



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102841052 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 26

(21) 申请号 201210211392. 7

(22) 申请日 2012. 06. 21

(30) 优先权数据

2011-141126 2011. 06. 24 JP

2011-141127 2011. 06. 24 JP

(71) 申请人 日本板硝子株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 福泽隆 田中裕之

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

(51) Int. Cl.

G01N 21/00 (2006. 01)

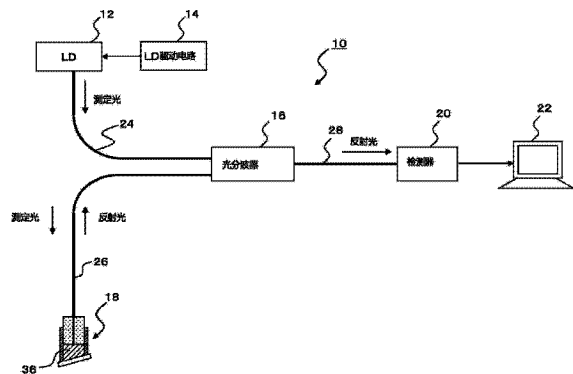
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 11 页

(54) 发明名称

固化度测定装置和固化度测定方法

(57) 摘要

本发明提供一种固化度测定装置和固化度测定方法。固化度测定装置包括：从前端面射出光的第 2 光纤；保持粘接剂的探头，在粘接剂与第 2 光纤的前端面接触的状态下对粘接剂照射光；检测器，检测在第 2 光纤的前端面与粘接剂的界面反射后，又返回到第 2 光纤的光；计算机，根据检测器的检测光量相对于从第 2 光纤的前端面射出的出射光量的比例，计算粘接剂的折射率。



1. 一种用于测定粘接剂的固化度的固化度测定装置,其特征在于,包括:  
从前端面射出光的光纤,  
保持所述粘接剂的探头,在所述粘接剂与所述光纤的前端面接触的状态下对所述粘接剂照射光,以及  
检测器,检测从所述光纤的前端面与所述粘接剂的界面返回到所述光纤的光。
2. 根据权利要求 1 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
还包括折射率计算部,根据用所述检测器检测到的检测光量相对于从所述光纤的前端面射出的出射光量的比例,算出所述粘接剂的折射率。
3. 根据权利要求 2 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
还包括记录部,记录由所述折射率计算部算出的折射率的时间变化。
4. 根据权利要求 1 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述光纤是单模光纤。
5. 根据权利要求 1 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述探头还包括设置在所述光纤的前端部的毛细管,和被插入所述毛细管的筒状构件;  
由所述筒状构件的内壁面、所述毛细管的前端面、以及所述光纤的前端面形成用于保持所述粘接剂的粘接剂保持空间。
6. 根据权利要求 5 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述探头还包括封入构件,所述封入构件用于在所述粘接剂保持空间内封入所述粘接剂,且所述封入构件的与所述光纤的前端面相对的面相对于该前端面成角度。
7. 根据权利要求 1 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述探头还包括毛细管,所述毛细管被设在所述光纤的前端部,且在前端部形成有用于保持所述粘接剂的凹部。
8. 一种用于测定粘接剂的固化度的固化度测定方法,其特征在于,包括:  
从光纤的前端面射出光的步骤,  
使光纤的前端面与粘接剂接触的步骤,以及  
检测从所述光纤的前端面与所述粘接剂的界面返回到所述光纤的光的步骤。
9. 根据权利要求 8 所述的固化度测定方法,其特征在于,  
还包括根据检测光量相对于从所述光纤的前端面射出的出射光量的比例,来计算所述粘接剂的折射率的步骤。
10. 根据权利要求 9 所述的固化度测定方法,其特征在于,  
还包括记录算出的折射率的时间变化的步骤。
11. 一种用于测定粘接剂的固化度的固化度测定装置,其特征在于,包括:  
从前端面射出光的光纤,  
可拆卸地与所述光纤连接的导光构件,在使光射出面与所述粘接剂接触的状态下对所述粘接剂照射光,以及  
检测器,检测从所述导光构件的光射出面与所述粘接剂的界面返回到所述导光构件的光。
12. 根据权利要求 11 所述的固化度测定装置,其特征在于,

所述导光构件具有与所述光纤的前端面连接的光纤片。

13. 根据权利要求 11 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述导光构件具有透镜,该透镜被形成使得从所述光纤入射的光作为平行光而射出。

14. 根据权利要求 11 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述导光构件具有透镜,该透镜被形成使得从所述光纤入射的光聚焦于光射出面。

15. 根据权利要求 11 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述导光构件具有导光体,所述导光体在使光射出面与所述粘接剂接触的状态下使入射的光照射于所述粘接剂,且所述导光体由具有与固化前的所述粘接剂大致相同折射率的材料形成。

16. 根据权利要求 15 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述导光构件还包括被设在所述光纤与所述导光体之间的透镜。

17. 根据权利要求 11 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
还包括折射率计算部,根据用所述检测器检测出的检测光量相对于从所述导光构件射出的出射光量的比例,算出所述粘接剂的折射率。

18. 根据权利要求 17 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
还包括记录部,记录由所述折射率计算部算出的折射率的时间变化。

19. 根据权利要求 11 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述光纤是单模光纤。

20. 根据权利要求 11 所述的固化度测定装置,其特征在于,  
所述导光构件具有用于保持所述粘接剂的粘接剂保持部。

21. 一种用于测定粘接剂的固化度的固化度测定方法,其特征在于,包括:  
使光纤的前端面与所述粘接剂接触的步骤,  
从光纤的前端面向所述粘接剂射出光的步骤,  
检测从所述光纤的前端面与所述粘接剂的界面返回到所述光纤的光的步骤,以及在测定固化度后,形成所述光纤的新的前端面的步骤。

22. 根据权利要求 21 所述的固化度测定方法,其特征在于,  
所述形成前端面的步骤包括:

切割所述光纤的步骤,和  
对经切割形成的新的前端面进行研磨的步骤。

## 固化度测定装置和固化度测定方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于测定粘接剂的固化度的装置和方法。

### 背景技术

[0002] 以往,在光学设备、电子设备的装配工序中,采用环氧系粘接剂等粘接剂。在使用这种粘接剂的生产工序中,出于(1)把握粘接剂凝固的温度和时间,确定固化的条件、(2)在粘接剂的批次变化时,确认是否在规定的温度·时间条件下如预想那样凝固、(3)在长期保管粘接剂时,确认是否在规定的温度·时间条件下如预想那样凝固等的目的,有必要对粘接剂的固化度进行测定。

[0003] 作为测定粘接剂的固化度的方法,已知有(1)FT-IR法(例如参照专利文献1)、(2)DSC法(例如参照专利文献2)、(3)利用显微硬度计测定固化度的方法(例如参照专利文献3)等。

[0004] (现有技术文献)

[0005] (专利文献)

[0006] 专利文献1:日本特开2007-248431号公报

[0007] 专利文献2:日本特开平2-229741号公报

[0008] 专利文献3:日本特开平3-105233号公报

[0009] 然而,FT-IR法需要制作改变了温度和时间条件的很多样品,并对所有这些样品进行测定,因此要花费很多时间和工夫。而且,测定装置也是高价的。另外,DSC法在试样调整、测定时需要花费时间,并且无法得知温度与固化时间的关系。另外,利用显微硬度计的方法需要制作改变了温度和时间条件的很多固化样品,并对所有样品进行测定,因此要花费很多时间和工夫。此外,存在难以将测定结果定量化的问题。

### 发明内容

[0010] 本发明是鉴于上述状况而完成的,其目的在于提供一种能够适当地测定粘接剂的固化度的装置和方法。

[0011] 为了解决上述课题,本发明一个方案的固化度测定装置是一种用于测定粘接剂的固化度的固化度测定装置,包括:从前端面射出光的光纤;保持粘接剂的探头,在粘接剂与光纤的前端面接触的状态下对粘接剂照射光;检测器,检测从光纤的前端面与粘接剂的界面返回到光纤的光;折射率计算部,根据用检测器检测到的检测光量相对于从光纤的前端面射出的出射光量的比例,算出粘接剂的折射率。

[0012] 光纤可以是单模光纤。

[0013] 探头可以还包括设置在光纤的前端部的毛细管,和被插入毛细管的筒状构件;由筒状构件的内壁面、毛细管的前端面、以及光纤的前端面形成用于保持粘接剂的粘接剂保持空间。

[0014] 探头可以还包括封入构件,所述封入构件用于在粘接剂保持空间内封入粘接剂,

且封入构件的与光纤的前端面相对的面相对于该前端面成角度。

[0015] 探头可以还包括设置在光纤的前端部的毛细管,且在前端部形成有用于保持粘接剂的凹部。

[0016] 可以还包括记录由折射率计算部算出的折射率的时间变化的记录部。

[0017] 本发明的另一方案是一种固化度测定方法。该方法用于测定粘接剂的固化度的固化度测定方法,包括:从光纤的前端面射出光的步骤;使光纤的前端面与粘接剂接触的步骤;检测从光纤的前端面与粘接剂的界面返回到光纤的光的步骤;根据检测光量相对于从光纤的前端面射出的出射光量的比例,来计算粘接剂的折射率的步骤。可以还包括对算出的折射率的时间变化进行记录的步骤。

[0018] 本发明的再一种方案是固化度测定装置。该装置是一种用于测定粘接剂的固化度的固化度测定装置,包括:从前端面射出光的光纤;可拆卸地与光纤连接的导光构件,在使光射出面与粘接剂接触的状态下对粘接剂照射光;检测器,检测从导光构件的光射出面与粘接剂的界面返回到导光构件的光。

[0019] 导光构件可以还包括与光纤的前端面连接的光纤片。

[0020] 导光构件可以还包括被形成得使从光纤入射的光作为平行光射出的透镜。

[0021] 导光构件可以还包括被形成得使从光纤入射的光聚焦在光射出面上的透镜。

[0022] 导光构件可以还包括导光体,以使光射出面与粘接剂接触的状态使入射的光照射于粘接剂,且该导光体由具有与固化前的粘接剂大致相同折射率的材料形成。

[0023] 导光构件可以还包括设在光纤和导光体之间的透镜。

[0024] 可以还包括折射率计算部,根据用检测器得到的检测光量与从导光构件射出的出射光量的比例,计算粘接剂的折射率。

[0025] 可以还包括对由折射率计算部算出的折射率的时间变化进行记录的记录部。进而,固化度测定装置可以包括计算机,其包含折射率计算部和记录折射率时间变化的记录部。

[0026] 光纤可以是单模光纤。

[0027] 导光构件可以还具有用于保持粘接剂的粘接剂保持部。

[0028] 本发明的再一个方案是一种固化度测定方法。该方法是一种用于测定粘接剂的固化度的固化度测定方法,包括:使光纤的前端面与粘接剂接触的步骤;从光纤的前端面向粘接剂射出光的步骤;检测从光纤的前端面与粘接剂的界面返回到光纤的光的步骤;以及在测定固化度后,形成光纤的新的前端的步骤。

[0029] 形成前端的步骤可以包括:切割光纤的步骤;对经切割形成的新的前端面进行研磨的步骤

#### 附图说明

[0030] 图1是用于说明本发明第1实施方式的固化度测定装置的图。

[0031] 图2是用于说明探头的构造的图。

[0032] 图3是表示计算机的功能块的图。

[0033] 图4是表示折射率的时间变化的一例的图。

[0034] 图5是表示折射率的时间变化的另一例的图。

- [0035] 图 6 是表示探头的变形例的图。
- [0036] 图 7 是表示探头的另一变形例的图。
- [0037] 图 8 的(a)和(b)是用于说明本发明第 2 实施方式的折射率测定装置的图。
- [0038] 图 9 是用于说明本发明第 3 实施方式的固化度测定装置的图。
- [0039] 图 10 是用于说明探头的构造的图。
- [0040] 图 11 是表示计算机的功能块的图。
- [0041] 图 12 是表示折射率的时间变化的一例的图。
- [0042] 图 13 是表示探头的变形例的图。
- [0043] 图 14 是表示探头的另一变形例的图。
- [0044] 图 15 是表示探头的再一变形例的图。
- [0045] 图 16 是表示探头的再一个变形例的图。
- [0046] 图 17 的(a)和(b)是用于说明本发明第 3 实施方式的固化度测定方法的图。
- [0047] 图 18 是用于说明本发明第 4 实施方式的固化度测定方法的图。

### 具体实施方式

[0048] 下面,用优选的实施方式来说明本发明。本实施方式并不是用来限制本发明,而是例示本发明。

[0049] 以下,对本发明实施方式的粘接剂的固化度测定装置进行说明。

[0050] (第 1 实施方式)

[0051] 图 1 是用于说明本发明第 1 实施方式的固化度测定装置 10 的图。如图 1 所示,固化度测定装置 10 具备激光二极管(LD:Laser Diode)12、用于驱动激光二极管 12 的 LD 驱动电路 14、光分波器 16、探头 18、检测器 20、连接激光二极管 12 和光分波器 16 的第 1 光纤 24、连接光分波器 16 和探头 18 的第 2 光纤 26、连接光分波器 16 和检测器 20 的第 3 光纤 28、与检测器 20 连接的计算机 22。固化度测定装置 10 是用于测定探头 18 中保持的粘接剂 36 的固化度的装置。

[0052] 激光二极管 12 是射出用于对粘接剂 36 照射的测定光的装置,例如可以使用发光中心波长为 1550nm 的激光二极管。激光二极管 12 射出的测定光的功率由 LD 驱动电路 14 来控制。

[0053] 由激光二极管 12 射出的测定光通过第 1 光纤 24 输入光分波器 16。作为第 1 光纤 24,优选使用单模光纤。

[0054] 光分波器 16 具有将从第 1 光纤 24 输入的光向第 2 光纤 26 输出、将从第 2 光纤 26 输入的光向第 3 光纤 28 输出的功能。因此,从激光二极管 12 介由第 1 光纤 24 向光分波器 16 输入的测定光经过第 2 光纤 26 传播,从设于第 2 光纤 26 前端的探头 18 射出。作为第 2 光纤 26,与第 1 光纤 24 一样优选使用单模光纤。

[0055] 图 2 是用于说明探头 18 的构造的图。如图 2 所示,探头 18 具备设于第 2 光纤 26 的前端部的毛细管 30、插入有毛细管 30 的筒状玻璃管 32、以及设于玻璃管 32 前端部的玻璃板 34。

[0056] 毛细管 30 是在中心设有微小的贯穿孔的圆柱状构件,在该贯穿孔中插通第 2 光纤 26。毛细管 30 的前端面和第 2 光纤 26 的前端面 26a 与第 2 光纤 26 的轴垂直状地平齐。

毛细管 30 插入到玻璃管 32 全长的一半左右为止。而且,由玻璃管 32 的内壁面、毛细管 30 的前端面、和第 2 光纤 26 的前端面 26a 形成用于保持粘接剂 36 的空间(称为“粘接剂保持空间”)33。玻璃板 34 被设成堵塞粘接剂保持空间 33 的开口的方式,在粘接剂保持空间 33 内封入粘接剂 36。

[0057] 在本实施方式中,在粘接剂保持空间 33 内填充有粘接剂 36。因此,第 2 光纤 26 的前端面 26a 与粘接剂 36 接触。在该状态下,从第 2 光纤 26 的前端面 26a 向粘接剂 36 照射测定光。该测定光在粘接剂 36 与第 2 光纤 26 的前端面 26a 的界面反射后,再从前端面 26a 向第 2 光纤 26 的核心入射。从粘接剂 36 与前端面 26a 的界面返回第 2 光纤 26 的反射光被输入到光分波器 16。

[0058] 这里,在本实施方式中,玻璃板 34 的与第 2 光纤 26 的前端面 26a 相对的面,与第 2 光纤 26 的前端面 26a 成角度。这是为了防止在透过粘接剂 36 后由玻璃板 34 反射的光返回到第 2 光纤 26 的核心。

[0059] 返回图 1,光分波器 16 将从第 2 光纤 26 输入的反射光向第 3 光纤 28 输出。作为第 3 光纤 28,与第 1 光纤 24 和第 2 光纤 26 同样地,优选使用单模光纤。

[0060] 检测器 20 检测从第 3 光纤 28 输入的反射光的光量,向计算机 22 输出。作为检测器 20,光电二极管等是适合使用的。

[0061] 图 3 表示计算机 22 的功能块。如图 3 所示,计算机 22 具备反射率计算部 40、折射率计算部 45、和折射率记录部 46。应予说明的是,在本说明书中示出的各块,在硬件方面,可以由以计算机的 CPU 为代表的元件、机械装置实现,在软件方面,可由计算机程序等来实现,但此处,描绘了由它们协作实现的功能块。因此,这些功能块可以通过硬件、软件的组合以各种形态来实现,这点对于本领域技术人员来讲是可理解的。

[0062] 向反射率计算部 40 输入由检测器 20 检测出的反射光的光量。此外,向反射率计算部 40 输入来自第 2 光纤 26 的前端面 26a 的出射光量(测定光的光量)。该出射光量可以根据激光二极管 12 的驱动电流求得。另外,在注入粘接剂 36 之前,可以预先测定来自前端面 26a 的出射光量。

[0063] 反射率计算部 40 计算由检测器 20 检测到的检测光量 I2 相对于来自第 2 光纤 26 前端面 26a 的出射光量 I1 的比例,即粘接剂 36 与第 2 光纤 26 的前端面 26a 的界面的反射率 BR。将反射率 BR 的计算式示于下述式(1)。

[0064] (式 1)

$$[0065] \quad BR = 10 \log_{10} \frac{I_2}{I_1} \quad \dots (1)$$

[0066] 折射率计算部 45 基于由反射率计算部 40 算出的反射率 BR,计算粘接剂 36 的折射率 n。将粘接剂 36 的折射率 n 的计算式示于下述式(2)。式(2)可以通过将菲涅尔反射公式变形而导出。

[0067] (式 2)

$$[0068] \quad n = \frac{1 + \sqrt{10 \frac{BR}{10}}}{1 - \sqrt{10 \frac{BR}{10}}} \times n' \quad \dots (2)$$

[0069] 在式(2)中,n' 是第 2 光纤 26 的核心的折射率。

[0070] 折射率记录部 46 记录由折射率计算部 45 算出的折射率的时间变化。折射率记录部 46 既可以将记录的折射率的时间变化输出到纸媒,也可以在显示器上显示。通过得到该折射率的时间变化,可以知晓粘接剂 36 的固化度。

[0071] 图 4 表示折射率的时间变化的一例。图 4 表示了使用了 Epoxy Technology 公司的粘接剂 EPO-TEK® 353ND (以下称作粘接剂 1) 作为粘接剂时得到的折射率的时间变化。在图 4 中,纵轴是折射率,横轴是从固化开始的时间(分钟)。粘接剂 1 的标准固化条件是 80°C -30 分钟、100°C -10 分钟、120°C -5 分钟、150°C -1 分钟。

[0072] 如图 2 所示,在探头 18 的粘接剂保持空间 33 中封入粘接剂 1 后,将探头 18 放入升温到预定温度的炉中,测定随时间经过的折射率变化。在图 4 中,点划线 41 表示炉温度 =80°C 时的折射率的时间变化。此外,短划虚线 42 表示炉温度 =90°C 时的折射率的时间变化。此外,虚线 43 表示炉温度 =100°C 时的折射率的时间变化。此外,实线 44 表示炉温度 =120°C 时的折射率的时间变化。需要说明的是,第 1 ~ 第 3 光纤是单模光纤,核心的折射率  $n'$  为 1.46。

[0073] 在图 4 中,由各曲线 41 ~ 44 可知,折射率暂时下降后,又随时间的经过而上升,当过了一定时间时,折射率变为恒定。从固化开始到折射率达到恒定为止的时间按照各曲线而不同。在折射率达到恒定的时间点测定粘接剂 1 的固化度后发现,达到了预定的固化度。因此,可以将从固化开始到折射率变为恒定的时间判断为粘接剂 1 的固化完成时间。从图 4 求得的固化完成时间与上述的标准固化条件基本一致。

[0074] 图 5 表示折射率的时间变化的另一例。图 5 表示使用了 Epoxy Technology 公司的粘接剂 EPO-TEK® 301-2 (以下称为粘接剂 2) 作为粘接剂时得到的折射率的时间变化。粘接剂 2 的标准固化条件的 80°C -3 小时。

[0075] 与粘接剂 1 的情况一样,在探头 18 的粘接剂保持空间 33 中封入粘接剂 2 后,将探头 18 放入升温到预定温度的炉中,测定随时间经过的折射率变化。在图 5 中,曲线 51 表示炉温度 =80°C 时的折射率的时间变化。

[0076] 如图 5 所示,曲线 51 表示的折射率暂时下降后,又随时间的经过而上升,当从固化开始经过约 65 分钟时,折射率成为恒定。在折射率达到恒定的时间点测定粘接剂 2 的固化度后发现,达到了预定的固化度。因此,可以将从固化开始至折射率变成恒定的时间判断为粘接剂 2 的固化完成时间。

[0077] 如以上所示,若利用本实施方式的固化度测定装置 10 测定粘接剂的折射率的时间变化,能够精度良好地测定粘接剂的固化完成时间。此外,通过固化度测定装置 10,能够测定粘接剂的固化度的时间变化,因此可以得到例如想要使粘接剂固化约固化度的 50% 需要多少时间这样的信息。

[0078] 如上述那样,作为探头 18 中使用的第 2 光纤 26,优选使用单模光纤。单模光纤的核径较小,在 10  $\mu$ m 以下,因此在第 2 光纤 26 的前端面 26a 与粘接剂 36 的界面反射的光以外的光(一度进入粘接剂 36 内部而漫反射的光等)难以进入核心。因此,能够稳定地测定粘接剂 36 的折射率。

[0079] 在上述的实施方式中,是使用玻璃板 34 将粘接剂 36 封入粘接剂保持空间 33 内的,但若能够以粘接剂保持空间 33 的开口面朝向铅直上方的状态设置探头 18,则可以不用设置玻璃板 34 地维持第 2 光纤 26 的前端面 26a 和粘接剂相接触的状态。



[0080] 图 6 表示探头 18 的变形例。在本变形例中,在第 2 光纤 26 的前端部也设有毛细管 30。而且,在毛细管 30 的前端部形成有用于保持粘接剂 36 的凹部 37。第 2 光纤 26 的前端面 26a 向凹部 37 的内部空间露出。例如,凹部 37 的最下面和第 2 光纤 26 的前端面 26a 可以设为齐平。

[0081] 在如上述那样形成的探头 18 中,在凹部 37 内注入粘接剂 36 后,第 2 光纤 26 的前端面 26a 与粘接剂 36 接触。因此,同在图 2 中说明的探头一样,能够检测在第 2 光纤 26 的前端面 26a 与粘接剂 36 的界面处反射的光。

[0082] 图 7 表示探头 18 的另一变形例。本变形例的探头 18 采用在第 2 光纤 26 的前端部设有毛细管 30 的构成。毛细管 30 的前端面与第 2 光纤 26 的前端面 26a 被设为齐平。

[0083] 本变形例的探头 18 例如可以用于测定放置于玻璃板 39 上的粘接剂 36 的固化度。在本变形例中,配置探头 18 使得第 2 光纤 26 的前端面 26a 与粘接剂 36 接触,由此可以对在第 2 光纤 26 的前端面 26a 与粘接剂 36 的界面处反射的光进行检测。

[0084] 在本变形例中,玻璃板 39 优选与第 2 光纤 26 的前端面 26a 成角度。这是为了防止由玻璃板 39 反射的光返回到第 2 光纤 26 的核心。

[0085] (第 2 实施方式)

[0086] 图 8 的(a)和(b)是用于说明本发明第 2 实施方式的折射率测定装置的图。该实施方式的折射率测定装置是用于测定物质的绝对折射率的装置。

[0087] 本实施方式的折射率测定装置具有与图 1 示出的固化度测定装置 10 类似的构成。在本实施方式中,探头 18 采用在第 2 光纤 26 的前端部设有毛细管 30 的构成。将毛细管 30 的前端面与第 2 光纤 26 的前端面 26a 设为齐平。以下,对使用了本实施方式的折射率测定装置的绝对折射率的测定方法进行说明。

[0088] 首先,如图 8 的(a)所示,使第 2 光纤 26 的前端面 26a 与绝对折射率已知的物质 M1 接触,并照射测定光。物质 M1 例如可以是空气(绝对折射率=1)或水(绝对折射率=1.33)。然后,用检测器(未图示)对从物质 M1 与前端面 26a 的界面返回到第 2 光纤 26 的反射光进行检测。

[0089] 当将第 2 光纤 26 的核心的绝对折射率设为  $n_c$ 、物质 M1 的绝对折射率设为  $n_1$ 、测定光的光量设为  $I_0$  时,反射光的光量  $I_1$  根据菲涅尔反射公式而如下式(3)这样表示。

[0090] (式 3)

$$[0091] \quad I_1 = \left( \frac{n_c - n_1}{n_c + n_1} \right)^2 \times I_0 \quad \dots (3)$$

[0092] 因此,若测定反射光的光量  $I_1$ ,则可以从下式(4)求出测定光的光量  $I_0$ 。

[0093] (式 4)

$$[0094] \quad I_0 = \frac{I_1}{\left( \frac{n_c - n_1}{n_c + n_1} \right)^2} \quad \dots (4)$$

[0095] 接着,如图 8 的(b)所示,将与照射到物质 M1 相同光量  $I_0$  的测定光照射到绝对折射率未知的物质 M2 上。当将物质 M2 的绝对折射率设为  $n_2$ 、反射光的光量设为  $I_2$  时,根据菲涅尔反射公式,下述式(5)成立。

[0096] (式 5)

$$[0097] \quad I_2 = \left( \frac{nc - n_2}{nc + n_2} \right)^2 \times I_0 \quad \dots (5)$$

[0098] 因此,若测定从物质 M2 与前端面 26a 的界面返回到第 2 光纤 26 的反射光的光量 I<sub>2</sub>,则可以从式(5) 求出物质 M2 的绝对折射率 n<sub>2</sub>。

[0099] 在混有多种填料的粘接剂的情况下,有时从光纤出来的光会因填料而发生漫反射,其中一部分返回到光纤。在该情况下,在未固化度下检测光量会有偏差,但随着固化,偏差会减少。因此,只要根据检测光量的偏差消失来判定粘接剂的固化度即可。

[0100] 此外,在上述第 1 和第 2 实施方式中,是通过获得折射率的时间变化来测定粘接剂的固化度的,而通过获得从光纤的前端面与粘接剂的界面返回到光纤的光的时间变化,也能测定粘接剂的固化度。

[0101] (第 3 实施方式)

[0102] 图 9 是用于说明本发明第 3 实施方式的固化度测定装置的图。如图 9 所示,固化度测定装置 1010 具备:激光二极管(LD:Laser Diode)1012、用于驱动激光二极管的 LD 驱动电路 1014、光分波器 1016、探头 1018、检测器 1020、连接激光二极管 1012 和光分波器 1016 的第 1 光纤 1024、连接光分波器 1016 和探头 1018 的第 2 光纤 1026、连接光分波器 1016 和检测器 1020 的第 3 光纤 1028、与检测器 1020 连接的计算机 1022。固化度测定装置 1010 是用于测定玻璃板 1039 上放置的粘接剂 1036 的固化度的装置。

[0103] 激光二极管 1012 是射出用于照射粘接剂 1036 的测定光的装置,例如可以使用发光中心波长为 1550nm 的激光二极管。激光二极管 1012 射出的测定光的功率由 LD 驱动电路 1014 来控制。

[0104] 由激光二极管 1012 射出的测定光通过第 1 光纤 1024 后输入到光分波器 1016。作为第 1 光纤 1024,优选使用单模光纤。

[0105] 光分波器 1016 具有将从第 1 光纤 1024 输入的光向第 2 光纤 1026 输出、将从第 2 光纤 1026 输入的光向第 3 光纤 1028 输出的功能。因此,从激光二极管 1012 经由第 1 光纤 1024 向光分波器 1016 输入的测定光经过第 2 光纤 1026 传播后,从设于第 2 光纤 1026 前端的探头 1018 射出。作为第 2 光纤 1026,与第 1 光纤 1024 一样优选使用单模光纤。

[0106] 图 10 是用于说明探头的构造的图。如图 10 所示,探头 1018 具备设于第 2 光纤 1026 的前端部的毛细管 1030、设于毛细管 1030 前方的导光构件 1034、连接毛细管 1030 和导光构件 1034 的对开套筒 1031。

[0107] 毛细管 1030 是在中心设有微小的贯穿孔的圆柱状构件,在该贯穿孔中插通有第 2 光纤 1026。为了抑制在与导光构件 1034 的连接点处反射的光返回到第 2 光纤 1026,将第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 设为与第 2 光纤 1026 的轴成倾斜面。此外,毛细管 1030 的前端面与第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 平齐地形成倾斜面。

[0108] 导光构件 1034 具备光纤片 1032 和毛细管片 1033。作为光纤片 1032,优选使用单模光纤。在这种情况下,基于连接效率的观点,优选光纤片 1032 使用与第 2 光纤 1026 同样的光纤。毛细管片 1033 是在中心设有微小的贯穿孔的圆柱状构件,在该贯穿孔中插通光纤片 1032。与第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 连接的光纤片 1032 的第 1 端面 1032a 被与第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 对应地形成倾斜面。此外,与毛细管 1030 的前端面相对的毛

细管片 1033 的第 1 端面被形成为倾斜面,使得与光纤片 1032 的第 1 端面 1032a 齐平。此外,光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 和毛细管片 1033 的第 2 端面,与光纤片 1032 的轴成垂直状相齐平地形成。

[0109] 毛细管 1030 和毛细管片 1033 被插入对开套筒 1031 内。利用该对开套筒 1031,使带有毛细管 1030 的光纤片 1032 与第 2 光纤 1026 可拆卸地连接。在连接状态下,第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 与光纤片 1032 的第 1 端面 1032a 抵接,从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 射出的测定光从光纤片 1032 的第 1 端面 1032a 入射到光纤内,并从相反侧的第 2 端面 1032b 射出。

[0110] 在测定粘接剂 1036 的固化度后,探头 1018 被配置成光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 与粘接剂 1036 相接触的方式。在该状态下,从光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 向粘接剂 1036 照射测定光。该测定光在粘接剂 1036 与光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 的界面处反射后,再从第 2 端面 1032b 入射到光纤片 1032 的核心。从粘接剂 1036 与第 2 端面 1032b 的界面返回到光纤片 1032 的反射光经由第 2 光纤 1026 而被输入到光分波器 1016。

[0111] 应予说明的是,放置有粘接剂 1036 的玻璃板 1039 优选与光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 成角度。这是为了防止透过粘接剂 1036 后在玻璃板 1039 处反射的光返回到光纤片 1032。

[0112] 返回图 9,光分波器 1016 使从第 2 光纤 1026 输入的反射光向第 3 光纤 1028 输出。作为第 3 光纤 1028,与第 1 光纤 1024 和第 2 光纤 1026 一样,优选使用单模光纤。

[0113] 检测器 1020 对从第 3 光纤 1028 输入的反射光的光量进行检测,并输出到计算机 1022。作为检测器 1020,优选使用光电二极管等。

[0114] 图 11 表示计算机的功能块。如图 11 所示,计算机 1022 具备反射率计算部 1040、折射率计算部 1045、和折射率记录部 1046。应予说明的是,在本说明书中示出的各块,在硬件方面,可以由以计算机的 CPU 为代表的元件、机械装置实现,在软件方面,可由计算机程序等来实现,但此处,描绘了由它们协作实现的功能块。因此,这些功能块可以通过硬件、软件的组合以各种形态来实现,这点对于本领域技术人员来讲是可理解的。

[0115] 向反射率计算部 1040 输入由检测器 1020 检测的反射光的光量。此外,向反射率计算部 1040 输入从光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 的出射光量(测定光的光量)。该出射光量可以从激光二极管 1012 的驱动电流求得。另外,也可以在测定前预先测定从第 2 端面 1032b 的出射光量。

[0116] 反射率计算部 1040 计算由检测器 1020 检测出的检测光量 I2 相对于从光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 射出的出射光量 I1 的比例,即粘接剂 1036 与第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 的界面处的反射率 BR。反射率 BR 的计算式示于下述式(6)。

[0117] (式 6)

$$[0118] \quad BR = 10 \log_{10} \frac{I_2}{I_1} \quad \dots (1)$$

[0119] 折射率计算部 1045 基于由反射率计算部 1040 算出的反射率 BR,计算粘接剂 1036 的折射率 n。将粘接剂 1036 的折射率 n 的计算式示于下述式(7)。式(7)可以通过将菲涅尔反射公式变形而导出。

[0120] 在(7)式中,n' 是第 2 光纤 1026 的核心的折射率。

[0121] (式 7)

$$[0122] \quad n = - \frac{1 + \sqrt{10 \frac{BR}{10}}}{1 - \sqrt{10 \frac{BR}{10}}} \times n' \quad \dots (2)$$

[0123] 折射率记录部 1046 记录由折射率计算部 1045 算出的折射率的时间变化。折射率记录部 1046 既可以将记录的折射率的时间变化输出到纸媒,也可以在显示器上显示。通过得到该折射率的时间变化,可以知晓粘接剂 1036 的固化度。

[0124] 图 12 表示折射率的时间变化的一例。图 12 表示了使用 Epoxy Technology 公司的粘接剂 EPO-TEK® 353ND(以下、粘接剂 1)作为粘接剂时得到的折射率的时间变化。在图 12 中,纵轴是折射率,横轴是从固化开始的时间(分钟)。粘接剂 1 的标准固化条件是 80°C -30 分钟、100°C -10 分钟、120°C -5 分钟、150°C -1 分钟。

[0125] 如图 10 所示,在对粘接剂 1036 配置探头 1018 后,将探头 1018 和粘接剂 1036 放入升温到预定温度的炉中,测定随时间经过的折射率变化。在图 12 中,点划线 1041 表示炉温度 =80°C 时的折射率的时间变化。此外,短划虚线 1042 表示炉温度 =90°C 时的折射率的时间变化。此外,虚线 1043 表示炉温度 =100°C 时的折射率的时间变化。此外,实线 1044 表示炉温度 =120°C 时的折射率的时间变化。需要说明的是,第 1 ~ 第 3 光纤和光纤片是单模光纤,核心的折射率  $n'$  是 1.46。

[0126] 在图 12 中,各线 1041 ~ 1044 的折射率暂时下降后,又随着时间的经过而上升,经过了一定时间后,折射率变为恒定。从固化开始至折射率达到恒定的时间按照各曲线而不同。在折射率达到恒定的时间点测定粘接剂 1 的固化度后发现,已达到预定的固化度。因此,可以从固化开始至折射率达到恒定的时间判断为粘接剂 1 的固化完成时间。从图 12 求得的固化完成时间与上述的标准固化条件基本一致。

[0127] 如以上这样,根据第 3 实施方式的固化度测定装置 1010,能够通过测定粘接剂的折射率的时间变化而精度良好地测定粘接剂的固化完成时间。此外,通过固化度测定装置 1010,能够测定粘接剂的固化度的时间变化,因此能够得到例如想要使粘接剂固化约固化度的 50% 需要多少时间这样的信息。

[0128] 此外,第 3 实施方式的固化度测定装置 1010 具有以下这样的优点。若使第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 直接与粘接剂 1036 接触来测定固化度,则会因粘接剂 1036 的固化而使得前端面 1026a 与粘接剂 1036 粘接,故若在测定后还测定其他粘接剂的固化度,需要连第 2 光纤 1026 一起更换。然而,在本实施方式中,由于可以将与粘接剂 1036 粘接的导光构件 1034 从探头 1018 拆下,故在要测定其他粘接剂的固化度时,仅更换导光构件 1034 即可。因此,利用本实施方式的固化度测定装置 1010,可以廉价且简易地测定多个粘接剂的固化度。

[0129] 如上述那样,作为导光构件 1034 中使用的光纤片 1032,优选使用单模光纤。单模光纤由于核径小,为 10  $\mu$  m 以下,因此在光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 和粘接剂 1036 之间的界面反射的光以外的光(一旦进入粘接剂 36 内部而漫反射的光等)难以进入核心。因此,可以稳定地测定粘接剂 1036 的折射率。

[0130] 图 13 表示探头的变形例。本变形例的探头 1018 在还具备用于保持粘接剂 1036 的

粘接剂保持部 1038 这一点上不同于图 10 示出的探头。该粘接剂保持部 1038 具备插入在毛细管片 1033 的前端部中的筒状玻璃管 1035、和设于玻璃管 1035 的前端部的玻璃板 1037。

[0131] 毛细管片 1033 插入到直到玻璃管 1035 全长的中途。通过玻璃管 1035 的内壁面、毛细管片 1033 的前端面、和光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 形成用于保持粘接剂 1036 的空间(称为“粘接剂保持空间”) 1047。玻璃板 1037 被设置成堵塞粘接剂保持空间 1047 的开口,在粘接剂保持空间 1047 内封入粘接剂 1036。

[0132] 在本变形例中,在粘接剂保持空间 1047 内填充粘接剂 1036。因此,光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 与粘接剂 1036 接触。在该状态下,从光纤片 1032 的第 2 端面 1032b 向粘接剂 1036 照射测定光。该测定光从粘接剂 1036 与第 2 端面 1032b 的界面返回到光纤片 1032,并介由第 2 光纤 1026 输入到光分波器 1016。

[0133] 按照本变形例,可以将粘接剂 1036 保持在探头 1018 中来进行测定,因此探头 1018 的操作变得容易。

[0134] 图 14 表示探头的另一变形例。图 14 示出的探头 1018 具备透镜 1050 作为将来自第 2 光纤 1026 的测定光导向粘接剂 1036 的导光构件,在这一点上不同于图 10 示出的探头。透镜 1050 以入射面与第 2 光纤 26 的前端面 1026a 抵接的方式配置。透镜 1050 的入射面与毛细管 1030 的前端面和第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 相对应地被形成为倾斜面。

[0135] 形成透镜 1050 使得从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 入射的测定光作为平行光而射出。从透镜 1050 射出的平行光在从透镜 1050 与粘接剂 1036 的界面返回到透镜 1050 后,介由第 2 光纤 1026 向检测器 1020 输入。

[0136] 在本变形例中,由于可以将与粘接剂 1036 粘接的透镜 1050 从探头 1018 拆下,因此在测定其他粘接剂的固化度时,仅更换透镜 1050 即可。由此,可以廉价且简易地测定多个粘接剂的固化度。

[0137] 图 15 表示探头的再一种变形例。图 15 示出的探头 1018 具备透镜 1051 作为将来自第 2 光纤 1026 的测定光导向粘接剂 1036 的导光构件,在这一点上不同于图 10 示出的探头。配置透镜 1051 使得其入射面与第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 抵接。透镜 1051 的入射面与毛细管 1030 的前端面和第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 相对应地被形成为倾斜面。

[0138] 形成透镜 1051 使得从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 入射的测定光聚焦于光射面上。从透镜 1051 射出的测定光在从透镜 1051 与粘接剂 1036 的界面返回到透镜 1051 后,介由第 2 光纤 1026 向检测器 1020 输入。

[0139] 在本变形例中,由于可以将与粘接剂 1036 粘接的透镜 1051 从探头 1018 拆下,因此在测定其他粘接剂的固化度时,仅更换透镜 1051 即可。由此,可以廉价且简易地测定多个粘接剂的固化度。

[0140] 图 16 表示探头的再一种变形例。图 16 示出的探头 1018 具备透镜 1052 和导光体 1054 作为将来自第 2 光纤 1026 的测定光导向粘接剂 1036 的导光构件,在这一点上不同于图 10 示出的探头。

[0141] 透镜 1052 以入射面与第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 抵接的方式配置。透镜 1052 和毛细管 1030 通过对开套筒 1031 而连接。透镜 1052 的入射面与毛细管 1030 的前端面和第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 相对应地形成成为倾斜面。透镜 1052 将从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 入射的光变为平行光。透镜 1052 如图 16 所示那样被形成,使得从第 2 光纤

1026 的前端面 1026a 入射的测定光从导光体 1054 的光射出面作为平行光而射出。

[0142] 导光体 1054 以入射面与透镜 1052 的光射出面抵接的方式配置。该导光体 1054 是形成为棒状的导光体,利用对开套筒 1053 与透镜 1052 可拆卸地连接。为了防止反射,透镜 1052 和导光体 1054 的连接面被设为倾斜面。该导光体 1054 由具有与固化前的粘接剂 1036 大致相同折射率的材料形成。在测定粘接剂 1036 的固化度的情况下,导光体 1054 的光射出面与粘接剂 1036 接触,在该状态下从透镜 1052 入射的光照射在粘接剂 1036 上。在粘接剂 1036 固化前,导光体 1054 的折射率和粘接剂 1036 的折射率大致相同,因此几乎不存在从导光体 1054 与粘接剂 1036 的界面返回到第 2 光纤 1026 的反射光。然而,如果粘接剂 1036 固化而折射率变化,则产生从导光体 1054 与粘接剂 1036 的界面返回到第 2 光纤 1026 的反射光。因此,通过检测该反射光,可以精度良好地检测粘接剂 1036 的固化度。

[0143] 在本变形例中,由于可以将与粘接剂 1036 粘接的导光体 1054 从探头 1018 拆下,因此在测定其他粘接剂的固化度时,仅更换导光体 1054 即可。由此,可以廉价且简易地测定多个粘接剂的固化度。

[0144] 图 17 的(a)和(b)是用于说明本发明第 3 实施方式的固化度测定方法的图。在本方法中,首先,如图 17 的(a)所示,使第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 与粘接剂 1036 接触,在该状态下从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 向粘接剂 1036 射出测定光。然后,使用检测器 1020,对从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 与粘接剂 1036 的界面返回到第 2 光纤 1026 的测定光进行检测。在测定粘接剂 1036 的固化度后,将与粘接剂 1036 粘接的第 2 光纤 1026 的前端部用光纤切割机等切割掉。然后,将新形成的第 2 光纤 1026 的前端面 1026b 进行研磨,以备接下来的测定使用。

[0145] 按照本固化度测定方法,将与粘接剂粘接的第 2 光纤 1026 的前端部在固化度测定后切下,从而可以形成用于测定其他粘接剂的固化度的新的前端面。按照本方法,不需要导光构件等光学元件,因此可以更加廉价地测定粘接剂的固化度。

[0146] (第 4 实施方式)

[0147] 图 18 是用于说明本发明第 4 实施方式的固化度测定方法的图。首先,在本方法中,如图 18 所示那样,使用在与前端面 1026a 相反侧的端部设有连接器 1055 的第 2 光纤 1026。连接器 1055 既可以直接与光分波器 1016 连接,也可以与连接于光分波器 1016 的中继用光纤连接。

[0148] 在本方法中,首先如图 18 所示那样使第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 与粘接剂 1036 接触,在该状态下从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 向粘接剂 1036 射出测定光。然后,使用检测器 1020,对从第 2 光纤 1026 的前端面 1026a 与粘接剂 1036 的界面返回到第 2 光纤 1026 的光进行检测。在测定粘接剂 1036 的固化度后,将与粘接剂 1036 粘接的第 2 光纤 1026 从光分波器 1016 拆下。然后,将其它的第 2 光纤与光分波器 1016 连接,以备之后的测定使用。

[0149] 根据本固化度测定方法,通过更换与粘接剂粘接的第 2 光纤 1026 整体,可以比图 17 中说明的方法更为简易地测定粘接剂的固化度。

[0150] 在上述的第 3 和第 4 实施方式中,是通过获得折射率的时间变化来测定粘接剂的固化度的,但通过获得从导光构件与粘接剂的界面返回到光纤的光的时间变化,也能测定粘接剂的固化度。

[0151] 以上基于实施方式说明了本发明。该实施方式为例示,其各构成要素、各处理工艺的组合可以有各种变形例,而且这样的变形例也包含在本发明的范围内,这点本领域技术人员是可以理解的。

[0152] 例如,可以使激光二极管以 100Hz ~ 10kHz 左右的频率闪烁,仅检测该频率分量的反射光。例如,在检测器中设置锁定电路,与激光二极管 1012 的闪烁同步地检测反射光。可以不受扰乱光影响地进行更高灵敏度的测定。

[0153] 此外,也可以对激光二极管射出的测定光的一部分进行监视,用测定光的光量变动的影响来抵消检测光量变动的量。在该情况下,可以进行更高精度的折射率测定。

[0154] 另外,在上述实施方式中,作为光源使用了激光二极管(LD),但作为光源也可以使用发光二极管(LED:Light Emitting Diode)。

[0155] 另外,在上述实施方式中,是将本发明适用于粘接剂的固化度测定装置的,但本发明也可以适用于伴有体积收缩反应的随时间变化的情况的测定中。

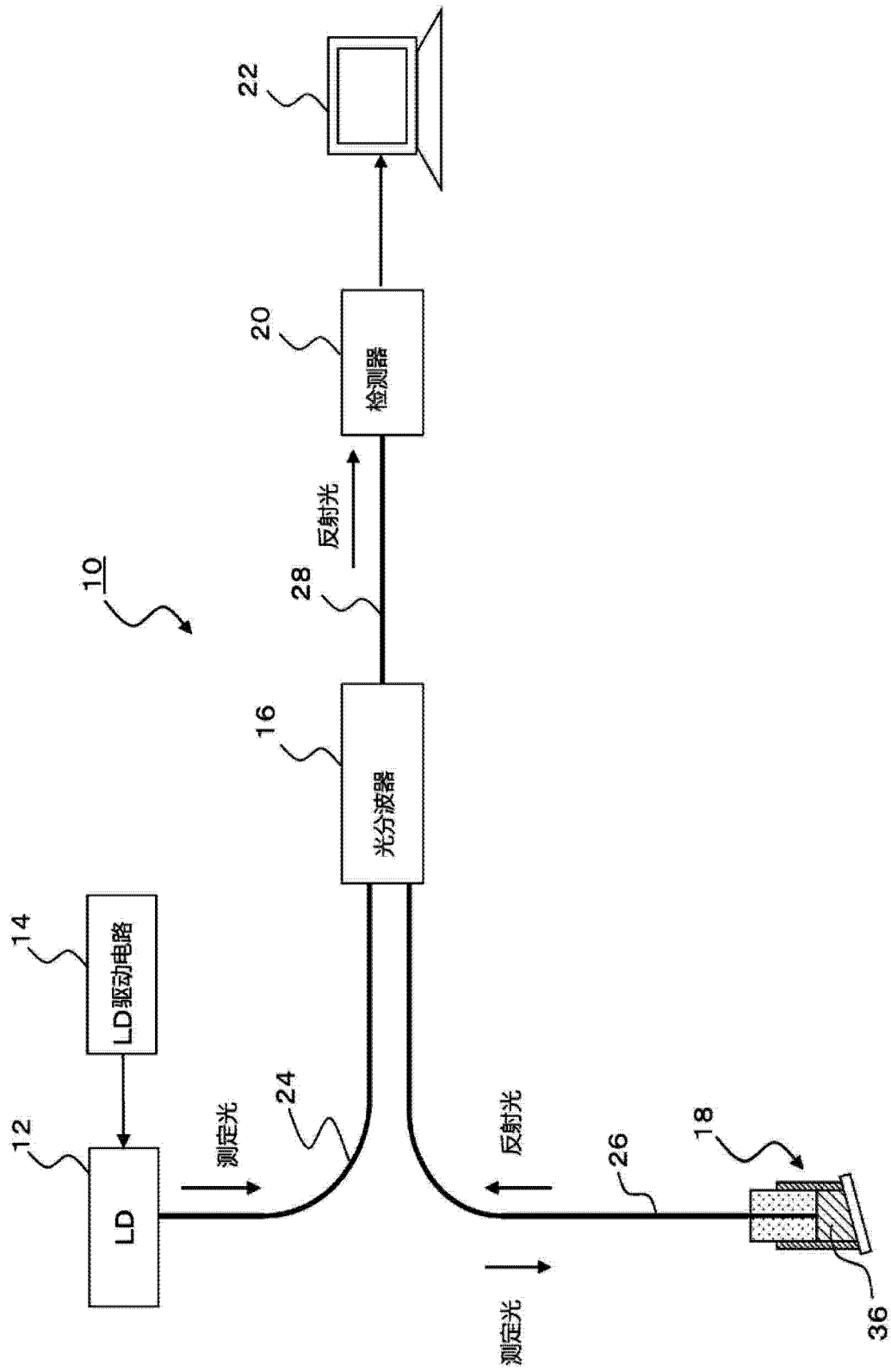


图 1



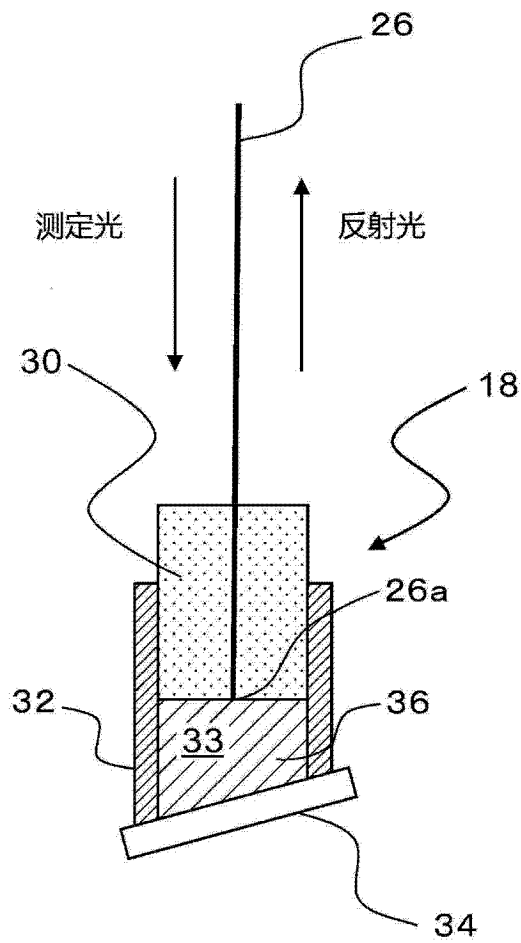


图 2

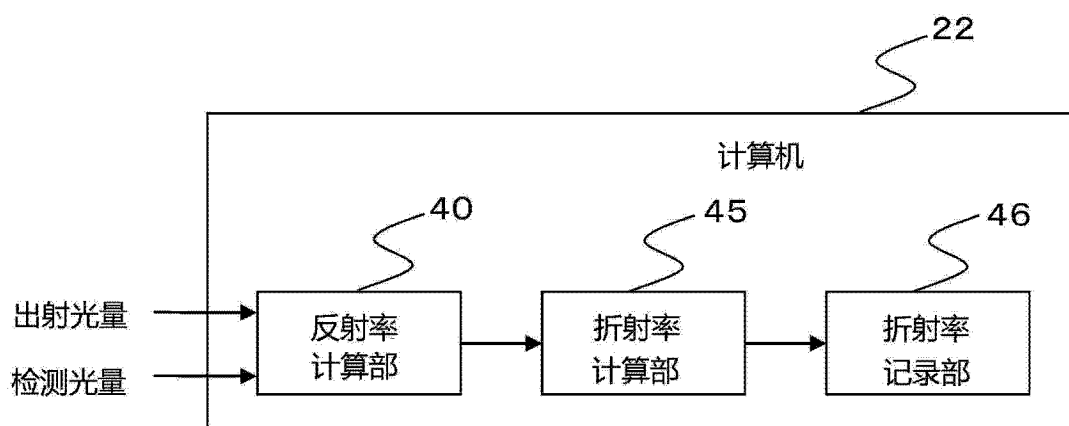


图 3

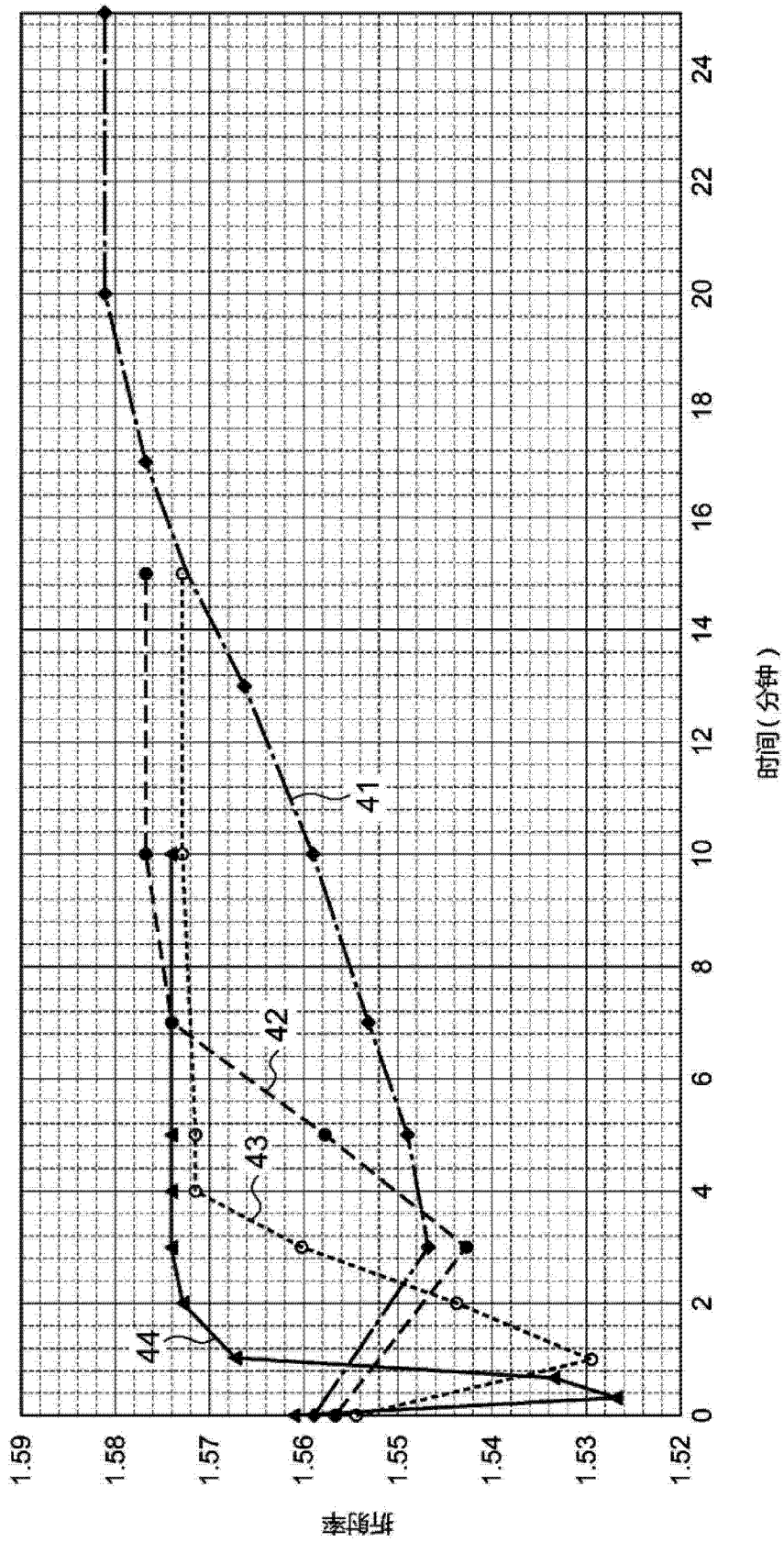


图 4

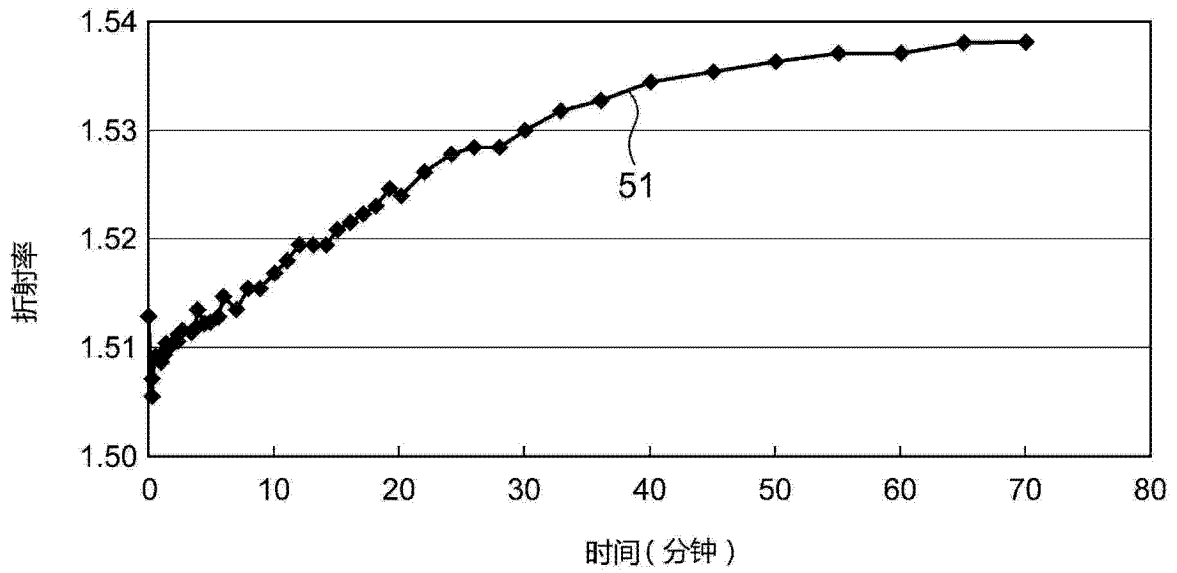


图 5

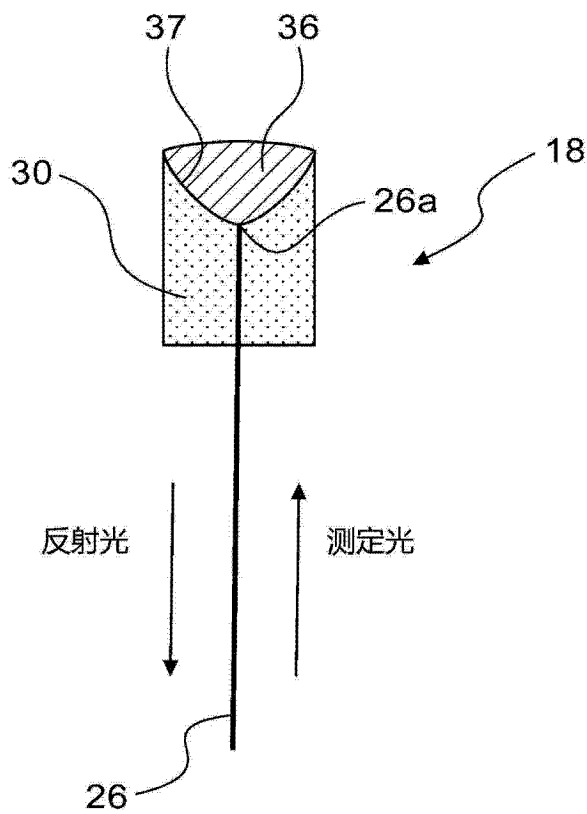


图 6

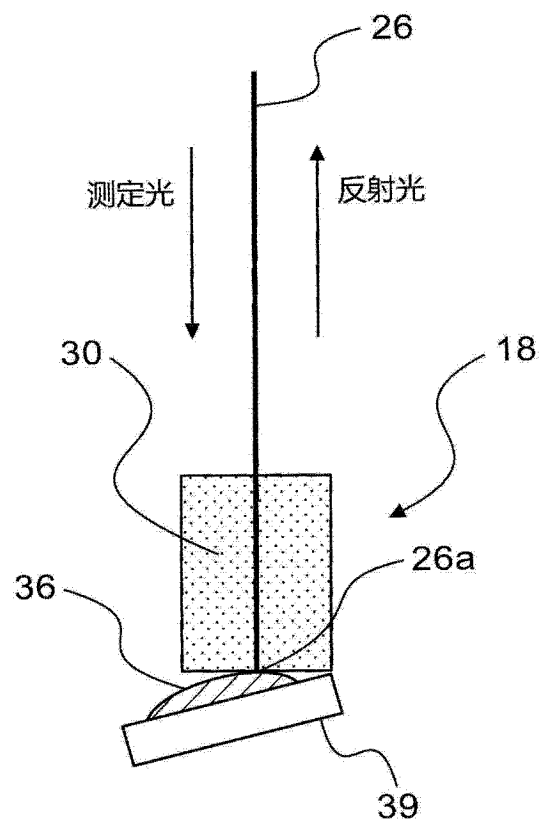


图 7

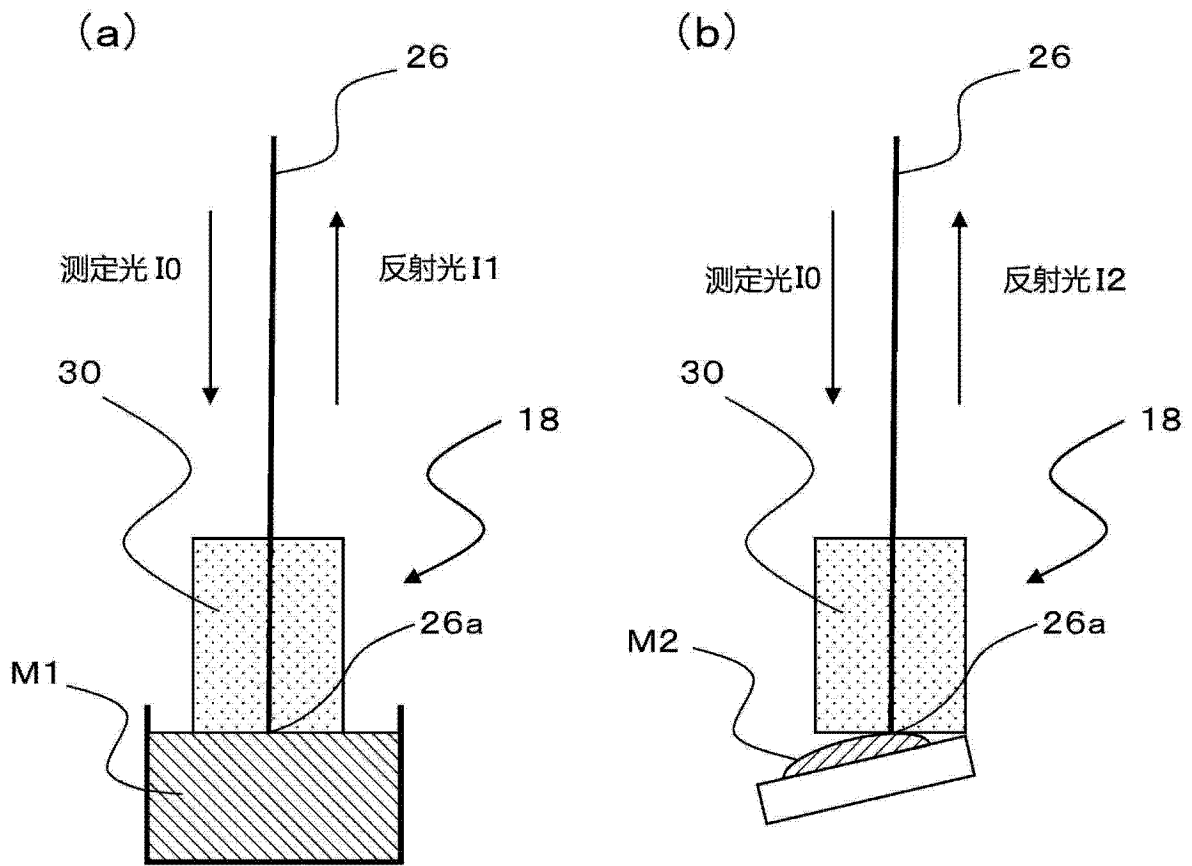


图 8

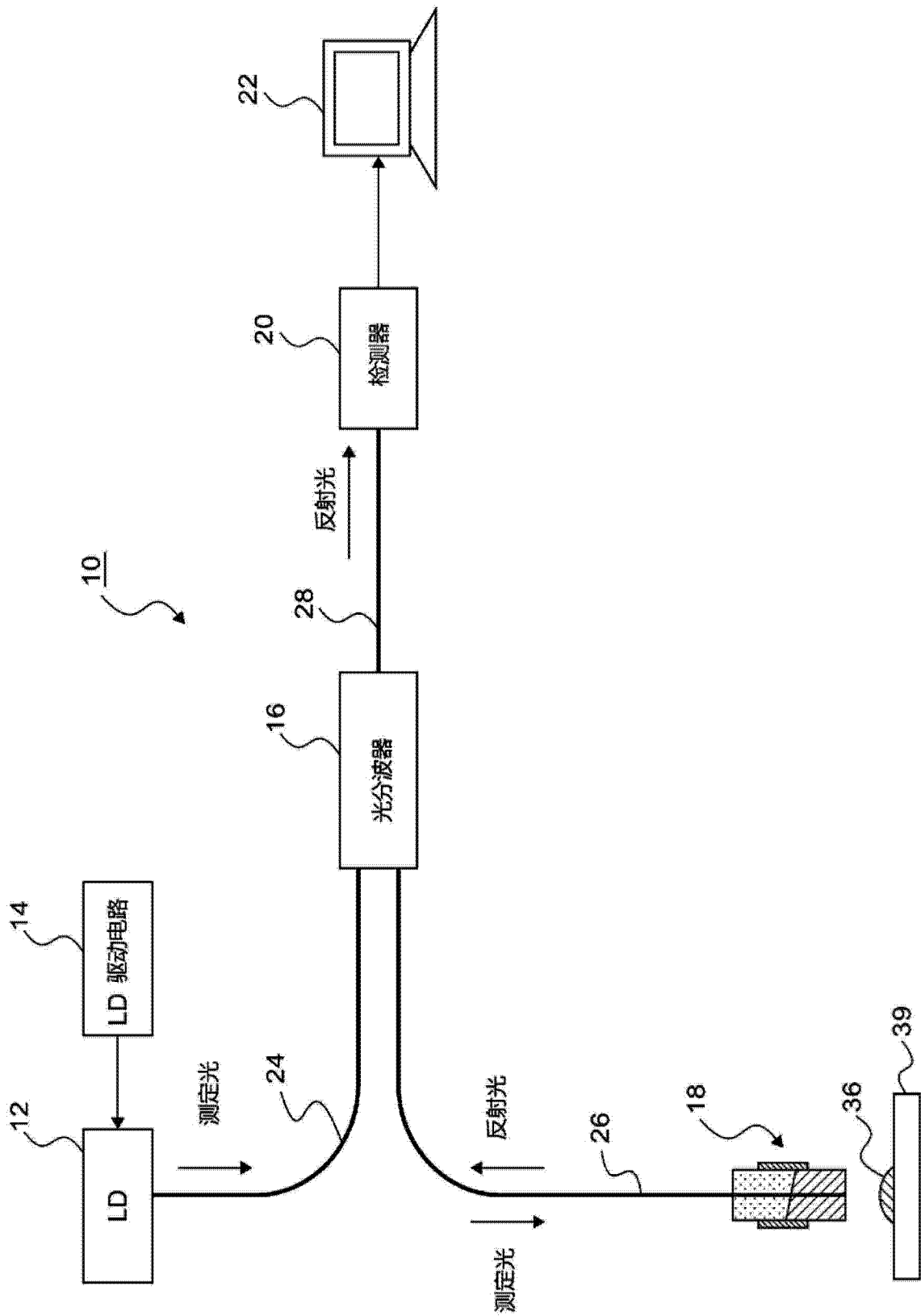


图 9

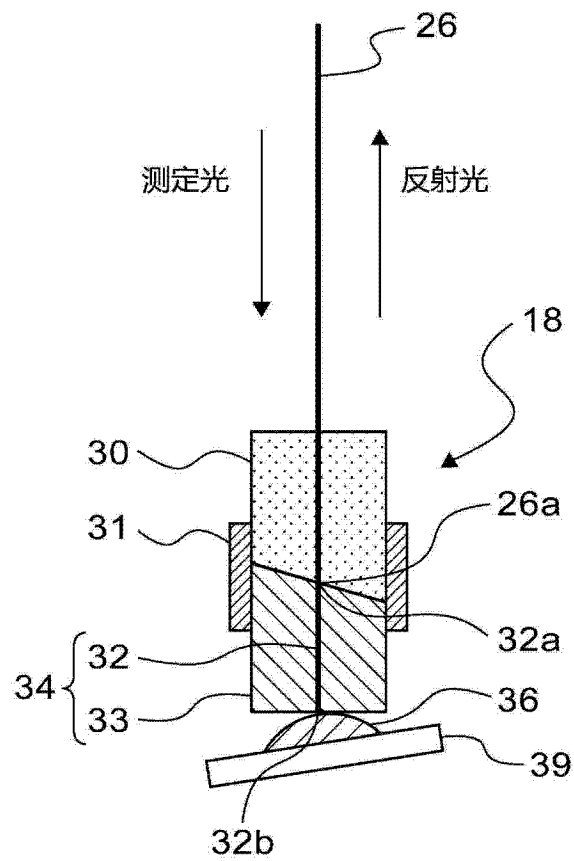


图 10

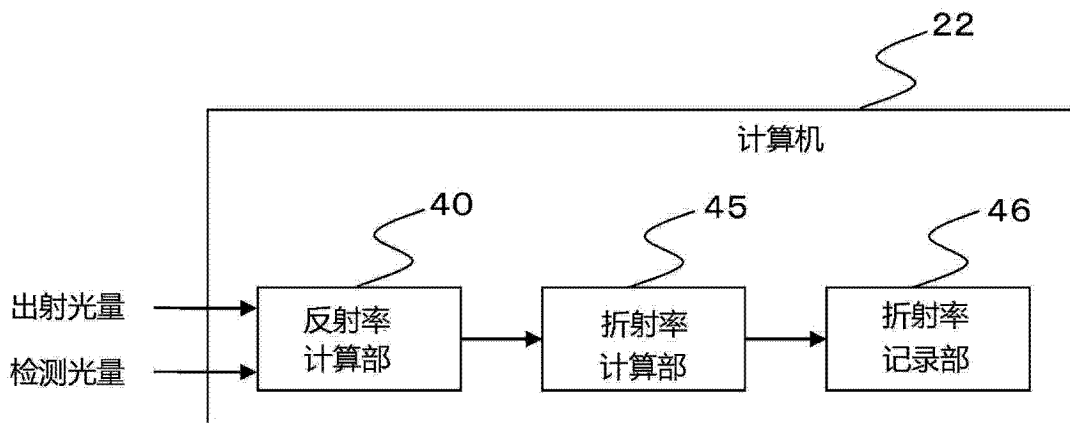


图 11

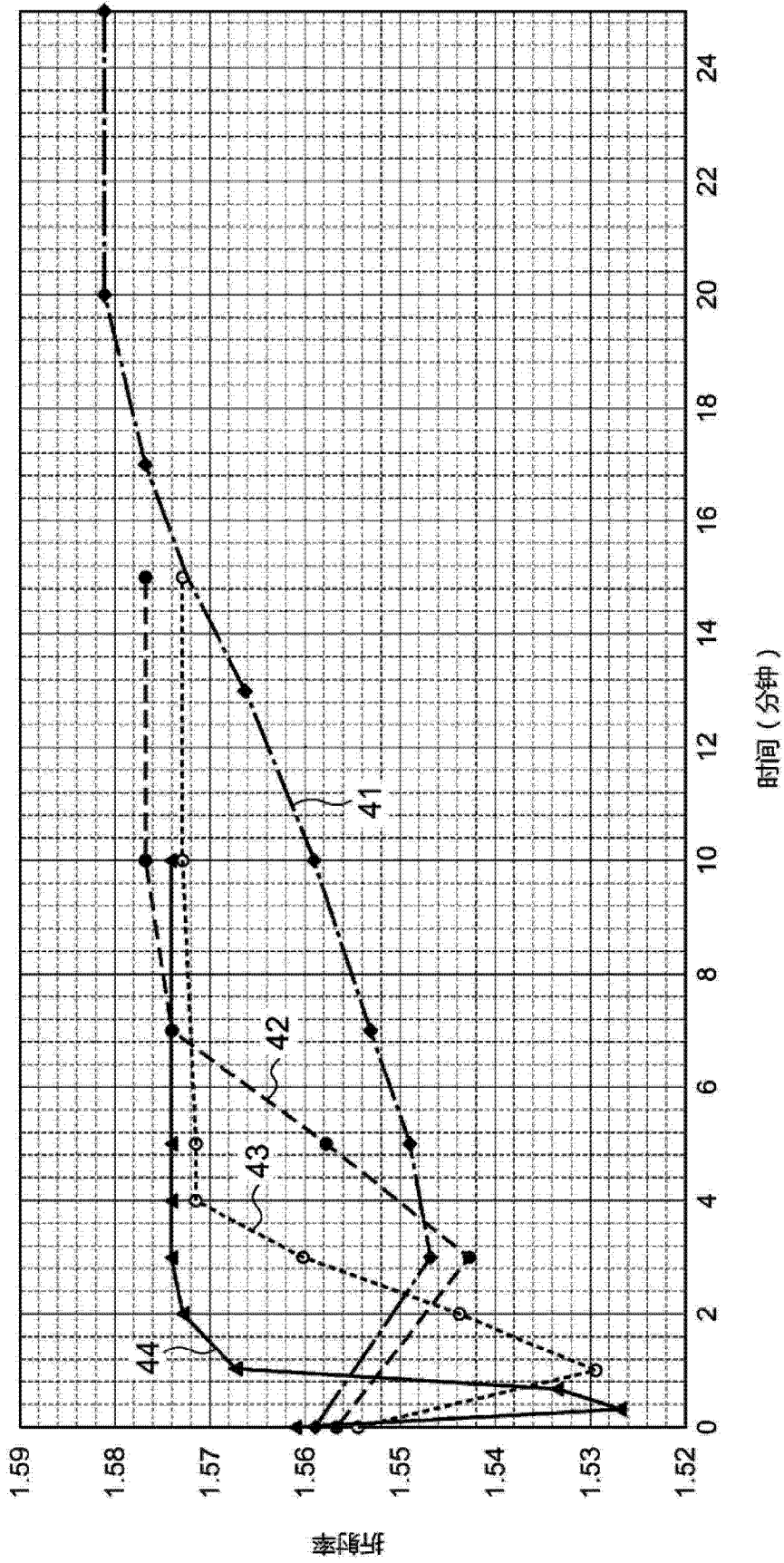


图 12

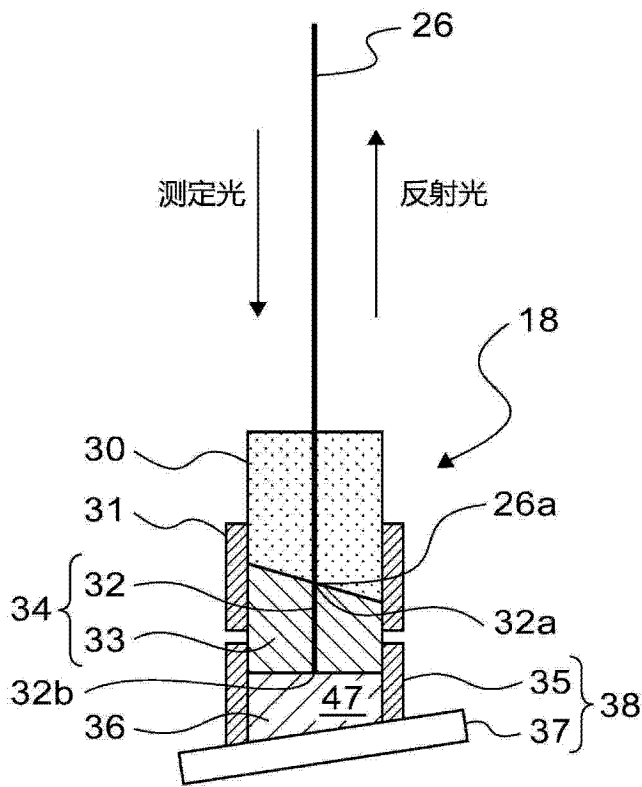


图 13

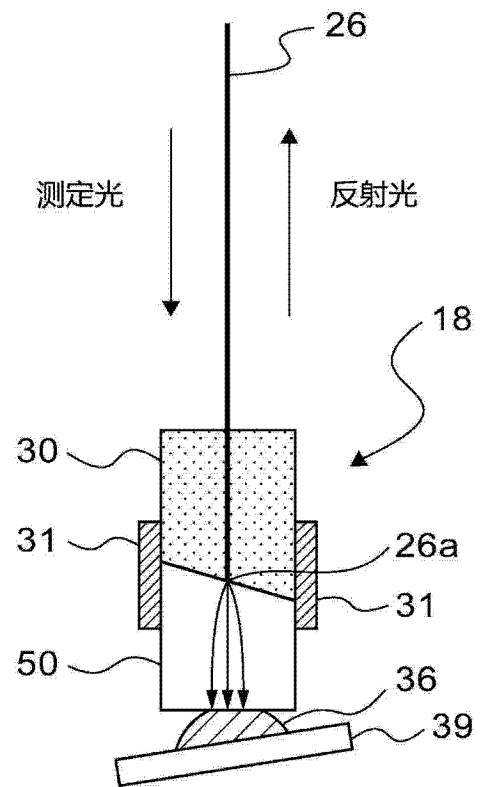


图 14



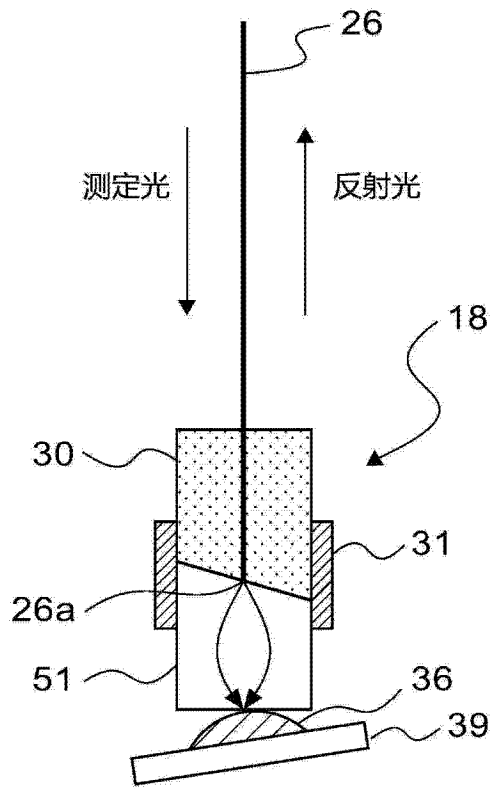


图 15

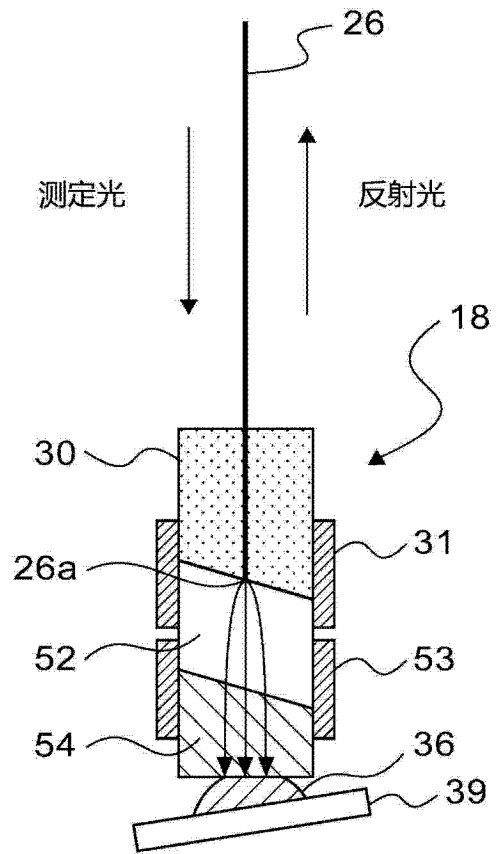
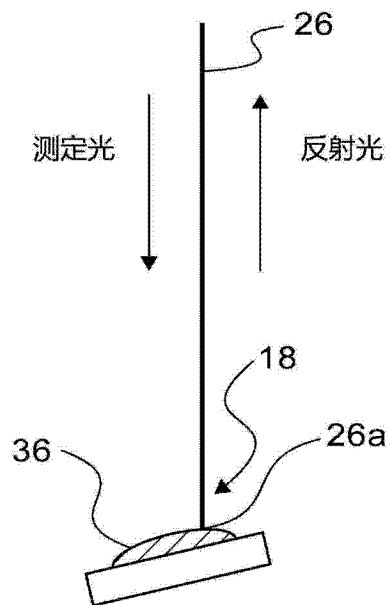


图 16

(a)



(b)

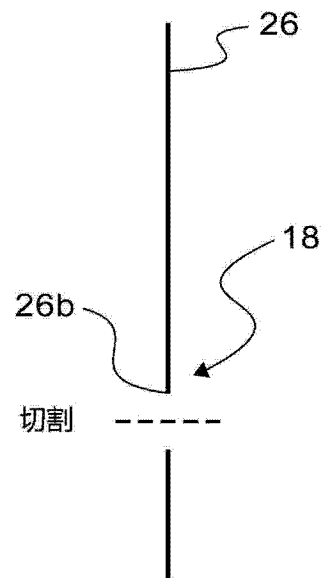


图 17

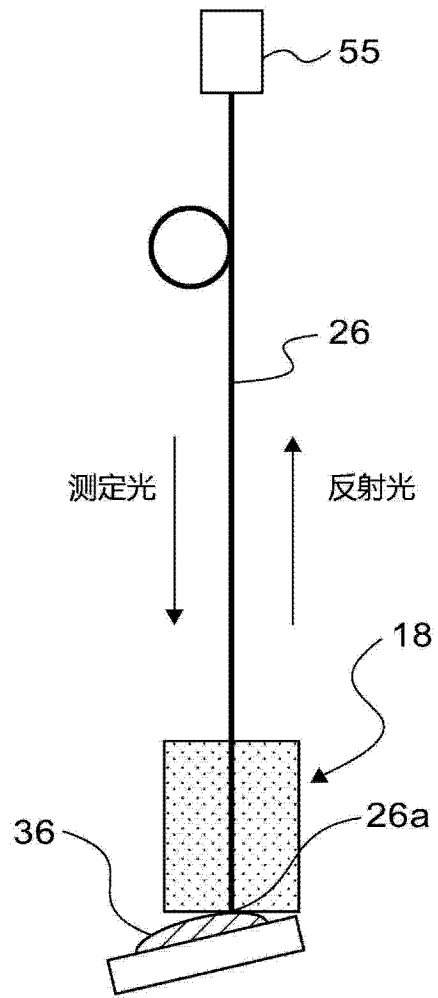


图 18