(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103201603 B
(45)授权公告日 2015.05.20

(21)申请号 201180052338.6
(22)申请日 2011.09.06
(30)优先权数据
2010-242411 2010.10.28 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.04.27
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2011/070208 2011.09.06
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/056813 JA 2012.05.03
(73)专利权人 柯尼卡美能达株式会社
地址 日本东京都
(72)发明人 平尾祐亮
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 李洋 杨林森
(51)Int.Cl.
G01J 3/45(2006.01)
(56)对比文件
CN 101655587 A,2010.02.24, 说明书第45-56段,附图2.
JP 平2-238334 A,1990.09.20, 全文.
JP 特开平5-231939 A,1993.09.07, 全文.
JP 特开2010-14426 A,2010.01.21, 全文.
JP 特开平8-75434 A,1996.03.22, 全文.
JP 昭64-13426 A,1989.01.18, 说明书第3页第4栏到第5页第1栏,附图1、4、8-12.
JP 平2-27225 A,1990.01.30, 全文.
审查员 李培培

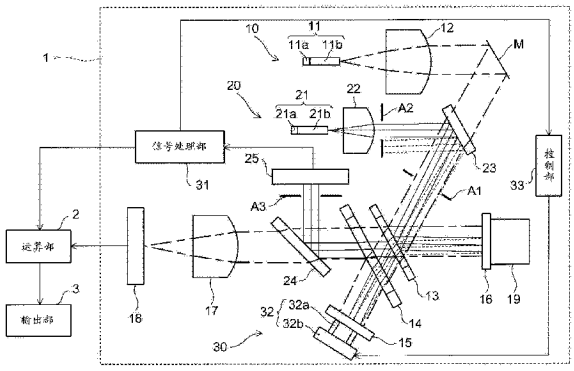
权利要求书2页 说明书15页 附图4页

(54)发明名称

干涉仪以及傅立叶变换分光分析装置

(57)摘要

干涉仪(1)基于参照光检测器(25)的检测结果来检测移动镜(16)的位置,并且对测定干涉光进行计测,参照光源(21)构成为包含由半导体激光器构成的光源(21a)。参照光学系统(20)具有将从参照光源(21)射出的激光变换成准直光的参照光用准直光学系统(22),上述准直光相对固定镜(15)倾斜入射。



CN 103201603 B

1.一种干涉仪，具有：

测定光学系统，其利用光束分光器将测定光分离并导向移动镜以及固定镜，通过上述光束分光器将被上述移动镜以及上述固定镜反射的各光叠加，将叠加而得到的测定干涉光导向测定光检测器；和

参照光学系统，其利用上述光束分光器将来自参照光源的参照光分离并导向上述移动镜以及上述固定镜，通过上述光束分光器将被上述移动镜以及上述固定镜反射的各光叠加，将叠加而得到的参照干涉光导向参照光检测器；

上述干涉仪一边基于上述参照光检测器的检测结果来检测上述移动镜的位置，一边对上述测定干涉光进行计测，

上述干涉仪的特征在于，

上述参照光源由半导体激光器、或者将从上述半导体激光器射出的激光经由波导或者光纤射出的激光源构成，

上述参照光学系统具有将从上述参照光源射出的激光变换成准直光的参照光用准直光学系统，

上述准直光相对上述固定镜倾斜入射，

上述测定光学系统具有将上述测定光变换成准直光的测定光用准直光学系统，

若将上述移动镜位于最远离上述光束分光器的位置时的、从上述测定光用准直光学系统到上述移动镜的上述位置的距离设为 f，将被上述测定光用准直光学系统校准后的光的光束直径设为 e，则上述参照光学系统的准直光相对上述固定镜的入射角小于与比值 e/f 对应的角度。

2.根据权利要求 1 所述的干涉仪，其特征在于，

还具备修正部，该修正部基于上述参照光检测器的检测结果来检测上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差，并且通过使上述移动镜或者上述固定镜倾斜来修正上述相对倾斜误差，

基于上述参照光用准直光学系统的准直光相对上述固定镜的入射角比能够通过上述修正部倾斜的上述移动镜或者上述固定镜的倾斜角的最大值大。

3.根据权利要求 2 所述的干涉仪，其特征在于，

上述修正部通过使上述移动镜倾斜来修正上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差，

上述参照光的光轴与上述测定光的光轴所成的角度比能够通过上述修正部倾斜的上述移动镜的倾斜角的最大值大。

4.根据权利要求 2 所述的干涉仪，其特征在于，

上述修正部通过使上述固定镜倾斜来修正上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差，

上述参照光的光轴与上述测定光的光轴所成的角度比能够通过上述修正部倾斜的上述固定镜的倾斜角的最大值大。

5.根据权利要求 1 所述的干涉仪，其特征在于，

基于上述参照光用准直光学系统的准直光相对上述固定镜的入射角是在向位于最远离上述光束分光器的位置的上述移动镜入射的上述测定光的光束内，上述准直光倾斜入射

到上述移动镜时的倾斜角的最大值以下的角度。

6. 根据权利要求 2 所述的干涉仪，其特征在于，

上述修正部包括 ：

信号处理部，其基于上述参照光检测器的检测结果来检测上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差 ；

光路修正机构，其通过使上述移动镜或者上述固定镜倾斜来修正被上述移动镜或者上述固定镜反射的光的光路 ；和

控制部，其基于由上述信号处理部检测出的上述相对倾斜误差来控制上述光路修正机构。

7. 根据权利要求 2 所述的干涉仪，其特征在于，

上述参照光检测器由分割传感器构成，

上述修正部基于来自上述分割传感器的各元件的输出，来检测上述测定光被上述移动镜反射的反射光与被上述固定镜反射的反射光的相对倾斜误差。

8. 根据权利要求 2 所述的干涉仪，其特征在于，

上述测定光学系统具有将上述测定光变换成准直光的测定光用准直光学系统，

被上述参照光用准直光学系统变换成准直光的参照光的光束直径小于被上述测定光用准直光学系统变换成准直光的测定光的光束直径。

9. 一种傅立叶变换分光分析装置，其特征在于，具备 ：

权利要求 1 所述的干涉仪 ；和

运算部，其对通过上述干涉仪的上述测定光检测器接收上述测定干涉光而得到的干涉图进行采样并实施傅立叶变换，来生成上述测定光中含有的波长的光谱。

10. 根据权利要求 9 所述的傅立叶变换分光分析装置，其特征在于，

上述干涉仪还具备信号生成部，其中，该信号生成部基于上述参照光学系统的上述参照光检测器的检测结果来生成表示对上述干涉图进行采样时的定时的信号，

上述运算部基于来自上述信号生成部的信号的定时对使用了特定波长的光作为上述测定光时的测定干涉光的干涉图进行采样并实施了傅立叶变换时得到了波长，并基于该波长与上述特定波长的偏离来对上述采样的定时进行修正。

11. 根据权利要求 9 所述的傅立叶变换分光分析装置，其特征在于，

上述测定光是近红外光或者红外光，

上述参照光是红色光。

干涉仪以及傅立叶变换分光分析装置

技术领域

[0001] 本发明涉及迈克耳孙(Michelson)型干涉仪和具备该干涉仪的傅立叶变换分光分析装置。

背景技术

[0002] 在FTIR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)所利用的迈克耳孙双光束干涉仪中,采用了利用光束分光器(beam splitter)将从光源发出的红外光向固定镜以及移动镜的2个方向分割,并将由该固定镜以及移动镜分别反射回来的光通过上述光束分光器合成为一个光路这一构成。若使移动镜前后(沿入射光的光轴方向)移动,则由于分割后的双光束的光路差发生变化,所以合成得到的光成为光的强度根据该移动镜的移动量发生变化的干涉光(干涉图(interferogram))。通过对该干涉图进行采样,并进行AD变换以及傅立叶变换,能够求出入射光的光谱分布,根据该光谱分布能够求出每一个波数(1/波长)的干涉光的强度。

[0003] 由于上述的干涉图通过移动镜与固定镜的相位差、即移动镜的反射光与固定镜的反射光的光路差的函数来表示,所以当求取测定干涉光的强度时,需要一直监视移动镜的位置。鉴于此,通常与射出红外光的光源独立地使用He－Ne激光等参照光源来监视移动镜的位置。具体而言,利用光束分光器对从参照光源射出的参照光进行分离并导向移动镜以及固定镜,利用光束分光器将由移动镜以及固定镜反射的各光合成,将其作为参照干涉光导向位置检测用的参照光检测器。由于参照干涉光的强度根据移动镜的位置而变化,所以通过利用参照光检测器检测参照干涉光的强度变化,能够求出移动镜的位置。

[0004] 然而,由于上述的光束分光器以规定的分支比(例如50:50)将入射光分离成2个光束,所以当由光束分光器分离并入射到固定镜的参照光在被固定镜反射后,再次入射到光束分光器时,入射光的一部分被向参照光检测器的方向反射,但剩余的光透过光束分光器,成为返回到参照光源侧的返回光。如果返回光入射到参照光源,则会引起谐波共振而导致激光的振荡不稳定,来自参照光检测器的输出波形会因跳模(mode hop)现象而变化,结果,无法求出移动镜的位置。

[0005] 关于该点,例如专利文献1中在参照光源的光出射侧配置了对入射光束的扩展角进行放大的透镜。在该构成中,返回到参照光源的光的量因放大透镜而减少,由此可降低谐波共振的影响,提高移动镜的位置检测精度。

[0006] 专利文献1:日本特开平2－253103号公报(参照第3页右上栏第14行～第17行,第5页左下栏第14行～第20行)

[0007] 不过,在专利文献1中使用了He－Ne激光作为参照光源。He－Ne激光的体型较大,为了维持波长的稳定性而难以小型化。即,在如专利文献1那样使用He－Ne激光作为参照光源的构成中,装置本身大型化。

[0008] 并且,由于为了减少返回光的量,需要在参照光源的光出射侧配置放大透镜,所以与不使用放大透镜的构成相比,部件个数增多。由于温度、针对冲击振动的灵敏度按各部件

而不同，所以部件个数的增多容易在光学系统整体上产生误差。因此，希望在不使用放大透镜的情况下（即在利用准直光的同时）避免返回光入射到参照光源的结构。

发明内容

[0009] 本发明为了解决上述问题点而提出，其目的在于，提供能够通过不使用 He — Ne 激光作为参照光源的小型构成，并且在不使用放大透镜的情况下除去向参照光源返回的返回光，由此可基于参照光检测器的检测结果稳定地进行移动镜的位置检测的干涉仪，以及具备该干涉仪的傅立叶变换分光分析装置。

[0010] 本发明的干涉仪具备：测定光学系统，其利用光束分光器将测定光分离并导向移动镜以及固定镜，通过上述光束分光器将被上述移动镜以及上述固定镜反射的各光叠加，将叠加而得到的测定干涉光导向测定光检测器；和参照光学系统，其利用上述光束分光器将来自参照光源的参照光分离并导向上述移动镜以及上述固定镜，通过上述光束分光器将被上述移动镜以及上述固定镜反射的各光叠加，将叠加而得到的参照干涉光导向参照光检测器；所干涉仪一边基于上述参照光检测器的检测结果来检测上述移动镜的位置，一边对上述测定干涉光进行计测，其中，上述参照光源由半导体激光器、或者将从上述半导体激光器射出的激光经由波导或者光纤射出的激光源构成，上述参照光学系统具有将从上述参照光源射出的激光变换成准直光的参照光用准直光学系统，上述准直光相对上述固定镜倾斜入射。

[0011] 根据本发明，参照光源由比 He — Ne 激光器小型的半导体激光器或激光源构成，由于在使用准直光学系统的情况下，也能使用小型的准直光学系统，所以可实现小型的干涉仪。

[0012] 另外，由于上述的准直光相对固定镜倾斜入射，所以即使被固定镜反射的参照光经由光束分光器返回到参照光源侧，也能防止该返回光入射到参照光源的情况。因此，能够在不像以往那样使用放大透镜的情况下，避免直接使用准直光而使得参照光源中的激光的振荡变得不稳定的情况，可基于参照光检测器的检测结果稳定地进行移动镜的位置检测。

附图说明

[0013] 图 1 是示意性地表示本发明的一个实施方式的傅立叶变换分光分析装置的概略构成的说明图。

[0014] 图 2 是表示上述傅立叶变换分光分析装置中应用的干涉仪的参照光检测器的概略构成的俯视图。

[0015] 图 3 是表示基于上述参照光检测器的检测结果而输出的相位信号的说明图。

[0016] 图 4 是示意性地表示上述傅立叶变换分光分析装置的其他构成的说明图。

[0017] 图 5（a）是示意性地表示参照光的光轴与测定光的光轴交叉时的上述两光轴所成的角度的说明图，（b）是示意性地表示参照光的光轴与测定光的光轴不交叉时的上述两光轴所成的角度的说明图。

[0018] 图 6 是表示对使用了特定波长的光作为测定光时的测定干涉光进行傅立叶变换后的光谱的说明图。

具体实施方式

[0019] 若基于附图对本发明的一个实施方式进行说明，则如以下所述。

[0020] 〔装置的构成〕

[0021] 图 1 是示意性地表示本实施方式的傅立叶变换分光分析装置的概略构成的说明图。该装置构成为具有干涉仪 1、运算部 2 以及输出部 3。干涉仪 1 由双光路分支型迈克耳孙干涉仪构成，其详细说明将后述。运算部 2 对从干涉仪 1 输出的信号进行采样、A / D 变换以及傅立叶变换，生成测定光所包含的波长的光谱、即表示每个波数（1 / 波长）的光的强度的光谱。输出部 3 输出（例如显示）由运算部 2 生成的光谱。以下，对干涉仪 1 的详细情况进行说明。

[0022] 干涉仪 1 具有测定光学系统 10、参照光学系统 20 以及修正部 30。以下，按顺序进行说明。

[0023] 测定光学系统 10 具备测定用光源 11、测定光用准直光学系统 12、折返镜 M、BS（光束分光器）13、补偿板 14、固定镜 15、移动镜 16、聚光光学系统 17、测定光检测器 18 以及驱动机构 19。此外，固定镜 15 与移动镜 16 相对 BS13 的位置关系也可以相反。

[0024] 测定用光源 11 例如通过由射出含有多个波长的近红外光或者红外光作为测定光的光源 11a、和与光源 11a 结合的光纤 11b 形成的光纤结合光学系统构成。此外，测定用光源 11 也可以仅由光源 11a 构成。测定光用准直光学系统 12 是将从测定用光源 11 射出的测定光变换成准直光并导向 BS13 的光学系统，例如由准直透镜构成。

[0025] 这里，准直光除了完全的平行光之外，还包括近似平行光（一些收敛光、散射光）的概念。即，这里的准直是指通过准直光学系统将来自光源的光经由 BS 以及固定镜或者移动镜导向传感器，并不限于向无限远的准直。由于容易作为平面波进行处理，所以希望例如在 1m 以上远方进行准直。

[0026] 为了将干涉仪 1 紧凑构成，折返镜 M 的设置目的在于使测定光用准直光学系统 12 与 BS13 之间的光路弯转。在折返镜 M 与 BS13 之间的光路中（尤其在后述的光路合成镜 23 与 BS13 之间的光路中）配置有用于限制测定光的光束直径的光阑 A1。

[0027] BS13 是将入射光、即从测定用光源 11 射出的光分离成两束光而分别导向固定镜 15 以及移动镜 16，并且将被固定镜 15 以及移动镜 16 反射的各光叠加，作为测定干涉光射出的器件，例如由分支比为 50 :50 的半透半反镜构成。

[0028] 补偿板 14 是用于对 BS13 的厚度所对应的光路长、以及因光从 BS13 透过时的折射引起的光路位移（shift）进行修正的基板。此外，根据干涉仪 1 的组装方式不同，也可以不需要补偿板 14。

[0029] 聚光光学系统 17 是对由 BS13 合成并射出的光进行聚光而导向测定光检测器 18 的光学系统，例如由聚焦透镜构成。测定光检测器 18 接收从 BS13 经由聚光光学系统 17 入射的测定干涉光，来检测干涉图（干涉图案）。

[0030] 驱动机构 19 是使移动镜 16 沿光轴方向平行移动（并进），以使由固定镜 15 反射的光的光路与由移动镜 16 反射的光的光路之差（光路长之差）发生变化的移动机构，例如由使用了 VCM （音圈马达）的电磁式驱动机构构成。此外，驱动机构 19 也可以由平行板簧式的驱动机构构成。

[0031] 在上述的构成中，从测定用光源 11 射出的测定光在被测定光用准直光学系统 12

变换成准直光后，被折返镜 M 反射而入射到 BS13，基于 BS13 的透过以及反射被分离成 2 个光束。分离出的一方光束被移动镜 16 反射，另一方光束被固定镜 15 反射，分别从原光路返回而在 BS13 处重叠，在作为测定透过了干涉光补偿板 14 之后，向试样（未图示）照射。此时，在通过驱动机构 19 使移动镜 16 连续移动的同时，对试样照射光，当从 BS13 到各镜（移动镜 16、固定镜 15）的光路长之差为波长的整数倍时，重叠后的光的强度最大。另一方面，在因移动镜 16 的移动而使得 2 个光路长产生差时，重叠后的光的强度发生变化。透过了试样的光被聚光光学系统 17 聚光而入射到测定光检测器 18，在这里被作为干涉图而检测出。即，在图 1 中，测定光在用点划线表示的光路中行进。

[0032] 在运算部 2 中，通过对来自测定光检测器 18 的检测信号（干涉图）采样，并进行 A / D 变换以及傅立叶变换，来生成表示每个波数的光的强度的光谱。上述的光谱由输出部 3 输出（例如显示），基于该光谱，能够分析试样的特性（材料、构造、成分量等）。

[0033] 接下来，对参照光学系统 20 以及修正部 30 进行说明。参照光学系统 20 与上述的测定光学系统 10 共有一部分构成，除了上述的 BS13、补偿板 14、固定镜 15、移动镜 16 之外，还具有参照光源 21、参照光用准直光学系统 22、光路合成镜 23、光路分离镜 24 以及参照光检测器 25。

[0034] 参照光源 21 是用于检测移动镜 16 的位置、或生成由运算部 2 采样的定时信号的光源，通过由半导体激光器所形成的光源 21a、和与光源 21a 结合的光纤 21b 形成的光纤结合光学系统构成。即，参照光源 21 由将从半导体激光器射出的激光经由光纤或者波导射出的激光源构成。上述的半导体激光器例如发出红色光，只要发出比测定光（近红外光、红外光）的最短波长短的波长的激光即可。此外，参照光源 21 也可以仅通过由半导体激光器形成的光源 21a 构成。

[0035] 参照光用准直光学系统 22 是将从参照光源 21 射出的参照光（激光）变换成准直光并导向 BS13 的光学系统，例如由准直透镜构成。在参照光用准直光学系统 22 的光出射侧配置有光阑 A2，来限制准直光的光束直径。此外，也可以通过在构成参照光用准直光学系统 22 的透镜的光出射侧的面，将射出准直光的部分以外涂黑，来使参照光用准直光学系统 22 具有光阑 A2 的功能。

[0036] 光路合成镜 23 是通过使来自测定用光源 11 的光透过、使来自参照光源 21 的光反射，而将这些光的光路合成的光束组合器。在本实施方式中，按照参照光倾斜入射到固定镜 15 的方式配置了光路合成镜 23。因此，测定光的光路与参照光的光路不会完全同轴。其中，针对参照光倾斜入射到固定镜 15 的详细内容将后述。光路分离镜 24 是通过使从测定用光源 11 射出并经由 BS13 入射的光透过，使从参照光源 21 射出并经由 BS13 入射的光反射，来将这些光的光路分离的光束分光器。

[0037] 参照光检测器 25 是对从参照光源 21 射出并经由 BS13 入射到光路分离镜 24，在此被反射的光（参照干涉光）进行检测的检测器，例如由响应速度比 CCD 快的 4 分割传感器构成。在光路分离镜 24 与参照光检测器 25 之间的光路中配置有光阑 A3，通过该光阑 A3 来限制向参照光检测器 25 入射的参照干涉光的光束直径。

[0038] 接下来，对修正部 30 进行说明。修正部 30 基于参照光检测器 25 对参照干涉光的检测结果，检测移动镜 16 的反射光与固定镜 15 的反射光的相对倾斜的误差（倾斜误差、2 个光路间的倾斜），并且通过使移动镜 16 或者固定镜 15 倾斜来进行倾斜误差的修正（倾斜修

正)。在由驱动机构 19 对移动镜 16 驱动时,如果移动镜 19 的并进性失衡,则测定干涉光的干涉强度(对比度)因上述倾斜误差而降低。因此,通过利用修正部 30 使移动镜 16 或者固定镜 15 倾斜,来修正上述的倾斜误差,能够避免测定干涉光的干涉强度降低。

[0039] 这里,在本实施方式中,通过光路合成镜 23 的上述配置,使得测定光侧以及参照光侧的光轴不完全同轴,但由于是接近于同轴的配置,所以(1)按测定用光源 11、BS13、移动镜 16、BS13、测定光检测器 18 的顺序行进的光与按测定用光源 11、BS13、固定镜 15、BS13、测定光检测器 18 的顺序行进的光的倾斜误差(也称为“第 1 倾斜误差”)、和(2)按参照光源 21、BS13、移动镜 16、BS13、参照光检测器 25 的顺序行进的光与按参照光源 21、BS13、固定镜 15、BS13、参照光检测器 25 的顺序行进的光之间的倾斜误差(也称为“第 2 倾斜误差”)大致接近。因此,修正部 30 通过基于来自参照光检测器 25 的参照干涉光的受光信号,来检测第 2 倾斜误差并进行修正,能够修正第 1 倾斜误差。

[0040] 这样的修正部 30 具体构成为具有信号处理部 31、光路修正机构 32 以及控制部 33。控制部 33 例如由 CPU 构成,基于信号处理部 31 的检测结果来控制光路修正机构 32。

[0041] 信号处理部 31 基于由参照光检测器 25 检测出的参照干涉光的强度,来检测倾斜误差。例如,如图 2 所示,将参照光检测器 25 的 4 个受光区域(4 分割传感器的各元件)按逆时针设为 E1 ～ E4,参照光的光点(spot)D 位于整个受光区域的中心。当将在受光区域 E1、E2 检测出的光的强度之和设为 A1,将在受光区域 E3、E4 检测出的光的强度之和设为 A2 时,若得到图 3 所示的信号作为表示强度 A1、A2 相对时间经过的变化的相位信号,则能够基于这些信号来检测倾斜误差(尤其是一方的光相对另一方的光的相对倾斜方向以及倾斜量)。该例中,在受光区域 E1、E2 与受光区域 E3、E4 排列的方向(图 2 中为上下方向)产生了与相位差 Δ 对应的角度的倾斜误差。其中,图 3 的纵轴的强度用相对值表示。此外,在相位信号的频率慢(低)的情况下,也能够不根据相位比较而根据强度比来检测 2 个光路间的光的倾斜。

[0042] 另外,信号处理部 31 还作为基于由参照光检测器 25 检测出的参照干涉光的强度来检测移动镜 16 的位置,并且生成对采样的定时进行表示的脉冲信号的信号生成部发挥功能。在参照光检测器 25 中,由于参照干涉光的强度根据移动镜 16 的位置(光路差)整体上在明与暗之间变化,所以信号处理部 31 能够基于该强度变化来检测移动镜 16 的位置。运算部 2 与上述脉冲信号的采样定时同步地对来自测定光检测器 18 的检测信号(干涉图)进行采样,并变换成数字数据。

[0043] 光路修正机构 32 通过基于由信号处理部 31 检测出的倾斜误差而使移动镜 16 或者固定镜 15 倾斜,来对被移动镜 16 或者固定镜 15 反射的光的光路进行修正。在本实施方式中,光路修正机构 32 如图 1 所示,构成为具有 :前端与固定镜 15 的背面(与反射面相反侧的面)连结并沿光轴方向伸缩的多个(至少 3 个)压电元件 32a、和对这些压电元件 32a 施加电压来使压电元件 32a 伸缩的驱动部 32b。通过基于信号处理部 31 的检测结果,对向各压电元件 32a 施加的电压进行控制,使各压电元件 32a 沿光轴方向伸缩,能够使固定镜 15 的倾斜(固定镜 15 的反射光的光路)变化,由此可以修正倾斜误差。

[0044] 在上述的构成中,从参照光源 21 射出的光在被参照光用准直光学系统 22 变换成准直光后,被光路合成镜 23 反射而入射到 BS13,在此分离成 2 个光束。由 BS13 分离后的一方的光束被移动镜 16 反射,另一方的光束被固定镜 15 反射,分别从原来的光路返回而在

BS13 重叠，并透过补偿板 14 入射到光路分离镜 24，在此被反射而入射到参照光检测器 25。即，在图 1 中，参照光在用实线表示的光路中行进。

[0045] 修正部 30 的信号处理部 31 如上述那样，基于由参照光检测器 25 检测出的参照干涉光的强度来检测倾斜误差，按照控制部 33 的控制使光路修正机构 32 调整固定镜 15 的姿势（相对 BS13 的角度），来对固定镜 15 的反射光的光路进行修正。通过进行反复对倾斜修正的检测和对反射光的光路的修正（倾斜修正）的反馈控制，最终能够使倾斜误差无限接近于零。

[0046] 图 4 是示意性地表示傅立叶变换分光分析装置的另一构成的说明图。如该图所示，修正部 30 的光路修正机构 32 可以基于由信号处理部 31 检测出的倾斜误差，来修正被移动镜 16 反射的光的光路。该情况下，通过将各压电元件 32a 的前端与移动镜 16 的背面连结，利用驱动部 32b 使各压电元件 32a 伸缩，来使移动镜 16 的倾斜变化，能够修正被移动镜 16 反射的光的光路。此时，移动镜 16 的驱动机构 19 只要与驱动部 32b 的背面（与各压电元件 32a 相反侧）连结即可。

[0047] 〔各参数〕

[0048] 表 1 ～表 4 表示了本实施方式的干涉仪 1 中的各参数的值。以下，参照表 1 ～表 4 对本实施方式的干涉仪 1 进一步加以说明。此外，以下在没有特别说明的情况下，若记载为准直光，则是指参照光的准直光。

[0049] [表 1]

[0050]

	测定光学系统	值	单位
(1)	光束直径(直径)	5	mm
(2)	最短波长	900	nm
(3)	最长波长	2600	nm
(4)	向固定镜入射的入射角	0	deg
(5)	移动镜移动量(最大位移量)	3	Mm

[0051] [表 2]

[0052]

	测定光学系统	值	单位
(1)	光束直径(直径)	2	mm
(2)	波长	658	nm
(3)	光纤芯径	0.0002	mm
(4)	准直光学系统焦点距离	11	mm

[0053] [表 3]

[0054]

	光学配置	值	单位
（1）	参照光准直光学系统（面顶点）-光路合成组合器间距离	13	mm
（2）	光路合成组合器-BS 间距离	14	mm
（3）	BS-固定镜间距离	13	mm
（4）	BS-移动镜（振幅中心）间距离	13	mm
（5）	光阑（A2）-光路合成组合器间距离	10	mm
（6）	折返镜-光路合成组合器间距离	12	mm
（7）	BS-光路分离镜间距离	14	mm
（8）	光路分离镜-聚光光学系统（面顶点）间距离	10	mm
（9）	聚光光学系统（面顶点）-测定光检测器间距离	14	mm
（10）	移动镜最边远位置处的测定光与参照光的光束中心间距离	1.45	mm

[0055] [表 4]

[0056]

		值	单位
(1)	固定镜(移动镜)扫描角度范围	0.1	deg
(2)	参照光准直光学系统的位置处的返回光的移动量	2	mm
(3)	参照光向固定镜的必要倾斜量	2.0	deg
(4)	因组装光学部件误差引起的多余倾斜量	0.5	deg
(5)	参照光向固定镜的入射角	0.5	deg

[0057] 首先，在本实施方式的干涉仪 1 中，如上述那样，取代使用以往的 He — Ne 激光器作为参照光源 21，而使用了由半导体激光器构成的光源。半导体激光器比 He — Ne 激光器小型，即使在使用准直光学系统的情况下，也能使用小型的准直光学系统。因此，可实现小

型的干涉仪 1。根据表 3，由于移动镜 16 —测定光检测器 18 间的距离约为 5cm 左右（表 3 的项目（4）（7）（8）（9）之和），所以能够容易地理解该情况。

[0058] 另外，在本实施方式中，如表 4 所示，准直光相对固定镜 15 的入射角为 2.5 度，准直光相对固定镜 15 倾斜入射。其中，考虑了由修正部 30 得到的固定镜 15 的倾斜角的最大值（角度检测范围）即 0.1 度（6 分）、必要的倾斜入射角 2.0 度、部件的组装误差等引起的差值（多余倾斜量）0.5 度，设定了上述的入射角 2.5 度。

[0059] 这样，由于通过准直光相对固定镜 15 倾斜入射，使得固定镜 15 的反射光的光路与入射光向固定镜 15 的光路稍微错移，所以即使被固定镜 15 反射的光经由 BS13 返回到参照光源 21 侧，也能够避免该返回光入射到参照光源 21（参照图 1、图 4 的虚线的光路）。因此，即使不在参照光源 21 的光出射侧配置以往那样的放大透镜，也能够利用准直光，并且避免激光的振荡因谐波共振而不稳定的情况。其结果，能够基于参照光检测器 25 的检测结果稳定地进行移动镜 16 的位置检测。因此，可以稳定地进行测定光检测部 18 中的测定干涉光的计测，能够稳定地进行分光分析。

[0060] 实际上，由于相对于参照光的光束直径 2mm（参照表 2 的项目（1）），参照光用准直光学系统 22 的光出射侧（与参照光源 21 相反侧）的位置处的、返回光的与光轴垂直方向的移动量为 2mm（参照表 4 的项目（2）），所以可知来自参照光源 21 的出射光与返回光不交叉，返回光不会入射到参照光源 21。

[0061] 此外，在本实施方式中，通过调节光路合成组合器 23 的配置位置（角度）来使准直光倾斜入射到固定镜 15，但也可以通过调节参照光源 21 以及参照光用准直光学系统 22 的配置位置，来使准直光倾斜入射到固定镜 15。即，也可以通过按照参照光与测定光学系统 10 同轴的方式使参照光源 21 以及参照光用准直光学系统 22 的位置从入射到光路合成组合器 23 的位置错移，来使准直光倾斜入射到固定镜 15。

[0062] 另外，在本实施方式中，如表 4 所示，准直光相对固定镜 15 的入射角（2.5 度）比倾斜修正时能够通过修正部 30 而倾斜的固定镜 15 的倾斜角的最大值（扫描角度范围 0.1 度）大。

[0063] 在不满足上述条件的情况下，即使准直光相对固定镜 15 倾斜入射，也存在当为了倾斜修正而使固定镜 15 倾斜时，准直光的入射角根据该倾斜角的不同而为零的情况，该情况下，无法避免返回光向参照光源 21 的入射。

[0064] 因此，通过满足上述条件，即便是为了倾斜修正而使固定镜 15 倾斜的构成，也能够使准直光总是相对固定镜 15 倾斜入射而避免返回光向参照光源 21 入射。

[0065] 另外，在光路中（例如 BS13 与光路合成镜 23 之间的光路中）中，参照光的光轴与测定光的光轴所成的角度例如为 2.5 度，该角度在图 4 的构成中比通过修正部 30 能够倾斜的移动镜 16 的倾斜角的最大值（0.1 度）大。其中，参照光的光轴是指参照光的光束的中心光线行进的光路，测定光的光轴是指测定光的光束的中心光线行进的光路。

[0066] 在通过使移动镜 16 倾斜来进行倾斜修正的构成中，当不满足上述条件时，即使准直光相对固定镜 15 以及移动镜 16 倾斜入射，也存在当为了倾斜修正使移动镜 16 向特定的方向（在移动镜 16 的后述的最边远位置处测定光的光束中心与参照光的光束中心排列的方向）倾斜时，准直光的入射角根据该倾斜角的不同而为零的情况，该情况下，无法避免返回光向参照光源 21 的入射。即，返回光入射到参照光源 21，因混乱的举止而无法通过参照

光检测器 25 检测信号。

[0067] 但是，通过满足上述条件，即使为了倾斜修正而使移动镜 16 向特定的方向倾斜，也能够实现准直光相对固定镜 15 以及移动镜 16 的倾斜入射，可避免返回光向参照光源 21 的入射。

[0068] 另外，图 5（a）示意性地表示了在 BS13 与光路合成镜 23 之间的光路中参照光的光轴与测定光的光轴交叉时的、上述两光轴所成的角度 θ。该图 5（a）在通过修正部 30 使移动镜 16 倾斜的情况下对应于图 4 的构成，在通过修正部 30 使固定镜 15 倾斜的情况下对应于图 1 的构成。其中，参照光的光轴与测定光的光轴交叉的位置可以是光阑 A1 的位置，也可以是除此之外的位置。另外，参照光的光轴与测定光的光轴可以是在同一平面内交叉的位置关系，也可以是扭转的位置关系。在后者的情况下，作为参照光的光轴与测定光的光轴所成的角度，也可以考虑在第 1 方向所成的角度、和在与第 1 方向垂直的第 2 方向所成的角度。

[0069] 若将移动镜 16 位于最远离 BS13 的位置（也称为“最边远的位置”）时的、从上述两光轴的交点到移动镜 16 的最边远的位置的距离设为 a（mm），将上述位置处的测定光的光束中心与参照光的光束中心的距离设为 b（mm），则表示为角度 $\theta = \tan^{-1}(b / a)$。在图 4 的构成中，a = 20mm，b = 0.87mm，因此，角度 $\theta = \tan^{-1}(b / a) = 2.5$ 度。

[0070] 在上述两光轴交叉的情况下，优选与比 b / a 对应的角度、即 $\tan^{-1}(b / a)$ 比通过修正部 30 能够倾斜的移动镜 16 的倾斜角的最大值大。通过满足这样的条件，也能够实现准直光相对固定镜 15 以及移动镜 16 的倾斜入射，获得能够避免返回光向参照光源 21 入射的效果。在上述的例子中，与比 b / a 对应的角度（2.5 度）比移动镜 16 的倾斜角的最大值（0.1 度）大，满足上述的条件。

[0071] 另外，图 5（b）示意性地表示了在 BS13 与光路合成镜 23 之间的光路中参照光的光轴与测定光的光轴不交叉时的、上述两光轴所成的角度 θ’。在上述两光轴不交叉的情况下，可以满足以下的条件。即，在将移动镜 16 位于最远离 BS13 的位置（最边远的位置）时的、从参照光用准直光学系统 22 到移动镜 16 的最边远的位置的距离设为 a’（mm），将上述位置处的测定光的光束中心与参照光的光束中心的距离设为 b’（mm）时，只要与比 b’ / a’ 对应的角度、即 $\tan^{-1}(b' / a')$ 比通过修正部 30 能够倾斜的移动镜 16 的倾斜角的最大值大即可。该情况下，也能实现准直光相对固定镜 15 以及移动镜 16 的倾斜入射，得到能够避免返回光向参照光源 21 入射的效果。

[0072] 即，参照光的光轴与测定光的光轴所成的角度有时用 $\tan^{-1}(b / a)$ 表示，也有时用 $\tan^{-1}(b' / a')$ 表示，但无论在哪种情况下，只要上述两光轴所成的角度比通过修正部 30 能够倾斜的移动镜 16 的倾斜角的最大值大，便能避免返回光向参照光源 21 的入射。其中，上述两光轴所成的角度只要考虑部件的组装误差（0.5 度）进行设定即可，例如可在 0.5 ～ 2.5 度的范围内设定。

[0073] 另外，在通过修正部 30 使固定镜 15 倾斜来进行倾斜修正的图 1 的构成中，只要 BS13 与光路合成镜 23 之间的光路中的、参照光的光轴与测定光的光轴所成的角度比通过修正部 30 能够倾斜的固定镜 15 的倾斜角的最大值大即可。在图 1 的构成中，由于参照光的光轴与测定光的光轴所成的角度例如为 2.5 度，固定镜 15 的倾斜角的最大值为 0.1 度，所以满足上述的条件。

[0074] 在通过使固定镜 15 倾斜来进行倾斜修正的构成中，当不满足上述条件时，即使准直光相对固定镜 15 倾斜入射，也存在当为了倾斜修正而使固定镜 15 向特定的方向（在固定镜 15 的位置处测定光的光束中心与参照光的光束中心排列的方向）倾斜时，准直光的入射角根据该倾斜角的不同而为零的情况，该情况下，无法避免返回光向参照光源 21 的入射，因混乱的举止而无法通过参照光检测器 25 检测信号。

[0075] 但是，通过满足上述条件，即使为了倾斜修正而使固定镜 15 向特定的方向倾斜，也能实现准直光相对固定镜 15 的倾斜入射，可避免返回光向参照光源 21 的入射。

[0076] 另外，准直光通过相对固定镜 15 倾斜入射，相对移动镜 16 也倾斜入射。此时，优选准直光相对固定镜 15 的入射角是在向位于最远离 BS13 的位置（最边远的位置）的移动镜 16 入射的测定光的光束内，准直光倾斜地向移动镜 16 入射时的倾斜角的最大值以下的角度。即，准直光相对固定镜 15 的入射角的上限与在向位于最边远的位置的移动镜 16 入射的测定光的光束内准直光能够倾斜的角度的最大值相等。

[0077] 在满足上述条件的情况下，当准直光（参照光）相对固定镜 15 倾斜入射，并且相对移动镜 16 倾斜入射时，也能通过与测定光的光路同等的光路来传播准直光。因此，能够由参照光检测器 25 可靠地检测计测测定干涉光时的移动镜 16 的位置的变动。

[0078] 其中，如果测定光的光束直径小于 1mm，则激光因衍射而扩展，难以构成光学系统。另外，如果测定光的光束直径大于 10mm，则需要制作具有比 10mm 大的有效径的反射面的移动镜 16。由于若反射面大则难以高精度地保持面精度，所以移动镜 16 的制作变得困难。若考虑以上情况，则优选测定光的光束直径为 1mm 以上 10mm 以下。

[0079] 另外，将移动镜位于最远离 BS13 的位置（最边远的位置）时的、从测定光用准直光学系统 12 到移动镜 16 的最边远的位置的距离设为 f（mm），将由测定光用准直光学系统 12 校准后的光的光束直径（直径）设为 e（mm）。f 与从参照光用准直光学系统 22 到移动镜 16 的最边远的位置的距离相等，为 41.5mm（表 3 的项目（1）（2）（4）之和＋表 1 的项目（5）的位移量的一半），e ＝ 5mm（参照表 1 的项目（1））。因此，与比值 e / f 对应的角度、即 $\tan^{-1}$（e / f）为 6.87 度，可以说准直光（参照光）相对固定镜 15 的入射角（2.5 度）小于与比值 e / f 对应的角度。

[0080] 这样，当准直光相对固定镜 15 的入射角小于与比值 e / f 对应的角度时，在反射面（例如固定镜 15 的反射面）中，参照光的光束落入到测定光的光束直径的区域内。即，测定光与参照光在反射面的相同区域内被反射。由此，能够根据参照光来对测定光的信息进行测定。

[0081] 另外，由参照光用准直光学系统 22 变换成准直光后的参照光的光束直径为 2mm（参照表 2 的项目（1）），比由测定光用准直光学系统 12 变换成准直光后的测定光的光束直径 5mm（参照表 1 的项目（1））小。

[0082] 若参照光的光束直径大，则参照光检测器 25 针对倾斜误差的灵敏度高，即使稍微产生倾斜误差，由参照光检测器 25 检测的因上述倾斜误差而产生的干涉条纹的数量也会增大。其结果，修正部 30 无法基于参照光检测器 25 中的参照干涉光的检测结果来检测倾斜误差。

[0083] 但是，通过使参照光的光束直径比测定光的光束直径小，能够使相对倾斜误差的灵敏度在参照光学系统 20 侧比测定光学系统 10 侧迟钝，可抑制参照光学系统 20 侧的因倾

斜误差而产生的干涉条纹数量的增大。由此，即使在倾斜误差因外部振动、冲击而较大的情况下，修正部 30 也能够基于参照光检测器 25 中的参照干涉光的检测结果，可靠地检测倾斜误差。

[0084] 〔关于采样定时的修正〕

[0085] 在本实施方式中，由于参照光相对固定镜 15 以及移动镜 16 倾斜入射，所以相比于参照光与它们垂直入射的构成，参照光的干涉强度最大的移动镜 16 的位置偏移。即，当移动镜位于与光路差成为参照光的波长的整数倍的位置不同的位置时，参照光的干涉强度最大。这与参照光的波长（激光振荡波长）在表观上正在变动相同。其结果，信号处理部 31 基于参照光检测器 25 的检测结果而生成的信号的脉冲（采样定时）也从标准的脉冲（光路差为参照光的波长的整数倍的定时）偏离。

[0086] 这里，在使用了特定波长 λ_0 的光（明线光谱）作为测定光的情况下，如果采样定时偏离标准的定时，则在利用运算部 2 对测定干涉光的干涉图进行了傅立叶变换时得到的光谱中，如图 6 所示，特定波长 λ_0（波数 $1/\lambda_0$）的透射率峰值（强度峰值）表现为向波长 λ_1（波数 $1/\lambda_1$）位移。因此，通过观察波长 λ_1 从特定波长 λ_0 的偏离，能够容易地把握采样定时的偏离。

[0087] 鉴于此，在本实施方式中，运算部 2 基于波长 λ_1 从特定波长 λ_0 的偏离来修正采样定时。由此，即便是参照光相对固定镜 15 倾斜入射的构成，也能抑制上述的激光振荡波长在表观上变动，可通过以恰当的定时采样了的干涉图的傅立叶变换，高精度地进行分光分析。

[0088] 〔关于测定光以及参照光的波段〕

[0089] 对于多数材料而言，被称为指纹区域的近红外光以及红外光大多具有吸收带，因此，分光分析大多利用近红外光以及红外光来进行。在这样的分光分析中，大多对测定光学系统 10 以及参照光学系统 20 中的透光面（例如 BS13 的透光面）实施防反射涂层（AR 涂层）来提高光的利用效率。

[0090] 此时，在防反射涂层的设计上，难以在较宽的频带具有反射防止特性。另外，如果将防止反射的波段增宽，则导致反射率在该波段提高。因此，在测定光为近红外光或红外光的情况下，通过将参照光设为红色光（红色半导体激光），使参照光接近测定光的波段，能够使防反射涂层的设计变得容易。

[0091] 另外，在光学设计上难以在较宽的波长范围构成规定分支比（例如 50 :50）的 BS13，但通过如上述那样使测定光与参照光的波段接近，设计规定分支比的光束分光器会变得容易。

[0092] 〔补充〕

[0093] 依据光纤端的 NA、芯径来决定向光纤的耦合，最高效耦合的情况是 1 :1 的耦合倍率的直接耦合（butt coupling）。因此，在是通过薄壁透镜近似的模型时，用于使光不返回到激光源的射出开口的条件由光纤芯半径尺寸 d（mm）与从准直透镜主点位置到反射面的距离 L（mm）来决定。即，通过以 d / L 的角度 Φ（rad）以上的入射角使准直光向固定镜倾斜入射，能够消除返回光对激光源的影响。例如，在将从透镜主点位置到反射面的距离设为 L ＝ 30（mm），将激光源的射出开口的半径尺寸设为 d ＝ 0.012（mm）时，能够消除返回光影响的准直光的必要倾斜角度（向固定镜的入射角）Φ 为 Φ ＝ 0.004（rad）＝ 1.37（arcmin）。

[0094] 在本实施方式中，优选参照光源 21 是含有窄频带化元件，可干涉距离长，且波长变动相对温度变化小的激光器。该情况下，通过对参照光源 21 进行温度控制，能够将波长变动抑制得非常小而使其稳定，可以实现小型且稳定的相干（coherent）光源。其结果，在使用了本实施方式的干涉仪 1 方案中，能够得到稳定的测定结果。

[0095] 这里，作为上述的窄频带化元件，优选是具有使参照光源 21 射出的光一部分透过，使光谱线宽度窄频带化，将一部分反射的功能的元件，具体而言，是 VHG（体全息光栅）、FBG（光纤布拉格光栅）等衍射光栅。在这样的衍射光栅中，相干光的发光波长的一部分成为反射衍射光，通过被导向半导体激光器的活性层，能够引起诱发释放而将发光波长锁定为反射衍射光的波长。由于反射衍射光的波长受到由衍射光栅决定的宽度限制，所以半导体激光器的发光波长的光谱线被固定为特定的模式而被窄频带化。

[0096] 此外，在本实施方式中，对干涉仪 1 内置测定用光源 11，使用从测定用光源 11 射出的测定光来获得测定干涉光的构成进行了说明，但本实施方式的干涉仪 1 不必一定内置测定用光源 11。即，用于获得测定干涉光的测定光可以是从干涉仪内置的光源射出的光，也可以是从干涉仪的外部入射来的光。

[0097] 因此，例如对于（1）在干涉仪的外部对试样照射光，使借助试样而得到的光入射到干涉仪并进行分光分析的情况、（2）使用从干涉仪的外部导入的光在干涉仪中生成干涉光，对试样照射该干涉光并进行分光分析的情况、（3）将从干涉仪的外部入射的光本身作为分析的对象的情况中的任意一个，都能够应用本实施方式的干涉仪。

[0098] 以上，本实施方式的干涉仪具备：测定光学系统，其利用光束分光器将测定光分离并导向移动镜以及固定镜，通过上述光束分光器将被上述移动镜以及上述固定镜反射的各光叠加，将叠加而得到的测定干涉光导向测定光检测器；和参照光学系统，其利用上述光束分光器将来自参照光源的参照光分离并导向上述移动镜以及上述固定镜，通过上述光束分光器将被上述移动镜以及上述固定镜反射的各光叠加，将叠加而得到的参照干涉光导向参照光检测器；上述干涉仪一边基于上述参照光检测器的检测结果来检测上述移动镜的位置，一边对上述测定干涉光进行计测，其中，上述参照光源由半导体激光器、或者将从上述半导体激光器射出的激光经由波导或者光纤射出的激光源构成，上述参照光学系统具有将从上述参照光源射出的激光变换成准直光的参照光用准直光学系统，上述准直光相对上述固定镜倾斜入射。

[0099] 根据上述的构成，由半导体激光器、激光源构成的参照光源比作为参照光源而通常使用的 He — Ne 激光小型，即使在使用准直光学系统的情况下，由于也能使用小型的准直光学系统，所以可实现小型的干涉仪。

[0100] 另外，由于准直光相对固定镜倾斜入射，所以固定镜的反射光的光路与向固定镜入射的入射光的光路稍微偏离。由此，即使被固定镜反射的参照光经由光束分光器返回到参照光源侧，也能够避免该返回光入射到参照光源（特别是光射出部分）。因此，即使不在参照光源的光出射侧配置放大透镜（在利用准直光的同时），也能避免激光的振荡因谐波共振变得不稳定，可以基于参照光检测器的检测结果稳定地进行移动镜的位置检测。

[0101] 优选本实施方式的干涉仪还具备修正部，该修正部基于上述参照光检测器的检测结果来检测上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差，并且通过使上述移动镜或者上述固定镜倾斜来修正上述误差，上述准直光相对上述固定镜的入射角比能够

通过上述修正部倾斜的上述移动镜或者上述固定镜的倾斜角的最大值大。

[0102] 在该构成中，即使为了修正 2 个光路间的倾斜误差(倾斜修正)而通过修正部使移动镜或者固定镜倾斜，准直光相对固定镜的入射角也不会变为零(垂直入射)。因此，即便是通过修正部进行倾斜修正的构成，也能使准直光总是相对固定镜倾斜入射，可避免返回光向参照光源的入射。

[0103] 在本实施方式的干涉仪中，优选上述修正部通过使上述移动镜倾斜来修正上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差，上述参照光的光轴与上述测定光的光轴所成的角度比能够通过上述修正部倾斜的上述移动镜的倾斜角的最大值大。

[0104] 在通过修正部使移动镜倾斜来进行倾斜修正的构成中，如果满足上述条件，则即使将移动镜向特定的方向倾斜，也能避免返回光入射到参照光源的情况。

[0105] 在本实施方式的干涉仪中，优选上述修正部通过使上述固定镜倾斜来修正上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差，上述参照光的光轴与上述测定光的光轴所成的角度比能够通过上述修正部倾斜的上述固定镜的倾斜角的最大值大。

[0106] 在通过修正部使固定镜倾斜来进行倾斜修正的构成中，如果满足上述条件，则即使将固定镜向特定的方向倾斜，也能避免返回光入射到参照光源的情况。

[0107] 在本实施方式的干涉仪中，优选上述准直光相对上述固定镜的入射角是在向位于最远离上述光束分光器的位置的上述移动镜入射的上述测定光的光束内，上述准直光倾斜入射到上述移动镜时的倾斜角的最大值以下的角度。

[0108] 该情况下，即便是准直光相对固定镜倾斜入射的构成，也能以与测定光的光路同等的光路传播准直光，可以通过参照光检测器可靠地检测计测测定干涉光时的移动镜的位置变动。

[0109] 在本实施方式的干涉仪中，优选上述测定光学系统具有将上述测定光变换成准直光的测定光用准直光学系统，若将上述移动镜位于最远离上述光束分光器的位置时的、从上述测定光用准直光学系统到上述移动镜的上述位置的距离设为 f，将被上述测定光用准直光学系统校准后的光的光束直径设为 e，则上述参照光学系统的准直光相对上述固定镜的入射角小于与比值 e / f 对应的角度。

[0110] 在满足上述条件的情况下，由于在反射面(例如固定镜的反射面)，参照光的光束落入到测定光的光束直径的区域内，测定光与参照光在反射面的相同区域内被反射，所以能够根据参照光对测定光的信息进行测定。

[0111] 在本实施方式的干涉仪中，上述修正部包括：基于上述参照光检测器的检测结果，检测上述移动镜的反射光与上述固定镜的反射光的相对倾斜误差的信号处理部；通过使上述移动镜或者上述固定镜倾斜，来修正被上述移动镜或者上述固定镜反射的光的光路的光路修正机构；和基于由上述信号处理部检测出的上述倾斜误差，来控制上述光路修正机构的控制部。

[0112] 通过控制部基于由信号处理部检测出的倾斜误差来控制光路修正机构，光路修正机构对移动镜或者固定镜的反射光的光路进行修正，能够可靠地进行倾斜修正。

[0113] 在本实施方式的干涉仪中，优选上述参照光检测器由分割传感器构成，上述修正部基于来自上述分割传感器的各元件的输出，来检测上述测定光被上述移动镜反射的反射光与被上述固定镜反射的反射光的相对倾斜误差。

[0114] 修正部能够基于来自分割传感器的各元件的输出(例如相位差),来检测一方的光相对另一方的光的倾斜方向以及倾斜量,并能够基于该检测结果,可靠地进行倾斜修正。

[0115] 在本实施方式的干涉仪中,优选上述测定光学系统具有将上述测定光变换成准直光的测定光用准直光学系统,被上述参照光用准直光学系统变换成准直光的参照光的光束直径小于被上述测定光用准直光学系统变换成准直光的测定光的光束直径。

[0116] 在该构成中,可使参照光学系统中的、针对固定镜的反射光与移动镜的反射光的相对倾斜误差(倾斜误差)的灵敏度比测定光学系统中的针对倾斜误差的灵敏度迟钝,能够抑制参照光检测器中的、因倾斜误差引起的干涉条纹数量的增大。由此,即便在倾斜误差因外部振动、冲击而较大的情况下,修正部也能够基于参照光学系统的参照光检测器中的检测结果,可靠地检测倾斜误差。

[0117] 本实施方式的傅立叶变换分光分析装置具备:上述本实施方式的干涉仪;和运算部,其对通过上述干涉仪的上述测定光检测器接收上述测定干涉光而得到的干涉图进行采样并实施傅立叶变换,来生成上述测定光中含有的波长的光谱。

[0118] 如上所述,根据本实施方式的干涉仪,能够避免激光的振荡因返回光变得不稳定的情况,从而稳定地进行移动镜的位置检测。因此,在利用运算部对由这样的干涉仪的测定光检测器得到的干涉图进行采样并实施傅立叶变换的傅立叶变换分光分析装置(FTIR)中,能够基于移动镜的位置检测稳定地进行分光分析。

[0119] 优选在本实施方式的傅立叶变换分光分析装置中,上述干涉仪还具备信号生成部,该信号生成部基于上述参照光学系统的上述参照光检测器中的检测结果,来生成对采样上述干涉图时的定时进行表示的信号,上述运算部基于波长与特定波长的偏离,来对上述采样的定时进行修正,其中,上述波长是在基于来自上述信号生成部的信号的定时对使用了上述特定波长的光作为上述测定光时的测定干涉光的干涉图进行采样并实施了傅立叶变换时得到的波长。

[0120] 在本实施方式的干涉仪中,由于参照光相对固定镜(以及移动镜)倾斜入射,所以当移动镜位于从光路差为参照光的波长的整数倍的位置偏离的位置时,参照光的干涉强度最大。这与参照光的波长在表观上正变动相同。其结果,基于参照光检测器的检测结果而生成的信号的采样定时也偏离标准的定时。

[0121] 但是,该采样定时的偏离通过观察使用特定波长的光(明线光谱)作为测定光,对测定干涉光的干涉图进行了傅立叶变换时得到的波长与特定波长的偏差,能够容易地把握。因此,通过基于这样的傅立叶变换后的波长与特定波长的偏离来修正采样定时,即便是参照光相对固定镜倾斜入射的构成,也能抑制激光振荡波长在表观上的变动,高精度地进行分光分析。

[0122] 在本实施方式的傅立叶变换分光分析装置中,优选上述测定光是近红外光或者红外光,上述参照光是红色光。

[0123] 由于测定光与参照光的波段接近,所以即使在对光束分光器的透光面实施防反射涂层来提高光利用效率的情况下,也能缩窄对反射进行防止的波段,可使防反射涂层的设计变得容易。

[0124] 工业上的可利用性

[0125] 本发明能够应用于迈克耳孙型干涉仪、以及使用该干涉仪来进行分光分析的傅立

叶变换分光分析装置。

[0126] 附图标记说明：1 —干涉仪；2 —运算部；10 —测定光学系统；11 —测定用光源；12 —测定光用准直光学系统；13 — BS（光束分光器）；15 —固定镜；16 —移动镜；18 —测定光检测器；20 —参照光学系统；21 —参照光源；22 —参照光用准直光学系统；25 —参照光检测器；30 —修正部；31 —信号处理部（修正部、信号生成部）；32 —光路修正装置（修正部）；33 —控制部（修正部）。

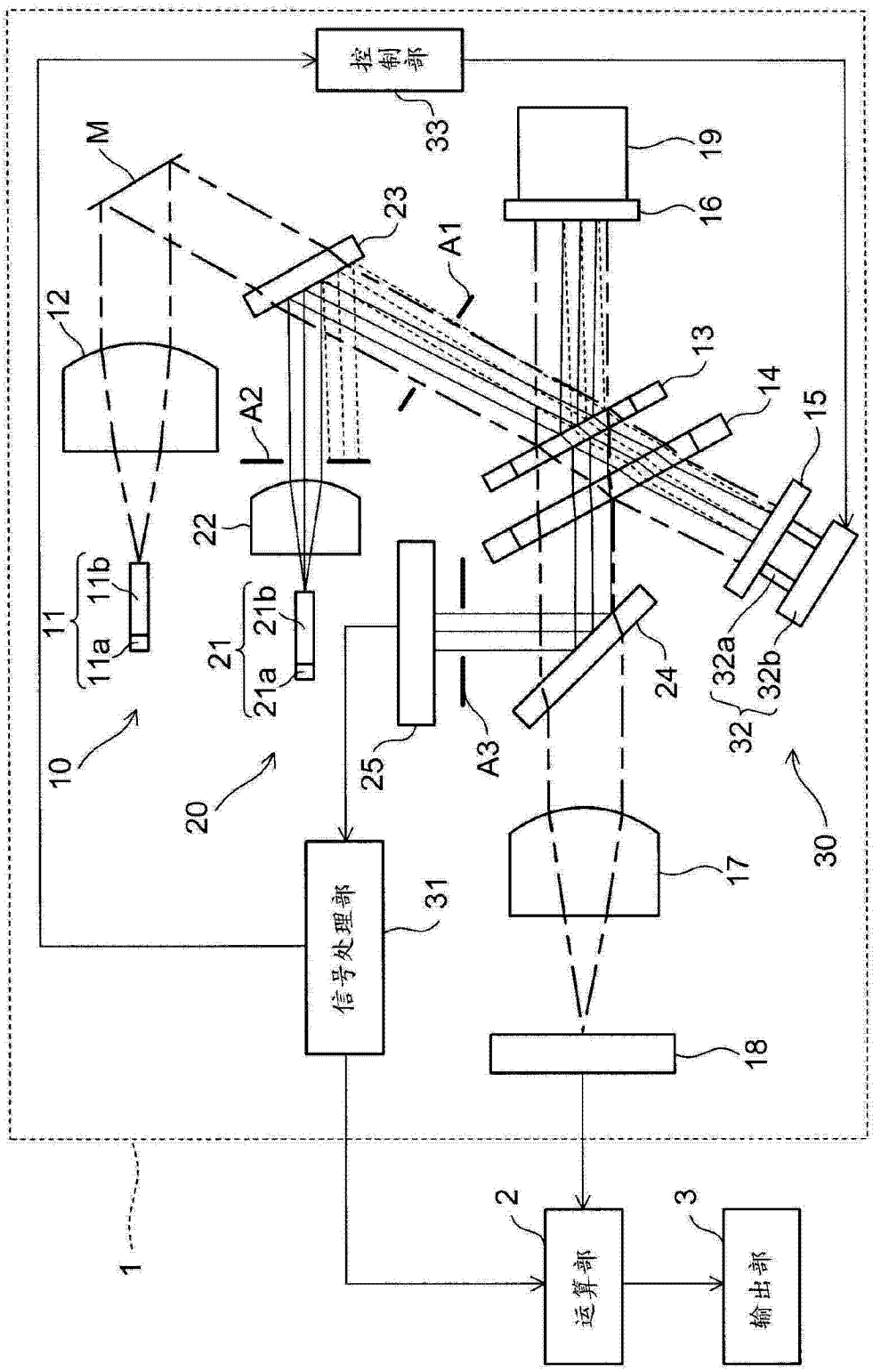

控制部
33
M
19
16
23
A1
12
13
14
15
A2
22
11
11b
11a
21
21b
21a
10
20
25
A3
24
32a
32b
32
30
17
信号处理部
31
18
1
2
运算部
3
输出部

图 1

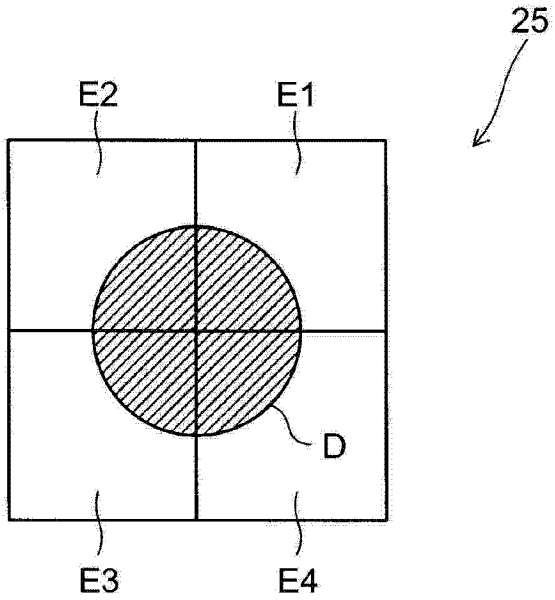


图 2

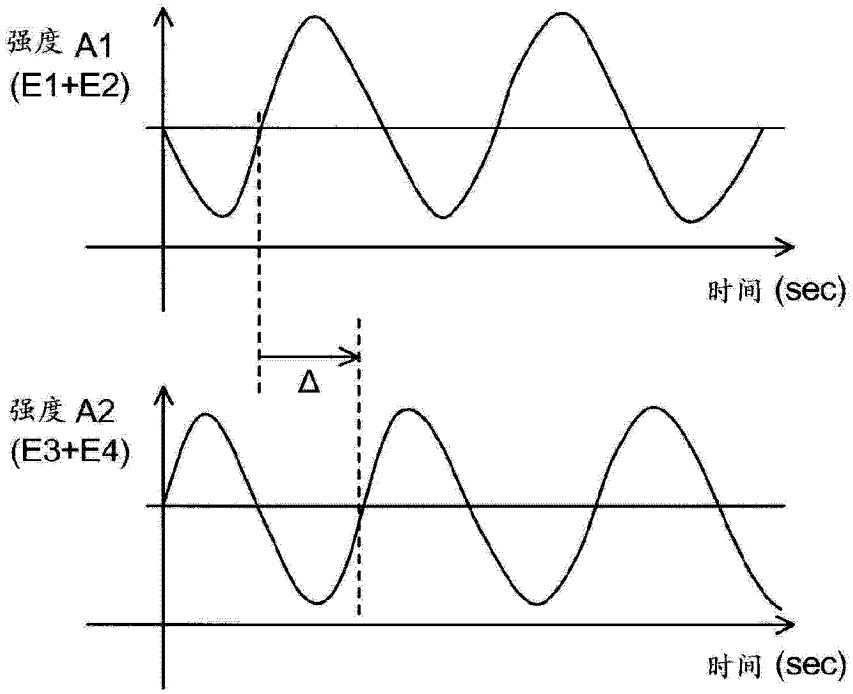


图 3

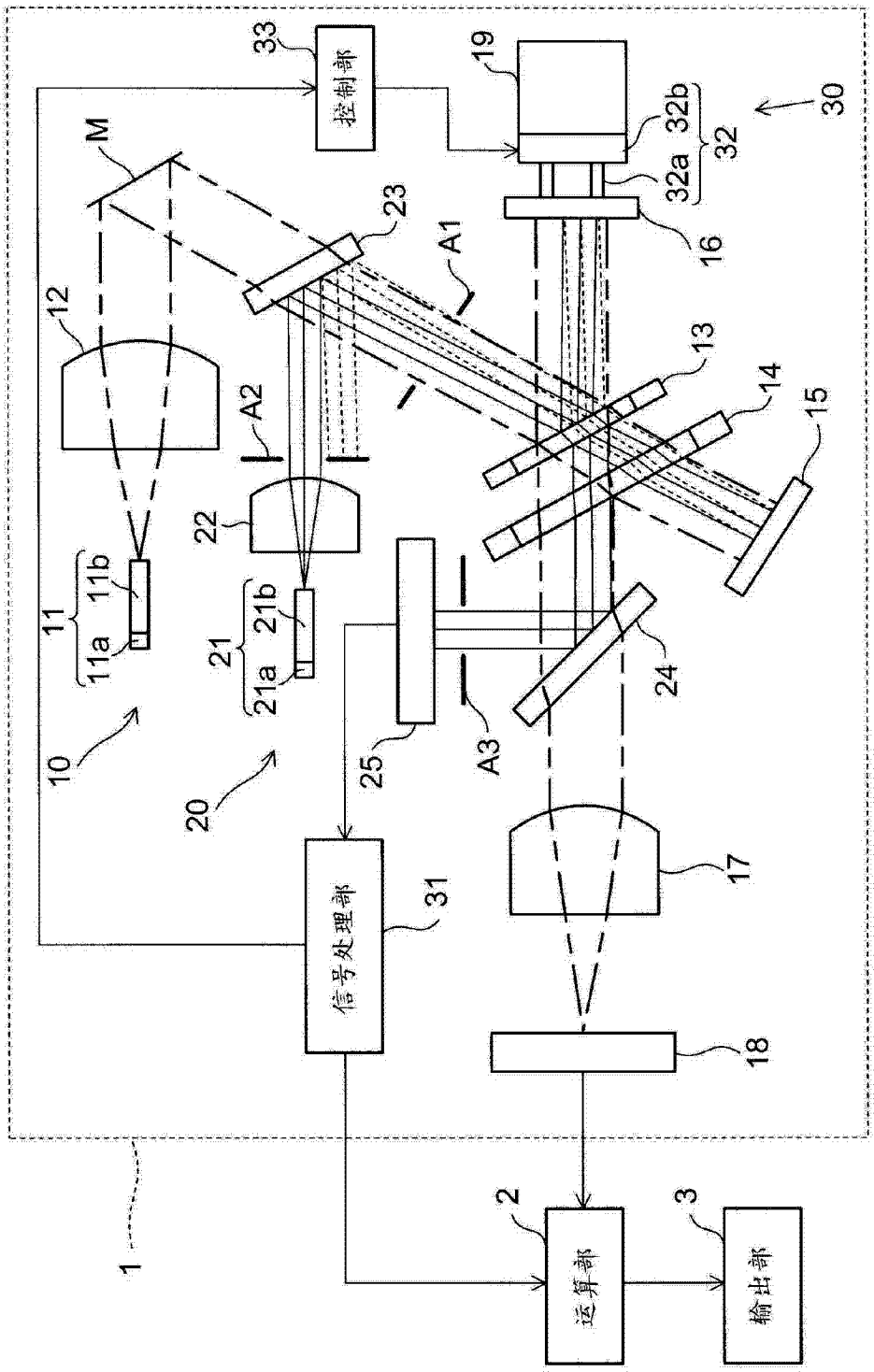

33
控制部
19
30
M
32b
32
32a
23
A1
16
12
13
14
15
A2
22
11
11b
11a
21
21b
21a
10
20
25
A3
24
信号处理部
31
17
18
1
2
运算部
3
输出部

图 4

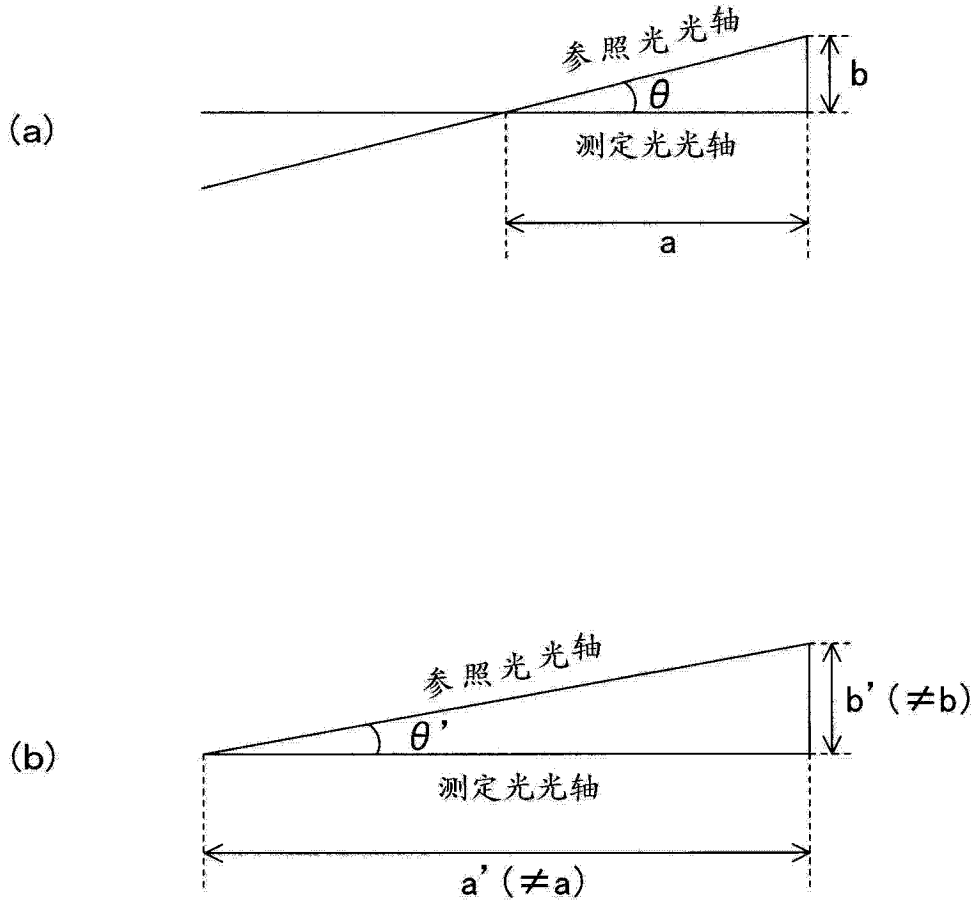

(a)
参照光光轴
θ
b
测定光光轴
a
(b)
参照光光轴
θ'
b'(≠b)
测定光光轴
a'(≠a)

图 5

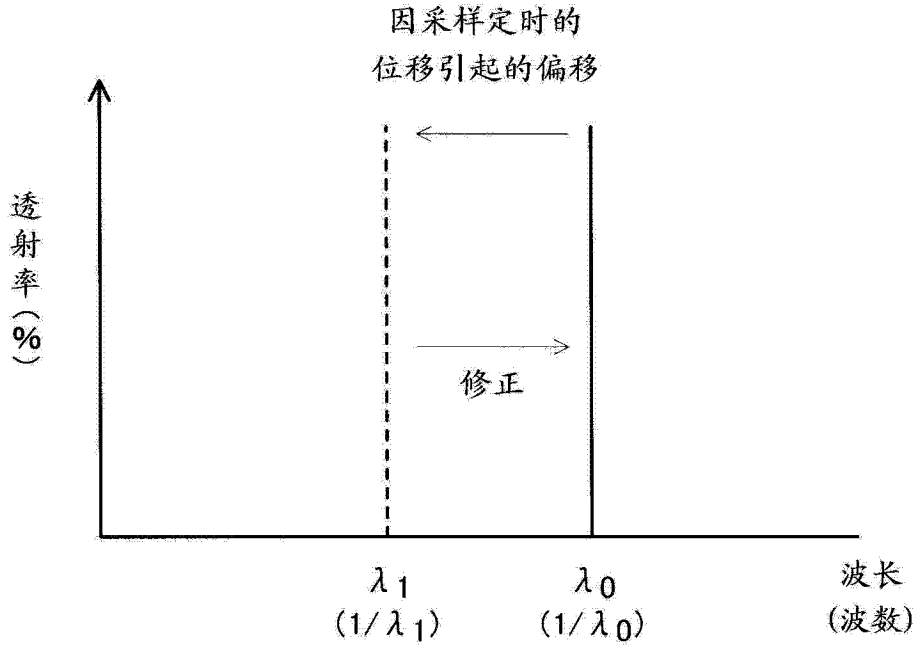

因采样定时的
位移引起的偏移
透射率(%)
修正
λ1
(1/λ1)
λ0
(1/λ0)
波长
(波数)

图 6