



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I875027 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：112121564

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 05 月 03 日

(51)Int. Cl. : G01R13/02 (2006.01)

(30)優先權：2018/05/09 美國

15/974,981

(71)申請人：美商富克有限公司(美國) FLUKE CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：施米策 克里斯汀 SCHMITZER, CHRISTIAN KARL (AT)；史都爾 朗諾 STEUER, RONALD (AT)；羅椎庫 雷卡多 RODRIGUEZ, RICARDO (US)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201625964A

CN 1910461A

CN 107533091A

US 2013/0076343A1

審查人員：黃鴻杰

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：20 共 67 頁

(54)名稱

位置相依的非接觸式電壓及電流測量

(57)摘要

本文提供用於操作及校準測量裝置之系統及方法。該等測量裝置產生參考電流信號並感測一受測試導體中的該等參考電流信號，該等經感測信號用以判定該受測試導體的一校準因數或一位置。一校準系統可控制一校準電壓源以選擇性地在一校準導體中輸出校準電壓。該校準系統可從該電參數測量裝置獲得當測量該校準導體時由該電參數測量裝置擷取的資料。此類資料可包括一或多個參考電流測量、一或多個電壓測量等等。該校準系統利用該等所獲得測量來產生校準資料，該校準資料可儲存在該電壓測量裝置上藉此以供後續操作期間使用。該校準資料可包括一或多個查找表、用於一或多個數學公式的係數等。

Systems and methods for operating and calibrating measurement devices are provided herein. The measurement devices generate reference current signals and sense the reference current signals in a conductor under test, which sensed signals are used to determine a calibration factor or a position of the conductor under test. A calibration system may control a calibration voltage source to selectively output calibration voltages in a calibration conductor. The calibration system may obtain data from the electrical parameter measurement device captured by the electrical parameter measurement device when measuring the calibration conductor. Such data may include one or more reference current measurements, one or more voltage measurements, etc. The calibration system utilizes the obtained measurements to generate calibration data which may be stored on the voltage measurement device for use thereby during subsequent operation. The calibration data may include one or more lookup tables, coefficients for one or more mathematical formulas, etc.

指定代表圖：

符號簡單說明：

500:校準系統

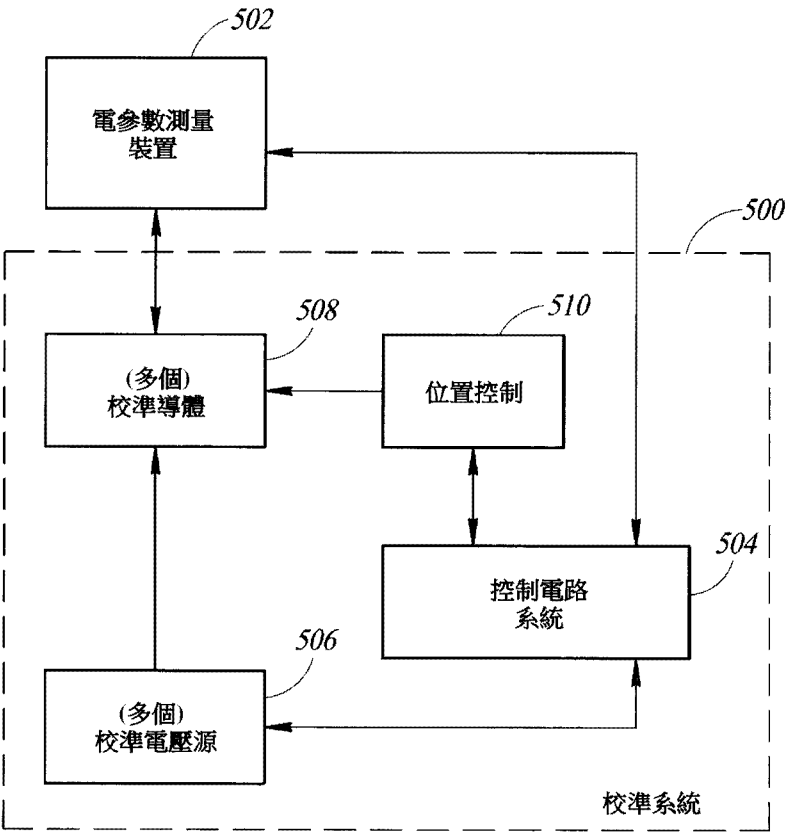
502:電參數測量裝置

504:控制電路系統

506:校準電壓源

508:校準導體

510:位置控制子系統/
位置控制系統



【圖 5】



I875027

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】

位置相依的非接觸式電壓及電流測量

【英文發明名稱】

POSITION DEPENDENT NON-CONTACT VOLTAGE AND
CURRENT MEASUREMENT

【中文】

本文提供用於操作及校準測量裝置之系統及方法。該等測量裝置產生參考電流信號並感測一受測試導體中的該等參考電流信號，該等經感測信號用以判定該受測試導體的一校準因數或一位置。一校準系統可控制一校準電壓源以選擇性地在一校準導體中輸出校準電壓。該校準系統可從該電參數測量裝置獲得當測量該校準導體時由該電參數測量裝置擷取的資料。此類資料可包括一或多個參考電流測量、一或多個電壓測量等等。該校準系統利用該等所獲得測量來產生校準資料，該校準資料可儲存在該電壓測量裝置上藉此以供後續操作期間使用。該校準資料可包括一或多個查找表、用於一或多個數學公式的係數等。

【 英文 】

Systems and methods for operating and calibrating measurement devices are provided herein. The measurement devices generate reference current signals and sense the reference current signals in a conductor under test, which sensed signals are used to determine a calibration factor or a position of the conductor under test. A calibration system may control a calibration voltage source to selectively output calibration voltages in a calibration conductor. The calibration system may obtain data from the electrical parameter measurement device captured by the electrical parameter measurement device when measuring the calibration conductor. Such data may include one or more reference current measurements, one or more voltage measurements, etc. The calibration system utilizes the obtained measurements to generate calibration data which may be stored on the voltage measurement device for use thereby during subsequent operation. The calibration data may include one or more lookup tables, coefficients for one or more mathematical formulas, etc.

【指定代表圖】圖 5

【代表圖之符號簡單說明】

500:校準系統

502:電參數測量裝置

504:控制電路系統

506:校準電壓源

508:校準導體

510:位置控制子系統/位置控制系統

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

位置相依的非接觸式電壓及電流測量

【英文發明名稱】

POSITION DEPENDENT NON-CONTACT VOLTAGE AND
CURRENT MEASUREMENT

【技術領域】

【0001】本揭露大致關於電參數測量裝置，且更具體地關於用於電參數測量裝置的位置相依校準。

【先前技術】

【0002】伏特計係用於測量電路中電壓的儀器。測量超過一個電特性的儀器稱為萬用表或數位萬用表(digital multimeter, DMM)，並且操作以測量大致上用於維修、故障排除及維護應用所需要的數個參數。此類參數一般包括交流(alternating current, AC)電壓及電流、直流(direct current, DC)電壓及電流、以及電阻或連續性(continuity)。亦可測量其他參數，諸如功率特性、頻率、電容及溫度以滿足特定應用的要求。

【發明內容】

【0003】運用測量AC電壓的習知伏特計或萬用表，

需要使至少兩個測量電極或探針與導體電流接觸 (galvanic contact)，這通常需要切斷絕緣導線之絕緣部分，或預先提供用於測量之終端。除了需要用於電流接觸的暴露導線或終端之外，使伏特計探針觸碰裸導線或終端的步驟亦會因為電擊或觸電風險而相對危險。「非接觸」電壓測量裝置可用於偵測交流 (AC) 電壓之存在，而不需要與電路電流接觸。

【0004】另外，對於一些電參數測量裝置(諸如，電流夾鉗或分裂核心式變壓器(split core transformer))，受測試導體可自由地經定位在測量裝置的前端或探針端內的各種實體位置處。在某些情況下，受測試導體的可變位置可負面地影響受測試導體的一或多個電參數(例如，電壓、電流、功率)的測量，從而導致不準確的測量結果。因此，在執行一或多個電參數的測量時，判定受測試導體的位置及/或補償所判定之位置將係有利的。

【0005】一種電參數測量裝置可概述成包括：一前端，其包括一開口，該開口經定大小及定尺寸以接收一受測試導體；複數個導電感測器，其等經定位成鄰近該前端；一或多個參考電壓源，其耦合至該複數個導電感測器，該一或多個參考電壓源操作以在該等導電感測器之各者中輸出一參考電壓；控制電路系統，其通訊地耦合至該一或多個參考電壓源及該複數個導電感測器，其中該控制電路系統在操作時：控制該一或多個參考電壓源以在該等導電感測器之各者中輸出一參考電壓；針對該等導電感測

器之各者獲得一參考電流信號資料點，該參考電流信號資料點指示當該各別參考電壓源在該導電感測器中輸出該參考電壓且該受測試導體經定位在該電參數測量裝置的該前端的該開口中時由該導電感測器測量的一參考信號；及至少部分基於針對該複數個導電感測器之各者獲得的該等參考電流信號資料點，判定待施加至該受測試導體的一電參數測量的一校準因數。

【0006】該控制電路系統在操作時可將所判定之該校準因數施加至該電參數測量，以產生一經校準電參數測量。該電參數測量可包括電壓、電流、或功率之一或多者。該複數個導電感測器可包括二或三個導電感測器。該電參數測量裝置可包括一非接觸式電壓測量裝置、一電流夾鉗、或一分裂核心式變壓器。該控制電路系統在操作時可使用該等參考電流信號資料點在複數個先前判定的校準點之間內插，以判定待施加至該電參數測量的該校準因數。該控制電路系統在操作時可將該等參考電流信號資料點輸入至一先前判定的校準公式中，以判定待施加至該電參數測量的該校準因數。該複數個導電感測器可經定位成鄰近該電參數測量裝置的該前端，使得對於針對該複數個導電感測器獲得的各組參考電流信號資料點，該控制電路系統判定該受測試導體的一單一位置。該控制電路系統可至少部分基於該受測試導體的所判定之該單一位置而判定該校準因數。該複數個導電感測器的至少二者可彼此共面。該複數個導電感測器之各者可具有一長度尺寸及一寬

度尺寸，且該長度尺寸大於該寬度尺寸。該控制電路系統在操作時可判定用於該等參考電流信號資料點之各者之一校準因數。該控制電路系統在操作時可判定用於參考電流信號資料點之各者之該等校準因數的一加權組合以使用作為該校準因數。該加權組合可包括一線性加權組合或一指數加權組合的至少一者。

【0007】一種操作以校準一電參數測量裝置的校準系統，其中該電參數測量裝置在操作時在複數個導電感測器中產生參考電流信號並經由該複數個導電感測器感測一受測試導體中的該等參考電流信號，該校準系統係概述為包括：一可控制校準電壓源，其操作以選擇性地在一校準導體中輸出一電壓；一導體位置控制系統，其操作以選擇性地控制該校準導體相對於一受校準電參數測量裝置的該複數個導電感測器的一位置；及控制電路系統，其可通訊地耦合至該可控制校準電壓源、該導體位置控制系統、及該電參數測量裝置，其中該控制電路系統在操作時：獲得複數個校準點，其中為獲得該等校準點之各者，該控制電路系統：控制該導體位置控制系統以將該校準導體移動至鄰近該電參數測量裝置之該複數個導電感測器的一新實體位置；控制該電參數測量裝置以在該等導電感測器之各者中輸出一參考電壓；針對該等導電感測器之各者獲得一參考電流信號資料點，該參考電流信號資料點指示由該導電感測器測量的一參考信號；至少部分基於針對該導電感測器獲得的該參考電流信號資料點、該校準導體的一已知電

壓、及自該電參數測量裝置接收的該校準導體的一經測量電壓而針對該等導電感測器之各者判定一校準因數；邏輯地關聯該複數個校準因數與該校準導體的該目前位置；及基於所獲得的該複數個校準點判定校準資料；及儲存該校準資料在至少一個非暫時性處理器可讀儲存媒體上，以用於由一或多個電參數測量裝置後續使用。

【0008】該校準資料可包括一查找表，該查找表在操作時允許一電參數測量裝置判定用於特定參考電流信號測量之一校準因數。該校準資料可包括用於一或多個數學公式的係數。

【0009】一種操作一校準系統以校準一電參數測量裝置的方法，其中該電參數測量裝置在操作時在複數個導電感測器中產生參考電流信號並經由該複數個導電感測器感測一受測試導體中的該等參考電流信號，該方法可係概述為包括：藉由針對各校準點執行下列步驟以獲得複數個校準點：在該電參數測量裝置在該等導電感測器之各者中輸出一參考電壓的同時，將一校準導體移動至鄰近該電參數測量裝置之該複數個導電感測器的一新實體位置；針對該電參數測量裝置的該等導電感測器之各者獲得指示由該導電感測器測量的一參考信號的一參考電流信號資料點；至少部分基於針對該導電感測器獲得的該參考電流信號資料點、該校準導體的一已知電壓、及自該電參數測量裝置接收的該校準導體的一經測量電壓而針對該等導電感測器之各者判定一校準因數；邏輯地關聯該複數個校準因數與該

校準導體的該目前位置；及基於所獲得的該複數個校準點判定校準資料；及儲存該校準資料在至少一個非暫時性處理器可讀儲存媒體上，以用於由一或多個電參數測量裝置後續使用。

【0010】判定校準資料可包括產生一查找表，該查找表在操作時允許該電參數測量裝置判定用於特定參考電流信號測量之一校準因數。判定校準資料可包括判定用於一或多個數學公式的係數。

【圖式簡單說明】

【0011】在附圖中，相同參考標號標識類似元件或動作。附圖中元件之尺寸及相對位置未必按比例繪製。例如，各種元件之形狀及角度未必按比例繪製，並且這些元件中之一些可被任意放大及定位以改善圖式易讀性。此外，所繪製之元件之特定形狀不一定意欲傳達關於特定元件之實際形狀的任何資訊，並且可僅是為了便於在附圖中辨識而選擇。

圖1A係根據一闡釋性實施例之一環境的繪圖，其中可由操作者使用包括參考信號類型電壓感測器的非接觸式電壓測量裝置以測量存在於絕緣導線中之AC電壓，而不需要與導線電流接觸。

圖1B係根據一闡釋性實施例之圖1A之非接觸式電壓測量裝置的俯視圖，其展示介於絕緣導線與非接觸式電壓測量裝置的導電感測器之間形成的耦合電容、絕緣導體電

流組件及介於非接觸式電壓測量裝置與操作者之間的體電容(body capacitance)。

圖2係根據一闡釋性實施方案之非接觸式電壓測量裝置之各種內部組件的示意方塊圖。

圖3係展示根據一闡釋性實施方案之非接觸式電壓測量裝置之各種信號處理組件的方塊圖。

圖4係根據一闡釋性實施方案之實作快速傅立葉變換(fast Fourier transform, FFT)之非接觸式電壓測量裝置的示意圖。

圖5係根據一闡釋性實施方案之用於電參數測量裝置(諸如，圖1A至圖4所示之電壓測量裝置)的校準系統的示意方塊圖。

圖6係根據一非限制闡釋性實施方案之電參數測量裝置的V形前端的示意圖，其展示可用以判定受測試導體的位置的三個導電感測器。

圖7係根據一非限制闡釋性實施方案之電參數測量裝置的V形前端的示意圖，其展示可用以判定受測試導體的位置的二個導電感測器，其中該二個導電感測器的位置允許受測試導體的準確位置判定。

圖8係根據一非限制闡釋性實施方案之電參數測量裝置的V形前端的示意圖，其展示可用於判定受測試導體的位置的二個導電感測器，其中該二個導電感測器的位置可能造成受測試導體的不準確位置判定。

圖9係根據一非限制闡釋性實施方案之電參數測量裝

置的前端的示意圖，其展示彼此共面並可用以判定受測試導體的位置的二個導電感測器。

圖 10 係根據一非限制闡釋性實施方案之包括三個導電感測器的電參數測量裝置的 V 形前端的示意圖，其展示受測試導體的各種可能位置。

圖 11 係根據一非限制闡釋性實施方案之展示用於在各種位置處的三個導電感測器的位置相依校準因數的表格。

圖 12 係根據一非限制闡釋性實施方案之展示當受測試導體以與導電感測器的各種距離定位時用於單一導電感測器的位置相依校準因數的表格。

圖 13 係根據一非限制闡釋性實施方案之展示根據距離而變動之導電感測器的參考電流信號及校準因數的圖形。

圖 14 係根據一非限制闡釋性實施方案之展示根據距離而變動之參考電流信號之倒數的線性近似及校準因數的多項式近似的圖形。

圖 15 係根據一非限制闡釋性實施方案之展示根據導電感測器所偵測的參考電流信號的倒數變動之校準因數的圖形。

圖 16A 係根據一非限制闡釋性實施方案之電參數測量裝置的前端的一部分的側立視圖，其展示支撐二個導電感測器的 V 形防護件。

圖 16B 係圖 16A 所示之電參數測量裝置的前端的部分的透視圖。

圖 17 係根據一非限制闡釋性實施方案之繪示用於圖

16A及圖16B所示之前端的感測器之一者的校準因數的二維法向距離相依性的示意表示的圖形。

圖18係根據一非限制闡釋性實施方案之繪示用於圖16A及圖16B所示的前端的二個導電感測器的根據法向距離而變動之參考電流信號及校準因數的圖形。

圖19係根據一非限制闡釋性實施方案之繪示使用自參考電流信號導出的法向距離判定受測試導體之位置的示意圖。

圖20係根據一非限制闡釋性實施方案之鉗形表(clamp meter)的前端的繪圖，其展示可用以判定受測試導體的位置及/或判定待用以改善測量準確度之一或多個校準因數的三個導電感測器的位置。

【實施方式】

【0012】本揭露之系統及方法有利地提供電參數測量裝置(諸如，接觸式及非接觸式「參考信號」類型測量裝置、鉗形表、及分裂核心式變壓器)的校準，以及此種裝置及其他裝置的導體位置判定。首先參考圖1A至圖4，討論參考信號類型測量裝置的各種實例。然後，相關於圖5至圖20，討論各種校準系統及關聯裝置及方法。

【0013】在至少一些實施方案中，本文所揭露的校準系統及方法可用於校準非接觸式測量裝置，其中執行絕緣導線中的一或多個交流(AC)電參數的測量，而不需要在絕緣導線與測試電極或探針之間的電流連接(galvanic

connection)。校準系統及方法亦可用於校準用於產生及偵測參考信號且利用導電測試引線或探針與受測試導體進行電流接觸的習知接觸型測量裝置。可與本文討論之實施方案一起使用的測量裝置的非限制性實例包括數位萬用表、電流夾鉗、及分裂核心式變壓器。

【0014】在下文描述中，提出某些具體細節以提供對各種所揭露實施方案的透徹理解。然而，所屬技術領域中具通常知識者將瞭解，可在沒有這些具體細節之一或多者的情況中實踐實施方案，或運用其他方法、組件、材料等實踐實施方案。在其他情況中，未展示或詳細描述與電腦系統、伺服器電腦及/或通訊網路相關聯之熟知結構，以避免不必要地模糊實施方案之說明。

【0015】除非上下文另外要求，否則在整個說明書及申請專利範圍中，用詞「包含 (comprising)」與「包括 (including)」同義，並且係內含或係開放式的(即，不排除額外、未列舉之元件或方法動作)。

【0016】在本說明書通篇中提及「一個實施方案 (one implementation)」或「一實施方案 (an implementation)」意指關聯於該實施方案描述之一特定特徵、結構或特性被包括在至少一個實施方案中。因此，在本說明書通篇各處，出現的片語「在一個實施方案中」或「在一實施方案中」不一定都是指相同實施方案。此外，可在一或多個實施方案中以任何合適方式來組合特定特徵、結構或特性。

【0017】如本說明書與隨附之申請專利範圍中所使用

者，單數形式「一(a/an)」與「該(the)」皆包括複數的指涉，除非上下文另有明確指定。亦應注意，除非上下文明確另有所指定，否則用語「或(or)」在使用時通常包括「及/或(and/or)」之意涵。

【0018】在此提供的本揭露之標題及摘要僅為方便起見，並且不應解讀為實施方案之範疇或含義。

參考信號類型非接觸電壓測量裝置

【0019】下文論述提供用於測量絕緣(例如，絕緣導線)或裸未絕緣導體(例如，匯流排(bus bar))的交流(AC)電壓而不需要介於導體與測試電極或探針之間之電流連接之系統及方法的實例。本文所揭露之實施方案可在本文中稱為「參考信號類型電壓感測器」或系統。一般而言，提供非電流觸點式(或「非接觸式」)電壓測量裝置，其使用電容感測器相對於接地來測量絕緣導體中之AC電壓信號。在本文中，不需要電流連接之此類系統稱為「非接觸式」。如本文所用，除非另外指明，「電耦合(electrically coupled)」包括直接及間接電耦合。雖然下文論述聚焦於非接觸式參考信號類型測量裝置，但應理解，本文所揭露之校準系統及方法可另外或替代地用於校準接觸式參考信號電壓測量裝置(例如，產生且偵測參考信號之數位萬用表(DMM))。因此，下文的討論可應用於可用以判定一或多個校準因數及/或受測試導體的位置之測量裝置的校準子系統，以及用以獲得一或多個電參數(例如，電壓、電

流、功率)的測量之測量裝置的測量子系統。

【0020】圖1A係根據一闡釋性實施例之一環境100的繪圖，其中可由一操作者104使用包括一參考信號類型電壓感測器或系統的一非接觸式電壓測量裝置102以測量存在於一受測試之絕緣導線106中之AC電壓，而不需要介於該非接觸式電壓測量裝置與受測試之絕緣導線106之間的電流接觸。圖1B係圖1A之非接觸式電壓測量裝置102的俯視平面圖，展示在操作期間非接觸式電壓測量裝置的各種電氣特性。非接觸式電壓測量裝置102包括一殼體或主體108，該殼體或主體包括一抓握部分或端部110及一探針部分或端部112，在本文亦稱為與抓握部分相對的前端。殼體108也可包括促進使用者與非接觸式電壓測量裝置102之互動的使用者介面114。使用者介面114可包括任意數目個輸入(例如，按鈕、撥號盤、開關、觸控感測器)及任何數目個輸出(例如，顯示器、LED、揚聲器、蜂鳴器)。非接觸式電壓測量裝置102也可包括一或多個有線及/或無線通訊介面(例如，USB、Wi-Fi®、藍牙(Bluetooth)®)。

【0021】在至少一些實施方案中，如圖1B所最佳地展示的，探針部分112可包括由第一延伸部分118及第二延伸部分120界定的凹入部分116。凹入部分116接收受測試之絕緣導線106(參見圖1A)。受測試之絕緣導線106包括一導體122及圍繞導體122的一絕緣體124。凹入部分116可包括一感測器或電極126，當絕緣導線經定位在非接觸式電壓測量裝置102之凹入部分116內時，該感測器或電極擱置在

受測試之絕緣導線 106 之絕緣體 124 附近。雖然為清楚起見而未展示，但感測器 126 可設置在殼體 108 內，以防止感測器與其他物體之間的實體及電接觸。此外，雖然在此實例中描繪單一感測器 126，在其他實施方案中，如下文所討論的，可提供複數個間隔開的感測器。

【0022】如圖 1A 所展示，在使用中，操作者 104 可抓住殼體 108 之抓握部分 110 且置放探針部分 112 靠近在受測試之絕緣導線 106，使得非接觸式電壓測量裝置 102 可準確地測量相對於接地 (earth ground) (或另一個參考節點) 存在於導線中之 AC 電壓。儘管探針端部 112 展示為具有凹入部分 116，但在其他實施方案中，探針部分 112 可經不同地組態。例如，在至少一些實施方案中，探針部分 112 可包括一可選擇性移動式夾鉗、一鉤、包括感測器之一平坦或弓形表面、或允許非接觸式電壓測量裝置 102 之一感測器被定位靠近受測試之絕緣導線 106 的其他類型介面。各種探針部分及感測器的實例於下文討論。

【0023】僅在一些實施方案中操作者身體可作為接地 (earth/ground) 之參考。替代地，可使用經由一測試引線 139 與接地 128 的直接連接。本文所論述之非接觸測量功能不限於僅用於相對於接地進行測量的應用。外部參考可電容耦合或直接耦合至任何其他電位。例如，若外部參考電容耦合至三相系統中之另一相，則測量相間電壓 (phase-to-phase voltage)。一般而言，本文所論述之概念不限於僅使用連接至參考電壓及任何其他參考電位的體電容耦合

的接地參考。

【0024】如下文進一步論述，在至少一些實施方案中，在AC電壓測量期間，非接觸式電壓測量裝置102可利用介於操作者104與接地128之間的體電容(C_B)。雖然術語接地用於節點128，但節點不一定是接地，而是可藉由電容耦合而依電流隔離(galvanically isolated)方式連接至任何其他參考電位。

【0025】下文參考圖2至圖4論述由非接觸式電壓測量裝置102使用以測量AC電壓的特定系統及方法。

【0026】圖2展示亦在圖1A及圖1B中展示之非接觸式電壓測量裝置102之各種內部組件的示意圖。在此實例中，非接觸式電壓測量裝置102之導電感測器126係實質「V形」的且定位成鄰近受測試之絕緣導線106，且與受測試之絕緣導線106之導體122電容耦合，形成感測器耦合電容器(C_o)。處置非接觸式電壓測量裝置102之操作者104具有接地的體電容(C_B)。再者，如圖1A及圖1B中所展示，可使用藉由一導線(例如，測試引線139)之直接導電接地耦合。因此，如圖1B及圖2所展示，透過串聯連接之耦合電容器(C_o)及體電容(C_B)，在導線122中之AC電壓信號(V_o)產生一絕緣導體電流分量或「信號電流」(I_o)。在一些實施方案中，體電容(C_B)亦可包括電流隔離之測試引線，該測試引線產生對地電容或任何其他參考電位。

【0027】待測量之導線122中之AC電壓(V_o)具有至外部接地128(例如，中性線(neutral))的連接。當操作者

104(圖 1)將非接觸式電壓測量裝置固持於其手中時，非接觸式電壓測量裝置 102 本身也具有主要由體電容 (C_B) 組成的對接地 128 之電容。電容 C_O 及 C_B 兩者產生導電環路，且該環路內的電壓產生信號電流 (I_O)。信號電流 (I_O) 係由電容耦合至導電感測器 126 的 AC 電壓信號 (V_O) 所產生，且通過非接觸式電壓測量裝置之殼體 108 及對接地 128 的體電容器 (C_B) 而迴歸至外部接地 128。電流信號 (I_O) 取決於非接觸式電壓測量裝置 102 之導電感測器 126 與受測試之絕緣導線 106 之間的距離、導電感測器 126 之特定形狀、及導體 122 中之大小及電壓位準 (V_O)。

【0028】為了補償直接影響信號電流 (I_O) 的距離變異且因此補償耦合電容器 (C_O) 變異，非接觸式電壓測量裝置 102 包括共同模式參考電壓源 130，該共同模式參考電壓源產生具有與信號電壓頻率 (f_O) 不同之參考頻率 (f_R) 的 AC 參考電壓 (V_R)。

【0029】為了減少或避免雜散電流，非接觸式電壓測量裝置 102 之至少一部分可被導電內部接地防護件或網屏 132 圍繞，該導電內部接地防護件或網屏使得大部分電流通過導電感測器 126，該導電感測器與受測試之絕緣導線 106 之導體 122 形成耦合電容器 (C_O)。內部接地防護件 132 可由任何合適之導電材料(例如，銅)形成，且可係實心(例如，箔)或具有一或多個開口(例如，網格)。

【0030】另外，為了避免內部接地防護件 132 與外部接地 128 之間的電流，非接觸式電壓測量裝置 102 包括一導

電參考屏蔽 134。參考屏蔽 134可由任何合適之導電材料(例如，銅)所形成，並且可係實心(例如，片金屬、塑料殼體內側之濺鍍金屬)、可撓(例如，箔)、或具有一或多個開口(例如，網格)。共同模式參考電壓源 130電耦合在參考屏蔽 134與內部接地防護件 132之間，而產生具有用於非接觸式電壓測量裝置 102之參考電壓(V_R)及參考頻率(f_R)的共同模式電壓或參考信號。此類 AC參考電壓(V_R)驅動額外參考電流(I_R)通過耦合電容器(C_O)及體電容器(C_B)。

【0031】圍繞導電感測器 126之至少一部分的內部接地防護件 132保護導電感測器免於 AC參考電壓(V_R)之的直接影響而避免導電感測器 126與參考屏蔽 134之間之參考電流(I_R)的非所要偏移。如上所述，內部接地防護件 132係用於非接觸式電壓測量裝置 102的內部電子接地 138。在至少一些實施方案中，內部接地防護件 132也圍繞非接觸式電壓測量裝置 102的一些或全部的電子器件，以避免 AC參考電壓(V_R)耦合至電子器件中。

【0032】如上文所述，參考屏蔽 134用於將參考信號注入至輸入 AC電壓信號(V_O)上，且其第二功能是最小化防護件 132至接地 128電容。在至少一些實施方案中，參考屏蔽 134圍繞非接觸式電壓測量裝置 102之殼體 108之一些或全部。在此類實施方案中，一些或全部的電子器件看到參考共同模式信號，該參考共同模式信號也在導電感測器 126與受測試之絕緣導線 106中的導體 122之間產生參考電流(I_R)。在至少一些實施方案中，參考屏蔽 134中之唯一間

隙可係用於導電感測器 126 之開口，該開口允許在非接觸式電壓測量裝置 102 之操作期間定位導電感測器靠近受測試之絕緣導線 106。

【0033】內部接地防護件 132 及參考屏蔽 134 可在非接觸式電壓測量裝置 102 之殼體 108 (參見圖 1A 及圖 1B) 周圍提供雙層網屏。參考屏蔽 134 可設置在殼體 108 之外表面上，且內部接地防護件 132 可作用為內部屏蔽或防護件。導電感測器 126 藉由防護件 132 而對參考屏蔽 134 屏蔽，使得任何參考電流流動均由導電感測器 126 與受測試導體 122 之間的耦合電容器 (C_o) 產生。感測器 126 周圍之防護件 132 亦減少靠近感測器的相鄰導線的雜散影響。

【0034】如圖 2 所展示，非接觸式電壓測量裝置 102 可包括操作為反相電流轉電壓轉換器的一輸入放大器 136。輸入放大器 136 具有電耦合至內部接地防護件 132 的一非反相終端，該內部接地防護件作用為非接觸式電壓測量裝置 102 之內部接地 138。輸入放大器 136 之一反相終端可電耦合至導電感測器 126。回授電路系統 137 (例如，回授電阻器) 亦可耦合在輸入放大器 136 之反相終端與輸出終端之間，以提供用於輸入信號調節的回授及適當增益。

【0035】輸入放大器 136 接收來自導電感測器 126 的信號電流 (I_o) 及參考電流 (I_R) 且將所接收電流轉換成感測器電流電壓信號，該感測器電流電壓信號指示在輸入放大器之輸出終端處的導電感測器電流。感測器電流電壓信號可係例如一類比電壓。類比電壓可饋送至信號處理模組 140，

如下文進一步討論的，該信號處理模組處理感測器電流電壓信號以判定受測試之絕緣導線 106 之導體 122 中之 AC 電壓 (V_o)。信號處理模組 140 可包括數位電路系統及/或類比電路系統之任何組合。

【0036】非接觸式電壓測量裝置 102 也可包括通訊地耦合至信號處理模組 140 的使用者介面 142 (例如，顯示器)，以將所判定之 AC 電壓 (V_o) 呈現或藉由介面傳達給非接觸式電壓測量裝置之操作者 104。

【0037】圖 3 係非接觸式電壓測量裝置 300 的方塊圖，展示非接觸式電壓測量裝置之各種信號處理組件。圖 4 係圖 3 之非接觸式電壓測量裝置 300 的更詳細圖。

【0038】非接觸式電壓測量裝置 300 可類似或相同於上文論述之非接觸式電壓測量裝置 102。因此，用相同的參考符號來標記類似或相同之組件。如所示，輸入放大器 136 將來自導電感測器 126 的輸入電流 ($I_o + I_R$) 轉換成指示輸入電流的感測器電流電壓信號。使用類比轉數位轉換器 (analog-to-digital converter, ADC) 302 將感測器電流電壓信號轉換成數位形式。

【0039】藉由方程式 (1) 使導線 122 中之 AC 電壓 (V_o) 與 AC 參考電壓 (V_R) 相關：

$$\frac{V_o}{V_R} = \frac{I_o \times f_R}{I_R \times f_o} \quad (1)$$

其中 (I_o) 係由於導體 122 中之 AC 電壓 (V_o) 而通過導電感測器 126 之信號電流，(I_R) 係由於 AC 參考電壓 (V_R) 而通過導

電感測器 126 之參考電流， (f_o) 係正被測量之 AC 電壓 (V_o) 之頻率，且 (f_R) 係參考 AC 電壓 (V_R) 之頻率。

【0040】與 AC 電壓 (V_o) 相關之具有下標「O」之信號所具有之特性(如頻率)不同於與共同模式參考電壓源 130 相關之具有下標「R」之信號之特性。在圖 4 之實施中，諸如實作快速傅立葉變換(FFT)演算法 306 之電路系統的數位處理可用於分離不同頻率之信號量值。在其他實施方案中，類比電子濾波器亦可用於將「O」信號特性(例如，量值、頻率)與「R」信號特性分開。

【0041】由於耦合電容器 (C_o) ，電流 (I_o) 及 (I_R) 分別取決於頻率 (f_o) 及 (f_R) 。流動通過耦合電容器 (C_o) 及體電容 (C_B) 的電流與頻率成比例，且因此，需要測量受測試導體 122 中之 AC 電壓 (V_o) 之頻率 (f_o) ，以判定參考頻率 (f_R) 對信號頻率 (f_o) 的比率(其已利用在上文列出之方程式(1)中)，或參考頻率係已知的(此係因為其係由系統本身產生)。

【0042】在輸入電流 (I_o+I_R) 已被輸入放大器 136 調節並被 ADC 302 數位化之後，可藉由使用 FFT 306 在頻域中表示信號來判定數位感測器電流電壓信號之頻率分量(參見圖 7)。當已測量頻率 (f_o) 及 (f_R) 二者時，可判定頻率頻格(frequency bin)以從 FFT 306 計算電流 (I_o) 及 (I_R) 之基本量值。

【0043】電流 (I_R) 及/或電流 (I_o) 之量值可根據參考信號感測器或電極(例如，電極 126)與受測試之絕緣導線 106 之導體 122 之間的距離而變動。因此，系統可比較所測量

電流 (I_R) 及 / 或 電流 (I_O) 及 預期 各別 電流，以 判定 參考 信號 感測器 或 電極 與 導體 122 之 間的 距離。

【0044】接下來，如圖 3 之方塊 308 所指示者，電流 (I_R) 及 (I_O) 之基本諧波 (分別標示為 $I_{R,1}$ 及 $I_{O,1}$) 的比率可藉由所判定之頻率 (f_O) 及 (f_R) 校正，且此因數可藉由相加導線 122 中之諧波 (V_O) (係藉由計算平方諧波和之平方根而完成) 而用以計算所測量原始基本或 RMS 電壓，且可在顯示器 312 上呈現給使用者。

【0045】例如，取決於受測試之絕緣導線 106 與導電感測器 126 之間的距離，以及感測器 126 之特定形狀及尺寸，耦合電容器 (C_O) 通常可具有在約 0.02 pF 至 1 pF 之範圍中的電容值。例如，體電容 (C_B) 可具有大約 20 pF 至 200 pF 之電容值。

【0046】從上文之方程式 (1) 可看出，由共同模式參考電壓源 130 產生之 AC 參考電壓 (V_R) 不需要在與導體 122 中之 AC 電壓 (V_O) 相同的範圍中以達成信號電流 (I_O) 及參考電流 (I_R) 的類似電流量值。藉由選擇相對高的參考頻率 (f_R)，AC 參考電壓 (V_R) 可相對低 (例如，小於 5 V)。作為一實例，參考頻率 (f_R) 可選擇成 3 kHz，其比具有 60 Hz 之信號頻率 (f_O) 的典型 120 VRMS AC 電壓 (V_O) 高 50 倍。在此類情況中，可將 AC 參考電壓 (V_R) 選擇成僅 2.4 V (即， $120\text{ V} \div 50$) 以產生相同的參考電流 (I_R) 作為信號電流 (I_O)。一般而言，將參考頻率 (f_R) 設定為信號頻率 (f_O) 之 N 倍允許 AC 參考電壓 (V_R) 具有在導線 122 中之 AC 電壓 (V_O) 的 $(1/N)$ 倍之值以

產生彼此在相同範圍中的電流(I_R)及(I_O)，以達成 I_R 及 I_O 的類似不確定性。

【0047】可使用任何合適之信號產生器產生具有參考頻率(f_R)之AC參考電壓(V_R)。在圖3繪示之實例中，使用Sigma-Delta數位轉類比轉換器(Σ - Δ DAC) 310。 Σ - Δ DAC 310使用位元串流以產生具有經定義參考頻率(f_R)及AC參考電壓(V_R)的波形(例如，正弦波形)信號。在至少一些實施方案中， Σ - Δ DAC 310可產生與FFT 306之窗同相之波形以減小抖動。可使用任何其他參考電壓產生器，諸如PWM，其可使用低於 Σ - Δ DAC的運算能力。

【0048】在至少一些實施方案中，ADC 302可具有14個位元之解析度。在操作中，針對標稱50 Hz輸入信號，ADC 302可依10.24 kHz取樣頻率下取樣來自輸入放大器136之輸出，以在100 ms提供 2^n 個樣本(1024)(用於FFT 306之10 Hz頻格)，該等樣本準備好供FFT 306處理。對於60 Hz輸入信號，取樣頻率可係12.288 kHz，例如，以獲得每循環相同數目個樣本。ADC 302之取樣頻率可與參考頻率(f_R)之全數目個循環同步。輸入信號頻率可在例如40 Hz至70 Hz之範圍內。取決於AC電壓(V_O)之所測量頻率，用於AC電壓(V_O)的頻格可使用FFT 306判定並使用漢尼視窗(Hanning window)函數用於進一步計算，以抑制由彙總間隔中擷取之不完整信號循環所造成之相移抖動。

【0049】在一實例中，共同模式參考電壓源130產生具有2419 Hz之參考頻率(f_R)的AC參考電壓(V_R)。對於60

Hz信號，此頻率在第40諧波與第41諧波之間，對於50 Hz信號，此頻率在第48諧波與第49諧波之間。藉由提供具有不是所預期之AC電壓(V_o)之諧波的參考頻率(f_R)的AC參考電壓(V_R)，AC電壓(V_o)不太可能影響參考電流(I_R)之測量。

【0050】在至少一些實施方案中，將共同模式參考電壓源130之參考頻率(f_R)選擇成最不可能由受測試導體122中之AC電壓(V_o)之諧波影響的頻率。作為一實例，當參考電流(I_R)超過限制時，可斷開共同模式參考電壓源130，其可指示導電感測器126正在接近受測試導體122。可在斷開共同模式參考電壓源130之情況中進行測量(例如，100 ms測量)，以偵測數個(例如，三個、五個)候選參考頻率之信號諧波。然後，可在數個候選參考頻率判定AC電壓(V_o)中之信號諧波之量值，以識別哪些候選參考頻率最不可能被AC電壓(V_o)之信號諧波影響。然後，可參考頻率(f_R)將設定成所識別之候選參考頻率。參考頻率之此切換可避免或減少信號頻譜中之可能參考頻率分量的影響，這會增加所測量參考信號並降低準確度，並且可產生不穩定結果。除了2419 Hz以外之具有相同特性之其他頻率包括例如2344Hz及2679Hz。

校準系統及方法

【0051】如上文所討論的，由電壓測量裝置產生之參考電壓(V_R)及參考頻率(f_R)係已知的，並可在參考電壓源

130(圖 2)之輸出處測量。輸出電壓(V_o)係由上文之方程式(1)定義。在理想情況中，若參考電壓(V_R)係已知，且所需要的所有其他參數係比率 I_o/I_R 及 f_R/f_o ，則電壓測量裝置不需要校準。然而，在實務中，存在若干影響因素，諸如信號處理電路系統之頻寬、洩漏電容、及受測試導體相對於測量裝置的特定位置，其在輸出電壓測量導致與受測試導體中之實際輸出電壓的偏差。一個因素係感測器 126(或多個感測器)與環境之間的雜散洩漏電容，其往往導致參考電流(I_R)增加，且因此比率 I_o/I_R 減少。另外，感測器 126與參考屏蔽 134之間的直接電容耦合導致偏移，其進一步增加參考電流(I_R)。在來自理想情況之參考電流(I_R)中的此類增加導致輸出電壓(V_o)之計算小於受測試導體中之實際輸出電壓。因此，本文所討論之校準系統及方法允許使用所判定校準參數或因數來準確測量受測試導體中之輸出電壓(V_o)或其他參數，該等所判定校準參數或因數取決於耦合電容(C_o)，或等效地，取決於一或多個感測器之各者與受測試導體之間的距離。如下文進一步討論者，在至少一些實施方案中，利用複數個感測器，且受測試導體之位置係藉由複數個感測器測量之參考電流的三角測量判定。

【0052】圖 5 展示可用以校準電參數測量裝置 502(例如，DMM、電流夾鉗、或分裂核心式變壓器)之實例校準系統 500 的示意方塊圖。電參數測量裝置 502 可係任何非接觸或接觸式測量裝置，諸如產生並感測參考信號的測量裝置。校準系統 500 可包括控制校準系統之各種功能的控制

電路系統 504。校準系統 500 亦可包括可操作以選擇性地輸出校準或測試電壓至校準導體 508 的校準電壓源 506。控制電路系統 504 可係可操作地耦合至校準電壓源 506 以控制其操作。校準系統 500 也可包括位置控制子系統 510，該位置控制子系統操作在校準程序期間選擇性地機械控制校準導體 508 相對於電參數測量裝置 502 之位置。校準導體 508 可係用於在校準非接觸式電參數測量裝置時使用的絕緣導體，或可係在校準接觸式電參數測量裝置時使用的非絕緣導體。

【0053】校準系統 500 之控制電路系統 504 可藉由任何合適的有線或無線連接而可操作地耦合至電參數測量裝置 502。如下文進一步討論者，控制電路系統 504 可操作以發送指令或資料至電參數測量裝置 502 或接收來自該電參數測量裝置之指令或資料。控制電路系統 504 控制位置控制子系統 510 以在電參數測量裝置之前端或測量端的開口或接收部分內選擇性地調整校準導體 508 之位置，使得複數個感測器的各者與校準導體之間的電容耦合 C_o 改變，以修改複數個感測器的各別參考電流 I_R ，以獲得用於校準導體 508 之複數個實體位置的不同校準點。

【0054】一般而言，控制電路系統 504 可包括通訊地耦合至校準電壓源 506、位置控制子系統 510、及儲存處理器可執行指令或資料之至少一者的至少一個非暫時性處理器可讀儲存媒體的至少一個處理器。控制電路系統 504 可包括任何類型處理單元，諸如一或多個中央處理單元

(central processing unit, CPU)、數位信號處理器(digital signal processor, DSP)、特殊應用積體電路(application-specific integrated circuit, ASIC)、場可程式化閘陣列(field programmable gate array, FPGA)、可程式化邏輯控制器(programmable logic controller, PLC)、人工神經網絡電路或系統、或任何其他離散或整合式邏輯組件。耦合至控制電路系統504之非暫時性處理器可讀儲存媒體可包括任何類型的非暫時性揮發性及/或非揮發性記憶體。

【0055】在至少一些實施方案中，控制電路系統504可包括通訊介面或使用介面。使用者介面可促進使用者與校準系統500的互動。使用者介面可包括任意數目個輸入(例如，按鈕、撥號盤、開關、觸控感測器)及任何數目個輸出(例如，顯示器、LED、揚聲器、蜂鳴器)。例如，使用者介面可包括允許操作者修改校準系統500之一或多個可調整設定或電參數測量裝置502的輸入。通訊介面可實作一或多個有線及/或無線通訊技術(例如，USB、Wi-Fi®、藍牙®)，其允許校準系統500與電參數測量裝置502或與一或多個本機或遠端之以外部處理器為基礎的裝置通訊。

【0056】在至少一些實施方案中，電參數測量裝置502之輸出電壓(V_o)測量可取決於所測量之參考電流信號(I_R)及/或受測試導體中之實際輸出電壓。因此，在至少一些實施方案中，本文討論之校準系統及方法對此類參數之一或二者提供補償，以允許在受測試導體相對於電參數測

量裝置 502 的各種電壓及各種位置處準確測量輸出電壓 (V_o)，其之各種位置對應於電參數測量裝置 502 的複數個感測器 (例如，2 個感測器、3 個感測器) 之參考電流 (I_R) 的位準的各種組合。

【0057】一般而言，在校準程序期間，控制電路系統 504 控制校準電壓源 506 以輸出已知校準電壓 (例如，100 VAC、250 VAC、800 VAC) 至校準導體 508 並控制位置控制系統 510 以將校準導體移動至電參數測量裝置 502 之前端或測量部分內的已知位置 (例如，X/Y 位置)。然後控制電路系統 504 接收在校準導體 508 中之校準電壓的測量期間由電參數測量裝置獲得的來自電參數測量裝置 502 之資料。此類資料可包括複數個感測器的所測量參考電流信號 (I_R)、所判定之輸出電壓 (V_o) 等。例如，電參數測量裝置 502 可依參考圖 1A 至圖 4 於上文討論之方式獲得此類資料。當校準導體 508 位於不同位置處且可選地在不同的校準電壓時，此程序可重複數次。

【0058】對於校準導體 508 之複數個位置之各者及一或多個校準電壓 (例如，100 VAC、250 VAC、800 VAC) 之各者，控制電路系統 504 可獲得與校準電壓關聯之複數個校準點。在至少一些實施方案中，校準點之各者包括用於電參數測量裝置之各別複數個感測器之各者的參考電流信號資料點及校準因數。參考電流信號資料點係從電參數測量裝置 502 之感測器獲得之測量，該參考電流信號資料點指示當校準電壓源 506 在校準導體 508 中輸出校準電壓時由

電參數測量裝置之感測器測量之參考電流信號。校準因數可係指示已知校準電壓對從電參數測量裝置之感測器獲得的所測量未校準輸出電壓(V_o)資料點之比率的值，該所測量未校準輸出電壓資料點係由該電參數測量裝置至少部分基於感測器的參考電流信號資料點(例如，使用上文之方程式(1))來判定。例如，若控制電路系統504使校準電壓源506在校準導體508中輸出100 VAC，且電參數測量裝置502的感測器測量110 VAC之輸出電壓，則校準因數將係 $100/110 = 0.909$ 。對於特定測量，由電參數測量裝置502測量之未校準輸出電壓可乘以校準因數以提供正確輸出電壓。繼續執行上述實例，110 VAC之未校準輸出電壓可乘以0.909的校準因數，以提供受測試導體中之100 VAC之實際輸出電壓。

【0059】如下文進一步討論者，在獲得校準點之後，控制電路系統504可基於所獲得的複數個校準點來判定用於電參數測量裝置502的校準資料。校準資料可取決於由電參數測量裝置的複數個感測器測量的參考電流信號。在至少一些實施方案中，校準資料亦可取決於複數個校準電壓。然後，控制電路系統504可將校準資料儲存於與電參數測量裝置502關聯之至少一個非暫時性處理器可讀儲存媒體上，以在其後續操作期間供電參數測量裝置或其他電參數測量裝置(例如，具有相同或類似的物理特性)使用。例如，校準資料可包括一或多個查找表及/或用於一或多個數學公式的係數。

【0060】圖6係電參數測量裝置之V形前端600的示意圖，其展示設置在防護件602上可用以判定受測試導體610之位置的三個導電感測器604、606、及608。也展示分別由感測器604、606、及608測量之參考電流612、614、及616的量值，其中將各恆定量值參考電流表示為弧形虛線，該弧形虛線具有指示參考電流之恆定量值的特定距離，其指示由感測器判定之受測試導體610的可能位置。如所示，三個參考電流612、614、及616在受測試導體610的X/Y位置處相交。因此，使用三個感測器604、606、608之參考電流612、614、及616的三角測量，受測試導體610之位置可準確地判定。

【0061】如下文進一步討論者，位置判定可用以選擇或導出待施加至電參數測量裝置之電參數測量的校準因數。例如，可實行先前校準程序以界定一組離散資料點(諸如，校準網格)，該組離散資料點指定受測試導體之任何可能位置的校準因數。校準程序可導致位置座標、分別用於感測器604、606、及608之各者的參考電流 I_{REF1} 、 I_{REF2} 、 I_{REF3} 、及指示待施加至電參數(例如，電流、電壓、功率)之測量的校正量的校準因數(例如 V_{CAL1} 、 V_{CAL2} 、 V_{CAL3})。類似於上述方程式(1)，未知信號電壓 V_O 可計算如下：

$$V_O = \frac{I_{OX} \times f_R}{I_{RefX} \times f_{OX}} \times V_{Ref} \times V_{CALX} \quad (2)$$

其中 V_{CALX} 係用於感測器X(亦即， $X=1、2、3$)之校準因

數、 I_{ox} 係來自各感測器之信號電流、 f_{ox} 係由三個感測器之各者測量的信號頻率(例如，50Hz、60Hz)， V_{REF} 係在電參數測量裝置內部產生的共同模式參考電壓，且 f_R 係參考電壓的頻率。

【0062】圖7係電參數測量裝置的V形前端700的示意圖，其展示設置在防護件702上之可用於判定受測試導體708的位置的二個導電感測器704及706，其中該二個導電感測器的位置允許受測試導體的準確位置判定。相反地，圖8係電參數測量裝置的V形前端800的示意圖，其展示設置在防護件802上之可用於判定受測試導體808的位置的二個導電感測器804及806，其中該二個導電感測器的位置可造成受測試導體模糊或不準確的位置判定。

【0063】參考圖7，將感測器704定位在防護件702的底部或基座部分，並將感測器706定位在防護件的左側或左部分(如所示)上。第一彎曲虛線710表示由感測器704偵測之恆定參考電流量值，且第二彎曲虛線712表示由感測器706偵測之恆定參考電流量值。如所示，曲線710及曲線712僅在一個位置相交，其係受測試導體708之位置。亦即，曲線710及曲線712之其他理論交點將在V形防護件702外側，且因此能為測量裝置所忽略，此係因為該位置不係受測試導體708的可能位置。因此，因為曲線710及712僅有一個可能交點，測量裝置可準確地判定受測試導體708之位置。

【0064】現在參考圖8，將感測器804定位在防護件

802的左側或左部分(如所示)處，並將感測器806定位在防護件之與左側相對的右側或右部分(如所示)上。第一彎曲虛線810表示由感測器804偵測之恆定參考電流量值，且第二彎曲虛線812表示由感測器806偵測之恆定參考電流量值。如所示，曲線810及曲線812在二個位置處相交，亦即，受測試導體808的實際位置及朝向防護件之基座的第二位置809。在此情境中，因為有二個交點，測量裝置可能難以判定導體808定位於何位置。此問題能藉由謹慎地選擇二個感測器的位置而彌補，如圖7的實例，使得在防護件內部僅有曲線的一個交點，或藉由使用3個感測器，如上文討論之圖6的實例。

【0065】圖9係電參數測量裝置之前端900的示意圖，其展示在平面防護件902上彼此共面並可用以判定受測試導體908之位置的二個導電感測器904及906。也分別展示感測器904及906的恆定參考電流曲線910及912。藉由將感測器904與906放置成彼此共面，曲線910及912僅在一個可容許位置處彼此相交(亦即，防護件902上方)，藉此避免可由配置成使得恆定參考電流曲線在二個可容許位置處相交的二個感測器所造成的模糊，如展示於圖8中的實例。

【0066】圖10係包括設置在防護件1002上的三個導電感測器1004、1006、及1008的電參數測量裝置之V形前端1000的示意圖，其展示受測試導體1010之各種可能位置1012。各種位置1012可係可在校準程序期間使用以獲得校準資料的校準位置或點。例如，當校準導體經定位在校準

位置1012之各者處時，電參數測量裝置可獲得校準導體之X/Y位置、感測器1004、1006及、1008之各者的參考電流 I_{REFX} 、及指示待施加以獲得準確參數測量之校正的校準因數CALFAC。

【0067】圖11係展示圖10之三個導電感測器1004(感測器1)、1006(感測器2)、及1008(感測器3)在各種X/Y位置處的位置相依校準因數的表格1100。如所示，對於各X/Y位置，對三個感測器1004(感測器1)、1006(感測器2)、及1008(感測器3)之各者判定參考電流 I_{REFX} 及校準因數VCALX。

【0068】圖12係展示當受測試導體以與導電感測器的各種距離(DIST)定位時，單一導電感測器(例如，感測器1004、1006、或1008的一者)的位置相依校準因數(CALF)及參考電流信號(ref_pk)的表格1200。圖13係以圖形方式展示根據以毫米(mm)為單位之距離而變動的參考電流信號(ref_pk)及校準因數(CALF)的圖形1300。如所示，參考信號隨距離而快速地減少，且校準因數隨著距離增加。

【0069】自圖形1300，顯然的是參考電流(ref_pk)展現 $1/x$ 行為的一些形式。因此將參考電流的倒數值(亦即， $1/\text{ref_pk}$)圖表化可係有利的，以導出簡化且適當的準確表示。圖14係展示根據距離而變動之參考電流信號之倒數(亦即， $1/\text{ref_pk}$)的線性近似及校準因數CALF的二次近似的圖形1400。如藉由分別用於線性及二次近似之0.9957及0.999的 R^2 值所示，該等近似之各者準確地表示根據距離

而變動之參考電流信號的各別倒數及校準因數。

【0070】圖15係根據參考電流信號的倒數(亦即， $1/\text{ref_pk}$)而變動的校準因數(CALF)的圖形。如所示，該等點藉由具有1.000之 R^2 值的緊密適配二次函數近似。

【0071】圖16A及圖16B展示電參數測量裝置之前端1600的一部分，該前端包括V形防護件1602，該V形防護件支撐二個伸長導電感測器1604及1606，為了解釋的目的分別指定為左感測器及右感測器。尤其是，防護件1602包括支撐左感測器1604的左部分1602a(如所示)及支撐右感測器1606的右部分1602b。感測器1604及1606之各者具有一長度尺寸及一寬度尺寸，且該長度尺寸大於該寬度尺寸。作為非限制性實例，長度對寬度比率可係1.5：1、2：1、4：1、8：1、20：1、100：1等。因為感測器1604與1606係伸長的，可假設或估計所偵測信號中的唯一變化源自受測試導體與感測器的各者之間的法向距離，使得以恆定法向距離的側向移動所造成的影響可忽略。

【0072】基於代表參考電流 ref_pk 與校準因數CALF之距離相依性的數學簡化，能產生適配在v形前端1600之區域內的測量網格。在一個實例中，假設感測器1604係在X/Y座標系統中自點A ($X = -2$; $Y = -35$)延伸至點B ($X = -35$; $Y = +45$)的直線區段，且假設感測器1606係在X/Y座標系統中自點A' ($X = +2$; $Y = -35$)延伸至點B' ($X = +35$; $Y = +45$)的直線區段。針對每一點，能計算至左感測器1604及右感測器1606的法向距離，並導出參考電流 ref_pk 及校準

因數 CALF。將右感測器 1606 之所得校準因數的三維表示展示於圖 17 之圖形中。

【0073】圖 18 係分別繪示感測器 1604 及 1606 之根據法向距離(針對當 Y 位置固定在 $Y = +40$ 處時的各種 X 位置)而變動之參考電流信號 ref_pk1 及 ref_pk2 及校準因數 CALF1 及 CALF2 的圖形 1800。

【0074】以 2D 感測器配置(諸如，圖 16A 及圖 16B 所示之一者)，任何測量將對於參考電流及對應信號測量提供每感測器一個值。使用此類資訊，測量裝置可判定合適的校準因數以補償至感測器的變化距離(例如，法向距離)。此外，在至少一些實施方案中，測量裝置可利用此類資訊以判定受測試導體之特定 X/Y 位置。

【0075】圖 19 展示使用自參考電流信號導出的法向距離判定測試導體之位置的實例。在圖 19 中，展示包括配置成 V 形的左感測器 1902 及右感測器 1904 的感測器配置 1900。受測試導體 1910 係展示在感測器 1902 與 1904 之間的位置 P 處。如圖 18 之圖形 1800 所指示者，參考電流 ref_pk 能使用已知法向距離計算。此處，目標係自所測量參考電流信號導出法向距離資訊，其需要圖 18 所示者的反函數。因為原始函數(ref_pk1 及 ref_pk2)係嚴格單調，能判定各別的獨特反函數。然後，可將反函數施加至所測量參考電流以獲得法向距離資訊。在所示實例中，虛線 1906 指示從感測器 1902 判定的法向距離，且虛線 1908 指示從感測器 1904 判定的法向距離。線 1906 及 1908 的交點指示受測試導體

1910之位置P。該位置可用於各種目的，包括但不限於判定一或多個位置相依校準因數，以施加至電參數測量裝置之測量以改善其準確性。

【0076】針對本文討論之感測器的V形配置內的任何給定點，一個參考電流值能針對第一感測器導出(ref_pk1)，且一個參考電流值可針對第二感測器導出(ref_pk2)。基於此等值，分開的校準因數能通過內插或藉由利用先前近似的擬合函數或其他數學公式而判定。使用二(或更多)個校準因數，可計算測量值(例如，電壓)的二(或更多)個結果。

【0077】在至少一些實施方案中，測量裝置可利用結果之加權組合，或若校準因數之一者在一所判定範圍外，則可僅使用一個結果。加權組合可係線性加權組合、指數加權組合等。

【0078】作為一非限制性實例，裝置可經組態以忽略大於1.5的校準因數，此係因為較大的校準因數指示較大的距離及更不準確的測量。在此類實例中，可判定可用校準因數的範圍在1.0與1.5之間，其中較接近1.0的校準因數被認為比較接近1.5的校準因數更佳。因此，可施加線性或其他權重，使得將1.0之權重施加至1.0之校準因數，並將0.0之權重施加至1.5之校準因數。例如，加權測量結果可使用下列方程式得出：

$$\text{加權結果}[V] = \frac{W(\text{calf1}) \cdot \text{Sns1_result}[V] + W(\text{calf2}) \cdot \text{Sns2_result}[V]}{W(\text{calf1}) + W(\text{calf2})}$$

其中各校準因數的權重係使用公式 $W(\text{calfX}) = 2 \times (1.5 -$

calfX)線性加權，且二個感測器的測量結果係 `Sns1_result` 及 `Sns2_result`。實務上，可使用針對特定儀器或儀器類型獲得的實際校準資料判定校準因數的適當限制。

【0079】圖20係鉗形表之前端2000的繪圖，該鉗形表包括選擇性地接近以在其間形成開口的第一夾鉗部分2002及第二夾鉗部分2004，該開口經定大小及定尺寸以接收受測試導體，諸如圖20所示的實例導體2008a、2008b、及2008c。在此實例中，前端2000包括三個「點」感測器2006a、2006b、及2006c，該等感測器可用以判定受測試導體2008的精確位置及/或判定施加以改善鉗形表之測量的一或多個校準因數。在所繪示的實施方案中，感測器2006可相對小(例如， 3×3 mm)，其提供所偵測信號的實質徑向變化，而非由圖16A及圖16B所示之線性感測器1604與1606提供的線性變化。感測器2006可策略地經定位在受測試導體的位置可受最準確判定的位置處。

【0080】使用上述技術，可針對感測器2006a、2006b、及2006c之各者獲得參考電流信號，且信號可受如上文討論地處理以判定受測試導體之X/Y位置，其資訊可用於校準或其他目的。例如，如上文所討論者，內插程序可用以使用所獲得的參考電流信號及先前判定之校準點判定X/Y位置及/或校準因數。

【0081】前述實施方式已經由使用方塊圖、示意圖及實例來闡述裝置及/或程序的各種實施方案。在此類方塊圖、示意圖及實例含有一或多個功能及/或操作的情況

下，所屬技術領域中具有通常知識者將理解，可藉由多種硬體、軟體、韌體或其等之幾乎任何組合來個別地或統合地實施在此類方塊圖、流程圖或實例中之各功能及/或操作。在一實施方案中，本發明標的可經由特殊應用積體電路(ASIC)來實施。然而，所屬技術領域中具通常知識者將瞭解，本文所揭露之實施方案可整體地或部分地等效地在標準積體電路中實施為：在一或多個電腦上執行的一或多個電腦程式(例如，在一或多個電腦系統上執行的一或多個程式)；在一或多個控制器(例如，微控制器)上執行的一或多個程式；在一或多個處理器(例如，微處理器)上執行的一或多個程式；韌體；或其等之幾乎任何組合，並且將瞭解，設計電路系統及/或撰寫用於軟體及/或韌體之程式碼是在參酌本揭露的所屬技術領域中具有通常知識者的技術內。

【0082】所屬技術領域中具通常知識者將瞭解，本文所述之許多方法或演算法可採用額外動作、可省略某些動作、及/或可依不同於指定之順序來執行動作。

【0083】此外，所屬技術領域中具通常知識者將明白，本文所教導之機制能夠以多種形式散佈為程式產品，並且將明白，實例性實施方案同等地適用，無論用於實際執行散佈的特定類型之信號承載媒體為何。信號承載媒體之實例包括但不限於可記錄類型媒體，例如軟碟、硬碟機、CD ROM、數位磁帶及電腦記憶體。

【0084】可組合上述各種實施方案以提供進一步實施

方案。參酌上文實施方式，可對實施方案進行這些及其他變化。一般而言，在下文申請專利範圍中，所用術語不應被解釋為將申請專利範圍受限於本說明書及申請專利範圍中揭露的具體實施方案，而是應理解為包括所有可能的實施方案連同此申請專利範圍享有的均等物之全部範疇。因此，申請專利範圍不受限於本揭露。

【符號說明】

【0085】

100:環境

102:非接觸式電壓測量裝置

104:操作者

106:受測試之絕緣導線

108:殼體或主體

110:抓握部分或端部

112:探針部分或端部

114:使用者介面

116:凹入部分

118:第一延伸部分

120:第二延伸部分

122:導體/導線

124:絕緣體

126:感測器或電極

128:接地/節點

130:參考電壓源
132:防護件或網屏
134:參考屏蔽
136:輸入放大器
137:回授電路系統
138:接地
139:測試引線
140:信號處理模組
142:使用者介面
300:非接觸式電壓測量裝置
302:類比轉數位轉換器/ADC
306:快速傅立葉變換演算法/FFT
308:方塊
310:Sigma-Delta數位轉類比轉換器/ Σ - Δ DAC
312:顯示器
500:校準系統
502:電參數測量裝置
504:控制電路系統
506:校準電壓源
508:校準導體
510:位置控制子系統/位置控制系統
600:V形前端
602:防護件
604:感測器

606:感測器
608:感測器
610:受測試導體
612:參考電流
614:參考電流
616:參考電流
700:V形前端
702:防護件
704:感測器
706:感測器
708:受測試導體
710:第一彎曲虛線/曲線
712:第二彎曲虛線/曲線
800:V形前端
802:防護件
804:感測器
806:感測器
808:受測試導體/導體
809:第二位置
810:第一彎曲虛線/曲線
812:第二彎曲虛線/曲線
900:前端
902:防護件
904:感測器

906:感測器
908:受測試導體
910:曲線
912:曲線
1000:V形前端
1002:防護件
1004:感測器
1006:感測器
1008:感測器
1010:受測試導體
1012:位置
1100:表格
1200:表格
1300:圖形
1400:圖形
1600:前端
1602:防護件
1602a:左部分
1602b:右部分
1604:感測器
1606:感測器
1800:圖形
1900:感測器配置
1902:感測器

1904:感測器

1906:虛線/線

1908:虛線/線

1910:受測試導體

2000:前端

2002:第一夾鉗部分

2004:第二夾鉗部分

2006a:感測器

2006b:感測器

2006c:感測器

2008a:導體

2008b:導體

2008c:導體

C_B :體電容/體電容器/電容

C_o :耦合電容器/電容

CALF:校準因數

CALF1:校準因數

CALF2:校準因數

f_o :頻率

f_R :頻率

I_o :信號電流/電流信號/電流

$I_{o,1}$:諧波

I_R :參考電流/電流

$I_{R,1}$:諧波

I_{REF1} :參考電流

I_{REF2} :參考電流

I_{REF3} :參考電流

P:位置

ref_pk:參考電流信號/參考電流

ref_pk1:參考電流信號

ref_pk2:參考電流信號

V_O :AC電壓信號/AC電壓/電壓位準

V_R :參考電壓/AC電壓

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種可操作以校準電參數測量裝置的校準系統，其中所述電參數測量裝置，在操作中，在複數個導電感測器中產生參考交流電流訊號並經由所述複數個導電感測器來感測待測導體中的所述參考交流電流訊號，所述校準系統包含：

可控制校準電壓源，其可操作以選擇性地在校準導體中輸出一電壓；

位置控制系統，其可操作以選擇性地控制所述校準導體相對於待校準的所述電參數測量裝置的所述複數個導電感測器的位置；以及

控制電路，其可通訊地耦合到所述可控制校準電壓源、所述位置控制系統和所述電參數測量裝置，其中所述控制電路，在操作中：

獲得校準點，其中為了獲得所述校準點，所述控制電路：

控制所述位置控制系統以將所述校準導體移動到靠近所述電參數測量裝置的所述複數個導電感測器的新實體位置；

控制所述電參數測量裝置以在所述導電感測器中的至少一個導電感測器中輸出參考電壓；

對於所述導電感測器中的所述至少一個導電感測器，獲得指示由所述導電感測器測量的參考訊號的參考電流訊號資料點；

對於所述導電感測器中的所述至少一個導電感測器，至少部分地基於為所述導電感測器獲得的所述參考電流訊號資料點、所述校準導體的已知校準電壓以及從所述電參數測量裝置接收的所述校準導體的測量電壓來確定校準因子；以及

在記憶體中將所述校準因子與所述校準導體的當前位置邏輯地關聯，以供一或多個電參數測量裝置後續使用。

【請求項2】如請求項1的校準系統，其中，在操作中，所述控制電路：

獲得複數個校準點；

基於所述複數個校準點來確定校準資料；以及

將所述校準資料儲存在記憶體中，以供一或多個電參數測量裝置後續使用。

【請求項3】如請求項2的校準系統，其中為了獲得所述複數個校準點，所述控制電路使所述可控制校準電壓源選擇性地在所述校準導體中輸出複數個不同的電壓。

【請求項4】如請求項2的校準系統，其中為了獲得所述複數個校準點，所述控制電路使所述位置控制系統選擇性地將所述校準導體移動到相對於待校準的所述電參數測量裝置的所述複數個導電感測器的複數個不同位置。

【請求項5】如請求項2的校準系統，其中所述校準資料包含查找表，所述查找表，在操作中，允許電參數測量裝置用以確定用於特定參考電流訊號測量的校準因子。

【請求項6】如請求項2的校準系統，其中所述校準資料包含一或多個數學公式的係數。

【請求項7】一種操作校準系統以校準電參數測量裝置的方法，其中所述電參數測量裝置，在操作中，在複數個導電感測器中產生參考交流電流訊號並經由所述複數個導電感測器來感測待測導體中的所述參考交流電流訊號，所述方法包含：

對於每個校準點，透過以下方式來獲得複數個校準點：

將校準導體移動到靠近所述電參數測量裝置的所述複數個導電感測器的新實體位置，同時在所述導電感測器中的每一個導電感測器中輸出參考電壓；

對於所述電參數測量裝置的所述導電感測器中的每一個導電感測器，獲得指示由所述導電感測器測量的參考訊號的參考電流訊號資料點；

對於所述導電感測器中的每一個導電感測器，至少部分地基於為所述導電感測器獲得的所述參考電流訊號資料點、所述校準導體的已知校準電壓以及從所述電參數測量裝置接收的所述校準導體的測量電壓來確定校準因子；

將所述校準因子與所述校準導體的當前位置邏輯地關聯；以及

基於所述複數個校準點來確定校準資料；以及

將所述校準資料儲存在至少一個非暫態處理器可讀取

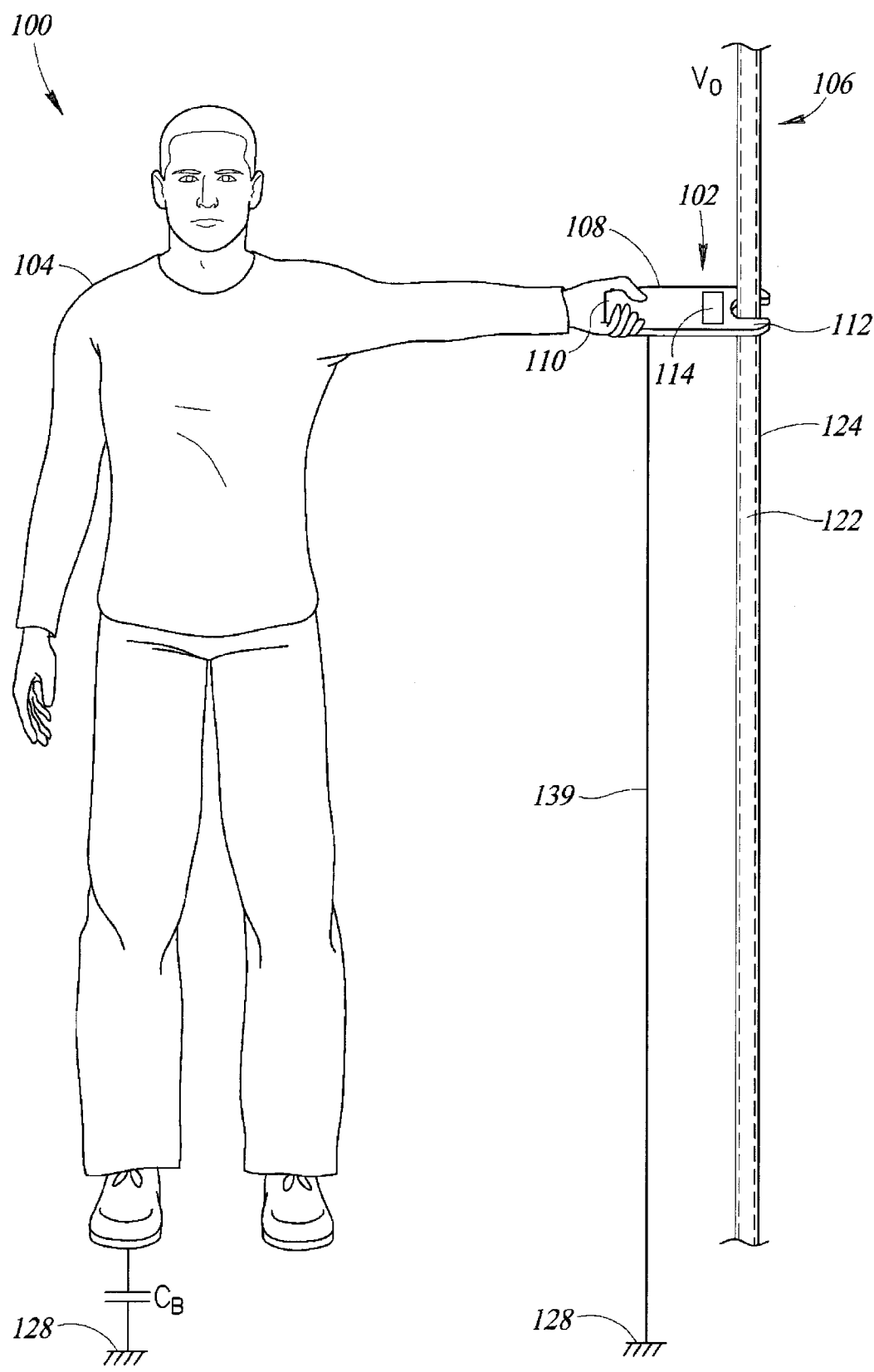
儲存媒體上，以供一或多個電參數測量裝置後續使用。

【請求項8】如請求項7的方法，其中確定校準資料包含產生查找表，所述查找表，在操作中，允許所述電參數測量裝置用以確定用於特定參考電流訊號測量的校準因子。

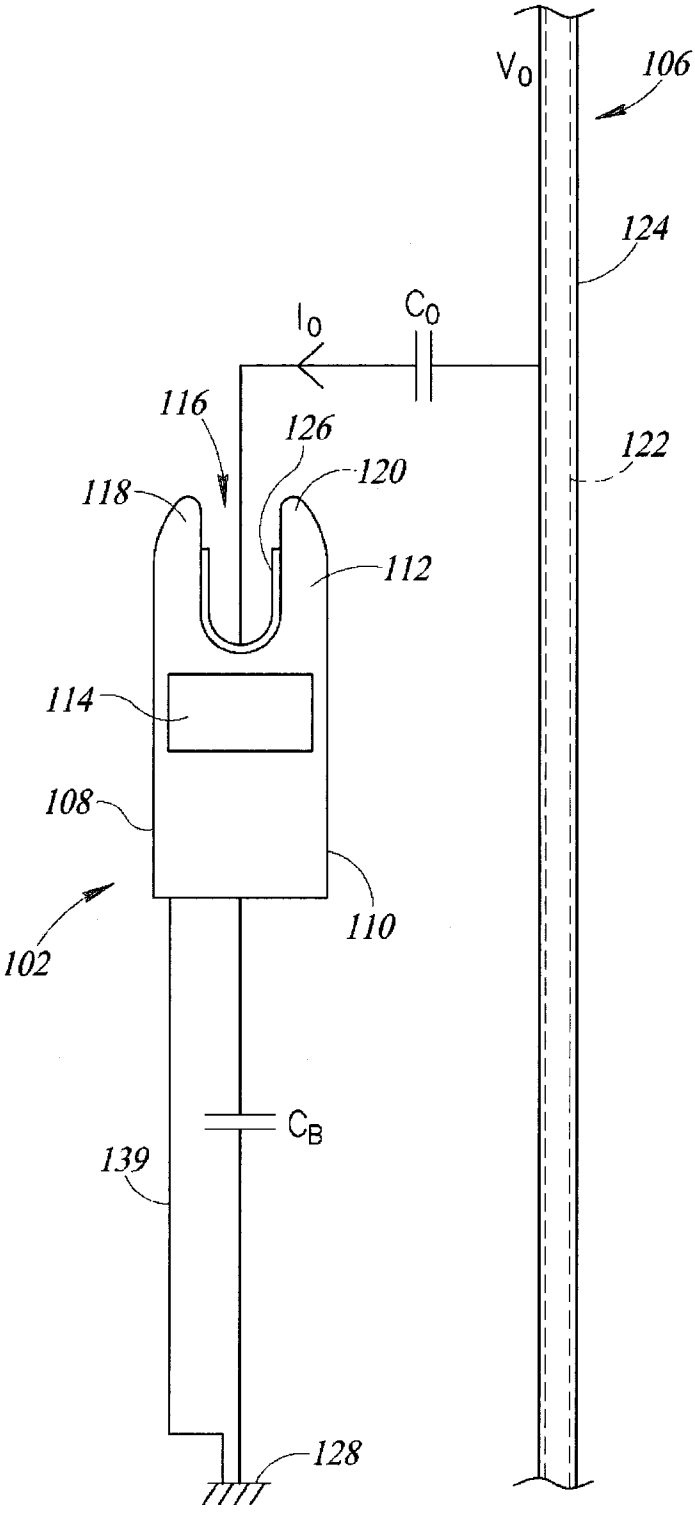
【請求項9】如請求項7的方法，其中確定校準資料包含確定一或多個數學公式的係數。

【請求項10】如請求項7的方法，其中獲得複數個校準點包含選擇性地將所述校準導體的電壓控制為複數個不同的電壓。

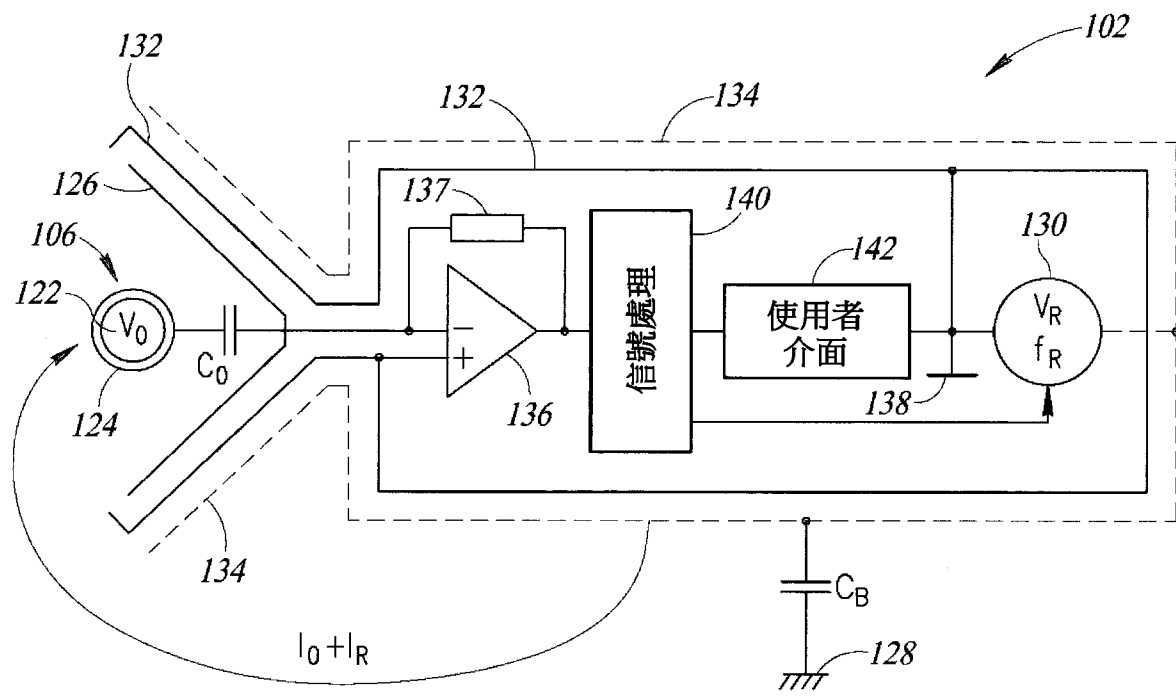
【發明圖式】



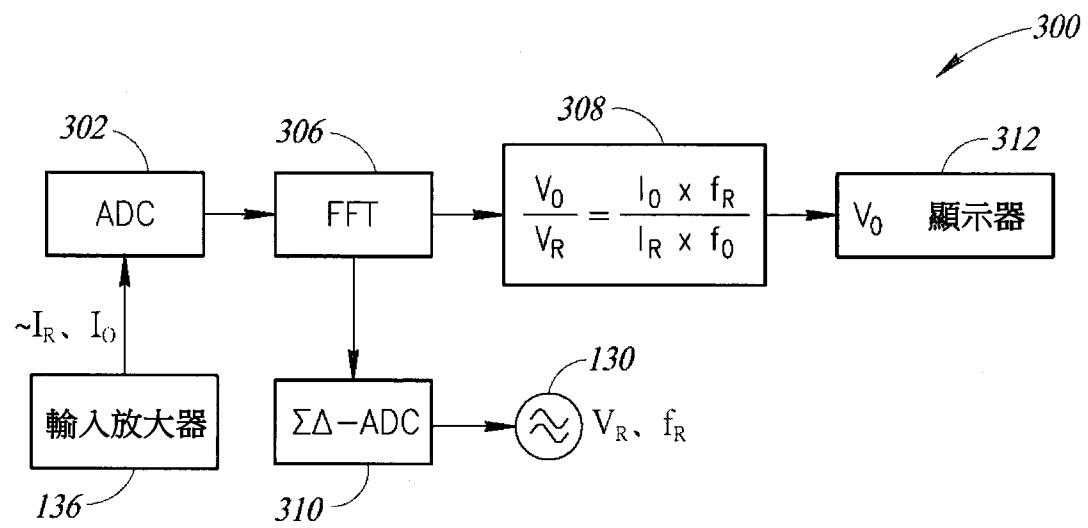
【圖 1A】



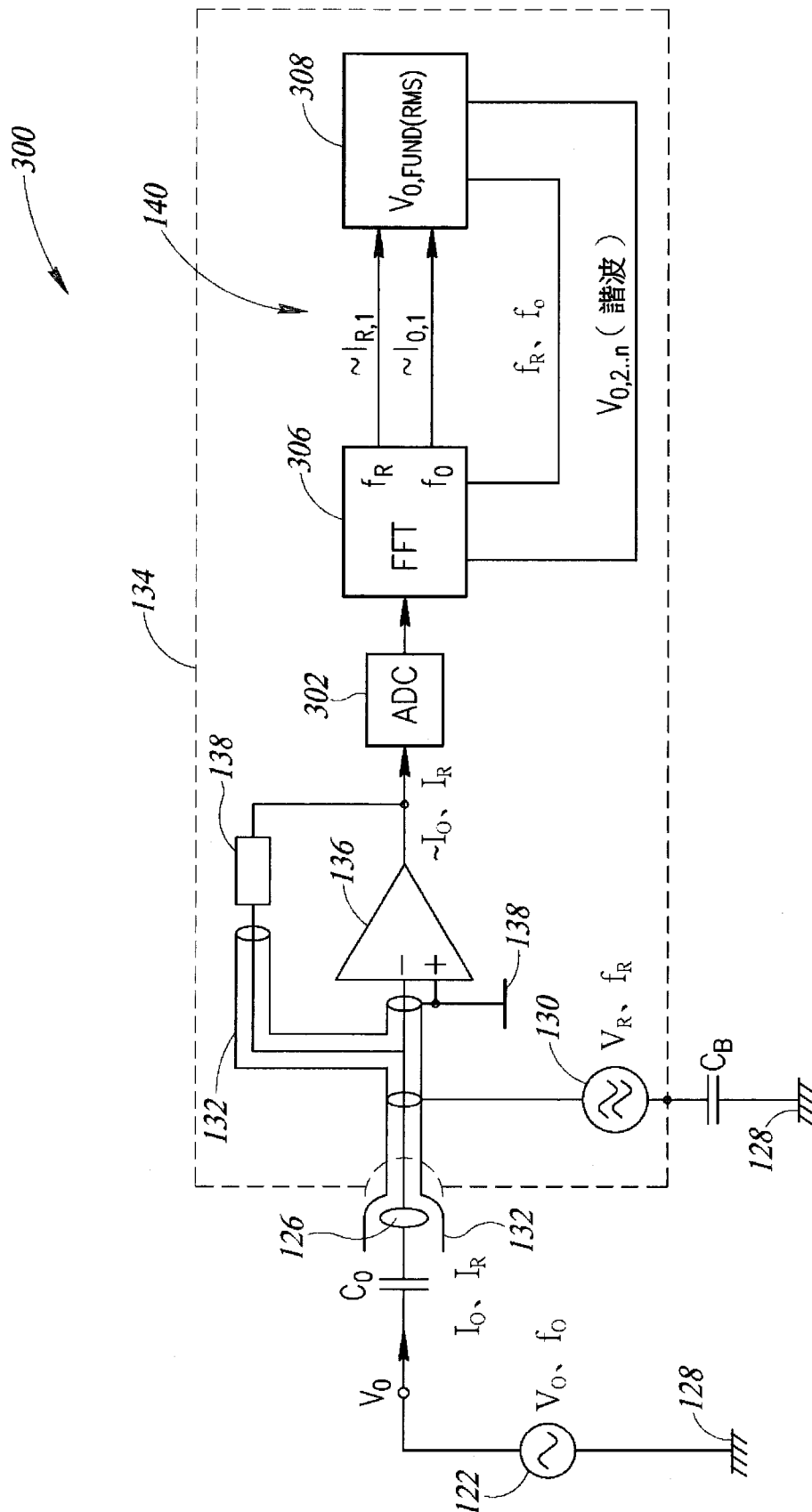
【圖 1B】



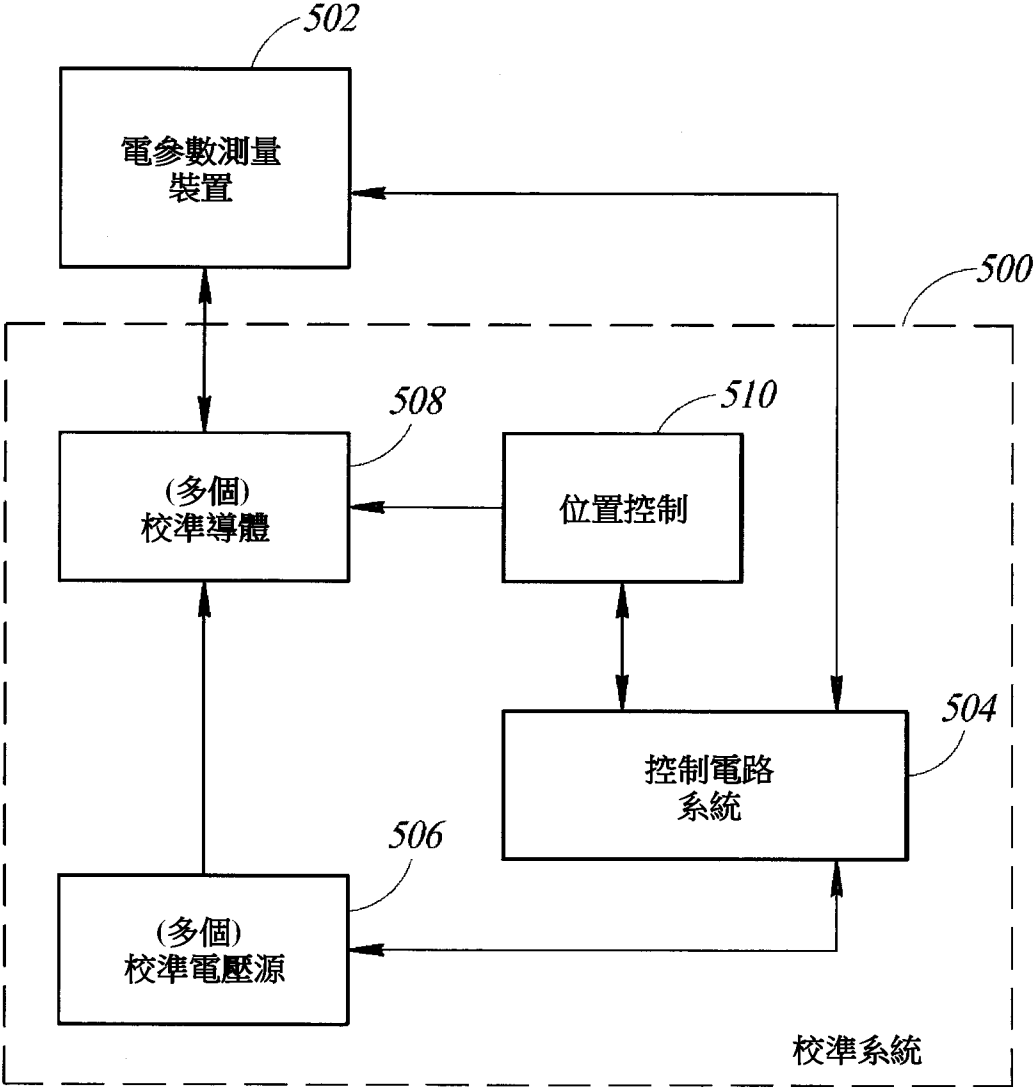
【圖 2】



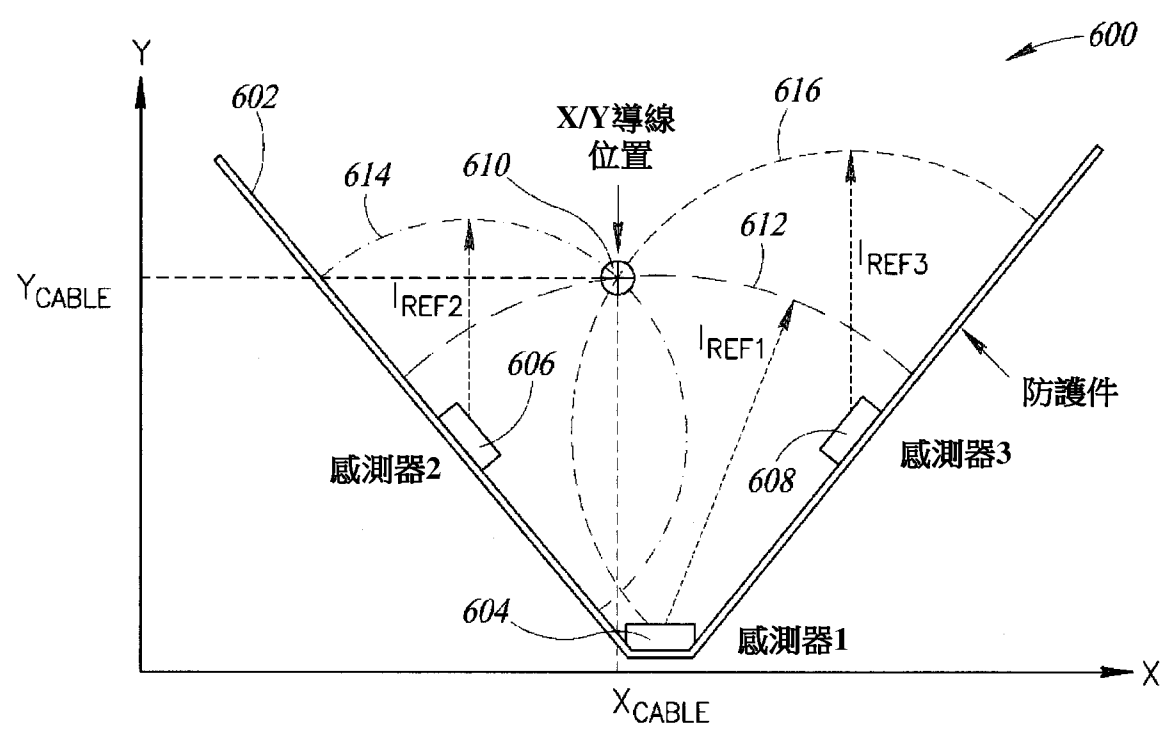
【圖 3】



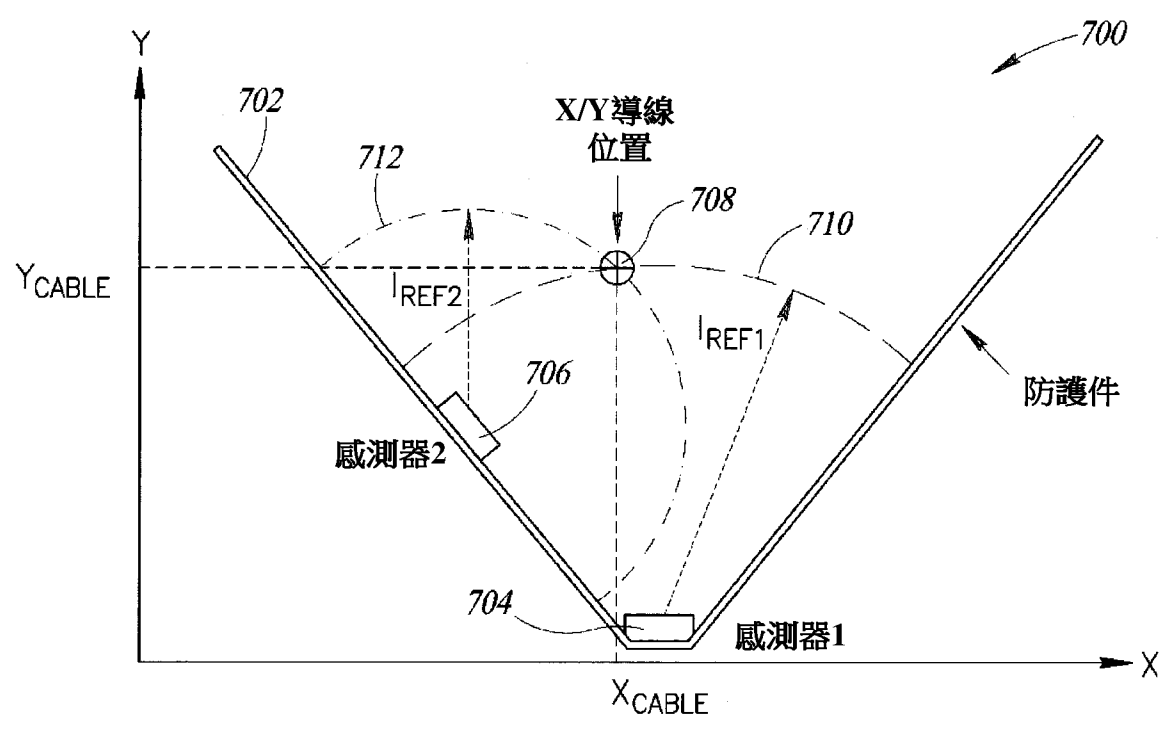
【4圖】



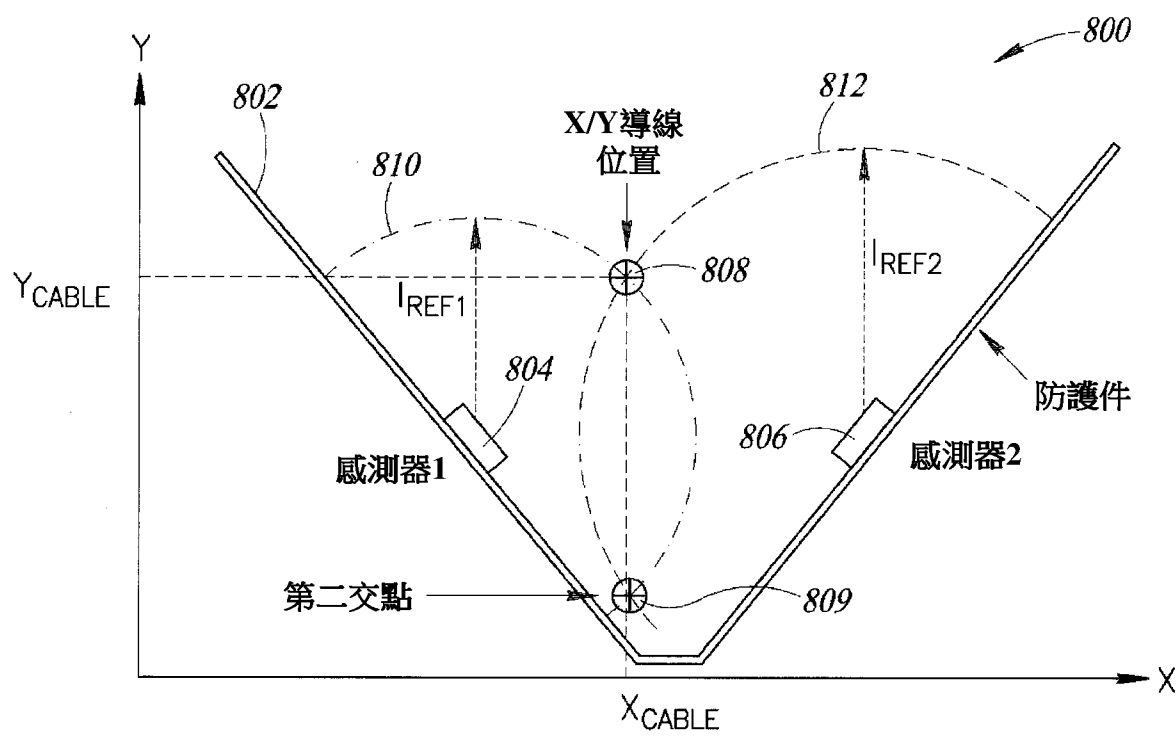
【圖 5】



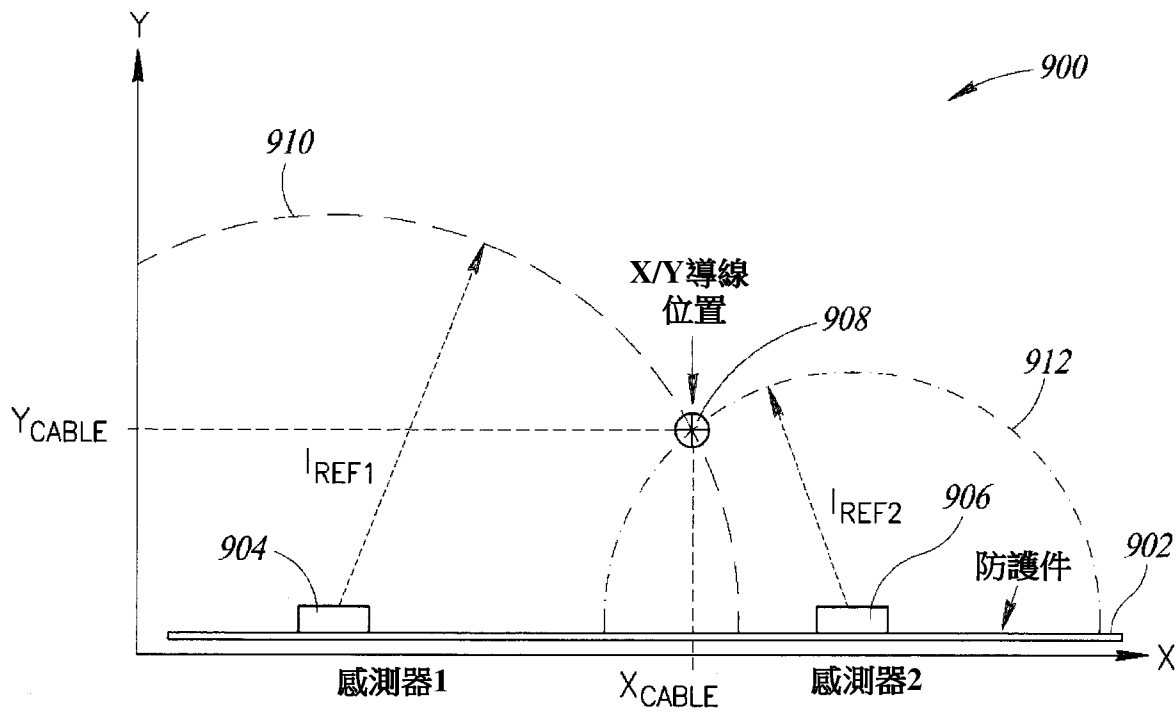
【圖 6】



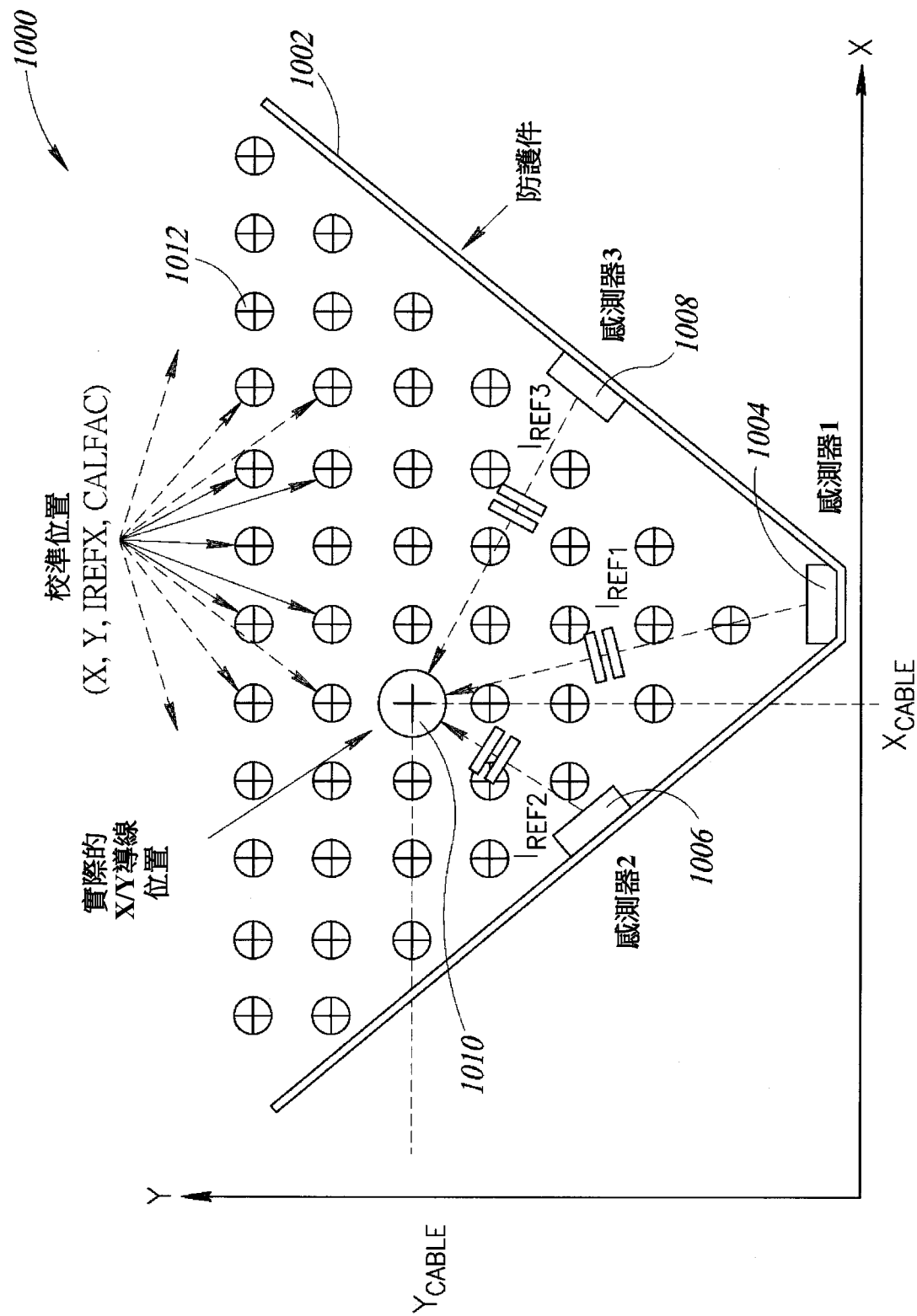
【圖 7】



【圖 8】



【圖 9】



【圖 10】

1100

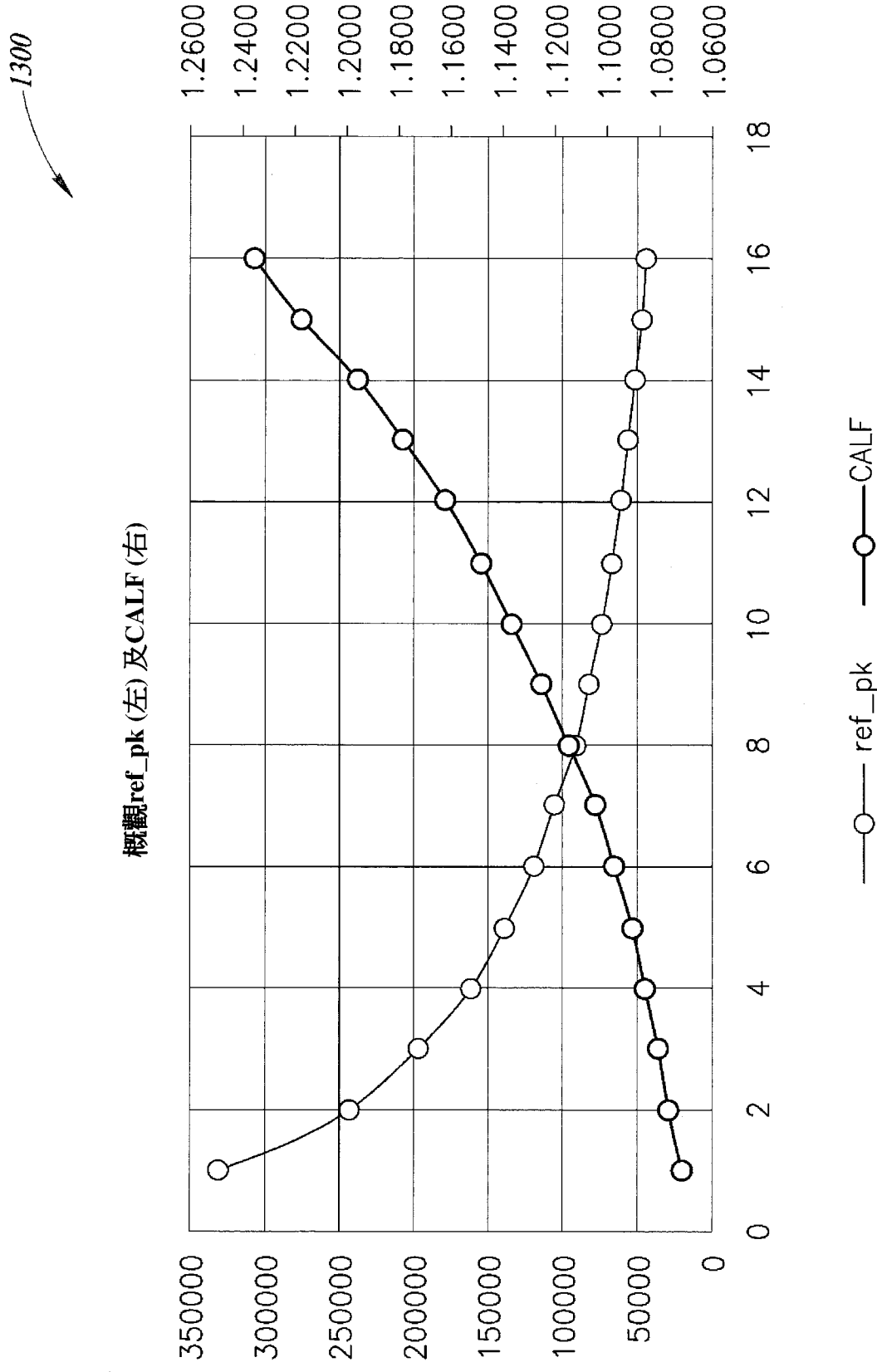
X[mm]	Y[mm]	IREF1[pA]	VCAL1	IREF2[pA]	VCAL2	IREF3[pA]	VCAL3
-14.00	-14.00	95991	2.2490	285078	1.4713	95991	2.2490
-12.00	-14.00	97249	2.2080	422909	1.3576	97249	2.2080
-10.00	-14.00	98259	2.1784	604488	1.2966	98259	2.1784
-8.00	-14.00	99053	2.1582	738948	1.2715	99053	2.1582
-6.00	-14.00	99671	2.1436	832442	1.2579	99671	2.1436
-4.00	-14.00	99993	2.1363	907328	1.2487	99993	2.1363
-2.00	-14.00	100108	2.1342	97120	1.2415	10010	2.1342
0.00	-14.00	100014	2.13951	1.2353	10001	10001	2.13951
2.00	-14.00	99857	2.1448	1.2325	99857	99857	2.14481
4.00	-14.00	99537	2.1559	1.2299	99537	99537	2.15591
6.00	-14.00	99215	2.16996	1.2283	99215	99215	2.16991
8.00	-14.00	99012	2.179	1.2282	99042	99042	2.17911
10.00	-14.00	98848	2.18	1.2278	98848	98848	2.18581
-16.00	-12.00	99444	2.1404	220854	1.5864	99444	2.1404
-14.00	-12.00	101100	2.0982	262848	1.4951	101100	2.0982
-12.00	-12.00	102529	2.0610	323279	1.4172	102529	2.0610
-10.00	-12.00	103696	2.0358	393680	1.3630	103696	2.0358
-8.00	-12.00	104598	2.0157	457881	1.3296	103777	2.0158

【圖 11】

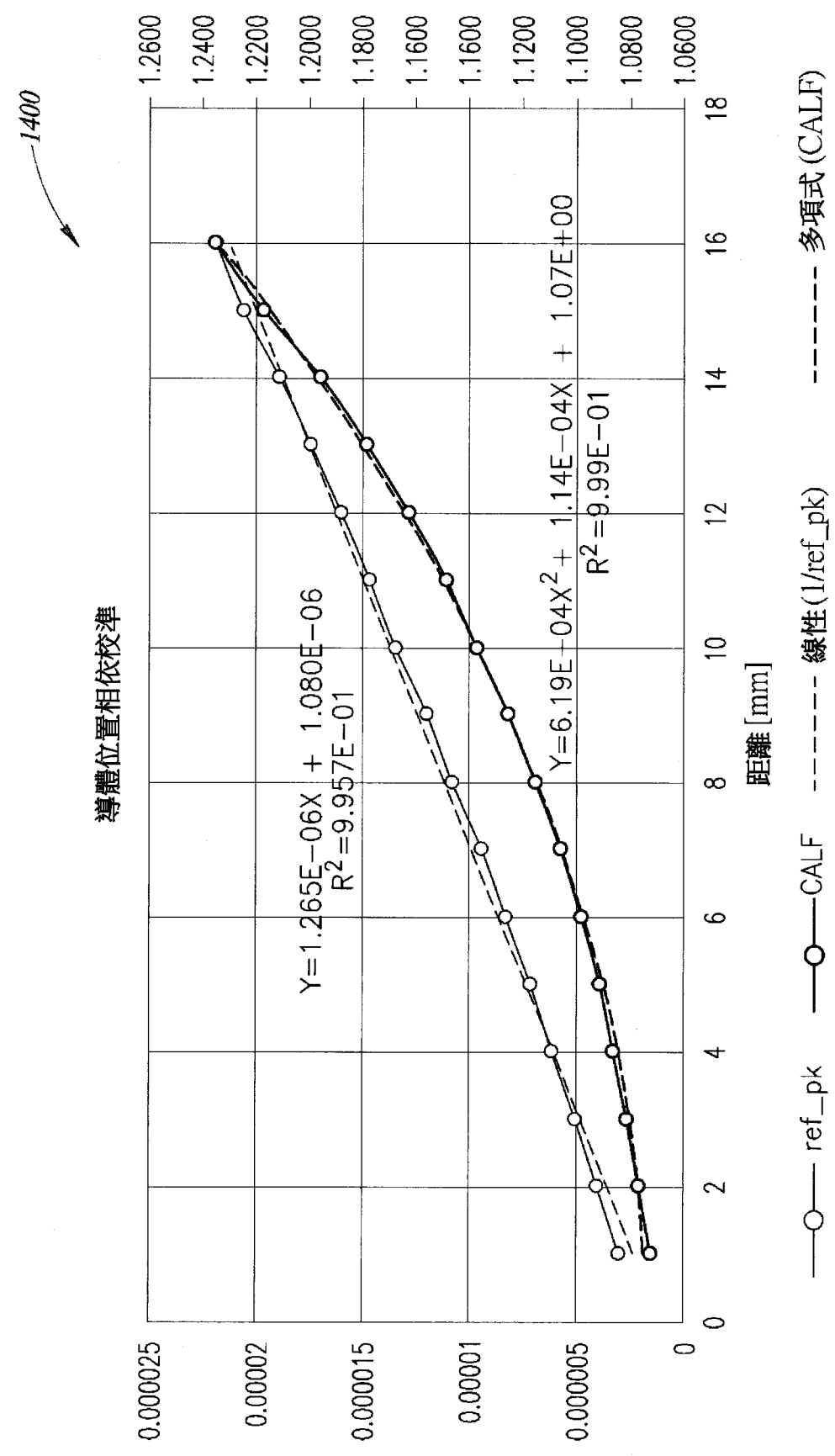
1200

DIST[mm]	ref_pk[pA]	CALF
1	331138	1.0725
2	244567	1.0771
3	197113	1.0813
4	162398	1.0865
5	140042	1.0912
6	119995	1.0984
7	105925	1.1057
8	92459	1.1156
9	82842	1.1256
10	74326	1.1374
11	68030	1.1489
12	62288	1.1628
13	57220	1.1787
14	52818	1.1962
15	48493	1.2177
16	45661	1.2358

【圖 12】



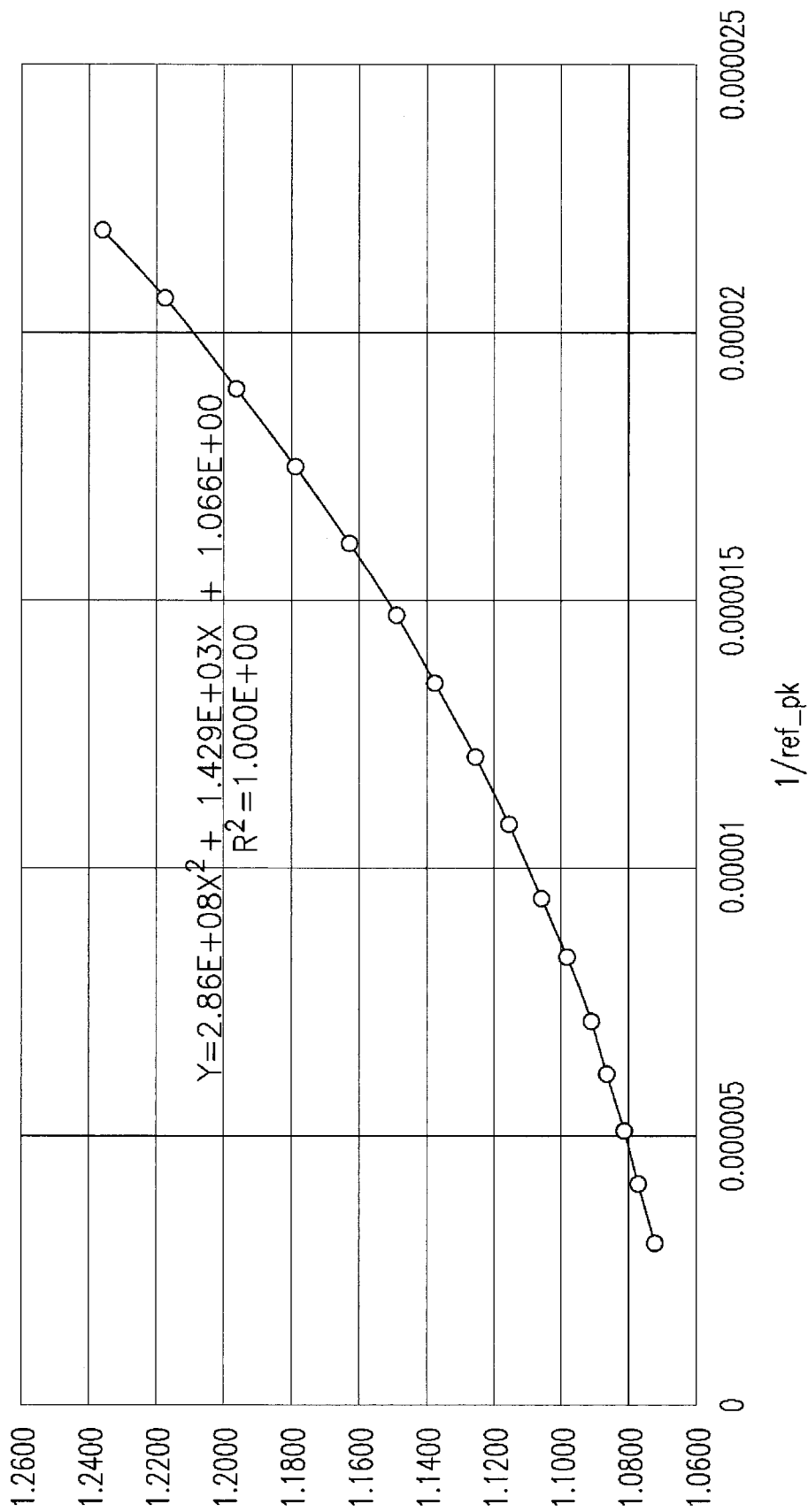
【圖 13】



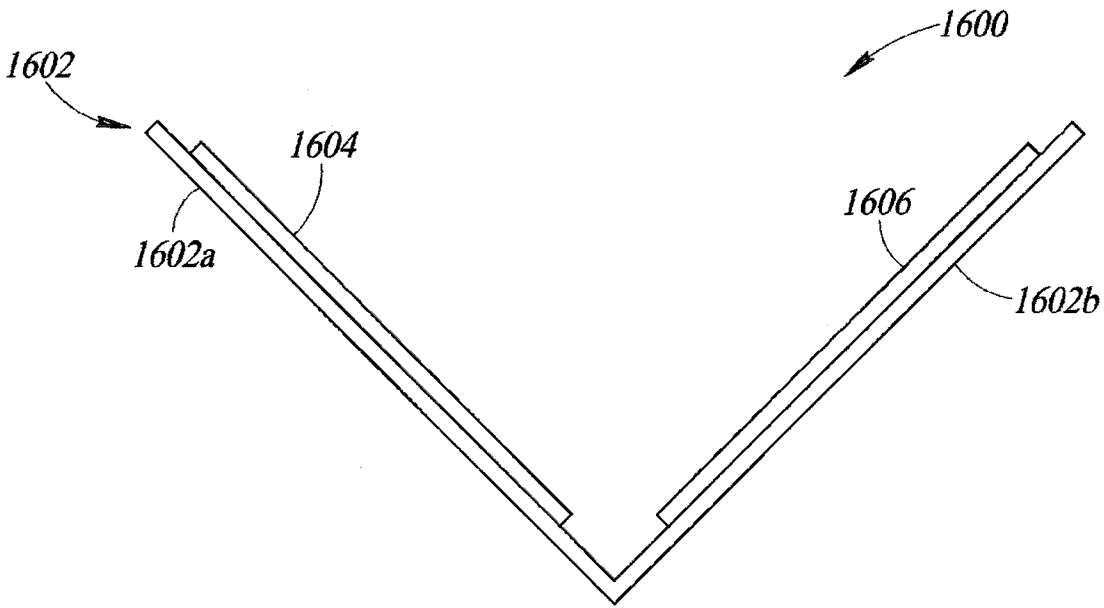
【圖 14】

1500

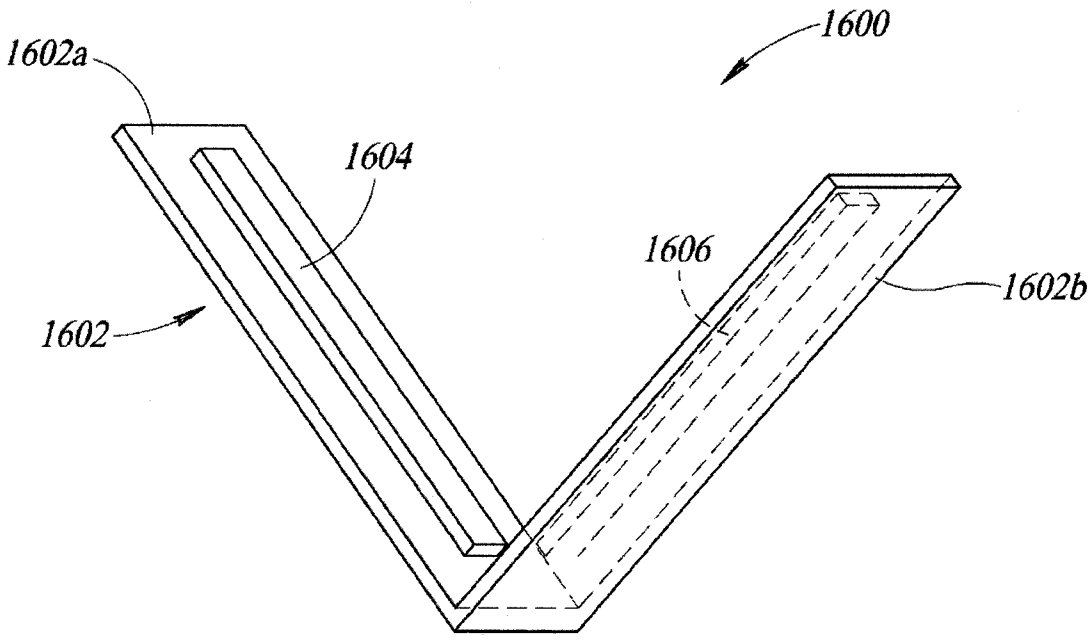
根據 1/ref_pk 而變動的校準因數



【圖 15】



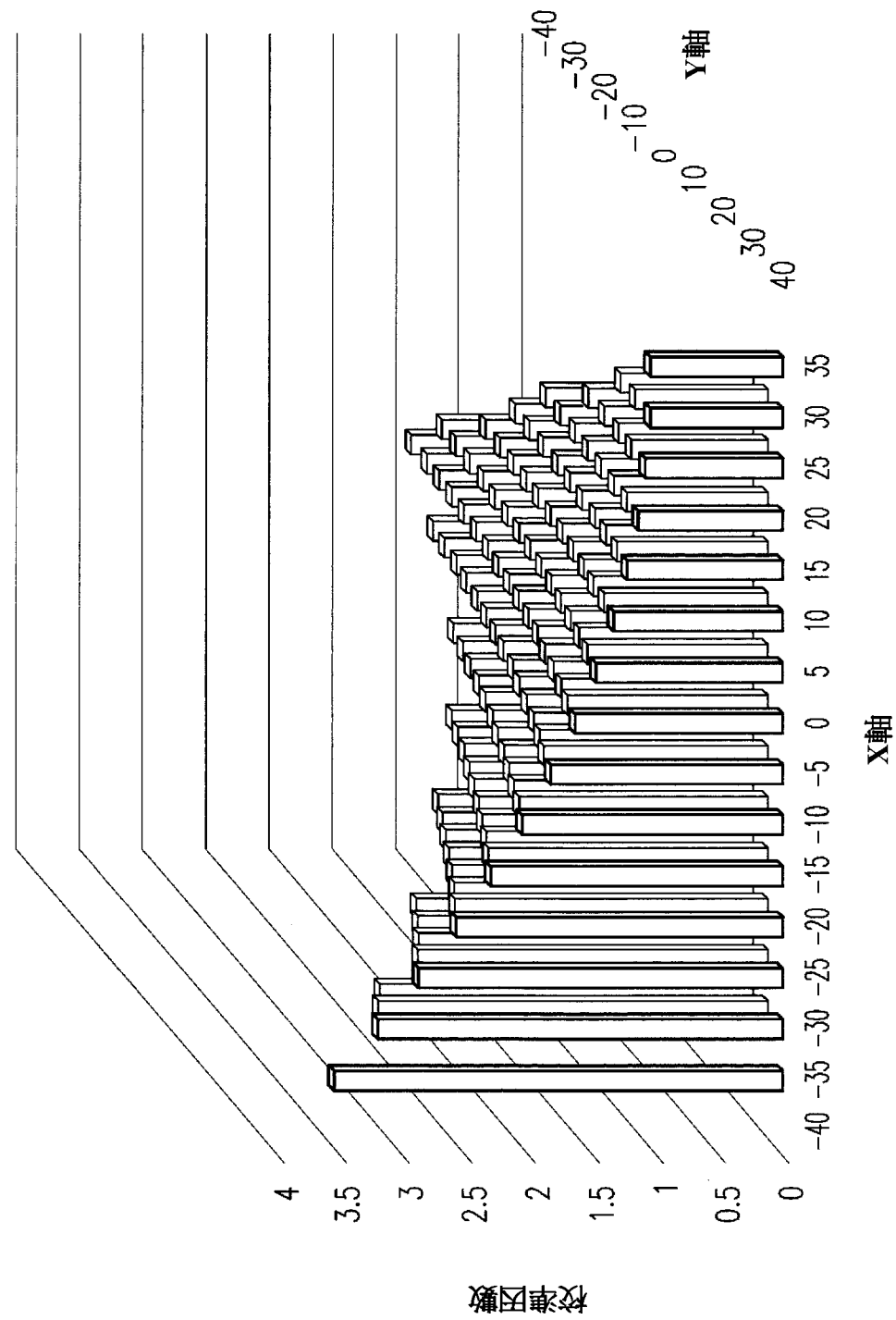
【圖 16A】



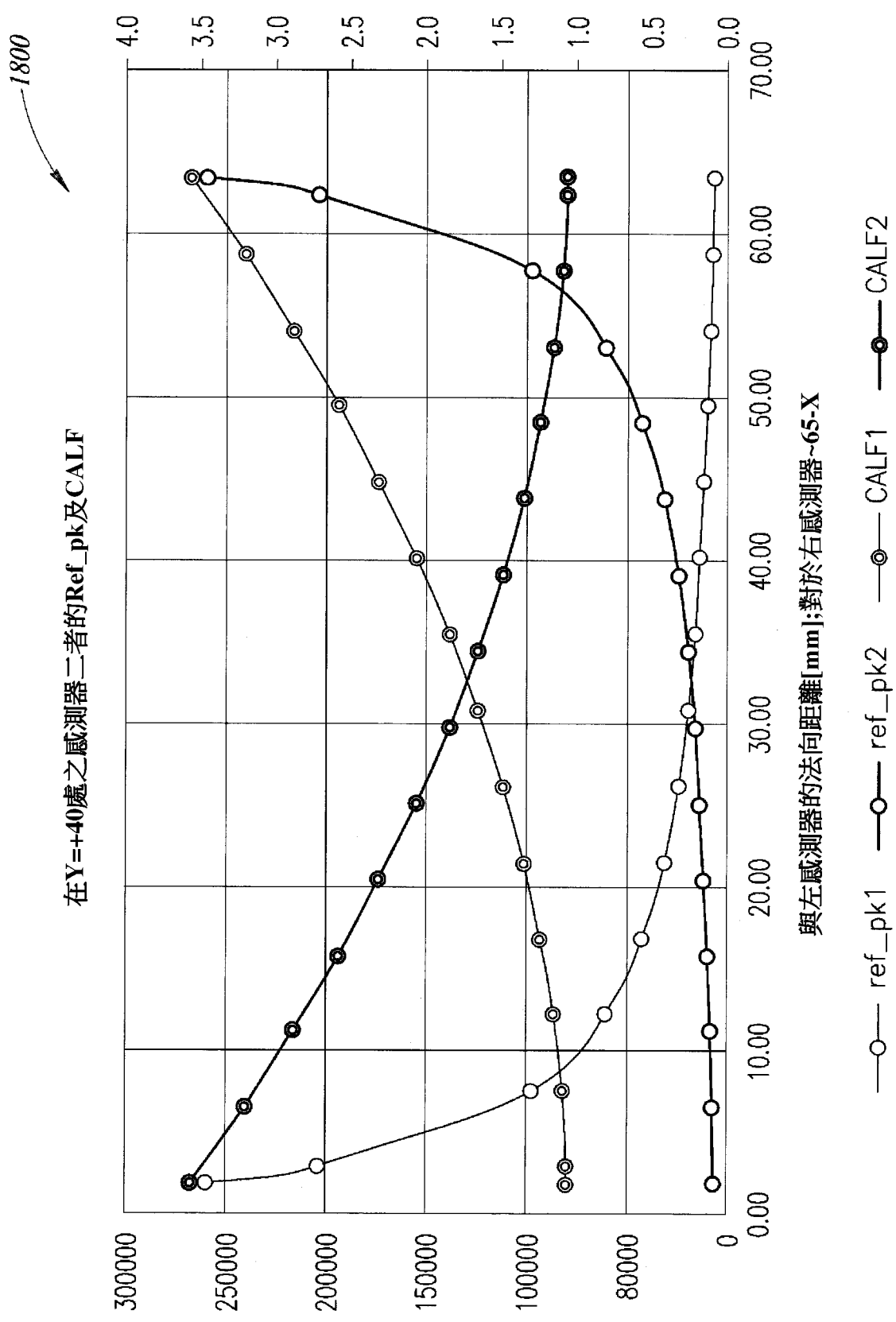
【圖 16B】

1700

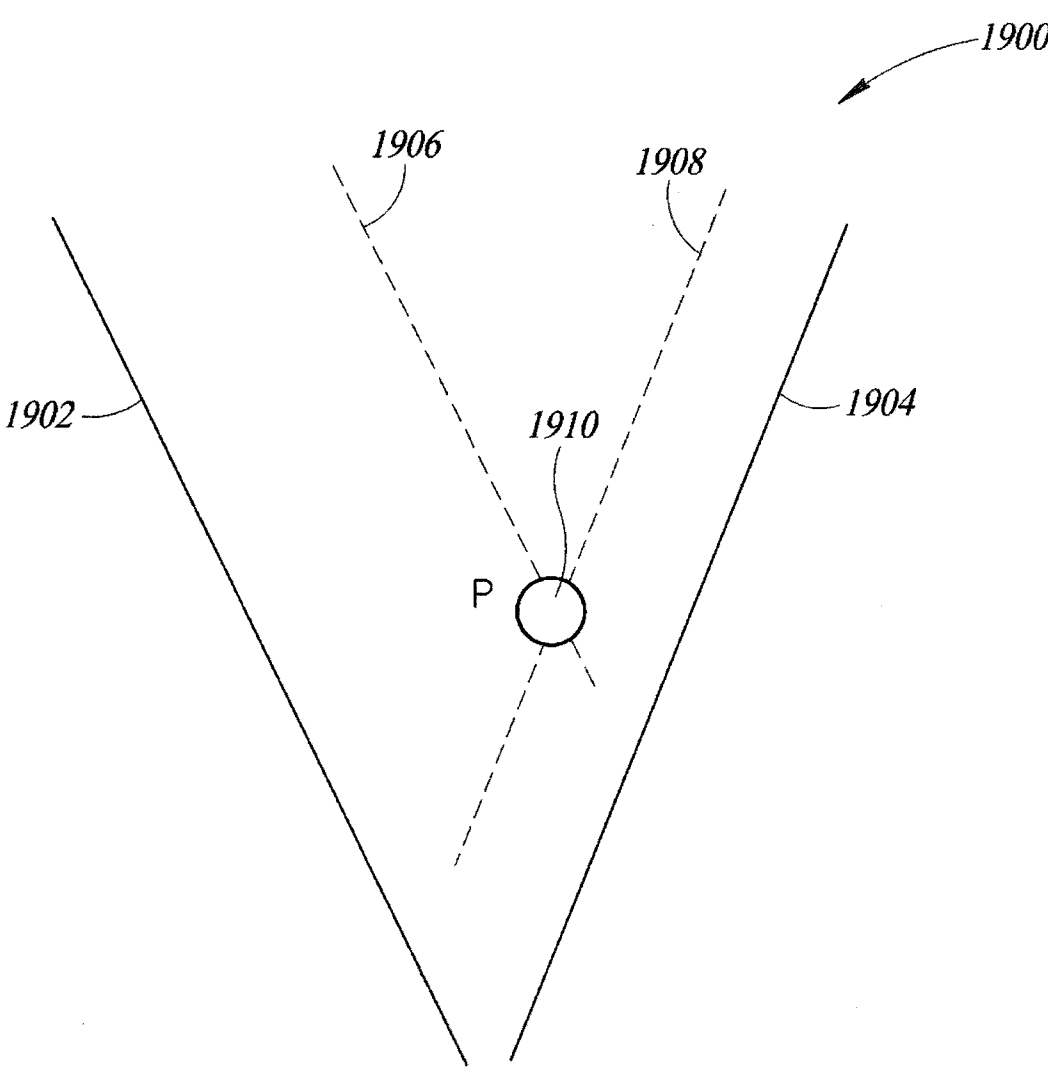
V形感測器配置，用於感測器的校準因數



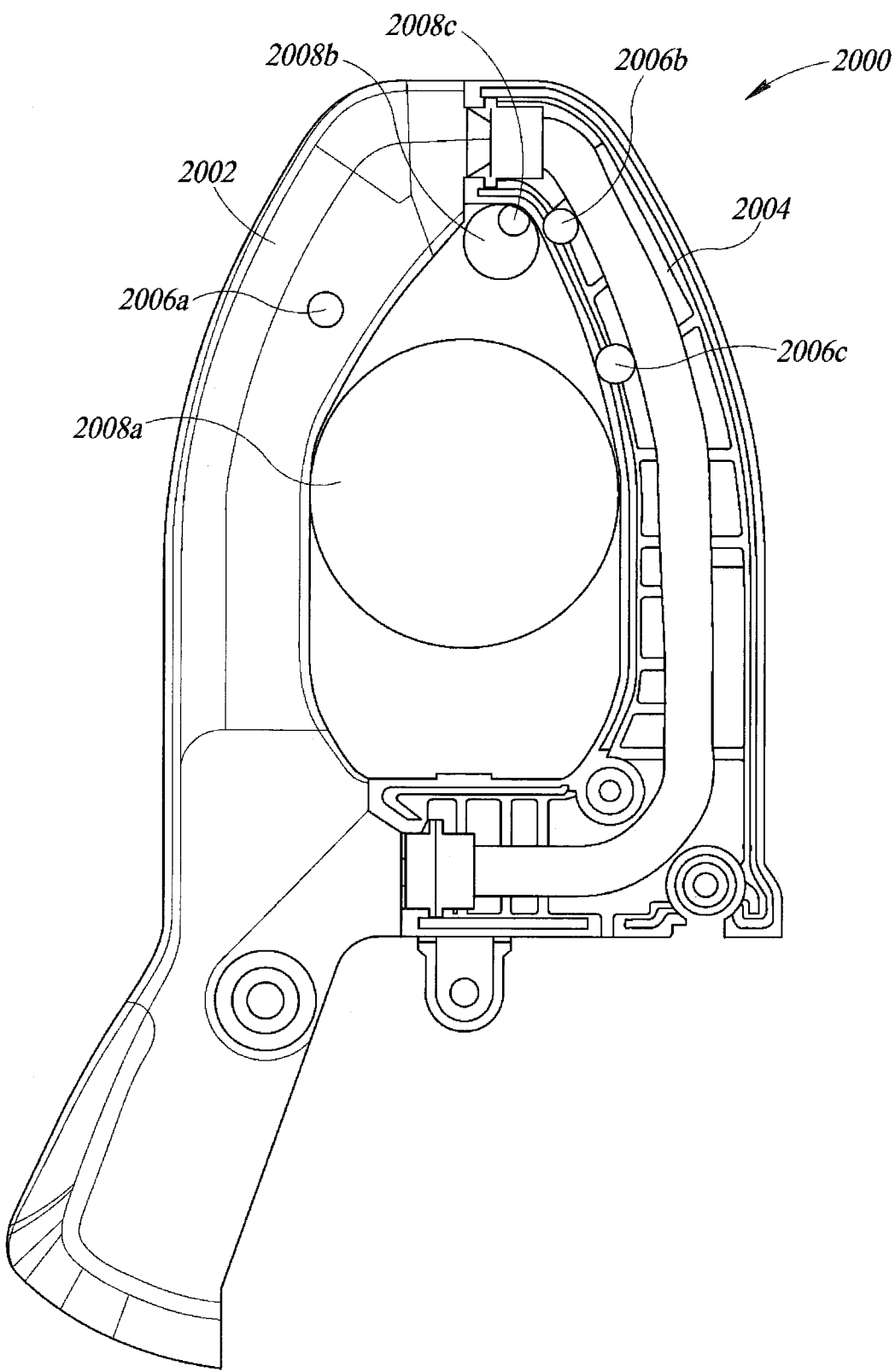
【圖 17】



【圖 18】



【圖 19】



【圖 20】