



(21) 申請案號：111132233

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 08 月 26 日

(51) Int. Cl. : **G01R15/18 (2006.01)**

G01R19/00 (2006.01)

(30) 優先權：2021/09/02 美國

17/465,609

(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) ; 吳 金捷 WOO, GINGER M. (US) ; 秦

葛羅莉亞 CHUN, GLORIA M. (US) ; 佩吉 西蒙 PAGE, SIMON J. (GB)

(74) 代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：9 共 44 頁

(54) 名稱

具有組合的非接觸式感測器和羅哥斯基線圈之感測器探頭

(57) 摘要

本公開的一種或多種實施方式涉及用於測量導體的多個電參數(例如，電壓、電流)的測量系統的感測器探頭以及用於測量這些電參數的方法。在至少一種實施方式中，該感測器探頭集成了 Rogowski 線圈和非接觸式電壓感測器，Rogowski 線圈和非接觸式電壓感測器相對於彼此被佈置成使得當被定位成測量導體，諸如導線時，Rogowski 線圈和非接觸式電壓感測器被固持在合適的位置以供測量。

One or more implementations of the present disclosure are directed to sensor probes of measurement systems for measuring a plurality of electrical parameters, (e.g., voltage, current) of a conductor and methods for measuring same. In at least one implementation, the sensor probe integrates a Rogowski coil and a non-contact voltage sensor that are arranged relative to each other such that when positioned to measure a conductor, such as a wire, the Rogowski coil and the non-contact voltage sensor are held in proper position for measurement.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100:感測器探頭

102:非接觸式感測器

104:Rogowski 線圈

106:導電環路

108:彈簧載入夾鉗

110:手柄部分

112:鉗口部分

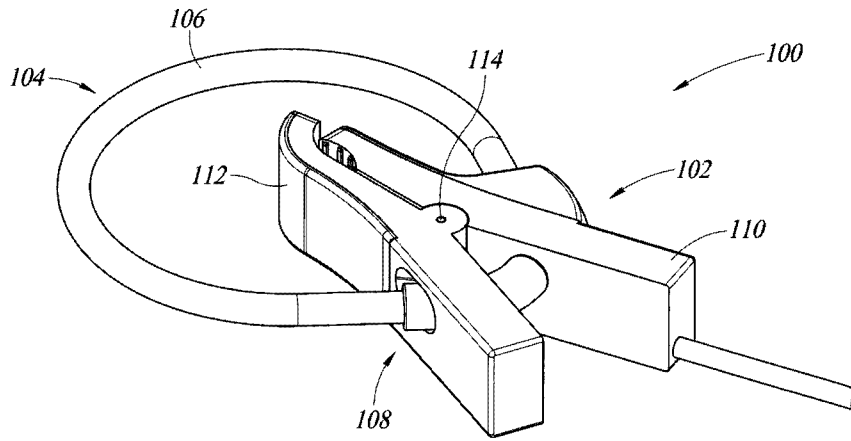
114:樞軸點

116:非接觸式感測元件

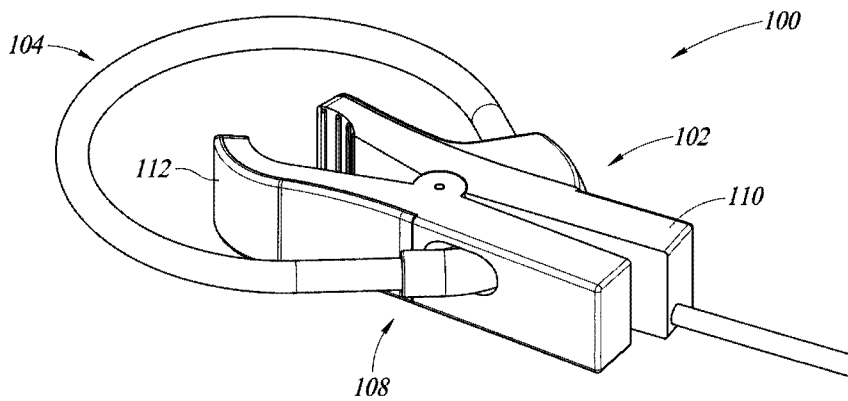
117:第一引線

118:第二引線

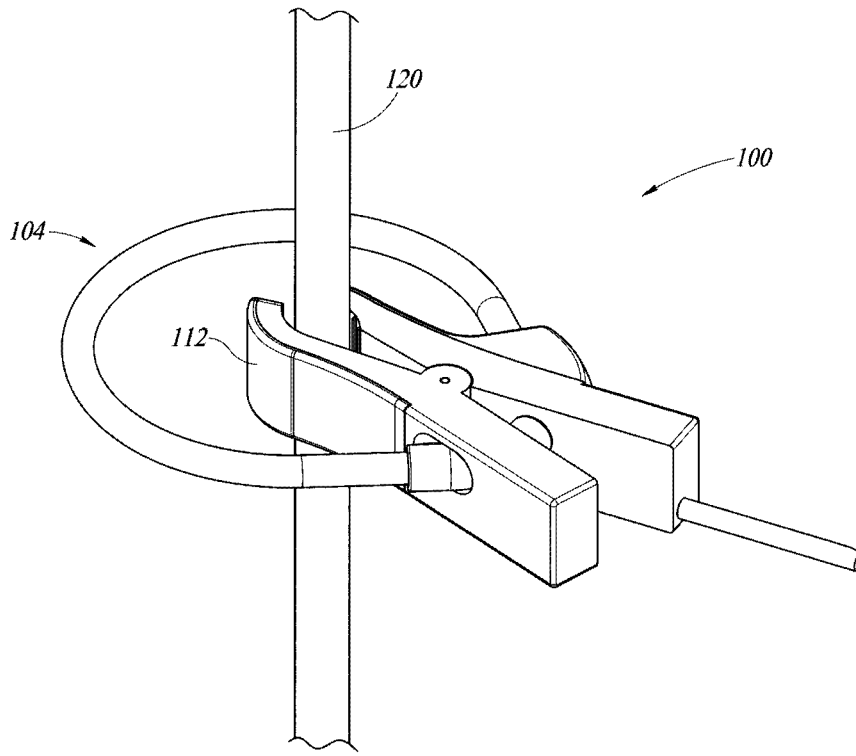
120:導體



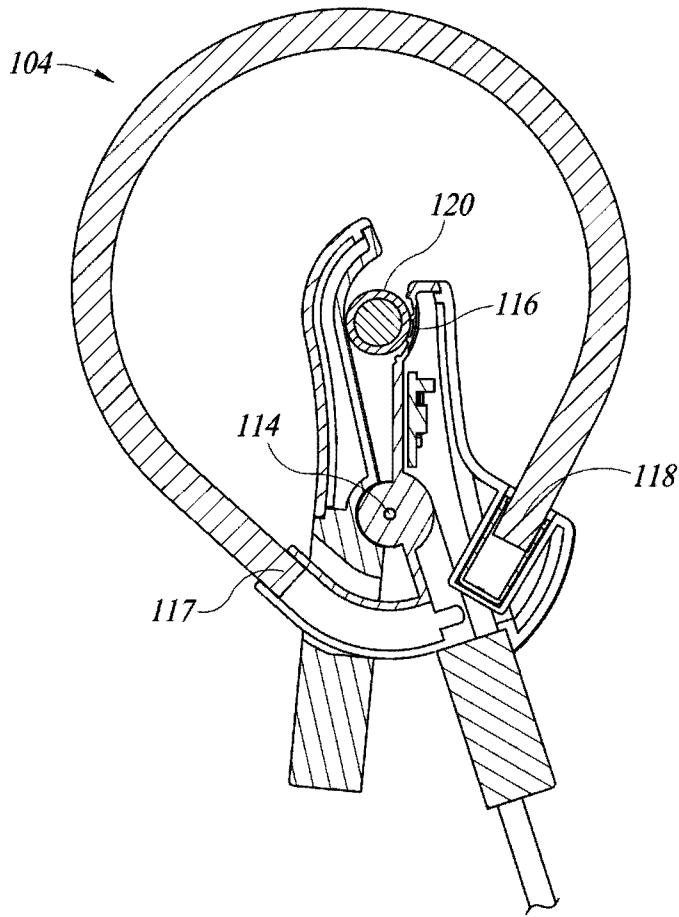
【圖 1A】



【圖 1B】



【圖 1C】



【圖 1D】



【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有組合的非接觸式感測器和羅哥斯基線圈之感測器探頭

【英文發明名稱】

SENSOR PROBE WITH COMBINED NON-CONTACT SENSOR AND
A ROGOWSKI COIL

【中文】

本公開的一種或多種實施方式涉及用於測量導體的多個電參數(例如，電壓、電流)的測量系統的感測器探頭以及用於測量這些電參數的方法。在至少一種實施方式中，該感測器探頭集成了 Rogowski 線圈和非接觸式電壓感測器，Rogowski 線圈和非接觸式電壓感測器相對於彼此被佈置成使得當被定位成測量導體，諸如導線時，Rogowski 線圈和非接觸式電壓感測器被固持在合適的位置以供測量。

【 英文 】

One or more implementations of the present disclosure are directed to sensor probes of measurement systems for measuring a plurality of electrical parameters, (e.g., voltage, current) of a conductor and methods for measuring same. In at least one implementation, the sensor probe integrates a Rogowski coil and a non-contact voltage sensor that are arranged relative to each other such that when positioned to measure a conductor, such as a wire, the Rogowski coil and the non-contact voltage sensor are held in proper position for measurement.

【指定代表圖】圖 1A~圖 1D

【代表圖之符號簡單說明】

100:感測器探頭

102:非接觸式感測器

104:Rogowski線圈

106:導電環路

108:彈簧載入夾鉗

110:手柄部分

112:鉗口部分

114:樞軸點

116:非接觸式感測元件

117:第一引線

118:第二引線

120:導體

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有組合的非接觸式感測器和羅哥斯基線圈之感測器探頭

【英文發明名稱】

SENSOR PROBE WITH COMBINED NON-CONTACT SENSOR AND
A ROGOWSKI COIL

【技術領域】

本公開一般涉及感測器探頭和包括感測器探頭的測量儀器。

【先前技術】

測量儀器(諸如萬用表)被配置成測量一個以上的電參數，諸如電壓和電流。這些測量儀器通常用於故障排除、服務和維護應用，通常需要在一段時間內進行多次測量。為了獲得測量值，感測器探頭可相對於被測導體佈置。

通常，測量儀器使用各種感測器探頭測量導體的各種電參數。例如，為了測量導體的電流和電壓，通常使兩個不同的感測器探頭相對於被測導體固持。相應地，使用者可能需要將兩個不同的感測器探頭與測量設備耦接和解耦，並且在測試期間將各種感測器探頭固持到位。

在許多情況下，諸如在密閉空間中，將感測器探頭固

持在待測導體周圍可能會很尷尬和繁瑣，並且在一些情況下會很危險。因此，期望改進的電參數測量設備。

【發明內容】

本公開的一種或多種實施方式涉及用於測量導體的多個電參數(例如，電壓、電流)的測量系統的感測器探頭以及用於測量這些電參數的方法。在至少一種實施方式中，感測器探頭集成了羅哥斯基(Rogowski)線圈和非接觸式電壓感測器，該 Rogowski 線圈和該非接觸式電壓感測器相對於彼此被佈置成使得當被定位成測量諸如導線等導體時，該 Rogowski 線圈和該非接觸式電壓感測器被固持在合適的位置以供測量。相應地，當感測器探頭進行測量時，用戶可能夠與感測器探頭分離。

在至少一種實施方式中，感測器探頭包括形成環路的 Rogowski 線圈，並且非接觸式感測器包括位於彈簧載入鉗夾的一對鉗口的內表面上的感測器元件。夾鉗的該對鉗口佈置成將被測導體固持在由 Rogowski 線圈形成的環路的中心區處，使得導體處於測試的合適位置中。更具體地，鉗夾的該對鉗口相對於 Rogowski 線圈佈置，使得被測導體垂直延伸穿過由 Rogowski 線圈形成的環路的平面的中心區。

通常，期望在 Rogowski 線圈的中心區中測試導體。也就是說，將待測導體定位在 Rogowski 線圈的中心區中是電流讀數準確的最佳位置。非接觸式感測器和 Rogowski 線圈的佈置優化被測導體的位置，使得非接觸式感測器和

Rogowski線圈可連續測量被測導體，而無需連續的用戶操縱或干預。

鉗夾的鉗口被配置成固持被測導體，使得被測導體周圍的絕緣材料的表面與非接觸式感測器元件對準且鄰接。在一些實施方式中，鉗口的內表面為凹陷形狀，以便容置導體並且有助於導體相對於非接觸式感測元件對準。第一鉗口的凹部可與第二鉗口的一端重疊，從而進一步有助於導體相對於非接觸式感測元件對準。

【圖式簡單說明】

[圖 1A]示出了處於關閉位置的感測器探頭的至少一個非限制性實施方案的等距視圖。

[圖 1B]示出了圖 1 的處於打開位置的感測器探頭。

[圖 1C]示出了圖 1 的固持導線的感測器探頭。

[圖 1D]示出了圖 1 的平面圖和剖面圖中的感測器探頭。

[圖 2]示出了包括耦接到測量儀器的圖 1 的感測器探頭的測量系統的至少一個非限制性實施方案。

[圖 3]示出了圖 2 的測量系統的電氣部件的框圖的至少一個非限制性實施方案。

[圖 4A]示出了感測器探頭組合的至少一個非限制性實施方案的等距視圖。

[圖 4B]示出了圖 1 的處於分離狀態的感測器探頭組合。

[圖 5A]示出了包括耦接到測量計的圖 4A 的感測器探頭組合的測量系統的至少一個非限制性實施方案。

[圖 5B]示出了測量系統的至少一個非限制性實施方案，該測量系統包括處於分離狀態並且耦接到測量計的圖 4B 的感測器探頭組合。

[圖 6]示出了圖 5A 的測量系統的電氣部件的框圖的至少一個非限制性實施方案。

[圖 7]示出了感測器探頭的至少一個非限制性實施方案的平面圖。

[圖 8]示出了包括耦接到測量計的圖 7 的感測器探頭的測量系統的至少一個非限制性實施方案。

[圖 9]示出了使用根據至少一個實施方案的一種或多種測量儀器的方法。

在圖式中，相同的圖式標記指示相似的元件。圖式中的元件的大小和相對位置不一定按比例繪製。例如，各種元件的形狀和元件之間的角度和空間不一定按比例繪製，並且這些元件中的一些元件可能被任意地放大和定位，以提高圖式的可讀性。此外，繪製的元件的特定形狀不一定意在傳達關於元件的任何所需形狀的資訊，並且可能僅為了便於在圖式中識別而被選擇。

【實施方式】

本公開的一種或多種實施方式涉及用於測量導體的多個電參數(例如，電壓、電流)的測量系統的感測器探頭以

及用於測量這些電參數的方法。在至少一種實施方式中，感測器探頭集成了 Rogowski 線圈和非接觸式電壓感測器，該 Rogowski 線圈和該非接觸式電壓感測器相對於彼此被佈置成使得當被定位成測量諸如導線等導體時，該 Rogowski 線圈和該非接觸式電壓感測器被固持在合適的位置以供測量。相應地，當感測器探頭進行測量時，用戶可能夠與感測器探頭分離。

在至少一種實施方式中，感測器探頭包括形成環路的 Rogowski 線圈，並且非接觸式感測器包括位於彈簧載入鉗夾的一對鉗口的內表面上的感測器元件。夾鉗的該對鉗口佈置成將被測導體固持在由 Rogowski 線圈形成的環路的中心區處，使得導體處於測試的合適位置中。更具體地，鉗夾的該對鉗口相對於 Rogowski 線圈佈置，使得被測導體垂直延伸穿過由 Rogowski 線圈形成的環路的平面的中心區。

通常，期望在 Rogowski 線圈的中心區中測試導體。也就是說，將待測導體定位在 Rogowski 線圈的中心區中是電流讀數準確的最佳位置。非接觸式感測器和 Rogowski 線圈的佈置優化被測導體的位置，使得非接觸式感測器和 Rogowski 線圈可連續測量被測導體，而無需連續的用戶操縱或干預。

鉗夾的鉗口被配置成固持被測導體，使得被測導體周圍的絕緣材料的表面與非接觸式感測器元件對準且鄰接。在一些實施方式中，鉗口的內表面為凹陷形狀，以便容置導體並且有助於導體相對於非接觸式感測元件對準。第一

鉗口的凹部可與第二鉗口的一端重疊，從而進一步有助於導體相對於非接觸式感測元件對準。

如本文所用，“非接觸式”設備或感測器可操作用於檢測絕緣導體中的電參數而不需要與導體進行電流接觸。導體可以是帶電絕緣導體，諸如導線。

在下面的描述中，闡述了某些具體細節以便提供對所公開的各種實施方式的徹底理解。然而，本領域的技術人員將認識到，可在沒有這些具體細節中的一個或多個細節的情況下或者利用其他方法、部件、材料等來實踐附加實施方式。

此外，本說明書通篇對“一個實施方案”或“實施方案”的引用意指結合該實施方案描述的特定特徵、結構或特性包括在至少一個實施方案中。此外，本說明書中短語“在至少一個實施方案中”的出現不一定是指僅一個實施方案。本文所描述的各種實施方案的特定特徵、結構或特性可以任何合適的方式組合在另外的實施方案中。

圖1A示出了處於關閉位置的感測器探頭100的至少一個非限制性實施方案的等距視圖。感測器探頭100包括非接觸式感測器102和Rogowski線圈104。Rogowski線圈104包括導電環路106，該導電環路被配置成放置在待測導體周圍，並在導體通電時感測導體的電場。在導體中感測的電場指示流過導體的電流。

非接觸式感測器102包括彈簧載入夾鉗108，該彈簧載入夾鉗具有手柄部分110和鉗口部分112。手柄部分110和

鉗口部分 112 被配置成相對於彼此繞樞軸點 114 移動。鉗口部分 112 包括佈置在 Rogowski 線圈 104 的中心區中的一對鉗口。該對鉗口中的一個鉗口的表面包括非接觸式感測元件 116 (圖 1D)。非接觸式感測元件 116 不需要與導體的電流連接以測量電參數。非接觸式感測元件 116 被配置成感測導體的電壓。

彈簧載入夾鉗 108 的手柄部分 110 耦接到 Rogowski 線圈 104。更具體地，彈簧載入夾鉗 108 的手柄部分 110 形成 Rogowski 線圈 104 的一部分，諸如用於容納 Rogowski 線圈 104 的引線的插座。

如圖 1A 中最佳地示出，在靜止位置中，鉗口部分 112 的該對鉗口被彈簧 (未示出) 固持在關閉位置中。如圖 1B 最佳地示出，為了將該對鉗口放置於打開位置中，使用者將手柄部分 110 的手柄壓在一起，從而對抗保持該對鉗夾閉合的彈簧。鉗口部分 112 的該對鉗口在 Rogowski 線圈的平面內移動。鉗口部分 112 的該對鉗口彼此在相反的方向上移動，並且位移的量相同。該對鉗口的位置有助於將待測導體放置在 Rogowski 線圈的環路的中心區域中。

當該對鉗口處於打開位置時，該對鉗口之間可放置導體 120，諸如導線。回應於釋放手柄部分 110，彈簧載入夾鉗 108 的彈簧使得鉗口部分 112 的該對鉗口閉合，並且從而固定或夾緊到導體 120。圖 1C 示出了圖 1A 的固持導線的感測器探頭 100 的鉗口部分 112。如圖 1C 中所示出，彈簧載入夾鉗 108 的鉗口部分 112 被佈置成使得被測導體垂直延伸穿

過 Rogowski 線圈的環路的中心區。中心區不止包括環路的中心點。事實上，鉗口部分 112 可處於中心區中，同時還與環路的中心點偏移。通常來說，中心區包括繞其中心點的環路內部的區域的大約 30%。彈簧載入夾鉗 108 有助於將被測導體放置於相對於 Rogowski 線圈 104 的合適位置中。

如圖 1D 中最佳地示出，該對鉗口中的一個鉗口的內表面包括非接觸式感測元件 116。非接觸式感測元件 116 鄰接導體 120 的絕緣部分並且感測導體 120 的電參數，諸如電壓。也就是說，夾鉗固持導體 120，使得感測探頭的非接觸式感測器放置在與導線的閾值距離內。閾值距離是允許非接觸式感測器元件測量導體的電參數(諸如電壓)的任何距離。在一些實施方案中，閾值距離可以是使得導體的絕緣材料鄰接非接觸式感測器的非接觸式感測器元件的距離。

在一些實施方案中，彈簧載入夾鉗 108 的樞軸點 114 的位置可與由 Rogowski 線圈 104 形成的環路 106 相切，從而將鉗口定位在 Rogowski 線圈 104 的環路的中心區域中，以及將鉗口定位成使得鉗口的內表面，使得非接觸式電壓感測器元件 116 與導體對準。

在各種實施方案中，鉗口部分 112 的一個鉗口的內表面上的非接觸式感測元件 116 為非接觸式電壓感測器、非接觸式電流感測器、霍爾效應元件、電流互感器、磁通門感測器、各向異性磁電阻 (AMR) 感測器、巨磁電阻 (GMR)

感測器或用於感測絕緣導體的電參數而不需要電流接觸的其他類型的感測器。

鉗口的內表面為凹陷形狀，以便容置導體並有助於導體相對於非接觸式感測元件 116 對準。在如圖 1A 中最佳地示出的所例示的實施方案中，第一鉗口的凹部與第二鉗口的一端重疊，從而進一步有助於導體相對於非接觸式感測元件 116 的對準，如圖 1D 中最佳地示出。也就是說，第一鉗口比第二鉗口長，並且朝向第二鉗口捲曲。第一鉗口的重疊可防止導體在夾緊期間滑開。另外，由第一鉗口和第二鉗口的凹部的曲率形成的開口以及彈簧載入夾鉗的彈簧將固持在其中的導體推向非接觸式感測元件 116。

非接觸式感測器 102 的鉗口被配置成容置各種尺寸的導體。在一個實施方案中，鉗口被配置成容置約 6 毫米 (mm) 到約 20mm 的直徑。相應地，鉗口被配置成打開比 20mm 寬的開口，以便容納和固持 20mm 的導體。

Rogowski 線圈 104 包括具有形成第一引線 117 和第二引線 118 的第一端和第二端的導電材料。儘管未示出，但絕緣材料可圍繞 Rogowski 線圈 104 的導電材料的暴露部分。第一引線 117 和第二引線 118 被容納到可操作地耦接到感測頭 122 的插座中。在一個實施方案中，第一引線 117 永久固定到插座，而第二引線 118 可從相應的插座上移除。也就是說，第一引線 117 不可從插座中拆下，以便在使用期間將 Rogowski 線圈 104 定位在適當位置，而第二引線 118 可從相應的插座上移除，使得在使用期間可將 Rogowski 線圈

104放置在適當位置。

在另一實施方案中，第一引線117和第二引線118都可從插座上移除。相應地，Rogowski線圈104可與感測器探頭100的其餘部分完全分離，並且放置於待測導體周圍，該導體處於緊密空間約束下並且然後再次固定到感測器探頭100的插座中。

為了將Rogowski線圈104放置在待測導體120周圍，可將第二引線118從插座移除，並且導體120在第一引線117形成的開口與插座之間滑動。非接觸式感測器102的鉗口夾持到導體120。第二引線118可放置在插座中。

被測導體相對於Rogowski線圈104的位置對於獲得準確測量是重要的。Rogowski線圈104可由足夠剛性的材料製成，使得該Rogowski線圈在導體120周圍固持在適當位置。也就是說，當彈簧載入夾鉗108的鉗口固持被測導體120時，Rogowski線圈104圍繞導體120。當導體由非接觸式感測器102的鉗口固持時，Rogowski線圈104與非接觸式感測器102的相對位置優化導體120的放置。

非接觸式感測器的非接觸式感測元件116被配置成測量被測帶電導體的電參數，諸如電壓，同時Rogowski線圈104被配置成測量被測帶電導體的另一電參數，諸如電流。相應地，感測器探頭100被配置成使用非接觸式感測器102和Rogowski線圈104進行連續測量，而無需用戶干預或操縱。

圖2示出包括圖1的感測器探頭100的測量系統300，該

感測器探頭通過如所示出的導線 204 或另選地通過無線連接來耦接到測量儀器 200。測量儀器 200 可以是被配置成與感測器探頭 100 通信的任何合適的測量儀器。相應地，感測器探頭 100 的非接觸式感測器 102 和 Rogowski 線圈 104 可操作地耦接到測量儀器 200。例如，感測器探頭 100 和測量儀器 200 可被配置成在其間發送和接收信號。測量儀器 200 包括殼體、包括顯示器 208 的使用者介面和至少一個介面連接器 210，以用於與感測器探頭的導線 204 耦接。感測器探頭 100 的感測頭 122 可操作地耦接到測量儀器 200，以在其間提供和接收一個或多個信號。感測器探頭的感測頭 122 還可包括電路，諸如放大電路、處理電路或控制電路。

圖 3 示出包括圖 2 的測量系統 300 和感測器探頭 100 的測量系統 300 的電氣部件的框圖。如上所述，感測器探頭 100 包括非接觸式感測器 102 和可操作地耦接到感測器頭 122 的 Rogowski 線圈 104，該感測器頭可操作地耦接到測量儀器 200。

感測器探頭 100 包括一個或多個感測器頭 122，該一個或多個感測器頭可操作地耦接到非接觸式感測器 102 和 Rogowski 線圈 104。在所例示的實施方案中，存在一個感測器頭 122。感測器頭可位於非接觸式感測器 102 的手柄構件 128 中。一個或多個感測器頭 122 可包括電路，諸如放大電路、處理電路、控制電路等，以及用於在非接觸式感測器 102 與 Rogowski 線圈 104 與測量儀器 200 之間發送信號。

在一些實施方式中，感測器頭 122 不包括進一步的電路，並且可操作地將感測器探頭的非接觸式感測器 102 和 Rogowski 線圈 104 耦接到導線 204 和測量儀器 200。

測量儀器 200 包括處理和/或控制電路 212、包括顯示器 208 的使用者介面 214 和記憶體 216。包括顯示器 208 的使用者介面 214 向使用者提供測量結果和其他資訊。使用者介面 214 還被配置成接收使用者輸入資訊，諸如測量指令或其他資訊。顯示器 208 可提供指示從感測器探頭 100 接收的測量值的讀數和波形，以供與用戶通信。顯示器 208 可以是任何合適類型的顯示器，諸如液晶顯示器 (LCD)、發光二極體 (LED) 顯示器、有機 LED 顯示器、等離子顯示器或電子墨水顯示器。使用者介面 214 可包括各種輸入和輸出，包括音訊、視覺、觸控式螢幕、按鈕、旋鈕、滾輪等。

測量儀器 200 的處理和/或控制電路 212 包括用於向感測器探頭 100 的感測頭 122 發送、從其接收和處理信號的電路。測量儀器 200 的處理和/或控制電路 212 用於向感測頭 122 發送控制信號，以及接收和處理從該感測頭和/或直接從非接觸式感測器 102 和/或 Rogowski 線圈 104 接收的測量信號。處理器和/或控制電路 212 可處理接收到的信號並且將信號輸出到使用者介面 214。接收信號可包括指示電參數 (諸如電壓和電流) 的信號。處理器和/或控制電路 212 可被配置成確定一個或多個電參數，諸如功率或相位角。附加地或另選地，處理和/或控制電路 212 可包括調節或轉換

電路，該調節或轉換電路可操作以將信號調節或轉換成另一測量儀器可接收的形式，諸如模擬形式(例如，0V-1V)或數位形式(例如，8位、16位、64位)。控制電路可包括一個或多個處理器(例如，微控制器、DSP、ASIC、FPGA)、一種或多種類型的記憶體(例如，ROM、RAM、快閃記憶體、其他非暫態存儲介質)和/或一種或多種其他類型的處理或控制相關部件。

在一些實施方式中，測量儀器200被配置用於與另一儀器無線通訊。無線通訊可包括無線通訊子系統，諸如Bluetooth®模組、Wi-Fi®模組、ZIGBEE®模組、近場通信(NFC)模組等。測量儀器可操作以經由無線通訊子系統與外部系統諸如電腦、智慧型電話、平板電腦、個人數位助理等進行無線通訊，以便將測量結果傳輸給外部系統或從外部系統接收指令信號或輸入資訊。附加地或另選地，測量儀器可包括有線通信子系統，諸如USB介面等。

儘管未示出，但測量儀器200包括電源，諸如電池或電池組，用於向測量儀器200和感測器探頭100的各種電氣部件供電，或包括用於耦接到外部電源的輸出。

在使用中，感測器探頭100的彈簧載入夾鉗108的鉗口固持被測導體120，而Rogowski線圈104圍繞導體120，如圖1D中所示出。通過從插座移除第一引線117和第二引線118中的一者(諸如第二引線118)將Rogowski線圈104放置在被測導體120周圍，使得導體120可在第二引線118與插座之間滑動。Rogowski線圈被配置成感應帶電導體產生的

磁場，以用於測量導體中的電流。被測導體相對於 Rogowski 線圈 104 的位置對於獲得準確測量是重要的。感測器探頭 100 測量的電參數(諸如電流和電壓)被提供給測量儀器 200。在至少一種實施方式中，Rogowski 線圈 104 測量被測導體的電流，並且非接觸式感測器測量被測導體的電壓。

圖 4A 和圖 4B 示出根據另一實施方案的感測器探頭 100a。感測器探頭 100a 包括 Rogowski 線圈 104a 和非接觸式感測器 102a。除了 Rogowski 線圈 104a 包括與非接觸式感測器 102a 不同的手柄構件 128 之外，Rogowski 線圈 104a 與圖 1A 的感測器探頭 100 的 Rogowski 線圈 104 基本相同。此外，感測器探頭 100a 的 Rogowski 線圈 104a 被配置成與非接觸式感測器 102a 分離。非接觸式感測器 102a 與圖 1A 的非接觸式感測器 102 基本相似。為了簡潔起見，僅討論感測器探頭 100a 與感測器探頭 100 之間的差異。

感測器探頭 100a 被配置成使得 Rogowski 線圈 104a 可與非接觸式感測器 102a 分離。相應地，Rogowski 線圈 104a 和非接觸式感測器 102a 均通過單獨的導線 204 分別耦接到測量儀器 200。

Rogowski 線圈 104a 的手柄構件 128 包括用於容納第一引線 117 和第二引線 118 的相應插座。包括用於容納第一引線 117 和第二引線 118 的插座的手柄構件 128 的形狀對應於導電環路 106 的形狀。在所例示的實施方案中，手柄構件 128 具有相對於第二部分彎曲的第一部分。在另一實施方

式中，手柄構件 128 可具有基本對應於 Rogowski 線圈 104a 的曲率的彎曲形狀。

第一引線 117 可固定到手柄構件 128 的插座，而第二引線 118 可以可移除地固定到手柄構件 128 的插座。圖 4B 示出從手柄構件 128 的插座移除的第二 118 引線。在另一實施方案中，第二引線 118 可固定到手柄構件 128 的插座，而第一引線 117 可以可移除地固定到手柄構件 128 的插座，或兩個引線都可以可移除地固定。

彈簧載入夾鉗 108a 儘管結構上不相同，但與圖 1A 的彈簧載入夾鉗 108 基本相同。非接觸式感測器 102a 的手柄部分 110 可移除地耦接到 Rogowski 線圈 104a 的手柄構件 128。結合圖 4B，非接觸式感測器的手柄部分 110a 包括通孔 130，該通孔穿過 Rogowski 線圈 104a 的手柄構件 128 並且將非接觸式感測器 102a 固定到 Rogowski 線圈 104a。

圖 5A 示出測量系統 300a，該測量系統包括感測器探頭 100a，該感測器探頭通過相應導線 204 耦接到測量儀器 200a，並且示出以耦接狀態耦接在一起的非接觸式感測器 102a 到感測器探頭 100a 的 Rogowski 線圈 104a。圖 5B 示出具有感測器探頭 100a 的非接觸式感測器 102a 和 Rogowski 線圈 104a 的測量系統 300a，該感測器探頭在解耦狀態下彼此解耦。測量系統 300a 的感測器探頭 100a 能夠以圖 5A 中所示出的組合狀態以及圖 5B 中所示出的解耦狀態與非接觸式感測器 102a 和 Rogowski 線圈 104a 進行測量。

圖 6 示出包括測量系統 300 和感測器探頭 100a 的測量系

統 300a 的電氣部件的框圖。除了非接觸式感測器 102a 和 Rogowski 線圈 104a 耦接到相應的感測頭 122 之外，圖 6 的測量系統 300a 的電氣部件的框圖具有與上述圖 3 的測量系統 300 的電氣部件的方框相同的部件，這些部件被配置成執行相同的功能。也就是說，非接觸式感測器 102a 耦接到非接觸式感測器 102a 的手柄部分 110a 中的感測頭 122，並且 Rogowski 線圈 104a 耦接到 Rogowski 線圈 104a 的手柄構件 128 中的感測頭 122。從而，非接觸式感測器 102a 的感測頭 122 具有與測量儀器 200 的第一通信線路，而 Rogowski 線圈 104a 的感測頭 122 具有與測量儀器 200 的第二通信線路。

圖 7 示出根據又一實施方案的感測器探頭 100b。除了非接觸式感測器 102b 之外，感測器探頭 100b 的結構和功能與圖 4A 的感測器探頭 100a 基本相似。為了簡潔起見，僅討論非接觸式感測器 102b 與非接觸式感測器 102a 或非接觸式感測器 102 之間的差異。

非接觸式感測器 102b 的鉗口部分 112 的結構和功能與感測器探頭 100a 的鉗口部分 112 相同。然而，手柄部分 110b 不同於圖 1A 的手柄部分 100 和圖 4A 的手柄部分 100a。手柄部分 100b 通過將第一手柄構件 132 相對於第二手柄構件 134 移動而接合鉗口部分 112。也就是說，當第一手柄構件 132 在由箭頭指示的方向上朝第二手柄構件 134 移動時，鉗口彼此分離。當釋放第一手柄構件 132 時，非接觸式感測器 102b 的彈簧使鉗口朝彼此移動。如果在釋放第一手柄構件 132 之前將待測導體放置於鉗口之間，鉗口夾持待測

導體上。在該實施方式中，鉗口與手柄部分 100b 之間的樞軸點 114 被佈置成與 Rogowski 線圈 104a 的環路基本相切。

通常，Rogowski 線圈 104a 與 Rogowski 線圈 104a 相同，然而，Rogowski 線圈 104a 的手柄構件 128 可操作地耦接到非接觸式感測器 102b，使得將來自非接觸式感測器 102b 的信號傳送至感測頭 122。

圖 8 示出測量系統 300b，該測量系統包括感測器探頭 100b，該感測器探頭通過介面連接器 210 處的導線 204 耦接到測量儀器 200。儘管感測器探頭 100b 包括用於耦接到測量儀器 200 的單個導線 204，但在其他實施方式中，感測器探頭 100b 可通過兩個導線耦接到測量儀器 200，使得非接觸式感測器 102 直接耦接到測量儀器 200，並且 Rogowski 線圈 104a 直接和分別耦接到測量儀器 200，諸如圖 5A 和圖 5B 的實施方案中所示出。

圖 9 示出根據至少一個實施方案的使用測量系統 300、300a 和 300b 的方法 900。方法 900 包括：用感測探頭的夾鉗固持導線，使得感測探頭的非接觸式感測器放置在與導線的閾值距離內，並且導線放置在感測器探頭的 Rogowski 線圈的中心區中，如方框 902 所示出，並且當感測探頭的非接觸式感測器保持在第一位置中時並且當感測器探頭的 Rogowski 線圈的環路保持在第二位置中時，使用感測器探頭感測導線的至少一個電參數，如方框 904 所示出。

鑒於上述公開內容，感測器探頭或測量系統的各種示例可包括以下特徵中的任一者或組合：形成在環路的相對

端具有第一引線和第二引線的環路的 Rogowski 線圈，該環路具有被配置成容納待測導體的中心區。

耦接到 Rogowski 線圈的非接觸式感測器，該非接觸式感測器包括非接觸式感測器元件和具有一對夾持鉗口的夾鉗，該對夾持鉗口被配置成固持導體，其中非接觸式感測器元件被配置成按壓導體以感測導體的電特性。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如非接觸式感測器的夾鉗永久聯接到 Rogowski 線圈。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如被配置成將導體固持在由 Rogowski 線圈形成的環路的中心區中的夾鉗。環路的中心區大約為環路內部的區域的 30%，並且可繞環路內部的區域的中心點中心定位。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如還包括一個或多個感測頭，該一個或多個感測頭被配置成接收來自 Rogowski 線圈和非接觸式感測器的信號。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如該對鉗口為凹陷形狀，其中第一鉗口比第二鉗口長。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如該對夾持鉗口被佈置成當在閉合位置、打開位置和固持位置之間移動時位移相同的量。感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如包括第一感測頭和第二感測頭的一個或多個感測頭。第一感測頭可操作地耦接到 Rogowski 線圈，並且第二感測頭可操作地耦接到非接觸式感測器。通過在感測器與感測頭之間實現更小的導電行程距離，更多的感測頭可

以提供更好的性能。相應地，較少的外部影響因素，諸如附近的導線、電容性雜散場等，可影響測量信號，並且可實現更高幅度的測量信號，從而產生更好的準確性。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如被配置成在分離狀態下與 Rogowski 線圈分離的非接觸式感測器，其中非接觸式感測器和 Rogowski 線圈可在分離狀態下操作。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如被配置成與 Rogowski 線圈分離的非接觸式感測器。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如永久固定到第一插座的第一引線，以及被配置成可移除地固定到第二引線的第二引線。

鑒於上述公開內容，感測器探頭或測量系統的各種示例可以包括以下特徵中的任一者或組合：感測器探頭或測量系統，包括被配置成感測導體中的電參數的感測器探頭。感測器探頭包括在相對端具有第一引線和第二引線的 Rogowski 線圈，該 Rogowski 線圈具有被配置成容納待測導體的中心區。感測器探頭還包括耦接到 Rogowski 線圈的非接觸式感測器。非接觸式感測器包括非接觸式感測器元件和具有一對夾持鉗口的夾鉗。該對夾持鉗口被配置成固持導體，並且非接觸式感測器元件被配置成按壓導體以感測導體的電特性。

夾鉗可以是彈簧載入夾鉗，該彈簧載入夾鉗在 Rogowski 線圈的中心區中具有一對夾持鉗口。該對夾持鉗

口被配置成將待測導體固持在 Rogowski 線圈的中心區中，其中非接觸式感測器元件位於該對夾持鉗口中的一個夾持鉗口的內表面上。測量系統還包括可操作地耦接到感測器探頭的測量儀器，該測量儀器包括被配置成向感測器探頭髮送信號和從感測器探頭接收信號的控制電路。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如非接觸式感測器可拆卸地聯接到 Rogowski 線圈。非接觸式感測器和 Rogowski 線圈被配置成在解耦時操作。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如 Rogowski 線圈的第一引線和第二引線容納在 Rogowski 線圈的手柄構件的插座中。彈簧載入夾鉗包括通孔，Rogowski 線圈的手柄構件位於彈簧載入夾鉗通孔中。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如感測器探頭包括將 Rogowski 線圈耦接到測量儀器的第一導線和將非接觸式感測器耦接到測量儀器的第二導線。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如永久固定到 Rogowski 線圈的非接觸式感測器。

感測器探頭或測量系統可包括另一特徵，諸如永久固定到第一插座的第一引線，以及被配置成可移除地固定到第二引線的第二引線。

鑒於上述公開內容，操作方法的各種示例可包括以下特徵中的任一者或組合：將非接觸式感測器從第一位置移除，將 Rogowski 線圈從第二位置移除，以及將非接觸式感測器與 Rogowski 線圈分離。方法還可包括將夾鉗的手柄朝

向彼此移動以使該對鉗口彼此遠離，或將夾鉗的第一手柄朝向第二手柄移動以使該對鉗口彼此遠離。方法還可包括將該對鉗口放置於絕緣導線周圍和釋放手柄以允許該對鉗口固持絕緣導線。

方法可包括：用感測探頭的夾鉗固持導線，使得感測探頭的非接觸式感測器放置在與導線的閾值距離內，並且導線放置在感測器探頭的 Rogowski 線圈的中心區中。當感測探頭的非接觸式感測器保持在第一位置中時並且在感測器探頭的 Rogowski 線圈保持在第二位置中時，使用感測器探頭感測導線的至少一個電參數。

方法可包括另一特徵，諸如從第一位置移除非接觸式感測器和從第二位置移除 Rogowski 線圈，以及將非接觸式感測器與 Rogowski 線圈分離。

方法可包括另一特徵，將非接觸式感測器與 Rogowski 線圈分離，使用非接觸式感測器感測導線的第一電參數，以及使用 Rogowski 線圈感測導線的第二電參數。

方法可包括另一特徵，包括向測量儀器發送指示第一電參數的第一信號和向測量儀器發送指示第二電參數的第二信號。第一信號和第二信號可分別通過第一導線和第二導線發送給測量儀器。另選地，第一信號和第二信號可通過相同的導線發送給測量儀器。

方法可包括另一特徵，諸如使夾鉗的手柄朝向彼此移動以使該對鉗口彼此遠離，將該對鉗口放置於絕緣導線周圍，以及釋放手柄以允許該對鉗口固持絕緣導線。

方法可包括另一特徵，諸如使夾鉗的第一手柄朝向第二手柄移動以使該對鉗口彼此遠離，將該對鉗口放置於絕緣導線周圍，以及釋放第一手柄以允許該對鉗口固持絕緣導線。

方法可包括另一特徵，諸如使用 Rogowski 線圈感測電流和使用非接觸式感測器感測電壓。

方法可包括另一特徵，諸如固持絕緣導線的該對鉗口垂直地延伸穿過 Rogowski 線圈的中心區。

可組合以上所述的各種實施方案來提供另外的實施方案。本說明書中提到的和/或申請資料表中所列的所有美國專利、美國專利申請公佈、美國專利申請、外國專利、外國專利申請和非專利公佈均全文以引用方式併入本文。必要時，可以修改實施方案的各個方面，以採用各專利、專利申請和專利公佈的概念來提供另外的實施方案。

鑒於上文的詳細說明，可以對這些實施方案作出這些和其他改變。一般來說，在隨後的請求項中，使用的術語不應解釋成將申請專利範圍限制在本說明書和申請專利範圍中披露的具體實施方案中，而應解釋成包括所有可能的實施方案以及這類申請專利範圍賦予的等效物的全部範圍。因此，請求項並不受本公開內容所限定。

【符號說明】

100:感測器探頭

100a:感測器探頭

100b:手柄部分
102:非接觸式感測器
102a:非接觸式感測器
102b:非接觸式感測器
104:Rogowski線圈
104a:Rogowski線圈
106:導電環路
108:彈簧載入夾鉗
108a:彈簧載入夾鉗
110:手柄部分
110a:手柄部分
112:鉗口部分
114:樞軸點
116:非接觸式感測元件
117:第一引線
118:第二引線
120:導體
122:感測頭
128:手柄構件
132:第一手柄構件
134:第二手柄構件
200:測量儀器
200a:測量儀器
204:導線

208:顯示器

210:介面連接器

212:處理和/或控制電路

214:使用者

216:記憶體

300:測量系統

300a:測量系統

300b:測量系統

900:方法

902:方框

904:方框

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種感測器探頭，包括：

Rogowski線圈，該 Rogowski線圈形成環路，該環路在該環路的相對端處具有第一引線和第二引線，該環路具有被配置成容納導體的中心區；和

非接觸式感測器，該非接觸式感測器耦接到該 Rogowski線圈，該非接觸式感測器包括非接觸式感測器元件和具有一對夾持鉗口的夾鉗，該對夾持鉗口被配置成固持該導體，其中該非接觸式感測器元件被配置成壓靠該導體以感測該導體的電特性。

【請求項2】根據請求項1之感測器探頭，其中該非接觸式感測器的該夾鉗永久耦接到該 Rogowski線圈。

【請求項3】根據請求項1之感測器探頭，其中該夾鉗被配置成將該導體固持在由該 Rogowski線圈形成的該環路的該中心區。

【請求項4】根據請求項3之感測器探頭，其中該環路的該中心區為該環路內部的區域的30%。

【請求項5】根據請求項4之感測器探頭，其中該中心區繞該環路內部的該區域的中心點中心定位。

【請求項6】根據請求項1之感測器探頭，該感測器探頭還包括一個或多個感測頭，該一個或多個感測頭被配置成接收來自該 Rogowski線圈和該非接觸式感測器的信號。

【請求項7】根據請求項1之感測器探頭，其中該對鉗口包括為凹陷形狀的第一鉗口和第二鉗口，其中該第一鉗

口比該第二鉗口長。

【請求項8】根據請求項1之感測器探頭，其中該非接觸式感測器被配置成在分離狀態下與該 Rogowski 線圈分離，其中該非接觸式感測器和該 Rogowski 線圈能夠在該分離狀態下操作。

【請求項9】根據請求項1之感測器探頭，其中該 Rogowski 線圈的該第一引線和該第二引線均可移除地固定到相應插座。

【請求項10】一種測量系統，包括：

感測器探頭，該感測器探頭被配置成感測導體中的電參數，該感測器探頭包括：

Rogowski 線圈，該 Rogowski 線圈在相對端具有第一引線和第二引線，該 Rogowski 線圈具有被配置成容納待測導體的中心區；

非接觸式感測器，該非接觸式感測器耦接到該 Rogowski 線圈，該非接觸式感測器包括非接觸式感測器元件和具有一對夾持鉗口的夾鉗，該對夾持鉗口被配置成固持導體，其中該非接觸式感測器元件被配置成壓靠該導體以感測該導體的電特性；和

測量儀器，該測量儀器可操作地耦接到該感測器探頭，該測量儀器包括被配置成向該感測器探頭髮送信號和從該感測器探頭接收信號的控制電路。

【請求項11】根據請求項10之測量系統，其中該非接觸式感測器可移除地耦接到該 Rogowski 線圈，其中該非接

觸式感測器和該 Rogowski 線圈被配置成在解耦時進行操作。

【請求項 12】根據請求項 11 之測量系統，其中該 Rogowski 線圈的該第一引線和該第二引線容納在該 Rogowski 線圈的手柄構件的插座中，該夾鉗包括通孔，該 Rogowski 線圈的該手柄構件位於該夾鉗的該通孔中。

【請求項 13】根據請求項 11 之測量系統，其中該感測器探頭包括將該 Rogowski 線圈耦接到該測量儀器的第一導線和將該非接觸式感測器耦接到該測量儀器的第二導線。

【請求項 14】根據請求項 10 之測量系統，其中該非接觸式感測器永久固定到該 Rogowski 線圈。

【請求項 15】根據請求項 10 之測量系統，其中該第一引線永久固定到第一插座，並且該第二引線被配置成可移除地固定到第二引線。

【請求項 16】一種方法，包括：

用感測探頭的夾鉗固持導線，使得該感測探頭的非接觸式感測器元件放置在與該導線的閾值距離內，並且該導線放置在該感測器探頭的 Rogowski 線圈的中心區中；以及

當感測探頭的該非接觸式感測器保持在該閾值距離內時並且當該感測探頭的該 Rogowski 線圈該導線處於該 Rogowski 線圈的該中心區中時，使用該感測器探頭感測該導線的至少一個電參數。

【請求項 17】根據請求項 16 之方法，其中使用該感測器探頭感測該導線的該至少一個電參數包括：使用該

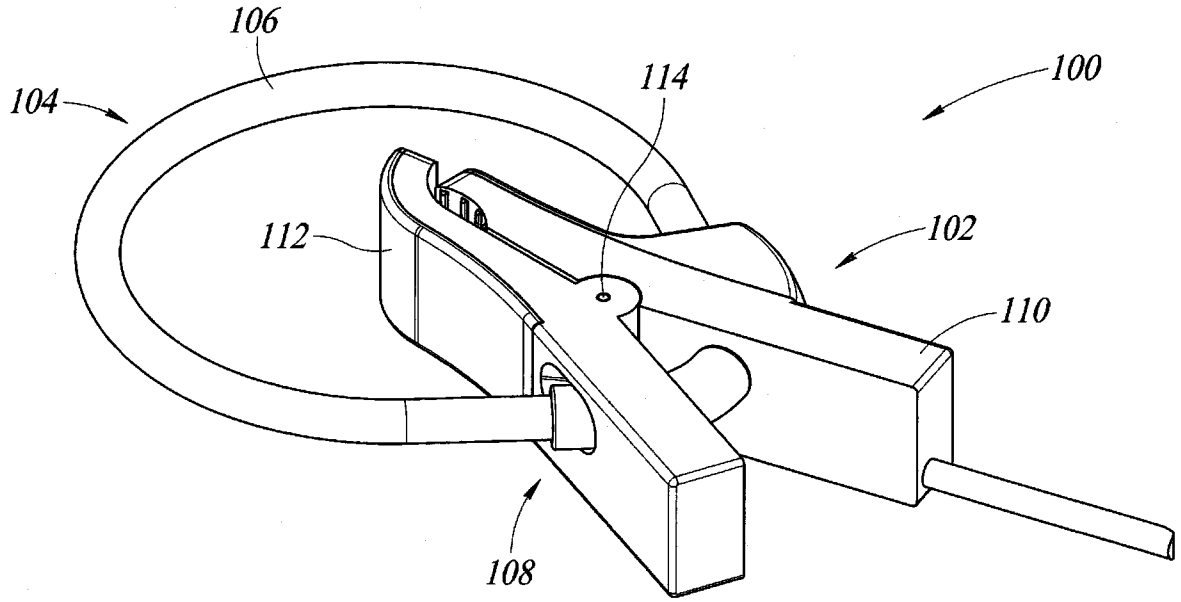
Rogowski線圈感測電流和在該閾值距離內使用該非接觸式感測器感測電壓。

【請求項18】根據請求項16之方法，該方法包括：
將該非接觸式感測器與該Rogowski線圈分離；
使用該非接觸式感測器感測該導線的第一電參數；以
及
該Rogowski線圈感測該導線的第二電參數。

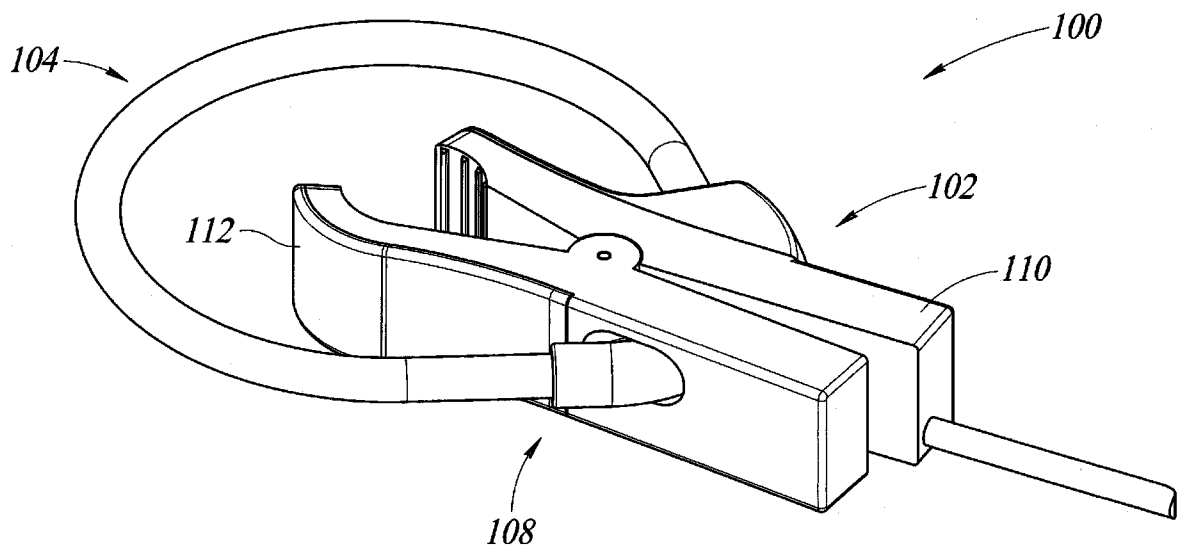
【請求項19】根據請求項18之方法，該方法包括向測量儀器發送指示該第一電參數的第一信號及向該測量儀器發送指示該第二電參數的第二信號。

【請求項20】根據請求項19之方法，其中該第一信號和該第二信號分別通過第一導線和第二導線發送至該測量儀器。

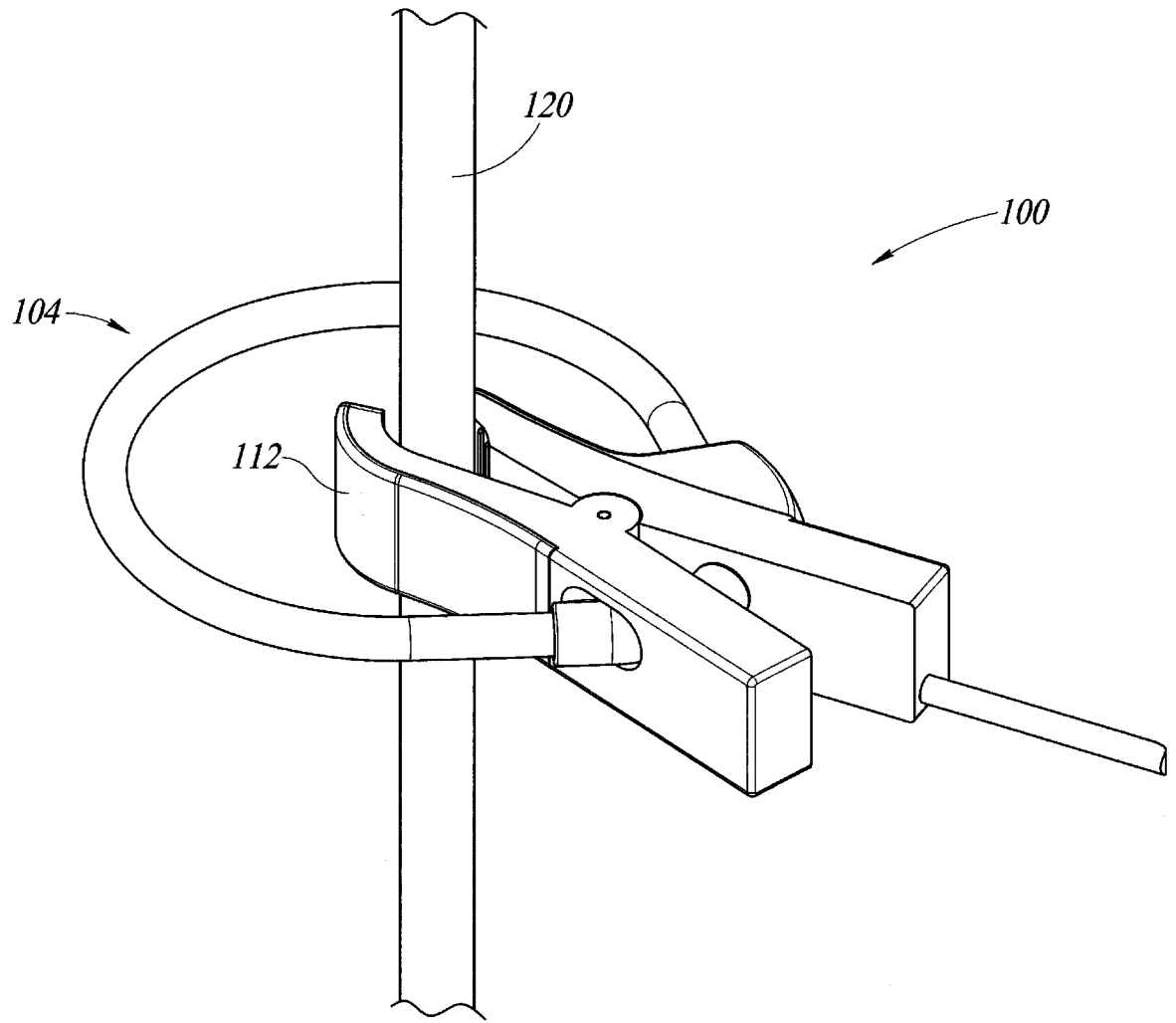
【發明圖式】



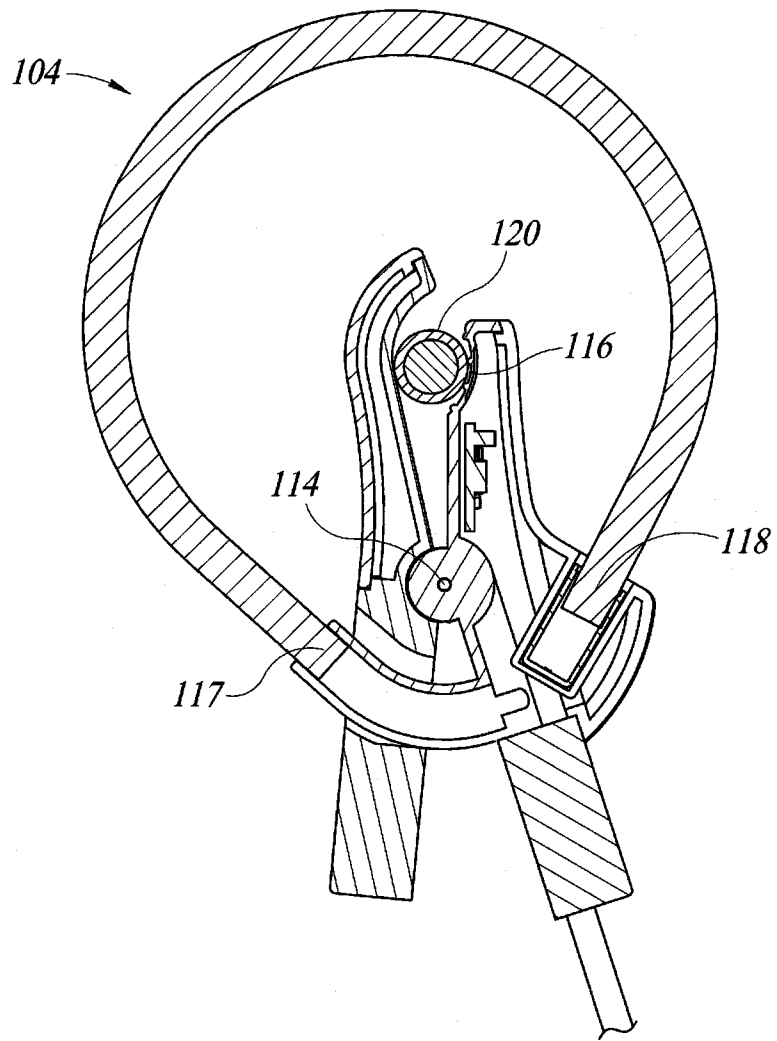
【圖 1A】



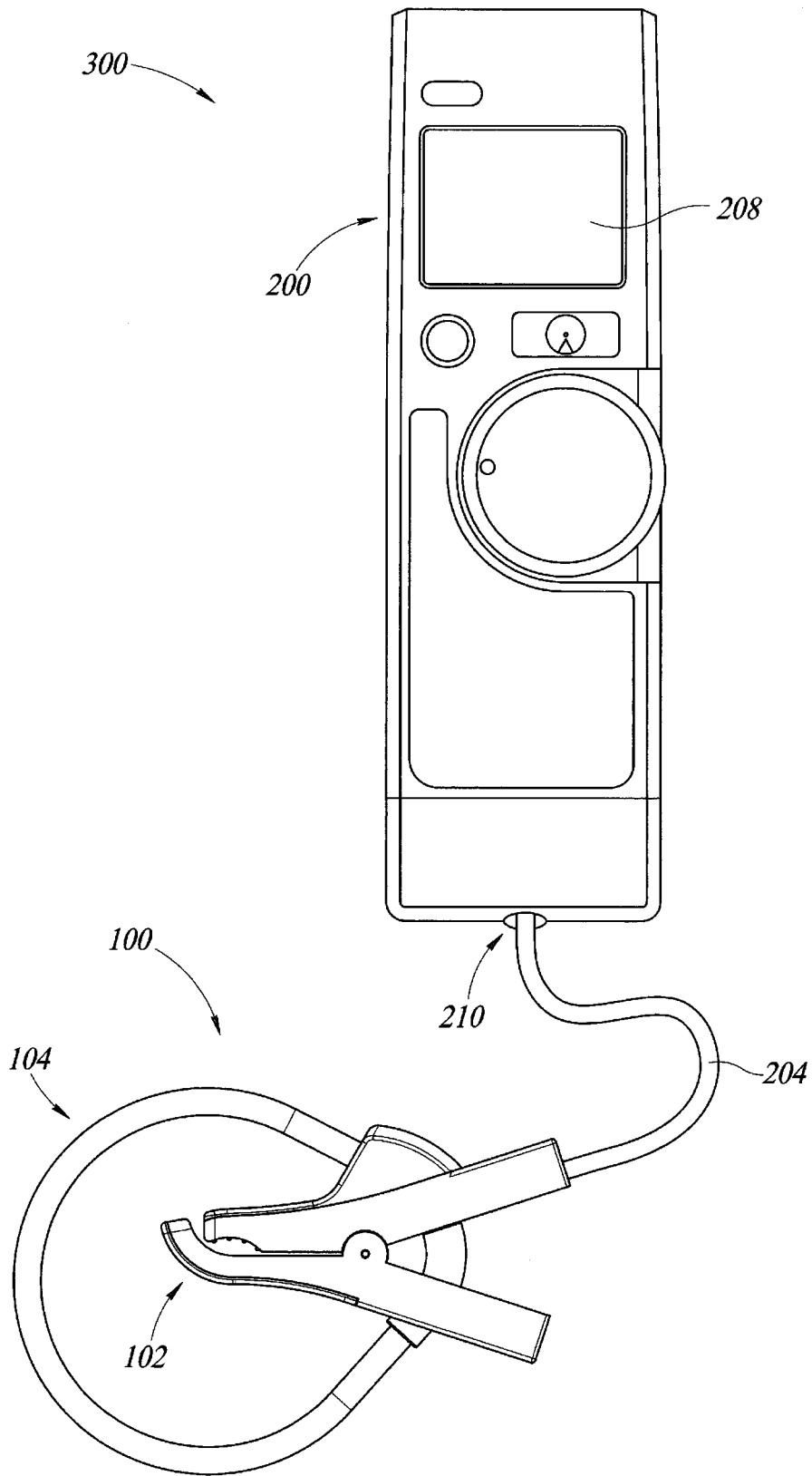
【圖 1B】



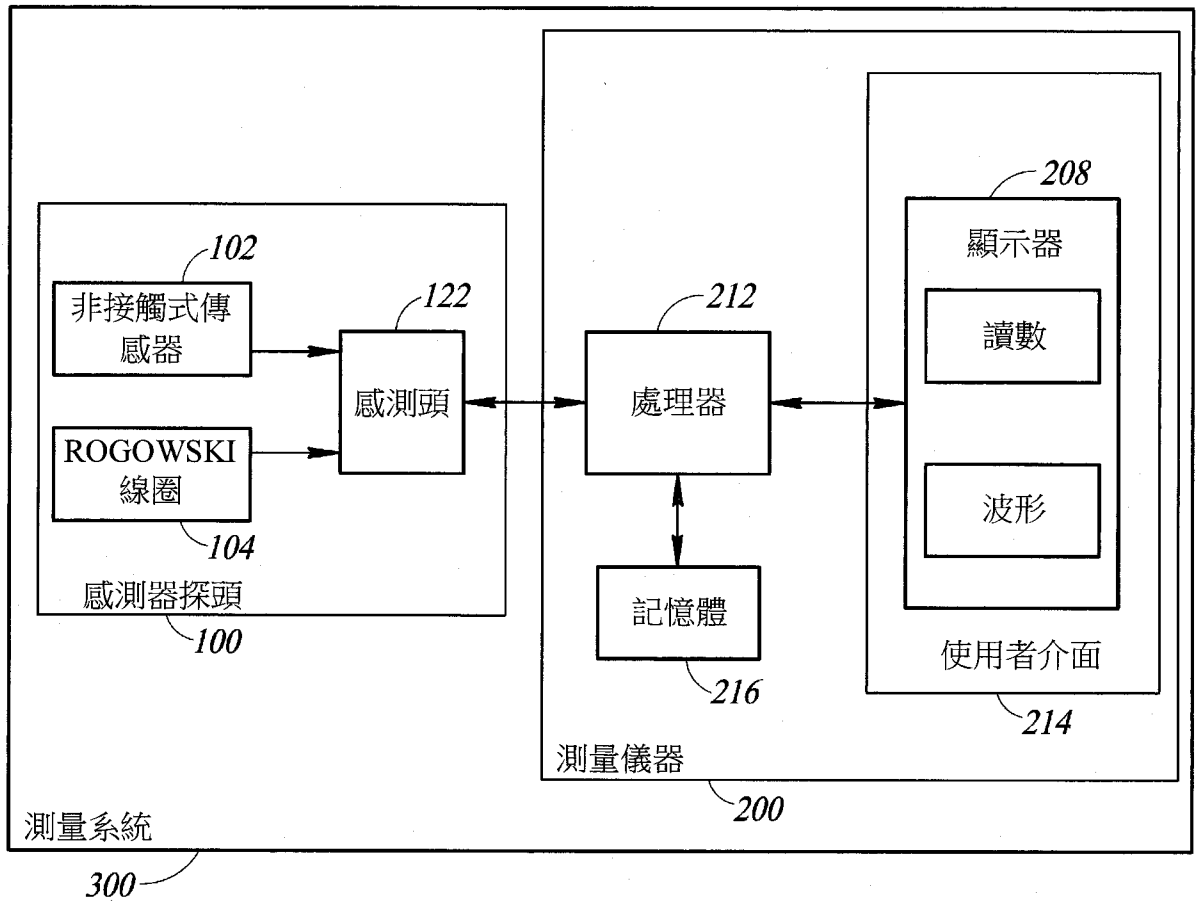
【圖 1C】



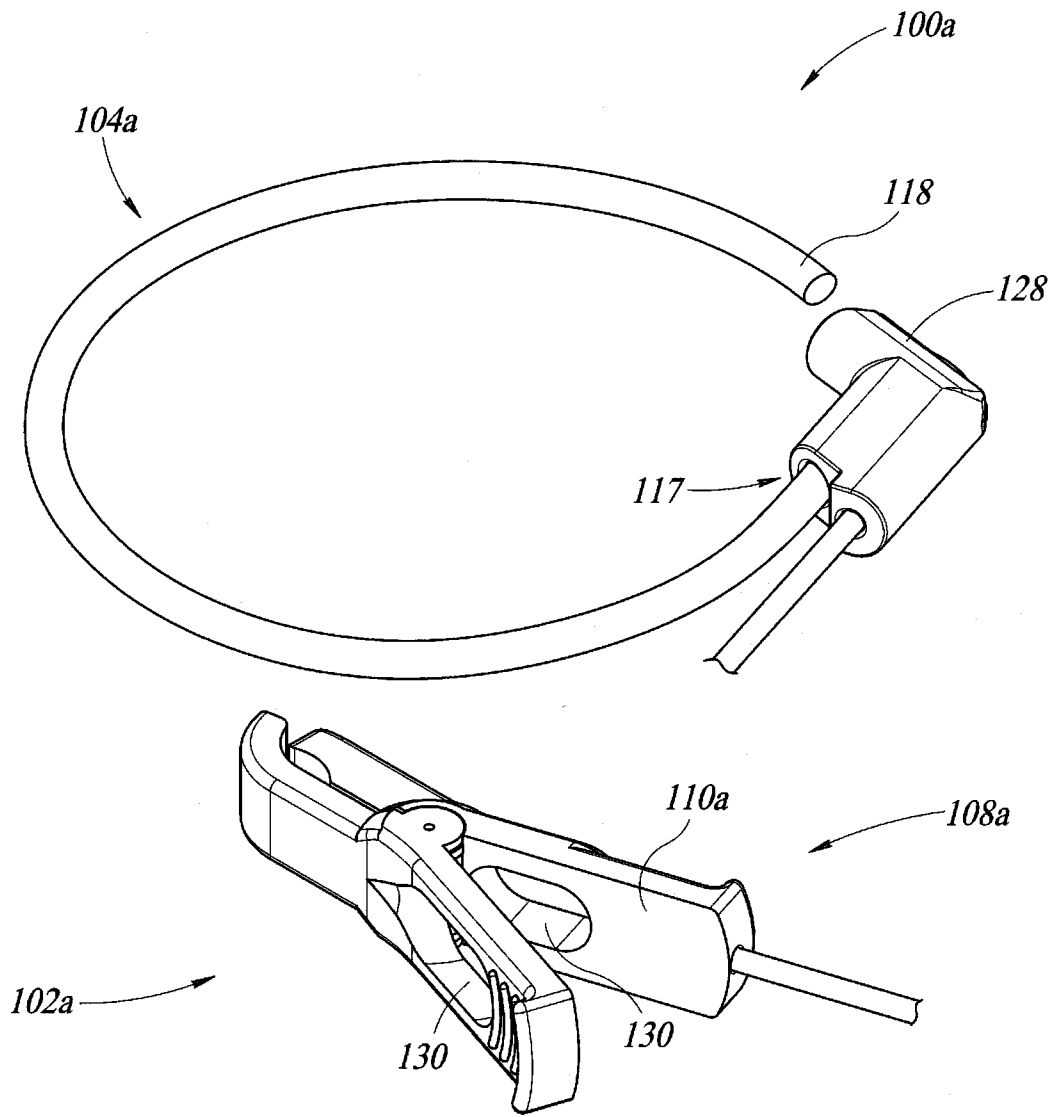
【圖 1D】



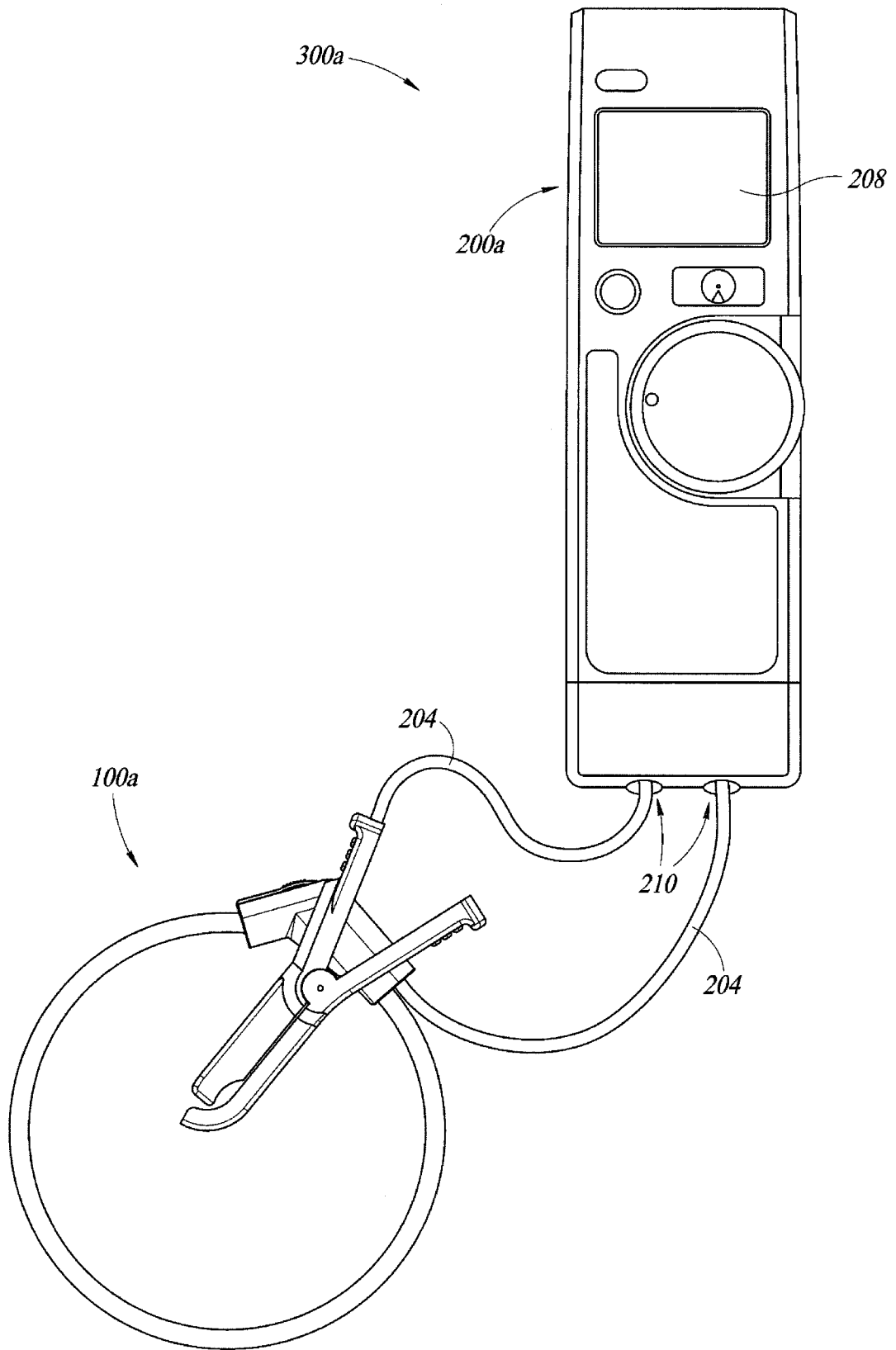
【圖 2】



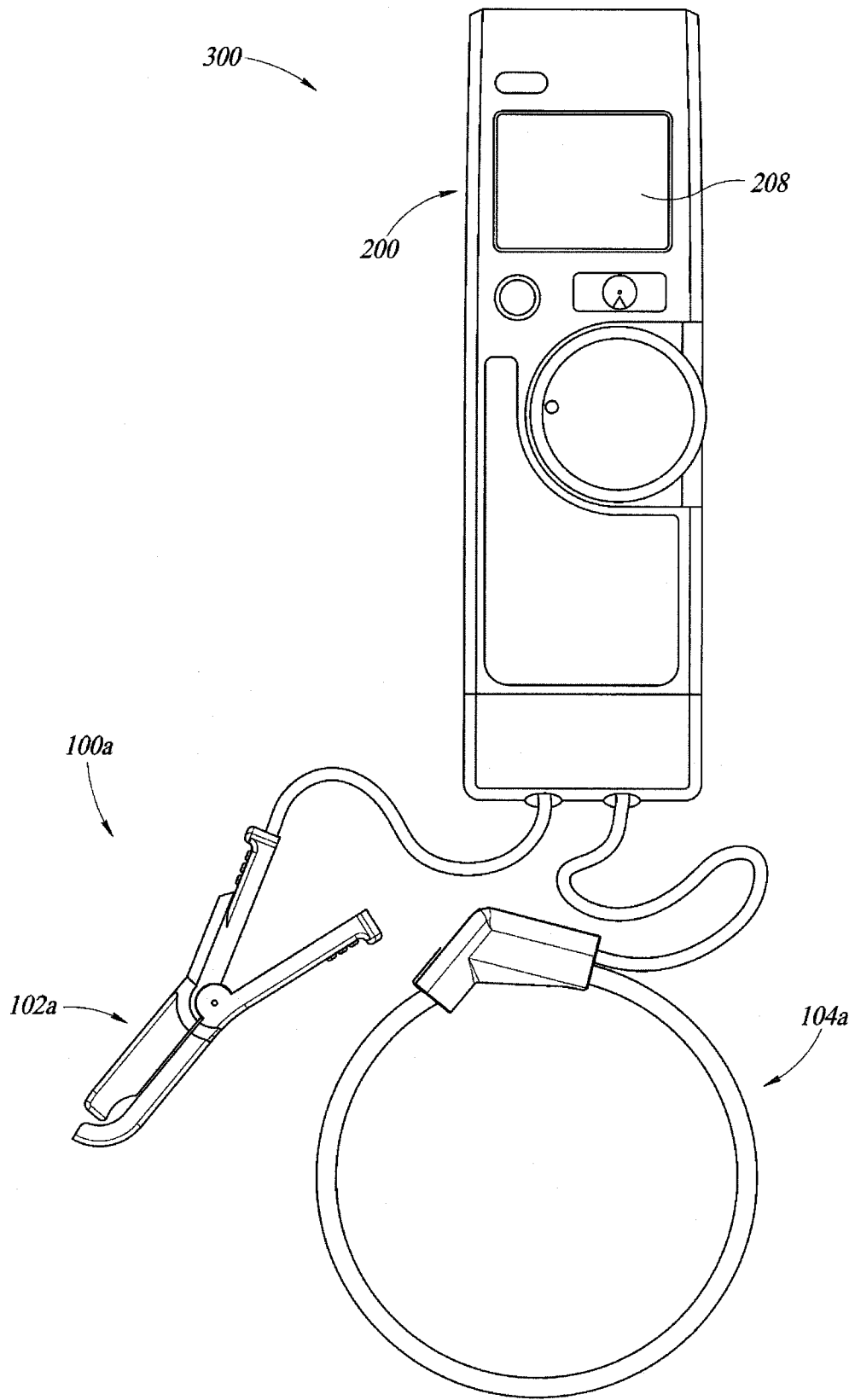
【圖 3】



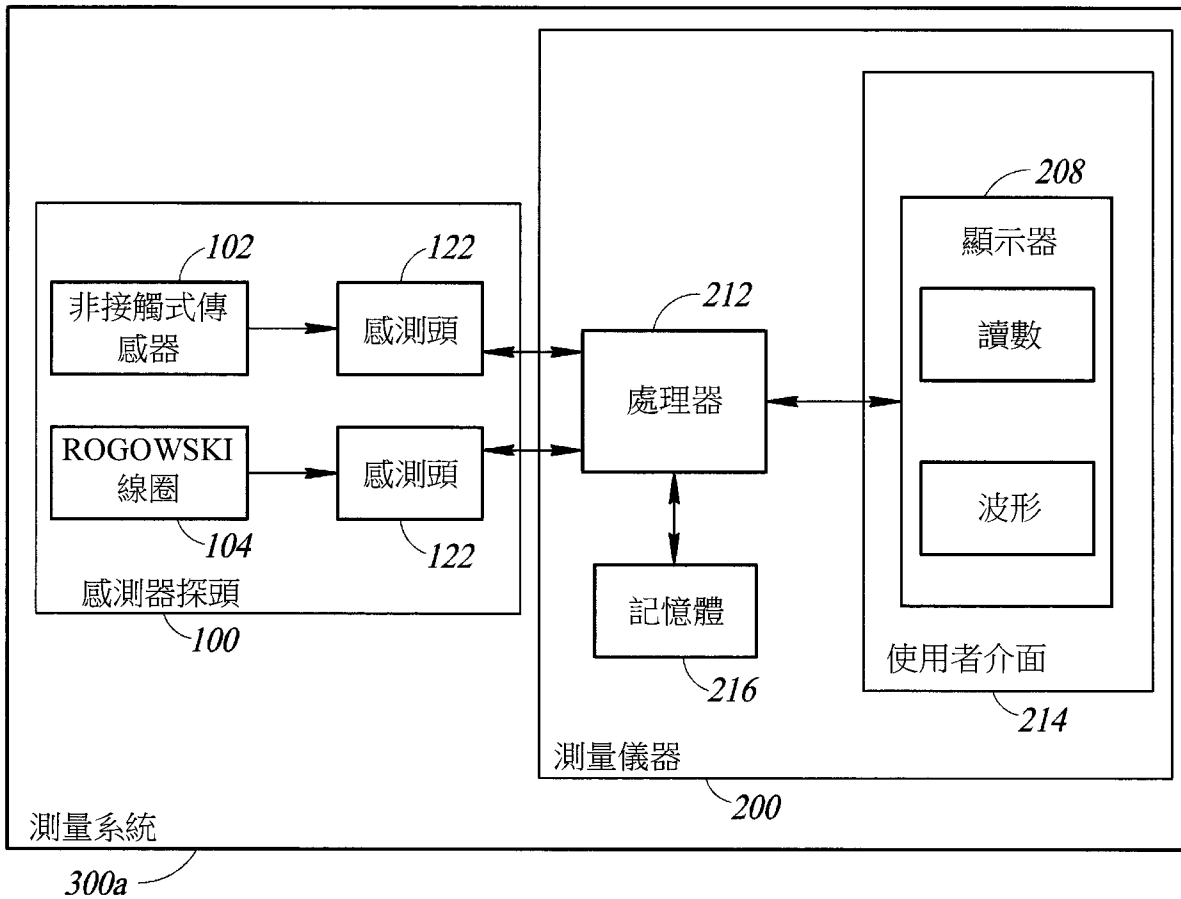
【圖 4B】



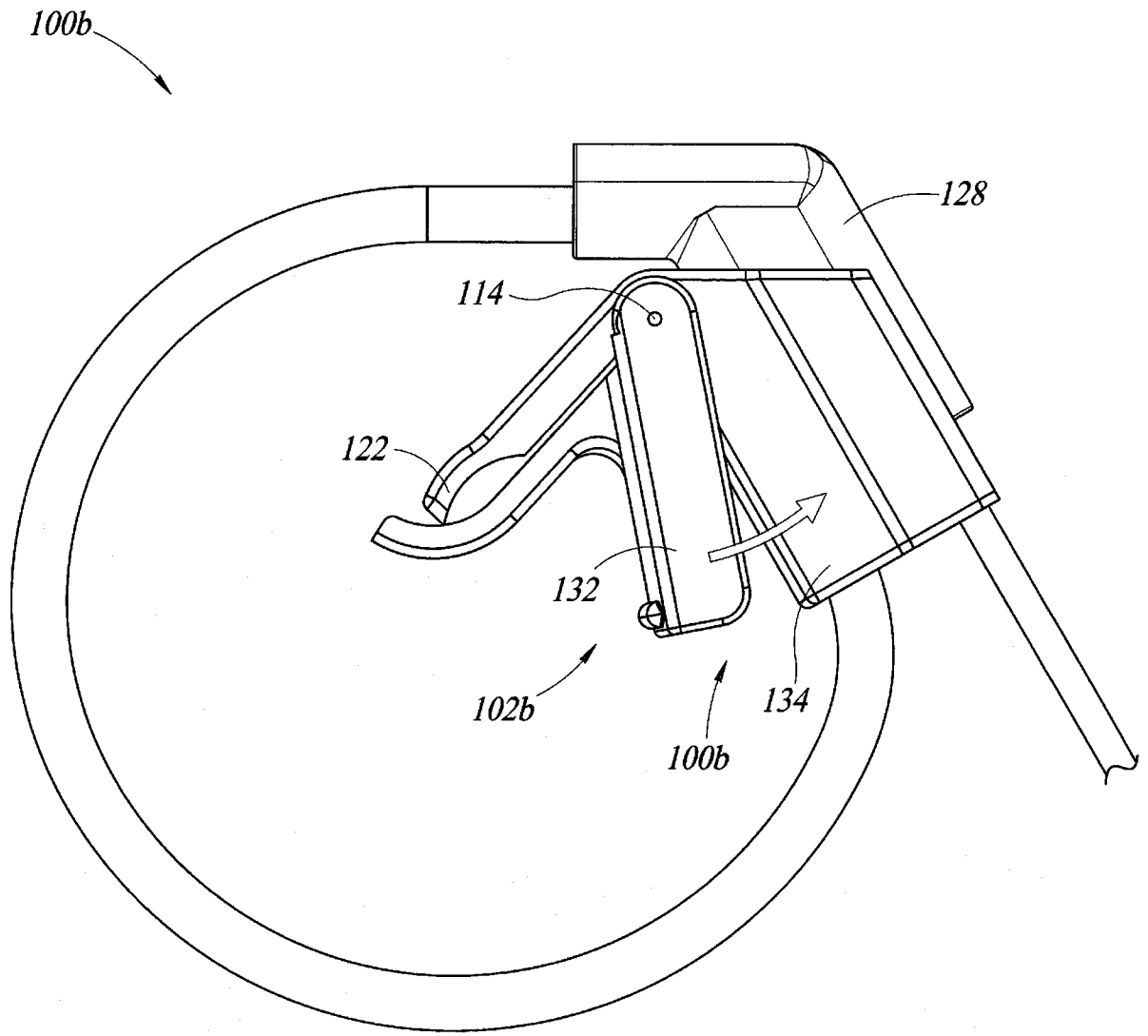
【圖 5A】



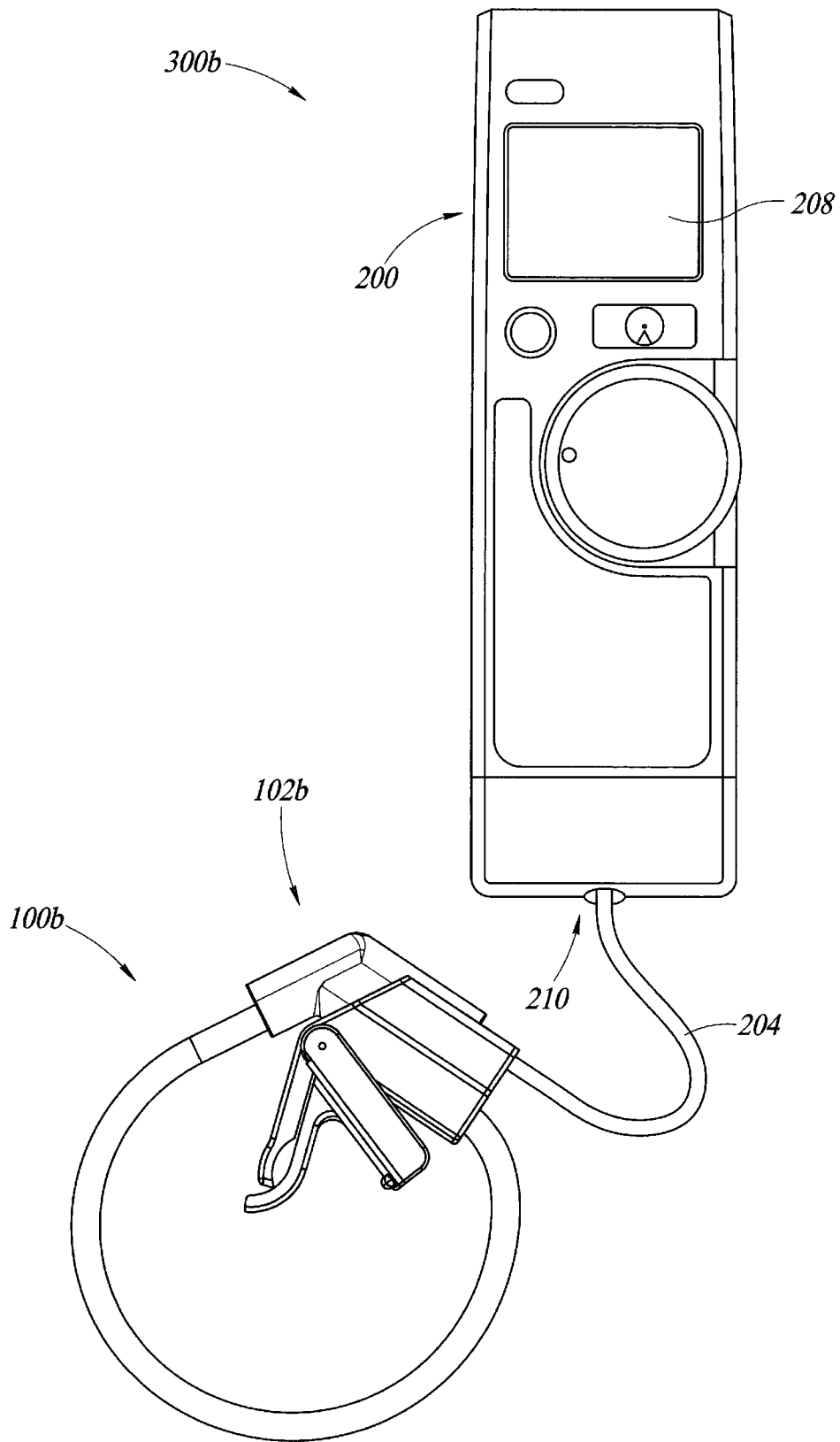
【圖 5B】



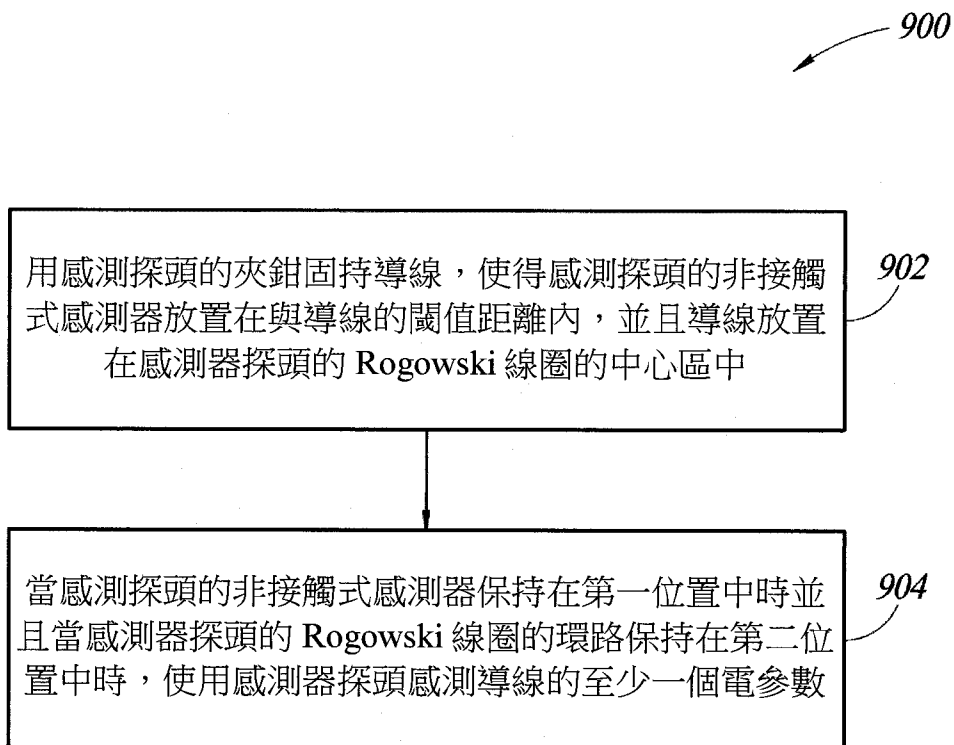
【圖 6】



【圖 7】



【圖 8】



【圖 9】