I723039

(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 I723039 B**

(45)公告日： 中華民國 110 (2021) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：105125840　(22)申請日： 中華民國 105 (2016) 年 08 月 12 日

(51)Int. Cl.：　*B01D35/143 (2006.01)*

(30)優先權：2015/08/14　美國　62/205,481

2015/12/04　美國　62/263,431

(71)申請人：美商３M新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY　(US)

美國

(72)發明人：波妮費斯　安德魯　保羅 BONIFAS, ANDREW PAUL (US)；金載源 KIM, JAEWON (KR)；哈伯　布魯克　亞當 HABLE, BROCK ADAM (US)；傑斯米　羅納德　大衛 JESME, RONALD DAVID (US)；阿梅爾　尼可拉斯　葛羅葛瑞 AMELL, NICHOLAS GREGORY (US)；馬奇　傑佛瑞　麥可 MAKI, JEFFREY MICHAEL (US)；艾思堤　羅伯特Ｅ ASTLE, ROBERT E. (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	201219777A	CN	102203392A
CN	104364638A	US	2014/0208950A1

審查人員：吳建裕

申請專利範圍項數：11 項　圖式數：44　共 165 頁

(54)名稱

用於主動監測在過濾系統內之過濾器介質之電磁感測器

(57)摘要

一般而言，描述用於在一過濾系統內之過濾器介質監測之技術。本文描述之過濾器介質監測技術包括例如：與該過濾器介質直接接觸，例如，一感測器可定位在藉由該過濾器介質之一表面界定之一邊界內側；或與該過濾器介質間接接觸，例如，一感測器可定位在藉由該過濾器介質之該表面界定之該邊界外側，使得該感測器與受監測之該過濾器介質不直接實體接觸。

In general, techniques are described for filter media monitoring within a filtration system. The filter media monitoring techniques described herein include, for example, direct contact with the filter media, e.g., a sensor may be located inside a boundary defined by a surface of the filter media, or indirect contact with the filter media, e.g., a sensor may be located outside the boundary defined by the surface of the filter media such that the sensor does not make direct physical contact with the filter media being monitored.

指定代表圖：

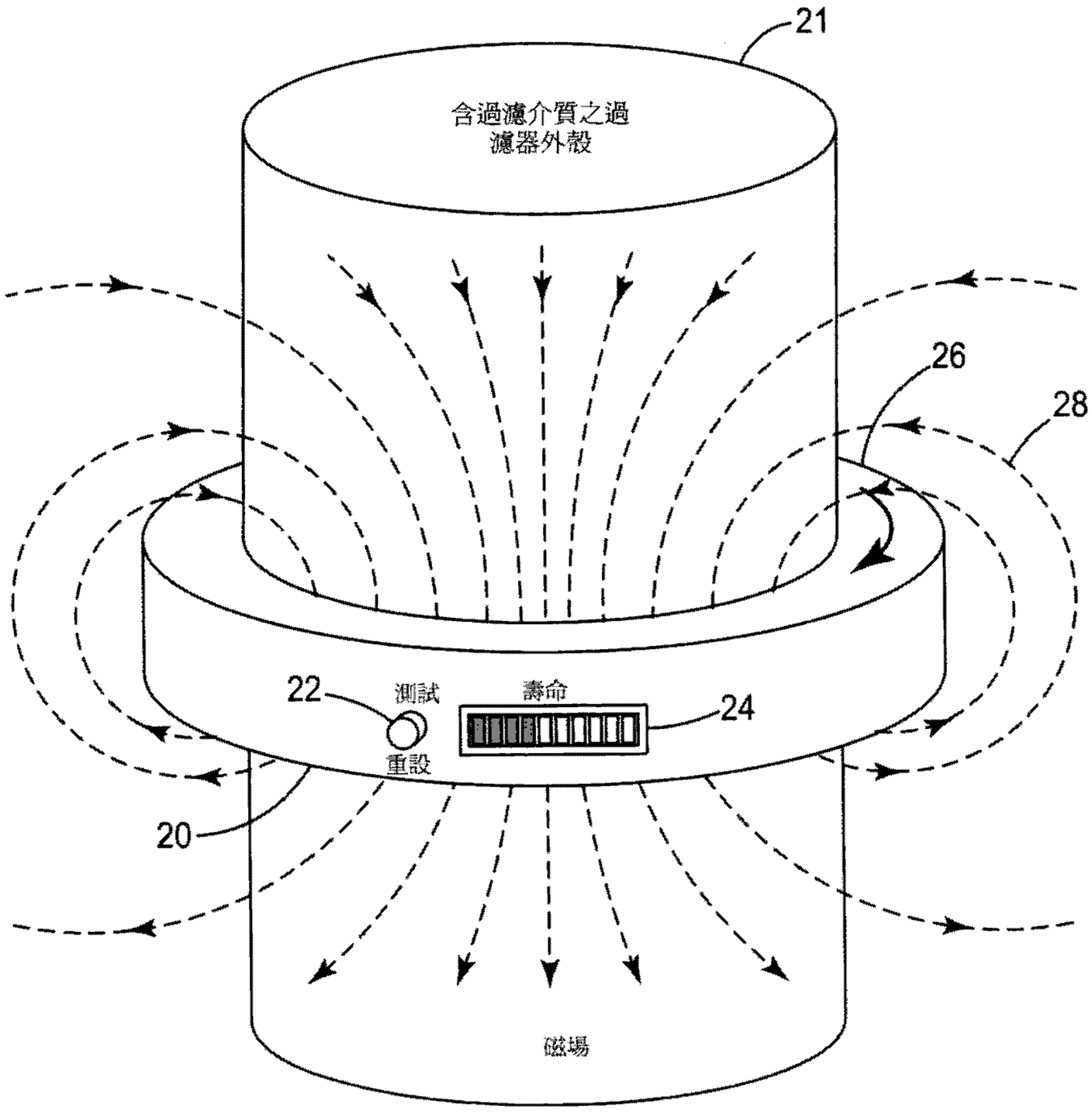


圖2

符號簡單說明：

20・・・感測器

21・・・過濾器外殼

22・・・測試/重設按鈕

24・・・使用者介面

26・・・交流電

28・・・磁場；第一磁場

公告本

I723039

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：　　※IPC分類：

【發明名稱】 用於主動監測在過濾系統內之過濾器介質之電磁感測器

ELECTROMAGNETIC SENSOR FOR ACTIVE MONITORING OF FILTER MEDIA WITHIN A FILTRATION SYSTEM

【中文】

一般而言，描述用於在一過濾系統內之過濾器介質監測之技術。本文描述之過濾器介質監測技術包括例如：與該過濾器介質直接接觸，例如，一感測器可定位在藉由該過濾器介質之一表面界定之一邊界內側；或與該過濾器介質間接接觸，例如，一感測器可定位在藉由該過濾器介質之該表面界定之該邊界外側，使得該感測器與受監測之該過濾器介質不直接實體接觸。

【英文】

In general, techniques are described for filter media monitoring within a filtration system. The filter media monitoring techniques described herein include, for example, direct contact with the filter media, e.g., a sensor may be located inside a boundary defined by a surface of the filter media, or indirect contact with the filter media, e.g., a sensor may be located outside the boundary defined by the surface of the

filter media such that the sensor does not make direct physical contact with the filter media being monitored.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第 2 圖

【本代表圖之符號簡單說明】：

20...感測器

21...過濾器外殼

22...測試/重設按鈕

24...使用者介面

26...交流電

28...磁場；第一磁場

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】 用於主動監測在過濾系統內之過濾器介質之電磁感測器

ELECTROMAGNETIC SENSOR FOR ACTIVE MONITORING OF FILTER MEDIA WITHIN A FILTRATION SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本揭露係關於過濾系統及過濾器介質監測。

【先前技術】

【0002】 過濾係自流體（包括氣體及液體）分離一或多個粒子。各式各樣的過濾程序使用於各種住宅、商業及工業應用中。取決於特定應用，一過濾程序可使用一或多個過濾器介質以捕獲或以其他方式移除顆粒、雜質、化學化合物或類似者。例如，對於許多住宅、商業及工業應用，提供充分純度及品質的水很重要。水過濾可例如使用活性碳作為過濾器介質。藉由活性碳之水過濾可涉及使水流行進通過活性碳過濾器介質床。活性碳可自水移除影響純度及品質的各種顆粒、雜質化學化合物或類似者。依此方式，活性碳過濾可改善水質安全、味道、氣味、外觀或類似者。

【發明內容】

【0003】 大致上而言，描述用於在一過濾系統內之過濾器介質監測之技術。本文描述之過濾器介質監測技術包括例如：與該過濾器介質直接接觸，例如，一感測器可定位在藉由該過濾器介質之一表面界定之一邊界內側；或與該過濾器介質間接接觸，例如，一感測器可定

位在藉由該過濾器介質之該表面界定之該邊界外側，使得該感測器與受監測之該過濾器介質不直接實體接觸。

【0004】 舉例來說，描述了產生及利用一電磁場來主動監測一過濾器介質之能力(capacity)之感測器。在其他實例中，描述了利用含有過濾器介質之一外殼作為一共振腔且可操作以基於自該共振腔之所感測到測量來判定該過濾器介質之性質之感測器。如此，描述了可易於安裝在含有過濾器介質之外殼上、經定位成鄰近於含有過濾器介質之外殼、或整合在含有過濾器介質之外殼內之各種感測器，以非侵入性方式提供對過濾器介質之目前狀態的主動監測。

【0005】 舉另一實例，描述了藉由傳導接觸探針以提供與一過濾器介質之電接觸來判定過濾介質之剩餘能力之感測器。探針可例如整合在外殼內或以其他方式延伸穿過外殼以接觸過濾器介質。

【0006】 在額外實例中，描述了過濾系統，其中一陣列之多個感測器定位在一過濾系統內。該多個感測器可沿著一流動路徑連續定位及/或沿多個流動路徑平行定位，以在該過濾系統內之各種位置處提供監測。此外，多個感測器可沿著一共同過濾器介質之流動路徑定位，使得該等感測器提供該過濾器介質之空間監測。

【0007】 在其他實例中，描述了提供目前部署在過濾系統內之過濾器介質之自動識別的感測系統。例如，在一些實施方案中，非接觸式識別帶可併入在含有過濾器介質之外殼內或以其他方式鄰近固定於含有過濾器介質之外殼。如本文所描述，該等識別帶可經建構以影響安裝在外殼上之一感測器對過濾器介質之磁性感測。例如，該等識別

帶可有導電性及/或磁性以藉由該感測器予以感測。此外，該等識別帶可幾何上或空間上經配置以提供過濾器介質之一唯一識別，諸如當過濾器介質插入於過濾系統中且行進穿過感測器之一感測場時。依此方式，可利用該等識別帶以提供對過濾器介質之一肯定識別(affirmative identification)。

【0008】 如本文所描述，一控制器可與該等感測器通訊以根據本文描述之技術感測及主動監測過濾器介質之一或多個參數，該一或多個參數包括例如：過濾介質傳導性、介電強度、磁導率或類似者。本文描述之過濾器介質監測技術可應用於各種流體過濾應用中，例如，氣體或液體之過濾。

【0009】 回應於來自該等感測器之測量，該控制器可輸出指示經部署遍及一過濾系統之過濾器介質之一預測過濾器介質壽命或經判定之目前能力的警示或其他信號。

【0010】 於附圖及以下說明中提出技術之一或多項實例之細節。可從說明與圖式以及從申請專利範圍中明白了解技術之其他特徵、目的、以及優點。

【圖式簡單說明】

【0011】

圖 1 係繪示一實例性過濾系統之方塊圖，其中一監測器耦合至過濾器介質感測器，該等過濾器介質感測器與含有過濾器介質之複數個過濾器外殼相關聯。

圖 2 係繪示耦合至一過濾器外殼之一實例性間接接觸式過濾器介質感測器之示意圖。

圖 3 係進一步詳細繪示由一實例性間接接觸式過濾器介質感測器建立之一電磁場之示意圖。

圖 4 係進一步詳細繪示經組態以感測納含在一過濾器外殼內之一過濾器介質之剩餘能力的一實例性間接接觸式過濾器介質感測器之方塊圖。

圖 5A 至圖 5K 係繪示本文描述之感測系統之實例性配置之方塊圖，且具體而言，繪示過濾器感測器之一天線與過濾器介質之間的實例性相對位置及定向。

圖 6A 至圖 6D 繪示在一感測器系統中執行之額外實驗之組態，其中天線定位且定向在一過濾器外殼之外部。

圖 7A、圖 7B 及圖 7C 係以邏輯方式繪示在操作期間圖 2 及圖 3 之感測器 20 之一天線之電氣特性的電路圖。

圖 8A 係繪示關於本文描述之例示性過濾器感測系統的實例性使用者操作之流程圖。

圖 8B 係繪示由本文描述之過濾器介質感測系統執行之實例性操作之流程圖。

圖 9 係繪示在過濾器之操作期間過濾器介質電阻及雜質通過百分比兩者對總流體輸送量之實例性實驗結果之圖表。

圖 10 係繪示在過濾器之操作期間過濾器介質電阻及流出物雜質濃度兩者對總流體輸送量之實例性實驗結果之圖表。

圖 11 係繪示在過濾器之操作期間雜質通過百分比對過濾器介質電阻之實例性實驗結果之圖表。

圖 12 係繪示在水引入至乾過濾器介質期間的一段時間時期期間感測器系統之天線共振頻率對時間（以小時為單位）之實例性實驗結果之圖表。

圖 13 係繪示在過濾器之操作期間感測器系統之天線共振頻率及過濾器電阻對經過濾的流體體積之額外實例性實驗結果之圖表。

圖 14 係繪示其中固定至傳導性外殼之感測器利用該傳導性外殼作為共振腔以輔助感測納含在該傳導性外殼中的過濾器介質之性質之實例性實施例示意圖。

圖 15 係繪示使用利用過濾器外殼作為一共振腔以輔助過濾器監測的感測器系統來監測過濾器介質之實例性操作之流程圖。

圖 16 係繪示實例性過濾器外殼及直接電接觸式感測器系統之示意圖。

圖 17 係繪示在過濾器之操作期間藉由直接電接觸所測量之過濾器介質電阻對總流體輸送量之實驗結果之圖表。

圖 18 係繪示在過濾器之操作期間藉由直接電接觸所測量之過濾器介質電阻對總流體輸送量之實驗結果之圖表。

圖 19 係繪示用於使用直接接觸式感測器系統來監測過濾器介質之實例性技術之流程圖。

圖 20 係繪示當過濾器介質第一次安裝在過濾系統內時如本文所描述之感測器之實例性操作之流程圖。

圖 21 係繪示實例性過濾器外殼及感測器系統之示意圖，該感測器系統包含相對於在過濾器介質內之流動方向而串列(in series)定位之複數個過濾器介質感測器。

圖 22 係繪示感測系統之實例性操作之流程圖，在該感測系統中，複數個感測器交換資訊且運作以監測具有一或多個過濾器介質之一過濾系統。

圖 23 係繪示實例性過濾器外殼識別系統之示意圖。

圖 24 係繪示藉由本文描述之感測器所感測之共振頻率頻移以識別特定類型過濾器外殼之另一實例性之圖表。

圖 25 係繪示由本文描述之感測器之任何者執行之實例性程序之流程圖，以藉由偵測由過濾器外殼之一或多個識別條（傳導及/或磁性）誘發的天線中之共振頻率頻移來自動識別過濾器類型。

圖 26 係繪示感測器系統之天線之實例性模擬磁場及不含傳導性識別條或磁性識別條之過濾器外殼之剖面圖。

圖 27 係繪示感測器系統之天線之實例性模擬電磁場及定位在過濾器外殼之外部上之傳導性識別條之剖面圖。

圖 28 係繪示感測器系統之天線之實例性模擬電磁場及定位在過濾器外殼之外部上之磁性識別條之剖面圖。

圖 29 係繪示感測器系統之天線之實例性模擬磁場及定位在過濾器外殼之內部上之磁性識別條之剖面圖。

圖 30A、圖 30B、圖 30C、圖 30D 係繪示當過濾器外殼插入至過濾器歧管中時該過濾器外殼在一段時間的一連串位置之示意圖。

圖 31 係繪示圖 30A 至圖 30D 之過濾器外殼插入程序之所感測的天線共振頻率變化之實例之圖表。

圖 32A、圖 32B、圖 32C 係繪示當過濾器外殼插入且安置於過濾器歧管中時之一連串位置之示意圖。

圖 33 係繪示圖 32A 至圖 32C 之過濾器外殼插入程序之所感測的天線共振頻率變化之實例之圖表。

圖 34A 及圖 34B 係繪示具有識別條之實例性過濾器外殼及過濾器外殼識別系統之天線之示意圖。

圖 35 係繪示圖 34A 之過濾器識別系統之剖面圖之示意圖。

圖 36、圖 37、圖 38A、圖 38B 係繪示圖 34A 之實例性過濾器外殼識別系統之電腦模型的實例性模擬結果之圖表。

圖 39 展示模擬過濾器識別系統之磁場之四個等值線圖(contour plot)。

圖 40 係展示圖 39 之磁場隨著沿過濾器之長軸之軸向距離而變化之圖表。

圖 41 展示用以模型化定位在過濾器之內表面上之傳導帶或磁帶對磁場分佈及感測器敏感度之效應的過濾器配置及幾何之示意圖。

圖 42 展示由圖 41 之過濾器配置所產生之模擬磁場之等值線圖，其中共振天線連同定位在過濾器之內表面上之傳導帶或磁帶而使用。

圖 43 展示描繪定位在過濾器之內表面上之模型化傳導帶及磁帶對共振天線之實阻抗及共振頻率之效應的四個圖表。

圖 44 展示針對具有嵌入在塑膠過濾器外殼中（即，整合在塑膠過濾器外殼內）之傳導環之共振天線所執行的模擬之模型化幾何、磁場等值線圖、模型化幾何、實阻抗及磁場。

【實施方式】

【0012】 圖 1 係繪示過濾監測系統 10 之方塊圖，其中一監測器 12 通訊耦合至感測器 18，感測器 18 與過濾器外殼 14、16 相關聯。在圖 1 之實例中，過濾器監測系統 10 包括例如介接感測器 18 之監測器 12，感測器 18 安裝在各別過濾器外殼 14A 至 14N（統稱為「過濾器外殼 14」）及過濾器外殼 16A 至 16N（統稱為「過濾器外殼 16」）上。在一些實例中，監測器 12 可連接至較少感測器（例如一個感測器）或更多感測器。此外，可藉由例如資料匯流排、離散電氣配線或類似者將感測器 18 直接連接至監測器 12。在其他實例中，可藉由例如射頻通訊、無線區域網路(WLAN)連接或類似者將感測器 18 之任何者間接連接至監測器 12。在一些實例中，感測器 18 可定位成相鄰於過濾器外殼 14、過濾器外殼 16 且在過濾器外殼 14、過濾器外殼 16 外部。例如，感測器 18 可經組態以實體且緊固地安裝在過濾器外殼 14、16 上。在其他實例中，感測器 18 可整合在過濾器外殼 14、16 內。

【0013】 在圖 1 之實例中，過濾器外殼 14 係流體連通使得流體（例如，氣體或液體）循序沿一第一流動路徑流動通過串列之過濾器外殼 14。同樣地，過濾器外殼 16 係沿過濾監測系統 10 之一第二流動路徑流體連通。此外，如圖 1 中之展示僅係為了實例之目的，沿其定

位過濾器外殼 14 之第一流動路徑及沿其定位過濾器外殼 16 之第二流動路徑彼此平行。依此方式，可部署感測器 18 以提供在過濾系統內之各位置處之監測。此外，如就過濾器外殼 16A 所示，多個感測器可沿著一共同過濾器介質之流動路徑而定位（例如，固定至一共同外殼），使得感測器 18 提供對一共同過濾器介質之空間監測。在其他實例中，多個過濾器外殼 14、16 可界定一單一連續過濾器介質之外殼之不同區段。進一步，過濾器外殼 14、16 不需要相同且可經組態以含有不同類型過濾器介質。

【0014】 在一些情況中，過濾監測系統 10 實施為以流體連通耦合之複數個過濾系統，其中過濾系統包括一過濾器歧管、過濾器外殼及一過濾器介質。大致上而言，過濾器介質納含在過濾器外殼內且該外殼係控制流體流動、提供過濾器介質之機械支撐及實現介於與過濾器介質過濾器歧管之間之一連接方法之一構件。在各種實例中，各過濾器外殼 14 可係一匣，其經調適且經組態以與一連接器頭交互作用及以其他方式與該連接器頭可卸離地互連，該連接器頭與一可處理流體來源（例如，諸如一未經處理飲用水源）直接連通。包括可卸離地與過濾系統互連之過濾器匣之實例性過濾器系統的進一步細節描述於美國專利公開案第 US20030168389 號，該案之全部內容皆以引用方式併入本文中。

【0015】 在一實例中，針對水過濾應用，過濾器外殼可包含一塑膠材料，諸如聚乙烯、聚丙烯及聚碳酸酯。在其他實例中，該外殼可包含一金屬或陶瓷。在一第二實例中，針對空氣過濾，過濾器外殼可

包含一卡紙板、塑膠、或金屬框架。過濾器外殼可由各式各樣形狀組成，包括圓柱狀、圓錐形及稜鏡狀。過濾器外殼可經設計成可拋棄式或可重複使用，而在可重複使用情況中，過濾器外殼經組態以使得能夠更換過濾器介質。過濾器外殼可經組態以附接、連接或用螺絲固定至一過濾器歧管中且提供介於外殼與歧管之間之一不漏流體的連接。經組態之外殼可含有機械及/或光學特徵以確保對準，且在一特定歧管類型中利用正確的過濾器外殼樣式。一般而言，正確分類過濾器外殼及過濾器介質有助於確保適當的過濾組態及改善過濾程序。實例性過濾器分類可包括所設計之將過濾的最大體積、流速、壓力降、過濾器介質類型及外殼類型。

【0016】 本文中詳細描述各種感測器 18。例如，如所描述，感測器 18 可採取間接接觸式感測器之形式，其不需要依賴與納含在過濾器外殼 14、16 內之過濾器介質的任何直接、實體接觸。在一實例性實施方案中，感測器 18 之任何者可定位在過濾器外殼外側、整合在過濾器外殼內或以其他方式固定該過濾器外殼且在藉由過濾器介質之表面界定之邊界外側。在一些實施方案中，例如，其中一給定外殼係非傳導性或以其他方式之未經屏蔽，則可利用產生一電磁場之一感測器，用於主動監測納含在該外殼內之一過濾器介質之剩餘過濾器能力。例如，該感測器可產生一磁場，該磁場傳播通過該非傳導性過濾器外殼至該過濾器介質中且該磁場藉由耦合至該感測器之一天線而被感測。即，在該感測器內之一控制器藉由以下判定該過濾器介質之剩餘能力：週期性產生一入射磁場至該過濾器介質中，及測量由當流體流動

通過該過濾器時該過濾器介質之一或多個特性（例如，傳導性、介電強度、磁導率或類似者）隨時間的變化所引起的該磁場之一或多個性質的任何變化。一般而言，過濾器能力或效率係指過濾器介質自未過濾流體移除濾出液之剩餘能力。可使用用語剩餘過濾器能力(remaining filter capacity)或目前能力(current capacity)來表達在一時間點或在測量時間時的過濾器能力。過濾器能力可依體積、時間、初始百分比、質量、粒子數目或其他單位來表達。

【0017】 在本文描述之感測器 18 之其他實施方案中，其中一給定外殼係至少部分傳導性，一感測器 18 可產生一射頻(RF)信號，該射頻(RF)信號藉由例如一埠、一傳導窗、一波導、直接電耦合或電磁耦合或類似者而引導至該傳導性過濾器外殼中。該 RF 信號可經選擇且藉由該感測器依一特定頻率予以產生，使得該信號在由該傳導性過濾器外殼之內部邊界所界定的共振腔內共振，以產生一駐波，使得該駐波傳播通過該過濾器介質。藉由週期性產生該 RF 信號，在該感測器內之該控制器基於以下判定該過濾器介質之剩餘能力：當流體流動通過該過濾器時該過濾器介質之一或多個特性（例如，傳導性、介電強度、磁導率或類似者）隨時間的變化所引起的該共振腔之一或多個性質的任何變化，。

【0018】 在其他實例中，感測器 18 之任何者可係具有實體電氣探針或接觸件的直接接觸式感測器，該等實體電氣探針或接觸件定位在藉由過濾器介質之一表面界定之一邊界處或該邊界內側以與過濾器介質直接接觸。即，本文描述感測器 18 之實例性實施方案，其藉由提

供與過濾器介質之電接觸的傳導接觸件（例如，探針）來判定一過濾介質之剩餘能力。該探針可例如整合在該外殼內或以其他方式延伸穿過該外殼以接觸該過濾器介質。

【0019】 在額外實例中，描述了提供目前部署在過濾系統 10 內的過濾器介質之自動識別的感測系統。例如，在一些實施方案中，非接觸式識別帶可併入在含有過濾器介質之外殼 14、16 內或以其他方式鄰近固定於含有過濾器介質之外殼 14、外殼 16。如本文所描述，該等識別帶可經建構以影響由安裝在外殼 14、外殼 16 上之感測器 18 對過濾器介質之磁性感測。例如，該等識別帶可有導電性及/或磁性以影響由在感測器 18 內之天線所感測的電磁場或共振腔。此外，該等識別帶可幾何上或空間上配置在外殼 14、16 上，以提供過濾器介質之一唯一識別，諸如當該過濾器介質及相關聯之外殼一起或個別插入於過濾系統中以行進穿過由該感測器建立之一感測場。依此方式，可利用該等識別帶以提供對過濾器介質之一肯定識別。在一些實例中，識別條材料、位置、幾何、條數目或類似者可識別一過濾器系列、一過濾器系列子類別或類似者。

【0020】 本文所描述之感測器、方法及感測器系統可應用於利用過濾技術的各式各樣應用。在一實例中，可使用感測器、方法及系統以監測商業水過濾系統之過濾器介質。該過濾系統可含有一入口、一出口、有一或多個過濾器之過濾器歧管、控制水流動之閥與配管、一電力供應器、額外感測器元件、及監測過濾程序之一電子控制器元件，且該過濾系統可具有一使用者介面、無線連接或其之一組合。在

一第二實例中，可在一個人呼吸器中使用感測器、方法及系統以監測過濾器匣之剩餘過濾器能力。過濾器匣可更換，而感測器能使使用者判定是否需要更換匣。在其他實例中，可在用於電器、暖通空調(HVAC)系統、天然氣過濾系統及個人空氣過濾中之流體處理的應用中採用感測器。

【0021】 此外，除藉由監測過濾器介質之傳導性、介電或磁導率變化來直接測量過濾器能力外（或在替代方案中），亦可藉由測量連接至相同流體流動之代用品材料(surrogate material)之傳導性、介電或磁導率之變化來判定過濾器能力。接著，可基於代用品材料之所測量傳導性、介電或磁導率變化與過濾器介質之傳導性、介電或磁導率變化的已知關係，計算過濾器能力。代用品材料可包含相同過濾器介質、不同過濾器介質、非過濾器介質材料或任何組合且可具有一不同形狀因子。可串列或並列連接一或多個代用品材料。代用品材料可提供過濾功能或不提供過濾功能。利用代用品材料之優點可係為該代用品材料具有較高敏感度、較低敏感度、實現較簡單系統、改善穩定性及可重複使用。

【0022】 圖 2 係進一步詳細繪示耦合至一實例性過濾器外殼 21 之一感測器 20 之一實例性實施方案之示意圖。感測器 20 可例如表示耦合至外殼 14、外殼 16 之任何者的圖 1 之感測器 18 之任何者之一實例性實施方案。

【0023】 在此實例性實施方案中，過濾器外殼 21 係含有用於過濾液體或氣體之過濾器介質之一非傳導性外殼。在一些實例中，過濾

器外殼 14 可係一非傳導材料，例如，諸如塑膠、玻璃、瓷料、橡膠及類似者。在圖 2 之實例中，過濾器外殼 21 係圓柱狀形狀。在其他實例中，過濾器外殼 21 可係例如立方形、稜鏡狀、圓錐形或類似者。在一些實例中，過濾器外殼 21 可經組態以適配一現有之水過濾系統或子系統。在其他實例中，非傳導性過濾器外殼 21 可經組態以適配一新水過濾系統或子系統。

【0024】 在圖 2 之實例中，一感測器 20 定位成相鄰於過濾器外殼 21 且在過濾器外殼 21 外部。例如，感測器 20 可經組態以緊固地安裝至外殼 21 之外部表面。在其他實例中，感測器 20 可定位在過濾器外殼 21 之外部，且一間隙可存在於感測器 20 之一內表面與過濾器外殼 21 之一外表面之間。在其他實例中，感測器 20 可整合在過濾器外殼 21 之一表面之至少一部分內或甚至至少部分定位在該過濾器外殼之表面內側。可藉由接合（例如，黏著接合、熱接合、雷射接合或類似者）將感測器 20 耦合至過濾器外殼 21。在其他實例中，感測器 20 可整合至過濾器外殼 21 之材料中以形成一單一連續過濾器系統構件。在其他實例中，可藉由一機械連接（藉由例如一或多個緊固件、一或多個夾鉗、過濾器外殼 21 及感測器 20 之表面中的一或多個脊或槽溝、或類似者）將感測器 20 連接至過濾器外殼 21。在圖 2 之實例中，感測器 20 定位在過濾器外殼 21 之一縱向軸之一中心。在其他實例中，感測器 20 可定位在過濾器外殼 21 之一端部附近。在其他實例中，感測器 20 可可變地定位於過濾器外殼 21 之端部與中心之間。

【0025】 大致上而言，感測器 20 可併入使用者介面元件，該等使用者介面元件提供過濾器 20 之目前能力的視覺指示及/或聽覺指示。在圖 2 之實例中，一測試/重設按鈕 22 定位在感測器 20 之一外表面上。在其他實例中，測試/重設按鈕 22 可定位在過濾器外殼 21 之一外表面上。在其他實例中，測試/重設按鈕 22 可不定位在感測器 20 或過濾器外殼 21 上。在一些實例中，測試/重設按鈕 22 可附隨指示例如「測試」及/或「重設」之文字。在一些實例中，測試/重設按鈕 22 可包括一指示燈，例如，諸如一發光二極體、白熾燈泡或類似者。在一些實例中，測試/重設按鈕 22 可自感測器 20 之表面突起。在其他實例中，測試/重設按鈕 22 可自感測器 20 之表面凹入。在一些實例中，測試/重設按鈕 22 可經組態以開啟或關閉一使用者介面 24。在一些實例中，測試/重設按鈕 22 可經組態以重設感測器 20 及使用者介面 24。

【0026】 在圖 2 之實例中，一使用者介面元件 24 包括例如複數個燈，例如，諸如發光二極體、白熾燈泡或類似者。在其他實例中，使用者介面 24 可包括例如一圖形介面、一觸控螢幕或類似者。在一些實例中，該等指示燈對應於過濾器介質壽命或能力。例如，可藉由所有指示燈之亮燈來指示全滿的過濾器介質壽命或能力（例如，一新過濾器），然而隨著過濾器介質壽命或能力降低，可亮燈之指示燈愈少。在一些實例中，該等指示燈可係一或多個顏色，其中指定之顏色及/或明暗度變化自全滿轉換至全空能力。在一些實例中，使用者介面 24 可附隨指示例如「壽命」之文字或對應於剩餘過濾器介質壽命或能力的一連串百分比（例如，0%、25%、50%、75%及 100%）。在一

些實例中，作為一圖形介面的使用者介面 24 可表示為一餅圖（例如，圓形儀表(circular gauge)）、條狀圖或類似者。在其他實例中，所測量之剩餘過濾器介質壽命或能力可顯示為一時間間隔（例如，天數）或顯示為可經過濾至一預定純度或品質之一剩餘流體體積（例如，加侖數）。

【0027】 在一些實施例中，感測器 20 包括一內部天線（未展示），該內部天線經配置以形成圍繞過濾器外殼 21 之傳導環圈。感測器 20 之一內部電源（諸如一電池）及 RF 產生器驅動一交流電 26 穿過該天線以產生磁場 28。一般而言，磁場 28 傳播通過納含在過濾器外殼 21 內之過濾器介質之至少一部分。如本文所解說，感測器 20 之天線（或複數個天線)係能夠產生可與納含在外殼 21 內之過濾介質耦合的近場輻射之一電子組件。實例包括單匝電感器、多匝電感器、二維傳導環圈、含三維特徵之傳導環圈及電容元件。天線可係非共振、共振或自共振。

【0028】 在一些實施例中，在外殼 21 內之過濾器介質與由感測器 20 產生之磁場 28 交互作用。例如，磁場 28 可與過濾器介質交互作用以在過濾器介質內誘發渦電流。繼而，操作建立之場渦電流以減小由感測器 20 之天線產生的磁場之一強度。在產生磁場 28 時，在感測器 20 內之一控制器監測天線之特性，並且基於彼等特性來判定產生中之所得磁場的品質（強度、振幅、相位等）。藉由監測磁場 28 之某些品質之變化，該控制器繼而偵測納含之過濾器介質之特性之變化，諸

如歸因於過濾顆粒之隨時間的過濾器介質傳導性、介電常數、或磁導率之變化。

【0029】 該控制器係經電耦合至該感測器之該天線且經組態以驅動一電信號穿過該天線以產生一電磁信號，該電磁信號經組態以經由近場耦合而耦合至該過濾器介質之至少一部分。該控制器經組態以偵測受到納含在該過濾器外殼內之該過濾器介質影響的該天線之至少一特性，且回應於該所偵測到之特性，判定該過濾器介質之一目前能力。受到介於該過濾器介質與該電磁場之間之該交互作用影響而由該控制器偵測到的該天線之實例性特性包括該天線之電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率。換言之，該控制器經組態以偵測在藉由該過濾器介質過濾一流體期間隨時間變化的受到該過濾器介質之一材料性質影響的該天線之一或多個特性。該過濾器介質之該材料性質可係例如該過濾器介質之導電性、磁導率、磁性損耗正切(magnetic loss tangent)、矯頑磁性(magnetic coercivity)、磁飽和、介電常數、介電損耗正切(dielectric loss tangent)或介電強度。

【0030】 該天線之設計（諸如形狀、大小及材料選擇）決定天線性質，諸如共振頻率及輻射場型。在一實例中，一超高頻率射頻識別(UHF RFID)天線可經設計以有效率地以 915 MHz 輻射，以與以 915 MHz 操作之一 UHF RFID 讀取器通訊。可使用該天線之實體特徵（諸如內部環圈及蛇形圖案(serpentine pattern)）以改善在一給定頻率的天線輻射效率或方向性或修改該天線之頻寬。在一實例中，一 UHF

RFID 天線之一或多個特徵可經設計成近場耦合至過濾器介質。該過濾器介質之電磁性質（諸如傳導性、介電常數及磁導率）可變更該天線之一或多個性質（諸如共振頻率、頻寬及效率）之效應。藉由監測由與該過濾介質之此近場交互作用所引起的天線性質之此變化，可監測過濾器介質之電磁性質。可藉由定位在該天線上之一積體電路或藉由定位在該天線外的電子器件（諸如在一外部讀取器裝置中）執行監測。

【0031】 一般而言，可在涉及流體（液體及氣體）之過濾、分離及淨化的廣範圍之應用中使用過濾介質。實例性介質包括（然而不限於）水過濾介質，活性碳、改質型活性碳、催化碳(catalytic carbon)、碳、炭、二氧化鈦、不織布、駐極體、空氣過濾介質、水消毒移除介質、顆粒移除介質、有機成分移除、離子交換介質、反滲透介質、鐵移除介質、半透性膜、分子篩、沙、磁鐵、濾網及阻障介質。可搭配本文描述之感測器使用的實例性過濾技術包括（舉例來說）：吸收、化學吸附、物理吸附、吸附、沈澱、昇華、離子交換、排斥、萃取、電泳、電解、反滲透、阻障膜、沈降、蒸餾及氣體交換。表 1 闡釋可受到過濾器介質性質影響之實例性天線特性，使得可由根據本文描述之感測器的控制器偵測彼等天線特性之變化：

表 1

感測器元件	過濾器介質性質之變化				
	導電性	磁導率	磁性損耗正切	介電常數	介電損耗正切

電感元件（L，RL、天線)	電感、電抗、電阻、Q-因子	電感、電抗、電阻、Q-因子	電阻、Q-因子		
電容元件（C、RC、天線)				電容、電抗、電阻、Q-因子	電阻、Q-因子
共振電路（LC、LCR、天線、共振天線)	電感、電抗、電阻、Q-因子、共振頻率	電感、電抗、電阻、Q-因子、共振頻率	電阻、Q-因子	電容、電抗、電阻、Q-因子、共振頻率	電阻、Q-因子

【0032】 在活性碳水過濾中，感測器 20 作為一實例可經組態以偵測在過濾器之壽命期間介質過濾器之傳導性的變化。水過濾系統作為一實例時常經部署用於脫氯以移除先前添加之氯。即，一般藉由添加次氯酸鈉溶液(NaOCl)、固體次氯酸鈣($Ca(OCl)_2$)、氯氣體(Cl_2)或單氯胺(NH_2Cl)達成水消毒。氯在存在水情況下分解而形成次氯酸(OCl-)及次氯酸鹽(HOCl)，如藉由下列反應所示：

$$Cl_2\ (g) + H2O\ (l) \rightleftharpoons HOCl + H^+ + Cl^-$$

$$HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$$

水過濾系統時常經部署用於後續脫氯以移除氯，此係因為在水中存在過量氯會產生不理想的味道、氣味、反滲透與奈米過濾系統中的膜降級及類似者。使水流動通過一高度多孔活性碳過濾器藉由透過例如活性碳過濾器介質之氧化，而使氯還原為至氯離子而輔助脫氯。代表性化學方程式如下展示：

$$C\ (s) + HOCl\ (aq) \rightleftharpoons CO^*\ (s) + H^+ + Cl^-$$

$$C\ (s) + OCl^-\ (aq) \rightleftharpoons CO^*\ (s) + Cl^-$$

其中 CO*表示在活性碳過濾器介質上的一個氧化碳位點。依此方式，氯還原為氯離子，其對於人食用為安全的、減少不理想的味道及氣味並且對於額外水調節方法為安全的。

【0033】 如本文所解說，回應於脫氯程序，一活性碳過濾器之導電性隨時間降低。進一步，隨時間的表面氧化導致活性碳過濾器之導電性顯著降低。此外，介質過濾器之傳導性之任何變化繼而影響由感測器 20 產生的磁場 28，其係由感測器 20 予以偵測。藉由週期性產生及感測所得磁場 28，感測器 20 能夠測量在脫氯期間活性碳過濾器之傳導性降低，且因此，判定經氧化表面位點的百分比及過濾器之剩餘壽命或能力。所測量之剩餘過濾器能力顯示在使用者介面 24 上，其可表示總能力之百分比、時間間隔（諸如天數）或水之體積（測量）。替代地，感測器 20 可傳達結果至一中央監測器（諸如圖 1 之監測器 12），用於集中報告及警示。

【0034】 在此實例性情況中，感測器 20 可預測及警示活性碳過濾器介質之將來臨的氯穿透，其特性化為當濾出液氯濃度超過臨限氯濃度之時。依此方式，感測器 20 可促進主動判定及提早通知氯穿透。

【0035】 圖 3 係進一步詳細繪示由圖 2 之實例性間接接觸式過濾器感測器 20 建立的實例性電磁場之示意圖。在圖 3 之實例中，感測器 20 之內部天線（未展示）形成一磁場 28，磁場 28 行進通過由感測器 20 之環狀形狀界定的內部空間之至少一部分。在一些實例中，過濾器介質中之一傳導材料在一第一磁場 28 存在時產生一渦電流（未展示）。過濾器介質中之渦電流造成第二磁場（未展示）之建立，該第

二磁場與第一磁場 28 相反。該第二磁場繼而降低磁場 28 之整體強度。在一些實例中，渦電流及第二磁場之量值取決於過濾器介質之導電性。依此方式，過濾器介質之有限導電性代表由感測器 20 偵測到之一能量損耗機制。在一些實例中，可使用該能量損耗機制以藉由監測天線之電子特性（例如，諸如電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、或等效並聯電阻）來判定過濾器介質之傳導性或傳導性變化。在其他實例中，天線可經組態成為一共振電路。依此方式，藉由監測例如電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、等效並聯電阻或類似者來判定過濾器介質之傳導性或傳導性變化。例如，可自電感(L)及電容(C)判定非接觸式感測器之共振頻率(f_o)：

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

藉由共振時的串聯電抗(X_s)及串聯電阻(R_s)判定共振電路之品質因子(Q)：

$$Q = \frac{X_S}{R_S}.$$

共振時，串聯電容電抗($X_{c,s}$)及串聯電感電抗($X_{L,S}$)相等：

$$X_{c,s} = \frac{}{2\pi f_o C}$$

$$X_{L,s} = 2\pi f_o L$$

電感或電容之一變化將改變感測器之 f_o 且改變感測器之並聯電阻(R_p)。在其中由電容之一變化而引起共振頻率變化之情況中，下列方程式給定感測器之經校正並聯電阻：

$$R_p = R_{p,o}\left(\left(\frac{\Delta f + f_o}{f_o}\right)^2\right)$$

在其中由電感之一變化而引起共振頻率變化之情況中，下列方程式給定感測器之經校正並聯電阻：

$$R_p = R_{p,o}\left(\left(\frac{f_o}{\Delta f + f_o}\right)^2\right)$$

【0036】 在一些實例中，可使用一阻抗評估模組（未展示）以監測一天線之一特性（例如，電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、等效並聯電阻或類似者），以判定過濾器介質之一或多個參數（例如，諸如傳導性、介電強度、磁導率及類似者）。依此方式，例如，監測電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、等效並聯電阻或類似者，可提供過濾器介質壽命或能力之即時指示，此優於基於操作持續期間或經過濾之總流體體積來估計過濾器壽命或能力之方法。

【0037】 感測器 20 包括近場耦合至過濾介質的一或多個感測器元件，例如，諸如一天線、一電感器-電容器(LC)電路、一電感器-電容器-電阻器電路(LCR)、一電感器-電阻器(LR)電路、一電容器-電阻器(CR)電路。在一些實例性實施方案中，感測器 20 可包括經設計以測

量額外系統參數之額外感測器元件，用以補償影響感測器性質的感測器漂移及環境條件。可測量且用以調整感測器測量之實例性額外參數包括流速、入口壓力、出口壓力、壓力降、流體溫度、周圍溫度、感測器溫度、電子器件溫度、污染類型感測器及時間。例如，天線元件之並聯電阻之溫度相依性的補償係由包含天線的導體之電阻率之溫度相依性所引起，如此可藉由下列計算並聯電阻($R_{p,T}$)：

$$R_{p,T} = \frac{R_{p,o}}{\left(1 + \alpha\left(T_a - T_{a,o}\right)\right)} = \frac{R_{p,o}}{\left(1 + \alpha\left(\Delta T_a\right)\right)}$$

其中 $R_{p,o}$ 係 $T=T_o$ 時天線之並聯電阻，α 係天線之電阻率之溫度係數，T_a 係天線之溫度，$T_{a,o}$ 係天線之參考溫度，及 ΔT_a 係天線之溫度變化。而過濾介質例如具有可藉由下列計算的溫度相依性電阻率($R_{f,T}$)：

$$R_{f,T} = \frac{R_{f,o}}{\left(1 + \beta\left(T_w - T_{w,o}\right)\right)} = \frac{R_{f,o}}{\left(1 + \beta\left(\Delta T_w\right)\right)}$$

其中 $R_{f,o}$ 係 $T=T_o$ 時過濾介質之電阻，β 係過濾介質之電阻率之溫度係數，T_w 係水之溫度，$T_{w,o}$ 係水之參考溫度，ΔT_w 係水之溫度變化。

實例–過濾器能力與傳導性變化

【0038】 如此，在各種實例中，在過濾期間可透過測量過濾器介質之傳導性來判定過濾器能力。為了判定過濾器能力，過濾器介質設置在一共振天線之近場中。在過濾程序期間測量在共振時該共振天線

之等效並聯電阻。藉由測量在共振時該共振天線之等效並聯電阻，可監測過濾器介質之耦合等效電阻。可基於介於過濾器介質之耦合等效電阻與過濾器能力之間之一預定相關性來判定過濾器能力。

【0039】 在另一實例中，過濾器介質設置在一非共振環形天線之近場中。在過濾程序期間測量該非共振環形天線之等效串聯電阻。藉由測量該非共振天線之等效串聯電阻，可測量過濾器介質之耦合等效電阻。使用所測量之耦合等效電阻以基於與過濾器能力之一預定相關性來判定過濾器能力。

【0040】 在另一實例中，過濾器介質設置在一電容元件之近場中。在過濾程序期間測量該電容元件之等效並聯電阻。藉由測量電容元件之等效並聯電阻之變化，可測量過濾器介質之耦合等效電阻。使用所測量之等效電阻以基於過濾器介質之耦合等效電阻與過濾器能力之間之一預定相關性來判定該過濾器能力。

【0041】 感測器之敏感度可界定為由將受感測之物體中的單位變化所引起的感測器變化。對於上文描述之實例，在過濾器介質不存在之情況中，可藉由增加天線或電容元件之並聯電阻來改善感測器敏感度。在過濾器介質不存在之情況下，含高並聯電阻之感測器元件之構造會需要高成本材料、高成本組件設計/構造、及增加的感測器大小。此外，適合讀取含高並聯電阻之感測器的電子器件會需要高成本電子組件及進階演算法。在一實務系統設計中，系統設計者必須考慮感測器敏感度與感測器成本之間之互相依性。在一實施例中，感測器之並聯電阻係介於 100 Ω 與 10 kΩ 之間。在一第二實施例中，感測器之並

聯電阻大於過濾器之耦合電阻。在一第三實施例中，感測器之並聯電阻大於過濾器之耦合電阻。

【0042】 可藉由達成一較高品質因子來改善敏感度。為了上文描述之相同原因，含高品質因子之感測器的之設計可能是不實際的。在一實施例中，感測器之品質因子高於 10 且低於 1000。在一第二實施例中，感測器之品質因子介於 50 與 200 之間。

【0043】 此外，增加天線元件之操作頻率可導致較高感測器敏感度。隨著給定天線之操作頻率增加，與電阻相比較，電抗一般來說具有較大之增加，其導致天線之較高品質因子及並聯電阻。在一些應用中，增加操作頻率可能是不實際的，此係因為所需要之電子器件的成本會較高、消耗額外電力、及超過政府發射限制。在一實施例中，操作頻率係介於 1 MHz 至 30 MHz 之間。在一第二實施例中，操作頻率駐存在一或多個工業科學醫學(ISM)無線電頻帶內。

【0044】 可藉由增加介於天線與過濾器介質之間的近場耦合之量值來改善感測器敏感度。近場耦合係數之量值的範圍可自 1（完美耦合）至 0（無耦合）。在實務感測器設計中，實現高耦合受限於系統幾何約束，諸如由過濾器外殼之存在或流體之存在所引起的天線與過濾器介質之離距。在一實施例中，耦合係數高於 0.1。

【0045】 在一些應用中，會需要感測器僅偵測何時過濾器介質能力低於一臨限。在此應用中，可接受低敏感度之感測器系統。在一些應用中，在整個過濾器之壽命期間，會需要感測器具有過濾器介質能力之高解析度。在此應用中，會需要高敏感度之感測器系統。

實例–過濾器能力與磁性變化

【0046】 在一實例中，在過濾期間藉由測量過濾器介質之磁導率來判定過濾器能力。為了判定過濾器能力，過濾器介質設置在一共振天線之近場中。在過濾程序期間測量該共振天線之共振頻率。藉由測量該天線之該共振頻率，可監測過濾器介質之磁導率。使用所測量之磁導率以基於磁導率與過濾器能力之間之一預定相關性來判定過濾器能力。

【0047】 在一第二實例中，過濾器介質設置在一非共振環形天線之近場中。在過濾程序期間測量該非共振環形天線之電感。藉由測量該非共振天線之該電感，可測量過濾器介質之磁導率。使用所測量之磁導率以基於過濾器介質磁導率與過濾器能力之間之一預定相關性來判定過濾器能力。

【0048】 在一第三實例中，過濾器介質設置在一非共振環形天線之近場中。在過濾程序期間測量該非共振環形天線之等效並聯電阻。藉由測量該非共振環形天線之等效並聯電阻之變化，可測量過濾器介質之磁性損耗正切。使用所測量之損耗以基於磁性損耗正切與過濾器能力之間之一預定相關性來判定過濾器能力。

實例–過濾器能力與介電變化

【0049】 在一實例中，在過濾期間藉由測量過濾器介質之介電常數來判定過濾器能力。為了判定過濾器能力，過濾器介質設置在一電

容器元件之近場中。在過濾程序期間測量該電容器元件之電容。藉由測量該電容器元件之該電容，可測量過濾器介質之介電常數。使用所測量之介電常數以基於介電常數與過濾器能力之間之一預定相關性來判定過濾器能力。

【0050】 在一第二實例中，過濾器介質設置在一電容器元件之近場中。在過濾程序期間測量該電容器元件之等效並聯電阻。藉由測量該電容器元件之等效並聯電阻之變化，可測量過濾器介質之介電損耗正切。使用所測量之損耗以基於介電損耗正切與過濾器能力之間之一預定相關性來判定過濾器能力。

實例–在過濾期間的傳導性、介電及磁導率變化

【0051】 在一實例中，藉由一活性碳過濾塊之一催化還原程序自一城市用水水源過濾氯。在過濾期間，表面氧化減少該碳塊上的催化位點數目並且降低該碳塊過濾氯的能力。該活性碳塊之氧化造成過濾塊之導電性降低。基於此機制，過濾器能力可與該過濾塊之該傳導性相關。

【0052】 在第二實例中，一非傳導性過濾器膜經設計以過濾分散在液體中的導電粒子。在過濾期間，由過濾介質捕獲之傳導粒子造成該過濾器之有效電阻降低。隨著該過濾器捕獲更多傳導粒子，該過濾器捕獲額外粒子之能力降低。基於此機制，過濾器能力可與該過濾器膜之傳導性相關。

【0053】 在一第三實例中，用一非磁性過濾塊來過濾納含在源自一住宅井水源的水內之鐵。在過濾期間，由過濾介質捕獲之鐵粒子引起過濾器之有效磁導率增加。隨著該過濾器捕獲更多鐵粒子，該過濾器之能力降低。基於此機制，過濾器能力可與該過濾器之磁導率相關。

【0054】 在一第四實例中，藉由附接至一個人呼吸器裝置的粒狀碳來過濾揮發性有機成分。在過濾期間，碳表面之有機成分之吸附引起碳之介電常數增加。介電常數增加，因為相較於經位移空氣，有機成分具有一較高介電常數。隨著有機成分吸附至表面並且避免額外有機接觸吸附，過濾能力降低。基於此機制，過濾器能力可與該過濾器之介電常數相關。

【0055】 在第五實例中，藉由在一住宅爐中的一不織布駐極體過濾器過濾空氣粒子。在過濾期間，該過濾器之粒子負載引起該過濾器之介電常數增加。隨著由該過濾器捕獲更多粒子，該過濾器捕獲額外粒子之能力降低。基於此機制，過濾器能力可與該過濾器之介電常數相關。

【0056】 圖 4 係繪示一實例性感測器系統之方塊圖，其中一感測器 50 經組態以感測納含在過濾器外殼 64 內之一過濾器介質之一或多個性質。感測器 50 可例如表示本文描述之感測器（諸如圖 1 之感測器 18 及圖 2 至圖 3 之感測器 18）之任何者之一實例性實施方案。

【0057】 在圖 4 之實例中，感測器 50 包括感測器外殼 52、使用者介面 54、控制器 56、電源 58、場感測器 60、RF 產生器 61、及天

線 63。在其他實例中，感測器 50 可包括額外模組或硬體單元，或可包括較少模組或硬體單元。在圖 4 之實例中，感測器 50 定位成鄰近過濾器外殼 64 及過濾器介質 66，使得感測器 50 與過濾器外殼 64 及過濾器介質 66 電磁連通 68。

【0058】 在圖 4 之實例中，感測器外殼 52 容納使用者介面 54、控制器 56、電源 58、場感測器 60、RF 產生器 61 及天線 63 且經定成環狀形狀以包圍（例如，部分或完全圍繞）一過濾器外殼。例如，感測器外殼 52 可經定成環狀形狀以完全圍繞如圖 1 至圖 3 中所展示之一過濾器外殼，其中感測器 18、20 完全圍繞過濾器外殼 14、16、21。依此方式，在感測器外殼 52 內部之天線 63 可包括繞在該環狀感測器外殼內之一或多個導電環圈，以當感測器 50 固定至一感測器外殼時，該一或多個導電環圈可圍繞過濾器介質。

【0059】 在圖 4 之實例中，天線 63 傳輸電磁信號 68 至定位在非傳導性過濾器外殼 64 內側之過濾器介質 66 中，且天線 63 接收來自過濾器介質 66 之電磁信號 68。圖 4 之天線 63 與控制器 56 介接，控制器 56 自電源 58 接收電力。在一些實例中，電源 58 可包括一電池電源或另一內部電源。在其他實例中，一電源 58 可係一外部電力供應器，例如，諸如本端電力供應器、交流轉直流轉換器或類似者。在一些實例中，電源 58 可自一外部來源（諸如光或 RF 能量）獲取電力。

【0060】 回應於來自控制器 56 之組態，RF 產生器 61 產生一 RF 信號，在一實例中，該 RF 信號驅動天線 63 以建立電磁場。回應於來自控制器 56 之命令，RF 產生器 61 可例如產生為一或多個正弦波、一

方波、一不連續信號或類似者之一 RF 信號。如本文所描述，RF 產生器 61 可控制該 RF 信號之形狀、相位（例如，相位頻移）、及/或振幅。

【0061】 例如，在一些實例性實施方案中，控制器 56 經組態以引導 RF 產生器 61 掃掠天線 63 之激發頻率，以測量該天線之頻率回應。感測器之頻率掃掠可經執行為可控制離散線性步進、對數步進或其他者。步進大小係判定感測器頻率解析度及測量再新率的一項因子。對於搭配 1 KHz 線性步進且各步進耗時 100 us 之 1 MHz 掃掠範圍來說，總掃掠時間係 1000*100 us = 100 ms。對於搭配 10 kHz 步進之相同系統來說，總掃掠時間係 100*100 us = 10 ms。搭配 10 kHz 步進的減少之掃掠時間將降低測量之頻率解析度。在一些實例中，可使用信號處理方法（諸如內插及迴歸）以增加測量之頻率解析度。

【0062】 在一些應用中，由感測器 50 偵測到之所測量之信號係微小的而導致一雜訊測量。一種增加信號強度之方法係控制所產生信號之振幅。在一實例中，增加信號之振幅以完全利用偵測電路之動態範圍。

【0063】 在一實例中，可藉由一鈴流信號(ring-down)方法監測一共振天線之品質因子。此方法包括激發該共振天線、移除該激發來源、及隨著該共振天線之信號衰變而測量該信號。衰變率與品質因子成反比。在此實例中，控制或已經知道相位，可允許該激發來源終止於零電流且最小化由該激發來源引起的開關尖脈衝(switching spike)。

【0064】 作為一實例，由 RF 產生器 61 所產生之輸出頻率之波形可包括方波、正弦波、三角波、鋸齒波、正弦曲線累加(sum of sinusoid)或類似者。方波、正弦波、三角波及鋸齒波係通常產生之波形。

【0065】 在一些實例性實施方案中，感測器 50 藉由例如一埠、一射頻透明窗、一波導、直接電氣或電磁耦合或類似者自行引導 RF 信號至過濾器外殼 64 中。控制器 56 可組態 RF 產生器 61 以依一特定頻率產生該 RF 信號，使得該信號在由過濾器外殼 64 之內部邊界界定的共振腔內共振，以產生一駐波，使得該駐波傳播通過過濾器介質 66。控制器 56 之實例包括嵌入式微控制器、應用特定積體電路(ASIC)、場可程式閘陣列(FPGA)、數位信號處理器(DSP)、一般用途嵌入式微處理器、邏輯閘或類似者、或其等之組合。

【0066】 在圖 4 之實例中，控制器 56 與場感測器 60 介接以測量由天線 63 產生之電磁場之性質。在一實例中，場感測器 60 係搭配 RF 產生器 61 依閉迴路方式操作的一電感轉數位轉換器，以監測由天線 63 耗散之能量並且輸出一數位值，該數位值指示目前由該天線產生之電磁場之一量值。舉例來說，場感測器 60 可輸出指示當天線 63 正被驅動以建立電磁場時該天線之各種性質（諸如電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、或等效並聯電阻）的一或多個信號。在一些實例中，場感測器 60 及 RF 產生器 61 可實施在一共同積體電路或組件中，諸如可自 Texas Instruments™ (Dallas, TX)購得之 LDC1000。如本文所描述，基於場感測器 60 之輸出，控制器 56 運算

指示過濾器介質 66 之傳導性、介電強度、磁導率或類似者之特性的參數。

【0067】 控制器 56 操作使用者介面 54 以顯示或傳輸表示過濾器介質 66 之傳導性、介電強度、磁導率或類似者的指標。在一些實例中，使用者介面 54 可包括例如複數個燈，例如，諸如發光二極體、白熾燈泡或類似者。在其他實例中，使用者介面可包括例如一圖形介面、一觸控螢幕或類似者。在一些實例中，指示燈對應於基於過濾器介質 66 之傳導性、介電強度、磁導率或類似者的過濾器介質之壽命或能力。在一些實例中，使用者介面 54 可經組態以經由一 WiFi 或其他無線電傳輸器 70 傳輸信號。在一些實例中，WiFi 傳輸器 70 可藉由射頻通訊、無線區域網路(WLAN)連接或類似者來傳輸介質過濾器 66 之經判定特性，諸如剩餘能力。在其他實例中，WiFi 傳輸器 70 可傳輸原始過濾器介質 66 資料（諸如傳導性、介電強度、磁導率或類似者）以供遠端分析。在一實例中，該控制器包含下列組件之至少一者：唯讀記憶體(ROM)、隨機存取記憶體(RAM)、處理器、類比周邊裝置、及數位周邊裝置。在一些情況中，該控制器可係一積體電路(IC)（諸如一應用特定積體電路(ASIC)）、場可程式邏輯陣列(FPGA)、嵌入式微控制器、嵌入式微處理器、或邏輯閘。在其他情況中，該控制器可係與輸入及輸出一起互動的數個電路或數個積體電路之合併。此控制器利用其組件以形成目前過濾器能力之決策及測量。可經由信號處理技術、演算法及/或資料管理進行這些決策。測量可係來自至少一類比

轉數位轉換器(ADC)之類比測量、來自至少一數位介面之數位測量、或來自至少一無線介面之無線測量。

【0068】 在一些情況中，該控制器將必須提供關於感測器之狀態的回饋給使用者。一項回饋機制係數位通訊。此通訊之形式可係但不限於介於感測器控制器與能夠數位通訊之一外部實體之間之單向或雙向資料流。單向數位通訊之一實例係通用異部接收器/發射器(UART)，其中僅一資料線將感測器之控制器連接至能夠接收 UART 通訊之外部實體。來自感測器之控制器的雙向數位通訊之幾個實例可係串列周邊介面(SPI)通訊、積體電路間(I2C)通訊、或 UART 通訊。數位通訊可藉由傳送原始測量資料或經處理資訊而自感測器控制器傳遞資料。兩種資料交換都有優點，因精進化資訊可被更快速傳送，而原始測量資料可被傳送至另一實體以供處理。

【0069】 在一些情況中，控制器 56 提供回饋給不接受數位或無線通訊之一實體。此類其他回饋機制之一者係透過類比通訊。此通訊之形式可係但不限於至少一數位轉類比轉換器(DAC)輸出。在一些情況中，使用一類比輸出自感測器控制器傳送資料或資訊可係較容易且較簡單的。當藉由用於週期性取樣間隔之一時基(time base)使一 DAC 輸出同步化時，可傳送資料為一類比信號。類比信號可係但不限於正弦波、方波、三角波、鋸齒波、及直流(DC)位準信號。

【0070】 在一些實例中，一有線連接對於通訊而言係不理想的或不可行的。在此情況中，可實施一無線通訊網路。一無線通訊網路可包括至少一感測器控制器，且可介接至一使用者介面(UI)實體、其他

處理實體或其他感測器控制器。此通訊之形式可係但不限於至少一 Wi-Fi 網路、藍芽連接、或 ZigBee 網路。通訊可係單向或雙向。通訊之硬體可依特定方案（諸如頻移鍵控(FSK)）調變資料傳送。當控制器需要釋出資料或資訊時，控制器可透過一無線頻道傳送資料或資訊至另一實體以供讀出或處理。

【0071】 在許多情況中，感測器系統將警示或警告使用者。此類事件（諸如目前過濾器能力到達一定臨限）可透過視覺、聽覺或實體方法傳達給使用者。警示系統之此類實例包括但不限於 DAC 輸出、功能產生器、顯示器、揚聲器、蜂鳴器、或觸覺回饋機制。這些使用者介面可經由類比通訊、數位通訊、或無線通訊來與感測器控制器通訊。

【0072】 一般而言，上文描述之通訊形式（數位通訊、類比通訊及無線通訊）一般利用由控制器中的至少一計時器電路產生的一時基協定來維持資料傳送取樣或信號控時之間之適當時序。一計時器電路可係在控制器內側之一軟體計時器、具有充電/放電之時間常數之一類比電路、一軟體或硬體定義之計數器或來自一通訊頻道之一時脈信號。該時基協定亦可允許週期性取樣感測器，以獲得關於過濾器介質的測量。

【0073】 圖 5A 至圖 5K 係繪示本文描述之感測系統之實例性配置之方塊圖，且具體而言，繪示介於天線 63 與過濾器介質 68 之間之實例性相對位置及定向。大致上來說，如本文所描述之感測器系統可由介於天線 63 與過濾器介質 68 之間能夠引起天線 63 之一所產生磁場

之至少一部分與過濾器介質 68 交互作用的任何定向所組成。當天線 63 之磁場之至少一部分入射在過濾介質 68 上時，過濾器介質 68 及天線 63 處於近場電磁交互作用，本文中亦稱為近場耦合、感應耦合、磁耦合及電磁耦合。在圖 5A 至圖 5K 中展示數個實例性實施例。在這些實施例中，天線 63 描繪為一天線駐存於其中的平面，且該天線依相對於過濾器介質之各種定向而定位。此外，如實例中所示，天線 63 可在過濾器外殼 64 之外部、在過濾器介質之外部且近接過濾器介質、或設置在過濾器介質之部分內。天線 63 可係具有不同參數（諸如匝數、直徑及導體厚度）之一傳導環圈。雖然未展示，天線 63 可不限於一平坦天線，而是可具有一第三尺寸，諸如具有不同法線方向之一線圈電感器或天線匝。

【0074】 在一感測器系統中執行實驗，其中天線在一過濾器外殼之外部且相對於一過濾器介質而定位及定向，如圖 5B 及圖 5D 中所展示。圖 6A 至圖 6B 中展示天線沿過濾器介質之一長軸且鄰近於過濾器介質而定位之實驗組態，且圖 6C 至圖 6D 中展示天線定位在過濾器介質下方之實驗組態。在實驗中，一活性碳過濾塊以每分鐘 2 加侖之一恆定流速過濾具有 2 ppm 氯的水。使用下列天線設計：

材料：	0.062” FR4 上之銅
銅(Cu)厚度：35 微米	
匝數：	1
內直徑：	4.83 cm (1.90”)
外直徑：	6.10 cm (2.40”)

共振頻率：　　23.1 MHz

品質因子：　　140

【0075】　在實驗中使用下列過濾塊：

材料：　　活性碳（椰子）

內直徑：　　5.72 cm (2.25”)

外直徑：　　2.54 cm (1.00”)

【0076】　下列表展示實驗結果。如下文所示，在該兩個天線定向中，耦合至該天線之一控制器都能夠偵測歸因於介質過濾器回應於氯過濾的傳導性變化而對共振天線之等效電阻的影響。

氯穿透 2.0 ppm 氯挑戰（已通過%）	耦合等效電阻共振天線–接近 0.5”離距(kΩ)	耦合等效電阻共振天線–低於 0.25”離距(Ω)
0	5.11	1.96
25%	121.8	45.93

【0077】　圖 7A、圖 7B 及圖 7C 係以邏輯方式繪示在操作期間圖 2 及圖 3 之感測器 20 之一天線之電氣特性的電路圖。具體而言，圖 7A 繪示感測器 20 之一邏輯圖，感測器 20 包括接地 34A 及 34B、交流電產生器 36、電阻器 38、控制器 40、電阻器 42A、電感器 42B、及電容器 42C。在圖 7A 之實例中，電阻器 42A、電感器 42B、及電容器 42C 共同表示「天線 42」。

【0078】　圖 7B 提供當交流電產生器 36 依天線 42 之一共振頻率產生一 RF 信號時，天線之電氣特性之邏輯表示。在此操作模式中，對電感器 42B 及電容器 42C 之效應（如圖 5A 中所繪示）在依天線 42

之共振頻率操作之期間彼此抵消，以將天線 42 以邏輯方式繪示為電阻器 44。

圖 7C 提供當依一共振頻率操作之天線 42 耦合至一鄰近傳導性過濾器介質以改變天線 42 之有效電阻時天線之電氣特性之邏輯表示。在一些實例中，過濾器介質電阻器 46 與過濾器介質之一電阻相關聯。在其他實例中，過濾器介質電阻器 46 與一非過濾器介質之一電阻相關聯。例如，含有一傳導性過濾器介質的一非傳導性過濾器外殼可耦合至天線 42。在圖 7C 之實例中，天線電阻器 44 及過濾器介質電阻器 46 藉由一電磁連通 48 而耦合。在此一實例中，有效電阻係藉由下列給定

$$R_F = \frac{R_A R_{AF}}{R_A - R_{AF}}$$

其中 R_A 係依共振頻率操作之天線之電阻（例如天線電阻器 44），R_F 係過濾器介質之耦合電阻（例如過濾器介質電阻器 46），及 R_{AF} 係當天線耦合至過濾器介質時的天線之電阻。該感測器之控制器 40 運算該過濾器電阻(R_F)。依此方式，可使用一天線之特性以判定一過濾器介質之電阻。

【0079】 在水過濾之實例中，脫氯中之活性碳過濾器介質之傳導性降低，此係因為活性碳之表面被氧化，如上文所解說。在碳過濾器介質上之氧化位點處的氯轉氯離子之轉換速率可低於在活性碳過濾器介質上之非氧化位點處的氯轉氯離子之轉換速率。依此方式，監測活性碳過濾器介質之傳導性變化提供該活性碳過濾器介質之氧化狀態之

指示，控制器 40 繼而使用該指示來判定該活性碳過濾器介質之估計壽命或剩餘能力。

【0080】 圖 8A 係繪示關於本文描述之例示性過濾器感測系統的一實例性使用者操作之流程圖。可搭配在本揭露中所描述之各種技術使用各種過濾系統及過濾器組態。為了說明目的，就圖 2 的感測器 20 及圖 3 的感測器 20 描述了圖 8A 之技術。然而，應理解的是，可針對不同感測器系統或過濾器及感測器組態執行圖 8A 之技術，且應理解的是，利用一感測器系統可包括其他技術。

【0081】 大致上來說，一般由一操作員移除及/或檢測具有減弱過濾器能力且需要更換之過濾器介質（80、81、82）。此時，一操作員通常選擇一新過濾器、檢測該過濾器是否有缺陷(83)及插入該過濾器於過濾系統中(84)。

【0082】 一旦安裝過濾器，可開啟過濾器系統中之流體流動以檢查該新過濾器及該過濾器系統是否有洩漏(85)。此時，使用者可安裝或以其他方式適配一或多個感測器 20 至該新過濾器(86)。使用者可藉由例如啟動感測器重設/測試按鈕 22 (87)來重設感測器。此外，在任何時間，使用者可藉由例如啟動感測器重設/測試按鈕 22 (88)來引導感測器進行介質過濾器測試。在一些實例中，在使用過濾器期間可週期性或非同步地監測過濾器介質之壽命或能力(89)。回應於監測，操作員可更換過濾器，諸如當壽命小於新過濾器之原始壽命之一臨限百分比（例如，約 10 百分比至 20 百分比）時(90)。

【0083】 圖 8B 係繪示如本文所描述當監測一過濾器介質時由一感測系統執行的實例性操作之流程圖。為了說明目的，就圖 4 的感測器 50 而言，可搭配已描述之圖 8B 之技術使用各種過濾系統及過濾器組態。然而，應理解的是，可對於不同感測器系統或過濾器及感測器組態執行圖 8B 之技術，且將理解的是，利用一感測器系統可包括其他技術。

【0084】 在圖 8B 之實例中，感測器 50 之控制器 56 啟動該感測器且起始一感測循環(94)。在一些實例中，控制器 56 可依一預定時間間隔起始該感測循環，諸如一天一次。在一些實例中，控制器 56 可回應於使用者輸入、來自一外部裝置之自動輸入（例如，諸如來自一分開之控制器或監測系統（圖 1 之監測器 12）的一信號）或類似者而起始該感測循環。

【0085】 起始過濾器介質之測量後，控制器 56 組態 RF 產生器 61 以產生一 RF 信號(96)。在一些實例中，控制器 56 可組態 RF 產生器 61 以依天線 63 之一共振頻率產生該 RF 信號。在其他實例中，可依定位成鄰近於一過濾器外殼 64 的天線 63 之一共振頻率產生該 RF 信號。在其他實例中，可依定位成鄰近於一過濾器外殼 64 及過濾器介質 66 以及其他非過濾器介質或類似者的天線之一共振頻率產生該 RF 信號。在圖 8B 之實例中，控制器 56 驅動該 RF 信號穿過天線 63，以在過濾器介質之至少一部分內產生一電磁場 66 (98)。

【0086】 控制器 56 接收來自場感測器 60 之一或多個信號，該一或多個信號指示該電磁場之至少一性質，例如，諸如電感、電容、共

振頻率、品質因子、等效串聯電阻、等效並聯電阻或類似者(100)。此外，控制器 56 可監測環境或水過濾系統之其他性質（例如，溫度、流體流速），並且利用所測量之性質以補償或調整過濾器介質 66 之剩餘能力的經運算之估計(101)。基於磁場之所感測到性質及水過濾系統之環境的任何所感測到性質，控制器 56 運算過濾器介質 66 之目前能力並且更新使用者介面 54 (102)。

【0087】 可選地，控制器 56 可藉由終止產生磁場及停止供電給感測器 50 之一或多個組件（例如，諸如使用者介面 54、場感測器 60、天線 63 或類似者）來停用感測器 50 (104)。

【0088】 基於過濾器介質之經運算能力，在一些實例中，控制器 56 可判定過濾器介質 66 之能力是否係在一臨限範圍內(106)。在一些實例中，基於當原先插入過濾器介質 66 時（或在一些情況中，當過濾器介質不存在於外殼內時）的磁場之所感測到的性質，預先運算該臨限範圍。如果過濾器介質 66 能力係在該臨限範圍內，則控制器 56 在一未來時間重複該感測循環，或回應於來自一使用者或外部監測組件之輸入而非同步地重複該感測循環（106、94 之「是」分支）。假使過濾器介質 66 之能力經判定為不在該臨限範圍內，諸如低於 10%剩餘能力，則控制器 56 產生例如電子通訊之一警告信號或其他輸出（106、108 之「否」分支）。在一些實例中，可藉由使用者介面 54 將該警告信號呈現為例如一視覺警告、一聽覺警告或類似者。在其他實例中，可藉由 WiFi 傳輸器 70 傳輸該警告信號。

【0089】 作為根據本文描述之技術之一感測程序之實例，就使用活性碳過濾塊進行脫氯而言，感測器 50 可基於隨時間的有效電阻變化來判定過濾介質之效率。例如，在碳過濾塊（過濾器介質 66）不存在之情況中，感測器 50 可起始地感測共振電路（天線 63 及耦合至天線 63 的任何共振腔）之性質，諸如共振頻率、等效並聯電阻、及電感元件之溫度。在實例性實施方案中，在 13.6 百萬赫之共振頻率，所測量到之並聯電阻(R_A)可係例如 2000 歐姆。在安裝過濾器介質 66 後的一後續感測循環期間，在過濾程序起始點期間，感測器 50 再次感測具有近場耦合至碳過濾塊的電感元件之共振電路之性質。例如，此時，在 13.6 百萬赫之共振頻率，所測量到之耦合電阻(R_{AF})可係 1000 歐姆。進一步，感測器 50 可感測水過濾系統之額外環境參數，包括例如流入水之溫度、周圍環境之溫度、通過碳塊之水流，且可測量跨碳塊之壓力降。控制器 56 從在此等測量循環之各者中所測量到之值來判定過濾介質之一有效電阻。例如，回應於一目前測量循環，控制器 56 判定在過濾 400 加侖的水後作用碳塊過濾器可具有 8000 歐姆之耦合電阻(R_F)。基於在過濾器介質不存在之情況中為 2000 歐姆的初始並聯電阻(R_A)，控制器 56 可判定(R_F) 8000 歐姆對應於 40 百分比剩餘過濾器介質能力。在過濾程序期間，感測器 50 可週期性重複該程序以判定過濾介質之有效電阻。

【0090】 圖 9 係繪示在測試過濾器之操作期間之過濾器介質電阻及雜質通過百分比兩者對總流體輸送量的實例性實驗結果之圖表。在每分鐘 0.65 加侖之恆定流速下，進入流之氯濃度係 2 ppm。如圖 9 中

所繪示，圖 110 包括：一水平軸，其表示經過濾水之加侖數；一第一左方垂直軸，其表示活性碳過濾器介質電阻(R_F)（以歐姆為單位）（繪為實心菱形 112）；及一第二右方垂直軸，其表示氯通過百分比（繪為實心方形 114）。在一些實例中，過濾器電阻及通過百分比與經過濾流體體積相關。

【0091】 在脫氯之實例中，如上文所論述，可用活性碳位點數目的減少與過濾器介質能力的減少相關。再者，如上文所論述，活性碳氧化位點數目的增加對應於過濾器介質傳導性的減小，其增加由感測器系統產生之所得磁場。依此方式，可基於由感測器產生之所得磁場來判定過濾器介質電阻。此外，如上文所論述，可用活性碳位點數目的減少對應於所測量到過濾器流出物中之氯濃度之通過百分比的增加。如由圖 9 之實驗結果所指示，過濾器介質電阻及雜質通過百分比可互相關，且被用來程式化控制器 56 以在過濾器之操作期間基於過濾器介質電阻來判定過濾器壽命或能力。

【0092】 下表呈現在圖 9 中繪示之實驗結果：

體積（加侖）	112(Ω)	114(%)
7	1136.2	1.8
72	1106.8	8.7
138	1190.0	14.8
180	1149.5	22.8
252	1186.9	27.4
300	1319.9	
352	1267.6	37.8
412	1229.3	38.5
472	1297.3	38.9
502	1313.1	40.2
555	1429.4	50.4
618	1410.8	49.5

體積（加侖）	112(Ω)	114(%)
707	1430.8	47.5
753	1456.1	44.9
813	1615.8	49.5
1014	1682.7	56.8
1053	1737.3	65.4
1125	1809.4	63.8
1180	1813.8	63.8
1311	1843.2	62.2
1373	1784.9	72.0
1421	1899.0	63.6

【0093】 圖 10 係繪示在測試過濾器之操作期間對於過濾器介質電阻及流出物雜質濃度兩者對總流體輸送量實例性實驗結果之圖表。在每分鐘 0.65 加侖之恆定流速，進入流之氯濃度係 2 ppm。如圖 10 中所繪示，圖 116 包括：一水平軸，其表示經過濾水之加侖數；一第一左方垂直軸，其表示感測器耦合電阻(R_{AF})（以歐姆為單位）（曲線 118）；及一第二右方垂直軸，其表示過濾器流出物氯濃度（以百萬分率為單位）（曲線 120）。如上文所論述，對於脫氯之實例而言，可用活性碳位點數目的減少與下列兩者相關：過濾器介質傳導性的減小（如藉由過濾器介質之電磁性質所測量）及通過之氯的增加（如藉由過濾器流出物中之氯濃度所測量）。如由圖 10 之實驗結果所指示，過濾器介質電阻及過濾器流出物雜質濃度可互相關，且被用來程式化控制器控制器 56 以基於過濾器介質電阻來判定過濾器壽命或能力。

【0094】 下表呈現在圖 10 中繪示之實驗結果：

體積（加侖）	118 (Ω)
4	565.6
8	565.2
12	564.5
15	563.4

體積（加侖）	120 (ppm)
4	0.05
99	0.05
200	0.05
299	0.05

17	561.6		395	0.05
20	563.3		597	0.05
24	564.7		1349	0.05
28	564.5		1401	0.05
體積（加侖）	**118 (Ω)**		**體積（加侖）**	**120 (ppm)**
31	564.5		1429	0.05
39	565.5		2251	0.11
59	568.1		2375	0.11
79	575.6		2493	0.14
99	576.7		3182	0.42
139	600.4		3302	0.49
159	605.8		3381	0.51
180	609.0		4205	0.74
200	619.7			
239	631.2			
260	636.1			
279	637.5			
299	642.4			
320	643.9			
357	675.2			
375	674.0			
395	669.3			
446	676.7			
460	680.0			
473	681.4			
514	686.9			
535	688.2			
561	690.8			
574	694.6			
597	696.3			
614	701.4			
640	708.0			
1272	742.5			
1309	746.6			
1349	749.6			
1401	753.2			
1429	757.5			
1468	761.5			
1519	765.8			
1546	769.2			
1591	773.5			
2221	840.6			
2251	842.4			
2342	849.2			
2375	849.7			
2413	855.0			
2451	856.9			
2493	860.5			
3144	901.5			
3182	897.9			

3223	900.1
3263	902.0
3302	903.0
3343	906.4
3381	908.5
3424	907.0
3460	909.4
4108	939.8
4148	938.1
4205	933.0
4239	938.6
4290	933.5

【0095】 圖 11 係在過濾器之操作期間氯通過百分比對活性碳過濾器電阻(R_F)之實例性實驗結果之圖表。在每分鐘 0.65 加侖之恆定流速，進入流之氯濃度係 2 ppm。如圖 11 中所繪示，圖 122 包括：一水平軸，其表示過濾器電阻(R_F)（以歐姆為單位）；及一垂直軸，其表示氯通過百分比。如上文所論述，例如，可用活性碳位點數目的減少與下列兩者相關：過濾器介質傳導性的減小（如藉由過濾器介質之電磁性質所測量）及氯通過百分比的增加（如藉由過濾器流出物中之氯濃度所測量）。如由圖 11 之實驗結果所指示，過濾器電阻(R_F)與雜質通過百分比之間之相關性證明：在過濾器操作期間，可使用過濾器電阻來判定該過濾器壽命或能力。

【0096】 下表呈現在圖 11 中繪示之實驗結果：

電阻(Ω)	124 (%)
1136.2	1.8
1106.8	8.7
1190.0	14.8
1149.5	22.8
1186.9	27.4
1319.9	
1267.6	37.8
1229.3	38.5

電阻(Ω)	124 (%)
1297.3	38.9
1313.1	40.2
1429.4	50.4
1410.8	49.5
1430.8	47.5
1456.1	44.9
1615.8	49.5
1682.7	56.8
1737.3	65.4
1809.4	63.8
1813.8	63.8
1843.2	62.2
1784.9	72.0
1899.0	63.6

【0097】 圖 12 係在水引入至乾活性碳過濾器介質期間的一段時段感測器系統之所測量的天線共振頻率對時間之實例性實驗結果之圖表。如圖 12 中所繪示，圖 126 包括：一水平軸，其表示時間（以小時為單位）；及一垂直軸，其表示感測器系統天線之所測量共振頻率（以赫為單位）。在脫氯之實例中，如上文所論述，活性碳過濾器介質浸沒於水中會使納含在過濾器外殼介質內之體積之介電常數變化。介電常數變化係由在外殼內之空氣因水的位移所引起。根據本揭露之一或多項技術，介電常數變化引起透過過濾器介質傳輸及接收電磁信號的感測器系統天線之共振頻率之頻移。如此，可由控制器 56 使用共振頻率之頻移來偵測在過濾器外殼內之介電或電容變化。此外，在一些實例中，一控制器可感測天線之所測量到之共振頻率之顯著量值之初始頻移（如圖 12 中所展示），以偵測過濾器介質至流體之初始暴露，以控制感測器系統之一或多個組件作為回應。例如，在圖 4 之實例中，控制器 56 可捕獲周圍環境之初始所感測參數、重設使用者介面

54、藉由無線電傳輸器 70 傳送信號、控制感測器 50 以依一或多個預定時間間隔啟動或類似者。依此方式，感測器系統天線之共振頻率頻移可指示系統中流體的引入。

【0098】 下表呈現在圖 12 中繪示之實驗結果：

時間(hr)	共振頻率(Hz)
0.00	26430848
0.02	26428886
0.04	26398144
0.06	26406176
0.08	26411628
0.11	26408720
0.13	26407436
0.15	26406792
0.17	26406522
0.19	26406336
0.21	26406472
0.23	26406376
0.25	26406384
0.28	26406388
0.30	26406240
0.32	26406212
0.34	26406220
0.36	26406070
0.38	26406064

【0099】 圖 13 係繪示在過濾器之操作期間感測器系統之天線共振頻率及過濾器電阻對經過濾流體體積之額外實例之圖表。如圖 13 中所繪示，圖 902 包括：一水平軸，其表示經過濾流體體積（以加侖為單位）；及一左方垂直軸，其表示過濾器電阻(R_F)（以歐姆為單位）；及一右方垂直軸，其表示天線之共振頻率（以百萬赫為單位）。在實例中，固定感測器電感，並聯電阻(R_{AF})隨經過濾之體積而增加，且感測器電容增加，以表示納含在過濾器外殼內之體積之介電

常數之增加。曲線 904 繪示自實例觀察到的共振頻率的降低。曲線 906 表示感測器之未經校正電阻(R_{AF})，其中假設共振頻率恆定。曲線 908 繪示基於對共振頻率變化之補償的經校正過濾器介質電阻。如圖 13 中所繪示，對過濾器介質電阻的校正隨著總經過濾體積增加經判定為愈大。

【0100】 下表呈現在圖 13 中繪示之實例：

體積（加侖）	904 (MHz)	906 (Ω)	908 (Ω)
0	22.508	999.8	999.8
10	22.485	1040.6	1042.8
20	22.463	1083.1	1087.8
30	22.441	1127.4	1135.1
40	22.418	1173.6	1184.8
50	22.396	1221.9	1237.0
60	22.374	1272.4	1292.1
70	22.352	1325.2	1350.3
80	22.330	1380.6	1411.7
90	22.308	1438.6	1476.8
100	22.286	1499.6	1545.9
110	22.264	1563.6	1619.3
120	22.243	1631.0	1697.5
130	22.221	1702.1	1780.9
140	22.199	1777.1	1870.2
150	22.178	1856.5	1965.9
160	22.156	1940.4	2068.8
170	22.135	2029.5	2179.8
180	22.113	2124.1	2299.9
190	22.092	2224.8	2430.2
200	22.071	2332.2	2572.1

【0101】 圖 14 係繪示另一實例性實施例之示意圖，其中含有過濾器介質 134 之感測器 130 使得該感測器利用傳導性外殼 132 作為共振腔以輔助感測該過濾器介質之性質。在各種實例中，可利用感測器 130 以在過濾液體或氣體期間感測過濾器能力。

【0102】 在圖 14 之實例中，傳導性過濾器外殼 132 係一傳導材料，例如，諸如一金屬，一傳導聚合物或類似者。此外，在圖 14 之實例中，傳導性過濾器外殼 132 係圓柱狀形狀。在其他實例中，傳導性過濾器外殼 132 可係例如立方形、稜鏡狀、圓錐形或類似者。在一些實例中，傳導性過濾器外殼 132 可經組態以適配一現有水過濾系統或子系統。在其他實例中，傳導性過濾器外殼 132 可經組態以適配一新水過濾系統或子系統。

【0103】 在圖 14 之實例中，一感測器 138 定位成相鄰於傳導性過濾器外殼 132 且在傳導性過濾器外殼 132 外部。在其他實例中，感測器 138 可定位在傳導性過濾器外殼 132 外部且於感測器 138 之一表面與傳導性過濾器外殼 132 之間界定一間隙。在其他實例中，感測器 138 可係傳導性過濾器外殼 132 之表面之至少一部分。在其他實例中，感測器 138 可定位在該過濾器外殼內部。在一些實例中，可藉由接合（例如，黏著接合、熱接合、雷射接合、焊接或類似者）將感測器 138 連接至傳導性過濾器外殼 132。在其他實例中，感測器 138 可整合至傳導性過濾器外殼 132 之材料中以形成一單一連續組件。在其他實例中，可藉由一機械連接（藉由例如一或多個緊固件、一或多個夾鉗、過濾器外殼 132 及感測器 138 之表面中的一或多個脊或槽溝、或類似者）將感測器 138 連接至傳導性過濾器外殼 132。在一些實例中，感測器 138 可定位在傳導性過濾器外殼 132 之一縱向軸之一中心。在其他實例中，該感測器可定位在傳導性過濾器外殼 132 之一端

部附近。在其他實例中，感測器 138 可變地定位於過濾器外殼 132 之端部與中心之間。

【0104】 在一些實例中，感測器 138 可包括用於耦合至整合在外殼 132 內之一波導（未展示）的一電氣介面，其中該波導經組態以引導由感測器 138 產生之 RF 波至由傳導性過濾器外殼 132 所界定之腔中。在一些實例中，該波導可經組態以：傳播由一天線（未展示）發射之一射頻且能量損耗最小；及傳輸該射頻至由傳導性過濾器外殼 132 所界定之腔中。在一些實例中，該波導可實質上筆直。在其他實例中，該波導可沿該波導之一縱向軸彎曲或扭結。在一些實例中，該波導可包括一非傳導板或阻障，一射頻信號可行進穿過該非傳導板或阻障，但一流體不可行進穿過該非傳導板或阻障。

【0105】 作為一實例，感測器 138 可實施為上文描述之感測器 18、50。如此，雖然未展示，感測器 138 可包括使用者介面元件，諸如在圖 4 中所描述之一測試/重設按鈕，指示燈及各種組件。在圖 14 之實例中，感測器 138 產生經選擇以在由傳導性過濾器外殼 132 所界定之腔中共振的一射頻。例如，可使用一或多個場方程式以判定在由傳導性過濾器外殼 132 所界定之腔內側形成一駐波的射頻。由傳導性過濾器外殼 132 界定之腔可界定支援一電磁振盪的一共振腔。可藉由該共振腔之尺寸及納含在該共振腔中之材料之傳導性、介電率及磁導率來判定該共振腔之性質。在水過濾情況中，例如，可藉由過濾介質 134 之材料性質來改變由傳導性過濾器外殼 132 所界定之腔之性質。用於計算腔共振器之性質之實例細節描述於《*Formulas for cavity*

resonators》Journal of Applied Physics, Hansen, 9, pg.654 (1938))中，該文獻之全部內容皆以引用方式併入本文中。

【0106】 在圖 14 之實例中，一共振頻率產生具有磁場 140 及電場 136 之一駐波，該駐波傳播通過過濾器介質 134 之至少一部分，繼而可在過濾器介質 134 中產生渦電流。這些渦電流會減小所得磁場 140。經減小的整體電磁場 140。經減小整體電磁場 140 可指示過濾器介質 134 之一性質，例如，諸如傳導性、介電強度、磁導率或類似者。如此，感測器 50 之場感測器 60 可監測磁場之強度且監測指示天線 63 及磁場之輸出性質，如上文所描述。

【0107】 在圖 14 之實例中，感測器 138 包括判定射頻或磁場 140 之性質的一或多個控制器（例如，控制器 56）。在一些實例中，控制器可判定例如過濾器介質 134 之傳導性、介電強度、磁導率或類似者。例如，控制器可使過濾器介質 134 之傳導性變化與共振腔之品質因子（q 因子）變化相關聯。依此方式，控制器可基於過濾器介質 134 之傳導性變化來監測過濾器介質 134 之壽命或能力。舉另一實例，控制器可使過濾器介質之介電率與共振腔之共振頻率變化相關聯。依此方式，控制器可基於共振腔之共振頻率變化來監測過濾器介質 134 之壽命或能力。在又另一實例中，該控制器可監測過濾器介質 134 之導電性變化及之介電率變化兩者，如上文所描述，以監測過濾器介質 134 之壽命或能力。

【0108】 圖 15 係繪示使用利用過濾器外殼作為一共振腔以輔助過濾器監測的感測器系統來監測過濾器介質之實例性操作之流程圖。

為了實例目的，就在圖 4 中展示之感測器 50 之組件來描述圖 15。為了說明目的，就圖 12 之感測器系統 130 而言，可搭配已描述之圖 15 之技術使用各種過濾系統及過濾器組態。然而，應理解的是，可對於不同感測器系統或過濾器及感測器組態執行圖 15 之技術，且應理解的是，利用一感測器系統可包括其他技術。

【0109】 在圖 15 之實例中，在感測器 138 內之控制器 56 起始一感測循環(402)。在一些實例中，控制器 56 可依一預定時間間隔起始該感測循環，諸如一天一次。在一些實例中，控制器 56 可回應於使用者輸入、來自一外部裝置之自動輸入（例如，諸如來自一分開之控制器或監測系統（圖 1 之監測器 12）的一信號）或類似者而起始該感測循環。

【0110】 起始過濾器介質之測量後，控制器 56 組態 RF 產生器 61 以產生一 RF 信號(404)。在一些實例中，該 RF 信號可係由傳導性過濾器外殼 132 之內部邊界所界定的共振腔之共振頻率以產生一駐波，使得該駐波傳播通過過濾器介質 134。在圖 15 之實例中，RF 產生器 61 驅動該 RF 信號至該共振腔中以產生一電磁場，該電磁場在該共振腔內側產生一駐波(406)。

【0111】 在一些實例中，RF 產生器 61 可驅動該 RF 信號穿過天線 63，天線 63 經配置以延伸穿過一埠至該共振腔（即，過濾器外殼）中。在其他實例中，該控制器可驅動該 RF 信號穿過在該共振腔之一壁中的一非傳導窗。在其他實例中，該控制器可驅動該 RF 信號

穿過整合在該過濾器外殼內之一波導，以傳播該 RF 信號至該共振腔中。

【0112】 控制器 56 接收來自場感測器 61 之一或多個信號，該一或多個信號指示該共振腔之至少一性質，例如，共振頻率及品質因子或類似者(408)。此外，控制器 56 可監測環境或水過濾系統之其他性質（例如，溫度、流體流速），並且利用所測量到之性質以補償或調整過濾器介質 134 之剩餘能力的經運算之估計(409)。基於共振腔之所感測之性質及水過濾系統之環境的任何所感測之性質，控制器 56 運算過濾器介質 134 目前的能力並且更新使用者介面 54 (410)。

【0113】 可選地，控制器藉由停止供電給感測器系統 130 之一或多個組件（例如，諸如一使用者介面、RF 產生器、天線或類似者）而停用感測器 138 (412)。在其他實例中，控制器可藉由停止供電給感測器系統 130 之一或多個組件（例如，諸如一使用者介面、RF 產生器、天線或類似者）而停用感測器系統 130 (412)

【0114】 基於過濾器介質之經運算的能力，在一些實例中，在控制器 56 可判定是否過濾器介質 134 之能力係在一臨限範圍內。如果過濾器介質 134 之所估計的能力經判定為在該臨限範圍內，則控制器 56 在一未來時間重複該感測循環或回應於來自一使用者或外部監測組件之輸入而非同步地重複該感測循環（414 之「是」分支，來到 402）。假使過濾器介質 134 之能力經判定為不在該臨限範圍內，諸如低於 10%剩餘能力，則控制器 56 產生例如電子通訊的一警告信號或其他輸出（414 之「否」分支，來到 416）。在一些實例中，可藉由使用者介

面將該警告信號呈現為例如一視覺警告、一聽覺警告或類似者。在其他實例中，可藉由一射頻傳輸器傳輸該警告信號。

【0115】 圖 16 係繪示實例性過濾器外殼及固定至該過濾器外殼之直接電接觸式感測器系統之示意圖。如同本文描述之其他實例中，在過濾液體或氣體時可利用過濾器外殼及感測器系統 150。在一些實例中，過濾器外殼 154 可係由例如諸如塑膠、玻璃、瓷料、橡膠及類似者等材料所建構之一非傳導性過濾器外殼。在其他實例中，過濾器外殼 154 可係一傳導材料，例如，諸如金屬、傳導聚合物及類似者。在圖 16 之實例中，過濾器外殼 154 係圓柱狀形狀。在其他實例中，過濾器外殼 154 可係例如立方形、稜鏡狀、圓錐形或類似者。在一些實例中，過濾器外殼 154 可經組態以適配一現有過濾系統或子系統。在其他實例中，非傳導性過濾器外殼 154 可經組態以適配一新水過濾系統或子系統。

【0116】 在圖 16 之實例中，感測器 158 定位成相鄰於過濾器外殼 154 且在過濾器外殼 154 外部，且感測器 158 具有一組（例如，四個）電氣探針，該等電氣探針突出穿過過濾器外殼 154 且至過濾器介質 156 之至少一部分中。正如本文描述之其他實例性實施方案，感測器 158 可齊平式安裝至過濾器外殼 154 或可安裝成鄰近過濾器外殼 154。可藉由接合（例如，黏著接合、熱接合、雷射接合、焊接或類似者）將感測器 158 連接至過濾器外殼 154。在其他實例中，感測器 158 可整合至過濾器外殼 154 之材料中以形成一單一連續組件。在其他實例中，可藉由一機械連接（藉由例如一或多個緊固件、一或多個

夾鉗、過濾器外殼 154 及感測器 158 之表面中的一或多個脊或槽溝、或類似者）將感測器 158 連接至過濾器外殼 154。在一些實例中，感測器 158 可定位在過濾器外殼 154 之一縱向軸之一中心。在其他實例中，該感測器可定位在過濾器外殼 154 之一端部附近。

【0117】 在圖 16 之實例中，感測器 158 經電氣組態而具有四個探針 160，探針 160 依密封方式突出穿過過濾器外殼 154 以延伸至過濾器介質 156 之至少一部分中。在其他實例中，耦合至探針 160 之感測器 158 可定位在過濾器外殼 154 之外部且與定位在過濾器外殼 154 之內部上且突出至過濾器介質 156 中的相關聯之探針感應介接，使得探針 160 不需要實體上突出穿過該過濾器外殼。在一些實例中，探針 160 可包括一非傳導鞘且突出穿過過濾器外殼 154 中的通孔，以形成介於探針 160 與過濾器外殼 154 之間之一不漏流體的密封。

【0118】 探針 160 測量過濾器介質 156 之一或多個性質，例如，諸如聲學性質、電氣性質、機械性質、光學性質或類似者。在一些實例中，過濾器介質 156 之一或多個所測量性質指示該過濾器介質之剩餘壽命或能力。

【0119】 在一些實例中，一內部電源（未展示）（例如，諸如一電池）可供電給一控制器，繼而，該控制器控制至探針 160 之供應電流。在其他實例中，一外部電力供應器（例如，諸如本機電力供應器、交流轉直流轉換器或類似者）可供應電流至探針 160。經組態以行進穿過該過濾器介質的所施加電流可呈直流、交流或脈波波形電流之形式。

【0120】 作為一實例，可相似於上文描述之感測器 18、50 之實施方案及操作來實施感測器 158。如此，感測器 158 可包括使用者介面元件 162、164，諸如一測試/重設按鈕、指示燈及在圖 4 中所描述之各種組件。

【0121】 在圖 16 之實例中，四個金屬探針 160 與過濾器介質 156 之一部分直接電接觸。在一些實例中，探針 160 可包括與過濾器介質 156 之至少一部分直接接觸的兩個或更多個金屬探針 160。金屬探針 160 可透過一電流而與過濾器介質 156 介接。一般而言，過濾器介質 154 提供對由感測器 158 施加之電信號的一電阻，且感測器 158 測量跨該過濾器介質之電壓及/或通過該過濾器介質之電流，以判定過濾器介質 154 之電阻率。在一些實例中，在感測器 158 內之控制器可被程式化而具有介質過濾器的一或多個預定壽命電阻率曲線，並且使用該資料來基於所測量到之電阻率運算介質過濾器之剩餘能力。在圖 16 之實例中，該控制器與使用者介面 164 介接以顯示剩餘過濾器介質壽命或能力。在使用活性碳過濾器介質進行水脫氯的情況中，舉例來說，四個金屬探針可突出穿過一非傳導性過濾器外殼以接觸過濾器介質之至少一部分。

【0122】 對於電氣測量，電氣探針之表面氧化（腐蝕）可導致測量誤差。為了防止氧化，電氣探針可由貴金屬、抗腐蝕合金組成或塗佈，或用腐蝕抑制劑處理。除了表面氧化外，亦可藉由使用彈簧壓緊式梢或透過機械設計（例如，探針表現為彈簧），達成維持介於電氣探針與過濾器之間之強固且一致接觸力。在一些應用中，接觸電極可

直接接觸過濾塊。例如，電極可與一中空圓柱狀塊狀過濾器之內表面及外表面或頂部面及兩個環平面電接觸。基於通過過濾塊的流體流動輪廓，將電極置放在一塊狀過濾器之各種表面可利於控制或最大化敏感度。

【0123】 在一些應用中，接觸電極可不直接接觸過濾器介質，而是使用於電極與過濾器介質之間之一導電流體的存在來促進電連接。介於過濾塊與流體之間之傳導性比率會影響感測器敏感度。過濾器傳導性對流體傳導性之比率低時，可達成較高感測器敏感度。例如，該比率可介於 0.001 與 1000 之間。在一實施例中，該比率係較小。在一實施例中，該比率大於 1。

【0124】 在其中使用超過兩個電極的應用中，電極可經個別定址、供給電流及電壓兩者、感測電流及電壓兩者且經配置成一共線性陣列。在過濾器外殼之內表面及外表面兩者上，電極可經製作成相對於表面而齊平、突出或埋頭。

【0125】 連接器特徵 161 電耦合至探針 160 且提供一構件以允許介於電接觸件與感測器之控制器之間之通訊。在一實施例中，連接器 161 可係行進穿過過濾器外殼的電氣梢或接觸件。該連接器可經設計以提供不漏流體的密封以消除在過濾程序期間的流體洩漏。在一些實施例中，該連接器及該等電接觸件可經組合成一單一實體。在其他實施例中，該連接器可經組態以使該控制器與該等電接觸件之間能夠進行無線通訊。在此實施例中，該連接器包括定位在過濾器外殼之內表面及外表面上的兩個近場耦合天線。定位在外殼之內表面上的天線直

接耦合至該等接觸電極，且定位在外殼之外表面的天線直接耦合直接耦合至該控制器。在所描述之實例中，該控制器可依無線方式與該等電接觸件進行電通訊。可使用經設置或納含在該外殼內之磁性材料之添加來改善磁耦合。

【0126】 在又其他實例中，該等連接器特徵或該等電接觸件可行進穿過在該過濾器外殼上之一入口埠或出口埠。在此實例中，使用入口埠或出口埠而使連接器或電極行進係有利的，此係因為不需要在該過濾器外殼上之額外貫通孔（通孔），貫通孔（通孔）會提供機械故障點或流體洩漏點。

【0127】 各種類型介質過濾器可搭配本文描述之感測器使用。在一些過濾器類型中，尤其在活性碳過濾器中，可利用粒狀過濾器技術及塊狀過濾器技術兩者。粒狀過濾介質含有堆積於在一床中的個別過濾器介質粒子且流體流動通過過濾器介質粒子。粒狀過濾器之常見實例係粒狀碳過濾器及硫酸鈣過濾器。相比而言，塊狀過濾器含有磨細之過濾介質，磨細之過濾介質係在高壓力定形狀成一單一塊且可經受燒結程序。塊狀過濾器之常見實例係用於水過濾之碳塊過濾器。當塊狀過濾器類型與所描述之感測模態組合使用時，塊狀過濾器類型可提供優於粒狀過濾器的數個優點。

【0128】 第一優點係使用單一監測位置以判定整個過濾塊之剩餘過濾器能力。過濾塊之設計可導致行進通過該過濾塊的流體之實質上均勻分配通量。均勻通量引起實質上均勻降低遍及該過濾塊的過濾能力。因此，在過濾塊內之任何位置上監測結果會是測量整個過濾塊之

剩餘過濾器能力。在其中通量係非均勻且已知（或可模型化或測量）的應用中，可應用一校正因子以考量局部通量及一般化結果至該過濾塊之其他位置。在一些應用中，非均勻通量可導致感測器敏感度增加。設想了在沿該過濾塊之任何位置使用一單一組電極以造成系統成本降低及測量誤差減小的能力。

【0129】 第二優點係塊類型過濾器之機械剛性。在塊狀過濾器中，在過濾或機械振動期間，過濾器介質大致上在過濾器外殼內之一固定位置處。相比而言，對於粒狀過濾器而言，在流體流動、振動及非破壞性衝擊期間，在過濾器內之個別粒狀體的位置及定向可相對於彼此移動。個別粒狀體之移動會引起介於電接觸件與過濾器介質之間之接觸阻抗顯著變化。此外，穿過過濾器的電氣路徑可變化、涉及不同過濾器粒狀體、及具有不同粒狀體對粒狀體阻抗。在其中過濾器能力係基於過濾器介質之電氣變化的所設想應用中，過濾器粒狀體相對於電接觸件之移動可導致顯著測量假影。

【0130】 第三優點係塊狀過濾器可具有較高、更穩定且更一致傳導性，此係因為過濾器介質被壓縮在一起。相比而言，穿過粒狀過濾器的傳導性會強烈受到粒狀體之間之介面之影響。在不同測量之間，此等影響會確實改變在系統內的水流動、溫度、通過電流、機械振動或壓力差。

【0131】 作為一實例，進行實驗以藉由直接電接觸件測量一段時間的過濾器介質電阻。在實驗中，一 4 點式測量探針經組態以測量由 3M Company (Saint Paul, MN.)製造之 Frigidaire PureSource Ultra II

過濾器之電阻率。數位萬用表(multimeter)設定為 4 線測量模式。在組裝之前，在塑膠外殼中鑽穿四個共線性 0.078”貫通孔且間距為 0.156”。對於兩個過濾器，在過濾器長度之中心附近鑽穿該組四個共線性通孔。對於第三過濾器，沿過濾器長度在頂部、中間及底部附近鑽穿 3 組四個共線性通孔。為了允許與碳過濾器直接電接觸，總成中不包括標準紙質過濾器包覆(paper filter wrap)。塗金之彈簧壓緊式接觸梢插入穿過過濾器外殼中的通孔，以建立與過濾器的電接觸。使用 3M DP100 清透環氧樹脂以繞接觸梢來緊固及密封。一聚碳酸酯支撐塊黏著至外殼以提供對設置的額外支撐。實驗參數係：

過濾器：　　Frigidaire「Pixie」PureSource Ultra II

流速：　　連續每分鐘 0.65 加侖

氯濃度：　　平均 2 ppm（1.5 ppm 至 2.5 ppm）

水溫度：　　未測量

持續期間：　470 分鐘

總體積：　　305 加侖

測量：　　手動（請參閱下列圖表）

圖 17 及圖 18 係展示所測量到之原位電阻(Ω)及所計算之電阻率(Ω·cm)之實驗結果之圖表。對於所測量到之所有過濾器，在實驗結果中觀察到兩個趨勢。第一趨勢係在實驗的在初始 20 至 40 經過濾加侖期間電阻的降低。第二觀察到的趨勢係自 40 至 305 加侖電阻的顯著且穩定增加。測量電阻的增加很可能由氯還原所引起的隨著時間之碳過濾器表

面氧化的增加所導致。此等實驗結果闡明可透過測量活性碳過濾器之電阻變化來監測含氯的經過濾水量。

【0132】 圖 17 係繪示在過濾器之操作期間藉由直接電接觸所測量到之過濾器介質電阻對總流體輸送量之實驗結果之圖表。如圖 17 中所繪示，圖 160 包括：一水平軸，其表示在過濾器之操作期間的經過濾加侖數；及一垂直軸，其表示所測量之過濾器介質電阻（以歐姆為單位）。在圖 17 之實例中，藉由實質上相似構造的三個活性碳過濾器過濾含有大約兩個百萬分率氯的大約 305 加侖水。在圖 17 中，曲線 162 及 170 對應於兩個分開之實驗過濾器，各實驗過濾器包括含一組四個金屬探針之一個感測器，該等金屬探針定位在過濾器介質之縱向軸之中心。再者，在圖 17 之實例中，曲線 164、166 及 168 對應於具有三個分開之感測器的一單一實驗過濾器，各感測器包括一組四個金屬探針：曲線 164 對應於定位在該單一實驗過濾器之頂部附近的感測器；曲線 166 對應於定位在該單一實驗過濾器之縱向軸之中心附近的感測器；且曲線 168 對應於定位在該單一實驗過濾器之底部附近的感測器。如上文所論述，例如，可用活性碳氧化位點數目的增加係關於過濾器介質傳導性的減小，如藉由過濾器介質之電磁性質所測量到者。如由圖 17 之實驗結果所指示，可藉由在過濾器之操作期間所測量到之過濾器介質電阻來判定過濾器壽命或能力。

【0133】 下表呈現在圖 17 中繪示之實驗結果：

	過濾器

經過濾之加侖	162 (Ω)	170 (Ω)	164 (Ω)	166 (Ω)	168 (Ω)
0.0	7.48	5.02	6.30	6.09	5.30
1.3	6.90	4.60	5.74	5.60	5.02
3.3	6.60	4.45	5.55	5.36	4.87
6.5	6.35	4.31	5.40	5.20	4.80
9.8	6.30	4.30	5.38	5.13	4.75
13.0	6.10	4.21	5.31	5.10	4.62
19.5	6.05	4.20	5.28	5.10	4.66
26.0	6.03	4.20	5.30	5.20	4.70
32.5	6.00	4.20	5.30	5.20	4.70
39.0	6.08	4.20	5.30	5.28	4.78
48.8	6.08	4.23	5.40	5.32	4.78
55.3	6.12	4.25	5.43	5.30	4.80
61.8	6.17	4.32	5.49	5.32	4.88
78.0	6.18	4.32	5.56	5.35	4.92
97.5	6.50	4.60	5.76	5.68	5.18
136.5	6.70	5.20	6.21	6.01	5.36
156.0	6.89	5.35	6.58	6.48	5.56
175.5	7.14	5.69	6.83	6.79	5.72
195.0	7.58	5.87	7.48	7.16	6.33
273.0	8.44	6.46	8.33	8.20	7.15
305.5	8.88	6.67	8.78	8.60	7.75

【0134】 圖 18 係繪示在過濾器之操作期間藉由直接電接觸所測量之過濾器介質電阻率對總流體輸送量之實例之圖表。如圖 18 中所繪示，圖 180 包括：一水平軸，其表示在過濾器之操作期間的經過濾加侖數；及一垂直軸，其表示所測量之過濾器介質電阻率（以歐姆-公分為單位）。在圖 18 之實例中，在實質上相似構造的三個活性碳過濾器中過濾含有大約兩個百萬分率氯的大約 305 加侖水。在圖 18 中，曲線 182 及 190 對應於兩個分開之實例性過濾器，各過濾器包括具有一組四個金屬探針之一個感測器，該等金屬探針定位在過濾器介質之縱向軸之中心。再者，在圖 18 之實例中，曲線 184、186 及 188 對應於具有三個分開之感測器的一單一實驗過濾器，各感測器包括一組四個金屬探針：曲線 184 對應於定位在該單一實驗過濾器之頂部附近的感測

器；曲線 186 對應於定位在該單一實驗過濾器之縱向軸之中心附近的感測器；且曲線 188 對應於定位在該單一實驗過濾器之底部附近的感測器。

【0135】 下表呈現在圖 18 中繪示之實驗結果：

	過濾器				
經過濾之加侖	182 (Ω·cm)	190 (Ω·cm)	184 (Ω·cm)	186 (Ω·cm)	188 (Ω·cm)
0.0	18.06	12.12	15.21	14.71	12.80
1.3	16.66	11.11	13.86	13.52	12.12
3.3	15.94	10.75	13.40	12.94	11.76
6.5	15.33	10.41	13.04	12.56	11.59
9.8	15.21	10.38	12.99	12.39	11.47
13.0	14.73	10.17	12.82	12.32	11.16
19.5	14.61	10.14	12.75	12.32	11.25
26.0	14.56	10.14	12.80	12.56	11.35
32.5	14.49	10.14	12.80	12.56	11.35
39.0	14.68	10.14	12.80	12.75	11.54
48.8	14.68	10.22	13.04	12.85	11.54
55.3	14.78	10.26	13.11	12.80	11.59
61.8	14.90	10.43	13.26	12.85	11.79
78.0	14.92	10.43	13.43	12.92	11.88
97.5	15.70	11.11	13.91	13.72	12.51
136.5	16.18	12.56	15.00	14.51	12.94
156.0	16.64	12.92	15.89	15.65	13.43
175.5	17.24	13.74	16.49	16.40	13.81
195.0	18.31	14.18	18.06	17.29	15.29
273.0	20.38	15.60	20.12	19.80	17.27
305.5	21.44	16.11	21.20	20.77	18.72

【0136】 圖 19 係繪示具有用於監測過濾器介質之直接電接觸式探針之感測器的實例性操作之流程圖。為了實例目的，就在圖 4 中展示之感測器 50 之組件來描述圖 19。為了說明目的，就圖 16 之感測器 158 而言，可搭配已描述之圖 19 之技術使用各種過濾系統及過濾器組態。然而，應理解的是，可對於不同感測器系統或過濾器及感測器組

態執行圖 19 之技術，且應理解的是，利用一感測器系統可包括其他技術。

【0137】 在圖 19 之實例中，在感測器 158 內之控制器 56 起始一感測循環(502)。在一些實例中，控制器可依一預定時間間隔啟動感測器系統。在一些實例中，藉由使用者輸入（例如，壓按重設/測試按鈕 162)、來自一外部裝置之自動輸入（例如，來自一分開之控制器的一信號或類似者）該控制器可啟動該感測器系統。

【0138】 在圖 19 之實例中，該控制器產生一電流(504)且經由電氣探針驅動該電流至一過濾器介質 156 之至少一部分中(506)。在一些實例中，該控制器驅動該電流至過濾器外殼 156 之一外表面外部的探針中，以在過濾器外殼 156 之一內表面的內部中的相對應之探針中誘發一電流。

【0139】 接下來，該控制器感測指示過濾器介質 156 之一能力的該電流之至少一性質(508)。例如，如上文所描述，基於施加之電壓及通過該組電氣探針之所得電流，控制器 56 可測量過濾器介質之一或多個區域之一各別電阻率。此外，控制器 56 可監測環境或水過濾系統之其他性質（例如，溫度、流體流速)，並且利用所測量之性質以補償或調整過濾器介質 156 之剩餘能力的經運算之估計。基於介質之所感測到性質及水過濾系統之環境的任何所感測到性質，控制器 56 運算該過濾器介質 156 之目前能力並且更新使用者介面 54 (510)。

【0140】 基於過濾器介質之經運算能力，在一些實例中，控制器 56 可判定是否過濾器介質 156 能力係在一臨限範圍內。如果過濾器介

質 156 之所估計能力經判定為在該臨限範圍內，則控制器 56 在一未來時間重複該感測循環或回應於來自一使用者或外部監測組件之輸入而非同步地重複該感測循環（514 之「是」分支，來到 502）。假使過濾器介質 156 之能力經判定為不在該臨限範圍內，諸如低於 10%剩餘能力，則控制器 56 產生例如電子通訊的一警告信號或其他輸出（514 之「否」分支，來到 516）。在一些實例中，可藉由使用者介面將該警告信號呈現為例如一視覺警告、一聽覺警告或類似者。在其他實例中，可藉由一射頻傳輸器傳輸該警告信號。

【0141】 圖 20 係繪示當過濾器介質第一次安裝在過濾系統內時如本文所描述之感測器之實例性操作之流程圖。可搭配在本揭露中所描述之各種技術使用各種過濾系統及過濾器組態。為了實例目的，為了說明目的，將就圖 2 之感測器 20、圖 4 之感測器 50 來描述圖 20 之程序。

【0142】 一般而言，可在各種情況中起始圖 20 之程序，諸如安裝新過濾器後、檢測感測器且判定需要重設後、變更現有過濾器之位置後、或變更在過濾系統內之現有感測器之位置後或類似者。在諸如這些之一情況中，控制器 56 感測重設/測試按鈕 22 之啟動(202)，且具體而言，判定輸入指示使用者按住重設/測試按鈕 55 達一臨限時期（例如，5 秒)，藉此請求重設感測器 20 之基線讀數(204)。

【0143】 此時，控制器 56 使用本文描述之各種技術執行一初始測量循環，以測量及儲存過濾器介質之一或多個初始性質及/或感測系統中利用的任何天線或共振腔之一或多個初始性質，藉此執行一基線

讀取(206)。例如，控制器 56 可測量及初始儲存與感測系統之電阻率、電感、電容、共振頻率、品質質因子、或等效串聯電阻、等效並聯電阻相關的參數。

【0144】 其後，啟動重設/測試按鈕 22 開啟了控制器 56(208)並使得控制器 56 使用本文描述之各種技術之任何者起始一感測循環(210)。如所描述，控制器運算過濾器介質之剩餘壽命或剩餘能力，並且更新使用者介面 24 或以其他方式將結果傳達至外部系統的使用者(212)。接著，控制器 56 可進入睡眠模式且在歷時一預定時間間隔後，喚醒且自動重複測量過濾器介質之程序(216)。此外，回應於重設/測試按鈕 22 之啟動，在重設按鈕 22 被按下達臨限時間時期的事件中，控制器 56 自睡眠模式喚醒，且重複重設程序(218)。

【0145】 圖 21 係繪示實例性過濾器外殼及感測器系統之示意圖，該感測器系統包含相對於在過濾器介質內之流動方向而串列定位之複數個感測器。在圖 21 之實例中，感測器系統 220 包括流體入口 222、過濾器外殼 224、複數個感測器 228A、228B、228C、228D（統稱為「感測器 228」），及流體出口 230。在圖 21 之實例中，流動方向 226 指示流體行進路徑。在一些實例中，感測器 228 可遍及一過濾器介質相對於流動方向 226 而串列定位。在一些實例中，感測器 228 可與過濾器介質磁性連通，以使用如上文所論述之技術來判定過濾器介質壽命或能力。在其他實例中，感測器 228 可與過濾器介質直接電子連通，以使用如上文所論述之技術來判定過濾器介質壽命或能力。在一些實例中，感測器系統 220 可包括較少（例如，一個、兩

個、三個）或更多（例如，十個、一百個、一千個、一萬個）感測器。

【0146】 如本文所描述，感測器 228 之配置允許利用有差異的感測器測量來消除或最小化環境效應，否則環境效應可成為單一感測器測量中之誤差來源，諸如感測器對下列的相依性：溫度、濕度、流速、壓力降、電子組件漂移、基線不穩定性、感測器漂移、對過濾介質副效應。複數個感測器 228 可依並列、串列或組合流體流動圖案連接至過濾介質。此外，在判定過濾器能力過程中交換及利用整組感測器 228 之測量資訊，且整組感測器 228 不需要固定至相同過濾器介質。例如，多個過濾元件可依跨越多個離散過濾器介質的串列流動圖案予以連接，並且當運算過濾器能力時，可由其他感測器利用來自彼等感測器之至少一些者的測量。

【0147】 依此方式，可使用複數個感測器 228 來監測過濾介質之時空效率，使能夠監測穿過過濾介質之穿透前端(breakthrough front)。在一實例中，可使用沿填充床過濾系統之流體流動方向定位複數個感測器以監測沿流動方向之過濾器效率。在一第二應用中，可使用經設計以在過濾塊之各種深度中與過濾介質交互作用的複數個感測器，以判定沿流動方向之過濾器效率。在一第三實例中，兩個感測器可定位在碳塊過濾器之外表面及內表面上，並且透過監測感測器兩者，可判定沿流動方向之過濾介質之相對效率。可使用監測過濾介質之時空效率的能力，以改善過濾介質之更換演算法，使得可使用過濾

介質至其整個能力。繼而，此可降低與過濾相關聯之成本、降低與維護相關聯之成本，及減少與過濾系統相關聯之浪費。

【0148】 在一些實例中，可使用複數個感測器，以監測具有多層過濾介質的過濾器。例如，一過濾器可含有具備一外褶層及一內碳層的兩個同心過濾介質層。一個感測器可經定位且經組態以測量該褶層之介電變化，及一第二感測器可經定位且經組態以測量該碳過濾器之傳導性變化。

【0149】 感測器 228 可經定位且經組態以利用本文描述之感測技術之任何者，並且可測量過濾器介質傳導性、介電強度、磁導率及類似者。在一些實例中，可藉由感測器 228 之兩者或更多者之一差量測量，來判定雜質、化學化合物或類似者之穿透。在一些實例中，兩個或更多個感測器 228 之該差量可藉由例如溫度變化、傳導性漂移、過濾器介質組成物變化或類似者而否定個別感測器之間之潛在變異性。

【0150】 在一些實例中，感測器 228 可與一共同外部監測器（未展示）通訊，共同外部監測器與例如操作員、服務提供者或類似者通訊。例如，在圖 21 之實例中，由於在感測器 228C 中偵測到穿透前端，系統可預測何時該穿透前端將抵達感測器 228D。在此一實例中，監測器可與服務提供者直接通訊，以排程過濾器介質更換、向操作員通知預期過濾器更換時間、訂購更換件過濾器介質或類似者。

【0151】 在一些實例中，感測器 228 可識別為個別及相異感測器。在一些實例中，個別感測器 228A、228B、228C、228D 可產生相異無線電頻率，以個別基於一各別光譜訊號(spectral signature)來識別

各感測器。在其他實例中，多個天線（未展示）可相對於一各別感測器予以定位，藉此該定位可允許天線與一特定感測器介接。在又其他實例中，個別感測器 228A、228B、228C、228D 可靠近一頻率（例如，13.56 MHz）來操作，該頻率啟用一射頻識別裝置積體電路(RFID IC)，藉此在個別感測器上的 RFID IC 啟用個別感測器讀出。在一些實例中，連同更換件過濾器提供的一鑑認晶片、碼、磁性訊符或類似者可自動重設該監測器，以記錄一基線（例如，基線過濾器介質傳導性、介電強度或磁導率）及確認適當過濾器之安裝。例如，如果新過濾器未經驗證，則不會重設感測器。

【0152】 圖 22 係繪示感測系統之實例性操作之流程圖，在該感測系統中，複數個感測器交換資訊且操作以監測具有一或多個過濾器介質之一過濾系統。

【0153】 在圖 22 之實例中，藉由一控制器啟動感測器系統 220 之一第一感測器 228A 以起始一感測循環(602)。在一些實例中，該控制器可依一預定時間間隔啟動感測器系統。在一些實例中，可藉由使用者輸入（例如，壓按一重設/測試按鈕）、來自一外部裝置之自動輸入（例如，來自一分開之控制器的一信號或類似者）該控制器可啟動該感測器系統。在圖 22 之實例中，該控制器產生一第一射頻（「RF」）信號(604)。在一些實例中，該 RF 信號可係與感測器 228A 相關聯之一第一天線的一共振頻率。在其他實例中，該 RF 信號可係當該第一天線定位成鄰近於感測器系統 220 之一過濾器介質之一特定部分時該第一天線之該共振頻率。在圖 22 之實例中，該控制器驅動該

第一 RF 信號穿過該第一天線，以在該過濾器介質之至少一第一部分內產生一第一電磁場(606)。在圖 22 之實例中，該控制器感測該第一電磁場之至少一第一性質，該至少一第一性質指示該過濾器介質之該第一部分之一目前能力，例如，諸如電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、等效並聯電阻或類似者(608)。該控制器傳達所測量之性質至一或多個其他感測器（例如，感測器 228B）或傳達所測量之性質耦合至該等感測器之一中央監測器。

【0154】 在圖 22 之實例中，藉由與感測器 228B 相關聯之一控制器或藉由外部監測器啟動感測器系統 220 之第二感測器 228B (610)。在圖 22 之實例中，該控制器藉由產生一第二射頻(「RF」）信號(612)及驅動該第二 RF 信號穿過該第二天線以在該過濾器介質之至少一第二部分內產生一第二電磁場來執行第二感測循環(614)，其中該第二部分可與過濾器介質之該第一部分分開、與過濾器介質之該第一部分重疊或包圍該過濾器介質之該第一部分。在圖 22 之實例中，該控制器感測該第二電磁場之至少一第二性質，該至少一第二性質指示該過濾器介質之該第二部分之一目前能力，該至少一第二性質係例如諸如電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、等效並聯電阻或類似者(616)。該第二感測器之該控制器可傳達該等測量至一中央監測器。

【0155】 接下來，該第二感測器之該控制器（或該中央監測器）判定該過濾器介質之該目前能力(618)。在一些實例中，該第二感測器之該控制器基於介於該所感測到第一性質與所感測到第二性質之間之

一差量，來判定該過濾器介質之至少第二部分之目前能力(618)。替代地或此外，該第二感測器之該控制器（或該中央監測器）可基於所感測到第一性質調整所感測到第二性質或以其他方式使該第二所感測性質偏差，以判定該過濾器介質之該第二部分之目前能力。在圖 22 之實例中，控制器藉由停止供電給感測器 228A 及 228B 之一或多個組件而停用感測器 228A 及 228B (620)。

【0156】 如本文所描述，與該等感測器相關聯之該等控制器或該外部監測器判定是否第一部分及第二部分的過濾器介質能力係在一臨限範圍內(622)。如果該等過濾器介質能力係在該臨限範圍內，則該等控制器（或中央監測器）在某未來時間啟動感測器 228A 及 228B（622、602 之「是」分支）以重複程序。如果該等過濾器介質能力之任一者或兩者係在該臨限範圍內，則該等控制器及/或該中央監測器產生一警告信號（622、624 之「否」分支）。在一些實例中，可藉由使用者介面 54 將該警告信號呈現為例如一視覺警告、一聽覺警告或類似者。在其他實例中，可藉由射頻傳輸器 70 傳輸該警告信號。在實例性實施方案中，描述了提供自動識別目前部署在過濾系統內之過濾器介質的感測系統。例如，在一些實施方案中，非接觸式識別帶可併入在含有過濾器介質之外殼內或以其他方式鄰近含有過濾器介質之外殼而固定。如本文所描述，該等識別帶可經建構以影響藉由安裝在外殼上之一感測器對過濾器介質之磁性感測。例如，該等識別帶可有導電性及/或磁性以藉由該感測器予以感測。此外，該等識別帶可幾何上或空間上經配置以提供過濾器介質之一唯一識別，諸如當過濾器介質插入

於過濾系統中且行進穿過感測器之一感測場時。依此方式，可利用該等識別帶以提供對過濾器介質之一肯定識別。

【0157】 圖 23 係繪示實例性過濾器外殼識別系統之示意圖。在圖 23 之實例中，過濾器識別系統 302 包括過濾器歧管 304、過濾器歧管耦合構件 306、感測器 308、識別條 310、及過濾器外殼 312。在一些實例中，識別條係設置在該過濾器外殼上、設置在該過濾器外殼內或納含在該過濾器外殼內之傳導區域、介電區域或磁性區域。在一些實例中，一識別條可包括修改天線性質的一單一傳導區域、介電區域或磁性區域或其等之任何組合，且可藉由該過濾器識別系統予以感測。

【0158】 一般而言，過濾器歧管 304 表示一過濾器系統之一部分，其中過濾器歧管耦合構件 306 將該過濾器歧管連接至插入於過濾系統中的過濾器外殼 312。在一些實例中，過濾器歧管 304 及過濾器歧管耦合構件 306 可係一非傳導材料，例如，諸如塑膠、玻璃、瓷料、橡膠及類似者。在其他實例中，過濾器歧管 304 可係一傳導材料，例如，諸如金屬、傳導聚合物及類似者。在一些實例中，過濾器歧管 304 可經形成以包圍一感測器（未展示）及/或感測器 308。

【0159】 在圖 23 之實例中，感測器 308 固定至接收過濾器外殼 312 的過濾器歧管耦合構件 306。感測器 308 可採取本文描述之感測器之任何者之形式。在實例性實施方案中，感測器 308 包括具有一包覆傳導金屬線之一天線，當插入過濾器外殼 312 時，該包覆傳導金屬線包圍過濾器外殼 312。在圖 23 之實例中，隨著該過濾器外殼插入於過

濾器歧管耦合構件 306 中（例如，如藉由在圖 23 中的箭頭所指示），感測器 308 驅動其內部天線以建立與識別條 310 電磁連通之一電磁場。在一些實例中，感測器 308 之天線可與識別條 310、及一過濾器介質之至少一部分電磁連通，且可選地與經設計以影響磁場之其他非過濾器介質電磁連通。

【0160】 在各種實施方案中，識別條 310 符合一特定實體形狀或尺寸，以將由感測器系統之天線產生之磁場定形狀。例如，識別帶可經建構，使得在磁場存在時，該識別帶：改變感測器系統之空間敏感度；引導磁場朝向或遠離過濾器外殼、過濾器歧管或其他感測器系統元件之一區域；增強通過納含在過濾器外殼內之過濾介質的磁場傳播；或引起可藉由感測器偵測的相似效應。

【0161】 在一些實例中，識別條 310 可係一傳導材料，例如，諸如金屬、傳導聚合物及類似者。在其他實例中，識別條 310 可係一磁性材料，例如，諸如鐵、鎳、鐵氧體及類似者。在其他實例中，識別條 310 可包括一傳導材料及一磁性材料兩者，如上文所描述。在一些實例中，識別條 310 可包括幾何圖案以視覺及/或電子方式指示真實性或原生。在一些實例中，一或多個識別條 310 可空間上定位在過濾器外殼上且經組態以修改（即，影響）由感測器之天線產生的電磁場之一或多個性質。如本文所描述，回應於偵測對電磁場之修改，在固定至外殼的感測器內之控制器能夠判定識別條 310 相對於該感測器之天線的一空間鄰近度。如此，該控制器可基於精確的空間鄰近度，判定及提供指示是否過濾器外殼被正確插入於過濾器歧管中的輸出，藉此

輔助操作員確保正確的流速且最小化流體洩漏的可能性或啟用及停用一流動閥。

【0162】 在一些實例中，基於一或多個識別條 310 之所偵測到效應，過濾器插入於過濾器歧管中時，在該感測器內之該控制器可電子地分類過濾器，以例如確保所插入過濾器經設計用於正確的流體類型、確保污染移除、驗證處理體積評定、驗證污染移除效率評定、驗證評定流速、驗證評定操作壓力、或驗證防洩漏設計相容性。在其他實例中，識別條感測可啟用正確的壽命演算法及向使用者通知何時應更換過濾介質。

【0163】 在一些實例中，識別條 310 可包括複數個條（例如，2 個條、10 個條、20 個條），且該等條可均勻隔開或依獨特幾何圖案隔開，以輔助識別過濾介質外殼 312 及納含在過濾介質外殼內之過濾介質的特定類型。在一些實例中，識別條 310 可定位在過濾器外殼 312 之外部。在其他實例中，識別條 310 可定位在界定過濾器外殼 312 之一材料內。在其他實例中，識別條 310 可定位在過濾器外殼 312 之內部上。在一些實例中，識別條 310 可具有一或多個幾何（例如，識別條 310 之各條可具有一唯一幾何）。

【0164】 在圖 23 之實例中，識別條 310 繞過濾器外殼 312 之整個周長延伸。在一些實例中，識別條 310 可繞小於過濾器外殼 312 之整個周長延伸。例如，如由表 2 之實驗結果所證明，天線及傳導性識別條的共振頻率、並聯電阻及 Q-因子可取決於繞圓柱狀過濾器外殼之周長的識別條長度而變化。表 2 繪示下列案例：傳導性識別帶不存

在；傳導性識別帶係大約過濾器外殼周長之 4 分之 1 的片段長度；傳導性識別帶係大約過濾器外殼周長之 2 分之 1 的片段長度；傳導性識別帶係大約過濾器外殼周長之 4 分之 3 的片段長度；傳導性識別帶及係大約過濾器外殼周長之一過濾器外殼周長。如由表 2 中之實例所證明，可藉由感測共振頻率頻移來偵測過濾器外殼上之傳導性識別帶之存在，且識別帶長度可經組態以引起該頻率頻移之一特定量值。這些實例繪示：可利用定位在一過濾器外殼之上一傳導性識別帶，以識別一過濾器外殼，諸如當該過濾器外殼插入於過濾系統中時。

表 2

識別帶長度	共振頻率[MHz]	電阻[Ω]	Q-因子
無帶	9.2725	282.2	64.4
¼過濾器外殼周長	9.3000	278.0	63.6
½過濾器外殼周長	9.3280	271.2	62.2
¾過濾器外殼周長	9.3440	267.8	61.4
全過濾器外殼周長	9.3880	257.0	60.0

【0165】 在一些實例中，識別條 310 之材料、位置、幾何、條數目或類似者之一組態可唯一識別一過濾器系列、一過濾器系列子類別、一特定過濾器類型或類似者。在一些實例中，該感測器可在一記憶體中儲存所安裝的過濾器外殼之識別條的記錄，以例如防止重新安裝已用過之過濾器，以強制執行更換過濾器之標準操作程序或類似者。

【0166】 圖 30A、圖 30B、圖 30C、圖 30D 係繪示在過濾器外殼插入至過濾器歧管中時、該過濾器外殼在一段時間的一連串位置之

示意圖。圖 31 係繪示圖 30A 至圖 30D 中描繪之過濾器外殼插入程序在一段時間的實例性所感測天線共振頻率之圖表。在圖 31 中，圖 750 包括：一水平軸，其表示時間；及一垂直軸，其表示感測器系統之感測器 708 之天線之共振頻率。曲線 760 表示當具有一傳導性識別條 710 及一磁性識別條 714 之一過濾器外殼安裝在一過濾器歧管 704 中時，感測器 708 之天線之共振頻率之變化或頻移。

【0167】 如圖 30A 至圖 30D 及圖 31 中所展示，當過濾器外殼 712 插入於過濾器歧管 704 中以使識別條 710、714 通過而鄰近於感測器 708 之天線時，傳導性識別條 710 及磁性識別條 714 引起由感測器 708 之天線建立之磁場的取決於時間之性質變化。藉由偵測對電磁場之特定效應及使對電磁場之特定效應與描述識別條之已知、預先經組態配置及構造之資料相關，在感測器 708 內之一控制器能夠肯定地唯一識別所插入之過濾器之類型。例如，在過濾器外殼 712 插入期間，隨著介於識別條 710、714 與感測器 708 之天線之間之離距縮減或增加，可藉由一感測器系統來即時監測感測器 308 之天線性質之變化，使得一取決於時間之天線性質的一形狀及一規模識別一特定過濾器外殼 712。在一些實例中，該取決於時間之天線性質的該形狀及該規模可預先經組態以識別一系列過濾器（即，一類型過濾器）或一子系列過濾器。感測器 708 之控制器偵測天線之共振頻率之所感測到變化（例如，表示在圖 31 中繪示之圖表的離散資料量變曲線）且將該變化與所儲存之資料集比較，該所儲存之資料集描述歸因於與不同類型過濾器相關聯之不同識別條所致的天線共振頻率頻移之量變曲線。在圖

30 之實例中，描繪了在對應於圖 30A、圖 30B、圖 30C、圖 30D 之四個循序時間時期期間中的識別程序。

【0168】 在圖 30A 中，在時間 T0 及介於感測器 708 之天線與過濾器外殼 712 之端部之間之距離 716 處，介於感測器 708 之天線與識別條 710、714 之間之離距足夠大，使得感測器 708 之天線之共振頻率有可忽略之變化。在一些實例中，介於識別條 710、714 與感測器 708 之天線之間的一大離距導致無近場交互作用。

【0169】 在圖 30B 中，在時間 T1 及介於感測器 708 之天線與過濾器外殼 712 之端部之間之距離 718 處，介於感測器 708 之天線與傳導條 710 之間之離距隨著過濾器外殼插入而縮減且已變成充分小，使得近場耦合發生於識別條 710 與天線之間，因此導致歸因於傳導條 710 之感測器 708 之天線之共振頻率增加。

【0170】 在圖 30C 中，在等於 T2 之時間及介於感測器 708 之天線與過濾器外殼 712 之端部之間之距離 720 處，介於感測器 708 之天線與傳導條 710 之間之離距現在隨著感測器 708 之天線通過傳導條而縮減，導致共振頻率之峰值、後續接著感測器 708 之天線之共振頻率降低。在一些實例中，傳導帶 710 移動遠離感測器 708 之天線而導致感測器 708 之天線之一或多個性質之一變化。在圖 30C 之實例中，介於感測器 708 之天線與磁條 714 之間之離距仍然足夠大而導致歸因於磁條 714 所致的感測器之天線之共振頻率之可忽略變化。

【0171】 在圖 30D 中，在時間 T3，已完全插入過濾器外殼 712。在此位置，介於感測器 708 之天線與傳導條 710 之間之離距足夠

大，使得可忽略近場耦合發生，引起感測器 708 之天線之共振頻率之可忽略變化。亦在此位置，介於感測器 708 之天線與磁條 714 之間之離距近場耦合至感測器 708 之天線，引起感測器 708 之天線之共振頻率降低。

【0172】 依此方式，圖 30A 至圖 30D 及圖 31 繪示在插入含傳導識別條及/或磁性識別條之過濾器外殼期間，可使用感測天線共振頻率隨時間的變化依對傳導性識別條及/或磁性識別條之特定組態係獨特之方式來感測電磁場取決於時間之性質修改。感測器 708 之一控制器（或一外部監測器）藉由比較一或多個天線性質之所感測頻移與頻移之所儲存資料集（例如一預定識別條共振頻率頻移圖案）來驗證一識別條。換言之，圖 30A 至圖 30D、圖 31 證明可利用感測器系統之天線共振頻率的所感測到變化或頻移，判定指示過濾器系列、過濾器系列子類別、特定過濾器類型或類似者的圖案。在一些實例中，該感測器系統之一控制器可鑑認過濾器系列、過濾器系列子類別、特定個別過濾器或類似者之身份識別。在一些實例中，鑑認後，感測器系統可感測在過濾器歧管中過濾器外殼之初始位置，以確保適當安置過濾器外殼。

【0173】 圖 32A、圖 32B、圖 32C 係繪示當過濾器外殼插入且安置於過濾器歧管中時之另一實例性一連串位置之示意圖。在圖 32 之實例中，當過濾器外殼 812 插入於過濾器歧管 804 中時，一傳導性識別條 810 引起感測器 808 之天線的取決於時間之性質變化。在一些實例中，傳導條 810 可係一磁條。在其他實例中，傳導條 810 可係複數

個傳導條及/或磁條。在一些實例中，該取決於時間的變化可指示過濾器外殼 812 完全安置於過濾器歧管 804 中。在其他實例中，該取決於時間變化可指示過濾器外殼 812 未完全安置於過濾器歧管 804 中。

【0174】 在圖 32A 之實例中，介於感測器 808 之天線與傳導條 810 之間之距離 816 足夠大，使得感測器 808 之天線之共振頻率有可忽略之變化。在圖 32B 之實例中，介於感測器 808 之天線與傳導條 810 之間之距離 818 足夠小，使得有歸因於傳導條 810 的感測器 808 天線之共振頻率的增加，其指示過濾器外殼 812 未完全安置於過濾器歧管 804 中。在圖 32C 之實例中，介於感測器 808 之天線與傳導條 810 之間之距離 820 較小，使得歸因於傳導條 810 而使感測器 808 之天線之共振頻率有了進一步增加，以指示過濾器外殼 812 完全安置於過濾器歧管 804 中。

【0175】 圖 33 係繪示在上文就圖 32A 至圖 32C 所描述之過濾器外殼插入程序期間所感測之天線共振頻率變化之實例之圖表。各種感測器系統及過濾器組態可產生各種天線性質變化。為了說明目的，將就圖 32 描述圖 33 之圖表。然而，應理解的是，圖 33 之圖表可表示一不同感測器系統或識別條組態，且應理解的是，利用一感測器系統可包括其他技術。

【0176】 如圖 33 中所繪示，圖 850 包括：一水平軸，其表示感測器 808 之天線之共振頻率；及一垂直軸，其表示信號強度。在圖 33 之實例中，曲線 852 表示當介於感測器 808 之天線與傳導條 810 之間之距離 816 足夠大使得感測器 808 之天線之共振頻率有可忽略之變化

時的一信號強度對共振頻率。在圖 33 之實例中，曲線 854 表示當介於感測器 808 之天線與傳導條 810 之間之距離 818 足夠小、使得有歸因於傳導條 810 的感測器 808 天線之共振頻率的增加時的一信號強度對共振頻率，其指示過濾器外殼 812 未完全安置於過濾器歧管 804 中。在圖 33 之實例中，曲線 856 表示當介於感測器 808 之天線與傳導條 810 之間之距離 820 還是較小使得歸因於傳導條 810 而使感測器 808 之天線之共振頻率有進一步增加時的一信號強度對共振頻率，以指示過濾器外殼 812 完全安置於過濾器歧管 804 中，如由共振頻率 858 所指示。

【0177】 圖 24 係繪示藉由感測器感測共振頻率頻移以識別過濾器外殼之另一實例性之圖表。如圖 24 中所繪示，圖 320 包括：一水平軸，其表示頻率（以赫為單位）；及一垂直軸，其表示電阻（以歐姆為單位）。在圖 24 之實例中，曲線 322 表示無識別條存在時的天線之所測量到頻率。在圖 24 之實例中，曲線 324 表示磁性識別條與天線連通時的所測量之共振頻率，其低於無識別條存在時的天線之所測量頻率。在圖 24 之實例中，曲線 326 表示磁性識別條與天線連通時的所測量之共振頻率，其高於無識別條存在時的天線之所測量頻率。換言之，曲線 326 可表示已插入過濾器後由控制器所測量的天線之共振頻率性質。可藉由控制器使共振頻率頻移之量值及方向與經預先組態資料（經預先組態資料使預期共振頻率範圍與不同類型過濾器相關聯）相關，藉此允許控制器判定是否確實安裝預期類型的過濾器。

【0178】 圖 25 係繪示由本文描述之感測器之任何者執行之實例性程序之流程圖，以藉由偵測由過濾器外殼之一或多個識別條（傳導及/或磁性）誘發的天線中之共振頻率頻移來自動識別過濾器類型。可搭配在本揭露中所描述之各種技術使用各種過濾系統及過濾器組態。為了說明目的，將就圖 23 之過濾器識別系統 302 描述圖 25 之技術。然而，應理解的是，可對於不同過濾器識別系統組態執行圖 25 之技術，且應理解的是，利用一過濾器識別系統可包括在圖 25 中未明確描述之其他技術。例如，在一些實例中，過濾介質可係一非過濾介質，該非過濾介質在操作期間提供一回應以指示該過濾介質之一能力。

【0179】 在圖 25 之實例中，藉由一控制器啟動過濾器識別系統 302 之一感測器(332)。在一些實例中，該控制器可依一預定時間間隔啟動該感測器。在一些實例中，藉由使用者輸入（例如，壓按一重設/測試按鈕）、來自一外部裝置之自動輸入（例如，來自一分開之控制器的一信號或類似者）該控制器可啟動該感測器。在圖 25 之實例中，該控制器產生一射頻(「RF」）信號(334)。在一些實例中，該 RF 信號可係感測器 308 之一共振頻率。在圖 25 之實例中，該控制器驅動該 RF 信號穿過感測器 308 以產生一電磁場(336)。

【0180】 在圖 25 之實例中，當一過濾器識別條未鄰近（例如，未近場耦合）於天線時，該控制器感測該電磁場之至少一第一性質，其中該第一性質可係電感、電容、共振頻率、品質因子、等效串聯電阻、等效並聯電阻或類似者(338)。隨後，當該過濾器識別條鄰近於該天線時，該控制器再次感測該電磁場之該至少一性質(340)。在圖 25

之實例中，回應於該或該等所感測性質之變化，該控制器判定第一測量與第二測量之間之一差異(342)。在圖 25 之實例中，該控制器停用該感測器(344)。在圖 25 之實例中，該控制器判定是否該差異係在一預定範圍內(346)或以其他方式匹配正匹配一預期過濾器類型之一範圍（例如，一共振頻率範圍）。舉另一實例，該控制器可判定一段時間之感測性質之量變曲線匹配所插入之該預期過濾器類型之預期量變曲線。比較地，該控制器指示已插入該預期過濾器類型(「是」分支），過濾器識別系統 302 輸出已鑑認過濾器外殼 312 之一指標或訊息(348)。在一些實例中，授權可啟用手動重設一過濾器壽命指標。在圖 25 之實例中，如果未偵測到一匹配(「否」分支），則過濾器識別系統 302 不鑑認過濾器外殼 312(350)，導致一警告或其他指標/訊息。在一些實例中，失敗的鑑認不會啟用過濾器壽命標之手動重設。

【0181】 圖 26 係沿一過濾器外殼 362 之一縱向軸之一剖面圖，以繪示由固定至該過濾器外殼之感測器系統之天線 364 產生之一實例性模擬磁場（在垂直於該縱向軸之平面）。在圖 26 之模擬示意圖中，圓柱狀過濾器外殼 362 被產生電磁場 366 之天線 364 所圍繞。在圖 26 之實例中，電磁場 366 未受妨礙地傳播通過過濾器外殼 362 及過濾介質（未展示）。此外，圖 26 繪示用於感測各種過濾介質而建立之磁場的實例性強度。在一些實例中，在該過濾介質之一操作期間，該過濾介質之傳導性會改變電磁場 366。

【0182】 圖 27 係繪示感測器系統之天線之實例性模擬電磁場、及定位在過濾器外殼之外部上之傳導性識別條之示意圖。在圖 27 之模

擬示意圖中，圓柱狀過濾器外殼 372 被產生電磁場 376 之天線 374 所圍繞。在圖 27 之實例中，電磁場 376 傳播通過過濾器外殼 372 及過濾介質（未展示）之一部分。在一些實例中，在該過濾介質之一操作期間，該過濾介質之傳導性會改變電磁場 376。在圖 27 之實例中，電磁場 376 不傳播通過圍繞過濾器外殼 372 的傳導環 378。依此方式，圖 27 之模擬繪示可藉由傳導性識別條來修改鄰近於過濾器外殼的電磁場之形狀。

【0183】 圖 28 係繪示感測器系統之天線之實例性模擬電磁場及定位在過濾器外殼之外部上之磁性識別條之示意圖。在圖 28 之模擬示意圖中，圓柱狀過濾器外殼 382 被產生電磁場 386 之天線 384 所圍繞。在圖 28 之實例中，電磁場 386 傳播通過過濾器外殼 382 及過濾介質（未展示）之一部分。在一些實例中，在該過濾介質之一操作期間，該過濾介質之傳導性會改變電磁場 386。在圖 28 之實例中，藉由圍繞過濾器外殼 382 之鐵氧體環 388 改變電磁場 386。依此方式，模擬展示可藉由磁性識別條修改在過濾塊內之磁場之形狀。

【0184】 圖 29 係繪示感測器系統之天線之實例性模擬磁場及定位在過濾器外殼之內部上之磁性識別條之示意圖。在圖 29 之模擬示意圖中，圓柱狀過濾器外殼 392 被產生電磁場 396 之天線 394 所圍繞。在圖 29 之實例中，電磁場 396 傳播通過過濾器外殼 392 及過濾介質（未展示）之一部分。在一些實例中，在該過濾介質之一操作期間，該過濾介質之傳導性會改變電磁場 396。在圖 29 之實例中，藉由定位

在過濾器外殼 392 之內部的鐵氧體柱體 398 改變電磁場 396。依此方式，模擬展示可藉由磁性識別條修改在過濾塊內之磁場之形狀。

【0185】 圖 34A 及圖 34B 係繪示具有識別條之實例性過濾器外殼及過濾器外殼識別系統之天線之示意圖。在圖 34A 及圖 34B 之實例中，識別條 1008A、1008B（統稱為「識別條 1008」）繞一非傳導性過濾器外殼 1006 之周長定位，非傳導性過濾器外殼 1006 含有一流體入口 1010A、流體出口 1010B、及四個過濾介質層 1012A、1012B、1012C、1012D（統稱為「過濾介質 1012」）。在圖 34A 之實例中，識別條 1008A 實質上包圍過濾器外殼 1006 之整個周長且定位於與天線 1004 相距達一距離 1014 處，如沿過濾器外殼之縱向軸所測量。在圖 34B 之實例中，識別條 1008A 包圍過濾器外殼 1006 之周長之大約一半且定位於與天線 1004 相距達一距離 1014 處，如沿過濾器外殼之縱向軸所測量。在一些實例中，識別條 1008A、1008B 可包括一或多個傳導條或磁條。在一些實例中，一或多個識別條可定位成繞過濾器外殼 1006 之周長之至少一部分。在一些實例中，識別條 1008A、1008B 使由天線 1004 所產生之一電磁場之一或多個性質變化，使得該變化取決於距離 1014。例如，由天線 1004 所產生之一電磁場之一或多個性質可隨著識別條 1008A、1008B 經定位而較接近或遠離天線 1004 而變化。

【0186】 圖 35 係繪示圖 34A 之具有識別條 1008A 及天線 1004 之一實例性過濾器外殼 1006 之剖面圖之示意圖。在圖 35 之實例中，一過濾器識別系統之天線 1004 包圍識別條 1008 及非傳導性過濾器外

殼 1006，非傳導性過濾器外殼 1006 含有一流體入口 1010A、流體出口 1010A、四個過濾介質層 1012A、1012B、1012C、1012D（統稱為「過濾介質 1012」）、及氣隙 1016，氣隙 1016 在天線 1004 與識別條 1008 或過濾器外殼 1006 之間。

【0187】 使用圖 34A、圖 34B 及圖 35 之過濾器外殼識別系統執行模擬。在模擬中，天線由一單一-匝銅(σ=5.8 x 10^7 S/m)電感環圈所組成。該環圈之尺寸係 0.2 cm 厚、1.3 cm 寬、及 2.4 cm 內直徑。一小氣隙存在於天線與外殼之間。藉由 590 pF 電容元件的電連接而將天線模型化為一共振電路。外殼由非傳導塑膠材料（ε_r = 3，tanδ = 0.002）所組成。外殼定位於天線與過濾器之間。外殼之外直徑及內直徑分別係 46 mm 及 34 mm。過濾器模型化為四個同心層，以允許一簡單方法調查在過濾器內之導電性梯度之效應。在所有情況中，過濾器之相對介電係 2.5。為了表示一新過濾器，所有四個層經選擇以具有 23 S/m 之傳導性。為了表示一經部分使用之過濾器，兩個外層（層 3 與 4）及內層（層 1 與 2）經選擇以分別具有 6.47 S/m 及 23 S/m 之傳導性。兩個水層 1010A、1010B（ε_r=81，σ=0.01 S/m）模擬為定位於外殼 1006 與過濾器層 1012A 之間及在過濾器層 1012D 之內徑內之一區域。

【0188】 在模擬中，四個過濾介質層 1012 具有下列尺寸：

層 1012D（內層）：	內直徑：8 mm	外直徑：13.5 mm
層 1012C：	內直徑：13.5 mm	外直徑：19.5 mm
層 1012B：	內直徑：19.5 mm	外直徑：24.5 mm
層 1012A（外層）：	內直徑：24.5 mm	外直徑：30 mm

【0189】 圖 36 係繪示就圖 35 所描述之實例性過濾器外殼識別系統之共振天線對頻率(GHz)之實阻抗之實例性模擬結果之圖表。具體而言，圖 36 展示對於三個不同天線帶離距 0.0 cm、0.3 cm 及 0.6 cm、定位在過濾器外殼之外表面上的銅帶之共振天線阻抗之實部。在模擬中，銅帶之尺寸係¼”寬、1.4 密耳厚，且在有一 0.2 mm 氣隙情況中幾乎完全包覆過濾器外殼。隨著天線帶離距(d)縮減，共振頻率之頻移增加。在過濾器特性化之應用中，可使用完全插入時的天線帶離距，以基於頻率頻移或振幅頻移來判定過濾器類型及過濾參數。在鄰近度感測之應用中，可使用插入期間的天線帶離距來判定適當過濾器插入（洩漏形成的最小化可能性），即，洩漏偵測。

【0190】 圖 37 係繪示展示對於下列三個不同帶長度、定位在過濾器外殼之外表面上的銅帶之共振天線阻抗之實部的實例性模擬結果之另一圖表：繞外殼包覆一半之一帶；在有一 0.2 mm 氣隙情況中幾乎完全包覆外殼之一帶；及完全包覆外殼且端部經電連接之一帶。隨著傳導帶包覆過濾器外殼之較大區段，共振頻率頻移增加。電連接帶之端部導致共振頻率頻移增加。連接之電阻影響頻移量值。在過濾器特性化之應用中，可使用帶之長度來判定過濾器類型及過濾參數。在洩漏偵測之應用中，可使用帶中之包含一取決於濕度之電阻器之一區段來偵測洩漏。

【0191】 依此方式，圖 37 繪示隨著識別帶之周向長度變化而改變天線之共振頻率變化及阻抗。在一些實例中，基於識別帶長度的天

線之共振頻率變化及/或阻抗可特性化過濾器外殼位置，以判定是否過濾器外殼適當安置在過濾系統中，其可用來警示潛在流體洩漏。在其他實例中，基於識別帶長度的天線之共振頻率變化或阻抗可特性化過濾器外殼之其他參數。

【0192】 圖 38A 及圖 38B 係繪示當使用傳導性識別帶時共振頻率頻移之實例性模擬結果之圖表。具體而言，圖表展示含有附接至過濾器外殼之外表面的具有下列三個不同長度之銅帶的過濾器之共振天線阻抗之實部：繞外殼包覆一半之一帶；在有一 0.5 mm 氣隙情況中幾乎完全包覆外殼之一帶；及完全包覆外殼且端部電連接之一帶。圖展示下列兩個過濾器傳導性之阻抗之實部：對於所有 4 層具有 23 S/m 之傳導性的新過濾器；及對於兩個內層具有 23 S/m 之傳導性且對於兩個外層具有 6.47 S/m 之傳導性的經部分使用之過濾器。

【0193】 表 3 展示在四個不同識別帶之各別共振頻率下、新過濾器及經部分使用之過濾器的實阻抗（以歐姆為單位）之實驗結果。

表 3

銅帶類型	實阻抗(Ω)新過濾器	實阻抗(Ω)經部分使用之過濾器	經部分使用之過濾器/新過濾器的比率
無帶	389.86	902.07	2.31
1/2	381.17	875.99	2.30
完全–氣隙	365.43	843.20	2.31
完全–連接端部	494.75	925.93	1.87

依此方式，圖 38A、圖 38B 繪示：在含識別帶 1008 與不含識別帶 1008 情況中過濾介質 1012 之敏感度對傳導性變化相似；且可使用共

振頻率變化及阻抗，以基於一識別帶來判定過濾器類型及基於一過濾介質之傳導性來判定過濾器能力。

【0194】 圖 39 展示模擬過濾器感測系統之磁場之四個等值線圖。具體而言，該等值線圖展示下列共振天線之磁場：不具有帶之共振天線；使用一 1/4 吋寬、1.4 密耳厚銅帶之共振天線；使用一 1 吋寬、1.4 密耳厚銅帶之共振天線；及使用一 1 吋寬、200 um 厚軟磁帶（μ_r'=100，μ_r'' = 10）之共振天線。

【0195】 圖 40 係展示圖 39 之磁場依據沿過濾器之長軸之軸向距離而變化之圖表。在圖 39 中藉由虛線指示軸向位置。定位在過濾器外殼之外表面上的傳導帶及磁帶之存在修改來自共振天線之磁場之分布。如藉由此等模擬可見，相對於在識別帶不存在之情況中的磁場，銅帶之存在導致磁場沿過濾器之軸擴增。可使用磁場之重新分布以探測不同區域、位置及體積之過濾器材料。

【0196】 圖 41 展示用以模型化定位在過濾器之內表面上之傳導帶或磁帶對磁場分佈及感測器敏感度之效應的過濾器配置及幾何之示意圖。

【0197】 圖 42 展示由圖 41 之過濾器配置所產生之模擬磁場之等值線圖，其中搭配定位在過濾器之內表面上之傳導帶或磁帶使用共振天線。在所有情況中，傳導材料或磁性材料之存在導致自共振天線產生之磁場之修改分布。

【0198】 圖 43 展示描繪定位在過濾器之內表面上之模型化傳導帶及磁帶對共振天線之實阻抗及共振頻率之效應的四個圖表。在所有

案例中，模擬指示過濾器之兩個外層之傳導性降低，共振時實阻抗之振幅增加。相對於不含帶，定位在過濾器之內表面上的傳導帶導致一較高經部分使用之過濾器/新過濾器的比率。長核心磁帶增加與過濾器傳導性變化相關聯之頻率變化。

【0199】 下表 4 展示定位在過濾器之內表面上之傳導帶及磁帶對共振時的實阻抗(R_{AF})之效應。在所有情況中，隨著過濾器之兩個外層之傳導性降低，共振時實阻抗之振幅增加。觀察到兩個 5 mm 核心銅帶具有由過濾器之兩個外層之傳導性降低引起的最大實阻抗變化。

表 4

銅帶類型	實阻抗(Ω)新過濾器	實阻抗(Ω)經部分使用之過濾器	經部分使用之過濾器/新過濾器的比率
長核心磁帶	75.32	100.60	1.34
10 mm 核心磁帶	332.01	720.38	2.17
12 mm 核心銅帶	425.48	1027.90	2.42
兩個 5 mm 核心銅帶	417.77	1046.30	2.50

【0200】 下表 5 展示定位在過濾器之內表面上之傳導帶及磁帶對共振天線之共振頻率之效應。在所有情況中，隨著過濾器之兩個外層之傳導性降低，共振頻率降低。觀察到長核心磁帶具有由過濾器之兩個外層之傳導性降低引起的最大頻率變化。

表 5

銅帶類型	f_0 (MHz)新過濾器	f_0 (MHz)經部分使用之過濾器	經部分使用之過濾器/新過濾器的比率
長核心磁帶	25.636	25.198	0.983
10 mm 核心磁帶	26.781	26.724	0.998

銅帶類型	f_0 (MHz)新過濾器	f_0 (MHz)經部分使用之過濾器	經部分使用之過濾器/新過濾器的比率
12 mm 核心銅帶	26.997	26.970	0.999
兩個 5 mm 核心銅帶	27.040	26.972	0.997

【0201】 圖 44 展示針對具有嵌入在塑膠過濾器外殼中（即，整合在塑膠過濾器外殼內）之傳導環之共振天線所執行的模擬之模型化幾何、磁場等值線圖、模型化幾何、實阻抗及磁場。當過濾器之兩個外層之傳導性降低時，實阻抗及共振頻率增加發生。在模擬中，嵌入在塑膠外殼中的一傳導環導致由過濾器傳導性變化引起的 2%至 3%之大共振頻率頻移。

【0202】 雖然在前文中描述為識別帶，但是在一些實例中設想識別帶可具有不係傳統伸長「帶」形狀的不同形狀或外形。例如，識別帶可具有矩形形狀、圓形形狀、梯形形狀、三角形形狀。在其他實例中，帶可由撓性、韌性、剛性、可彎曲性、或可成形材料所組成。在又其他實例中，識別帶可具有主要 1D、2D，或 3D 的外形且設置在過濾器外殼上或內。

例示性實施例

【0203】 實施例 1。一種過濾器感測器，其包含：

一天線；

一控制器，其經電耦合至該天線且經組態以驅動一電信號穿過該天線以產生一電磁信號，

其中該天線經由近場耦合而電磁耦合至一過濾介質，

其中該控制器經組態以偵測該天線之一特性，其中該天線之該特性回應於該過濾介質之一變化而變化，且其中該控制器進一步經組態以基於該天線之該特性而判定指示該過濾介質之一剩餘過濾器能力的一指標。

【0204】 實施例 2。如實施例 1 之過濾器感測器，其中該天線之該特性包含一電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之至少一者。

【0205】 實施例 3。如實施例 1 或 2 之過濾器感測器，其中該天線之該特性回應於過濾期間隨時間變化的該過濾介質之一材料性質之一變化而變化，且其中該材料性質包含該過濾介質之一導電性、磁導率、磁性損耗正切、矯頑磁性、磁飽和、介電常數、介電損耗正切或介電強度之至少一者。

【0206】 實施例 4。如實施例 1 至 3 中任一項之過濾器感測器，其進一步包含：一感測器外殼，該感測器外殼含有該天線及該控制器，其中該感測器外殼經定成環狀形狀而具有一內直徑，該內直徑經定大小以包圍含有該過濾介質的一過濾器外殼之一直徑，且其中該天線包含一或多個環圈，該一或多個環圈經配置以包繞該感測器外殼以圍繞該過濾器外殼。

【0207】 實施例 5。如實施例 1 至 4 中任一項之過濾器感測器，其中該感測器經組態以搭配下列至少一者使用：一過濾器系統、一電器、一個人呼吸器裝置、一 HVAC 系統或一天然氣分配系統。

【0208】 實施例 6。如實施例 1 至 5 中任一項之過濾器感測器，其中該控制器進一步經組態以比較該剩餘過濾器能力與一臨限。

【0209】 實施例 7。如實施例 6 之過濾器感測器，其中該控制器進一步經組態以當該剩餘過濾器能力低於該臨限時輸出一警示。

【0210】 實施例 8。如實施例 1 至 7 中任一項之過濾器感測器，其中該感測器包含一低電磁損耗材料。

【0211】 實施例 9。如實施例 1 至 8 中任一項之過濾器感測器，其中該天線係一電感元件。

【0212】 實施例 10。如實施例 1 至 9 中任一項之過濾器感測器，其中該天線係一電容元件。

【0213】 實施例 11。如實施例 1 至 10 中任一項之過濾器感測器，其中該天線係一環形天線。

【0214】 實施例 12。如實施例 1 至 11 中任一項之過濾器感測器，其中該天線係一單匝天線。

【0215】 實施例 13。如實施例 1 至 12 中任一項之過濾器感測器，其中該天線係一多匝天線。

【0216】 實施例 14。如實施例 1 至 13 中任一項之過濾器感測器，其中該控制器經組態以依一頻率驅動一電信號穿過該天線，該天線在該頻率下非共振。

【0217】 實施例 15。如實施例 1 至 14 中任一項之過濾器感測器，其中該控制器經組態以依一頻率驅動一電信號穿過該天線，該天線在該頻率下共振。

【0218】 實施例 16。如實施例 1 至 15 中任一項之過濾器感測器，其中該天線在高於 50 kHz 之一頻率下共振。

【0219】 實施例 17。如實施例 1 至 16 中任一項之過濾器感測器，其中該天線在高於 100 kHz 之一頻率下共振。

【0220】 實施例 18。如實施例 1 至 17 中任一項之過濾器感測器，其中該天線在低於 5.8 GHz 之一頻率下共振。

【0221】 實施例 19。如實施例 1 至 18 中任一項之過濾器感測器，其進一步包含：一第二天線，該第二天線依一第二頻率操作，該第二頻率不同於該天線之該頻率。

【0222】 實施例 20。如實施例 1 至 19 中任一項之過濾器感測器，其中該天線之一等效並聯電阻大於 0.001 倍之該過濾器介質之一耦合電阻。

【0223】 實施例 21。如實施例 1 至 20 中任一項之過濾器感測器，其中該天線之一等效並聯電阻大於 0.01 倍之該過濾器介質之一耦合電阻。

【0224】 實施例 22。如實施例 1 至 21 中任一項之過濾器感測器，其中該天線之一等效並聯電阻大於 0.1 倍之該過濾器介質之一耦合電阻。

【0225】 實施例 23。如實施例 1 至 22 中任一項之過濾器感測器，其中該天線之一等效並聯電阻大於該過濾器介質之一耦合電阻。

【0226】 實施例 24。如實施例 1 至 23 中任一項之過濾器感測器，其中該天線具有小於 10,000 之一 q-因子。

【0227】 實施例 25。如實施例 1 至 24 中任一項之過濾器感測器，其中該天線具有小於 1,000 之一 q-因子。

【0228】 實施例 26。如實施例 1 至 25 中任一項之過濾器感測器，其中該天線具有小於 500 之一 q-因子。

【0229】 實施例 27。如實施例 1 至 26 中任一項之過濾器感測器，其中該天線具有大於 1 之一品質因子。

【0230】 實施例 28。如實施例 1 至 27 中任一項之過濾器感測器，其中該天線具有大於 10 之一品質因子。

【0231】 實施例 29。如實施例 1 至 28 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經感應耦合至該過濾器介質。

【0232】 實施例 30。如實施例 1 至 29 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經電容耦合至該過濾器介質。

【0233】 實施例 31。如實施例 1 至 30 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經組態以包圍該過濾器介質。

【0234】 實施例 32。如實施例 1 至 31 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經組態以納含在該過濾器介質內。

【0235】 實施例 33。如實施例 1 至 32 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經組態以設置成近接該過濾器外殼。

【0236】 實施例 34。如實施例 1 至 33 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經組態以納含在該過濾器外殼內。

【0237】 實施例 35。如實施例 1 至 34 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經組態以納含在該過濾器外殼之一凹部內。

【0238】 實施例 36。如實施例 1 至 35 中任一項之過濾器感測器，其中該天線經組態成該過濾器外殼。

【0239】 實施例 38。一種過濾器感測器，其包含：

一感測器外殼，其具有一環狀形狀以圍繞含有一過濾器介質之一過濾器外殼；

一天線，其在該感測器外殼內以圍繞該過濾器外殼；且

一控制器，以驅動一電子信號穿過該天線，以在該過濾器介質之至少一部分內產生一電磁場，

其中該控制器經組態以偵測該電磁場之一性質，該性質指示該過濾器介質之一剩餘過濾器能力。

【0240】 實施例 39。一種過濾系統，其包含：

一過濾器外殼，其沿一流動路徑而定位，該流動路徑輸送一流體，該過濾器外殼含有一過濾器介質以過濾該流體；

一過濾器感測器，其包含一天線及一控制器，

其中該控制器經組態以驅動一電信號穿過該天線以產生一電磁信號，該電磁信號經組態以形成穿過該過濾器介質之至少一部分的一電磁場且近場耦合該天線至該過濾器介質之至少一部分，且

其中該控制器經組態以偵測該天線之一特性，該特性受到與納含在該過濾器外殼內之該過濾器介質的該近場耦合影響，且回應於該所偵測特性，判定該過濾器介質之一剩餘過濾器能力。

【0241】 實施例 40。如實施例 39 之過濾系統，其中該天線之該特性包含一電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之一者。

【0242】 實施例 41。如實施例 39 或 40 之過濾系統，其中該天線之該特性回應於該過濾器介質之一材料性質之變化而隨時間變化，且其中該材料性質係該過濾器介質之一導電性、磁導率、磁性損耗正切、矯頑磁性、磁飽和、介電常數、介電損耗正切或介電強度之一者。

【0243】 實施例 42。如實施例 39 至 41 中任一項之過濾系統，其中該感測器進一步包含一外殼，該外殼含有該天線及該控制器，其中該外殼經定成環狀形狀而具有一內直徑，該內直徑經定大小以包圍一過濾器外殼之一直徑，且其中該天線包含一或多個環圈，該一或多個環圈經配置以包繞該外殼以圍繞該過濾器外殼。

【0244】 實施例 43。如實施例 39 至 42 中任一項之過濾系統，其中該感測器經組態以連接至下列一者或多者：一過濾器系統、一電器、一個人呼吸器裝置、一 HVAC 系統或一天然氣分配系統。

【0245】 實施例 44。如實施例 39 至 43 中任一項之過濾系統，其中該過濾器介質經組態用於水過濾或空氣過濾。

【0246】 實施例 45。如實施例 39 至 44 中任一項之過濾系統，其中該過濾器介質係一塊介質或粒狀。

【0247】 實施例 46。如實施例 39 至 45 中任一項之過濾系統，其中該過濾器介質係駐極體、不織布或一離子交換介質之一者。

【0248】 實施例 47。如實施例 39 至 46 中任一項之過濾系統，其中該過濾器介質含有含碳材料，且其中該控制器經組態以藉由監測至該天線之該特性隨時間變化而判定該過濾器介質之該剩餘過濾器能力。

【0249】 實施例 48。如實施例 39 至 47 中任一項之過濾系統，其中該感測器包含實施例 1 至 38 中任一項之該感測器。

【0250】 實施例 49。一種方法，其包含：

使用一感測器之一天線產生一電磁信號，該電磁信號近場耦合至納含在一過濾器外殼內之一過濾器介質之至少一部分，該過濾器外殼連接在一過濾系統內；

偵測受到納含在該過濾器外殼內之該過濾器介質影響的該天線之至少一特性之一變化；及

回應於該所偵測特性，判定該過濾器介質之一剩餘過濾器能力。

【0251】 實施例 50。如實施例 49 之方法，其中偵測該天線之至少一特性之一變化包含：偵測一電感、電容、電抗、阻抗、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之至少一者之一變化。

【0252】 實施例 51。如實施例 49 或 50 之方法，其中偵測該天線之至少一特性之一變化包含偵測回應於在藉由該過濾器介質過濾一流體期間隨時間的該過濾器介質之一材料性質之一變化的一變化，且其中該材料性質係該過濾器介質之一導電性、磁導率、磁性損耗正切、矯頑磁性、磁飽和、介電常數、介電損耗正切或介電強度之一者。

【0253】 實施例 52。如實施例 49 至 51 中任一項之方法，其進一步包含判定是否該過濾器介質之該剩餘過濾器能力係在一臨限範圍內。

【0254】 實施例 53。如實施例 52 之方法，其進一步包含回應於判定該目前能力低於該臨限範圍而使用該控制器產生一警告信號。

【0255】 實施例 54。如實施例 49 至 53 中任一項之方法，其進一步包含傳達該特性之該偵測到變化至一遠端監測器。

【0256】 實施例 55。一種水過濾系統，其包含：

一過濾器外殼，其包含一入口及一出口，未經處理水透過該入口進入，經處理水從該出口離開；

納含在該過濾器外殼內之一過濾器介質經組態以過濾行進通過該過濾器外殼的水；及

一過濾器感測器，其包含經組態以依一頻率產生一射頻信號之一控制器，該頻率經選擇以在作為一共振腔之該過濾器外殼內共振以在該過濾器外殼內形成一駐波，該駐波傳播通過該過濾器介質之至少一部分，

其中該控制器經組態以偵測歸因於該水過濾介質之一傳導性所致的該共振腔之一性質，且基於該所偵測性質而判定該水過濾介質之一剩餘過濾器能力。

【0257】 實施例 56。如實施例 55 之水過濾系統，其中由該控制器偵測之該至少一特性包含一電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之一者。

【0258】 實施例 57。如實施例 55 或 56 之水過濾系統，其中該過濾器外殼包含一波導、一埠或一窗之一者或多者且經組態以引導該射頻信號至該過濾器外殼中。

【0259】 實施例 58。如實施例 55 至 57 中任一項之水過濾系統，其中該控制器進一步經組態以偵測歸因於該水過濾介質之一傳導性所致的該共振腔之該性質之一變化，且基於該所偵測變化而判定該水過濾介質之該剩餘過濾器能力。

【0260】 實施例 59。一種感測器，其包含：

一控制器，其經組態以依一經選擇頻率產生一射頻信號以在含有一水過濾介質之一過濾器外殼內共振，以在該過濾器外殼內形成一駐波，該駐波傳播通過該過濾器介質之至少一部分，

其中該控制器經組態以偵測歸因於該水過濾介質之一傳導性所致的該駐波之一性質之一變化，且基於該性質之該所偵測變化而判定該水過濾介質之一剩餘過濾器能力。

【0261】 實施例 60。如實施例 59 之感測器，其中由該控制器偵測之該至少一特性包含一頻率、量值、相位及極化之一者。

【0262】 實施例 61。一種方法，其包含：

使用鄰近含有一水過濾介質之一過濾器外殼的一感測器依一頻率產生一射頻(RF)信號，該頻率經選擇以在作為一共振腔之該過濾器外殼內共振以在該過濾器外殼內形成一駐波，該駐波傳播通過該過濾器介質之至少一部分；

偵測歸因於該水過濾介質之一傳導性所致的該共振腔之一性質之一變化，且由一控制器基於該所偵測到性質而判定該水過濾介質之一剩餘過濾器能力。

【0263】 實施例 62。如實施例 61 之方法，其中該所偵測性質包含一電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之一者。

【0264】 實施例 63。如實施例 61 或 62 之方法，其進一步包含：使用該控制器基於該駐波之一性質之一比較比較該過濾器介質之該剩餘過濾器能力與一臨限。

【0265】 實施例 64。如實施例 61 至 63 中任一項之方法，其進一步包含：使用該控制器產生一警告信號。

【0266】 實施例 65。如實施例 61 至 64 中任一項之方法，其進一步包含：傳達該所偵測到性質至一遠端監測器。

【0267】 實施例 66。一種過濾系統，其包含：

一第一過濾器外殼，其沿一第一流動路徑而定位，該第一流動路徑輸送一第一流體，該過濾器外殼含有一第一過濾器介質以過濾該第一流體；

一第一過濾器感測器，其包含一第一天線及一第一控制器，其中該第一控制器經組態以驅動一第一信號穿過該第一天線以產生一第一電磁信號，穿過該第一天線以產生一電磁信號，其中該第一天線經由近場耦合而電磁耦合至該第一過濾器介質，且其中該第一控制器經組

態以偵測受到與該第一過濾器介質的該近場耦合影響的該第一天線之一特性；

一第二過濾器外殼，其沿一第二流動路徑而定位，該第二流動路徑輸送一第二流體，該第二過濾器外殼含有用以過濾該第二流體之一第二過濾器介質；

一第二過濾器感測器，其包含一第二天線及一第二控制器，其中該第二控制器經組態以驅動一第二信號穿過該第二天線以產生一第二電磁信號，其中該第二天線經由近場耦合而電磁耦合至該第二過濾器介質，其中該第二控制器經組態以偵測受到與該第二過濾器介質的該近場耦合影響的該第二天線之一特性；及

一監測器，其經組態以回應於該第一天線之該所偵測到特性及該第二天線之該所偵測到特性，而判定該第二過濾器外殼之該第二過濾器介質之一剩餘過濾器能力。

【0268】 實施例 67。如實施例 66 之過濾系統，其中該監測器經組態以回應於該第一天線之該等所偵測到特性而補償該第二過濾器介質之該剩餘過濾器能力。

【0269】 實施例 68。如實施例 66 或 67 之過濾系統，其中該監測器經組態以基於介於該第一天線之該所偵測到特性與該第二天線之該所偵測到特性之間之一差量來判定該第二過濾器介質之該剩餘過濾器能力。

【0270】 實施例 69。如實施例 66 至 68 中任一項之過濾系統，其中該第一天線之該特性及該第二天線之該特性包含下列一者或多

者：一電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率。

【0271】 實施例 70。如實施例 66 至 69 中任一項之過濾系統，其中該第一過濾器外殼及該第二過濾器外殼係同一過濾器外殼，且其中該第一過濾器介質及該第二過濾器介質係同一過濾器介質之不同部分。

【0272】 實施例 71。如實施例 66 至 70 中任一項之過濾系統，其中該監測器經定位遠離該第一感測器及該第二感測器。

【0273】 實施例 72。如實施例 66 至 71 中任一項之過濾系統，其中該監測器受控於該第二感測器之該第二控制器。

【0274】 實施例 73。如實施例 66 至 72 中任一項之過濾系統，其中該感測器包含實施例 1 至 38 或實施例 59 至 60 之該等感測器之任一者。

【0275】 實施例 74。一種方法，其包含：

使用一第一感測器之一天線產生一電磁信號，該電磁信號近場耦合至納含在一第一過濾器外殼內之一第一過濾器介質之至少一部分，該第一過濾器外殼連接在一過濾系統內；

偵測受到該第一過濾器介質影響的該天線之一特性；

使用一第二感測器之一天線產生一電磁信號，該電磁信號近場耦合至納含在一第二過濾器外殼內之一第二過濾器介質，該第二過濾器外殼連接在該過濾系統內；

偵測受到納含在該第二過濾器外殼內之該第二過濾器介質影響的該第二感測器之該天線之一特性；且

回應於該第一感測器之該天線之該所偵測到特性及該第二感測器之該天線之該所偵測到特性，判定該第二過濾器介質之一剩餘過濾器能力。

【0276】 實施例 75。如實施例 74 之方法，其進一步包含：

回應於該第一感測器之該天線之該等所偵測特性，調整該第二過濾器介質之該經判定剩餘過濾器能力。

【0277】 實施例 76。如實施例 74 或 75 之方法，其中該第一過濾器外殼及該第二過濾器外殼係同一過濾器外殼，且其中該第一過濾器介質及該第二過濾器介質係同一過濾器介質之不同部分。

【0278】 實施例 77。如實施例 74 至 76 中任一項之方法，其中該天線之該特性包含一電感、電容、電抗、阻抗、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之至少一者。

【0279】 實施例 78。如實施例 74 至 77 中任一項之方法，其進一步包含：

偵測該第二感測器之該天線之該特性之一變化，其中該變化係回應於過濾一流體期間隨時間的該第二過濾器介質之一材料性質之一變化，且

其中該材料性質係該過濾器介質之一導電性、磁導率、磁性損耗正切、矯頑磁性、磁飽和、介電常數、介電損耗正切或介電強度之一者

【0280】 實施例 79。如實施例 74 至 78 中任一項之方法，其進一步包含：判定是否該第二過濾器介質之該剩餘過濾器能力係在一範圍內。

【0281】 實施例 80。如實施例 74 至 79 中任一項之方法，其進一步包含：由一控制器回應於判定該第二過濾器介質之該剩餘過濾器能力低於一臨限而產生一警告信號。

【0282】 實施例 81。如實施例 74 至 80 中任一項之方法，其進一步包含：傳達該第二過濾器介質之該經判定剩餘過濾器能力至一遠端監測器。

【0283】 已描述本揭露之各種態樣。此等及其他態樣係在下文的申請專利範圍範疇內。

【符號說明】

【0284】 10...過濾監測系統

【0285】 12...監測器

【0286】 14...過濾器外殼

【0287】 14A...過濾器外殼

【0288】 14B...過濾器外殼

【0289】 14N...過濾器外殼

【0290】 16...過濾器外殼

【0291】 16A...過濾器外殼

【0292】 16B...過濾器外殼

【0293】 16N...過濾器外殼

【0294】 18...感測器

【0295】 20...感測器

【0296】 21...過濾器外殼

【0297】 22...測試/重設按鈕

【0298】 24...使用者介面

【0299】 26...交流電

【0300】 28...磁場；第一磁場

【0301】 34A...接地

【0302】 34B...接地

【0303】 36...交流電產生器

【0304】 38...電阻器

【0305】 40...控制器

【0306】 42...天線

【0307】 42A...電阻器

【0308】 42B...電感器

【0309】 42C...電容器

【0310】 44...電阻器；天線電阻器

【0311】 46...過濾器介質電阻器

【0312】 48...電磁連通

【0313】 50...感測器

【0314】 52...感測器外殼

【0315】 54...使用者介面

【0316】　56...控制器

【0317】　58...電源

【0318】　60...場感測器

【0319】　61...RF 產生器

【0320】　63...天線

【0321】　64...過濾器外殼

【0322】　66...過濾器介質

【0323】　68...電磁連通；電磁信號；電磁場；過濾器介質；過濾介質

【0324】　70...WiFi 傳輸器或其他無線電傳輸器

【0325】　80...步驟

【0326】　81...步驟

【0327】　83...步驟

【0328】　84...步驟

【0329】　85...步驟

【0330】　86...步驟

【0331】　87...步驟

【0332】　88...步驟

【0333】　89...步驟

【0334】　90...步驟

【0335】　94...步驟

【0336】　96...步驟

【0337】　98...步驟

【0338】　100...步驟

【0339】　101...步驟

【0340】　102...步驟

【0341】　104...步驟

【0342】　106...步驟

【0343】　108...步驟

【0344】　110...圖

【0345】　112...活性碳過濾器介質電阻（繪為實心菱形）

【0346】　114...氯通過百分比（繪為實心方形）

【0347】　116...圖

【0348】　118...感測器耦合電阻（曲線）

【0349】　120...過濾器流出物氯濃度（曲線）

【0350】　122...圖

【0351】　126...圖

【0352】　130...感測器；感測器系統

【0353】　132...傳導性過濾器外殼；傳導性外殼

【0354】　134...過濾介質；過濾器介質

【0355】　136...電場

【0356】　138...感測器

【0357】　140...磁場

【0358】　150...感測器系統

【0359】　154...過濾器介質；過濾器外殼

【0360】　156...過濾器介質；過濾器外殼

【0361】　158...感測器

【0362】　160...探針

【0363】　160...圖（圖 17）

【0364】　161...連接器特徵；連接器

【0365】　162　使用者介面元件

【0366】　162...壓按重設/測試按鈕（圖 16）

【0367】　162...曲線（圖 17）

【0368】　164...使用者介面元件；使用者介面（圖 16）

【0369】　164...曲線（圖 17）

【0370】　166...曲線

【0371】　168...曲線

【0372】　170...曲線

【0373】　180...圖

【0374】　182...曲線

【0375】　184...曲線

【0376】　186...曲線

【0377】　188...曲線

【0378】　190...曲線

【0379】　200...步驟

【0380】　202...步驟

【0381】 204...步驟

【0382】 206...步驟

【0383】 208...步驟

【0384】 210...步驟

【0385】 212...步驟

【0386】 214...步驟

【0387】 216...步驟

【0388】 218...步驟

【0389】 220...感測器系統

【0390】 222...流體入口

【0391】 224...過濾器外殼

【0392】 226...流動方向

【0393】 228...感測器

【0394】 228A...感測器

【0395】 228B...感測器

【0396】 228C...感測器

【0397】 228D...感測器

【0398】 230...流體出口

【0399】 302...過濾器識別系統

【0400】 304...過濾器歧管

【0401】 306...過濾器歧管耦合構件

【0402】 308...感測器

【0403】　310...識別條

【0404】　312...過濾器外殼

【0405】　320...圖

【0406】　322...曲線

【0407】　324...曲線

【0408】　326...曲線

【0409】　332...步驟

【0410】　334...步驟

【0411】　336...步驟

【0412】　338...步驟

【0413】　340...步驟

【0414】　342...步驟

【0415】　344...步驟

【0416】　346...步驟

【0417】　348...步驟

【0418】　350...步驟

【0419】　362...過濾器外殼

【0420】　364...天線

【0421】　366...電磁場

【0422】　372...圓柱狀過濾器外殼

【0423】　374...天線

【0424】　376...電磁場

【0425】　378...傳導環

【0426】　382...過濾器外殼

【0427】　384...天線

【0428】　386...電磁場

【0429】　388...鐵氧體環

【0430】　392...圓柱狀過濾器外殼

【0431】　394...天線

【0432】　396...電磁場

【0433】　398...鐵氧體柱體

【0434】　402...步驟

【0435】　404...步驟

【0436】　406...步驟

【0437】　408...步驟

【0438】　409...步驟

【0439】　410...步驟

【0440】　412...步驟

【0441】　414...步驟

【0442】　416...步驟

【0443】　502...步驟

【0444】　504...步驟

【0445】　506...步驟

【0446】　508...步驟

【0447】　510...步驟

【0448】　512...步驟

【0449】　514...步驟

【0450】　516...步驟

【0451】　602...步驟

【0452】　604...步驟

【0453】　606...步驟

【0454】　608...步驟

【0455】　612...步驟

【0456】　614...步驟

【0457】　616...步驟

【0458】　618...步驟

【0459】　620...步驟

【0460】　622...步驟

【0461】　624...步驟

【0462】　704...過濾器歧管

【0463】　708...感測器

【0464】　710...傳導性識別條；識別條

【0465】　712...過濾器外殼

【0466】　714...磁性識別條；磁條；識別條

【0467】　716...距離

【0468】　718...距離

【0469】　720...距離

【0470】　750...圖

【0471】　760...曲線

【0472】　804...過濾器歧管

【0473】　808...感測器

【0474】　810...傳導性識別條；傳導條

【0475】　812...過濾器外殼

【0476】　816...距離

【0477】　818...距離

【0478】　820...距離

【0479】　850...圖

【0480】　852...曲線

【0481】　854...曲線

【0482】　856...曲線

【0483】　858...共振頻率

【0484】　902...圖

【0485】　904...曲線

【0486】　906...曲線

【0487】　908...曲線

【0488】　1004...天線

【0489】　1006...非傳導性過濾器外殼；過濾器外殼

【0490】　1008...識別條

【0491】　1008A...識別條

【0492】　1008B...識別條

【0493】　1010A...流體入口

【0494】　1010B...流體出口

【0495】　1012...過濾介質

【0496】　1012A...過濾介質層

【0497】　1012B...過濾介質層

【0498】　1012C...過濾介質層

【0499】　1012D...過濾介質層

【0500】　1014...距離

【0501】　1016...氣隙

【0502】　T0...時間

【0503】　T1...時間

【0504】　T2...時間

【0505】　T3...時間

【0506】　d...天線帶離距

申請專利範圍

1. 一種過濾器感測器，該過濾器感測器用於包含在一過濾器外殼中之一過濾器介質，其包含：

一天線；

一控制器，其經電耦合至該天線且經組態以驅動一電信號穿過該天線以產生一電磁信號，

其中該天線經組態以經由近場耦合而電磁耦合至該過濾器介質、及經組態以環繞該過濾器介質，

其中該控制器經組態以偵測該天線之一特性，其中該天線之該特性回應於該過濾器介質之一變化而變化，且其中該控制器進一步經組態以基於該天線之該特性而判定指示該過濾器介質之一剩餘過濾器能力的一指標。

2. 如請求項1之過濾器感測器，其中該天線之該特性包含一電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之至少一者。

3. 如請求項1之過濾器感測器，

其中該天線之該特性回應於過濾期間隨時間變化的該過濾器介質之一材料性質之一變化而變化，且

其中該材料性質包含該過濾器介質之一導電性、磁導率、磁性損耗正切、矯頑磁性(magnetic coercivity)、磁飽和、介電常數、介電損耗正切或介電強度之至少一者。

4. 如請求項1之過濾器感測器，其進一步包含：一感測器外殼，該感測器外殼含有該天線及該控制器，

其中該感測器外殼經定成環狀形狀而具有一內直徑，該內直徑經定大小以包圍含有該過濾器介質的該過濾器外殼之一直徑，且

其中該天線包含一或多個環圈，該一或多個環圈經配置以包繞該感測器外殼以圍繞該過濾器外殼。

5. 如請求項1之過濾器感測器，其中該控制器進一步經組態以比較該剩餘過濾器能力與一臨限。

6. 如請求項5之過濾器感測器，其中該控制器進一步經組態以當該剩餘過濾器能力低於該臨限時輸出一警示。

7. 如請求項1之過濾器感測器，其進一步包含：一第二天線，該第二天線依一第二頻率操作，該第二頻率不同於該天線之該頻率。

8. 一種過濾系統，其包含：

一過濾器外殼，其沿一流動路徑而定位，該流動路徑輸送一流體，該過濾器外殼含有一過濾器介質以過濾該流體；

一過濾器感測器，其包含一天線及一控制器，

其中該天線配置於該過濾器外殼之外部，

其中該控制器經組態以驅動一電信號穿過該天線以產生一電磁信號，該電磁信號經組態以形成穿過該過濾器介質之至少一部分的一電磁場，且

其中該控制器經組態以偵測該天線之一特性，該特性受到與納含在該過濾器外殼內之該過濾器介質的該近場耦合影響，且回應於該所偵測特性，判定該過濾器介質之一剩餘過濾器能力。

9. 如請求項8之過濾系統，其中該天線之該特性包含一電感、電容、電抗、阻抗、等效串聯電阻、等效並聯電阻、品質因子及共振頻率之一者。

10. 如請求項8之過濾系統，

其中該天線之該特性回應於該過濾器介質之一材料性質之變化而隨時間變化，且

其中該材料性質係該過濾器介質之一導電性、磁導率、磁性損耗正切、矯頑磁性、磁飽和、介電常數、介電損耗正切或介電強度之一者。

11. 如請求項8之過濾系統，

其中該感測器進一步包含一外殼，該外殼含有該天線及該控制器，

其中該外殼經定成環狀形狀而具有一內直徑，該內直徑經定大小以包圍一過濾器外殼之一直徑，且

其中該天線包含一或多個環圈，該一或多個環圈經配置以包繞該外殼以圍繞該過濾器外殼。

圖式

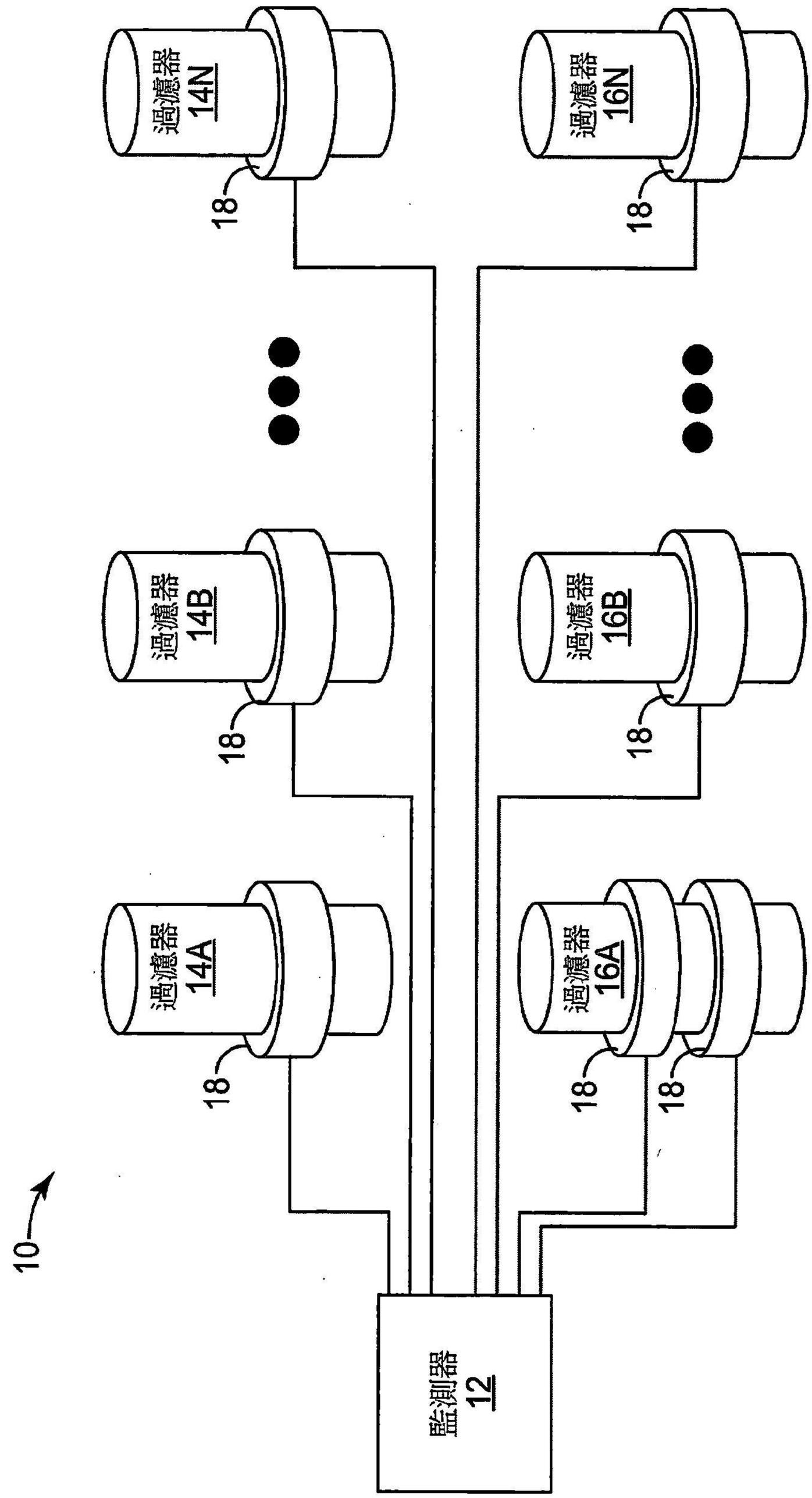

過濾器
14N
過濾器
16N
18
18
過濾器
14B
過濾器
16B
18
18
過濾器
14A
過濾器
16A
18
18
18
10
監測器
12

圖1

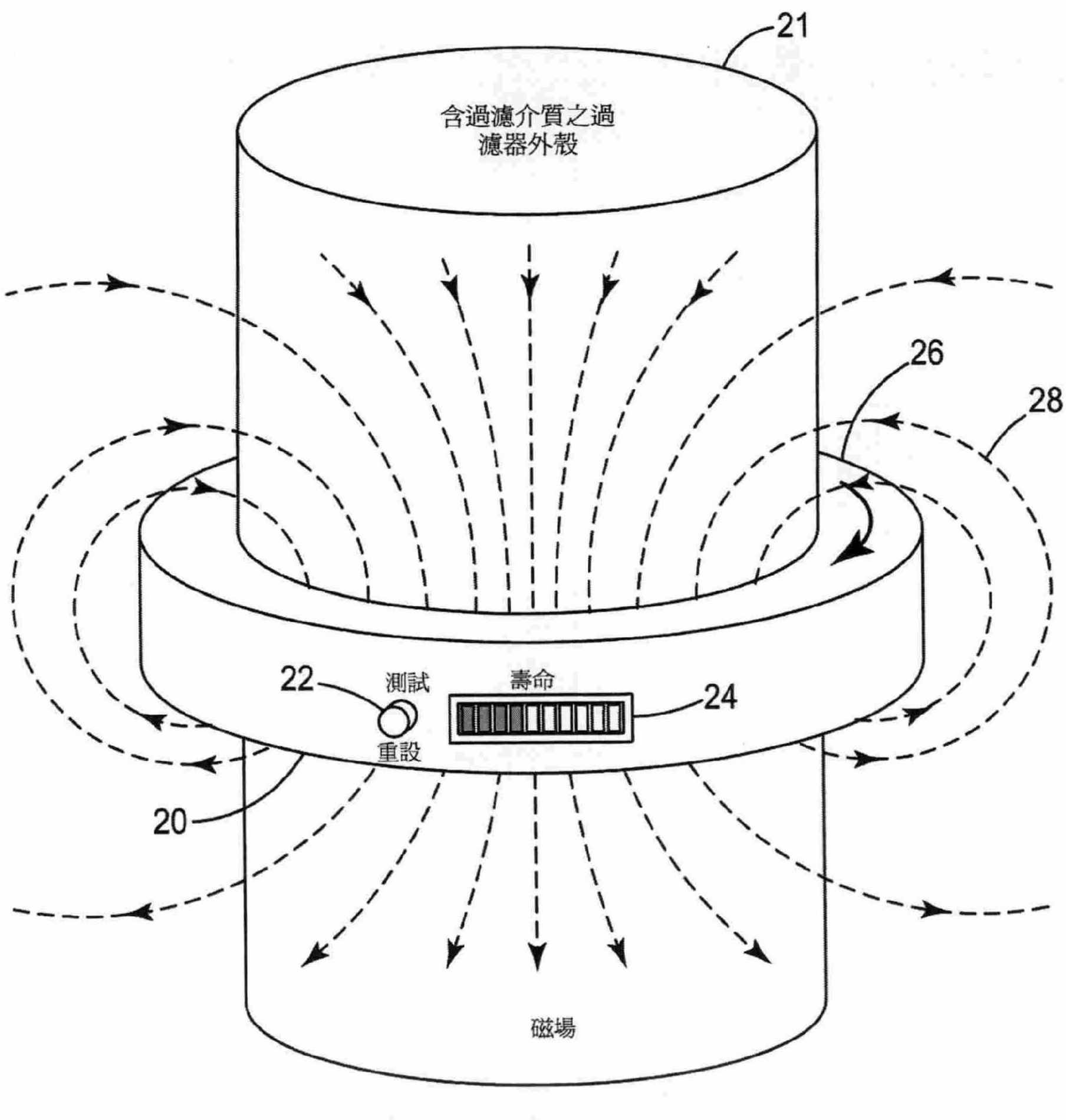


圖2

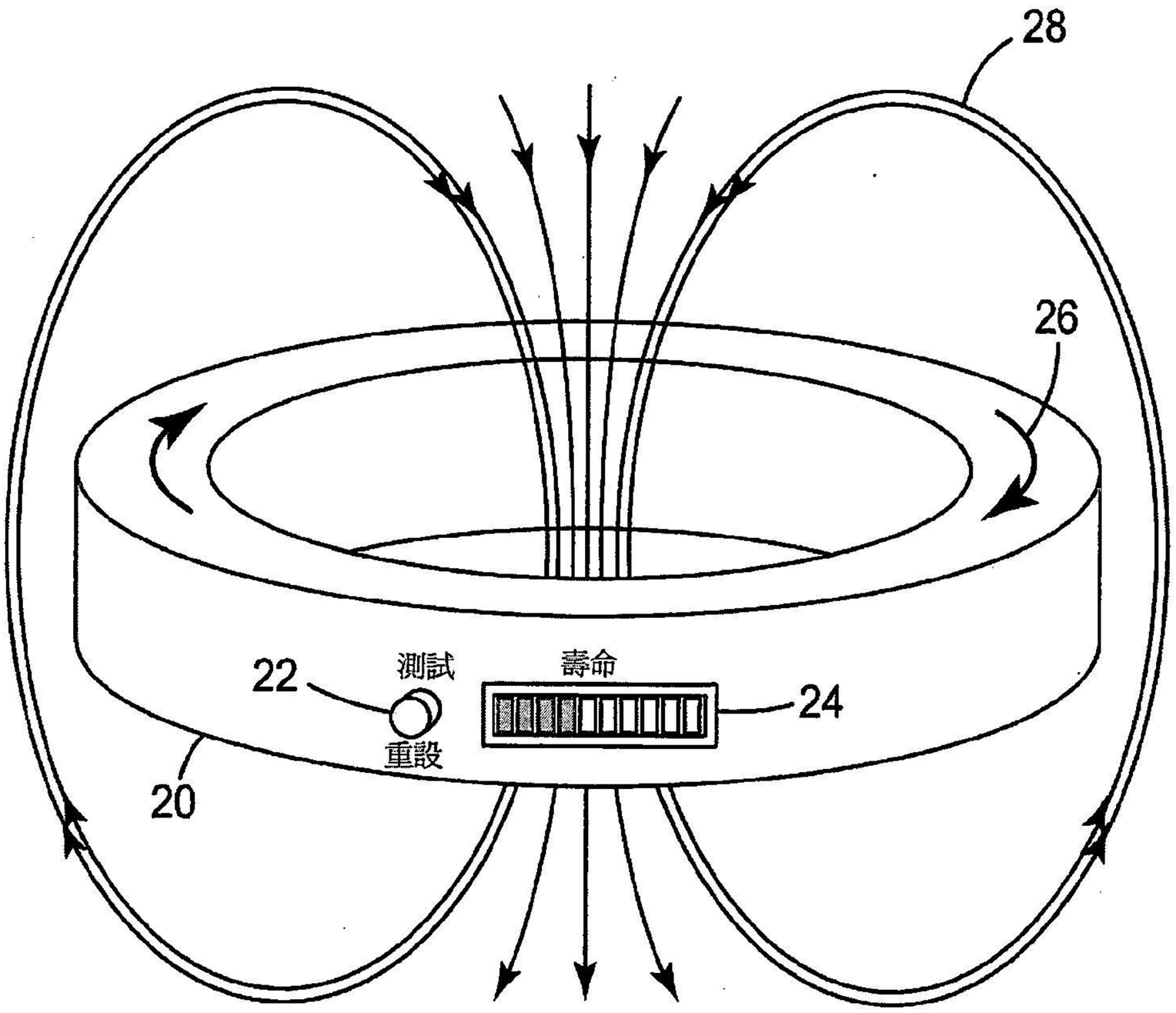


圖3

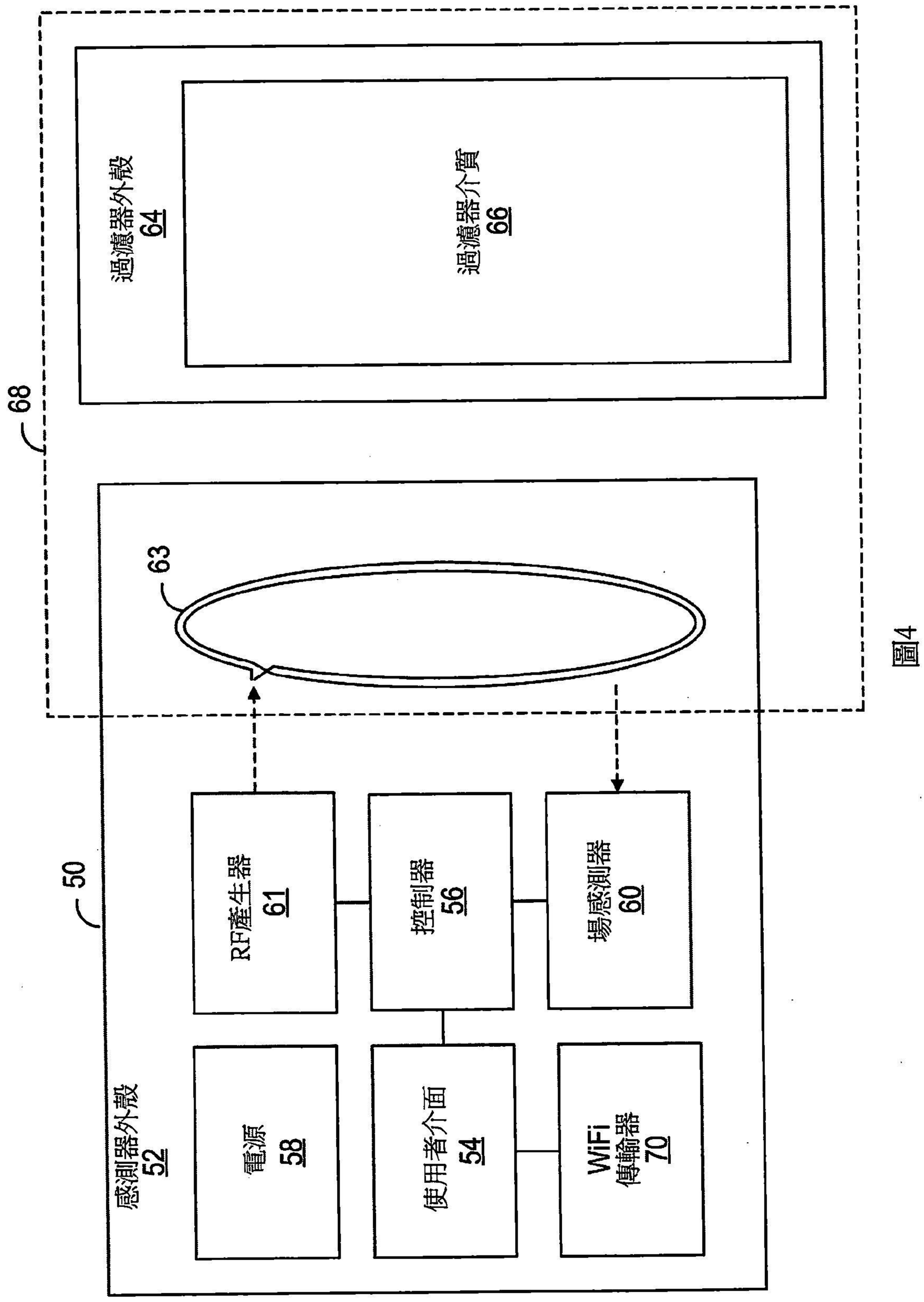

68
過濾器外殼
64
過濾器介質
66
63
50
感測器外殼
52
RF產生器
61
控制器
56
場感測器
60
電源
58
使用者介面
54
WiFi
傳輸器
70

圖4

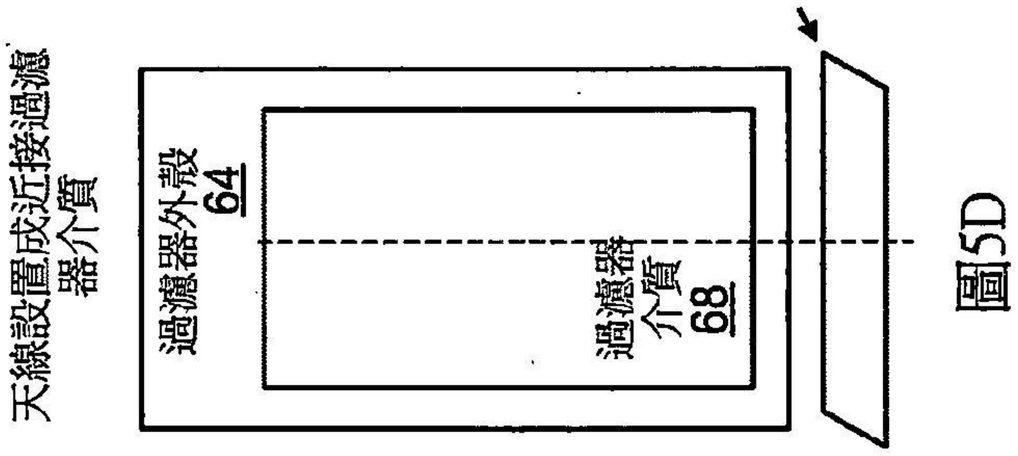


圖5D

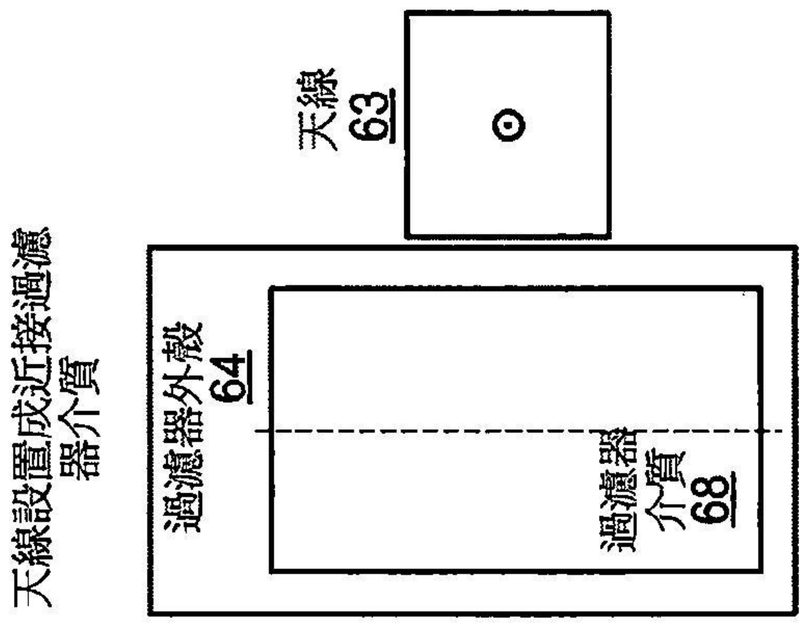


圖5C

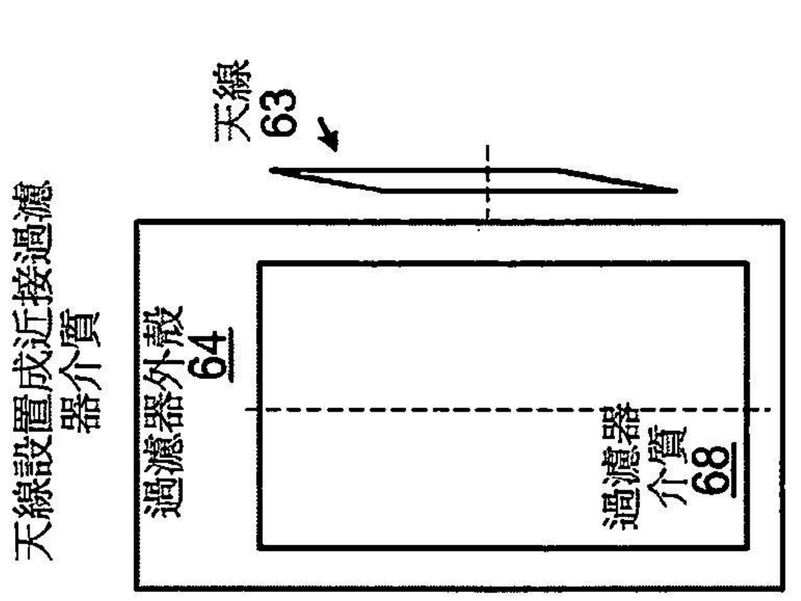


圖5B

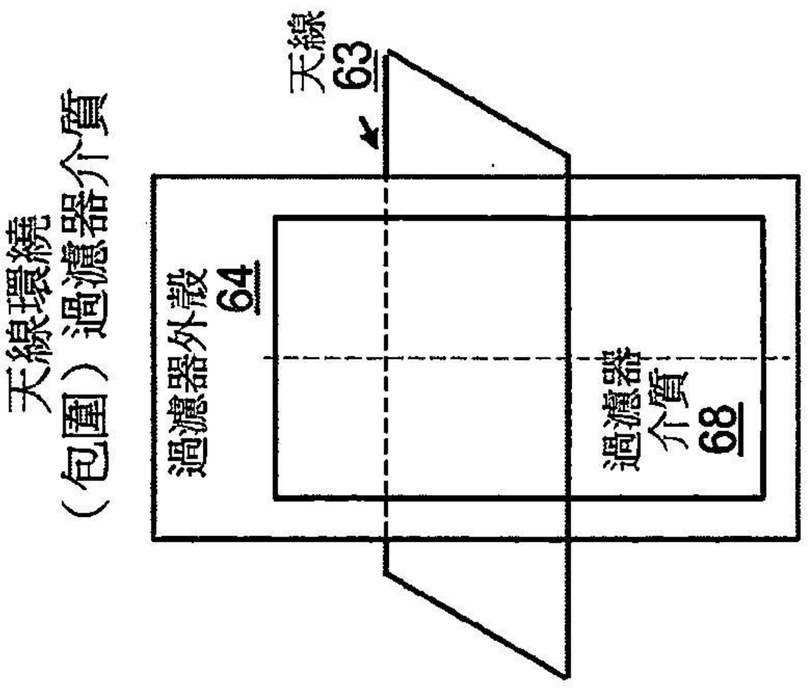


圖5A

C1999099DA.pdf

在過濾器介質之外部

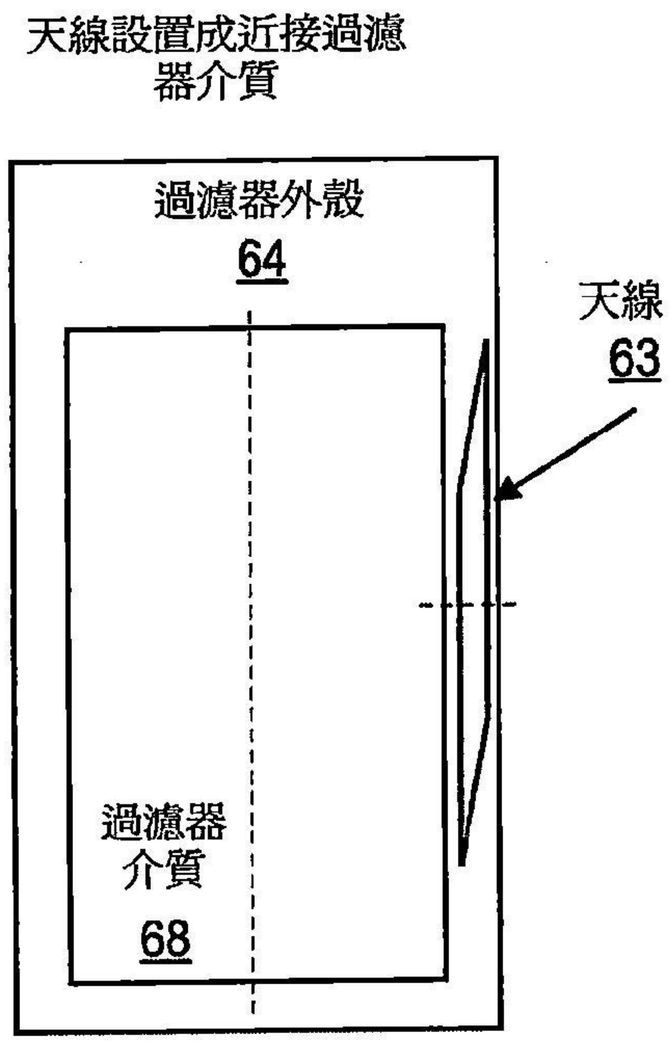


圖5E

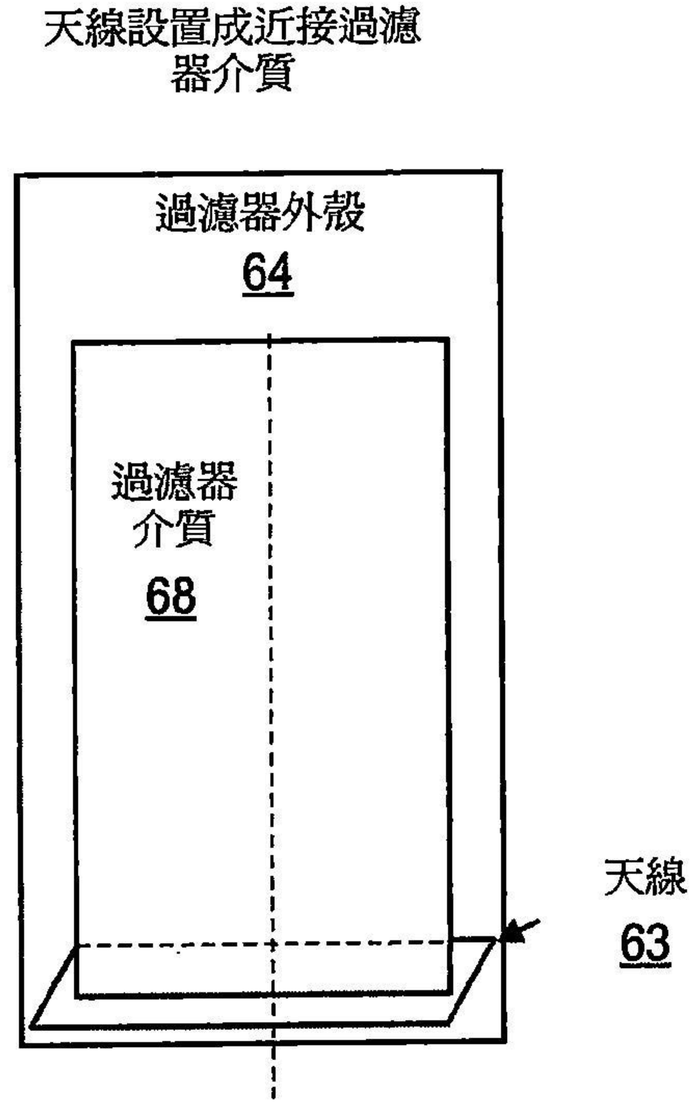


圖5F

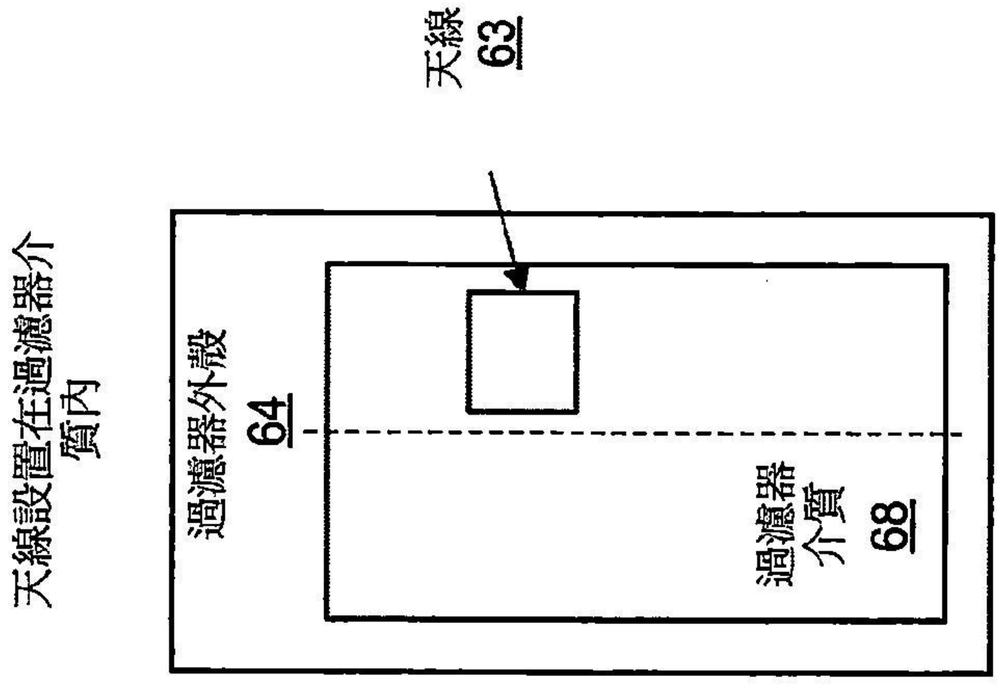

納含在過濾器介質內

圖5G

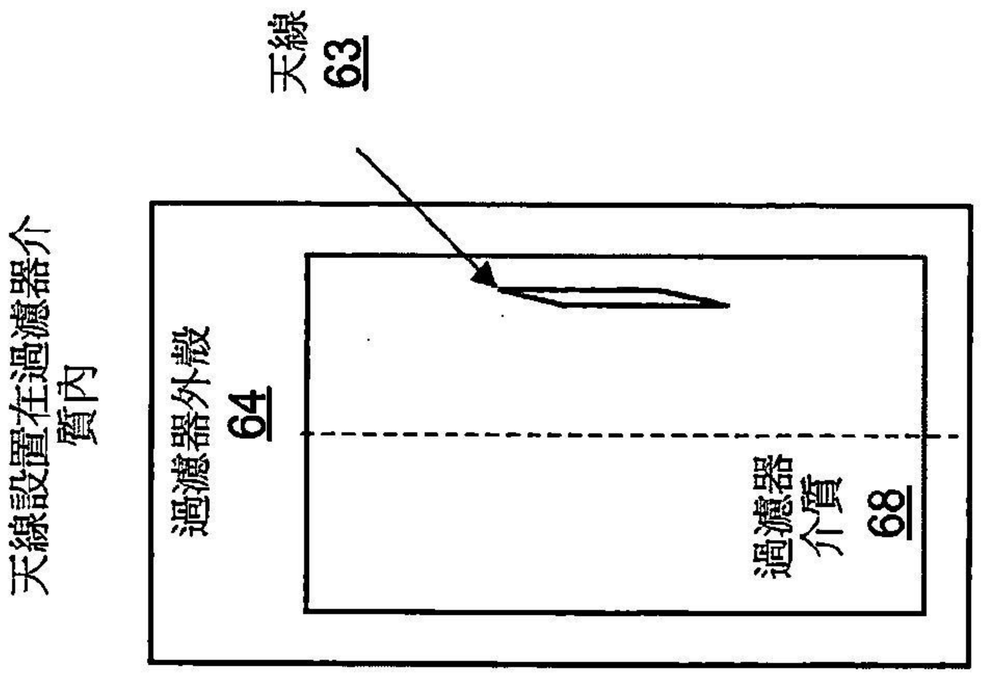

天線設置在過濾器介質內
過濾器外殼
64
過濾器介質
68
天線
63

圖5H

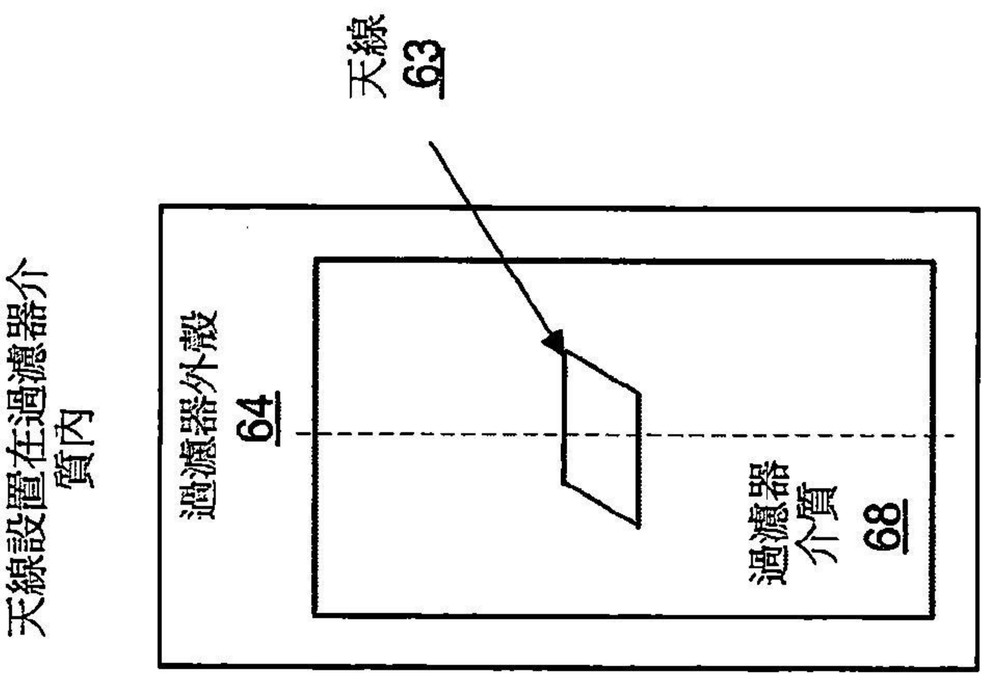

天線設置在過濾器介質內
過濾器外殼
64
過濾器介質
68
天線
63

圖5I

過濾器介質－天線內部

天線經設置成繞過濾器介質之內表面

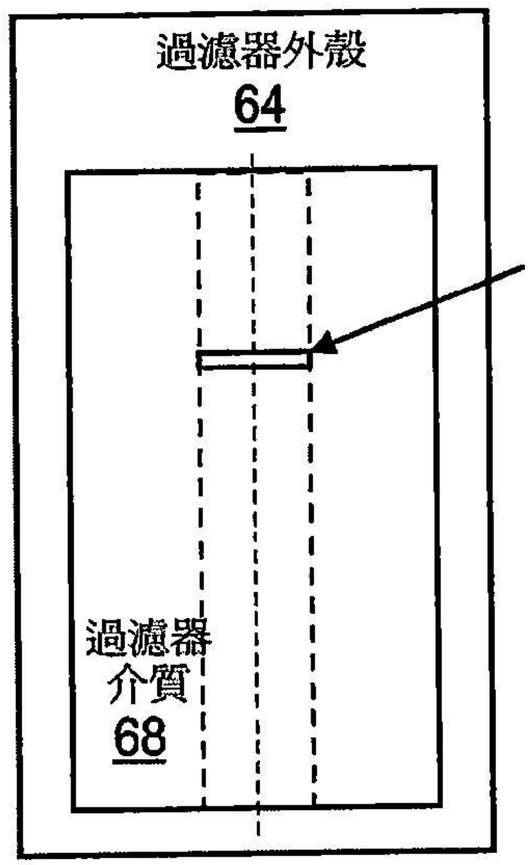


圖5J

天線設置成近接過濾器介質之內表面

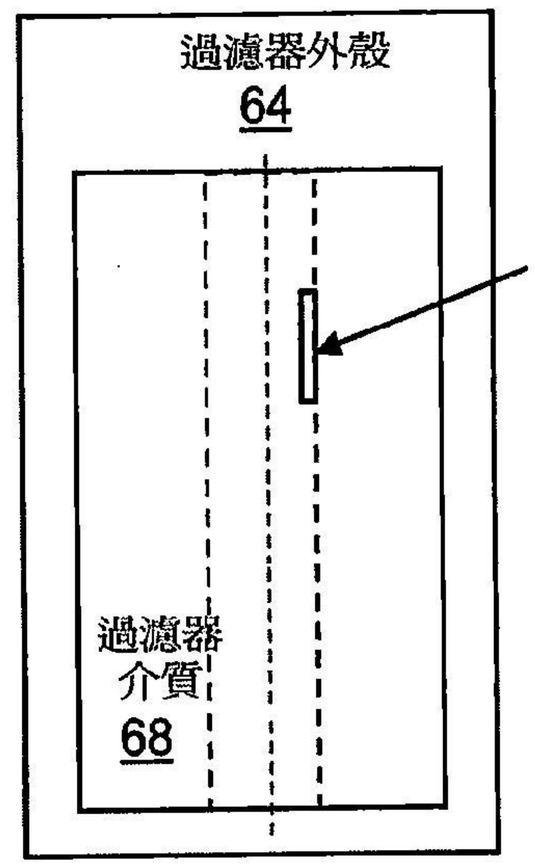


圖5K

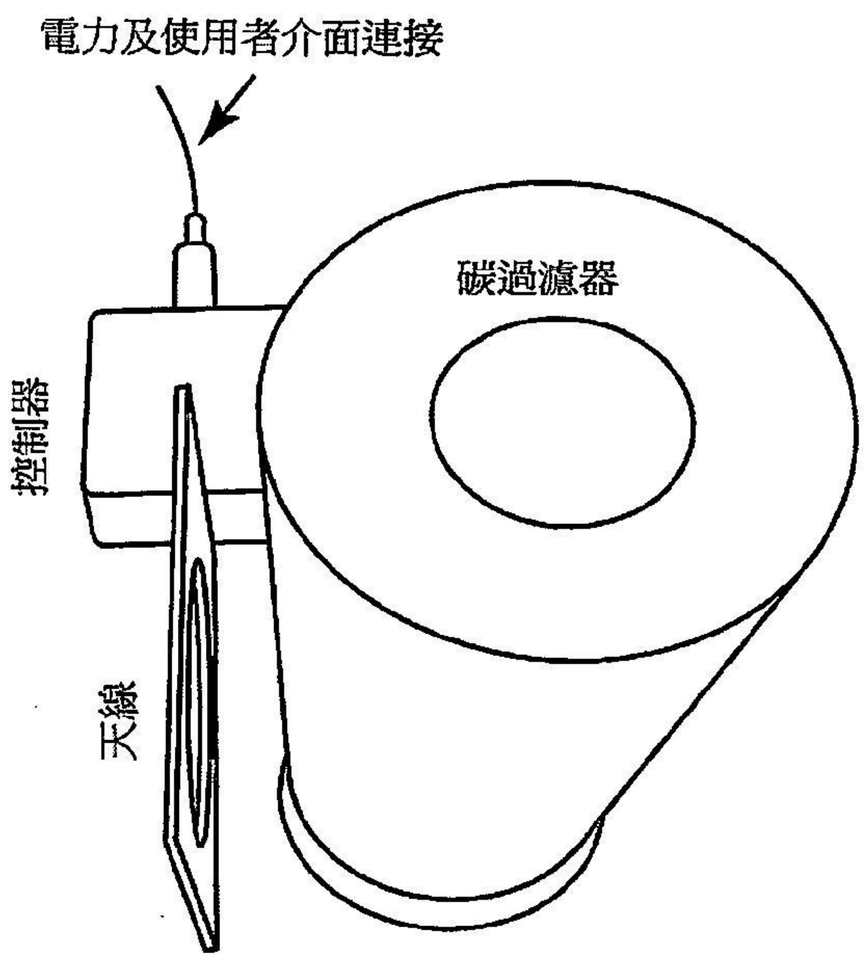


圖6A

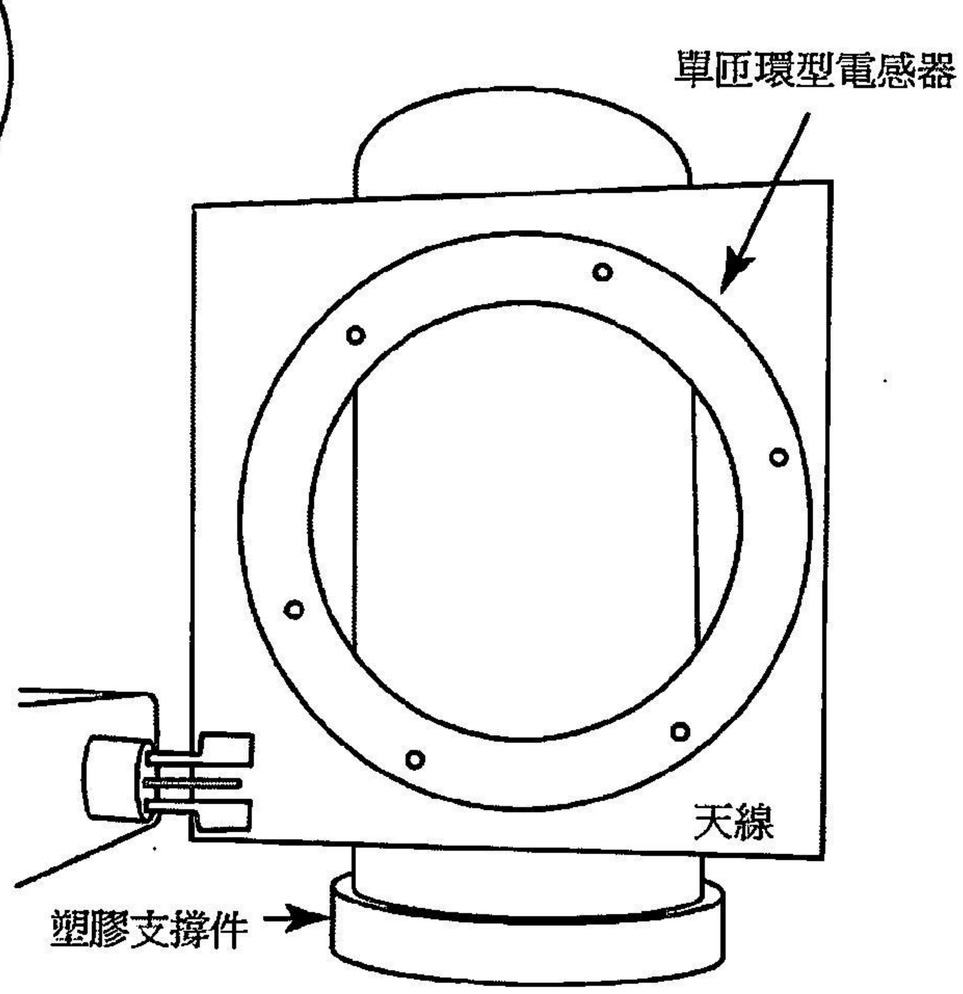


圖6B

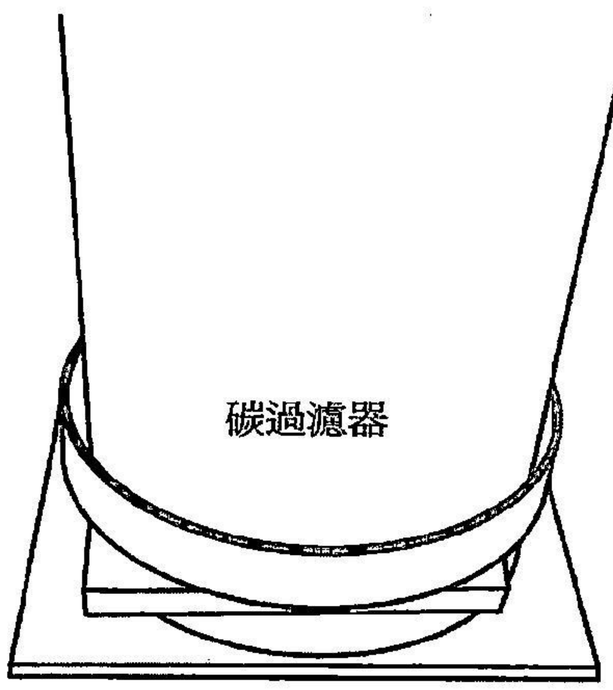


圖6C

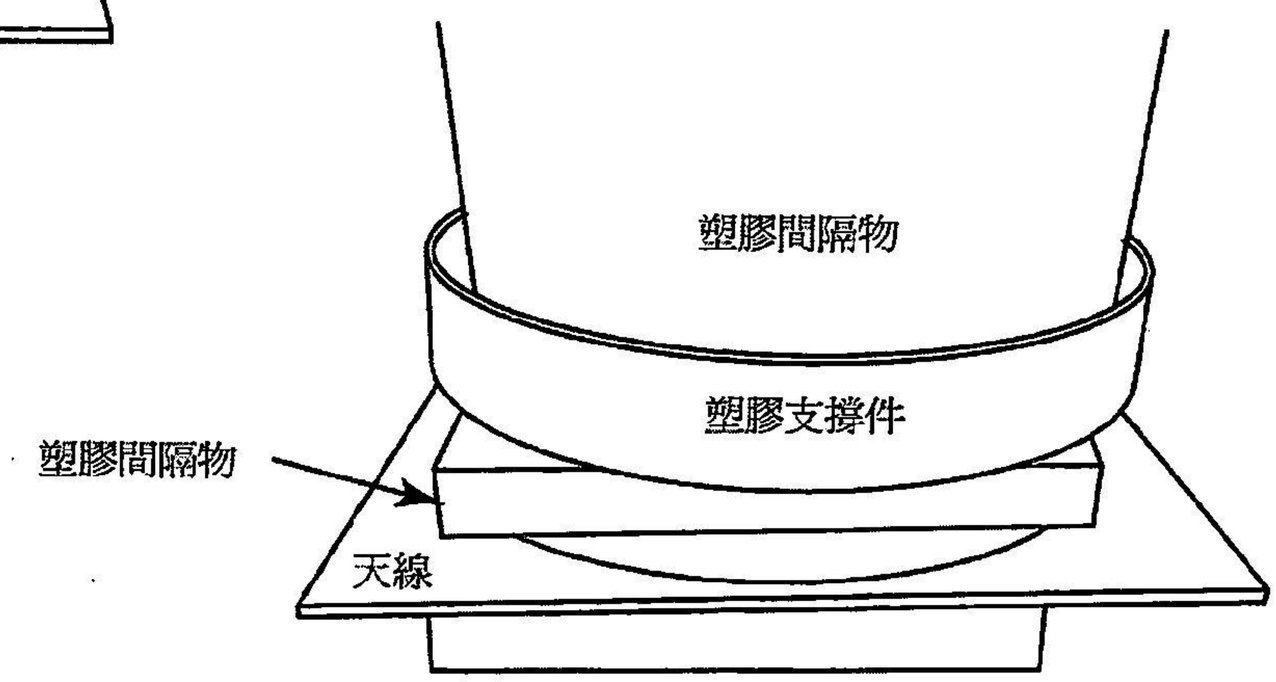


圖6D

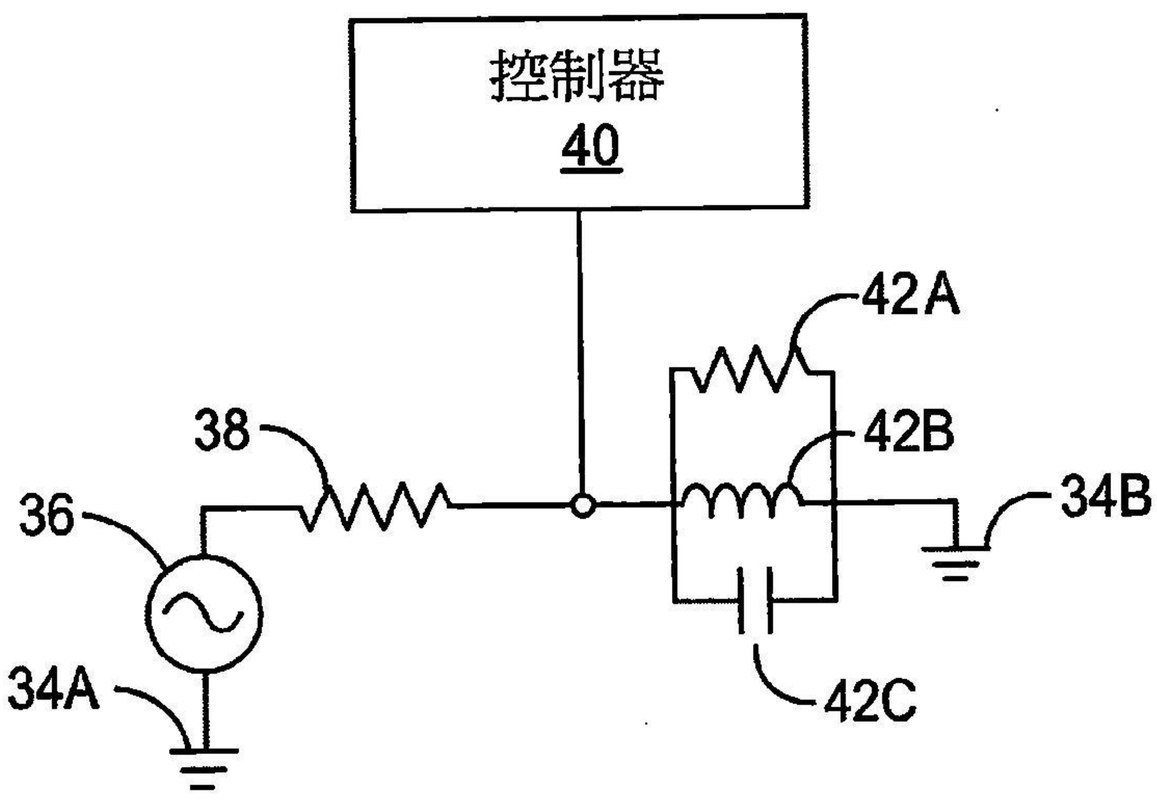

控制器
40
42A
42B
38
36
34B
34A
42C

圖7A

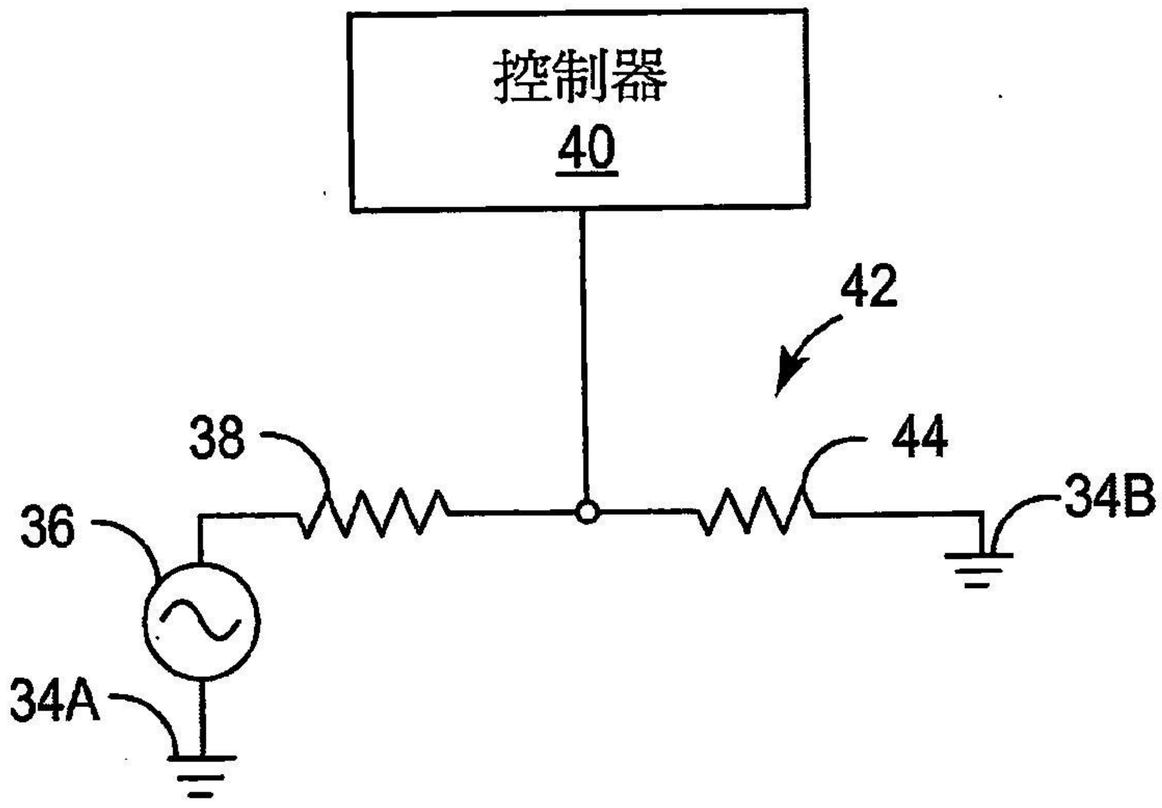

控制器
40
42
38
44
36
34B
34A

圖7B

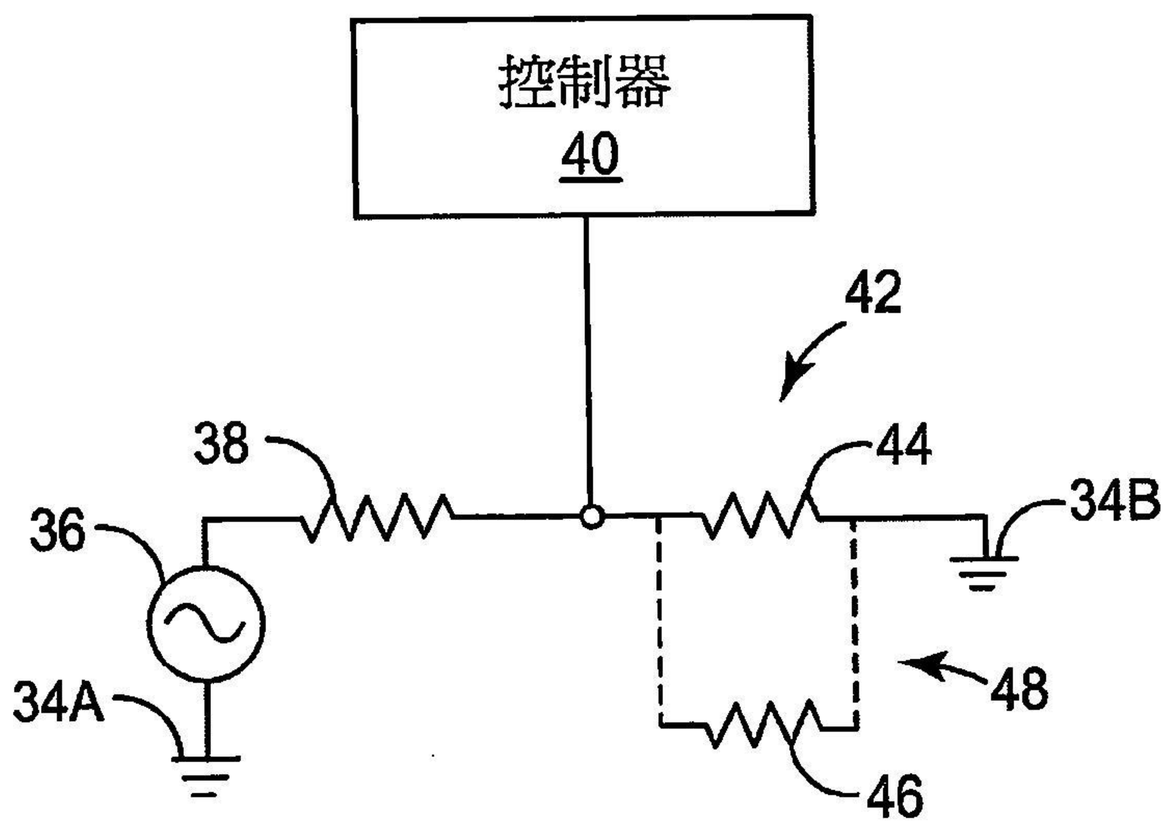

控制器
40
42
38
44
36
34B
34A
48
46

圖7C

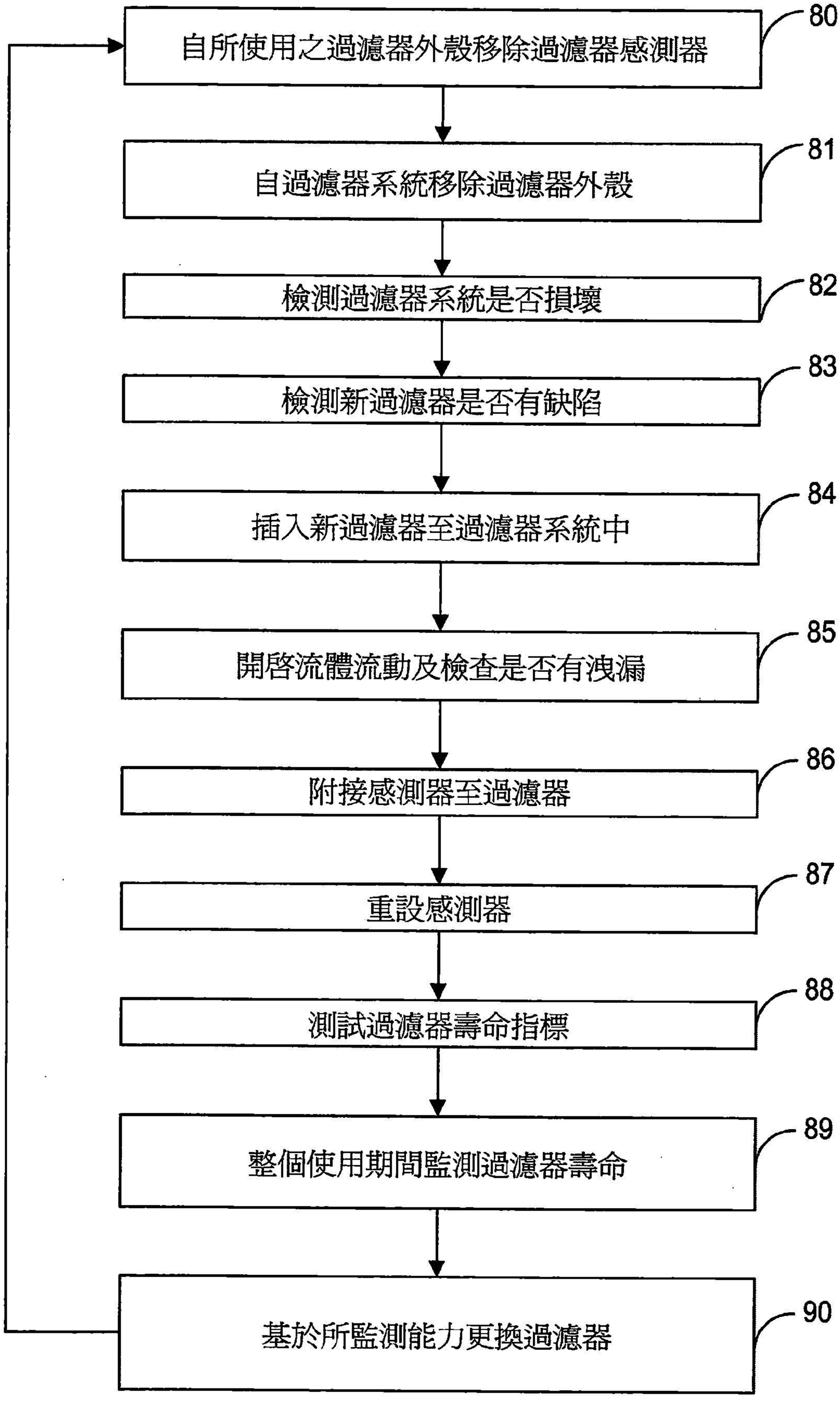

自所使用之過濾器外殼移除過濾器感測器
80
自過濾器系統移除過濾器外殼
81
檢測過濾器系統是否損壞
82
檢測新過濾器是否有缺陷
83
插入新過濾器至過濾器系統中
84
開啓流體流動及檢查是否有洩漏
85
附接感測器至過濾器
86
重設感測器
87
測試過濾器壽命指標
88
整個使用期間監測過濾器壽命
89
基於所監測能力更換過濾器
90

圖8A

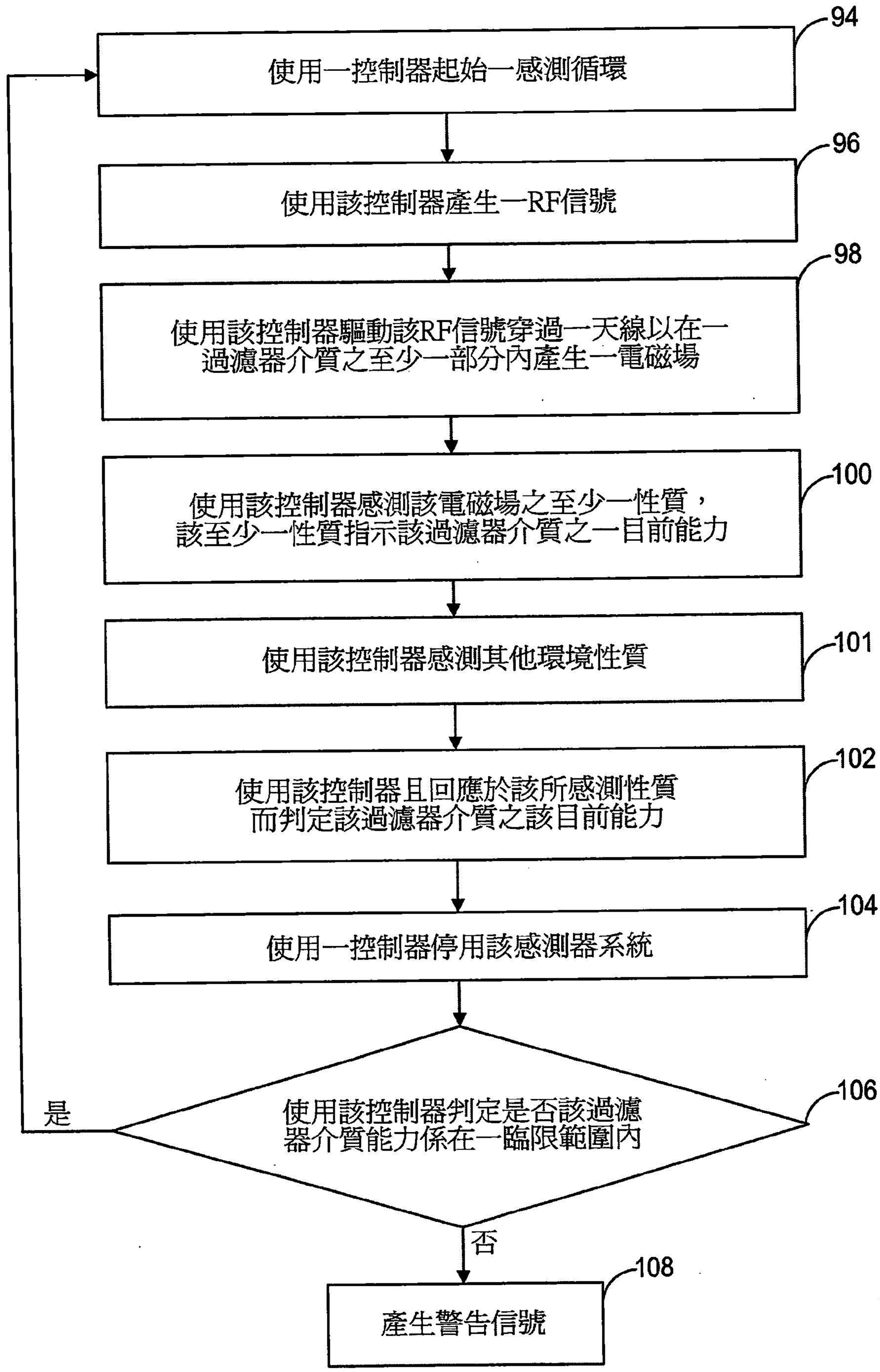

使用一控制器起始一感測循環
94
使用該控制器產生一RF信號
96
使用該控制器驅動該RF信號穿過一天線以在一過濾器介質之至少一部分內產生一電磁場
98
使用該控制器感測該電磁場之至少一性質，該至少一性質指示該過濾器介質之一目前能力
100
使用該控制器感測其他環境性質
101
使用該控制器且回應於該所感測性質而判定該過濾器介質之該目前能力
102
使用一控制器停用該感測器系統
104
使用該控制器判定是否該過濾器介質能力係在一臨限範圍內
106
是
否
產生警告信號
108

圖8B

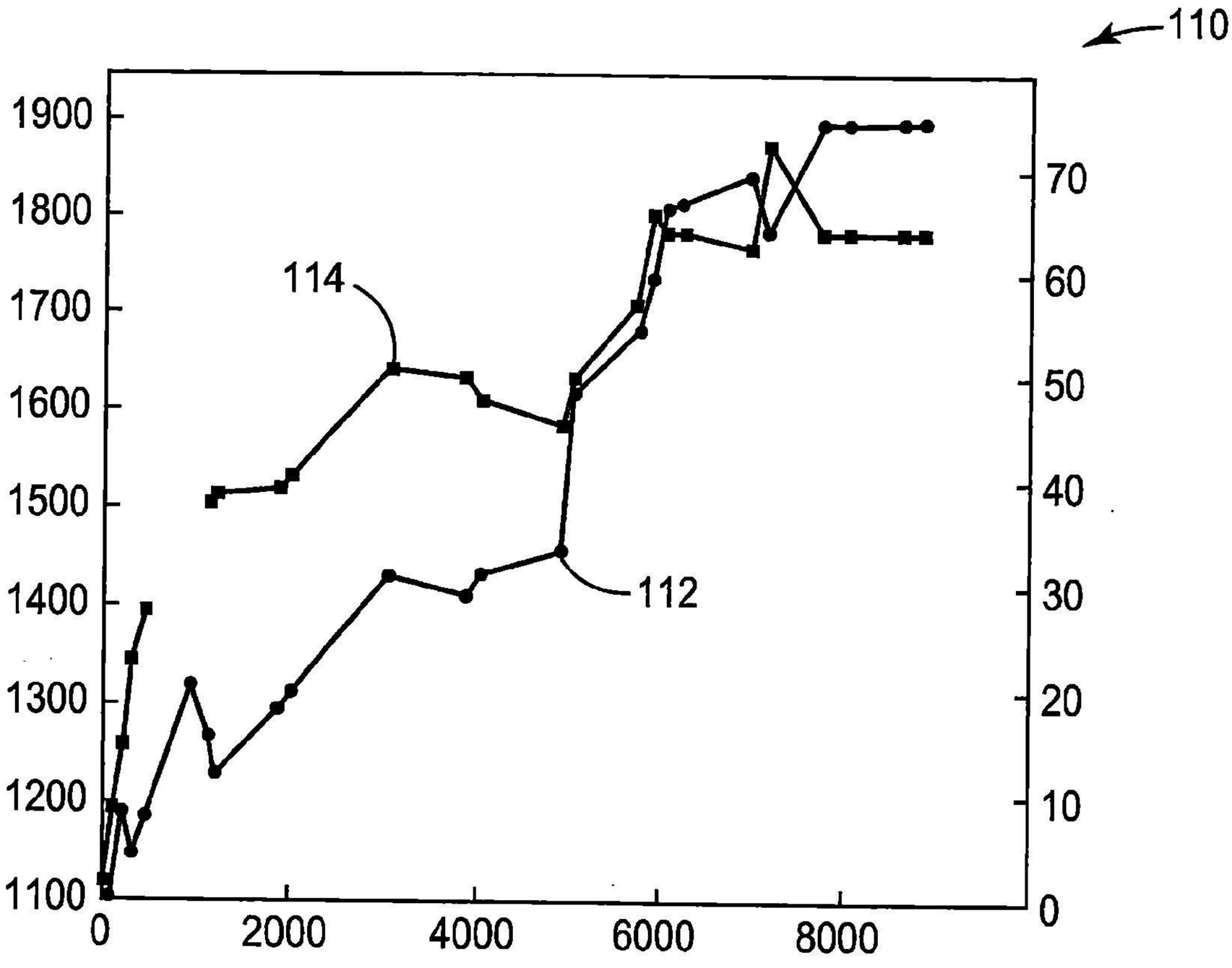

110
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
70
60
50
40
30
20
10
0
0
2000
4000
6000
8000
114
112

圖9

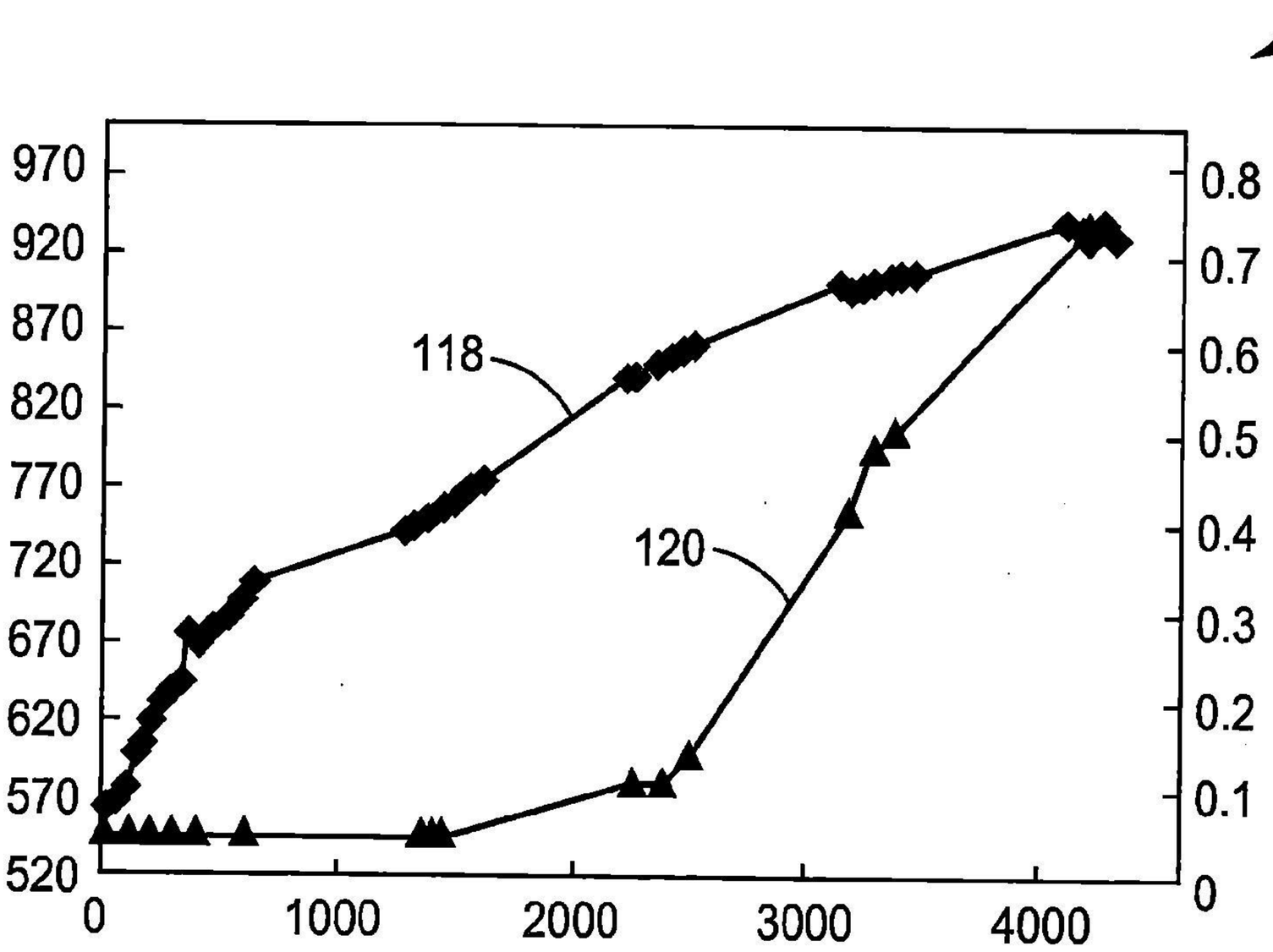

116
970
920
870
820
770
720
670
620
570
520
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
1000
2000
3000
4000
118
120

圖10

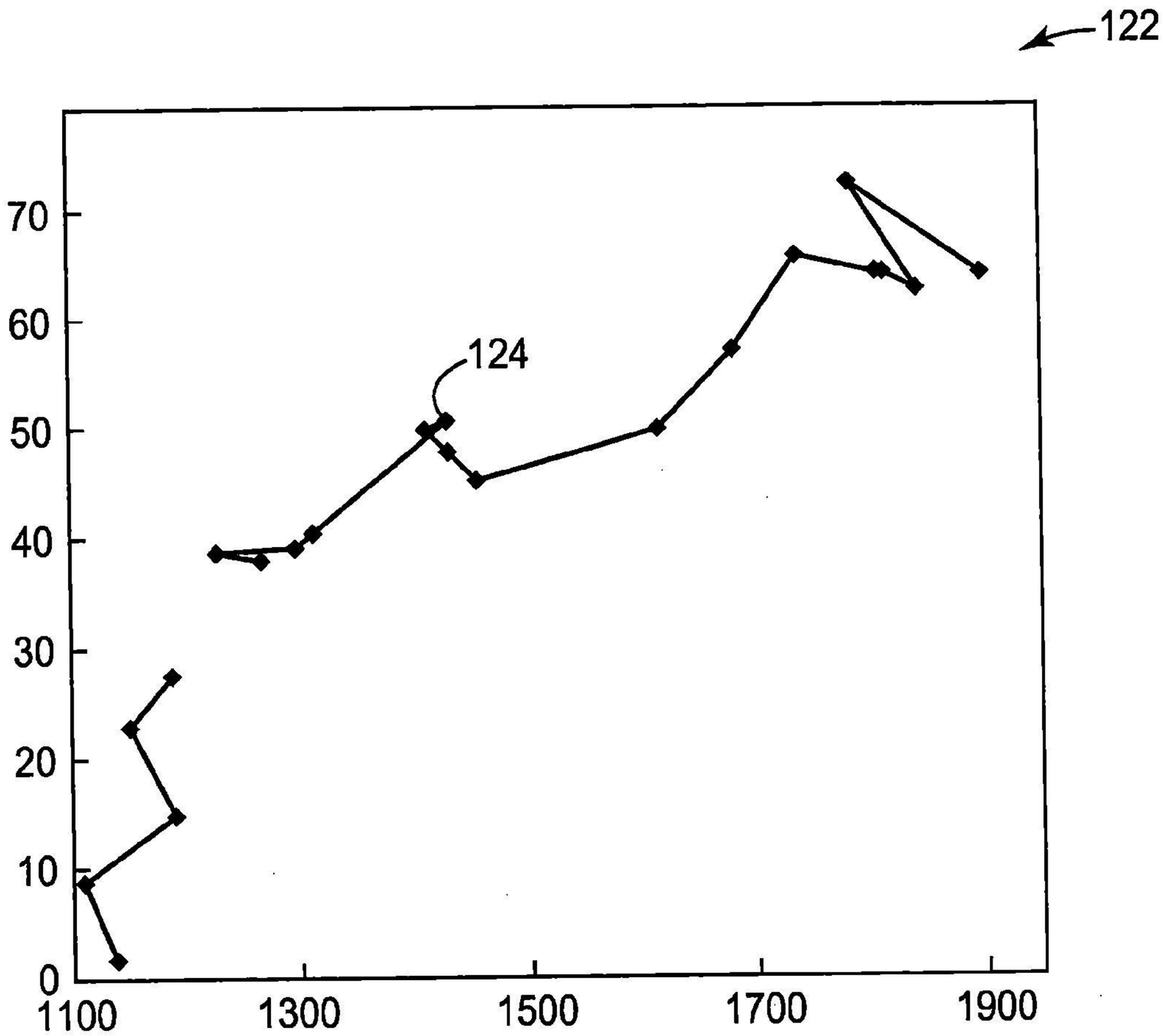

122
70
60
50
40
30
20
10
0
1100
1300
1500
1700
1900
124

圖11

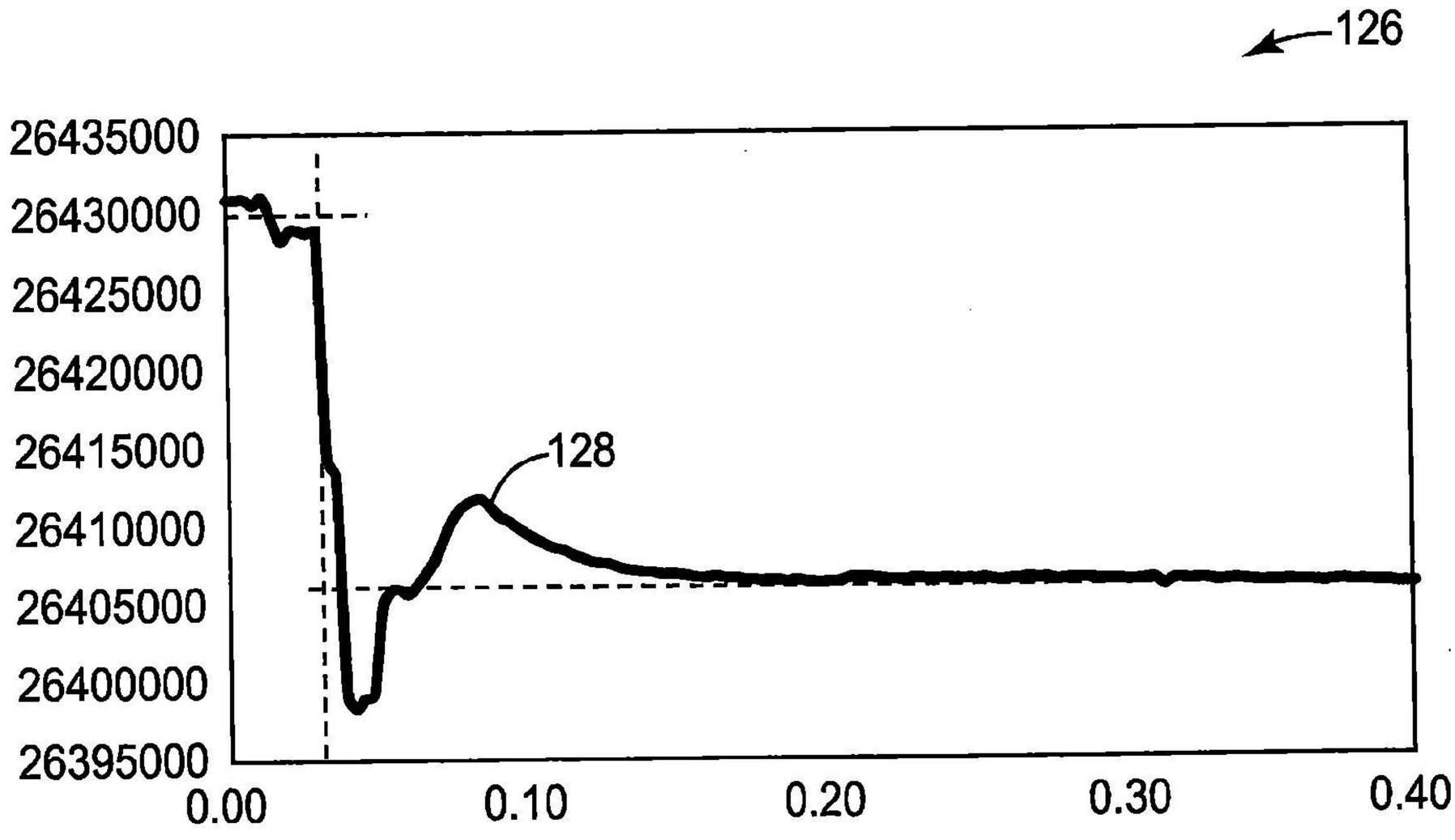

126
26435000
26430000
26425000
26420000
26415000
26410000
26405000
26400000
26395000
0.00
0.10
0.20
0.30
0.40
128

圖12

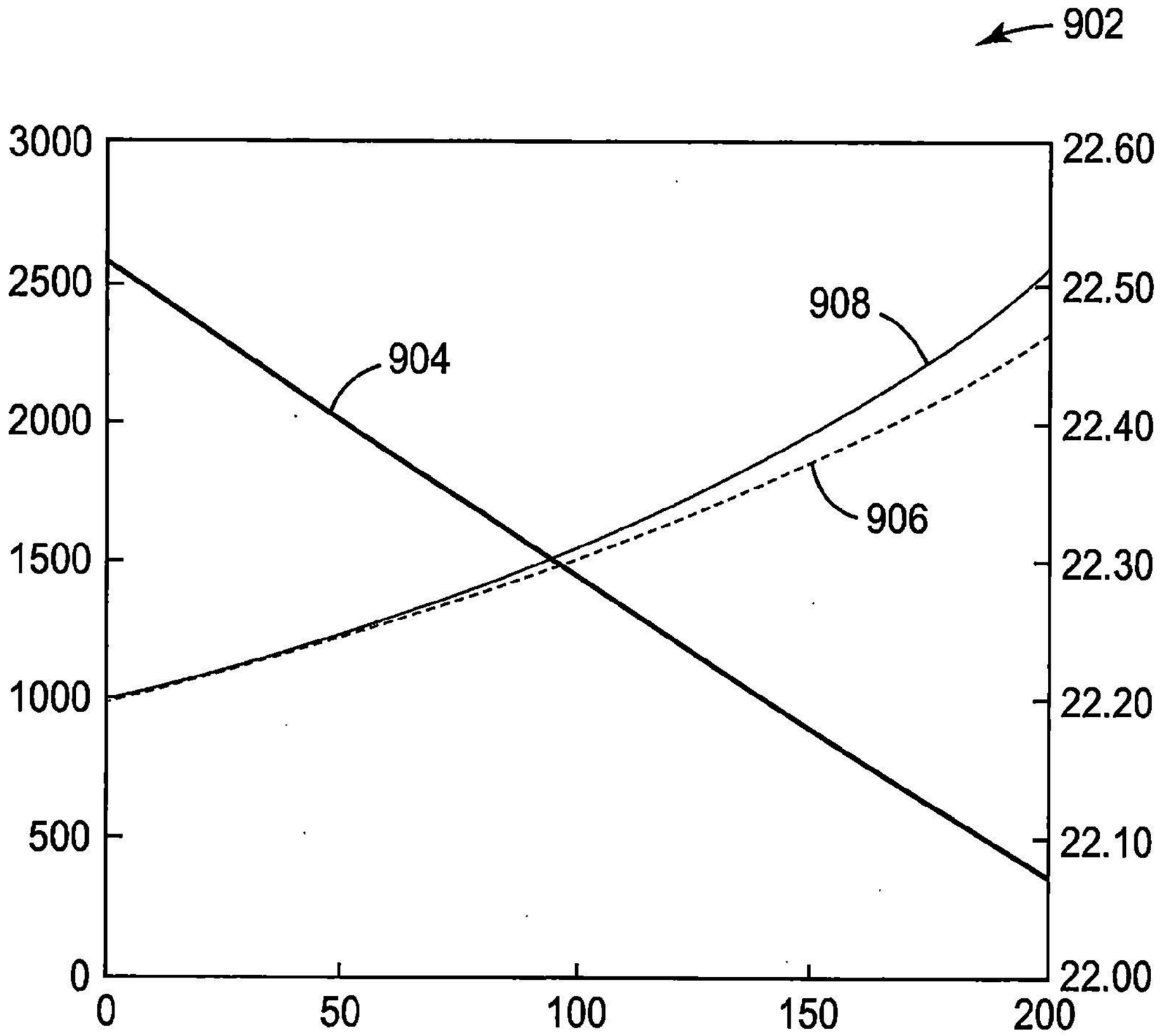

902
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
22.60
22.50
22.40
22.30
22.20
22.10
22.00
904
906
908
0
50
100
150
200

圖13

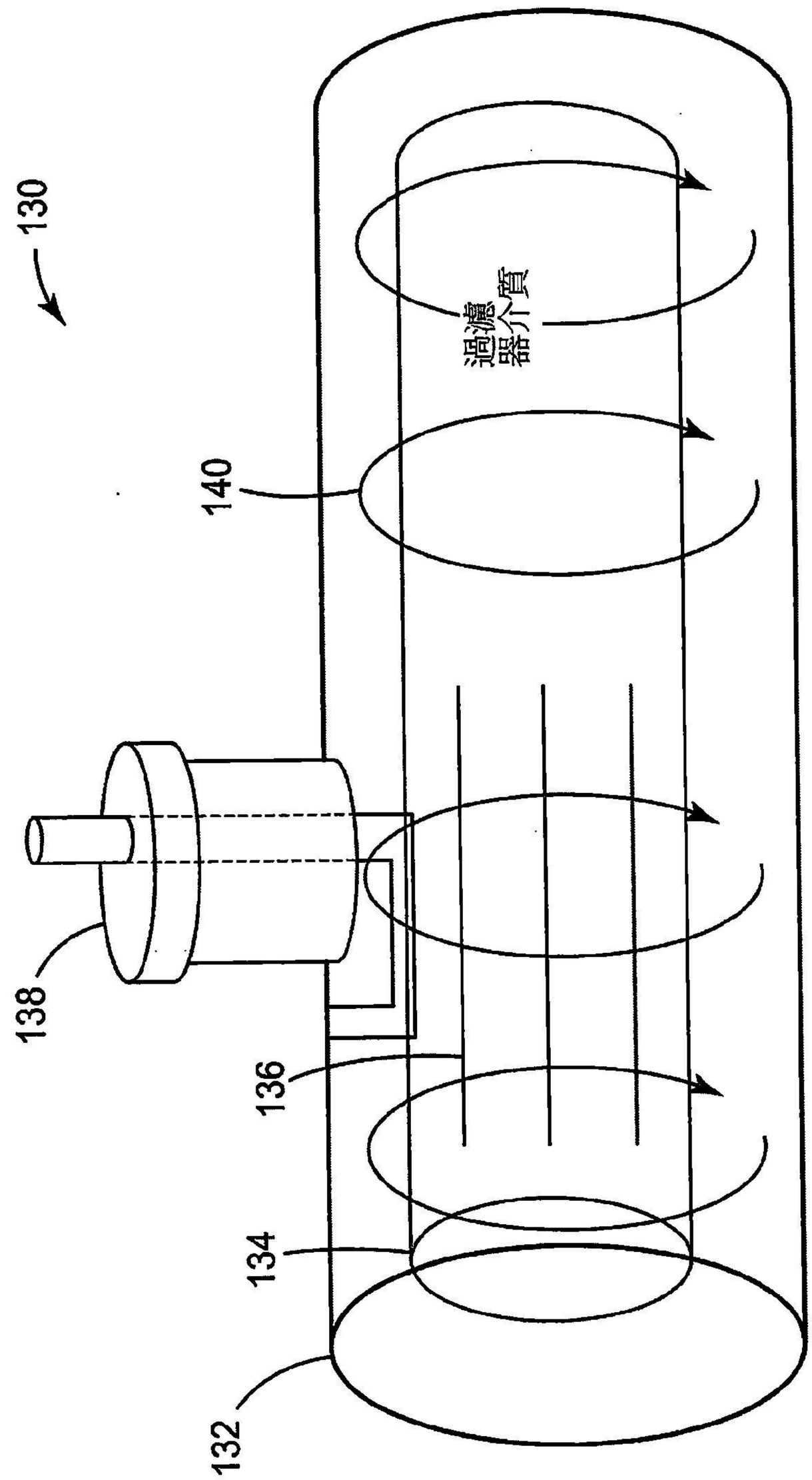


圖14

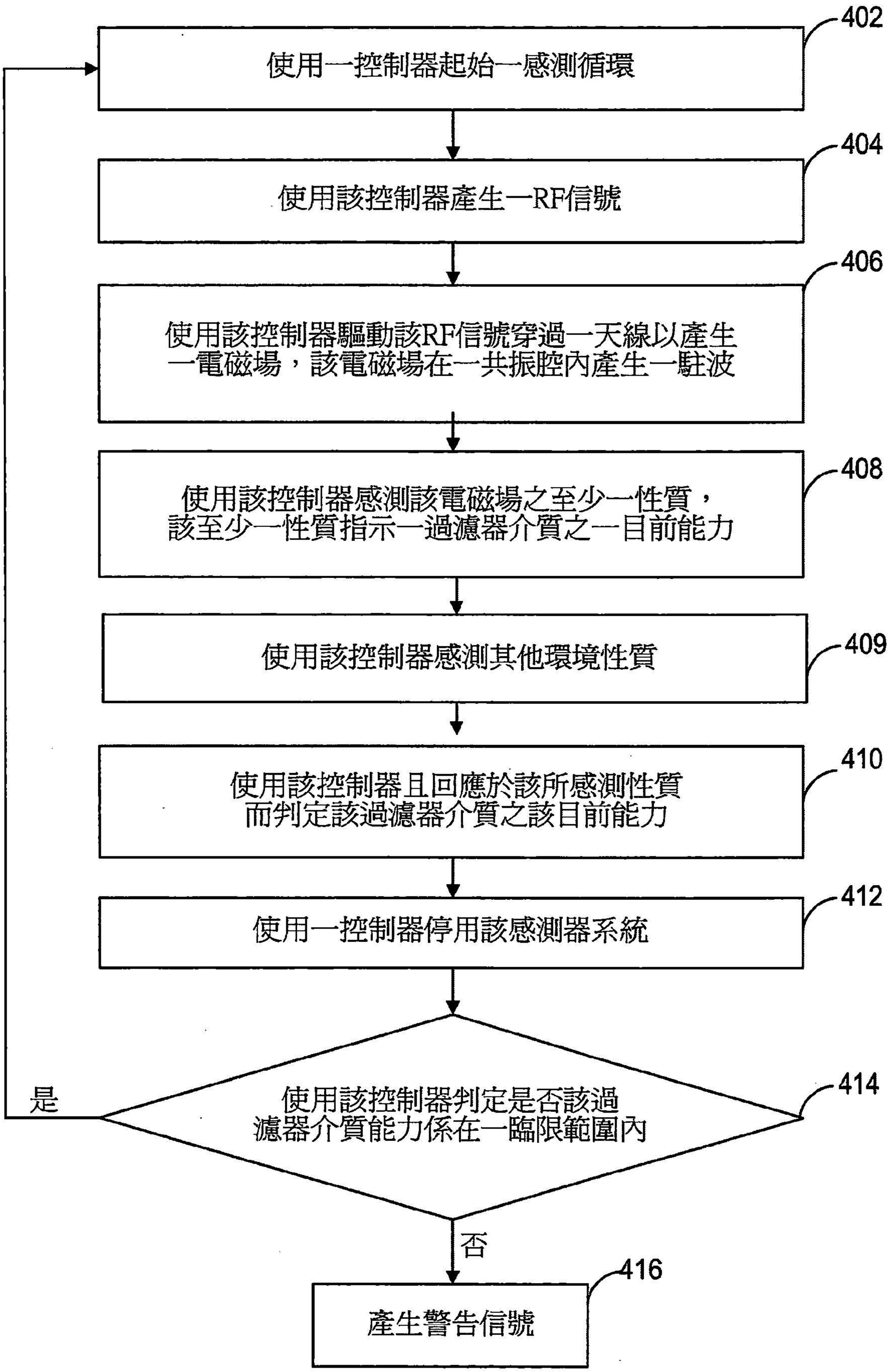

使用一控制器起始一感測循環
402
使用該控制器產生一RF信號
404
使用該控制器驅動該RF信號穿過一天線以產生一電磁場，該電磁場在一共振腔內產生一駐波
406
使用該控制器感測該電磁場之至少一性質，該至少一性質指示一過濾器介質之一目前能力
408
使用該控制器感測其他環境性質
409
使用該控制器且回應於該所感測性質而判定該過濾器介質之該目前能力
410
使用一控制器停用該感測器系統
412
使用該控制器判定是否該過濾器介質能力係在一臨限範圍內
414
是
否
產生警告信號
416

圖15

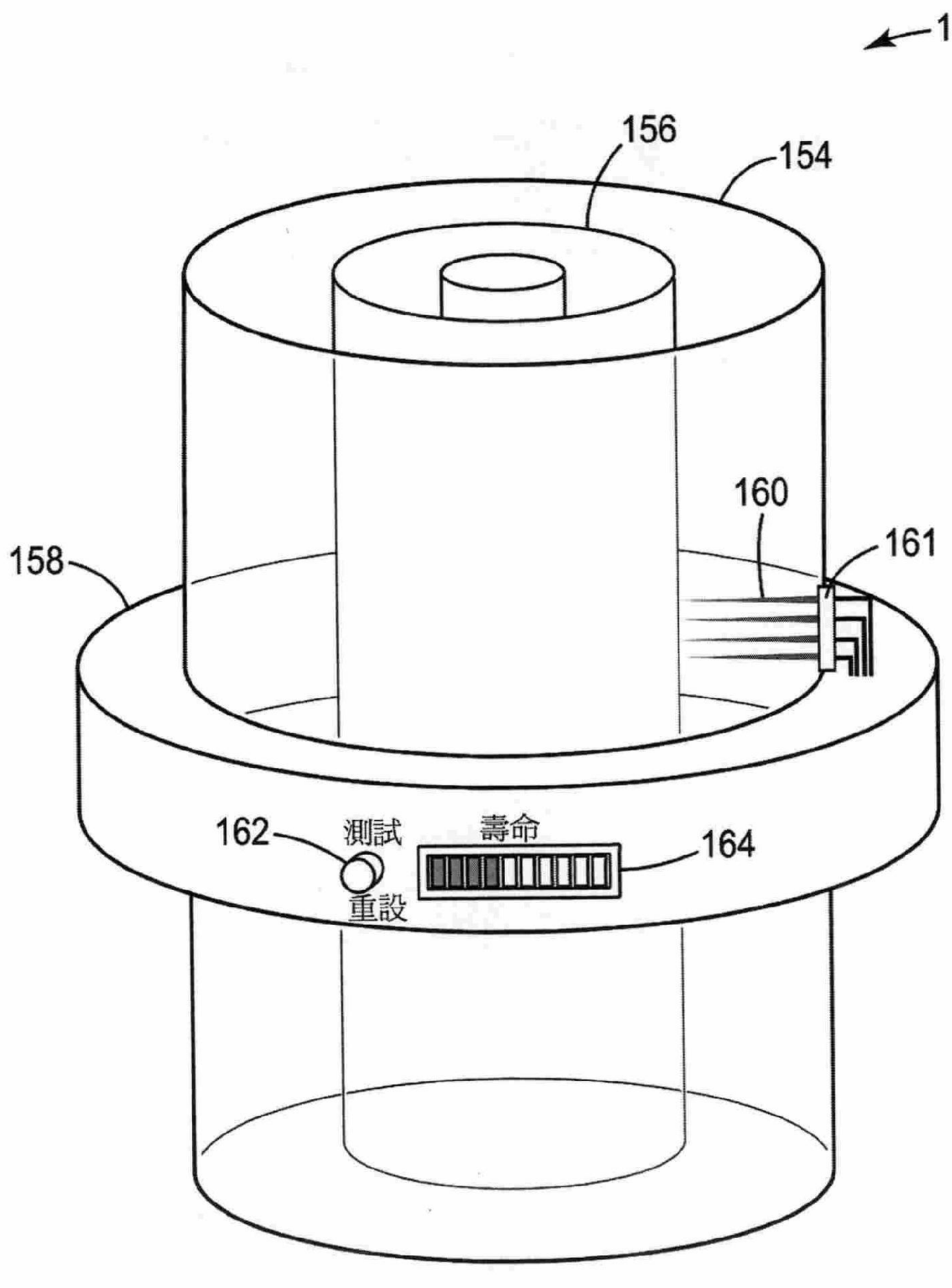


圖16

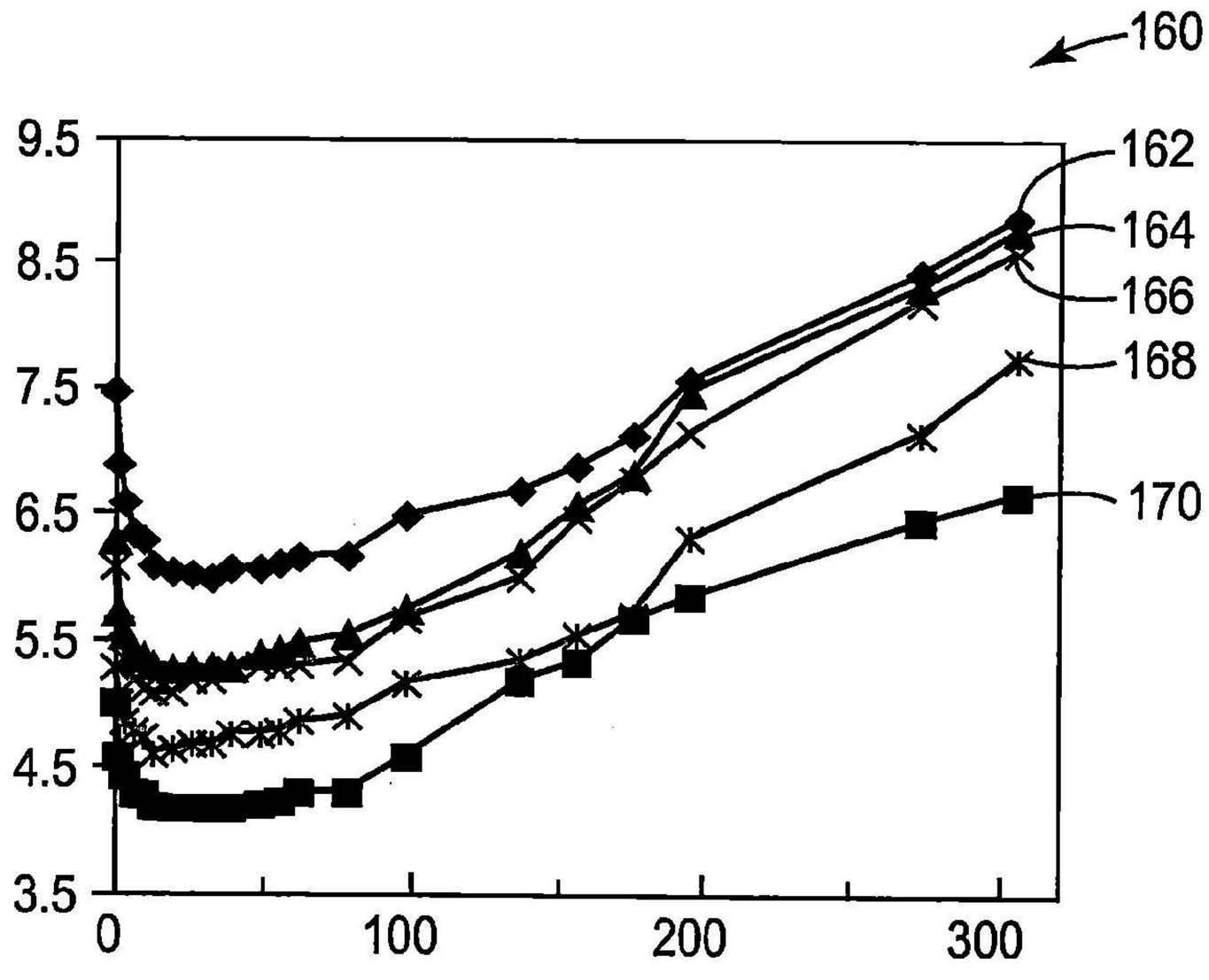

160
9.5
8.5
7.5
6.5
5.5
4.5
3.5
0
100
200
300
162
164
166
168
170

圖17

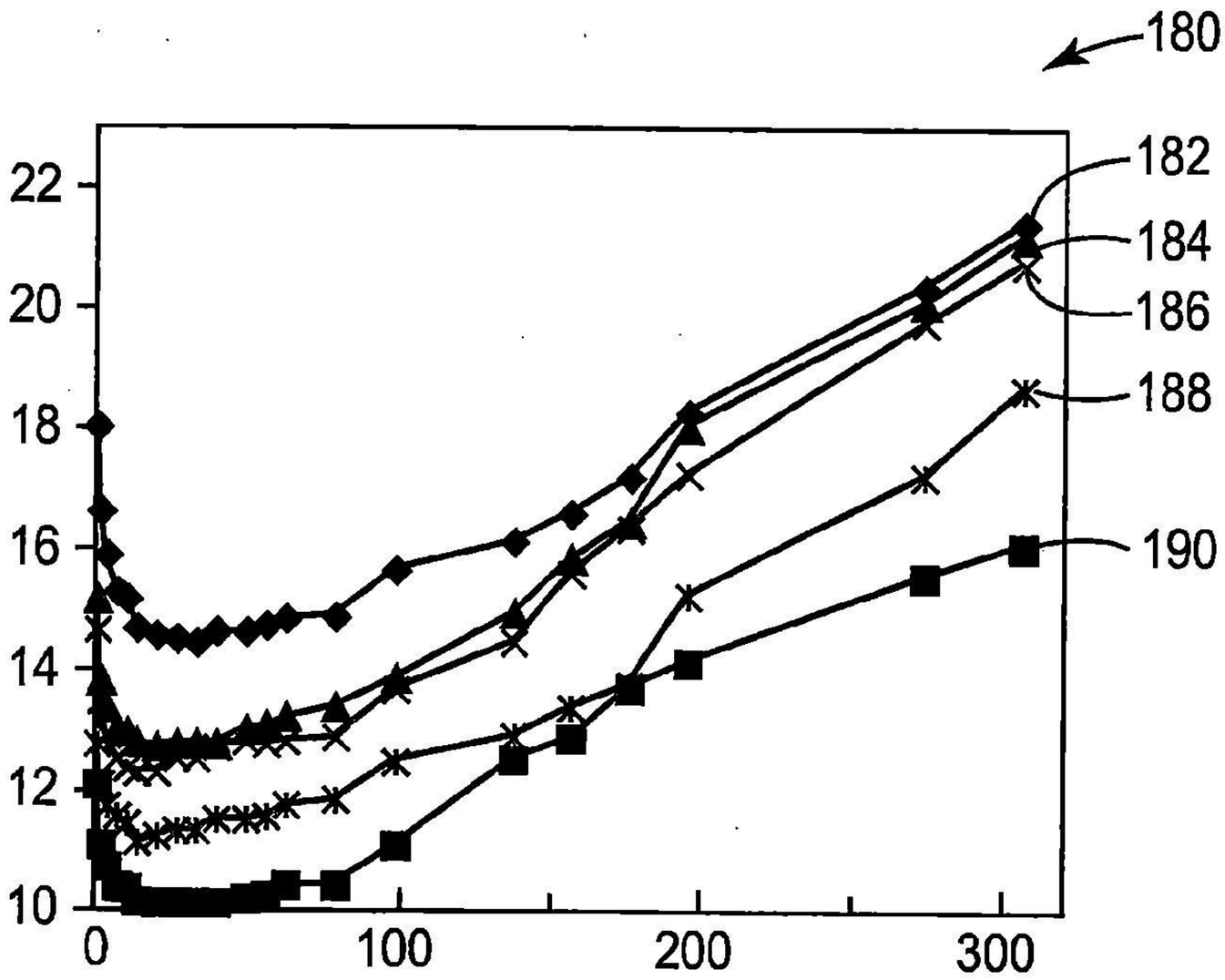

180
22
20
18
16
14
12
10
0
100
200
300
182
184
186
188
190

圖18

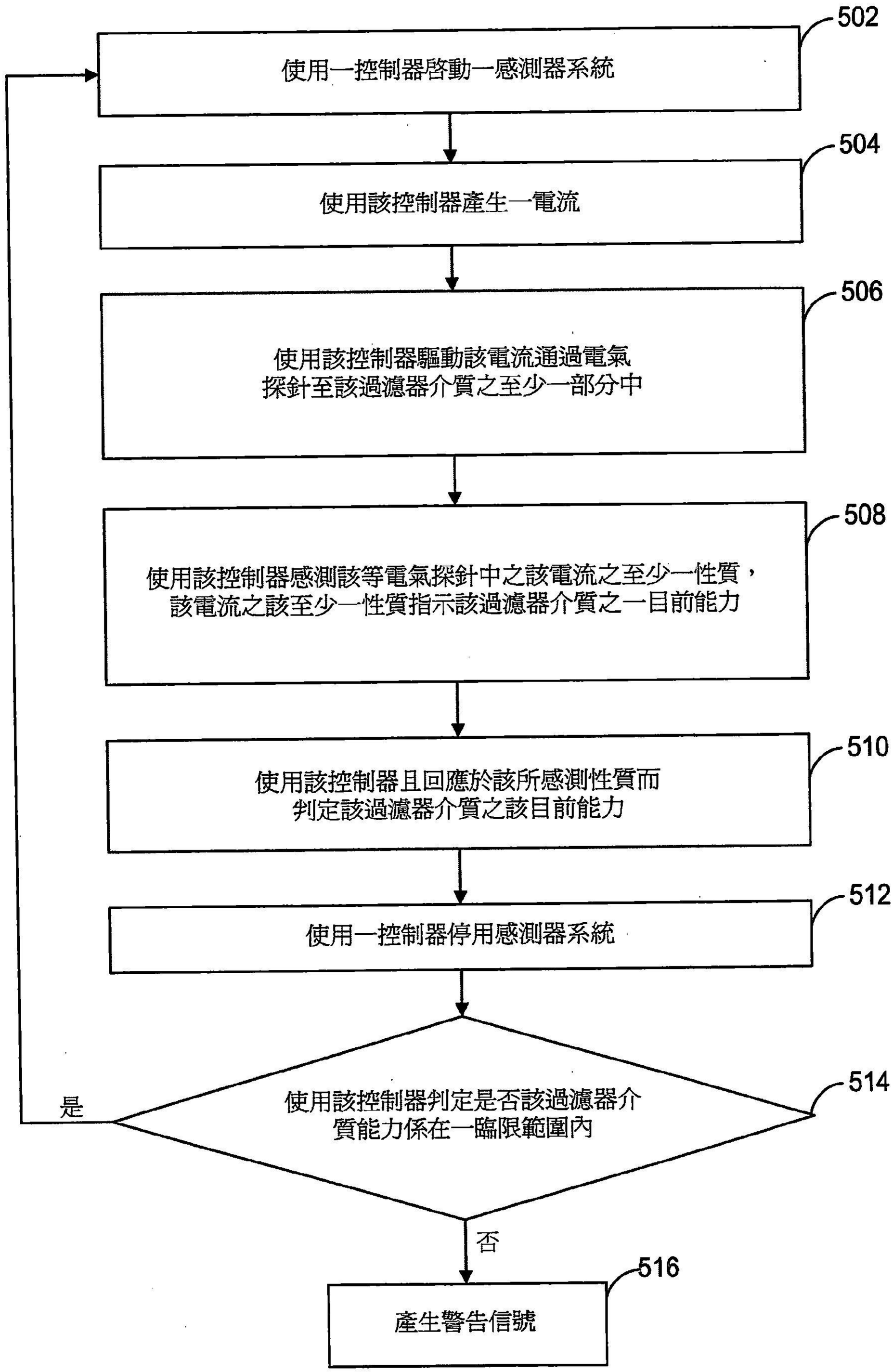

使用一控制器啓動一感測器系統
502
使用該控制器產生一電流
504
使用該控制器驅動該電流通過電氣探針至該過濾器介質之至少一部分中
506
使用該控制器感測該等電氣探針中之該電流之至少一性質，該電流之該至少一性質指示該過濾器介質之一目前能力
508
使用該控制器且回應於該所感測性質而判定該過濾器介質之該目前能力
510
使用一控制器停用感測器系統
512
使用該控制器判定是否該過濾器介質能力係在一臨限範圍內
514
是
否
產生警告信號
516

圖19

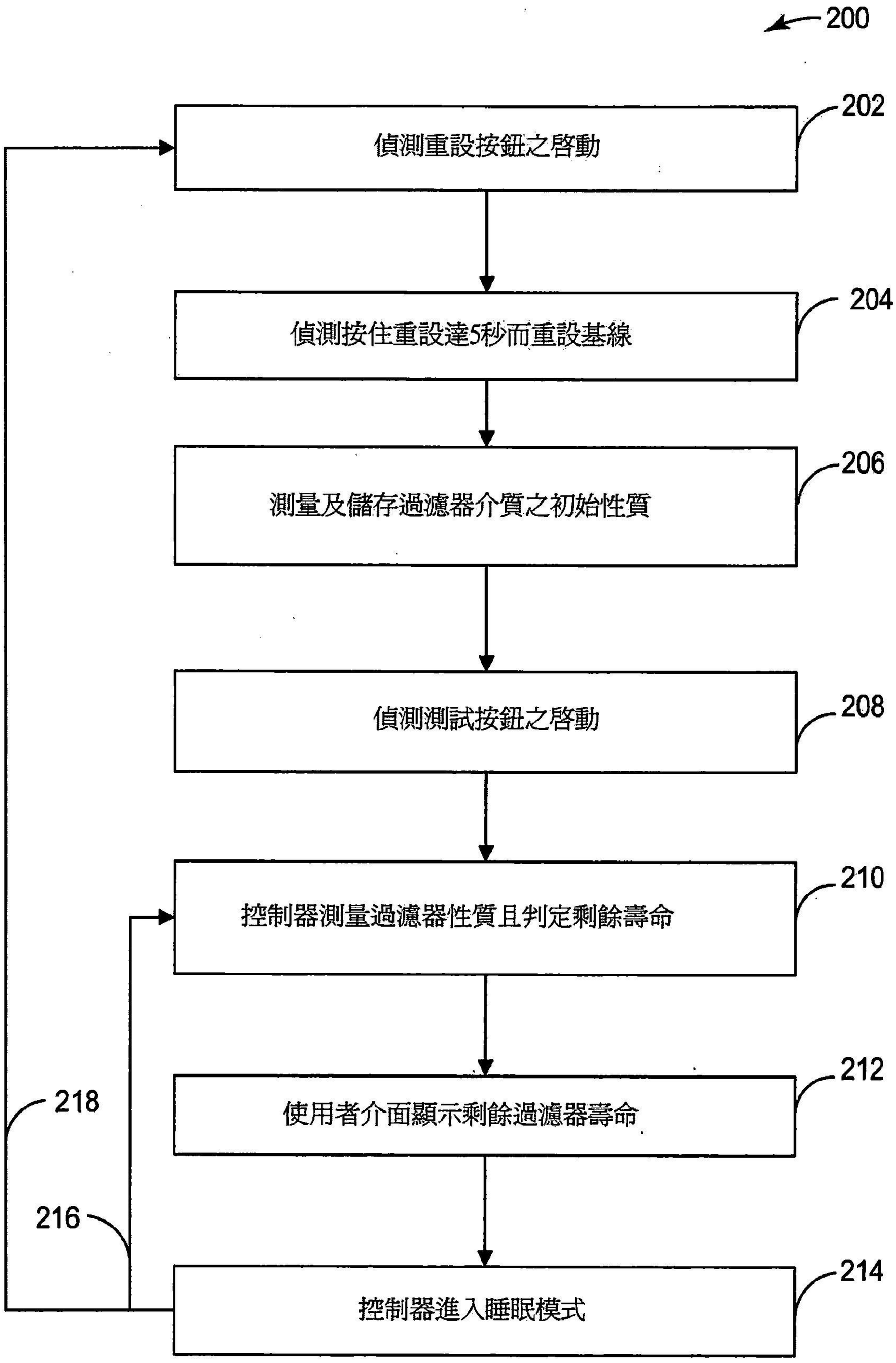

200
偵測重設按鈕之啓動
202
偵測按住重設達5秒而重設基線
204
測量及儲存過濾器介質之初始性質
206
偵測測試按鈕之啓動
208
控制器測量過濾器性質且判定剩餘壽命
210
使用者介面顯示剩餘過濾器壽命
212
控制器進入睡眠模式
214
216
218

圖20

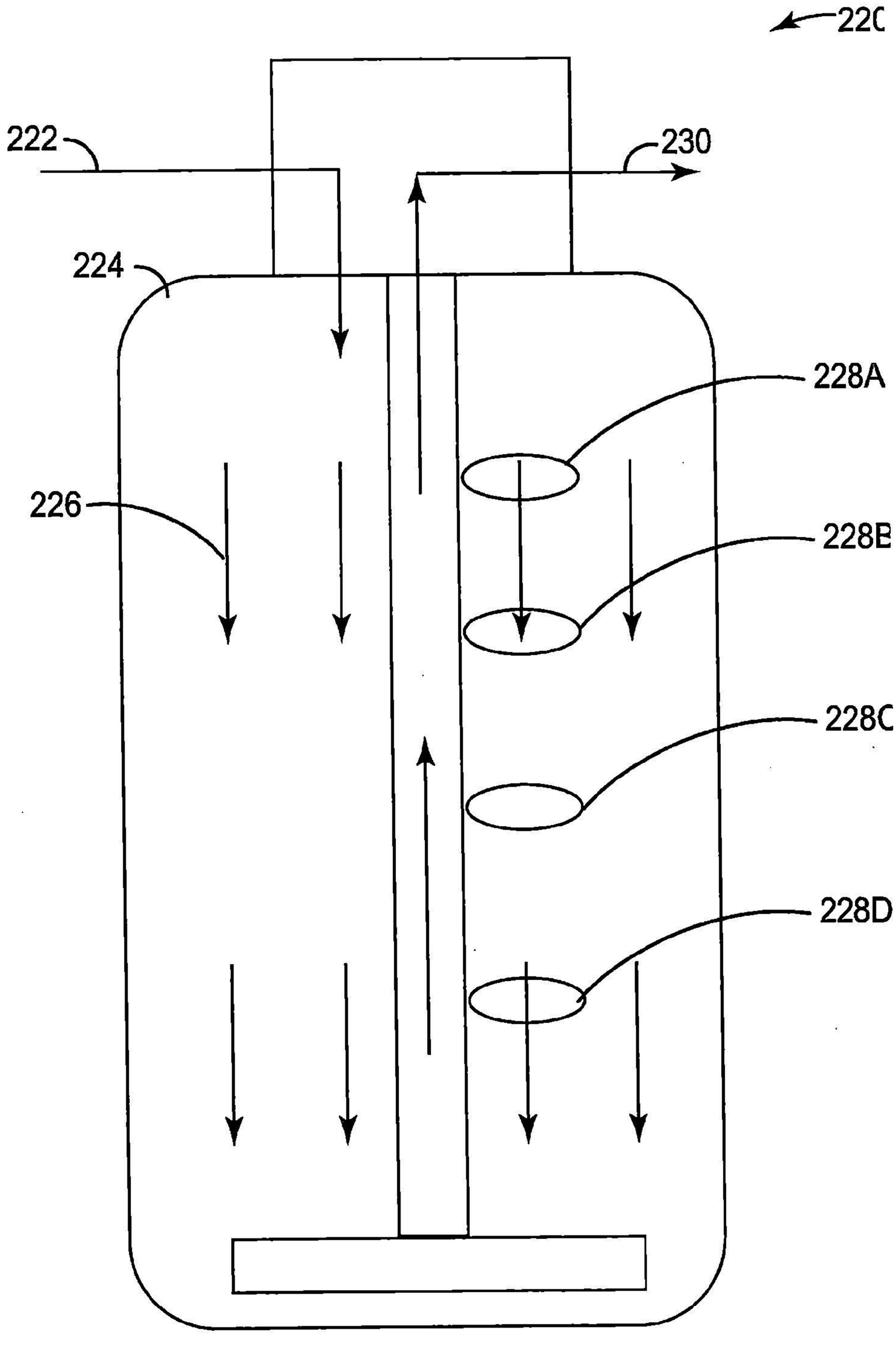


圖21

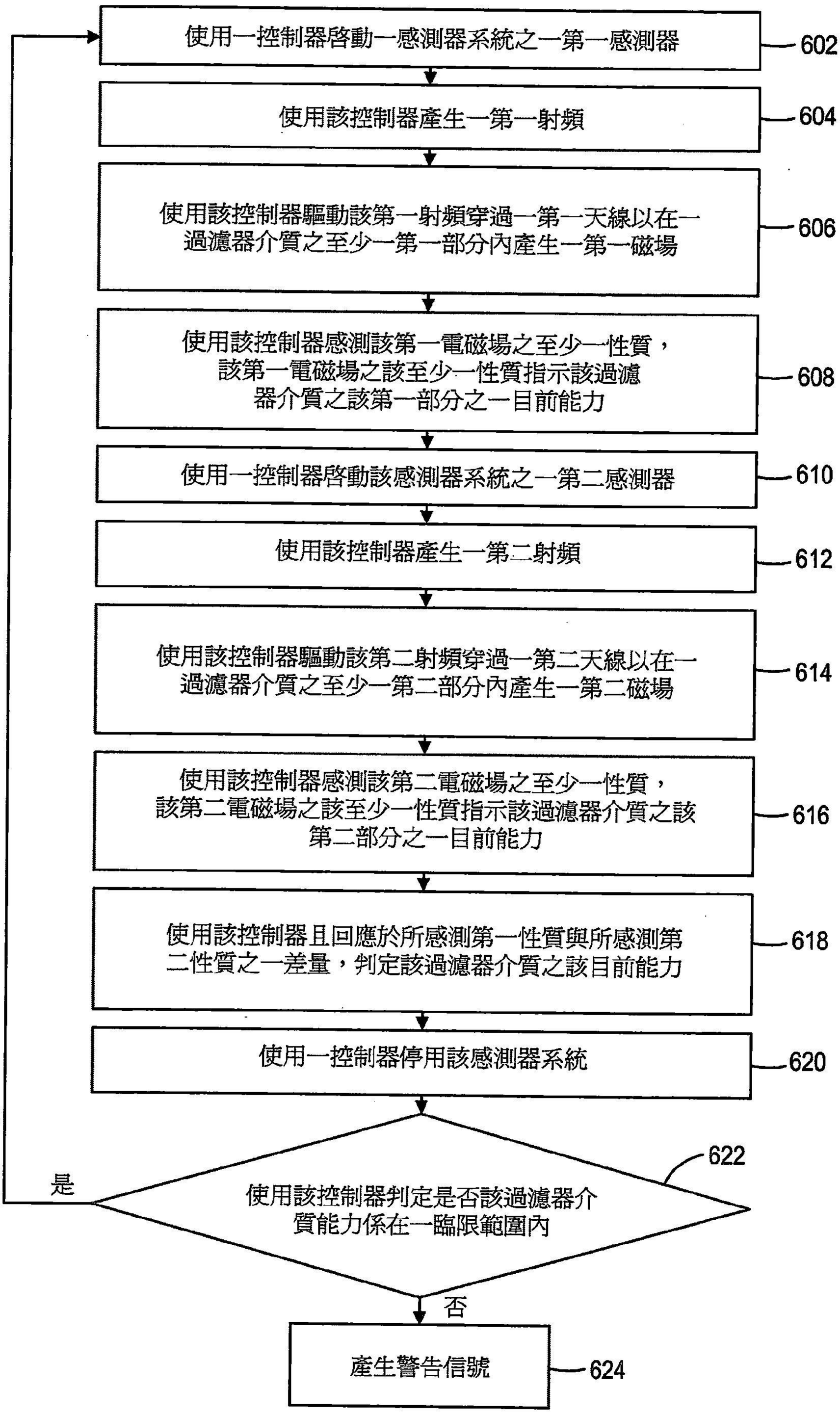

使用一控制器啓動一感測器系統之一第一感測器
602
使用該控制器產生一第一射頻
604
使用該控制器驅動該第一射頻穿過一第一天線以在一過濾器介質之至少一第一部分內產生一第一磁場
606
使用該控制器感測該第一電磁場之至少一性質，該第一電磁場之該至少一性質指示該過濾器介質之該第一部分之一目前能力
608
使用一控制器啓動該感測器系統之一第二感測器
610
使用該控制器產生一第二射頻
612
使用該控制器驅動該第二射頻穿過一第二天線以在一過濾器介質之至少一第二部分內產生一第二磁場
614
使用該控制器感測該第二電磁場之至少一性質，該第二電磁場之該至少一性質指示該過濾器介質之該第二部分之一目前能力
616
使用該控制器且回應於所感測第一性質與所感測第二性質之一差量，判定該過濾器介質之該目前能力
618
使用一控制器停用該感測器系統
620
使用該控制器判定是否該過濾器介質能力係在一臨限範圍內
622
是
否
產生警告信號
624

圖22

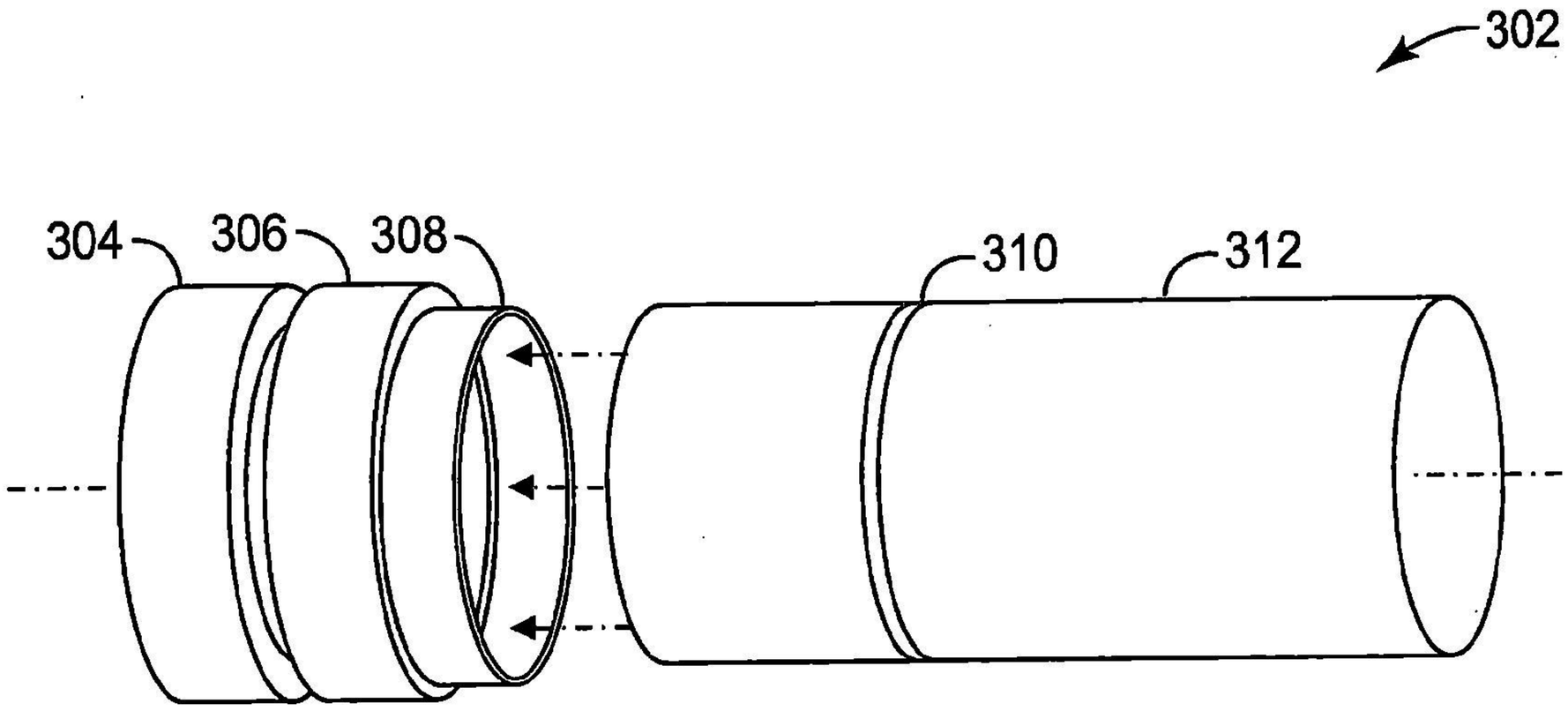


圖23

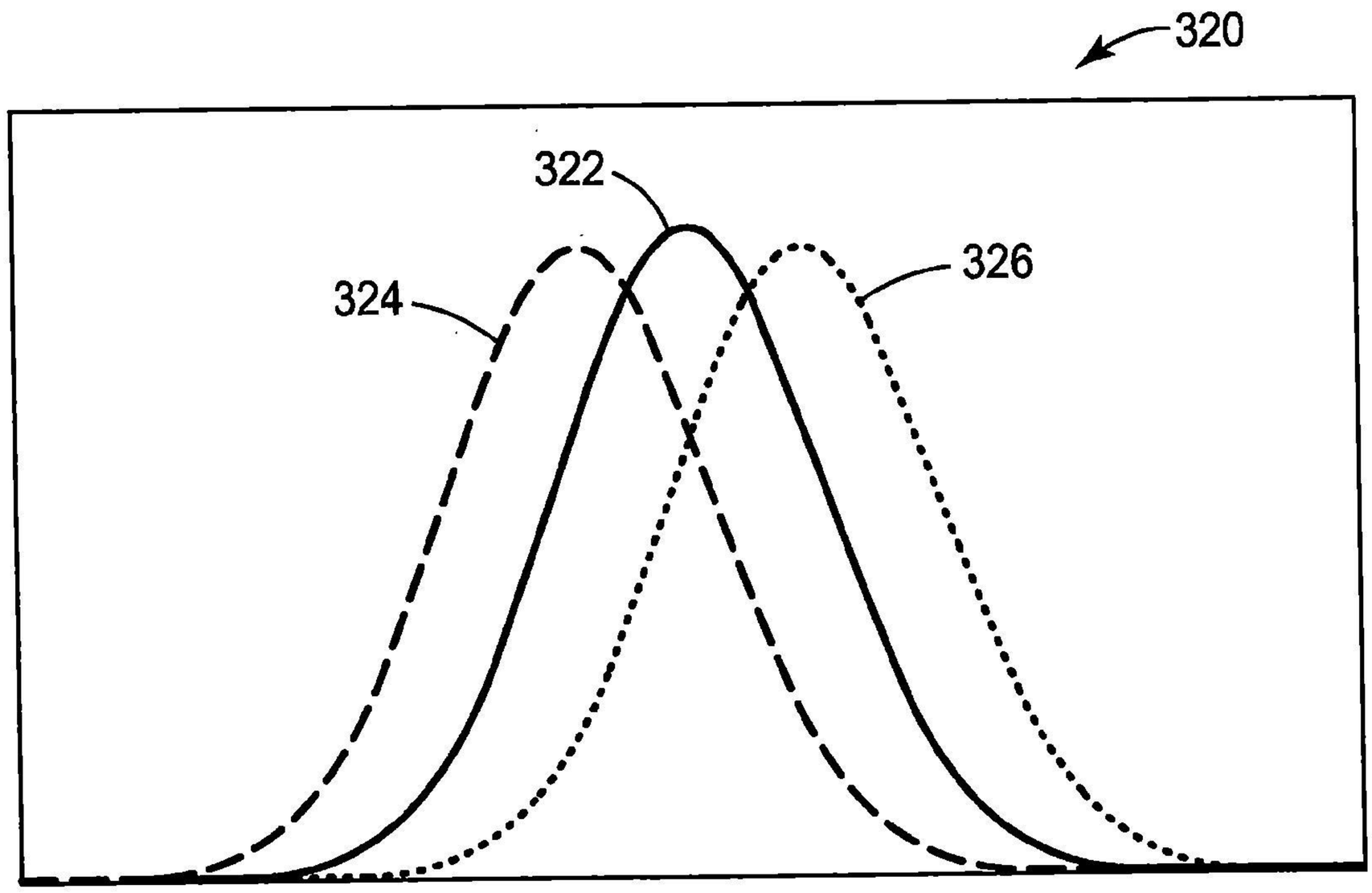


圖24

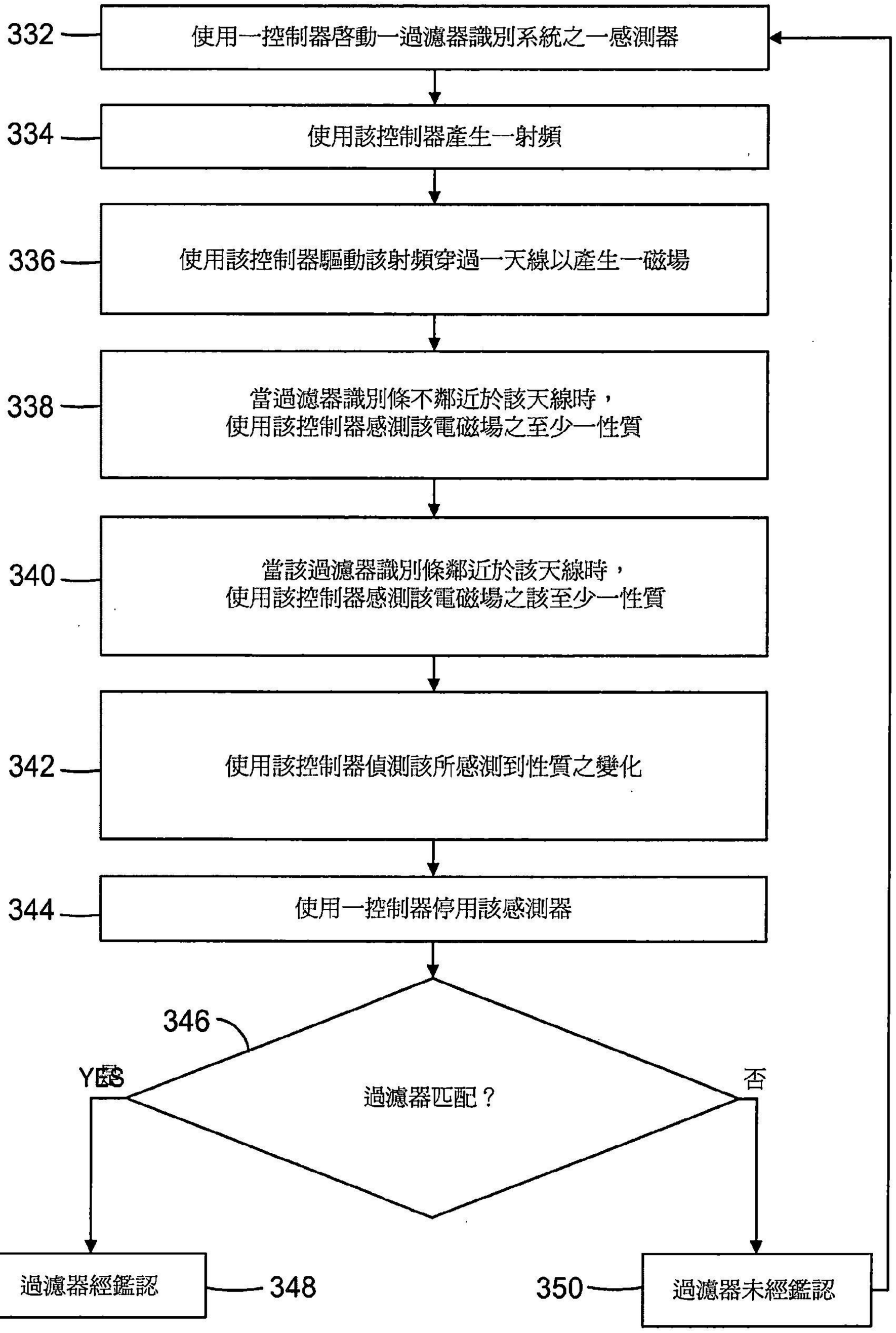

332
使用一控制器啓動一過濾器識別系統之一感測器
334
使用該控制器產生一射頻
336
使用該控制器驅動該射頻穿過一天線以產生一磁場
338
當過濾器識別條不鄰近於該天線時，
使用該控制器感測該電磁場之至少一性質
340
當該過濾器識別條鄰近於該天線時，
使用該控制器感測該電磁場之該至少一性質
342
使用該控制器偵測該所感測到性質之變化
344
使用一控制器停用該感測器
346
過濾器匹配？
YES
否
過濾器經鑑認
348
350
過濾器未經鑑認

圖25

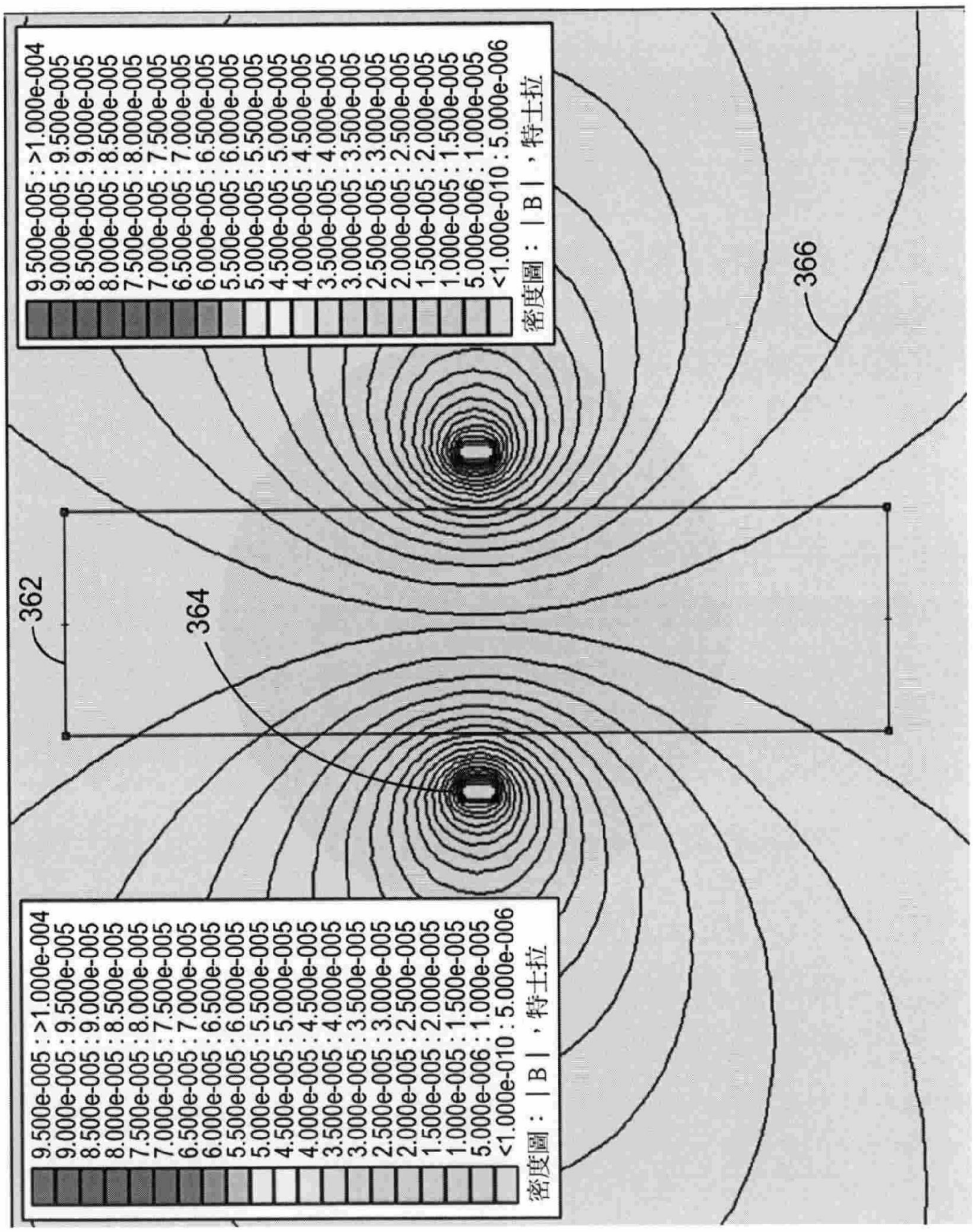

362
364
366
密度圖：|B|，特士拉
9.500e-005 : >1.000e-004
9.000e-005 : 9.500e-005
8.500e-005 : 9.000e-005
8.000e-005 : 8.500e-005
7.500e-005 : 8.000e-005
7.000e-005 : 7.500e-005
6.500e-005 : 7.000e-005
6.000e-005 : 6.500e-005
5.500e-005 : 6.000e-005
5.000e-005 : 5.500e-005
4.500e-005 : 5.000e-005
4.000e-005 : 4.500e-005
3.500e-005 : 4.000e-005
3.000e-005 : 3.500e-005
2.500e-005 : 3.000e-005
2.000e-005 : 2.500e-005
1.500e-005 : 2.000e-005
1.000e-005 : 1.500e-005
5.000e-006 : 1.000e-005
<1.000e-010 : 5.000e-006

圖26

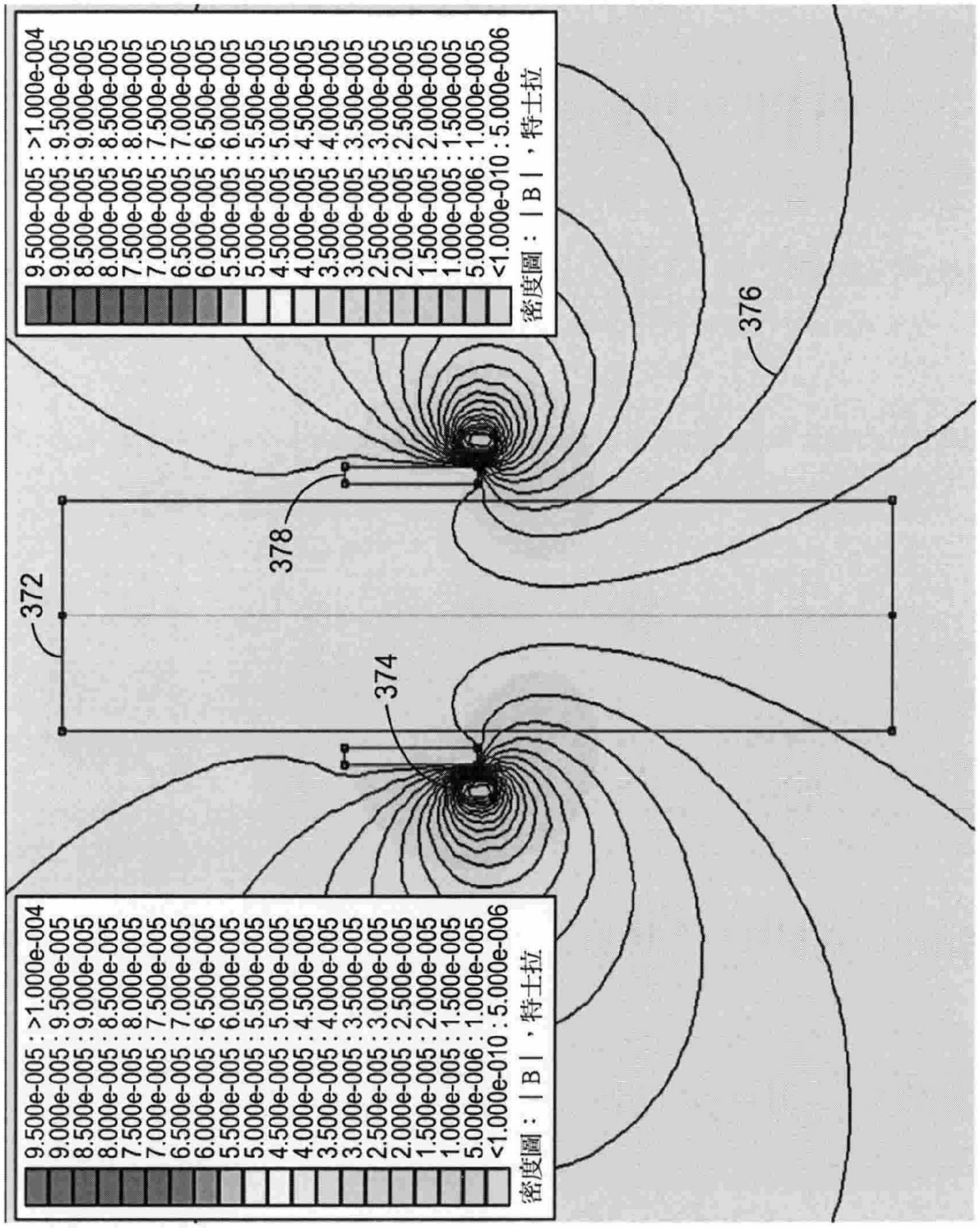

372
374
376
378
密度圖：|B|，特士拉
9.500e-005 : >1.000e-004
9.000e-005 : 9.500e-005
8.500e-005 : 9.000e-005
8.000e-005 : 8.500e-005
7.500e-005 : 8.000e-005
7.000e-005 : 7.500e-005
6.500e-005 : 7.000e-005
6.000e-005 : 6.500e-005
5.500e-005 : 6.000e-005
5.000e-005 : 5.500e-005
4.500e-005 : 5.000e-005
4.000e-005 : 4.500e-005
3.500e-005 : 4.000e-005
3.000e-005 : 3.500e-005
2.500e-005 : 3.000e-005
2.000e-005 : 2.500e-005
1.500e-005 : 2.000e-005
1.000e-005 : 1.500e-005
5.000e-006 : 1.000e-005
<1.000e-010 : 5.000e-006

圖27

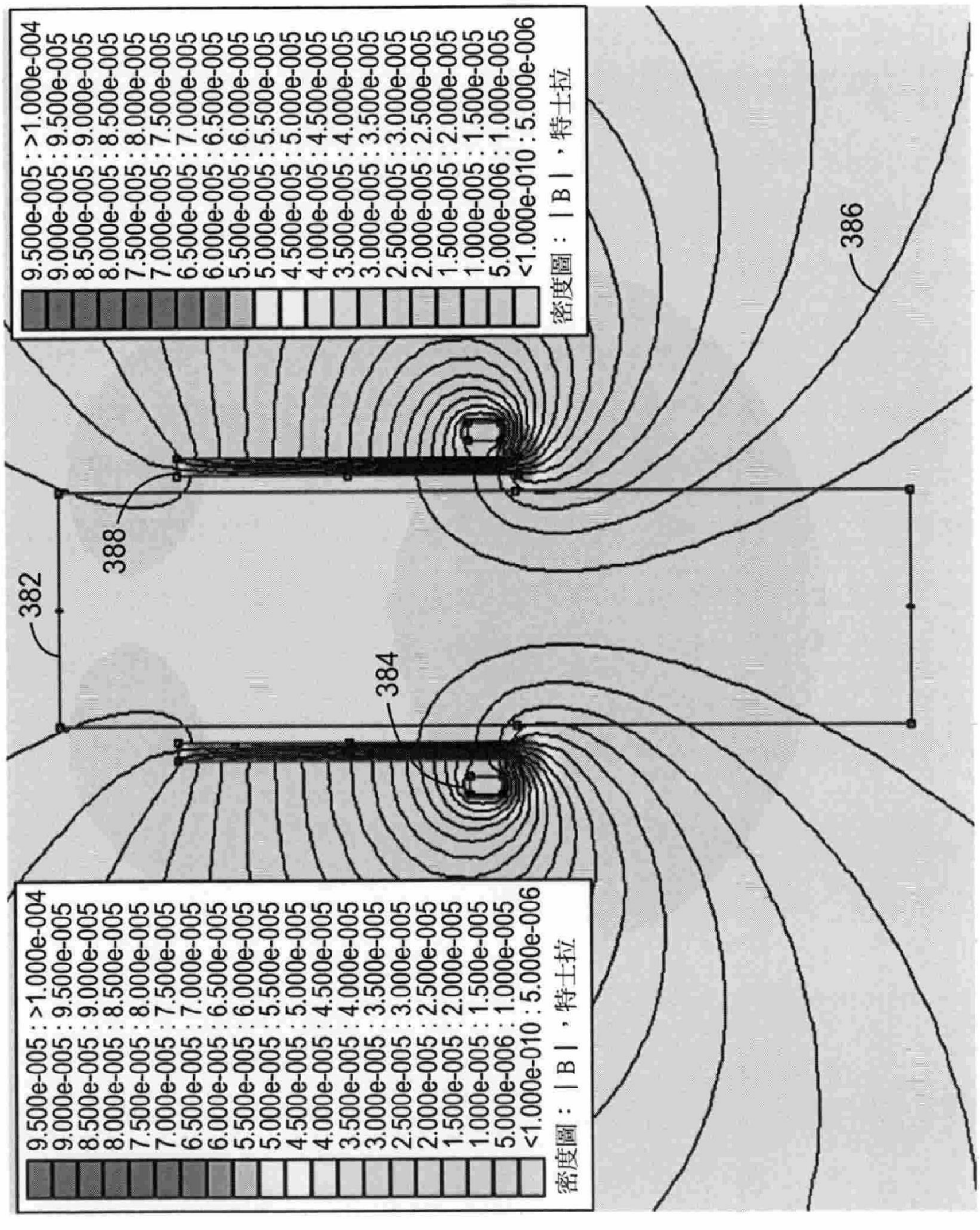

382
388
386
384
密度圖：|B|，特士拉
9.500e-005 : >1.000e-004
9.000e-005 : 9.500e-005
8.500e-005 : 9.000e-005
8.000e-005 : 8.500e-005
7.500e-005 : 8.000e-005
7.000e-005 : 7.500e-005
6.500e-005 : 7.000e-005
6.000e-005 : 6.500e-005
5.500e-005 : 6.000e-005
5.000e-005 : 5.500e-005
4.500e-005 : 5.000e-005
4.000e-005 : 4.500e-005
3.500e-005 : 4.000e-005
3.000e-005 : 3.500e-005
2.500e-005 : 3.000e-005
2.000e-005 : 2.500e-005
1.500e-005 : 2.000e-005
1.000e-005 : 1.500e-005
5.000e-006 : 1.000e-005
<1.000e-010 : 5.000e-006

圖28

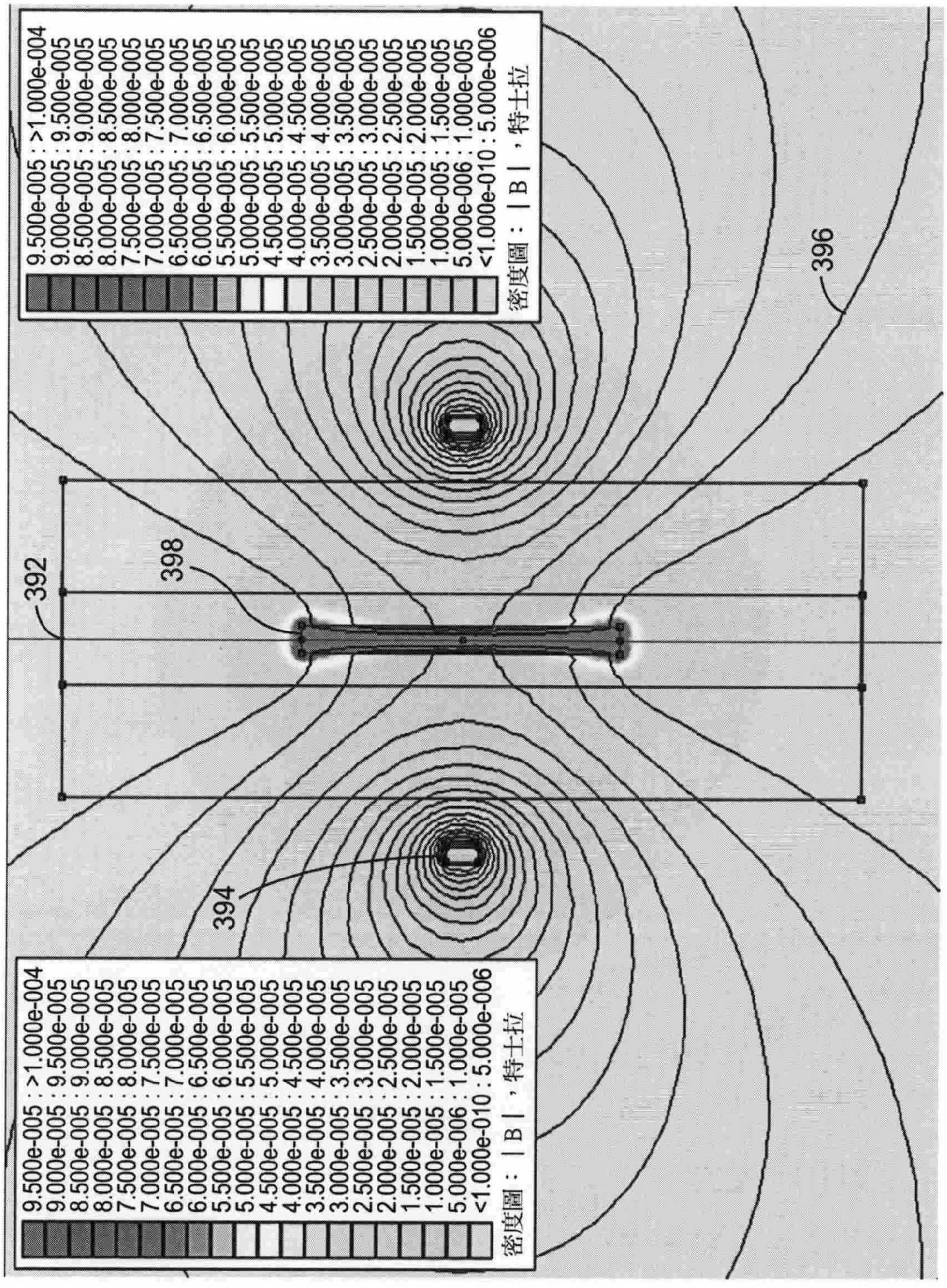

密度圖：|B|，特士拉
9.500e-005 : >1.000e-004
9.000e-005 : 9.500e-005
8.500e-005 : 9.000e-005
8.000e-005 : 8.500e-005
7.500e-005 : 8.000e-005
7.000e-005 : 7.500e-005
6.500e-005 : 7.000e-005
6.000e-005 : 6.500e-005
5.500e-005 : 6.000e-005
5.000e-005 : 5.500e-005
4.500e-005 : 5.000e-005
4.000e-005 : 4.500e-005
3.500e-005 : 4.000e-005
3.000e-005 : 3.500e-005
2.500e-005 : 3.000e-005
2.000e-005 : 2.500e-005
1.500e-005 : 2.000e-005
1.000e-005 : 1.500e-005
5.000e-006 : 1.000e-005
<1.000e-010 : 5.000e-006
392
398
396
394

圖29

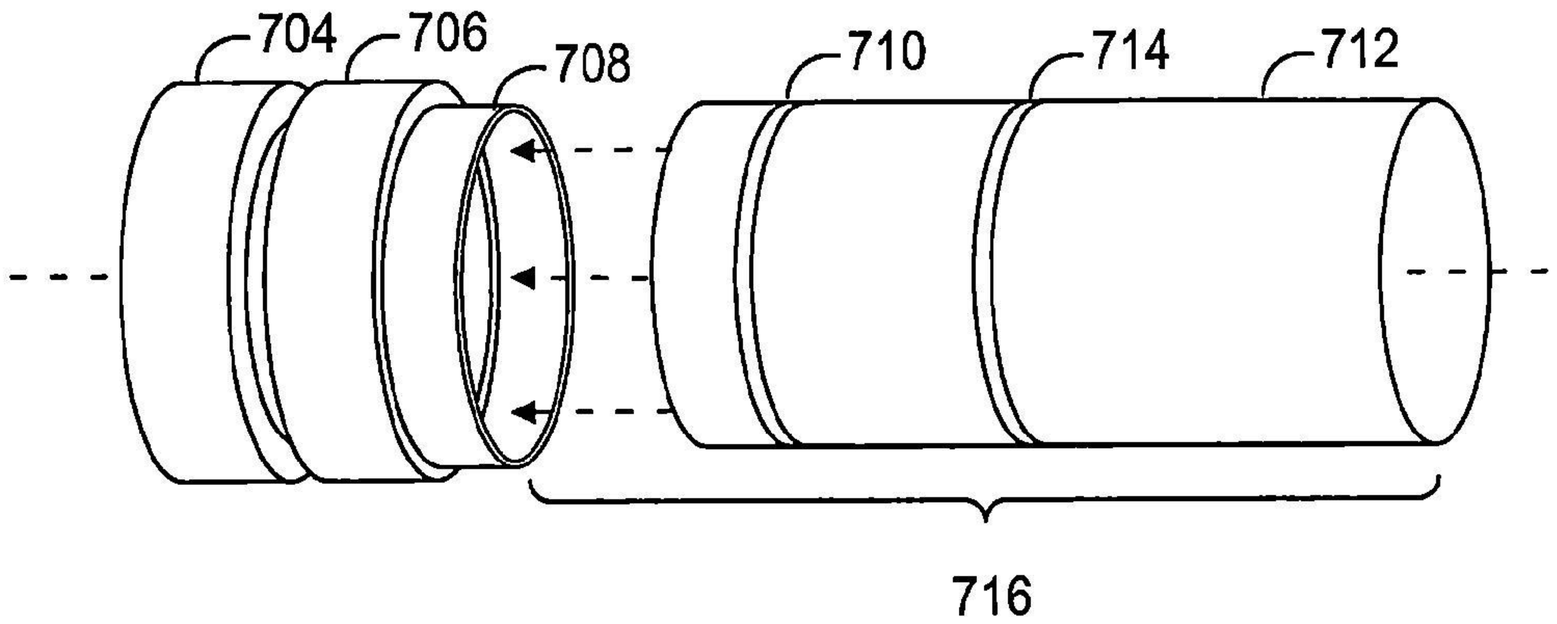


圖30A

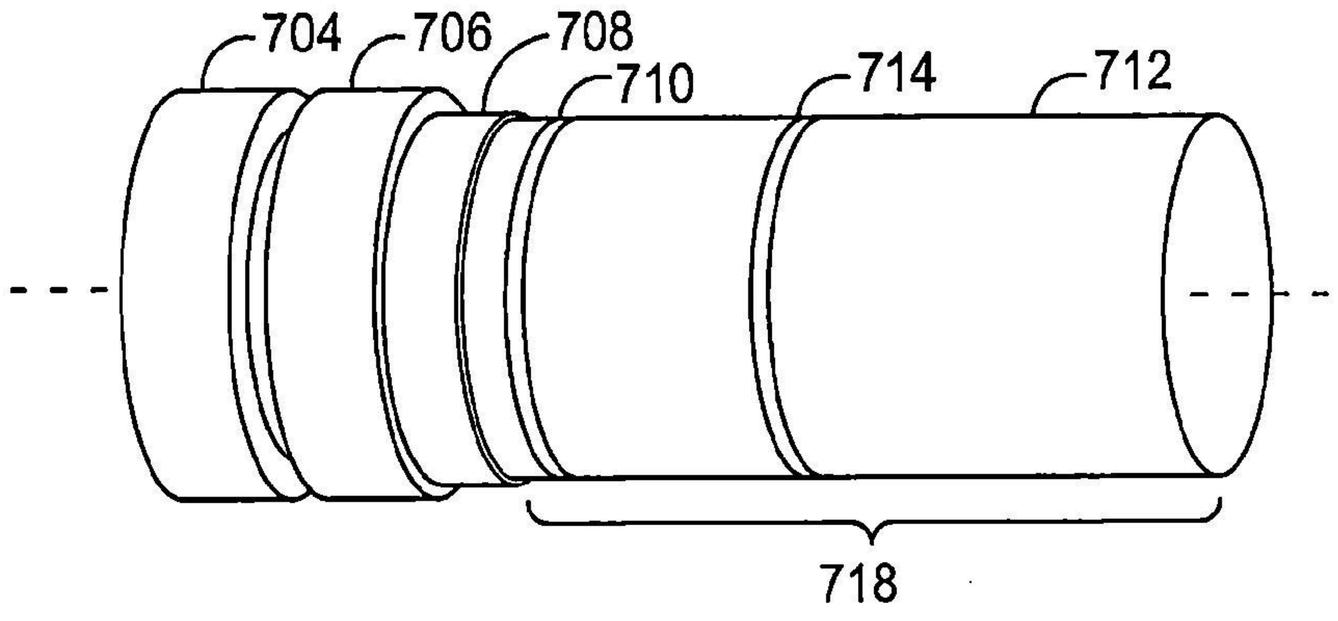


圖30B

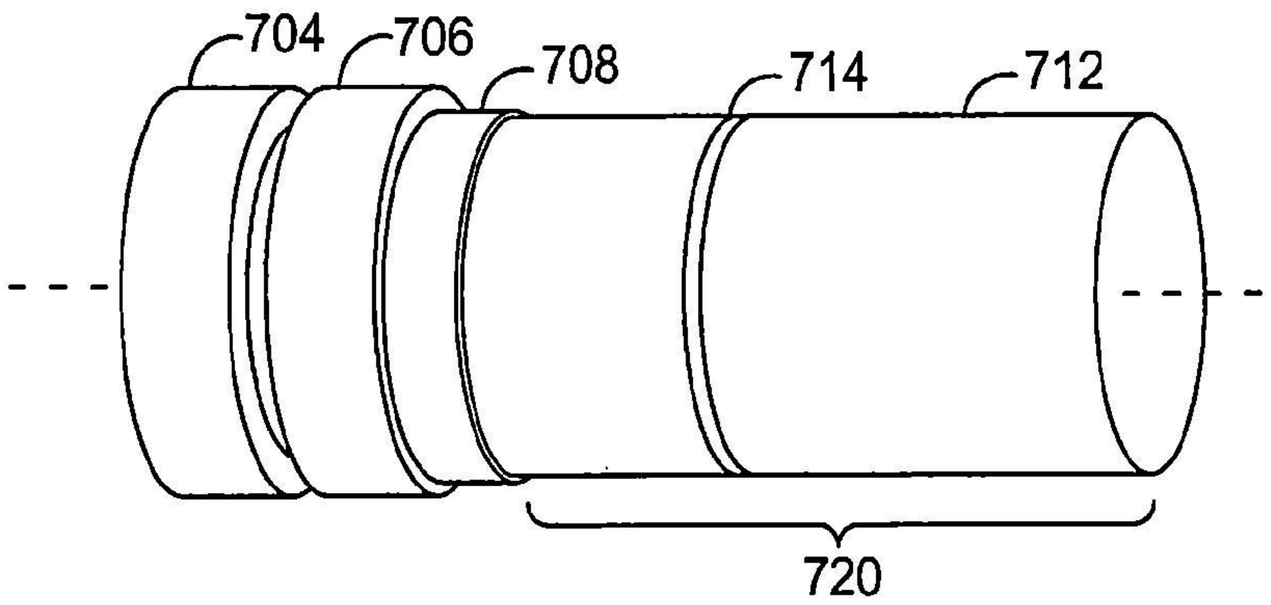


圖30C

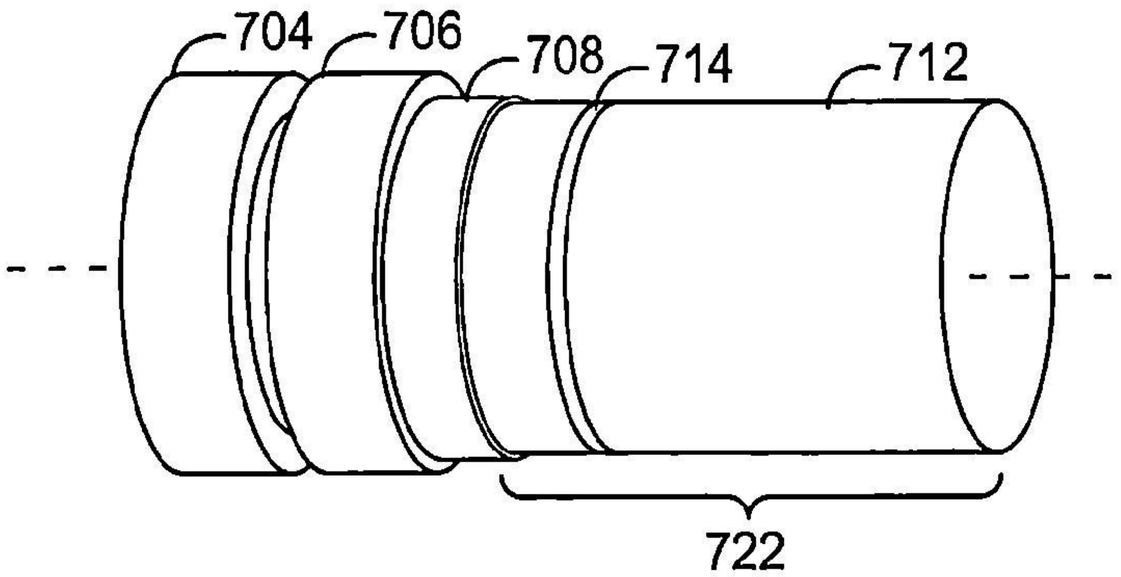


圖30D

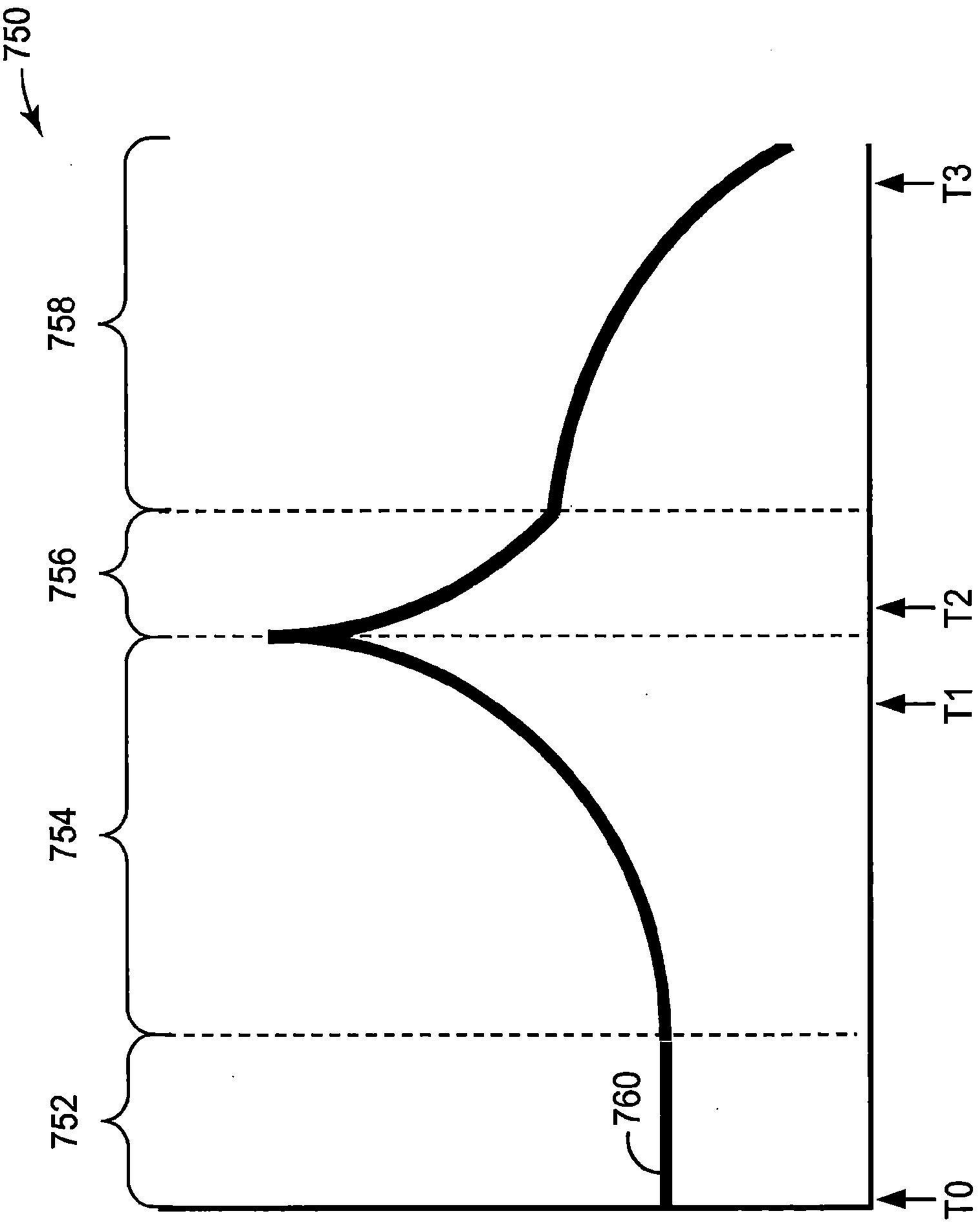


圖31

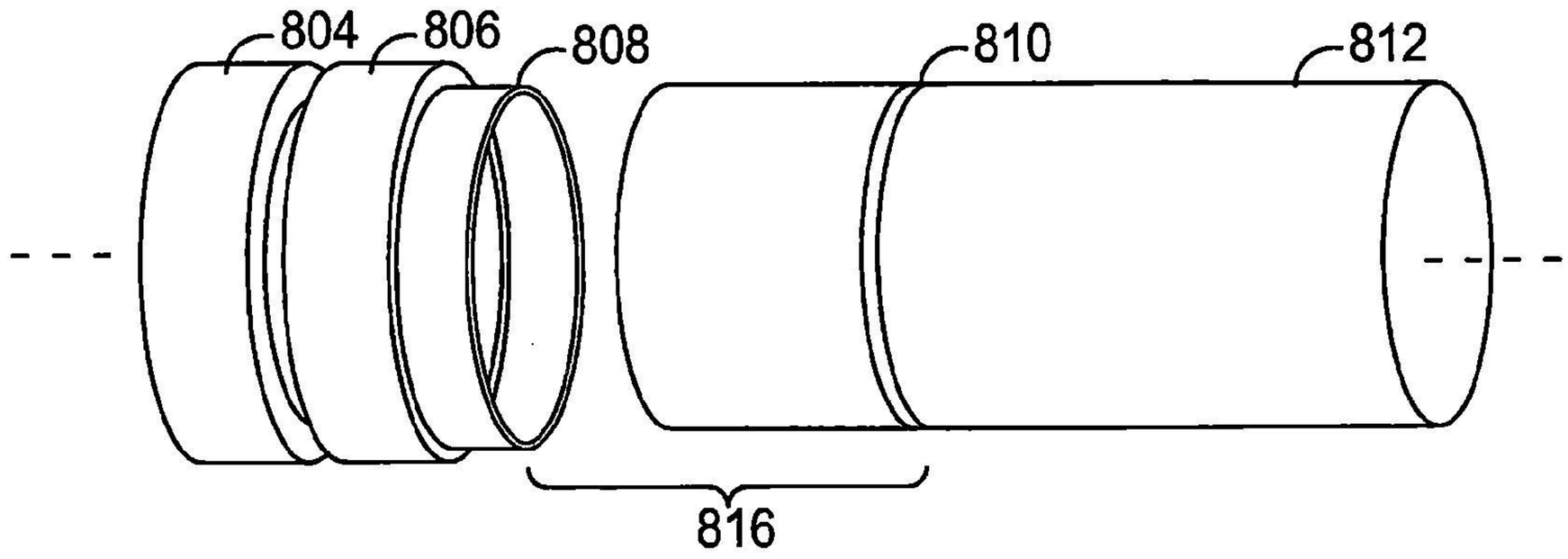


圖32A

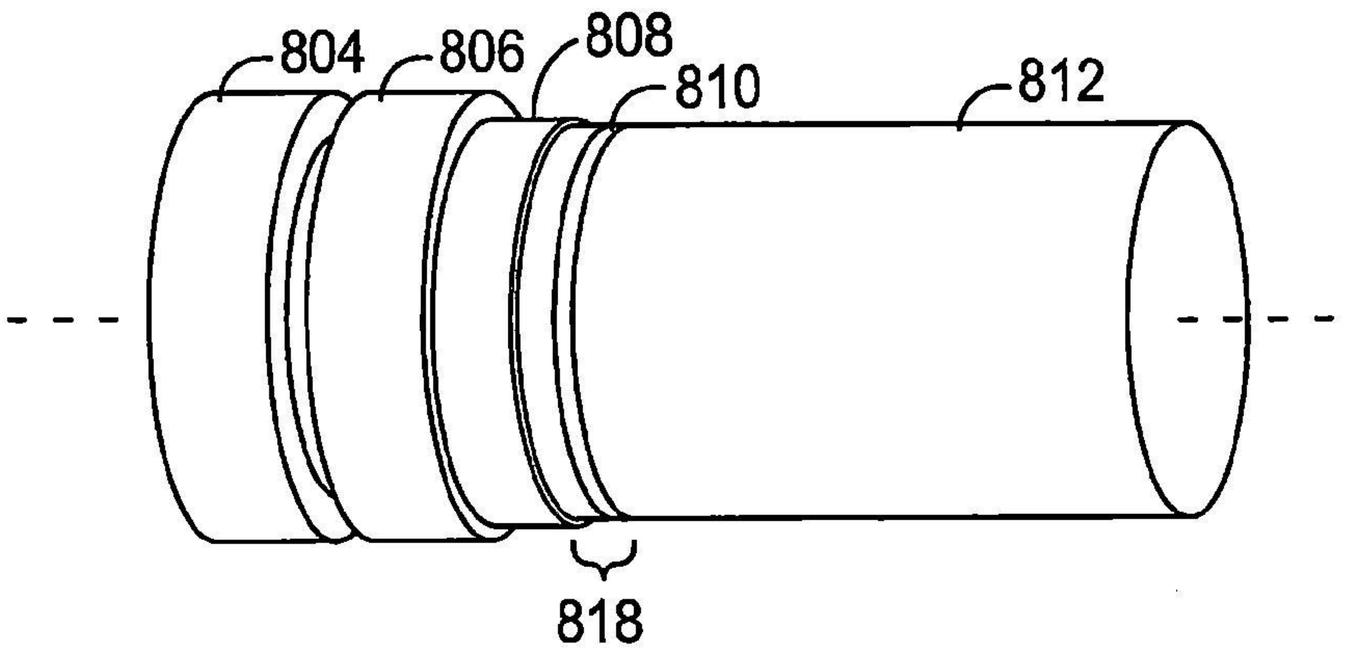


圖32B

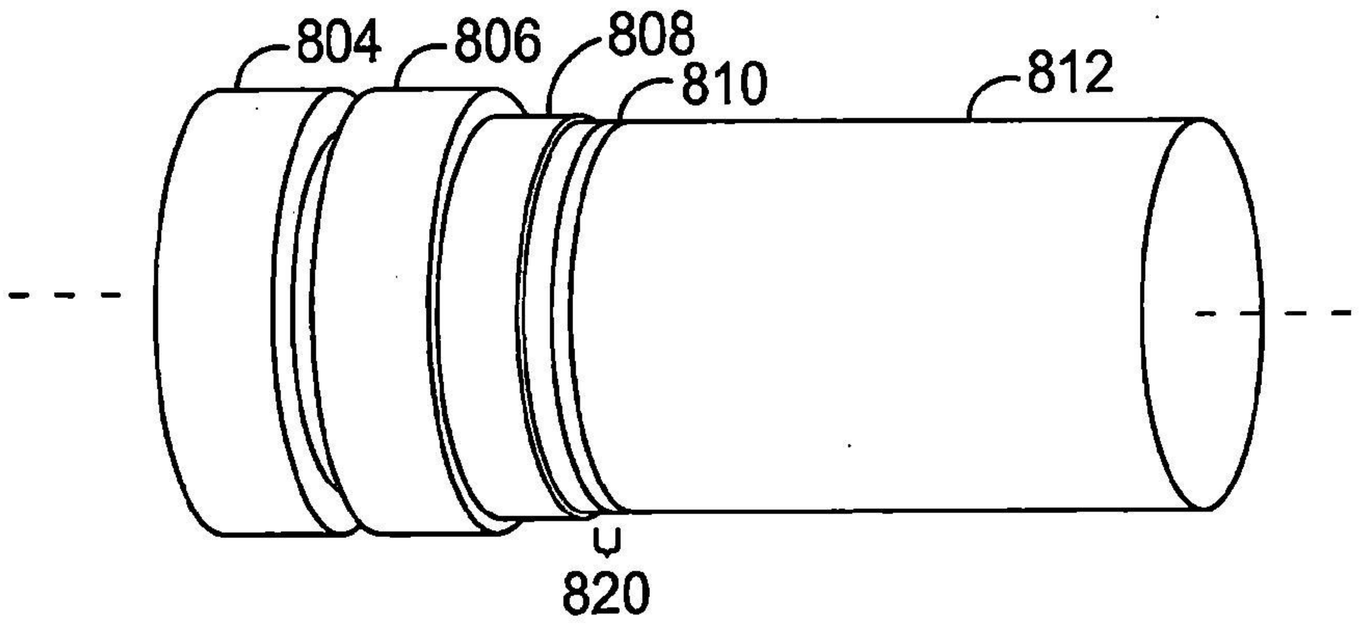


圖32C

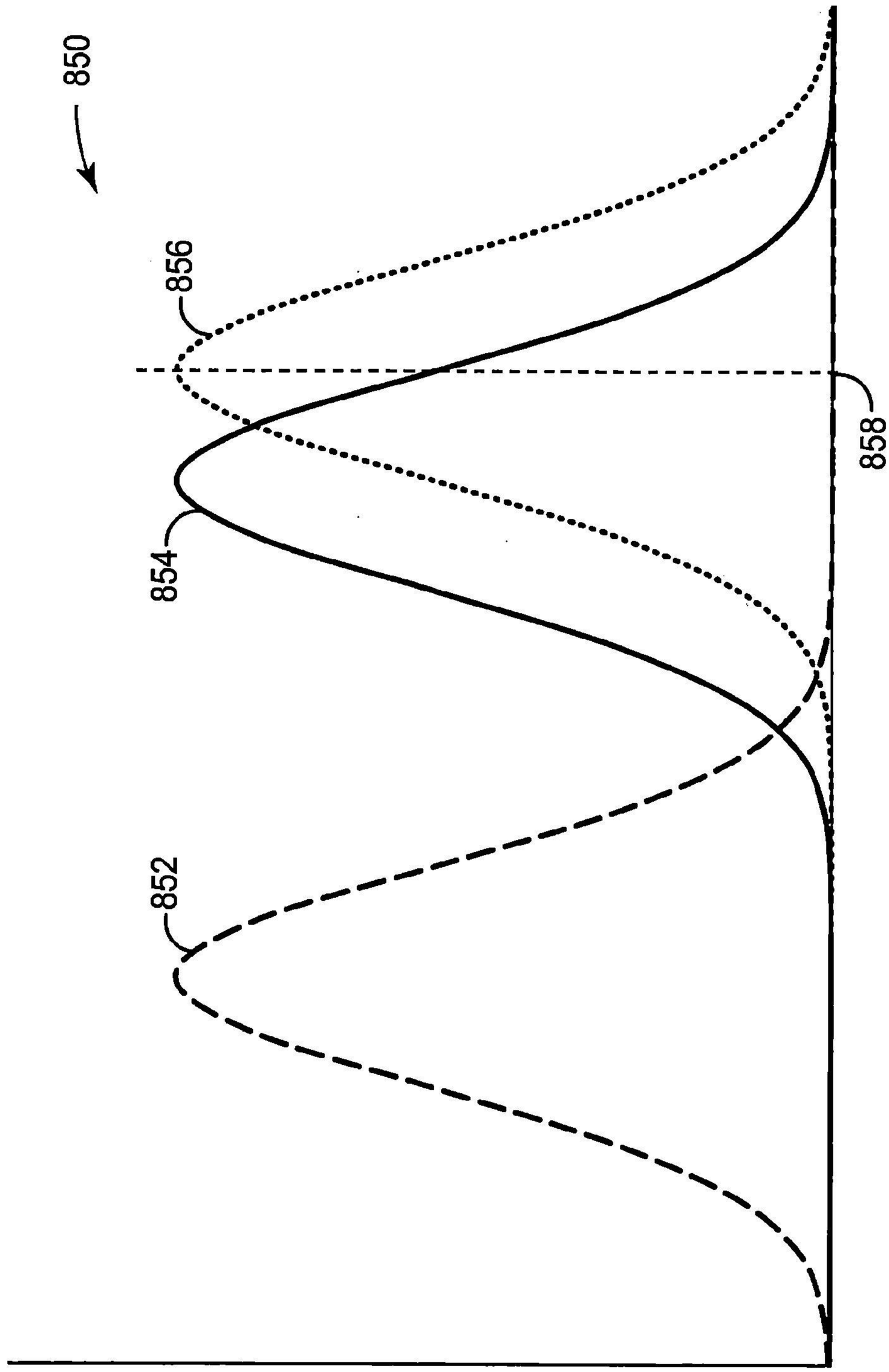


圖33

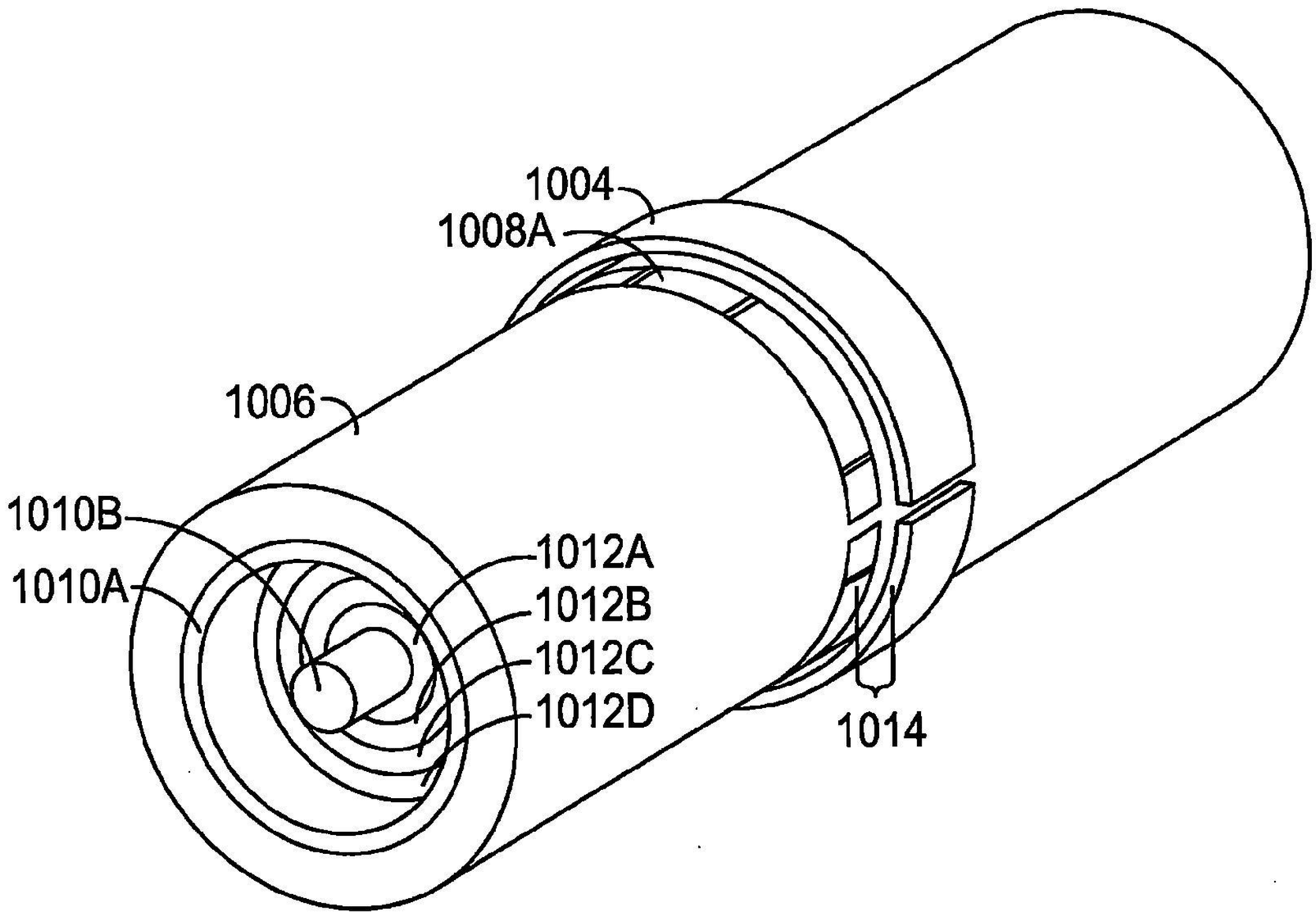

1004
1008A
1006
1010B
1010A
1012A
1012B
1012C
1012D
1014

圖34A

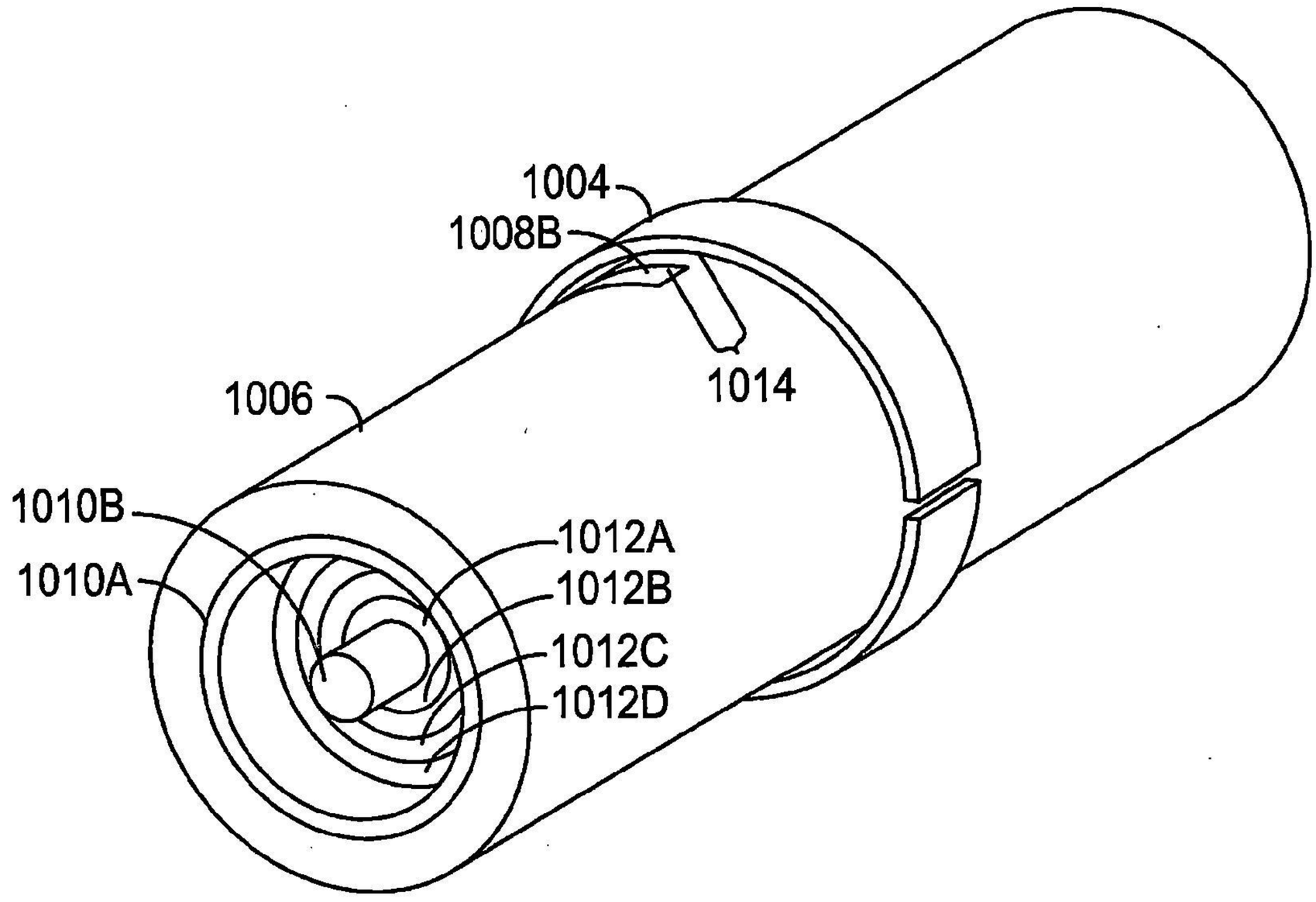

1004
1008B
1014
1006
1010B
1010A
1012A
1012B
1012C
1012D

圖34B

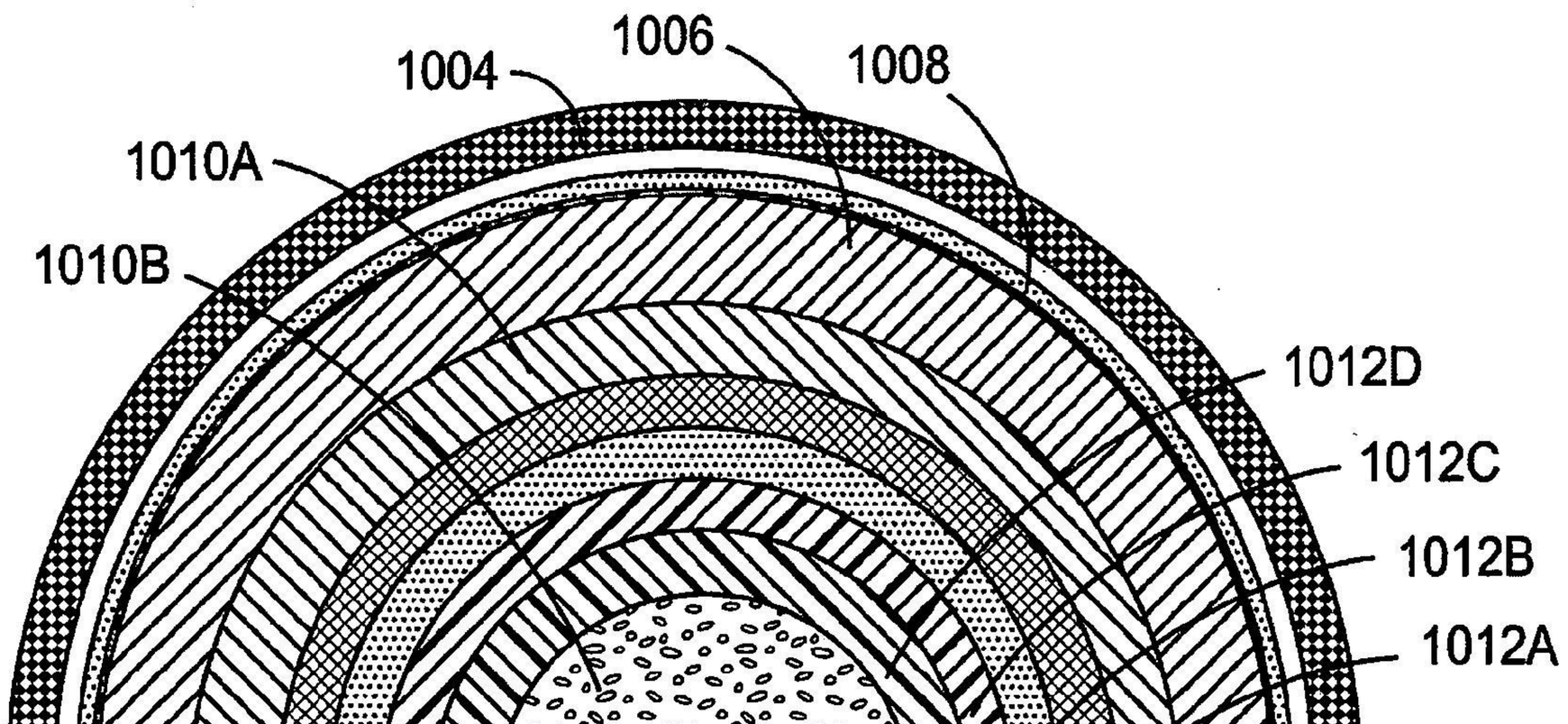


圖35

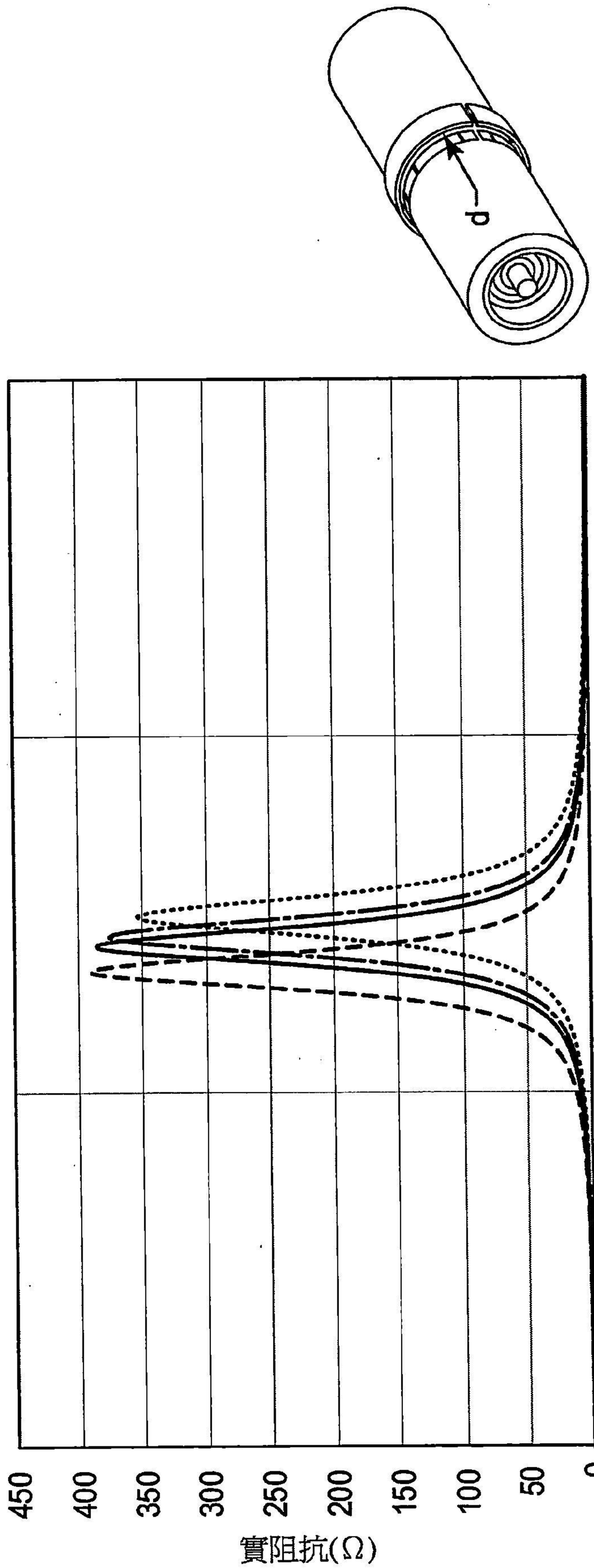

d
0.035
0.03
0.025
0.02
頻率(GHz)
無帶
偏離_帶=0
偏離_帶=0.3
偏離_帶=0.6
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
實阻抗(Ω)

圖36

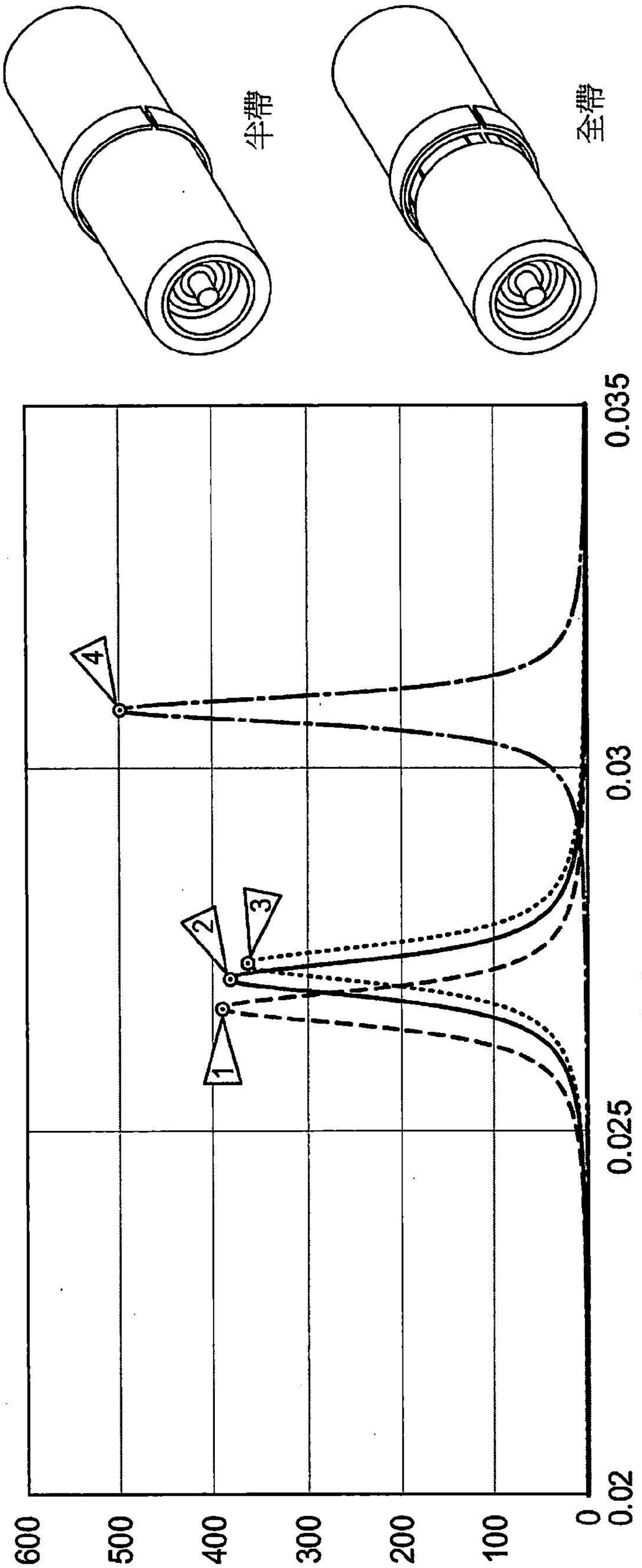

半帶
全帶
4
3
2
1
0.035
0.03
0.025
0.02
600
500
400
300
200
100
0
頻率(GHz)
實阻抗(Ω)
$\circ_1$ (0.026694, 388.24)
$\circ_2$ (0.027106, 381.06)
$\circ_3$ (0.027313, 366.08)
$\circ_4$ (0.030785, 493.99)
Z1,1_新過濾器，含第一線圈
Z1,1_新過濾器，含第一線圈，含全金屬帶_連接
Z1,1_新過濾器，含第一線圈，含全金屬帶_銅
Z1,1_新過濾器，含第一線圈，含半金屬帶

圖37

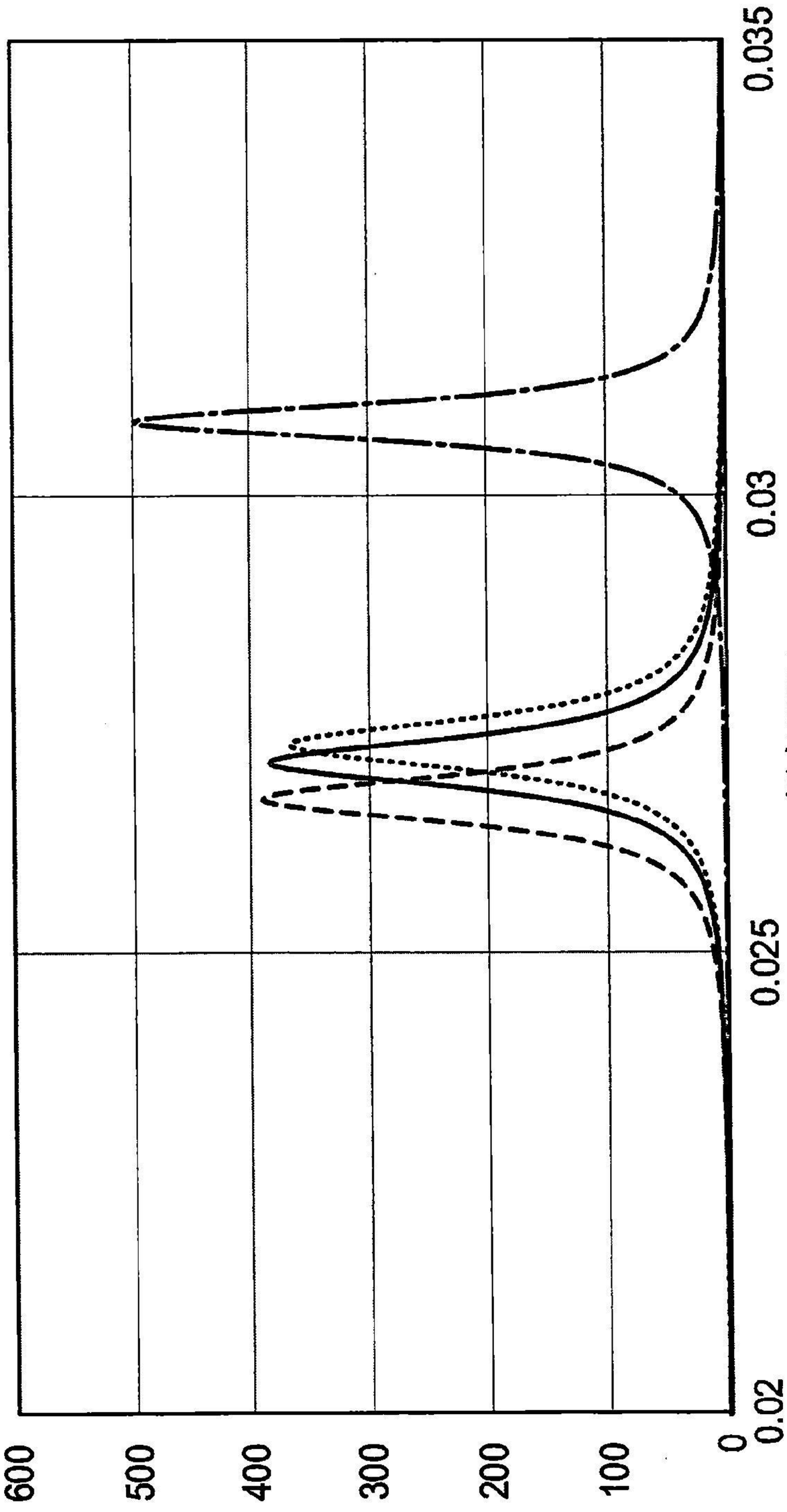


圖38A

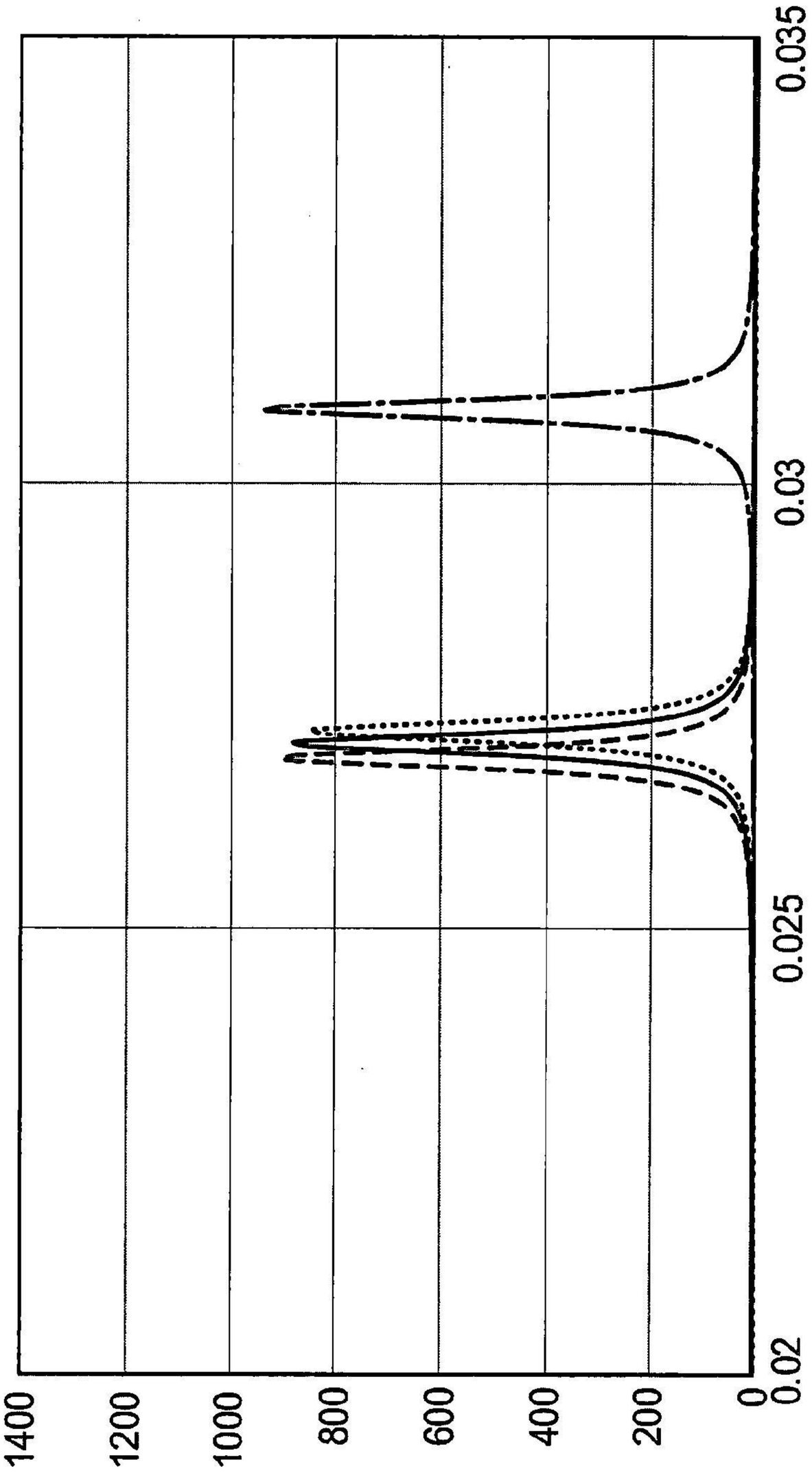
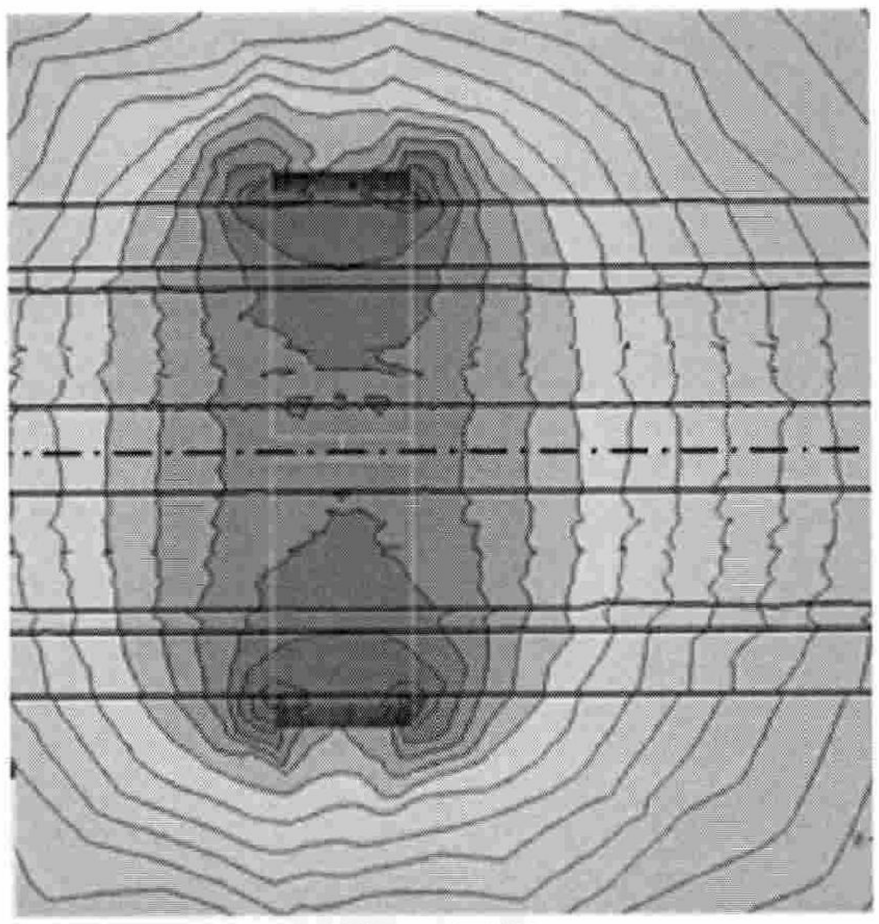
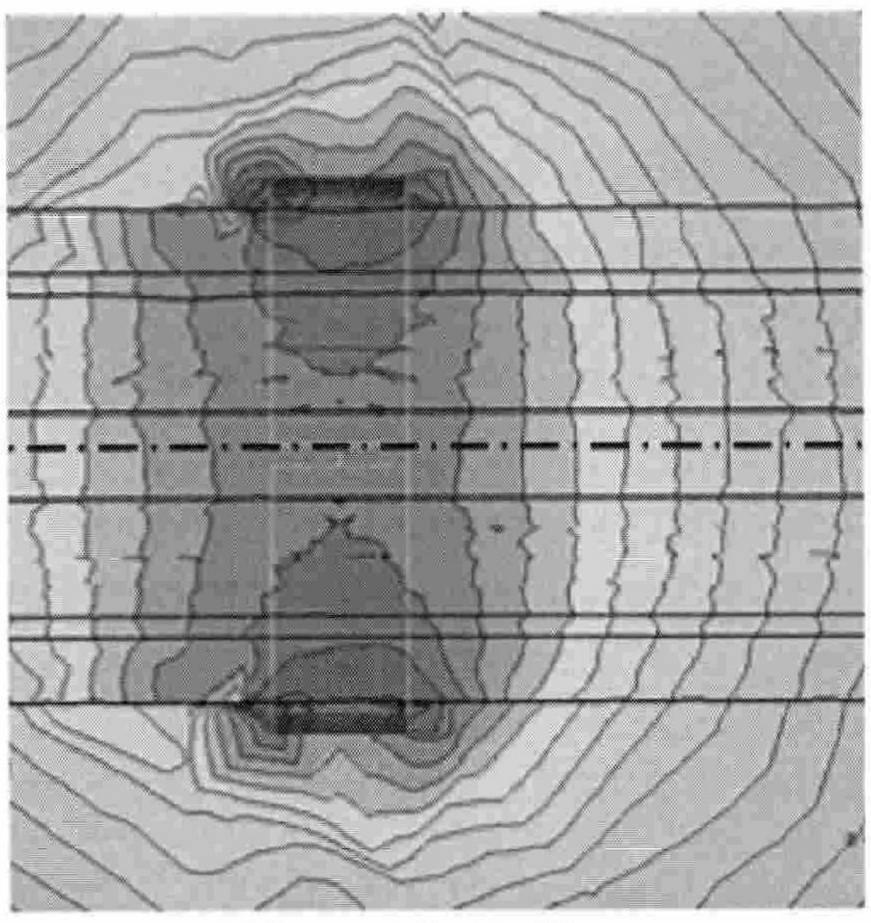


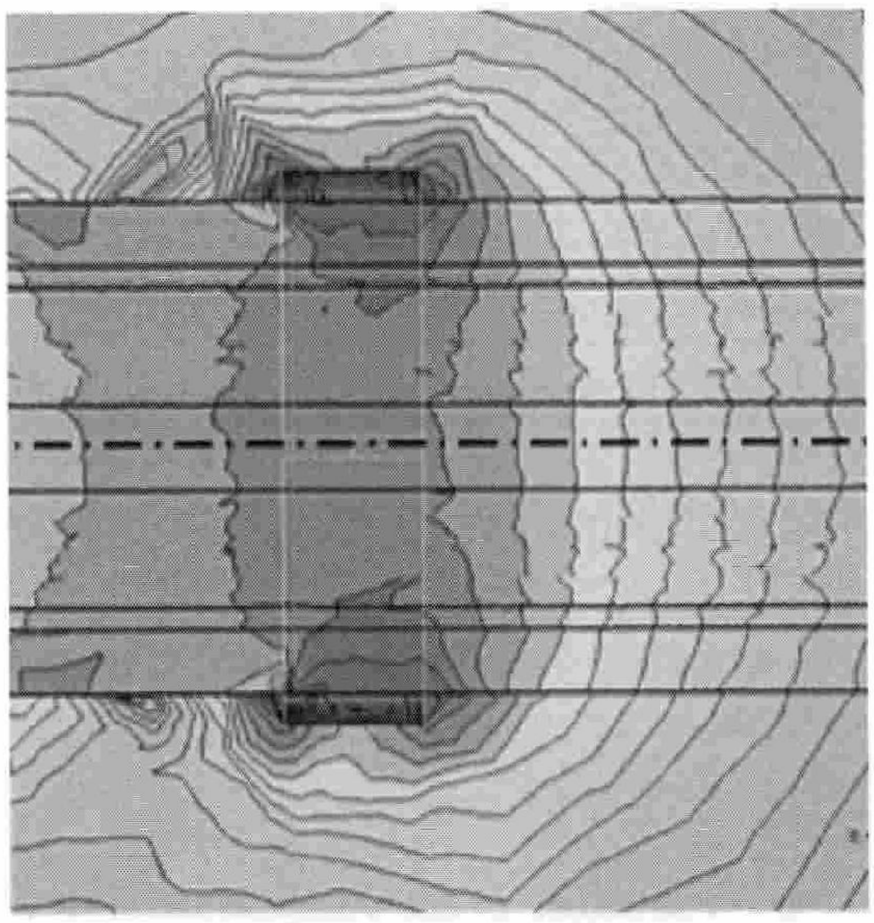
圖38B



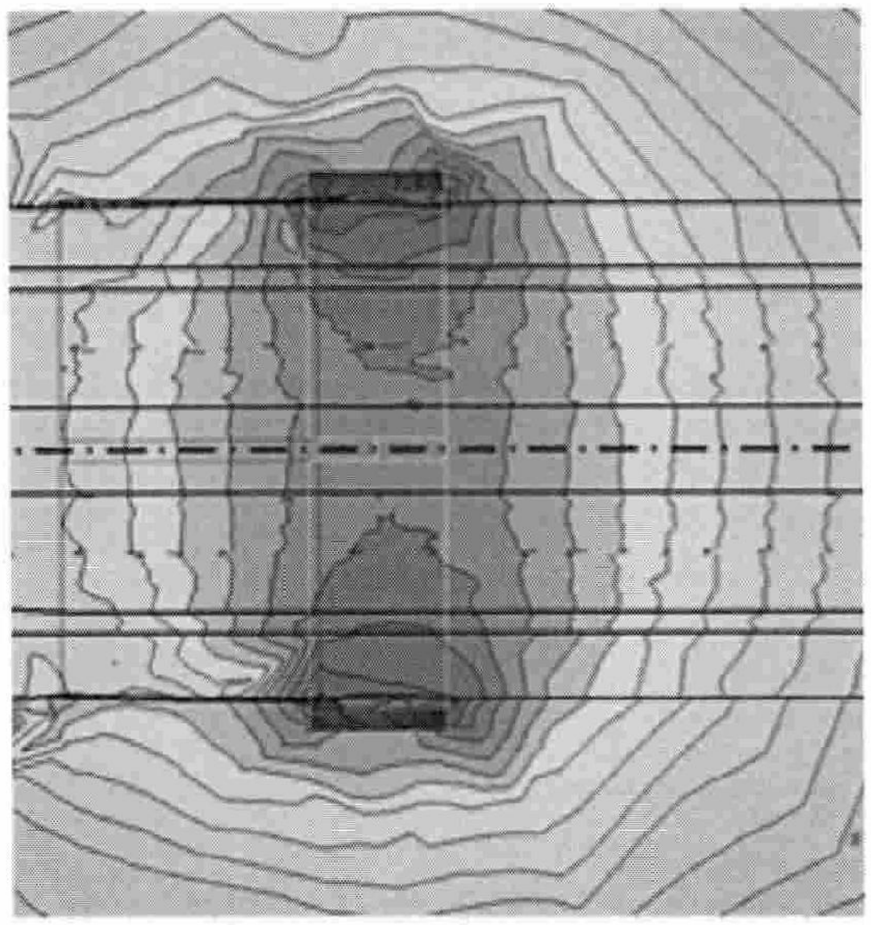
天線－無帶



天線－ 1/4” Cu帶



天線－ 1” Cu帶



天線－ 1” 磁帶帶

圖39

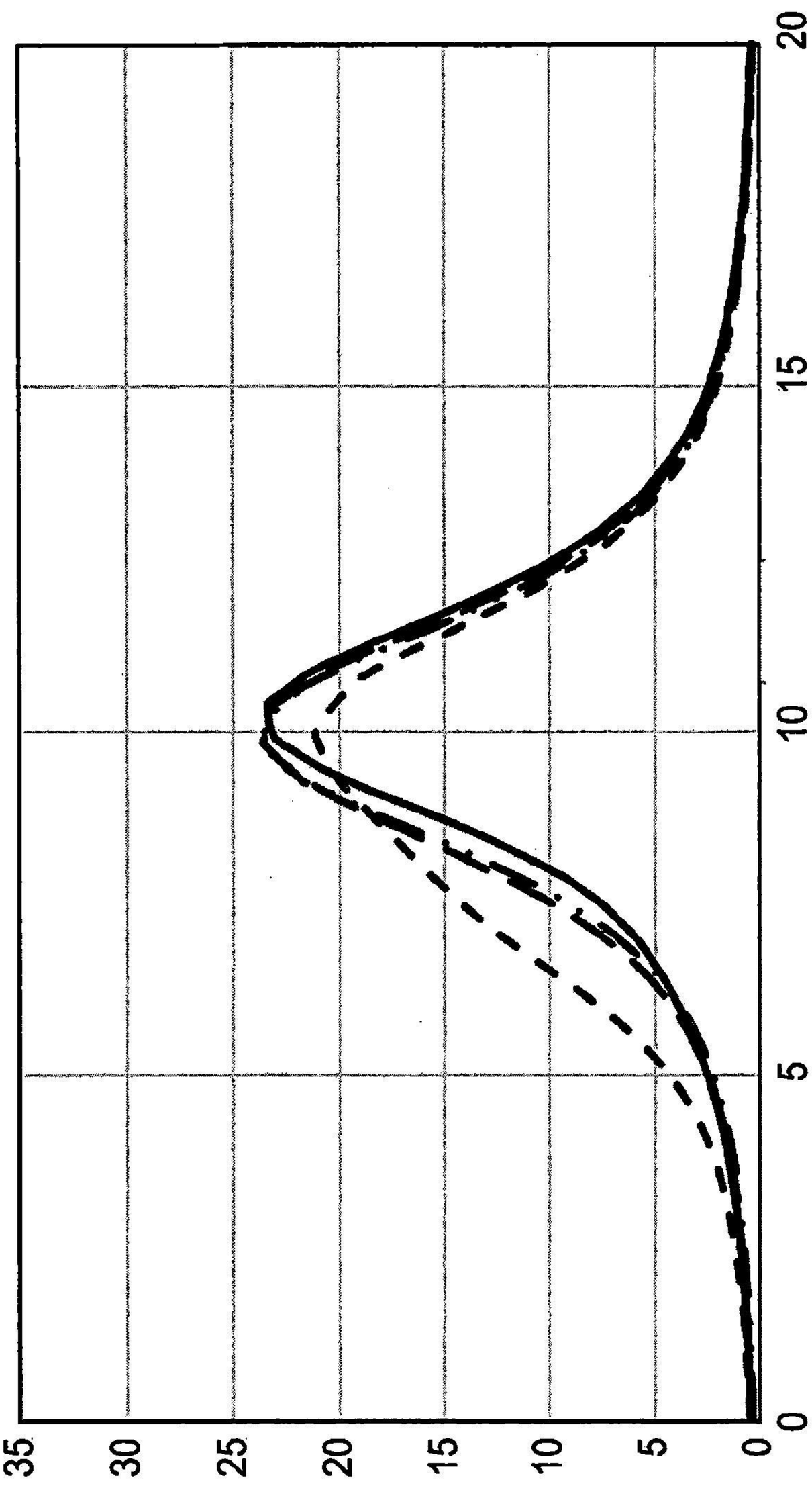
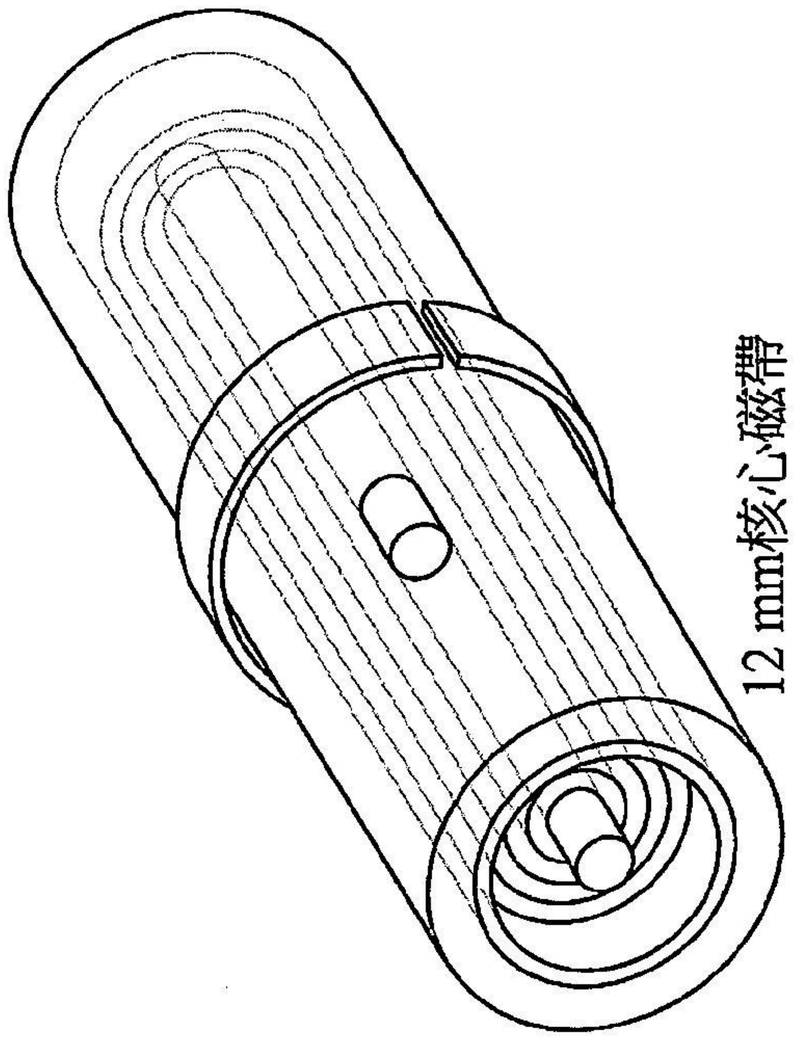
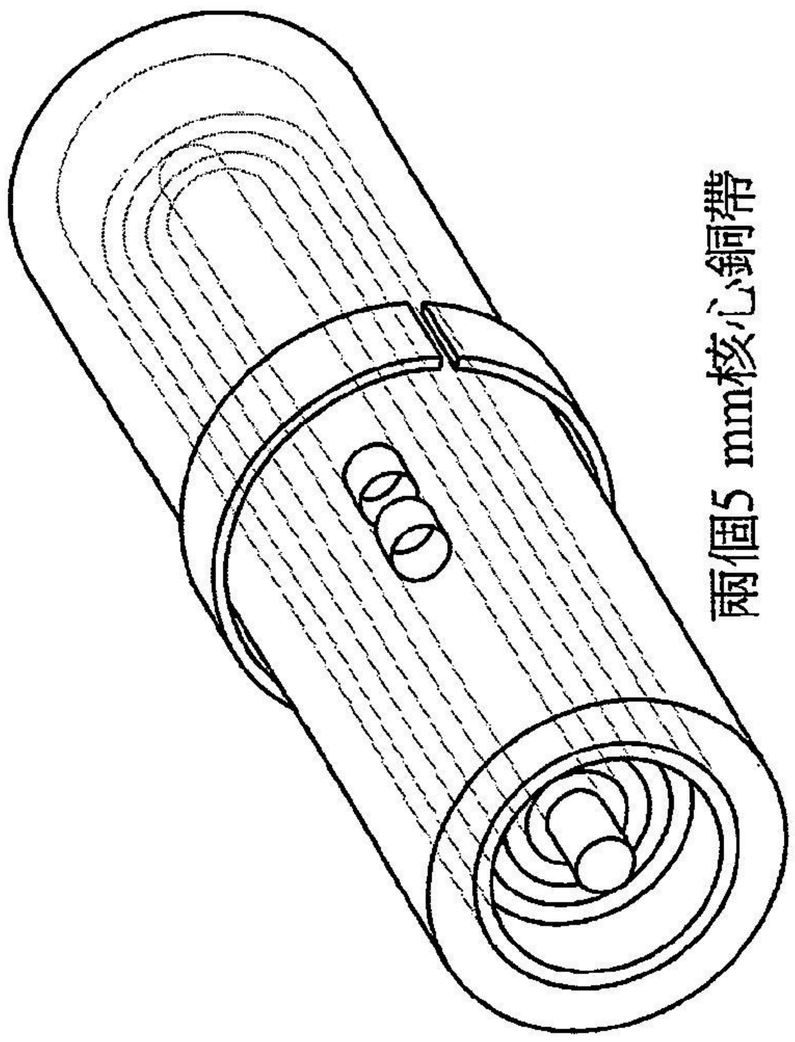


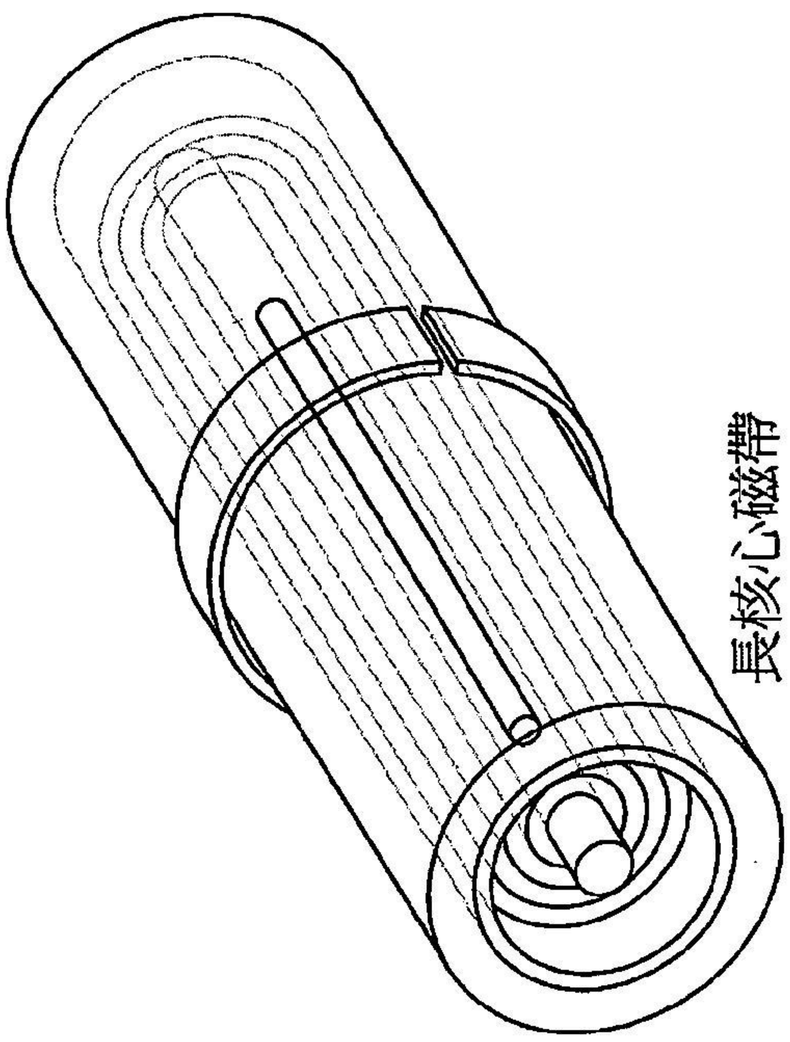
圖40



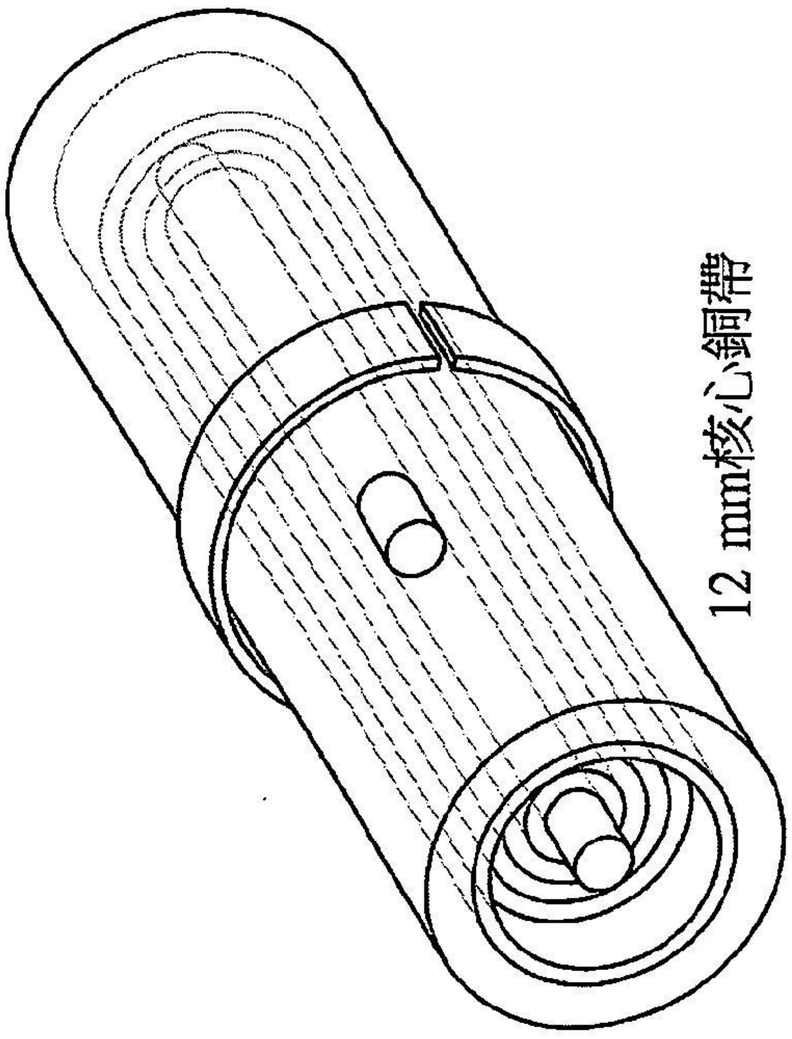
12 mm核心磁帶



兩個5 mm核心銅帶

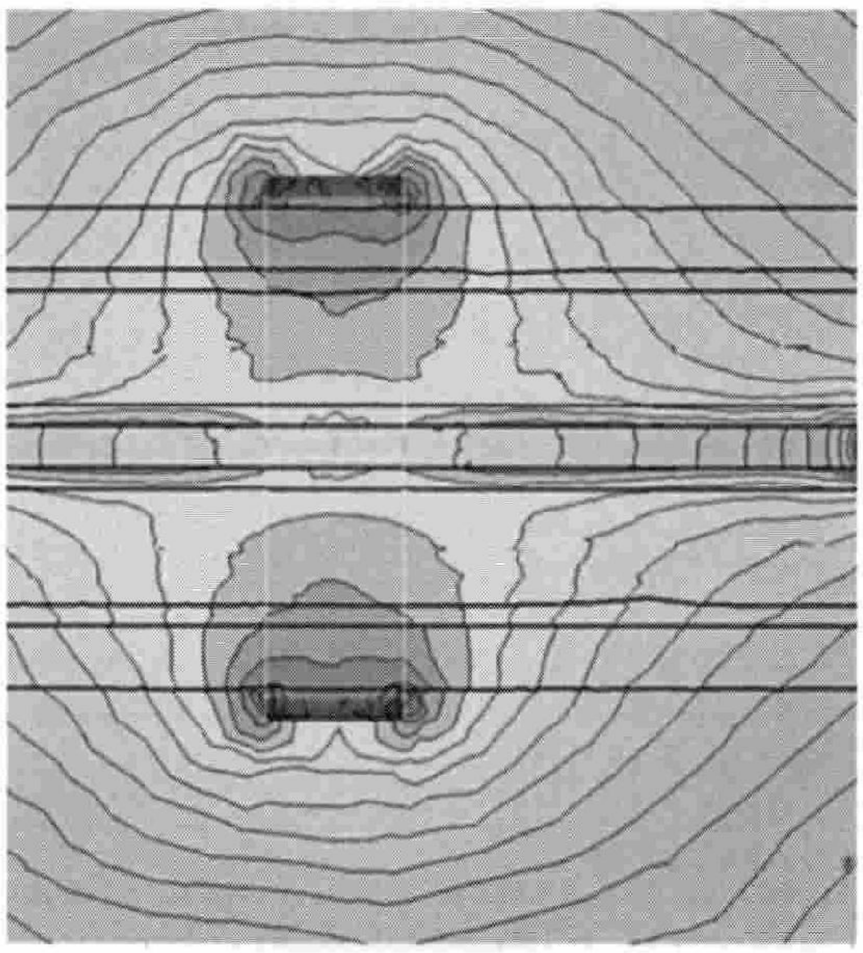


長核心磁帶

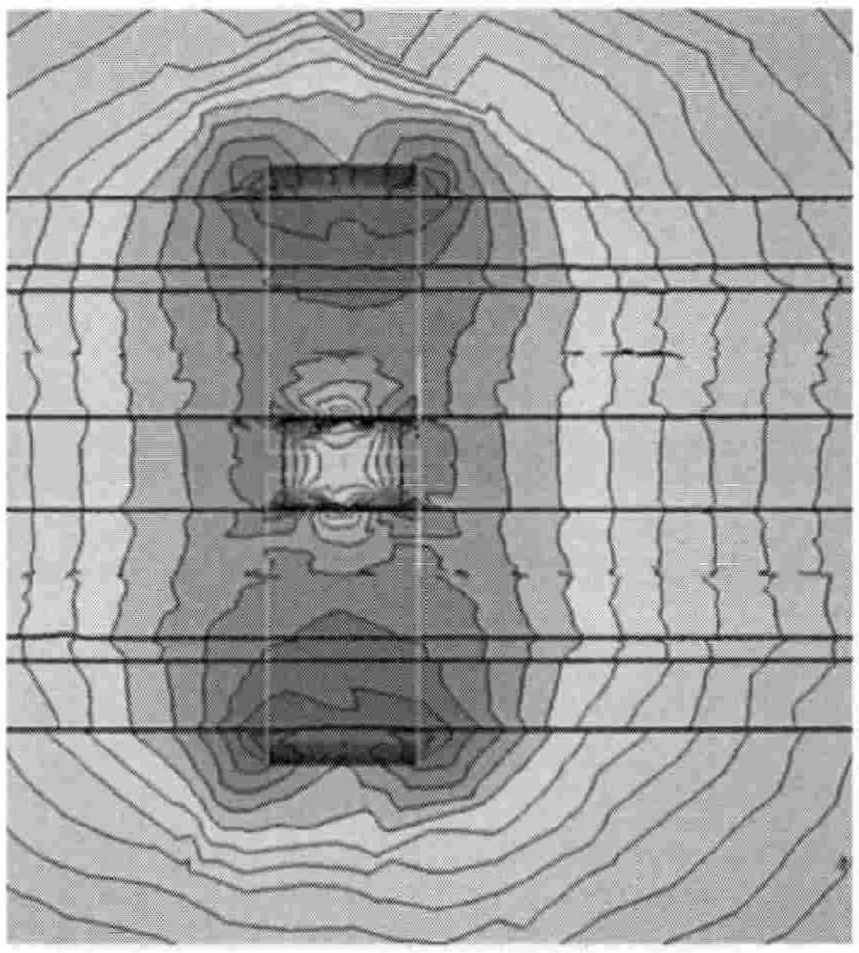


12 mm核心銅帶

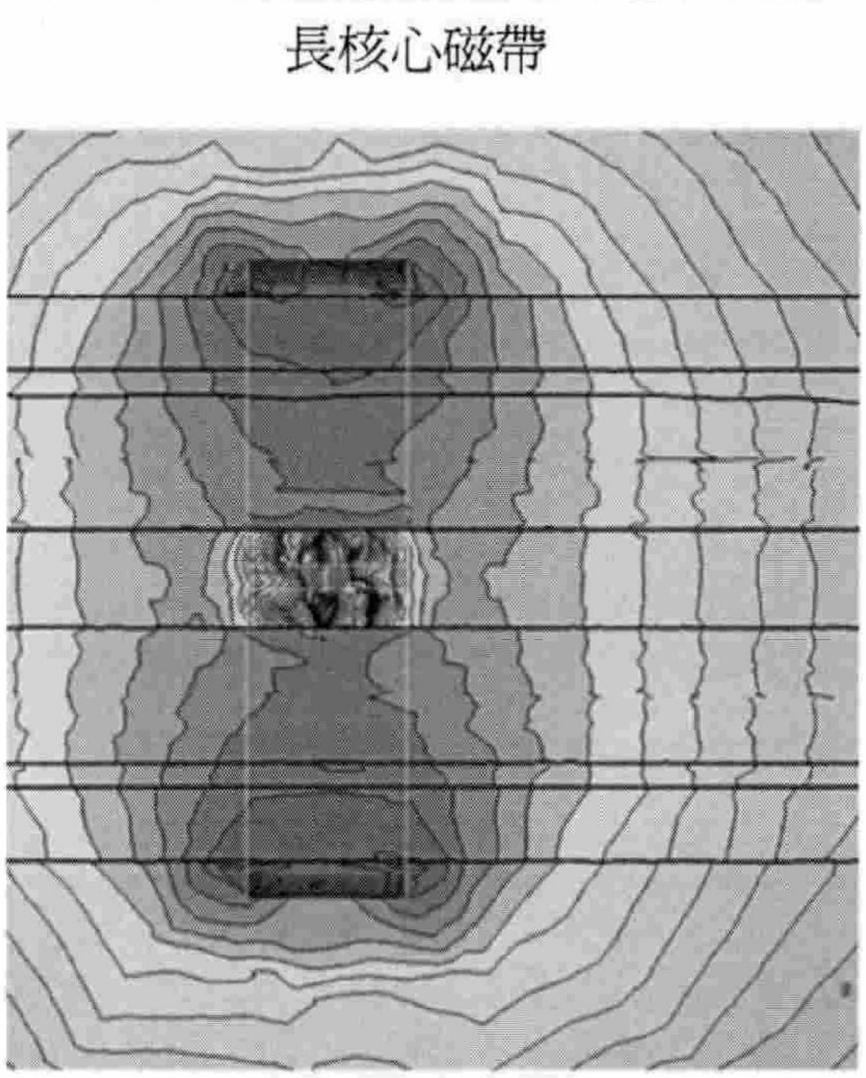
圖41



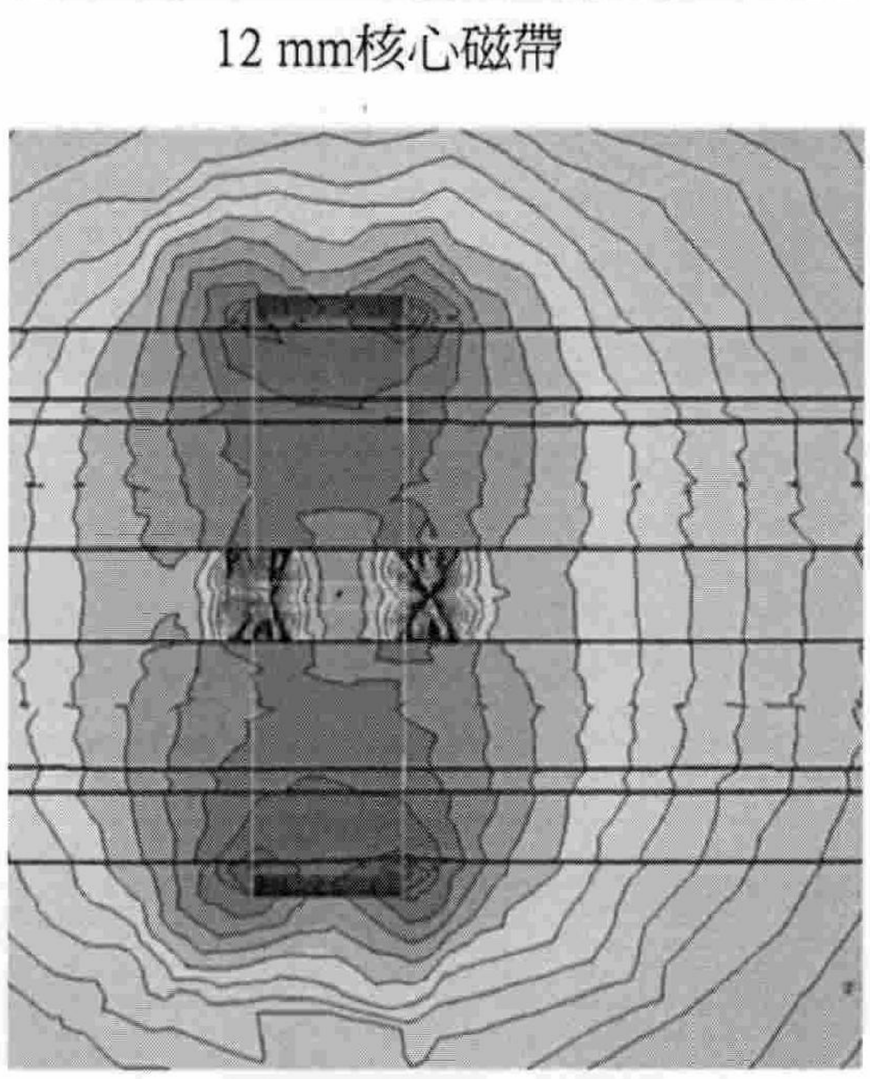
長核心磁帶



12 mm核心磁帶



12 mm核心銅帶



兩個5 mm核心銅帶

圖42

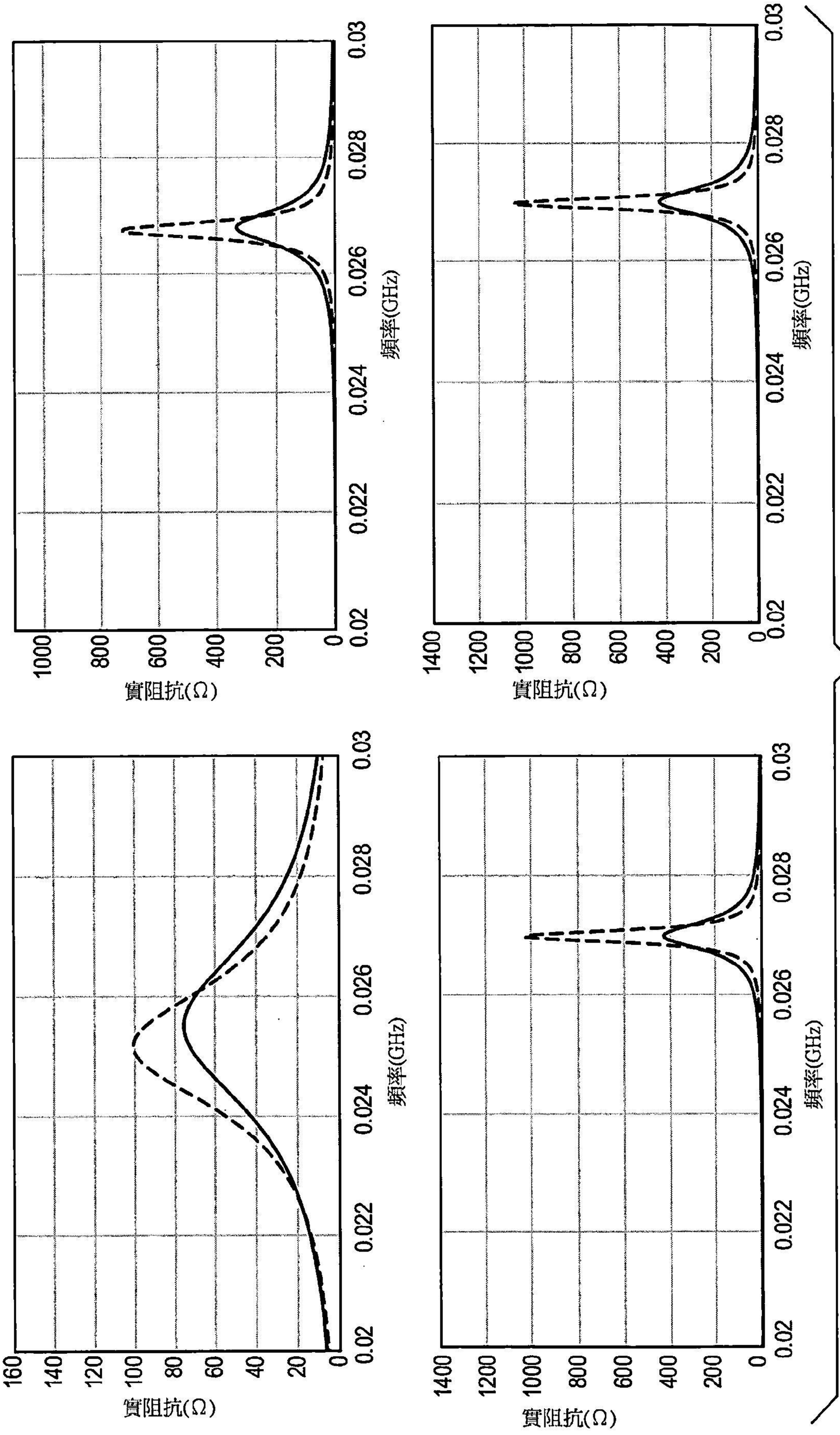
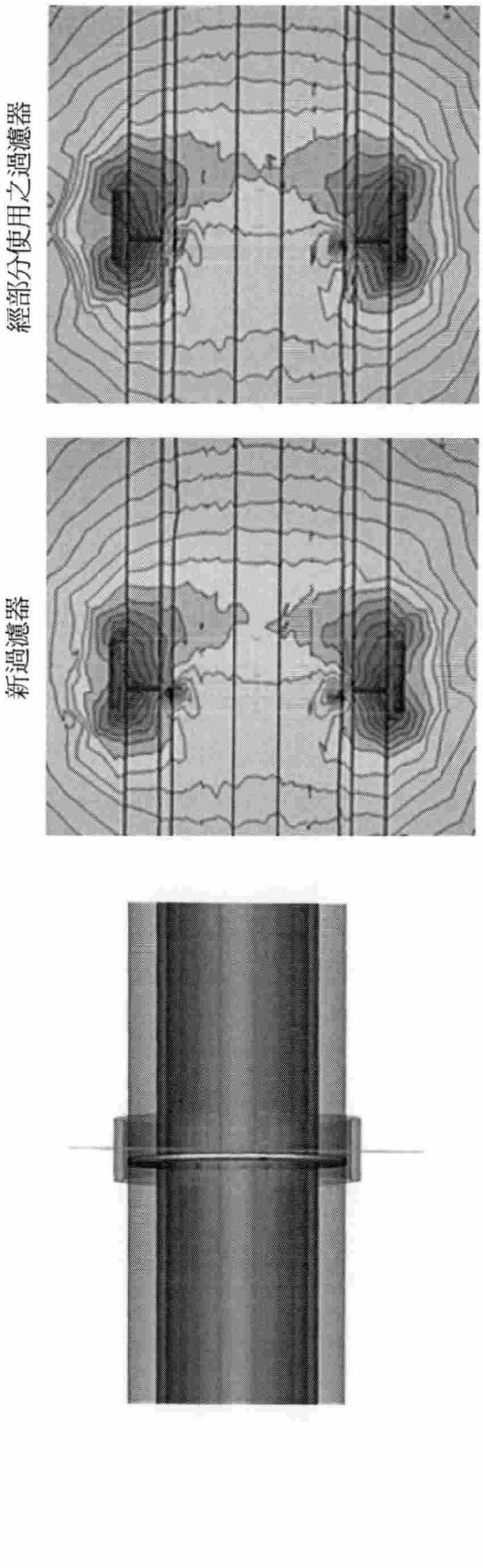

1000
800
600
400
200
0
實阻抗(Ω)
0.02
0.022
0.024
0.026
0.028
0.03
頻率(GHz)
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
實阻抗(Ω)
0.02
0.022
0.024
0.026
0.028
0.03
頻率(GHz)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
實阻抗(Ω)
0.02
0.022
0.024
0.026
0.028
0.03
頻率(GHz)
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
實阻抗(Ω)
0.02
0.022
0.024
0.026
0.028
0.03
頻率(GHz)

圖43


經部分使用之過濾器
新過濾器

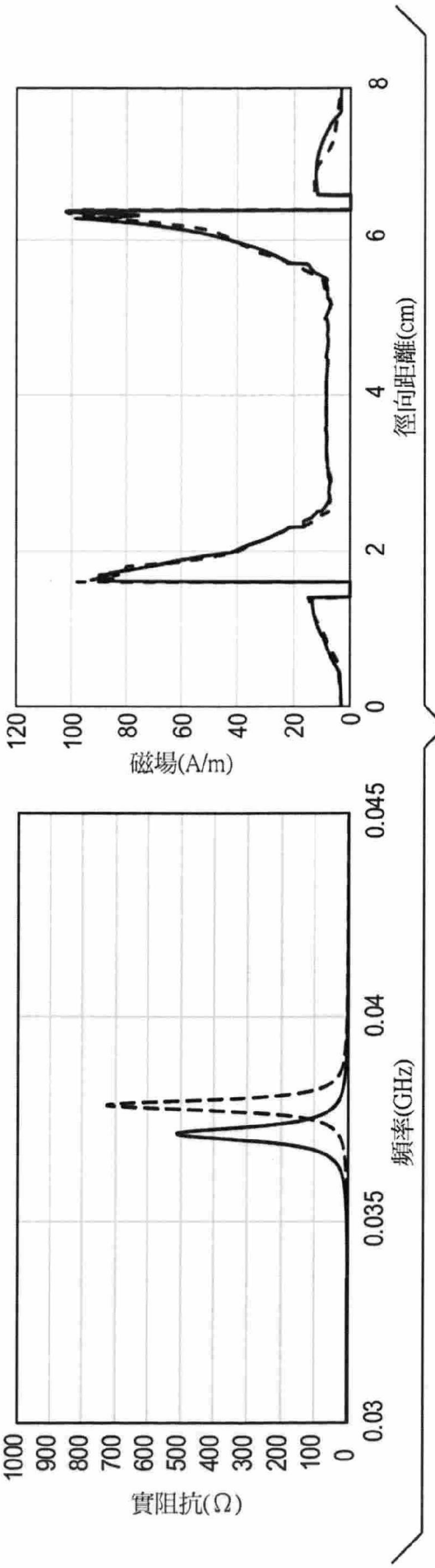

120
100
80
60
40
20
0
磁場(A/m)
0
2
4
6
8
徑向距離(cm)
0.045
0.04
0.035
頻率(GHz)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
實阻抗(Ω)
0.03

圖44