



(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 I779190 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：108115561

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 05 月 06 日

(51)Int. Cl. : G01R1/067 (2006.01)

G01R15/16 (2006.01)

(30)優先權：2018/05/11 美國

15/977,662

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

美國

(72)發明人：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：

CN 2639905Y

CN 103582821A

US 5473244A

US 2016/0109486A1

WO 2015/186485A1

審查人員：黃鴻杰

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：4 共 42 頁

(54)名稱

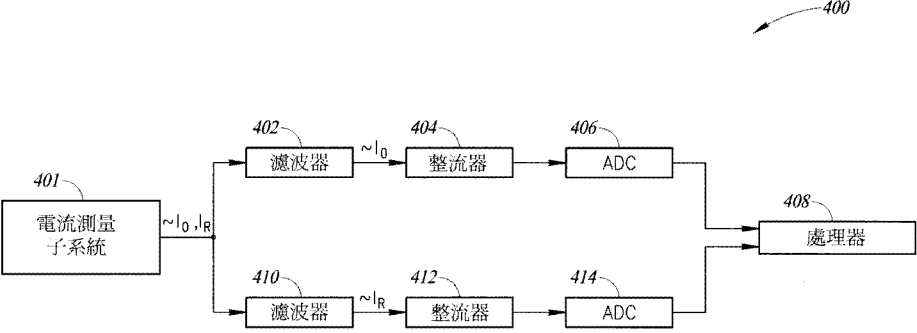
具有振盪感測器之非接觸式 D C 電壓測量裝置

(57)摘要

提供用於測量一絕緣導體(例如，絕緣導線)的直流(direct current, DC)電壓而不需要該導體與一測試電極或探針之間的一電氣連接的系統及方法。一非接觸式 DC 電壓測量裝置可包括經機械地振盪的一導電感測器。受測試之該絕緣導體用作一耦合電容器的一第一導電元件或電極，且該振動導電感測器用作該耦合電容器的一第二導電元件或電極。該導電感測器的該振盪提供一時變電容值給該耦合電容器。該測量裝置偵測流過該耦合電容器的電流，並使用該所偵測之電流及該時變電容來判定該絕緣導體中的該 DC 電壓。所判定之該 DC 電壓可輸出至一顯示器或經由一有線或無線連接傳輸至一外部系統。

Systems and methods for measuring direct current (DC) voltage of an insulated conductor (e.g., insulated wire) are provided, without requiring a galvanic connection between the conductor and a test electrode or probe. A non-contact DC voltage measurement device may include a conductive sensor that is mechanically oscillated. The insulated conductor under test serves as a first conductive element or electrode of a coupling capacitor, and the vibrating conductive sensor serves as a second conductive element or electrode of the coupling capacitor. The oscillation of the conductive sensor provides the coupling capacitor with a time-varying capacitance value. The measurement device detects current flowing through the coupling capacitor, and determines the DC voltage in the insulated conductor using the detected current and the time-varying capacitance. The determined DC voltage may be output to a display or transmitted to an external system via a wired or wireless connection.

指定代表圖：



【圖 4】

- 符號簡單說明：
- 400 . . . 信號處理部分
 - 401 . . . 電流測量子系統
 - 402 . . . 第一濾波器
 - 404 . . . 第一整流器
 - 406 . . . 第一 ADC
 - 408 . . . 處理器
 - 410 . . . 第二濾波器
 - 412 . . . 第二整流器
 - 414 . . . 第二 ADC



I779190

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有振盪感測器之非接觸式 D C 電壓測量裝置

【英文發明名稱】

NON-CONTACT DC VOLTAGE MEASUREMENT DEVICE WITH
OSCILLATING SENSOR

【中文】

提供用於測量一絕緣導體(例如,絕緣導線)的直流(direct current, DC)電壓而不需要該導體與一測試電極或探針之間的一電氣連接的系統及方法。一非接觸式 DC 電壓測量裝置可包括經機械地振盪的一導電感測器。受測試之該絕緣導體用作一耦合電容器的一第一導電元件或電極,且該振動導電感測器用作該耦合電容器的一第二導電元件或電極。該導電感測器的該振盪提供一時變電容值給該耦合電容器。該測量裝置偵測流過該耦合電容器的電流,並使用該所偵測之電流及該時變電容來判定該絕緣導體中的該 DC 電壓。所判定之該 DC 電壓可輸出至一顯示器或經由一有線或無線連接傳輸至一外部系統。

【 英文 】

Systems and methods for measuring direct current (DC) voltage of an insulated conductor (*e.g.*, insulated wire) are provided, without requiring a galvanic connection between the conductor and a test electrode or probe. A non-contact DC voltage measurement device may include a conductive sensor that is mechanically oscillated. The insulated conductor under test serves as a first conductive element or electrode of a coupling capacitor, and the vibrating conductive sensor serves as a second conductive element or electrode of the coupling capacitor. The oscillation of the conductive sensor provides the coupling capacitor with a time-varying capacitance value. The measurement device detects current flowing through the coupling capacitor, and determines the DC voltage in the insulated conductor using the detected current and the time-varying capacitance. The determined DC voltage may be output to a display or transmitted to an external system via a wired or wireless connection.

【指定代表圖】第(4)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

400：信號處理部分

401：電流測量子系統

402：第一濾波器

404：第一整流器

406：第一ADC

408：處理器

410：第二濾波器

412：第二整流器

414：第二ADC

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有振盪感測器之非接觸式 D C 電壓測量裝置

【英文發明名稱】

NON-CONTACT DC VOLTAGE MEASUREMENT DEVICE WITH
OSCILLATING SENSOR

【技術領域】

【0001】本揭露大致上係關於電特性的測量，且更具體地係關於直流 (direct current, DC) 電壓的非接觸式測量。

【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 (DC) 電壓及電流、以及電阻或導通性 (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。

【0003】使用測量 DC 電壓的習知伏特計或萬用表，需要使至少一個測量電極或探針與導體電氣接觸 (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端子。除了需要用於電氣接觸的暴露導線或端子之外，使伏特計探針觸碰裸導線或端子的步驟亦會因為電擊或觸電風險而相對危險。

【0004】因此，需要一種DC電壓測量系統，其提供方便且準確的電壓測量而不需要與受測電路電氣接觸。

【發明內容】

【0005】一種用以測量一絕緣導體中之直流(DC)電壓的裝置可概述成包括一殼體；一導電感測器，其實體上耦接至該殼體，該導電感測器可選擇性地定位成鄰近該絕緣導體而不電氣接觸該絕緣導體，其中該導電感測器與該絕緣導體電容耦合；一導電內部接地防護件，其至少部分地圍繞該導電感測器，並與該導電感測器電氣隔離(galvanically isolated)，該內部接地防護件經定大小及定尺寸以屏蔽該導電感測器免於雜散電流；一導電參考屏蔽，其環繞該殼體的至少一部分並與該內部接地防護件電氣絕緣，該導電參考屏蔽經定大小及定尺寸以減少在該內部接地防護件與一外部接地之間的電流；一機械振盪器，其操作地耦接至該導電感測器，在操作時，該機械振盪器導致該導電感測器根據一機械振盪振幅及一機械振盪頻率而機械地振盪，使得該導電感測器與該絕緣導體之間的一距離根據該機械振盪振幅及該機械振盪頻率而週期地改變；一共模參考電壓源，其在操作時產生具有一參考頻率

的一交流(AC)參考電壓，該共模參考電壓源電耦接在該內部接地防護件與該導電參考屏蔽之間；一感測器信號測量子系統，其電耦接至該導電感測器，其中該感測器信號測量子系統在操作時產生指示傳導通過該導電感測器之電流的一感測器電流信號；及控制電路系統，其通訊地耦合至該感測器信號測量子系統，其中該控制電路系統在操作時：接收來自該感測器信號測量子系統的該感測器電流信號；及至少部分基於所接收之該感測器電流信號來判定該絕緣導體中的該DC電壓。該控制電路系統可至少部分基於所接收之該感測器電流信號、該機械振盪頻率、該AC參考電壓、及該參考頻率判定該絕緣導體中之該DC電壓。該機械振盪器可包括一壓電效應機械振盪器。該機械振盪器可包括一微機電(microelectromechanical, MEMS)機械振盪器。

【0006】該控制電路系統可在操作時將所接收之該感測器電流信號轉換成一數位信號；並處理該數位信號以獲得該感測器電流信號的一頻域表示。該控制電路系統可實施一快速傅立葉轉換(fast Fourier transform, FFT)以獲得該感測器電流信號之該頻域表示。該共模參考電壓源可產生與該控制電路系統實施之該FFT之一窗同相之該AC參考電壓。該控制電路系統可包括濾波所接收之該感測器電流信號的至少一個電子濾波器。該控制電路系統可處理該感測器電流信號以判定一絕緣導體電流分量及一參考電流分量，該絕緣導體電流分量指示由於該絕緣導體中的該電壓

而傳導通過該導電感測器之該電流，且該參考電流分量指示由於該共模參考電壓源之該電壓而傳導通過該導電感測器之該電流。該控制電路系統可判定該感測器電流信號之所判定之該絕緣導體電流分量的該頻率。在操作時，該感測器信號測量子系統可接收來自該導電感測器的一輸入電流，且該感測器電流信號可包括指示從該導電感測器接收之該輸入電流的一電壓信號。該感測器信號測量子系統可包括一運算放大器，該運算放大器操作為一電流轉電壓轉換器。

【0007】一種操作一裝置以測量在一絕緣導體中之直流(DC)電壓的方法，該裝置包括一殼體；一導電感測器，其實體上耦接至該殼體，該導電感測器可選擇性地定位成鄰近一絕緣導體而不電氣接觸該導體；一導電內部接地防護件，其至少部分地圍繞該導電感測器，並與該導電感測器電氣隔離，其中該內部接地防護件經定大小及定尺寸以屏蔽該導電感測器免於雜散電流；一導電參考屏蔽，其圍繞該殼體的至少一部分且與該內部接地防護件電氣絕緣，其中該導電參考屏蔽經定大小及定尺寸以減少在該內部接地防護件與一外部接地之間的電流，該方法可概述成包括：根據一機械振盪振幅及一機械振盪頻率而機械地振盪該導電感測器，使得該導電感測器與該絕緣導體之間的一距離根據該機械振盪振幅及該機械振盪頻率而週期地改變；導致一共模參考電壓源產生具有一參考頻率的一交流(AC)參考電壓，該共模參考電壓源電耦接在該內部接地防

護件與該導電參考屏蔽之間；藉由一感測器信號測量量子系統產生指示傳導通過該導電感測器之電流的一感測器電流信號；藉由控制電路系統接收來自該感測器信號測量量子系統的該感測器電流信號；及藉由該控制電路系統至少部分基於所接收之該感測器電流信號來判定該絕緣導體中的該 DC 電壓。

【0008】產生該感測器電流信號可包括：接收來自該導電感測器的一輸入電流；及產生指示從該導電感測器接收之該輸入電流的一電壓信號。該感測器電流信號可利用操作為一電流轉電壓轉換器的一運算放大器來產生。機械地振盪該導電感測器可包括使用一壓電效應機械振盪器來機械地振盪該導電感測器。機械地振盪該導電感測器可包括使用一微機電 (MEMS) 機械振盪器來機械地振盪該導電感測器。

【0009】判定該絕緣導體中的該 DC 電壓可包括：藉由至少一個處理器將所接收之該感測器電流信號轉換成一數位信號；及藉由至少一個處理器處理該數位信號以獲得該感測器電流信號的一頻域表示。處理該數位信號可包括實施一快速傅立葉轉換 (FFT) 以獲得該感測器電流信號的該頻域表示。判定該絕緣導體中的該 DC 電壓可包括對所接收之該感測器電流信號電子地濾波。

【0010】一種用以測量一絕緣導體中之直流 (DC) 電壓的裝置可概述成包括：一導電感測器，其可選擇性地定位成鄰近該絕緣導體而不電氣接觸該絕緣導體，其中該導電

感測器與該絕緣導體電容耦合；一機械振盪器，其操作地耦接至該導電感測器，在操作時，該機械振盪器導致該導電感測器機械地振盪以相關於時間地改變該導電感測器與該絕緣導體之間的該電容；一導電內部接地防護件，其至少部分地圍繞該導電感測器，並與該導電感測器電氣隔離；一導電參考屏蔽，其圍繞該殼體的至少一部分並與該內部接地防護件電氣絕緣；一共模參考電壓源，其在操作時產生具有一參考頻率的一交流(AC)參考電壓，該共模參考電壓源電耦接在該內部接地防護件與該導電參考屏蔽之間；一感測器信號測量子系統，其電耦接至該導電感測器，其中該感測器信號測量子系統在操作時產生指示傳導通過該導電感測器之電流的一感測器電流信號；及控制電路系統，其通訊地耦合至該感測器信號測量子系統，其中該控制電路系統在操作時：接收來自該感測器信號測量子系統的該感測器電流信號；及至少部分基於所接收之該感測器電流信號來判定該絕緣導體中的該DC電壓。在操作時，該控制電路系統可基於所接收之該感測器電流信號並基於該導電感測器與該絕緣導體之間的該電容相關於時間的該變化來判定該絕緣導體中的該DC電壓。該機械振盪器可包括一壓電效應機械振盪器或一微機電(MEMS)機械振盪器中之至少一者。

【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係根據一個闡釋性實施方案之一環境的繪圖，其中一非接觸式DC電壓測量裝置可由操作者使用以測量存在於一絕緣導線中的DC電壓而不需要與該導線電氣接觸。

圖1B係根據一個闡釋性實施方案之圖1A的非接觸式DC電壓測量裝置的俯視圖，其展示形成在絕緣導線與非接觸式電壓測量裝置的導電感測器之間的耦合電容。

圖2係根據一個闡釋性實施方案之非接觸式DC電壓測量裝置的各種內部組件的示意圖。

圖3係顯示根據一個闡釋性實施方案之非接觸式DC電壓測量裝置的各種信號處理組件的方塊圖。

圖4係根據用於信號及參考信號分離的實例之實施類比電子濾波器之非接觸式DC電壓測量裝置的方塊圖。

【實施方式】

【0012】本揭露的一或多個實施方案係有關用於測量絕緣或空白未絕緣導體(例如，絕緣導線)中的DC電壓而不需要在該導體與一測試電極或探針之間的電氣連接之系統

及方法。一般而言，提供使用電容感測器測量絕緣導體中相對於接地的DC電壓信號的非電氣接觸式(或「非接觸式」)電壓測量裝置。不需要電氣連接的此類裝置在本文中稱為「非接觸式」。如本文所用，除非另外指明，「電耦接」包括直接及間接電耦接。

【0013】作為概述，非接觸式DC電壓測量裝置可包括使用合適振盪器(例如，壓電效應振盪器、微機械系統(MEMS)振盪器)機械地振盪或振動的接觸式導電感測器(例如，導電膜)。該導電感測器可經定位成靠近受測試之絕緣導體，例如，在絕緣導體的幾毫米內。為獲得測量，受測試之絕緣導體用作一耦合電容器的一第一導電元件或電極，且振動導電感測器用作該耦合電容器的一第二導電元件或電極。由於感測器的振動導致感測器與受測試之導體之間的距離係可變的，因此所產生的耦合電容器的電容由於該振動而相對於時間地改變。非接觸式DC電壓測量裝置包括用於偵測或測量由於該振動而流經耦合電容器之AC電流的電路系統，該AC電流在本文中稱為信號電流(I_o)。AC信號電流與橫跨耦合電容器的DC電壓及由非接觸式導電感測器的振動所導致的耦合電容器之電容的時變變化成比例。DC電壓測量裝置使用產生參考電流的已知參考電壓及振動的非接觸式感測器的AC電壓(例如，0伏特或接地)，以使用由振動產生之經偵測信號電流判定橫跨耦合電容器的DC電壓。

【0014】可將絕緣導體中的經判定DC電壓(例如，經

由顯示器)輸出給使用者，或可通過一或多個有線或無線連接傳輸至外部系統。除了DC電壓，本文討論的測量裝置亦可包括用於判定其他電參數的功能，諸如，但不限於，AC電壓、AC或DC電流、功率、相位角度、波形、熱特性、阻抗等。

【0015】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。

【0016】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)。

【0017】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。

【0018】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。

【0019】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。

【0020】圖1A係環境100的繪圖，其中本揭露的非接觸式DC電壓測量裝置102可由操作者104使用以測量存在於絕緣導線106中的DC電壓而不需要在非接觸式電壓測量裝置與導線106之間的電氣接觸。圖1B係圖1A之非接觸式電壓測量裝置102的俯視平面圖，展示非接觸式DC電壓測量裝置在操作期間的各種電特性。非接觸式電壓測量裝置102包括一殼體或本體108，該殼體或本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亦可包括一或多個有線及/或無線通訊介面(例如，USB、Wi-Fi®、Bluetooth®)，以及各種控制或處理電路系統(例如，處理器、微控制器、DSP、ASIC、FPGA、記憶體)。

【0021】在至少一些實施方案中，如圖1B所最佳展示，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 接收絕緣導線 106 (見圖 1A)。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 可包括非接觸式導電感測器或電極 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，該導電感測器或電極擱置在絕緣導線 106 的絕緣體 124 附近。感測器 126 可經定位在殼體 108 內側或在一凹入位置中，以防止感測器與其他物體之間的實體及電接觸。如下文進一步討論的，在操作時，導電感測器 126 在測量程序期間經機械地振盪，其允許測量裝置 102 準確地測量受測試之絕緣導體 106 中的 DC 電壓。

【0022】如圖 1A 所示，在使用時，操作者 104 可抓住殼體 108 的抓握部分 110 且將探針部分 112 放置成鄰近絕緣導線 106，使得非接觸式電壓測量裝置 102 可準確地測量存在於導線中之相對於接地 (earth ground) (或另一參考節點) 的 DC 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絕緣導線 106 的其他類型介面。

【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】如下文進一步討論的，在至少一些實施方案中，非接觸式電壓測量裝置102可在DC電壓測量期間利用操作者104與接地128之間的體電容(C_B)。雖然術語「接地」係用於節點128，但節點不一定是接地，而是可藉由電容耦合而依電氣隔離方式連接至任何其他參考電位。測量裝置102亦可藉由習知電氣耦接(例如，測試引線)耦接至一參考節點(諸如，節點128)。

【0025】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的導電感測器126以板或膜的形式成形，並經定位成鄰近受測試之絕緣導線106且與絕緣導線106之導體122電容耦合，形成感測器耦合電容器(C_O)。應理解的是，導電感測器可係其他平面形狀(例如，圓形、矩形、三角形)或非平面形狀(例如，V形、U形)。處置非接觸式DC電壓測量裝置102的操作者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。如下文進一步討論的，絕緣導體電流分量或「信號電流」(I_O)係基於導體122中的DC電壓信號(V_{DC})及在感測器

126中感應的機械振盪而在串聯連接的耦合電容器(C_o)及體電容(C_B)上產生。在一些實施方案中，體電容(C_B)亦可包括電氣隔離之測試引線，該測試引線產生對地電容或任何其他參考電位。

【0026】待受測量之導線122中的DC電壓(V_{DC})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本身亦具有主要由體電容(C_B)組成的接地128的電容。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DC電壓信號(V_{DC})產生，並通過非接觸式DC電壓測量裝置之殼體108及接地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的導電感測器126與受測試之絕緣導線106之間的距離、導電感測器126的特定形狀、及導體122中的大小及電壓位準(V_{DC})。

【0027】為了補償距離變異且因此補償直接影響信號電流(I_o)的耦合電容器(C_o)變異，非接觸式電壓測量裝置102包括共模參考電壓源130，該共模參考電壓源產生具有與機械振盪頻率(f_o)不同之參考頻率(f_R)的AC參考電壓(V_R)，於下文討論。

【0028】為減少或避免雜散電流，非接觸式電壓測量裝置102的至少一部分可被導電內部接地防護件或網屏132所圍繞，該導電內部接地防護件或網屏導致大部分電流通

過導電感測器 126，該導電感測器與絕緣導線 106 的導體 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)。感測器 126 周圍之防護件 132 亦減少測量期間靠近感測器 126 之相鄰導線的雜散影響。

【0029】非接觸式電壓測量裝置 102 包括操作地耦接至導電感測器 126 的機械振盪器 144。在操作時，機械振盪器 144 導致導電感測器 126 根據一機械振盪振幅及一機械振盪頻率 (f_o) 而機械地振盪。機械振盪器 144 導致導電感測器 126 在受測試之絕緣導體 106 的方向上振盪，使得在導電感測器 126 與絕緣導體 106 之間的距離 (d) 根據機械振盪振幅及機械振盪頻率而週期地改變。此機械振盪改變曝露於電場之耦合電容器 (C_o) 的值。因此，具有振盪頻率 (f_o) 的信號電流 (I_o) 在感測器 126 中產生。此電流與電場成比例。如下文所討論的，共模參考源 130 用於將具有與振盪頻率 (f_o) 不同的頻率之具有經界定之一已知頻率 (f_R) 及量值 (V_R) 的參考信號注入至感測器，並產生參考電流 I_R 。因此，受測試之導體 106 中的未知 DC 電壓能根據下文討論的式 (1) 與耦合電容器 C_o 無關地判定。

【0030】機械振盪器 144 可係可操作以導致導電感測器 126 相對於絕緣導體而機械地振盪或振動的任何合適裝置或組件。可使用之機械振盪器的非限制性實例包括壓電效應振盪器或微機械系統 (MEMS) 振盪器。

【0031】為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)。共模參考電壓源130電耦接在參考屏蔽134與內部接地防護件132之間，其產生具有用於非接觸式DC電壓測量裝置102之參考電壓(V_R)及參考頻率(f_R)的共模電壓或參考信號。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)。

【0032】圍繞導電感測器126之至少一部分的內部接地防護件132保護該導電感測器免於AC參考電壓(V_R)的直接影響，而避免導電感測器126與參考屏蔽134之間的參考電流(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亦圍繞非接觸式電壓測量裝置102的一些或全部電子器件，以避免AC參考電壓(V_R)耦合至該等電子器件中。

【0033】如上文所述，參考屏蔽134用於將AC參考信號注入至由DC電壓(V_{DC})之振盪及量值產生的輸入AC電壓信號(V_{AC})上，且作為第二功能，將防護件132至接地128電容最小化。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模信

號，該參考共模信號也在導電感測器 126 與絕緣導線 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絕緣導線 106。

【0034】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 予以屏蔽，使得任何參考電流流動均由導電感測器 126 與受測試之導體 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。

【0035】如圖 2 所示，導電感測器 126 在測量期間可經定位成靠近受測試之絕緣導體 106。受測試之絕緣導體 106 的導體 122 用作一耦合電容器 (C_o) 的一第一導電元件或電極，且振動的導電感測器 126 用作該耦合電容器的一第二導電元件或電極。

【0036】非接觸式電壓測量裝置 102 可包括一感測器信號測量子系統，例如，該子系統採操作為反相電流轉電壓轉換器之輸入放大器 136 的形式。輸入放大器 136 具有電耦接至內部接地防護 132 的一非反相端子，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 之一反相端子可電耦接至導電感測器 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之反相端子與輸出端子之間，以提供用於輸入信號調節的回授及適當增益。

【0037】輸入放大器 136接收來自導電感測器 126之包括信號電流(I_O)及參考電流(I_R)的電流，並將經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該輸入放大器之輸出端子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。可將類比電壓饋送至信號處理或控制模組 140，如下文進一步討論的，該信號處理或控制模組處理感測器電流電壓信號以判定絕緣導線 106之導體 122中的DC電壓(V_{DC})。信號處理模組 140可包括數位及/或類比電路系統的任何組合，且可包括一類比轉數位轉換器(analog-to-digital converter, ADC)、一或多個處理器、一或多個非暫時性處理器可讀的儲存媒體等。

【0038】圖 3係非接觸式DC電壓測量裝置 300的方塊圖，該方塊圖展示非接觸式DC電壓測量裝置的各種信號處理組件。非接觸式DC電壓測量裝置 300可類似或等同於上文所述之非接觸式DC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。如圖所示，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(ADC) 302將感測器電流電壓信號轉換成數位形式。

【0039】導線 122中的DC電壓(V_{DC})係關於由恆定振動及參考電壓(V_R)所導致的AC電壓(V_{AC})。AC電壓(V_{AC})可藉

由方程式(1)判定：

$$\frac{V_{AC}}{V_R} = \frac{I_O \times f_R}{I_R \times f_O} \quad (1)$$

其中(I_O)係由於導體122中的DC電壓(V_{DC})及機械振盪而通過導電感測器126的AC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的參考電流，(f_O)係感測器126的振盪頻率，且(f_R)係AC參考電壓(V_R)的頻率。導體122中的DC電壓(V_{DC})可藉由將來自方程式(1)的(V_{AC})乘以常數因子k而計算，如以下之方程式(1a)及(1b)中所指示：

$$V_{AC} = \frac{I_O \times f_R}{I_R \times f_O} \times V_R \quad (1a)$$

$$V_{DC} = k \times V_{AC} \quad (1b)$$

此因子k與機械振盪頻率及振盪的機械量值成比例。其能藉由具有一已知DC電壓及已計算之該 V_{AC} 的一測量來判定。

【0040】具有下標「O」或「AC」的信號(例如， I_O 、 V_{AC})係關於由具有頻率 f_O 之振盪所導致的AC分量，且具有下標「DC」的信號係關於在振動中的耦合電容器(C_O)內產生電DC場的DC電壓(V_{DC})。AC參數具有與關於共模參考電壓源130之具有下標「R」的信號不同的特性(如頻率)。數位處理(諸如，實施快速傅立葉變換(FFT)演算法306之電路系統)可用於分離具有不同頻率的信號量值。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)及電流(I_R)分別取決於頻率(f_o)及頻率(f_R)。流經耦合電容器(C_o)及體電容(C_B)的電流與頻率成比例。因為系統產生振盪及參考電壓，所以振盪頻率(f_o)及參考頻率(f_R)可經測量，或可係已為已知的。

【0042】在輸入電流($I_o + I_R$)已由輸入放大器136調節並由ADC 302數位化之後，數位感測器電流電壓信號的頻率分量可藉由使用FFT 306將信號表示在頻域中而判定。當已測量或以其他方式獲得頻率(f_o)及頻率(f_R)二者時，可判定頻格(frequency bin)以從FFT 306計算電流(I_o)及電流(I_R)的基本量值。

【0043】電流(I_R)及/或電流(I_o)的量值可隨參考信號感測器或電極(例如，電極126)與絕緣導線106的導體122之間的距離而變動。因此，系統可將已測量之電流(I_R)及/或電流(I_o)與所預期的各別電流相比較，以判定參考信號感測器或電極與導體122之間的距離。

【0044】其次，如圖3的方塊308所指示的，電流(I_R)及電流(I_o)之基本諧波的比率可藉由已判定或已獲得的頻率(f_o)及頻率(f_R)來校正，且此因子可用於計算導線122中的DC電壓(V_{DC})。

【0045】例如，取決於絕緣導體106與導電感測器126之間的距離，以及感測器126的特定形狀及尺寸，耦合電容器(C_o)通常可具有在約0.02 pF至1 pF之範圍內的電容值。例如，體電容(C_B)可具有大約20 pF至200 pF之電容

值。

【0046】從上文之式(1)可看出，由共模參考電壓源130產生的AC參考電壓(V_R)不需要在與藉由導體122中的振動產生的AC電壓(V_{AC})相同的範圍中，便可達成信號電流(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)。

【0047】可使用任何合適的信號產生器產生具有參考頻率(f_R)的AC參考電壓(V_R)。在圖3繪示的實例中，使用Sigma-Delta數位轉類比轉換器(Σ - Δ DAC) 310。 Σ - Δ DAC 310使用位元串流以建立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】流經耦合電容器(C_O)的感測器電流(I_O)與橫跨耦合電容器的電壓(V_{DC})及由非接觸式導電感測器126的振動所導致的耦合電容器之電容的時變變化($\Delta C/\Delta t$)成比例。此關係能由下式(2)表示：

$$I_O = k_1 \times V_{DC} \times \frac{dC}{dt} \quad (2)$$

其中 k_1 係比例常數。常數 k_1 可取決於下列至少一者：導電感測器126的一物理特性、受測試之絕緣導體106的一物理特性、或測量期間在導電感測器與絕緣導體之間的空間的一物理特性。例如，常數 k_1 可取決於導電感測器126的特

定形狀、導電感測器的面積、導電感測器與受測試之絕緣導體之間的體積的介電率等。

【0049】重整上式(2)，DC電壓(V_{DC})可如下判定：

$$V_{DC} = k_2 \times \frac{I_o}{\Delta C / \Delta t} \quad (3)$$

其中 k_2 係等於 $1/k_1$ 的比例常數。時變電容($\Delta C / \Delta t$)取決於機械振盪振幅，該機械振盪振幅判定導電感測器126振動時在導電感測器126與絕緣導體106之間的分離距離(d)中的週期性變化。時變電容($\Delta C / \Delta t$)亦取決於導電感測器126的機械振盪頻率(f_o)。

【0050】作為簡化實例，導電感測器126及受測試之導體106可在測量期間經模型化為平行板電容器(C_o)。平行板電容器具有由下式(4)定義的電容(C)：

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d} \quad (4)$$

其中 Q 係平行板上的電荷， V 係跨電容器的電壓，(ϵ)係電容器的介電率，(A)係平行板的面積，且(d)係二板之間的距離。進一步地，在電容器中流動的電流(I_o)可由下式(5)定義：

$$I_o = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (5)$$

【0051】使用上式(4)及式(5)，電容器中的電流可由下式(6)定義：

$$I_o = \varepsilon \times A \times V \times \frac{\Delta(\frac{1}{d})}{\Delta t} \quad (6)$$

然後能重整式(5)以將跨電容器的電壓(V)判定為信號電流、機械振盪振幅、及機械振盪頻率的函數。若導體與感測器之間的距離(d)係已知的，則能解出方程式(6)。然而，距離(d)可係不已知的，且因此可能需要參考信號以如已於以上方程式(1)、(1a)、及(1b)中所呈現地與耦合電容(C_o)無關地解出該方程式。

【0052】實務上，測量裝置102可使用一或多個數學公式、查找表、及/或校準因子以基於所偵測之信號電流(I_o)來判定絕緣導體106中的DC電壓(V_{DC})。如上文所討論的，在至少一些實施方案中，測量裝置102可操作以測量一或多個其他電參數，諸如，電流、功率、相位角度等。

【0053】非接觸式電壓測量裝置102亦可包括通訊地耦合至信號處理模組140的一或多個介面142。一或多個介面142可包括使用者介面的一或多個輸入或輸出組件，諸如，一或多個顯示器、揚聲器、觸控板、觸控螢幕、按鈕、轉盤、旋鈕、滾輪等。一或多個介面142可額外地或替代地包括一或多個有線或無線通訊介面，諸如，USB介面、Bluetooth®介面、Wi-Fi®介面等。各種介面142可允許與非接觸式電壓測量裝置102的互動，諸如，輸出經判定DC電壓(V_{DC})或傳達資訊至非接觸式電壓測量裝置的操作者104。一或多個通訊介面可用於將資料(例如，測量資料)傳輸至外部系統，或接收來自外部系統的資料(例如，

控制指令)。

【0054】圖4係實施電子濾波器之非接觸式電壓測量系統的信號處理部分400的方塊圖。信號處理部分400可從電流測量子系統401(例如，輸入放大器136)接收與導電感測器126之電流($I_O + I_R$)成比例的一感測器電流電壓信號。

【0055】如上文所討論的，信號電流(I_O)具有與參考電流(I_R)不同的頻率。為了隔離信號電流(I_O)與參考電流(I_R)，信號處理部分400可包括第一濾波器402，該第一濾波器操作以傳遞信號電流(I_O)並拒絕參考電流(I_R)。經過濾之信號然後可由第一整流器404整流並由第一ADC 406數位化。經數位化之信號可饋送至合適的處理器408以在計算中使用，如上文所討論的。類似地，為了隔離參考電流(I_R)與信號電流(I_O)，信號處理部分400可包括第二濾波器410，該第二濾波器操作以傳遞參考電流(I_R)並拒絕信號電流(I_O)。經過濾之信號然後可由第二整流器412整流並由第二ADC 414數位化。經數位化之信號可饋送至合適的處理器408以在計算中使用。第一濾波器402及第二濾波器410可係任何合適的類比濾波器，且可各包括數個離散組件(例如，電容器、電感器)。

【0056】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定應用積體電路(Application Specific Integrated Circuit, 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，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。

【0057】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。作為一實例，在至少一些實施方案中，一非接觸式電壓測量系統可不利用一處理器來執行指令。例如，一非接觸式電壓測量裝置可經硬接線，以提供本文討論的一些或全部功能。額外地，在至少一些實施方案中，一非接觸式電壓測量裝置可不利用一處理器以導致或起始本文討論的不同測量。例如，此類非接觸式電壓測量裝置可依賴一或多個分開的輸入，諸如，導致測量發生的使用者致動按鈕。

【0058】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。

【0059】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】

【0060】

100：環境

102：非接觸式DC電壓測量裝置/非接觸式電壓測量裝置/
測量裝置

104：操作者

106：絕緣導線/導線/絕緣導體/導體

108：殼體(或本體)

110：抓握部分(或端部)

112：探針部分(或端部)/探針端部

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：非接觸式導電感測器(或電極)/導電感測器/感測器
- 128：接地/節點
- 130：共模參考電壓源/共模參考源
- 132：導電內部接地防護件(或網屏)/內部接地防護件/防護件
- 134：導電參考屏蔽/參考屏蔽
- 136：輸入放大器
- 137：回授電路系統
- 138：內部電子接地/內部接地
- 139：測試引線
- 140：信號處理或控制模組/信號處理模組
- 142：介面
- 144：機械振盪器
- 300：非接觸式DC電壓測量裝置
- 302：類比轉數位轉換器(ADC)
- 306：快速傅立葉變換(FFT)演算法
- 308：方塊
- 310：Sigma-Delta數位轉類比轉換器(Σ - Δ DAC)
- 400：信號處理部分
- 401：電流測量系統

402：第一濾波器

404：第一整流器

406：第一ADC

408：處理器

410：第二濾波器

412：第二整流器

414：第二ADC

C_B ：體電容/電容/體電容器

C_O ：耦合電容器/電容/電容器

f_R ：參考頻率/頻率

I_O ：信號電流/電流/感測器電流

I_O+I_R ：輸入電流/電流

I_R ：參考電流/電流

V_{AC} ：輸入AC電壓信號/AC電壓

V_R ：AC參考電壓/參考電壓/量值

V_{DC} ：DC電壓信號/DC電壓/電壓位準/電壓

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】

一種用以測量一絕緣導體中的直流 (direct current, DC) 電壓的裝置，該裝置包含：

一導電感測器，其可選擇性地定位成鄰近該絕緣導體而不電氣接觸 (galvanically contacting) 該絕緣導體；

一導電內部接地防護件，其與該導電感測器電氣隔離 (galvanically isolated)；

一導電參考屏蔽，其與該內部接地防護件電氣絕緣 (galvanically insulated)；

一機械振盪器，其操作地耦接至該導電感測器，其中該機械振盪器，在操作時，導致該導電感測器機械地振盪，使得該導電感測器與該絕緣導體之間的一距離根據該機械振盪而改變；

一共模參考電壓源，其在操作時產生一交流 (alternating current, AC) 參考電壓，該共模參考電壓源電耦接在該內部接地防護件與該導電參考屏蔽之間；

一感測器信號測量子系統，其電耦接至該導電感測器，其中該感測器信號測量子系統在操作時產生指示傳導通過該導電感測器之電流的一感測器電流信號；及

控制電路系統，其通訊地耦合至該感測器信號測量子系統，其中該控制電路系統在操作時：

接收來自該感測器信號測量子系統的該感測器電流信號；及

至少部分基於該感測器電流信號來判定該絕緣導體中的該 DC 電壓。

【第 2 項】

如請求項 1 之裝置，其中該控制電路系統至少部分基於該感測器電流信號、該機械振盪器之一機械振盪頻率、該 AC 參考電壓、及該 AC 參考電壓之一參考頻率來判定該絕緣導體中的該 DC 電壓。

【第 3 項】

如請求項 1 之裝置，其中該機械振盪器包含一壓電效應機械振盪器。

【第 4 項】

如請求項 1 之裝置，其中該機械振盪器包含一微機電 (microelectromechanical, MEMS) 機械振盪器。

【第 5 項】

如請求項 1 之裝置，其中該控制電路系統在操作時：
將該感測器電流信號轉換成一數位信號；及
處理該數位信號以獲得該感測器電流信號的一頻域表示。

【第 6 項】

如請求項 5 之裝置，其中該控制電路系統實施一快速傅立葉轉換 (fast Fourier transform, FFT) 以獲得該感測器電流信號的該頻域表示。

【第 7 項】

如請求項 6 之裝置，其中該共模參考電壓源產生與由

該控制電路系統實施之該 FFT 的一窗同相之該 AC 參考電壓。

【第 8 項】

如請求項 1 之裝置，其中該控制電路系統包含濾波該感測器電流信號的至少一個電子濾波器。

【第 9 項】

如請求項 1 之裝置，其中該控制電路系統處理該感測器電流信號以判定一絕緣導體電流分量及一參考電流分量，該絕緣導體電流分量指示由於該絕緣導體中的該電壓而傳導通過該導電感測器之該電流，且該參考電流分量指示由於該共模參考電壓源之該電壓而傳導通過該導電感測器之該電流。

【第 10 項】

如請求項 9 之裝置，其中該控制電路系統判定該感測器電流信號之該絕緣導體電流分量的一頻率。

【第 11 項】

如請求項 1 之裝置，其中該感測器信號測量系統在操作時接收來自該導電感測器的一輸入電流，且該感測器電流信號包含指示從該導電感測器接收之該輸入電流的一電壓信號。

【第 12 項】

如請求項 1 之裝置，其中該感測器信號測量系統包含一運算放大器，該運算放大器操作為一電流轉電壓轉換器。

【第 13 項】

一種操作一裝置以測量在一絕緣導體中之直流(DC)電壓的方法，該裝置包含：一導電感測器，其可選擇性地定位成鄰近一絕緣導體而不電氣接觸該導體；一導電內部接地防護件，其至少部分地圍繞該導電感測器，並與該導電感測器電氣隔離，以及一導電參考屏蔽，其與該內部接地防護件電氣絕緣，該方法包含：

機械地振盪該導電感測器，使得該導電感測器與該絕緣導體之間的一距離根據該機械振盪而改變；

導致一共模參考電壓源產生一交流(AC)參考電壓，該共模參考電壓源電耦接在該內部接地防護件與該導電參考屏蔽之間；

藉由一感測器信號測量子系統產生指示傳導通過該導電感測器之電流的一感測器電流信號；

藉由控制電路系統接收來自該感測器信號測量子系統的該感測器電流信號；及

藉由該控制電路系統至少部分基於該感測器電流信號來判定該絕緣導體中的該 DC 電壓。

【第 14 項】

如請求項 13 之方法，其中產生該感測器電流信號包含：

接收來自該導電感測器的一輸入電流；及

產生指示從該導電感測器接收之該輸入電流的一電壓信號。

【第 15 項】

如請求項 13 之方法，其中該感測器電流信號係利用操作為一電流轉電壓轉換器的一運算放大器來產生。

【第 16 項】

如請求項 13 之方法，其中機械地振盪該導電感測器包含使用一壓電效應機械振盪器來機械地振盪該導電感測器。

【第 17 項】

如請求項 13 之方法，其中機械地振盪該導電感測器包含使用一微機電 (MEMS) 機械振盪器來機械地振盪該導電感測器。

【第 18 項】

如請求項 13 之方法，其中判定該絕緣導體中的該 DC 電壓包含：

藉由至少一個處理器將該感測器電流信號轉換成一數位信號；及

藉由至少一個處理器處理該數位信號以獲得該感測器電流信號的一頻域表示。

【第 19 項】

如請求項 18 之方法，其中處理該數位信號包含實施一快速傅立葉轉換 (FFT) 以獲得該感測器電流信號的該頻域表示。

【第 20 項】

如請求項 13 之方法，其中判定該絕緣導體中的該 DC

電壓包含對該感測器電流信號電子地濾波。

【第 21 項】

一種用以測量一絕緣導體中之直流(DC)電壓的裝置，
該裝置包含：

一導電感測器，其可選擇性地定位成鄰近該絕緣導體
而不電氣接觸該絕緣導體；

一機械振盪器，其操作地耦接至該導電感測器，其中
該機械振盪器，在操作時，導致該導電感測器機械地振盪
以相關於時間地改變該導電感測器與該絕緣導體之間的一
電容；

一導電內部接地防護件，其與該導電感測器電氣隔
離；

一導電參考屏蔽，其與該內部接地防護件電氣絕緣；

一共模參考電壓源，其在操作時產生一交流(AC)參考
電壓，該共模參考電壓源電耦接在該內部接地防護件與該
導電參考屏蔽之間；

一感測器信號測量子系統，其電耦接至該導電感測
器，其中該感測器信號測量子系統在操作時產生指示傳導
通過該導電感測器之電流的一感測器電流信號；及

控制電路系統，其通訊地耦合至該感測器信號測量子
系統，其中該控制電路系統在操作時：

接收來自該感測器信號測量子系統的該感測器電
流信號；及

至少部分基於該感測器電流信號來判定該絕緣導

體中的該 DC 電壓。

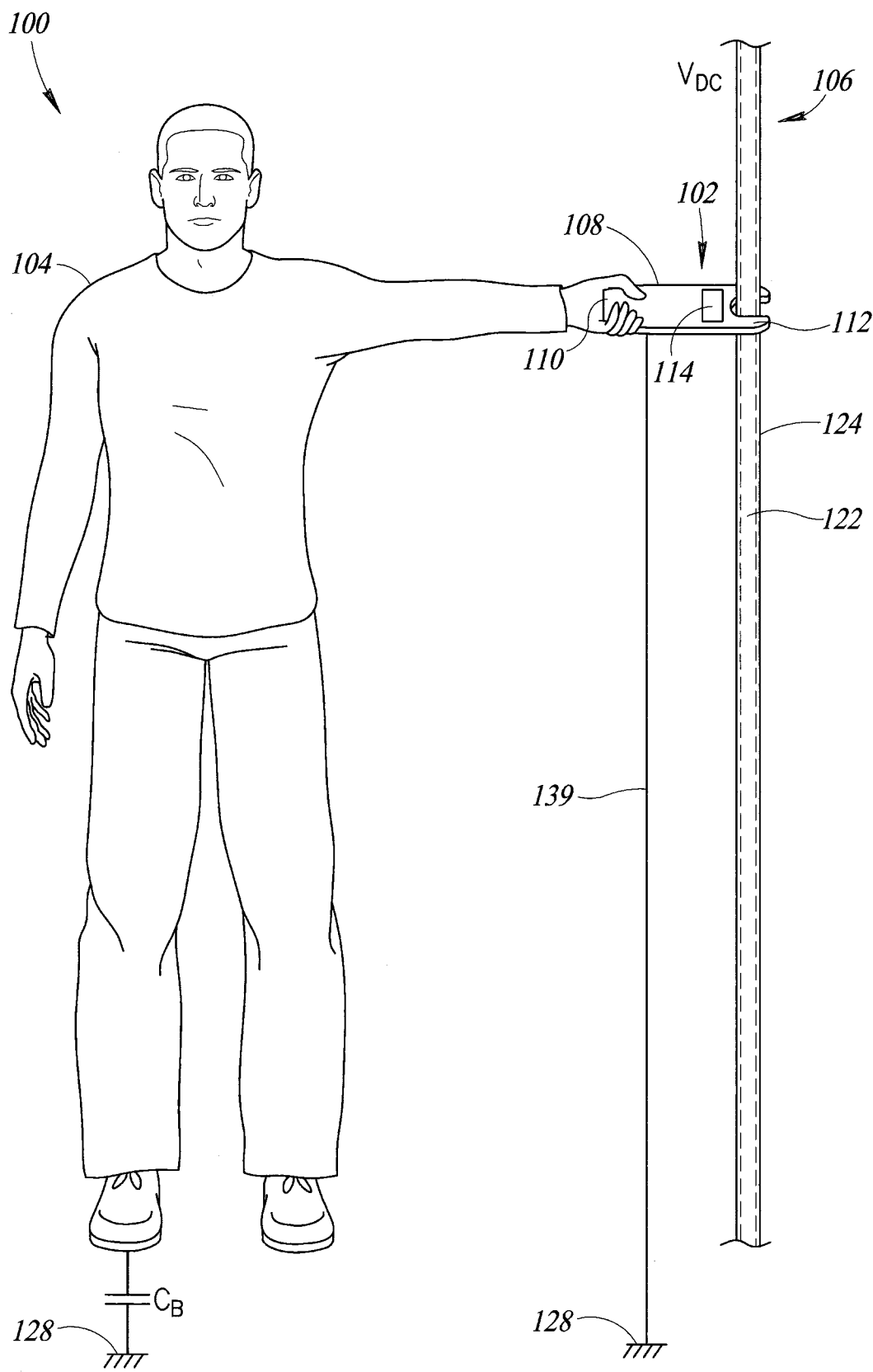
【第 22 項】

如請求項 21 之裝置，其中該控制電路系統在操作時基於該感測器電流信號並基於該導電感測器與該絕緣導體之間的該電容相關於時間的該變化來判定該絕緣導體中的該 DC 電壓。

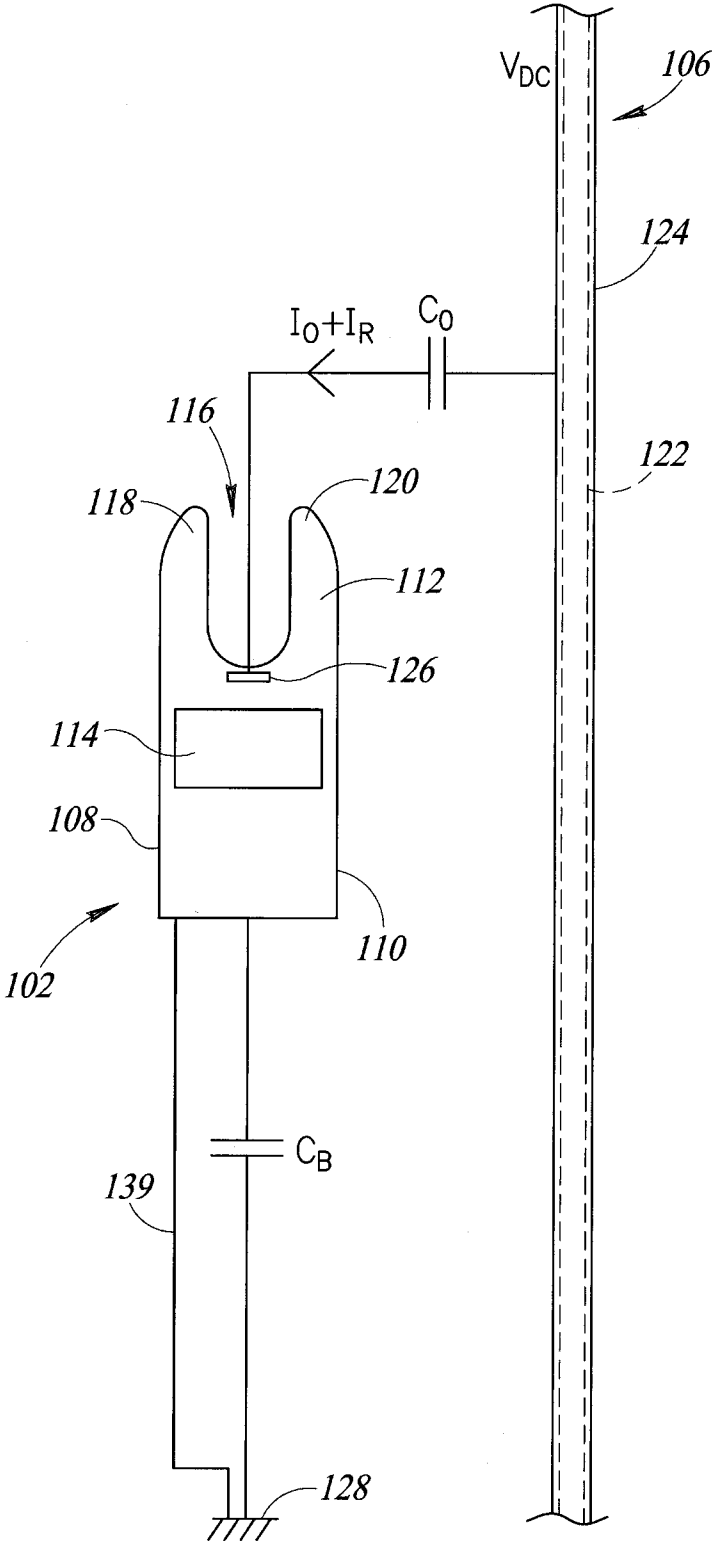
【第 23 項】

如請求項 21 之裝置，其中該機械振盪器包含一壓電效應機械振盪器或一微機電 (MEMS) 機械振盪器中之至少一者。

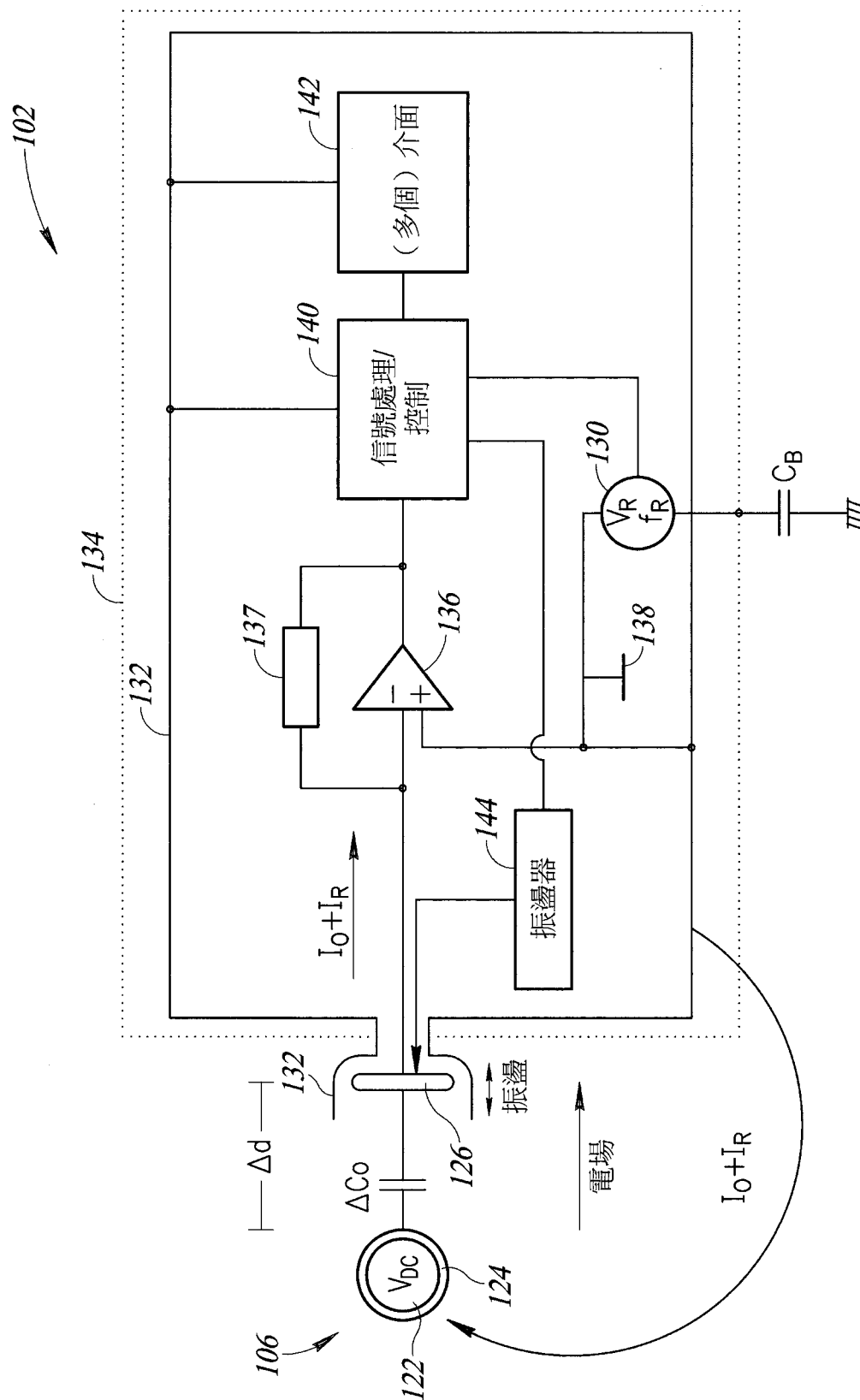
【發明圖式】



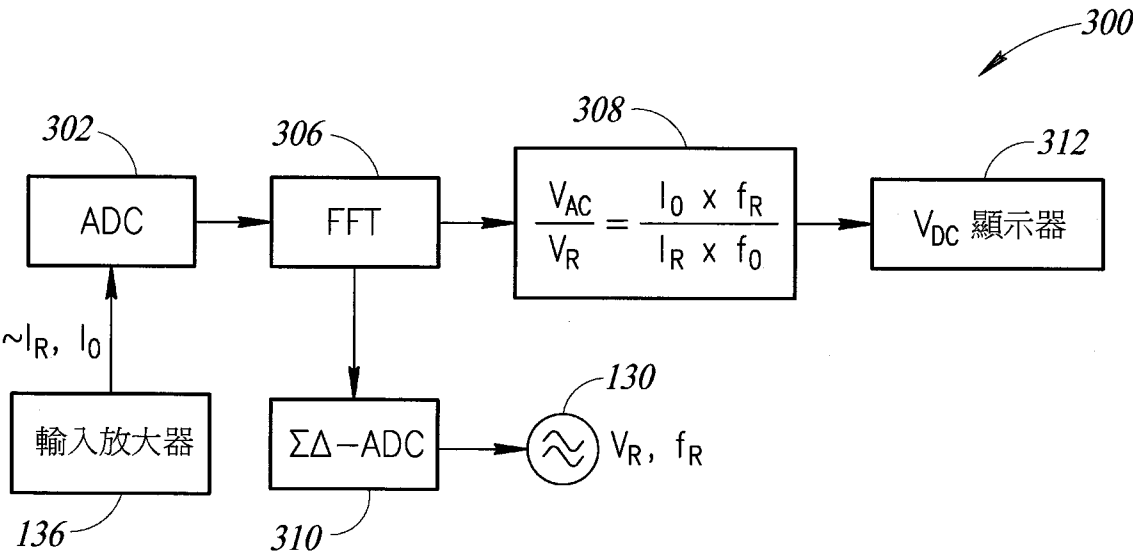
【圖 1A】



【圖 1B】



【圖 2】



【圖 3】

