



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110651177 B

(45) 授权公告日 2022.07.29

(21) 申请号 201780091062.X

(22) 申请日 2017.11.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110651177 A

(43) 申请公布日 2020.01.03

(30) 优先权数据
2017-101926 2017.05.23 JP(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.11.21(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2017/042073 2017.11.22(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/216246 JA 2018.11.29(73) 专利权人 浜松光子学株式会社
地址 日本静岡県

(72) 发明人 细川清正 江浦茂

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

专利代理师 杨琦

(51) Int.Cl.

G01N 21/21 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

H01L 51/50 (2006.01)

H05B 33/10 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2006308549 A, 2006.11.09

CN 1847816 A, 2006.10.18

CN 103477206 A, 2013.12.25

CN 106461463 A, 2017.02.22

US 6151116 A, 2000.11.21

US 2003020911 A1, 2003.01.30

US 4849623 A, 1989.07.18

US 5808738 A, 1998.09.15

Brutting W etc..Device efficiency of organic light-emitting diodes: Progress by improved light outcoupling.《PHYSICA STATUS SOLIDI A-APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE》.2013,第210卷(第1期),
刘晓艳等.动态光散射技术的角度依赖性.《光学学报》.2012,第32卷(第6期),

审查员 任宇琛

权利要求书3页 说明书11页 附图15页

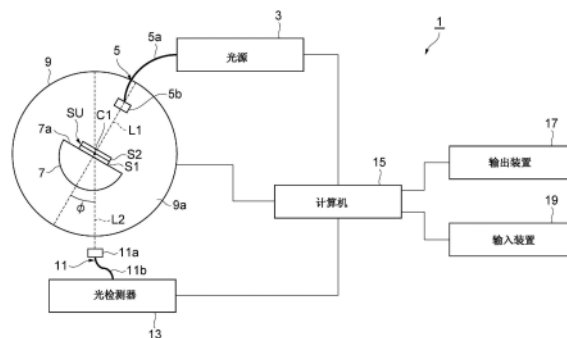
(54) 发明名称

取向特性测定方法、取向特性测定程序及取向特性测定装置

(57) 摘要

取向特性测定系统(1)具备:照射光学系统(5),其朝向配置于透明性基板(S1)上的试样照射激发光;检测光学系统(11),其引导自试样发出的荧光;光检测器(13),其检测荧光;旋转机构(9),其变更试样的荧光出射侧的面的垂线与检测光学系统(11)的光轴(L2)所成的角(ϕ);及计算机(15),其计算试样的取向参数(S);计算机(15)具有:旋转机构控制部(32),其控制旋转机构(9);分布取得部(34),其将光强度的角度依赖性分布标准化而取得光强度的角度依赖性分布;

区域特定部(35),其基于光强度的角度依赖性分布而特定出极大区域的光强度;及参数计算部(36),其基于由试样的膜厚及折射率决定的线性关系及极大区域的光强度而计算取向参数(S)。



1. 一种取向特性测定方法,其特征在于,

是使用照射光学系统、检测光学系统及光检测器来计算试样的取向参数的方法,所述照射光学系统具有规定的折射率,且朝向以规定的膜厚配置于具有透光性的基板上的所述试样照射照射光,所述检测光学系统对伴随着所述照射光的照射而自所述试样发出的检测光进行导光,所述光检测器检测所述检测光,

所述取向特性测定方法具备:

检测步骤,其一边变更所述试样的所述检测光的出射侧的面的垂线与所述检测光学系统的光轴所成的角,一边使用所述光检测器检测所述检测光而输出检测信号;

取得步骤,其基于自所述检测信号得到的光强度的角度依赖性分布,以所述所成的角为0度时的所述光强度,将所述所成的角为规定范围的所述光强度标准化,而取得经标准化的光强度的角度依赖性分布;

特定步骤,其基于所述经标准化的光强度的角度依赖性分布,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大区域的光强度;及

计算步骤,其基于由所述规定的膜厚及所述规定的折射率决定的光强度及与所述取向参数关联的值之间的线性关系、以及所述极大区域的光强度,计算所述取向参数,

光强度的角度依赖性分布是使所述所成的角在从0度到90度的范围内变化时的所述检测光的光强度的分布,

光强度成为极小的角度是在光强度的角度依赖性分布中在从0度到90度之间所述光强度成为极小值的角度,

所述极大区域是所述光强度成为极大的角度、或者自所述光强度成为极大的角度起规定角度的范围内的角度,

与所述取向参数关联的值是用于计算所述取向参数的分子的偶极矩的Z成分。

2. 如权利要求1所述的取向特性测定方法,其特征在于,

还具备:选择步骤,其从针对多个膜厚与多个折射率的每一组合预先存储的多个所述线性关系之中,选择与所述规定的膜厚及所述规定的折射率对应的线性关系。

3. 如权利要求1或2所述的取向特性测定方法,其特征在于,

还具备:决定步骤,其基于由使用者输入的与折射率及膜厚相关的参数,决定所述线性关系。

4. 如权利要求1或2所述的取向特性测定方法,其特征在于,

在所述特定步骤中,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。

5. 如权利要求3所述的取向特性测定方法,其特征在于,

在所述特定步骤中,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。

6. 一种取向特性测定程序,其特征在于,

是用于基于使用检测装置检测检测光而得到的检测信号,计算试样的取向参数的程序,所述检测装置包含:照射光学系统,其具有规定的折射率,且朝向以规定的膜厚配置于具有透光性的基板上的所述试样照射照射光;检测光学系统,其对伴随着所述照射光的照射而自所述试样发出的检测光进行导光;及光检测器,其一边变更所述试样的所述检测光

的出射侧的面的垂线与所述检测光学系统的光轴所成的角,一边检测所述检测光,

所述取向特性测定程序使计算机执行如下处理:

取得处理,其基于自所述检测信号得到的光强度的角度依赖性分布,以所述所成的角为0度的所述光强度,将所述所成的角为规定范围的所述光强度标准化,而取得经标准化的光强度的角度依赖性分布;

特定处理,其基于所述经标准化的光强度的角度依赖性分布,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大区域的光强度;及

计算处理,其基于由所述规定的膜厚及所述规定的折射率决定的光强度及与所述取向参数关联的值之间的线性关系、以及所述极大区域的光强度,计算所述取向参数,

光强度的角度依赖性分布是使所述所成的角在从0度到90度的范围内变化时的所述检测光的光强度的分布,

光强度成为极小的角度是在光强度的角度依赖性分布中在从0度到90度之间所述光强度成为极小值的角度,

所述极大区域是所述光强度成为极大的角度、或者自所述光强度成为极大的角度起规定角度的范围内的角度,

与所述取向参数关联的值是用于计算所述取向参数的分子的偶极矩的Z成分。

7.如权利要求6所述的取向特性测定程序,其特征在于,

使所述计算机还执行选择处理,该选择处理从针对多个膜厚与多个折射率的每一组合而预先存储的多个所述线性关系之中,选择与所述规定的膜厚及所述规定的折射率对应的线性关系。

8.如权利要求6或7所述的取向特性测定程序,其特征在于,

使所述计算机还执行决定处理,该决定处理基于由使用者输入的与折射率及膜厚相关的参数,决定所述线性关系。

9.如权利要求6或7所述的取向特性测定程序,其特征在于,

所述特定处理特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。

10.如权利要求8所述的取向特性测定程序,其特征在于,

所述特定处理特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。

11.一种取向特性测定装置,其特征在于,

具备:

照射光学系统,其具有规定的折射率,且朝向以规定的膜厚配置于具有透光性的基板上的试样照射照射光;

检测光学系统,其对伴随着所述照射光的照射而自所述试样发出的检测光进行导光;

光检测器,其检测所述检测光而输出检测信号;

驱动机构,其变更所述试样的所述检测光的出射侧的面的垂线与所述检测光学系统的光轴所成的角;

控制部,其以变更所述所成的角的方式控制所述驱动机构;及

处理装置,其基于一边变更所述所成的角一边得到的所述检测信号而计算所述试样的取向参数,

所述处理装置具有:

取得部,其基于自所述检测信号得到的光强度的角度依赖性分布,以所述所成的角为0度的所述光强度,将所述所成的角为规定范围的所述光强度标准化,而取得经标准化的光强度的角度依赖性分布;

特定部,其基于所述经标准化的光强度的角度依赖性分布,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大区域的光强度;及

计算部,其基于由所述规定的膜厚及所述规定的折射率决定的光强度及与所述取向参数关联的值之间的线性关系、以及所述极大区域的光强度,计算所述取向参数,

光强度的角度依赖性分布是使所述所成的角在从0度到90度的范围内变化时的所述检测光的光强度的分布,

光强度成为极小的角度是在光强度的角度依赖性分布中在从0度到90度之间所述光强度成为极小值的角度,

所述极大区域是所述光强度成为极大的角度、或者自所述光强度成为极大的角度起规定角度的范围内的角度,

与所述取向参数关联的值是用于计算所述取向参数的分子的偶极矩的Z成分。

12. 如权利要求11所述的取向特性测定装置,其特征在于,

所述处理装置还具有:选择部,其从针对多个膜厚与多个折射率的每一组合而预先存储的多个所述线性关系之中,选择与所述规定的膜厚及所述规定的折射率对应的线性关系。

13. 如权利要求11或12所述的取向特性测定装置,其特征在于,

还具备:决定部,其基于由使用者输入的与折射率及膜厚相关的参数,决定所述线性关系。

14. 如权利要求11或12所述的取向特性测定装置,其特征在于,

所述特定部特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。

15. 如权利要求13所述的取向特性测定装置,其特征在于,

所述特定部特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。

取向特性测定方法、取向特性测定程序及取向特性测定装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种取向特性测定方法、取向特性测定程序、及取向特性测定装置。

背景技术

[0002] 近年来,由于利用有机EL (Electro Luminescence (电致发光)) 材料等的器件的高效率化,因而有机EL材料等的试样的分子取向的评估及控制的重要性日趋提高。在现有的评估方法中,通过比较与依赖于有机EL材料的分子的取向秩序的荧光光谱的p偏振光成分的角度依赖性特性相关的测定结果、以及该角度依赖性特性的模拟结果,而决定表示有机EL材料的面内分子取向秩序的取向参数(参照下述非专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 非专利文献

[0005] 非专利文献1:Takeshi Komino、其他6名、“Electroluminescence from completely horizontally oriented dye molecules”、APPLIED PHYSICS LETTERS 108, 241106 (2016)

发明内容

[0006] 发明所要解决的问题

[0007] 在上述非专利文献1记载的取向参数的决定方法中,为了决定取向参数而需要进行与角度依赖性特性相关的复杂的模拟计算。因此,有决定取向参数时的运算时间变长的倾向。

[0008] 实施方式的目的在于提供一种取向特性测定方法、取向特性测定程序、及取向特性测定装置。

[0009] 解决问题的技术手段

[0010] 本发明的实施方式是取向特性测定方法。取向特性测定方法是使用具有规定的折射率且朝向以规定的膜厚配置于具有透光性的基板上的试样照射照射光的照射光学系统、对伴随着照射光的照射而自试样发出的检测光进行导光的检测光学系统、及检测检测光的光检测器而计算试样的取向参数的方法,所述取向特性测定方法具备:检测步骤,其一边变更试样的检测光的出射侧的面的垂线与检测光学系统的光轴所成的角,一边使用光检测器检测检测光而输出检测信号;取得步骤,其基于自检测信号取得的光强度的角度依赖性分布,以所成的角为0度的光强度,将所成的角为规定范围的光强度标准化,而取得经标准化的光强度的角度依赖性分布;特定步骤,其基于经标准化的光强度的角度依赖性分布,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大区域的光强度;及计算步骤,其基于由规定的膜厚及规定的折射率决定的光强度及与取向参数关联的值之间的线性关系、以及极大区域的光强度,计算取向参数。

[0011] 或者,本发明的实施方式是取向特性测定程序。取向特性测定程序是用于基于使用检测装置检测检测光而得到的检测信号,计算试样的取向参数的程序,该检测装置包含:

照射光学系统,其具有规定的折射率,且朝向以规定的膜厚配置于具有透光性的基板上的试样照射照射光;检测光学系统,其对伴随着照射光的照射而自试样发出的检测光进行导光;及光检测器,其一边变更试样的检测光的出射侧的面的垂线与检测光学系统的光轴所成的角,一边检测检测光;所述取向特性测定程序使计算机执行下述处理:取得处理,其基于自检测信号得到的光强度的角度依赖性分布,以所成的角为0度的光强度,将所成的角为规定范围的光强度标准化,而取得经标准化的光强度的角度依赖性分布;特定处理,其基于经标准化的光强度的角度依赖性分布,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大区域的光强度;及计算处理,其基于由规定的膜厚及规定的折射率决定的光强度及与取向参数关联的值之间的线性关系、以及极大区域的光强度,计算取向参数。

[0012] 或者,本发明的实施方式是取向特性测定装置。取向特性测定装置具备:照射光学系统,其具有规定的折射率,且朝向以规定的膜厚配置于具有透光性的基板上的试样照射照射光;检测光学系统,其对伴随着照射光的照射而自试样发出的检测光进行导光;光检测器,其检测检测光而输出检测信号;驱动机构,其变更试样的检测光的出射侧的面的垂线与检测光学系统的光轴所成的角;控制部,其以变更所成的角的方式控制驱动机构;及处理装置,其基于一边变更所成的角一边得到的检测信号而计算试样的取向参数;处理装置具有:取得部,其基于从检测信号得到的光强度的角度依赖性分布,以所成的角为0度的光强度,将所成的角为规定范围的光强度标准化,而取得经标准化的光强度的角度依赖性分布;特定部,其基于经标准化的光强度的角度依赖性分布,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大区域的光强度;及计算部,其基于由规定的膜厚及规定的折射率决定的光强度及与取向参数关联的值之间的线性关系、以及极大区域的光强度,计算取向参数。

[0013] 发明的效果

[0014] 根据实施方式的取向特性测定方法、取向特性测定程序、及取向特性测定装置,可通过有效率的运算而简便地测定试样的分子取向特性。

附图说明

[0015] 图1是显示实施方式所涉及的取向特性测定系统的概略构成图。

[0016] 图2是显示图1的取向特性测定系统的光学系统的详细构成的图。

[0017] 图3是显示图1的计算机的功能构成的方块图。

[0018] 图4是显示包含图1的计算机的计算机系统的硬件构成的方块图。

[0019] 图5是显示通过图3的检测信号取得部33取得的分光光谱数据的值的一个例子的图。

[0020] 图6是显示通过图3的分布取得部34产生的光强度分布数据的一个例子的图。

[0021] 图7是显示通过现有文献的公式化而得到的光强度分布的图。

[0022] 图8是显示根据观测角度 α_1 为临界角以下时的式得到的光强度分布的图。

[0023] 图9是显示根据观测角度 α_1 大于临界角时的式得到的光强度分布的图。

[0024] 图10是概念地显示具有各种分子取向特性的材料层S2中的发光分子的排列状态的图。

[0025] 图11是显示分子的取向方向的角度 θ 与材料层S2的厚度方向的关系的图。

[0026] 图12是显示分子的取向方向的角度 θ 与取向参数S的关系的图。

[0027] 图13是显示现有方法中的荧光的光强度的角度依赖性特性的模拟结果的图。

[0028] 图14是显示储存于图1的计算机的线性关系的数据的特性的图。

[0029] 图15是显示本实施方式所涉及的取向特性测定方法的流程图。

具体实施方式

[0030] 以下,一边参照附图,一边针对取向特性测定方法、取向特性测定程序、及取向特性测定装置的实施方式进行详细的说明。此外,在说明中,针对相同要素或具有相同功能的要素使用相同符号,而省略重复的说明。

[0031] (取向特性测定系统的整体构成)

[0032] 图1是显示一实施方式所涉及的取向特性测定装置及检测装置即取向特性测定系统的概略构成图。图1所示的取向特性测定系统1是测定有机EL材料等的有机材料的分子取向特性的系统,具备:光源3、照射光学系统5、圆柱透镜7、旋转机构(驱动机构)9、检测光学系统11、光检测器13、计算机15、输出装置17、及输入装置19。另外,作为测定对象的试样SU优选地使用在由玻璃、石英、树脂材料等的透光性材料构成的平板状的透明性基板S1上,将由作为分子取向的测定对象的有机材料构成的材料层S2以规定的膜厚配置而成的试样。透明性基板S1的厚度并不限定于规定的厚度,例如为0.7mm~1mm左右,材料层S2的膜厚例如为数nm,材料层S2通过在透明性基板S1上蒸镀或涂布而形成。

[0033] 光源3是朝向用于激发材料层S2的有机材料的试样SU照射规定的波长成分的激发光(照射光)的装置。可使用激光二极管(LD)、发光二极管(LED)、超发光二极管(SLD)、灯光源等作为光源3。该光源3在下述的旋转机构9的外侧与旋转机构9独立而固定。

[0034] 照射光学系统5是以将来自光源3的激发光朝向试样SU照射的方式对激发光进行导光的光学系统,构成为包含照射用光纤5a、及激发光聚光透镜5b。照射用光纤5a其输入端与光源3的输出光学地结合且其输出端配置于激发光聚光透镜5b的附近,使自光源3照射的激发光朝激发光聚光透镜5b入射。激发光聚光透镜5b使激发光在试样SU的透明性基板S1的材料层S2侧的面的附近聚光。详细而言,照射用光纤5a与激发光聚光透镜5b以使激发光沿着试样SU的透明性基板S1的材料层S2侧的面的垂线朝该面的中心部照射的方式配置。

[0035] 圆柱透镜7是大致半圆柱状的透镜,曲面的相反侧的平坦面成为用于配置试样SU的配置面7a。即,在圆柱透镜7中,以将试样SU的透明性基板S1侧的面与配置面7a使用光学润滑脂光学匹配的状态在配置面7a上固定有试样SU。通过这样的固定形态,在透明性基板S1与圆柱透镜7之间不会产生光的折射或反射,在材料层S2内部产生的荧光仅在材料层S2与空气之间、材料层S2与透明性基板S1之间折射或反射。该圆柱透镜7以使试样SU朝向激发光的照射方向(即,激发光聚光透镜5b的输出侧)的方式配置,透过伴随着激发光的照射而自试样SU发出的荧光(检测光),且将所透过的荧光朝向检测光学系统11出射。

[0036] 检测光学系统11是将伴随着激发光的照射而自试样SU发出的荧光朝光检测器13导光的光学系统,构成为包含光学单元11a与检测用光纤11b。光学单元11a接收自试样SU发出且通过圆柱透镜7的激发光,自该激发光提取P偏振光成分且使所提取的P偏振光成分在检测用光纤11b的输入端聚光。该光学单元11a以其光轴与试样SU的激发光的照射位置大致一致的方式配置。检测用光纤11b其输入端接近光学单元11a而配置且其输出端与光检测器13的输入光学地结合,而使自光学单元11a出射的荧光朝光检测器13入射。这些检测光学系

统11在旋转机构9的外侧与旋转机构9独立而固定。

[0037] 旋转机构9可旋转地支撑照射光学系统5的一部分及配置有试样SU的圆柱透镜7。详细而言,旋转机构9构成为具有圆形的平坦的配置面9a,以该配置面9a的中心C1为旋转中心可沿配置面9a旋转。该旋转机构9可通过来自下述的计算机15的控制而控制旋转角度、旋转速度、旋转动作的开启/关断等的旋转运转状态。于是,旋转机构9以试样SU的透明性基板S1的材料层S2侧的面位于配置面9a的中心C1的附近、且大致垂直于配置面9a的方式支撑圆柱透镜7。另外,旋转机构9以激发光聚光透镜5b所输出的激发光的光轴L1沿着材料层S2的透明性基板S1侧(荧光出射侧)的面的垂线的方式支撑照射用光纤5a的输出端与激发光聚光透镜5b。此处,检测光学系统11相对于旋转机构9,以入射至光学单元11a的荧光的光轴L2通过配置面9a的中心C1的附近的方式配置。通过这样的结构,旋转机构9可变更由光检测器13检测的荧光的光轴L2、与朝试样SU照射的激发光的光轴L1(材料层S2的荧光出射侧的面的垂线)所成的角 ϕ 。更具体而言,旋转机构9构成为可至少在0度~90度的范围内变更所成的角 ϕ 。另外,就荧光的有效率的检测的点而言优选光轴L1与光轴L2在配置面9a的中心C1相交,但不一定需要在配置面9a的中心C1相交,只要所成的角可在0度~90度内变更,则也可在自中心C1偏移的位置相交。

[0038] 光检测器13检测由检测光学系统11导光的荧光,且输出表示该荧光的光强度的强度值数据(检测信号)。光检测器13例如为分光检测器,将荧光分光成各波长成分并检测,且输出分光光谱数据(强度值数据)。另外,光检测器13也可为雪崩光电二极管等的光电二极管,或光电倍增管等的不分光为波长成分而检测强度值数据的检测器。

[0039] 计算机15是执行光源3的激发光的照射的控制、旋转机构9的旋转运转状态的控制、或基于检测信号进行表示分子取向特性的取向参数的计算处理的数据处理装置。计算机15可为个人计算机、微型计算机、云服务器、智能型设备等的运算装置。在该计算机15电连接有用于显示(输出)取向参数等的测量结果的数据或测量条件的数据的显示器、通信设备等的输出装置17,及用于自使用者受理测量条件等的数据的键盘、鼠标、触控面板等的输入装置19。

[0040] 图2显示自沿着取向特性测定系统1的光学系统的配置面9a的方向观察的配置状态。此处,显示将光轴L1、L2所成的角 ϕ 设为0度的情况。如图2所示,构成照射光学系统5的激发光聚光透镜5b由配置于照射用光纤5a的输出端5c的附近的聚光透镜群构成。这些聚光透镜群的一部分或全部包含可以激发光的焦点位置与试样SU的位置成为一致的方式调整其位置的机构。另外,检测光学系统11的光学单元11a由从圆柱透镜7侧至检测用光纤11b的输入端11c侧依次配置的偏振片21、光圈23、检测光聚光透镜25、及光圈27构成。偏振片21仅使自试样SU产生的荧光中的P偏振光成分通过。另外,偏振片21并不限于使P偏振光成分通过,也可使S偏振光成分或其他偏振光成分通过。另外,偏振片21也可为偏振光光束分离器。光圈23限制通过偏振片21的荧光的光束,使光束被集中的荧光朝向检测光聚光透镜25通过。检测光聚光透镜25将通过光圈23且光束被集中的荧光朝检测用光纤11b的输入端11c入射。光圈27使由检测光聚光透镜25聚光的荧光的光束集中且朝检测用光纤11b的输入端11c入射。此处,检测光聚光透镜25包含可以其焦点位置与试样SU的位置一致的方式调整其位置的机构。

[0041] (计算机系统的构成)

[0042] 其次,针对包含输出装置17及输入装置19的计算机15的详细构成进行说明。图3是计算机15的功能方块图,图4是显示包含计算机15、输出装置17、及输入装置19的计算机系统20的硬件构成的图。

[0043] 如图3所示,计算机15构成为包含光源控制部31、旋转机构控制部(控制部)32、检测信号取得部33、分布取得部(取得部)34、区域特定部(特定部)35、及参数计算部36作为功能性的构成要素。如图4所示,包含计算机15的计算机系统20在物理上包含:CPU(Central Processing Unit(中央处理单元))101、作为存储介质的RAM(Random Access Memory(随机存取存储器))102或ROM(Read Only Memory(只读存储器))103、通信模块104、输出装置17、及输入装置19等。上述的计算机15的各功能部通过在CPU 101、RAM 102等的硬件上读入本实施方式的取向特性测定程序,在CPU 101的控制之下,使通信模块104、输出装置17、及输入装置19等动作,且进行RAM 102的数据的读出及写入、及来自ROM 103的数据的读出而实现。即,本实施方式的取向特性测定程序使计算机系统20作为光源控制部31、旋转机构控制部32、检测信号取得部33、分布取得部34、区域特定部35、及参数计算部(计算部、选择部、决定部)36而发挥功能。

[0044] 以下,针对计算机15的各功能部的详细功能进行说明。

[0045] 光源控制部31以经由输入装置19自使用者接收测定开始指示为契机,以使光源3的动作开始而照射激发光的方式进行控制,以在荧光测定处理的完成后使激发光的照射停止的方式控制光源3。旋转机构控制部32与光源控制部31的激发光的照射的控制同步地控制旋转机构9的旋转运转状态(控制处理)。具体而言,旋转机构控制部32以照射光学系统5的光轴L1与检测光学系统11的光轴L2所成的角 ϕ 在0度~90度之间变更的方式进行控制。该情况下,既可步进状地变更所成的角 ϕ ,也可连续地以规定的变化率变更所成的角 ϕ 。

[0046] 检测信号取得部33在通过光源控制部31开始激发光的照射,且通过旋转机构控制部32在0度~90度之间变更所成的角 ϕ 的期间,取得连续地自光检测器13输出的表示荧光的光强度的强度值数据。分布取得部34基于由检测信号取得部33取得的所成的每个角 ϕ 的强度值数据,产生表示针对所成的角 ϕ 的荧光的光强度分布(角度依赖性分布)的光强度分布数据 $I(\phi)$ 。此时,分布取得部34在取得分光光谱数据作为强度值数据时,在将该分光光谱数据变换为表示波长区域整体的光强度的强度值数据,且就所成的每个角 ϕ 执行该强度值数据的变换后,基于变换后的强度值数据产生所成的每个角 ϕ 的作为光强度的分布的光强度分布数据 $I(\phi)$ 。而后,分布取得部34以所产生的光强度分布数据 $I(\phi)$ 为对象,通过以所成的角 ϕ 为0度的强度值使所成的角 ϕ 在规定范围(例如 $0^\circ < \phi \leq 90^\circ$)的强度值标准化,而取得经标准化的光强度分布数据 $I_N(\phi)$ (取得处理)。

[0047] 图5显示由检测信号取得部33取得的分光光谱数据的值的一个例子,图6显示由分布取得部34产生的光强度分布数据 $I_N(\phi)$ 的一个例子。通过由检测信号取得部33取得的表示荧光的光强度的波长特性的分光光谱数据(图6)在具有有意义的值的波长范围内积分而取得荧光的强度值数据,且将该强度值数据以所成的角 ϕ 在0度~90度的范围的多个分光光谱数据为对象进行反复计算。而后,通过使所成的角 ϕ 在0度~90度的范围的强度值以所成的角 $\phi = 0^\circ$ 的强度值标准化,而取得经标准化的光强度分布数据 $I_N(\phi)$ (图6)。一般而言,以有机材料为对象而得到的光强度分布如图6所示,具有下述特性,即:随着角度 ϕ 自0度不断增加而减小,在某一角度下具有极小值(图6的情况为40度附近),在较该极小值的角

度更大的角度下(图6的情况为50度附近)具有极大值。

[0048] 区域特定部35基于由分布取得部34产生的光强度分布数据 $I_N(\phi)$,特定强度值成为极大的区域的光强度(特定处理)。即,在以如图6所示的光强度分布数据 $I_N(\phi)$ 为对象时,特定在光强度分布数据 $I_N(\phi)$ 中存在于强度值成为极小的角度 ϕ_{\min} 与角度90度之间的极大区域的角度 ϕ_a 的光强度 I_{Npeak} 。极大区域的角度 ϕ_a 的光强度 I_{Npeak} 既可为与极大值相应的角度 ϕ_{\max} 的光强度,也可为自角度 ϕ_{\max} 起规定角度范围内(例如 ± 5 度的范围内)的角度的光强度,还可为规定角度范围内的光强度的最小值、最大值、平均值、或中间值等。

[0049] 参数计算部36参照由区域特定部35特定的极大区域的角度 ϕ_a 的光强度 I_{Npeak} 的值、及预先决定且存储于计算机15内的特定线性关系的数据,计算表示试样SU的材料层S2的有机材料的分子取向特性的取向参数(计算处理)。

[0050] 此处,在针对参数计算部36的详细功能进行说明之前,针对基于光强度分布数据 $I_N(\phi)$ 计算取向参数的原理进行叙述。

[0051] 在现有的研究中,在与取向特性测定系统1相同地在半圆柱状透镜的平坦面上配置由各向同性的荧光材料构成的试样的状态下,设想使UV光自半圆柱状透镜的相反侧垂直入射于试样的面的情况,将该情况下自半圆柱状透镜侧出射的荧光的P偏振光成分的光强度分布公式化。该研究记载于现有文献(“New method for determining refractive index and thickness of fluorescent thin films”,OPTICS COMMUNICATIONS,Volume 31,Number 3,December 1979)。详细而言,P偏振光成分的光强度分布 P^P 使用表示半圆柱状透镜上的试样的层内的来自发光点的直接光与1次在膜内的反射光的干涉的影响的项 Q^P 、表示试样的层内的来自发光点的直接光与多次在膜内的反射光的干涉的影响的项 M^P 、依赖于荧光的观测角度及观测波长的项 T^P ,由下述式表现:

[0052] $P^P = Q^P M^P T^P$ 。根据该现有文献,P偏振光成分的光强度分布 P^P 由下述式公式化:

[0053] [数1]

$$[0054] \quad P^P = \frac{1}{2\pi} \frac{n_1}{n_0} \cos^2 \alpha_1 \times \begin{cases} \frac{[(n_2/n_0)^4 - 1]n^{-2} \sin^2 \alpha_1 + 1}{(n \cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)^2} \\ \frac{[(n_2/n_0)^4 + 1]n^{-2} \sin^2 \alpha_1 - 1}{(1 - n^2)[(1 + n^{-2}) \sin^2 \alpha_1 - 1]} \end{cases}$$

[0055] 上述式中分别为: n_1 表示半圆柱状透镜的折射率、 n_2 表示半圆柱状透镜及试样的周围的空间的折射率、 n_0 表示试样的折射率、 n 是等于 n_2/n_1 的值、 α_1 表示激发光的照射方向与观察对象的荧光的出射方向所成的角(与所成的角 ϕ 对应)、 α_2 表示由 $n \cdot \sin \alpha_2 = \sin \alpha_1$ 决定的角度。另外,上述式的上侧的式表示角度 α_1 为临界角以下时的特性,下侧的式表示角度 α_1 大于临界角时的特性。

[0056] 图7显示通过上述现有文献的公式化而得到的光强度分布,图8显示由角度 α_1 为临界角以下时的式得到的光强度分布,图9显示由角度 α_1 大于临界角时的式得到的光强度分布。另外,这些光强度分布表示以折射率 $n_1 = 1.516$ 、折射率 $n_2 = 1$ 、折射率 $n_0 = 1.575$ 而计算的分布,将图7所示的光强度分布以角度 α_1 为0度的值标准化。如图8所示,角度 α_1 为临界角以下时的式的值随着角度 α_1 从0度增加而强度逐渐降低,在40度附近成为极小。另一方面,如图9所示,角度 α_1 大于临界角时的式的值在角度 α_1 为40度与50度之间具有极大值,在超过角

度50度的范围后随着角度变大而单调减少。组合这些特性的整体的光强度分布如图7所示，在角度 α_1 为40度的附近具有极小值，在角度 α_1 为40度与50度之间具有极大值。这样，通过公式化取得的光强度分布具有与通过取向特性测定系统1取得的光强度分布数据 $I_N(\Phi)$ 相似分布。但是，取向特性测定系统1的测定对象的试样是具有各种分子取向特性的有机材料，相对于此，上述现有文献的公式化的对象是各向同性的荧光材料。

[0057] 上述那样的光强度分布的公式化的理论也记载于现有文献(“Light emission by multipole sources in thin layers. I. Radiation patterns of electric and magnetic dipoles”, J. Opt. Soc. Am., Vol. 71, No. 6, June 1981)。

[0058] 作为取向特性测定系统1的测定对象的有机EL等的有机材料若分子取向特性不同则来自该材料的光的取出效率不同。分子取向特性是表示发光分子在材料中以何种朝向排列的特性，具有取向参数S作为表示这样的特性的参数。图10概念性显示具有各种分子取向特性的材料层S2的发光分子的排列状态。在图10的(a)部所示的材料层S2中，发光分子M0以其偶极矩相对于层的厚度方向D1形成90度的方式配置。在图10的(b)部所示的材料层S2中，发光分子M0以其偶极矩相对于层的厚度方向D1形成0度的方式配置。在图10的(c)部所示的材料层S2中，发光分子M0以其偶极矩相对于层的厚度方向D1形成54.7度的方式配置。另外，在图10的(d)部所示的材料层S2中，多个发光分子M0以这些偶极矩相对于层的厚度方向D1朝向随机的角度的方式配置。用于评估这样的材料层S2的分子取向状态的取向参数S由下述式计算：

$$[0059] \quad S = (3/2) \cdot (\cos^2\theta - 1/3)。$$

[0060] 如图11所示，上述式中的角度 θ 表示发光分子相对于沿着厚度方向D1的Z轴的平均的取向方向(偶极矩)的角度，该取向方向具有X成分 μ_x 、Y成分 μ_y 、及Z成分 μ_z 。图11所示的X轴及Y轴是垂直于材料层S2的厚度方向的轴。例如，图10的(a)部所示的状态的材料层S2的取向参数 $S = -0.5$ ，图10的(b)部所示的状态的材料层S2的取向参数 $S = 1$ ，图10的(c)部及(d)部所示的状态的材料层S2的取向参数 $S = 0$ 。图12显示角度 θ 与取向参数S的关系。这样，取向参数S随着角度 θ 从0度朝90度变化而减少，其最大值为1，最小值为-0.5。这意味着该取向参数S愈小则光的取出效率愈高。

[0061] 在另一文献(“Electroluminescence from completely horizontally oriented dye molecules”, APPLIED PHYSICS LETTERS 108, 241106 (2016))中，研究了利用来自有机材料层的荧光的光强度的角度依赖性特性就每一分子取向特性不同，而基于角度依赖性特性决定取向参数S的方法。具体而言，通过比较以有机EL材料为对象的与荧光光谱的p偏振光成分的角度依赖性特性相关的测定结果、及其角度依赖性特性的模拟结果，而决定有机EL材料的取向参数S。图13显示该方法的光强度的角度依赖性特性的模拟结果。该模拟结果表示一边将分子的偶极矩的Z成分 μ_z 在0~1的范围内进行变更一边计算的多个角度依赖性特性。此处，分子的偶极矩的X成分 μ_x 、Y成分 μ_y 、Z成分 μ_z 如下述式那样被假定：

$$[0062] \quad \mu_x + \mu_y + \mu_z = 1，$$

$$[0063] \quad \mu_x = \mu_y。$$

[0064] 在现有的方法中，通过将实际上所测定的荧光的光强度的角度依赖性特性与模拟结果的多个特性拟合而求得分子的偶极矩的Z成分 μ_z ，且依据该值决定取向参数S。

[0065] 本发明人等着眼于通过上述的现有方法的模拟计算而取得的光强度的角度依赖

性特性。其结果,发现了:在从与角度依赖性特性的极小值相应的角度至90度之间存在有无关取向参数S而强度值一致的等发光点P1,以及角度0度的强度值依赖于Z成分 μ_z 而变化。再者,发现了这些发光点P1的角度与标准化后的角度依赖性特性的极大点的角度大致一致,且标准化后的角度依赖性特性的极大值的倒数及与取向参数S关联的值形成为大致线性关系。此处,本发明人等考虑可利用这样的性质,基于以角度0度的强度加以标准化的光强度的角度依赖性特性而取得取向参数S。

[0066] 针对利用上述的原理的参数计算部36的功能进行说明。

[0067] 参数计算部36基于由测量对象的材料层S2的膜厚及该材料层S2的折射率决定的、表示光强度及作为与取向参数S关联的值即Z成分 μ_z 之间的线性关系的数据、及由区域特定部35特定出的极大区域的光强度 I_{Npeak} ,计算取向参数S。在计算机15中,预先在ROM 103等的数据储存部储存有表示上述线性关系的数据。图14显示储存于计算机15内的线性关系的数据的特性。这样,通过表示线性数据的数据,可特定出Z成分 μ_z 与标准化后的角度依赖性特性的极大值的倒数的线性的对应关系。储存于计算机15内的表示线性关系的数据的形态,其Z成分 μ_z 与极大值的倒数RI的关系以下述式表示时:

$$[0068] \quad RI = -A \cdot \mu_z + A,$$

[0069] 既可为数式本身,也可为系数A自身,还可为如标绘于图14的线性式上的多个标本点的坐标值的数据的组合。表示这样的线性关系的数据利用预先与各种取向参数S相关而执行的光强度的角度依赖性特性的模拟结果而计算,且就每个测量对象的材料相关的膜厚及该材料的折射率的组合而计算且预先存储有多个。参数计算部36基于由使用者经由输入装置19输入的与测量对象的材料层S2的膜厚及该材料层S2的折射率相关的值,从预先存储的表示多个线性关系的数据之中,选择(决定)用于取向参数S的计算的表示线性关系的数据(选择处理、决定处理)。而后,参数计算部36基于其数据及由区域特定部35规定的极大区域的光强度 I_{Npeak} 特定Z成分 μ_z 。具体而言,所选择的线性关系为如图14所示的特性,在极大区域的光强度 I_{Npeak} 的倒数以 $RI_0 = 1/I_{Npeak}$ 计算时,针对倒数 RI_0 具有如图14所示的线性关系的Z成分 μ_{z0} 作为材料层S2的偶极矩的Z成分 μ_z 而被导出。

[0070] 再者,参数计算部36的分子的偶极矩的X成分 μ_x 、Y成分 μ_y 、Z成分 μ_z 具有以下述式:

$$[0071] \quad \mu_x + \mu_y + \mu_z = 1,$$

$$[0072] \quad \mu_x = \mu_y \text{ 所示的关系,}$$

[0073] 利用取向参数S以下述式定义:

$$[0074] \quad S = (\mu_z^2 - \mu_x^2) / (\mu_z^2 + 2\mu_x^2),$$

[0075] 通过下述式计算取向参数S:

$$[0076] \quad S = \{\mu_z^2 - (1/4)(1 - \mu_z)^2\} / \{\mu_z^2 + (1/2)(1 - \mu_z)^2\}。而后,参数计算部36将所计算的取向参数S朝输出装置17输出。此处,参数计算部36也可将所计算的取向参数S经由通信模块104及因特网朝外部发送。$$

[0077] (取向特性测定方法的各步骤的说明)

[0078] 其次,参照图15的流程图,就每一处理说明本实施方式所涉及的计算机15的动作方法(由计算机15执行的处理)即取向特性测定方法。图15是显示本实施方式所涉及的取向特性测定方法的流程图。

[0079] 首先,以由输入装置19受理测定开始指示为契机,通过光源控制部31的控制而开

启来自光源3的激发光的照射(步骤S01)。此外,通过旋转机构控制部32的控制,开始旋转机构9的旋转驱动,将照射光学系统5的光轴L1与检测光学系统11的光轴L2所成的角 ϕ 在0度~90度的范围内变更(步骤S02)。与此相应,通过检测信号取得部33从光检测器13连续取得强度值数据(步骤S03)。若完成所成的角在0度~90度的范围内的强度值数据的取得,则关断来自光源3的激发光的照射,且也停止旋转机构9的旋转驱动(步骤S04)。

[0080] 其后,通过分布取得部34基于在所成的角 ϕ 为0度~90度的范围内所取得的强度值数据产生就每个所成的角 ϕ 的光强度的分布即光强度分布数据 $I(\phi)$,且通过使该光强度分布数据 $I(\phi)$ 的强度值以所成的角 ϕ 为0度的强度值标准化而取得光强度分布数据 $I_N(\phi)$ (步骤S05)。其次,通过区域特定部35基于光强度分布数据 $I_N(\phi)$ 特定极大区域的角度 ϕ_a 的光强度 I_{Npeak} (步骤S06)。再者,通过参数计算部36基于由使用者输入的与材料层S2的膜厚及折射率相关的值,特定线性系数A作为特定与其膜厚及折射率对应的线性关系的参数(步骤S07)。而后,通过参数计算部36基于由被特定的线性系数A表示的线形式、及极大区域的角度 ϕ_a 的光强度 I_{Npeak} ,计算材料层S2的偶极矩的Z成分 μ_z ,且基于该Z成分 μ_z 进一步计算取向参数S(步骤S08)。最后,将所计算的取向参数S朝输出装置17输出而结束取向特性测定处理(步骤S09)。

[0081] 另外,本发明人等发现了,在折射率n为1.74以上1.91以下的范围内,且膜厚d为10nm以上20nm以下的范围内时,可利用平面拟合法通过膜厚d及折射率n的2维多项式求得线性系数A。即,线性系数A可以下述式表示:

$$[0082] \quad A = -A_1 d^2 n^3 + A_2 d^2 n^2 - A_3 d^2 n + A_4 d^2 + A_5 d n^3 - A_6 d n^2 + A_7 d n - A_8 d - A_9 n^3 + A_{10} n^2 - A_{11} n + A_{12}.$$

[0083] 另外, A_n ($n=1、2、3 \dots 12$) 是实数。因此,在步骤S07中,通过参数计算部36,基于由使用者输入的与材料层S2的膜厚及折射率相关的值,而可特定线性系数A作为特定与其膜厚及折射率对应的线性关系的参数。

[0084] 根据上述的取向特性测定系统1及取向特性测定系统1的取向特性测定方法,通过一边变更材料层S2的荧光出射面的垂线与检测光学系统11的光轴L2所成的角 ϕ 一边测定相应于照射光的照射而自试样SU的材料层S2发出的荧光的强度,可取得荧光的光强度的角度依赖性分布。而后,将光强度的角度依赖性分布以所成的角 ϕ 为0度的值进行标准化,特定该经标准化的光强度的角度依赖性分布的极大区域的光强度,且使用该光强度与预先决定的线性关系计算取向参数S。由此,不需要模拟运算等的复杂的运算,而可通过有效率的运算简便地测定试样的取向参数S。

[0085] 在上述方式中,从就多个膜厚与多个折射率的每一组合而预先存储的多个表示线性关系的数据之中,选择与材料层S2的膜厚及材料层S2的折射率对应的表示线性关系的数据。该情况下,可进一步通过简便的运算以短的运算时间计算取向参数S。

[0086] 另外,基于由使用者输入的与材料层S2的折射率及材料层S2的膜厚相关的参数,而决定表示线性关系的数据。该情况下,由于利用适当的线性关系计算取向参数S,因而可更正确地测定取向参数S。

[0087] 再者,特定在荧光的光强度的角度依赖性分布中存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度,且基于该光强度决定取向参数S。该情况下,由于利用适当的角度的强度值计算取向参数S,因而可更正确地测定取向参数S。

[0088] 以上,对各种实施方式进行了说明,但实施方式并不限定于上述实施方式,可在不

变更记载于各权利要求的要旨的范围内进行变化,或应用于其他实施方式。

[0089] 在上述实施方式的取向特性测定系统1中,在照射光学系统5及检测光学系统11中包含光纤,但并不限定于光纤而可包含透镜等的其他光学元件。

[0090] 另外,在上述实施方式的取向特性测定系统1中,以由分布取得部34产生的光强度分布数据 $I_N(\phi)$ 为对象特定极大区域的强度值,且基于该强度值计算取向参数S,但也可基于光强度分布数据 $I_N(\phi)$ 的极小区域等的其他区域的强度值计算取向参数S。

[0091] 另外,在上述实施方式的取向特性测定系统1中,也可以是通过基于预先存储的特定线性关系的数据计算与取向参数S关联的值而缩窄取向参数S的值的范围,通过拟合利用缩窄的范围内的模拟计算取得的角度依赖性分布、及所测定的光强度分布而取得最终的取向参数S。

[0092] 另外,参数计算部36也可以基于由使用者经由输入装置19输入的与测量对象的材料层S2的膜厚及该材料层S2的折射率相关的值,而计算用于取向参数S的计算的表示线性关系的数据(决定处理)。

[0093] 为了解决现有技术的技术问题,本发明人等锐意研究的结果在于新发现了下述的事实。

[0094] 在精检了从试样伴随着照射光的照射而发出的检测光的强度的角度依赖性的模拟结果之后,可以了解到在角度依赖性上存在不依赖于试样的取向参数的等发光点。新发现了:这些等发光点相当于将角度依赖性以角度为0的强度值进行标准化的特性的极大区域,该极大区域的强度值与取向参数关系较大,基于该强度值可导出取向参数。

[0095] 根据上述方式所涉及的取向特性测定方法、取向特性测定程序、或取向特性测定装置,通过一边变更试样的检测光出射面的垂线与检测光学系统的光轴所成的角,一边测定相应于照射光的照射而自试样发出的检测光的强度,而可取得检测光的光强度的角度依赖性分布。而后,将光强度的角度依赖性分布以所成的角为0度的值进行标准化,特定该经标准化的光强度的角度依赖性分布的极大区域的光强度,且使用该光强度与预先决定的线性关系计算取向参数。由此,可无须进行模拟运算等的复杂的运算而通过有效率的运算简便地测定试样的取向参数。

[0096] 在上述方式中,可进一步具备选择步骤,其从就多个膜厚与多个折射率的每一组合预先存储的多个线性关系之中,选择与规定的膜厚及规定的折射率对应的线性关系。另外,也可使计算机进一步执行选择处理,其从就多个膜厚与多个折射率的每一组合预先存储的多个线性关系之中,选择与规定的膜厚及规定的折射率对应的线性关系。另外,处理装置可进一步具有选择部,其从就多个膜厚与多个折射率的每一组合预先存储的多个线性关系之中,选择与规定的膜厚及规定的折射率对应的线性关系。该情况下,可进一步通过简便的运算以短的运算时间计算取向参数。

[0097] 另外,可进一步具备决定步骤,其基于由使用者输入的与折射率及膜厚相关的参数,决定线性关系。另外,也可使计算机进一步执行决定处理,其基于由使用者输入的与折射率及膜厚相关的参数决定线性关系。另外,可进一步具备决定部,其基于由使用者输入的与折射率及膜厚相关的参数决定线性关系。该情况下,由于利用适当的线性关系计算取向参数,而可更正确地测定取向参数。

[0098] 再者,可在特定步骤中,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值

的光强度。另外,可在特定处理中,特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。另外,特定部可特定存在于光强度成为极小的角度与90度之间的极大值的光强度。该情况下,由于利用适当的角度的强度值计算取向参数,因而可更正确地测定取向参数。

[0099] 产业上的可利用性

[0100] 实施方式以取向特性测定方法、取向特性测定程序、及取向特性测定装置为使用用途,可通过有效率的运算简便地测定试样的分子取向特性。

[0101] 符号的说明

[0102] 1…取向特性测定系统、3…光源、5…照射光学系统、9…旋转机构(驱动机构)、11…检测光学系统、13…光检测器、15…计算机(处理装置)、31…光源控制部、32…旋转机构控制部(控制部)、33…检测信号取得部、34…分布取得部(取得部)、35…区域特定部(特定部)、36…参数计算部(计算部、选择部、决定部)、S1…透明性基板、S2…材料层(试样)。

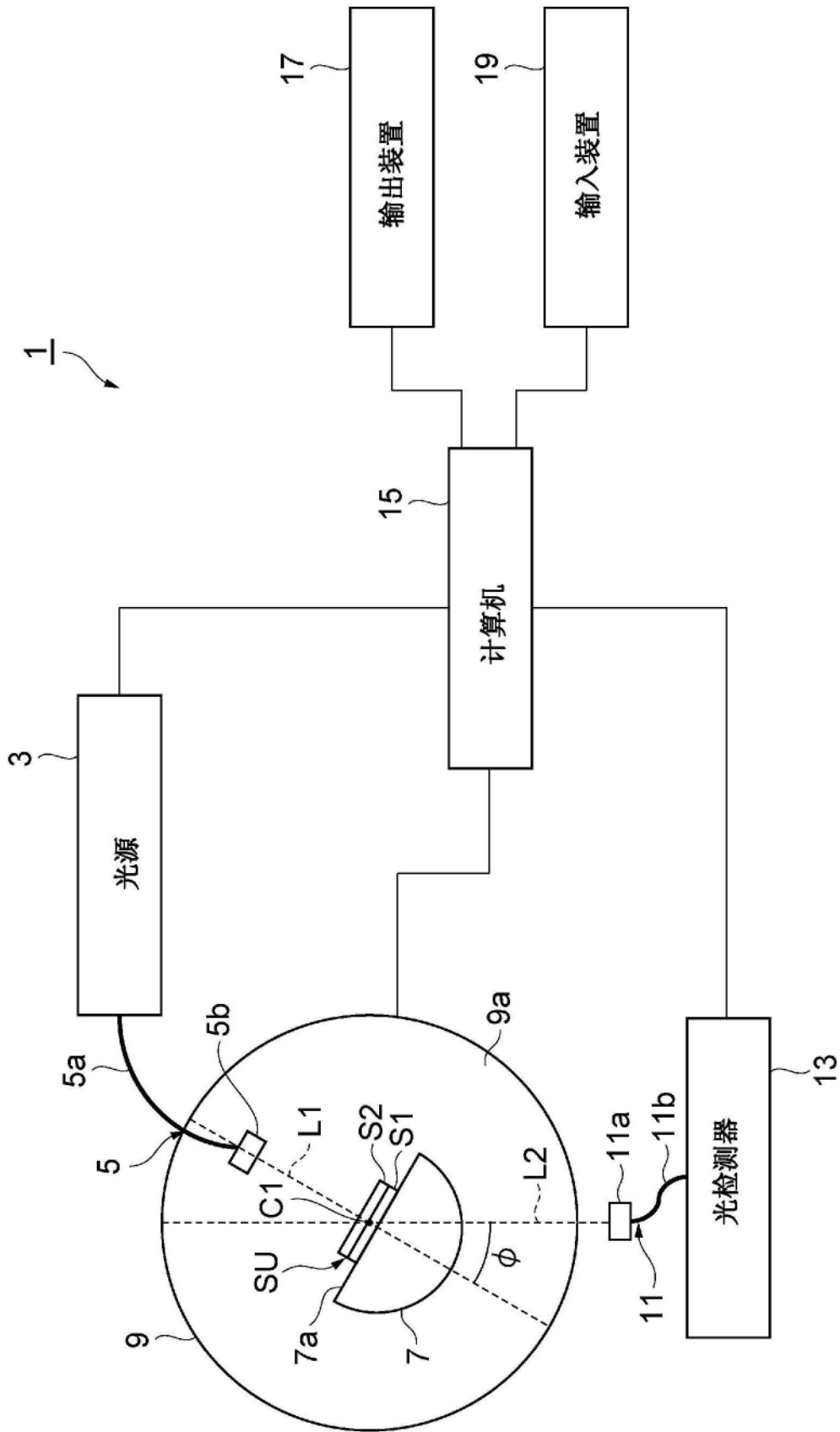


图1

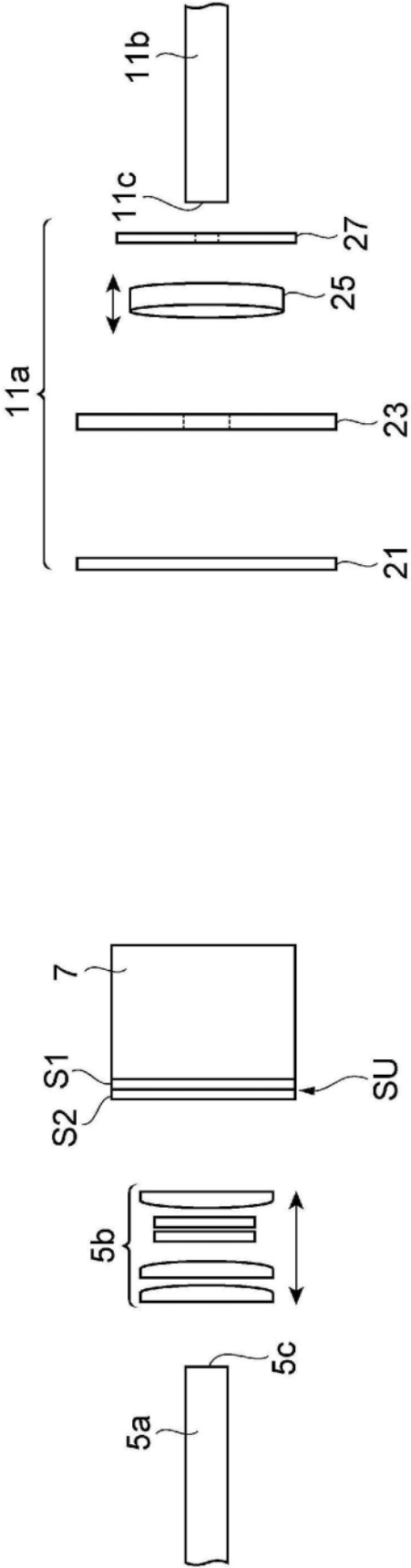


图2

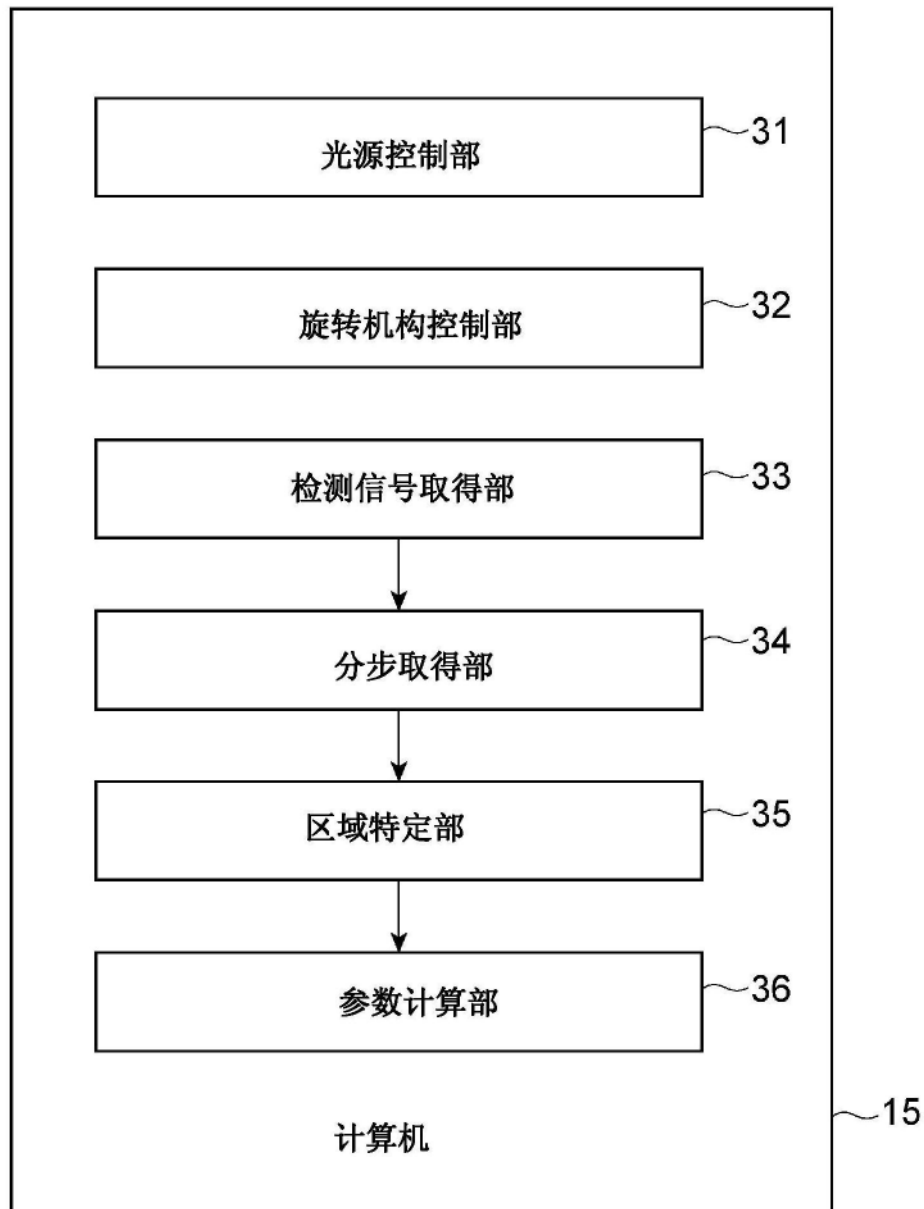


图3

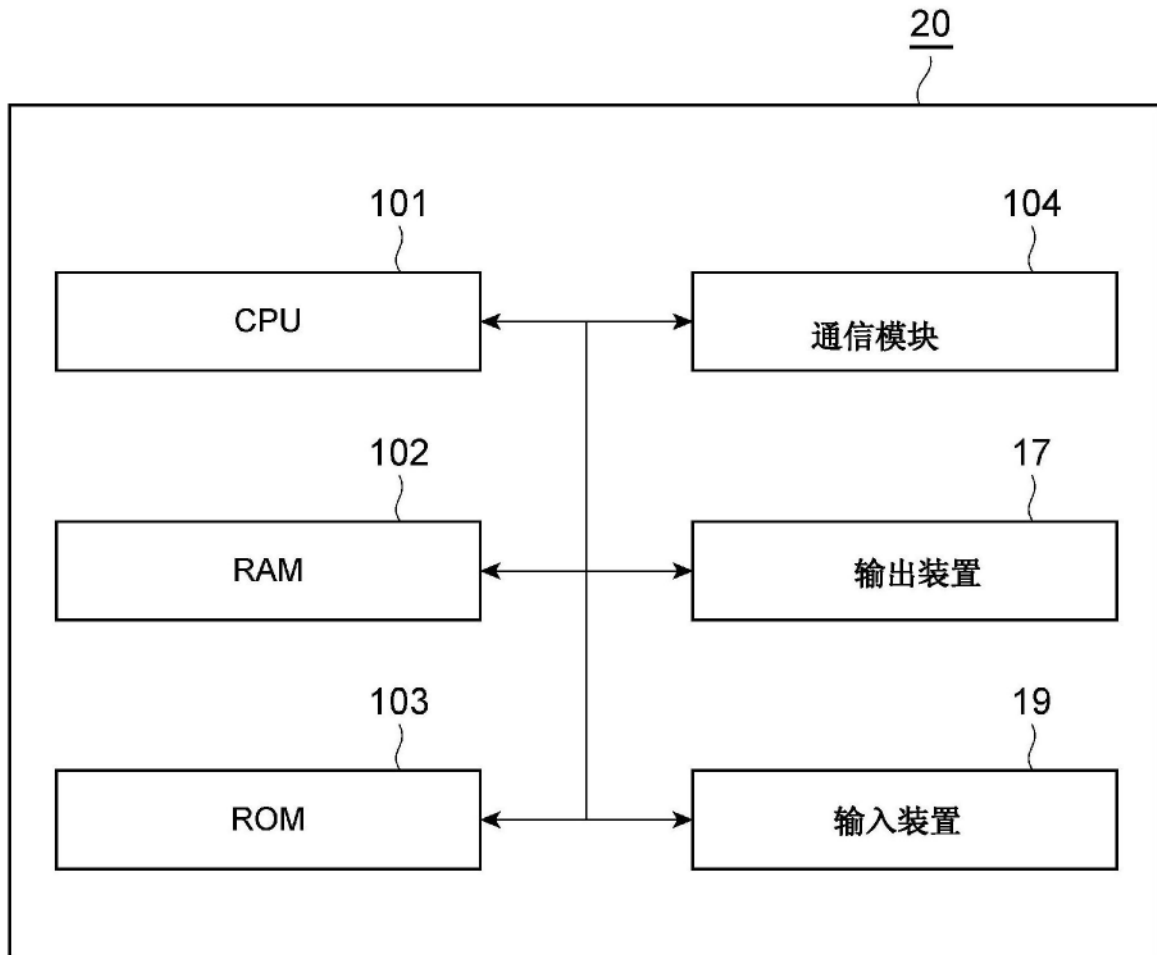


图4

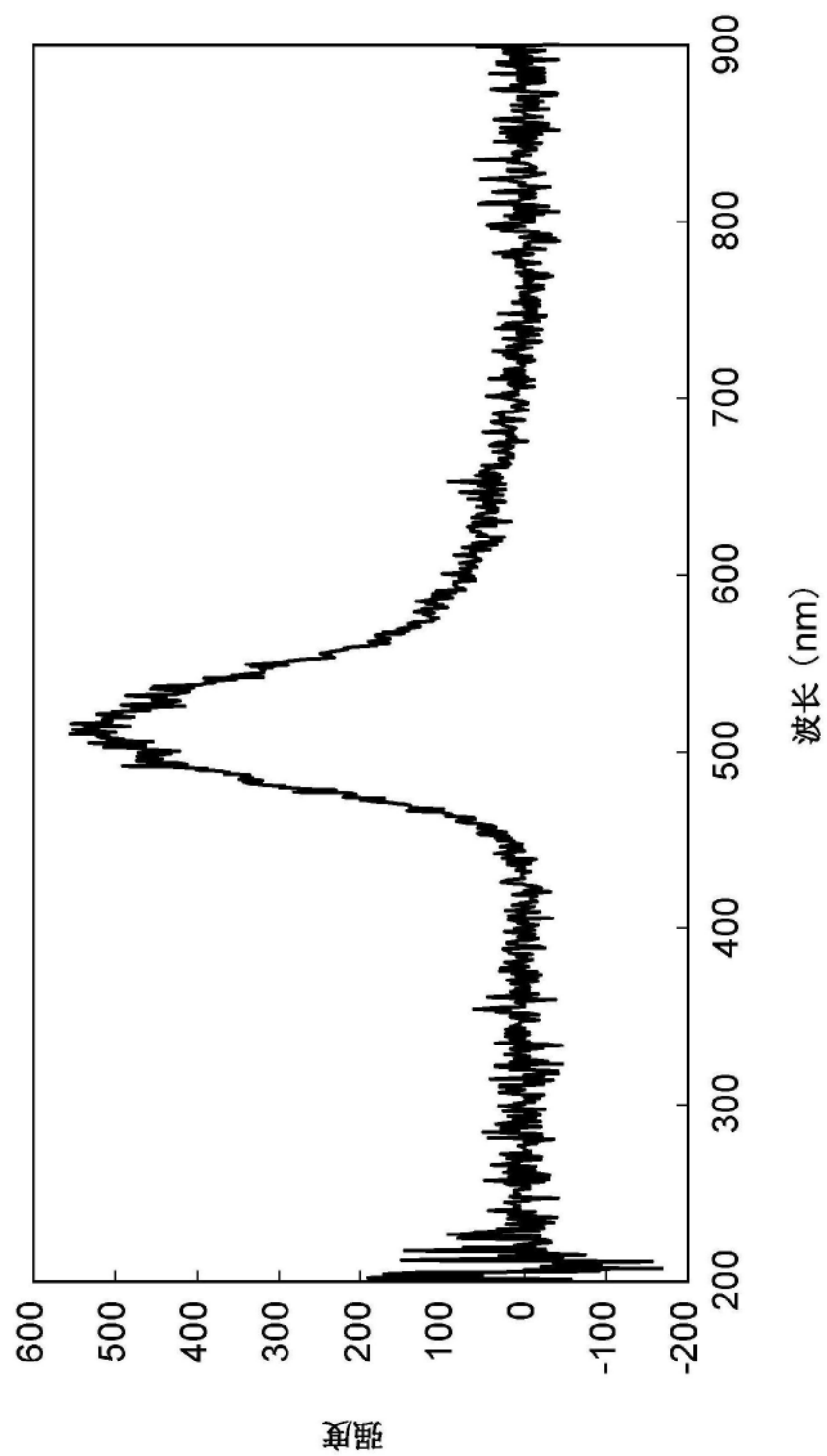


图5

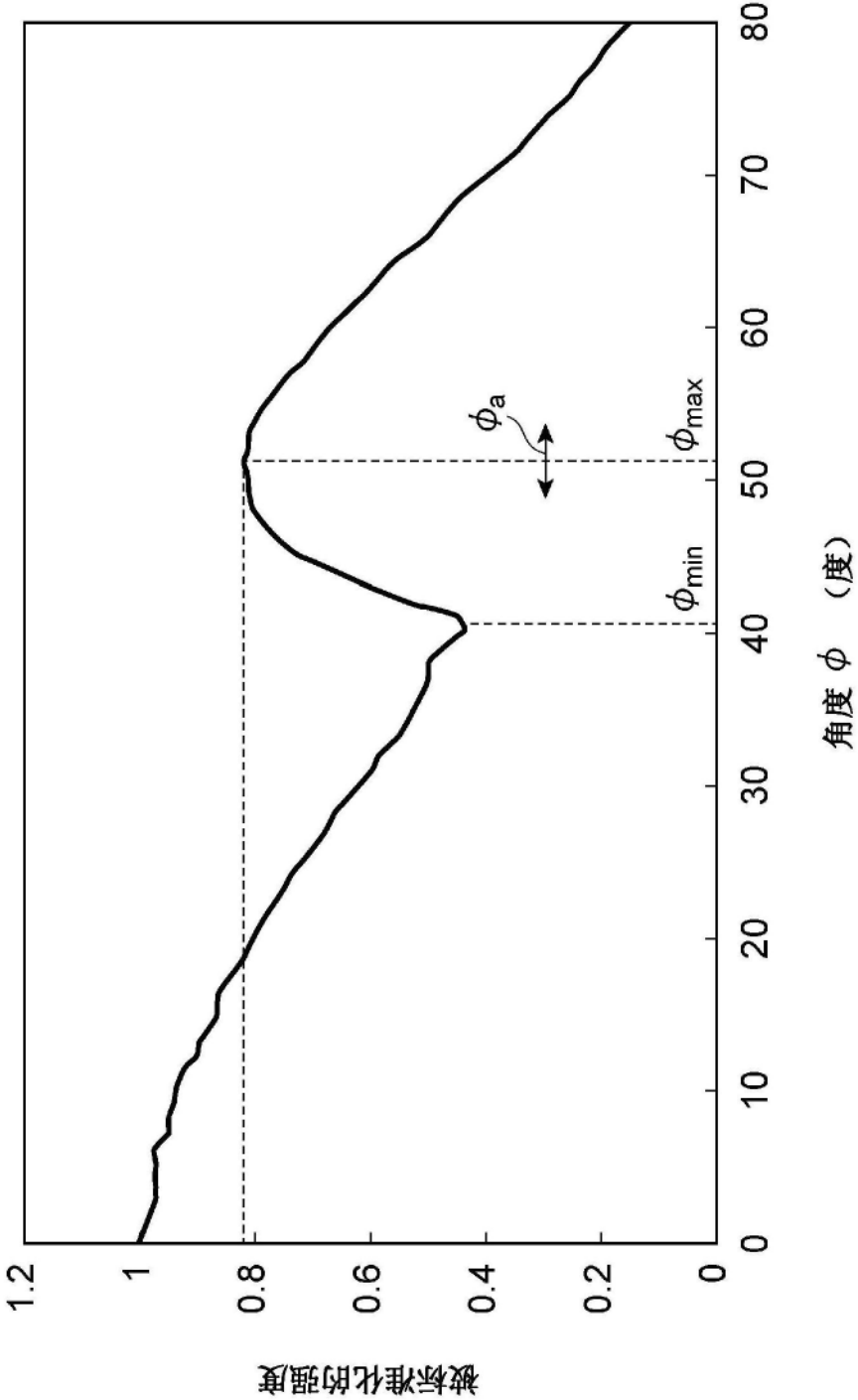


图6

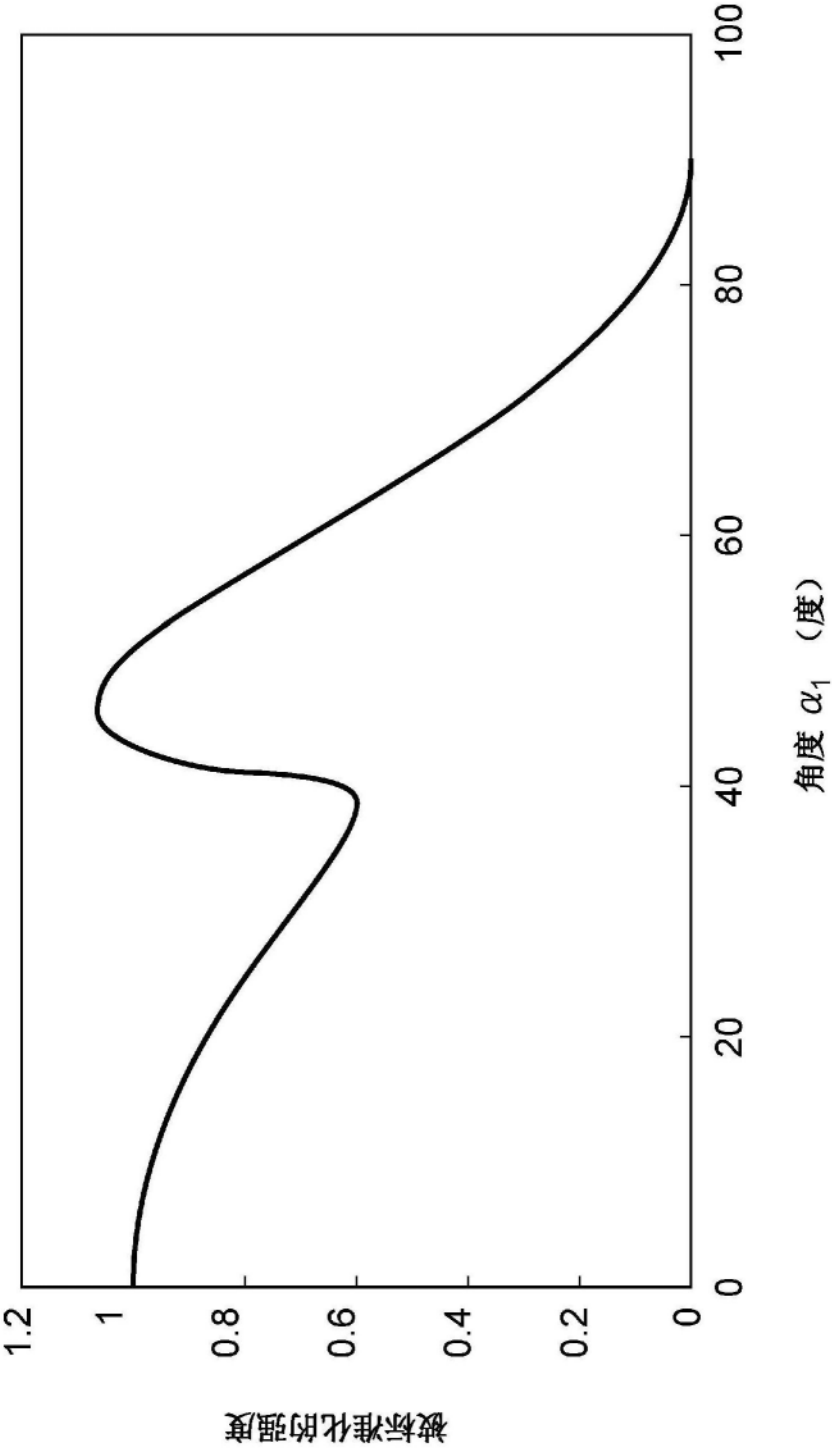


图7

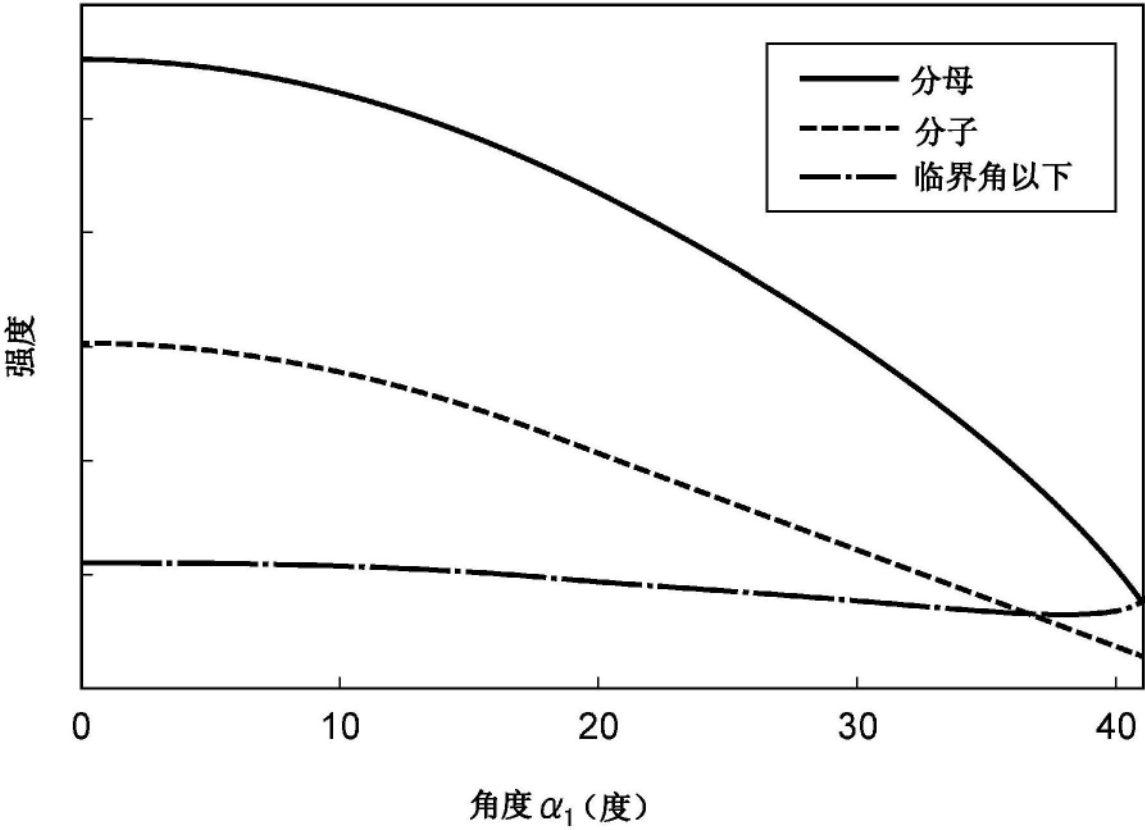


图8

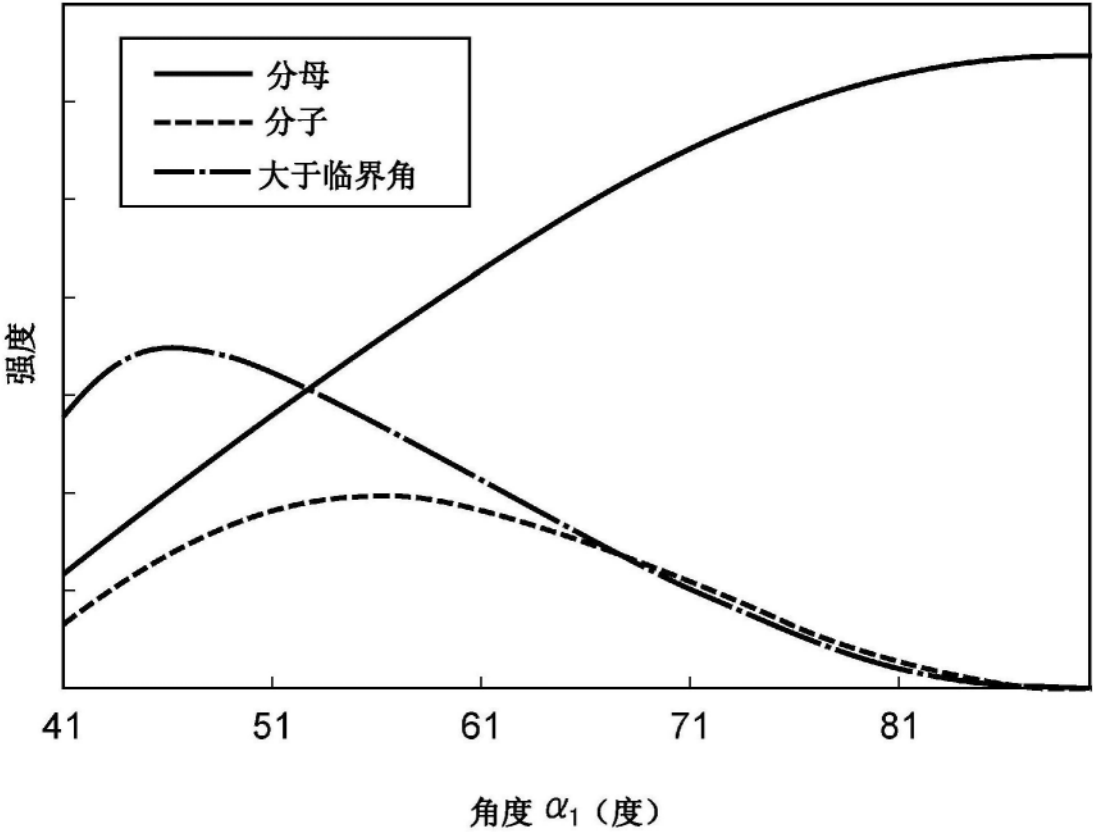


图9

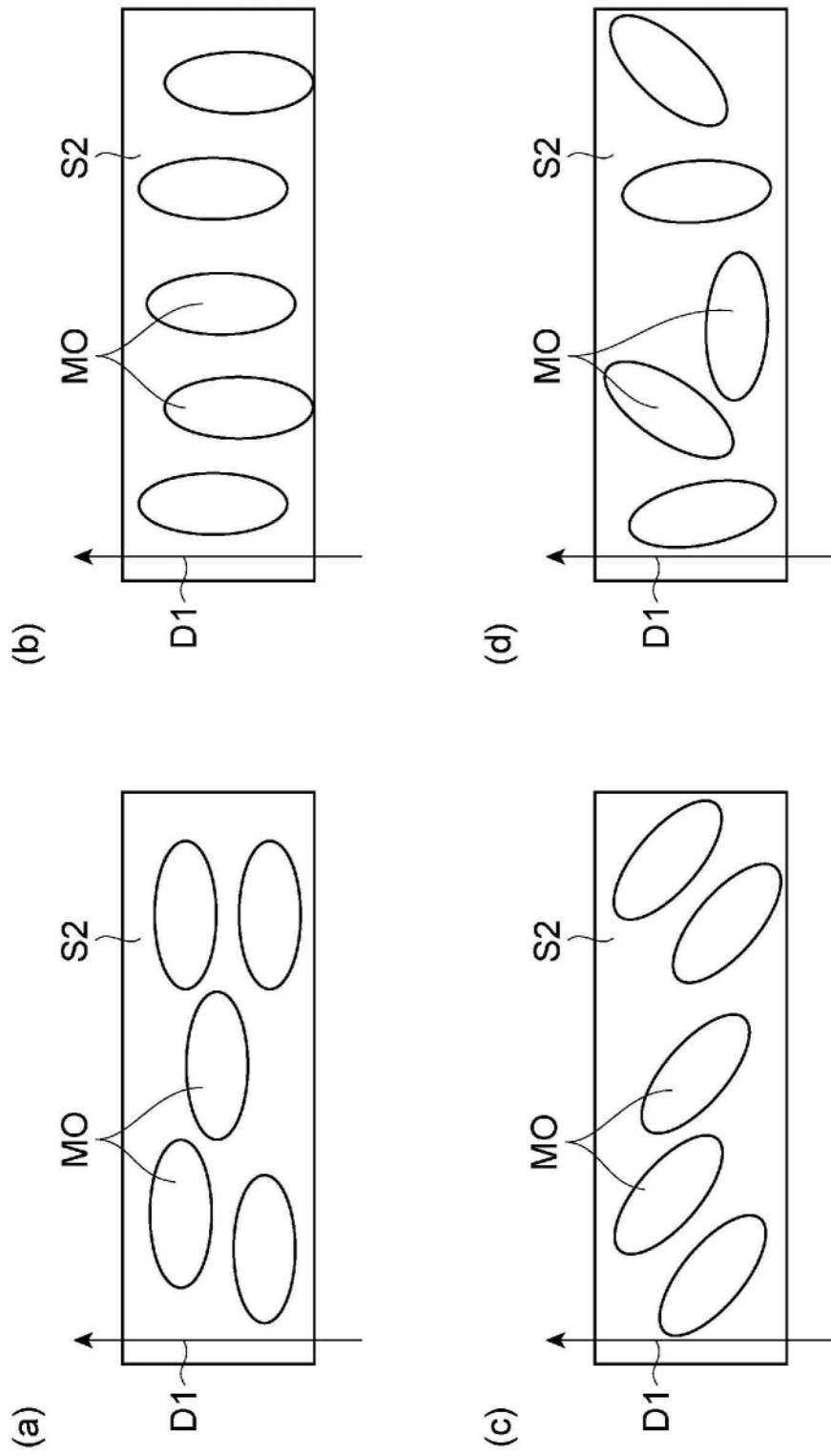


图10

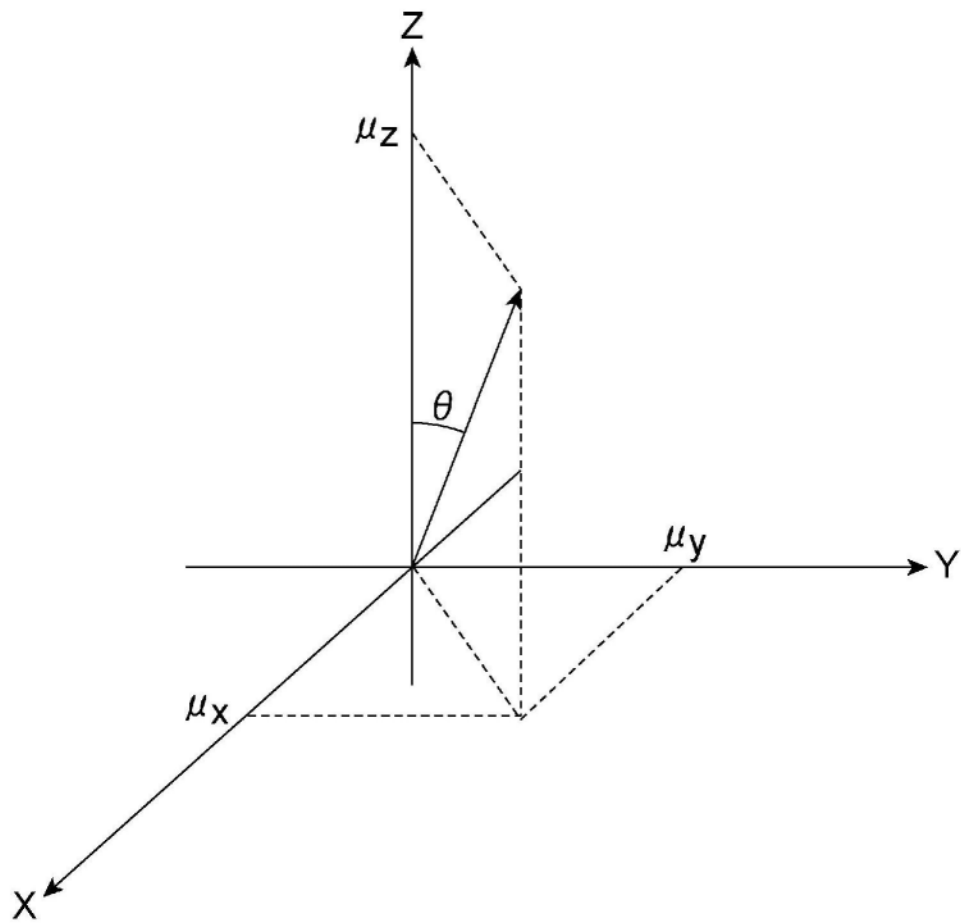


图11

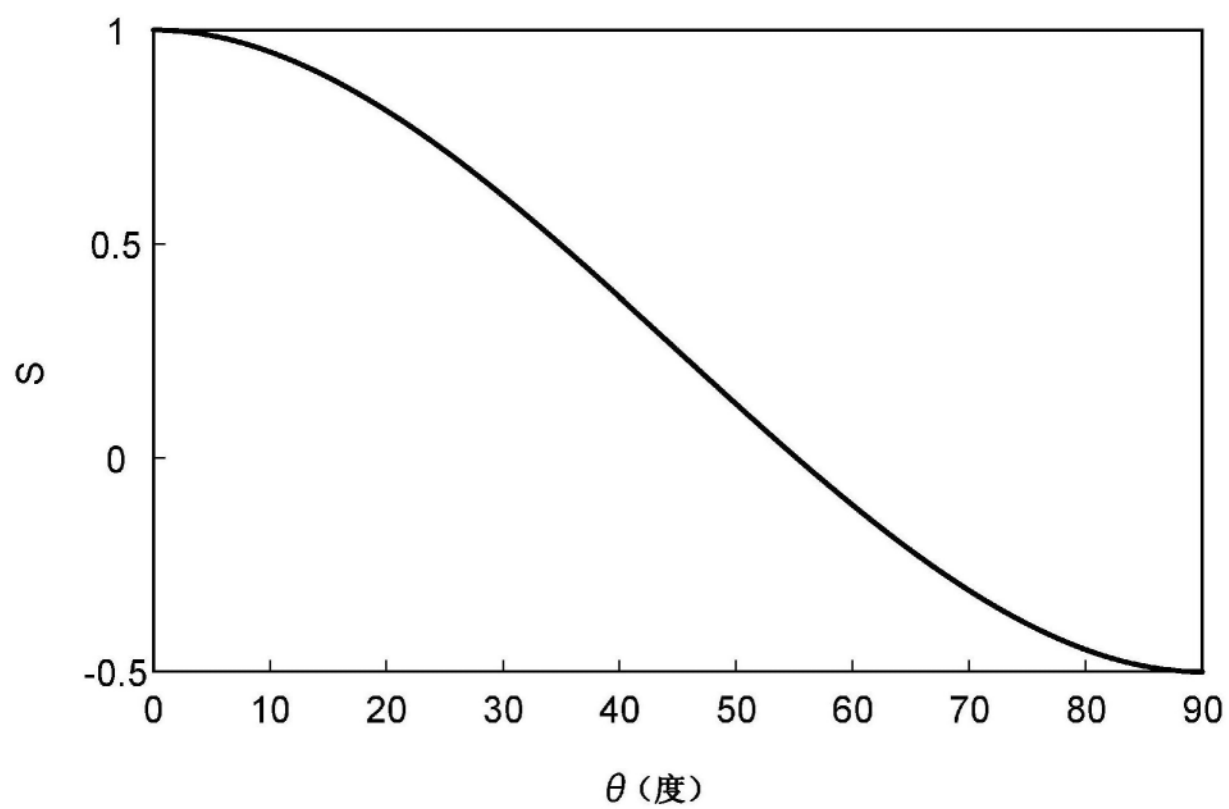


图12

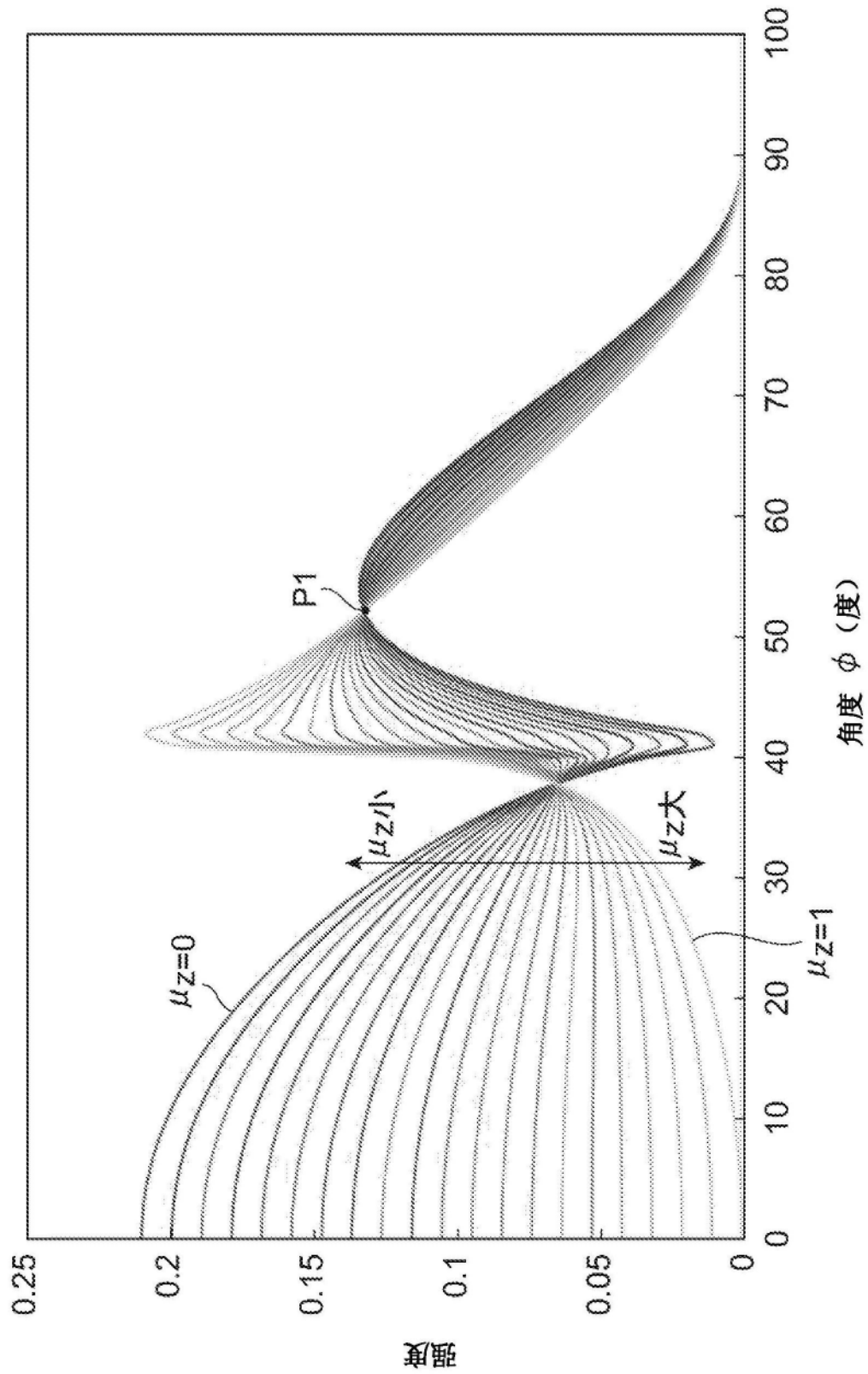


图13

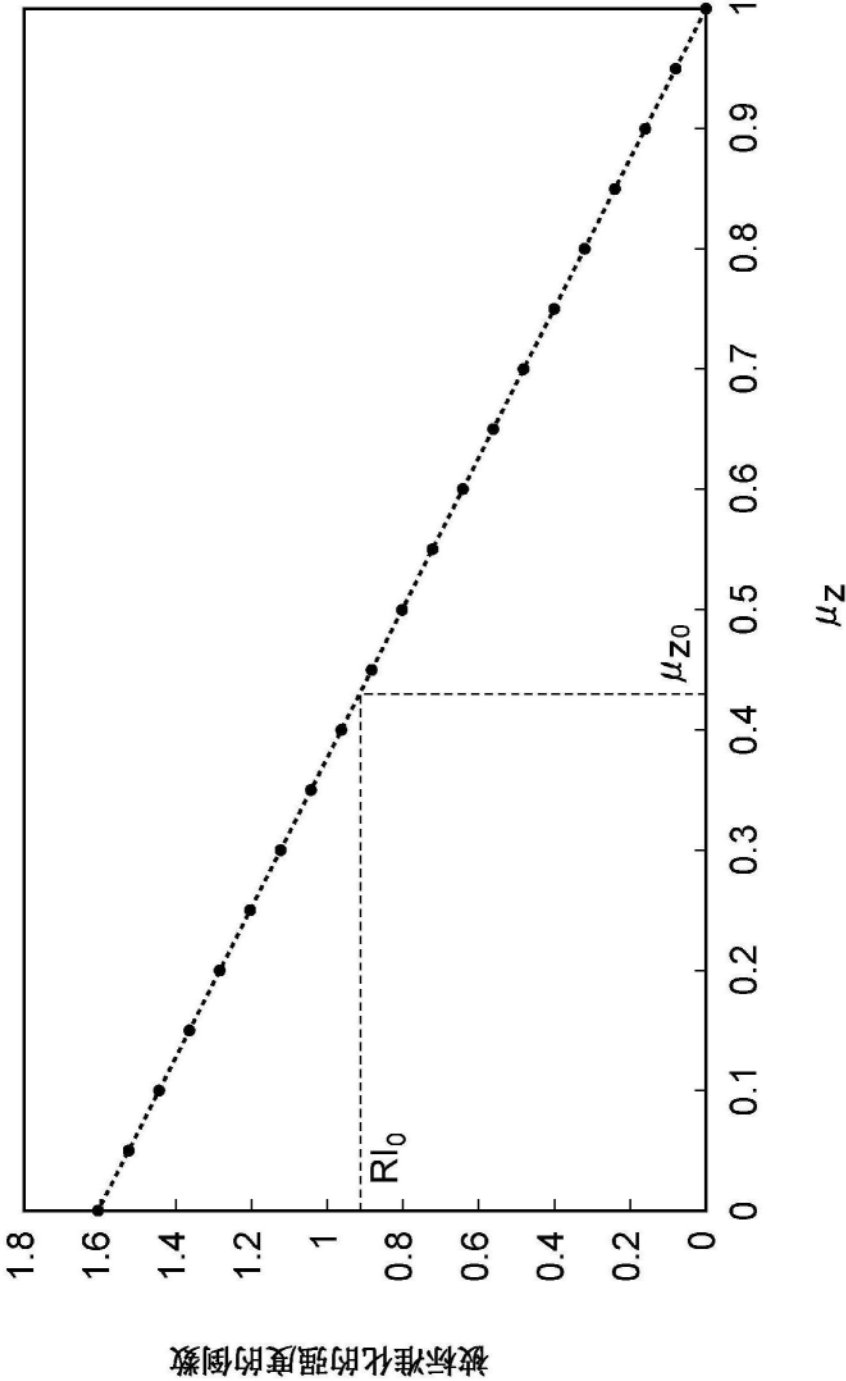


图14

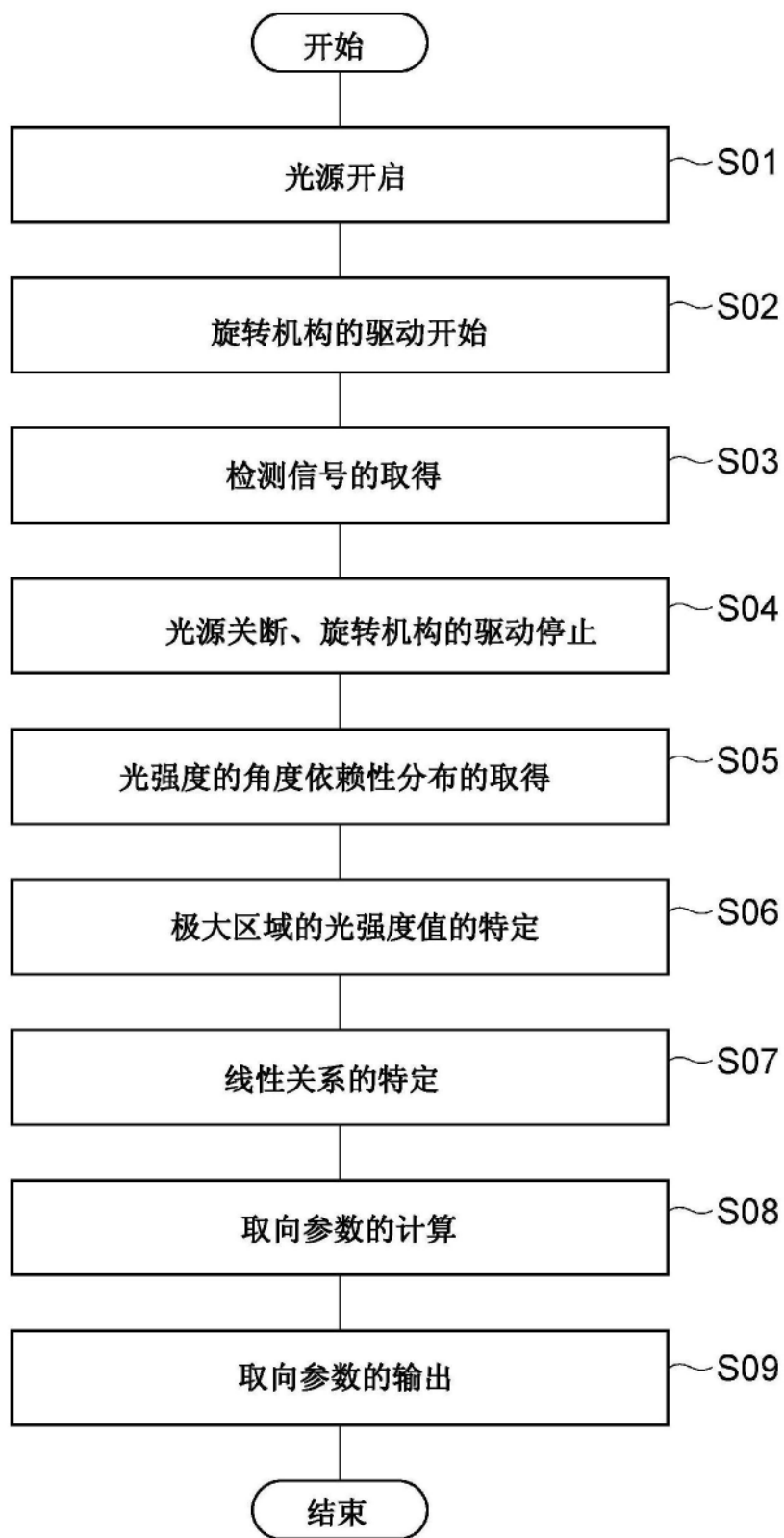


图15