



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115461593 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 29

(21) 申请号 202180029321.2

(22) 申请日 2021.02.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115461593 A

(43) 申请公布日 2022.12.09

(30) 优先权数据
2020-080058 2020.04.30 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.10.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/006600 2021.02.22

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/220595 JA 2021.11.04

(73) 专利权人 株式会社东京精密
地址 日本国东京都

(72) 发明人 森井秀树 井上拓也

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 张成新

(51) Int.Cl.
G01B 5/20 (2006.01)
G01B 5/28 (2006.01)
G01B 21/30 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102346026 A, 2012.02.08
CN 1065331 A, 1992.10.14
CN 108713128 A, 2018.10.26
CN 1483992 A, 2004.03.24
US 4549354 A, 1985.10.29
US 4761887 A, 1988.08.09
US 5890300 A, 1999.04.06

审查员 张晓璇

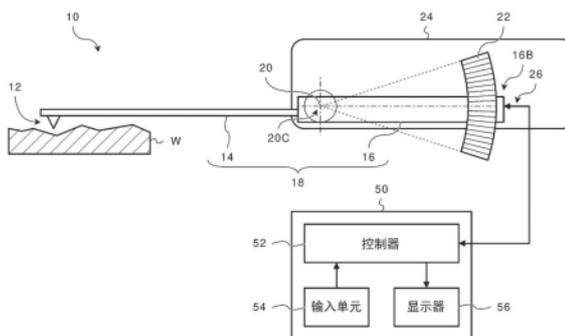
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

测量装置

(57) 摘要

提供了一种能够抑制环境温度对测量结果的影响的测量装置。该测量装置(10、10-1、10-2)包括:探针部(14),所述探针部设有用于测量待测量物体的表面的探针(12),并且所述探针部被附接成能够根据所述待测量物体的表面的形状围绕摆动中心摆动;标尺,所述标尺用于通过所述探针部的摆动来测量位移;标尺头(26),所述标尺头用于读取所述标尺的标尺标记;和臂部(16),所述探针部和标尺附接到所述臂部,并且所述臂部被附接成能够与所述探针部一体地围绕所述摆动中心摆动。在所述探针部的热膨胀系数、所述臂部的热膨胀系数和所述标尺的热膨胀系数分别为 α 、 β 和 γ 时,满足 $(\alpha + \gamma) - 1/2 \alpha \leq \beta \leq (\alpha + \gamma) + 1/2 \alpha$ 的条件。



1. 一种测量装置,包括:

探针部,所述探针部包括被构造为测量待测量物体的表面的探针,并且所述探针部被附接成根据所述待测量物体的表面的形状围绕摆动中心摆动;

标尺,所述标尺被构造为通过所述探针部的摆动来测量位移;

标尺头,所述标尺头被构造为读取所述标尺的标尺标记;和

臂部,所述探针部附接到所述臂部,所述臂部被附接成与所述探针部一体地围绕所述摆动中心摆动,并且所述标尺附接到所述臂部,

其中,当所述探针部的热膨胀系数、所述臂部的热膨胀系数和所述标尺的热膨胀系数分别为 α 、 β 和 γ 时,所述测量装置满足

$(\alpha + \gamma) - 1/2\alpha \leq \beta \leq (\alpha + \gamma) + 1/2\alpha$ 的条件。

2. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,

所述探针部的热膨胀系数、所述臂部的热膨胀系数和所述标尺的热膨胀系数满足 $\beta = \alpha + \gamma$ 的条件。

3. 根据权利要求1或2所述的测量装置,其中,

所述标尺是沿着所述臂部的摆动方向以圆弧形形状形成的圆弧标尺。

4. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,

所述探针部、所述臂部和所述标尺中的至少一个由具有不同热膨胀系数的多个构件形成,以及

调整所述多个构件的材料和长度以满足所述条件。

5. 一种测量装置,包括:

探针部,所述探针部包括被构造为测量待测量物体的表面的探针,并且所述探针部被附接成根据所述待测量物体的表面的形状围绕摆动中心摆动;

标尺,所述标尺被构造为通过所述探针部的摆动来测量位移;

标尺头,所述标尺头被构造为读取所述标尺的标尺标记;

臂部,所述探针部附接到所述臂部,所述臂部被附接成与所述探针部一体地围绕所述摆动中心摆动,并且所述标尺附接到所述臂部;

温度传感器,所述温度传感器被构造为测量环境温度;和

控制器,所述控制器被构造为:当所述探针部的热膨胀系数、所述臂部的热膨胀系数和所述标尺的热膨胀系数分别为 α 、 β 和 γ ,所述探针部的远侧端部的位移的测量值为 x_F ,以及在测量到所述测量值 x_F 时的环境温度的变化量为 ΔT 时,通过以下表达式来计算所述探针部的远侧端部的实际位移 x_T :

$$x_T = C x_F$$

$$C = (1 + \alpha \Delta T) / \{1 + (\beta - \gamma) \Delta T\}。$$

测量装置

技术领域

[0001] 本公开主题涉及一种测量装置,并且特别地涉及一种用于测量待测量物体的表面的形状、粗糙度或轮廓等的测量装置。

背景技术

[0002] 已知用于测量待测量物体的表面的形状、粗糙度或轮廓等的测量装置。例如,专利文献1公开了一种表面特性测量装置,其通过使突出地设置在测量臂的远侧端的触针与待测量物体的测量目标表面接触以执行扫描和检测该触针的微小竖直运动,来测量该待测量物体的测量目标表面的表面特性。在专利文献1所描述的表面特性测量装置中,测量臂被支撑为以旋转轴作为支点沿上下方向摆动(沿圆弧移动)。然后,通过使用具有沿着测量臂的摆动方向的标尺标记的标尺来检测该测量臂的摆动所产生的旋转角度。

[0003] {引文列表}

[0004] {专利文献}

[0005] {PTL1} 日本专利申请公开No.2020-003436。

发明内容

[0006] {技术问题}

[0007] 在上述测量装置中,当环境温度变化时,测量臂的长度会由于热膨胀而变化。因此,存在触针的位移的测量结果由于环境温度而波动的问题。

[0008] 考虑到这种情况而实施本公开主题,并且其目的在于提供一种能够抑制由环境温度对测量结果施加的影响的测量装置。

[0009] {问题的解决方案}

[0010] 为了解决上述问题,根据本公开主题的第一方面的测量装置包括:探针部,所述探针部包括被构造为测量待测量物体的表面的探针,并且所述探针部被附接成根据所述待测量物体的表面的形状围绕摆动中心摆动;标尺,所述标尺被构造为通过所述探针部的摆动来测量位移;标尺头,所述标尺头被构造为读取所述标尺的标尺标记;和臂部,所述探针部附接到所述臂部,所述臂部被附接成与所述探针部一体地围绕所述摆动中心摆动,并且所述标尺附接到所述臂部,并且当所述探针部的热膨胀系数、所述臂部的热膨胀系数和所述标尺的热膨胀系数分别为 α 、 β 和 γ 时,所述测量装置满足 $(\alpha + \gamma) - 1/2\alpha \leq \beta \leq (\alpha + \gamma) + 1/2\alpha$ 的条件。

[0011] 根据本公开主题的第二方面的测量装置被构造为使得在第一方面中,所述探针部的热膨胀系数、所述臂部的热膨胀系数和所述标尺的热膨胀系数满足 $\beta = \alpha + \gamma$ 的条件。

[0012] 根据本公开主题的第三方面的测量装置被构造为使得在第一方面或第二方面中,所述标尺是沿着所述臂部的摆动方向以圆弧形形成的圆弧标尺。

[0013] 根据本公开主题的第四方面的测量装置被构造为使得在第一方面至第三方面中的任一方面中,所述探针部、所述臂部和所述标尺中的至少一个由具有不同热膨胀系数的

多个构件形成,以及调整所述多个构件的材料和长度以满足所述条件。

[0014] 根据本公开主题的第五方面的测量装置包括:探针部,所述探针部包括被构造为测量待测量物体的表面的探针,并且所述探针部被附接成根据所述待测量物体的表面的形状围绕摆动中心摆动;标尺,所述标尺被构造为通过所述探针部的摆动来测量位移;标尺头,所述标尺头被构造为读取所述标尺的标尺标记;臂部,所述探针部附接到所述臂部,所述臂部被附接成与所述探针部一体地围绕所述摆动中心摆动,并且所述标尺附接到所述臂部;温度传感器,所述温度传感器被构造为测量环境温度;和控制器,所述控制器被构造为当所述探针部的热膨胀系数、所述臂部的热膨胀系数和所述标尺的热膨胀系数分别为 α 、 β 和 γ ,所述探针部的远侧端部的位移的测量值为 x_F ,以及在测量到所述测量值 x_F 时的环境温度的变化量为 ΔT 时,通过以下表达式来计算所述探针部的远侧端部的实际位移 x_T :

$$[0015] \quad x_T = cx_F$$

$$[0016] \quad c = (1 + \alpha \Delta T) / \{1 + (\beta - \gamma) \Delta T\}。$$

[0017] {本发明的有益效果}

[0018] 根据本公开主题,可以抑制由环境温度对测量结果施加的影响。

附图说明

[0019] {图1} 图1是图示了根据本公开主题的第一实施例的测量装置的图。

[0020] {图2} 图2是图示了臂部的热膨胀系数和标尺的热膨胀系数相等的情况的图。

[0021] {图3} 图3是用于解释说明在臂部的热膨胀系数和标尺的热膨胀系数不同的情况下热膨胀的影响的图。

[0022] {图4} 图4是图示了根据变形例2的测量装置的图。

[0023] {图5} 图5是图示了根据本公开主题的第二实施例的测量装置的图。

[0024] {图6} 图6是图示了根据本公开主题第三实施例的测量装置的图。

具体实施方式

[0025] 在下文中,根据所附的附图来解释根据本公开主题的测量装置的实施例。

[0026] <第一实施例>

[0027] (测量装置)

[0028] 首先,参考图1来解释说明根据本公开主题的第一实施例的测量装置的构造。图1是图示了根据本公开主题的第一实施例的测量装置的图。在以下解释说明中,使用了三维正交坐标系,其中XY平面是水平平面,并且Z方向是竖直方向(垂直方向)。

[0029] 测量装置10是用于测量待测量物体W的表面的形状、粗糙度或轮廓等的装置。测量装置10附接到立柱(未图示),并且被制成通过设置在该立柱上的致动器(未图示)而能够沿XYZ方向移动到立柱。测量装置10所附接的立柱固定到工作台(未图示),待测量物体W将被安装在该工作台上。

[0030] 如图1所图示的,测量装置10包括探针部14、臂部16、摆动轴20、标尺22、摆动轴固定部24和标尺头26。这里省略了测量装置10的外部(外壳等)的图示。

[0031] 探针部14被固定成与臂部16成大致笔直。探针部14和臂部16被附接成围绕被固定到摆动轴固定部24的摆动轴20一体地摆动。对于摆动轴20,至该测量装置10的立柱的附接

角度被调整成大致平行于XY平面。在下文中,探针部14和臂部16被称为摆动部18。这里,摆动部18的构造不限于如图1所图示的大致笔直的示例。例如,探针部14或臂部16可以具有L形弯曲部,并且该探针部14和臂部16可以被附接成大致平行。

[0032] 在探针部14的远侧端上设置有探针12。探针12在图中沿向下方向(-Z方向)延伸。当探针12以预定压力与安装在工作台上的待测量物体W的表面接触时,摆动部18根据该待测量物体W的表面在接触位置处的高度和粗糙度而围绕摆动轴20摆动。注意,探针部14的构造不限于图1所图示的示例。例如,该构造可以是其中探针沿探针部14的图中的上下方向设置的T形触针,或者是其中探针沿图中的向下方向的投影量比图1所图示的示例中的投影量更长的L形触针。

[0033] 标尺22附接到臂部16的近侧端部侧上的标尺附接位置16B,并且标尺22根据摆动部18的摆动来移位。臂部16是连接该摆动轴20的摆动中心20C与标尺头26的构件(其限定摆动轴20的摆动中心20C与标尺头26之间的距离)。

[0034] 标尺22是沿着臂部16的摆动方向以圆弧形形成的圆弧标尺(角度标尺),并且沿着该标尺22的圆弧方向形成指示该标尺22的旋转角度(在图2中对应于标尺头检测角度 ϕ)的标尺标记。标尺22被附接成使得:在摆动部18是水平的情况下(在下文中被称为参考位置),该标尺22的标尺标记的中心(零点)与由标尺头26待要读取的标尺头读取点(读取位置)重合。

[0035] 标尺头26是根据摆动部18的摆动来读取该标尺22的位移的装置。然而,标尺头26的种类并不受特别限制,作为标尺头26可以使用例如光电传感器或非接触式传感器,包括用于读取标尺标记的成像元件。

[0036] 在本实施例中,在探针部14的热膨胀系数(线性热膨胀系数)、臂部16的热膨胀系数(线性热膨胀系数)和标尺22的热膨胀系数(线性热膨胀系数)分别为 α 、 β 和 γ 的情况下,选择各个构件的材料以满足 $\beta = \alpha + \gamma$ 的条件(将在后面描述细节)。

[0037] 控制装置50连接到该测量装置10,并且由标尺头26读取的标尺22的位移被输出到该控制装置50。控制装置50控制设置在立柱上的致动器,并且在相对地移动待测量物体W和测量装置10的探针12的同时获取该待测量物体W的表面上每个位置处的位移的检测信号。因此,可以测量该待测量物体W的表面的形状、粗糙度或轮廓等。

[0038] 如图1所图示的,控制装置50包括控制器52、输入单元54和显示器56。例如,作为控制装置50可以使用个人计算机或工作站等。

[0039] 控制器52包括用于控制该控制装置50的各个单元的CPU(中央处理单元)、在其中存储用于控制装置50的控制程序等的存储器(例如,ROM(只读存储器))、以及在其中存储各种不同类型的数据的存储装置(例如,HDD(硬盘驱动器))。控制器52根据来自输入单元54的操作输入来输出用于控制该控制装置50的各个单元的控制信号,并且输出用于控制该测量装置10的控制信号和用于控制致动器等以用于移动该测量装置10等的控制信号。

[0040] 输入单元54是用于接收来自操作员的操作输入的装置,并且包括例如键盘、鼠标和触摸面板。

[0041] 显示器56是用于显示图像的装置,并且例如是LCD(液晶显示器)。显示器56显示例如用于控制装置50、测量装置10和致动器等操作的GUI(图形用户界面)以及待测量物体W的表面的形状、粗糙度或轮廓等的测量结果。

[0042] (环境温度对测量结果施加的影响)

[0043] (臂部16的热膨胀系数和标尺22的热膨胀系数相等($\beta = \gamma$)的情况)

[0044] 接下来,解释说明用于抑制由环境温度对测量结果施加的影响的构造。首先,参考图2来解释说明臂部16的热膨胀系数和标尺22的热膨胀系数相等($\beta = \gamma$)的情况,即不满足本实施例的条件 $\beta = \alpha + \gamma$ 的示例。

[0045] 图2是图示了臂部16的热膨胀系数和标尺22的热膨胀系数相等($\beta = \gamma$)的情况的图。在图2中,简化并图示了测量装置10的各个零部件的运动。

[0046] 图2的(a)部分图示了摆动部18的轴线AX是水平的状态(参考位置 $\theta = 0$),并且图2的(b)部分和(c)部分图示了摆动部18从参考位置倾斜角度 θ 的状态。然后,图2的(c)部分图示了臂部16和摆动部18在图2的(b)部分中热膨胀的状态。

[0047] 当环境温度 T 是参考温度 T_0 时,从探针部14的远侧端部14E(对应于与待测量物体 W 的表面接触的探针12的远侧端位置的位置)到摆动部18的摆动中心20C的距离 L 被限定为 L_0 ,并且从摆动部18的摆动中心20C到臂部16的标尺附接位置16B的距离 M 被限定为 M_0 。

[0048] 如图2的(b)部分所图示的,在环境温度 T 是参考温度 T_0 的情况下(没有热膨胀的情况),当摆动部18从参考位置倾斜角度 θ ,并且探针部14、臂部16和标尺22分别移动到符号14R、16R和22R的位置时,标尺头检测角度 ϕ 等于臂部16的相对于参考位置的旋转角度 θ 。在这种情况下,探针部14的远侧端部14E的位移 x_1 用以下表达式(1)表示。

$$[0049] \quad x_1 = L_0 \cdot \sin\theta = L_0 \cdot \sin\phi \dots\dots (1)$$

[0050] 当在不考虑热膨胀的情况下归纳该表达式(1)时,探针部14的远侧端部14E的位移 x_F 的计算表达式用以下表达式(2)表示。

$$[0051] \quad x_F = L_0 \cdot \sin\phi \dots\dots (2)$$

[0052] 如图2的部分(c)所图示的,当环境温度 T 变为 $T = T_0 + \Delta T$ 时,探针部14、臂部16和标尺22由于热膨胀而分别用符号14RE、16RE和22RE表示。在这种情况下,从远侧端部14E到摆动部18的摆动中心20C的距离 L 变为以下表达式(3)。

$$[0053] \quad L = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \dots\dots (3)$$

[0054] 此时,探针部14的远侧端部14E的实际位移 x_T 用以下表达式(4)表示。

$$[0055] \quad x_T = L \cdot \sin\theta = L_0 \cdot \sin\theta (1 + \alpha \Delta T) \dots\dots (4)$$

[0056] 根据表达式(2)和表达式(4),由于环境温度 T 变为 $T = T_0 + \Delta T$ 而引起的探针部14的远侧端部14E的位移的真实值 x_T 与计算值 x_F 之间的误差 x_{err} 用以下表达式(5)表示。

$$[0057] \quad x_{err} = x_T - x_F$$

$$[0058] \quad x_{err} = L_0 \cdot \alpha \Delta T \cdot \sin\theta \dots\dots (5)$$

[0059] (臂部16的热膨胀系数和标尺22的热膨胀系数不同($\beta \neq \gamma$)的情况)

[0060] 接下来,参考图3来解释说明在臂部16的热膨胀系数和标尺22的热膨胀系数不同($\beta \neq \gamma$)的情况下热膨胀的影响。图3是用于解释说明在臂部16的热膨胀系数和标尺22的热膨胀系数不同($\beta \neq \gamma$)的情况下热膨胀的影响的图。

[0061] 如图3所图示的,臂部16的热膨胀系数 β 与标尺22的热膨胀系数 γ 不同($\beta \neq \gamma$),并且标尺22附接到臂部16的近侧端部。因此,作为对标尺22的角度的参考的角度参考中心22C从摆动中心20C偏移。即是 $\phi \neq \theta$ 。

[0062] 当考虑热膨胀时,从摆动部18的摆动中心20C到臂部16的标尺附接位置16B的距离

(≐臂部16的长度)M用以下表达式(6)表示。

$$[0063] \quad M = M_0 (1 + \beta \Delta T) \dots\dots (6)$$

[0064] 另一方面,标尺22的位置由该标尺22的热膨胀系数 γ 膨胀,其中标尺22的附接位置作为参考。因此,从臂部16的标尺附接位置16B到角度参考中心22C的距离R用以下表达式(7)表示。

$$[0065] \quad R = M_0 (1 + \gamma \Delta T) \dots\dots (7)$$

[0066] 当摆动中心20C与角度参考中心22C之间的距离为 ΔM 时,从表达式(6)和表达式(7)获得以下表达式(8)。

$$[0067] \quad \Delta M = M - R$$

$$[0068] \quad \Delta M = M_0 (\beta - \gamma) \Delta T \dots\dots (8)$$

[0069] 如图3所图示的,当限定了角度 ρ 时,角度 θ 、 ϕ 和 ρ 满足 $\phi = \theta + \rho$ 的关系。因为获得了 $M_1 = M - \Delta M \cos \theta$,获得以下表达式(9)。

$$[0070] \quad \tan \rho = \Delta M \cdot \sin \theta / M_1$$

$$[0071] \quad \tan \rho = \Delta M \cdot \sin \theta / (M - \Delta M \cdot \cos \theta) \dots\dots (9)$$

[0072] 当使用 ρ 和 θ 是小角度的近似时,可以获得以下表达式(10)。

$$[0073] \quad \rho \doteq \Delta M \cdot \sin \theta / M_0 = (\beta - \gamma) \Delta T \dots\dots (10)$$

[0074] 当使用表达式(10)来转换探针部14的远侧端部14E的位移 x_F 的计算表达式(2)时,其转换如下。

$$[0075] \quad x_F = L_0 \cdot \sin \phi$$

$$[0076] \quad x_F = L_0 \cdot \sin (\theta + \rho)$$

$$[0077] \quad x_F = L_0 (\sin \theta \cos \rho + \cos \theta \sin \rho)$$

[0078] 当使用 ρ 是小角度的近似时,可以获得以下表达式(11)。

$$[0079] \quad x_F \doteq L_0 (\sin \theta + \rho \cdot \cos \theta)$$

$$[0080] \quad x_F \doteq L_0 \cdot \sin \theta \{1 + (\beta - \gamma) \Delta T \cdot \cos \theta\} \dots\dots (11)$$

[0081] 另一方面,由于由表达式(4)获得实际位移 x_T ,因此误差 x_{err} 由以下表达式(12)表示。

$$[0082] \quad x_{err} = x_T - x_F$$

$$[0083] \quad x_{err} = L_0 \cdot \sin \theta (1 + \alpha \Delta T) - L_0 \cdot \sin \theta \{1 + (\beta - \gamma) \Delta T \cdot \cos \theta\}$$

$$[0084] \quad x_{err} = L_0 \Delta T \cdot \sin \theta \{\alpha - (\beta - \gamma) \cos \theta\} \dots\dots (12)$$

[0085] 这里,当满足 $\beta = \alpha + \gamma$ 的条件时,获得以下表达式(13)。

$$[0086] \quad x_{err} = L_0 \Delta T \alpha \cdot \sin \theta \{1 - \cos \theta\} \dots\dots (13)$$

[0087] 因此,不满足本实施例的条件 $\beta = \alpha + \gamma$ 的情况下的误差 x_{err} (表达式(5))为 $x_{err} = L_0 \cdot \alpha \Delta T \cdot \sin \theta$ ($\beta = \gamma$ 的情况),满足上述条件的情况下的 x_{err} 为 $x_{err} = L_0 \Delta T \alpha \cdot \sin \theta \{1 - \cos \theta\}$ 。

[0088] 通常,测量装置10中的检测范围接近于 $\theta = 0^\circ$ 。此时, $(1 - \cos \theta) \ll 1$ 。因此,通过选择各个构件的材料以满足 $\beta = \alpha + \gamma$ 的条件,可以基本上减小探针部14的远侧端部14E的位移的真实值 x_T 与计算值 x_F 之间的误差 x_{err} 。因此,可以抑制由环境温度T对测量装置10的测量结果施加的影响。

[0089] (示例)

[0090] 在使用碳纤维(CFRP:碳纤维增强塑料)作为探针部14的材料、铁作为标尺22的材料、并且玻璃作为臂部16的材料的情况下,热膨胀系数 α 、 β 和 γ 为 $\alpha=3.6 \times 10^{-6}$ 、 $\gamma=8.5 \times 10^{-6}$ 和 $\beta=12.1 \times 10^{-6}$ 。根据上述材料的组合,可以满足 $\beta=\alpha+\gamma$ 的条件。

[0091] (变形例1)

[0092] 虽然探针部14、臂部16和标尺22的热膨胀系数 α 、 β 和 γ 满足本实施例中的 $\beta=\alpha+\gamma$ 的条件,但是本公开主题不限于此。

[0093] 当转换表达式(12)时,获得以下表达式(14)。

$$[0094] \quad x_{\text{err}} = L_0 \Delta T \alpha \cdot \sin \theta \{1 - \{(\beta - \gamma) / \alpha\} \cos \theta\} \dots \dots (14)$$

[0095] 当比较表达式(5)和表达式(14)时,表达式(14)中的误差 x_{err} 为表达式(5)乘以 $\{1 - \{(\beta - \gamma) / \alpha\} \cos \theta\}$ 的值。

[0096] 实际上,当由于环境温度T的变化引起的误差 x_{err} 可以减小到1/2或更小时,可以限定,对环境温度T的变化存在显著阻力。

[0097] 实际可使用的热膨胀系数的条件用以下表达式(15a)表示。

$$[0098] \quad |1 - \{(\beta - \gamma) / \alpha\} \cos \theta| \leq 1/2 \dots \dots (15a)$$

[0099] 这里,由于测量装置10中的检测范围接近于 $\theta=0^\circ$,当执行 $\cos \theta \approx 1$ 的近似时,获得以下表达式(15b)。

$$[0100] \quad |1 - (\beta - \gamma) / \alpha| \leq 1/2 \dots \dots (15b)$$

[0101] 当对表达式(15b)求解 β 时,获得以下表达式(16)。

$$[0102] \quad (\alpha + \gamma) - 1/2\alpha \leq \beta \leq (\alpha + \gamma) + 1/2\alpha \dots (16)$$

[0103] 因此,当臂部16的热膨胀系数 β 在以 $(\alpha + \gamma)$ 作为参考时的 $\pm 1/2\alpha$ 的范围内时,可以限定,对环境温度T的变化存在实际显著阻力。

[0104] (变形例2)

[0105] 虽然探针部14、标尺22和摆动轴固定部24在本实施例中分别由单一材料形成,但是也可以通过组合多种材料来分别调整热膨胀系数 α 、 γ 和 β 。

[0106] 图4是图示了根据变形例2的测量装置的图。在图4所图示的测量装置10-1中,探针部14通过结合由具有不同热膨胀系数的三种不同的材料形成的构件14A、14B和14C形成。当构件14A、14B和14C的热膨胀系数分别为 α_1 、 α_2 和 α_3 ,并且长度分别为 l_1 、 l_2 和 l_3 时,整个探针部14的热膨胀系数 α 用以下表达式(17)表示。

$$[0107] \quad \alpha = (\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2 + \alpha_3 l_3) / (l_1 + l_2 + l_3) \dots \dots (17)$$

[0108] 通常,热膨胀系数是材料固有的值,并且难以将其调整为任意值。然后,通过组合多种材料并且调整各个材料的长度,使得可以将探针部14、标尺22和摆动轴固定部24的热膨胀系数调整为任意值。因此,很容易形成满足 $\beta=\alpha+\gamma$ 条件的测量装置。

[0109] <第二实施例>

[0110] 图5是图示了根据本公开主题的第二实施例的测量装置的图。在以下解释说明中,对于与上述实施例类似的构造附上相同的符号,并且省略了解释说明。

[0111] 取代探针部14,根据本实施例的测量装置10-2包括可更换探针30,该可更换探针30能够附接到测量装置10-2/从测量装置10-2拆卸。

[0112] 可更换探针30包括第二构件30B和设有探针12的第一构件30A。第二构件30B的近

侧端部具有可以附接(例如,接合和装配)到探针附接基部16A的形状。在本实施例中,可更换探针30和探针附接基部16A一起形成探针部32,并且该探针部32和臂部16一起形成摆动部34。

[0113] 第一构件30A的热膨胀系数和第二构件30B的热膨胀系数分别为 α_1 和 α_2 ,长度分别为 l_1 和 l_2 ,探针附接基部16A的热膨胀系数为 α_3 ,并且长度(图中的左端部与摆动轴20的摆动中心20C之间的长度)为 l_3 。在这种情况下,与变形例2类似,由可更换探针30和探针附接基部16A形成的整个探针部32的热膨胀系数 α 用以下表达式(18)表示。

$$[0114] \quad \alpha = (\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2 + \alpha_3 l_3) / (l_1 + l_2 + l_3) \dots\dots (18)$$

[0115] 因此,当要满足的条件为 $\beta = \alpha + \gamma$ 时,应满足以下表达式(19)的条件。

$$[0116] \quad (\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2 + \alpha_3 l_3) / (l_1 + l_2 + l_3) = \beta - \gamma \dots\dots (19)$$

[0117] 根据本实施例,与变形例2类似,可以通过构成可更换探针30的构件和长度的组合来将热膨胀系数 α 调整为任意值。此外,根据本实施例,由于仅通过可更换探针30来调整热膨胀系数 α ,因此即使在现有的测量装置(不调整 γ 和 β 的测量装置)中也可以抑制由环境温度 T 对测量结果施加的影响。此外,在本实施例中,可以对 β 给予裕度,类似于变形例1。

[0118] 在本实施例中,优选的是,将探针附接基部16A的形状转变成只有满足表达式(19)条件的可更换探针30才是可附接的形状(例如,装配孔的直径和形状)。因此,可以防止将不适合于抑制环境温度 T 对测量结果施加的影响的可更换探针附接到测量装置。

[0119] <第三实施例>

[0120] 在上述实施例中,获得探针部14的热膨胀系数 α 、臂部16的热膨胀系数 β 和标尺22的热膨胀系数 γ 所满足的条件以便抑制环境温度的变化对测量结果施加的影响;也可以测量环境温度 T 的温度变化量 ΔT ,并且使用该温度变化量 ΔT 来校正测量结果。

[0121] 图6是图示了根据本公开主题的第三实施例的测量装置的图。在以下解释说明中,对于与上述实施例类似的构造附上相同的符号,并且省略了解释说明。

[0122] 根据本实施例的测量装置10-3包括温度传感器60。温度传感器60用于测量使用该测量装置10-3执行测量的环境的环境温度(空气温度),并且该温度传感器60设置在例如测量装置10-3的外壳的表面上。

[0123] 这里,作为温度传感器60,也可以使用接触式或非接触式的温度传感器(例如,辐射温度计或热敏电阻)来测量探针部14和臂部16中的至少一个的温度(例如,表面温度)作为环境温度。

[0124] 在本实施例中,控制器52从温度传感器60获取当测量该探针部14的远侧端部14E的位移 x_F 时的环境温度 T 的测量值,并且将该位移 x_F 和环境温度 T 彼此相关联地存储在存储装置中。然后,控制器52基于该位移 x_F (测量值)和环境温度 T 的温度变化量 ΔT ,来计算探针部14的远侧端部14E的实际位移 x_T 。具体地,使用以下表达式(20)中所指示的校正系数 c 从位移 x_F (测量值)来计算探针部14的远侧端部14E的实际位移 x_T 。

$$[0125] \quad c x_F = x_T \dots\dots (20)$$

[0126] 如已经描述的,在考虑热膨胀的情况下的探针部14的远侧端部14E的位移 x_F 由表达式(11)获得。

$$[0127] \quad x_F \doteq L_0 \cdot \sin \theta \{1 + (\beta - \gamma) \Delta T \cdot \cos \theta\} \dots\dots (11)$$

[0128] 另一方面,探针部14的远侧端部14E的实际位移 x_T 由表达式(4)获得。

$$[0129] \quad x_T = L \cdot \sin\theta = L_0 \cdot \sin\theta (1 + \alpha \Delta T) \dots\dots (4)$$

[0130] 当表达式(11)和表达式(4)被代入表达式(20),并且使用 θ 为小角度的近似($\cos\theta \doteq 1$)时,获得以下表达式(21)。

$$\begin{aligned}
 [0131] \quad c &= x_T / x_F \\
 &= (1 + \alpha \Delta T) / \{1 + (\beta - \gamma) \Delta T \cdot \cos\theta\} \\
 &\doteq (1 + \alpha \Delta T) / \{1 + (\beta - \gamma) \Delta T\} \dots\dots (21)
 \end{aligned}$$

[0132] 即是,当使用 θ 为小角度的近似时,通过探针部14的热膨胀系数 α 、臂部16的热膨胀系数 β 、标尺22的热膨胀常数 γ 和环境温度 T 的温度变化量 ΔT 来获得校正系数 c 。

[0133] 通过用由表达式(21)所表示的校正系数 c 代入表达式(20),并且校正该探针部14的远侧端部14E的位移 x_F (测量值),可以计算出远侧端部14E的实际位移 x_T 。因此,可以抑制环境温度的变化对测量结果施加的影响。

[0134] {附图符号列表}

[0135] 10、10-1、10-2、10-3.....测量装置;12.....探针;14.....探针部;

[0136] 16.....臂部;18.....摆动部;20.....摆动轴;22.....标尺;

[0137] 24.....摆动轴固定部;26.....标尺头;26P.....标尺头读取点;

[0138] 30.....可更换探针;32.....探针部;34.....摆动部;50.....控制装置;

[0139] 52.....控制器;54.....输入单元;56.....显示器;60.....温度传感器。

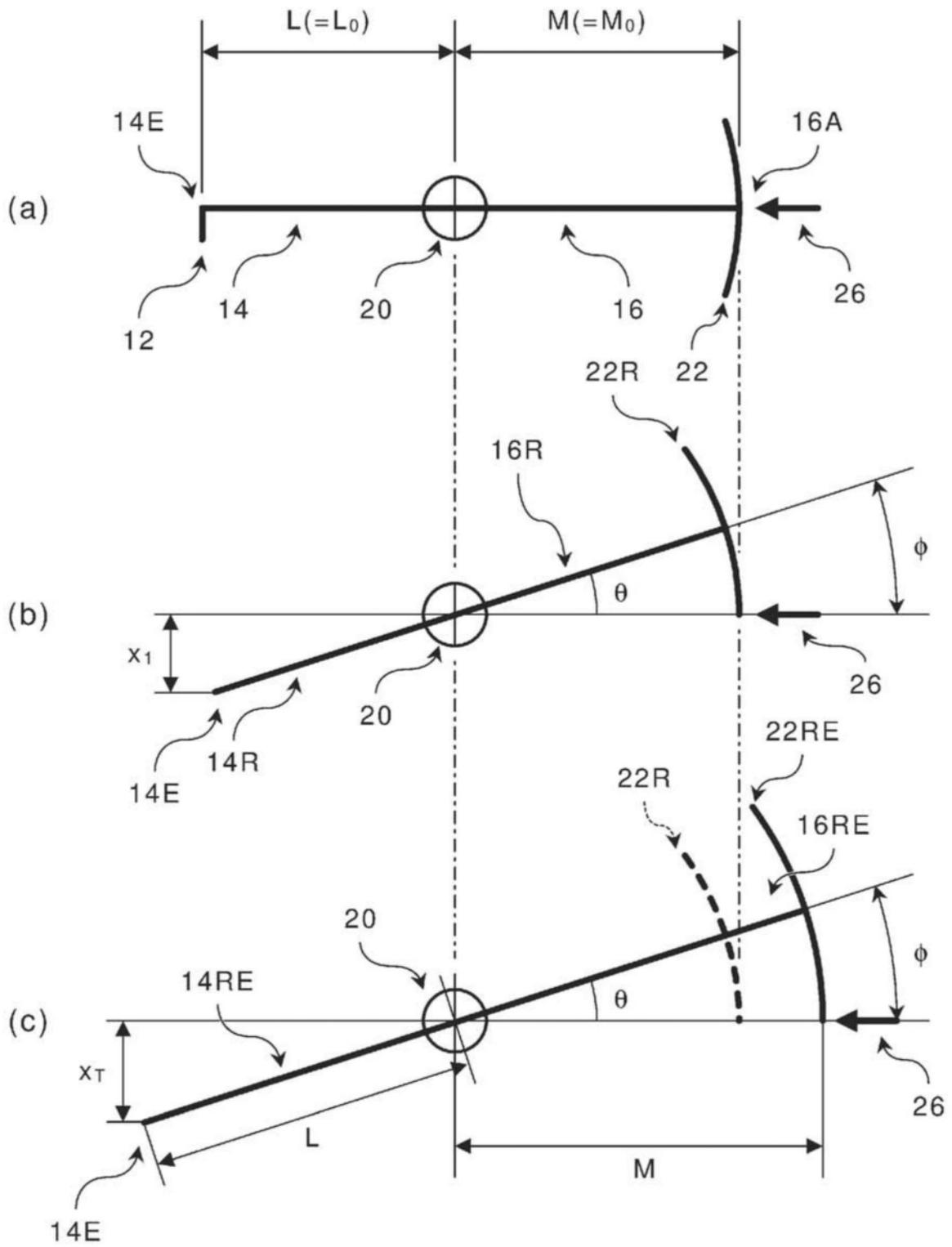


图2

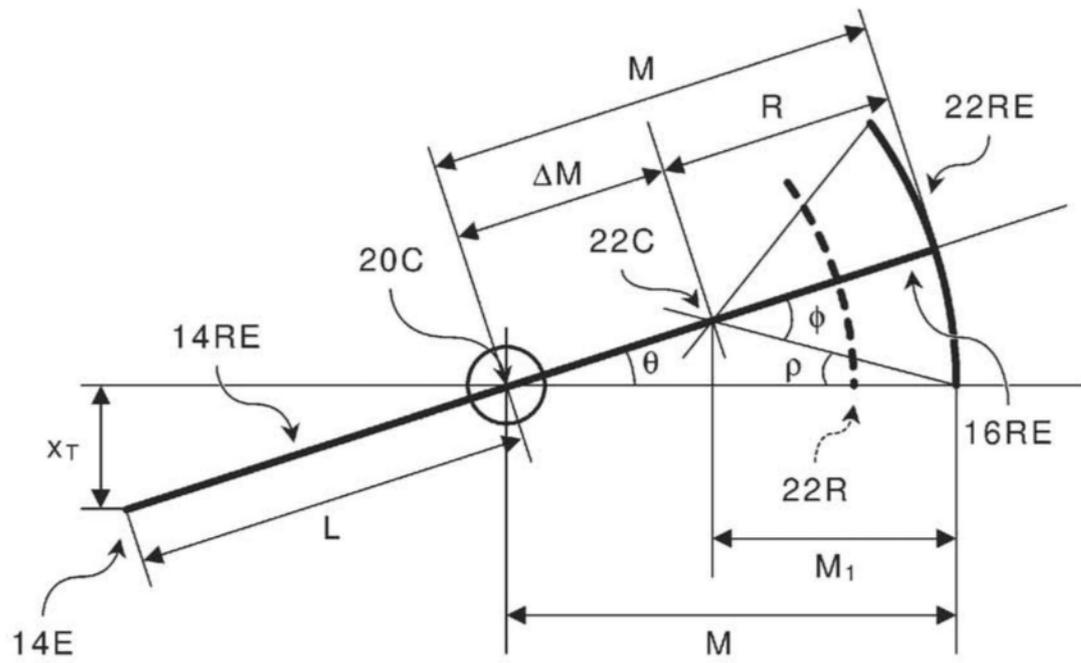


图3

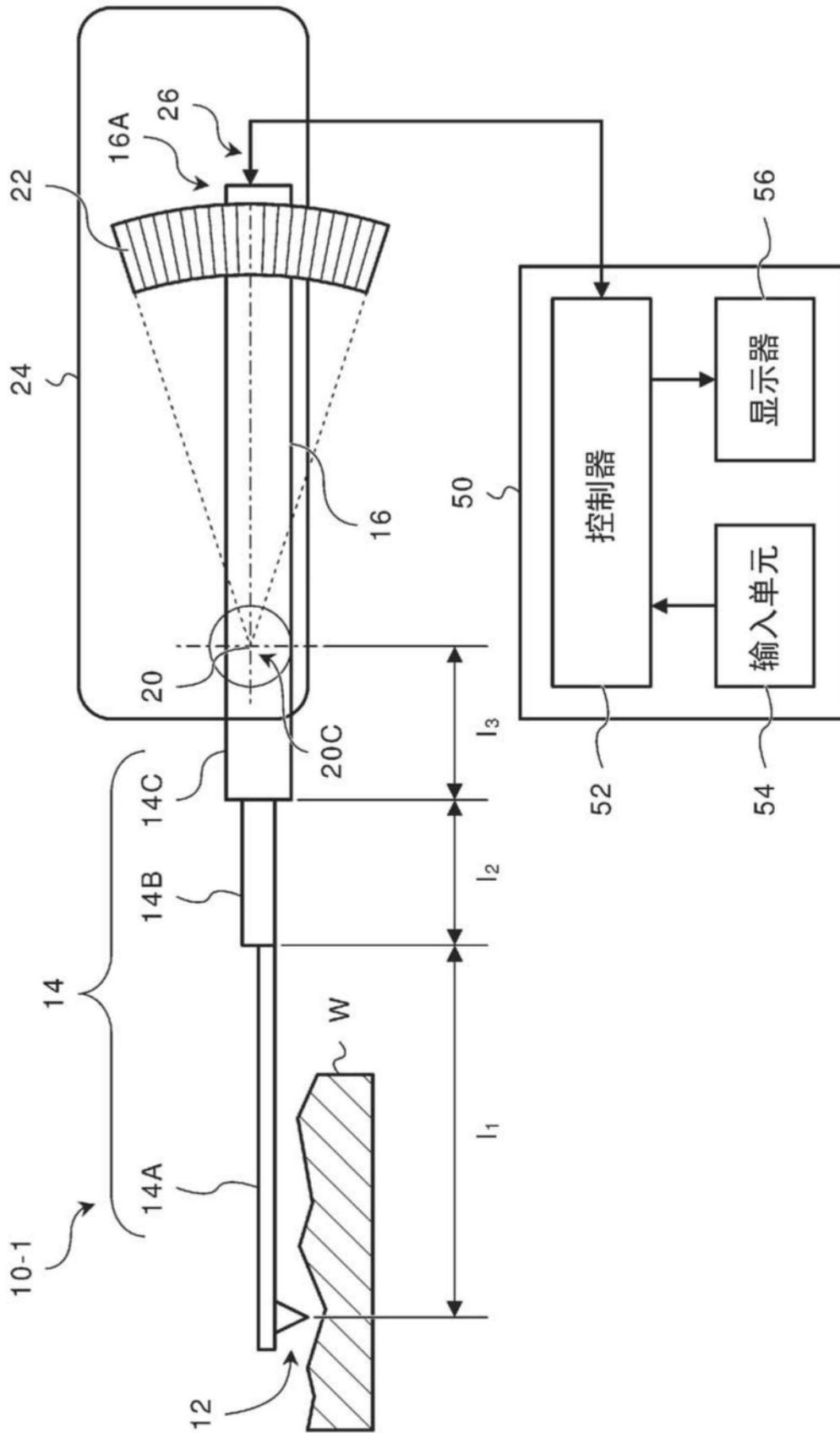


图4

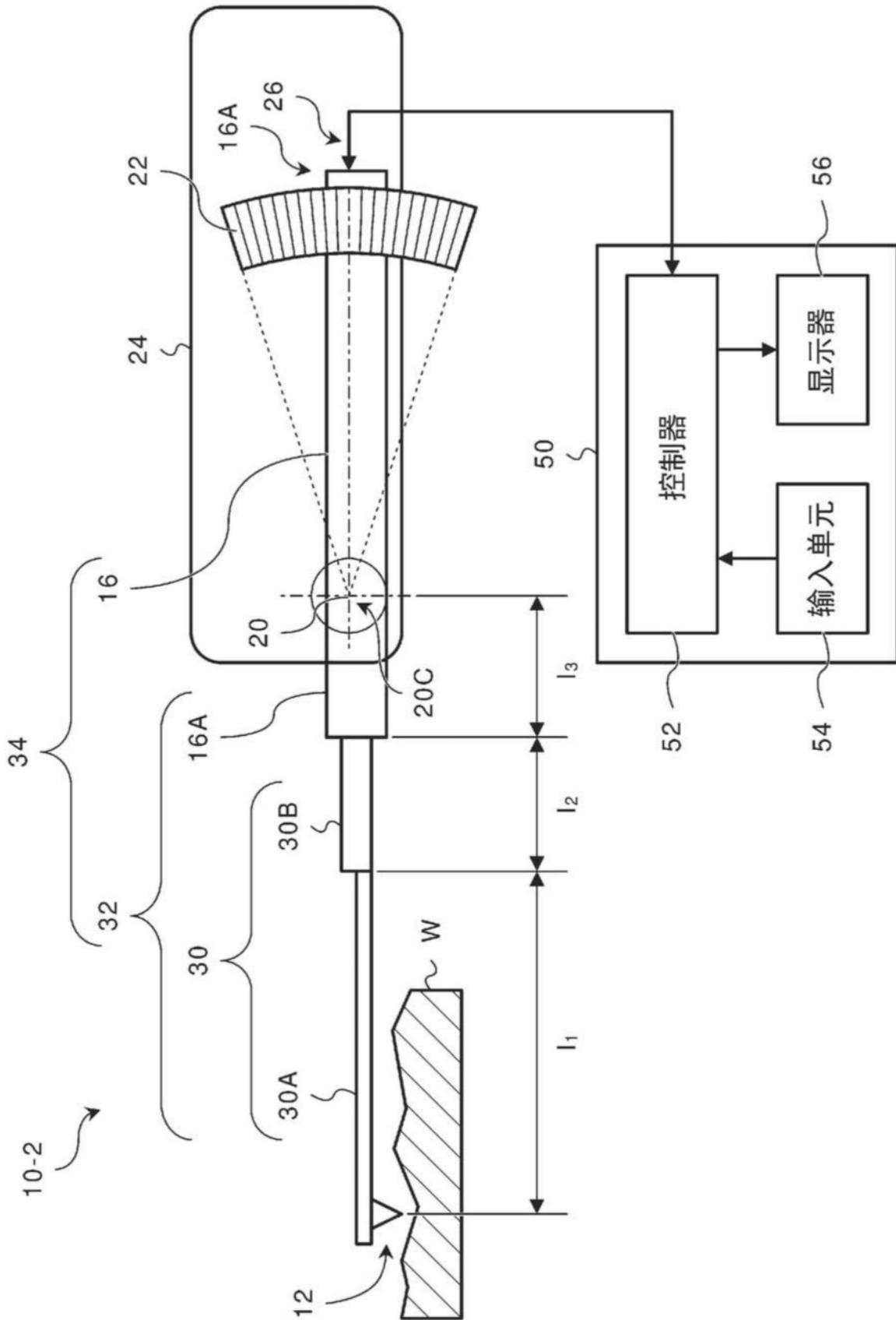


图5

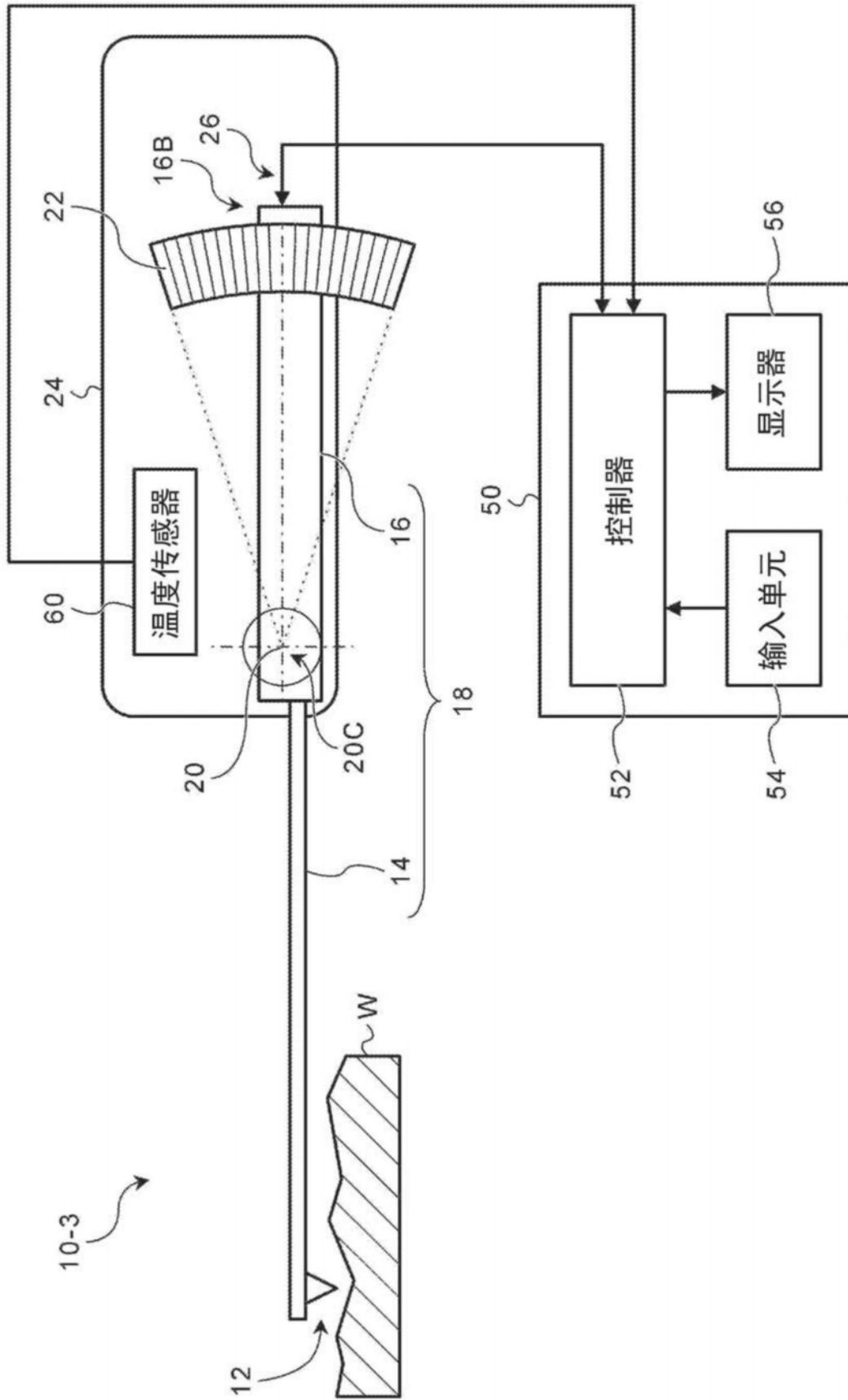


图6