



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104913715 A

(43) 申请公布日 2015.09.16

(21) 申请号 201410128848.2

(22) 申请日 2014.04.01

(30) 优先权数据

103108587 2014.03.12 TW

(71) 申请人 财团法人工业技术研究院

地址 中国台湾新竹县

(72) 发明人 郭泰良 冯克林

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 陈小雯

(51) Int. Cl.

G01B 7/06(2006.01)

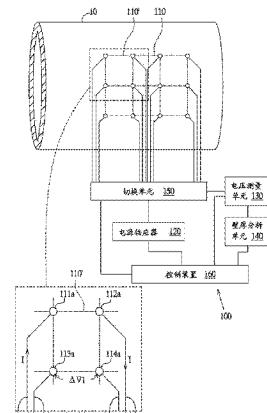
权利要求书3页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

管壁厚度测量模块及应用其的管壁厚度测量方法

(57) 摘要

管壁厚度测量模块及应用其的管壁厚度测量方法。管壁厚度测量模块包括测量单元组、电源供应器、电压测量单元及壁厚分析单元。测量单元组包括第一接点、第二接点、第三接点及第四接点。电源供应器用以供应电流给测量单元组，其中电流从第一接点、第二接点、第三接点与第四接点中的一个输入，且从第一接点、第二接点、第三接点与第四接点中的另一个输出。电压测量单元用以测量第一接点、第二接点、第三接点与第四接点的其它二者之间的电压差。壁厚分析单元依据电压差计算导电管的局部壁厚值。



1. 一种管壁厚度测量模块,用以测量一导电管的局部壁厚,该管壁厚度测量模块包括:

—测量单元组,包括一第一接点、一第二接点、一第三接点及一第四接点;

—电源供应器,用以供应一电流给该测量单元组,其中该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的一个输入,且从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的另一个输出;

—电压测量单元,用以测量该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的其它二者之间的一第一电压差;以及

—壁厚分析单元,依据该第一电压差计算该导电管的一局部壁厚值。

2. 如权利要求1所述的管壁厚度测量模块,还包括:

一切换单元,用以切换该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该一个输入,并切换该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该另一个输出。

3. 如权利要求1所述的管壁厚度测量模块,还包括:

一切换单元,用以切换该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该另一个输入,并切换该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该一个输出;

其中,该电压测量单元还用以测量该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该其它二者之间的一第二电压差,且用以计算该第一电压差与该第二电压差的一平均电压差。

4. 如权利要求3所述的管壁厚度测量模块,其中该壁厚分析单元还依据该导电管的热膨胀系数及该导电管的温度修正该平均电压差,且还依据修正后的该平均电压差计算该导电管的该局部壁厚值。

5. 如权利要求1所述的管壁厚度测量模块,其中该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点分离设于该导电管的外壁面。

6. 如权利要求1所述的管壁厚度测量模块,还包括:

—第一导线,具有该第一接点;

—第二导线,具有该第二接点;

—第三导线,具有该第三接点;以及

—第四导线,具有该第四接点;

其中,该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该一个与该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该其它二者中的一个是共点,而该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该另一个与该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该其它二者的另一个是共点。

7. 如权利要求1所述的管壁厚度测量模块,其中该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点排列成一阵列形。

8. 如权利要求1所述的管壁厚度测量模块,其中该壁厚分析单元定义该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点的该其它二者的连线的一位置点的管壁厚度为该局部壁厚值。

9. 如权利要求 1 所述的管壁厚度测量模块, 其中该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点构成一几何形状, 该壁厚分析单元定义该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该其它二者与该几何形状的几何中心所围成区域的一位置点的管壁厚度为该局部壁厚值。

10. 如权利要求 1 所述的管壁厚度测量模块, 包括:

多个该测量单元组, 其中这些测量单元组中的一个的该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的二个与邻接的该测量单元组的该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的二个是共点。

11. 一种管壁厚度测量方法, 包括:

提供一管壁厚度测量模块于该导电管, 其中该管壁厚度测量模块包括一测量单元组, 该测量单元组包括一第一接点、一第二接点、一第三接点及一第四接点;

供应一电流给该测量单元组, 其中该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的一个输入, 并从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点的另一个输出;

测量该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点的其它二者之间的一第一电压差; 以及

依据该第一电压差计算该导电管的一局部壁厚值。

12. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法, 还包括:

切换该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该一个输入; 以 及

切换该电流从该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该另一个输出。

13. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法, 还包括:

切换该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该另一个输入;

切换该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该一个输出;

测量该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该其它二者之间的一第二电压差;

计算该第一电压差与该第二电压差的一平均电压差; 以及

依据该平均电压差计算该导电管的该局部壁厚值。

14. 如权利要求 13 所述的管壁厚度测量方法, 还包括:

依据该导电管的热膨胀系数及该导电管的温度修正该平均电压差; 以及

依据修正后的该平均电压差计算该导电管的该局部壁厚值。

15. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法, 其中该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点分离设于该导电管的外壁面。

16. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法, 其中该管壁厚度测量模块还包括:

一第一导线, 具有该第一接点;

一第二导线, 具有该第二接点;

一第三导线, 具有该第三接点; 以及

一第四导线, 具有该第四接点;

其中, 该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该一个与该第一接点、

该第二接点、该第三接点与该第四接点的该其它二者中的一个是共点，而该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该另一个与该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的该其它二者中的另一个是共点。

17. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法，其中该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点排列成一阵列形。

18. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法，其中该壁厚分析单元定义该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点的该其它二者的连线的一位置点的管壁厚度为该局部壁厚值。

19. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法，其中该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点构成一几何形状，该壁厚分析单元定义该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点的该其它二者与该几何形状的几何中心所围成区域的一位置点的管壁厚度为该局部壁厚值。

20. 如权利要求 11 所述的管壁厚度测量方法，还包括：

提供多个该管壁厚度测量模块于该导电管，其中这些测量单元组中的一个测量单元组的该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的二个与邻接的该测量单元组的该第一接点、该第二接点、该第三接点与该第四接点中的二个是共点。

## 管壁厚度测量模块及应用其的管壁厚度测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种管壁厚度测量模块及应用其的管壁厚度测量方法,且特别涉及一种可测量导电管的壁厚的管壁厚度测量模块及应用其的管壁厚度测量方法。

### 背景技术

[0002] 管件可传输流体,其可应用于核能、冷冻空调、交通工具等领域。当管件内部传输高温、高压或具腐蚀性的流体时,管件的耐久性受到考验。一般而言,都是发生泄漏后才会发现管件产生薄化或破损,然而,因为泄漏已经发生,因此无可避免地产生所对应的危险及维修成本。

### 发明内容

[0003] 本发明涉及一种管壁厚度测量模块及应用其的管壁厚度测量方法,可监控管件厚度变化。

[0004] 根据本发明的一实施例,提出一种管壁厚度测量模块。管壁厚度测量模块用以测量一导电管的局部壁厚。管壁厚度测量模块包括一测量单元组、一电源供应器、一电压测量单元及一壁厚分析单元。测量单元组包括一第一接点、一第二接点、一第三接点及一第四接点。电源供应器用以供应一电流给测量单元组,其中电流从第一接点、第二接点、第三接点与第四接点中的一个输入,且从第一接点、第二接点、第三接点与第四接点的另一个输出。电压测量单元用以测量第一接点、第二接点、第三接点与第四接点的其它二者之间的一第一电压差。壁厚分析单元依据第一电压差计算导电管的一局部壁厚值。

[0005] 根据本发明的另一实施例,提出一种管壁厚度测量方法。管壁厚度测量方法包括以下步骤。提供一管壁厚度测量模块于导电管,其中管壁厚度测量模块包括一测量单元组,测量单元组包括一第一接点、一第二接点、一第三接点及一第四接点;供应一电流给测量单元组,其中电流从第一接点、第二接点、第三接点与第四接点中的一个输入,并从第一接点、第二接点、第三接点与第四接点的另一个输出;测量第一接点、第二接点、第三接点与第四接点的其它二者之间的一第一电压差;以及,依据第一电压差计算导电管的一局部壁厚值。

[0006] 为了对本发明的上述及其他方面有更佳的了解,下文特举优选实施例,并配合附图,作详细说明如下:

### 附图说明

- [0007] 图 1 绘示依照本发明一实施例的管壁厚度测量方法流程图。
- [0008] 图 2 绘示依照本发明一实施例的管壁厚度测量模块铺设于导电管的示意图。
- [0009] 图 3 绘示从图 2 的第二接点输入反向电流的示意图。
- [0010] 图 4 绘示依照本发明一实施例的平均电压差与管壁厚的关系图。
- [0011] 图 5 绘示图 2 的测量单元组与导电管的局部剖视图。
- [0012] 图 6 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法的示意图。

- [0013] 图 7 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法的示意图。
- [0014] 图 8 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法的示意图。
- [0015] 图 9 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法流程图。
- [0016] 图 10A 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量模块的示意图。
- [0017] 图 10B 绘示从图 10A 的第二共点接点输入反向电流的示意图。

#### 【符号说明】

- [0019] 10 : 导电管
- [0020] 100、200 : 管壁厚度测量模块
- [0021] 110、110'、110'' : 测量单元组
- [0022] 111 : 第一导线
- [0023] 111a : 第一接点
- [0024] 112 : 第二导线
- [0025] 112a : 第二接点
- [0026] 113 : 第三导线
- [0027] 113a : 第三接点
- [0028] 114 : 第四导线
- [0029] 114a : 第四接点
- [0030] 120 : 电源供应器
- [0031] 130 : 电压测量单元
- [0032] 140 : 壁厚分析单元
- [0033] 150 : 切换单元
- [0034] 160 : 控制装置
- [0035] C1 : 几何中心
- [0036] D1 : 曲线
- [0037] I : 电流
- [0038] L1、L1' : 连线
- [0039] P1、P1' : 位置点
- [0040] S1 : 周向路径
- [0041] S2 : 轴向路径
- [0042] S110 ~ S194 : 步骤
- [0043] t : 局部壁厚值
- [0044]  $\Delta V_1$  : 第一电压差
- [0045]  $\Delta V_2$  : 第二电压差
- [0046]  $\Delta V_a$  : 平均电压差

#### 具体实施方式

- [0047] 图 1 绘示依照本发明一实施例的管壁厚度测量方法流程图。
- [0048] 步骤 S110 中, 请同时参照图 2, 其绘示依照本发明一实施例的管壁厚度测量模块铺设于导电管的示意图。提供管壁厚度测量模块 100, 管壁厚度测量模块 100 铺设于导电

管 10 的容易薄化处的外壁面上,如管件折弯处的外壁面上,以测量导电管 10 的局部壁厚,进而监测导电管 10 的壁厚变化。管壁厚度测量模块 100 包括数个测量单元组 110、电源供应器 120、电压测量单元 130、壁厚分析单元 140、切换单元 150 及控制装置 160。

[0049] 一实施例中，电压测量单元 130、壁厚分析单元 140 与切换单元 150 的中的任二个可整合成一固件 (firmware) 或整合成一由半导体工艺形成的集成电路。另一实施例中，电压测量单元 130、壁厚分析单元 140 与切换单元 150 的任二个可整合于控制装置 160 中。控制装置 160 电性连接测量单元组 110、电源供应器 120、电压测量单元 130、壁厚分析单元 140 与切换单元 150，以统一控制这些单元。此外，控制装置 160 可以是桌上型电脑、笔记型电脑、手机、服务器或其它种类的电子装置。

[0050] 各测量单元组 110 包括第一导线 111、第二导线 112、第三导线 113 及第四导线 114，其中第一导线 111、第二导线 112、第三导线 113 及第四导线 114 分别具有第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 及第四接点 114a。第一导线 111、第二导线 112、第三导线 113 及第四导线 114 分别以第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 及第四接点 114a 连接于导电管 10 的外壁面上。本实施例中，第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 分离设置，即第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 中的任二个不直接连接。

[0051] 各测量单元组 110 的第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 可排列成阵列形 (array)、矩阵形 (matrix)，或沿一多边形的转角排列，其中多边形例如是矩形、三角形或菱形。所有测量单元组 110 可排列成阵列形或矩阵形。只要可进行壁厚测量，本发明实施例不限定测量单元组 110 和 / 或其接点的排列形式。

[0052] 步骤 S120 中,如图 2 所示,电源供应器 120 通过切换单元 150 供应电流 I 给第 i 个测量单元组 110。切换单元 150 切换电流 I 从第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 的第 j 者输入,且切换电流 I 从第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 的另一个输出,其中 i 及 j 大于 1 的正整数,其中初始值为 1。以测量单元组 110’举例来说,电源供应器 120 供应电流 I 给测量单元组 110’的第一接点 111a,且切换电流 I 从第二接点 112a 输出。

[0053] 步骤 S130 中, 电压测量单元 130 测量第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 的其它二者之间的电压差。以测量单元组 110' 举例来说, 电压测量单元 130 通过切换单元 150 测量第三接点 113a 与第四接点 114a 之间的第一电压差  $\Delta V_1$ 。由于导线 (第三导线 113 及第四导线 114) 的电阻系数与导电管 10 的电阻系数的差异, 第一电压差  $\Delta V_1$  相较于平均电压差  $\Delta V_a$  产生一正偏差  $\epsilon$ , 如下式 (1) 所示。

[0055] 步骤 S140 中,如图 3 所示,其绘示从图 2 的第二接点输入反向电流的示意图。电源供应器 120 通过切换单元 150 供应电流 I 给第 i 个测量单元组 110。切换单元 150 切换电流 I 从第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 的另一个输入,且切换电流 I 从第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 的第 j 者输出。举例来说,切换单元 150 切换电流 I 从第二接点 112a 输入,且切换电流 I 从第一接点 111a 输出。

[0056] 步骤 S150 中, 电压测量单元 130 测量第三接点 113a 与第四接点 114a 之间的第二电压差  $\Delta V2$ 。由于导线 (第三导线 113 及第四导线 114) 的电阻系数与导电管 10 的电阻系数的差异, 使第二电压差  $\Delta V2$  相较于实际的平均电压差  $\Delta Va$  产生一负偏差  $\varepsilon$ , 如下式 (2) 所示。

[0058] 步骤 S160 中,如下式 (3),电压测量单元 130 计算第一电压差  $\Delta V_1$  与第二电压差  $\Delta V_2$  的一平均电压差  $\Delta V_a$ ,此平均电压差  $\Delta V_a$  已排除偏差量  $\epsilon$ 。进一步地说,由于上述步骤 S140 及 S150 的反向电流的设计,在平均第一电压差  $\Delta V_1$  与第二电压差  $\Delta V_2$  后,获得更精准(相较第一电压差  $\Delta V_1$  与第二电压差  $\Delta V_2$  而言)的平均电压差  $\Delta V_a$ ,此平均电压差  $\Delta V_a$  排除因为导线的电阻系数与导电管 10 的电阻系数的差异所导致的电压误差。

[0060] 步骤 S170 中,如图 4 所示,其绘示依照本发明一实施例的平均电压差与管壁厚的关系图。曲线 D1 表示平均电压差  $\Delta V_a$  与局部壁厚值  $t$  的关系。曲线 D1 可采用实验或模拟方法取得,其可存储于壁厚分析单元 140。壁厚分析单元 140 依据图 4 的曲线 D1 去计算或查询平均电压差  $\Delta V_a$  所对应的导电管 10 的局部壁厚值  $t$ 。由于平均电压差  $\Delta V_a$  相较于第一电压差  $\Delta V_1$  与第二电压差  $\Delta V_2$  而言更为精准,因此依据平均电压差  $\Delta V_a$  所计算或查询的局部壁厚值  $t$  较为精确。另一实施例中,如果以第一电压差  $\Delta V_1$  或第二电压差  $\Delta V_2$  所计算或查询的局部壁厚值  $t$  在容许误差范围内,也可在省略步骤 S120 及 S130 情况下,以第二电压差  $\Delta V_2$  作为图 4 的平均电压差去计算或查询的局部壁厚值  $t$ ;或者,可在省略步骤 S140 及 S150 情况下,以第一电压差  $\Delta V_1$  作为图 4 的平均电压差去计算或查询的局部壁厚值  $t$ 。

[0061] 另一实施例中，步骤 S160 及 S170 也可在步骤 S190 与 S192 之间执行。也就是说，可以待全部的接点都输入电流并获得对应的平均电压差后，再进入步骤 S192，对所有的平均电压差进行壁厚分析。

[0062] 由于本发明实施例的电流输入、电流输出及电压差测量都局限于小面积的测量单元组 110 内，因此只需要低量的直流电即可获得精确度及灵敏度高的局部壁厚值  $t$ ，其中的低量电流例如是介于 1 至 3 安培之间。由于所需电流量甚低，因此本发明实施例的管壁厚度测量模块 100 耗电量低，可节省能源。

[0063] 当测量单元组 110 的二接点的间距愈小，则所需电流量愈少；反之则愈多。当导电管 10 的壁厚愈厚，则所需电流量愈少；反之则愈多。因此，可视测量单元组 110 的二接点的间距和 / 或导电管 10 的壁厚而定，上述低量电流也可小于 1 安培或大于 10 安培。一实施例中，测量单元组 110 的二接点的间距可介于导电管 10 的壁厚的 0.1 倍至 10 倍之间，使所需电流量介于低耗电范围内。

[0064] 图 5 绘示图 2 的测量单元组 110 与导电管的局部剖视图。上述局部壁厚值  $t$  可定义成平均电压差  $\Delta V_a$  的二接点的连线上的任意位置点的壁厚。以测量单元组 110' 来说，局部壁厚值  $t$  可定义成第三接点 113a 与第四接点 114a 的连线 L1 上的任意位置点 P1 的壁厚，本实施例的位置点 P1 以连线 L1 的中点为例说明。第一接点 111a、第二接点 112a、第三

接点 113a 与第四接点 114a 定义一几何形状,如矩形。另一实施例中,上述局部壁厚值  $t$  可定义成第三接点 113a、第四接点 114a 与该何形状的几何中心 C1 所围成的区域内的任意位置点 P1' 的壁厚,本实施例的位置点 P1' 例如是几何中心 C1 与位置点 P1 的连线 L1' 的中点。

[0065] 步骤 S180 中,判断是否各测量单元组 110 的各接点都已输入电流。若是,则执行步骤 S192;若否,则执行步骤 S190。

[0066] 步骤 S190 中,累加  $i$  和 / 或  $j$  的数值,并重复步骤 S120 至 S170。一实施例中,可以对同一测量单元组 110(维持  $i$  值)的所有接点依序 ( $j=j+1$ ) 输入电流后,再对下一个测量单元组 110 ( $i=i+1$ ) 的所有接点依序 ( $j=j+1$ ) 输入电流  $I$ 。另一实施例中,可对同一测量单元组 110 的至少一接点各别输入电流  $I$  后,再对另一测量单元组 110 的至少一接点各别输入电流  $I$ 。就电流输入路径来说,可对导电管 10 的一周向路径 S1(绕导电管 10 的轴向的路径)上的接点依序或不依序输入电流  $I$ ;或者,可对导电管 10 的一轴向路径 S2 上的接点依序或不依序输入电流  $I$ ;或者,可对一扫描路径上的接点依序或不依序输入电流  $I$ ,其中扫描路径例如是同时沿周向路径 S1 及轴向路径 S2 延伸的路径(即,投影于周向路径 S1 及轴向路径 S2 上的分量不等于 0),例如是 S 形曲线。只要可对各测量单元组 110 的所有接点都输入电流  $I$  并获得对应的平均电压差即可,本发明实施例对电流  $I$  输入接点的顺序和 / 或路径并不限定。

[0067] 依据上述步骤 S120 至 S170,当一个测量单元组 110' 的四个接点都输入电流后,可获得四个位置点 P1(如图 5 所示)的局部壁厚值  $t$ 。当各测量单元组 110' 的四个位置点 P1 的局部壁厚值  $t$  都取得后,可进入步骤 S192。

[0068] 步骤 S192 中,壁厚分析单元 140 判断此些局部壁厚值  $t$  的任何一个或一些是否小于安全壁厚值;若有,执行步骤 S194,输出一警告讯息;若否,则重复步骤 S120 ~ S192,继续监测导电管 10 的壁厚变化。警告讯息可通过控制装置 160(图 2)输出。例如,当警告讯息是一文字或色彩时,控制装置 160 可包含一显示器,以显示出警告讯息;或者,当警告讯息是一声音时,控制装置 160 包含一声音输出器,以发出警告讯息。此外,壁厚分析单元 140 也可将所有的局部壁厚值  $t$  描绘成一壁厚分布图,通过控制装置 160 的显示器显示出该壁厚分布图,以便于监测。

[0069] 图 6 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法的示意图。本实施例中,切换单元 150 切换电流  $I$  从测量单元组 110 的第一接点 111a 输入,并切换电流  $I$  从测量单元组 110 的第四接点 114a 输出;在此设计下,电压测量单元 130 可测量第二接点 112a 与第三接点 113a 之间的第一电压差  $\Delta V_1$  及第二电压差  $\Delta V_2$ ,并据以计算平均电压差  $\Delta V_a$ ,壁厚分析单元 140 可依据图 4 的曲线 D1 去计算或查询第二接点 112a 与第三接点 113a 之间的平均电压差  $\Delta V_a$  所对应的局部壁厚值  $t$ (未绘示)。此局部壁厚值  $t$  可定义成第二接点 112a 与第三接点 113a 的连线 L1 的任一位置点 P1 的壁厚,本实施例的位置点 P1 以连线 L1 的中点为例说明。

[0070] 图 7 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法的示意图。本实施例中,切换单元 150 切换电流  $I$  从测量单元组 110 的第一接点 111a 输入,并切换电流  $I$  从第三接点 113a 输出;在此设计下,电压测量单元 130 可测量第二接点 112a 与第四接点 114a 之间的第一电压差  $\Delta V_1$  及第二电压差  $\Delta V_2$ ,并据以计算第二接点 112a 与第四接点 114a 之间

的平均电压差  $\Delta V_a$ 。壁厚分析单元 140 可依据图 4 的曲线 D1 去计算或查询第二接点 112a 与第四接点 114a 之间的平均电压差  $\Delta V_a$  所对应的局部壁厚值  $t$  (未绘示)。局部壁厚值  $t$  可定义成第二接点 112a 与第四接点 114a 的连线 L1 的任一位置点 P1 的壁厚,本实施例的位置点 P1 以连线 L1 的中点为例说明。

[0071] 图 8 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法的示意图。本实施例中,邻接的二测量单元组 110 的二接点是共点。例如,测量单元组 110' 的第三接点 113a 与测量单元组 110'' 的第一接点 111a 共点成为一共点接点,且测量单元组 110' 的第四接点 114a 与测量单元组 110'' 的第二接点 112a 共点成为一另一共点接点。当局部壁厚值  $t$  定义成二共点接点的连线上一位置点的壁厚时,则二共点接点之间的平均电压差可以只测量一次。举例来说,依据测量单元组 110' 的第三接点 113a 与第四接点 114a 之间的平均电压差  $\Delta V_a$  所计算的局部壁厚值  $t$  与依据测量单元组 110'' 的第一接点 111a 与第二接点 112a 之间的平均电压差  $\Delta V_a$  所计算的局部壁厚值  $t$  都是对应同一位置点 P1 的壁厚,因此只要针对测量单元组 110' 的第三接点 113a 与第四接点 114a 或测量单元组 110'' 的第一接点 111a 与第二接点 112a 测量一次平均电压差  $\Delta V_a$  即可。如此,可减少输入电流及测量电压差的次数,因而可减少耗电及提升壁厚分析速度。

[0072] 另一实施例中,当局部壁厚值  $t$  定义成二共点接点与几何中心 C1 所围成的区域内的任意位置点的壁厚时,则二共点接点之间的平均电压差需要测量二次。举例来说,请再参照图 8 所示,依据测量单元组 110' 的第三接点 113a 与第四接点 114a 之间的平均电压差  $\Delta V_a$  所计算的局部壁厚值  $t$  定义成位置点 P1' 的壁厚,而依据测量单元组 110'' 的第一接点 111a 与第二接点 112a 之间的平均电压差  $\Delta V_a$  所计算的局部壁厚值定义成位置点 P1'' 的壁厚,由于位置点 P1' 及位置点 P1'' 非同一位置点,因此测量单元组 110' 的第三接点 113a 与测量单元组 110'' 之间的平均电压差  $\Delta V_a$ ,与测量单元组 110'' 的第一接点 111a 与第二接点 112a 之间的平均电压差  $\Delta V_a'$  需要个别测量。

[0073] 图 9 绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量方法流程图。

[0074] 步骤 S110 中,如图 10A 所示,其绘示依照本发明另一实施例的管壁厚度测量模块的示意图。管壁厚度测量模块 200 铺设于导电管 10 的容易薄化处的外壁面上,如折弯处的外壁面上,以测量导电管 10 的局部壁厚,进而监测导电管 10 的壁厚变化。管壁厚度测量模块 200 包括数个测量单元组 110、电源供应器 120、电压测量单元 130、壁厚分析单元 140、切换单元 150 及控制装置 160。

[0075] 本实施例中,各测量单元组 110 包括第一导线 111、第二导线 112、第三导线 113 及第四导线 114,其中第一导线 111、第二导线 112、第三导线 113 及第四导线 114 分别具有第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 及第四接点 114a。与上述实施例不同的是,本实施例的第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 的任二点共点,而第一接点 111a、第二接点 112a、第三接点 113a 与第四接点 114a 的另外二点共点。本实施例以第一接点 111a 与第三接点 113a 形成一第一共点接点,而第二接点 112a 与第四接点 114a 形成一第二共点接点为例说明。

[0076] 本实施例中,第一导线 111 与第三导线 113 构成一热电耦 (Thermocouple),以测量第一共点接点 (第一接点 111a 与第三接点 113a) 的温度。第一导线 111 与第三导线 113 的热膨胀系数不同,使第一导线 111 与第三导线 113 的输出电压差不同。通过此输出电压

差可获得导电管 10 于第一共点接点之处的温度。

[0077] 第一导线 111 与第三导线 113 的热膨胀系数差异可藉由材料选用实现。进一地  
说,第一导线 111 与第三导线 113 中的一个可作为正极,而另一个可作为负极;一实施例  
中,正极的材料是铁,而负极的材料由铜与镍组成,其中镍的比例占 45%;或者,正极的材料  
由镍与铬组成,其中铬的比例占 10%,而负极的材料由镍、铝、锰与硅组成,其中铝的比例占  
2%,锰的比例占 2%,而硅的比例占 1%;或者,正极的材料由镍、铬与硅组成,其中铬的比例占  
14%,硅的比例占 1.5%,而负极的材料由镍、锰与硅组成,其中硅的比例占 4.5%,锰的比例占  
0.1%;或者,正极的材料是铜,而负极的材料由铜与镍组成,其中镍的比例占 45%;或者,正  
极的材料由镍与铬组成,其中铬的比例占 10%,而负极的材料由铜与镍组成,其中镍的比例占  
45%;或者,正极的材料由铂与铑组成,其中铑的比例占 13%,而负极的材料是铂;或者,正极的材料由铂  
与铑组成,其中铑的比例占 30%,而负极的材料由铂与铑组成,其中铑的比例占 6%;或者,正  
极的材料由钨与铼组成,其中铼的比例占 5%,而负极的材料由钨与铼组成,其中铼的比例占  
26%。然而,正极及负极的材料搭配不限于此,只要可以实现温度测量的材料,都可作为本发  
明实施例的正极及负极的材料选用。

[0078] 此外,第二导线 112 与第四导线 114 构成另一热电耦,以测量第二共点接点(第二  
接点 112a 与第四接点 114a)的温度。第二导线 112 与第四导线 114 的材料搭配可相似于  
第一导线 111 与第三导线 113,容此不再赘述。

[0079] 步骤 S120 中,如图 10A 所示,电源供应器 120 通过切换单元 150 供应电流 I 给第 i  
个测量单元组 110。切换单元 150 切换电流 I 从第 i 个测量单元组 110 的第一共点接点与  
第二共点接点中的一个输入,且切换电流 I 从第 i 个测量单元组 110 的第一共点接点与第  
二共点接点中的另一个输出。以测量单元组 110' 为例说明,切换单元 150 切换电流 I 从测  
量单元组 110' 的第一共点接点(第一接点 111a 与第三接点 113a)输入,且切换电流 I 从测  
量单元组 110' 的第二共点接点(第二接点 112a 与第四接点 114a)输出。

[0080] 步骤 S130 中,如图 10A 所示,电压测量单元 130 通过切换单元 150 测量测量单元  
组 110' 的第一共点接点与第二共点接点之间的第一电压差  $\Delta V_1$ 。

[0081] 步骤 S140 中,如图 10B 所示,其绘示从图 10A 的第二共点接点输入反向电流的示  
意图。电源供应器 120 通过切换单元 150 供应电流 I 给第 i 个测量单元组 110。切换单元  
150 切换电流 I 从第 i 个测量单元组 110 的第一共点接点与第二共点接点中的该另一个输入,  
且切换电流 I 从第 i 个测量单元组 110 的第一共点接点与第二共点接点中的该一个输出。  
以测量单元组 110' 为例说明,切换单元 150 切换电流 I 从测量单元组 110' 的第二共  
点接点(第二接点 112a 与第四接点 114a)输入,且切换电流 I 从测量单元组 110' 的第一  
共点接点(第一接点 111a 与第三接点 113a)输出。

[0082] 步骤 S150 中,如图 10B 所示,电压测量单元 130 通过切换单元 150 测量测量单元  
组 110' 的第一共点接点与第二共点接点之间的第二电压差  $\Delta V_2$ 。

[0083] 图 9 的步骤 S160 相似图 1 的步骤 S160,容此不再赘述。

[0084] 步骤 S165 中,当导电管 10 内部传输高温、高压或具腐蚀性的流体时,导致电压测  
量单元 130 所测量到的平均电压差  $\Delta V_a$  含有温度变异。然而,通过本实施例的步骤 S165,  
可消除或减少此温度变异所导致的平均电压差变异。

[0085] 如下式(4),电压测量单元130依据导电管10的热膨胀系数 $\alpha$ 及导电管10的温度修正平均电压差 $\Delta V_a$ ,以获得修正后的平均电压差 $\Delta V_a'$ 。式(4)中, $\Delta V_a(T)$ 表示导电管10在温度T(例如是外壁面的温度)时所测量到的平均电压差, $T_0$ 表示参考温度, $\Delta V_a'$ 表示修正后的平均电压差(排除温度变异后的电压差),而 $\alpha$ 表示导电管10的热膨胀系数。热膨胀系数 $\alpha$ 可随材料种类而不同,例如,以导电管10的材料为碳钢而言,其在参考温度 $T_0$ 的热膨胀系数 $\alpha$ 为 $0.005^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

$$[0086] \quad \Delta V_a = \frac{\Delta V_a(T)}{[1 + \alpha(T - T_0)]} \dots \dots \dots (4)$$

[0087] 步骤 S170 中,壁厚分析单元 140 以修正后的平均电压差  $\Delta V_a'$  作为图 4 的平均电压差  $\Delta V_a$ ,并依据图 4 的曲线 D1 去计算或查询修正后的平均电压差  $\Delta V_a'$  所对应的局部壁厚值  $t$ 。

[0088] 图 9 的步骤 S180 至 S194 相似上述图 1 的步骤 S180 至 S194, 容此不再赘述。

[0089] 综上所述，虽然本发明已以优选实施例公开如上，然其并非用以限定本发明。本发明所属领域技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，当可作各种的更动与润饰。因此，本发明的保护范围当视所附权利要求书界定范围为准。

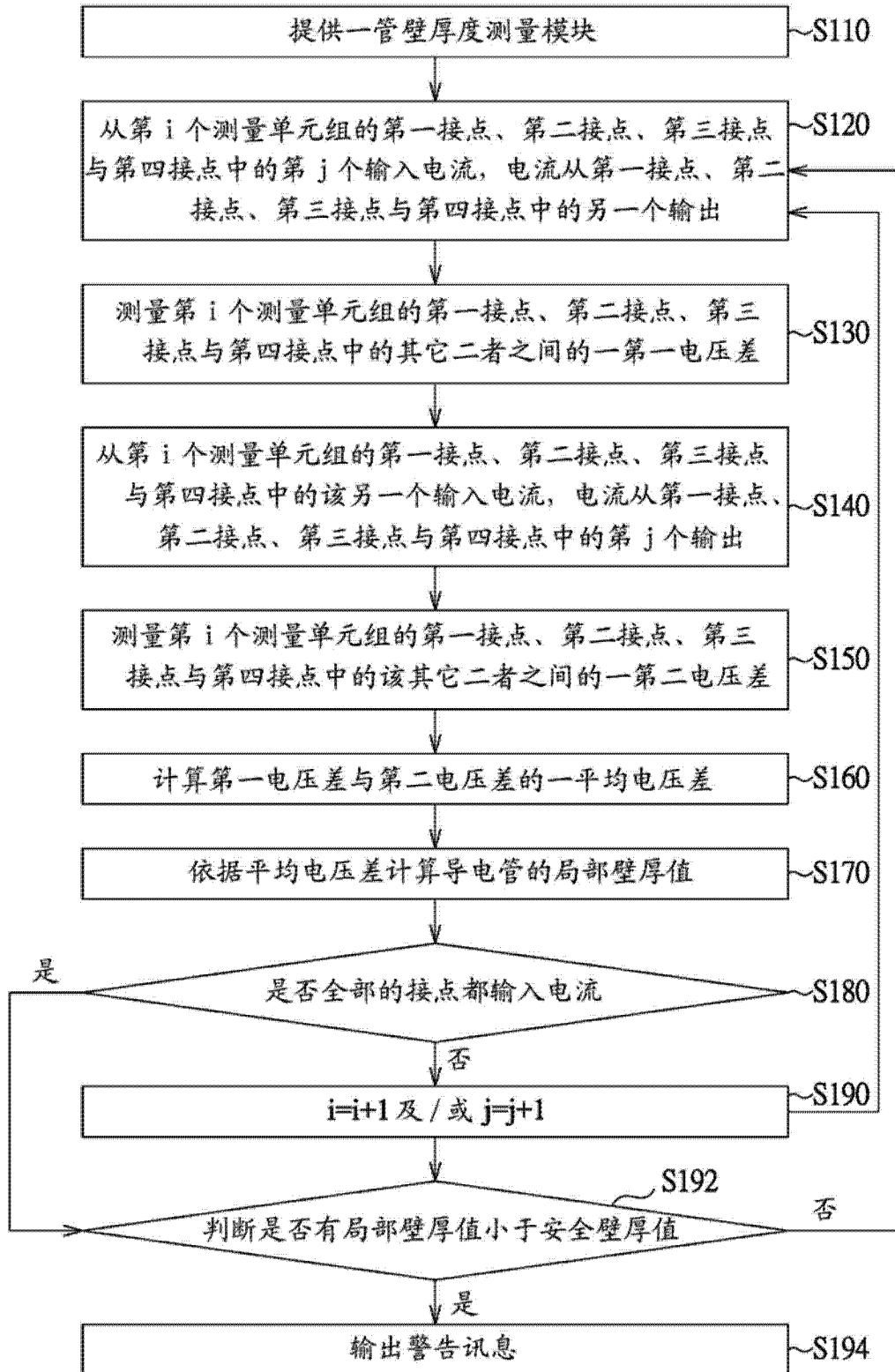


图 1

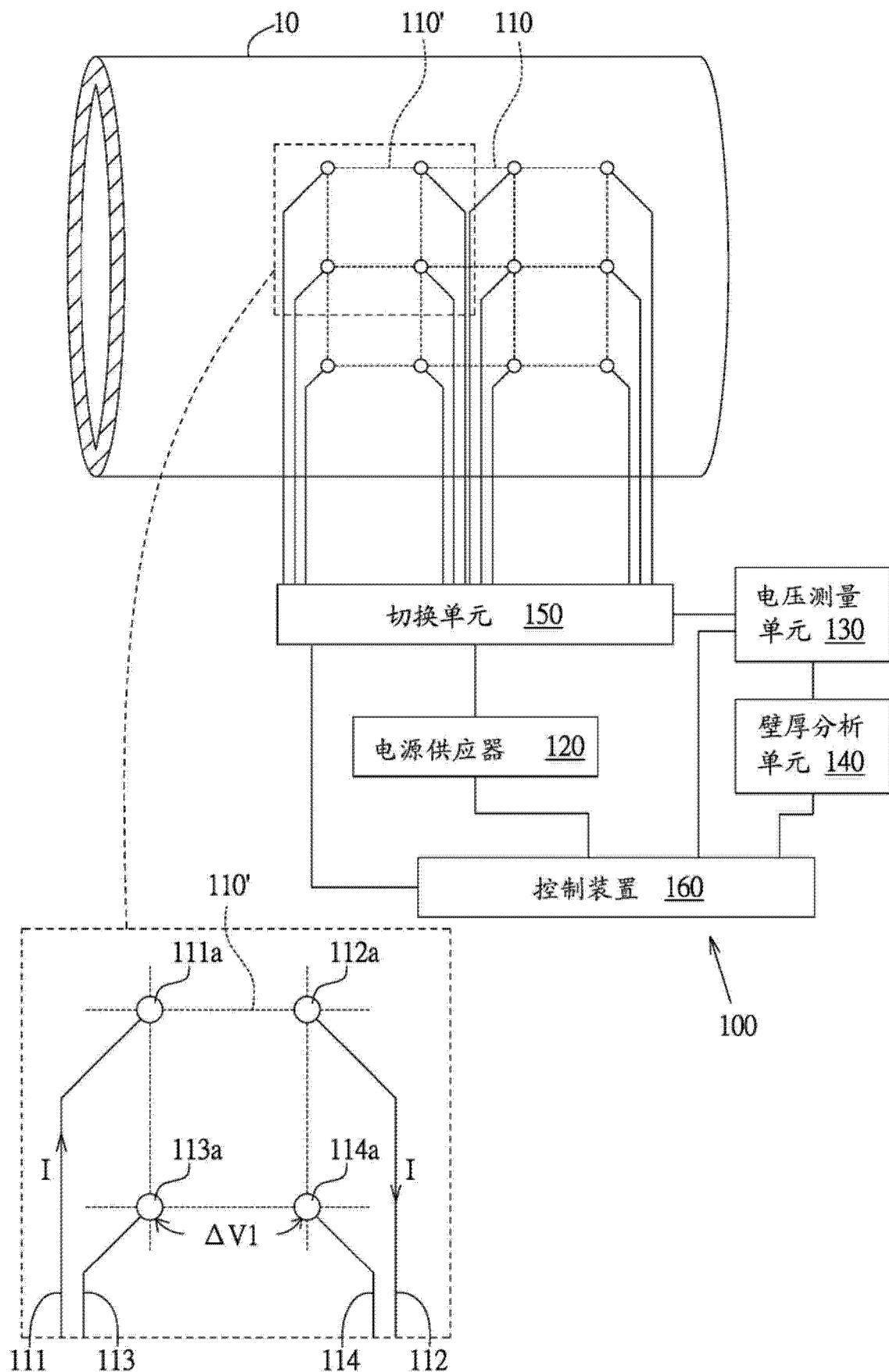


图 2

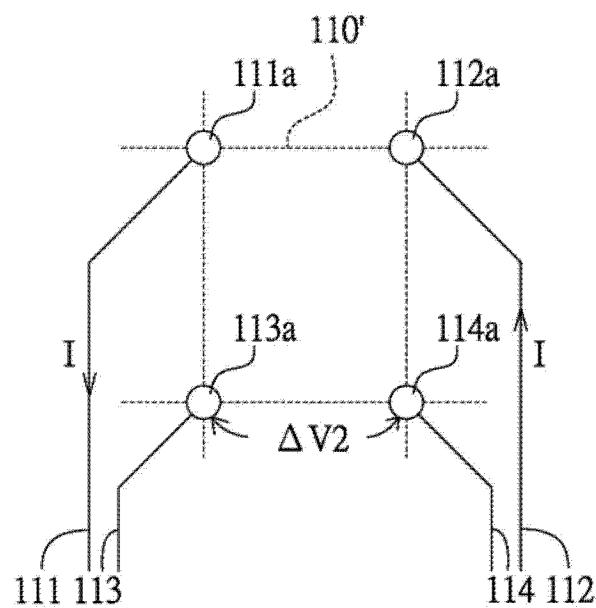


图 3

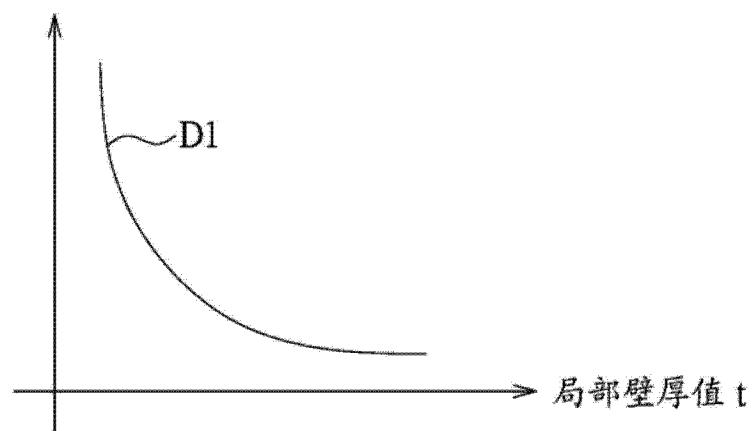
平均电压差  $V_a$ 

图 4

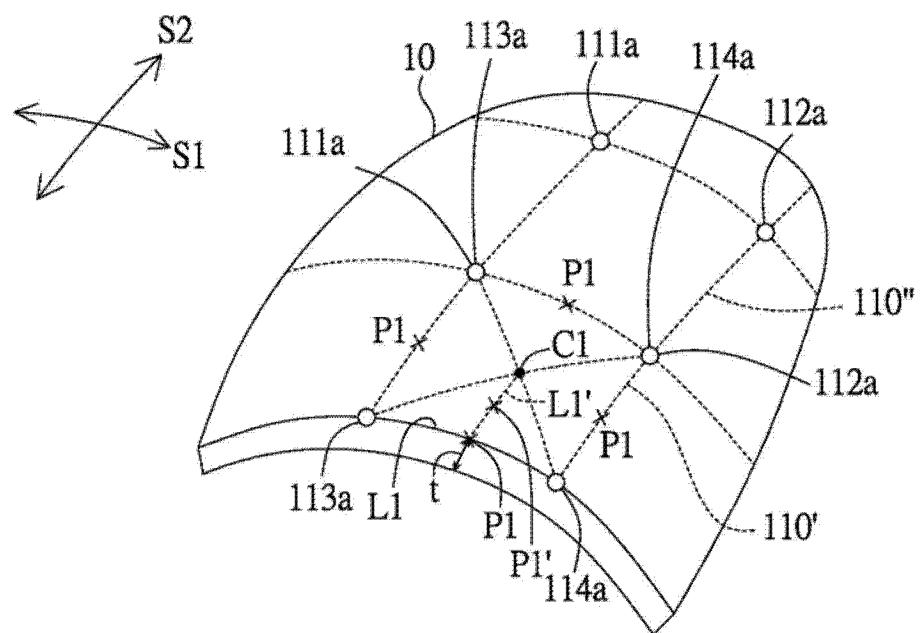


图 5

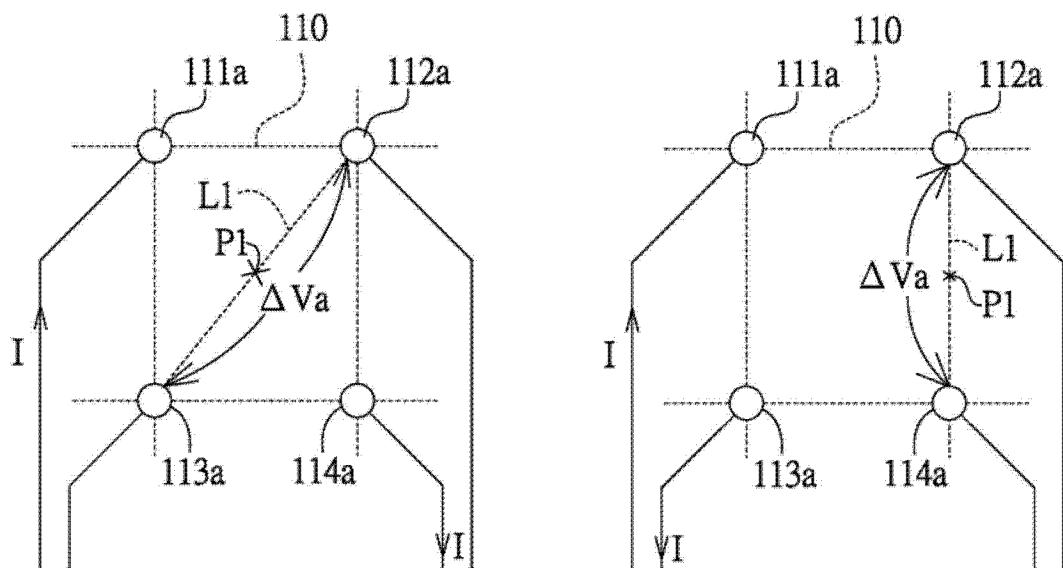


图 6

图 7

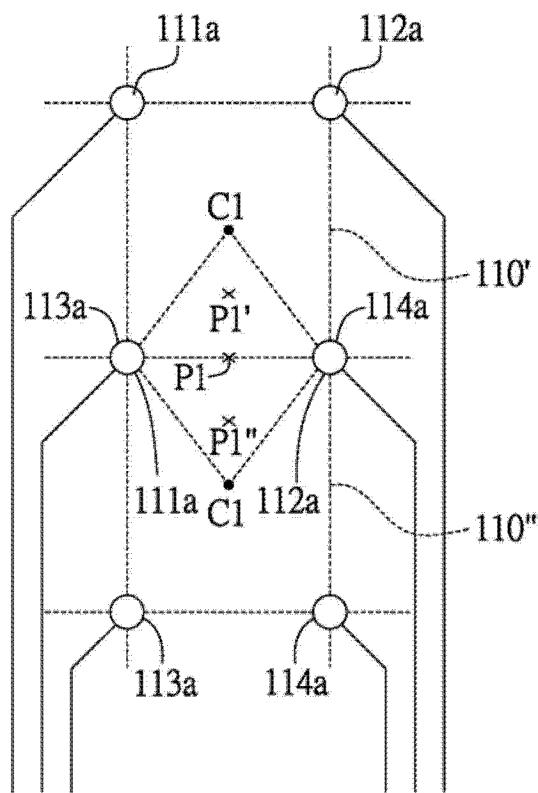


图 8

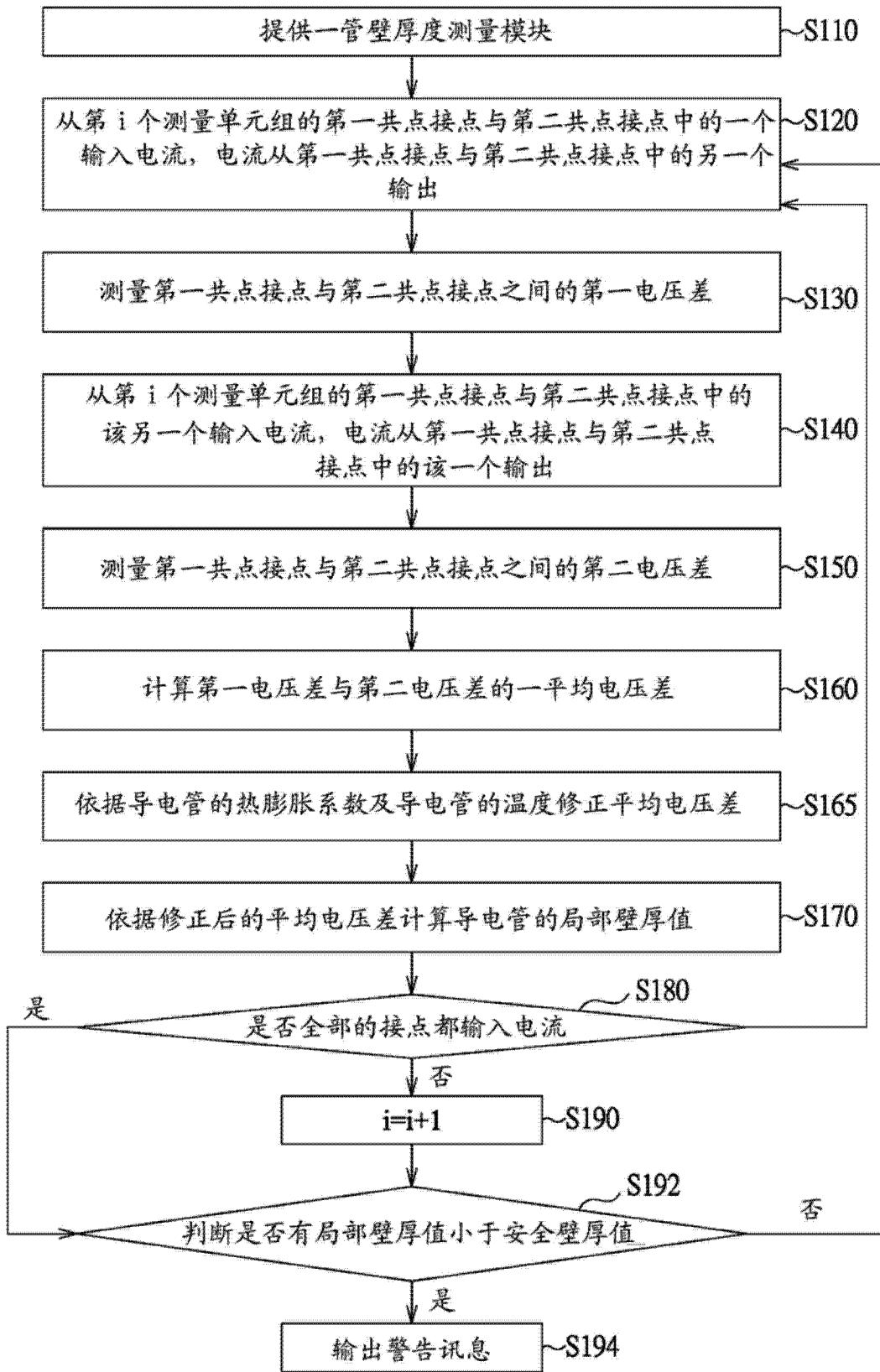


图 9

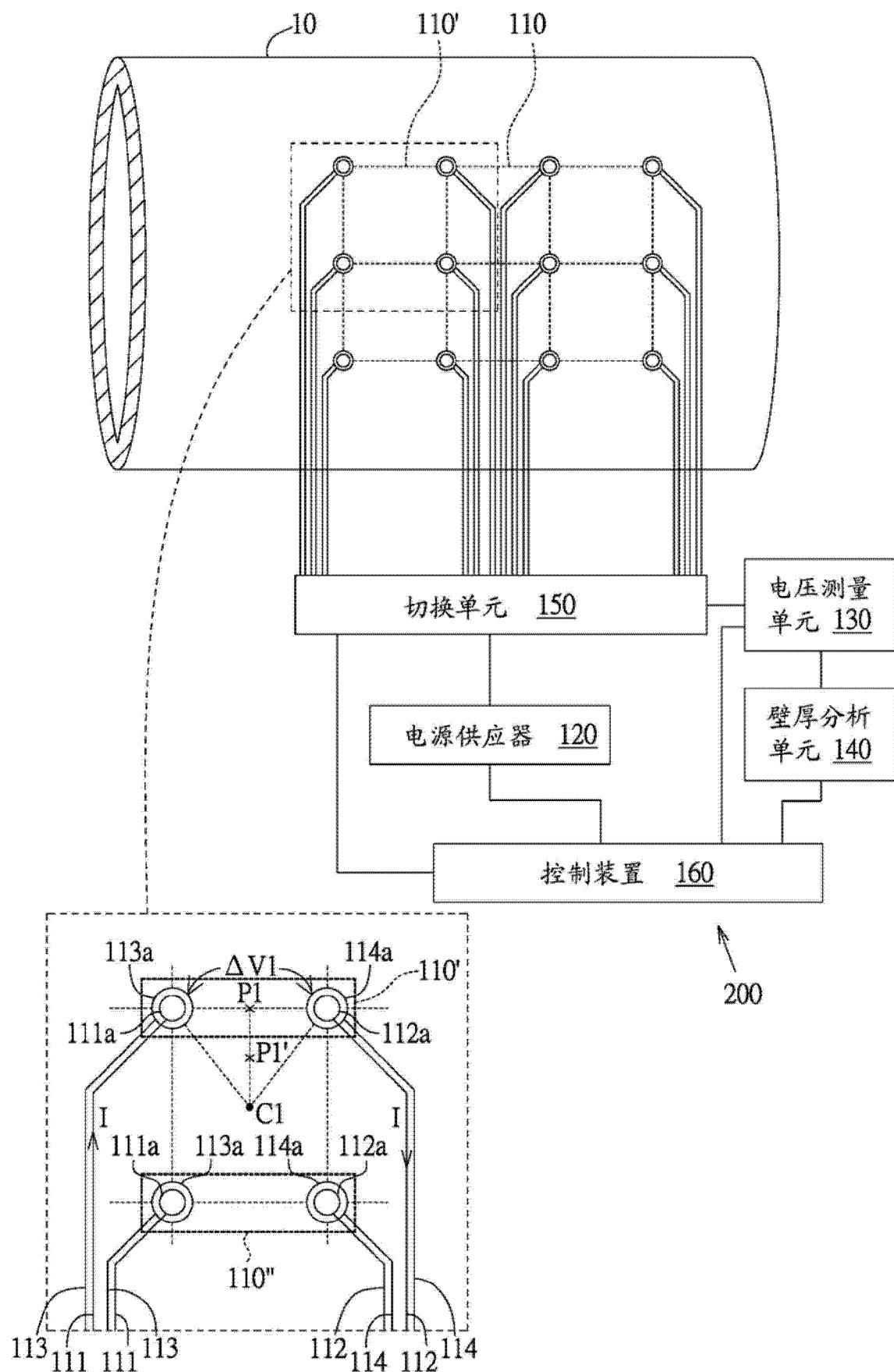


图 10A

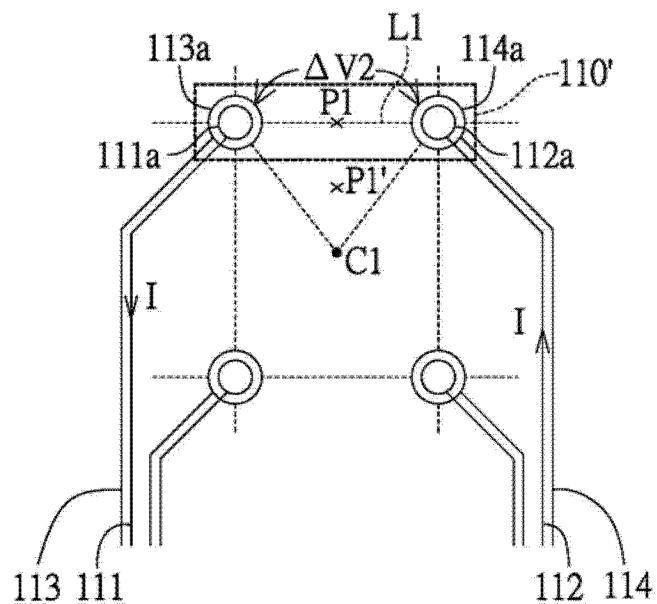


图 10B