



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103675977 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310404583. X

(22) 申请日 2013. 09. 06

(30) 优先权数据

2012-200218 2012. 09. 12 JP

(71) 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 松下友纪 广久保望

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司
11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

G02B 5/28 (2006. 01)

G02B 26/00 (2006. 01)

G01J 3/02 (2006. 01)

G01J 3/26 (2006. 01)

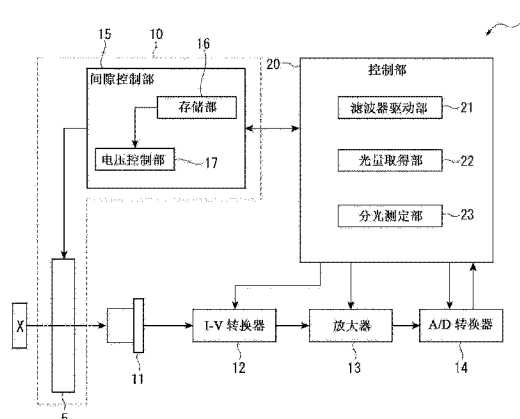
权利要求书2页 说明书28页 附图12页

(54) 发明名称

光学模块、电子设备以及驱动方法

(57) 摘要

本发明提供光学模块、电子设备以及驱动方法。其中,光学模块 10 具备波长可变干涉滤波器 5 以及控制静电致动器的间隙控制部 15,上述波长可变干涉滤波器 5 具有固定反射膜、隔着反射膜间间隙与固定反射膜相对的可动反射膜以及改变反射膜间间隙的静电致动器。而且,间隙控制部 15 基于根据测定对象波长设定的次数控制静电致动器,改变反射膜间间隙。



1. 一种光学模块,其特征在于,

具备:

第一反射膜,使入射光的一部分透过一部分反射;

第二反射膜,与所述第一反射膜相对配置、使入射光的一部分透过一部分反射;以及

间隙控制部,改变所述第一反射膜及所述第二反射膜之间的间隙的大小,

所述间隙控制部根据针对构成测定对象波长区域的两个以上波长区域组分别设定的透过光谱的次数,控制与所述测定对象波长对应的所述间隙的大小。

2. 根据权利要求1所述的光学模块,其特征在于,

具有间隙变更部,所述间隙变更部通过施加电压而改变所述间隙的大小,

所述间隙控制部具备存储部,存储按照每一个所述测定对象波长记录针对所述测定对象波长的、对所述间隙变更部施加的所述电压的 $V-\lambda$ 数据,

所述 $V-\lambda$ 数据是将所述测定对象波长与对应于用于将所述测定对象波长的光作为设定的所述次数的峰值波长取出的所述间隙的所述电压进行关联的数据,

所述间隙控制部根据所述 $V-\lambda$ 数据对所述间隙变更部施加与所述测定对象波长对应的所述电压。

3. 根据权利要求1所述的光学模块,其特征在于,

具有间隙变更部,所述间隙变更部通过施加电压改变所述间隙的大小,

所述间隙控制部具备存储部,存储按照每一个所述测定对象波长记录针对所述测定对象波长的、对所述间隙变更部施加的所述电压的 $V-\lambda$ 数据,

所述 $V-\lambda$ 数据是所述测定对象波长与对应于用于将所述测定对象波长的光作为各所述次数的峰值波长取出的所述间隙的电压的关系,

所述间隙控制部选择与所述测定对象波长对应的所述次数,并对所述间隙变更部施加与选择的所述次数对应的所述电压。

4. 根据权利要求1所述的光学模块,其特征在于,

测定波长区域包括第一波长区域、以及作为波长比所述第一波长区域长的波长区域的第二波长区域,

对属于所述第一波长区域的所述测定对象波长设定的所述次数比对属于所述第二波长区域的所述测定对象波长设定的所述次数高。

5. 根据权利要求4所述的光学模块,其特征在于,

用于取出所述第二波长区域中的最长波长的光的所述间隙,比用于取出所述第一波长区域中的最短波长的光的所述间隙大。

6. 根据权利要求4所述的光学模块,其特征在于,

所述间隙控制部分别取得针对所述测定波长区域所包含的多个所述测定对象波长的所述间隙,从所述间隙的最大值开始沿所述间隙减少的方向依次改变为取得的所述间隙。

7. 一种电子设备,其特征在于,

具备:

权利要求1至6中任一项所述的光学模块;以及

处理控制部,所述处理控制部根据通过所述第一反射膜及所述第二反射膜取出的光进行规定的处理。

8. 根据权利要求 7 所述的电子设备,其特征在于,

具备检测部,检测通过所述第一反射膜及所述第二反射膜取出的光,

所述处理控制部使将基于由所述检测部检测的各测定对象波长的光的光量的测量光谱转换为分光光谱的转换矩阵作用于所述测量光谱,从而估计射入所述第一反射膜及所述第二反射膜的测定光的分光光谱。

9. 一种驱动方法,其特征在于,

是波长可变干涉滤波器的驱动方法,所述波长可变干涉滤波器具备:

第一反射膜,使入射光的一部分透过一部分反射;

第二反射膜,与所述第一反射膜相对配置、使入射光的一部分透过一部分反射;以及
间隙变更部,改变所述第一反射膜及所述第二反射膜之间的间隙的大小,

所述驱动方法根据测定对象波长、以及对构成测定对象波长区域的两个以上波长区域组分别设定的透过光谱的次数来控制所述间隙变更部。

10. 一种光学模块,其特征在于,

具备:

第一反射膜,使入射光的一部分透过一部分反射;

第二反射膜,与所述第一反射膜相对配置、使入射光的一部分透过一部分反射;以及
间隙变更部,改变所述第一反射膜及所述第二反射膜之间的间隙的大小,

当设定 m 、 n 为不同自然数时,所述光学模块在检测第一波长区域的光时使用 m 次的峰值波长进行检测,在检测与所述第一波长区域不同的第二波长区域的光时,使用 n 次的峰值波长进行检测。

11. 根据权利要求 10 所述的光学模块,其特征在于,

所述第一波长区域比所述第二波长区域波长短,

并满足 $m=n+1$ 的关系。

光学模块、电子设备以及驱动方法

技术领域

[0001] 本发明涉及具备波长可变干涉滤波器的光学模块、电子设备及驱动方法。

背景技术

[0002] 现有技术中,已知有使用波长可变干涉滤波器测定光谱的装置(例如,参照专利文献1)。

[0003] 该专利文献1所记载的装置是具备使设置有反射膜的基板彼此相对并在基板间设置有压电元件的法布里-帕罗干涉部(波长可变干涉滤波器)、以及对压电元件施加电压的控制电路的可变干涉装置(光学模块)。在该光学模块中,通过对压电元件施加电压改变基板间的间隔,从而改变透过波长可变干涉滤波器的光的波长。

[0004] 然而,在上述的专利文献1中,在测定对象波长区域中,设波长可变干涉滤波器的峰值波长的次数 m 为相同值($m=1$),取出各波长的光。

[0005] 然而,在将次数 m 固定为低次的情况下,存在随着作为测定对象的波长的不同,反射膜间的间隙变得过小的技术问题。例如,在通过波长可变干涉滤波器的2次峰值取出目标波长400nm的光的情况下,可以将反射膜间的间隙设定为340nm,为了通过1次峰值取出目标波长400nm的光,需要将反射膜间的间隙缩小至140nm。在这种情况下,例如如果在反射膜间存在目标间隙以上的尺寸的异物等时,存在在反射膜间夹有异物,引起波长可变干涉滤波器动作不良,无法取出目标波长的光这种技术问题。

[0006] 在先技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献:日本专利特开平1-94312号公报

发明内容

[0009] 本发明的目的在于,提供能够抑制由异物引起的动作不良、且实现提高间隙控制的精度的光学模块、电子设备及驱动方法。

[0010] 本发明的光学模块的特征在于,具备第一反射膜,使入射光的一部分透过一部分反射;第二反射膜,与上述第一反射膜相对配置、使入射光的一部分透过一部分反射;间隙变更部,改变上述第一反射膜及上述第二反射膜之间的间隙的大小;以及间隙控制部,控制上述间隙变更部,上述间隙控制部根据测定对象波长、以及对两个以上的波长区域分别设定的光谱的次数控制上述间隙变更部。

[0011] 在本发明中,取得通过第一反射膜及第二反射膜取出的光中的、与测定对象波长相应的次数的峰值波长的光。即,如果对由彼此相对的第一反射膜及第二反射膜构成的法布里-帕罗标准具入射光,则根据下述式(1)取出规定波长的光。

[0012] 数学式1

[0013] $m\lambda = 2nd\cos\theta \cdots (1)$

[0014] 在上述式(1)中, λ 是取出的光的波长, θ 是入射光的入射角, n 是第一反射膜及

第二反射膜之间的介质的折射率, d 是第一反射膜及第二反射膜的距离(间隙), m 是次数, 相当于本发明的光谱的次数。此外, 实际上, 由于第一反射膜和第二反射膜的膜厚, 以及光学特性, 支撑这些第一反射膜及第二反射膜的基板等因素, 存在通过第一反射膜及第二反射膜取出的光的波长 λ 与式(1)稍有偏离的情况。

[0015] 如式(1)所示, 通过第一反射膜及第二反射膜取出的光, 形成具有与次数 m ($m=1, 2, 3, 4\cdots$) 对应的多个峰值波长的光谱。

[0016] 此处, 在本发明中, 间隙控制部根据对两个以上的波长区域的每一个分别设定的次数 m , 设定第一反射膜及第二反射膜的间隙(即式(1)中的 d)。

[0017] 例如, 在对波长区域 $400\text{nm} \sim 600\text{nm}$ 设定次数 $m=2$, 对波长区域 $620\text{nm} \sim 700$ 设定次数 $m=1$ 的情况下, 在取出 400nm 的光作为测定对象波长的情况下, 间隙控制部控制间隙变更部, 控制为能够通过 2 次峰值波长取出 400nm 的光的间隙 $d=340\text{nm}$ 。另外, 在取出 700nm 的光作为测定对象波长的情况下, 间隙控制部控制间隙变更部, 控制为能够通过 1 次峰值波长取出 700nm 的光的间隙 $d=296\text{nm}$ 。

[0018] 在这样的本发明中, 以与测定对象波长相应的次数的峰值波长取出该测定对象波长的光, 因而例如在取出短波长的光的情况下, 将次数设定为较高而通过高次峰值波长取出该短波长的光, 由此能够增大第一反射膜及第二反射膜之间的间隙, 从而能够降低在反射膜间夹有异物、无法取出需要的波长的光的不良现象。

[0019] 另一方面, 将次数固定为高次时, 针对测定对象波长区域的反射膜间的间隙变化量增大。例如, 在通过波长可变干涉滤波器的 1 次峰值依次取出 $400\text{nm} \sim 700\text{nm}$ 的测定对象波长区域的各波长的光的情况下, 使反射膜间的间隙在 $140\text{nm} \sim 295\text{nm}$ 之间变化即可。与此相对, 在通过波长可变干涉滤波器的 2 次峰值依次取出上述测定对象波长区域的各波长的光的情况下, 需要使反射膜间的间隙在 $340\text{nm} \sim 645\text{nm}$ 之间变化, 与使用 1 次峰值的情况相比, 为约两倍的驱动量。这样, 存在如下技术问题: 当间隙的驱动量增大时, 难以通过间隙变更部进行间隙控制, 间隙控制的精度下降, 在例如根据取出的光进行光谱分析等测定的情况下, 测定精度也下降。

[0020] 与此相对, 在本发明中, 通过低次峰值波长取出光时, 在夹有异物的风险低的情况下, 能够将次数 m 设定得较低。因此, 与仅使用例如高次的次数的情况相比, 能够抑制因间隙变更部引起的间隙的驱动量增大, 能够提高间隙变更部的间隙控制的精度。

[0021] 如上所示, 在本发明中, 能够改善因间隙过小而导致的动作不良, 及使用高次峰值波长的情况下间隙变更部中的间隙控制的精度下降这两者。

[0022] 在本发明的光学模块中优选, 上述间隙变更部通过施加电压改变上述间隙的大小, 上述间隙控制部具备存储部, 用于存储按照每一个上述测定对象波长记录针对测定对象波长的、对上述间隙变更部施加的电压的 $V-\lambda$ 数据, 上述 $V-\lambda$ 数据是将上述测定对象波长、与对应于用于将该测定对象波长的光作为上述设定的次数的峰值波长而取出的上述间隙的电压进行关联的数据, 上述间隙控制部根据上述 $V-\lambda$ 数据对上述间隙变更部施加与上述测定对象波长对应的上述电压。

[0023] 在本发明中, 间隙控制部根据 $V-\lambda$ 数据, 对间隙变更部施加针对测定对象波长的电压即可, 能够实现结构及处理的简化。

[0024] 在本发明的光学模块中优选, 上述间隙变更部通过施加电压改变上述间隙的大

小,上述间隙控制部具备存储部,用于存储针对测定对象波长的、对上述间隙变更部施加的电压,按照上述每一个测定对象波长记录的 $V-\lambda$ 数据,上述 $V-\lambda$ 数据,是上述测定对象波长、与对应于用于将该测定对象波长的光作为各次数的峰值波长而取出的上述间隙的电压的关系,上述间隙控制部选择与上述测定对象波长对应的次数,并对上述间隙变更部施加与上述选择的次数对应的上述电压。

[0025] 在本发明中,间隙控制部根据测定对象波长选择次数。因此,作为 $V-\lambda$ 数据,针对各测定对象波长电压值使用按照每一个该测定对象波长的各峰值波长记录的数据。这种情况下,能够通过间隙控制部选择取出测定对象波长的峰值波长。因此,例如即使在对于既定的测定对象波长、作为初始设定设定为通过 1 次峰值波长取出的情况下,也能够将取出该测定对象波长的次数变更为 2 次峰值波长。这种情况下,例如,在与规定的测定对象波长对应地控制间隙时,在反射膜间夹有异物的情况下,也能够以通过更高次峰值波长取出该测定对象波长的方式进行控制。另外,在间隙间隔过小、间隙控制变得困难的情况下,也能够使用高次峰值波长,由此,能够提高间隙控制的精度。

[0026] 在本发明的光学模块中优选,测定波长区域包括第一波长区域,以及作为波长比上述第一波长区域长的波长区域的第二波长区域,对属于上述第一波长区域的上述测定对象波长设定的上述次数,比对属于上述第二波长区域的上述测定对象波长设定的上述次数高。

[0027] 即,在本发明中,对于取出属于短波长侧的第一波长区域的测定对象波长的情况,以通过高次峰值波长取出该测定对象波长的方式控制间隙,对于取出属于长波长侧的第二波长区域的测定对象波长的情况,以通过低次峰值波长取出该测定对象波长的方式控制间隙。这样,在短波长区域中,通过使用高次数能够增大间隙的最小值。即,与上述发明相同,能够降低间隙变得过小而夹杂异物等的风险。而且,在长波长区域中,通过选择低次数能够减小间隙变更部中的间隙驱动量,实现提高间隙控制的精度。

[0028] 在本发明的光学模块中优选,用于取出上述第二波长区域中的最长波长的光的上述间隙,比用于取出上述第一波长区域中的最短波长的光的上述间隙大。

[0029] 在本发明中,用于取出第二波长区域的光的间隙的最大值,比用于取出第一波长区域的光的间隙的最小值大。这种情况下,为了取出第一波长区域各波长而使间隙变化的范围(间隙驱动范围),与用于取出第二波长的各波长的间隙驱动范围的至少一部分重合。由此,能够进一步减少间隙驱动量,能够进一步提高间隙控制的精度,能够进一步提高测定精度。

[0030] 例如,例示如下的情况:对测定波长区域 400nm ~ 700nm 以 20nm 间距取出测定对象波长的光,设定第一波长区域为 400nm ~ 600nm,第二波长区域为 620nm ~ 700nm,对第一波长区域设定与 3 次峰值波长(次数 $m=3$) 对应的间隙,对第二波长区域设定与 2 次峰值波长(次数 $m=2$) 对应的间隙。这种情况下,为了将第一波长区域各波长作为 3 次峰值波长取出,间隙驱动范围设定为 540nm ~ 845nm。另外,为了将第二波长区域各波长作为 2 次峰值波长取出,间隙驱动范围设定为 565nm ~ 646nm。因此,这种情况下,用于将第二波长区域各波长作为 2 次峰值波长取出的间隙驱动范围,包含在用于将第一波长区域各波长作为 3 次峰值波长取出的间隙驱动范围内。因此,在用于取出第一波长区域各波长的间隙驱动范围内,也能够同时取出第二波长区域各波长的光,不需要另外设定与第二波长

区域对应的间隙驱动量,从而能够减小间隙驱动量。

[0031] 在本发明的光学模块中优选,上述间隙控制部分别取得针对上述测定波长区域所包含的多个上述测定对象波长的上述间隙,从上述间隙的最大值开始沿上述间隙减少的方向依次改变为取得的上述间隙。

[0032] 在取出第一波长区域的各波长的光后,取出第二波长区域的各波长的光的情况下,从初始间隙变化到与第一波长区域的最短波长对应的间隙后,再次变化到与第二波长区域的最长波长对应的间隙,之后,需要驱动以使变化到与第二波长区域的最短波长对应的间隙,从而间隙变更部的总驱动量增大。在变化到与第一波长区域的最短波长对应的间隙后,也可以考虑从与第二波长区域的最短波长对应的间隙开始到与最长波长对应的间隙为止依次改变间隙,这种情况下,间隙变更部的总驱动量也增大。

[0033] 对此,在本发明中,由于从初始间隙开始沿间隙缩小的方向依次切换并改变间隙,能够以一行程量驱动间隙变更部(在从初始间隙开始到规定的最小间隙为止驱动的期间),取出测定波长区域的各测定对象波长的光,从而能够减少间隙变更部中的总驱动量。

[0034] 本发明的电子设备具备:第一反射膜,使入射光的一部分透过一部分反射;第二反射膜,与上述第一反射膜相对配置、使入射光的一部分透过一部分反射;间隙变更部,改变上述第一反射膜及上述第二反射膜之间的间隙的大小;间隙控制部,控制上述间隙变更部;以及处理控制部,根据通过上述第一反射膜及上述第二反射膜取出的光进行规定的处理,上述间隙控制部根据测定对象波长、以及对两个以上波长区域分别设定的光谱的次数,控制上述间隙变更部。

[0035] 在本发明中,与上述的发明相同,能够抑制由第一反射膜及第二反射膜的间夹有异物引起的动作不良,由此,也能够抑制电子设备中的动作不良。

[0036] 另外,由于实现了提高间隙控制的精度,利用高精度的间隙控制,能够取出所需测定对象波长的光,因而在处理控制部中能够进行高精度的处理。例如,在处理控制部中,在对通过第一反射膜及第二反射膜取出的光进行光谱分析的情况下,该处理控制部通过取得通过高精度的间隙控制取出的所需测定对象波长的光,能够进行高精度的光谱分析处理。

[0037] 在本发明的电子设备中优选,具备检测通过上述第一反射膜及上述第二反射膜取出的光的检测部,上述处理控制部使将基于由上述检测部检测的各测定对象波长的光的光量的测量光谱转换为分光光谱的转换矩阵作用于该测量光谱,从而估计射入上述第一反射膜及上述第二反射膜的测定光的分光光谱。

[0038] 在本发明中,处理控制部通过检测测定波长区域内的多个测定对象波长的光量,并使转换矩阵作用于这些测定对象波长,从而进行估计分光光谱的光谱估计。在这种光谱估计中,例如在通过第一反射膜及第二反射膜取出的光中包含测定对象波长以外的峰值波长的情况,以及通过第一反射膜及第二反射膜取出的测定对象波长的光的半高宽大的情况下,都能够获得高精度的分光光谱。

[0039] 本发明的驱动方法的特征在于,是波长可变干涉滤波器的驱动方法,该波长可变干涉滤波器具备第一反射膜,使入射光的一部分透过一部分反射;第二反射膜,与上述第一反射膜相对配置、使入射光的一部分透过一部分反射;以及间隙变更部,改变上述第一反射膜及上述第二反射膜之间的间隙的大小,该驱动方法根据测定对象波长、以及对两个以上波长区域分别设定的光谱的次数控制上述间隙变更部。

[0040] 在本发明中,在驱动具备第一反射膜、第二反射膜、以及改变这些第一反射膜及第二反射膜之间的间隙的间隙变更部的波长可变干涉滤波器时,基于根据测定对象波长设定的次数控制间隙变更部,使得以设定的次数的峰值波长取出该测定对象波长的光。

[0041] 因此,即使在测定对象波长为短波长、需要减少第一反射膜及第二反射膜的间隙的情况下,如果设定高次数,则也能够降低间隙变得过窄而夹有异物等的风险,从而能够抑制波长可变干涉滤波器的动作不良。

[0042] 另外,在仅通过高次数取出测定对象波长的情况下,间隙驱动量增大,间隙变更部的间隙控制的精度变差。对此,在本发明中,对于没有如上上述的第一反射膜及第二反射膜之间夹有异物的风险的测定对象波长,通过设定低次的次数,能够提高间隙变更部的间隙控制的精度。

[0043] 本发明的光学模块的特征在于,具备:第一反射膜,使入射光的一部分透过一部分反射;第二反射膜,与上述第一反射膜相对配置、使入射光的一部分透过一部分反射;以及间隙变更部,改变上述第一反射膜及上述第二反射膜之间的间隙的大小,设定 m , n 为不同自然数时,在检测第一波长区域的光时,使用 m 次的峰值波长进行检测,在检测与上述第一波长区域不同的第二波长区域的光时,使用 n 次的峰值波长进行检测。

[0044] 在本发明中,在检测属于第一波长区域的测定对象波长的光时,以次数 m 的峰值波长检测该测定对象波长的光,在检测属于第二波长区域的测定对象波长的光时,以次数 n 的峰值波长检测该测定对象波长的光。

[0045] 因此,与上述发明相同,能够避免反射膜间的大小减小而夹有异物的不良情况,且能够减小用于检测测定波长区域的各测定对象波长的间隙变更部的驱动量。

[0046] 在本发明的光学模块中优选,上述第一波长区域比上述第二波长区域波长短,并满足 $m=n+1$ 的关系。

[0047] 在本发明中,在检测反射膜间的大小减小、夹有异物的可能性增高的第一波长区域的光时,使用比对于第二波长区域的次数 n 仅大 1 的次数 m 。由此,能够有效地避免夹有异物的不良情况。另外,与次数 m 比次数 n 增大 2 以上的情况相比,能够减小间隙变更部的驱动量,从而能够抑制测定精度的降低。

附图说明

[0048] 图 1 是表示本发明的第一实施方式的分光测定装置的概略结构的框图。

[0049] 图 2 是表示第一实施方式中的波长可变干涉滤波器的概略结构的截面图。

[0050] 图 3 是表示第一实施方式中的波长可变干涉滤波器的透过率特性的一例的图。

[0051] 图 4 是表示第一实施方式中的分光测定装置的分光测定处理的流程图。

[0052] 图 5 是表示将测定波长区域的各测定对象波长的光作为 1 次峰值波长及 2 次峰值波长的光取出时的反射膜间间隙的大小的图。

[0053] 图 6 是表示将测定波长区域的各测定对象波长的光作为 2 次峰值波长及 3 次峰值波长的光取出时的反射膜间间隙的大小的图。

[0054] 图 7 是表示本发明所涉及的第二实施方式的分光测定装置的概略结构的框图。

[0055] 图 8 是表示作为本发明的电子设备的一例的测色装置的框图。

[0056] 图 9 是表示作为本发明的电子设备的一例的气体检测装置的概略图。

- [0057] 图 10 是表示图 9 的气体检测装置的控制系统的结构的框图。
- [0058] 图 11 是表示作为本发明的电子设备的一例的食物分析装置的概略结构的图。
- [0059] 图 12 是表示作为本发明的电子设备的一例的分光摄像机的概略结构的图。
- [0060] 符号说明
- [0061]

1, 1A 分光测定装置（电子设备）

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 10, 10A 光学模块 | 11 检测器 |
| 15, 15A 间隙控制部 | 16, 225 存储部 |
| 17, 146, 222 电压控制部 | 18 次数选择部 |
| 20 控制部 | 23 分光测定部（处理控制部） |
| 5 波长可变干涉滤波器 | 51 固定基板 |
| 52 可动基板 | 54 固定反射膜（第一反射膜） |
| 55 可动反射膜（第二反射膜） | 56 静电致动器（间隙变更部） |
| 100 气体检测装置（电子设备） | |
| 144, 224 信号处理部（处理控制部） | |
| 200 食物分析装置（电子设备） | |
| 300 分光摄像机（电子设备） | 400 测色装置（电子设备） |
| 521 可动部 | 561 固定电极 |
| 562 可动电极 | G1 反射膜间间隙 |

具体实施方式

- [0062] 第一实施方式
- [0063] 以下,根据附图对本发明的第一实施方式进行说明。
- [0064] 分光测定装置 1 的结构
- [0065] 图 1 是表示本发明的第一实施方式的分光测定装置的概略结构的框图。
- [0066] 分光测定装置 1 是本发明的电子设备,是根据被测定对象 X 反射的测定对象光测定测定对象光的光谱的装置。此外,在本实施方式中,示出测定被测定对象 X 反射的测定对象光的示例,但在使用例如液晶面板等发光体作为测定对象 X 的情况下,也可将由从该发光体发出的光作为测定对象光。
- [0067] 如图 1 所示,该分光测定装置 1 具备光学模块 10、检测器 11、I-V 转换器 12、放大器 13、A/D 转换器 14 和控制部 20。
- [0068] 检测器 11 接收透过光学模块 10 的波长可变干涉滤波器 5 的光,输出与接收的光的光强度对应的检测信号(电流)。
- [0069] I-V 转换器 12 将从检测器 11 输入的检测信号转换为电压值,并输入至放大器 13。

[0070] 放大器 13 将与从 I-V 转换器 12 输入的检测信号对应的电压(检测电压)放大。

[0071] A/D 转换器 14 将从放大器 13 输入的检测电压(模拟信号)转换为数字信号,并输出至控制部 20。

[0072] 光学模块 10 的结构

[0073] 接着,以下对光学模块 10 的结构进行说明。

[0074] 如图 1 所示,光学模块 10 构成为具备波长可变干涉滤波器 5 和间隙控制部 15。

[0075] 波长可变干涉滤波器 5 的结构

[0076] 图 2 是表示波长可变干涉滤波器 5 的概略结构的截面图。

[0077] 本实施方式的波长可变干涉滤波器 5 是所谓的法布里-帕罗标准具。如图 2 所示,该波长可变干涉滤波器 5 具备固定基板 51 和可动基板 52。这些固定基板 51 及可动基板 52 分别例如由各种玻璃、或水晶、硅等形成。而且,通过利用由例如以聚硅氧烷为主成分的等离子体聚合膜等构成的接合膜 53 来接合固定基板 51 的第一接合部 513 以及可动基板 52 的第二接合部 523,将这些固定基板 51 及可动基板 52 构成为一体。

[0078] 在固定基板 51 上设置有固定反射膜 54(第一反射膜),在可动基板 52 上设置有可动反射膜 55(第二反射膜),这些固定反射膜 54 及可动反射膜 55 隔着反射膜间间隙 G1(间隙)相对配置。而且,在波长可变干涉滤波器 5 上设置有用以调整(变更)该反射膜间间隙 G1 的大小(反射膜 54、55 间的距离、间隙尺寸)的静电致动器 56。该静电致动器 56 由设置于固定基板 51 的固定电极 561 和设置于可动基板 52 的可动电极 562 构成。这些固定电极 561、可动电极 562 隔着电极间间隙相对,作为静电致动器 56(间隙变更部)起作用。此处,这些固定电极 561、可动电极 562 分别可以是直接设置于固定基板 51 及可动基板 52 的基板表面的结构,也可以是隔着其他膜部件而设置的结构。此外,在图 2 中,虽然示出电极间间隙的间隙尺寸比反射膜间间隙 G1 的间隙尺寸大的示例,但也可以采用电极间间隙比反射膜间间隙 G1 小的结构等。

[0079] 以下,对波长可变干涉滤波器 5 的结构进行详细说明。

[0080] 在固定基板 51 上通过蚀刻形成有电极设置槽 511 及反射膜设置部 512。该固定基板 51 形成大于可动基板 52 的厚度尺寸,从而不存在由向静电致动器 56 施加电压时的静电引力,或固定电极 561 的内部应力引起的固定基板 51 的挠曲。

[0081] 电极设置槽 511 例如形成为以固定基板 51 的平面中心点为中心的环状。反射膜设置部 512 在上述俯视图上,从电极设置槽 511 的中心向可动基板 52 一侧突出形成。该电极设置槽 511 的槽底面成为配置固定电极 561 的电极设置面 511A。另外,反射膜设置部 512 的突出前端面成为反射膜设置面 512A。

[0082] 另外,虽省略了图示,但在固定基板 51 设置有从电极设置槽 511 向固定基板 51 的外周边缘延伸的电极引出槽,并设置有设置于电极设置槽 511 的固定电极 561 的引出电极。

[0083] 在电极设置槽 511 的电极设置面 511A 上设置有固定电极 561。更具体而言,固定电极 561 设置在电极设置面 511A 中的、与后述的可动部 521 的可动电极 562 相对的区域上。另外,也可以采用在固定电极 561 上层叠用于确保固定电极 561 及可动电极 562 之间的绝缘性的绝缘膜的结构。另外,固定电极 561 与固定引出电极连接,该固定引出电极从上述的电极引出槽向固定基板 51 的外周部引出,然后与间隙控制部 15 连接。

[0084] 此外,在本实施方式中,虽然示出在电极设置面 511A 上设置有一个固定电极 561

的结构,但也可以采用例如设置有成为以平面中心点为中心的同心圆的两个电极的结构(双重电极结构)等。

[0085] 如上所述,反射膜设置部 512 与电极设置槽 511 同轴,并形成直径尺寸比电极设置槽 511 小的大致圆柱状,具备该反射膜设置部 512 的、与可动基板 52 相对的反射膜设置面 512A。

[0086] 在该反射膜设置部 512 上设置有固定反射膜 54。作为该固定反射膜 54,能够使用例如 Ag 等金属膜、Ag 合金等合金膜。另外,例如也可以使用以高折射层为 TiO_2 、以低折射层为 SiO_2 的电介质多层膜。而且,也可以使用在电介质多层膜上层压有金属膜(或合金膜)的反射膜,在金属膜(或合金膜)上层压有电介质多层膜的反射膜,层压有单层折射层(TiO_2 或 SiO_2 等)和金属膜(或合金膜)的反射膜等。

[0087] 另外,可以在固定基板 51 的光入射面(未设置固定反射膜 54 的面)上,在与固定反射膜 54 对应的位置上形成反射防止膜。该反射防止膜能够通过交替地层压低折射率膜及高折射率膜而形成,能够降低固定基板 51 表面的可见光的反射率,增大透过率。

[0088] 可动基板 52 具备以平面中心点为中心的圆形可动部 521,与可动部 521 同轴并保持可动部 521 的保持部 522,以及在保持部 522 的外侧设置的基板外周部 525。

[0089] 可动部 521 形成比保持部 522 大的厚度尺寸,例如在本实施方式中,形成与可动基板 52 的厚度尺寸为相同尺寸。在滤波器俯视图中,该可动部 521 至少形成比反射膜设置面 512A 的外周边缘的直径尺寸大的直径尺寸。而且,在该可动部 521 上设置有可动电极 562 及可动反射膜 55。

[0090] 此外,与固定基板 51 同样,也可以在可动部 521 的与固定基板 51 相反侧的面上形成反射防止膜。这种反射防止膜能够通过交替层压低折射率膜及高折射率膜而形成,能够降低可动基板 52 表面的可见光的反射率,增大透过率。

[0091] 可动电极 562 隔着电极间间隙与固定电极 561 相对,形成为与固定电极 561 相同形状的环状。另外,虽然省略图示,但在可动基板 52 上设置有从可动电极 562 的外周边缘向可动基板 52 的外周边缘延伸的可动引出电极。该可动引出电极与固定引出电极同样,与间隙控制部 15 连接。

[0092] 可动反射膜 55 隔着反射膜间间隙 G1 与固定反射膜 54 相对地设置于可动部 521 的可动面 521A 的中心部。作为该可动反射膜 55,使用与上述的固定反射膜 54 相同结构的反射膜。

[0093] 保持部 522 是包围可动部 521 的周围的隔膜,形成为比可动部 521 小的厚度尺寸。这种保持部 522 比可动部 521 容易挠曲,通过微小的静电引力就能够使可动部 521 向固定基板 51 侧位移。此时,由于可动部 521 比保持部 522 厚度尺寸大且刚性增大,因此即使在由于静电引力而将保持部 522 向固定基板 51 侧拉伸的情况下,也不会引起可动部 521 的形状变化。因此,设置在可动部 521 上的可动反射膜 55 也不会产生挠曲,从而能够将固定反射膜 54 及可动反射膜 55 始终维持平行状态。

[0094] 此外,在本实施方式中,虽然例示了隔膜状保持部 522,但并不局限于此,例如可以采用设置有以平面中心点为中心、等角度间隔配置的梁状保持部的结构等。

[0095] 如上所述,在滤波器俯视图中,基板外周部 525 设置于保持部 522 的外侧。该基板外周部 525 的与固定基板 51 相对的面上具备与第一接合部 513 相对的第二接合部 523,第

二接合部 523 通过接合膜 53 与第一接合部 513 接合。

[0096] 间隙控制部 15 的结构

[0097] 如图 1 所示,间隙控制部 15 具备存储部 16 和电压控制部 17。

[0098] 存储部 16 例如由 ROM 和 RAM 等半导体存储器构成。在该存储部 16 中存储有表示通过波长可变干涉滤波器 5 取出的光的波长(测定对象波长)与对静电致动器 56 施加的电压的关系的 $V-\lambda$ 数据。

[0099] 此处,表 1 示出透过波长可变干涉滤波器 5 的光的波长和反射膜间间隙 G1 的关系。此外,此处假设为固定反射膜 54 使用 Ag 合金的情况。另外,表 2 示出本实施方式中的测定对象波长和用于取出该测定对象波长的光的反射膜间间隙 G1 的关系的一例。

[0100] 表 1

[0101]

波长 (nm)	反射膜间间距 (nm)			
	1次峰值	2次峰值	3次峰值	4次峰值
400	139.3	340.1	540.2	740.5
420	151.0	361.2	571.3	781.3
440	161.9	381.9	602.0	821.9
460	172.5	402.5	632.4	862.3
480	183.1	423.0	662.9	903.0
500	193.6	443.6	693.5	943.5
520	204.0	464.0	723.9	984.0
540	214.3	484.3	754.3	1024.3
560	224.6	504.5	784.5	1064.5
580	234.8	524.7	814.7	1104.7
600	245.1	545.0	845.1	1144.9
620	255.4	565.3	875.3	1185.3
640	265.6	585.5	905.5	1225.4
660	275.8	605.7	935.7	1265.6
680	285.9	625.9	965.9	1305.9
700	296.1	646.0	996.1	1346.1
最大间距	296.1	646.0	996.1	1346.1
最小间距	139.3	340.1	540.2	740.5
驱动量	156.9	306.0	455.9	605.6

[0102] 表 2

[0103]

测定对象波长 (nm)	反射膜间间距 (nm)	电压 (V)	次数
400	340.1	23.0	2
420	361.2	20.1	
440	381.9	16.5	
460	402.5	12.1	
480	423.0	7.0	
500	193.6	31.7	1
520	204.0	31.4	
540	214.3	31.1	
560	224.6	30.8	
580	234.8	30.4	
600	245.1	30.0	
620	255.4	29.6	
640	265.6	29.1	
660	275.8	28.6	
680	285.9	28.0	
700	296.1	27.3	

[0104] 在本实施方式中,作为 $V-\lambda$ 数据,如表 2 所示,对于波长 400nm ~ 480nm (第一波长区域) 记录用于设定与 2 次峰值波长对应的反射膜间间距 $G1$ 的间隙尺寸 340.1nm ~ 423.0nm 的电压值,对于波长 500nm ~ 700nm (第二波长区域) 记录用于设定与 1 次峰值波长对应的反射膜间间距 $G1$ 的间隙尺寸 193.6nm ~ 296.1nm 的电压值。

[0105] 此外,在本实施方式中,例示了将针对测定对象波长的电压记录在 $V-\lambda$ 数据中的例子,但并不局限于此,也可以使用对测定对象波长关联电压及反射膜间间距 $G1$ 后的数据。并且,也可以记录如表 2 所示的表示测定对象波长与反射膜间间距 $G1$ 的关系的 $G-\lambda$ 数据,以及表示对于反射膜间间距 $G1$ 的电压的 $V-G$ 数据。

[0106] 电压控制部 17 与控制部 20、存储部 16 及波长可变干涉滤波器 5 的静电致动器 56 连接,根据来自控制部 20 的指令改变对静电致动器 56 施加的电压,从而控制反射膜间间距 $G1$ 。

[0107] 具体而言,当从控制部 20 输入指定测定对象波长的指令时,电压控制部 17 从存储部 16 的 $V-\lambda$ 数据中取得与指定的测定对象波长对应的电压值,然后对波长可变干涉滤波器 5 的静电致动器 56 施加电压。由此,如上述表 2 所示,通过静电致动器 56 设定针对测定对象波长的反射膜间间距 $G1$ 的间隙尺寸。

[0108] 控制部 20 的结构

[0109] 返回图 1,对分光测定装置 1 的控制部 20 进行说明。

[0110] 控制部 20 相当于本发明的处理部,例如通过组合 CPU 和存储器等而构成,用于控制分光测定装置 1 的整体动作。如图 1 所示,该控制部 20 具备滤波器驱动部 21、光量取得部 22 和分光测定部 23。

[0111] 滤波器驱动部 21 对光学模块 10 的间隙控制部 15,输出旨在使规定的测定波长区域的光以规定的测定间距透过波长可变干涉滤波器 5 的指令信号。

[0112] 光量取得部 22 根据从 A/D 转换器 14 输入的信号(电压),取得由检测器 11 接收的光的光量(光强度)。

[0113] 分光测定部 23 根据由光量取得部 22 取得的光量,测定测定对象光的光谱特性。

[0114] 图 3 是表示根据与表 2 对应的 $V-\lambda$ 数据驱动波长可变干涉滤波器 5 的情况下的、该波长可变干涉滤波器 5 的透过率特性的图。

[0115] 在根据与表 2 对应的 $V-\lambda$ 数据驱动波长可变干涉滤波器 5 的情况下,如上所述,对于 400nm ~ 480nm 第一波长区域通过 2 次峰值波长使测定对象波长的光透过,对于 500nm ~ 700nm 第二波长区域通过 1 次峰值波长使测定对象波长的光透过。这种情况下,如图 3 所示,在取出第二波长区域的测定对象波长的光时,第一波长区域的光不会同时透过。

[0116] 然而,在使用高次峰值波长取出测定对象波长的情况下,与测定对象波长不同的峰值波长的光同时被取出,相应地,包括噪声成分。

[0117] 例如,在对于第一波长区域通过 3 次峰值波长使测定对象波长的光透过、对于第二波长区域通过 2 次峰值波长使测定对象波长的光透过的情况下,如表 1 所示,例如将波长 400nm 的光作为 3 次峰值波长取出时,波长 600nm 附近的光作为 2 次峰值波长同时被取出。同样,在取出第二波长区域的测定对象波长的情况下,第一波长区域的光作为 3 次峰值波长也被取出。

[0118] 因此,为了得到由测定对象 X 反射的光的分光光谱,分光测定部 23 进行根据通过光量取得部 22 得到的针对多个测定对象波长的光量,估计分光光谱的光谱估计处理。另外,通过光量取得部 22 取得的光量,严格来讲并非只有测定对象波长的光,还包括以测定对象波长为中心的规定波长幅度的光。因此,优选在根据如表 2 所示的 $V-\lambda$ 数据从波长可变干涉滤波器 5 取出光的情况下,也通过分光测定部 23 进行光谱估计处理。

[0119] 以下对分光测定部 23 中的光谱估计处理的一例进行说明。

[0120] 如以下所示的式(2)所示,分光测定部 23 使例如存储于存储器等存储单元(省略图示)的估计矩阵 M_s (转换矩阵)作用于由光量取得部 22 得到的测量光谱(针对各测定对象波长的光量) D ,由此估计测定对象光(由测定对象 X 反射的光)的分光光谱 S 。

[0121] 此外,通过分光测定装置 1 测量预先测量了准确的分光光谱 S_0 的基准光,然后根据通过该测量得到的测量光谱 D_0 和准确的分光光谱 S_0 计算出估计矩阵 M_s 。

[0122] 数学式 2

$$S^t = M_s \cdot D^t \quad \cdots (2)$$

[0124] 在上述式(2)中,“ t ”表示转置向量。在式(2)中,由于分光光谱 S 及测量光谱 D 用“行向量”表示,因此其转置向量为“列向量”。

[0125] 如果在明示了各元素的状态表示上述式(2),则如式(3)所示。

[0126] 数学式 3

[0127]

$$\begin{pmatrix} s1 \\ s2 \\ s3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s59 \\ s60 \\ s61 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m1\cdot1 & m1\cdot2 & m1\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & m1\cdot16 \\ m2\cdot1 & m2\cdot2 & m2\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & m2\cdot16 \\ m3\cdot1 & m3\cdot2 & m3\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & m3\cdot16 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ m59\cdot1 & m59\cdot2 & m59\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & m59\cdot16 \\ m60\cdot1 & m60\cdot2 & m60\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & m60\cdot16 \\ m61\cdot1 & m61\cdot2 & m61\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & m61\cdot16 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d1 \\ d2 \\ d3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d14 \\ d15 \\ d16 \end{pmatrix} \quad \dots \quad (3)$$

[0128] 在上述式(3)中,测量光谱D由相当于在分光测定装置1中测量的测定对象波长的数量(波段数)的数量的元素构成。在表2所示的示例中,以20nm间距测定测定波长区域(400nm~700nm),因而上述式(3)由d1~d16的16个要素构成。此外,这些d1~d16要素分别为针对各测定对象波长的、由光量取得部22取得的光量。

[0129] 另外,分光光谱S由相当于所要估计的波长的数量(光谱点数)的个数的元素构成。例如,在上述式(3)中,对400nm~700nm的对象波长区域,应当以5nm间距的波长估计分光光谱S,分光光谱S构成为行向量的元素为61。

[0130] 因此,如式(3)所示,用于根据测量光谱D估计分光光谱S的估计矩阵Ms为61行×16列的矩阵。

[0131] 此处,相对于测量光谱D的元素为16个,分光光谱S的要素为61个,因而仅由一组测量光谱D及分光光谱S不能够决定61行×16列的估计矩阵Ms。因此,通过利用分光测定装置1测量多个样品光(预先测量了分光光谱S0的基准光)来决定该估计矩阵Ms。

[0132] 这种估计矩阵Ms按如下方法决定:即,由分光测定装置1测定预先测量了分光光谱S的多个样品光(基准光),取得针对各样品光的测量光谱D0。

[0133] 此处,设定分光光谱S具有光谱点数k个(在式(3)的情况下为61个)要素,在测定样品数n的样品光的情况下,分光光谱S0能够如下式(4)所示以矩阵 S^t 的形式表示。另外,测量光谱D0具有波段数b(在式(3)的情况下为16)个元素,可以对样品数n的样品光分别得到测量结果。因此,测量光谱D0能够如下式(5)所示以矩阵 D^t 的形状表示。

[0134] 数学式4

$$S_{nk}^t = \begin{pmatrix} s1\cdot1 & s1\cdot2 & s1\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & s1\cdot n \\ s2\cdot1 & s2\cdot2 & s2\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & s2\cdot n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ s60\cdot1 & s60\cdot2 & s60\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & s60\cdot n \\ s61\cdot1 & s61\cdot2 & s61\cdot3 & \cdot & \cdot & \cdot & s61\cdot n \end{pmatrix} \quad \dots \quad (4)$$

$$[0136] \quad D_{nb}^t = \begin{pmatrix} d1 \cdot 1 & d1 \cdot 2 & d1 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & d1 \cdot n \\ d2 \cdot 1 & d2 \cdot 2 & d2 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & d2 \cdot n \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ d15 \cdot 1 & d15 \cdot 2 & d15 \cdot 3 & & & & d15 \cdot n \\ d16 \cdot 1 & d16 \cdot 2 & d16 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & d16 \cdot n \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

[0137] 然后,设定表示矩阵 S^t 与矩阵 D^t 及估计矩阵 M_s 的内积 ($M_s \cdot D^t$) 的偏差的评价函数 $F(M_s) = |S^t - M_s \cdot D^t|^2$, 以该评价函数 $F(M_s)$ 最小的方式决定估计矩阵 M_s 。即,由于通过估计矩阵 M_s 对评价函数 $F(M_s)$ 进行偏微分后的值成为 0, 因此估计矩阵 M_s 能够由下述式(6)决定。

[0138] 数学式 5

$$[0139] \quad M_s = (D^t \cdot D)^{-1} \cdot D^t \cdot S \quad \dots (6)$$

[0140] 此外,以上设定为作为基准光的样品光的分光光谱 S_0 没有误差,但也可决定考虑了样品光的分光光谱 S_0 的误差的估计矩阵 M_s 。即,样品光的分光光谱 S_0 使用多功能分光测色仪等测量仪器进行测定,而在该测量仪器中,取出数 nm 左右的极窄的波长范围的光来测定分光光谱 S_0 。在这样取出极窄波长范围的情况下,由于光量小、SN 比降低,因而误差容易重叠。在这种情况下,如果采用主成分分析法,则将主成分数设定为 j , 主成分值设定为 a , 主成分向量设定为 v , 矩阵 S_{nk} 能够表示为“ $S_{nk} = a_{nj} \cdot v_{jk}$ ”,也能够计算出考虑了样品光的误差的估计矩阵 M_s 。

[0141] 此外,并不局限于上述光谱估计处理,也可以进行其他的估计处理。

[0142] 例如,如表 2 所示,在透过波长可变干涉滤波器 5 的光不包含多个峰值波长的情况下,能够使用现有的光谱估计。即,预先检查波长可变干涉滤波器 5 中的分光灵敏度特性(对各测定对象波长的透过率特性),并存储于存储器(省略图示)等存储单元,然后根据该分光灵敏度特性和取得的光量(测量光量)能够估计分光光谱。

[0143] 另外,作为分光测定部 23 的光谱估计处理的方法,并不局限于如上所述的两个方法,也可以采用例如维纳估计法等。

[0144] 基于分光测定装置 1 的分光测定处理

[0145] 图 4 是表示分光测定装置 1 的分光测定处理的流程图。

[0146] 为了通过分光测定装置 1 测定测定对象光的分光光谱,首先,控制部 20 的滤波器驱动部 21 对光学模块 10 驱动波长可变干涉滤波器 5 输出旨在对规定的测定波长区域(例如 400nm ~ 700nm),以规定的测定间距(例如 20nm)使光透过的指令信号(步骤 S1)。

[0147] 当控制部 20 输入指令信号时,间隙控制部 15 的电压控制部 17 从存储部 16 的 $V-\lambda$ 数据中读入与各测定对象波长对应的电压值(步骤 S2)。然后,电压控制部 17 按从小到大的顺序对读入的电压值排序(步骤 S3),依次向波长可变干涉滤波器 5 的静电致动器 56 施加电压(步骤 S4)。由此,波长可变干涉滤波器 5 的反射膜间间隙 G1 从初始间隙沿间隙尺寸减小的方向依次切换,依次使各测定对象波长的光透过。因此,如表 2 所示,在对第一波长区域通过 2 次峰值波长取出测定对象波长的光,对第二波长区域通过 1 次峰值波长取出测定

对象波长的情况下,首先,第一波长区域的 600nm 的光作为 2 次峰值波长透过,透过波长按 20nm 间距缩短。然后,400nm 的光作为 2 次峰值波长透过后,第二波长区域的 700nm 的光作为 1 次峰值波长透过。然后,透过波长按 20nm 间距缩短直至 620nm 的光作为一次峰值波长透过。

[0148] 此外,光量取得部 22 依次取得透过波长可变干涉滤波器 5 后由检测器 11 接收的光的光量,并存储于存储器等存储单元。

[0149] 之后,间隙控制部 15 判断是否施加了步骤 S2 中读入的全部电压(步骤 S5)。步骤 S5 中,在判断为“否”的情况下,即,还有未施加的电压时,返回步骤 S4,对静电致动器 56 施加该电压,使对应的测定对象波长的光透过。

[0150] 反之,在步骤 S5 中判断为“是”的情况下,间隙控制部 15 结束波长可变干涉滤波器 5 的驱动(步骤 S6)。

[0151] 之后,分光测定部 23 使用存储于存储单元的光量(测量光谱 D)和估计矩阵 Ms 进行光谱估计(步骤 S7)。

[0152] 使波长可变干涉滤波器 5 驱动时的反射膜间间隙

[0153] 接着,在如上所述的分光测定处理中,对驱动波长可变干涉滤波器 5 的情况下的、反射膜间间隙 G1 的距离进行说明。

[0154] 图 5 是表示将测定波长区域的各测定对象波长的光作为 1 次峰值波长及 2 次峰值波长的光取出时的反射膜间间隙的大小的图。

[0155] 在使用与表 2 对应的 $V-\lambda$ 数据的情况下,对 400nm ~ 480nm 的第一波长区域通过次数 $m=2$ 的 2 次峰值波长取出测定对象波长的光,对 500nm ~ 700nm 的第二波长区域通过次数 $m=1$ 的 1 次峰值波长取出测定对象波长的光。这种情况下,根据如图 3 所示的透过率特性,透过测定对象波长的光。

[0156] 即,对比第二波长区域波长短的第一波长区域,通过使用比第二波长区域高次的 2 次峰值波长使测定对象波长的光透过,与例如仅用 1 次峰值波长使测定波长区域(400nm ~ 700nm)的各测定对象波长的光透过的情况相比,能够增大反射膜间间隙 G1 的最小值(对于波长 400nm 的间隙)。

[0157] 由此,固定反射膜 54 及可动反射膜 55 的反射膜间间隙 G1 不会过小,从而能够降低在这些固定反射膜 54 及可动反射膜 55 之间夹有异物的风险。

[0158] 另外,对波长比第一波长区域长的第二波长区域,使用比第一波长区域低次的 1 次峰值波长使测定对象波长的光透过。这种情况下,能够降低对第二波长区域的间隙驱动量。

[0159] 即,如上所述,为了降低在固定反射膜 54 及可动反射膜 55 之间夹有异物的风险,在仅使用 2 次峰值波长使测定波长区域的各测定对象波长的光透过的情况下,如表 1 及图 5 所示,基于静电致动器 56 的间隙驱动范围 $Gm2$ 为 340.1nm ~ 646.0nm,为了依次取出所有测定对象波长的光,需要使可动部 521 驱动 306.0nm。

[0160] 与此相对,在本实施方式中,基于静电致动器 56 的间隙驱动范围 Gm' ,是作为对于第一波长区域的间隙驱动范围 $Gm2'$ 的 340.1nm ~ 423.0nm,以及作为对于第二波长区域的间隙驱动范围 $Gm1'$ 的 193.6nm ~ 296.1nm。这种情况下,为了依次取出所有测定对象波长的光,为驱动可动部 521 的量(间隙驱动量) 229.4nm,与仅使用 2 次峰值波长时的间隙驱

动量(306.0nm)相比,能够减小驱动量。

[0161] 一般,在使用静电致动器 56 的反射膜间间隙 G1 的调整中,需要克服可动基板 52 的复原力使可动部 521 位移,驱动量大则相应地复原力也增大,间隙控制变得困难。对此,如上所述,通过减小间隙驱动量,间隙控制变得容易,随之,能够精度良好地将反射膜间间隙 G1 调整为所需的值。另外,在间隙驱动量大的情况下,驱动所需的电力也增大,而通过减少间隙驱动量,也能够降低驱动所需的电力。

[0162] 次数的设定

[0163] 在上述示例中,如表 2 所示,示出使第一波长区域的光作为 2 次峰值波长透过,使第二波长区域的光作为 1 次峰值波长透过的示例,但也可以设定其他次数。

[0164] 例如,如以下的表 3 所示,也可以使第一波长区域的光作为 3 次峰值波长透过,使第二波长区域的光作为 2 次峰值波长透过。

[0165] 表 3

[0166]

测定对象波长 (nm)	反射膜间间距 (nm)	次数
400	540.2	3
420	571.3	
440	602.0	
460	632.4	
480	662.9	
500	443.6	2
520	464.0	
540	484.3	
560	504.5	
580	524.7	
600	545.0	
620	565.3	
640	585.5	
660	605.7	
680	625.9	
700	646.0	

[0167] 如表 3 所示,在对第一波长区域使用 3 次峰值波长使测定对象波长的光透过、对第二波长区域使用 2 次峰值波长的情况下,反射膜间间隙 G1 的最小值为 443.6nm。在仅使用 2 次峰值波长使测定波长区域的各测定对象波长的光透过的情况下,反射膜间间隙 G1 的最小值为 340.1nm,因此能够进一步增大反射膜间间隙 G1 的最小值。因此,在缩小反射膜间间隙 G1 时,能够进一步降低在固定反射膜 54 及可动反射膜 55 之间夹有异物的风险。

[0168] 图 6 是表示将测定波长区域的各测定对象波长的光作为 2 次峰值波长、及 3 次峰值波长的光取出时的反射膜间间隙的大小的图。

[0169] 在仅用 3 次峰值波长使测定对象波长的光透过的情况下,如表 1 及图 6 所示,仅需要驱动从与测定对象波长 700nm 对应的反射膜间间隙 G1 的间隙尺寸 996.1nm 开始,到与测定对象波长 400nm 对应的反射膜间间隙 G1 的间隙尺寸 540.2nm 为止的间隙驱动范围 Gm3,静电致动器 56 的间隙驱动量为 455.9nm。

[0170] 与此相对,对第一波长区域使用 3 次峰值波长使测定对象波长的光透过、对第二

波长区域使用 2 次峰值波长的情况下,如表 1、表 3 及图 6 所示,与属于第二波长区域的测定对象波长中的最长波长对应的反射膜间间隙 G1 的大小(第二波长区域中的最大间隙),比与属于第一波长区域的测定对象波长中的最短波长对应的反射膜间间隙 G1 的大小(第一波长区域中的最小间隙)增大。这种情况下,第一波长区域的间隙驱动范围 Gm3'' (540.2nm ~ 662.9nm)的一部分与第二波长区域的间隙驱动范围 Gm2'' (443.6nm ~ 646.0nm)的一部分重合。因此,在第一波长区域的间隙驱动范围 Gm3'' 的一部分范围内,能够取得第二波长区域的一部分范围的测定对象波长的光量。这种情况下,基于静电致动器 56 的间隙驱动范围 Gm'' 为 443.6nm ~ 662.9nm,间隙驱动量为 219.3nm,因此比仅使用 3 次峰值波长取得各测定对象波长的光量时的间隙驱动量(455.9nm)减小。

[0171] 此外,这种情况下,第一波长区域内的 3 次峰值波长的光与第二波长区域内的 2 次峰值波长的光同时透过。即使在这种情况下,在本实施方式中,通过利用分光测定部 23 进行光谱估计处理,也能够估计除去测定对象波长以外的光的高精度的分光光谱 S。

[0172] 此外,在表 3 中示出了第二波长区域的间隙驱动范围 Gm2'' 的一部分范围与第一波长区域的间隙驱动范围 Gm3'' 的一部分范围重合的示例,但例如,也可以以第二波长区域的间隙驱动范围 Gm2'' 全部包含于第一波长区域的间隙驱动范围 Gm3'' 内的方式,设定第一波长区域与第二波长区域的范围、以及对各波长区域的次数。这种情况下,也与上述同样,在重合的间隙驱动范围内,可以使属于第一波长区域的测定对象波长的光、以及属于第二波长区域的测定对象波长的光的双方透过,能够有效地降低间隙驱动量。

[0173] 另外,并不局限于表 2、表 3 所示的示例,也可以采用其他次数,将测定波长区域分类为例如 3 个以上的波长区域,也可以对这些各波长区域分别设定不同的次数。例如,也可以以对 400nm ~ 500nm 的波长区域通过 3 次峰值波长使测定对象波长的光透过,对 520nm ~ 600nm 的波长区域通过 2 次峰值波长使测定对象波长的光透过,对 620nm ~ 700nm 的波长区域通过 1 次峰值波长使测定对象波长的光透过的方式设定 V- λ 数据。

[0174] 第一实施方式的作用效果

[0175] 在本实施方式中,波长可变干涉滤波器 5 具备改变固定反射膜 54、可动反射膜 55 及这些反射膜 54、55 之间的反射膜间间隙 G1 的静电致动器 56。而且,间隙控制部 15 将反射膜间间隙 G1 控制成通过对第一波长区域及第二波长区域分别设定的次数的峰值波长使测定对象波长的光透过的间隙尺寸。即,在本实施方式中,对测定波长区域的各测定对象波长的光,设定作为低次峰值波长使其透过的测定对象波长,作为高次峰值波长使其透过的测定对象波长。

[0176] 在这种结构中,通过使用次数高的高次峰值波长使测定对象波长的光透过,与使用次数低的低次峰值波长使测定对象波长的光透过的情况相比,能够增大反射膜间间隙 G1。因此,能够降低异物夹在反射膜 54、55 间的风险,从而能够抑制由此产生的动作不良。另外,存在反射膜间间隙 G1 随着测定对象波长而充分地增大,异物夹在反射膜 54、55 间的可能性低的情况,如果连这种情况都使用高次峰值波长,则静电致动器 56 的控制变得困难。对此,在本实施方式中,对于这种测定对象波长,使用低次峰值波长使测定对象波长的光透过,因而例如与仅使用高次峰值波长使测定波长区域的各测定对象波长的光透过的情况相比,能够降低基于静电致动器 56 的间隙驱动量,从而能够提高间隙控制的精度。

[0177] 在本实施方式中,将记录针对测定对象波长的电压的 V- λ 数据存储在存储部 16。

而且,在该 $V-\lambda$ 数据中,对测定对象波长预先设定次数,用于通过与该次数对应的峰值波长使该测定对象波长透过的电压,与该测定对象波长进行对应后被记录。

[0178] 因此,间隙控制部 15 从 $V-\lambda$ 数据中读入与测定对象波长对应的电压值,仅通过对静电致动器 56 施加与该电压值对应的电压,就能够将反射膜间间隙 G1 的大小控制为与根据测定对象波长设定的次数对应的大小。

[0179] 在本实施方式中,间隙控制部 15 使属于作为测定波长区域的短波长侧的第一波长区域(例如 400nm ~ 480nm)的测定对象波长的光作为 2 次峰值波长透过,使属于作为长波长侧的第二波长区域(例如 500nm ~ 700nm)的测定对象波长的光作为 1 次峰值波长透过。

[0180] 因此,在反射膜间间隙 G1 的间隙尺寸进一步减小的短波长侧能够增大间隙尺寸,因而能够有效地抑制反射膜 54、55 间的异物的夹入。进而,在长波长区域通过使用 2 次峰值波长,能够通过静电致动器 56 降低间隙驱动量,从而能够实现提高间隙控制中的控制。

[0181] 在本实施方式中,如表 3 所示,也可以将针对属于第二波长区域的测定对象波长的最长波长的反射膜间间隙 G1 的间隙尺寸,设定为大于针对属于第一波长区域的测定对象波长的最短波长的反射膜间间隙 G1 的间隙尺寸。

[0182] 这种情况下,针对第一波长区域的间隙驱动范围中的至少一部分,与针对第二波长区域的间隙驱动范围的至少一部分重合。例如,如上述表 3 所示,在使第一波长区域的测定对象波长的光作为 3 次峰值波长透过,使第二波长区域的测定对象波长的光作为 2 次峰值波长透过的情况下,针对第二波长区域的间隙驱动范围的一部分(545.0nm ~ 646.0nm),与针对第一波长区域的间隙驱动范围(540.2nm ~ 662.9nm)重合。

[0183] 因此,在重合的驱动范围内,可以使第一波长区域的测定对象波长和第二波长区域的测定对象波长的双方透过,能够进一步降低静电致动器 56 的间隙驱动量。例如,如上述表 1 所示,在仅通过 3 次峰值波长使各测定对象波长的光透过的情况下,如表 1 所示,需要从与测定对象波长 700nm 对应的 996.1nm 开始到与测定对象波长 400nm 对应的 540.2nm 为止,驱动 455.9nm。对此,在本实施方式中,如表 3 所示,在从与测定对象波长 480nm 对应的 662.9nm 开始到与测定对象波长 500nm 对应的 443.6nm 为止驱动 219.3nm 的期间,也能够使各测定对象波长的光透过。

[0184] 在本实施方式中,间隙控制部 15 的电压控制部 17 在步骤 S2 中读入针对各测定对象波长的电压值后,在步骤 S3 中将读入的电压值按从小到大的顺序排序,然后按照排序依次对静电致动器 56 施加电压。

[0185] 因此,反射膜间间隙 G1 从初始间隙依次沿间隙尺寸减小的方向缩小,通过使可动部 521 进行一行程驱动,能够取得针对各测定对象波长的光量。

[0186] 而且,在本实施方式的分光测定装置 1 中,分光测定部 23 通过使估计矩阵 M_s 作用于基于针对得到的多个测定对象波长的光量的测量光谱 D,推算由测定对象 X 反射的测定光的分光光谱 S。

[0187] 这种估计矩阵 M_s 是根据通过分光测定装置 1 测定分光光谱 S_0 已知的基准光(样本光)的测量光谱 D_0 以及分光光谱 S_0 ,以使测量光谱 D_0 及估计矩阵 M_s 的内积与分光光谱 S_0 的偏差最小的方式设定的矩阵。因此,即使在透过波长可变干涉滤波器 5 的光中含有测定对象波长的光以外的噪声成分(例如其他峰值波长的光)的情况下,通过使估计矩阵 M_s 作用于测量光谱 D,能够推算高精度的分光光谱 S。

[0188] 第二实施方式

[0189] 接着,以下对本发明的第二实施方式进行说明。

[0190] 在上述第一实施方式中,间隙控制部 15 根据测定对象波长设定 $V-\lambda$ 数据,使得使用的峰值波长的次数不同,并根据该 $V-\lambda$ 数据将与测定对象波长对应的电压施加到静电致动器 56。与此相对,本实施方式与上述第一实施方式的不同之处在于:间隙控制部根据测定对象波长选择次数,并以设定为与选择的次数对应的反射膜间间隙 $G1$ 的方式控制静电致动器 56。

[0191] 图 7 是表示第二实施方式的分光测定装置 1A 的概略结构的框图。

[0192] 如图 7 所示,本实施方式的分光测定装置 1A 的光学模块 10A 具备波长可变干涉滤波器 5 和间隙控制部 15A。另外,间隙控制部 15A 具备存储部 16、电压控制部 17 和次数选择部 18。

[0193] 此处,在本实施方式的存储部 16 中存储表示与以各次数的峰值波长使各测定对象波长的光透过波长可变干涉滤波器 5 时的间隙对应的电压的 $V-\lambda$ 数据。即,记录针对上述表 1 的反射膜间间隙 $G1$ 的各间隙尺寸的电压。例如对测定对象波长 $\lambda 1$,记录用于作为 1 次峰值波长取出该测定对象波长 $\lambda 1$ 的光的电压,作为 2 次峰值波长取出该测定对象波长 $\lambda 1$ 的光的电压,作为 3 次峰值波长取出该测定对象波长 $\lambda 1$ 的光的电压,作为 4 次峰值波长取出该测定对象波长 $\lambda 1$ 的光的电压等。

[0194] 次数选择部 18 选择与测定对象波长对应的次数。

[0195] 然后,电压控制部 17 从存储在存储部 16 的 $V-\lambda$ 数据中读出测定对象波长、以及通过次数选择部 18 选择的次数对应的电压值,并对静电致动器 56 施加与读出的电压值对应的电压。

[0196] 基于次数选择部 18 的次数选择处理

[0197] 在本实施方式中,如上所述,通过次数选择部 18 能够按照每一个波长区域选择次数。

[0198] 此处,作为通过次数选择部 18 选择的次数,可以根据各测定对象波长预先设定,例如,也可以由测定者适当设定。另外,也可以根据设置波长可变干涉滤波器 5 的环境等条件(例如气压和温度等)进行设定。

[0199] 在由测定者设定的情况下,例如,根据省略图示的操作部的输入操作取得次数。

[0200] 另外,作为环境等条件,在以周围的大气压和温度等为条件的情况下,分光测定装置 1A 采用具备气压计和温度计等环境测量装置的结构。而且,在通过环境测量装置测量的值例如超过预先设定的阈值的情况下,也可以进行使作为初始值设定的次数增加“1”等处理。

[0201] 进而,次数选择部 18 根据制造波长可变干涉滤波器 5 时的偏差选择次数。

[0202] 即,在波长可变干涉滤波器 5 中,在未对静电致动器 56 施加电压的初始状态下的反射膜间间隙 $G1$ 的初始尺寸,具有制造上的偏差。因此,现有技术中,开始测定的测定开始尺寸,既考虑制造时的初始尺寸的偏差,又需要设定为比初始尺寸小。即,在初始尺寸比测定开始尺寸大的情况下,首先,需要对静电致动器 56 施加电压使可动部 521 位移直至反射膜间间隙 $G1$ 达到测定开始尺寸,从而存在驱动量增大这样的课题。另外,在初始尺寸比测定开始尺寸小的情况下,不能够通过静电致动器 56 扩大反射膜间间隙 $G1$,因而存在不能够

进行与测定开始尺寸对应的测定对象波长的测定这种课题。

[0203] 与此相对,在本实施方式中,次数选择部 18 根据制造时的初始尺寸选择测定开始波长。由此,通过针对测定对象波长选择适当的次数,能够不依赖于初始尺寸而取出该测定对象波长的光,另外,还可以抑制驱动量的增大。

[0204] 以下,使用具体示例,对处理在制造波长可变干涉滤波器 5 时产生的初始尺寸的偏差的、基于次数选择部 18 的次数选择方法进行说明。

[0205] 下述所示的表 4 是表示在上述第一实施方式的分光测定装置 1 中,在将初始尺寸设定为 450nm、430nm、410nm 的情况下,是否可以进行波长区域 400nm ~ 700nm 的测定、以及在可以进行的情况下的间隙驱动量的表。

[0206] 表 4

[0207]

初始尺寸	可否测定	间距驱动量
450nm	可	256.4nm
430nm	可	236.4nm
410nm	不可	—

[0208] 在使用与表 2 对应的 $V-\lambda$ 数据的情况下,测定开始尺寸为与测定对象波长 480nm 对应的 423.0nm。因此,如表 4 所示,在初始尺寸为 410nm 的情况下,未能将测定对象波长 480nm 的光作为 2 次峰值波长取出,从而不能够进行测定。另外,在初始间隙 450nm 的情况下,首先,在将反射膜间间隙 G1 从初始尺寸驱动到作为测定开始尺寸的 423.0nm 后,需要使其变化为与各测定对象波长对应的间隙尺寸,相应地,间隙驱动量增大。

[0209] 表 5 是表示在本实施方式中、在初始尺寸设定为 450nm、430nm、410nm 的情况下的,是否可以进行波长区域 400nm ~ 700nm 的测定,以及在可以进行的情况下的间隙驱动量的表。另外,表 6 是表示在初始尺寸为 450nm 的情况下通过次数选择部 18 选择的次数的表,表 7 是表示在初始尺寸为 430nm 的情况下通过次数选择部 18 选择的次数的表,表 8 是表示在初始尺寸为 410nm 的情况下通过次数选择部 18 选择的次数的表。

[0210] 表 5

[0211]

初始尺寸	可否测定	间距驱动量
450nm	可	246.0nm
430nm	可	236.4nm
410nm	可	226.9nm

[0212] 表 6

[0213]

测定对象波长 (nm)	反射膜间间距 (nm)	次数
400	340.1	2
420	361.2	
440	381.9	
460	402.5	
480	423.0	
500	443.6	
520	204.0	1
540	214.3	
560	224.6	
580	234.8	
600	245.1	
620	255.4	
640	265.6	
660	275.8	
680	285.9	
700	296.1	

[0214] 表 7

[0215]

测定对象波长 (nm)	反射膜间间距 (nm)	次数
400	340.1	2
420	361.2	
440	381.9	
460	402.5	
480	423.0	
500	193.6	1
520	204.0	
540	214.3	
560	224.6	
580	234.8	
600	245.1	
620	255.4	
640	265.6	
660	275.8	
680	285.9	
700	296.1	

[0216] 表 8

[0217]

测定对象波长 (nm)	反射膜间间距 (nm)	次数
400	340.1	2
420	361.2	
440	381.9	
460	402.5	
480	183.1	1
500	193.6	
520	204.0	
540	214.3	
560	224.6	
580	234.8	
600	245.1	
620	255.4	
640	265.6	
660	275.8	
680	285.9	
700	296.1	

[0218] 在本实施方式中,在反射膜间间隙 G1 的初始尺寸为 430nm 的情况下,如表 7 所示,次数选择部 18 将从 400nm 到 480nm 设定为第一波长区域并选择次数“2”,将从 500nm 到 700nm 设定为第二波长区域并选择次数“1”。即,选择与表 2 同样的次数。这种情况下,间隙驱动量与第一实施方式相同。

[0219] 另一方面,在本实施方式中,在初始尺寸为 450nm 的情况下,次数选择部 18 如表 6 所示,将从 400nm 到 500nm 设定为第一波长区域并选择次数“2”,将从 520nm 到 700nm 设定为第二波长区域并选择次数“1”。即,将第一波长区域(400nm ~ 500nm)内的测定对象波长的光作为 2 次峰值波长取出,将第二波长区域(520nm ~ 700nm)内的测定对象波长的光作为 1 次峰值波长取出。这种情况下,与表 2 的模式不同,测定对象波长 500nm 的光作为 2 次峰值波长取出。

[0220] 在上述第一实施方式的分光测定装置 1 中,在初始尺寸为 450nm 的情况下,首先,到测定开始尺寸的 423.0nm 为止只需要驱动 27.0nm 的量,而在本实施方式中,将反射膜间间隙 G1 从作为初始尺寸的 450nm 到与测定对象波长 500nm 对应的 443.6nm 为止仅驱动 6.4nm,之后使其变化到与各测定对象波长对应的尺寸即可。因此,如表 5 所示,间隙驱动量为 246.0nm,比使用第一实施方式的分光测定装置 1 时的间隙驱动量(256.4nm)减小。

[0221] 另外,在第一实施方式的分光测定装置 1 中,在反射膜间间隙 G1 的初始尺寸为 410nm 的情况下,未能取出测定对象波长 480nm 的光,从而不能够进行测定。与此相对,在本实施方式中,初始尺寸为 410nm 的情况下,如表 8 所示,次数选择部 18 将从 400nm 到 460nm 设定为第一波长区域并选择次数“2”,将从 480nm 到 700nm 设定为第二波长区域并选择次数“1”。由此,在初始尺寸为 410nm 的情况下,也能够取出 400nm ~ 700nm 的测定波长区域各测定对象波长的光。另外,这种情况下,间隙驱动量为 226.9nm。

[0222] 如以上所示,在本实施方式中,通过利用次数选择部 18 选择次数,能够使测定开始间隙带有余量。因此,在制造波长可变干涉滤波器 5 时,即使在初始尺寸产生偏差的情况下,通过根据其初始尺寸选择最佳次数,也能够适当地取出规定的测定波长区域内的各测

定对象波长的光。另外,能够减小间隙驱动量,从而能够提高基于静电致动器 56 的间隙控制的精度。

[0223] 基于分光测定装置 1A 的分光测定处理

[0224] 本实施方式的分光测定装置 1A 通过与上述第一实施方式大致同样的方法进行分光测定动作。

[0225] 此处,本实施方式中,在图 3 的步骤 S2 中,间隙控制部 15A 的次数选择部 18 按照每一个波长区域选择次数。

[0226] 在该次数选择中,能够根据如上所述的条件选择次数。

[0227] 例如,根据初始尺寸设定第一波长区域及第二波长区域,对这些的第一波长区域及第二波长区域分别选择次数。这种情况下,为了检测初始尺寸,例如可以采用在固定基板 51 及可动基板 52 之间设置静电电容检测用电极的结构等。

[0228] 另外,如上所述,也可以根据测定者的操作等改变选择的次数。这种情况下,次数选择部 18 根据操作部的输入操作,能够自由选择用于测定的次数,例如,也可以对第一波长区域选择次数 $m=3$,对第二波长区域选择次数 $m=2$ 。另外,在设置有检测波长可变干涉滤波器 5 的设置环境等的传感器的情况下,次数选择部 18 也可以根据通过这些传感器检测的环境选择次数。

[0229] 之后,电压控制部 17 针对各测定对象波长,从 $V-\lambda$ 数据中读入与通过次数选择部 18 选择的次数对应的电压。

[0230] 对以后的处理,与上述第一实施方式同样,进行从步骤 S3 到步骤 S7 的处理。

[0231] 第二实施方式的作用效果

[0232] 在本实施方式中,间隙控制部 15A 具备次数选择部 18 及电压控制部 17,次数选择部 18 选择与测定对象波长对应的次数,电压控制部 17 对静电致动器 56 施加与选择的次数对应的电压。

[0233] 这种情况下,与上述第一实施方式同样,在波长可变干涉滤波器 5 中,能够根据测定对象波长通过适当的次数的峰值波长使光透过。即,能够降低反射膜间间隙 G1 的间隙尺寸减小而导致在反射膜 54、55 之间夹有异物的风险等,并且,与仅使用高次峰值波长使所有测定对象波长透过的情况相比,能够提高基于静电致动器 56 的间隙控制的精度。

[0234] 另外,在本实施方式中, $V-\lambda$ 数据中存储有使各测定对象波长的光通过各峰值波长透过时的电压,并能够通过次数选择部 18 选择次数,因而在测定中也可以适当改变次数。

[0235] 例如,对第一波长区域使用 1 次峰值波长进行测定,例如产生在反射膜 54、55 间夹有异物等的不良情况下,也能够进行将针对该第一波长区域的次数改变为两次这样的动作。

[0236] 而且,如上所述,次数选择部 18 根据反射膜间间隙 G1 的初始尺寸设定适当的波长区域(第一波长区域及第二波长区域)并对各波长区域选择次数。由此,即使在制造时波长可变干涉滤波器 5 的初始尺寸产生偏差的情况下,也能够适当取出测定波长区域(例如 400nm ~ 700nm)内的各测定对象波长的光。另外,能够减少间隙驱动量,因而能够提高基于静电致动器 56 的间隙控制的精度。

[0237] 进而,在本实施方式中,对各测定对象波长,可以分别通过多个次数进行光量测

定。

[0238] 这种情况下,例如,在第一次测定中,对第一波长区域进行使用 2 次峰值波长的光量测定,对第二波长区域进行使用 1 次峰值波长的光量测定,并进行基于这些光量(测量光谱)的分光光谱的推算。之后,在第两次测定中,对第一波长区域进行使用 3 次峰值波长的光量测定,对第二波长区域进行使用 2 次峰值波长的光量测定,并进行基于这些光量(测量光谱)的分光光谱的推算。然后,也可以进行如下处理:根据第一次推算出的分光光谱和第两次推算出的分光光谱,例如通过取其平均作为测定对象的分光光谱。

[0239] 其他实施方式

[0240] 此外,本发明并不局限于上述实施方式,在能够达到本发明的目的范围内进行的变形、改良等都包含在本发明中。

[0241] 例如,在上述第一及第二实施方式中,虽然设定测定波长区域为 400nm ~ 700nm,第一波长区域为 400nm ~ 600nm,第二波长区域为 620nm ~ 700nm,但并不局限于此。例如,即使也可以设定第一波长区域为 400nm ~ 480nm,设定第二波长区域为 500nm ~ 700nm,第一波长区域及第二波长区域的范围能够适当设定。通过使通过高次峰值波长取出测定对象波长的光的短波长侧(第一波长区域)变窄,能够进一步减小间隙驱动范围,基于静电致动器 56 的间隙驱动量也减少,因而能够提高间隙控制的精度。相反,通过将通过高次峰值波长取出测定对象波长的光的第一波长区域设定为较宽,能够更有效地防止反射膜 54、55 间的异物夹杂、及因其导致的不良情况。

[0242] 另外,作为测定波长区域,可以将更宽的范围作为对象,也可以将更窄的范围作为对象。

[0243] 上述第一及第二实施方式中,在步骤 S2 中取得与各测定对象波长对应的电压后,在步骤 S3 中对该电压按从小到大的顺序排序并依次向静电致动器 56 施加,但并不局限于此。例如,在步骤 S2 中,也可以进行按读入针对测定对象波长的电压的顺序,即按测定对象波长顺序施加电压的处理。

[0244] 在上述实施方式中,作为本发明的间隙变更部,例示了由固定电极 561 及可动电极 562 构成的静电致动器 56,但并不局限于此。

[0245] 例如,作为间隙变更部,也可以采用使用由设置于固定基板的第一感应线圈、设置于可动基板的第二感应线圈或永久磁铁构成的感应致动器的结构。

[0246] 并且,可以采用使用压电致动器来代替静电致动器 56 的结构。这种情况下,例如使下部电极层、压电膜及上部电极层层压配置在保持部 522 上,再将数据在下部电极层及上部电极层之间的电压作为输入值并使其可变,能够使压电膜伸缩而使保持部 522 挠曲。

[0247] 并且,并不局限于通过数据电压改变反射膜间间隙 G1 的大小(间隙尺寸)的结构,例如,也可以例示通过改变固定基板 51 及可动基板 52 之间的空气压来调整反射膜间间隙 G1 的大小的结构等。这种情况下,能够使用记录了针对测定对象波长的空气压的数据等来代替 $V-\lambda$ 数据。即,作为改变反射膜间间隙 G1 的大小的结构,可以采用任何结构。而且,在存储部 16 中,对测定对象波长,记录用于设定用于将该测定对象波长作为规定次数的峰值波长取出的间隙的参数(例如在间隙变更部为电压驱动的情况下是电压值,间隙变更部为空气压驱动的情况是气压等)即可。

[0248] 另外,作为本发明的电子设备,在上述各实施方式中,例示了分光测定装置 1,但除

此外,还可以根据各种领域应用本发明的光学模块及电子设备。

[0249] 例如,如图 8 所示,也能够将本发明的电子设备应用于用于测定颜色的测色装置。

[0250] 图 8 是表示具备波长可变干涉滤波器的测色装置 400 的一例的框图。

[0251] 如图 8 所示,该测色装置 400 具备:向检查对象 A 射出光的光源装置 410,测色传感器 420 (光学模块),以及控制测色装置 400 的整体动作的控制装置 430 (处理部)。而且,该测色装置 400 是如下的装置:检查对象 A 反射从光源装置 410 射出的光,由测色传感器 420 接收被反射的检查对象光,根据由测色传感器 420 输出的检测信号,分析并测定检查对象光的色度、即检查对象 A 的颜色。

[0252] 光源装置 410 具备光源 411 和多个透镜 412 (图 8 中仅记载一个),对检查对象 A 射出例如基准光(例如白色光)。另外,多个透镜 412 中可以包括准直透镜,这种情况下,光源装置 410 通过准直透镜将从光源 411 射出的基准光变为平行光,并未图示的投射透镜向检查对象 A 射出。此外,在本实施方式中,例示了具备光源装置 410 的测色装置 400,但在例如检查对象 A 是液晶面板等的发光部件的情况下,也可以采用未设置光源装置 410 的结构。

[0253] 如图 8 所示,测色传感器 420 具备:波长可变干涉滤波器 5,用于接收透过波长可变干涉滤波器 5 的光的检测器 11,以及用于控制对波长可变干涉滤波器 5 的静电致动器 56 施加的电压的间隙控制部 15。另外,测色传感器 420 在与波长可变干涉滤波器 5 相对的位置上具备将被检查对象 A 反射的反射光(检查对象光)向内部导入的未图示的入射光学透镜。然后,该测色传感器 420 通过波长可变干涉滤波器 5 对从入射光学透镜射入的检查对象光中的规定波长的光进行分光,并由检测器 11 接收分光后的光。

[0254] 控制装置 430 控制测色装置 400 的整体动作。

[0255] 作为该控制装置 430,例如可以使用通用个人计算机和便携信息终端,除此以外,还可以使用其他测色专用计算机等。而且,如图 8 所示,控制装置 430 构成为具备光源控制部 431、测色传感器控制部 432 及测色处理部 433 等。

[0256] 光源控制部 431 与光源装置 410 连接,例如根据使用者的设定输入,向光源装置 410 输出规定的控制信号并使其射出亮度的白色光。

[0257] 测色传感器控制部 432 与测色传感器 420 连接,例如根据使用者的设定输入,设定使测色传感器 420 接收的光的波长,并将旨在检测该波长的光的光接收量的控制信号输出至测色传感器 420。由此,测色传感器 420 的间隙控制部 15 根据控制信号向静电致动器 56 施加电压而驱动波长可变干涉滤波器 5。

[0258] 测色处理部 433 是本发明的处理控制部,根据由检测器 11 检测的光接收量,分析检查对象 A 的色度。另外,测色处理部 433 与上述第一及第二实施方式同样,也可以通过将由检测器 11 得到的光量作为测量光谱 D,使用估计矩阵 M_s 推算分光光谱 S,从而分析检查对象 A 的色度。

[0259] 另外,作为本发明的电子设备的其他示例,可以列举出用于检测特定物质的存在的基于光的系统。作为这种系统,例如,能够例示出使用波长可变干涉滤波器的、采用分光测量方式高灵敏度地检测特定气体的车载用漏气检测器和呼吸检查用的光声稀有气体检测器等气体检测装置。

[0260] 以下根据附图对气体检测装置的一例进行说明。

[0261] 图 9 是表示具备波长可变干涉滤波器的气体检测装置的一例的概略图。

[0262] 图 10 是表示图 9 的气体检测装置的控制系统的结构的框图。

[0263] 如图 9 所示,该气体检测装置 100 构成为具备:传感器芯片 110、流道 120 以及主体部 130,其中该流道 120 具备吸引口 120A、吸引流道 120B、排出流道 120C 及排出口 120D。

[0264] 主体部 130 由具有可装卸流道 120 的开口的传感器部盖 131、排出单元 133、壳体 134、检测装置、处理被检测出的信号并控制检测部的控制部 138、提供电力的电力供给部 139 等构成,其中,该检测装置包括光学部 135、滤波器 136、波长可变干涉滤波器 5 以及光接收元件 137 (检测部)等。另外,光学部 135 由射出光的光源 135A、分束器 135B、以及透镜 135C、135D、135E 构成,其中该分束器 135B 将从光源 135A 射入的光反射至传感器芯片 110 一侧,并使从传感器芯片一侧射入的光透过至光接收元件 137 一侧。

[0265] 另外,如图 10 所示,在气体检测装置 100 的表面设置有操作面板 140、显示部 141、用于与外部的接口的连接部 142 以及电力供给部 139。在电力供给部 139 为二次电池的情况下,也可以具备用于充电的连接部 143。

[0266] 并且,如图 10 所示,气体检测装置 100 的控制部 138 具备:由 CPU 等构成的信号处理部 144,用于控制光源 135A 的光源驱动器电路 145,用于控制波长可变干涉滤波器 5 的电压控制部 146,接收来自光接收元件 137 的信号的光接收电路 147,传感器芯片检测电路 149,以及控制排出单元 133 的排出驱动器电路 150 等,其中,该传感器芯片检测电路 149 读取传感器芯片 110 的码,接收来自用于检测有无传感器芯片 110 的传感器芯片检测器 148 的信号。另外,气体检测装置 100 具备存储 $V-\lambda$ 数据的存储部(省略图示)。此外,由电压控制部 146 及信号处理部 144 的 RAM、ROM 等存储部构成间隙控制部,电压控制部 146 根据存储于存储部的 $V-\lambda$ 数据,控制向波长可变干涉滤波器 5 的静电致动器 56 施加的电压。

[0267] 接着,以下对如上所述的气体检测装置 100 的动作进行说明。

[0268] 主体部 130 的上部的传感器部盖 131 的内部设置有传感器芯片检测器 148,用该传感器芯片检测器 148 检测有无传感器芯片 110。信号处理部 144 如果检测到来自传感器芯片检测器 148 的检测信号时,则判断为处于安装有传感器芯片 110 的状态,并向显示部 141 发出使其显示旨在可以进行检测动作的显示信号。

[0269] 然后,例如由使用者操作操作面板 140,如果旨在开始检测处理的指示信号从操作面板 140 向信号处理部 144 输出,则首先信号处理部 144 向光源驱动器电路 145 输出光源工作信号以使光源 135A 工作。如果光源 135A 被驱动,则从光源 135A 射出单一波长且直线偏光稳定的激光。另外,在光源 135A 内置温度传感器和光量传感器,其信息被输出至信号处理部 144。然后,信号处理部 144 根据从光源 135A 输入的温度和光量,判断为光源 135A 正在稳定地动作时,则控制排出驱动器电路 150 使排出单元 133 工作。由此,包含应检测的目标物质(气体分子)的气体样品从吸引口 120A 被导向吸引流道 120B、传感器芯片 110 内、排出流道 120C、排出口 120D。此外,在吸引口 120A 处设置有除尘滤波器 120A1,可以除去比较大的粉尘和一部分的水蒸汽等。

[0270] 另外,传感器芯片 110 是装入有多个金属纳米结构体、利用了局部表面等离子体共振的传感器。在这种传感器芯片 110 中,通过激光在金属纳米结构体间形成加强电场,如果气体分子进入该加强电场内,则产生包含分子振动信息的拉曼散射光及瑞利散射光。

[0271] 这些瑞利散射光和拉曼散射光通过光学部 135 射入滤波器 136,瑞利散射光由滤

波器 136 分离,而拉曼散射光则射入波长可变干涉滤波器 5 中。然后,信号处理部 144 对电压控制部 146 输出控制信号。由此,电压控制部 146 如上述第一实施方式所示,从存储部读入与测定对象波长对应的电压值,并对波长可变干涉滤波器 5 的静电致动器 56 施加该电压,将与作为检测对象的气体分子对应的拉曼散射光被波长可变干涉滤波器 5 分光。然后,如果光接收元件 137 接收分光后的光,则与光接收量对应的光接收信号经由光接收电路 147 输出至信号处理部 144。这种情况下,能够从波长可变干涉滤波器 5 精度良好地取出作为目标的拉曼散射光。

[0272] 信号处理部 144 将如上所述得到的与作为检测对象的气体分子对应的拉曼散射光的光谱数据,和存放于 ROM 的数据进行比较,判定是否是目标气体分子,从而进行物质的特定。另外,信号处理部 144 使该结果信息显示在显示部 141 上,或者从连接部 142 输出到外部。

[0273] 此外,在上述图 9 及图 10 中,例示了通过波长可变干涉滤波器 5 对拉曼散射光进行分光,并根据分光后的拉曼散射光进行气体检测的气体检测装置 100,但作为气体检测装置,也可以用作通过检测气体固有的吸光度指而对气体种类进行特定的气体检测装置。这种情况下,使用使气体流入传感器内部,并检测入射光中由气体吸收的光的气体传感器作为本发明的光学模块。并且,将通过这种气体传感器对流入传感器内的气体进行分析、辨别的气体检测装置作为本发明的电子设备。在这种结构中,也可以使用波长可变干涉滤波器检测气体的成分。

[0274] 另外,作为用于检测特定物质的存在的系统,并不局限于如上所述的气体的检测,还可以例示出基于近红外线分光法的糖类的非侵入性测定装置,以及食物、生物、矿物等信息的非侵入性测定装置等物质成分分析装置。

[0275] 以下作为上述物质成分分析装置的一例,对食物分析装置进行说明。

[0276] 图 11 是表示作为利用波长可变干涉滤波器 5 的电子设备的一例的食物分析装置的概略结构的图。

[0277] 如图 11 所示,该食物分析装置 200 具备检测器 210 (光学模块),控制部 220 和显示部 230。检测器 210 具备射出光的光源 211,导入来自测定对象物的光的摄像透镜 212,将由摄像透镜 212 导入的光进行分光的波长可变干涉滤波器 5,以及检测分光后的光的摄像部 213 (检测部)。

[0278] 另外,控制部 220 具备:光源控制部 221,进行光源 211 的亮灯/关灯控制、亮灯时的亮度控制;电压控制部 222,控制波长可变干涉滤波器 5;检测控制部 223,控制摄像部 213,并取得由摄像部 213 拍摄到的分光图像;信号处理部 224 (处理控制部);以及存储部 225。此外,由电压控制部 222 及存储部 225 构成本发明的间隙控制部。

[0279] 如果该食物分析装置 200 驱动系统,则通过光源控制部 221 控制光源 211,由光源 211 向测定对象物照射光。然后,被测定对象物反射的光通过摄像透镜 212 射入波长可变干涉滤波器 5。波长可变干涉滤波器 5 通过电压控制部 222 的控制,按上述第一实施方式或第二实施方式所示的驱动方法驱动波长可变干涉滤波器 5。由此,能够由波长可变干涉滤波器 5 精度良好地取出目标波长的光。然后,被取出的光用由例如 CCD 摄像机等构成的摄像部 213 进行拍摄。另外,被拍摄到的光作为分光图像存储在存储部 225。另外,信号处理部 224 控制电压控制部 222 改变对波长可变干涉滤波器 5 施加的电压值,取得针对各波长

的分光图像。

[0280] 然后,信号处理部 224 对存储在存储部 225 的各图像的各像素数据进行运算处理,求出各像素的光谱。另外,在存储部 225 存储有例如关于光谱的食物成分的相关信息,信号处理部 224 根据存储在存储部 225 的食物相关信息分析求得的光谱数据,并求出检测对象中所含有的食物成分及其含量。另外,根据得到的食物成分及含量还能够计算出食物卡路里和鲜度等。进而,通过分析图像内的光谱分布,还能够进行检查对象的食物中鲜度正在下降的部分的提取等,并且能够进一步进行食物内所含有的异物等的检测。

[0281] 然后,信号处理部 224 进行将如上所述得到的检查对象的食物成分和含量、卡路里和鲜度等信息显示在显示部 230 上的处理。

[0282] 另外,在图 11 中,例示了食物分析装置 200 的示例,但通过大致相同的结构也可以用作如上所述的其他信息的非侵入性测定装置。例如,可以用作血液等体液成分的测定、分析等分析生物体成分的生物体分析装置。作为这种生物体分析装置,例如作为测定血液等体液成分的装置如果作为探测乙醇的装置,则可以用作检测驾驶员的饮酒状态的酒后驾驶防止装置。另外,也可以用作具备这种生物体分析装置的电子内视镜系统。

[0283] 并且,还可以用作进行矿物成分分析的矿物分析装置。

[0284] 并且,作为本发明的光学模块、电子设备,能够应用于以下装置。

[0285] 例如,通过使各波长的光的强度随时间变化,可以用各波长的光传输数据,这种情况下,通过设置于光学模块中的波长可变干涉滤波器对特定波长的光进行分光、再由光接收部接收光,从而能够提取出由特定波长的光传输的数据,并且还可以通过具备这种数据提取用光学模块的电子设备处理各波长的光的数据,从而进行光通信。

[0286] 另外,作为电子设备,也可以应用于通过波长可变干涉滤波器对光进行分光,从而拍摄分光图像的分光照相机、分光分析仪等。作为这种分光照相机的一例,可以列举出内置有波长可变干涉滤波器的红外线照相机。

[0287] 图 12 是表示分光照相机的概略结构的示意图。如图 12 所示,分光照相机 300 具备照相机主体 310,摄像透镜单元 320,以及摄像部 330 (检测部)。

[0288] 照相机主体 310 是由使用者把握、操作的部分。

[0289] 摄像透镜单元 320 设置于摄像机主体 310,将射入的图像光导向摄像部 330。另外,如图 12 所示,该摄像透镜单元 320 构成为具备物镜 321、成像透镜 322 以及设置在这些透镜间的波长可变干涉滤波器 5。

[0290] 摄像部 330 由光接收元件构成,对由摄像透镜单元 320 导入的图像光进行拍摄。

[0291] 在这种分光摄像机 300 中,通过波长可变干涉滤波器 5 使成为拍摄对象的波长的光透过,能够对所需波长的光的分光图像进行拍摄。此时,对各波长,间隙控制部(省略图示)通过上述第一实施方式所示的本发明的驱动方法驱动波长可变干涉滤波器 5,从而能够精度良好地取出目标波长的分光图像的图像光。

[0292] 而且,也可以将波长可变干涉滤波器用作带通滤波器,例如,也可以用作仅将发光元件射出的规定波长区域的光中、以规定的波长为中心的狭窄波段的光通过波长可变干涉滤波器进行分光并使其透过的光学式激光装置。

[0293] 另外,也可以将波长可变干涉滤波器用作生物体认证装置,例如,可以适用于利用近红外区域或可视区域的光的、血管、指纹、视网膜和虹彩等的认证装置。

[0294] 进而,可以将光学模块及电子设备用作浓度检测装置。这种情况下,通过波长可变干涉滤波器对从物质射出的红外能量(红外光)进行分光并进行分析,从而测定样本中的被检体浓度。

[0295] 如上所述,本发明的光学模块及电子设备,能够适用于对入射光规定的光进行分光的任何装置。而且,如上所述,波长可变干涉滤波器由于能够用一台设备对多个波长进行分光,因而能够精度良好地进行多个波长的光谱测定,对多个成分进行检测。因此,与通过多台设备取出所需波长的现有装置相比,能够促进光学模块和电子设备的小型化,例如,可以优选用作便携用或者车载用的光学器件。

[0296] 另外,只要在可以实现本发明目的的范围内,实施本发明时的具体结构可以适当变更为其他结构等。

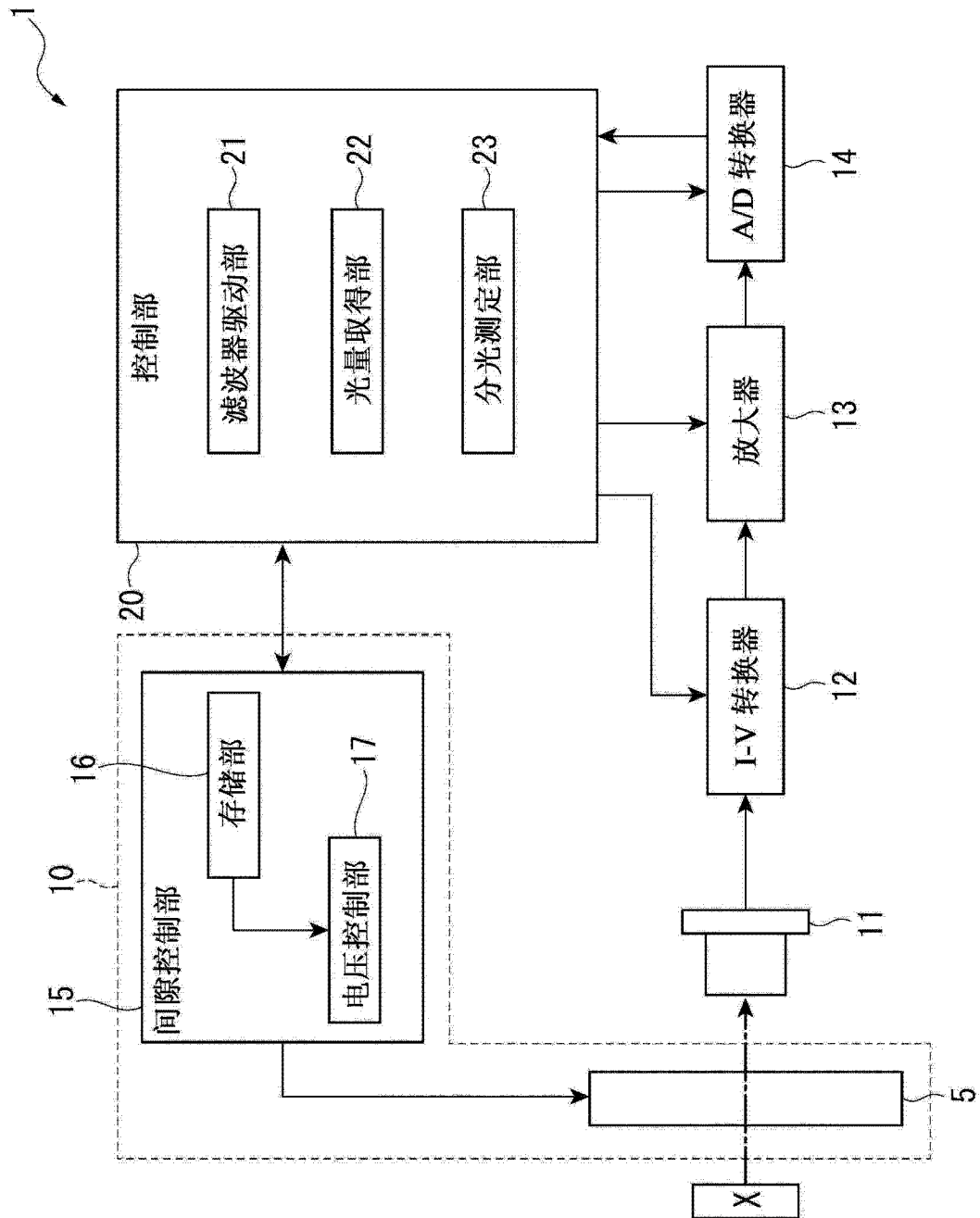


图 1

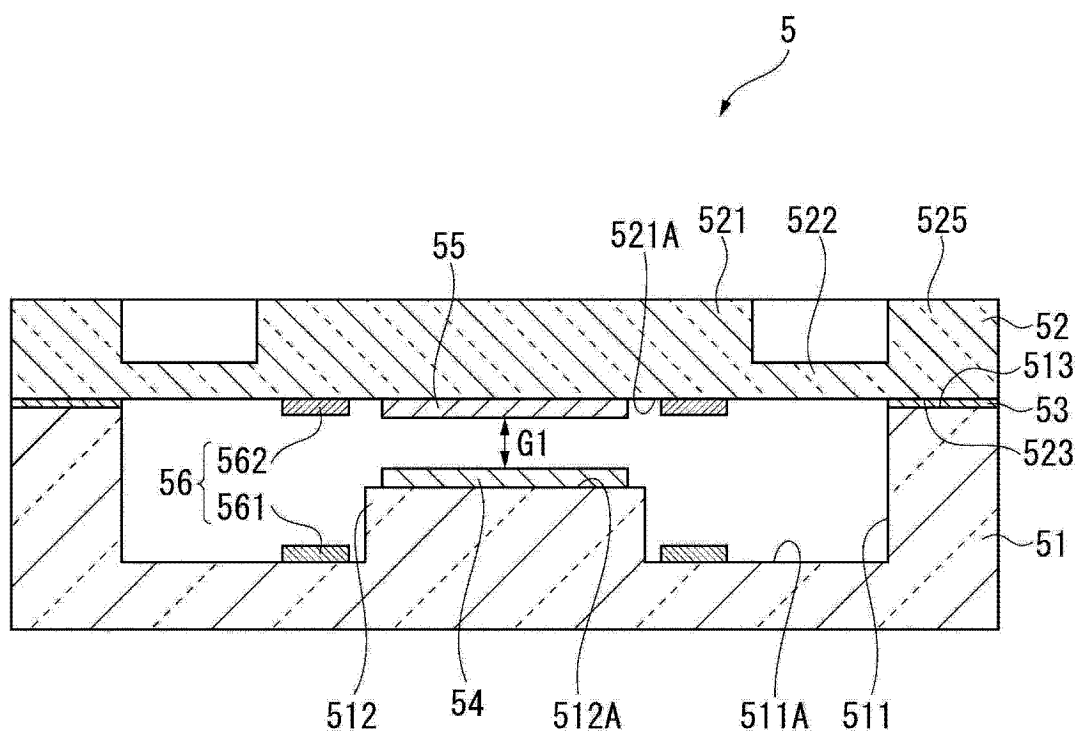


图 2

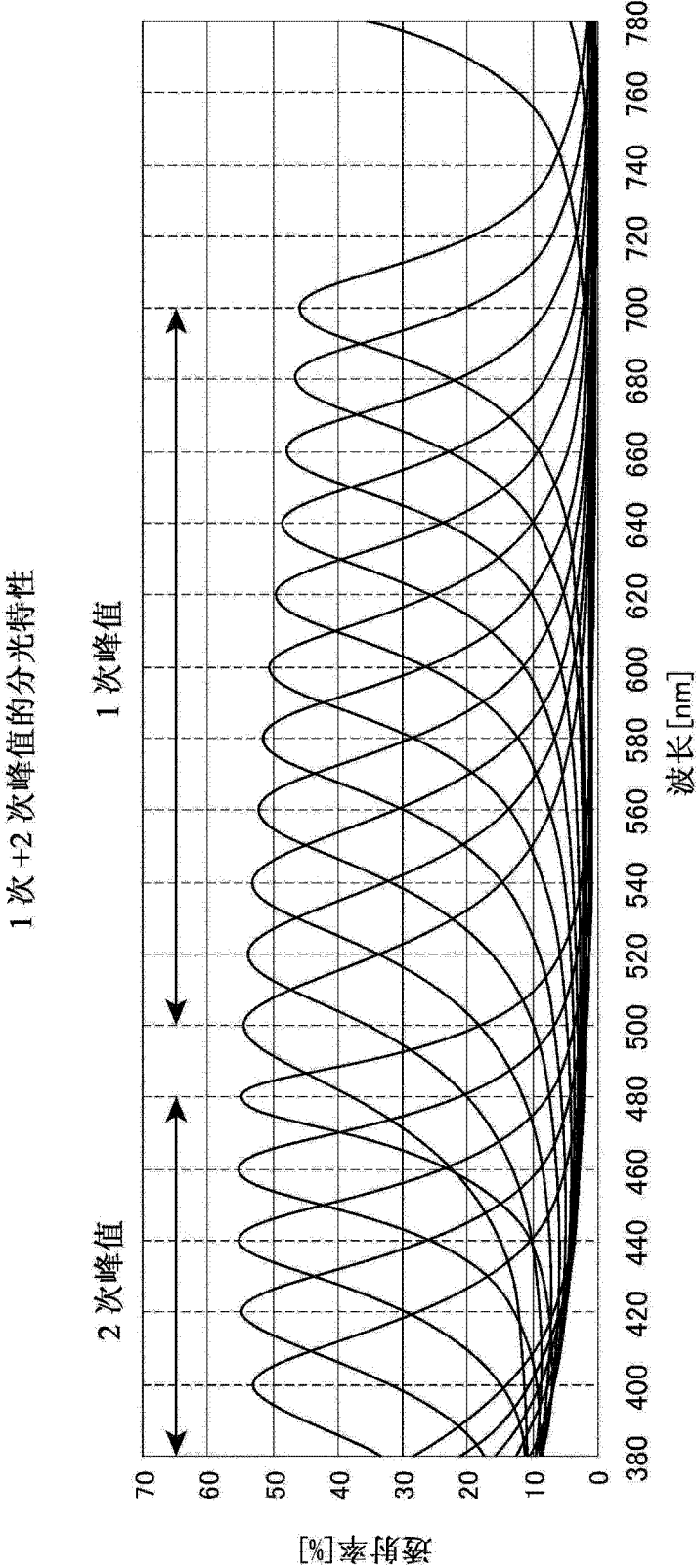


图 3

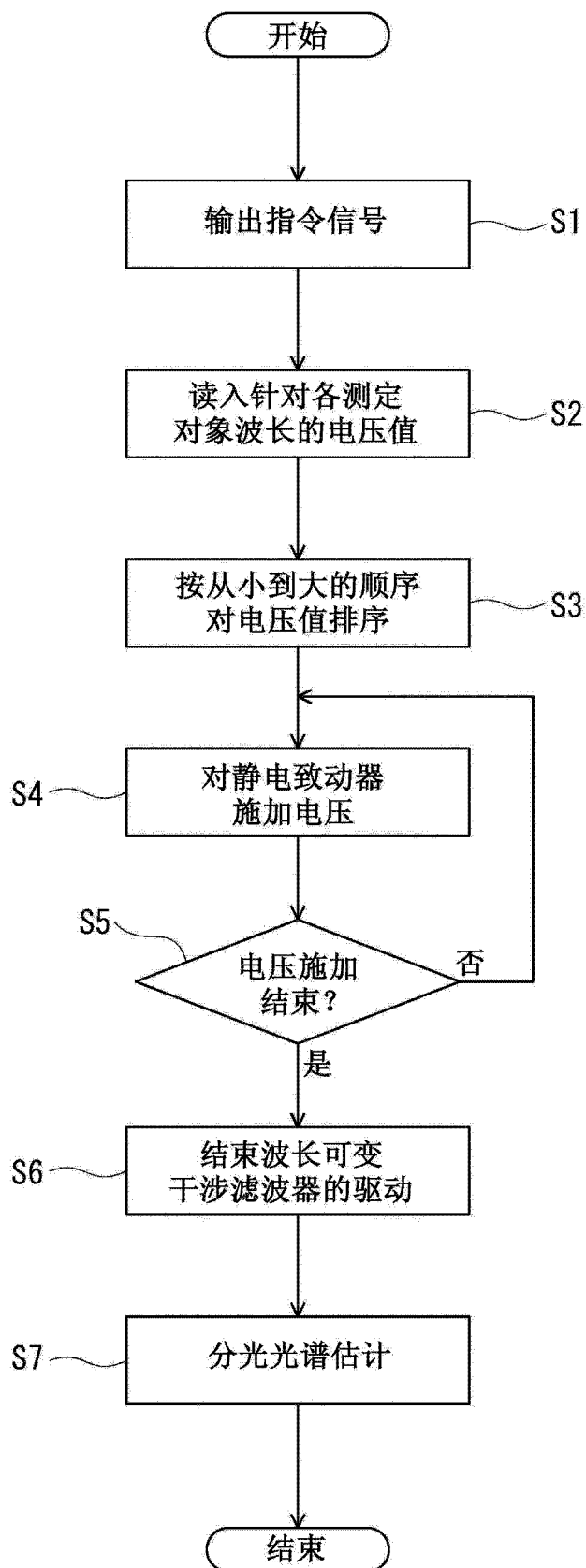


图 4

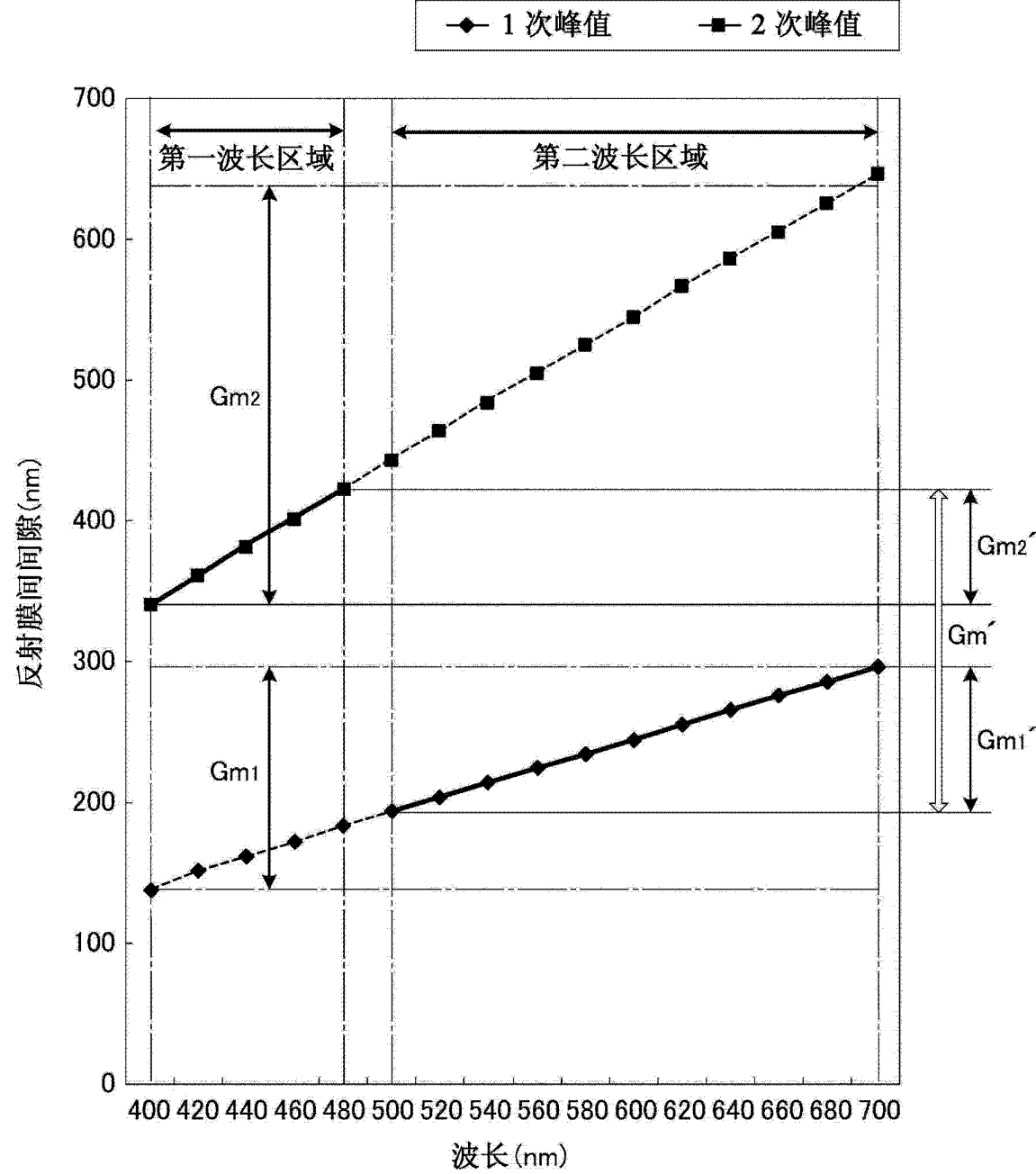


图 5

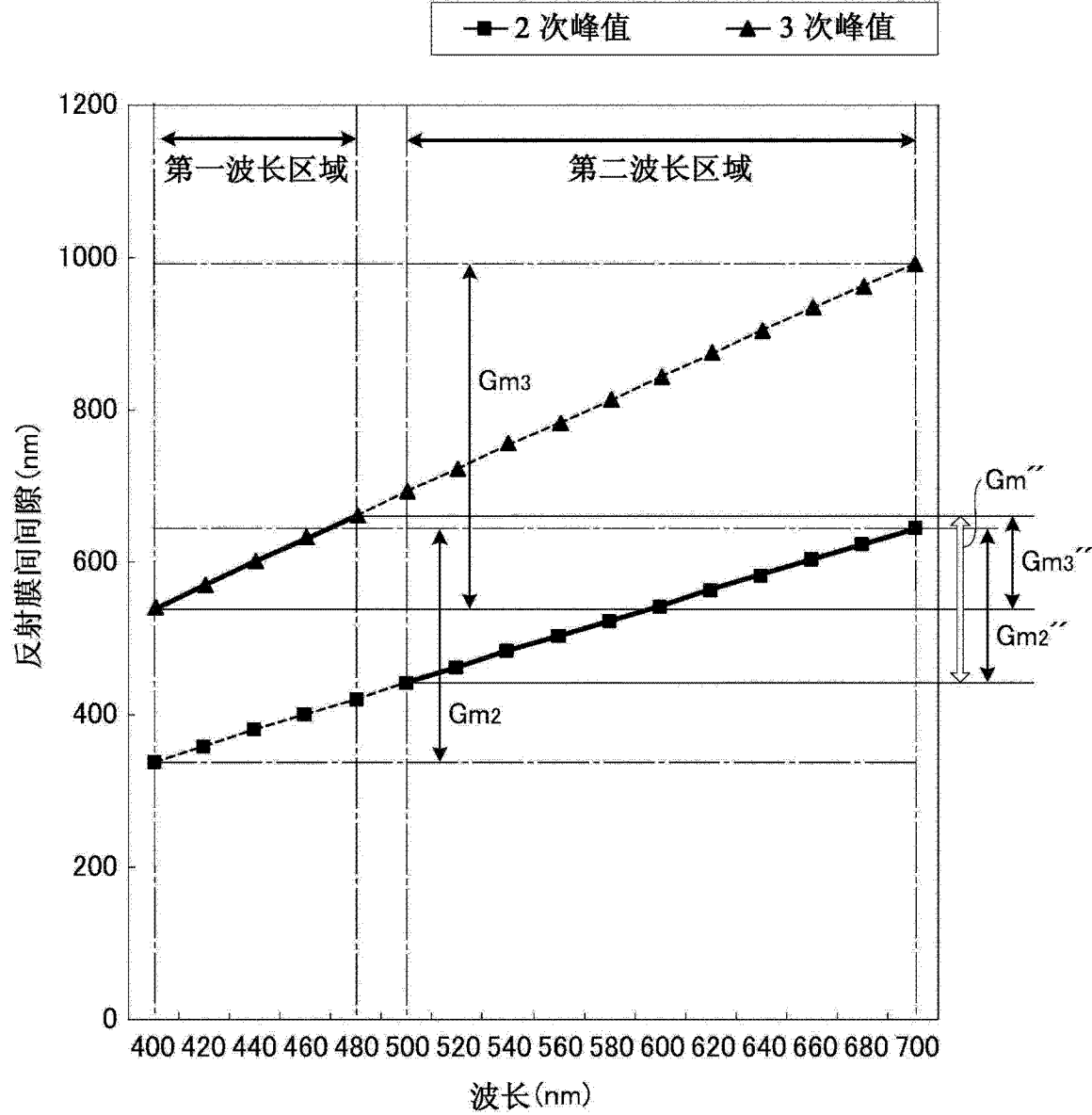


图 6

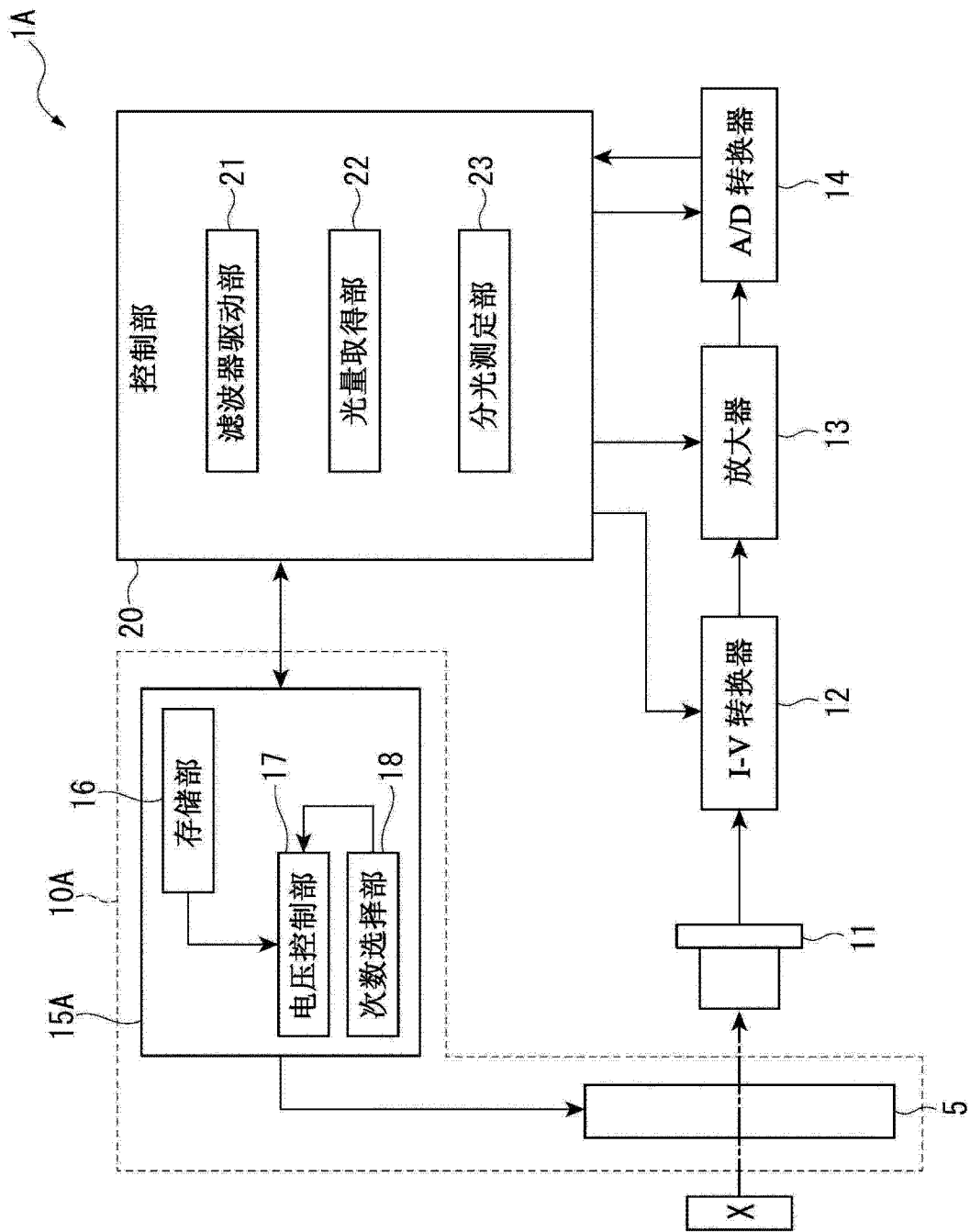


图 7

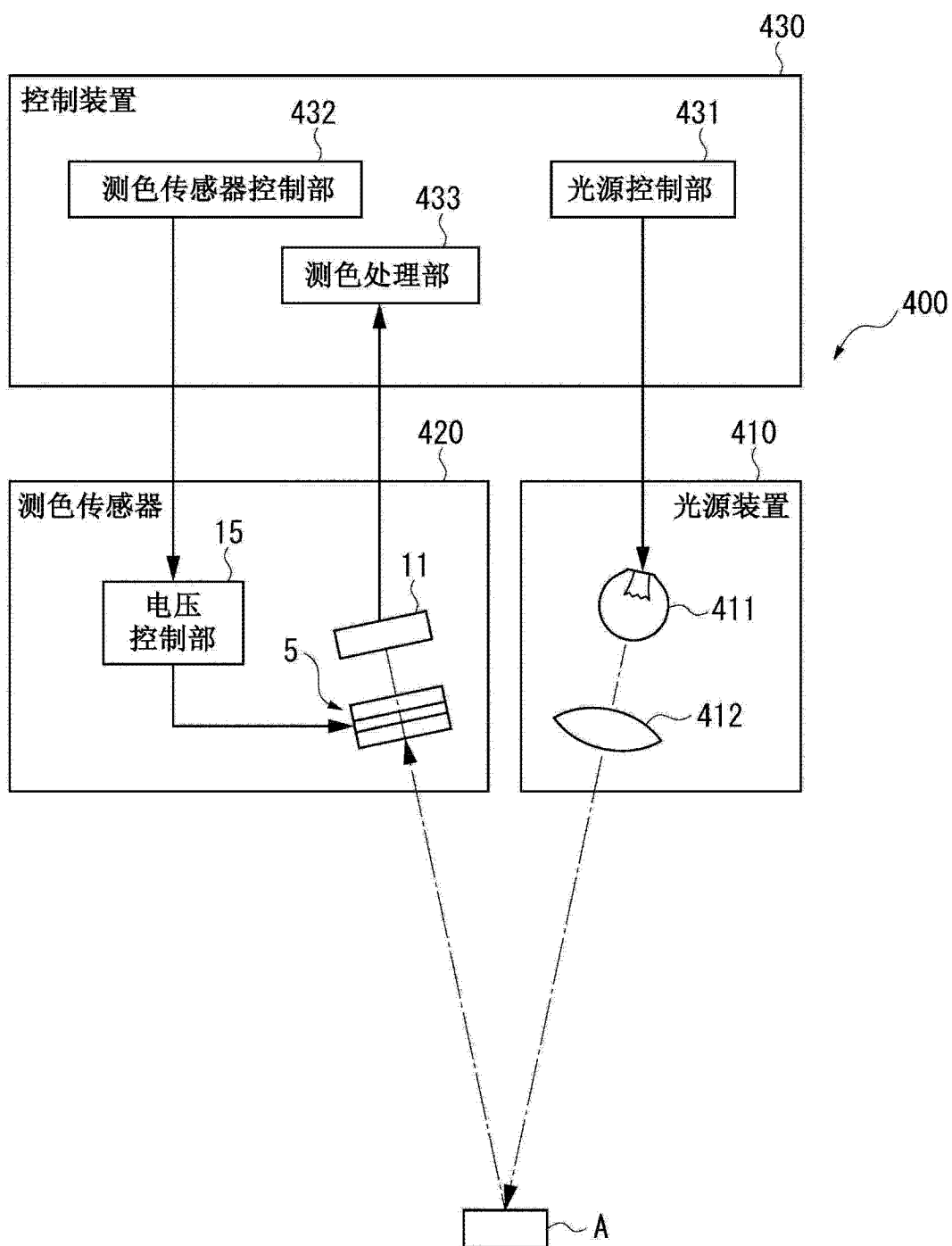


图 8

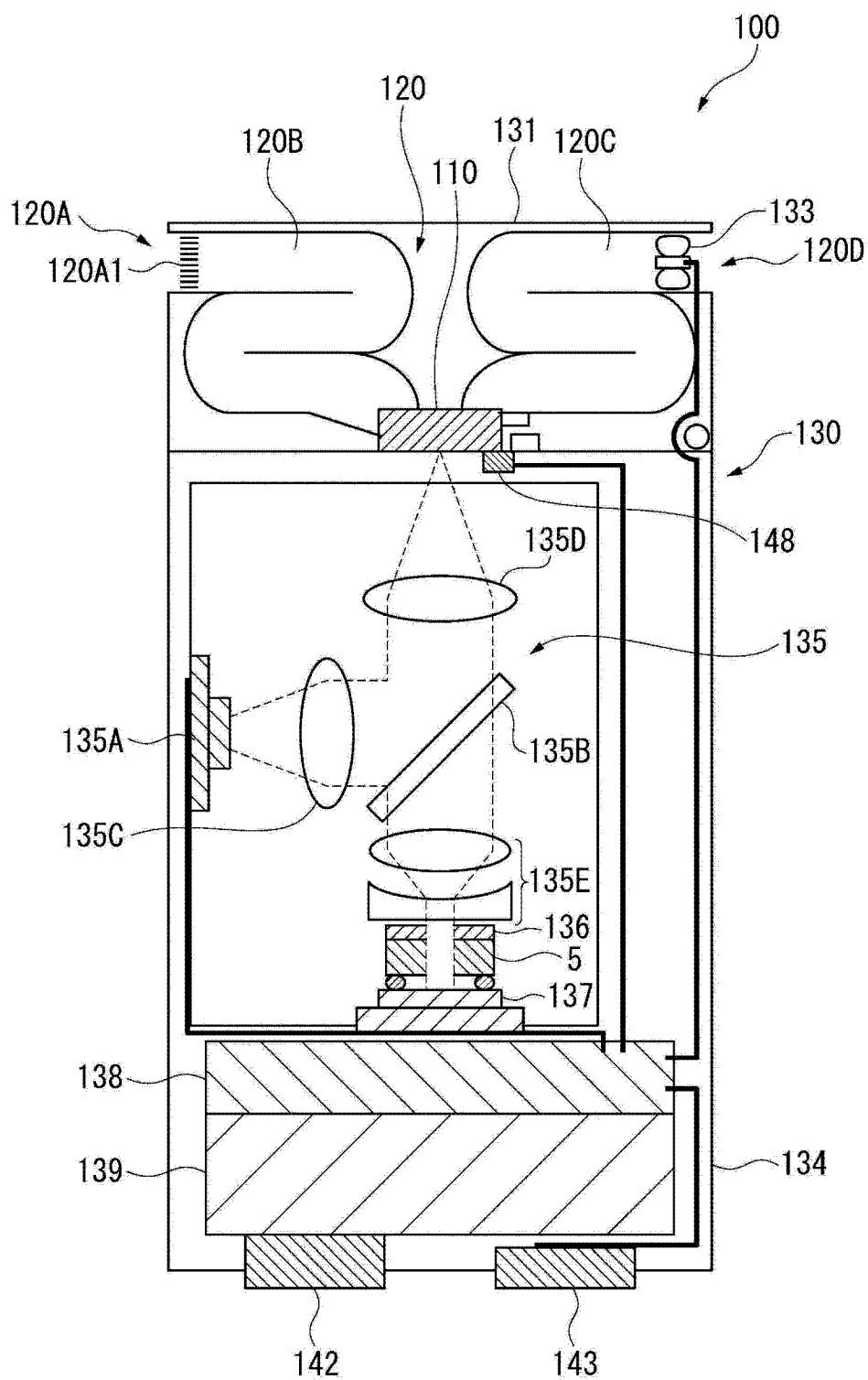


图 9

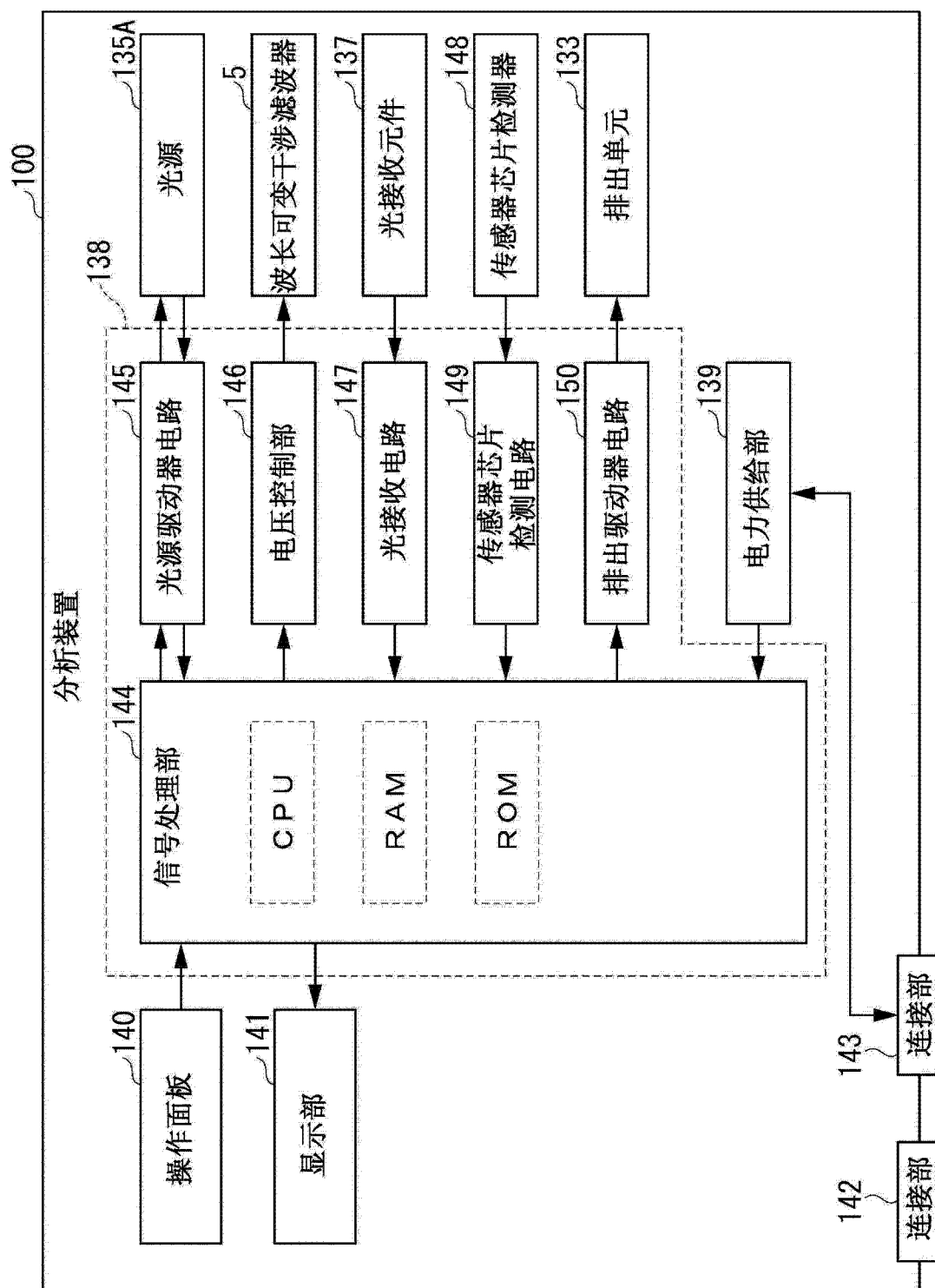


图 10

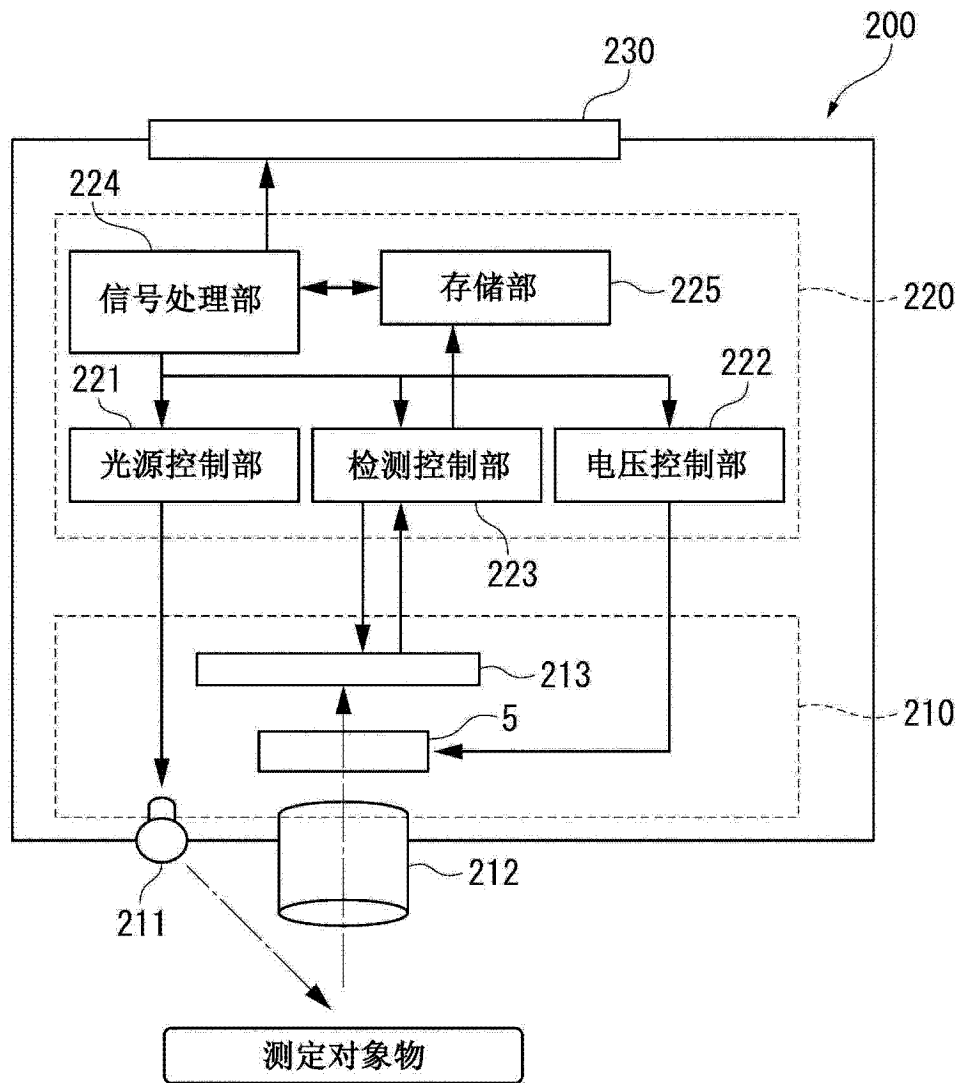


图 11

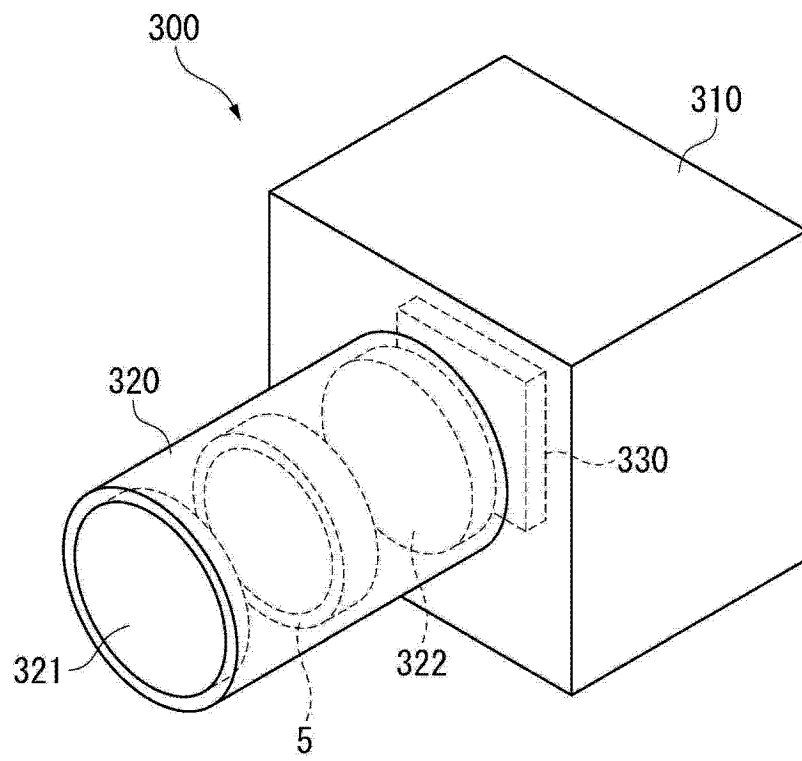


图 12