



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104614096 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201510077158. 3

(22) 申请日 2011. 10. 13

(30) 优先权数据

2010-243291 2010. 10. 29 JP

(62) 分案原申请数据

201110310567. 5 2011. 10. 13

(71) 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 清水兴子

(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 马建军

(51) Int. Cl.

G01K 13/00(2006. 01)

G01K 7/00(2006. 01)

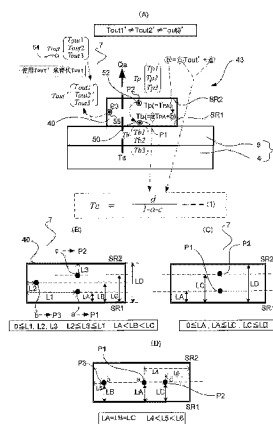
权利要求书1页 说明书26页 附图25页

(54) 发明名称

温度测量装置

(57) 摘要

本发明提供一种温度测量装置,该温度测量装置具有:与被测量体接触的基材;以及温度测量部,其具有用于测量所述基材的外表面上或内部的第1测量点处的第1温度传感器、用于测量所述基材的外表面上或内部的第2测量点处的第2温度传感器、以及用于测量所述基材的外表面上或内部的第3测量点处的第3温度传感器,在所述基材的周围温度不同的情况下,测量所述第1温度、所述第2温度以及所述第3温度,根据所述第1温度、所述第2温度以及所述第3温度,计算所述被测量体的深部温度。



1. 一种温度测量装置,其特征在于,该温度测量装置具有:

与被测量体接触的基材;以及

温度测量部,其具有用于测量所述基材的外表面上或内部的第1测量点处的第1温度的第1温度传感器、用于测量所述基材的外表面上或内部的第2测量点处的第2温度的第2温度传感器、以及用于测量所述基材的外表面上或内部的第3测量点处的第3温度的第3温度传感器,

在所述基材的周围温度不同的情况下,测量所述第1温度、所述第2温度以及所述第3温度,

根据所述第1温度、所述第2温度以及所述第3温度,计算所述被测量体的深部温度。

2. 根据权利要求1所述的温度测量装置,其特征在于,

多次测量所述第1温度、所述第2温度以及所述第3温度。

3. 根据权利要求2所述的温度测量装置,其特征在于,

根据通过多次所述测量而得到的所述第1温度、所述第2温度以及所述第3温度的平均运算的结果,计算所述被测量体的深部温度。

温度测量装置

[0001] 本发明专利申请是发明名称为“温度测量装置”、申请日为 2011 年 10 月 13 日、申请号为“201110310567.5”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及温度测量装置等。

背景技术

[0003] 例如,可根据作为基本生命信息的体温,得到健康状态、基础代谢状态、精神状态等活体信息。在根据人体或动物的体温,估计人或动物的健康状态、基础代谢状态或者精神状态的情况下,不是需要表层部的温度,而是需要深部的温度(深部温度)信息。

[0004] 此外,例如在测量炉或管道等的内部温度的情况下,如果能够通过在炉或管道的外侧的温度计测装置测量内部温度(即深部温度),则不需要用于将温度测量装置设置于炉或管道等的内部的工程,并且也不会产生温度测量装置由于内部的物质而腐蚀等问题。

[0005] 测量深部温度的体温计例如记载在专利文献 1 中。在专利文献 1 中,在人体上,隔开距离 L 并列配置两个温度测量部(第 1 温度测量部和第 2 温度测量部)。在第 1 温度测量部的环境(大气)侧设置有第 1 绝热材料,在第 2 温度测量部的环境(大气)侧设置有第 2 绝热材料,通过将第 2 绝热材料的材料设为与第 1 绝热材料不同的材料,使两个温度测量部的热阻值不同,由此产生两个不同的热流量。第 1 温度测量部测量第 1 体表面温度以及第 1 中间温度,第 2 温度测量部测量第 2 体表面温度以及第 2 中间温度。并且,使用这四点的温度数据,根据预定的运算式测量深部温度。

[0006] 即,关于第 1 热流量,着眼于流过第 1 温度测量部的热流量、与从人体深部到体表面的热流量相等这一点,由此得到将深部温度与测量出的温度以及热阻关联起来的第一个式子。同样,关于第 2 热流量,也得到将深部温度与测量出的温度以及热阻关联起来的第二个式子。通过解联立方程式,即使不清楚人体的热阻值,也能够高精度地求出深部温度。

[0007] 【专利文献 1】日本特开 2006-308538 号公报

[0008] 在专利文献 1 记载的技术中,关于深部温度的计算,没有考虑温度测量部与其周围的环境(大气)之间的热平衡。即,在专利文献 1 记载的技术中,以能够形成不产生热平衡的理想系统为前提。

[0009] 但是,在进一步促进了温度测量部的小型化的情况下,例如温度测量部的侧面与环境(大气)之间的热平衡变得显著,从而不能忽视与热平衡的差分对应的测量误差。在这一点上,不能否认会产生微小的测量误差。

发明内容

[0010] 根据本发明的至少一个方式,能够进行更高精度的深部温度测量。

[0011] (1) 本发明的温度测量装置的一个方式具有：与被测量体接触的基材；以及温度测量部，其具有用于测量所述基材的外表面上或内部的第 1 测量点处的第 1 温度的第 1 温度传感器、用于测量所述基材的外表面上或内部的第 2 测量点处的第 2 温度的第 2 温度传感器、以及用于测量所述基材的外表面上或内部的第 3 测量点处的第 3 温度的第 3 温度传感器，在所述基材的周围温度不同的情况下，测量所述第 1 温度、所述第 2 温度以及所述第 3 温度，根据所述第 1 温度、所述第 2 温度以及所述第 3 温度，计算所述被测量体的深部温度。

[0012] 在现有例中，在环境温度恒定的条件下，使两个温度测量部的绝热材料的种类不同，从而生成了两个不同的热流通量，但是在本方式中，在环境温度不同的至少两个系统中分别生成热流通量。另外，在以下的说明中使用环境这样的用语，环境是例如大气等热介质，能够改称作周围介质或者环境介质。

[0013] 在现有例的热流模型中，两个温度测量系统中的环境温度（以下称作环境温度）为相同的值（即恒定）。因此，在各系统中的深部温度与环境温度之间产生的热流恒定，现有例以该情况为前提条件。以不产生铅直方向的热流的一部分经由例如基材的侧面而流向环境这样的热平衡为前提，从被测量体朝向环境的、例如铅直方向的热流恒定这一点成立。

[0014] 但是，当促进温度测量装置的小型化，从而基材的尺寸变小时，被测量体与环境之间的热平衡（例如从基材的侧面流出热等）变得显著。此时，不能满足在深部温度与环境温度之间产生的热流恒定这样的前提。

[0015] 与此相对，在本方式中，在多个热流系统中，各热流的一端是允许温度变动的环境。因此，在多个热流系统之间，不产生在环境温度与深部温度之间产生的热流必须恒定这样的现有例的制约。即，各系统的热流通量本来包含热平衡引起的热移动，仅是在环境温度（任意温度）与被测量体的深部温度之间产生还包含该热平衡的成分的热流。

[0016] 并且，在这种热流系统的模型中，基材的任意两点（第 1 测量点和第 2 测量点）的温度（第 1 温度和第 2 温度）能够通过包含环境温度作为变量（参数）的式子表示。在此，在深部温度与环境温度相等时，热平衡成为零。因此，例如在进行深部温度的运算时，能够通过给出深部温度与环境温度相等这样的条件，使热平衡引起的测量误差为零。

[0017] 此外，在使用取根据系统不同的两个热流通量测量出的温度信息的差（的比）的形式的运算式作为运算深部温度的运算式时，从各系统得到的温度信息中包含的、与热平衡对应的成分抵消而消失。即，在基材与环境之间产生热平衡、或者在被测量体与环境之间产生热平衡，不会引起任何问题。

[0018] 能够利用这种测量原理，更高精度地测量被测量体的深部温度。一般而言，越使温度测量装置小型化，热平衡给测量带来的影响越显著，但是在本方式中，能够抑制热平衡引起的误差，因此能够同时实现温度测量部的小型化和极高精度的测量。

[0019] 此外，在本方式中，不是在环境中设置温度计直接测量环境温度 T_{out} ，而是用第 3 温度传感器测量位于基材的外表面或内部的第 3 测量点的温度（即第 3 温度） T_{out}' 。并且，将第 3 温度 T_{out}' 代用作环境温度 T_{out} 。在为了测量环境的温度（环境温度） T_{out} 而在基材外部设置了温度传感器的情况下，在温度测量装置的小型化方面是不利的。在本方式中，能够将三个温度传感器，即第 1 温度传感器、第 2 温度传感器以及第 3 温度传感器集中在基材上。因此，能够实现温度测量装置的进一步小型化。如上所述，第 3 温度 T_{out}' 是在运算深部温度时替代环境温度 T_{out} 使用的温度，是与环境温度 T_{out} 区别的概念，但是，

在运算深部温度时,被用作与环境温度 T_{out} 等效的温度。即,也可以将第 3 温度 T_{out}' 称作与基材的周围的环境温度等效的温度。因此,在以下的说明中,有时将“第 3 温度”称作“环境等效温度”。

[0020] 在设环境温度为 T_{out} ,第 3 温度(环境等效温度)为 T_{out}' 时,理想的是 $T_{out} = T_{out}'$,但是实际上,第 3 温度(环境等效温度) T_{out}' 不仅受到环境温度的影响,还受到在被测量体与环境之间产生的热流的影响,因此通常 T_{out} 与 T_{out}' 不一致。

[0021] 但是,在本方式中使用的深部温度的运算式中,重要的不是测量值的绝对值,而是测量出的多个温度数据之间的相对关系,如果满足该相对关系,则即使用第 3 温度 T_{out}' 代用环境温度 T_{out} ,也不对测量精度本身产生影响。

[0022] 上述的相对关系是如下的相对关系:例如在设第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 与环境温度 T_{out} 存在线性关系时,即使在用第 3 温度 T_{out}' 代用环境温度 T_{out} 时,也能够确保同样的线性关系。基材的任意一点的温度能够用包含环境温度 T_{out} 作为变量的一次函数表示,因此第 3 温度 T_{out}' 也具有相对于环境温度 T_{out} 的线性关系,如果决定环境温度 T_{out} ,则第 3 温度 T_{out}' 也能够通过线性函数唯一确定。因此,可认为环境温度 T_{out} 与第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 之间成立的线性关系,在第 3 温度 T_{out}' 与第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 之间也同样成立。由于这种理由,即使用第 3 温度 T_{out}' 代用环境温度 T_{out} ,也能够确保较高的测量精度。

[0023] 此外,在本方式的温度测量装置中,能够通过在不同的环境温度下执行多次温度测量(取得温度信息),并使用得到的多个温度数据执行运算,来求出深部温度。因此,基本上设置一个基材即可,不需要如专利文献 1 记载的现有例那样设置两个基材(两个温度测量部)。因此,在这方面也能够实现温度测量装置的小型化。此外,在专利文献 1 的体温计中,为了使各温度测量部的热阻值不同,需要在温度测量部的表层部设置材料不同的绝热材料,但是在本方式中,基本上存在一个作为传递热的热介质的基材即可,在这方面也能够简化温度测量装置的结构。另外,作为基材,能够使用例如具有预定的导热系数(或者热阻)的材料(例如硅橡胶)。

[0024] (2) 在本发明的温度测量装置的其他方式中,多次测量所述第 1 温度、所述第 2 温度以及所述第 3 温度。

[0025] (3) 在本发明的温度测量装置的其他方式中,根据通过多次所述测量而得到的所述第 1 温度、所述第 2 温度以及所述第 3 温度的平均运算的结果,计算所述被测量体的深部温度。

附图说明

[0026] 图 1 的 (A) ~ (D) 是用于说明第 1 实施方式中的深部温度的测量方法的图。

[0027] 图 2 的 (A) ~ (E) 是用于说明将温度传感器设置在基材上的方法的一例的图。

[0028] 图 3 的 (A) 和 (B) 是示出温度测量方法的一例、以及用于实施该温度测量方法的温度测量装置的结构的一例的图。

[0029] 图 4 的 (A) 和 (B) 是示出温度测量方法的另一例、以及用于实施该温度测量方法的温度测量装置的结构的一例的图。

[0030] 图 5 的 (A) 和 (B) 是示出环境温度恒定这样的条件下的第 1 温度与第 2 温度之间

的关系,以及将该关系应用于深部温度的计算式时的结果的图。

[0031] 图 6 的 (A) ~ (C) 是示出环境温度 (以及第 3 温度) 恒定这样的条件下的第 1 温度与第 2 温度之间的关系,以及将该关系应用于深部温度的计算式时的结果的图。

[0032] 图 7 的 (A) ~ (D) 是示出改变了环境温度 (以及环境等效温度) 时的第 1 温度与第 2 温度之间的关系,以及将该关系应用于深部温度的计算式时的结果的图。

[0033] 图 8 的 (A) ~ (D) 是示出第 1 实施方式中的深部温度的测量方法的图。

[0034] 图 9 的 (A) 和 (B) 是示出温度测量装置的整体结构例的图。

[0035] 图 10 的 (A) 和 (B) 是用于说明利用了无线通信的温度测量装置的使用例的图。

[0036] 图 11 是示出第 1 实施方式中的深部温度的测量顺序的图。

[0037] 图 12 是示出使第 3 温度传感器的设置位置不同时的、每个设置位置的深部温度计算结果的图。

[0038] 图 13 是示出深部温度的计算结果的一例的图。

[0039] 图 14 是示出深部温度的计算结果的另一例的图。

[0040] 图 15 是示出深部温度的计算结果的又一例的图。

[0041] 图 16 是示出深部温度的计算结果的再一例的图。

[0042] 图 17 的 (A) 和 (B) 是示出基材内部的温度分布与测量结果之间的关系的一例的图。

[0043] 图 18 的 (A) 和 (B) 是示出基材内部的温度分布与测量结果之间的关系的一例的图。

[0044] 图 19 是用于说明第 2 实施方式中的深部温度的测量方法的图。

[0045] 图 20 的 (A) 和 (B) 是用于说明在专利文献 1 所示的现有例中,产生由热平衡引起的误差分量的理由的图。

[0046] 图 21 的 (A) 和 (B) 是用于说明在本发明的第 2 实施方式中,不产生由热平衡引起的误差分量的理由的图。

[0047] 图 22 的 (A) 和 (B) 是示出第 2 实施方式中的深部温度的测量顺序、和第 2 实施方式中的深部温度的计算结果例的图。

[0048] 图 23 的 (A) ~ (C) 是用于说明在专利文献 1 (日本特开 2006-308538 号公报) 的图 5 中记载的体温计的例子图。

[0049] 图 24 是示出热流通量为稳定状态时的体温计的接触部模型、和深部温度的计算式的图。

[0050] 图 25 是用于说明现有例中的由热平衡引起的测量误差的图。

[0051] 标号说明

[0052] 4 : 深部 ; 5 : 表层部 ; 6 : 被测量体 (人体等) ; 7 : 环境 (周围介质、环境介质) ; 8 : 剥离带 ; 9 : 粘接层 ; 10 : 粘贴结构 (粘接带) ; 20a、20b : 绝热材料 ; 40 : 基材 ; 43 : 温度测量部 ; 50 : 第 1 温度传感器 ; 52 : 第 2 温度传感器 ; 55 : 第 3 温度传感器 ; 100 : 第 1 单元 ; 200 : 第 2 单元。

具体实施方式

[0053] 在说明本发明的实施方式以前,对专利文献 1 中记载的用于求出深部温度的运算

式进行简单说明。

[0054] 图 23(A) ~ 图 23(C) 是用于说明在专利文献 1 (日本特开 2006-308538 号公报) 的图 7 中记载的体温计的例子图。在图 23(A) 中,直接记载了专利文献 1 的图 7 的内容。图 23(B) 和图 23(C) 是为了说明在专利文献 1 的图 7 中记载的例子的动作而在此新追加的辅助图。

[0055] 如图 23(A) 所示,体温计主体 3 设置在人体 2 上。体温计主体 3 具有第 1 温度测量部 3A 和第 2 温度测量部 3B。第 1 温度测量部 3A 具有:绝热材料 37,其具有与人体 2 的体表面 2A 接触的接触面 300A;以及作为热流通量调整单元的、设置在绝热材料 37 与外部大气之间的作为第 1 绝热材料的绝热材料 38A。此外,温度测量部 3B 具有:绝热材料 37,其具有与温度测量部 3A 的接触位置隔开距离 L 的位置上的与体表面 2A 接触的接触面 300B;以及作为热流通量调整单元的、设置在绝热材料 37 与外部大气之间的作为第 2 绝热材料的绝热材料 38B。即,绝热材料 37 由第 1 温度测量部 3A 和第 2 温度测量部 3B 共用,具有共同的热阻值。

[0056] 第 1 温度测量部 3A 具有:作为第 1 基准温度测量部的体表面传感器 31A,其测量体表面 2A 的温度作为第 1 基准温度;以及作为第 1 参考温度测量部的中间传感器 32A,其测量绝热材料 37 与绝热材料 38A 的界面 301A 的温度作为第 1 参考温度。

[0057] 此外,温度测量部 3B 具有:作为第 2 基准温度测量部的体表面传感器 31B,其测量体表面 2A 的温度作为第 2 基准温度;以及作为第 2 参考温度测量部的中间传感器 32B,其测量绝热材料 37 与绝热材料 38B 的界面 301B 的温度作为第 2 参考温度。绝热材料 38 的材料与绝热材料 37 的材料不同。因此,使第 1 温度测量部 3A 与第 2 温度测量部 3B 之间的热阻值不同,在各温度测量部中产生不同的热流通量。

[0058] 在图 23(B) 中,简略示出了图 23(A) 所示的体温计主体的结构。在图 23(C) 中,记载了图 23(B) 所示的第 1 温度测量部 3A 和第 2 温度测量部 3B 中的热阻和热流通量。

[0059] 如图 23(C) 所示,人体 2 的表层部的热阻为 R_s ,并且在各温度测量部 3A、3B 与人体 2 的接触部位上存在接触电阻 R_t 。不清楚 (R_s+R_t) 的值。此外,共用的绝热材料 37 的热阻为 R_{u0} (已知)。此外,第 1 温度测量部 3A 的设置在大气侧的绝热材料 38A 的热阻为 $(R_{u1}+R_V)$ 。另外, R_V 为接近大气的表层部的热阻。此外,第 2 温度测量部 3B 的设置在大气侧的绝热材料 38B 的热阻为 $(R_{u2}+R_V)$ 。

[0060] 此外,在图 23(C) 中,设由体表面传感器 31A、31B 测量出的温度为 T_{b1} 、 T_{b3} ,设由中间传感器 32A、32B 测量出的温度为 T_{b2} 、 T_{b4} 。

[0061] 在图 23(C) 的左侧如粗线箭头所示,在第 1 温度测量部 3A 中,产生从人体 2 的深部朝向绝热材料 37 与绝热材料 38A 进行接触的界面 301A 的热流通量。该热流通量能够分为从人体 2 的深部 (温度 T_{core}) 朝向体表面 2A 的热流通量 $Q(s+t)$ 、和从体表面 2A 朝向界面 301A 的热流通量 Q_{u1} 。此外,在第 2 温度测量部 3B 中,也产生从人体 2 的深部朝向绝热材料 37 与绝热材料 38A 进行接触的界面 301A 的热流通量,该热流通量能够分为从人体 2 的深部 (温度 T_{core}) 朝向体表面 2A 的热流通量 $Q(s+t)$ 、和从体表面 2A 朝向界面 301A 的热流通量 Q_{u2} 。

[0062] 热流通量能够通过将两点的温度差除以两点间的热阻值来求出。因此,热流通量 $Q(s+t)$ 用下式 (A) 示出,热流通量 Q_{u1} 用下式 (B) 示出,热流通量 Q_{u2} 用下式 (C) 示出。

[0063] $Q(s+t) = (T_{core} - T_{b1}) / (R_s + R_t) \dots (A)$

[0064] $Q_{u1} = (T_{b1} - T_{b2}) / R_{u0} \dots (B)$

[0065] $Q_{u2} = (T_{b3} - T_{b4}) / R_{u0} \dots (C)$

[0066] 在此,人体 2 中的热流通量与温度测量部 3A、3B 中的热流通量相等。因此, $Q(s+t) = Q_{u1}$ 成立,同样, $Q(s+t) = Q_{u2}$ 成立。

[0067] 因此,能够根据式 (A) 和式 (B) 得到下述的式 (D),根据式 (A) 和式 (C) 得到下述的式 (E)。

[0068] $T_{core} = \{(R_s + R_t) / R_{u0}\} \cdot (T_{b1} - T_{b2}) + T_{b1} \dots (D)$

[0069] $T_{core} = \{(R_s + R_t) / R_{u0}\} \cdot (T_{b3} - T_{b4}) + T_{b3} \dots (E)$

[0070] 图 24 是示出热流通量为稳定状态时的体温计的接触部模型、和深部温度的计算式的图。在该图 24 的上侧示出的图是大致直接记载了专利文献 1 的图 4 的内容的图。如图 24 的上侧的图所示,两个不同的热流通量 ($Q(s+t)$ 和 Q_{u1} 、 $Q(s+t)$ 和 Q_{u2}) 用斜率不同的直线示出。在各热流通量中,能够根据人体 2 中的热流通量与温度测量部 3A、3B 中的热流通量相等这样的条件,如上所述,得到作为深部温度 T_{core} 的计算式的式 (D) 和式 (E)。

[0071] 能够根据式 (D) 和式 (E),去除 $\{(R_s + R_t) / R_{u0}\}$ 的项。结果,得到作为深部温度 T_{core} 的计算式下述的式 (F)。

[0072]
$$T_{core} = \frac{T_{b3}(T_{b1} - T_{b2}) - T_{b1}(T_{b3} - T_{b4})}{(T_{b1} - T_{b2}) - (T_{b3} - T_{b4})} \dots (F)$$

[0073] 根据该式 (F),能够高精度地求出人体 2 的深部温度 T_{core} 而与人体 2 中的热阻值无关。

[0074] 图 25 示出了在图 23 所示的现有例中,产生由热平衡引起的测量误差的情况。另外,在图 25 中,为了方便说明,将各体表面传感器 31A ~ 32B 的测量温度记作 $T_1 \sim T_4$ 。

[0075] 在图 25 中,用粗线的虚线箭头示出在人体 2 与环境 (在此为大气) 7 之间,或者在温度测量部 3A、3B 与环境 7 之间产生的热平衡 (热的传递)。如上所述,产生从人体 2 的深部朝向温度测量部 3A、3B 的热流通量,但是在实际的温度测量时,热流通量的一部分例如从温度测量部 3A、3B 流入环境 (大气) 7,并且例如热从环境 (大气) 7 流入到温度测量部 3A、3B。在之前已说明的专利文献 1 记载的技术中,以不产生热平衡的理想的热流通量为前提,因此,在这一点上,不能否认会产生微小的测量误差。

[0076] 在图 25 的下侧示出的式 (F) 中,将现有例中的深部温度 T_{core} 分为真正的深部温度 T_c 和由热平衡引起的误差分量 ΔT_c 进行了记载。即,在专利文献 1 记载的测量方法中,在测量出的深部温度 T_{core} 中,存在微小的伴随热平衡的测量误差。如果能够通过例如校正运算等去除该伴随热平衡的测量误差,则能够进一步提高深部温度的测量精度。

[0077] 接着,参照附图来说明本发明的实施方式。

[0078] (第 1 实施方式)

[0079] 图 1(A) ~ 图 1(C) 是用于说明第 1 实施方式中的深部温度的测量方法的图。在图 1 中,仅记载了本实施方式中的温度测量装置的主要部分 (温度测量部)。另外,在后面使用图 9 说明温度测量装置的整体结构例。

[0080] 首先,参照图 1(A)。本实施方式中的温度测量装置具有:基材 40;第 1 温度传感器

50,其测量基材 40 的第 1 测量点 p1 处的温度作为第 1 温度 T_b ;第 2 温度传感器 52,其测量基材 40 的与第 1 测量点 p1 不同的第 2 测量点 p2 处的温度作为第 2 温度 T_p ;第 3 温度传感器 55,其测量基材 40 的与第 1 测量点 p1 和第 2 测量点 p2 不同的第 3 测量点 p3 处的温度作为第 3 温度 T_{out}' ,该第 3 温度 T_{out}' 是代用作基材 40 的周围环境 7 的温度的温度。

[0081] 在此,环境温度 T_{out} 例如是用例如设置在大气中的大气温度传感器 54 计测基材 40 的周围环境(例如大气)7 的温度而得到的温度信息。与此相对,“环境等效温度(第 3 温度) T_{out}' ”是例如由设置于基材 40 的第 3 温度传感器 55 测量出的、在运算深部温度时替代环境温度 T_{out} 使用的温度信息。如上所述,第 3 温度 T_{out}' 是在运算深部温度时替代环境温度 T_{out} 使用的温度,是与环境温度 T_{out} 区别的概念,但是,在运算深部温度时,被用作与环境温度 T_{out} 等效的温度。即,也可以将第 3 温度 T_{out}' 称作与基材的周围环境 7 的温度等效的温度。因此,在以下的说明中,有时将“第 3 温度”称作“环境等效温度”。在以下的说明中,为了进行正确的说明,对环境温度 T_{out} 和第 3 温度 T_{out}' 进行区别处理。

[0082] 基材 40、第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55 是温度测量部 43 的结构要素。此外,第 1 测量点 p1、第 2 测量点 p2 以及第 3 测量点 p3 能够位于基材 40 的外表面或者基材 40 的内部。即,第 1 测量点 p1、第 2 测量点 p2 以及第 3 测量点 p3 是位于基材 40 的外表面上或者基材 40 的内部的任意三点。

[0083] 第 1 测量点 p1 是基材 40 上的被测量体 6 侧的测量点,第 2 测量点 p2 是位于环境 7 侧的测量点。此外,如上所述,第 3 测量点是用于测量与环境 7 的温度(环境温度 T_{out})等效的环境等效温度(第 3 温度) T_{out}' 的测量点。

[0084] 基材 40 具有:作为与被测量体 6 接触的接触面的第 1 面 SR_1 ;以及第 2 面 SR_2 ,其是与第 1 面 SR_1 相对的环境 7 侧的面(即,基材 40 的上表面)。基材 40 的第 1 面 SR_1 成为与被测量体 6 的表层部 5 的表面接触的状态。

[0085] 基材 40 的第 2 面 SR_2 例如是与第 1 面 SR_1 平行的面。此外,基材 40 是传递热的热介质。作为基材 40,例如能够使用具有预定的导热系数(或者热阻)的材料(例如硅橡胶)。被测量体 6 可以是人体,也可以是炉或管道等的无机结构物。

[0086] 此外,作为第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55,例如能够使用将温度值转换为电阻值的类型的温度传感器,并且,能够使用将温度值转换为电压值的类型的温度传感器等。另外,作为将温度值转换为电阻值的类型的温度传感器,能够采用片式热敏电阻、印刷有热敏电阻图案的挠性基板、铂测温电阻体等。此外,作为将温度值转换为电压值的类型的温度传感器,能够采用热电偶元件、PN 结元件、二极管等。

[0087] 被测量体 6 的深部 4 的深部温度为 T_c ,该深部温度 T_c 是作为测量对象的温度。在图 1(A) 的例子中,如虚线的箭头所示,产生从被测量体 6 的深部 4 朝向环境 7 的热流(热流通量) Q_a 。

[0088] 环境 7 是例如大气等热介质。可以将“环境”这样的表述改称作“周围介质”或者“环境介质”。即使在基材 40 的周围介质中包含不是大气的构成成分的气体成分的情况下,也能够将该介质称作环境(周围介质、环境介质)7。此外,该介质不限于气体。

[0089] 此外,第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 在环境 7 的温度(环境温度) T_{out} 的值不同的条件下,多次(在本实施方式中设为 3 次)测量第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 。此外,第 3 温度传感器 55 多次(在本实施方式中设为 3 次)测量温度值与环境温度 T_{out} 对

应地变化的环境等效温度（第3温度） T_{out}' 。

[0090] 为了求出深部温度 T_c ，需要环境温度 T_{out} 的温度信息，但是在本实施方式中，用环境等效温度 T_{out}' 代用环境温度 T_{out} 。其理由如下。即，为了直接测量环境温度 T_{out} ，需要在基材 40 外部的环境 7 中设置用于环境温度测量的独立的温度传感器（图 1(A) 所示的大气温度传感器 54）。与此相对，如果测量环境等效温度 T_{out}' ，则能够将第 3 温度传感器 55 设置于基材 40 的外表面或内部，结果，能够将三个传感器（第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55）集中在基材 40 上，能够实现温度测量装置的进一步的小型化。这样，从促进温度测量装置的小型化的观点出发，采用了用环境等效温度 T_{out}' 代用环境温度 T_{out} 的结构。

[0091] 在此，环境温度 T_{out} 与第 3 温度（环境等效温度） T_{out}' 理想的是 $T_{out} = T_{out}'$ ，但是实际上，第 3 温度（环境等效温度） T_{out}' 不仅受到环境温度的影响，还受到在被测量体与环境之间产生的热流 Q_a 的影响，因此通常 T_{out} 与 T_{out}' 不一致。

[0092] 但是，在本实施方式中使用的深部温度的运算式中，重要的不是测量值的绝对值，而是测量出的多个温度数据之间的相对关系，如果满足该相对关系，则即使用第 3 温度（环境等效温度） T_{out}' 代用环境温度 T_{out} ，也不对测量精度本身产生影响。

[0093] 上述相对关系是如下的相对关系：例如在设第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 与环境温度 T_{out} 存在线性关系时，即使在用第 3 温度 T_{out}' 代用环境温度 T_{out} 时，也能够确保同样的线性关系。基材中的任意一点的温度能够用包含环境温度 T_{out} 作为变量的一次函数表示，因此第 3 温度 T_{out}' 也具有相对于环境温度 T_{out} 的线性关系，如果能够决定环境温度 T_{out} ，则第 3 温度 T_{out}' 也能够通过线性函数唯一确定。因此，可认为环境温度 T_{out} 与第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 之间成立的线性关系，在第 3 温度 T_{out}' 与第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 之间也同样成立。由于这种理由，即使用第 3 温度 T_{out}' 代用环境温度 T_{out} ，也能够确保较高的测量精度。

[0094] 基本上，被测量体的深部温度 T_c 能够根据在环境温度 T_{out} 与第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 之间成立的关系，利用多次温度测量的实测值，通过运算求出。如上所述，即使在使用第 3 温度（环境等效温度） T_{out}' 来替代环境温度 T_{out} 的情况下，同样的关系也成立，因此在以下的说明中，适当使用第 3 温度（环境等效温度） T_{out}' 这样的表现。

[0095] 第 1 测量点 p_1 的温度 T_b （即第 1 温度）和第 2 测量点 p_2 的温度 T_p （即第 2 温度）都受到作为热源的热部温度 T_c 的影响而变动，并且受到作为热流终端的环境 7 的温度 T_{out} 的影响而变动。

[0096] 例如，在设第 2 温度 $T_b = T_{PA}$ 时，可表现为第 1 温度 $T_p = aT_{PA} + b$ 。a 是一次函数的斜率（第 1 斜率），b 是截距（第 1 截距）。此外，第 1 截距 b 相对于环境温度 T_{out} 即作为环境等效温度的第 3 温度 T_{out}' 线性变化。即，能够表现为 $b = cT_{out}' + d$ 。c 是一次函数的斜率（第 2 斜率），d 是截距（第 2 截距）。

[0097] 在本实施方式中，温度测量部中包含的运算部（在图 1 中未图示，图 3～图 5 中的参考标号 74），根据通过三次测量而得到的第 1 温度（ $T_{b1} \sim T_{b3}$ ）、第 2 温度（ $T_{p1} \sim T_{p3}$ ）以及与三次测量对应的不同值的第 3 温度（ $T_{out1}' \sim T_{out3}'$ ），通过基于作为深部温度的运算式的第 1 计算式（式 (1)）的运算求出远离第 1 面 SR_1 的、被测量体 6 的深部 4 的深部温度 T_c 。即， $T_c = d / (1 - a - c)$ 。

[0098] 在深部温度 T_c 与环境温度 T_{out} (即环境等效温度 T_{out}') 相等时,着眼于热平衡为零这一点而导出第 1 计算式(式(1))(具体的导出过程将在后面说明)。根据通过三次测量而得到的温度数据决定常数 a 、 c 、 d ,通过代入到式(1)求出深部温度 T_c 。以下,将式(1)称作第 1 计算式。这是本实施方式中的深部温度 T_c 的计算方法。

[0099] 另外,第 1 计算式(式(1))在环境温度 T_{out} (环境等效温度 T_{out}') 与深部温度 T_c 相等的条件下,通过校正运算而导出。即,在假定校正运算式中的条件后,设 T_{out} (T_{out}') = T_c ,因此实际测量出的环境等效温度 T_{out}' 与环境温度 T_{out} 稍有不同,这在校正运算后不会有特别的影响。

[0100] 但是,第 1 计算式以基材 40 中的温度分布相对于环境温度 T_{out} 呈线性关系为前提,因此在用于运算的环境温度 T_{out}' 的值与实际的环境温度 T_{out} 的差扩大的情况下,可能不能满足基材 40 中的温度分布相对于环境温度 T_{out} 呈线性关系的前提,此时,深部温度的测量结果产生误差。从该观点出发,优选使得环境等效温度 T_{out}' 与环境温度 T_{out} 的差(误差)变小。

[0101] 在现有例中,在环境温度恒定的条件下,使两个温度测量部的绝热材料的种类不同,生成了两个不同的热流通量,但是在本实施方式中,在环境温度不同的至少两个系统中生成热流通量。另外,在以下的说明中使用环境这样的用语,但环境是例如大气等热介质,可以改称作周围介质或者环境介质。

[0102] 在现有例的热流模型中,两个温度测量系统中的环境温度 T_{out} 为相同的值(即恒定)。因此,在各系统中的深部温度 T_c 与环境温度 T_{out} 之间产生的热流恒定,现有例以该情况为前提条件。从被测量体朝向环境的、例如铅直方向的热流恒定这样的情况以如下情况为前提而成立:不产生该铅直方向的热流的一部分经由例如基材的侧面而流向环境这样的热平衡。

[0103] 但是,当促进温度测量装置的小型化,从而基材的尺寸变小时,被测量体与环境之间的热平衡(例如从基材侧面流出热等)变得显著。此时,不能满足在深部温度 T_c 与环境温度 T_{out} 之间产生的热流恒定这样的前提。

[0104] 与此相对,在本实施方式中,在多个热流系统中,各热流的一端是允许温度变动的环境 7,例如在第 1 系统中,环境温度为 T_{out1} (任意温度),在第 2 系统中,环境温度为 T_{out2} (与 T_{out1} 不同的任意温度)。因此,不产生如下的现有例的制约:在多个热流系统之间,在环境温度 (T_{out}) 与深部温度 (T_c) 之间产生的热流必须恒定。即,在各系统的热流通量中本来包含由热平衡引起的热移动,仅是在环境温度 T_{out} (任意温度)与被测量体的深部温度 T_c 之间,产生还包含该热平衡的成分的热流。

[0105] 并且,在这种热流系统中,基材中的任意两点(第 1 测量点和第 2 测量点)的温度能够通过包含环境温度 T_{out} 即作为环境等效温度的第 3 温度 T_{out}' 作为变量(参数)的式子表示。

[0106] 此外,在深部温度 T_c 与环境温度 T_{out} (即第 3 温度 T_{out}') 相等时,热平衡为零。因此,例如在进行深部温度 T_c 的运算时,能够通过给出深部温度 T_c 与环境温度 T_{out} (第 3 温度 T_{out}') 相等这样的条件,设由热平衡引起的测量误差为零。

[0107] 接着,对决定将位于基材 40 的任意三点中的哪一个设为第 1 测量点 p_1 、哪一个设为第 2 测量点 p_2 、哪一个设为第 3 测量点 p_3 的方法的一例进行说明。关于第 1 测量点 p_1

的位置(第1温度传感器50的位置)、第2测量点p2的位置(第2温度传感器52的位置)以及第3测量点p3的位置(第3温度传感器55的位置),可考虑各种变形。在此,参照图1(B)。

[0108] 如上所述,第1测量点p1、第2测量点p2以及第3测量点p3能够位于基材40的表面上或侧面上即基材40的外表面上,并且,还能够位于基材40的内部。在此,第1测量点p1、第2测量点p2以及第3测量点p3必须位于不同的位置。

[0109] 在图1(B)的例子中,在基材40的内部设定三点(点a、点b、点c)。在此,第3测量点p3是用于计测与环境温度 T_{out} 等效的环境等效温度 T_{out}' 的测量点,因此优选将三点(点a~点c)中的、最容易与环境7进行热交换的点(最受环境温度 T_{out} 影响的点)选择为第3测量点。即,优选设存在于与环境7之间的最小热阻值比其他两点小的测量点为第3测量点。

[0110] 在图1(B)中,设三个测量点a~c中的到达环境7的最短距离为 L_1 、 L_2 、 L_3 。 L_1 、 L_2 、 L_3 为0以上的值,并且,在图1(B)的例子中, $L_2 \leq L_3 \leq L_1$ 。即 L_2 最小。因此,测量点b是最容易与环境7进行热交换的点。因此,在图1(B)的例子中,设测量点b为用于测量环境等效温度 T_{out}' 的第3测量点p3。

[0111] 接着,说明将剩余两个点(测量点a和测量点c)中的哪一个设为第1测量点p1。第1测量点p1是被测量体6侧的测量点,因此优选将更接近被测量体6的测量点、即更接近作为热源的被测量体6的深部4的测量点设为第1测量点p1。

[0112] 因此,在图1(B)中,考虑与基材40的接触面SR1垂直的垂线方向上的、与第1面(接触面)SR1的距离。a点的距离为 L_A ,b点的距离为 L_B ,c点的距离为 L_C 。另外,设基材40的高度(从第1面SR1到第2面SR2的距离)为 L_D 。在图1(B)的例子中, $L_A < L_B < L_C$, L_A 最小。

[0113] 即,测量点a相比测量点c位于更靠近被测量体6的位置。因此,在图1(B)的例子中,设测量点a为被测量体6侧的测量点p1。结果,第3测量点c成为作为环境侧的测量点的第2测量点p2。由此,能够关于位于基材40的任意三点,决定第1测量点p1~第3测量点p3。但是,该决定方法只是一个例子,不限于该方法。

[0114] 接着,参照图1(C)对第1测量点p1与第2测量点p2的位置关系进行说明。另外,将在后面使用图13~图18对使第1测量点p1和第2测量点p2进行各种变化来测量深部温度的结果进行说明。

[0115] 如上所述,第1测量点p1是被测量体6侧的测量点,第2测量点p2是环境(大气)7侧的测量点。如图1(C)所示,考虑与基材40的接触面SR1垂直的垂线方向上的、与第1面(接触面)SR1的距离,设第1测量点p1的距离为 L_A ,设第2测量点p2的距离为 L_B 。设基材40的高度为 L_C ,设基材40的高度(从第1面SR1到第2面SR2的距离)为 L_D 。

[0116] 关于距离 L_A 和距离 L_B , $0 \leq L_A$ 、 $L_B \leq L_C$ 成立,并且 $L_A \leq L_B$ 成立。即,第1测量点p1和第2测量点p2的与基材40的第1面SR1之间的距离 L_A 、 L_B 为0以上,基材40的高度(顶部处的高度)在 L_C 以内。此外,在对第1测量点p1的与基材40的第1面SR1之间的距离 L_A 、和第2测量点p2的与基材40的第1面之间的距离 L_B 进行比较时,可以是 $L_A < L_B$,也可以是 $L_A = L_B$ 。

[0117] 此外,在 $L_A < L_B$ 时,第1测量点p1相比第2测量点p2位于更靠近被测量体6的

位置。在 $LA = LB$ 时,第 1 测量点 $p1$ 和第 2 测量点 $p2$ 位于横向一条线的位置,与接触面 $SR1$ 垂直的垂线方向的距离相等。此时,在与接触面 $SR1$ 平行的方向上的距离(即与基材 40 的侧面之间的距离)存在差异时,能够将与基材 40 的侧面之间的距离较小的点设为作为环境 7 侧的测量点的第 2 测量点 $p2$ 。另外,将在后面使用图 16 对即使在 $LA = LB$ 的情况下也能够正确测量深部温度 Tc 这一点进行说明。

[0118] 接着,参照图 1(D) 对将基材中的任意三点 ($a \sim c$) 并列配置于横向一条线的位置的情况进行说明。在图 1 的 (D) 的例子中, $LA = LB = LC$,关于各点 $a \sim c$,与接触面 $SR1$ 垂直的垂线方向的距离相等。但是,关于与接触面 $SR1$ 平行的方向上的距离(即与基材 40 的侧面之间的距离) $L4 \sim L6$, $L5 < L6 < L4$ 成立。

[0119] 因此,能够设最受环境温度 $Tout$ 影响的点 b 为用于测量环境等效温度 $Tout'$ 的第 3 测量点。此外,关于点 a 和点 c ,由于点 c 相比点 a 位于更靠近环境 7 的位置,因此能够设点 c 为用于测量环境侧的温度(第 2 温度 Tp) 的第 2 测量点 $p2$ 。结果,点 a 成为作为被测量体 6 侧的测量点的第 1 测量点 $p1$ 。

[0120] 这样,在基材 40 上设定了任意的三点后,能够通过综合考虑从被测量体 6 到各点之间的距离的长短、从环境 7 到各点之间的距离的长短,确定第 1 测量点 $p1 \sim$ 第 3 测量点 $p3$ 。

[0121] 接着,对将温度传感器设置在基材 40 上的方法的一例进行说明。图 2(A) ~ 图 2(E) 是用于说明将温度传感器设置在基材上的方法的一例的图。在此,以第 1 温度传感器 50(例如由热电偶元件构成)为例进行说明。以下说明的方法对于第 2 温度传感器 52 和第 3 温度传感器 55 也同样适用。

[0122] 图 2(A) 是示出基材 40(包含第 1 温度传感器 50) 的平面图和剖视图。如平面图所示,基材 40 在平面视图中形成正方形的形状,纵 $Y1$ 和横 $X1$ 均为例如 50mm。此外,如剖视图所示,基材的高度 $Y3$ 为例如 5mm。并且,第 1 温度传感器 50 被埋设在基材 40 中。第 1 温度传感器 50 的横 $X2$ 为例如 0.5mm,纵(高度) $Y2$ 为例如 0.5mm。作为基材 40,能够使用例如发泡橡胶(例如天然的胶乳橡胶)或发泡树脂(例如发泡聚氨酯)。

[0123] 图 2(B) 和图 2(C) 示出了将第 1 温度传感器 50 埋入到基材 40 的方法的一例。在图 2(B) 中,形成从基材 40 的侧面朝向中央的横孔 47a,经由该横孔 47a 将第 1 温度传感器 50 搬送到基材 40 内部,并且将第 1 温度传感器 50 设置于基材 40 的大致中央。

[0124] 此外,在图 2(C) 的例子中,替代图 2(B) 中的横孔 47a,形成了纵孔 47b。

[0125] 图 2(D) 和图 2(E) 示出了将第 1 温度传感器 50 埋入到基材 40 的方法的另一例。在图 2(D) 和图 2(E) 的例子中,将基材 40 分割成下侧部分 40a 和上侧部分 40b。在粘贴下侧部分 40a 和上侧部分 40b 时,通过利用两部分 40a、40b 夹入第 1 温度传感器 50,从而能够使第 1 温度传感器 50 位于基材 40 的内部。

[0126] 在图 2(D) 的例子中的第 1 工序中,在基材 40 的上侧部分 40b 的一部分上形成凹部 39。在第 2 工序中,在形成于基材 40 的上侧部分 40b 的凹部 39 中埋入第 1 温度传感器 50,并且在基材 40 的下侧部分 40a 的与上侧部分 40b 相对的面上形成粘接材料 41。在第 3 工序中,粘贴基材 40 的下侧部分 40a 和上侧部分 40b。但是,由于发泡橡胶或发泡树脂具有柔软性,因此还能够不设置凹部 39,而用基材 40 的下侧部分 40a 和上侧部分 40b 直接夹着第 1 温度传感器 50。图 2(E) 示出该例子。

[0127] 在图 2(E) 的例子的第 1 工序中,不在基材 40 的下侧部分 40a 上形成凹部。并且,在第 2 工序中,在基材 40 的下侧部分 40a 的与上侧部分 40b 相对的面上形成粘接材料 41,并在该粘接材料 41 上载置第 1 温度传感器 50。在第 3 工序中,粘贴基材 40 的下侧部分 40a 和上侧部分 40b。基材 40 由柔软的材料构成。因此,在粘贴时,基材 40 的上侧部分 40b 的中央部以包入第 1 温度传感器 50 的方式进行变形。另外,以上的例子只是一个例子,不限于这些方法。

[0128] 接着,对用于确保“在环境温度 T_{out} 的值不同的条件下,多次测量第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 以及第 3 温度(环境等效温度) T_{out}' ”的测量方法的例子进行说明。

[0129] 图 3(A) 和图 3(B) 是示出温度测量方法的一例、以及用于实施该温度测量方法的温度测量装置的结构的一例的图。

[0130] 图 3(A) 所示的温度测量装置包含温度测量部 43、运算部 74、以及控制温度测量部 43 和运算部 74 的动作的控制部 73。控制部 73 除了上述运算部 74 以外,还具有测量定时控制部 75。测量定时控制部 75 输出定时控制信号 TS_1 ,根据该定时控制信号 TS_1 ,改变第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55 的第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 以及第 3 温度(环境等效温度) $T_{out}3'$ 的测量定时。

[0131] 另外,也可以通过空调器 57 控制环境 7 的温度。但是,在图 4(A) 的例子中,利用环境 7 的微观的温度波动,因此在本例中,有无空调器 57(或者开/关空调器)不成问题。

[0132] 如图 3(B) 所示,为了得到第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 和第 3 温度 T_{out}' ,设置了第 1 测量期间~第 3 测量期间。控制部 73 按照每个测量期间,执行多次的温度测量或者温度信息的取得,并根据得到的数据执行基于上述第 1 计算式(式(1))的运算,从而求出深部温度 T_c 。

[0133] 作为用于“使环境温度 T_{out} 的值不同”的方法,存在利用空调器等的积极方法,和着眼于时间轴上的环境温度波动(微小变动)来调整测量定时这样的消极方法,但是在图 3 的例子中,采用了后者的消极方法。

[0134] 例如,在测量三次基材 40 的第 1 测量点 p_1 处的第 1 温度 T_b 和基材 40 的第 2 测量点 p_2 处的第 2 温度 T_p 时,当各测量之间的时间间隔非常短时,有时不能满足在不同的环境温度下进行三次测量这样的条件。因此,在本例子中,设置第 1 次测量用的第 1 时间段(即第 1 测量期间)、第 2 次测量用的第 2 时间段(即第 2 测量期间)、和第 3 次测量用的第 3 时间段(即第 3 测量期间)。

[0135] 能够将各时间段(测量期间)设为例如 1 分钟(3 个时间段的合计为 3 分钟)。第 1 时间段(第 1 测量期间)是时刻 t_1 到 t_4 的期间,例如每隔 20 秒执行温度测量。即,在时刻 t_1 、时刻 t_2 、时刻 t_3 ,执行 3 次温度测量,从而得到如图所示的 9 个数据。并且,通过这些数据的平均运算(可以是单纯的相加平均,也可以是加权平均),决定第 1 次的温度测量值(T_{b1} 、 T_{p1} 、 T_{out1}')。

[0136] 此外,在第 2 时间段(第 2 测量期间)也执行 3 次温度测量,通过各测量结果的平均运算(可以是单纯的相加平均,也可以是加权平均),决定第 2 次的温度测量值(T_{b2} 、 T_{p2} 、 T_{out2}')。

[0137] 同样,在第 3 时间段(第 3 测量期间)也执行 3 次温度测量,通过各测量结果的平均运算(可以是单纯的相加平均,也可以是加权平均),决定第 3 次的温度测量值(T_{b3} 、

Tp3、Tout3')。将以上处理设为第 1 步骤 S1 的处理。另外,最广义地解释平均运算这样的用语。

[0138] 接着,在步骤 S2 中,根据得到的数据,计算之前图 1(A) 所示的常数 a、c、d。接着,在步骤 S3 中,根据第 1 计算式(式(1))测量深部温度 Tc。

[0139] 在图 3 所示的例子中,关于第 1 温度 Tb、第 2 温度 Tp 以及第 3 温度 Tout',能够比较容易地得到在不同的环境温度 Tout(即不同的环境等效温度 Tout')下测量出的多个温度数据,而不使用空调器等积极改变环境温度。

[0140] 图 4(A) 和图 4(B) 是示出温度测量方法的另一例、以及用于实施该温度测量方法的温度测量装置的结构的一例的图。在图 4(A) 所示的温度测量装置中,设置了输入定时控制信息的定时控制信息输入部 83,该定时控制信息用于决定执行多次温度测量的定时。每当从定时控制信息输入部 83 输入定时控制信息(在此为测量指示触发 TG)时,控制部 73 例如使第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55 执行温度测量。

[0141] 在图 4 的例子中,通过用户本身的行为保证“使第 3 温度(环境温度 Tout)的值不同”。

[0142] 例如,用户在进行第 1 次测量时,将设置在温度测量装置外部的的外部空调器 57 的温度设定为第 1 温度,例如在从设定起经过预定时间时,经由定时控制信息输入部输入作为定时控制信息的测量指示触发 TG。如上所述,每当从定时控制信息输入部 83 输入定时控制信息时,控制部 73 例如使第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55 执行温度测量。测量定时由测量定时控制部 75 控制。

[0143] 例如可以每当输入定时控制信息(测量指示触发 TG)时进行 1 次温度测量,并且也可以每当输入定时控制信息时执行多次温度测量,并对得到的测量值进行平均等来求出测量值。之后,用户在将空调器 57 的温度设定为第 2 温度后,输入定时控制信息,接着,在将空调器 57 的温度设定为第 3 温度后,输入定时控制信息。例如,用户输入 3 次定时控制信息。

[0144] 当取得 3 次的温度信息时,运算部 74 自动执行基于取得的温度信息的、用于求出深部温度 Tc 的运算(基于计算式的运算),从而求出深部温度 Tc。将求出的深部温度 Tc 例如报知(包含基于显示、声音的通知等)给用户。在图 3 的例子中,用户本身利用空调器等使每次测量的环境温度不同,因此温度测量装置本身不产生管理环境温度的负担。

[0145] 测量顺序如图 4(B) 的步骤 S4 ~ 步骤 S6 所示。另外,以上的例子只是一个例子。

[0146] 图 5(A) 和图 5(B) 是示出温度测量方法的又一例、以及用于实施该温度测量方法的温度测量装置的结构的一例的图。在图 5 的例子中,温度测量部具有能够改变环境温度 Tout 的环境温度调整部 CD。接着,每当 1 次温度测量结束时,控制部 73 通过环境温度调整部 CD 改变环境温度 Tout。由此, Tout1 ≠ Tout2 ≠ Tout3 成立。

[0147] 在图 5(A) 的例子中,使用调整器 CC1 作为环境温度调整部 CD,调整器 CC1 例如具有如下功能:通过远程控制调整设置在温度测量装置外部的的外部空调器 57 的设定温度。调整器 CC1 的动作利用来自测量定时控制部 75 的控制信号 ST2 进行控制。

[0148] 此外,在图 5(B) 的例子中,例如使用设置在温度测量装置内部的气流生成部(例如具有改变气流温度的功能)CC2 作为环境温度调整部 CD。气流生成部 CC2 能够由风扇(电扇)、或喷射气流的微小喷嘴等构成。气流生成部 CC2 的动作利用来自测量定时控制部 75

的控制信号 ST3 进行控制。

[0149] 能够通过利用环境温度调整部 CD,按照每次测量,使环境温度 T_{out} (以及环境等效温度 T_{out}') 可靠地不同。此外,能够将环境温度 T_{out} (以及环境等效温度 T_{out}') 设定为正确的温度。此外,例如还能够将第 1 测量时的环境温度 T_{out1} (以及环境等效温度 T_{out}')、与第 2 测量时的环境温度 T_{out2} (以及环境等效温度 T_{out}') 的差设定得较大。另外,以上的例子只是一个例子。

[0150] 接着,使用图 6 ~图 8 对第 1 计算式 (采用了图 1 的 (A) 的式 (1) 的深部温度 T_c 的运算) 进行具体说明。

[0151] 图 6(A) ~图 6(C) 是示出环境温度 (以及第 3 温度) 恒定这样的条件下的、第 1 温度与第 2 温度之间的关系以及将该关系应用于深部温度的计算式时的结果的图。

[0152] 在图 6(A) 中,在基材 40 上设置有第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55。基材 40、第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 以及第 3 温度传感器 55 是温度测量部 43 的结构要素。基材 40 具有第 1 面 (接触面)SR1 和第 2 面 (基材 40 的上表面)SR2。温度测量部 43 例如被粘贴到被测量体 6 (例如人体) 上。

[0153] 另外,将环境 7 的温度表述为 T_{out} ,将通过第 1 温度传感器 50 测量出的第 1 温度表述为 T_b ,将通过第 2 温度传感器 52 测量出的第 2 温度表述为 T_p ,将通过第 3 温度传感器 55 测量出的第 3 温度 (环境等效温度) 表述为 T_{out}' 。

[0154] 图 6(B) 是示出第 2 温度 T_b 与第 1 温度 T_p 之间的关系的图。在图 6(B) 中,横轴为 T_p ,纵轴为第 2 温度 T_p 和第 1 温度 T_b 的温度 T 。在环境温度 (T_{out}) 恒定的状态下第 1 温度 T_b 线性变化时,第 2 温度 T_p 也线性变化。即,第 1 温度 T_b 相对于第 2 温度 T_p 具有线性关系。

[0155] 如图 6(B) 所示,第 1 温度 T_b 通过将第 2 温度 T_p 设为变量的一次函数表示。即,下述式 (2) 成立。

$$[0156] \quad \left. \begin{array}{l} T_p = T_p \\ T_b = aT_p + b \end{array} \right\} \quad \dots (2)$$

[0157] 在此,a 为第 1 斜率,b 为第 1 截距 (或者第 1 偏移值),均为常数。当 T_p 为 T_{pA} 时, $T_b = aT_{pA} + b$,并且,当 T_p 为 T_{pB} 时, $T_b = aT_{pB} + b$ 。

[0158] 图 6(C) 是示出将通过两次的温度测量而得到的温度数据 $T_1 \sim T_4$ 应用于之前说明的深部温度的计算式时的结果的图。设为通过时刻 t_1 的温度测量得到第 1 温度 T_1 和第 2 温度 T_2 。此外,设为通过时刻 t_2 的温度测量得到第 1 温度 T_3 和第 2 温度 T_4 。 $T_1 \sim T_4$ 通过下述式 (3) 表示。

$$[0159] \quad \left. \begin{array}{l} T_1 = aT_{pA} + b \\ T_2 = T_{pA} \\ T_3 = aT_{pB} + b \\ T_4 = T_{pB} \end{array} \right\} \quad \dots (3)$$

[0160] 在此,将式 (3) 的各值代入到式 (4) (与图 25 所示的式 (F) 相同)。式 (4) 是用于

求出深部温度 T_{core} 的计算式,如之前说明的那样,包含由热平衡引起的误差分量 ΔT_c 。

$$[0161] \quad T_c + \Delta T_c = \frac{T_3(T_1 - T_2) - T_1(T_3 - T_4)}{(T_1 - T_2) - (T_3 - T_4)}$$

[0162] 结果,得到式 (5)。

$$[0163] \quad \begin{aligned} T_c + \Delta T_c &= \frac{(aT_{PB} + b)[(aT_{PA} + b) - T_{PA}] - (aT_{PA} + b)[(aT_{PB} + b) - T_{PB}]}{[(aT_{PA} + b) - T_{PA}] - [(aT_{PB} + b) - T_{PB}]} \\ &= \frac{b}{1-a} \cdot \frac{T_{PA} - T_{PB}}{T_{PA} - T_{PB}} \\ &= \frac{b}{1-a} \quad \dots(5) \end{aligned}$$

[0164] 接着,参照图 7,考察改变了环境温度 T_{out} 时,即改变了环境等效温度 T_{out}' 时的第 1 温度 T_b 与第 2 温度 T_p 之间的关系。图 7(A) ~ 图 7(D) 是示出改变了环境温度 (以及环境等效温度) 时的、第 1 温度与第 2 温度之间的关系以及将该关系应用于深部温度的计算式时的结果的图。

[0165] 如图 7(A) 所示,变动的环境等效温度 (第 3 温度) T_{out}' 通过第 3 温度传感器 55 测量。如之前说明的那样,在设第 2 温度 T_p 为 T_{PA} 时,能够表现为 $T_b = aT_{PA} + b$ 。常数 b 是第 1 截距 (第 1 偏移值),该第 1 截距 b 具有相对于环境等效温度 (第 3 温度) T_{out}' 的线性关系。

[0166] 即,如图 7(B) 所示,当环境等效温度 (第 3 温度) T_{out}' 变动时,第 1 截距 b 的值随着环境等效温度 (第 3 温度) T_{out}' 呈线性变化。因此,下述式 (6) 的关系成立。

$$[0167] \quad b = cT_{out}' + d \dots (6)$$

[0168] 在此, c 、 d 均为常数。 c 是第 2 斜率, d 是第 2 截距。当环境等效温度 (第 3 温度) T_{out}' 为 T_{out1}' 时,第 1 截距 b 为 $b_1 (= cT_{out1}' + d)$,当环境等效温度 (第 3 温度) T_{out}' 为 T_{out2}' 时,第 1 截距 b 为 $b_2 (= cT_{out2}' + d)$ 。

[0169] 图 7(C) 示出了 T_{out1}' 时的第 2 温度 T_p 与第 1 温度 $T_b (= T_{b1})$ 之间的关系,以及 T_{out2}' 时的第 2 温度 T_p 与第 1 温度 $T_b (= T_{b2})$ 之间的关系。在 T_{out}' 从 T_{out1}' 变化为 T_{out2}' 时,一次函数的斜率 (第 1 斜率 a) 没有变化,但是第 1 截距 b 的值从 b_1 变化为 b_2 ,因此表示 T_p 与 T_b 的关系的一次函数平行移动 b_1 与 b_2 的差分的量。

[0170] 由此,第 1 温度 T_b 不仅相对于第 2 温度 T_p ,还相对于环境等效温度 (第 3 温度) T_{out}' 示出线性关系。在将上述式 (6) 代入到上述式 (3) 所示的 $T_b = aT_p + b$ 这样的式子中时,得到下述式 (7)。

$$[0171] \quad T_b = aT_p + cT_{out}' + d \dots (7)$$

[0172] 该式 (7) 是包含第 2 温度 T_p 和第 3 温度 T_{out}' 作为变量,并且包含多个常数 a 、 b 、 c 的函数。利用该函数对第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 和第 3 温度 T_{out}' 进行相关。

[0173] 此外,在将上述式 (6) 代入到式 (5) 中时,得到式 (8)。

$$[0174] \quad T_c + \Delta T_c = \frac{c}{1-a} T_{out}' + \frac{d}{1-a} \quad \dots (8)$$

[0175] 在此,由于温度差而产生热移动,因此在环境温度(即第3温度 T_{out}')与深部体温 T_c 的值相等时不产生由热平衡引起的误差 ΔT_c 。因此,在式(8)中,设为 $T_{out}' = \Delta T_c$, 设为 $\Delta T_c = 0$ 。于是,式(8)变形为式(1)。

$$[0176] \quad T_c = \frac{c}{1-a} T_c + \frac{d}{1-a} \dots (1)$$

$$[0177] \quad T_c = \frac{d}{1-a-c}$$

[0178] 该式(1)示出了不包含由热平衡引起的误差的深部温度 T_c 。但是,为了解式(1),需要确定多个常数 a 、 c 、 d 的值。多个常数 a 、 c 、 d 利用由上述式(7)表示的函数相互关联。为了求出3个常数的值,解三元的联立方程式即可。因此,使时间不同,至少执行3次温度测量。

[0179] 在此,设为在第1次的测量时,得到作为第1温度的 T_{b1} 、作为第2温度的 T_{p1} 、作为第3温度的 T_{out1}' ,在第2次的测量时,得到作为第1温度的 T_{b2} 、作为第2温度的 T_{p2} 、作为第3温度的 T_{out2}' ,在第3次的测量时,得到作为第1温度的 T_{b3} 、作为第3温度的 T_{p3} 、作为第3温度的 T_{out3}' 。

[0180] 这9个测量数据能够通过式(9)的行列式表现。

$$[0181] \quad \begin{pmatrix} T_{b1} \\ T_{b2} \\ T_{b3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{p1} & T_{out1}' & 1 \\ T_{p2} & T_{out2}' & 1 \\ T_{p3} & T_{out3}' & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} \dots (9)$$

[0182] 因此,能够通过包含逆矩阵的式(10),求出多个常数 a 、 c 、 d 。

$$[0183] \quad \begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{p1} & T_{out1}' & 1 \\ T_{p2} & T_{out2}' & 1 \\ T_{p3} & T_{out3}' & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} T_{b1} \\ T_{b2} \\ T_{b3} \end{pmatrix} \dots (10)$$

[0184] 在决定多个常数 a 、 c 、 d 的值时,将各值代入到式(1)。由此,能够得到深部温度 T_c 。

[0185] 图8(A)~图8(D)是示出第1实施方式中的深部温度的测量方法的图。如图8(A)所示,至少测量三次3点的温度,即第1温度 T_b 、第2温度 T_p 和第3温度 T_{out}' 。所得到的9个测量数据 (T_{b1} 、 T_{p1} 、 T_{out1}' 、 T_{b2} 、 T_{p2} 、 T_{out2}' 、 T_{b3} 、 T_{p3} 、 T_{out3}') 能够通过图8(B)所示的行列式(9)进行相关。因此,多个常数 a 、 c 、 d 能够通过图9(C)所示的行列式(10)求出。并且,能够通过图8(D)所示的式(1)计算深部温度 T_c 。

[0186] 接着,对温度测量装置的整体结构进行说明。图9(A)和图9(B)是示出温度测量装置的整体结构例的图。

[0187] 在图9(A)的例子中,第1温度传感器50和第2温度传感器52被埋入到基材40的内部。此外,在绝热材料20a上设置有第3温度传感器55。第1温度传感器50、第2温度传感器52、基材40以及第3温度传感器55构成第1单元100。

[0188] 并且,在绝热材料20b上设置有第2单元200。第2单元200包含控制部73和运

算部 74。另外,运算部 74 可包含常数计算部和深部温度计算部作为功能块。此外,虽然未图示,但是第 2 单元 200 还能够设置报知运算结果的报知部(例如显示部)。

[0189] 此外,图 9(A) 的温度测量装置具有用于将基材 40 的第 1 面(接触面)SR1 粘贴到被测量体 6 的表面的粘贴结构 10。粘贴结构 10 例如能够由粘接带构成。粘接带可具有剥离纸 8 和支撑层(粘接层)9。

[0190] 能够利用粘贴结构 10 将第 1 单元 100 粘贴到被测量体 6 的表面。因此,温度测量装置的操作性和便携性提高。此外,例如将温度测量装置用于幼儿或婴幼儿等的体温计测的情况下,幼儿等频繁移动身体,因此难以良好地将温度测量装置与体表面的接触保持预定时间。但是,即使在这种情况下,也能够使用粘贴结构 10 将温度测量装置整体粘贴到被测量体 6 的表面,因此即使幼儿或婴幼儿移动了身体,也能够良好地维持体表面与温度测量装置的接触状况。因此,能够进行正确且稳定的温度测量。

[0191] 在图 9(B) 的例子中,采用第 1 单元 100 和第 2 单元 200 分离的分体结构。第 1 单元 100 包含第 1 无线通信部 CA,第 2 单元 200 包含第 2 无线通信部 CB。

[0192] 将第 1 温度(T_b)的信息和第 2 温度(T_p)的信息,或者第 1 温度(T_b)的信息、第 2 温度(T_p)的信息以及第 3 温度(T_{out})的信息从第 1 无线通信部 CA 发送到第 2 无线通信部 CB。设置于第 2 单元的运算部 74 根据由第 2 无线通信部 CB 接收到的第 1 温度(T_b)的信息和第 2 温度(T_p)的信息,或者第 1 温度(T_b)的信息、第 2 温度(T_p)的信息以及第 3 温度(T_{out})的信息执行运算,求出被测量体 6 的深部温度 T_c 。

[0193] 根据图 9(B) 的结构,能够将第 1 单元 100(例如温度测量装置的主体)的结构的部分数量抑制为最小限度,从而能够实现第 1 单元 100 的轻量化。因此,例如即使在使第 1 单元 100 长时间接触作为被测量体 6 的被检者的体表面的情况下,也不会给被检者带来大的负担。因此,例如能够连续长时间监测温度。

[0194] 此外,在第 1 单元 100 与第 2 单元 200 之间,能够进行利用无线通信的温度数据发送接收,因此能够从第 1 单元 100 远离一定程度地设置第 2 单元 200。此外,由于利用无线通信,因此不需要通信用的布线。因此,第 1 单元的操作性提高。此外,能够使第 1 单元 100 从第 2 单元 200 完全分离,因此能够进一步促进第 1 单元 100 的轻量化。

[0195] 图 10(A) 和图 10(B) 是用于说明利用了无线通信的温度测量装置的使用例的图。在图 10(A) 中,在作为被测量体 6 的幼儿胸部的体表面 6A 上佩戴(粘贴)有第 1 单元 100。此外,将第 2 单元 200 佩戴于抱着作为被测量体 6 的幼儿的保护者(温度测量装置的用户)MA 的左手腕。在此,第 2 单元 200 还作为显示部发挥功能。

[0196] 如图 10(B) 所示,第 1 单元 100 具有第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52、第 3 温度传感器 55、A/D 转换部 56、无线通信部 CA 以及天线 AN1。此外,第 2 单元 200 具有无线通信部 CB、控制部 73、运算部 74、显示部 77、操作部 79 以及存储部 81。操作部 79 能够兼作图 4 所示的定时控制信息输入部 83。

[0197] 在运算部 74 中,存储有用于计算上述多个常数 a 、 b 、 d 的计算式、和用于计算深部体温 T_c 的计算式。此外,在存储部 81 中,存储有接收到的第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 、环境温度 T_{out} ,并且还存储有计算出的多个常数 a 、 b 、 d 的值,并且还存储有求出的深部体温 T_c 。

[0198] 存储部 81 构成为可存储与多个被测量体(在此为被检者)相关的温度信息。因此,能够按照作为被检体的每个幼儿存储深部体温 T_c 等数据。另外,在存储部 81 中,除了

温度信息以外,还可以存储例如被测量体 6(在此为作为被检者的幼儿)的姓名、年龄、测量日期时间等测量信息。此时,保护者 MA(温度测量装置的用户)能够对操作部 79 进行操作来输入这些测量信息。

[0199] 温度测量装置例如如下动作。保护者 MA 能够通过操作第 2 单元 200 的操作部 79 来接通第 2 单元 200 的电源。于是,从无线通信部 CB 发送电波。通过该电波的电磁感应,使天线 AN1 产生电动势,并通过该电动势对第 1 单元 100 内的电源(电池)进行充电。于是,起动第 1 单元 100,并起动第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52 和第 3 温度传感器 55。并且,第 1 单元 100 朝向第 2 单元 200 发送备用信号。

[0200] 接着,第 1 单元 100 内的控制部 73 在接收到备用信号时,指示无线通信部 CB 发送温度测量开始信号。第 1 单元 100 在接收到温度测量开始信号时,开始利用第 1 温度传感器 50、第 2 温度传感器 52、第 3 温度传感器 55 测量温度。另外,优选在从被检者 6 的深部向体表面 6A 的传热变成稳定状态(平衡状态)的状态下进行第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 的测量。因此,优选在从温度测量开始信号的接收定时起经过了实现平衡状态所需的时间后的定时开始温度测量。

[0201] 用 A/D 转换部 56 将测量出的温度信息(第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 、第 3 温度 T_{out})从模拟信号转换为数字信号,并通过无线通信部 CA 发送到第 2 单元 200。执行多次温度测量,按照每次测量发送测量数据。能够考虑环境(大气等)的状况和趋势等,适当调整各次测量的执行间隔。

[0202] 第 2 单元 200 内的运算部 74 将以预定间隔发送来的一组第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 、第 3 温度 T_{out} 的数据临时存储到存储部 81。并且,在得到全部所需温度数据后,以上述顺序执行预定运算,从而测量被检者(幼儿)6 的深部温度 T_c 。测量出的深部温度 T_c 例如显示在显示部 77 上。

[0203] 图 11 是示出第 1 实施方式中的深部温度的测量顺序的图。首先,取得温度数据(步骤 S10)。在温度数据中,包含有在第 1 测量中得到的第 1 温度 T_{b1} 、第 2 温度 T_{p1} 、第 3 温度 T_{out1} ,在第 2 测量中得到的第 1 温度 T_{b2} 、第 2 温度 T_{p2} 、第 3 温度 T_{out2} ,以及第 3 测量中得到的第 1 温度 T_{b3} 、第 2 温度 T_{p3} 、第 3 温度 T_{out3} 。

[0204] 接着,计算多个常数 a、c、d(步骤 S20)。接着,使用之前说明的第 1 计算式运算深部温度(步骤 S30)。

[0205] (深部温度的测量结果例)

[0206] 接着,对使第 3 温度传感器 55 的设置位置不同时的、每个设置位置的深部温度 T_c 的基于计算机仿真的计算结果进行说明。在本实施方式中,如上所述,替代环境 7 的温度(环境温度) T_{out} ,使用通过设置于基材 40 的第 3 温度传感器 55 测量出的环境等效温度(第 3 温度)。为了提高深部温度 T_c 的测量精度,尽可能正确地测量跟随环境温度 T_{out} 而线性变化的第 3 温度 T_{out} 非常重要。

[0207] 图 12 是示出使第 3 温度传感器的设置位置不同时的、每个设置位置的深部温度计算结果的图。在图 12 的例子中,将多个第 3 温度传感器 55 配置于基材 40 的不同位置,使用各温度传感器的测量值计算深部温度 T_c ,并比较测量精度。由此,测量环境等效温度 T_{out} 的第 3 温度传感器 55 的优选设置位置的例子变得清楚。以下具体进行说明。

[0208] 在图 12 的例子中,将用于测量环境等效温度 T_{out} 的第 3 温度传感器 55 设置于

测量点 p3(a) ~ 测量点 p3(d) 这 4 个点。

[0209] 测量点 p3(a) 是位于基材 40 的侧面顶部 (基材 40 的第 2 面 SR2 附近) 的测量点, 测量点 p3(b) 是位于基材 40 的侧面中央的测量点, 测量点 p3(c) 是位于基材 40 的侧面底部 (基材 40 的第 1 面 SR1 附近) 的测量点。并且, 测量点 p3(d) 是位于基材 40 内部 (基材 40 的中心附近) 的测量点。另外, 测量点 p3(b) 和测量点 p3(d) 配置成大致横向一列。

[0210] 在图 12 的例子中, 假定人体作为被测量体 6, 将深部 4 的温度 T_c 设定为 37°C 。在该实验中, 使用聚氯乙烯 (PVC) 作为与表层部 5 相当的结构体的材料。聚氯乙烯的导热系数为 $0.144283(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$ 。此外, 将与表层部 5 相当的 PVC 结构体 (长方体) 的厚度设定为 20mm 。此外, 在该 PVC 结构体的上表面的中央, 设置有由硅橡胶构成且具有圆柱形状的基材 40。硅橡胶的导热系数为 $0.05(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$ 。

[0211] 此外, 基材 40 的截面为圆形, 该圆的直径为 20mm 。此外, 基材 40 的高度为 2mm 。此外, 第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 被设置于处于与基材 40 的底面 (即接触面) SR1 垂直的垂线 L1 上的两点 (第 1 测量点和第 2 测量点) 的位置上。第 1 温度传感器 50 与第 2 温度传感器 52 之间的距离为 2mm 。即, 在基材 40 的底面 (即接触面) SR1 上设定第 1 测量点, 在基材 40 的上表面 SR2 上设定第 2 测量点。

[0212] 此外, 在图 12 的例子中, 环境 (大气) 7 的热传递系数 (与大气的热移动度成正比的常数) 被设定为 $0.01\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 。另外, 为了测量环境温度 T_{out} , 设置了大气温度传感器 54。

[0213] 在图 12 的例子中, 对环境温度 T_{out} 、环境等效温度 $T_{\text{out}'}$ 、第 1 温度 T_b 以及第 2 温度 T_p 进行 n 次测量。在本例中, 执行三次 ($n = 3$) 的温度测量。此外, 按照每 3 次测量, 环境温度 T_{out} ($T_{\text{out}1} \sim T_{\text{out}3}$) 的值发生变化。 $T_{\text{out}1}$ 为 23°C , $T_{\text{out}2}$ 为 30°C , $T_{\text{out}3}$ 为 35°C 。

[0214] 实测数据的例子在图 12(B) 的下侧用表形式示出。将与 $T_{\text{out}1} \sim T_{\text{out}3}$ 对应的第 2 温度 T_p 设为 $T_{p1} \sim T_{p3}$ 。 T_{p1} 为 27.4605°C , T_{p2} 为 32.2303°C , T_{p3} 为 35.6372°C 。

[0215] 此外, 将与 $T_{\text{out}1} \sim T_{\text{out}3}$ 对应的第 1 温度 T_b 设为 $T_{b1} \sim T_{b3}$ 。 T_{b1} 为 29.2884°C , T_{b2} 为 33.1442°C , T_{b3} 为 35.8983°C 。

[0216] 此外, 将测量点 p3(a) 处的 $T_{\text{out}'}$ 设为 $T_{\text{out}'(a)}$, 将与 $T_{\text{out}1} \sim T_{\text{out}3}$ 对应的 $T_{\text{out}'(a)}$ 设为 $T_{\text{out}'1(a)}$ 、 $T_{\text{out}'2(a)}$ 、 $T_{\text{out}'3(a)}$ 。此时, $T_{\text{out}'1(a)}$ 为 26.2482°C , $T_{\text{out}'2(a)}$ 为 31.6241°C , $T_{\text{out}'3(a)}$ 为 35.8983°C 。

[0217] 此外, 将测量点 p3(b) 处的 $T_{\text{out}'}$ 设为 $T_{\text{out}'(b)}$, 将与 $T_{\text{out}1} \sim T_{\text{out}3}$ 对应的 $T_{\text{out}'(b)}$ 设为 $T_{\text{out}'1(b)}$ 、 $T_{\text{out}'2(b)}$ 、 $T_{\text{out}'3(b)}$ 。此时, $T_{\text{out}'1(b)}$ 为 27.1235°C , $T_{\text{out}'2(b)}$ 为 32.0617°C , $T_{\text{out}'3(b)}$ 为 35.5891°C 。

[0218] 此外, 将测量点 p3(c) 处的 $T_{\text{out}'}$ 设为 $T_{\text{out}'(c)}$, 将与 $T_{\text{out}1} \sim T_{\text{out}3}$ 对应的 $T_{\text{out}'(c)}$ 设为 $T_{\text{out}'1(c)}$ 、 $T_{\text{out}'2(c)}$ 、 $T_{\text{out}'3(c)}$ 。此时, $T_{\text{out}'1(c)}$ 为 28.7516°C , $T_{\text{out}'2(c)}$ 为 32.8758°C , $T_{\text{out}'3(c)}$ 为 35.8217°C 。

[0219] 此外, 将测量点 p3(d) 处的 $T_{\text{out}'}$ 设为 $T_{\text{out}'(d)}$, 将与 $T_{\text{out}1} \sim T_{\text{out}3}$ 对应的 $T_{\text{out}'(d)}$ 设为 $T_{\text{out}'1(d)}$ 、 $T_{\text{out}'2(d)}$ 、 $T_{\text{out}'3(d)}$ 。此时, $T_{\text{out}'1(d)}$ 为 28.371°C , $T_{\text{out}'2(d)}$ 为 32.6855°C 、 $T_{\text{out}'3(d)}$ 为 35.8983°C 。

[0220] 如上所述, 能够根据第 1 温度 T_b 、第 2 温度 T_p 、环境温度 T_{out} 的值或者环境等效温度 $T_{\text{out}'}$ 的值, 求出 a、c、d 的值, 并通过 $d/(1 - a - c)$ 的运算求出深部温度 T_c 。

[0221] 使用环境温度 T_{out} 求出的深部温度 T_{c1} 为 36.9999°C 。真正的深部温度为 37°C ，因此测量误差仅为 0.0001°C 。

[0222] 使用环境等效温度 $T_{out}'(a)$ 求出的深部温度 T_{c2} 为 36.9999°C ，与 T_{c1} 同样得到高精度的测量结果。

[0223] 使用环境等效温度 $T_{out}'(b)$ 求出的深部温度 T_{c3} 为 36.9998°C 。虽然是高精度的测量结果，但是测量误差为 0.0002°C ，与 T_{c1} 、 T_{c2} 相比，测量误差扩大。

[0224] 使用环境等效温度 $T_{out}'(c)$ 求出的深部温度 T_{c4} 为 36.9996°C 。虽然是高精度的测量结果，但是测量误差为 0.0004°C ，与 $T_{c1} \sim T_{c3}$ 相比，测量误差扩大。

[0225] 使用环境等效温度 $T_{out}'(d)$ 求出的深部温度 T_{c5} 为 36.9996°C （与 T_{c4} 为相同的值）。虽然是高精度的测量结果，但是测量误差为 0.0004°C ，与 $T_{c1} \sim T_{c3}$ 相比，测量误差扩大，并且与 T_{c4} 为相同精度。

[0226] 根据以上的测量结果首先可知，无论将用于测量环境等效温度 T_{out}' 的第 3 温度传感器 55 设置于第 1 测量点 $p3(a) \sim$ 第 4 测量点 $p3(d)$ 中的哪个点，都能够进行非常高精度的深部温度 T_c 的测量。

[0227] 并且还可知，在将第 3 温度传感器 55 设置于测量点 $p3(a)$ 时，能够实现与直接对环境温度 T_{out} 进行实测时同等的最高测量精度。关于这一点，考虑以下理由。首先，上述第 1 计算式（式 (1)）在环境温度 T_{out} （环境等效温度 T_{out}' ）与深部温度 T_c 相等的条件下，通过校正运算而导出。即，在假定校正运算式中的条件后， $T_{out}(T_{out}') = T_c$ ，因此实际测量出的环境等效温度 T_{out}' 与环境温度 T_{out} 稍有不同，这在校正运算后不会有特别的影响。但是，校正运算式以基材中的温度分布相对于环境温度 T_{out} 呈线性关系为前提，因此在用于运算的环境温度 T_{out}' 的值、与实际的环境温度 T_{out} 的差扩大的情况下，可能不能满足基材中的温度分布相对于环境温度 T_{out} 呈线性关系的前提，此时，深部温度的测量结果产生误差。从该观点出发，优选环境等效温度 T_{out}' 与环境温度 T_{out} 的差较小。

[0228] 在此，测量点 $p3(a)$ 位于基材 40 的侧面顶部附近，与其他测量点相比，位于最远离被测量体 6 的位置。因此，设置于测量点 $p3(a)$ 的第 3 温度传感器 55 难以受到在被测量体 6 与环境 7 之间产生的热流影响，因此，能够相应地抑制环境等效温度 T_{out}' 与环境温度 T_{out} 之间的差。因此，可认为深部温度 T_c 的测量误差最小。

[0229] 同样，在对测量点 $p3(b)$ 与测量点 $p3(c)$ 进行比较时，测量点 $p3(c)$ 位于接近作为热源的被测量体 6 的深部 4 的位置。因此，在将第 3 温度传感器 55 设置于测量点 $p3(c)$ 时，第 3 温度传感器 55 更容易受到在被测量体 6 与环境 7 之间产生的热流影响。因此，可认为测量误差相应地扩大。

[0230] 并且，测量点 $p3(d)$ 位于基材 40 内部（中央部附近）。与基材 40 的第 1 面 $SR1$ 之间的距离与测量点 $p3(b)$ 相同，但是与基材 40 的侧面之间的距离不同。即，在将第 3 温度传感器 55 设置到测量点 $p3(b)$ 时和设置到测量点 $p3(d)$ 时，在与环境 7 的热交换的便利性方面产生差异。即，测量点 $p3(d)$ 位于基材 40 的内部，因此在与环境 7 之间的热交换方面比较不利。因此，在将第 3 温度传感器 55 设置于测量点 $p3(d)$ 而得到的深部温度 T_{c5} 的测量精度与 $T_{c1} \sim T_{c3}$ 相比降低。

[0231] 因此可知，用于测量环境等效温度 T_{out}' 的第 3 温度传感器 55 优选设置到如下地点：难以受到在被测量体 6 与环境 7 之间产生的热流影响，并且容易进行与环境 7 的热交

换。具体而言,相比基材 40 的内部优选设置到外表面上。例如,第 3 温度传感器 55 能够设置到基材 40 的侧面附近。此外,第 3 温度传感器 55 优选配置于远离被测量体 6 的位置。例如,第 3 温度传感器 55 最优选设置于基材 40 的侧面顶部附近(但是不限于此)。

[0232] 在图 12 的例子中,在固定了用于测量第 1 温度 T_b 的第 1 测量点 p_1 和用于测量第 2 温度 T_p 的第 2 测量点 p_2 后,改变用于测量第 3 温度 T_{out}' 的第 3 测量点的位置。

[0233] 接着,对在固定了第 3 测量点 p_3 后,改变第 1 测量点 p_1 和第 2 测量点 p_2 的位置时的实验例进行说明。根据该实验例可知:在深部温度 T_c 的测量时,第 1 测量点 p_1 和第 2 测量点 p_2 无论在基材 40 中处于哪个位置,都能够得到充分高精度的深部温度 T_c 的测量结果。

[0234] 以下,使用图 13~图 18 对以三阶段改变环境温度 T_{out} 时的第 1 温度 T_b 和第 2 温度 T_p 的数据例、以及根据该数据例计算出的深部温度的例子(计算结果例)进行说明。另外,在以下的例子中,例如用设置在大气中的大气温度传感器 54 三次测量环境温度 T_{out} ,得到环境温度 $T_{outn}(n=1,2,3)$ 。

[0235] (图 13 的例子)

[0236] 图 13 是示出深部温度的计算结果的一例的图。在图 13 中,假定人体作为被测量体 6,将深部 4 的温度 T_c 设定为 37°C 。在该实验中,使用聚氯乙烯(PVC)作为与表层部 5 相当的结构体的材料。聚氯乙烯的导热系数为 $0.144283(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$ 。

[0237] 将该与表层部 5 相当的 PVC 结构体(长方体)的厚度设定为 20mm 。此外,在该 PVC 结构体的上表面的中央,设置有由硅橡胶构成且具有圆柱形状的基材 40。硅橡胶的导热系数为 $0.05(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$ 。

[0238] 此外,基材 40 的截面为圆形,该圆的直径为 20mm 。此外,基材 40 的高度为 2mm 。第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 被设置于处于与基材 40 的底面(即接触面)SR1 垂直的垂线 L_1 上的两点(第 1 测量点和第 2 测量点)的位置上。第 1 温度传感器 50 与第 2 温度传感器 52 之间的距离为 2mm 。即,在基材 40 的底面(即接触面)SR1 上设定第 1 测量点,在基材 40 的上表面 SR2 上设定第 2 测量点。

[0239] 此外,在图 13 的例子中,环境(大气)7 中的热传递系数(与大气的热移动度成正比的常数)被设定为 $0.01\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 。对环境温度(第 3 温度) T_{out} 、第 1 温度 T_b 以及第 2 温度 T_p 进行 n 次测量。在本例中,执行三次温度测量。因此, n 是 1、2、3 中的任意一个。

[0240] T_{out1} 为 23°C , T_{out2} 为 30°C , T_{out3} 为 35°C 。 T_{b1} 为 29.2884°C , T_{b2} 为 33.1442°C , T_{b3} 为 35.8983°C 。 T_{p1} 为 27.4605°C , T_{p2} 为 32.2303°C , T_{p3} 为 35.6327°C 。

[0241] 测量(计算)出的深部温度为 36.99986°C ,与实际的深部温度 $T_c(=37^{\circ}\text{C})$ 相比,仅包含微小的误差。即,可知能够使用小型化的基材 40 极高精度地测量深部温度。

[0242] (图 14 的例子)

[0243] 图 14 是示出深部温度的计算结果的另一例的图。图 14 的例子中的测量环境和测量条件与图 13 的例子基本相同。但是,在图 14 的例子中,将第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 设置到基材 40 的侧面上,且设置到垂线 L_2 上。第 1 温度传感器 50 与第 2 温度传感器 52 之间的距离为 2mm 。

[0244] T_{out1} 为 23°C , T_{out2} 为 30°C , T_{out3} 为 35°C 。 T_{b1} 为 28.7516°C , T_{b2} 为 32.8758°C , T_{b3} 为 35.8217°C 。 T_{p1} 为 26.2482°C , T_{p2} 为 31.6241°C , T_{p3} 为 35.464°C 。

[0245] 测量(计算)出的深部温度为 37.00000°C ,与实际的深部温度 $T_c (= 37^{\circ}\text{C})$ 相比,没有识别到误差。即,可知能够使用小型化的基材 40 极高精度地测量深部温度。

[0246] (图 15 的例子)

[0247] 图 15 是示出深部温度的计算结果的又一例的图。图 15 的例子中的测量环境和测量条件与前述例子基本相同。但是,在图 15 的例子中,将第 1 温度传感器 50 设置到基材 40 的接触面 SR1 的中心附近,并且将第 2 温度传感器 52 设置到基材 40 的侧面上。

[0248] T_{out1} 为 23°C , T_{out2} 为 30°C , T_{out3} 为 35°C 。 T_{b1} 为 29.2884°C , T_{b2} 为 33.1442°C , T_{b3} 为 35.8983°C 。 T_{p1} 为 26.2482°C , T_{p2} 为 31.6241°C , T_{p3} 为 35.464°C 。

[0249] 测量(计算)出的深部温度为 37.00000°C ,与实际的深部温度 $T_c (= 37^{\circ}\text{C})$ 相比,没有识别到误差。即,可知能够使用小型化的基材 40 极高精度地测量深部温度。

[0250] (图 16 的例子)

[0251] 图 16 是示出深部温度的计算结果的再一例的图。图 16 的例子中的测量环境和测量条件与前述例子基本相同。但是,在图 16 的例子中,将第 1 温度传感器 50 设置到基材 40 的上表面 SR2 上。将第 2 温度传感器 52 设置到基材 40 的侧面上。第 2 温度传感器 52 被设置在通过第 1 温度传感器 50 并且与接触面 SR2 平行的直线 L3 上。即,第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 位于横向一条线的位置上。

[0252] T_{out1} 为 23°C , T_{out2} 为 30°C , T_{out3} 为 35°C 。 T_{b1} 为 28.7516°C , T_{b2} 为 32.8758°C , T_{b3} 为 35.8217°C 。 T_{p1} 为 26.2482°C , T_{p2} 为 31.6241°C , T_{p3} 为 35.464°C 。

[0253] 测量(计算)出的深部温度为 37.00000°C ,与实际的深部温度 $T_c (= 37^{\circ}\text{C})$ 相比,没有识别到误差。即,可知能够使用小型化的基材 40 极高精度地测量深部温度。

[0254] 根据以上的实验结果可知,第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 的相对位置关系没有特别问题。即,第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 可以位于通过热源(被测量体的深部)的铅直线上,并且,第 1 温度传感器 50 和第 2 温度传感器 52 也可以位于横向一条线的位置上。

[0255] 即,设置第 1 温度传感器 50 的第 1 测量点和设置第 2 温度传感器 52 的第 2 测量点只要是位于基材 40 的外表面(如果用上述例子来说,是作为底面的被接触面 SR1、上表面 SR2 和侧面中的任意一个)上、或者位于基材 40 的内部的两点即可。但是,为了进行使用了行列式的深部温度的计算,至少需要满足与环境温度(第 3 温度) T_{out1} 、 T_{out2} 、 T_{out3} 中的任意一个对应的一组 T_b 和 T_p 不是相同的值($T_b \neq T_p$)这样的条件。即,需要三组第 1 温度 T_b 与第 2 温度 T_p 中的至少一组 T_b 与 T_p 产生温度差。因此,以满足该条件的方式设计第 1 单元 100。

[0256] 接着,考察基材 40 的内部温度分布与测量结果之间的关系。图 17(A) 和图 17(B) 是示出基材内部温度分布与测量结果之间关系的一例的图。图 17(A) 所示的数据例与图 13 所示的数据例相同。图 17(B) 是示出 $T_{out1} (= 23^{\circ}\text{C})$ 时的基材 40 的垂线方向的温度分布的图。在图 17(B) 中,横轴为以接触面 SR1 为基准的垂线 L1 方向的距离,纵轴为基材 40 的温度。如图 17(B) 所示,基材 40 的温度随着远离热源(被测量体 6 的深部 4)呈直线状下降。

[0257] 图 17(A) 的数据例是在图 17(B) 所示的基材 40 的热分布下计算深部温度而得到的结果,如之前说明的那样,能够得到极高精度的测量结果。

[0258] 图 18(A) 和图 18(B) 是示出基材内部的温度分布与测量结果之间的关系的一例的图。图 18(A) 的例子中的测量环境和测量条件与图 17(A) 的例子基本相同。但是,在图 18(A) 的例子中,将基材 40 的高度设为 20mm,设为图 17(A) 的例子中的基材 40 的高度 (2mm) 的 10 倍。由此,当增高基材 40 的高度时,圆柱侧面的面积增加,因此从圆柱状的基材 40 的侧面的散热增加。并且,从该侧面散热的量同与热源 (被测量体 6 的深部 4) 之间的距离对应变化。

[0259] 图 18(B) 是示出 T_{out1} ($= 23^{\circ}\text{C}$) 时的基材 40 的垂线方向的温度分布的图。在图 18(B) 中,横轴为以接触面 SR1 为基准的垂线 L1 方向的距离,纵轴为基材 40 的温度。如图 18(B) 所示,基材 40 的温度随着远离热源 (被测量体 6 的深部 4) 而降低,但是表示温度分布的特性线不为直线而为曲线。这是因为如之前说明的那样,当增高基材 40 的高度时,圆柱侧面的面积增加,从圆柱状的基材 40 的侧面的散热增加,并且,从该侧面散热的量同与热源 (被测量体 6 的深部 4) 之间的距离对应变化。

[0260] 图 18(A) 的数据例是在图 18(B) 所示的基材 40 的热分布下计算深部温度而得到的结果。 T_{out1} 为 23°C , T_{out2} 为 30°C , T_{out3} 为 35°C 。 T_{b1} 为 29.62274°C , T_{b2} 为 33.31137°C , T_{b3} 为 35.94611°C 。 T_{p1} 为 23.29526°C , T_{p2} 为 30.14763°C , T_{p3} 为 35.04218°C 。测量 (计算) 出的深部温度为 37.00000°C , 与实际的深部温度 T_c ($= 37^{\circ}\text{C}$) 相比,没有识别到误差。即,可知即使在用曲线表示基材 40 的内部温度分布的情况下,如果使用本实施方式的温度测量方法,则也能够极高精度地测量深部温度。因此,对基材 40 的高度没有制约,并且也不存在与接触面的面积和基材 40 的高度的比相关的限制。因此,能够相当自由地构成第 1 单元 100。

[0261] (第 2 实施方式)

[0262] 在本实施方式中,使用与前述实施方式不同的第 2 计算式作为深部温度的计算式。此外,在本实施方式中,至少执行两次温度测量 (取得温度信息)。

[0263] 图 19 是用于说明第 2 实施方式中的深部温度的测量方法的图。如图 19 所示,在本实施方式中,执行第 1 测量和第 2 测量,并使第 1 测量中的环境温度 T_{out1} (以及第 3 温度 T_{out1}')、与第 2 测量中的环境温度 T_{out2} (第 3 温度 T_{out2}') 不同。

[0264] 设在第 1 测量中得到的第 1 温度为 T_{b1} , 第 2 温度为 T_{p1} , 第 3 温度为 T_{out1}' , 设在第 2 测量中得到的第 1 温度为 T_{b2} , 第 2 温度为 T_{p2} , 第 3 温度为 T_{out2}' 。

[0265] 运算部 74 使用在第 1 测量中得到的第 1 温度 T_{b1} 和第 2 温度 T_{p1} 、以及第 2 测量中得到的第 1 温度 T_{b2} 和第 2 温度 T_{p2} , 执行基于第 2 计算式的运算, 计算深部温度 T_c 。所述第 2 计算式由下述式 (11) 表示。

$$[0266] \quad T_c = \frac{T_{b2}(T_{b1} - T_{p1}) - T_{b1}(T_{b2} - T_{p2})}{(T_{b1} - T_{p1}) - (T_{b2} - T_{p2})} \dots \dots (11)$$

[0267] 在使用基于式 (11) 的第 2 计算式时,如上所述,第 2 测量中的环境温度 T_{out2} 的值 (第 3 温度 T_{out2}') 需要为与第 1 测量中的环境温度 T_{out1} (第 3 温度 T_{out1}') 不同的值。

[0268] 使用图 20 和图 21 对在利用由式 (11) 表示的第 2 计算式时,能够不产生由热平衡引起的误差分量地测量深部温度的理由进行说明。

[0269] 图 20(A) 和图 20(B) 是用于说明在专利文献 1 所示的现有例中,产生由热平衡引起的误差分量的理由的图。图 20(A) 示出了现有例的温度测量部中的 6 点的温度 (T_1 、 T_2 、 T_{t1} 、 T_2 、 T_4 、 T_{t2}) 和热阻的状态。图 20(B) 示出了图 20(A) 所示的温度测量部中的、环境温度 (第 3 温度) T_{out} 与深部温度 T_c 之间的热阻和热流通量的状态。

[0270] 在现有例中,使用并列配置的两个温度测量部形成两个热流系统。此外,环境温度 (第 3 温度) T_{out} 恒定,并且温度测量部通过设置于基材 40 的上表面的第 1 绝热材料 38A 和第 2 绝热材料 38B 从环境 (大气) 进行热隔断。并且,环境 (大气) 中的热传递系数 (与气体中的热移动度成正比的常数) 为 n 。此外,设被测量体的表层部的热阻为 R_b ,基材 40 的热阻为 R_1 ,第 1 绝热材料 38A 的热阻为 R_2 ,第 2 绝热材料 38B 的热阻为 R_3 。

[0271] 在现有例中,在环境温度 T_{out} 恒定的前提下,通过使绝热材料 38A 和绝热材料 38B 不同,形成了不同的两个热流通量。即,在现有例中,以如下情况为前提:在热流通量 Q_{b1} 、热流通量 Q_{11} 以及热流通量 Q_{12} 之间, $Q_{b1} = Q_{11} = Q_{12}$ 这样的关系成立,并且,在热流通量 Q_{b2} 、热流通量 Q_{21} 以及热流通量 Q_{22} 之间, $Q_{b2} = Q_{21} = Q_{22}$ 这样的关系成立。

[0272] 但是,在促进了温度测量部的小型化时,第 1 系统的 3 点的温度 (T_1 、 T_2 、 T_{t1}) 和第 2 系统的 3 点的温度 (T_2 、 T_4 、 T_{t2}) 受到环境温度 (第 3 温度) T_{out} 的影响。因此, $Q_{b1} = Q_{11} = Q_{12}$ 以及 $Q_{b2} = Q_{21} = Q_{22}$ 这样的前提不成立。此时,作为现有例的计算式的式 (F) 的左边成为 $T_c + \Delta T_c$,产生与热平衡的差分等效的测量误差 ΔT_c 。

[0273] 即,在专利文献 1 记载的温度计中,在如下的设计思想下设计温度测量部:成为通过设置于表层部的绝热材料从环境 (大气) 进行截断的结构,因此,热流通量在温度测量部的顶部结束,基本不存在与环境 (大气) 之间的热平衡而可以忽略。但是,在进一步促进了温度计的小型化的情况下,例如在温度测量部的侧面与环境 (大气) 之间的热平衡显著,从而不能忽略与热平衡的差分对应的测量误差。

[0274] 图 21(A) 和图 21(B) 是用于说明在本发明的第 2 实施方式中,不产生由热平衡引起的误差分量的理由的图。图 21(A) 示出了第 2 实施方式的温度测量部中的温度和热阻的状态。图 21(B) 示出了图 21(A) 所示的温度测量部中的环境温度 T_{out1} 、 T_{out2} 与深部温度 T_c 之间的热阻和热流通量的状态。

[0275] 在本实施方式中,至少执行两次温度测量 (取得温度信息),在各温度测量中,使环境温度 T_{out} 的值不同 ($T_{out1} \neq T_{out2}$)。在使环境温度不同而执行 2 次温度测量时,在第 1 测量中,构成设始端为被测量体的深部 4,终端为环境 (大气等) 的第 1 热流通量的系统。此外,在第 2 测量中,构成设始端为被测量体的深部,终端为环境 (大气等) 的第 2 热流通量的系统。在各系统中环境温度 T_{out} 不同,因此各系统的热流通量是相互不同的热流通量。

[0276] 并且,环境 (大气) 7 中的热传递系数 (与气体中的热移动度成正比的常数) 为 n 。第 1 温度为 T_{b1} (或者 T_1)、 T_{b2} (或者 T_3)。此外,第 2 温度为 T_{p1} (或者 T_2)、 T_{p2} (或者 T_4)。被测量体 6 的表层部 5 的热阻为 R_b ,基材 40 的热阻为 R_1 。此外,如图 21(B) 所示,在第 1 系统中,产生了热流通量 Q_{b1} 、热流通量 Q_{11} 和热流通量 Q_{a1} 。在第 2 系统中,产生了热流通量 Q_{b2} 、热流通量 Q_{21} 和热流通量 Q_{a2} 。

[0277] 在这两个热流通量的系统中,热流通量的终端是允许温度变动的环境 7,因此不会产生在现有例中成为问题的热平衡的差分这样的概念。即,仅是还包含该热平衡,唯一确定

(适当变动)环境温度 T_{out} (以及第 3 温度 T_{out}')。

[0278] 此外,在第 1 热流通量的系统、第 2 热流通量的系统中,使用的基材 40 的导热系数(即热阻)相同。即,热阻的分布在第 1 系统与第 2 系统之间没有任何变化。因此,在基材上设定了第 1 测量点和第 2 测量点时,(第 1 测量点与第 2 测量点的温度差)/(被测量体的深部温度 T_c 与第 1 测量点的温度差)在第 1 热流通量的系统、第 2 热流通量的系统中均相同。因此,下式成立。

$$[0279] \quad \frac{(T_{b1} - T_{p1})}{(T_c - T_{b1})} = \frac{(T_{b2} - T_{p2})}{(T_c - T_{b2})} \dots (12)$$

[0280] 在关于 T_c 解该式 (12) 时,能够得到上述第 2 计算式(上述式 (11))。不产生现有例中的 ΔT_c 这样的误差分量的概念本身,因此根据第 2 计算式,得到大致理想的深部温度 T_c 。

[0281] 第 2 计算式(式 (11))在形式上看起来与现有例中的计算式(式 (F))相同,但是第 2 计算式(式 (11))与现有例的计算式(式 (F))是根本不同的计算式。即,第 2 计算式(式 (11))是根据从设环境为终端的两个热流通量的系统得到的数据,从基材中的热阻的比相同这样的观点出发导出的计算式,是根本不同的计算式。

[0282] 另外,在本实施方式中,环境温度 T_{out} (以及第 3 温度 T_{out}')不与深部温度 T_c 的计算本身直接相关。但是,如上所述,需要使第 1 测量中的 T_{out1} (以及 T_{out1}')与第 2 测量中的 T_{out2} (以及 T_{out2}')不同,在 $T_{out1} = T_{out2}$ ($T_{out1}' = T_{out2}'$) 时,不能进行正确的深部温度的计算。

[0283] 因此,用第 3 温度传感器 55 测量出的与 T_{out} 等效的第 3 温度 T_{out}' 能够用于确认是否满足可计算条件(第 1 测量与第 2 测量中的环境温度(即第 3 温度)不同这样的条件),即能够用于可否运算的判断。

[0284] 图 22(A) 和图 22(B) 是示出第 2 实施方式中的深部温度的测量顺序、和第 2 实施方式中的深部温度的计算结果例的图。首先,取得温度数据(步骤 S40)。在温度数据中,包含有在第 1 测量中得到的第 1 温度 T_{b1} 、第 2 温度 T_{p1} 、第 3 温度 T_{out1}' ,以及第 2 测量中得到的第 1 温度 T_{b2} 、第 2 温度 T_{p2} 、第 3 温度 T_{out2}' ($\neq T_{out1}'$)。接着,使用第 2 计算式运算深部温度 T_c (步骤 S50)。

[0285] 图 22(B) 是示出第 2 实施方式中的深部温度的计算结果例的图。在此,使用图 13 所示的测量环境。在第 1 测量中的第 3 温度(环境等效温度) T_{out1}' 为 23°C 时,第 1 温度 T_{b1} 为 28.371°C,第 2 温度 T_{p1} 为 26.2482°C。在第 2 测量中的环境等效温度(第 3 温度) T_{out2}' 为 30°C 时,第 1 温度 T_{b2} 为 32.6855°C,第 2 温度 T_{p2} 为 31.6241°C。将作为热源的深部温度 T_c 设定为 37°C。相对于该深部温度的计算结果为 37.00000,没有产生误差。因此可知,根据本实施方式,能够极高精度地测量深部温度。

[0286] 如以上说明的那样,根据本发明的至少一个实施方式,能够进行更高精度的深部温度测量。并且,能够同时实现温度测量部的小型化和高精度的测量。

[0287] 以上,针对几个实施方式进行了说明,但是本领域技术人员能够容易地理解到,可根据本发明的新颖内容和效果进行实体上未脱离的多个变形。因而,这种变形例全部包含在本发明的范围内。例如,在说明书或附图中,对于至少一次地与更广义或同义的不同用语

一起记载的用语,在说明书或附图的任何位置,都可以将其置换为该不同的用语。

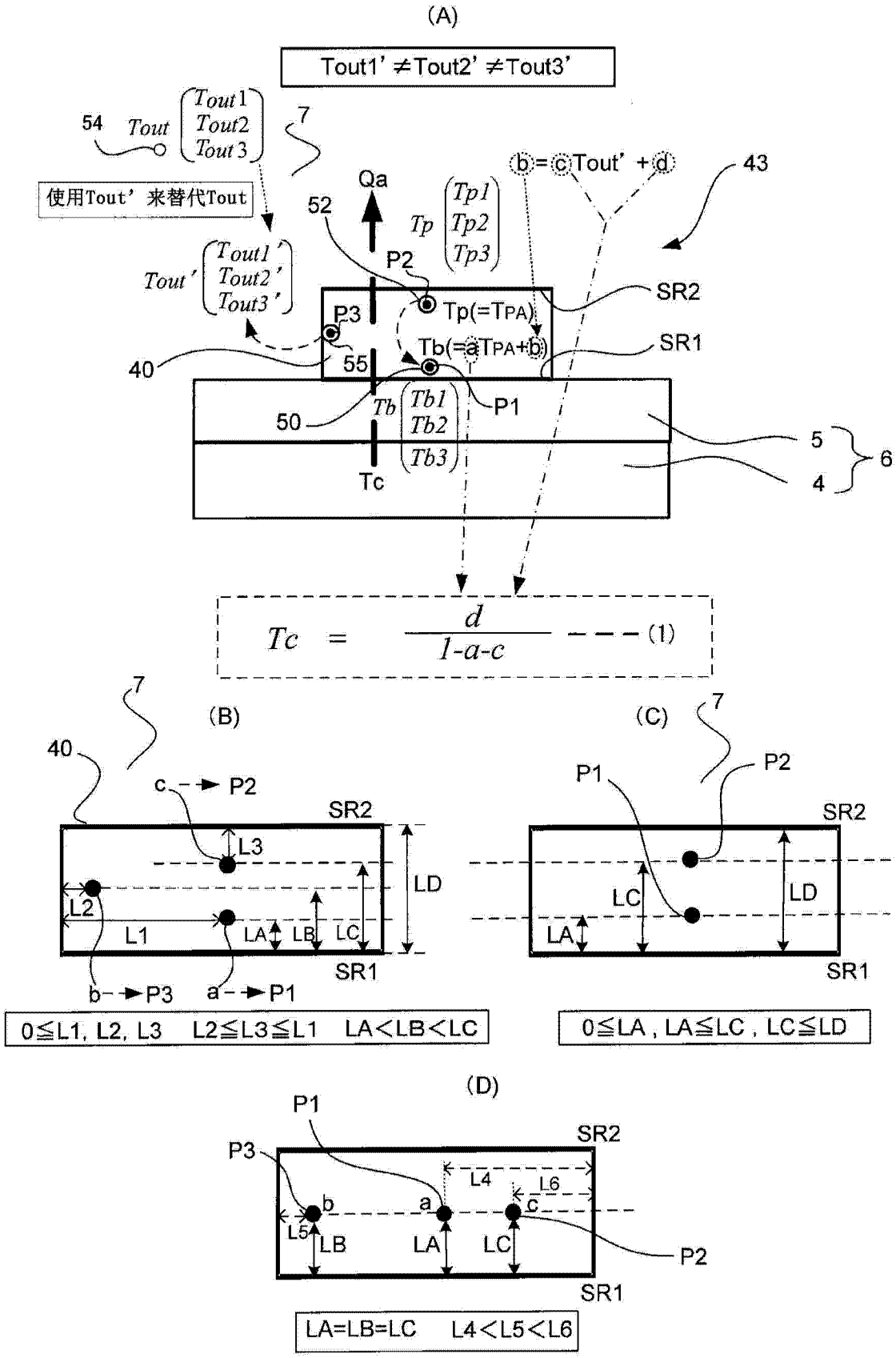


图 1

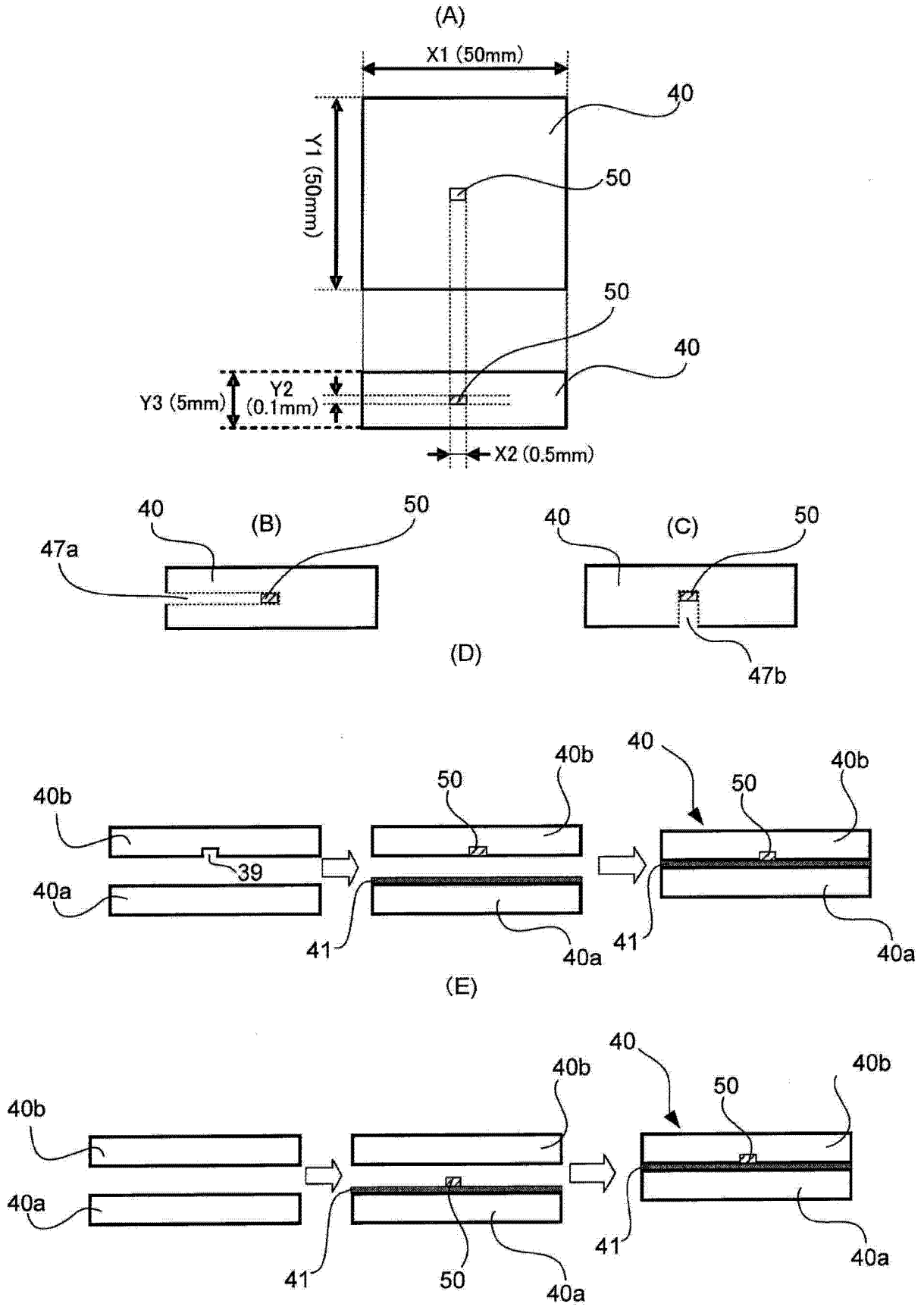


图 2

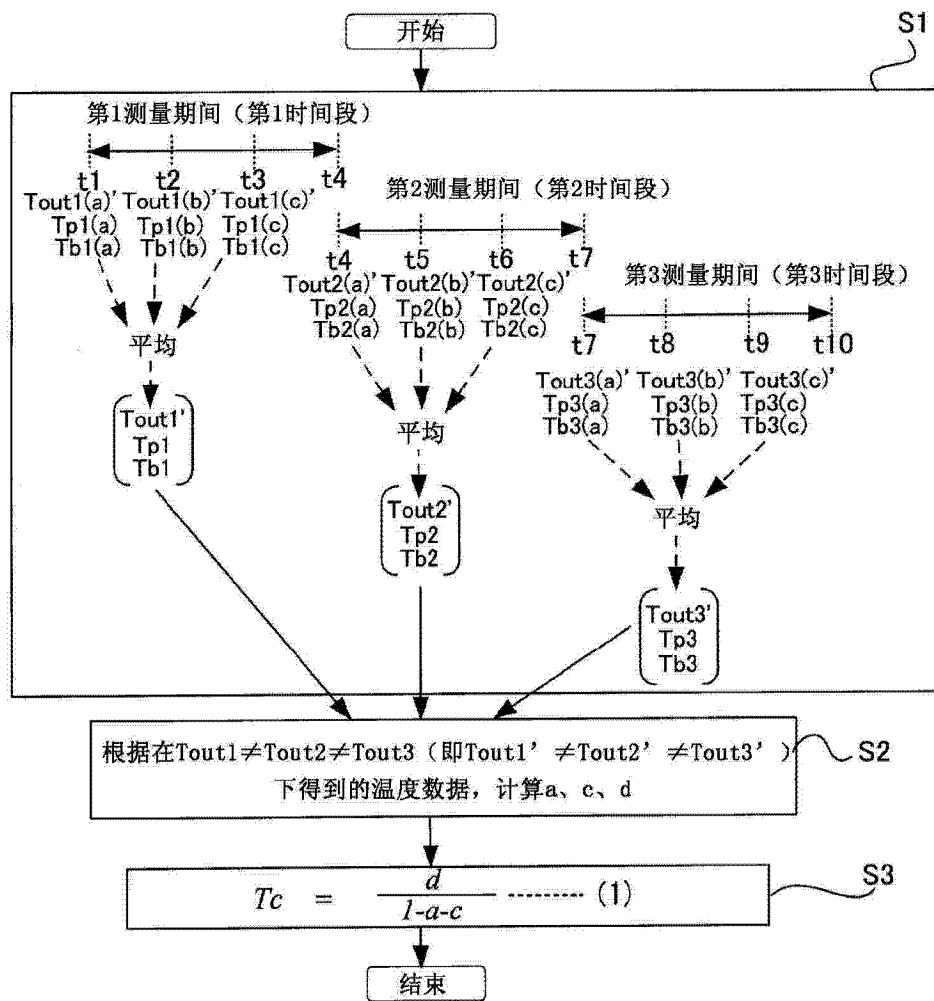
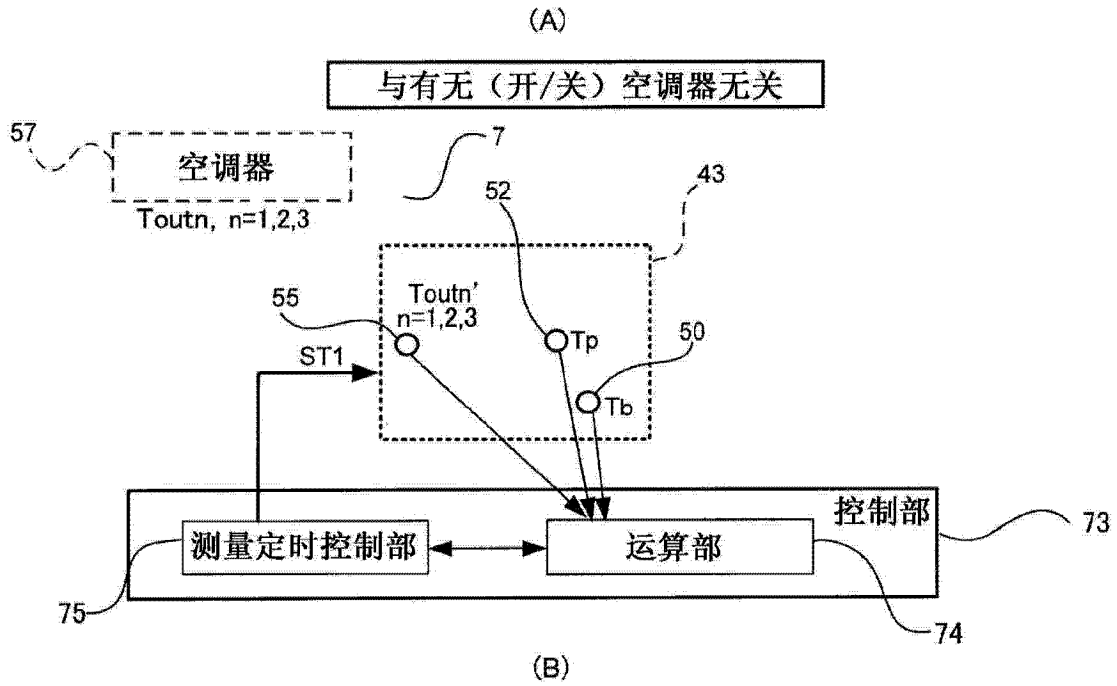


图 3

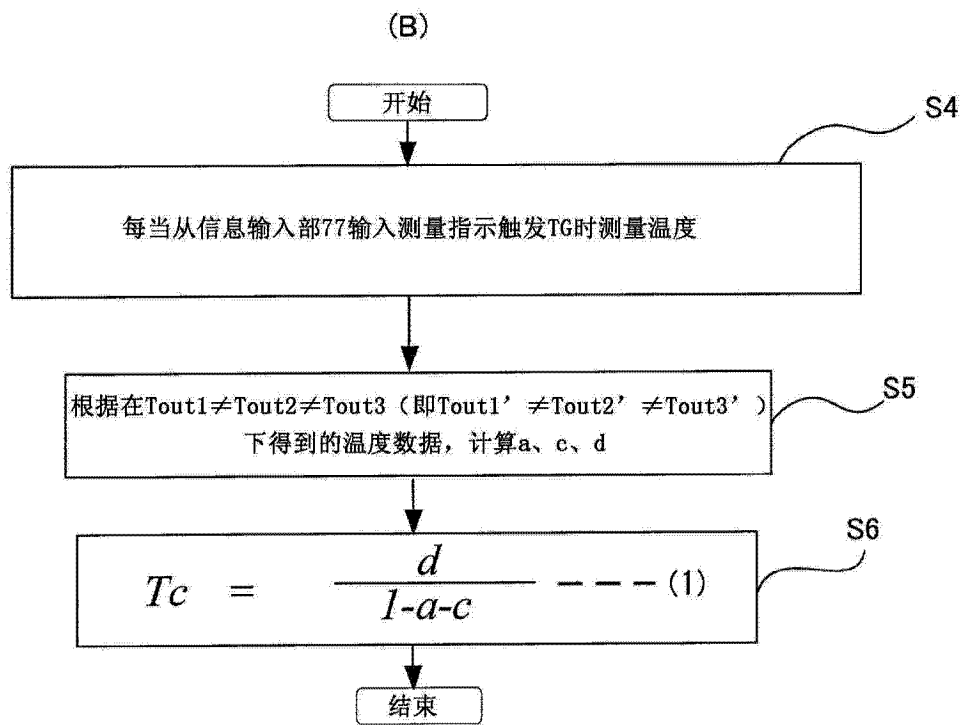
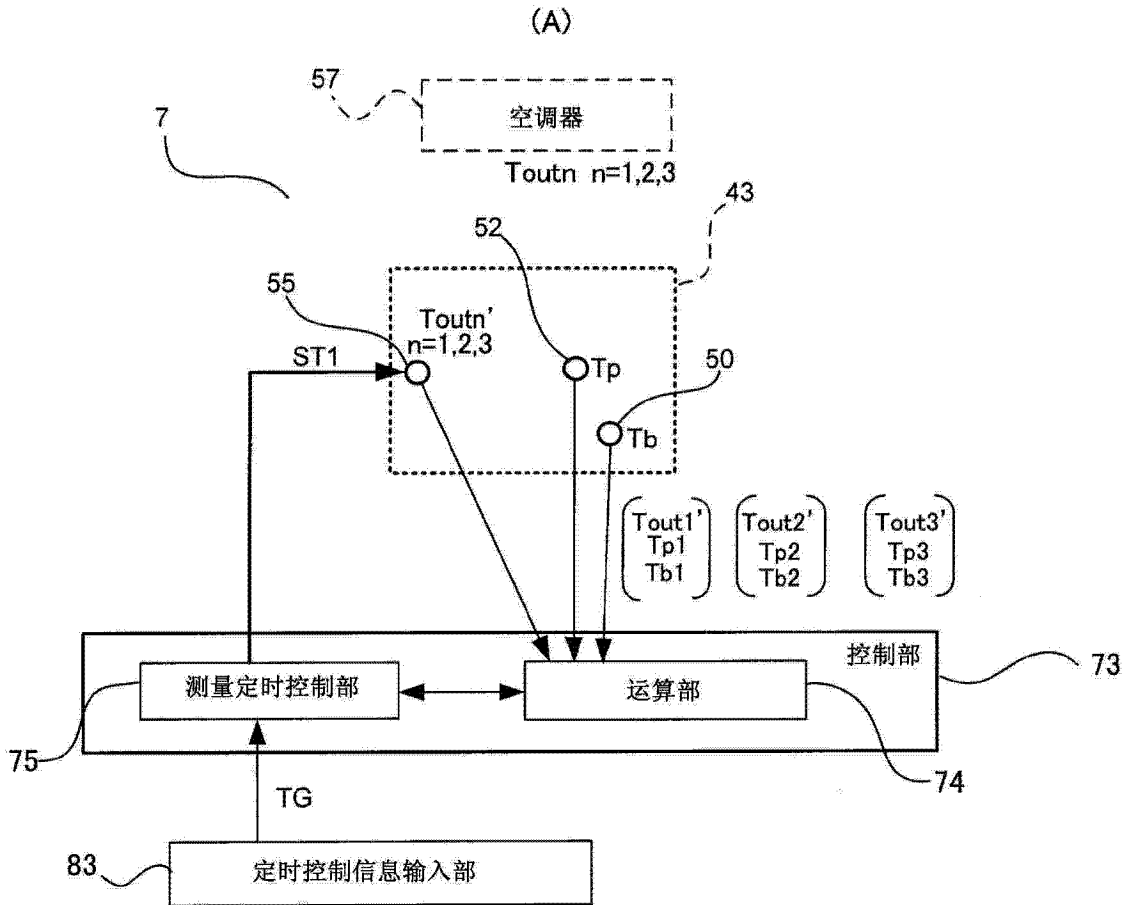


图 4

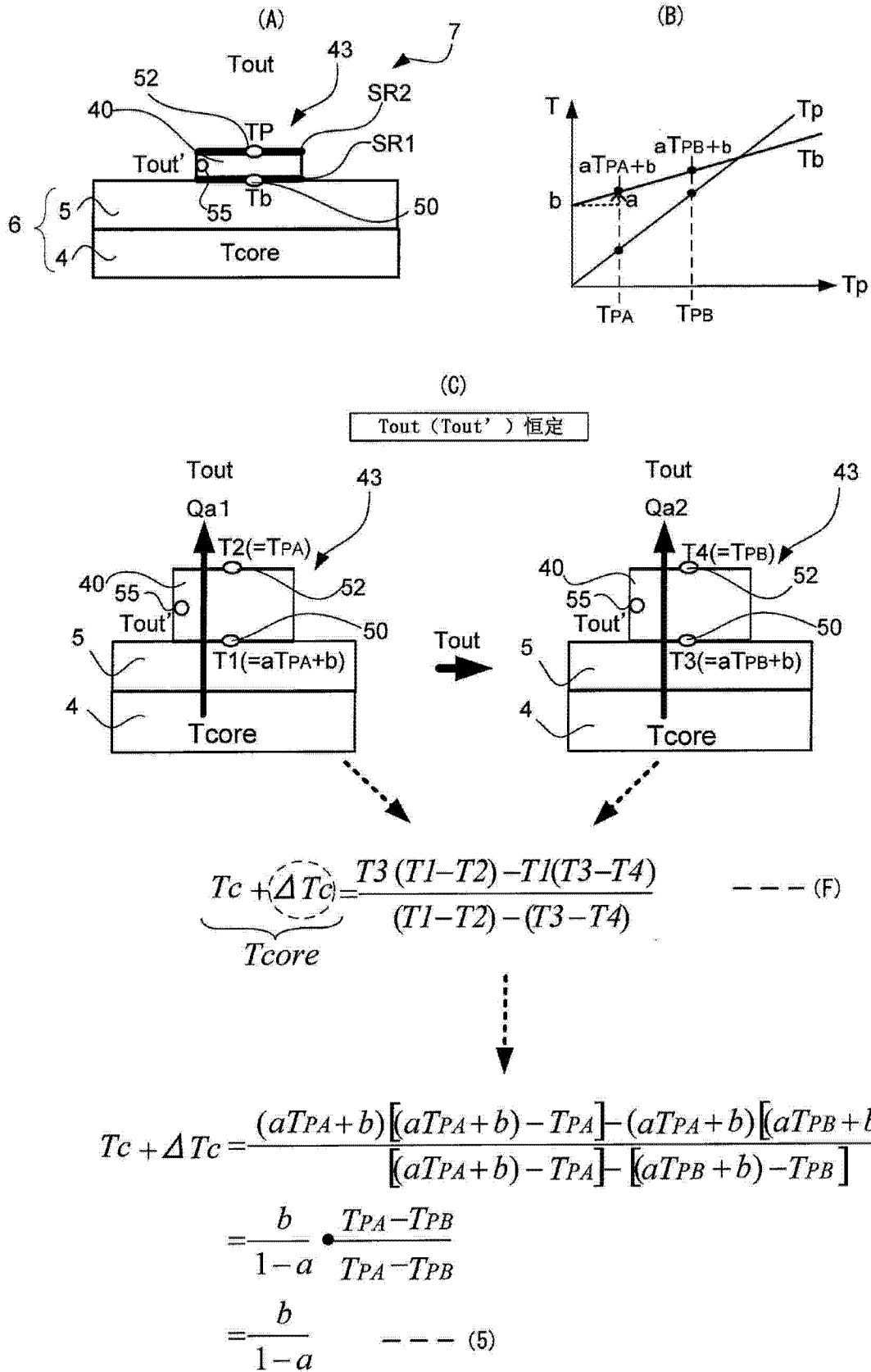


图 6

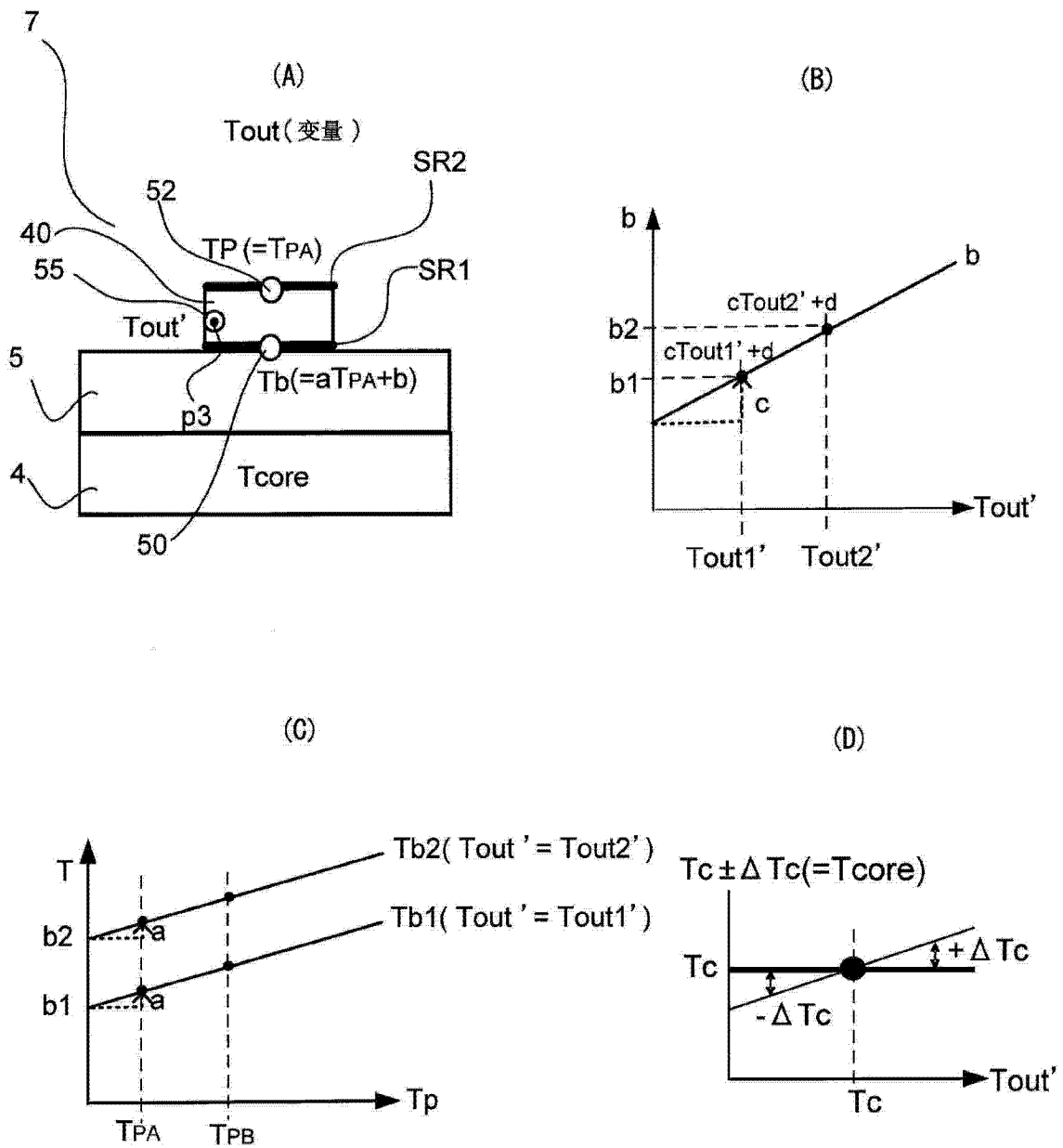
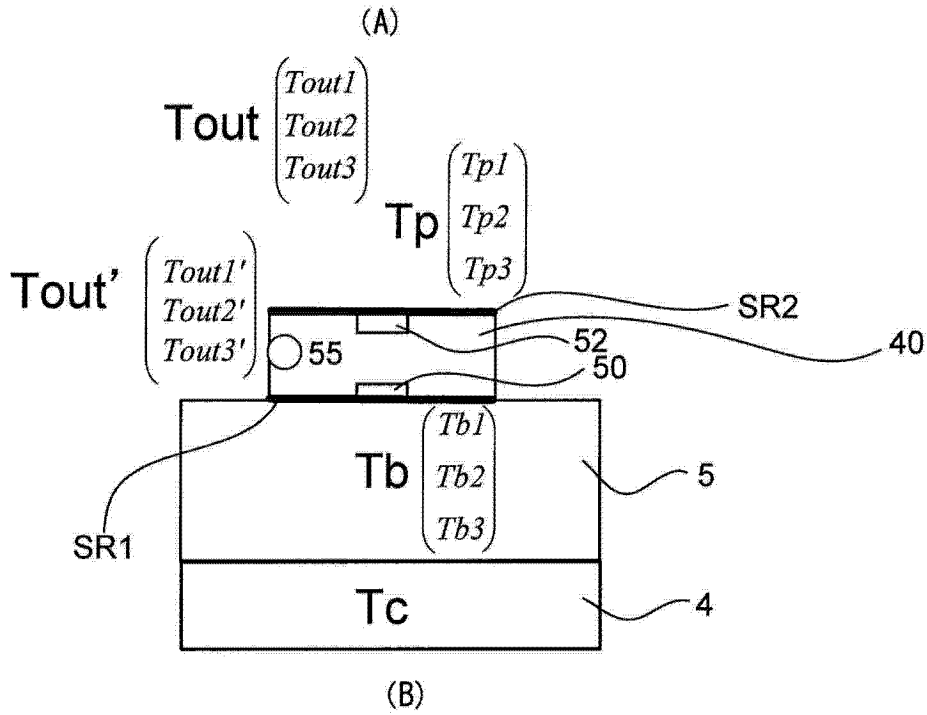


图 7



$$\begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & Tout1' & 1 \\ Tp2 & Tout2' & 1 \\ Tp3 & Tout3' & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} \quad \text{--- (9)}$$

(C)

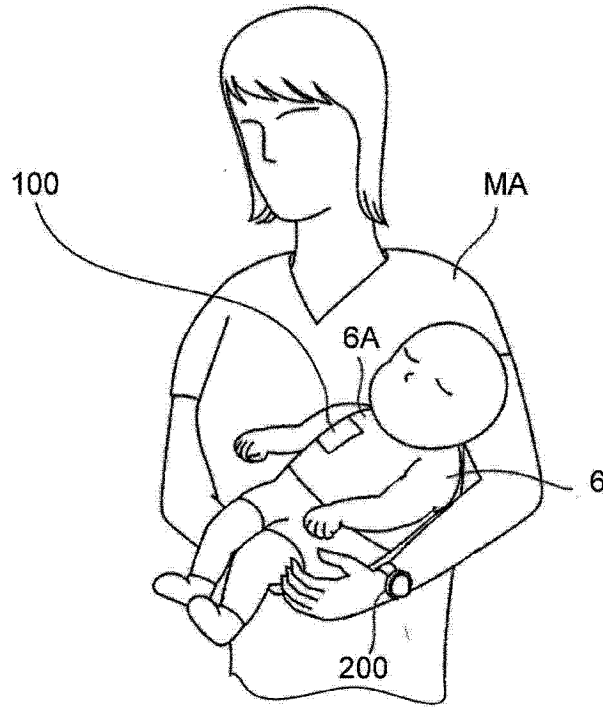
$$\begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & Tout1' & 1 \\ Tp2 & Tout2' & 1 \\ Tp3 & Tout3' & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix} \quad \text{--- (10)}$$

(D)

$$Tc = \frac{d}{1 - a - c} \quad \text{--- (1)}$$

图 8

(A)



(B)

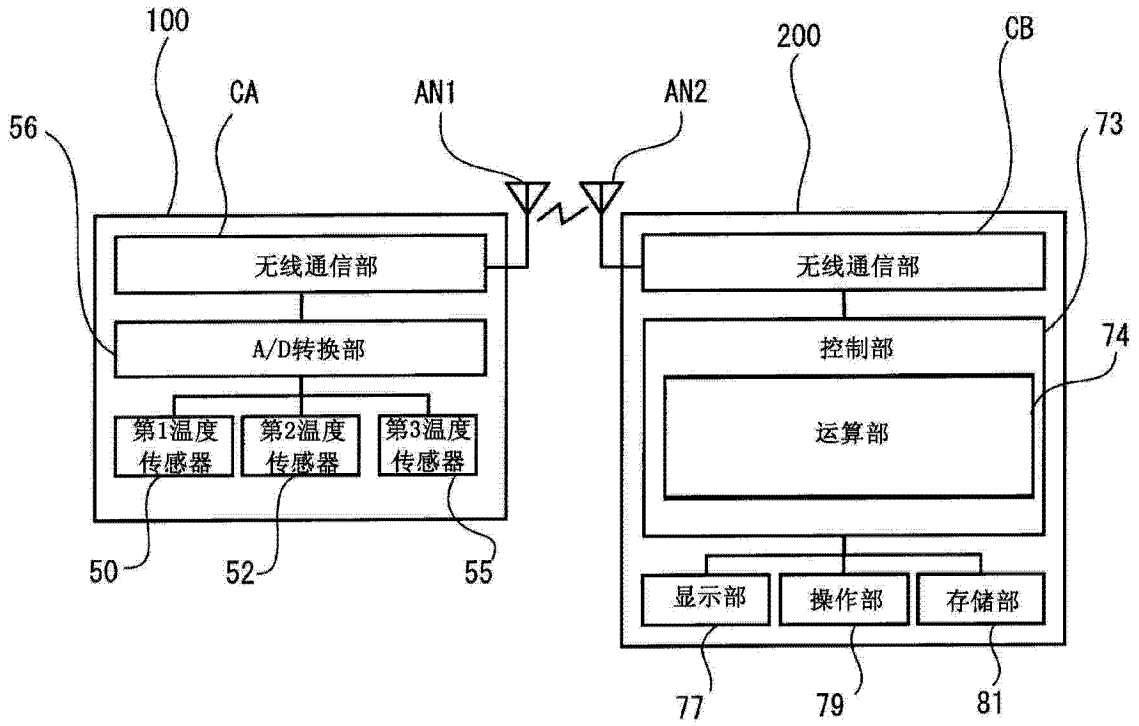


图 10

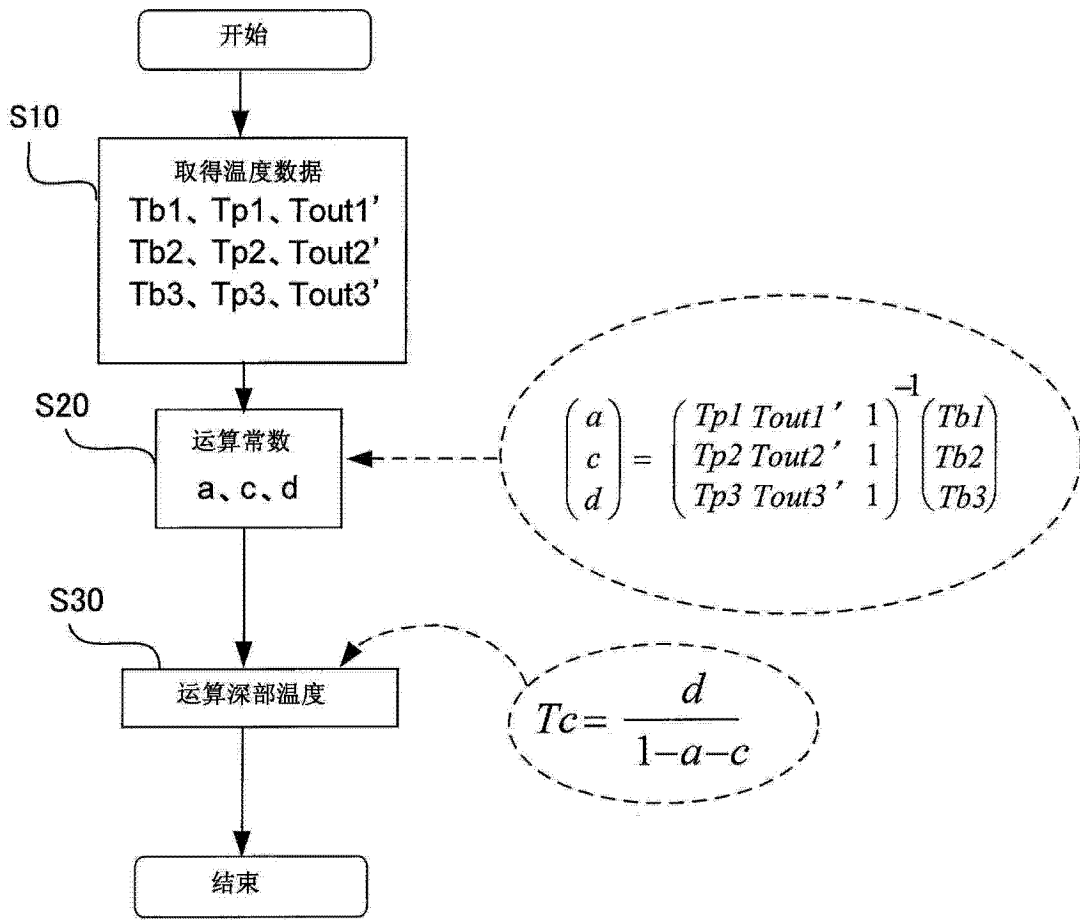


图 11

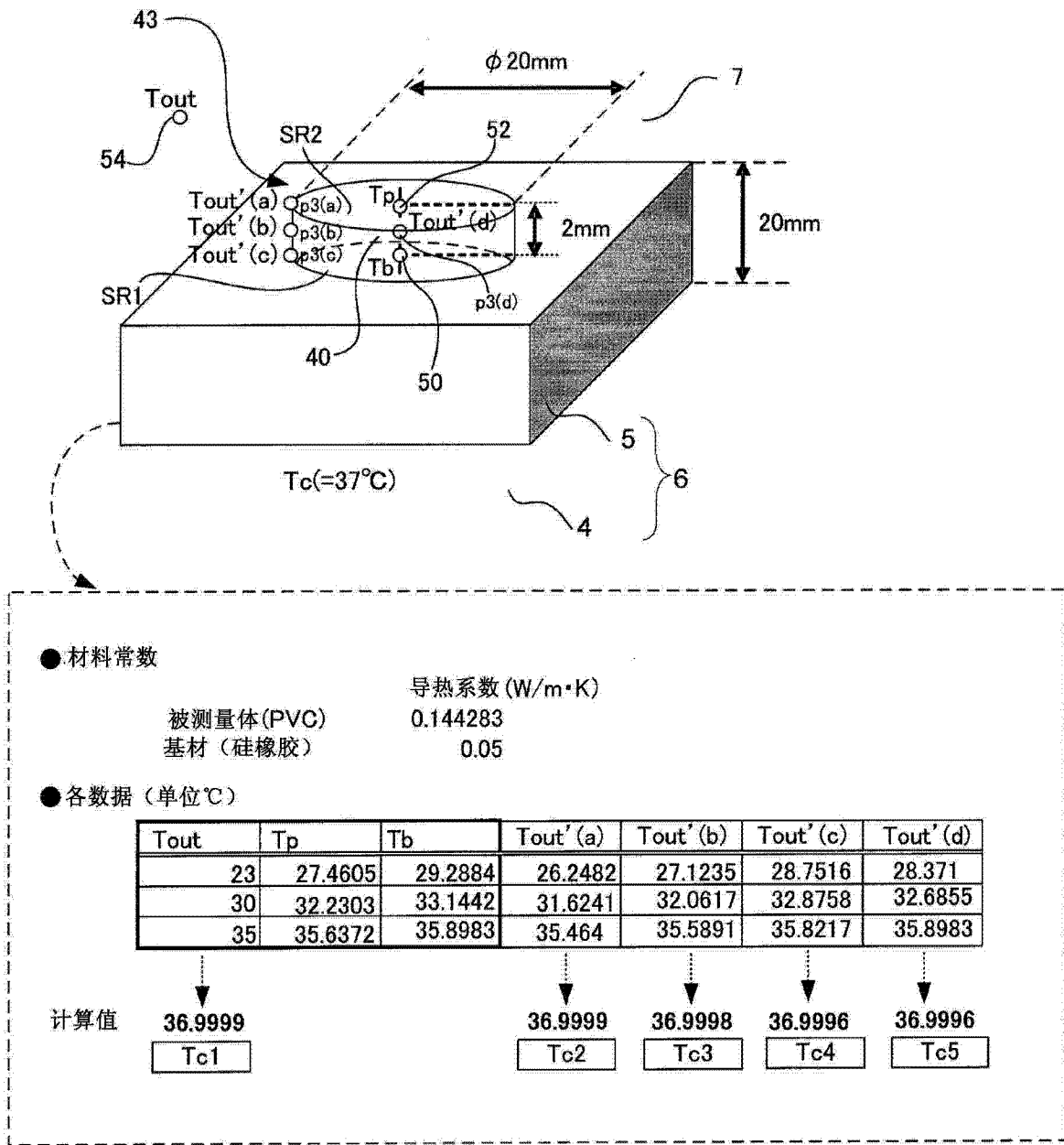


图 12

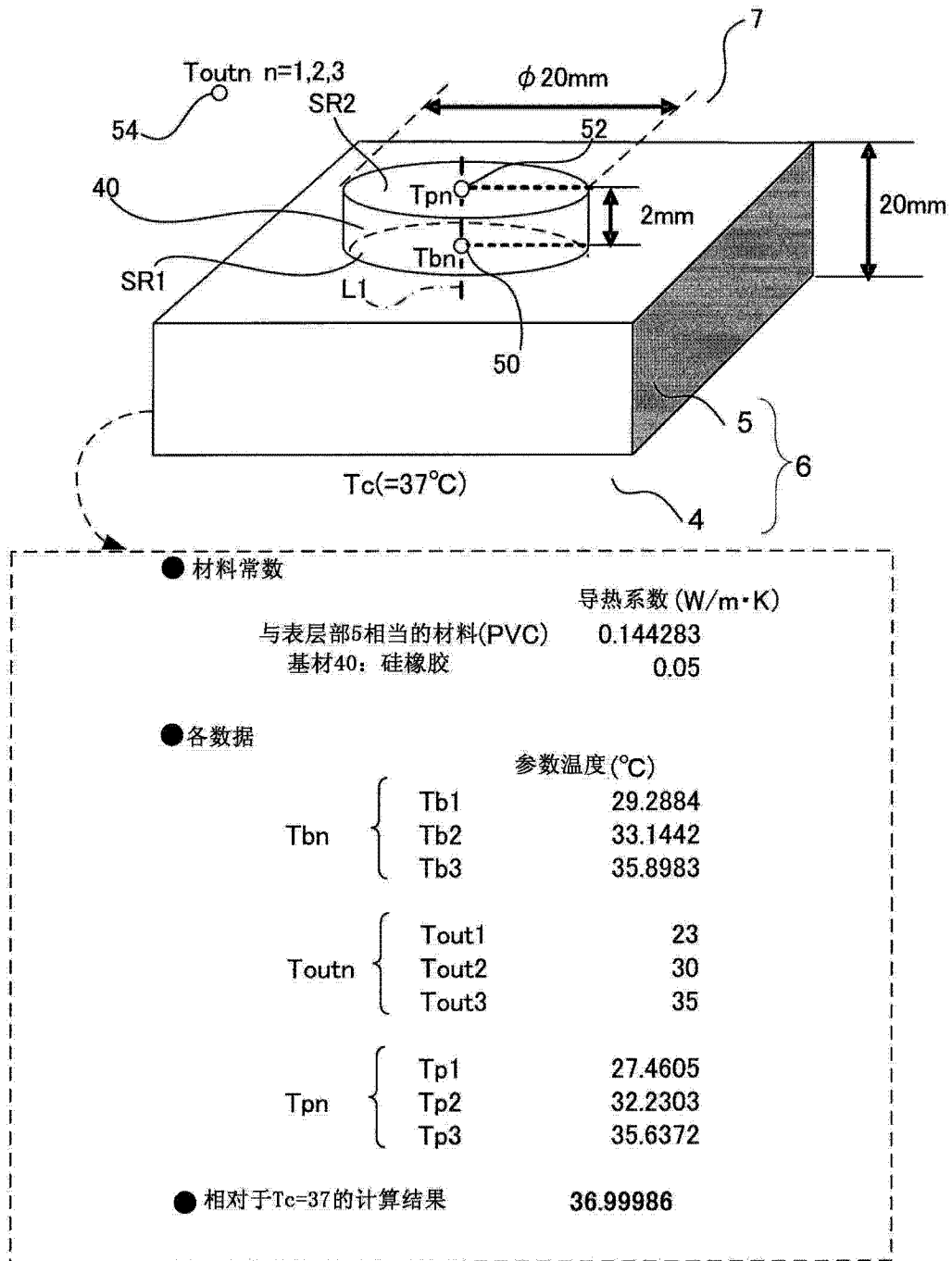


图 13

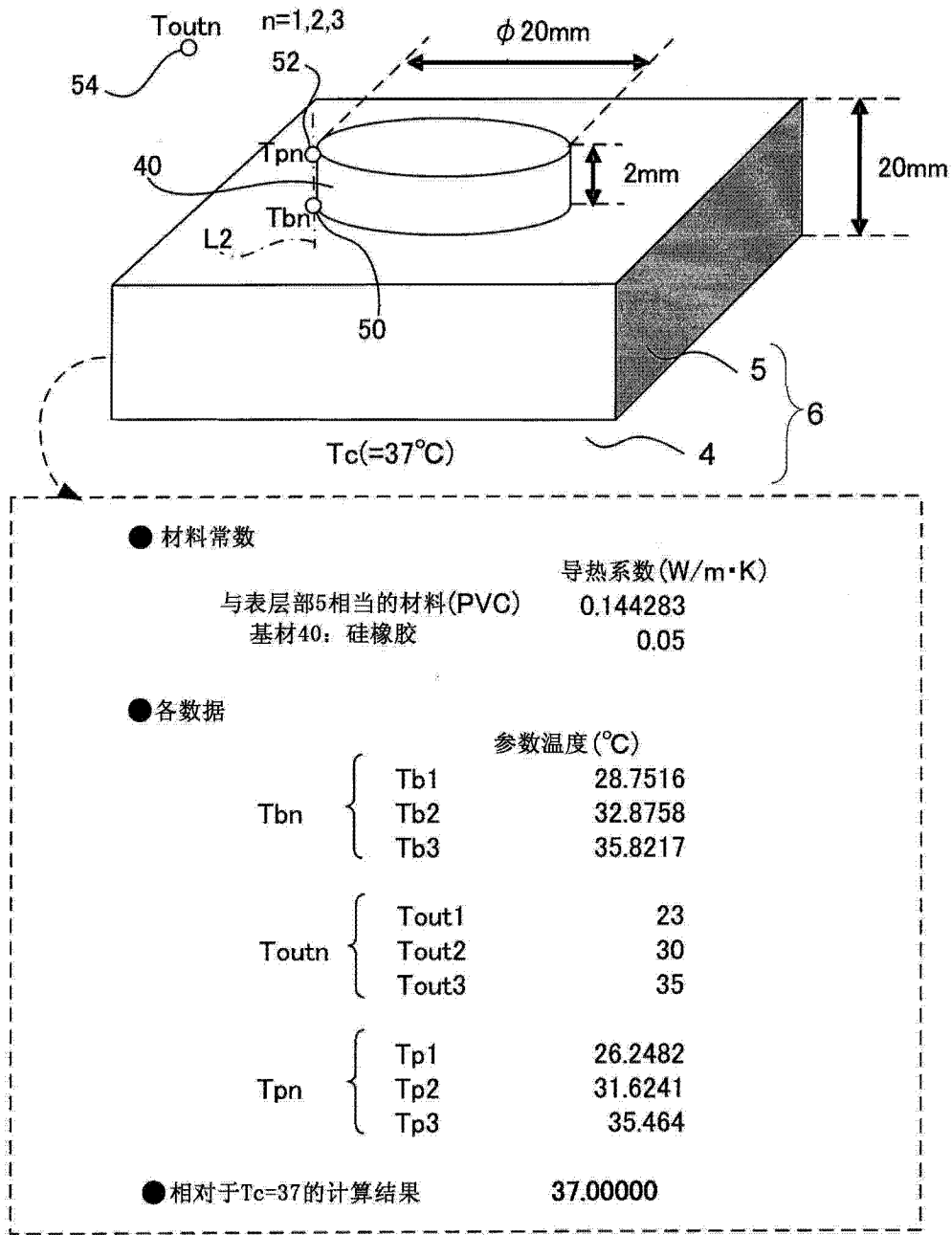


图 14

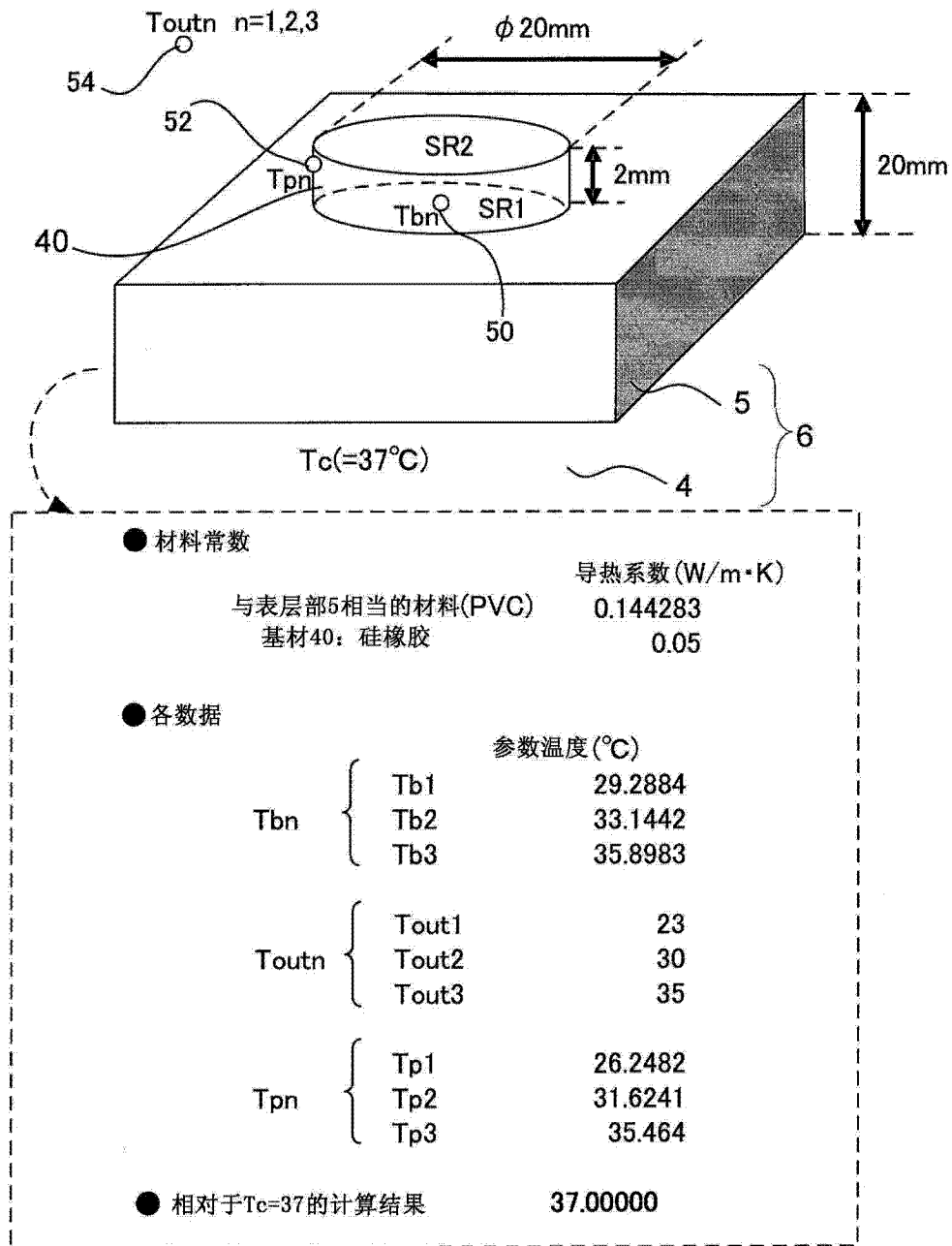
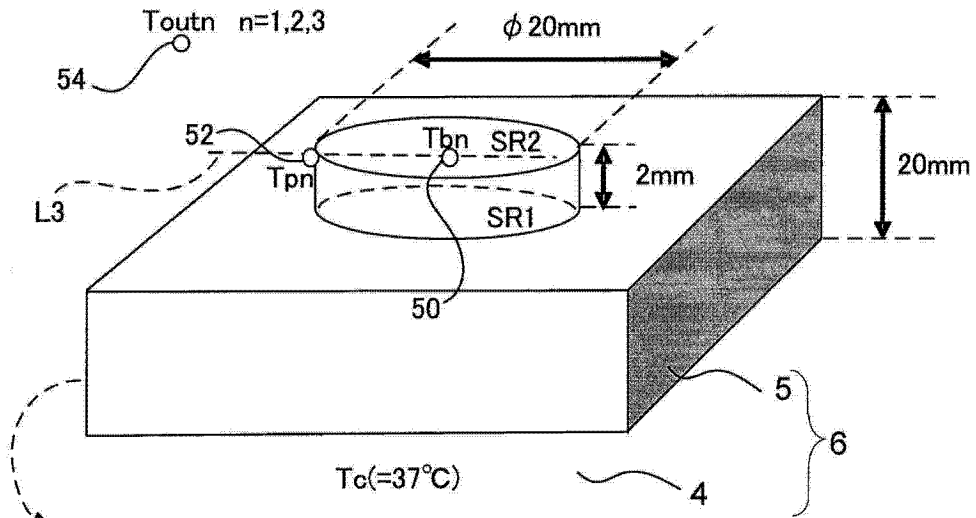


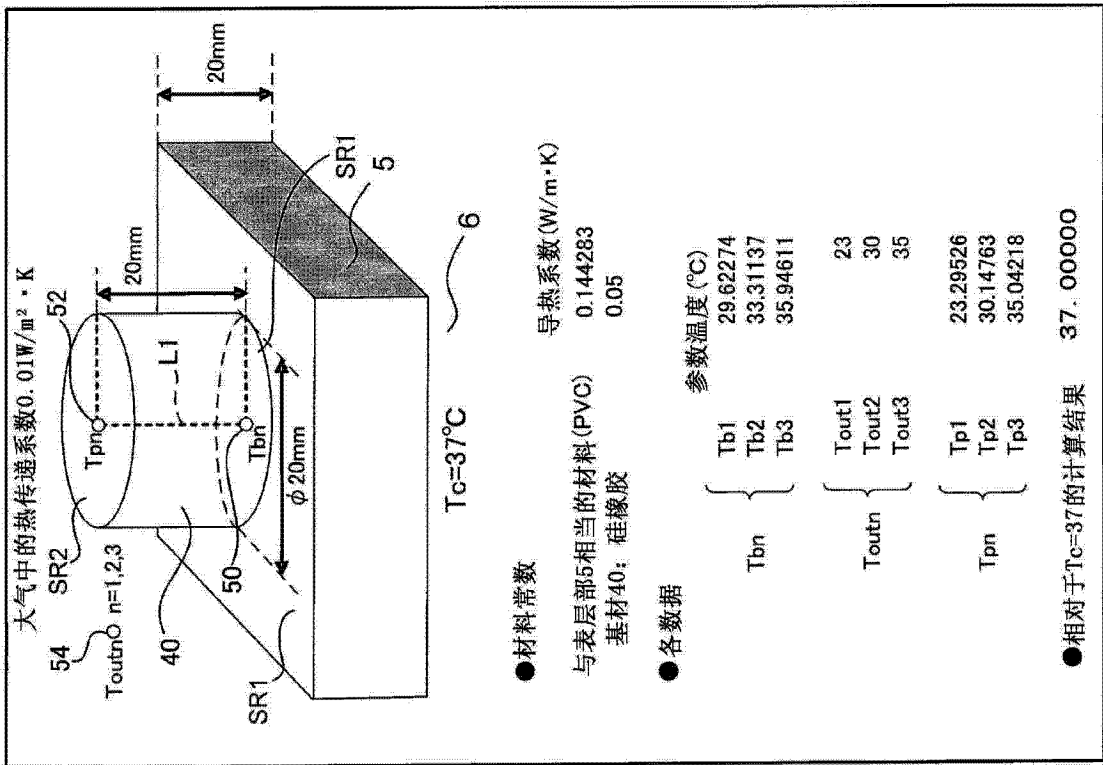
图 15



● 材料常数		导热系数 (W/m·K)
与表层部5相当的材料(PVC)		0.144283
基材40: 硅橡胶		0.05
● 各数据		参数温度 (°C)
Tbn	Tb1	28.7516
	Tb2	32.8758
	Tb3	35.8217
Toutn	Tout1	23
	Tout2	30
	Tout3	35
Tpn	Tp1	26.2482
	Tp2	31.6241
	Tp3	35.464
● 相对于Tc=37的计算结果		37.00000

图 16

(A)



(B)

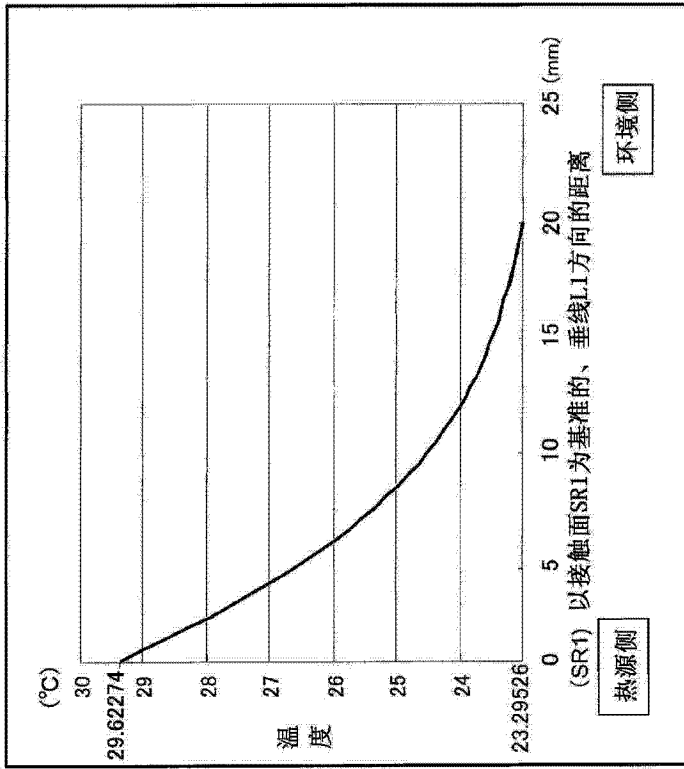
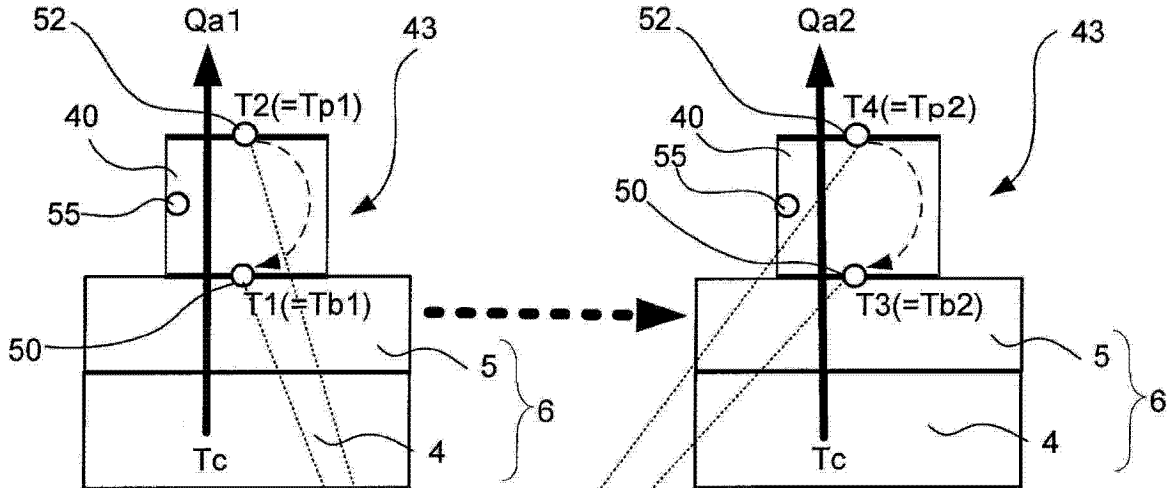


图 18

$T_{ou1} \neq T_{out2}$
 $T_{out1'} \neq T_{out2'}$



$$T_c = \frac{T_{b2}(T_{b1} - T_{p1}) - T_{b1}(T_{b2} - T_{p2})}{(T_{b1} - T_{p1}) - (T_{b2} - T_{p2})} \quad \text{--- (11)}$$

图 19

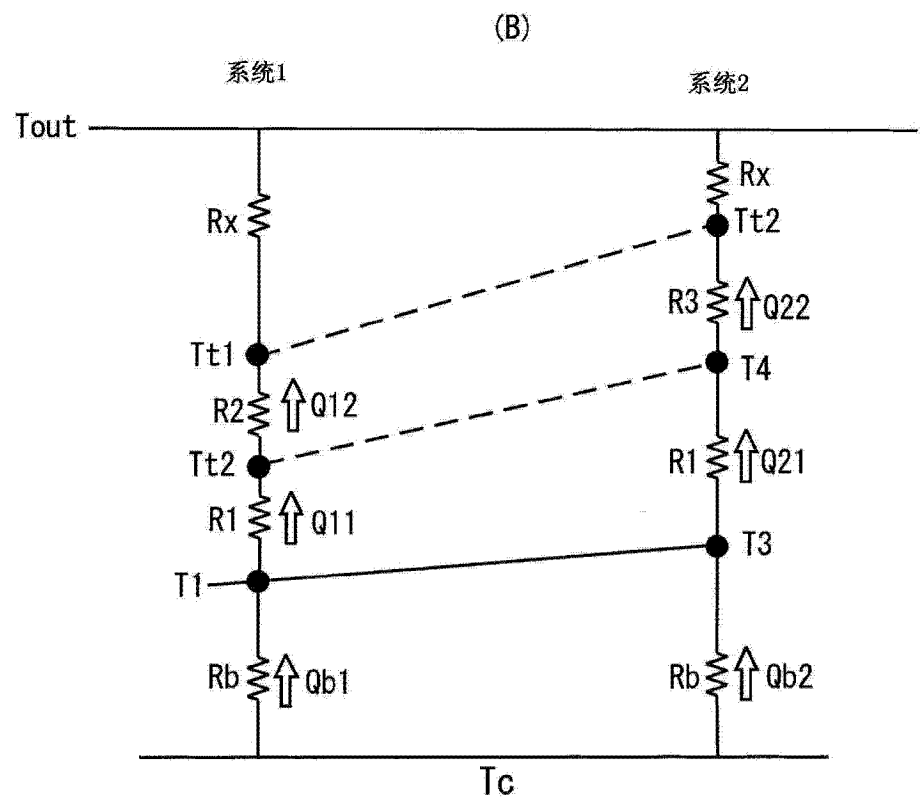
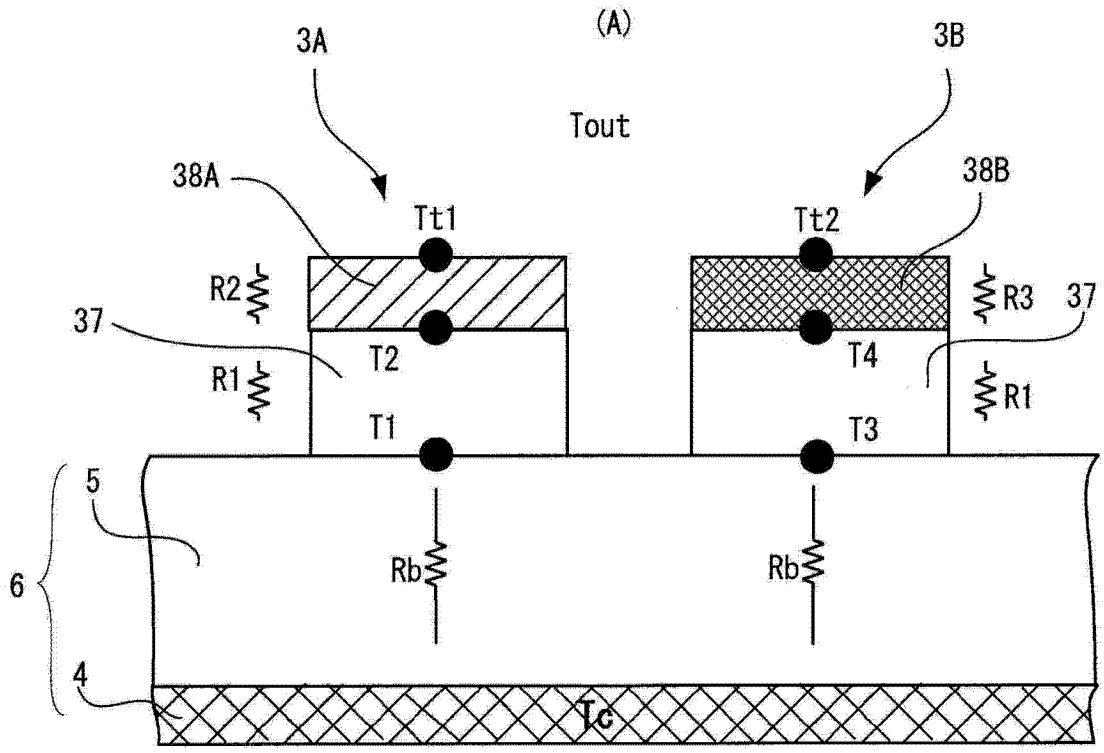


图 20

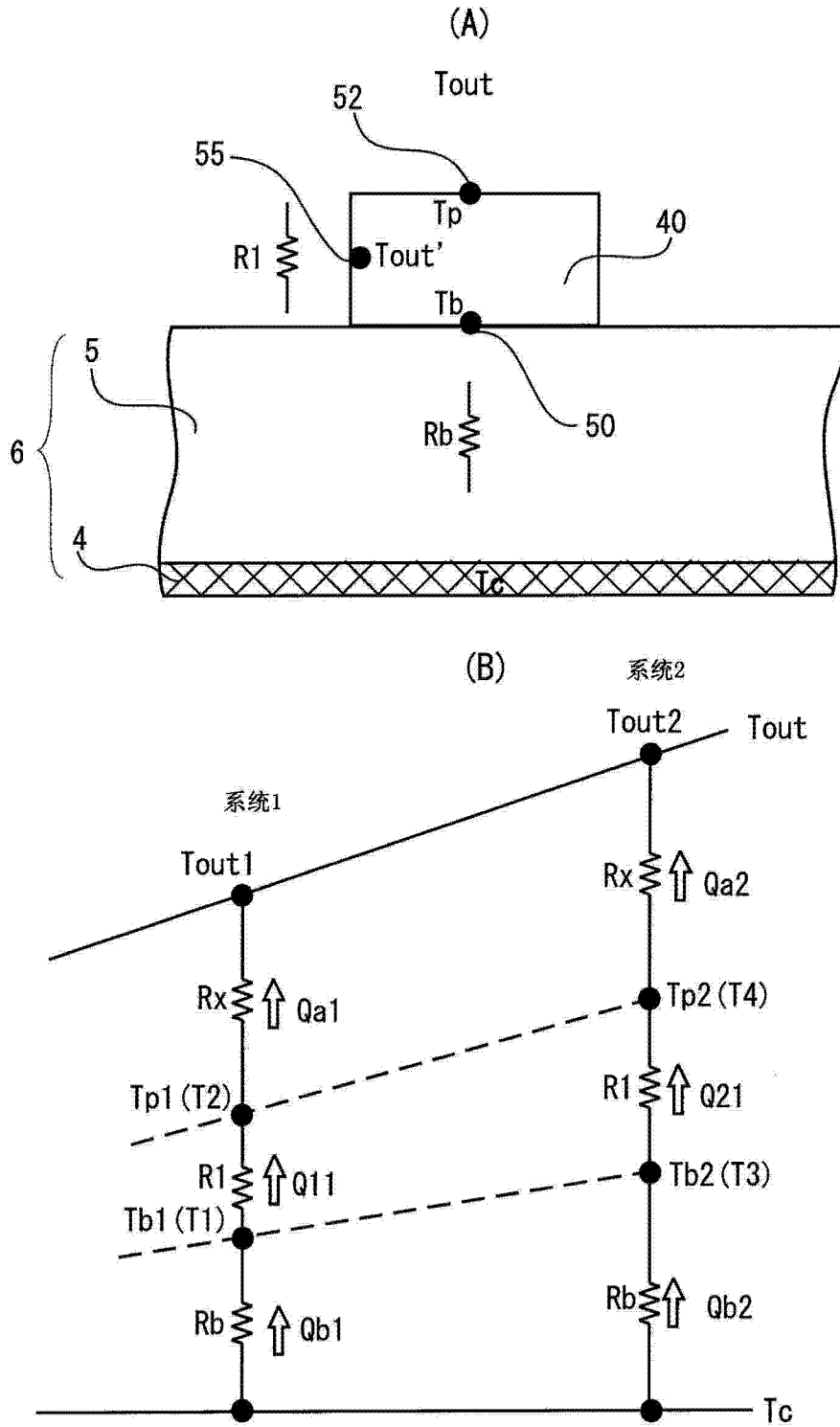
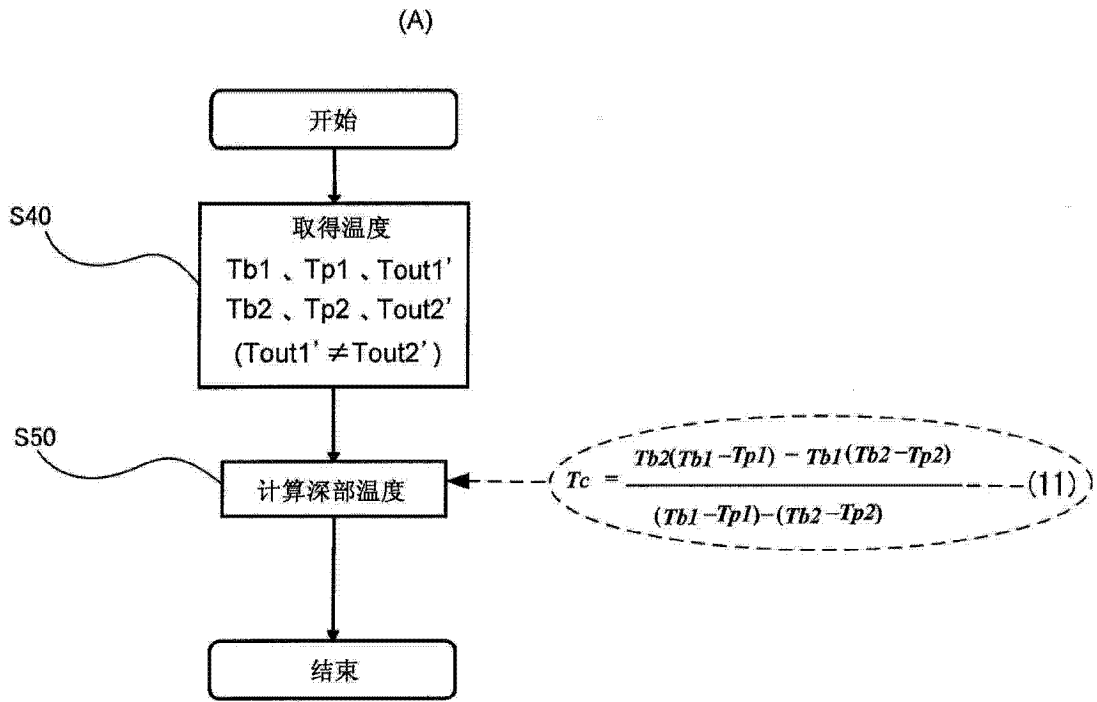


图 21



(B)

Tout1' = 23°C 时		Tout2' = 30°C 时	
Tb1	28.371	Tb2	32.6855
Tp1	26.2482	Tp2	31.6241
Tc = 37°C	计算值 37.00000	误差	0

图 22

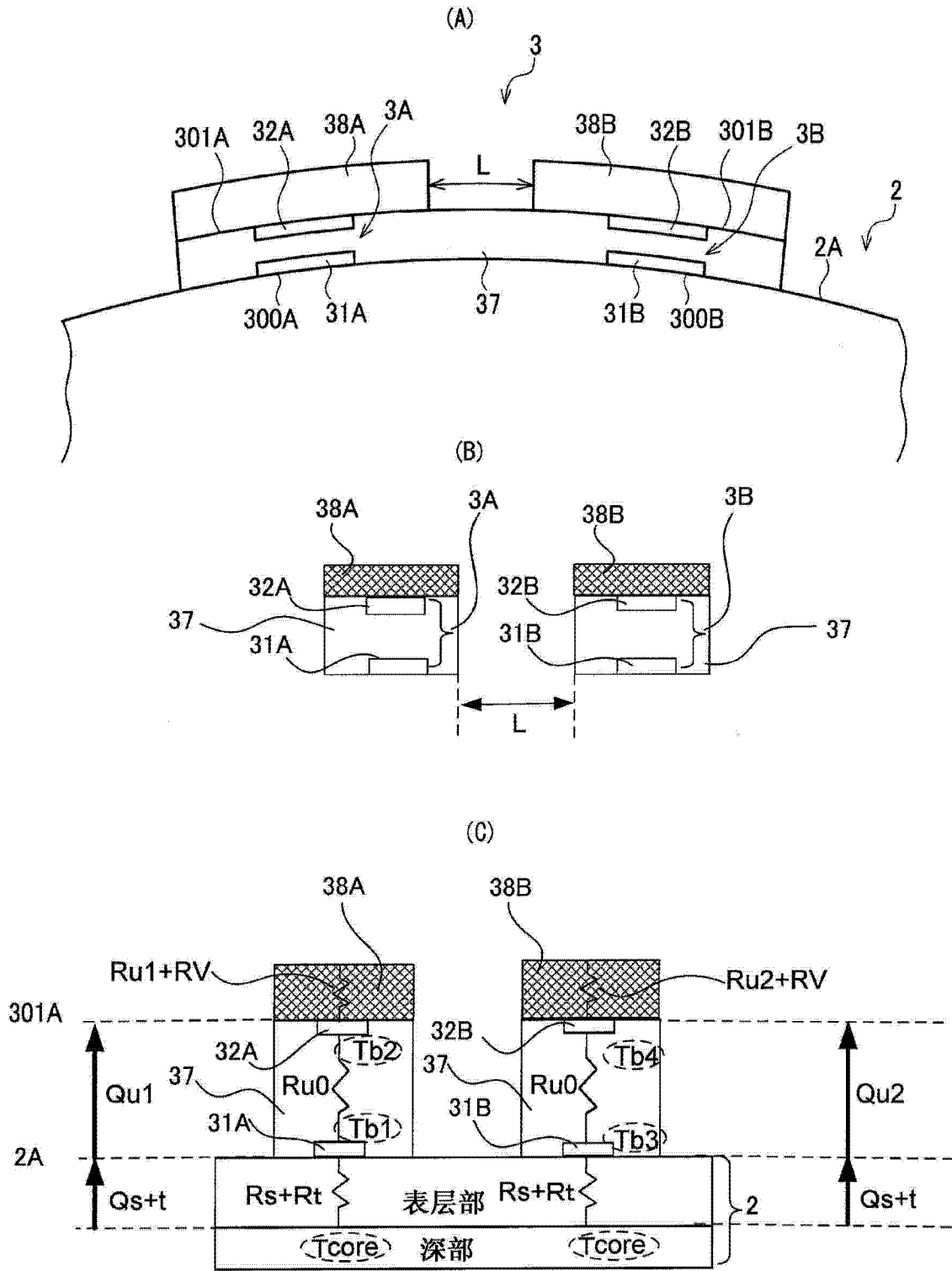


图 23

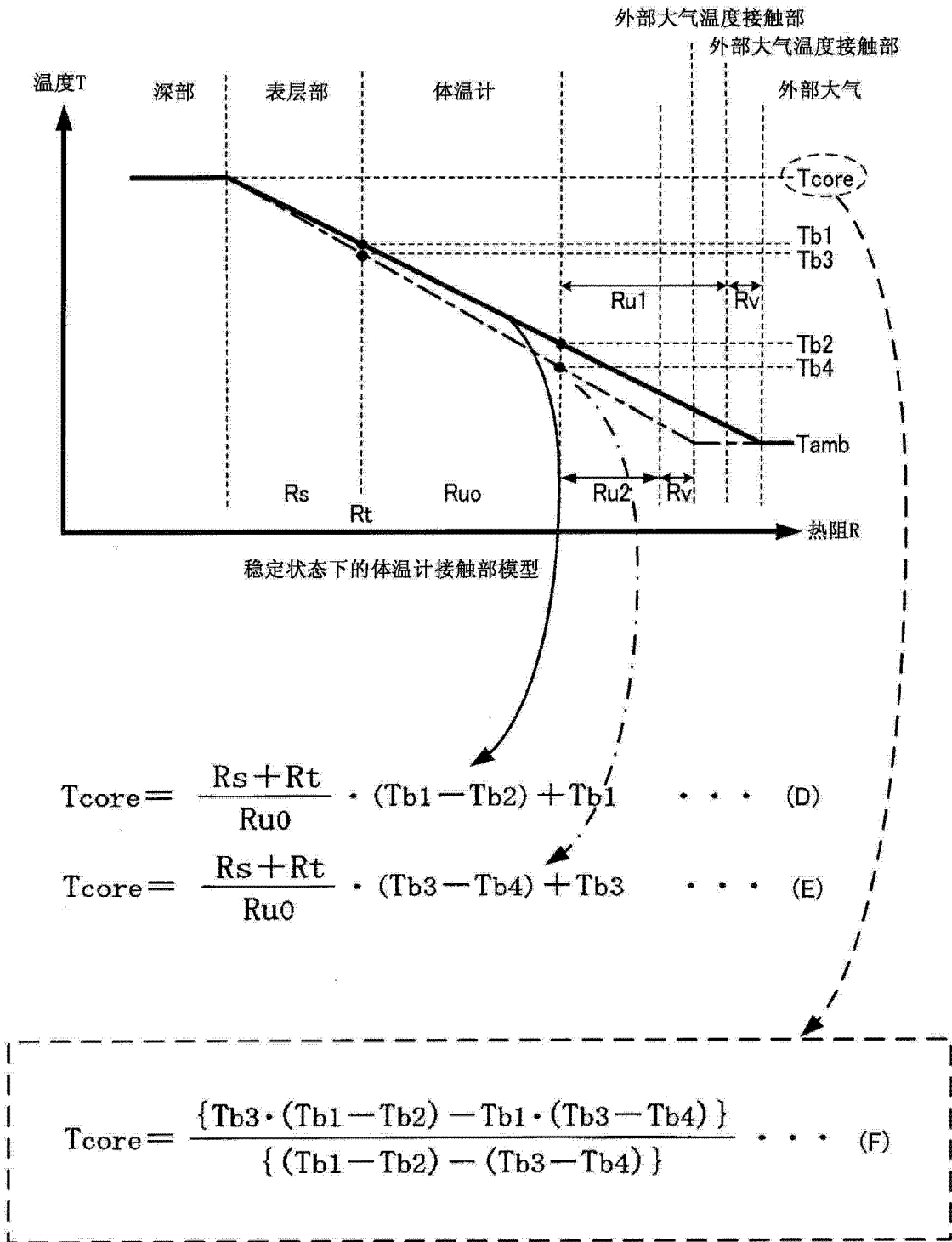


图 24

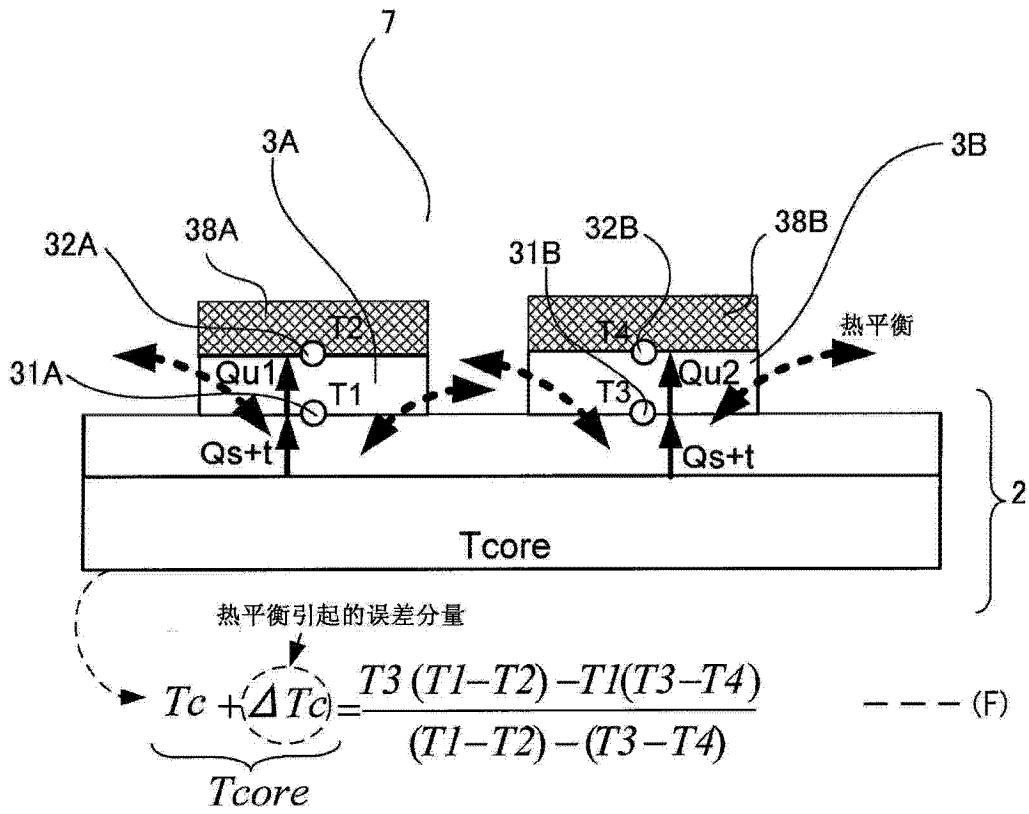


图 25