



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115516288 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 23

(21) 申请号 202080100512.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2020.06.25

G01N 3/32 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.11.03

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2020/025020 2020.06.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/260883 JA 2021.12.30

(71) 申请人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 添田武志

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

11227

专利代理师 王海奇

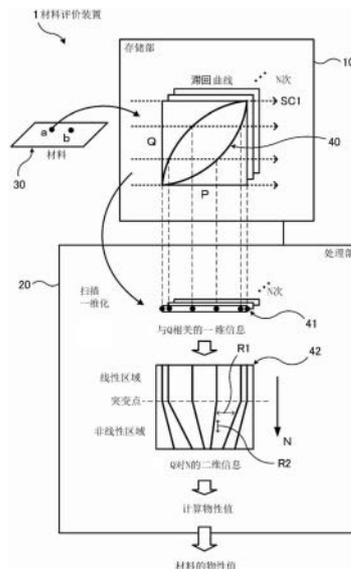
权利要求书2页 说明书21页 附图20页

(54) 发明名称

材料评价装置、材料评价方法以及材料评价程序

(57) 摘要

本公开涉及材料评价装置,高效地取得材料的物性值。在材料评价装置1的存储部(10)中存储有N个滞回曲线(40),该N个滞回曲线(40)表示材料(30)的某坐标(a)处的N次(N为2以上的整数)的各次的物理量(Q)相对于物理量(P)的变化。例如,物理量(P)是温度,物理量(Q)是变形量。处理部(20)参照存储部(10),针对坐标(a)的N个滞回曲线的每一个滞回曲线,将通过以规定的物理量(Q)的值进行扫描而提取出的点按一维进行排列来生成与物理量(Q)相关的一维信息(41),使用该一维信息来计算材料(30)的物性值。例如,根据N次量的一维信息(41)求出成为突变点的次数,基于突变点以前的次数和突变点以后的次数的物理量(Q)的推移,来计算材料(30)的线性以及非线性物性值。



1. 一种材料评价装置,其特征在于,包括:

存储部,存储N个滞回曲线,该N个滞回曲线表示材料的多个位置的至少一个位置处的N次的各次的第二物理量的变化相对于第一物理量的变化,其中,N为2以上的整数;以及

处理部,参照上述存储部,对于上述多个位置的至少一个位置,针对上述N个滞回曲线的每一个滞回曲线,将通过以规定的上述第二物理量的值进行扫描从而提取出的点按一维进行排列来生成与上述第二物理量相关的一维信息,并使用生成的与上述第二物理量相关的一维信息,计算上述材料的物性值。

2. 根据权利要求1所述的材料评价装置,其特征在于,

上述处理部进行下述处理:

计算针对第N-1次的上述第二物理量相对于上述第一物理量的变化的滞回曲线和第N次的上述第二物理量相对于上述第一物理量的变化的滞回曲线分别生成的与上述第二物理量相关的一维信息之间的变化量,

在计算出的上述变化量小于第一阈值的情况下,判定为在第N-1次以及第N次的上述第一物理量的变化中上述材料具有线性特性,

在计算出的上述变化量为上述第一阈值以上的情况下,判定为在第N-1次的上述第一物理量的变化中上述材料具有线性特性,在第N次的上述第一物理量的变化中上述材料具有非线性特性,

基于判定的结果,计算上述材料的物性值。

3. 根据权利要求1所述的材料评价装置,其特征在于,

上述处理部进行下述处理:

对于上述多个位置的至少一个位置,计算针对上述N个滞回曲线的每一个滞回曲线生成的与上述第二物理量相关的一维信息的各个之间的变化量,

使用计算出的上述变化量,计算在上述第二物理量成为第二阈值之前的第N+1以后的上述第一物理量的变化的次数的预测值。

4. 根据权利要求1所述的材料评价装置,其特征在于,

上述存储部存储上述材料的上述多个位置的每一个位置处的上述N个滞回曲线,

上述处理部进行下述处理:

对于上述多个位置的每一个位置,生成将针对上述N个滞回曲线的每一个曲线生成的与上述第二物理量相关的一维信息相对于上述第一物理量的变化的次数排列而成的上述第二物理量对上述次数的二维信息,

针对对于上述多个位置的每一个位置生成的上述第二物理量对上述次数的二维信息,将通过以规定的上述次数的值进行扫描从而提取出的点按一维进行排列来生成与上述次数相关的一维信息,

生成将对于上述多个位置的每一个位置生成的与上述次数相关的一维信息相对于上述多个位置排列而成的上述次数对上述多个位置的二维信息,

使用生成的上述次数对上述多个位置的二维信息,计算上述材料的物性值。

5. 根据权利要求4所述的材料评价装置,其特征在于,

上述处理部进行下述处理:

基于生成的上述次数对上述多个位置的二维信息的上述次数的值相对于上述多个位

置的推移,将上述材料划分为多个区域,

对划分出的上述多个区域的每一个区域,计算上述材料的物性值。

6. 根据权利要求5所述的材料评价装置,其特征在于,

上述处理部进行如下处理:

基于上述次数对上述多个位置的二维信息的上述次数的值,来决定划分出的上述多个区域的顺序,

按照决定出的顺序,对划分出的上述多个区域的每一个,计算上述材料的物性值。

7. 根据权利要求6所述的材料评价装置,其特征在于,

上述处理部在划分出的上述多个区域中的上述顺序为第一个的区域中,计算上述材料的物性值中的线性物性值,在上述顺序为第二个以后的区域中,计算上述材料的物性值中的非线性物性值。

8. 根据权利要求1~7中任一项所述的材料评价装置,其特征在于,

上述材料包含多个基材,

上述处理部在计算上述材料的物性值时,针对上述多个基材的每一个基材,计算上述基材的物性值。

9. 一种材料评价方法,其特征在于,计算机进行以下内容:

参照存储表示材料的多个位置的至少一个位置处的N次的各次的第二物理量的变化相对于第一物理量的变化的N个滞回曲线的存储部,对于上述多个位置的至少一个位置,针对上述N个滞回曲线的每一个滞回曲线,将通过以规定的上述第二物理量的值进行扫描而提取出的点按一维进行排列来生成与上述第二物理量相关的一维信息,N为2以上的整数,

使用生成的与上述第二物理量相关的一维信息来计算上述材料的物性值。

10. 一种材料评价程序,其特征在于,使计算机进行执行以下处理:

参照存储表示材料的多个位置的至少一个位置处的N次的各次的第二物理量的变化相对于第一物理量的变化的N个滞回曲线的存储部,对于上述多个位置的至少一个位置,针对上述N个滞回曲线的每一个滞回曲线,将通过以规定的上述第二物理量的值进行扫描从而提取出的点按一维进行排列来生成与上述第二物理量相关的一维信息,N为2以上的整数,

使用生成的与上述第二物理量相关的一维信息来计算上述材料的物性值。

材料评价装置、材料评价方法以及材料评价程序

技术领域

[0001] 本发明涉及材料评价装置、材料评价方法以及材料评价程序。

背景技术

[0002] 已知一种通过利用硬化法则的模拟方法来预测层叠由Cu、Al、Cu合金以及Al合金的任意一个构成的金属层和由绝缘陶瓷构成的绝缘层而成的层叠基板的在重复冷热周期时产生的状况的技术。另外，已知一种基于因重复的变形而硬化而致应力增加的金属层的反映了饱和时的应力与应变的关系的曲线，来制作导入至硬化法则的材料常数的技术。

[0003] 专利文献1：日本特开2011-203042号公报。

[0004] 另外，作为材料、例如LSI (Large Scale Integration:大规模集成) 封装那样的电子设备等的一个评价方法，存在重复对材料施加温度等负载并评价其耐久性的方法。在该方法中，存在重复施加负载的工时变得庞大，而评价变得低效的情况。

[0005] 与此相对，考虑利用CAE (Computer Aided Engineering:计算机辅助工程) 构建在计算机上再现材料的模型，使用该模型预测施加负载时的材料的状态，来使评价高效化。

[0006] 然而，在这样的模型的构建中，使用材料的物性值，但存在构成该材料的要素的数量、组合庞大，或不容易判明材料内的要素的有效物性值的情况。因此，存在为了取得能够用于再现材料的模型的物性值需要庞大的计算、时间，难以高效地取得材料的物性值的情况。其结果是，可能无法高效地构建再现材料的模型。

发明内容

[0007] 在一个方面中，本发明的目的在于高效地取得材料的物性值。

[0008] 在一个方式中，提供一种材料评价装置，包括：存储部，存储N个滞回曲线，该N个滞回曲线表示材料的多个位置的至少一个位置处的相对于N次的各次的第二物理量的变化相对于第一物理量的变化；以及处理部，参照上述存储部，对于上述多个位置的至少一个位置，针对上述N个滞回曲线的每一个滞回曲线，将通过以规定的上述第二物理量的值进行扫描而提取的的点按一维进行排列来生成与上述第二物理量相关的一维信息，使用生成的与上述第二物理量相关的一维信息来计算上述材料的物性值，其中N为2以上的整数。

[0009] 另外，在其他的方式中，提供材料评价方法以及材料评价程序。

[0010] 在一个方面中，能够高效地取得材料的物性值。

[0011] 通过结合表示本发明的例子的优选的实施方式的附图的以下的说明，可明确本发明的目的、特征以及优点利用。

附图说明

[0012] 图1是对TC试验的一个例子进行说明的图。

[0013] 图2是对TC试验时的LSI封装的变形进行说明的图。

[0014] 图3是对第一实施方式所涉及的滞回曲线进行说明的图。

- [0015] 图4是对第一实施方式所涉及的材料评价装置的一个例子进行说明的图。
- [0016] 图5是对第二实施方式所涉及的材料评价系统的一个例子进行说明的图。
- [0017] 图6是对第二实施方式所涉及的材料评价装置的硬件结构的一个例子进行说明的图。
- [0018] 图7是对第二实施方式所涉及的材料评价装置所具有的功能的一个例子进行说明的图。
- [0019] 图8是对第二实施方式所涉及的材料评价装置的一个例子进行说明的图。
- [0020] 图9是对第二实施方式所涉及的变形量一维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。
- [0021] 图10是对第二实施方式所涉及的变形量对TC次数二维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。
- [0022] 图11是对第二实施方式所涉及的变形量对TC次数二维信息的一个例子进行说明的图。
- [0023] 图12是对第二实施方式所涉及的根据变形量对TC次数二维信息得到的硬化系数以及加速系数进行说明的图。
- [0024] 图13是对第二实施方式所涉及的TC次数一维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。
- [0025] 图14是对第二实施方式所涉及的TC次数对坐标二维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。
- [0026] 图15是对第二实施方式所涉及的计算部的处理的一个例子进行说明的图。
- [0027] 图16是示出第二实施方式所涉及的物性值的计算例的图。
- [0028] 图17是示出第二实施方式所涉及的突变点决定处理流程的一个例子的图。
- [0029] 图18是示出第二实施方式所涉及的TC次数预测处理流程的一个例子的图。
- [0030] 图19是示出第二实施方式所涉及的物性值计算处理流程的一个例子的图。
- [0031] 图20是示出第二实施方式所涉及的TC试验监视处理流程的一个例子的图。

具体实施方式

[0032] 用于评价LSI封装等电子设备的可靠性的试验涉及到多方面。在一个试验中,存在温度周期(Temperature Cycle;TC)试验。在TC试验中,将作为评价对象的电子设备持续暴露在某温度范围内,评价其机械耐久性。

[0033] 图1是对TC试验的一个例子进行说明的图。图1的(A)是示意性地示出电子设备的一个例子的主要部分截面的图,图1的(B)是示意性地示出TC试验的温度负载的一个例子的图。

[0034] 在图1的(A)中,作为TC试验的评价对象的材料亦即电子设备的一个例子,图示了LSI封装500。图1所示的LSI封装500包括基板510、半导体芯片520以及盖530。基板510是印刷电路板等电路板,虽然此处省略图示,但具备绝缘层以及设置于绝缘层的表面、内部的布线层。在这样的基板510上,使用焊料等凸块540安装半导体芯片520。在基板510与半导体芯片520之间,例如填充底部填料(Underfill;UF)550。设置盖530,以便覆盖基板510以及安装在该基板510上的半导体芯片520。在盖530与半导体芯片520的上表面之间,例如设置

热界面材料(Thermal Interface Material;TIM) 560。盖530的边缘部与基板510例如使用粘合剂570粘合。

[0035] 在TC试验时,针对图1的(A)所示那样的LSI封装500,例如重复施加图1的(B)所示的温度周期400那样的一个周期被设定于规定的温度范围内的温度负载。温度范围虽然根据使用LSI封装500的条件等而不同,但设定在从成为无应力的成膜温度、例如175℃至极地温度,例如-55℃之间的范围。

[0036] 一般而言,在TC试验中,电特性,例如电阻值被监视。当因温度负载而LSI封装500的耐久性达到极限时,在LSI封装500产生物理性破坏,因其内部的布线路径的断开等而致电阻值变化。然而,电阻值不一定是用于监视的最佳的指标。电阻值作为用于捕获伴随着相对较大的变形的破坏的产生的指标是有用的。另一方面,由于在LSI封装500遍布庞大的布线路径,因此即使因温度负载而产生相对较小的变形、局部的变形,电阻值的变化量也较小,存在收敛于测定误差的范围内的情况。在实际的测定中,在100次~1000次的TC试验中,在最后一个周期、最多最后的2、3个周期中,电阻值突然变化的情况较多。

[0037] 为了改善这样的相对低效的TC试验,尝试代替电阻值而捕获LSI封装500的机械变形。

[0038] 图2是对TC试验时的LSI封装的变形进行说明的图。

[0039] 在图2中,示意性地示出在TC试验中施加于LSI封装500的一个周期的温度负载的在上限温度T1、下限温度T2、以及它们的中间温度T3分别拍摄的LSI封装500的像亦即材料像601、材料像602以及材料像603。在图2的材料像601、材料像602以及材料像603中,分别以虚线图示了半导体芯片520的位置520a。

[0040] 如图2所示,在LSI封装500中,在TC试验时,在从温度负载的上限温度T1至下限温度T2的一个周期期间,可能在各种位置产生各种机械变形。若能够分析在LSI封装500中产生的这样的机械变形,则能够阐明导致破断的机制、与耐久性直接关系的重要因素。

[0041] 在捕获LSI封装500的机械变形时有效的是在计算机上再现LSI封装500的模型。通过使用这样的模型,能够再现因温度变化而产生的LSI封装500、其基材的变化,并预测达到破坏前的细微和局部的变化。

[0042] 在LSI封装500的模型的构建中利用CAE。CAE范畴的有限要素法(Finite Element Method;FEM)对于评价电气、机械或者磁性的材料物性是有效的。在基于FEM的材料的评价中,使用构成LSI封装500的基材的物性值。例如,在机械特性的情况下,可使用线膨胀系数、杨氏模量、泊松比等物性值。

[0043] 构成LSI封装500的基材的尺寸、布局能够根据CAD(Computer Aided Design:计算机辅助设计)数据、显微镜像容易地取得,但难以取得基材的物性值的情况较多。例如,对LSI封装500而言,构成其的基材的数量较多,另外,产生制造过程中的杂质的混入、受热历程的波动而有效的基材的物性值变得未知的情况较多。根据基材,也存在物性值未被公布,值本来就未知的情况。另外,在LSI封装500产生的变形由其基材的组合决定,因此可取决于该LSI封装的尺寸、布局。进一步地,当LSI封装500的变形达到不可逆的塑性变形区域时,基材的物性值可能按温度负载的每个周期次数(TC次数)而变化,因此存在难以了解物性值对于变形造成怎样影响的情况。

[0044] 此处,作为构建模型的方法的一个例子,提出了以下文献1所示那样的技术。

[0045] 文献1:Advanced Metallization Conference 2019 (ADMETA Plus 2019, “Advanced Physical Modelling Method to the LSI Package Deformation with the HOG Image Feature”)

[0046] 在文献1的技术中,将施加载荷时的变形量的测量结果、与将物性值设为变量时的变形量的计算结果比较,来求出物性值。在该比较中,为了高效化,存在提取HOG (Histograms of oriented gradients:方向梯度直方图)特征量来减少信息量的办法。然而,在具有非对称的设计构造的LSI封装的情况下,由于局部的变形同时多发地产生,由此在各种位置产生各种梯度,存在为了捕获变形的梯度的朝向和方向需要执行较多的特征量计算,最终难以减少信息量的情况。若减少特征量的数量来减少信息量,则模型的精度降低。若想要提高模型的精度则特征量的数量增加,时间成本增大。

[0047] 鉴于以上几点,这里使用以下作为实施方式示出的方法来进行评价对象的材料的分析以及物性值的计算。

[0048] [第一实施方式]

[0049] 图3是对第一实施方式所涉及的滞回曲线进行说明的图。

[0050] 在TC试验中,当使负载温度变化时,LSI封装等材料与线膨胀系数成比例地膨胀或者收缩。线膨胀系数根据材料中包含的基材(成分)而不同。另外,材料的变形也取决于基材的杨氏模量(变形的难度)、泊松比(应变的纵横比)。因此,在LSI封装等由多个基材构成的材料中,根据基材的组合、负载的温度,可能在各种位置产生各种变形。

[0051] 在TC试验中,按各TC次数,使用相机等拍摄装置拍摄并取得一个周期的温度范围的材料像、或者该温度范围内的规定温度的材料像。在图3中,将TC次数N为3的三次量的一个周期的温度范围内的某相同温度下取得的材料像604、材料像605以及材料像606按TC次数N的顺序由附图的上至下排列地示意性图示。如上述图2所示,材料在一个周期的温度范围内可各种各样地变形。如本图3所示,材料还在不同的TC次数N的相同温度下也可表现不同的变形的状况。

[0052] 当着眼于材料在规定的坐标U的变形量时,在一个周期的温度负载期间,即,针对TC次数的各次,可能产生以图3所示那样的二维的滞回曲线704、滞回曲线705以及滞回曲线706表示的变形。滞回曲线704、滞回曲线705以及滞回曲线706表示一个周期的温度负载期间的材料的变形量(纵轴)相对于温度(横轴)的推移。一般而言,在材料的弹性极限内视为应力与应变成比例,但严格来说,在负载的过程与卸载的过程中路径稍有不同,并不是直线,而是描绘图3所示那样的环形。将该现象称为弹性滞后,该现象是能够通过精密测定来进行检测的程度的现象。当大幅超过弹性极限而在塑性区域中重复进行卸载与重新负载时,形成更明显的环形。该现象称为塑性滞后。在TC试验中,存在以下趋势、即在接近无应力的高温下主要发生弹性变形,温度越低则越促进塑性变形。

[0053] 此处,使用图3所示那样的根据在TC试验时取得的材料像得到的滞回曲线,对材料的机械变形进行分析,据此计算材料的物性值,构建材料的模型。

[0054] 图4是对第一实施方式所涉及的材料评价装置的一个例子进行说明的图。

[0055] 图4所示的材料评价装置1包括存储部10以及处理部20。存储部10也可以是RAM (Random Access Memory:随机存取存储器)等易失性的半导体存储器,也可以是HDD (Hard Disk Drive)、闪存等非易失性的存储部件。处理部20例如是CPU (Central Processing

Unit:中央处理器)、DSP (Digital Signal Processor:数字信号处理器) 等处理器。处理部20也可以包含ASIC (Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)、FPGA (Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列) 等特定用途的电子电路。处理器执行存储于RAM等存储器 (也可以是存储部10) 的程序。

[0056] 存储部10存储根据在材料30的TC试验时取得的材料像得到的滞回曲线40。在存储部10中,存储有滞回曲线40,该滞回曲线40表示关于对材料30的温度负载的周期次数 (TC次数) 为N次 (N为2以上的整数) 的TC试验的各次的、根据在各次中取得的多个材料像得到的某坐标a处的变形的状况。即,在存储部10中,针对材料30的某坐标a存储TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40。在存储部10中,可以存储关于材料30的与坐标a不同的坐标b的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40,也可以存储关于材料30的所有坐标的每一个坐标的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40。

[0057] 另外,材料30的坐标是表示对材料30以规定的粒度进行网格分割时的各网格的位置的信息。坐标也可以是表示材料30上的点的信息,也可以是表示材料30中的具有规定的大小的区域的信息。材料30中的具有规定的大小的区域也可以是二维平面,也可以是三维空间。

[0058] 另外,材料30可以具有各种形状,进一步地,也可以由一种基材构成,也可以包含同种或者不同种的多个基材。

[0059] 存储于存储部10的滞回曲线40表示物理量Q相对于物理量P的变化量。在该TC试验的例子(例如其坐标a)的情况下,存储于存储部10的滞回曲线40表示材料30(例如其坐标a)相对于TC试验时的温度的变形量。滞回曲线40是表示物理量P与物理量Q的关系,即在该例子中表示温度与材料30的变形量的关系的二维信息。

[0060] 处理部20参照存储部10,进行将存储于存储部10的滞回曲线40一维化的处理。例如,处理部20将针对材料30的坐标a得到的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40的每一个滞回曲线一维化。

[0061] 在各滞回曲线40的一维化时,例如,如图4中以4根虚线箭头SC1所示那样,处理部20以规定的物理量Q的值、在该例中以规定的材料30的变形量的值对滞回曲线40进行扫描,提取滞回曲线40上的点。进行扫描的规定的物理量Q的值、即扫描的次数以及扫描彼此的间隔(扫描分辨率)被设定为规定的值。其中,进行扫描的规定的物理量Q的值在各滞回曲线40的扫描中设为相同。

[0062] 在滞回曲线40的扫描中,将滞回曲线上的点设为“1”,将除此以外的点设为“0”。通过使在滞回曲线40的多次扫描中得到的“1”、“0”的信息重叠,从而滞回曲线40被一维化。在图4的例子中,通过4次扫描(虚线箭头SC1),合计6个点被作为“1”的信息提取。针对关于材料30的坐标a的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40的每一个滞回曲线进行这样的一维化的处理,生成关于各个滞回曲线40的一维信息41,即在该例子中生成与材料30的坐标a的变形量相关的一维信息41。

[0063] 处理部20进一步使用生成的一维信息41,进行材料30的分析以及其物性值的计算的处理。

[0064] 例如,处理部20将针对关于材料30的坐标a的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40的每一个滞回曲线40生成的与材料30的坐标a的变形量相关的一维信息41相对于TC次数N

排列。由此,处理部20生成材料30的坐标a的变形量相对于TC次数N的二维信息42,即物理量Q对TC次数N的二维信息42。

[0065] 在二维信息42中,关于材料30的坐标a的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40,若某次与其下一次的滞回曲线40彼此的形状相同,则材料30的坐标a的变形量(物理量Q)的推移与TC次数N的轴(纵轴)方向平行。若某次与其下一次的滞回曲线40彼此的形状不同,则材料30的坐标a的变形量的推移与TC次数N的轴方向不平行,而成为相对于TC次数N的轴方向倾斜的方向。

[0066] 处理部20基于二维信息42中的材料30的坐标a的变形量的推移的与TC次数N的轴方向的平行性,求出平行地或者小于规定的倾斜值地推移的变形量以规定的倾斜值以上开始倾斜地推移的TC次数。即,处理部20求出二维信息42中的材料30的坐标a的变形量的推移的趋势改变的突变点。

[0067] 在突变点以前的TC次数中,由于并未根据TC次数在滞回曲线40上出现差异或者出现的差异相对较小,因此能够认为在TC试验时产生的材料30的坐标a的变形是弹性变形或者主要是弹性变形。在突变点以后的TC次数中,由于根据TC次数在滞回曲线40中出现的差异相对较大,因此能够认为在TC试验时产生的材料30的坐标a的变形是塑性变形或者主要是塑性变形。能够认为突变点表示材料30的坐标a处的弹性变形与塑性变形的界限,即表示出弹性极限的屈服点或者其附近的TC次数。

[0068] 在塑性变形或者主要是塑性变形的突变点以后的TC次数中,在材料30的坐标a处变形导致的破坏容易进展,应力—应变曲线的硬化系数可能为非线性地变化。二维信息42中的横向,即与TC次数N的轴方向正交的方向的变化量R1能够理解为表示应变积累量,能够根据该应变积累量预估关于针对材料30的坐标a的硬化系数(变硬了多少)。另外,二维信息42中的纵向,即TC次数N的轴方向的变化量R2能够理解为表示应变积累速度,能够根据该应变积累速度预估关于材料30的坐标a的加速系数(硬化进展了多少)。

[0069] 处理部20使用作为材料30的实测值的材料像中包含的变形量的信息、和针对材料30设定的FEM模型,计算材料30的物性值。例如,处理部20将材料30的坐标a的变形量的实测值、与包含材料30的坐标a的物性值作为参数的FEM模型的计算值比较。然后,处理部20使物性值的组合变化并且重复计算,直到计算值与实测值一致或者与实测值的差为规定的阈值以下。

[0070] 此时,处理部20首先将以比根据二维信息42得到的突变点靠前的TC次数得到的实测值或以其他TC次数得到的实测值、与将线性物性值设为参数的FEM模型的计算值比较。然后,使线性物性值的组合变化并且重复计算,直到该FEM模型的计算值与突变点以前的TC次数的实测值或其他TC次数的实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下。此处,所谓线性物性值是指线膨胀系数、杨氏模量、泊松比等。处理部20通过这样的重复计算来计算材料30的坐标a处的线性物性值。在材料30的坐标a包含多个基材的情况下,处理部20对这些基材的每一个进行这样的基于重复计算的线性物性值的计算。

[0071] 接下来,处理部20将以比根据二维信息42得到的突变点靠后的TC次数中得到的实测值或以其他TC次数得到的实测值、与将非线性物性值设为参数的FEM模型的计算值比较。然后,使非线性物性值的组合变化并且重复计算,直到该FEM模型的计算值与突变点以后的TC次数的实测值或其他TC次数的实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下。此

处,所谓非线性物性值是指应力—应变曲线的硬化系数等。处理部20通过这样的重复计算来计算材料30的坐标a处的非线性物性值。在材料30的坐标a包含多个基材的情况下,处理部20对这些基材的每一个进行这样的基于重复计算的非线性物性值的计算。另外,还能够使用在二维信息42中作为变化量R2出现的应变积累量作为硬化系数。

[0072] 处理部20将计算出的材料30的坐标a处的线性物性值以及非线性物性值输出至外部,例如,显示于显示装置等。

[0073] 处理部20像这样根据关于材料30的坐标a的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40生成上述那样的一维信息41,使用该一维信息41生成二维信息42,进一步使用该二维信息42计算材料30的坐标a处的物性值。处理部20可以根据关于材料30的与坐标a不同的坐标b或者材料30的所有坐标的每一个坐标的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线40也相同地,生成一维信息41、二维信息42,并使用该二维信息42计算材料30的物性值。

[0074] 在材料评价装置1中,与将同时包含线性以及非线性物性值作为参数的FEM模型的计算值与TC次数为N的N次量的实测值比较并计算各物性值的情况相比,能够减少物性值的组合、计算的重复次数。另外,在材料评价装置1中,即使没有每个基材以及TC试验的每个温度的应力—应变曲线,也能够根据二维信息42得到与规定的坐标的应变积累量相关的信息,能够相对容易地预估TC试验时的有效的硬化系数。根据材料评价装置1,能够高效地计算材料30的物性值,高效地构建高精度地再现材料30的FEM模型。

[0075] [第二实施方式]

[0076] 图5是对第二实施方式所涉及的材料评价系统的一个例子进行说明的图。

[0077] 图5所示的材料评价系统50具备测量装置70、温度控制装置80、拍摄控制装置90、材料评价装置100、输入装置130以及显示装置140。

[0078] 测量装置70具有供评价对象的材料60设置的工作台71、以及拍摄设置于工作台71的材料60的相机72。工作台71被温度控制装置80控制温度。在TC试验时,通过被温度控制装置80控制温度的工作台71控制设置于该工作台71的材料60,使得该材料60被重复施加规定的次数(TC次数)的一个周期设定于规定的温度范围内的温度负载。相机72对材料60的拍摄由拍摄控制装置90控制。由拍摄控制装置90控制在材料60为规定温度时进行拍摄等的定时。

[0079] 另外,材料60可以具有各种形状,进一步地,也可以由一种基材构成,也可以包含同种或者不同种的多个基材。

[0080] 材料评价装置100具有存储部110以及处理部120。

[0081] 在存储部110存储有通过相机72拍摄的材料60的像、表示TC试验时的材料60的变形量的材料像(TC试验材料像)。例如通过利用数字图像相关法测量变形前后的材料60的表面的差异来取得TC试验材料像。可以在存储部110还存储有如后述那样通过处理部120生成的滞回曲线、基于该滞回曲线生成的信息、用于物性值的计算的FEM模型、计算出的物性值等。

[0082] 处理部120进行控制温度控制装置80以及拍摄控制装置90的处理。处理部120还进行使用存储于存储部110的TC试验材料像来生成表示TC试验时的材料60的变形量的滞回曲线的处理。处理部120还进行使用生成的滞回曲线来生成与TC试验时的材料60的变形相关的信息,并基于生成的信息来计算材料60的物性值的处理。

[0083] 在材料评价装置100连接有输入装置130以及显示装置140。通过输入装置130,例如输入用于由处理部120进行规定的处理的控制条件。通过显示装置140,例如输出针对材料60取得的TC试验材料像、由处理部120进行的处理的内容、通过由处理部120进行的处理得到的信息(计算出的物性值等)。

[0084] 接下来,对材料评价装置100的硬件结构进行说明。

[0085] 图6是对第二实施方式所涉及的材料评价装置的硬件结构的一个例子进行说明的图。

[0086] 材料评价装置100具有处理器101、RAM102、HDD103、图像信号处理部104、输入信号处理部105、读取装置106以及通信接口107。

[0087] 处理器101也可以是多处理器。处理器101例如是CPU、DSP、ASIC或者FPGA等。处理器101也可以是CPU、DSP、ASIC、FPGA等中的2种以上的组合。

[0088] RAM102是材料评价装置100的主存储装置。RAM102是暂时存储使处理器101执行的OS(Operating System:操作系统)的程序、应用程序的至少一部分。另外, RAM102存储用于由处理器101进行的处理的各种数据。

[0089] HDD103是材料评价装置100的辅助存储装置。HDD103对内置的磁盘磁性地进行数据的写入以及读出。在HDD103储存OS的程序、应用程序、以及各种数据。材料评价装置100也可以具备SSD(Solid State Drive:固态硬盘)等其他的种类的辅助存储装置,也可以具备多个辅助存储装置。

[0090] 图像信号处理部104根据来自处理器101的命令,使连接于材料评价装置100的显示器104a显示图像。作为显示器104a,能够使用CRT显示器、液晶显示器等。

[0091] 输入信号处理部105从连接于材料评价装置100的输入设备105a取得输入信号并输出至处理器101。作为输入设备105a,例如能够使用鼠标、触摸面板等定点设备、键盘等。

[0092] 读取装置106是读取记录于记录介质106a的程序、数据的装置。作为记录介质106a,例如能够使用软盘(FD:Flexible Disk)、HDD等磁盘、CD(Compact Disc)、DVD(Digital Versatile Disc:数字通用光碟)等光盘、磁光盘(MO:Magneto-Optical disk)。另外,作为记录介质106a,例如也能够使用闪存卡等非易失性的半导体存储器。读取装置106例如根据来自处理器101的命令,将从记录介质106a读取的程序、数据储存于RAM102或者HDD103。

[0093] 通信接口107是用于材料评价装置100经由网络与其他的装置进行通信的接口。

[0094] 接下来,对材料评价装置100所具有的功能进行说明。

[0095] 图7是对第二实施方式所涉及的材料评价装置所具有的功能的一个例子进行说明的图。

[0096] 图7所示的材料评价装置100具有存储部110以及处理部120。处理部120具有滞回曲线生成部121、变形量一维信息生成部122、变形量对TC次数二维信息生成部123、TC次数一维信息生成部124、TC次数对坐标二维信息生成部125以及计算部126。

[0097] 滞回曲线生成部121使用存储于存储部110的针对TC试验时的材料60取得的TC试验材料像111,来生成表示材料60的变形量相对于温度的推移的滞回曲线(后述的滞回曲线150)。滞回曲线生成部121使用关于对材料60的温度负载的周期次数(TC次数)为N次(N为2以上的整数)的TC试验的各次的、在各次中取得的多个TC试验材料像111,生成表示材料60

的每个坐标的变形量的推移的滞回曲线。即,滞回曲线生成部121针对材料60的各坐标,生成TC次数为N的N次量的N个滞回曲线。生成的滞回曲线可以存储于存储部110。

[0098] 另外,材料60的坐标是表示对材料60以规定的粒度进行网格分割时的各网格的位置的信息。坐标也可以是表示材料60上的点的信息,也可以是表示材料60上的具有规定的大小的区域的信息。材料60中的具有规定的大小的区域也可以是二维平面,也可以是三维空间。

[0099] 变形量一维信息生成部122进行将由滞回曲线生成部121生成的滞回曲线、或者生成并存储于存储部110的滞回曲线一维化的处理。变形量一维信息生成部122将针对材料60的各坐标得到的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线的每一个滞回曲线一维化,生成与材料60的各坐标的变形量相关的一维信息(后述的变形量一维信息151)。

[0100] 变形量对TC次数二维信息生成部123进行对每个坐标,将由变形量一维信息生成部122生成的与材料60的各坐标的变形量相关的TC次数为N的N次量的N个一维信息相对于TC次数N排列来二维化的处理。变形量对TC次数二维信息生成部123生成材料60的各坐标的材料60的变形量相对于TC次数的二维信息,即材料60的变形量对TC次数的二维信息(后述的变形量对TC次数二维信息152)。

[0101] TC次数一维信息生成部124进行将由变形量对TC次数二维信息生成部123生成的材料60的各坐标的变形量对TC次数的二维信息一维化的处理。TC次数一维信息生成部124将针对材料60的各坐标得到的变形量对TC次数的二维信息的每一个一维化,针对材料60的各坐标生成与TC次数相关的一维信息(后述的TC次数一维信息153)。由TC次数一维信息生成部124生成的一维信息也可以说是表示材料60的各坐标的变容易度的信息。

[0102] TC次数对坐标二维信息生成部125进行将由TC次数一维信息生成部124生成的材料60的各坐标的与TC次数相关的一维信息相对于坐标排列来二维化的处理。TC次数对坐标二维信息生成部125生成TC次数相对于材料60的坐标的二维信息,即TC次数对材料60的坐标的二维信息(后述的TC次数对坐标二维信息154)。

[0103] 计算部126例如使用由变形量对TC次数二维信息生成部123生成的材料60的各坐标的变形量对TC次数的二维信息,进行对材料60进行分析的处理以及计算材料60的物性值的处理。此处,计算部126使用包含材料60的物性值作为参数的FEM模型200,来计算材料60的变形量。计算部126将材料60的变形量的计算值与作为实测值的TC试验材料像111比较,使物性值的组合变化并且重复计算,直到计算值与实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下。计算部126将计算值与实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下的物性值决定为材料60的物性值。

[0104] 在该情况下,例如,计算部126根据材料60的变形量对TC次数的二维信息求出材料60的弹性极限或者其附近的TC次数。然后,计算部126基于求出的TC次数以及变形量对TC次数的二维信息,首先使线性物性值的组合变化并进行上述重复计算,在线性物性值决定后,使非线性物性值的组合变化并进行上述重复计算。

[0105] 另外,计算部126进行使用由TC次数对坐标二维信息生成部125生成的TC次数对材料60的坐标的二维信息,计算材料60的物性值的处理。此处,计算部126使用包含材料60的物性值作为参数的FEM模型200,来计算材料60的变形量。计算部126将材料60的变形量的计算值与作为实测值的TC试验材料像111比较,使物性值的组合变化并且重复计算,直到计算

值与实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下。计算部126将计算值与实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下的物性值决定为材料60的物性值。

[0106] 在该情况下,例如,计算部126基于TC次数对材料60的坐标的二维信息,将材料60划分为规定的区域,例如划分为每个变形的状况接近的区域,进而决定划分出的区域的产生变形的顺序。然后,计算部126以决定出的顺序针对每个划分出的区域使物性值的组合变化并进行上述重复计算。例如,计算部126针对在TC试验(TC次数)的初期产生变形(主要为弹性变形)的第一个区域,使线性物性值的组合变化并进行上述重复计算。然后,针对在TC试验(TC次数)的中期、后期产生变形(主要为塑性变形)的第二个及以后的区域,使非线性物性值的组合变化并进行上述重复计算。

[0107] 此处,对计算部126在物性值的计算中使用的FEM模型200的一个例子进行说明。

[0108] 图8是对第二实施方式所涉及的FEM模型的一个例子进行说明的图。

[0109] 对于材料评价装置100的评价对象的材料60,例如能够使用LSI封装。图8所示的FEM模型200是将材料60的LSI封装的构造模型化后的模型。在图8中为方便起见,图示了将设为材料60的LSI封装分割为四个时的一个的构造(1/4模型)。

[0110] FEM模型200包含包括芯板211及布线层212的基板210、安装于基板210上的半导体芯片220、以及覆盖基板210及半导体芯片220的盖230作为基材。FEM模型200还包含设置于基板210与半导体芯片220之间的UF250、设置于半导体芯片220与盖230之间的TIM260作为基材。基于根据CAD数据、显微镜像取得的基材的尺寸、布局来制作FEM模型200。

[0111] 计算部126使用这样的FEM模型200来进行对材料60进行分析的处理以及计算材料60的物性值的处理。

[0112] 接下来,对变形量一维信息生成部122的处理进行说明。

[0113] 图9是对第二实施方式所涉及的变形量一维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。图9的(A)是示出滞回曲线的一个例子的图,图9的(B)是示出滞回曲线的扫描的一个例子的图,图9的(C)是示出通过滞回曲线的扫描得到的变形量一维信息的一个例子的图。

[0114] 变形量一维信息生成部122进行将图9的(A)所示那样的滞回曲线150一维化的处理。图9的(A)所示的滞回曲线150是表示针对材料60以TC次数N次进行的TC试验中的某次的材料60的某坐标的变形量的推移的曲线,横轴为温度,纵轴为变形量。滞回曲线150由滞回曲线生成部121生成。

[0115] 变形量一维信息生成部122在滞回曲线150的一维化时,例如,如图9的(B)中以粗虚线箭头SC2所示,以多个(作为一个例子为四个)规定的变形量的值对滞回曲线150进行扫描,提取滞回曲线150上的点。进行扫描的规定的变形量的值,即扫描分辨率能够由用户设定为规定的值。

[0116] 在滞回曲线150的扫描中,将滞回曲线上的点设为“1”,将除此以外的点设为“0”。变形量一维信息生成部122通过使在滞回曲线150的多次扫描中得到的“1”、“0”的信息重叠,从而将滞回曲线150一维化。在图9的(B)的例子中,变形量一维信息生成部122通过4次扫描(粗虚线箭头SC2)提取合计6个点作为“1”的信息,生成图9的(C)所示那样的关于材料60的某坐标的变形量一维信息151。

[0117] 变形量一维信息生成部122针对材料60的某坐标得到的TC次数为N的N次量的N

个滞回曲线150的每一个滞回曲线进行相同的处理,生成关于TC次数为N次的各次的变形量一维信息151。另外,变形量一维信息生成部122对材料60的其他的各坐标进行相同的处理,生成关于各坐标的变形量一维信息151。其中,扫描分辨率设为在各滞回曲线150的扫描中相同。

[0118] 接下来,对变形量对TC次数二维信息生成部123的处理进行说明。

[0119] 图10是对第二实施方式所涉及的变形量对TC次数二维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。图10的(A)是示出针对材料的某坐标生成的变形量一维信息的一个例子的图,图10的(B)是示出使用变形量一维信息生成的变形量对TC次数二维信息的一个例子的图。

[0120] 例如,如图10的(A)所示,通过变形量一维信息生成部122,对针对材料60的某坐标a得到的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线150的每一个滞回曲线150生成变形量一维信息151。另外,在图10的(A)中为方便起见,图示了TC次数为3的三次量的三个滞回曲线150以及变形量一维信息151。

[0121] 变形量对TC次数二维信息生成部123进行将由变形量一维信息生成部122生成的TC次数为N次的各次的材料60的坐标a的变形量一维信息151相对于TC次数N排列来二维化的处理。变形量对TC次数二维信息生成部123通过将针对TC次数为N次的各次得到的材料60的坐标a的变形量一维信息151以TC次数的顺序排列,从而生成图10的(B)所示那样的关于材料60的坐标a的变形量对TC次数二维信息152。

[0122] 变形量对TC次数二维信息生成部123对材料60的各坐标进行相同的处理,生成关于各坐标的变形量对TC次数二维信息152。

[0123] 此处,对变形量对TC次数二维信息152进一步进行叙述。

[0124] 图11是对第二实施方式所涉及的变形量对TC次数二维信息的一个例子进行说明的图。图11的(A)是对变形量对TC次数二维信息与材料特性的关系性进行说明的图,图11的(B)是对变形量对TC次数二维信息与材料物性值的关系性进行说明的图。另外,图11的(B)的变形量对TC次数二维信息是将图11的(A)的变形量对TC次数二维信息的右侧的一部分放大后的信息。

[0125] 在图11的(A)中,例示了如上述那样将关于材料60的某坐标a的变形量一维信息151以TC次数的顺序排列而得到的变形量对TC次数二维信息152。在变形量对TC次数二维信息152中,关于材料60的坐标a的TC次数为N的N次量的N个滞回曲线150,若某次与其下一次的滞回曲线150彼此的形状相同,则材料60的坐标a的变形量的推移与TC次数N的轴方向平行。若某次与其下一次的滞回曲线150彼此的形状不同,则材料60的坐标a的变形量的推移与TC次数N的轴方向不平行,而成为相对于TC次数N的轴方向倾斜的方向。

[0126] 在TC试验时产生的材料60的坐标a的变形为弹性变形或者以弹性变形为主的情况下,没有基于TC次数的滞回曲线150的形狀的差异或者差异相对较小。因此,在变形量对TC次数二维信息152中,材料60的坐标a的变形量的推移与TC次数N的轴方向平行或者相对于该轴方向为相对较小的倾斜值。因此,在变形量对TC次数二维信息152中,能够认为材料60的坐标a的变形量的推移与TC次数N的轴方向平行或者相对于该轴方向具有相对较小的倾斜值的区域TC的试验时的材料60的坐标a的变形为弹性变形或者以弹性变形为主。该区域可以说是材料60的物性值因负载以及卸载而线性地变化,材料60具有线性特性的线性区

域。

[0127] 另一方面,在TC试验时产生的材料60的坐标a的变形为塑性变形或者以塑性变形为主的情况下,基于TC次数的滞回曲线150的的形状的差异相对较大。因此,在变形量对TC次数二维信息152中,材料60的坐标a的变形量的推移相对于TC次数N的轴方向为相对较大的倾斜值。因此,在变形量对TC次数二维信息152中,能够认为材料60的坐标a的变形量的推移相对于TC次数N的轴方向为相对较大的倾斜值的区域的TC试验时的材料60的坐标a的变形为塑性变形或者以塑性变形为主。该区域可以说是材料60的物性值因负载以及卸载而非线性地变化,材料60具有非线性特性的非线性区域。

[0128] 在变形量对TC次数二维信息152中,材料60的坐标a的变形量以从与TC次数N的轴方向平行或者相对于该轴方向相对较小的倾斜值的推移改变为以相对于TC次数N的轴方向相对较大的倾斜值的推移的TC次数是推移的趋势改变的突变点。能够认为该突变点表示材料60的坐标处的弹性变形与塑性变形的界限,即表示出弹性极限的屈服点或者其附近的TC次数。

[0129] 这样,根据变形量对TC次数二维信息152,能够分为TC试验时的材料60的坐标a的变形为弹性变形或者以弹性变形为的TC次数的区域(线性区域)、和为塑性变形或者以塑性变形为主的TC次数的区域(非线性区域)。

[0130] 计算部126例如进行以下处理:使用变形量对TC次数二维信息152计算材料60的坐标a的变形量的推移相对于TC次数N的轴方向的倾斜值,将计算出的倾斜值超过规定的阈值的TC次数决定为突变点(弹性极限或者其附近)的处理。

[0131] 另外,在塑性变形或者以塑性变形为主的TC次数中,在材料60的坐标处变形导致的破坏容易进展,应力—应变曲线的硬化系数可能非线性地变化。图11的(B)所示那样的变形量对TC次数二维信息152中的横向,即与TC次数N的轴方向正交的方向的变化量R3能够理解为表示应变积累量,能够根据该应变积累量预估关于材料60的坐标a的硬化系数。另外,图11的(B)所示那样的变形量对TC次数二维信息152中的纵向,即TC次数N的轴方向的变化量R4能够理解为表示应变积累速度,能够根据该应变积累速度预估关于材料60的坐标a的加速系数。

[0132] 图12是对第二实施方式所涉及的根据变形量对TC次数二维信息得到的硬化系数以及加速系数进行说明的图。图12的(A)是关于硬化系数的说明图,图12的(B)是关于加速系数的说明图。

[0133] 如图12的(A)所示,应力—应变曲线除了根据材料60的基材e改变以外,还根据温度而改变。另一方面,在TC试验中,温度连续变化。因此,不一定容易为了预估材料60的变形、物性值而准备每个基材e的各温度下的应力—应变曲线。与此相对,在变形量对TC次数二维信息152中,能够根据该变形量的推移预估各TC次数下的应变积累量,并根据该应变积累量预估硬化系数。由此,即使没有每个基材e的各温度下的应力—应变曲线,也能够预估TC试验的温度范围中的有效的硬化系数。

[0134] 另外,当使用根据变形量对TC次数二维信息152得到的加速系数时,能够求出已实施TC试验的区域中的每一TC次数的材料60的变形率。如图12的(B)所示,能够根据该变形率预测在之后第几次的TC次数中材料60会达到规定的变形量,即进行关于TC试验未实施的区域的TC次数的预测。

[0135] 另外,如图12的(C)所示,根据整个温度范围的TC试验的变形量对TC次数二维信息152得到的加速系数 c_1 与根据低温度范围的TC试验的变形量对TC次数二维信息152得到的加速系数 c_2 相比较小。基于这样的加速系数 c_1 以及加速系数 c_2 的关系性,能够根据整个温度范围以及低温度范围的TC试验中的一方的变形量对TC次数二维信息152,预估另一方的变形量对TC次数二维信息152。因此,例如,作为相对费时的整个温度范围的TC试验的代替,实施相对不费时的低温度范围的TC试验,能够根据其加速系数 c_2 预估整个温度范围的TC试验的变形量对TC次数二维信息152。若这样,则能够缩短TC试验所需的时间。

[0136] 接下来,对TC次数一维信息生成部124的处理进行说明。

[0137] 图13是对第二实施方式所涉及的TC次数一维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。图13的(A)是示出变形量对TC次数二维信息的扫描的一个例子的图,图13的(B)是示出通过变形量对TC次数二维信息的扫描得到的TC次数一维信息的一个例子的图。

[0138] TC次数一维信息生成部124进行将变形量对TC次数二维信息152一维化的处理。例如,如图13的(A)中以粗虚线箭头SC3所示,TC次数一维信息生成部124在变形量对TC次数二维信息152的一体化时,以多个(作为一个例子为四个)规定的TC次数的值对变形量对TC次数二维信息152进行扫描,提取变形量对TC次数二维信息152上的点。进行扫描的规定的TC次数的值,即扫描分辨率能够由用户设定为规定的值。

[0139] 在变形量对TC次数二维信息152的扫描中,将变形量对TC次数二维信息152上的点设为“1”,将除此以外的点设为“0”。TC次数一维信息生成部124通过使在变形量对TC次数二维信息152的多次扫描中得到的“1”、“0”的信息重叠,从而将变形量对TC次数二维信息152一维化。在图13的(A)的例子中,TC次数一维信息生成部124通过4次扫描(粗虚线箭头SC3)提取合计24个点作为“1”的信息,生成图13的(B)所示那样的关于材料60的坐标a的TC次数一维信息153。

[0140] TC次数一维信息生成部124对材料60的各坐标进行相同的处理,生成关于各坐标的TC次数一维信息153。

[0141] 在TC次数一维信息153中,变形量对TC次数二维信息152越是从TC次数的相对初期的阶段起以相对较大的倾斜值推移,TC次数的提取点就越集中在中央。在TC次数一维信息153中,变形量对TC次数二维信息152越是从TC次数的相对中期、后期的阶段以相对较大的倾斜值推移,TC次数的提取点就越集中在外侧。

[0142] 接下来,对TC次数对坐标二维信息生成部125的处理进行说明。

[0143] 图14是对第二实施方式所涉及的TC次数对坐标二维信息生成部的处理的一个例子进行说明的图。图14是示出使用TC次数一维信息生成的TC次数对坐标二维信息的一个例子的图。

[0144] TC次数对坐标二维信息生成部125进行将由TC次数一维信息生成部124生成的材料60的各坐标的TC次数一维信息153相对于材料60的坐标排列来二维化的处理。TC次数对坐标二维信息生成部125通过将针对材料60的各坐标得到的TC次数一维信息153以坐标排列,从而生成图14所示那样的材料60的TC次数对坐标二维信息154。

[0145] 接下来,对计算部126的处理进行说明。

[0146] 图15是对第二实施方式所涉及的计算部的处理的一个例子进行说明的图。图15的(A)是示出TC次数对坐标二维信息的划分的一个例子的图,图15的(B)是示出将TC次数对坐

标二维信息的划分反映于FEM模型的例子的图。另外,在图15的(A)中图示了TC次数对坐标二维信息154的左侧的一部分。

[0147] 计算部126进行针对由TC次数对坐标二维信息生成部125生成的TC次数对二维信息154,基于其推移来划分区域的处理。例如,计算部126基于在图15的(A)所示那样的TC次数对坐标二维信息154中出现的线的疏密差、倾斜值来划分区域。在图15的(A)中作为一个例子,图示了划分出的三个区域AR1、区域AR2以及区域AR3(以虚线框图示)。基于TC次数对坐标二维信息154的线的疏密差、倾斜值的划分例如能够使用深度学习、聚类等机器学习方法来进行。

[0148] 在材料60中,还有在某坐标组中完全不产生变形的情况,也有在TC试验(TC次数)的初期、中期、后期的任一个中变形表现得较大的情况。在TC试验中,材料60的变形在初期产生在局部,经过塑性变形而达到破坏。然而,认为破坏不是突然整体上产生的,而是较小的破坏相连接而成为较大的破坏。而且,一旦产生破坏,伴随负载而导入的能量为了使破坏进展而对其他的坐标造成影响。即,其他坐标的变化变得显著。相对于此,原本就存在变形的坐标处的变化较小。如果这样考虑,则材料60的变形的状况可以说对每个区域互相接近。从该观点出发,针对材料60,能够划分变形的状况接近的区域,即图15的(A)所示的TC次数对坐标二维信息154的线的疏密差、倾斜值相对较大地变动的坐标组的集合区域,例如区域AR1、区域AR2以及区域AR3。计算部126像这样使用规定的方法提取TC次数对坐标二维信息154的线的疏密差、倾斜值的相对较大地变动的坐标组的集合区域,来划分区域。

[0149] 另外,图15的(A)所示的TC次数对坐标二维信息154的划分出的区域AR1、区域AR2以及区域AR3可以说也被进行了材料60的变形的初期、中期以及后期这样的时间性的划分。其原因在于在构成TC次数对坐标二维信息154的TC次数一维信息153中,变形量对TC次数二维信息152越是从TC次数的相对初期的阶段起以相对较大的倾斜值推移,TC次数的提取点就越集中在中央。另外,其原因在于变形量对TC次数二维信息152越是从TC次数的相对中期、后期的阶段以相对较大的倾斜值推移,TC次数的提取点就越集中在外侧。例如,在区域AR1被划分为材料60的变形的初期,区域AR2被划分为材料60的变形的中期,区域AR3被划分为材料60的变形的后期。计算部126像这样进一步在时间上也对提取TC次数对坐标二维信息154的线的疏密差、倾斜值的相对较大地变动的坐标组的集合而划分出的区域进行划分,决定划分出的区域的顺序。

[0150] 如图15的(B)所示,计算部126使材料60的FEM模型200反映从TC次数对坐标二维信息154划分出的区域的信息。在图15的(B)中,示出将材料60划分为六个区域AR1~AR6,使FEM模型200反映该划分出的六个区域AR1~AR6的例子。计算部126使用FEM模型200,对每个反映于该模型的区域AR1~AR6,且按照决定的顺序从早到晚的顺序,来进行物性值的计算。

[0151] 材料60在弹性极限前的相对初期的TC次数中容易弹性变形,在弹性极限后的中期、后期的TC次数中容易塑性变形。计算部126在使用了FEM模型200的物性值的计算中,首先,针对认为是弹性变形或者以弹性变形为主的顺序为第一个的区域,计算材料60的各基材的线性物性值,例如线膨胀系数、杨氏模量、泊松比。此处,计算部126使用FEM模型200来计算材料60的变形量。计算部126将材料60的变形量的计算值与作为实测值的TC试验材料像111比较,使线性物性值的组合变化并且重复计算,直到计算值与实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下。计算部126将计算值与实测值一致或者与该实测值的差为规

定的阈值以下的物性值决定为材料60的各基材的线性物性值。

[0152] 在线性物性值决定后,计算部126针对认为是塑性变形或者以塑性变形为主的顺序为第二个的区域,计算材料60的各基材的非线性物性值,例如硬化系数。此处,计算部126使用FEM模型200来计算材料60的变形量。计算部126将材料60的变形量的计算值与作为实测值的TC试验材料像111比较,使非线性物性值的组合变化并且重复计算,直到计算值与实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下。计算部126将计算值与实测值一致或者与该实测值的差为规定的阈值以下的物性值决定为材料60的第二个区域的各基材的非线性物性值。计算部126针对顺序为第三个及以后的区域也进行相同的处理,决定各区域的各基材的非线性物性值。

[0153] 图16是示出第二实施方式所涉及的物性值的计算例的图。图16的(A)是示出材料中包含的每个基材的应力与应变的关系的一个例子的图,图16的(B)是示出材料中包含的每个基材的物性值的一个例子的图。

[0154] 通过上述那样的处理,计算部126针对材料60的划分出的区域中的为弹性变形或者以弹性变形为主的第一个区域,计算材料60中包含的基材的线性物性值。例如,计算图16的(A)所示那样的基材e1的线性物性值E1、基材e2的线性物性值E2。

[0155] 另外,计算部126针对材料60的划分出的区域中的为塑性变形或者以塑性变形为主的第二个以后的区域,计算材料60中包含的基材的非线性物性值。例如,计算图16的(A)所示那样的基材e1的应力—应变曲线的硬化系数EP1、EP2、EP3等、基材e2的应力—应变曲线的硬化系数EP4、EP5等。即使没有各基材e1、e2的每个温度的应力—应变曲线(图12的(A)),也能够计算硬化系数、非线性物性值。

[0156] 通过上述那样的处理,计算如图16的(B)所示的物性值表格300中举出的那样的材料60的各基材的物性值。例如,在材料60为LSI封装的情况下,针对如图8中以FEM模型200所示那样的基板210的芯板211及布线层212、半导体芯片220、盖230、TIM260以及UF250的各基材,计算物性值。在图16的(B)的例子中,将线性物性值设为线膨胀系数、杨氏模量、泊松比,将非线性物性值设为硬化系数1以及硬化系数2。物性值表格300的内容可以存储于存储部110。另外,基材以及物性值的种类不限定于在图16的(B)中例示的种类。

[0157] 如以上说明的那样,根据材料评价装置100,能够通过将材料60空间性、时间性地划分为其TC试验时的变形的状况接近的区域,从而调整使用FEM模型200计算物性值时的粒度。由此,能够大幅度地减少用于计算材料60的物性值的计算量。根据材料评价装置100,能够精度较好且高效地取得再现材料60的变形的模型的构建所需的物性值,能够精度较好且高效地构建模型。

[0158] 例如,如果想要针对材料60的TC试验材料像111的256像素×256像素(65536像素)的全部,将实测值与FEM模型200的计算值比较,则需要65536维的计算。在上述文献1所记载的那样的使用HOG特征量的技术的情况下,需要100维的计算。与此相对,根据材料评价装置100,在将FEM模型200划分为六个区域的情况下,6维的计算就足够了。其结果是,根据材料评价装置100,作为计算量,与全像素比较时相比能够实现99.99%的缩短化,与使用HOG特征量的技术相比能够实现94%的缩短化。

[0159] 另外,计算部126也可以基于由变形量对TC次数二维信息生成部123生成的如图10以及图11所示那样的变形量对TC次数二维信息152,计算材料60的物性值。例如,计算部126

针对材料60的每个坐标以及每个基材,将以弹性变形为主的线性区域的TC次数的TC试验材料像111用作实测值,使线性物性值的组合变化并重复计算,直到FEM模型200的计算值与实测值的差为规定的阈值以下。由此,决定材料60的线性物性值。之后,计算部126针对材料60的每个坐标以及每个基材,将以塑性变形为主的非线性区域的TC次数的TC试验材料像111用作实测值,使非线性物性值的组合变化并重复计算,直到FEM模型200的计算值与实测值的差为规定的阈值以下。由此,决定材料60的非线性物性值。计算部126也可以这样基于变形量对TC次数二维信息152,计算材料60的线性物性值以及非线性物性值。

[0160] 接下来,对材料评价装置100的处理进行说明。

[0161] 图17是示出第二实施方式所涉及的突变点决定处理流程的一个例子的图。

[0162] 在图17中,示出实施TC试验并且实时地决定成为材料60从弹性变形变化为塑性变形的弹性极限的突变点的处理流程的一个例子。材料评价装置100执行步骤S1~S10所示那样的处理。

[0163] (S1) 材料评价装置100实施第一次的TC试验(TC次数 $N=1$)。材料评价装置100将通过TC次数 $N=1$ 的TC试验取得的多个材料像(TC试验材料像)111存储于存储部110。

[0164] (S2) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,参照存储部110,取得TC次数 $N=1$ 的TC试验材料像111。

[0165] (S3) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,使用TC次数 $N=1$ 的TC试验材料像111,生成示出材料60的坐标a的变形量的推移的滞回曲线150。滞回曲线150将横轴设为温度,将纵轴设为变形量。

[0166] (S4) 材料评价装置100通过变形量一维信息生成部122,以规定的变形量的值对生成的滞回曲线150进行扫描来一维化,生成变形量一维信息151。

[0167] (S5) 材料评价装置100判定TC试验是否是第一次(TC次数 $=1$)。

[0168] (S6) 在判定为TC试验是第一次的情况下,材料评价装置100对TC次数 N 加1并实施第二次的TC试验(TC次数 $N=2$),将取得的TC试验材料像111存储于存储部110。材料评价装置100使用TC次数 $N=2$ 的TC试验材料像111来执行步骤S2~S4的处理。

[0169] (S7) 在步骤S5中判定为TC试验不是第一次的情况下,材料评价装置100通过变形量对TC次数二维信息生成部123,将材料60的坐标a的变形量一维信息151相对于TC次数 N 排列来二维化,生成变形量对TC次数二维信息152。

[0170] (S8) 材料评价装置100通过计算部126,计算生成的变形量对TC次数二维信息152中的材料60的坐标a的变形量的推移的倾斜值。

[0171] (S9) 材料评价装置100通过计算部126,判定计算出的倾斜值是否为规定的阈值以上。在判定为计算出的倾斜值小于阈值的情况下,材料评价装置100回到步骤S6,对TC次数 N 加1并实施TC试验,使用取得的TC试验材料像111来执行步骤S2~S8的处理。

[0172] (S10) 在步骤S9中判定为计算出的倾斜值为阈值以上的情况下,材料评价装置100通过计算部126,将该倾斜值为阈值以上时的TC次数 N 决定为突变点,即弹性极限。

[0173] 根据图17所示的突变点决定处理流程,能够在TC试验时实时地检测突变点。由此,抑制TC试验的次数,缩短时间,能够高效地计算材料60的物性值,能够高效地构建再现材料60的模型。

[0174] 图18是示出第二实施方式所涉及的TC次数预测处理流程的一个例子的图。

[0175] 在图18中,示出根据与已实施TC试验的材料60的变形相关的信息,计算材料60达到规定的变形量还需要实施的TC试验的次数,并且时间缩短地实施TC试验的处理流程的一个例子。材料评价装置100执行步骤S20~S30所示那样的处理。

[0176] (S20) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,参照存储部110,取得通过TC试验取得的多个材料像(TC试验材料像)111。

[0177] (S21) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,使用TC试验材料像111,生成示出材料60的坐标a的变形量的推移的滞回曲线150。滞回曲线150将横轴设为温度,将纵轴设为变形量。

[0178] (S22) 材料评价装置100通过变形量一维信息生成部122,以规定的变形量的值对生成的滞回曲线150进行扫描来一维化,生成变形量一维信息151。

[0179] (S23) 材料评价装置100判定TC次数N是否成为规定的次数。材料评价装置100执行步骤S20~S22的处理,直到TC次数N成为规定的次数。

[0180] (S24) 在步骤S23中判定为TC次数N为规定的次数的情况下,材料评价装置100通过变形量对TC次数二维信息生成部123,将材料60的坐标a的变形量一维信息151相对于TC次数N排列来二维化,生成变形量对TC次数二维信息152。

[0181] (S25) 材料评价装置100通过计算部126,计算生成的变形量对TC次数二维信息152中的材料60的坐标a的变形量的推移的倾斜值。

[0182] (S26) 材料评价装置100通过计算部126,判定计算出的倾斜值是否为规定的阈值以上。材料评价装置100执行步骤S20~S25的处理,直到计算出的倾斜值为阈值以上。

[0183] (S27) 在步骤S26中判定为计算出的倾斜值为阈值以上的情况下,材料评价装置100通过计算部126,计算每TC次数的变化率(加速系数)。

[0184] (S28) 材料评价装置100通过计算部126,将用户决定的规定的变形量的阈值除以通过步骤S27计算出的每TC次数的变化率,计算达到该阈值为止所需的TC次数。例如,将规定的变形量的阈值设为0.2%。

[0185] (S29) 材料评价装置100通过计算部126,将用户决定的规定的时间缩短比例乘以通过步骤S28计算出的TC次数,计算时间缩短TC次数。例如,将规定的时间缩短比例设为50%。

[0186] (S30) 材料评价装置100判定为TC次数N是否达到通过步骤S29计算出的时间缩短TC次数,执行步骤S20~S29的处理,直到TC次数N达到时间缩短TC次数。

[0187] 根据图18所示的TC次数预测处理流程,抑制TC试验的次数,缩短时间,能够高效地计算材料60的物性值。由此,能够高效地构建再现材料60的模型。

[0188] 图19是示出第二实施方式所涉及的物性值计算处理流程的一个例子的图。

[0189] 在图19中,示出空间性、时间性地划分材料60的区域来调整粒度,计算材料60的线性以及非线性物性值的处理流程的一个例子。材料评价装置100执行步骤S40~S52所示那样的处理。

[0190] (S40) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,参照存储部110,取得通过TC试验取得的多个材料像(TC试验材料像)111。

[0191] (S41) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,使用TC试验材料像111,生成表示材料60的各坐标的变形量的推移的滞回曲线150。各滞回曲线150将横轴设为温度,将纵

轴设为变形量。

[0192] (S42) 材料评价装置100通过变形量一维信息生成部122,以规定的变形量的值对生成的滞回曲线150的每一个滞回曲线进行扫描来一维化,生成各坐标的变形量一维信息151。

[0193] (S43) 材料评价装置100判定TC次数N是否为规定的次数。材料评价装置100执行步骤S40~S42的处理,直到TC次数N成为规定的次数。

[0194] (S44) 在步骤S43中判定为TC次数N为规定的次数的情况下,材料评价装置100通过变形量对TC次数二维信息生成部123,将材料60的各坐标的变形量一维信息151相对于TC次数N排列来二维化,生成各坐标的变形量对TC次数二维信息152。

[0195] (S45) 材料评价装置100通过TC次数一维信息生成部124,以规定的TC次数的值对生成的材料60的各坐标的变形量对TC次数二维信息152进行扫描来一维化,生成各坐标的TC次数一维信息153。

[0196] (S46) 材料评价装置100通过TC次数对坐标二维信息生成部125,将生成的材料60的各坐标的TC次数一维信息153相对于坐标排列来二维化,生成TC次数对坐标二维信息154。

[0197] (S47) 材料评价装置100通过计算部126,基于在生成的TC次数对坐标二维信息154中出现的线的疏密差、倾斜值,在材料60中划分变形的状况接近的区域。

[0198] (S48) 材料评价装置100通过计算部126,决定通过步骤S47划分出的材料60的区域的顺序。

[0199] (S49) 材料评价装置100通过计算部126,使FEM模型200反映通过步骤S47划分并通过步骤S48决定顺序的材料60的区域。

[0200] (S50) 材料评价装置100通过计算部126,使用FEM模型200,针对划分出的第一个区域,对材料60中包含的每个基材计算线性物性值。计算部126将FEM模型200的计算值与TC试验材料像111的实测值比较,使物性值的组合变化并且重复计算,直到计算值与实测值一致或者与实测值的差为规定的阈值以下,来计算线性物性值。

[0201] (S51) 材料评价装置100通过计算部126,使用FEM模型200,针对划分出的下一个区域,对材料60中包含的每个基材,计算非线性物性值。计算部126将FEM模型200的计算值与TC试验材料像111的实测值比较,使物性值的组合变化并且重复计算,直到计算值与实测值一致或者与实测值的差为规定的阈值以下,来计算非线性物性值。

[0202] (S52) 材料评价装置100对划分出的材料60的全部的区域执行步骤S51的处理。

[0203] 根据图19所示的物性值计算处理流程,划分材料60来调整粒度,使物性值的计算所需的计算量减少,能够高效地计算物性值。由此,能够高效地构建再现材料60的模型。

[0204] 图20是示出第二实施方式所涉及的TC试验监视处理流程的一个例子的图。

[0205] 在图20中,示出根据与材料60的变形相关的信息,对其他材料的TC试验进行监视以及比较,判定其他材料的TC试验的继续或者停止的处理流程的一个例子。材料评价装置100执行步骤S60~S71所示那样的处理。

[0206] (S60) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,参照存储部110,取得通过TC试验取得的多个材料像(TC试验材料像)111。

[0207] (S61) 材料评价装置100通过滞回曲线生成部121,使用TC试验材料像111,生成表

示材料60的各坐标的变形量的推移的滞回曲线150。各滞回曲线150将横轴设为温度,将纵轴设为变形量。

[0208] (S62) 材料评价装置100通过变形量一维信息生成部122,以规定的变形量的值对生成的滞回曲线150的每一个滞回曲线进行扫描来一维化,生成各坐标的变形量一维信息151。

[0209] (S63) 材料评价装置100判定TC次数N是否为规定的次数。材料评价装置100执行步骤S60~S62的处理,直到TC次数N成为规定的次数。

[0210] (S64) 在步骤S43中判定为TC次数N为规定的次数的情况下,材料评价装置100通过变形量对TC次数二维信息生成部123,将材料60的各坐标的变形量一维信息151相对于TC次数N排列来二维化,生成各坐标的变形量对TC次数二维信息152。

[0211] (S65) 材料评价装置100通过TC次数一维信息生成部124,以规定的TC次数的值对生成的材料60的各坐标的变形量对TC次数二维信息152进行扫描来一维化,生成各坐标的TC次数一维信息153。

[0212] (S66) 材料评价装置100通过TC次数对坐标二维信息生成部125,将生成的材料60的各坐标的TC次数一维信息153相对于坐标排列来二维化,生成TC次数对坐标二维信息154。

[0213] (S67) 材料评价装置100通过计算部126,基于在生成的TC次数对坐标二维信息154中出现的线的疏密差、倾斜值,在材料60中划分变形的状况接近的区域。

[0214] (S68) 材料评价装置100开始与材料60不同的其他材料的TC试验。

[0215] (S69) 材料评价装置100监视其他材料的与在材料60中划分出的区域对应的区域的变形量,进行与在材料60中得到的变形量的比较。

[0216] (S70) 材料评价装置100判定在材料60的变形量与其他材料的变形量之间是否有恒定以上的差。在判定为在材料60与其他材料的变形量之间没有恒定以上的差的情况下,材料评价装置100继续该其他材料的TC试验,返回步骤S69并执行其处理。

[0217] (S71) 在判定为在材料60与其他材料的变形量之间有恒定以上的差的情况下,材料评价装置100停止该其他材料的TC试验。

[0218] 根据图20所示的TC试验监视处理流程,基于材料60的TC试验实际结果,预先捕获其他材料的变形,例如大变形、破坏,预测TC试验的次数、时间,能够抑制过多次数的TC试验。由此,能够高效地计算材料60的物性值,能够高效地构建再现材料60的模型。

[0219] 另外,以上说明的那样的材料评价装置100所具有的上述处理功能能够由计算机实现。在该情况下,提供描述了材料评价装置100应该具有的功能的处理内容的程序,通过由计算机执行该程序,从而在计算机上实现上述处理功能。描述了处理内容的程序能够记录于计算机可读的记录介质。作为计算机可读的记录介质,存在磁存储装置、光盘、光磁记录介质、半导体存储器等。在磁存储装置中,存在HDD、软盘、磁带等。在光盘中,存在CD、DVD等。在光磁记录介质中,存在MO等。

[0220] 在分发程序的情况下,例如出售记录了该程序的DVD、CD-ROM等便携式记录介质。另外,也能够将程序储存于服务器计算机的存储装置,将该程序经由网络从服务器计算机传输至其他的计算机。

[0221] 执行程序的计算机例如将记录于便携式记录介质的程序或者从服务器计算机传

输的程序储存于自身的存储装置。然后,计算机从自身的存储装置读取程序,执行遵循程序的处理。另外,计算机也能够从便携式记录介质直接读取程序,执行遵循该程序的处理。另外,计算机也能够每当被从经由网络连接的服务器计算机传输程序时,就依次执行遵循接收到的程序的处理。

[0222] 在以上的说明中,例示了基于对材料重复施加一个周期的温度负载的TC试验时的表示该材料的变形状况的滞回曲线,来进行材料的分析以及物性值的计算的方法。此外,上述方法也能够用于通过重复施加某物理量从而得到关于其他的物理量的滞回曲线的材料的分析及物性值的计算、以及该材料的模型化。例如,能够应用于磁性体材料的磁特性的模型化,即应用于得到示出磁场与磁通密度的关系的滞回曲线的磁性体材料的分析及物性值的计算以及模型化。或者,能够应用于电池材料的充放电特性的模型化,即应用于得到示出充电状态与电压等的关系的滞回曲线的电池材料的分析及物性值的计算以及模型化。

[0223] 上述中仅示出了例子。另外,对本领域技术人员而言,能够进行多种变形、变更,本发明不限于上述示出并说明的正确结构以及应用例,所对应的全部的变形例以及等同物均被视为基于权利要求以及其等同物的本发明的范围。

[0224] 附图标记的说明

[0225] 1、100 材料评价装置

[0226] 10、110 存储部

[0227] 20、120 处理部

[0228] 30、60 材料

[0229] 40、150、704、705、706 滞回曲线

[0230] 41 一维信息

[0231] 42 二维信息

[0232] 50 材料评价系统

[0233] 70 测量装置

[0234] 71 工作台

[0235] 72 相机

[0236] 80 温度控制装置

[0237] 90 拍摄控制装置

[0238] 101 处理器

[0239] 102 RAM

[0240] 103 HDD

[0241] 104 图像信号处理部

[0242] 104a 显示器

[0243] 105 输入信号处理部

[0244] 105a 输入设备

[0245] 106 读取装置

[0246] 106a 记录介质

[0247] 107 通信接口

[0248] 111 TC试验材料像

- [0249] 121 滞回曲线生成部
- [0250] 122 变形量一维信息生成部
- [0251] 123 变形量对TC次数二维信息生成部
- [0252] 124 TC次数一维信息生成部
- [0253] 125 TC次数对坐标二维信息生成部
- [0254] 126 计算部
- [0255] 130 输入装置
- [0256] 140 显示装置
- [0257] 151 变形量一维信息
- [0258] 152 变形量对TC次数二维信息
- [0259] 153 TC次数一维信息
- [0260] 154 TC次数对坐标二维信息
- [0261] 200 FEM模型
- [0262] 210、510 基板
- [0263] 211 芯板
- [0264] 212 布线层
- [0265] 220、520 半导体芯片
- [0266] 230、530 盖
- [0267] 250、550 UF
- [0268] 260、560 TIM
- [0269] 300 物性值表格
- [0270] 400 温度周期
- [0271] 500 LSI封装
- [0272] 520a 位置
- [0273] 540 凸块
- [0274] 570 粘合剂
- [0275] 601、602、603、604、605、606 材料像

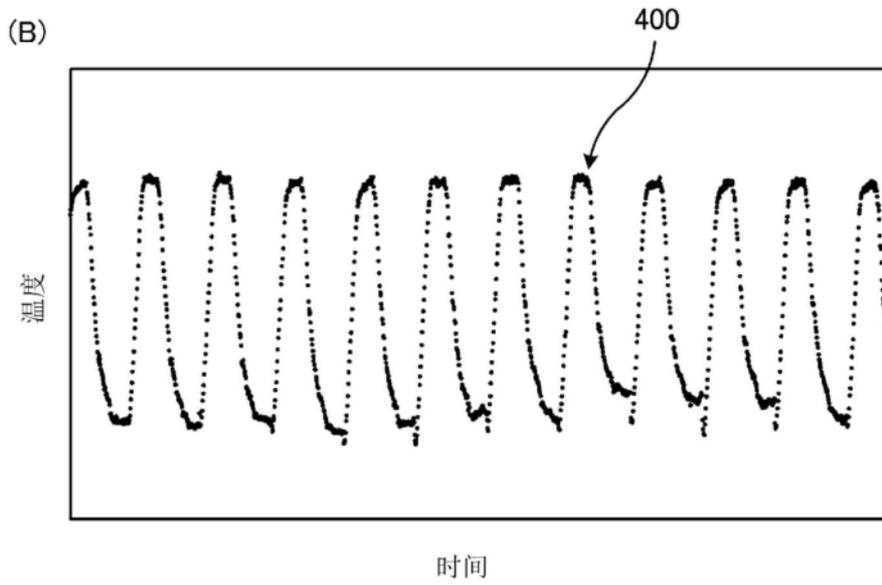
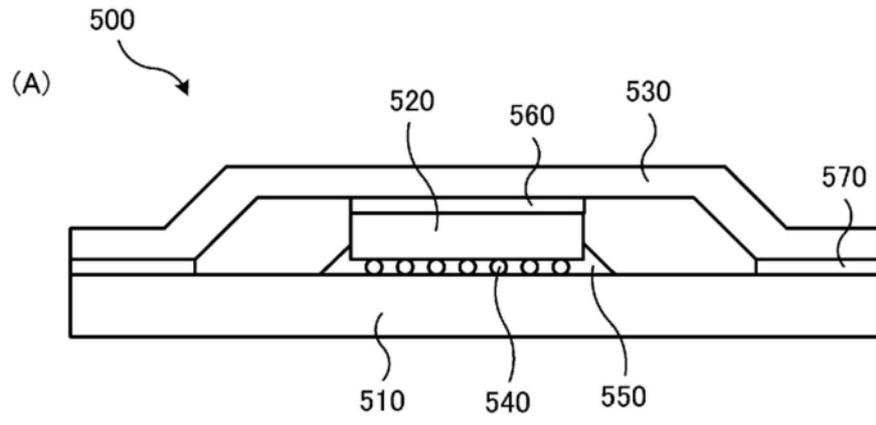


图1

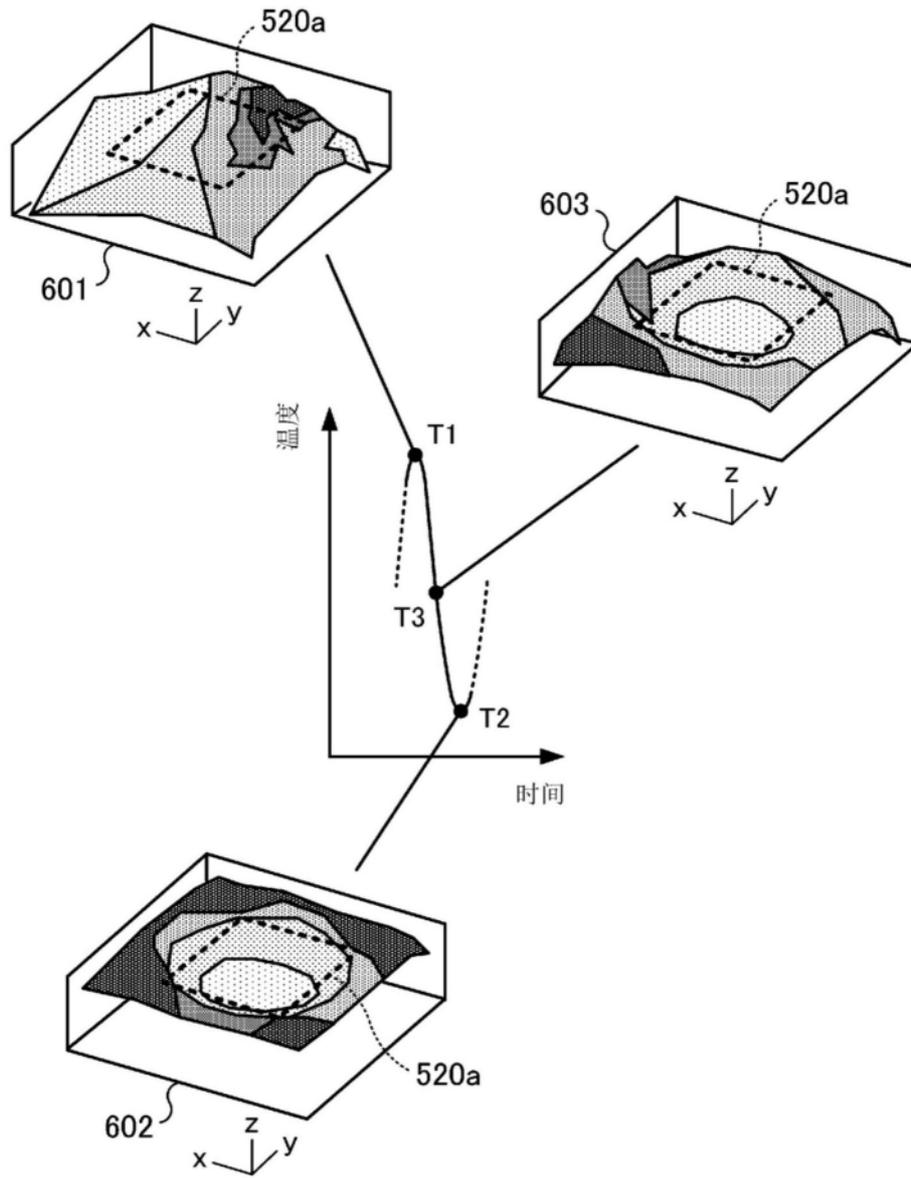


图2

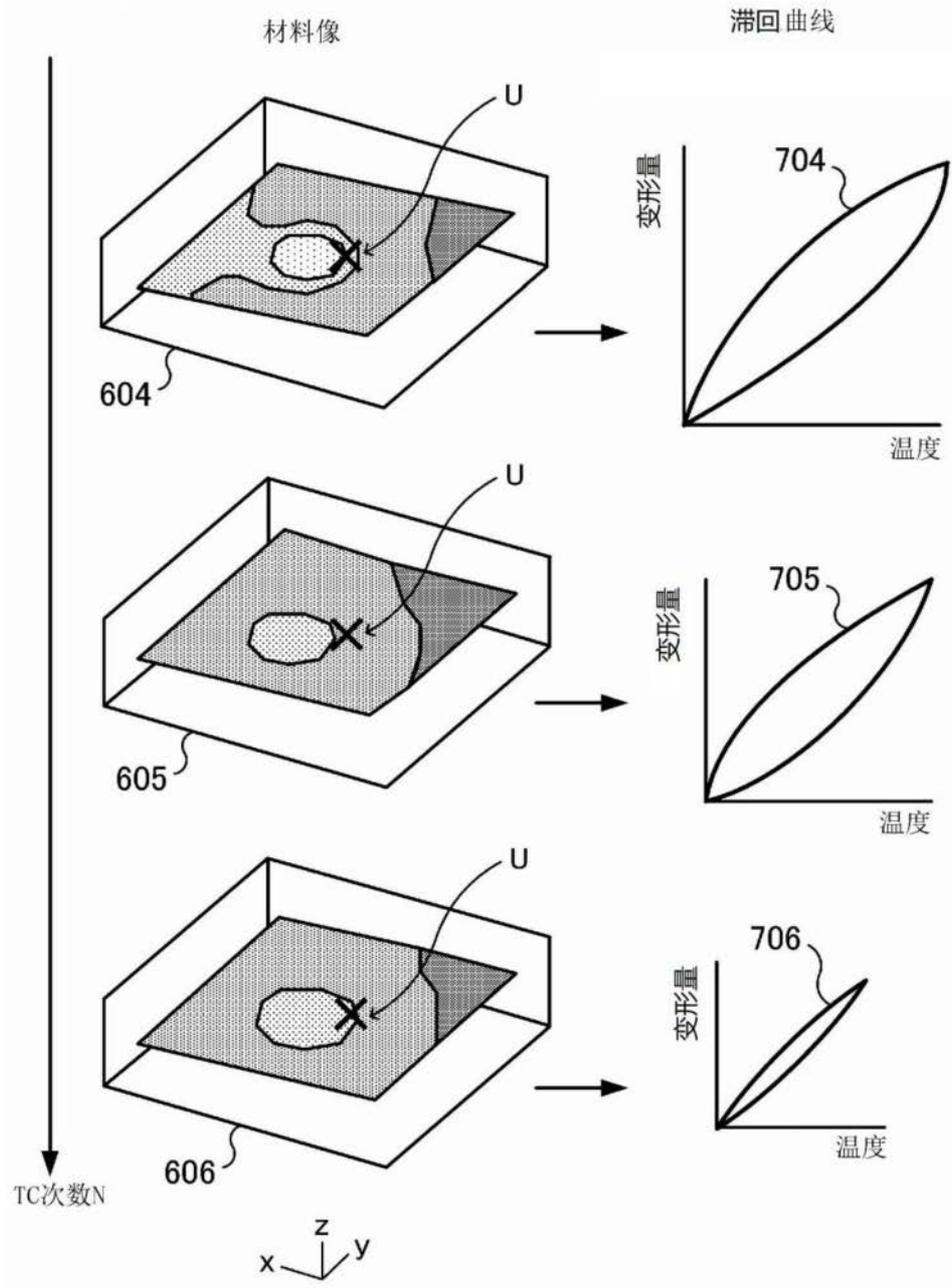


图3

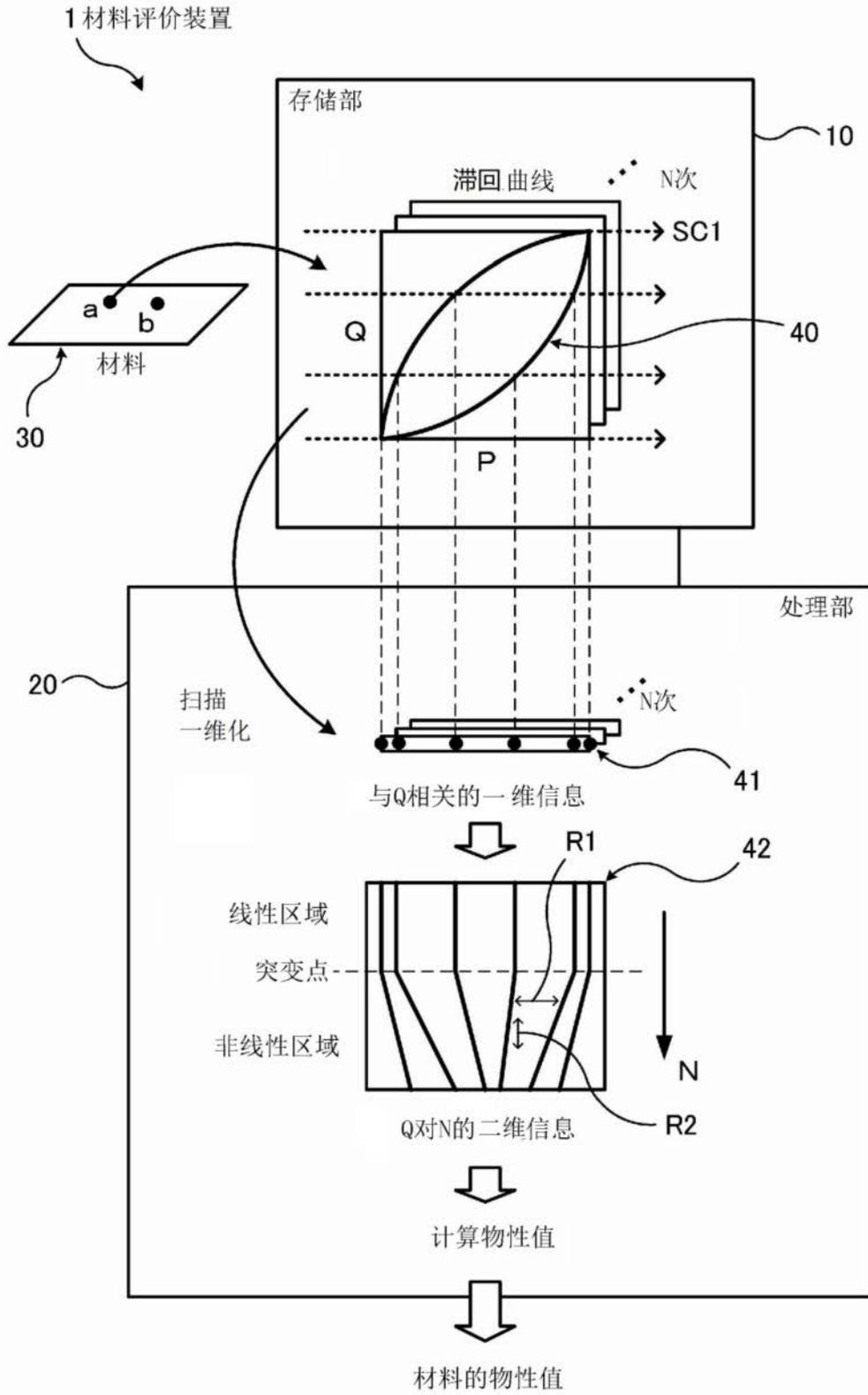


图4

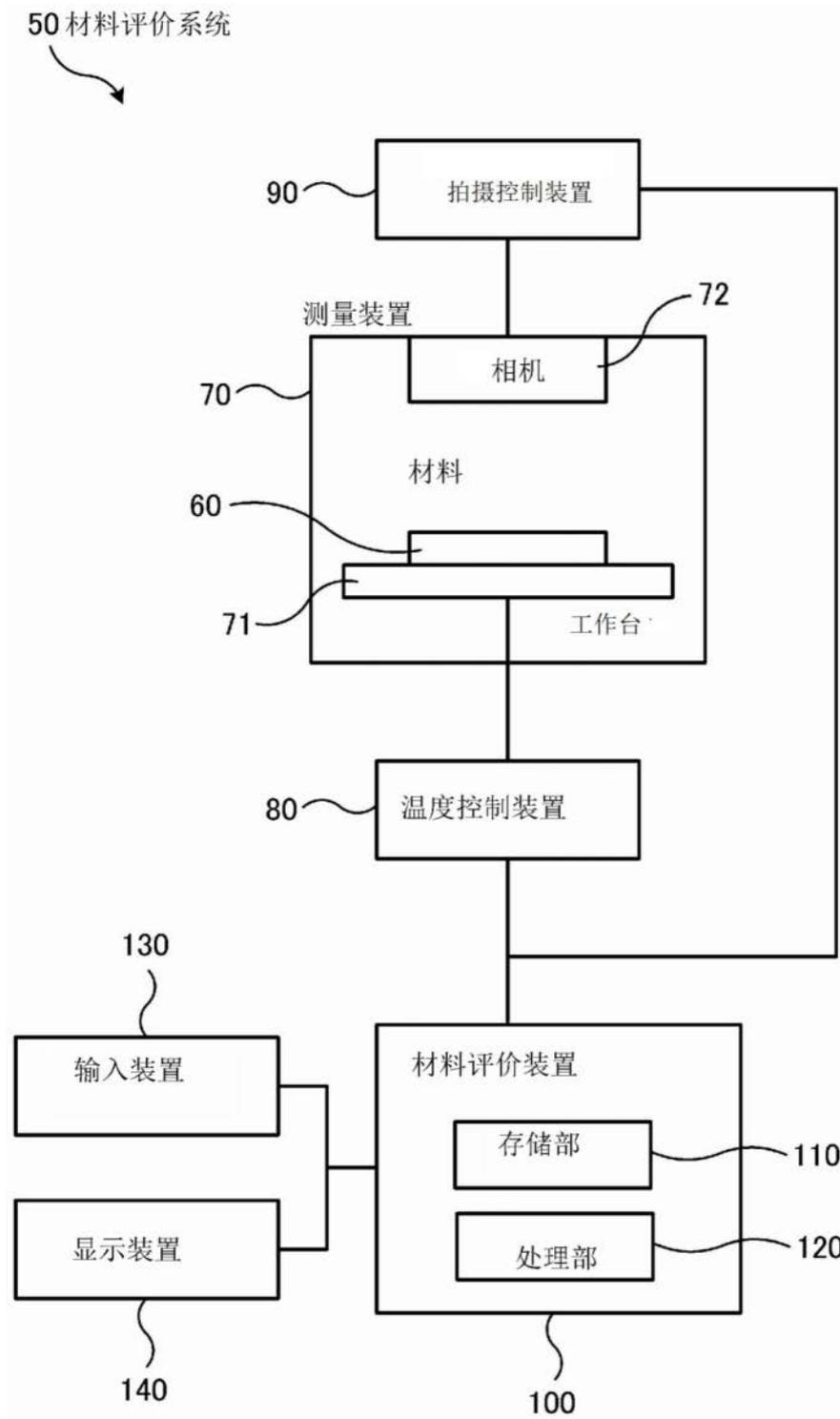


图5

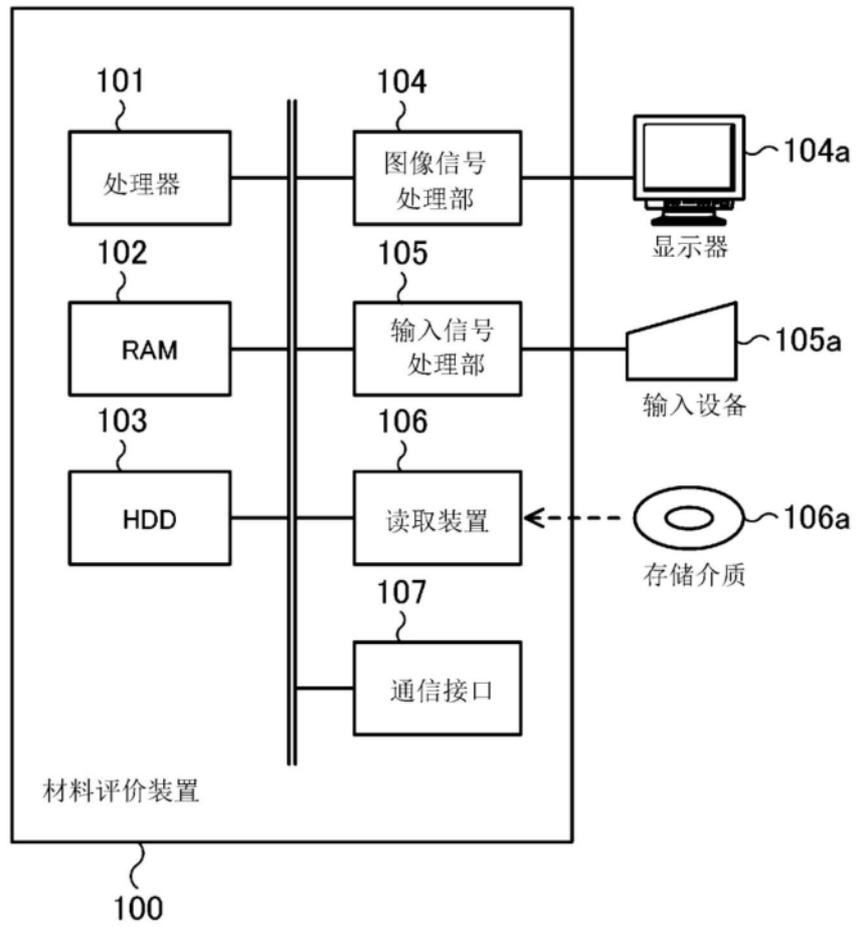


图6

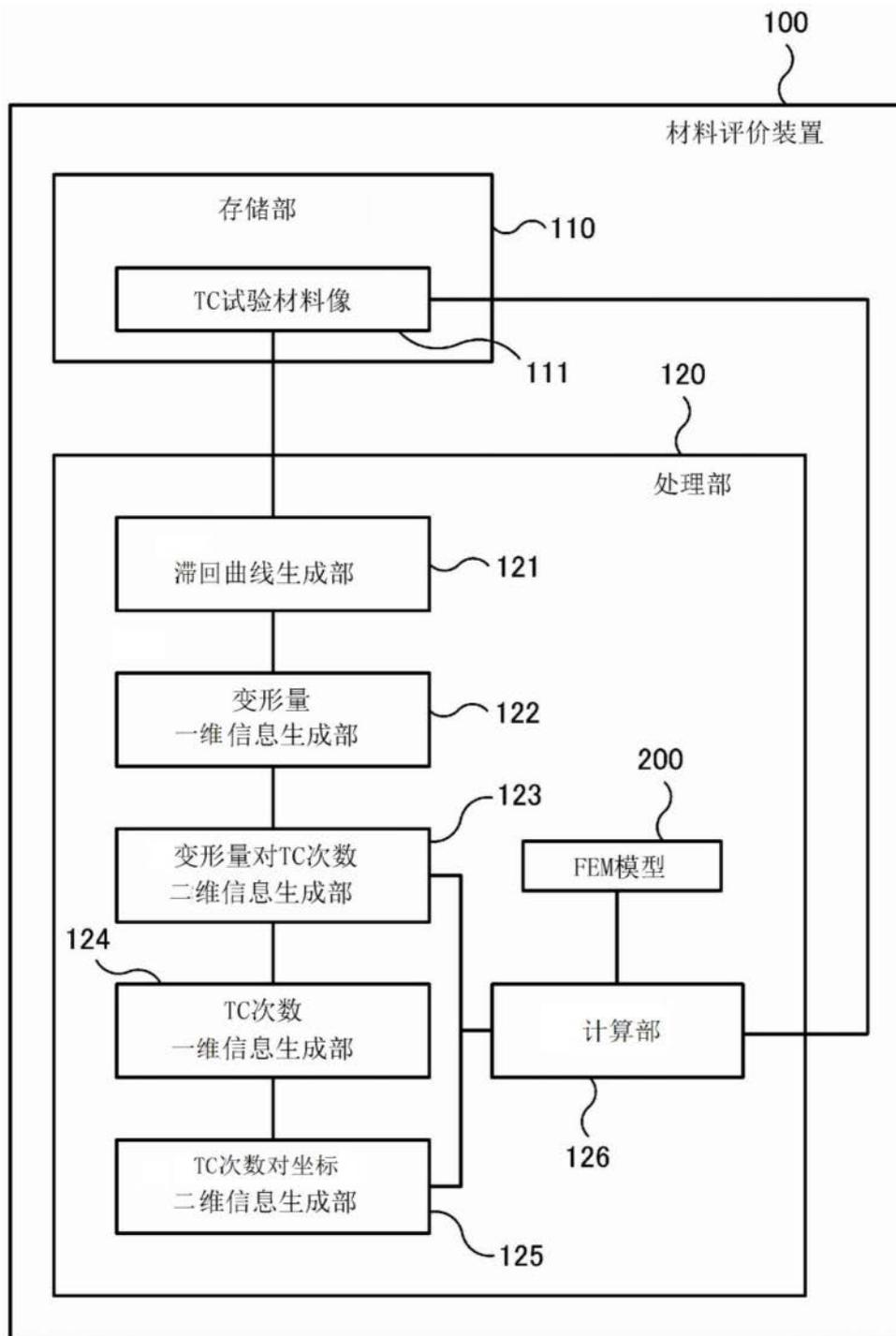


图7

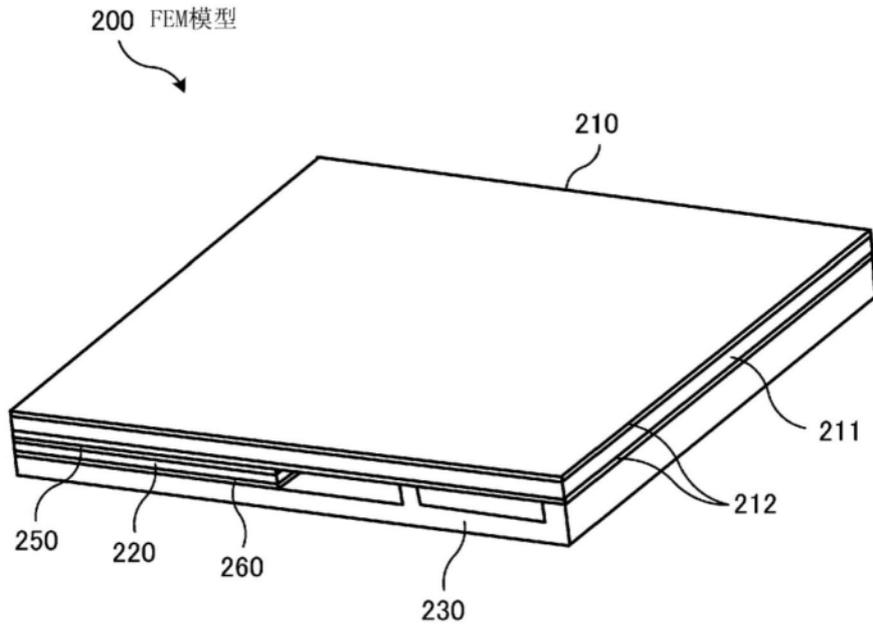


图8

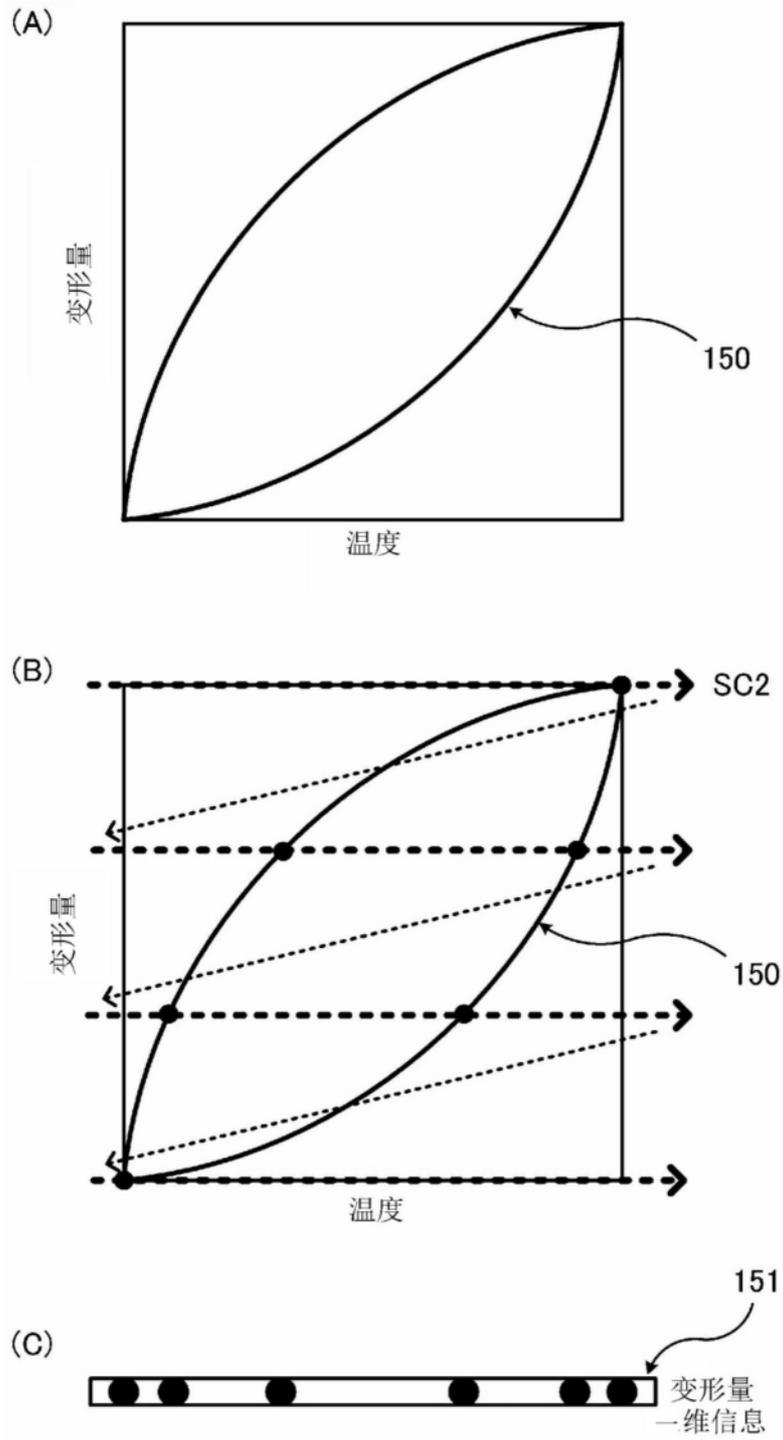


图9

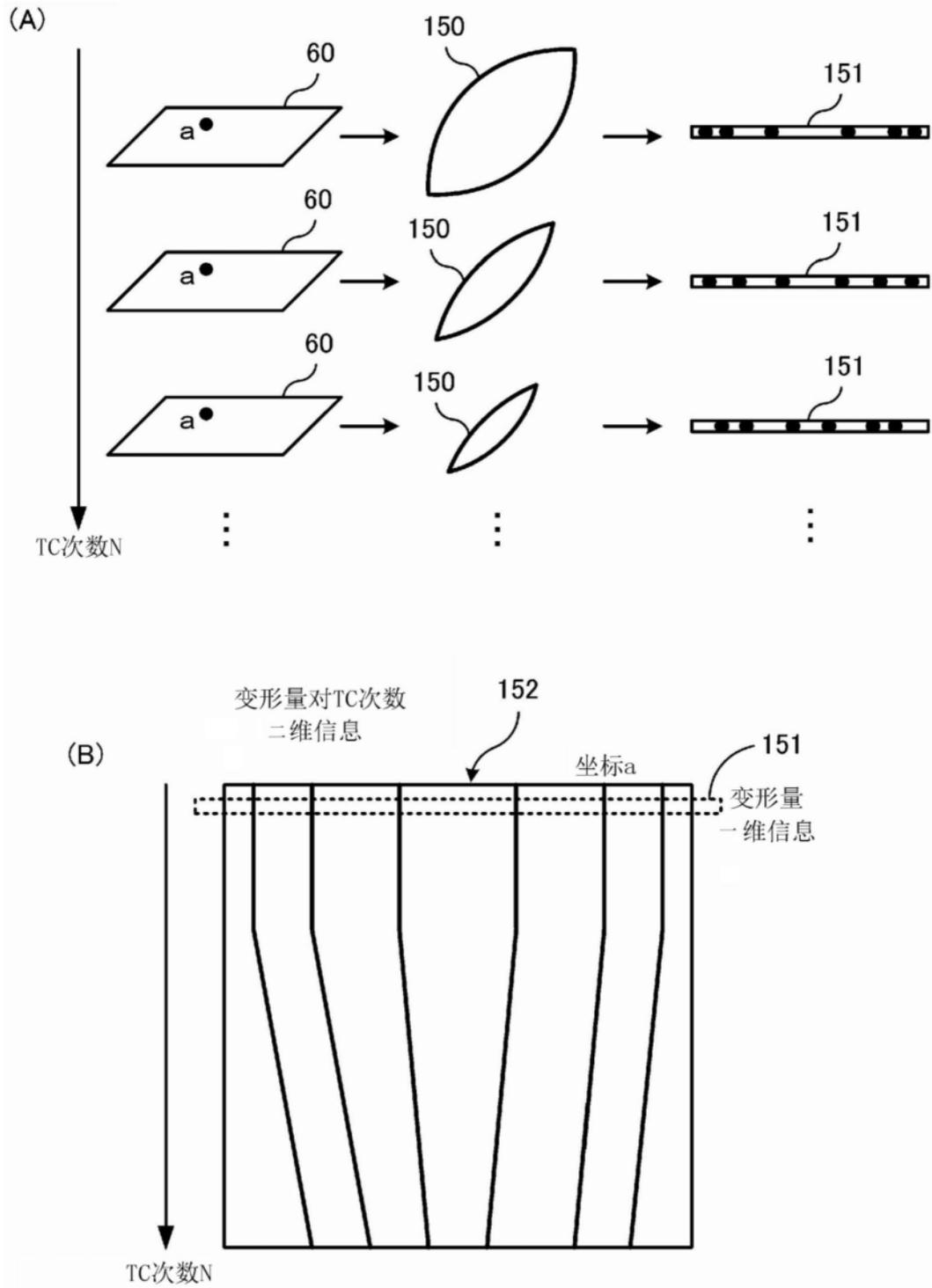


图10

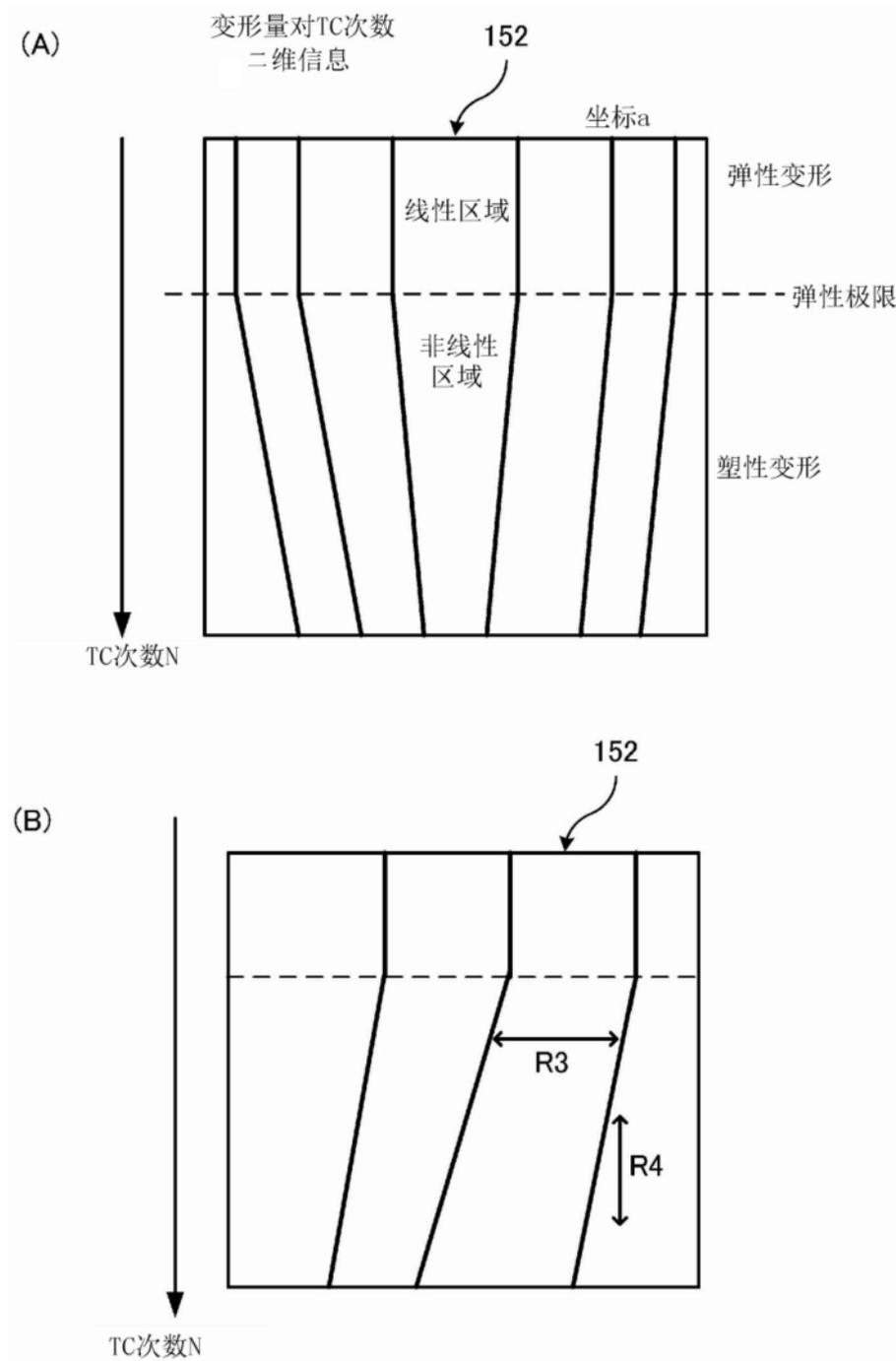


图11

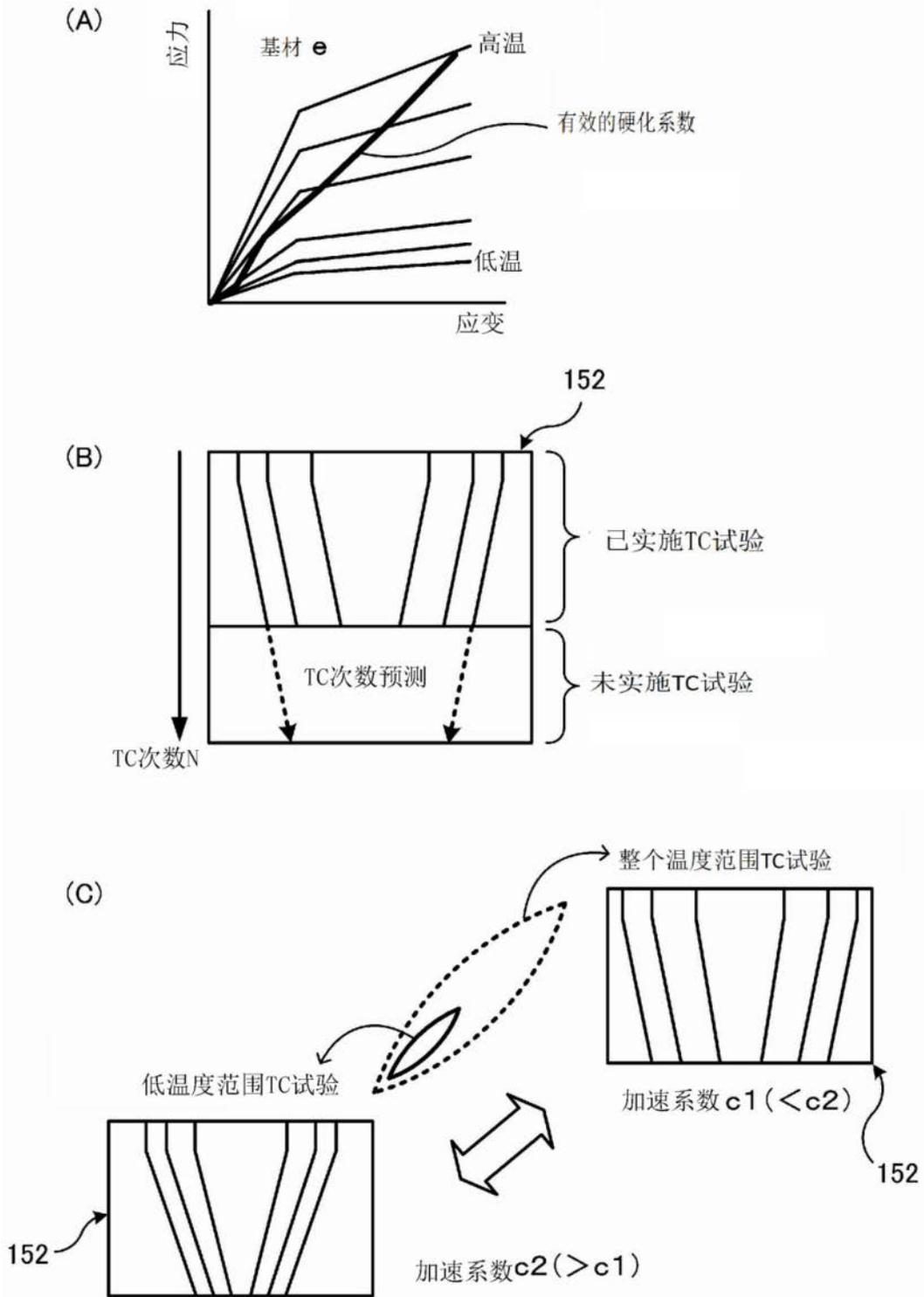


图12

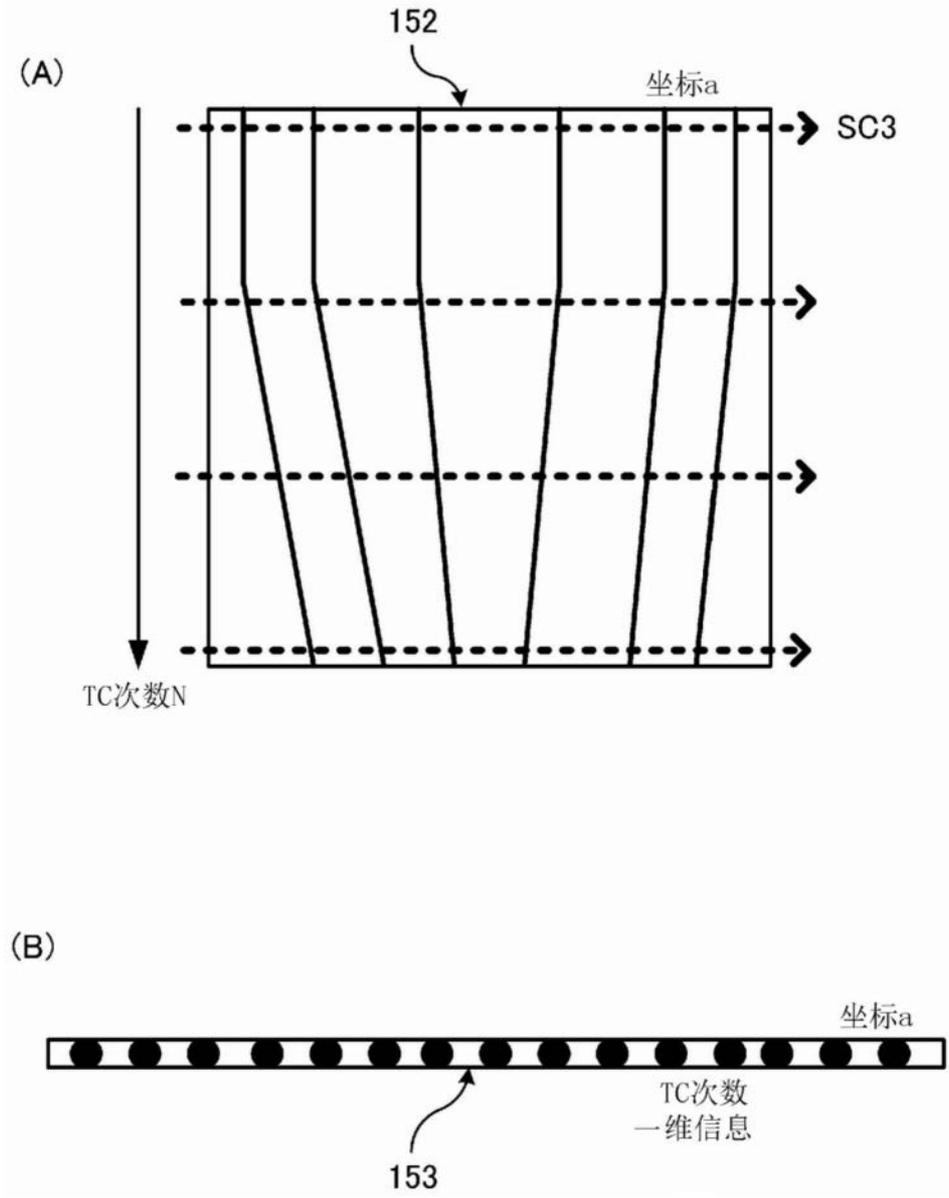


图13

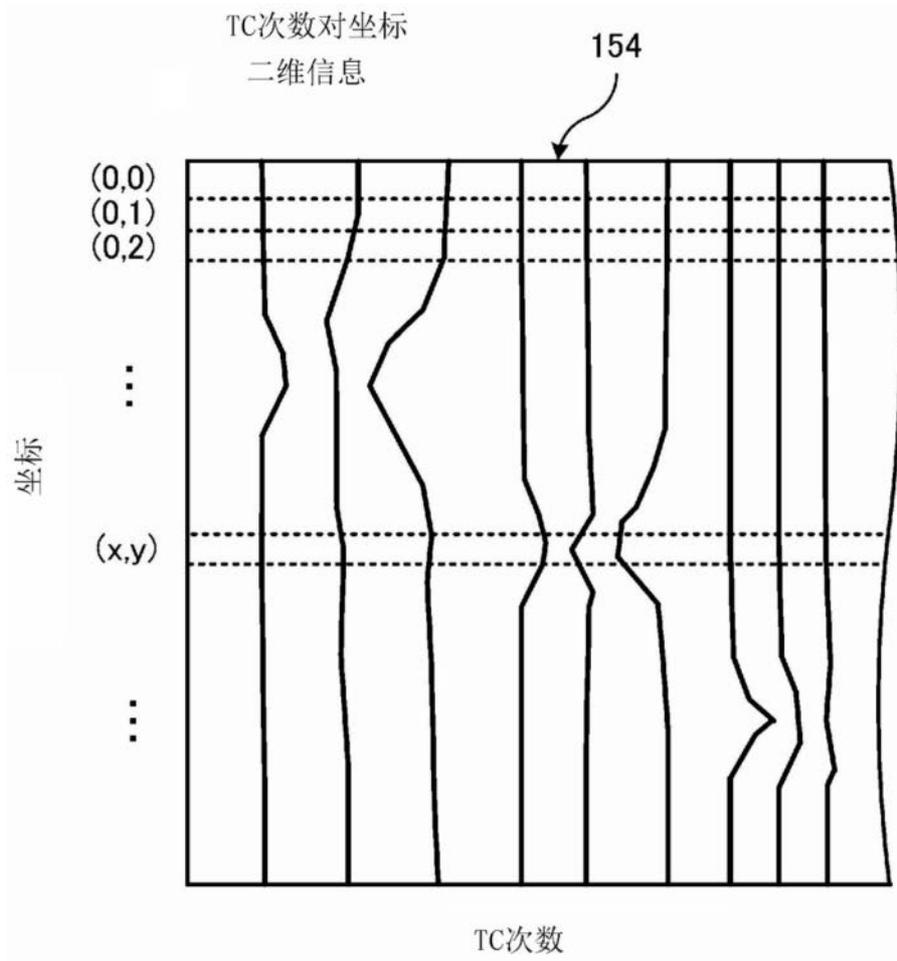


图14

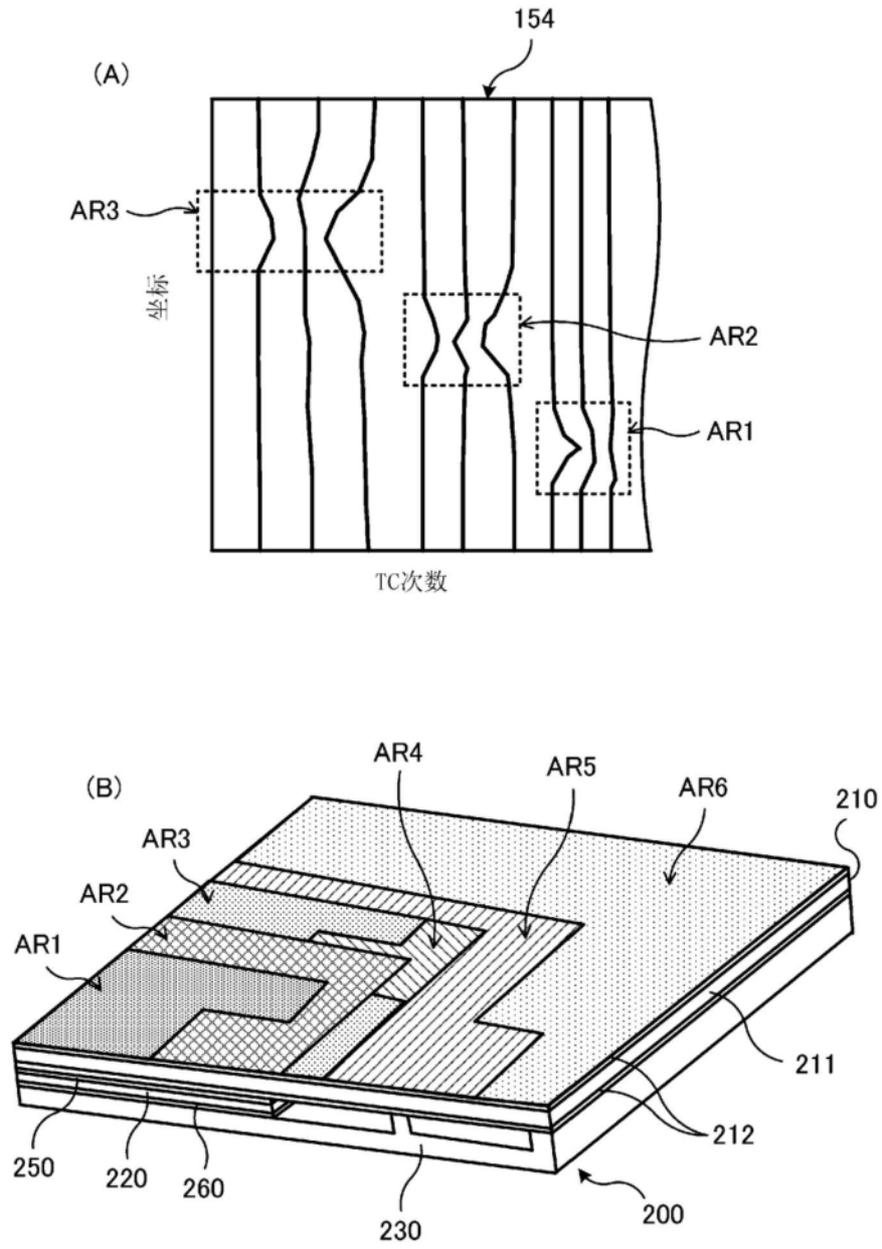


图15

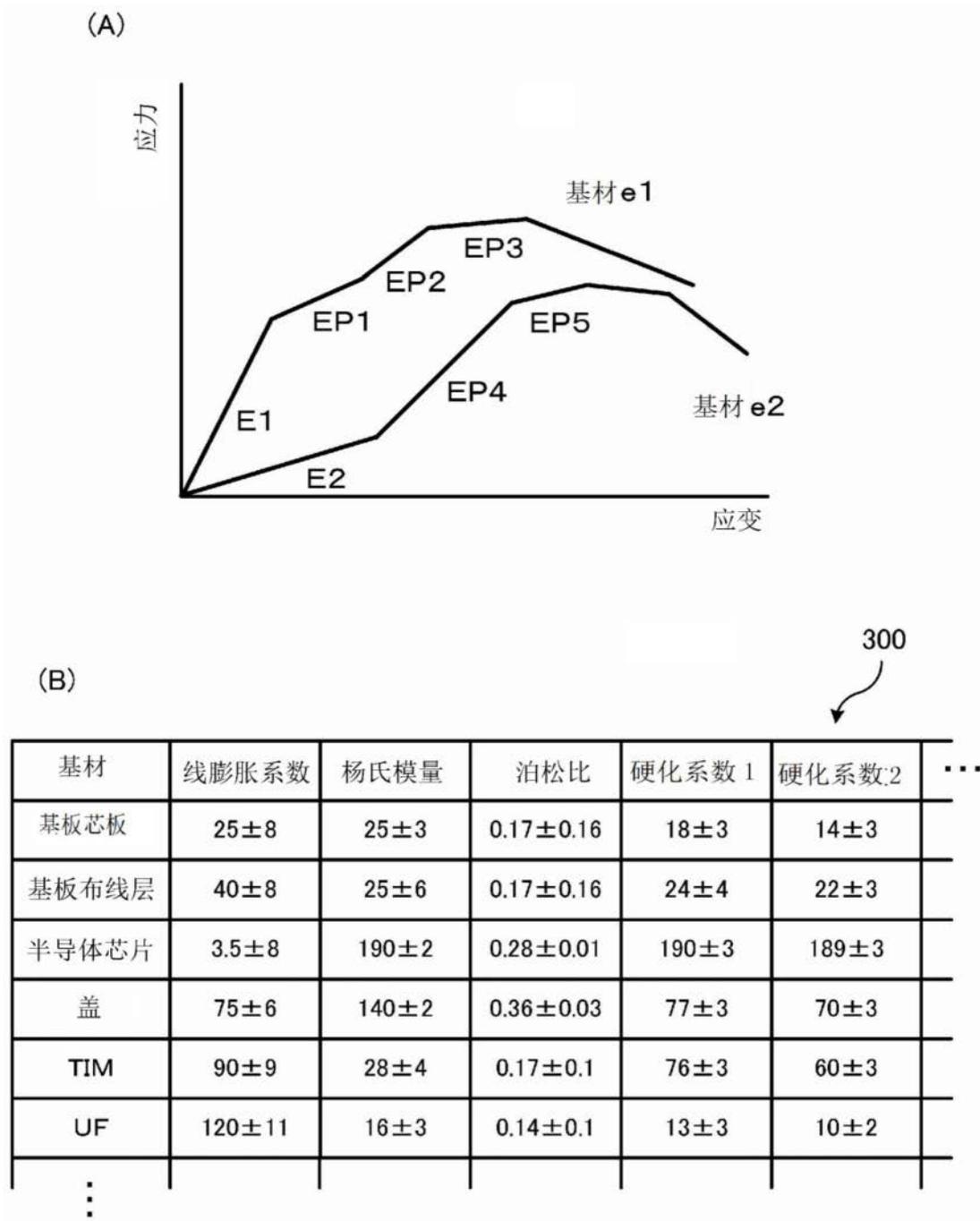


图16

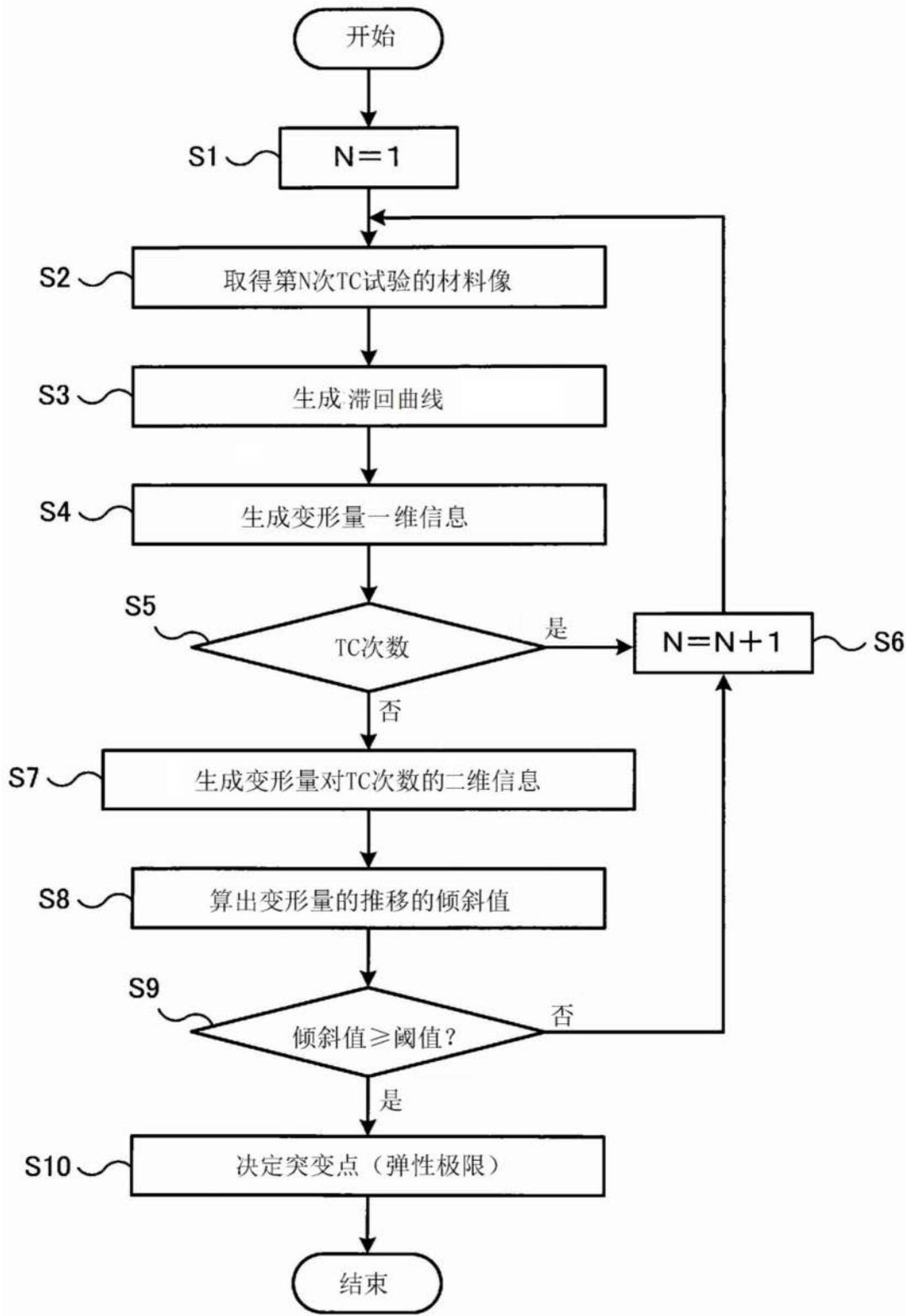


图17

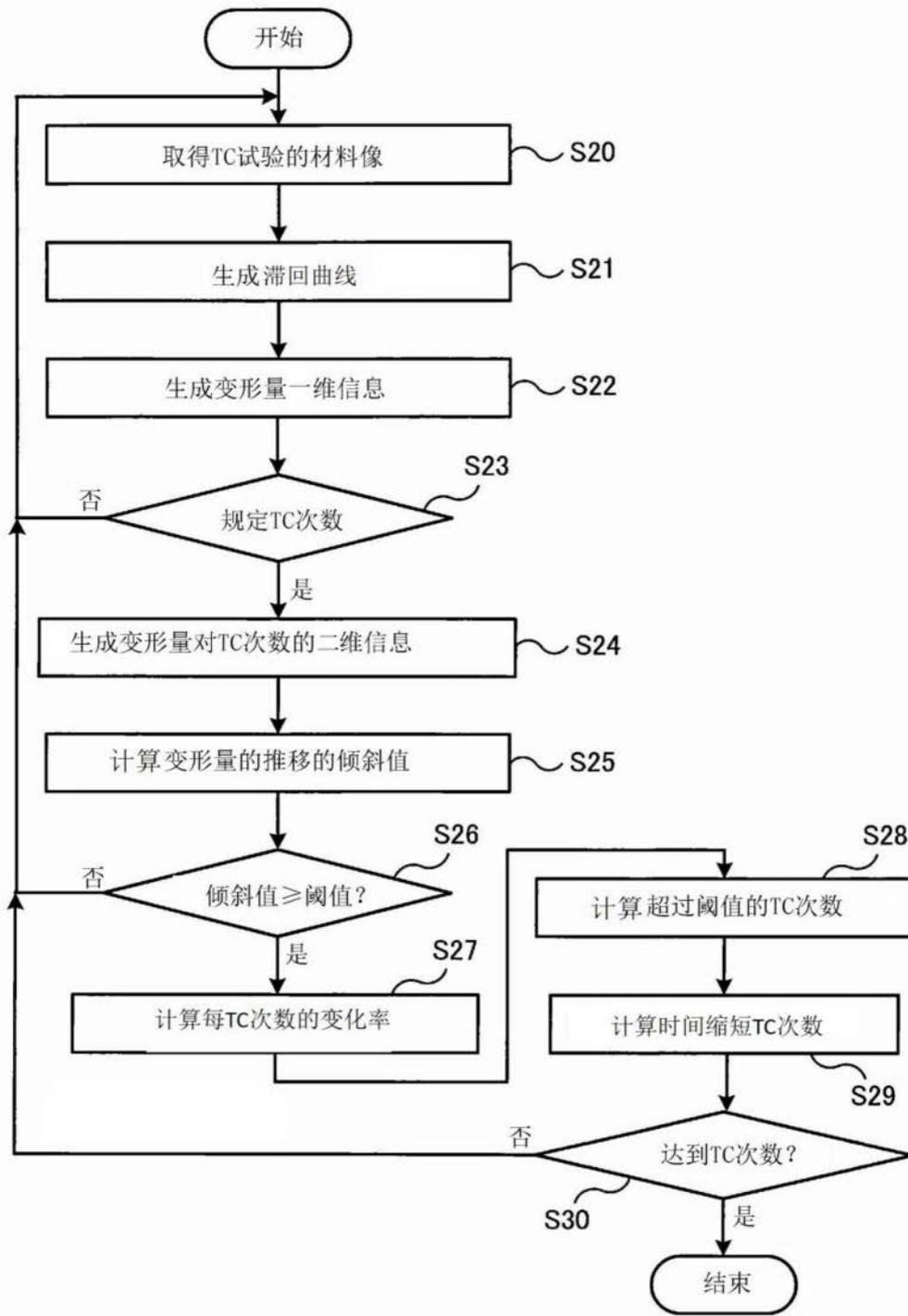


图18

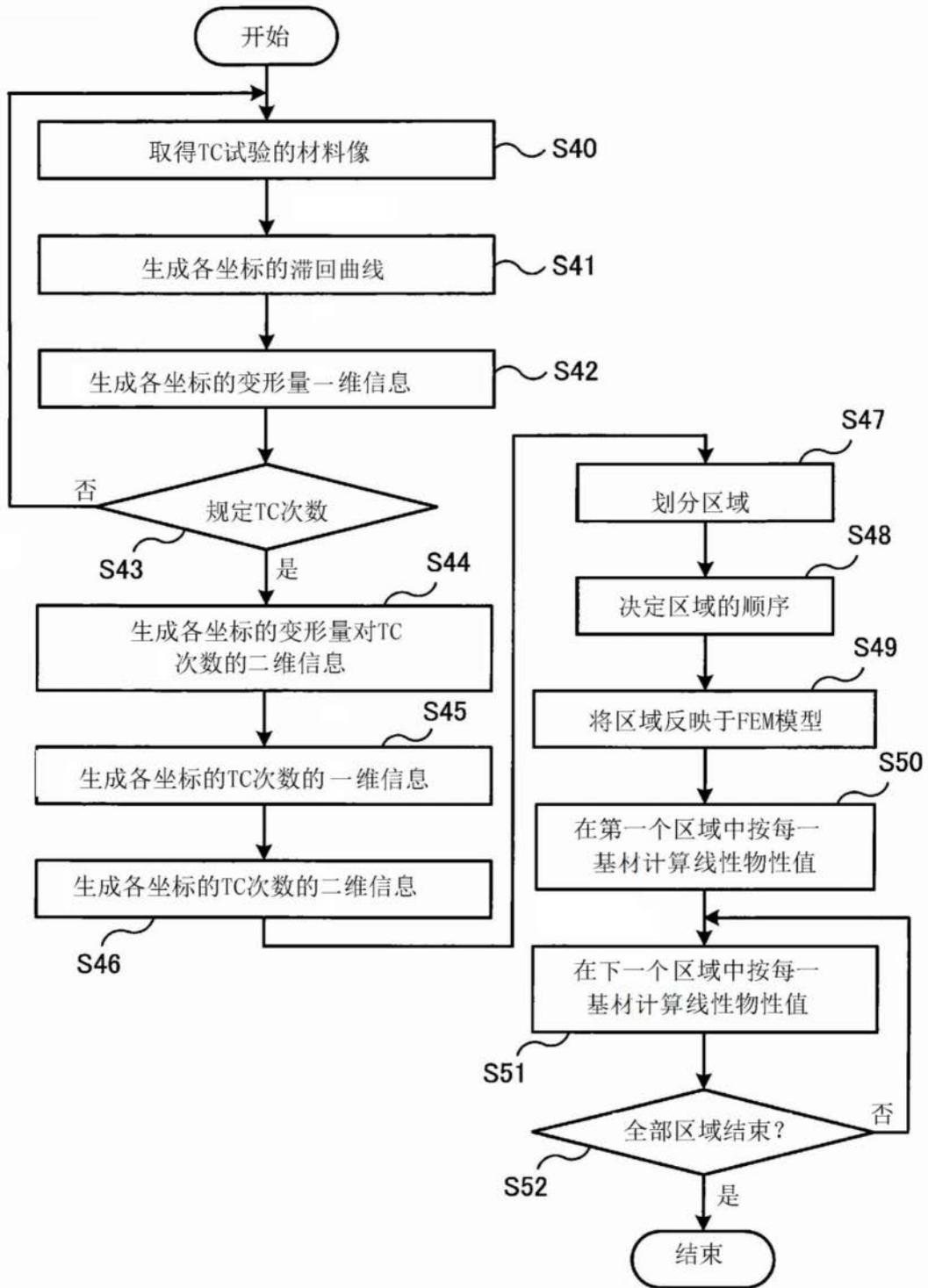


图19

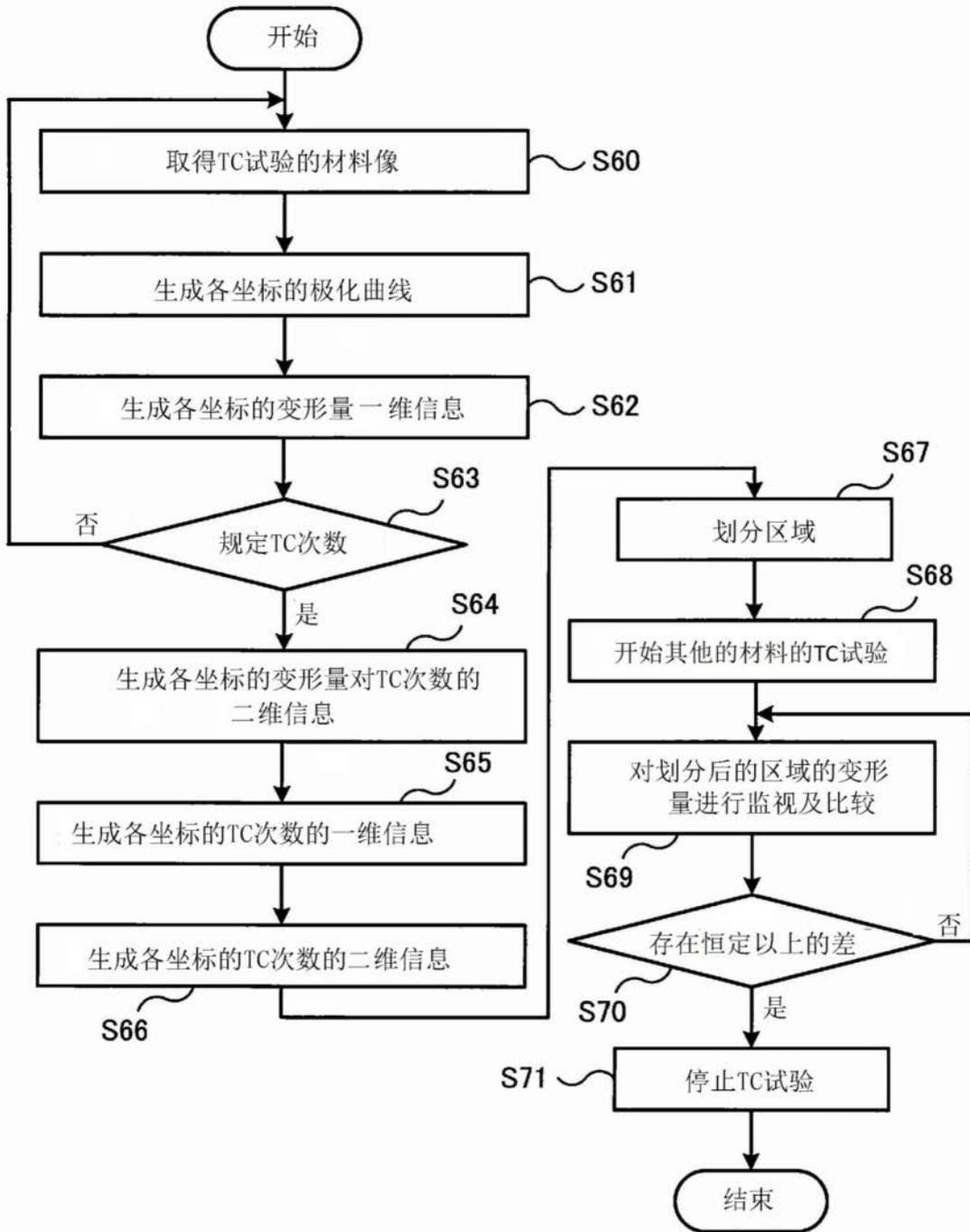


图20