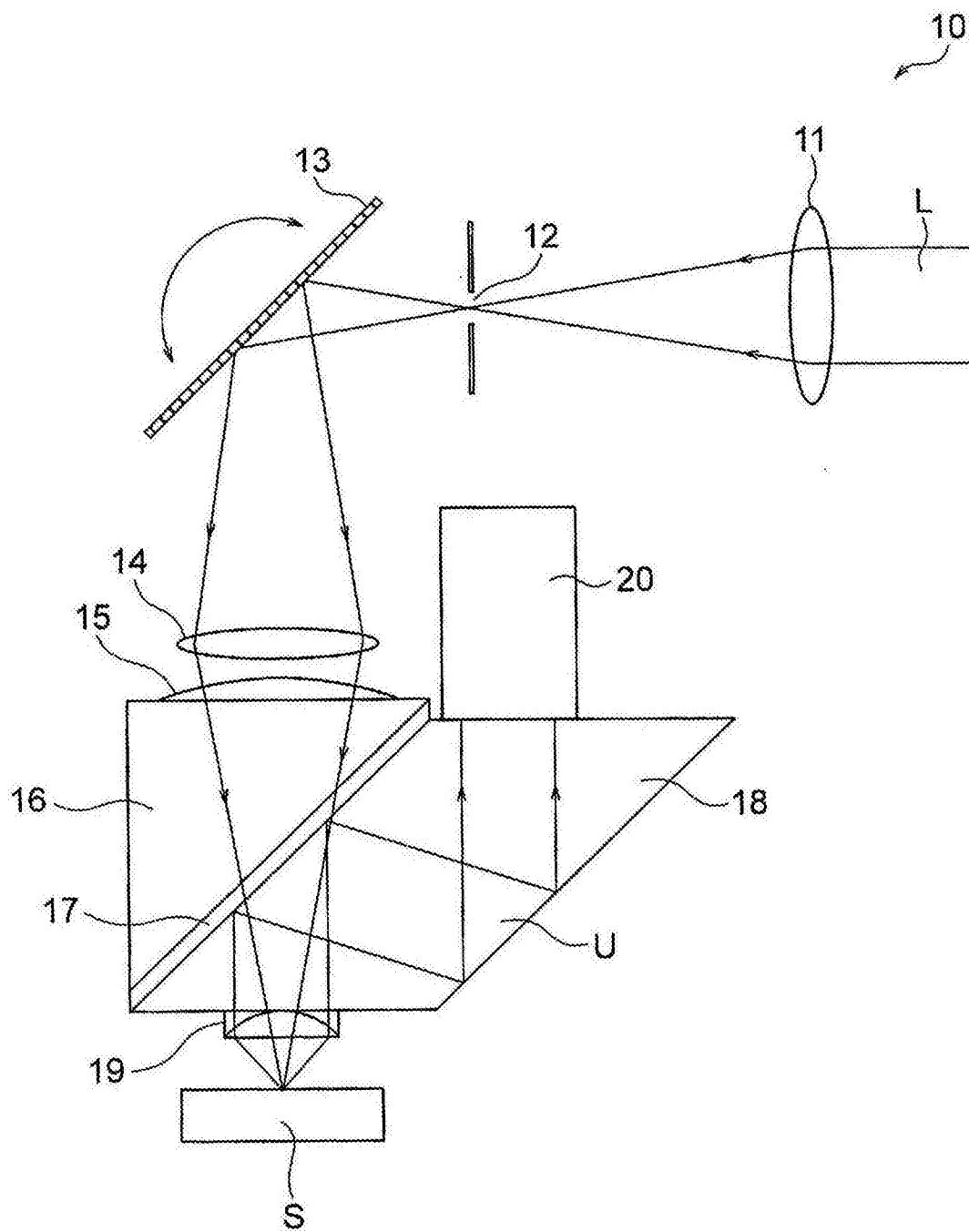


图12

1.(修改后)一种光声显微镜装置,其特征在于,具有:
光源,其产生用于产生光声波的激励光;
物镜,其使所述激励光会聚到标本上;
扫描部,其使所述标本上的所述激励光的会聚位置移动;
光声波检测部,其具有检测所产生的光声波的传感器部;以及
图像构成部,其基于来自所述光声波检测部的数据,构成图像,
所述扫描部由改变所述激励光对所述物镜的入射角度的可动镜构成,
在所述传感器部中,能够接收入射到所述传感器部的光声波的范围的角度比与所述物镜的照明侧的数值孔径对应的角度大。

2.根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述光声波检测部的传感器部具有多个传感器组,
多个所述传感器组能够在从期望范围至全部范围的任意范围中入射来自所述扫描部所能扫描的所述标本的范围的光声波。

3.根据权利要求2所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述图像构成部根据来自多个所述传感器组的光声波信号,检测所述标本中的信号产生源的位置。

4.根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
在所述物镜的周边部,还具有用于保持所述传感器部的检测器保持部。

5.(修改后)根据权利要求1~4中的任意一项所述的光声显微镜装置,其特征在于,满足以下的条件式(1),

$$Z_s \times \tan(\theta + \alpha) > X_r + d \quad (1)$$

这里,

θ 是所述传感器部能够接收光声波的范围的角度,

α 是所述传感器部的指向性的中心轴与所述物镜的光轴所成的角度,

X_r 是进行观察的最大区域的半径,

d 是所述物镜的光轴与所述传感器部在垂直于光轴的观察面内的距离,

Z_s 是所述物镜的会聚位置与所述传感器部在沿着所述物镜的光轴的方向上的距离。

6.根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述物镜的会聚位置与所述传感器部的、沿着所述物镜的光轴的方向上的距离比从所述物镜的前端部到会聚位置的距离短。

7.(修改后)根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述传感器部具有光纤,
所述光纤具有直接设置在所述光纤的前端的干涉薄膜,
所述干涉薄膜具有标本侧的物体侧面和用于参照用的光声波的参照面。

8.根据权利要求1所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述传感器部具有光纤,并且使用外差信号,检测光声波信号的产生源的位置。

9.(追加)根据权利要求1~8中的任意一项所述的光声显微镜装置,其特征在于,
所述可动镜是通过振动改变所述激励光对所述物镜的入射角度的振镜。

[0001] 权利要求1明确了:所述扫描部由改变所述激励光对所述物镜的入射角度的可动镜构成。

[0002] 权利要求5明确了:是 $\tan(\theta+\alpha)$ 。

[0003] 权利要求7明确了:干涉薄膜直接设置在光纤的前端;干涉薄膜具有标本侧的物体侧面和用于参照用的光声波的参照面。

[0004] 权利要求9明确了:所述可动镜是通过振动改变所述激励光对所述物镜的入射角度的振镜。