



發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫) I287632

※申請案號：94140666

※申請日期：94.11.18

※IPC 分類：G01N 29/00

一、發明名稱：(中文/英文)

利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的方法及其裝置

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

代表人：(中文/英文) 吳重雨

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

國籍：(中文/英文) 中華民國 TW

三、發明人：(共1人)

姓名：(中文/英文)

林志平

鐘志忠

國籍：(中文/英文)

中華民國 TW (皆同)

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，
其事實發生日期為：94年9月8日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種利用時域反射技術(TDR)量測懸浮液中懸浮物濃度的方法及其裝置，該方法中利用時域反射之原理量測水-泥砂混合物及水相電學性質的介電度與導電度，藉由建立其與泥砂濃度之率定關係來推測泥砂濃度，其中，導電度適合中低濃度懸浮液之高靈敏度量測，介電度適合高濃度懸浮液之量測，因此本方法具備極大的量測範圍，適合平時與洪水期間之觀測。本發明中同時揭露應用該方法之裝置，其包含有一置於水上的訊號發射器，與一前端置於水中、不含任何電子零件之探測器，藉由反射波形檢測整個監測線路之狀態，提供自我診斷之功能，另外，由於探測器不易損壞、易更換且成本低廉，因此本裝置兼具高效益、高實用價值與低成本之各項優點。

六、英文發明摘要：

無

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(一)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種水文之量測方法與裝置，特別是一種利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的方法與裝置者。

【先前技術】

習用之現地泥砂觀測技術除直接取樣主要分為有光學、音波、雷射等三大類，其在現階段的應用上具有下列之缺點：

1. 目前泥沙含量之現場取樣方法，除了時間與人力成本耗費之外，試體可能因為被擾動而失去代表性，無法確定量測之準確度；另外，該人為取樣的方法，洪水期間施測困難，無法立刻的取得試驗結果，也無法有效的反應現地狀況。

2. 習用的現地泥砂濃度量測方法，其量測範圍遠小於台灣泥砂運移觀測之需求（至少 10 萬 ppm）。

3. 習用的各項泥砂濃度監測方法，僅能針對單一點量測，礙於成本以及現場安裝考量，多點量測的效率過低，無法有效的大範圍量測。

4. 此外，洪水期間為泥砂觀測之主要時機，但洪水時之高流速與夾帶之石塊與雜物，容易損壞精密儀器，因此而習用的泥砂濃度現場監測設備在洪水期間容易損壞，儀器更換之成本高。

因此，在河川流量變化大的區域，如台灣易有土石流產生災害的地區，極需一種具備高濃度量測範圍、可兼顧空間與時間解析度、及易維護之泥砂觀測技術及設備。

【發明內容】

有鑑於前述習用的泥砂濃度現場監測技術及其設備的缺點，本發明人特別針對這些缺點加以研究改良，提出本發明之一種利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的裝置與方法，以期解決或減少前述之缺點。

本發明之主要目的在於提供一種利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的方法，其能具備極大的量測範圍。

為達到上述目的，本發明中的利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的方法，其主要係同時量測懸浮液以及液相物質之之整體電學性質數值，並利用一已建立之電學性質數值-懸浮液濃度之率定關係，來決定該懸浮液濃度。

由於在方法中，該導電度適合中低濃度懸浮液之高靈敏度量測，介電度適合高濃度懸浮液之量測，因此本方法具備極大的量測範圍，皆適合平時與洪水期間之觀測。

本發明之另一主要目的在於提供一種利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的裝置，具有不易損壞、易更換且成本低廉的特點。

為達到上述目的，本發明中的利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的裝置，其包含有：

一懸浮液感測單元，用以偵測懸浮液之電學性質數值；

一液相感測單元，用以偵測懸浮液中液相物質之電學性質數值；與

一同時連接懸浮液感測單元與液相感測單元的時域反射儀，該時域反射儀接受連接懸浮液感測單元與液相感測單元所偵測所得的電學性質數值，以計算出懸浮物濃度。

裝置中探測器可藉由反射波形檢測整個監測線路之狀態，提供自我診斷之功能，並具有不易損壞、易更換且成本低廉等優點，增加本發明之應用方便性與裝置本身的實用價值。

【實施方式】

本發明係關於一種利用時域反射(TDR, Time Domain Reflection)量測懸浮液中懸浮物濃度方法及其裝置，方法中主要係同時量測懸浮液以及液相物質之之整體電學性質數值，並利用一已建立之電學性質數值-懸浮液濃度之率定關係，來決定該懸浮液濃度。其中，率定關係中的電學性質數值可替換為懸浮液以及液相物質之電學性質數值的差值，而電學性質數值可為介電度(dielectricity)、導電度(conductivity)或介電頻譜(dielectric spectrum)。

前述方法概念之較佳實施例，主要包括有如第一圖所示之下列步驟：

量測一已知導電度液體之時域反射波型穩態值以標定時域反射導電度量測之參數：其為量測已知導電度液體之TDR反射波型穩態值 ρ_{∞} ，並由公式

$$\sigma_{dc} = f\left(\frac{1}{\rho_{\infty}}\right) = \alpha + \frac{\beta}{\rho_{\infty}}$$

來標定參數 α 、 β ；

量測一懸浮液的 TDR 反射波形以決定懸浮液之電學性質 (K_a 及 σ)；

量測懸浮液中純粹之液相物質的 TDR 反射波形以決定液相物質之電學性質 (K_{ap} 及 σ_p)；

計算懸浮液與液相物質的之電學性質差值 ($K_{ap}-K_a$) 以及 ($\sigma-\sigma_p$)；

建立濃度與 ($K_{ap}-K_a$) 以及 ($\sigma-\sigma_p$) 之率定關係；

隨機量測懸浮液之電學性質 (K_{ar} 及 σ_r) 以取得電學性質差值 ($K_{ap}-K_{ar}$) 以及 ($\sigma_r-\sigma_p$) 並藉由該率定關係決定懸浮液的濃度。

以水-泥砂混合物的懸浮液為例，其純液體為水相，在本發明中利用量測水-泥砂混合物之整體電學性質 (K_a ， σ) 以及水相電學性質 (K_{aw} ， σ_w)，並計算出電學性質差值 ($K_{aw}-K_{ar}$) 以及 ($\sigma_r-\sigma_w$)，以藉由率定關係決定水-泥砂混合物的濃度。

另外，本發明中包含應用該方法之裝置，其包括：一懸浮液感測單元，用以偵測懸浮液之電學性質數值；

一液相感測單元，用以偵測懸浮液中液相物質之電學性質數值；與

一同時連接懸浮液感測單元與液相感測單元的時域反射儀，該時域反射儀接受連接懸浮液感測單元與液相感測

單元所偵測所得的電學性質數值，以計算出懸浮物濃度。

偵測標的的懸浮物可為下列群組：砂石、粉土、黏土、泥土之顆粒或其混合物；而液相物質可為水，亦可為任何其他液態物質，但必須經過率定驗證。

前述裝置之較佳實施例如第四圖所示，其包括有：一水-泥砂混合物電學性質感測器(7，即為懸浮液感測單元)、一水相電學性質感測器(8，即為液相感測單元)、一多工器(9)與一時域反射儀(10)。其中該水-泥砂混合物電學性質感測器(7)係放置入水-泥砂混合物懸浮液中，而水相電學性質感測器(8)裝設於水-泥砂混合物電學性質感測器(7)上方，兩者共同連接至多工器(9)上並進一步連接時域反射儀 (Time domain reflectometer) (10)。

其中，本發明裝置中水-泥砂混合物電學性質感測器(7)的較佳實施例如第二圖所示，該水-泥砂混合物電學性質感測器(7)主要構造乃利用一同軸型傳輸線(1)透過一內外導體連接電線(3)與至少一根的量測探桿(2)連結，再採用一絕緣材質保護外殼(4)固定同軸式傳輸線(1)與複數根量測探棒(2)之連接，組裝成為一多桿式導波器 (Multiple-rod waveguide)，用以感應量測探桿周圍之水-泥砂混合物之整體電學性質，包含介電度 K_a 及導電度 σ 。此外，該水-泥砂混合物電學性質感測器之式可為同軸式、多根量測探棒式或貫入器式。

其中，本發明裝置中水相電學性質感測器(8)的較佳實施例如第三圖所示，該水相電學性質感測器(8)包括有一類

似第二圖之微型電學性質感測器 (5)，並有一可容置該微型電學性質感測器 (5) 的半透封閉體，如圖所示為一中空透水石 (6)，並有兩個封水蓋 (13) 設於透水石 (6) 之上下端以行成一封閉之罐體，藉由透水石 (6) 可阻止泥砂進入透水石 (6) 中空內部，使得微型電學性質感測器 (5) 僅量測水相本身之電學性質，包含水相介電度 K_{aw} 及水相導電度 σ_w 。上述中空透水石 (6) 亦可為其他過濾裝置。

再配合參考第四圖所示，本發明裝置較佳實施例的配置中，上述兩種感測器 (7,8) 由同軸式傳輸線 (1) 連接至該同軸纜線多工器 (9)，再進一步由同軸式傳輸線 (1) 連接至時域反射儀 (10)，為了順利將感測器 (7,8) 沈入水中，常透過一懸掛鋼纜 (11) 將垂掛鉛錘 (12) 與感測器 (7,8) 結合。

當本發明之利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的裝置操作時，由時域反射儀 (10) 發出電磁方波，經由同軸纜線多工器 (9) 選擇路徑，分別將電磁波導入水-泥砂混合物電學性質感測器 (7) 及水相電學性質感測器 (8)，由兩感測器 (7,8) 之電磁波反射訊號，可分別決定水-泥砂混合物之電學性質 (K_a 及 σ) 及水相之電學性質 (K_{aw} 及 σ_w)。由 TDR 反射訊號決定電學性質之方法如下所述。

典型之 TDR 反射波形如第五圖所示，由方波之第一及第二反射點，可決定電磁波於電學性質感測器內之來回走時 t (sec)，經由下式可決定受測體之介電度：

$$K_a = \left(\frac{2L}{ct} \right)^2 \dots\dots\dots [1]$$

其中 L 為感測器之量測探桿長度， c (2.998×10^8 m/sec) 為光速。由分波反射之最終穩態值（如第五圖所示之 ρ_∞ ）可決定試測體之導電度，導電度與 ρ_∞ 之倒數成線性關係，可表示為：

$$\sigma_{dc} = f\left(\frac{1}{\rho_\infty}\right) = \alpha + \frac{\beta}{\rho_\infty} \dots\dots\dots [2]$$

其中 α 、 β 為感測器參數，可事先利用已知導電度之液體標定其值。

利用兩種感測器 (7,8) 可分別量測得到水-泥砂混合物之電學性質 (K_a 及 σ) 及水相之電學性質 (K_{aw} 及 σ_w)，研發結果顯示介電度參數 ($K_{aw}-K_a$) 及導電度參數 ($\sigma-\sigma_w$) 與泥砂濃度具有良好的相關性，與水相的性質無關。以一黏土質粉土為例，其泥砂濃度（單位為 ppm，每公升之水所含多少毫克 mg 之泥砂）與電學性質 ($K_{aw}-K_a$ 及 $\sigma-\sigma_w$) 之率定結果如第六圖及第七圖所示，圖中可發現介電度參數 ($K_{aw}-K_a$) 及導電度參數 ($\sigma-\sigma_w$) 與泥砂濃度成良好正相關，可分別以線性關係及二次式關係表示之。

透過水-泥砂混合物電學性質感測器 (7) 及水相電學性質感測器 (8) 對待測水-泥砂混合物進行量測，以得到待測水-泥砂混合物之介電度參數 ($K_{aw}-K_a$) 與導電度參數 ($\sigma-\sigma_w$)，便可利用上述介電度參數或導電度參數與泥砂濃

度之率定關係結果，推估泥水混合物之泥沙濃度。其中，導電度參數適合中低濃度、高靈敏度之量測，介電度則較適合高濃度之量測。

由於 TDR 屬寬頻量測技術 (10 kHz-1.5 GHz)，透過頻譜分析可進一步決定電學性質之頻譜反應，受到泥砂濃度與泥砂種類之影響，電學頻譜呈現不同的反應，視介電度 (K_a) 及 DC 導電度 (σ) 配合複數介電頻譜，可進一步研擬同時決定泥砂種類與泥砂含量的方法。

縱上所述，本發明之利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的裝置與方法具有以下之技術特點：

1. 本發明之方法中利用時域反射之原理量測水-泥砂混合物及水相本身之介電度與導電度，再利用此兩項電學性質與泥砂濃度之率定關係，推測泥砂濃度。導電度適合中低濃度、高靈敏度之量測，介電度適合超高濃度之量測，因此本發明具備極大的量測範圍，可適合平時與洪水期間之觀測。

2. 本發明與傳統濁度量測之制式設備之不同點，在於本發明之裝置可依量測環境不同簡易地設計與製作符合需求的前端探測器，透過適當之標定即可進行量測。

3. 本發明之裝置可一機多點監測，可遠端自動化，達到兼顧空間與時間解析度。

4. 本發明之裝置其前端水中之探測器不含任何電子零件，不易損壞，若損壞，僅需更換便宜的前端探測器，監測系統維護成本低。且由反射波形可檢測整個監測線路之

狀態，提供自我診斷之功能。

5.TDR 之設備在配合其他的測試儀器之後，也能具備其他水文觀測功能，例如水位、水深、土壤含水量、雨量等，可擴充為一機多功。

如上所述，本發明完全符合專利三要件：新穎性、進步性和產業上的利用性。本發明在上文中已以較佳實施例揭露，然熟習本項技術者應理解的是，該實施例僅用於描繪本發明，而不應解讀為限制本發明之範圍。應注意的是，舉凡與該實施例等效之變化與置換，均應設為涵蓋於本發明之範疇內。因此，本發明之保護範圍當以下文之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第一圖：本發明中方法之一較佳實施例的簡單流程圖。

第二圖：本發明中裝置之水-泥砂混合物電學性質感測器。

第三圖：本發明中裝置之水相電學性質感測器。

第四圖：本發明中裝置之 TDR 泥砂濃度感測系統。

第五圖：本發明中電學性質感測器之反射波形。

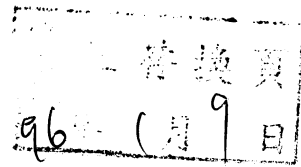
第六圖：本發明中介電度與泥砂濃度之率定關係。

第七圖：本發明中導電度與泥砂濃度之率定關係。

【主要元件符號說明】

1 同軸式傳輸線

- 2 量測探桿
- 3 內外導體連接電線
- 4 絕緣材質保護外殼
- 5 電學性質感測器
- 6 中空透水石
- 7 水-泥砂混合物電學性質感測器
- 8 水相電學性質感測器
- 9 同軸纜線多工器
- 10 時域反射儀
- 11 懸掛鋼線
- 12 垂掛鉛錘
- 13 封水蓋



十、申請專利範圍：

1. 一種利用時域反射(Time Domain Reflectometry)量測懸浮液中懸浮物濃度的裝置，該裝置同時量測該懸浮液與含於其中之一液相物質的電學性質，其包含有：
 - 一懸浮液感測單元，用以偵測懸浮液之電學性質數值；
 - 一液相感測單元，用以偵測懸浮液中液相物質之電學性質數值；與
 - 一同時連接懸浮液感測單元與液相感測單元的時域反射儀，該時域反射儀接受連接懸浮液感測單元與液相感測單元所偵測所得的電學性質數值，以計算出懸浮物濃度。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之裝置，該液相感測單元包含有：
 - 一微型電學性質感測器，可偵測懸浮液中液相物質之電學性質數值；與
 - 一可容置該微型電學性質感測器的半透封閉體內，該半透封閉體可讓該液相物質通過且阻絕該懸浮物進入該半透封閉體內。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之裝置，該半透封閉體的材料可為中空透水石(Porous stone)或其他過濾裝置。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之裝置，該懸浮液感測單元上有一感測器，其感測器形式可為同軸式、多根量測探棒式或貫入器式(Penetrometer type)。

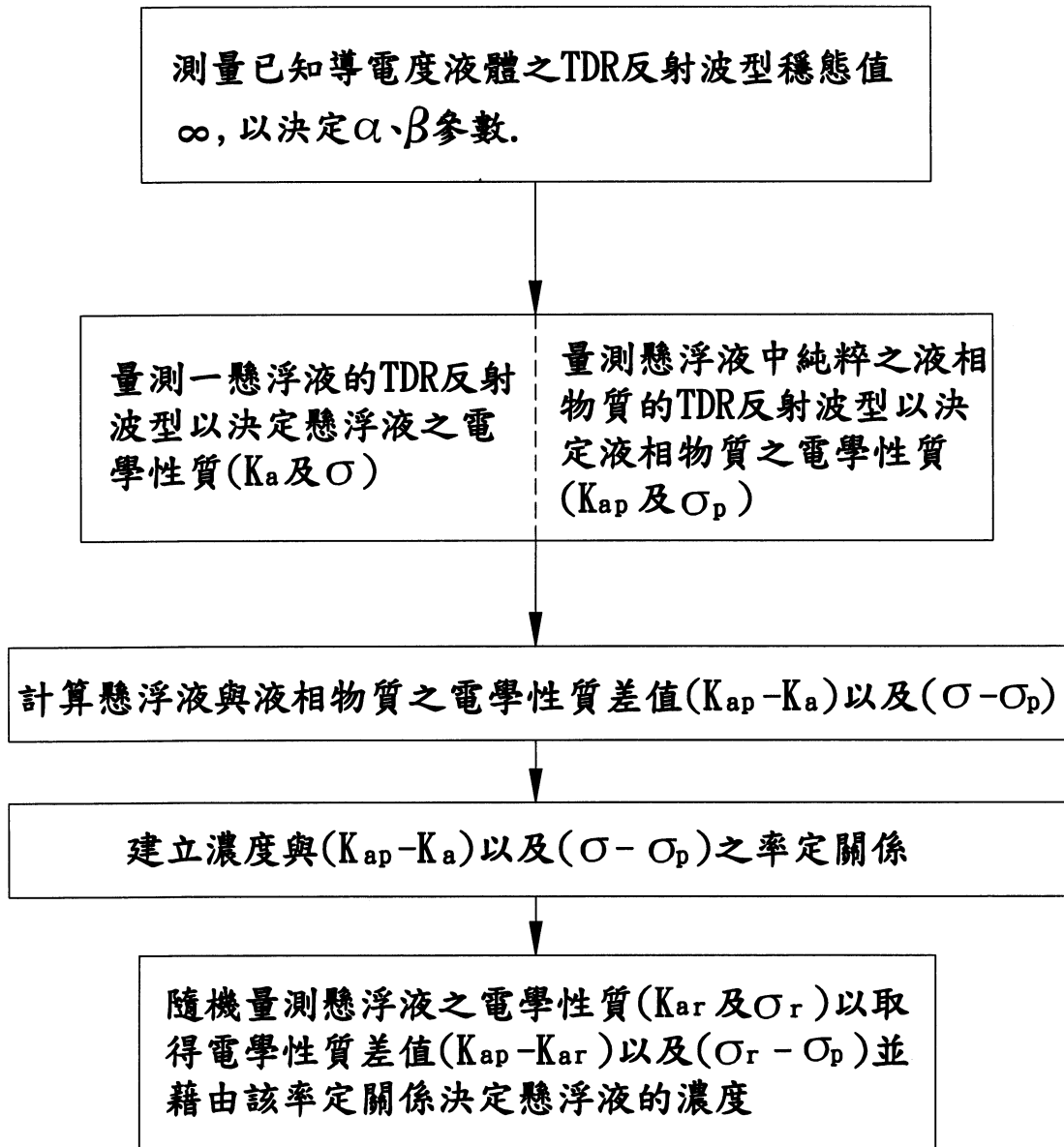
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之裝置，該裝置進一步包含一多工器(Multiplexer)連接時域反射儀，並同時連接懸浮液感測單元與液相感測單元。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之裝置，該懸浮物可為下列群組：砂石、粉土、黏土、泥土之顆粒或其混合物。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之裝置，該懸浮液中的液相物質為水或其他經率定驗證之液態物質。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之裝置，其中，懸浮液感測單元與液相感測單元，所偵測之電學性質數值可選自下列群組包含有：介電度、導電度與介電頻譜。
9. 一種利用時域反射量測懸浮液中懸浮物濃度的方法，其主要係利用時域反射法同時量測懸浮液以及液相物質之整體電學性質數值，並利用一已建立之電學性質數值-懸浮液濃度之率定關係，來決定該懸浮液濃度。
10. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中，率定關係中的電學性質數值可單獨採用懸浮液之電學性質數值，或為懸浮液以及液相物質之電學性質數值的差值。
11. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其包括下列步驟：
 - 量測一已知導電度液體之時域反射波型穩態值以標定一時域反射導電度量測之參數；
 - 量測一懸浮液之時域反射波形以決定懸浮液之電學性質數值；
 - 量測懸浮液中液相物質之時域反射波形以決定液相物質之電學性質數值；

計算懸浮液與液相物質的之同一電學性質數值之差值；

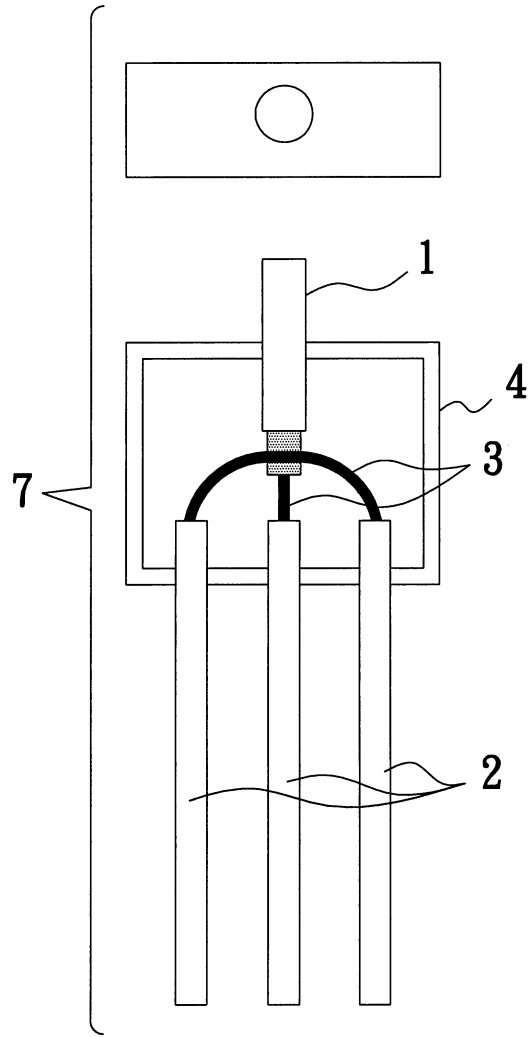
建立濃度與電學性質數值之差值與懸浮液濃度之率定關係；與

隨機量測懸浮液之電學性質數值以取得電學性質數值之差值並藉由該率定關係決定懸浮液濃度。

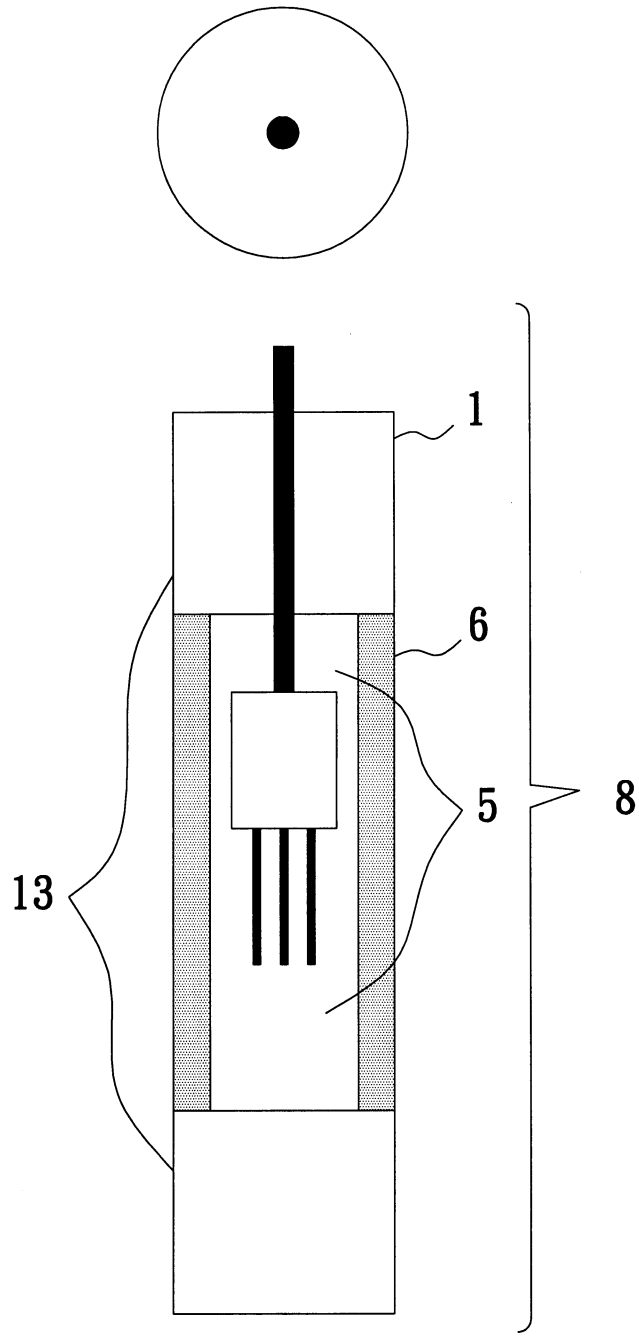
12. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，該電學性質數值可選自下列群組包含有：介電度、導電度與介電頻譜。
13. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中導電度的電學性質數值適合中低濃度懸浮液之量測。
14. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中介電度的電學性質數值適合高濃度懸浮液之量測。
15. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中介電頻譜的電學性質數值適合判別懸浮液中內含物之種類。



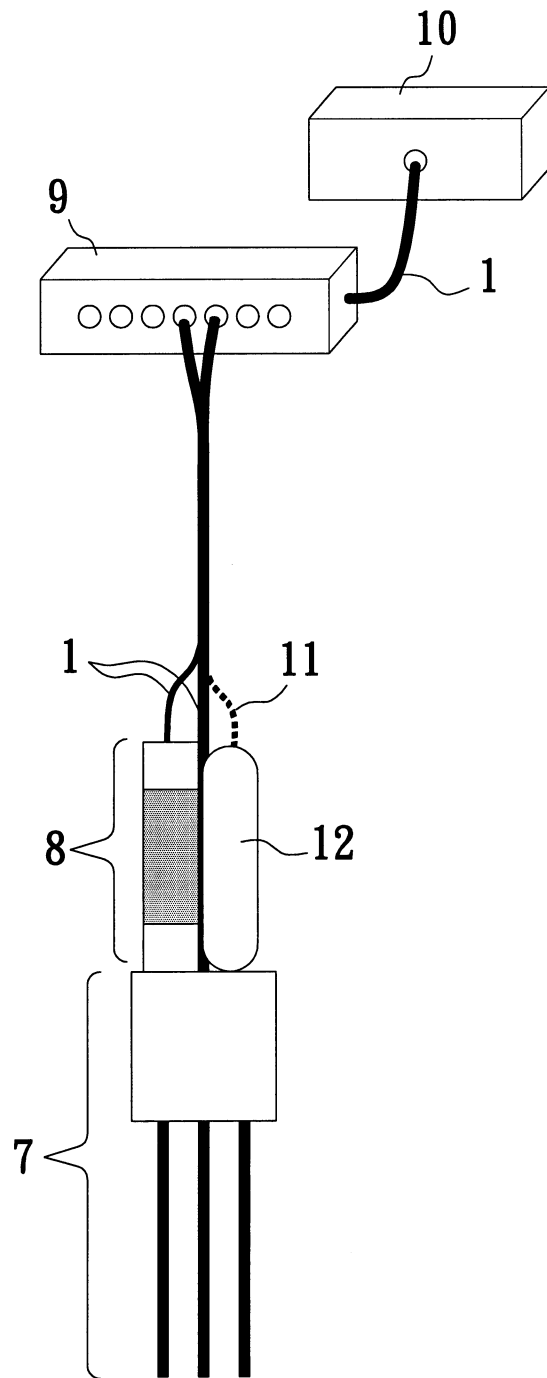
第一圖



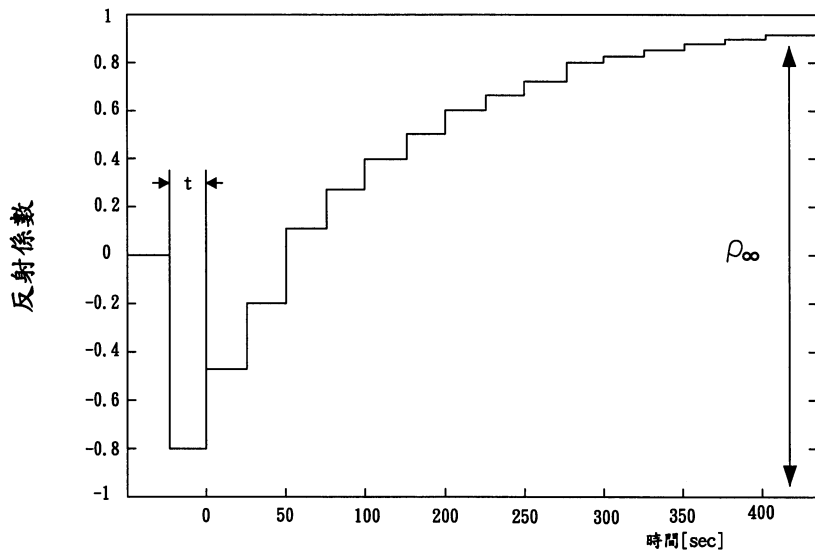
第二圖



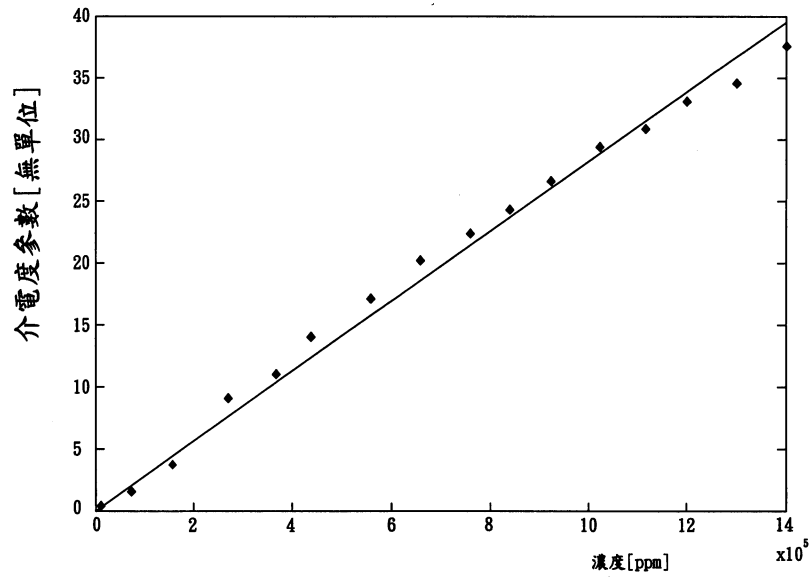
第三圖



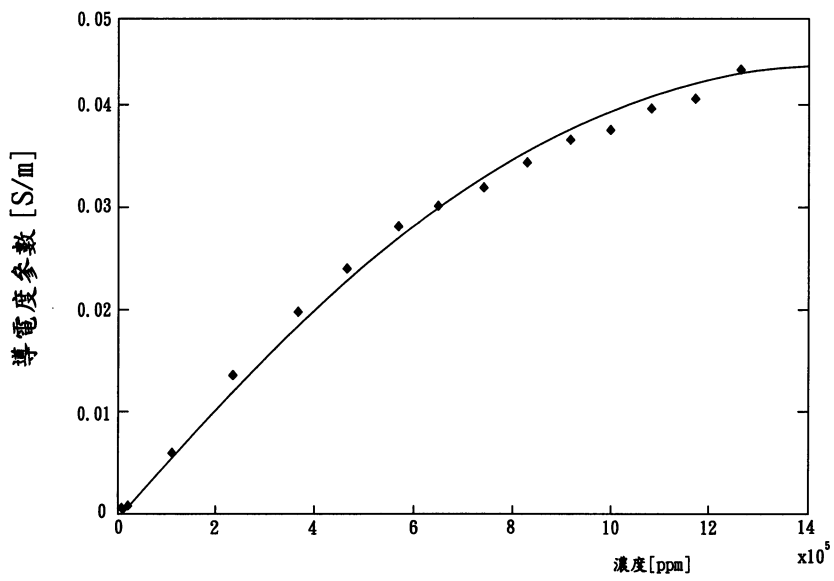
第四圖



第五圖



第六圖



第七圖