



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102192786 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201110069976. 0

(22) 申请日 2011. 03. 18

(30) 优先权数据

2010-061804 2010. 03. 18 JP

(73) 专利权人 大塚电子株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 大泽祥宏 大久保和明

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

(51) Int. Cl.

G01J 3/443(2006. 01)

G01J 3/02(2006. 01)

G01N 21/64(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2002-310902 A, 2002. 10. 23, 全文.

JP 特开平 9-292281 A, 1997. 11. 11, 全文.

JP 特开 2001-281062 A, 2001. 10. 10, 全文.

CN 101287974 A, 2008. 10. 15, 全文.

JP 特开 2009-103654 A, 2009. 05. 14, 全文.

审查员 张蒙恩

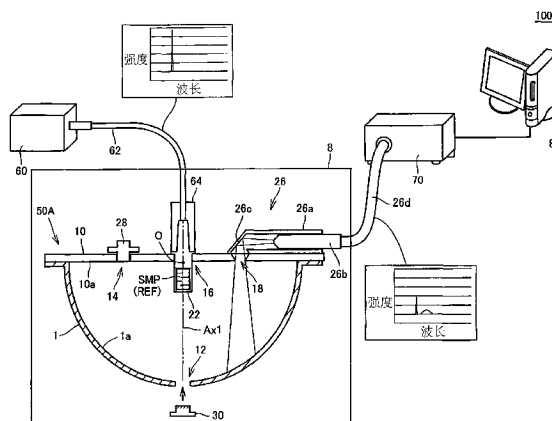
权利要求书2页 说明书12页 附图12页

(54) 发明名称

量子效率测量方法、量子效率测量装置和积分器

(57) 摘要

本发明提供一种量子效率测量方法、量子效率测量装置和积分器。该量子效率测量方法包括以下步骤:步骤(S10),将试样配置在具有积分空间的积分器内的规定位置;步骤(S12),向试样照射激发光,并且经由第2窗将积分空间内的光谱作为第1光谱进行测量;步骤(S20),将激发光入射部分构成为使透过试样后的激发光不向积分空间内反射;步骤(22),向试样照射激发光,并且经由第2窗将积分空间内的光谱作为第2光谱进行测量;步骤(S40、S42、S46),基于第1光谱中的与激发光的波长范围相对应的成分和第2光谱中的与试样受到激发光的照射而发出的光的波长范围相对应的成分算出试样的量子效率。



1. 一种量子效率测量方法,其包括以下步骤:

将试样配置在具有积分空间的积分器内的规定位置;

经由设置于上述积分器的第 1 窗向配置在上述规定位置的上述试样照射激发光,并且经由被设置在上述积分器的与上述激发光的光轴不交叉的位置的第 2 窗将上述积分空间内的光谱作为第 1 光谱进行测量;

将激发光入射部分构成为使透过上述试样后的激发光不向上述积分空间内反射,该激发光入射部分与上述第 1 窗相对且与上述积分器内的上述激发光的光轴交叉;

在激发光不向上述积分空间内反射的状态下,经由上述第 1 窗向配置在上述规定位置的上述试样照射上述激发光,并且经由上述第 2 窗将上述积分空间内的光谱作为第 2 光谱进行测量;

将标准体配置在上述规定位置;

经由上述第 1 窗向被配置在上述规定位置的上述标准体照射上述激发光,并且经由上述第 2 窗将上述积分空间内的光谱作为第 3 光谱进行测量;以及

基于上述第 1 光谱中的与上述激发光的波长范围相对应的成分和上述第 2 光谱中的与上述试样受到上述激发光的照射而发出的光的波长范围相对应的成分算出上述试样的量子效率,

算出上述试样的量子效率的步骤包括如下步骤:将上述第 1 光谱中的与上述激发光的波长范围相对应的成分与上述第 3 光谱中的与上述激发光的波长范围相对应的成分之差作为被上述试样吸收的光成分算出。

2. 根据权利要求 1 所述的量子效率测量方法,其中,

在上述积分器的上述激发光入射部分形成有用于供上述激发光通过的窗;

上述将激发光入射部分构成为使透过上述试样后的激发光不向上述积分空间内反射的步骤包括如下步骤:从利用具有与上述积分器的内表面实质上相同的反射特性的栓塞构件堵住上述窗的状态去除该栓塞构件。

3. 一种量子效率测量装置,其包括:

积分器,在其内部具有积分空间;

光源,其用于经由被设置于上述积分器的第 1 窗而向上述积分空间内照射激发光;

测量器,其用于经由被设置在上述积分器的与上述激发光的光轴不交叉的位置的第 2 窗来测量上述积分空间内的光谱;

保持部,其用于将试样或标准体配置在上述积分器内的上述激发光的光轴上;

切换机构,其用于将激发光入射部分切换成向上述积分空间内反射上述激发光的状态和不向上述积分空间内反射上述激发光的状态,上述激发光入射部分与上述第 1 窗相对并且与上述积分器内的上述激发光的光轴交叉;

运算部,其基于第 1 光谱和第 2 光谱算出上述试样的量子效率,上述第 1 光谱是在上述试样被配置在上述保持部且上述激发光入射部分处于反射上述激发光的状态的情况下由上述测量器测量得到的,上述第 2 光谱是在上述试样被配置在上述保持部且上述激发光入射部分处于不反射上述激发光的状态的情况下由上述测量器测量得到的。

4. 根据权利要求 3 所述的量子效率测量装置,其中,

上述切换机构包括:

第 3 窗,其设置于上述积分器的上述激发光入射部分,用于使上述激发光通过,栓塞构件,其安装于上述第 3 窗,具有与上述积分器的内表面实质上相同的反射特性。

5. 根据权利要求 4 所述的量子效率测量装置,其中,

上述切换机构还包括从上述积分器的外侧与上述第 3 窗相对应地安装于上述积分器的光吸收部。

6. 根据权利要求 3 ~ 5 中任一项所述的量子效率测量装置,其中,

上述积分器包括:

半球部,在其内表面具有光扩散反射层;

平面镜,其被配置成封堵上述半球部的开口,

上述第 1 窗被设置在上述平面镜上的包括上述半球部的实质上的曲率中心的位置和包括上述半球部的顶点的位置中的任一位置。

7. 根据权利要求 3 ~ 5 中任一项所述的量子效率测量装置,其中,

上述积分器是在内表面具有光扩散反射层的球体,

上述保持部构成为将上述试样和上述标准体配置在上述球体的中心部。

8. 一种积分器,在其内部具有积分空间,其包括:

保持部,其用于将试样或标准体配置在上述积分空间的内部、且经由第 1 窗而向上述积分空间内照射的激发光的光轴上;

光取出部,为了测量上述积分空间内的光谱,其用于经由被设置在与上述激发光的光轴不交叉的位置的第 2 窗对光进行引导;

切换机构,其用于将激发光入射部分切换成向上述积分空间内反射上述激发光的状态和不向上述积分空间内反射上述激发光的状态,上述激发光入射部分与上述第 1 窗相对且与上述积分器内的上述激发光的光轴交叉。

量子效率测量方法、量子效率测量装置和积分器

技术领域

[0001] 本发明涉及用于测量量子效率的方法、装置以及适于它们的积分器。

背景技术

[0002] 近年来,快速地进行荧光灯和显示器的开发。随着这样的开发,作为更准确地评价荧光灯和显示器所用的荧光体的性能的性能的指标,量子效率引人注目。通常,量子效率是指从试样(典型地是荧光体)产生的光量子数占被试样吸收的光量子数的比例。

[0003] 例如,“大久保、重田“NBS 标准荧光体的量子效率的测量”、照明学会志、社团法人照明学会、1999 年、第 83 卷、第 2 号 P. 87-93”公开了测量量子效率的典型结构。替代该典型结构,日本特开平 09-292281 号公报、日本特开平 10-142152 号公报以及日本特开平 10-293063 号公报等公开了用于测量量子效率的替代结构。

[0004] 上述那样的用于测量量子效率的结构主要是面向固体试样或者面向被成形为固体状的试样进行量子效率的测量。即,向试样照射激发光并捕捉从该试样发出的荧光,从而来测量量子效率。

[0005] 例如,EL(Electro Luminescent) 发光所用的荧光体大多情况下为粉末状,在这样的情况下,使试样溶于溶剂而以溶液的状态进行测量。在这样的测量溶液的量子效率的情况下,将溶液试样封入到透光性的容器中之后,向该容器的溶液试样照射激发光而产生荧光。

[0006] 不过,在这样的测量系统中,由于再激发(二次激发)所导致的测量误差成为问题,即、透过了解决溶液试样后的激发光在积分球的内部等反射而再次入射到溶液试样,从而产生发出比本来多的荧光这样的现象。

发明内容

[0007] 本发明是为了解决这样的问题而做成的,其目的在于提供能够降低在测量量子效率时因再激发(二次激发)所导致的误差的量子效率测量方法、量子效率测量装置和适于它们的积分器。

[0008] 本发明的量子效率测量方法,其包括以下步骤:将试样配置在具有积分空间的积分器内的规定位置;经由设置于积分器的第 1 窗向配置在规定位置的试样照射激发光,并且经由被设置在与积分器的激发光的光轴不交叉的位置的第 2 窗将积分空间内的光谱作为第 1 光谱进行测量;将激发光入射部分构成为使透过试样后的激发光不向积分空间内反射,该激发光入射部分与第 1 窗相对且与积分器内的激发光的光轴交叉;在激发光不向积分空间内反射的状态下,经由第 1 窗向配置在规定位置的试样照射激发光,并且经由第 2 窗将积分空间内的光谱作为第 2 光谱进行测量;基于第 1 光谱中的与激发光的波长范围相对应的成分和第 2 光谱中的与试样受到激发光的照射而发出的光的波长范围相对应的成分算出试样的量子效率。

[0009] 优选在积分器的激发光入射部分形成有用于使激发光通过的第 3 窗;将激发光入

射部分构成为使透过试样后的激发光不向上述积分空间内反射的步骤包括如下步骤：从利用具有与积分器的内表面实质上相同的反射特性的栓塞构件堵住第 3 窗的状态去除该栓塞构件。

[0010] 优选本方法还包括以下步骤：将标准体配置在规定位置；经由第 1 窗向被配置在规定位置的标准体照射激发光，并且经由第 2 窗将积分空间内的光谱作为第 3 光谱进行测量，算出试样的量子效率的步骤包括如下步骤：将第 1 光谱中的与激发光的波长范围相对应的成分与第 3 光谱中的与激发光的波长范围相对应的成分之差作为被试样吸收的光成分算出。

[0011] 本发明的量子效率测量装置，其包括：积分器，在其内部具有积分空间；光源，其用于经由被设置于积分器的第 1 窗而向积分空间内照射激发光；测量器，其用于经由被设置于与积分器的激发光的光轴不交叉的位置的第 2 窗来测量积分空间内的光谱；保持部，其用于将试样或标准体配置在积分器内的激发光的光轴上；切换机构，其用于将激发光入射部分切换成向积分空间内反射激发光的状态和不向积分空间内反射激发光的状态，激发光入射部分与第 1 窗相对且与积分器内的激发光的光轴交叉；运算部，其基于第 1 光谱和第 2 光谱算出试样的量子效率，第 1 光谱是在试样被配置在保持部且激发光入射部分处于反射激发光的状态的情况下由测量器测量得到的，第 2 光谱是在试样被配置在保持部且激发光入射部分处于不反射激发光的状态的情况下由测量器测量得到的。

[0012] 优选切换机构包括：第 3 窗，其设置于积分器的激发光入射部分，用于使激发光通过；栓塞构件，其安装于第 3 窗，具有与积分器的内表面实质上相同的反射特性。

[0013] 更优选切换机构还包括从积分器的外侧与第 3 窗相对应地安装于积分器的光吸收部。

[0014] 优选积分器包括：半球部，在其内表面具有光扩散反射层；平面镜，其被配置成封堵半球部的开口，第 1 窗被设置在平面镜上的包括半球部的实质上的曲率中心的位置和包括半球部的顶点的位置中的任一位置。

[0015] 优选积分器是在内表面具有光扩散反射层的球体，保持部构成为将试样和标准体配置在球体的中心部。

[0016] 根据本发明的另一技术方案提供一种积分器，在其内部具有积分空间，其包括：保持部，其用于将试样或标准体配置在经由第 1 窗而向积分空间内照射的激发光的光轴上；光取出部，为了测量积分空间内的光谱，其用于经由被设置在与激发光的光轴不交叉的位置的第 2 窗对光进行引导；切换机构，其用于将激发光入射部分切换成向积分空间内反射激发光的状态和不向积分空间内反射激发光的状态，激发光入射部分与第 1 窗相对且与积分器内的激发光的光轴交叉。

[0017] 根据本发明，能够在测量量子效率时降低因再激发（二次激发）所导致的误差。

[0018] 本发明的上述内容和其他目的、特征、技术方案和优点从与附图相关联的理解的与本发明有关的如下详细的说明清楚得知。

附图说明

[0019] 图 1 是表示本发明的量子效率测量装置的整体结构的示意图。

[0020] 图 2 表示图 1 所示的量子效率测量装置中所提供的假想的积分空间。

- [0021] 图 3A 和图 3B 是用于说明量子效率的测量原理的图。
- [0022] 图 4A 和图 4B 是用于说明采用本发明的量子效率测量装置来测量试样的量子效率的程序的图。
- [0023] 图 5 是表示由图 4A 和图 4B 所示的测量程序测量的光谱的一个例子。
- [0024] 图 6 是表示本发明的第 1 实施方式的量子效率测量装置的整体结构的示意图。
- [0025] 图 7A 和 7B 表示图 6 所示的栓塞构件的更详细的构造。
- [0026] 图 8 是表示采用本发明的第 1 实施方式的量子效率测量装置来测量第 1 光谱的状态。
- [0027] 图 9 是表示采用本发明的第 1 实施方式的量子效率测量装置来测量第 2 光谱的状态。
- [0028] 图 10 是表示采用本发明的第 1 实施方式的量子效率测量装置来测量第 3 光谱的状态。
- [0029] 图 11 是表示采用本发明的第 1 实施方式的量子效率测量装置来测量量子效率的程序的流程图。
- [0030] 图 12A 和 12B 是用于说明采用本发明的第 1 实施方式的变形例的量子效率测量装置来测量试样的量子效率的程序的图。
- [0031] 图 13 是表示本发明的第 2 实施方式的量子效率测量装置的整体结构的示意图。
- [0032] 图 14 是表示本发明的第 3 实施方式的量子效率测量装置的整体结构的示意图。

具体实施方式

[0033] 参照附图详细地说明本发明的实施方式。另外,对图中的相同和相当部分标注同一附图标记而省略其说明。

[A. 概要]

[0035] 在本实施方式的量子效率测量方法中,通过对向配置在积分空间内的试样照射激发光而产生的光(荧光)进行测量来测量量子效率。此时,在透过了试样后的激发光向积分空间内反射那样的状态下,对试样所吸收的激发光进行测量,在透过了试样后的激发光不向积分空间内反射那样的状态下,对从试样所产生的光(荧光)进行测量。

[0036] 通过这样进行 2 阶段的测量处理,降低因再激发(二次激发)所导致的测量误差。

[B. 相关技术]

[0038] 首先,参照图 1 说明本发明的量子效率测量装置 400。

[b1. 装置结构]

[0040] 图 1 表示采用半球型积分器 40 来测量样品(试样)SMP 的量子效率的量子效率测量装置 400。

[0041] 积分器 40 由半球部 1 和圆板状的平面镜 10 构成,该平面镜 10 通过半球部 1 的实质上的曲率中心 O,且被配置成封堵半球部 1 的开口部。积分器 40 在内部形成积分空间。所谓半球部 1 的曲率中心代表性是指半球部 1 的内表面侧的几何中心。

[0042] 半球部 1 在内表面(内壁)具有光扩散反射层 1a。该光扩散反射层 1a 代表性是涂覆或喷涂硫酸钡、PTFE(聚四氟乙烯)等光扩散材料来形成的。平面镜 10 具有向半球部 1 的内表面侧进行镜面反射(正反射)的反射层 10a。平面镜 10 的反射层 10a 与半球

部 1 的内表面相对配置,从而在半球部 1 上生成虚像。如上所述,平面镜 10 以通过半球部 1 的曲率中心 0 的方式配置,因此由平面镜 10 生成的虚像成为具有恒定曲率的半球状。在将半球部 1 的内表面定义的空间(实像)和由平面镜 10 生成的虚像进行组合时,能够得到与采用全球型积分器的情况实质上相同的照度分布。

[0043] 即、在积分器 40 中,将由半球部 1 的内表面定义的空间(实像)和由平面镜 10 生成的虚像所组合而成的空间构成实质上的积分空间。

[0044] 在积分器 40 上,在平面镜 10 的中心部形成有试样窗 16。量子效率测量装置 400 包括光源装置 60,该光源装置 60 用于经由被设置于该积分器 40 的试样窗 16 而向积分空间内照射激发光。

[0045] 光源装置 60 包括用于产生激发光的光源。作为该光源,例如采用氙放电灯(Xe 灯)、白色 LED(发光二极管)等。在测量试样 SMP 的量子效率的情况下,作为激发光,优选采用具有与对象的试样 SMP 相对应的特定的单一波长的单色光(例如、具有 200 ~ 400nm 内的单一波长的紫外线单色光)。因此,光源装置 60 包括用于选择光源产生的光中的目标单色光的波段透过滤光片。

[0046] 光源装置 60 产生的激发光由光纤 62 向与试样窗 16 相对应地配置的照射部 64 引导。并且,激发光从照射部 64 向积分空间内照射,沿着光轴 Ax1 传输。

[0047] 在积分器 40 内的激发光的光轴上配置有用于配置试样 SMP 或标准体 REF 的保持部 22。该保持部 22 是在其中心形成有空洞的筒状的壳体,能够在其中心部配置透光性的容器(盒(cell))。该盒由透光性材质构成,在其内部封入有溶液状的试样 SMP 或者标准体 REF。

[0048] 从照射部 64 照射的激发光透过被保持于保持部 22 的盒而朝向半球部 1 的顶点照射。利用激发光的照射来激发试样 SMP 中的荧光体,从该荧光体产生荧光。该产生的荧光的强度由后述的方法测量。

[0049] 标准体 REF 典型地由用于调制溶液状的试样 SMP 的溶剂构成。即、封入有标准体 REF 的盒相当于从封入有溶液状的试样 SMP 的盒除去了荧光体之后而替代性地添加了溶剂而成的盒。

[0050] 在积分器 40 中,在自平面镜 10 的中心离开的位置形成有观测窗 18。观测窗 18 被设置在与积分器 40 内的激发光的光轴 Ax1 部不交叉的位置。量子效率测量装置 400 还包括用于经由被设置于该积分器 40 的观测窗 18 来测量积分空间内的照度(光谱)的测量器 70。经由该观测窗 18 测量的照度相当于在采用由利用半球部 1 的内表面定义的空间(实像)和由平面镜生成的虚像所构成的全球型积分器的情况下在该全球型积分器的内壁面所呈现的照度。

[0051] 例如,如图 2 所示,在将试样 SMP 或标准体 REF 配置在积分器 40 内时,在试样 SMP 或标准体 REF 上显现实像和虚像。例如,试样 SMP 受到激发光的照射而发光时,在图 2 所示的积分空间内,能够得到与 2 个试样 SMP 分别发光的情况同样的照度分布。

[0052] 再次参照图 1,在平面镜 10 的外侧,设置有用于经由观测窗 10 而将积分空间内的光的一部分向测量器 70 引导的光取出部 26。光取出部 26 包括用于覆盖观测窗 18 的壳体 26a。在壳体 26a 内设有与光纤 26d 连接的用于向测量器 70 引导光的光纤端部 26b。在壳体 26a 内设置有反射部 26c,该反射部 26c 用于将经由观测窗 18 入射的光的传输方向变换

大约 90° 而后向光纤端部 26b 引导。

[0053] 测量器 70 用于测量由光纤端部 26b 导入的光的光谱。典型地测量器 70 包括与衍射光栅以及与衍射光栅的衍射方向相关的线性传感器等,用于检测所入射的光的每个波长的强度。在测量荧光体的量子效率的情况下,向试样 SMP 照射的激发光的波长范围和从试样 SMP 发生的荧光的波长范围不同,因此测量器 70 的测量范围适合于覆盖从光源装置 60 照射的激发光的波长范围和试样 SMP 受到激发光的照射而产生的荧光的波长范围这两者。

[0054] 量子效率测量装置 400 包括运算部 80,该运算部 80 与测量器 70 连接,采用测量器 70 的检测结果来算出试样 SMP 的量子效率。运算部 80 典型地是具有通用的结构的计算机,通过执行预先安装的程序(命令编码)提供后述那样的量子效率的算出功能。提供这样的功能的程序被存储在 CD-ROM(Compact Disc READ Only Memory)等存储介质中来分发,或者经由网络来传输。这样的算出量子效率的程序也被编入到其他程序的一部分来提供。在该情况下,也能利用提供其他程序的组件来实现处理,因此有时也不包括向算出量子效率的程序本身提供其他程序的组件。

[0055] 并且,也可以将由程序提供的一部分或者全部功能安装为专用的硬件电路。例如,将运算部 80 所提供的全部功能组装到测量器 70 中。

[0056] 在积分器 40 中,在从平面镜 10 的中心离开的位置形成有观测窗 14。观测窗 14 主要是在测量前等用于观测积分器 40 内的状态的窗,在通常的测量时,由栓塞构件 28 塞住,以便干扰光不入射到积分空间内。

[0057] 在量子效率测量装置 400 内,优选积分器 40 整体被收纳在暗箱 8 内。为了提高测量精度而优选限制干扰光向积分器 40 的积分空间入射的缘故。

[0058] (b2. 测量原理)

[0059] 接着,对采用图 1 所示的量子效率测量装置 400 来测量试样 SMP 的量子效率(内部量子收获率) $\eta_{\text{内部}}$ 的原理和程序进行说明。

[0060] 在采用图 1 所示的量子效率测量装置 400 的量子效率测量中,以将来自光源装置 60 的激发光向标准体 REF(只是溶剂)照射的情况下所测量的光谱(激发光光谱)为基准,评价将来自光源装置 60 的激发光向试样 SMP(试样+溶剂)照射时所测量的光谱(试样光谱)。

[0061] 图 3A 表示标准(溶剂)测量的状态,图 3B 表示试样(溶液)测量的状态。在本实施方式的量子效率测量中,如图 3A 所示,将来自光源装置 60 的激发光(光源光光谱 $E_0(\lambda)$)向标准体 REF(仅溶液)照射时所测量的光谱作为激发光光谱 $E(\lambda)$ 而取得。该激发光光谱 $E(\lambda)$ 为用于算出在进行图 3B 所示的试样测量时被试样 SMP 吸收的光能(激发能)的基准值。即,激发光光谱 $E(\lambda)$ 相当于从光源装置 60 照射的光能中的除了被溶剂和容器(盒)所吸收的吸收部分之外的光能。

[0062] 并且,如图 3B 所示,将来自光源装置 60 的激发光(光源光光谱 $E_0(\lambda)$)向试样 SMP 照射时所测量透过光的光谱作为透过光光谱 $R(\lambda)$ 而取得。此时,试样 SMP 中的荧光物质被激发光激发而产生荧光(荧光光谱 $P(\lambda)$)。因此,激发光透过标准体 REF(仅溶剂)时所测量的激发光光谱 $E(\lambda)$ 与激发光透过试样 SMP 时所测量的透过光光谱 $R(\lambda)$ 之差相当于荧光发生时所使用的吸收光能(吸收光能 A_b)。

[0063] 能够从产生的荧光的荧光光谱 $P(\lambda)$ 测量荧光所具有的光能,因此该荧光所具有

的光能与荧光产生时所使用的激发光之间的比率成为量子效率（内部量子收获率） $\eta_{\text{内部}}$ 。并且，透过光光谱 $R(\lambda)$ 相对于激发光光谱 $E(\lambda)$ 的比率成为对于试样 SMP 的激发光的透过率。

[0064] 例如，光源装置 60 所产生的激发光的波长范围设为 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ ，试样 SMP 所产生的荧光的波长范围设为 $\lambda_3 \sim \lambda_4$ 时，量子效率（内部量子收获率） $\eta_{\text{内部}}$ 能够由以下所示那样的式 (1) 表示。

[0065]

$$\eta_{\text{内部}} = \frac{\int_{\lambda_3}^{\lambda_4} \lambda \cdot P(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda \cdot \{E(\lambda) - R(\lambda)\} d\lambda} \quad \dots (1)$$

[0066] 另外，在 (1) 式的分母和分子中，光谱乘以波长 λ 是为了将光谱（光强度）变换为光子数的缘故。

[0067] 参照图 4A 和图 4B 来说明用于采用量子效率测量装置 400 来测量试样 SMP 的量子效率的程序。图 4A 表示标准（溶液）测量的状态，图 4B 表示试样（溶液）测量的状态。

[0068] 如图 4A 所示，将标准体 REF 配置在保持部 22 上之后，从光源装置 60（图 1）照射激发光，从而来测量积分空间内的光谱（激发光光谱 $E(\lambda)$ ）。

[0069] 另外，如图 4B 所示，将试样 SMP 配置在保持部 22 上之后，从光源装置 60（图 1）照射激发光，从而来测量积分空间内的光谱（透过光光谱 $R(\lambda)$ 和荧光光谱 $P(\lambda)$ ）。另外，在量子效率测量装置 400 中，采用具有能够覆盖激发光和荧光的波长范围这两者的检测范围的测量器 70，因此在图 4B 所示的状态中，能够同时测量透过光光谱 $R(\lambda)$ 和荧光光谱 $P(\lambda)$ 。另外，在测量荧光体的量子效率的情况下，采用紫外线作为激发光，产生的荧光是可见光线，因此容易将两者在波长轴上分离。

[0070] 即、如果分别进行图 4A 和图 4B 所示的测量，理想地测量了图 5 所示那样的光谱。另外，也能够以任一顺序执行图 4A 和图 4B 所示的测量。

[0071] (b3. 再激发)

[0072] 接着，对在上述那样量子效率的测量方法中所产生的再激发进行说明。

[0073] 再次参照图 4B，在向试样 SMP 照射激发光的情况下，能够得到如下两种荧光：通过来自光源装置 60 的激发光直接入射到试样 SMP 而产生的荧光（由一次激发光 L1 产生的荧光）；透过试样 SMP 的激发光在半球部 1 的内壁面等反射而再次入射到试样 SMP 所产生的荧光（由二次激发光 L2 产生的荧光）。这样由二次激发光 L2 所导致的荧光的产生也被称为“再激发现象”或者“二次激发现象”。

[0074] 结果，在积分器 40 内部的积分空间中显现这些荧光的合计照度。即如图 5 所示，为了算出量子效率，应该测量由一次激发光 L1 产生的荧光的荧光光谱 $P(\lambda)$ ，但现实是，测量到的是大了由二次激发光 L2 产生的荧光那样的量的荧光光谱 $P'(\lambda)$ 。结果，就算出了数值比本来应该算出的值大的量子效率。

[0075] 在以下所述的本发明的实施方式的量子效率测量装置中，以降低这样的再激发（二次激发）所导致的测量误差为一个目的。

[0076] [C. 第 1 实施方式]

[0077] (c1. 装置结构)

[0078] 参照图 6 说明本发明的第 1 实施方式的量子效率测量装置 100。图 6 所示的量子效率测量装置 100 采用半球型积分器 50A 形成用于测量试样 SMP 的量子效率的积分空间。

[0079] 在积分器 50A 中,在半球部 1 的顶点部形成激发光通过窗 12。激发光通过窗 12 与试样窗 16 相对并位于积分器 50 内的激发光的光轴 Ax1 交叉的激发光入射的部分。即,若激发光通过窗 12 处于开放状态,自光源装置 60 照射的激发光中的透过试样 SMP 后的成分(二次激发光)被排出到积分器 50A 的外部。

[0080] 在激发光通过窗 12 上安装有具有与处于半球部 1 的内表面的光扩散反射层 1a 实质上相同的反射特性的栓塞构件 30。若栓塞构件 30 安装于激发光通过窗 12,使激发光通过窗 12 处于堵住状态,则自光源装置 60 照射的激发光中的透过试样 SMP 后的成分(二次激发光)扩散反射到积分器 50A 的内部。

[0081] 即、激发光通过窗 12 和栓塞构件 30 起到切换机构的作用,该切换机构用于切换向积分空间内反射激发光(二次激发光)的状态和不向积分空间内反射激发光(二次激发光)的状态。

[0082] 参照图 7A 和 7B 来说明图 6 所示的栓塞构件 30 的详细构造的一个例子。图 7A 所示的栓塞构件 30 由基材 32 和具有与激发光通过窗 12 大致相同的半径的反射部 31 构成。在反射部 31 的靠积分空间侧的表面形成有反射层,该反射层由与半球部 1 的光扩散反射层 1a 相同的扩散材料(例如 PTFE 烧结体和硫酸钡等)构成。因此,栓塞构件 30 安装在激发光通过窗 12 上时,积分器 50A 所提供的积分空间与图 1 所示的量子效率测量装置 400 的积分器 40 所提供的积分空间实质上相同。

[0083] 作为将栓塞构件 30 安装在激发光通过窗 12 上的方法的一个例子,图 7A 表示采用了设置在激发光通过窗 12 的周围的磁铁 34 的结构。即,栓塞构件 30 的基材 32 由金属构成,利用该基材 32 和磁铁 34 之间的磁力将栓塞构件 30 接合于半球部 1。

[0084] 作为替代结构,也可以通过将半球部 1 和栓塞构件 30 之间用螺纹固定来堵住激发光通过窗 12。具体而言,如图 7B 所示,在栓塞构件 30 的反射部 31 的外周部分形成有螺纹槽 36,并且,在激发光通过窗 12 的内周侧形成有用于与螺纹槽 36 螺纹连接的螺纹槽 38。由此,能够将栓塞构件 30 安装在激发光通过窗 12 上。

[0085] 从提高积分器 50A 的积分效率的观点出发,优选激发光通过窗 12 的开口面积尽可能的小。作为一个例子,采用 IES(Illuminating Engineering Society of North America)的规定为 LM-79-08 的“Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products”的基准,推荐积分器内部的反射层的面积为 90%~98%。例如,为了将积分器内部的反射层的面积维持在 90%~98%,在将半球部 1 的曲率半径设为 R、将激发光通过窗 12 的半径设为 r 时,需要满足式(2)那样的关系式。另外,在半球型积分器 40 上也显现激发光通过窗 12 的虚像,因此在式(2)中激发光通过窗 12 的开口面积为两倍。

$$[0086] \quad 2 \times \pi r^2 / 4 \pi R^2 \leq 0.02 \dots (2)$$

$$[0087] \quad r/R \leq 0.2$$

[0088] 即、优选激发光通过窗 12 的半径 r 为半球部 1 的曲率半径 R 的 20%以下。

[0089] 例如,考虑到从照射部 64 射出的激发光具有 7mm×7mm 的方型的截面的情况。此时,半球部 1 的曲率半径约为 7cm(直径 φ5.5 英寸)时,激发光通过窗 12 的半径 r 为 14mm(直径 φ28mm)。即,激发光通过窗 12 的最大容许尺寸比具有 7mm×7mm 的截面的激发

光充分大。并且,半球部 1 的曲率半径约为 4.2cm(直径 ϕ 3.1 英寸)时,激发光通过窗 12 的半径 r 为 8.4mm(直径 ϕ 16.8mm)。在这种情况下,激发光通过窗 12 的最大容许尺寸比激发光的截面积充分大。

[0090] 因而,即使设置上述那样的激发光通过窗 12,在实用上也能够忽略对测量精度的影响。

[0091] 另外,也可以在照射部 64 设置用于将激发光变换成平行光的光学系统。通过采用这样的光学系统,能够防止透过试样 SMP 和标准体 REF 的激发光的光束直径扩大。

[0092] 图 6 所示的本发明的第 1 实施方式的量子效率测量装置 100 除了半球部 1 的顶点部形成有激发光通过窗 12 这点之外,与图 1 所示的量子效率测量装置 400 相同,因此,对其他部分省略详细的说明。

[0093] (c2. 测量原理)

[0094] 接着,对采用图 6 所示的量子效率测量装置 100 来测量试样 SMP 的量子效率(内部量子收获率) $\eta_{\text{内部}}$ 的原理及程序进行说明。

[0095] 在图 6 所示的量子效率测量装置 100 的量子效率测量中,采用了在以下的 3 个状态下所测量的第 1 ~ 第 3 光谱。

[0096] (1) 第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$: 将试样 SMP 配置在保持部 22 上且激发光通过窗 12 处于反射二次激发光的状态的情况(安装有栓塞构件 30 的状态)。

[0097] (2) 第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$: 将试样 SMP 配置在保持部 22 上且激发光通过窗 12 处于不反射二次激发光的状态的情况(取下栓塞构件 30 的状态)。

[0098] (3) 第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$: 将标准体 REF 配置在保持部 22 上且激发光通过窗 12 处于反射二次激发光的状态的情况(安装有栓塞构件 30 的状态)。

[0099] 采用上述那样测量的第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ ~ 第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 分别算出透过光光谱 $R(\lambda)$ 、荧光光谱 $P(\lambda)$ 、激发光光谱 $E(\lambda)$ 。

[0100] 图 8 表示采用量子效率测量装置 100 来测量第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 的状态,图 9 表示采用量子效率测量装置 100 来测量第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 的状态,图 10 表示采用量子效率测量装置 100 来测量第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 的状态。

[0101] 如图 8 所示,第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 是在将试样 SMP 配置在保持部 22 上且栓塞构件 30 安装在激发光通过窗 12 上来反射二次激发光的状态下测量的。该测量的第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 中的激发光的波长范围($\lambda_1 \sim \lambda_2$)的部分作为图 5 所示的透过光光谱 $R(\lambda)$ 而算出。

[0102] 如图 9 所示,第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 是在将试样 SMP 配置在保持部 22 上且栓塞构件 30 被从激发光通过窗 12 取下而不反射二次激发光的状态下测量的。该测量的第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 中的荧光的波长范围($\lambda_3 \sim \lambda_4$)的部分作为图 5 所示的荧光光谱 $P(\lambda)$ 而算出。

[0103] 如图 10 所示,第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 是在将标准体 REF 配置在保持部 22 上且栓塞构件 30 安装在激发光通过窗 12 上来反射二次激发光的状态下测量的。该测量的第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 中的激发光的波长范围($\lambda_1 \sim \lambda_2$)的部分作为图 5 所示的激发光光谱 $E(\lambda)$ 而算出。

[0104] 然后,运算部 80 采用按照上述程序算出的透过光光谱 $R(\lambda)$ 、荧光光谱 $P(\lambda)$ 、激发光光谱 $E(\lambda)$ 来算出试样 SMP 的量子效率(内部量子收获率) $\eta_{\text{内部}}$ 。

[0105] 即、在本发明的第 1 实施方式中,如图 8 所示,以与本发明的量子效率测量装置 400(参照图 4B)同样的方法测量透过光光谱 $R(\lambda)$,另一方面,如图 9 所示,在试样 SMP 不

产生再激发（二次激发）的状态下测量荧光光谱 $P(\lambda)$ 。透过以这样的 2 阶段测量光谱，能够降低因在激发（二次激发）所导致的误差。

[0106] 另外，如图 8 和图 10 所示，在激发光在积分器内反复反射的状态下测量光谱，因此，优选预先进行能量校正。在该能量校正中，将已知的光向积分器照射而以此时所测量的光谱为基准，对所测量的光谱校正光谱能量。由此，能够准确地测量被试样 SMP 吸收的光能（激发能量）。

[0107] (c3. 测量程序)

[0108] 参照图 11，用户准备量子效率测量装置 100 并且准备被封入有作为测量对象的试样 SMP 和标准体 REF 的盒（步骤 S2）。然后，测量上述第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ ~ 第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 。另外，各光谱的测量顺序没有特别限定，最终只要在算出量子效率时测量 3 个光谱即可。图 11 表示以第 1 光谱、第 2 光谱、第 3 光谱这样的顺序测量的例子。

[0109] 在步骤 S10 中，用户将试样 SMP 配置在积分器 50A 的保持部 22 上。即、用户将试样 SMP 配置在积分器 50A 的积分空间内的规定位置。此时，积分器 50A 的观测窗 14 被栓塞构件 28 堵住。

[0110] 在下一步骤 S12 中，用户对试样 SMP 进行光谱的测量。即、经由积分器 50A 的试样窗 16 将来自光源装置 60 的激发光向试样 SMP 照射，并且，由测量器 70 经由积分器 50A 的观测窗 18 测量积分空间内的光谱。由该测量器 70 测量的光谱为第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 。

[0111] 在下一步骤 S14 中，运算部 80 存储由测量器 70 所测量的第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 的数据。

[0112] 在步骤 S20 中，用户维持被配置在积分器 50A 的保持部 22 上的试样 SMP 的状态下，将积分器 50A 内的激发光的光轴 $Ax1$ 交叉的激发光入射部分（激发光通过窗 12）构成为使得透过了试样 SMP 后的激发光（二次）不向积分空间内反射。即、用户将用于使二次激发光通过的激发光通过窗 12 从被栓塞构件 30 堵住的状态改变成取下栓塞构件 30 的状态。

[0113] 在下一步骤 S22 中，用户对试样 SMP 进行光谱的测量。即、经由积分器 50A 的试样窗 16 将来自光源装置 60 的激发光向试样 SMP 照射，并且，由测量器 70 经由积分器 50A 的观测窗 18 测量积分空间内的光谱。由该测量器 70 测量的光谱为第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 。

[0114] 在下一步骤 S24 中，运算部 80 存储由测量器 70 所测量的第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 的数据。

[0115] 在步骤 S30 中，用户将标准体 REF 配置在积分器 50A 的保持部 22。即、用户将标准体 REF 配置在积分器 50A 的积分空间的规定位置。

[0116] 在下一步骤 S32 中，用户将积分器 50A 内的激发光的光轴 $Ax1$ 交叉的激发光入射部分（激发光通过窗 12）构成为透过了标准体 REF 后的激发光（二次）向积分空间内反射。即、用户将用于使二次激发光通过的激发光通过窗 12 从开放状态改变为被栓塞构件 30 堵住的状态。

[0117] 在下一步骤 S34 中，用户对标准体 REF 进行光谱的测量。即、经由积分器 50A 的试样窗 16 将来自光源装置 60 的激发光向标准体 REF 照射，并且，由测量器 70 经由积分器 50A 的观测窗 18 测量积分空间内的光谱。由该测量器 70 测量的光谱为第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 。

[0118] 在下一步骤 S36 中，运算部 80 存储由测量器 70 所测量的第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 的数据。

[0119] 通过以上的处理来测量第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda) \sim$ 第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 时,由运算部 80 执行量子效率的算出处理。

[0120] 在步骤 S40 中,运算部 80 将第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 中的与激发光的波长范围相对应的成分作为透过光光谱 $R(\lambda)$ 而算出。在下一步骤 S42 中,运算部 80 将第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 中的与荧光的波长范围相对应的成分作为荧光光谱 $P(\lambda)$ 而算出。在下一步骤 S44 中,运算部 80 将第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 中的与激发光的波长范围相对应的成分作为激发光光谱 $E(\lambda)$ 而算出。

[0121] 在步骤 S46 中,运算部 80 采用在步骤 S40 ~ S44 中算出的透过光光谱 $R(\lambda)$ 、荧光光谱 $P(\lambda)$ 、激发光光谱 $E(\lambda)$ 并根据上述 (1) 式算出试样 SMP 的量子效率(内部量子收获率) $\eta_{\text{内部}}$ 。此时,运算部 80 将第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 中的与激发光相对应的透过光光谱 $R(\lambda)$ 与第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 中的与激发光相对应的激发光光谱 $E(\lambda)$ 之差作为被试样 SMP 吸收的光成分而算出。

[0122] 在步骤 S48 中,运算部 80 输出所算出的量子效率(内部量子收获率) $\eta_{\text{内部}}$ 的值。另外,作为输出状态,可考虑与运算部 80 连接的显示器上显示该值的形态、将该值传送到与运算部 80 连接的上一级计算机等的形态、从与运算部 80 连接的打印机等打印该值的形态。

[0123] 如上所述,能够以任意的顺序进行第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda) \sim$ 第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 的测量。即、也能以图 11 所示的步骤 S10 ~ S14、步骤 S20 ~ S24、以及步骤 S30 ~ S36 的处理单位调换顺序来进行。并且,在连续地测量多个试样 SMP 的情况下,也可以只进行一次步骤 S30 ~ S36 所示的激发光光谱 $E(\lambda)$ 的算出处理,对于多个试样 SMP,共同地利用该算出的激发光光谱 $E(\lambda)$ 。

[0124] (c4. 变形例)

[0125] 在上述第 1 实施方式中,例示了在测量第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 时取下了栓塞构件 30 的情况,但也可以安装吸收激发光那样的构件,以便使干扰光不入射到积分空间内。

[0126] 参照图 12A 和 12B 来说明采用本发明的第 1 实施方式的变形例的量子效率测量装置来测量试样 SMP 的量子效率的程序。特别是,图 12A 表示第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 和第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 的测量状态,图 12B 表示第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 的测量状态。

[0127] 即、图 12A 所示的第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ 和第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 的测量状态与上述图 8 和图 10 相同,但在图 12B 所示的第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$ 的测量状态中,从积分器 50A 的外侧与激发光通过窗 12 相对应地安装有光吸收部 90。

[0128] 光吸收部 90 典型地是被称为光阱的光学零件,对二次激发光进行吸收,以便使通过了激发光通过窗 12 的二次激发光不向积分空间内反射。同时,光吸收部 90 起到防止干扰光经由激发光通过窗 12 向积分空间内反射的作用。

[0129] 或者,也可以将选择性地吸收激发光的波长范围的光那样的光学器件安装于激发光通过窗 12。在该情况下,只二次激发光被吸收,从试样 SMP 产生的荧光被激发光通过窗 12 的部分反射。

[0130] [D. 第 2 实施方式]

[0131] 参照图 13 对本发明的第 2 实施方式的量子效率测量装置 200 的整体结构进行说明,图 13 所示的量子效率测量装置 200 相当于在图 6 所示的量子效率测量装置 100 的积分

器 50A 中调换激发光通过窗 12 和试样窗 16 之间的位置关系后的装置。

[0132] 即、在积分器 50 中,在平面镜 10 的中心部形成有用于使二次激发光通过的激发光通过窗 13,在半球部 1 的顶点部形成有用于将激发光向积分空间内照射的试样窗 17。激发光通过窗 13 与试样窗 17 相对且位于积分器 50B 内的激发光的光轴 Ax2 交叉的激发光入射的部分。若激发光通过窗 13 处于开放状态,从光源装置 60 照射的激发光中的透过试样 SMP 后的成分(二次激发光)沿着光轴 Ax2 传输后,被排出到积分器 50B 的外部。

[0133] 图 13 所示的本发明的第 2 实施方式的量子效率测量装置 200 除了上述点之外,与图 6 所示的本发明的量子效率测量装置 100 相同,因此对其他部分省略说明。另外,对于量子效率的测量程序等也与上述第 1 实施方式相同,因此省略详细的说明。

[0134] [E. 第 3 实施方式]

[0135] 在上述第 1 和第 2 实施方式中例示了采用半球型积分器的结构,但也能够采用全球型积分器来同样地进行测量。

[0136] 参照图 14 来说明本发明的第 3 实施方式的量子效率测量装置 300 的整体结构。图 14 所示的量子效率测量装置 300 采用全球型积分器 50C 形成用于测量试样 SMP 的量子效率的积分空间。

[0137] 积分器 50C 包括全球部 2a,该全球部 2a 在其内表面(内壁)具有光扩散反射层 2a。该光扩散反射层 2a 代表性的是通过涂覆或喷涂硫酸钡、PTFE 等光扩散材料而形成的。

[0138] 在积分器 50C 中,在通过其内表面侧的实质上的曲率中心的光轴 Ax3 上,照射窗 56 与激发光通过窗 58 相对地形成,该照射窗 56 用于将来自光源装置 60 的激发光向积分空间内照射,该激发光通过窗 58 用于将透过试样 SMP 后的二次激发光向积分器 50C 的外部排出。在激发光通过窗 58 上安装有栓塞构件 30,栓塞构件 30 具有与处于全球部 2 的内表面的光扩散反射层 2a 实质上相同的反射特性。若栓塞构件 30 被安装在激发光通过窗 58 而激发光通过窗 58 被堵住的状态下,自光源装置 60 照射的激发光中的透过了试样 SMP 后的成分(二次激发光)向积分器 50C 的内部扩散反射。

[0139] 即、激发光通过窗 58 和栓塞构件 30 起到切换机构的作用,该切换机构用于切换向积分空间内反射激发光(二次激发光)的状态和不向积分空间内反射激发光(二次激发光)的状态。

[0140] 在积分器 50C 的内部设置有用用于将试样 SMP 或标准体 REF 配置在积分器内的激发光的光轴 Ax3 上的保持部 51,封入有溶液状的试样 SMP 或标准体 REF 的盒 52 由保持部 5 悬吊于积分空间内。即、保持部 51 构成为将试样 SMP 和标准体 REF 配置在作为球体的积分器 50C 的中心部。

[0141] 在积分器 50C 内,在与激发光的光轴 Ax3 不交叉的位置形成有观测窗 54。经由该观测窗 54 来测量积分空间内的照度(光谱)。即、通过对试样 SMP 照射激发光而产生的荧光被积分器 50C 的内表面多重反射并被积分(均匀化)。该光的一部分经由观测窗 54 而从光取出部 26 向测量器 70 引导。另外,在保持部 51 和观测窗 54 之间设有挡板 53,以便试样 SMP 所产生的荧光不直接入射到观测窗 54。

[0142] 与上述的量子效率测量装置 100 和 200 相同,在采用量子效率测量装置 300 的量子效率测量中,也采用了在以下的 3 个状态下分别测量的第 1~第 3 光谱。

[0143] (1) 第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$:将封入有试样 SMP 的盒 52 配置在保持部 51 上且激发光通

过窗 58 处于反射二次激发光的的状态的情况（安装有栓塞构件 30 的状态）。

[0144] (2) 第 2 光谱 $E^{(2)}(\lambda)$:将封入有试样 SMP 的盒 52 配置在保持部 51 上且激发光通过窗 58 处于不反射二次激发光的的状态的情况（取下栓塞构件 30 的状态）。

[0145] (3) 第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$:将封入有标准体 REF 的盒 52 配置在保持部 51 上且激发光通过窗 58 处于反射二次激发光的的状态的情况（安装有栓塞构件 30 的状态）。

[0146] 采用上述那样测量的第 1 光谱 $E^{(1)}(\lambda)$ ~ 第 3 光谱 $E^{(3)}(\lambda)$ 分别算出透过光光谱 $R(\lambda)$ 、荧光光谱 $P(\lambda)$ 、激发光光谱 $E(\lambda)$ 。然后,采用这些被算出的光谱来算出试样 SMP 的量子效率。

[0147] 具体的量子效率的测量程序与上述第 1 实施方式相同,因此省略详细的说明。

[0148] [F. 结论]

[0149] 在本实施方式的量子效率测量方法中,在透过了试样 SMP 后的二次激发光向积分空间内反射的状态下,测量被试样 SMP 吸收的激发光（透过光光谱）,并且在透过试样 SMP 后的二次激发光不向积分空间内反射的状态下,测量自试样 SMP 产生的荧光光谱。这样测量的荧光光谱不受激发光（二次激发）的影响。因而,能够降低因再激发（二次激发）引起的所测量的量子效率的误差。

[0150] 在本实施方式的量子效率测量装置中,仅通过将栓塞构件安装在被设置于积分器的激发光通过窗,或者取下栓塞构件,就能够简单地切换向积分空间内反射已透过了试样 SMP 后的二次激发光的的状态和不向积分空间内反射已透过了试样 SMP 后的二次激发光的的状态。由此,能够缩短对试样 SMP 的量子效率进行测量所需的时间。

[0151] 详细地说明并表示了本发明,但这只是例示,应该理解为不是限定,本发明的保护范围由所附的权利要求解释是显而易见的。

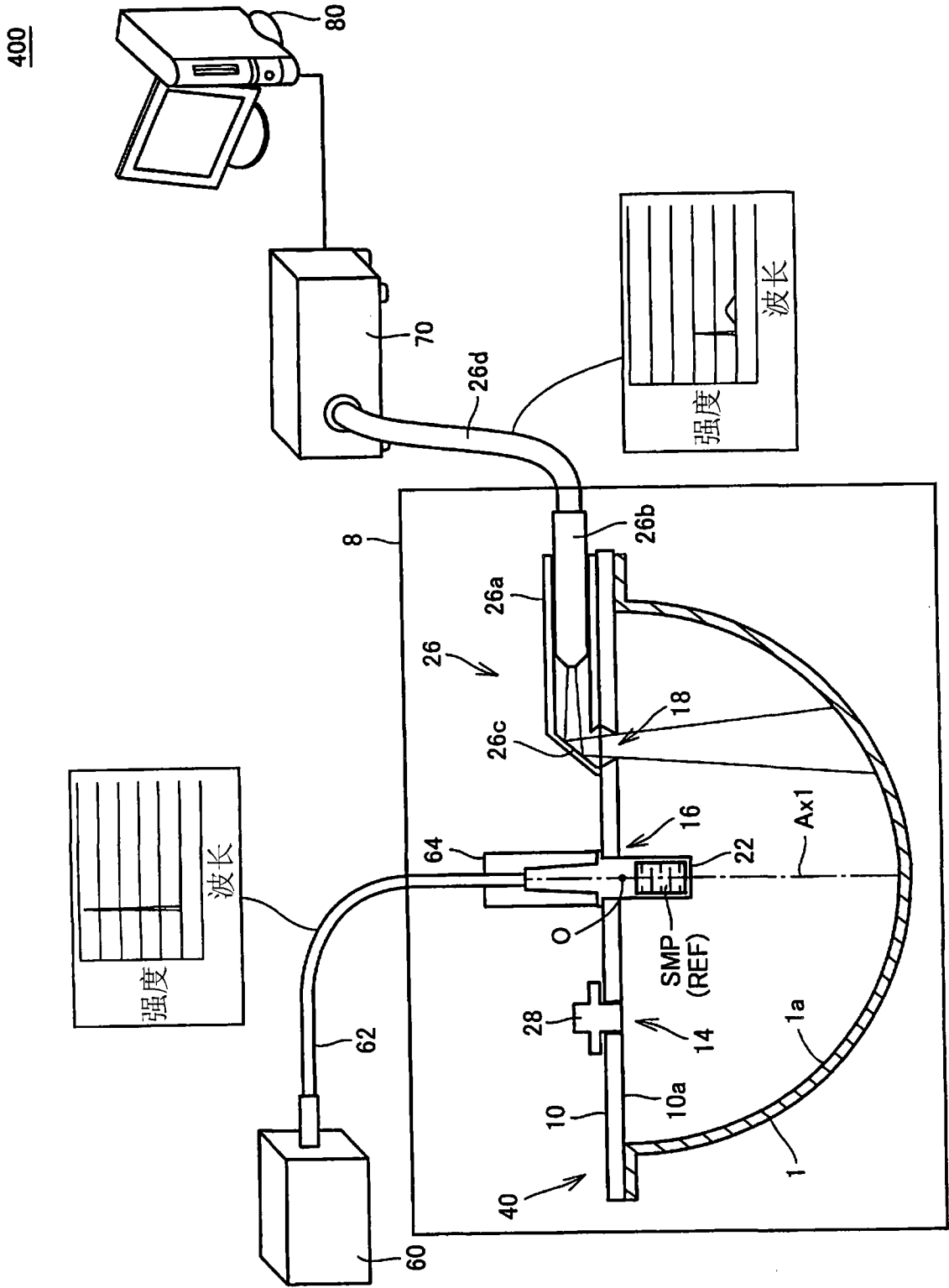


图 1

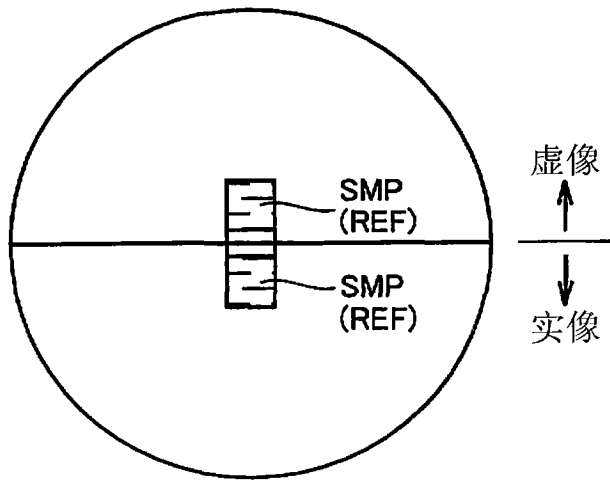


图 2

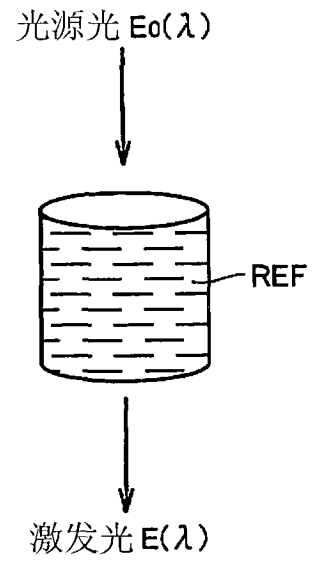


图 3A

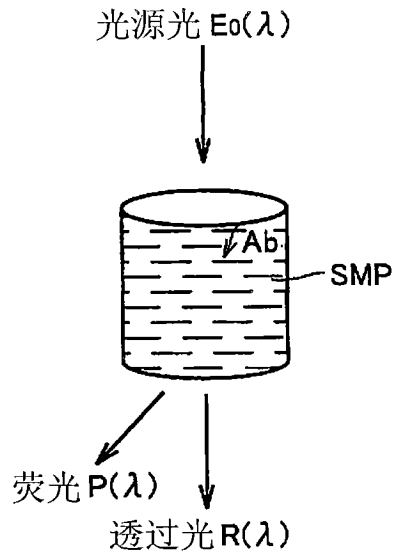


图 3B

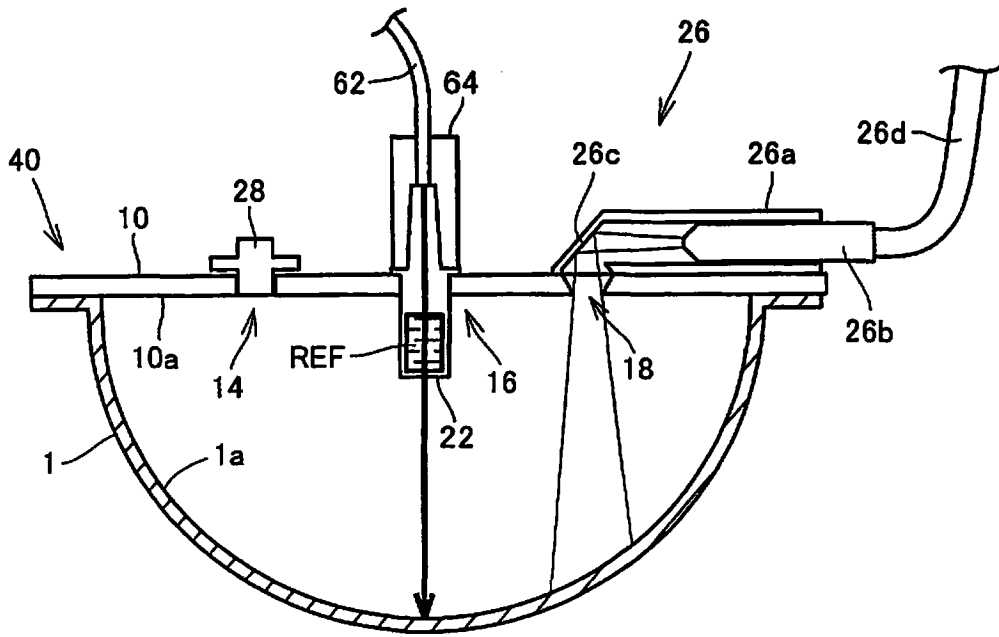


图 4A

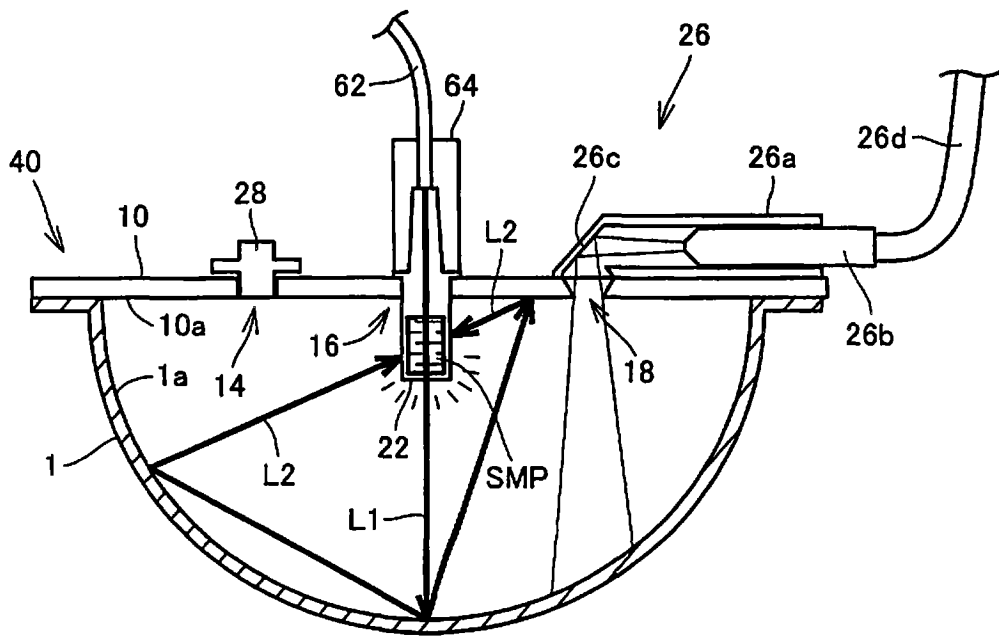


图 4B

强度(标准化值)

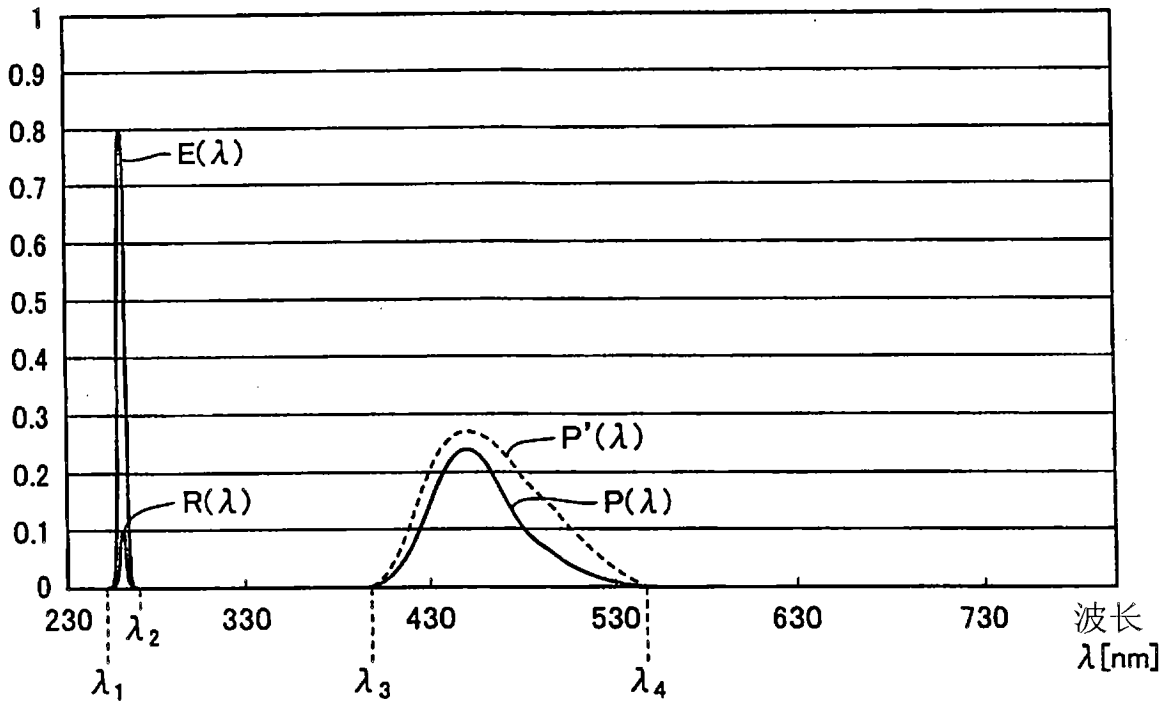


图 5

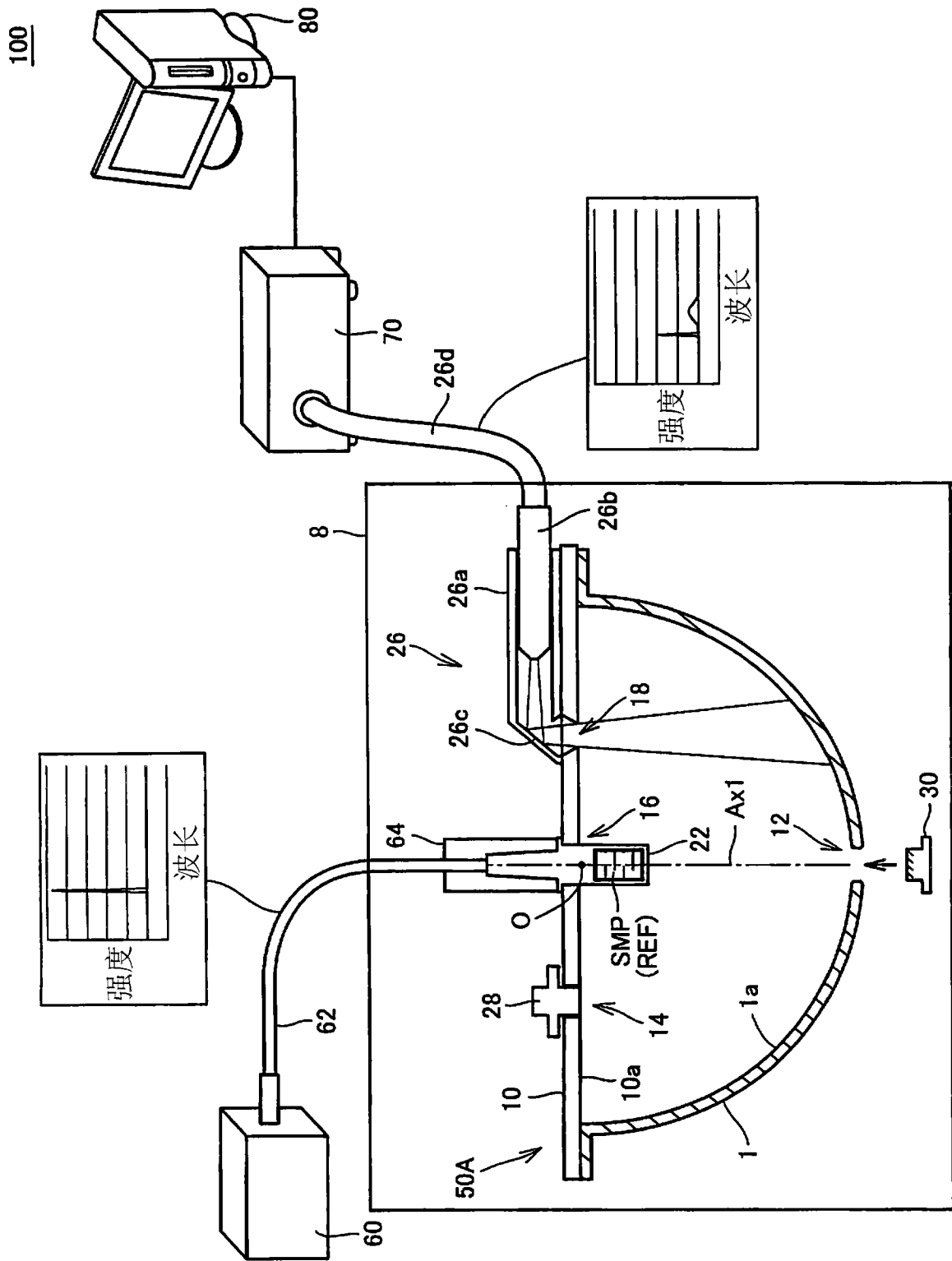


图 6

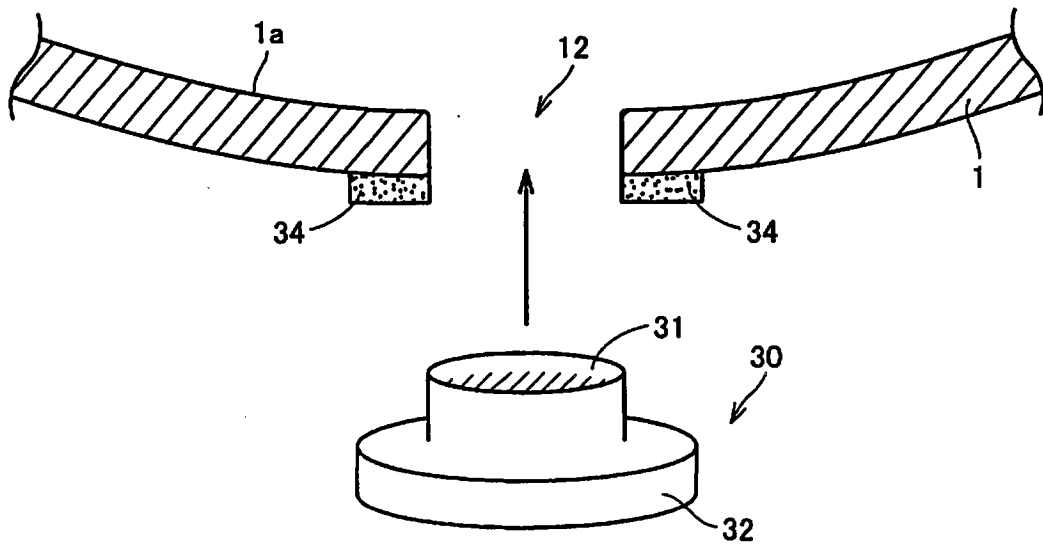


图 7A

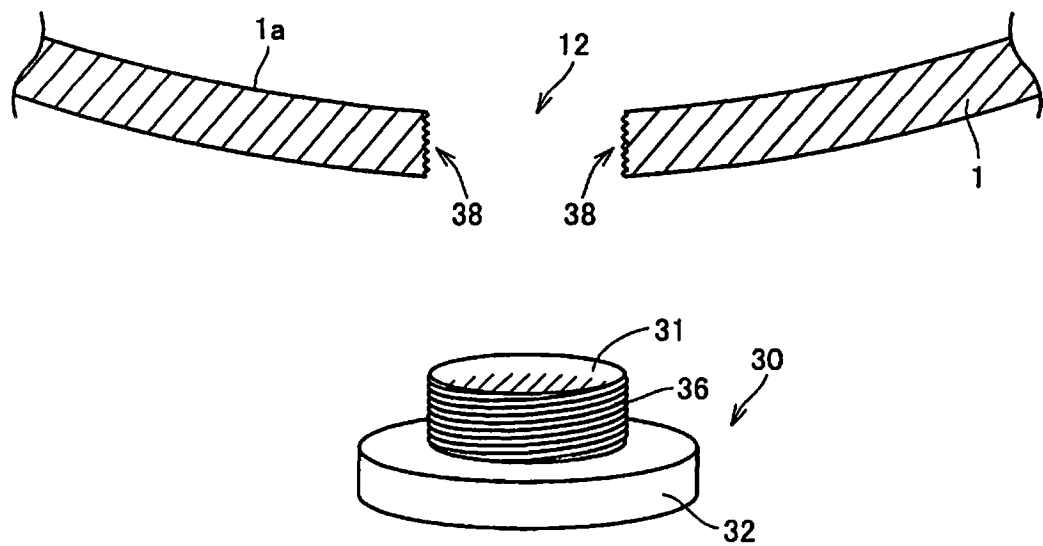


图 7B

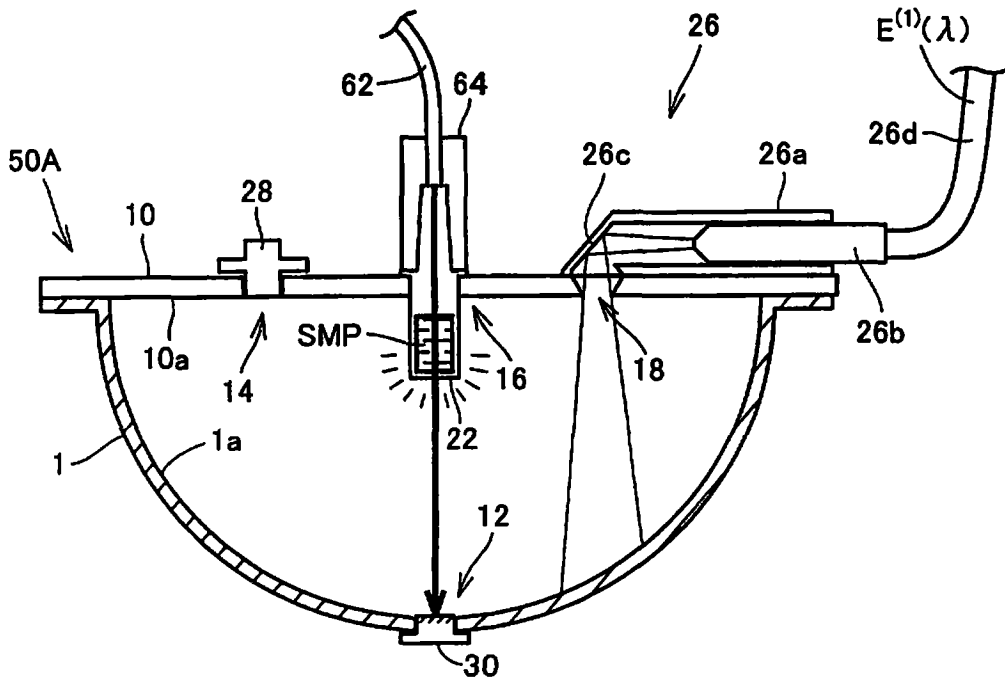


图 8

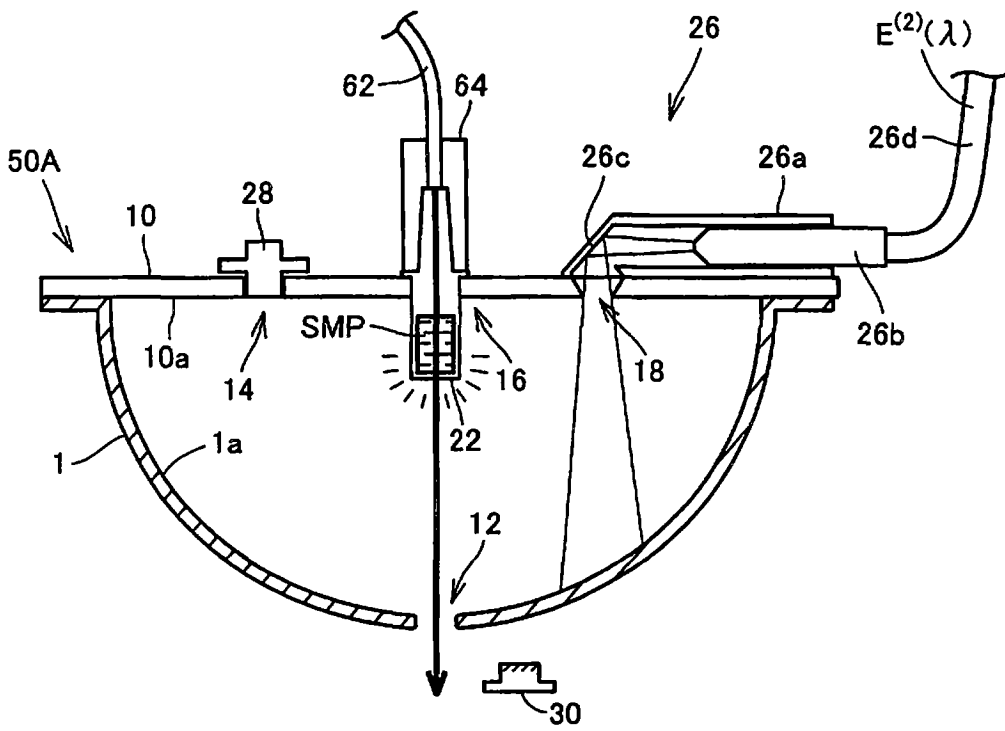


图 9

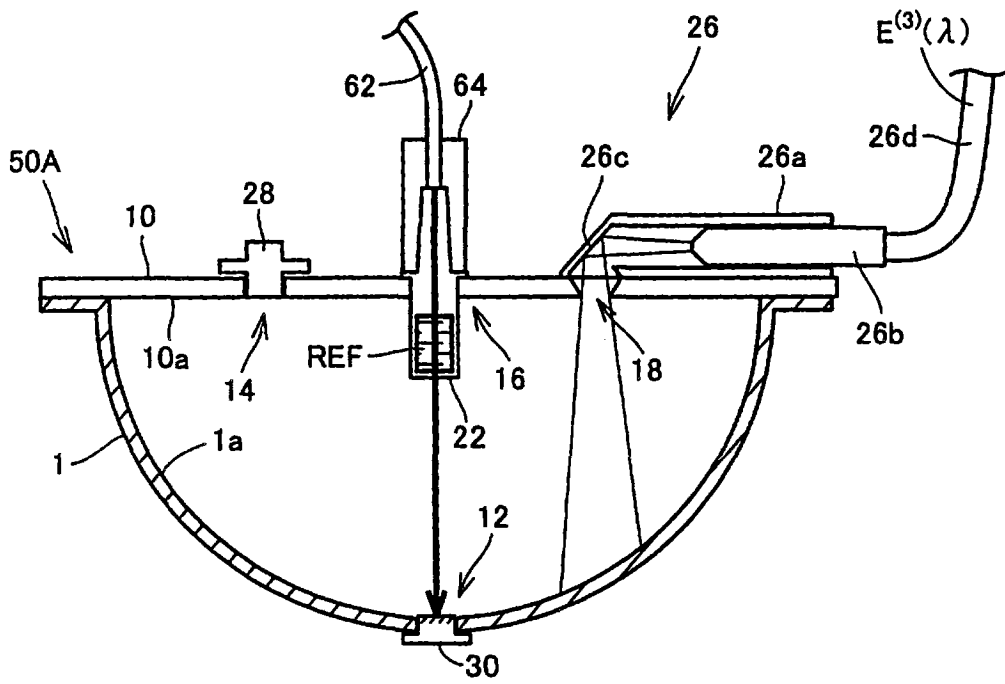


图 10

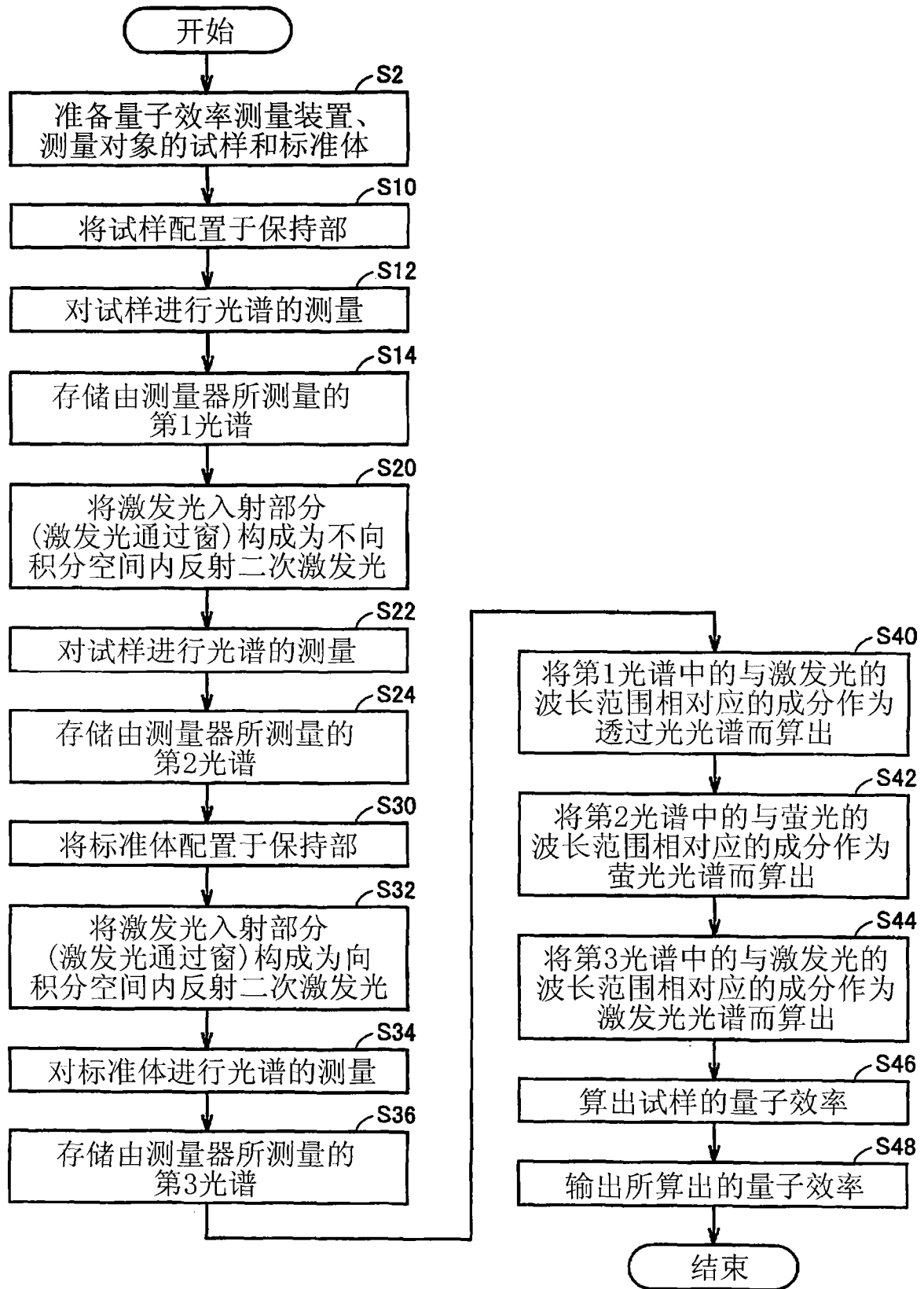


图 11

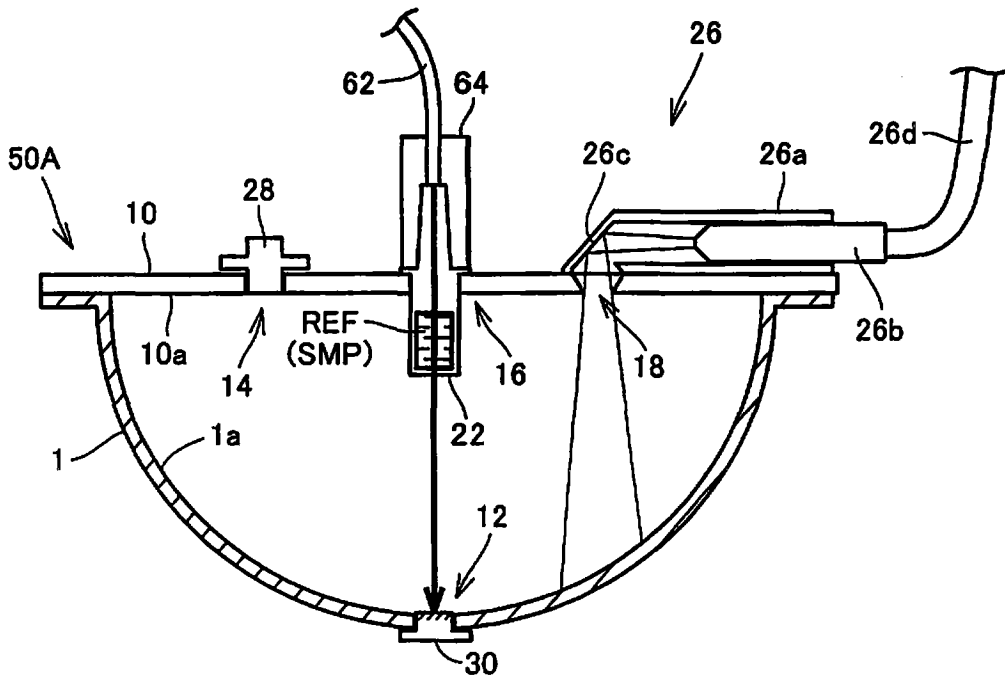


图 12A

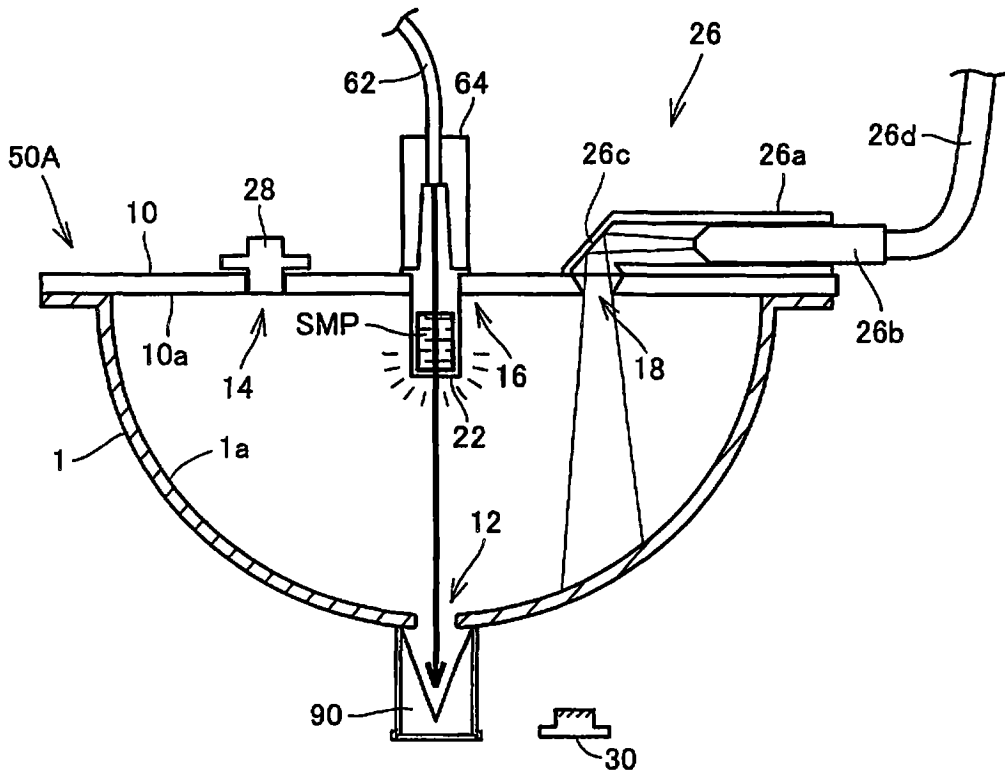


图 12B

200

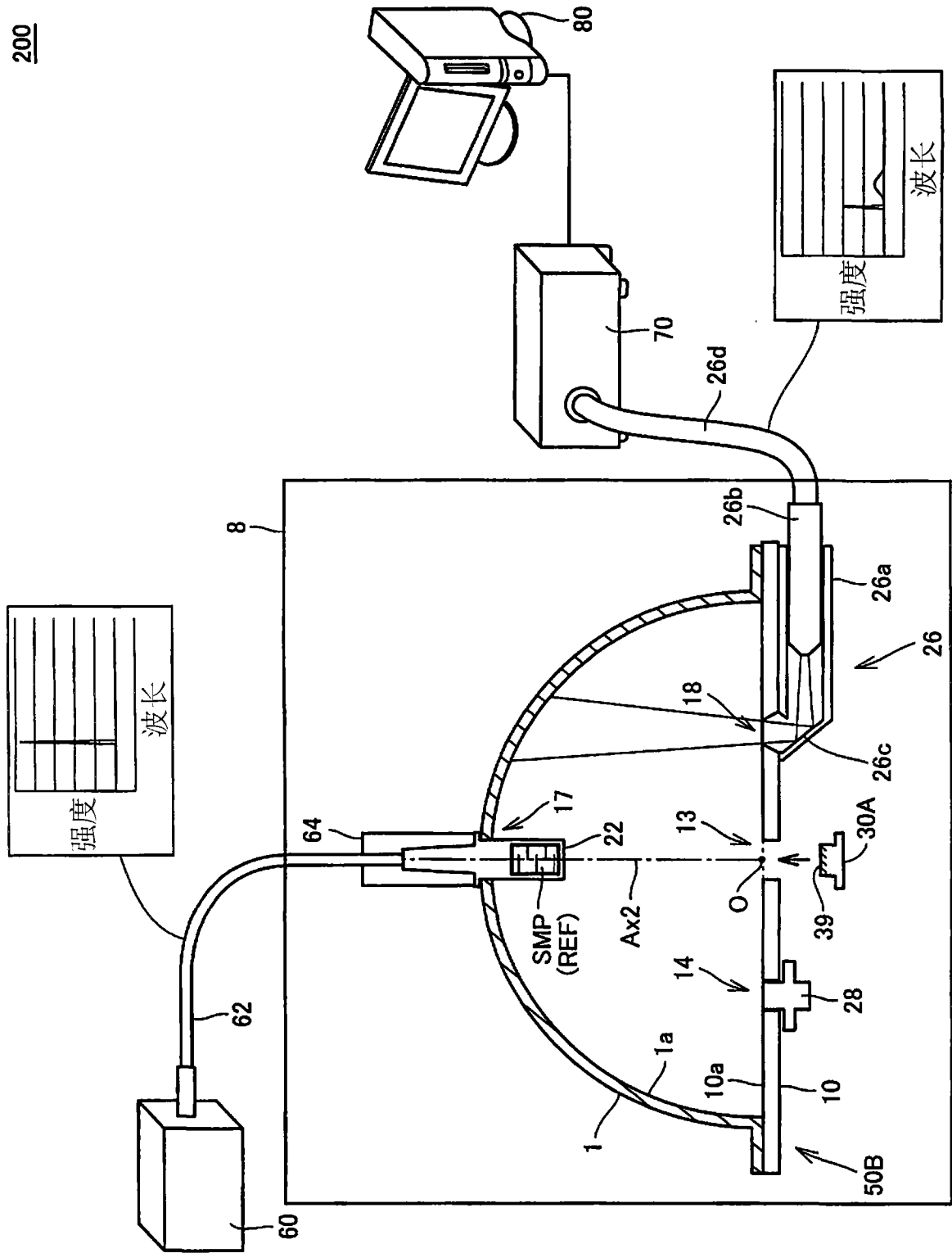


图 13

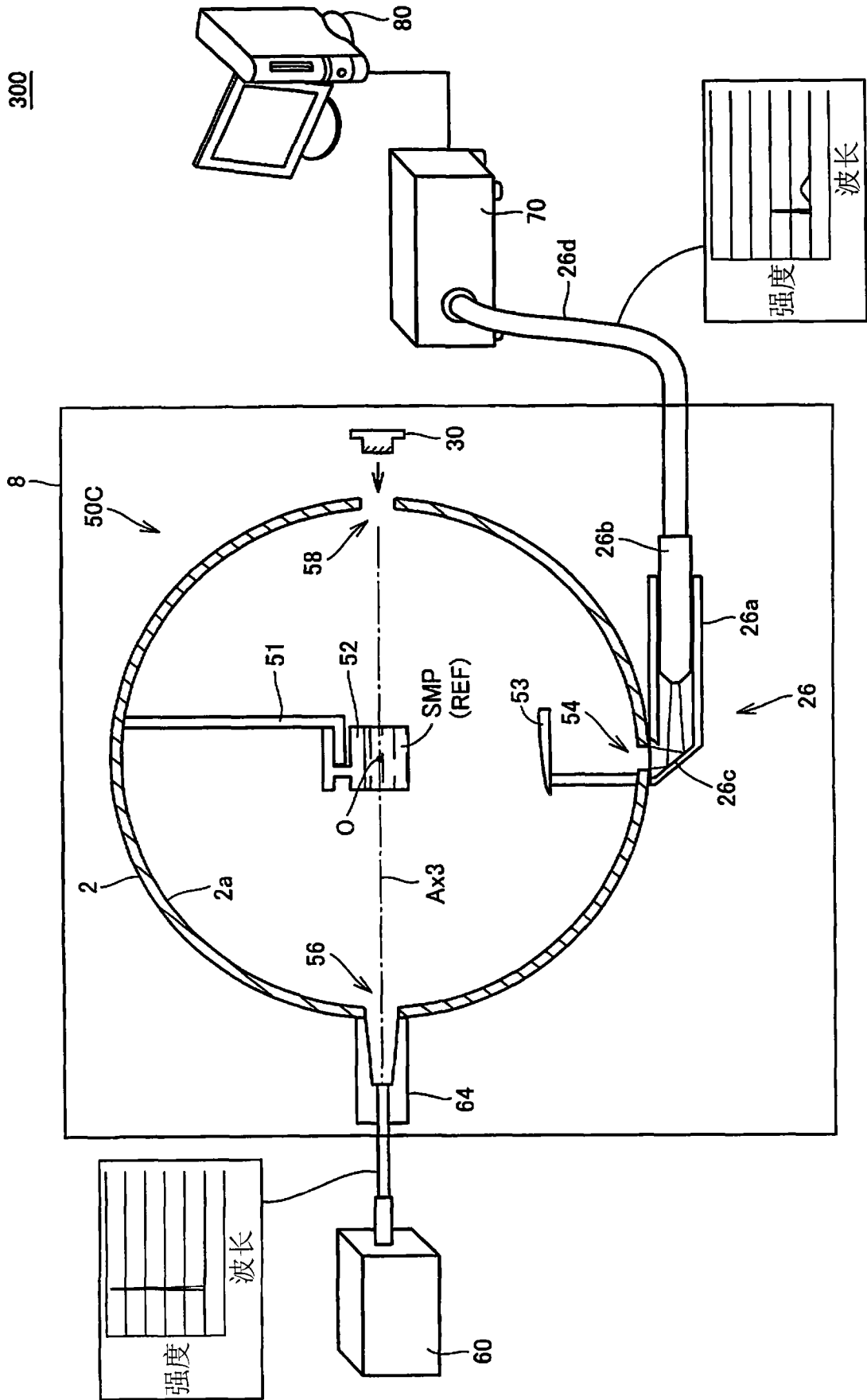


图 14