



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201241411 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 10 月 16 日

(21)申請案號：100112387

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 04 月 11 日

(51)Int. Cl. : **G01F23/284 (2006.01)**

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

內政部(中華民國) MINISTRY OF INTERIOR (TW)

臺北市中正區徐州路 5 號

(72)發明人：林志平 LIN, CHIH PING (TW)；鐘志忠 CHUNG, CHIH CHUNG (TW)

(74)代理人：林火泉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：4 共 20 頁

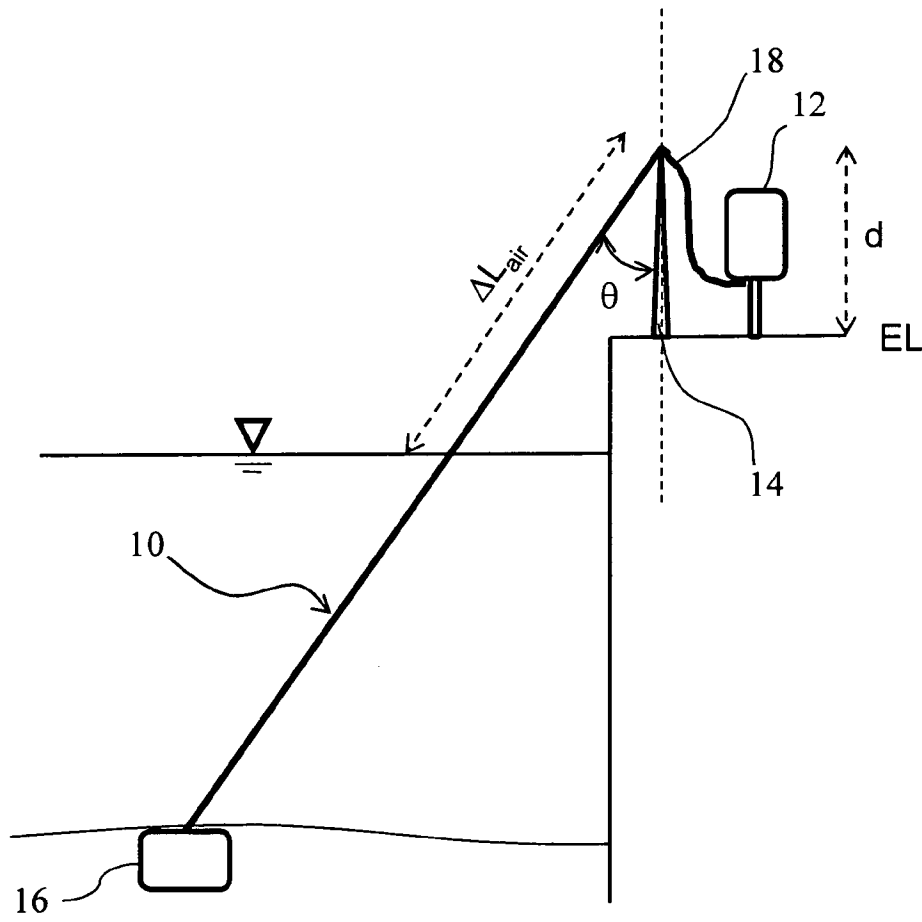
(54)名稱

時域反射式潮位量測裝置及其方法

TDR APPARATUS AND METHOD FOR TIDE LEVEL MEASUREMENT

(57)摘要

本發明係揭露一種時域反射式潮位量測裝置及其方法，此裝置包含一無電子零件之感測導波器，藉以量測電磁脈波於潮位之反射訊號；量測方法則透過電磁脈波走時分析，並利用一已建立之感測導波器裝置之系統參數標定程序，以計算出實際潮位位置。有鑑於一般潮位量測技術之缺失，本發明提升系統維護便利性，並可降低測站建置成本。



- 10：時域反射式感測導波器
- 12：TDR 擷取系統
- 14：固定支架
- 16：錨定器
- 18：同軸纜線

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 1 0 0 1 1 2 3 8 7

※申請日： 1 0 0 . 4 . 1 1

※IPC 分類： G 0 1 F 2 3 / 2 8 4 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

時域反射式潮位量測裝置及其方法 / TDR APPARATUS AND
METHOD FOR TIDE LEVEL MEASUREMENT

二、中文發明摘要：

本發明係揭露一種時域反射式潮位量測裝置及其方法，此裝置包含一無電子零件之感測導波器，藉以量測電磁脈波於潮位之反射訊號；量測方法則透過電磁脈波走時分析，並利用一已建立之感測導波器裝置之系統參數標定程序，以計算出實際潮位位置。有鑑於一般潮位量測技術之缺失，本發明提升系統維護便利性，並可降低測站建置成本。

三、英文發明摘要：

The invention discloses a TDR apparatus and method for tide level measurement. The apparatus is a TDR waveguide that allows determination of EM-wave traveltime. A calibration of waveguide measurement parameters is found and used to estimate the tide level. The invention increases the system maintenance and lowers the system construction cost.

四、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：

10 時域反射式感測導波器

12 TDR 擷取系統

14 固定支架

16 錨定器

18 同軸纜線

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種量測潮位位置之裝置與方法，特別是關於一種利用時域反射(time domain reflectometry, TDR)技術的潮位量測裝置及其方法。

【先前技術】

一般港灣工程規劃、設計、施工與管理中，或是海象觀測等，因潮汐或是氣候引起之水位變化，成為一個重要的基本資料，因此能夠準確量測潮位變化更能提供正確的參考依據。

目前之潮位量測方式係可區分為非接觸式與接觸式兩者。非接觸式量測方式大多是利用雷達或超音波原理，藉以量測水面反射訊號，進而求得水面位置。另一種接觸式量測方式則以水壓計或浮桶式為主，藉以量測水深或水面位置，以監測潮位變化。然而，現有之潮位觀測技術，於潮位變化較大之環境中，需額外再建置一監測塔，造成建置成本提升，以及後續維護作業不易等的問題存在。

有鑑於前述習知技術之缺失，為能提升系統維護便利性，降低測站建置成本，本發明提出一種時域反射式潮位量測裝置及其方法，以期解決前述之問題。

【發明內容】

本發明之主要目的係在提供一種時域反射式潮位量測裝置及其方法，其係利用時域反射法具有諸多優點，適合現地的自動化監測，故可憑藉其感測器簡易無電子零件之優勢，可適用於各類型潮位感測環境，並可有效減少維護作業，降低建站成本。

為達到上述目的，本發明之時域反射式潮位量測裝置，其係安裝於一待監測環境，以監測其潮位變化，此潮位量測裝置包括有至少一時域反射式感測導波器，用以偵測一待監測環境之液面位置；並有一時域反射儀係電性連接時域反射式感測導波器，以產生一電磁脈波至時域反射式感測導波器後，並接收其反射訊號，此時域反射儀將輸出此反射訊號之反射波形數值至一資料擷取裝置，以計算潮位（液面）位置。

本發明之另一實施態樣則為一種時域反射式潮位量測方法，係使用一潮位量測裝置來對待監測環境進行潮位變化的量測；首先，先辨識潮位量測裝置中之轉接探頭阻抗不連續面之參考反射訊號，將參考反射訊號微分後之頂點或穩定的特徵點，作為電磁波走時的參考走時；再實際辨識潮位量測裝置之量測反射訊號，將量測反射訊號微分後之頂點或穩定的特徵點定義電磁波來回液面的實際走時；同時根據參考走時及實際走時，即可計算出時域反射（TDR）走時；最後，藉由此潮位量測裝置的系統參數標定程序，再配合前述取得之時域反射走時，即可取得潮位變化。

底下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【實施方式】

本發明係揭露一種時域反射式潮位量測裝置及其方法，其中所利用到的一些關於電磁波或導波器等之定義、詳細製造或處理過程，係利用現有技術來達成，故在下述說明中，並不作完整描述。而且下述內文中之圖式，亦並未依據實際之相關尺寸完整繪製，其作用僅在表達與本發明特徵有關之示意圖。

第一圖為本發明之潮位量測裝置的架構示意圖，請參閱第一圖所示，此潮位量測裝置包括有一時域反射式感測導波器 10、一 TDR 擷取系統 12、一固定支架 14 以及錨定器 16 等；時域反射式感測導波器 10 頂端係利用固定支架 14 裝置於待監測環境之岸邊地面上，再配合錨定器 16 置放，連接時域反射式感測導波器 10 末端，以利用錨定器將時域反射式感測導波器延伸至水面下並固定於待監測環境中；時域反射式感測導波器 10 與重力方向則夾一角度 θ ，經由同軸纜線 18 係與 TDR 擷取系統 12 連結，整套量測裝置安設簡易，可適用於一般海港結構或是長灘等海岸地形。

其中，TDR 擷取系統 12 之架構請同時參閱第二圖所示，此 TDR 擷取系統 12 包括有至少一同軸纜線 18，電性連接時域反射式感測導波器 10，並利用同軸纜線 18 連接至一同軸纜線多工器 (Coaxial multiplexer) 20 及一時域反射儀 (Time domain reflectometer) 22，此時域反射儀 22 則利用控制線 24 電性連接同軸纜線多工器 20 及一資料擷取裝置 26。

再者，在本發明之量測裝置中使用之時域反射式感測導波器 10 的較佳實施例如第三圖所示，此時域反射式感測導波器 10 包含有同軸纜線 18，其係利用一轉接探頭 28 與一金屬量測探桿 30 相互連接，以接收電磁脈波，並監測環境變化，並據此產生一反射訊號；時域反射式感測導波器 10 之金屬量測探桿 30 的結構係為同軸或至少二金屬桿之多探桿式，以分別作為傳導電磁脈波或反射電磁脈波的正負極通道，且金屬感測導波器 10 之末端邊界為斷路式連接或短路式連接，斷面形狀係為圓形、橢圓形或任意多邊形等；並在金屬感測導波器 10 的至少一通道之外表面更包覆有一絕緣層；如第三圖所示，在此係以二條金屬纜線為例，包括有一多心鋼絞纜線 302、鋼

纜線 304、絕緣層 306，主要構造乃利用同軸纜線 18 將其內外導體透過內外導體連接電線 32 與多心鋼絞纜線 302 和鋼纜線 304 電性連結；轉接探頭 28 更包括有一金屬或其他導電材質之外殼 282，其內有絕緣或非導電材質之填充材料 284 固定同軸纜線 18 與多心鋼絞纜線 302 和鋼纜線 304，此外殼 282 主要在保護轉接探頭 28 並將內部外洩電場遮蔽，減少漏洩電磁場所造成之干擾。另外，此多心鋼絞纜線 302 與鋼纜線 304 提供正、負極通道，以作電磁波傳導使用；另外多心鋼絞纜線 302 則可依照現場安裝環境，選擇不同尺寸，符合設計張力強度，作為整體時域反射式感測導波器 10 保護使用；絕緣層 306 則可保護多心鋼絞纜線 302 與鋼纜線 304，不受鏽蝕影響，且可阻絕水體導電度，減少電磁波能量損耗，除水面位置資訊之外，更可額外提供水深訊息。

請同時參考第一、二、三圖所示，時域反射式金屬感測導波器 10 連接至同軸纜線 18，再依序連接至同軸纜線多工器 20、時域反射儀 22 以及一資料擷取裝置 26；時域反射儀 22 係發射電磁脈波並接收時域反射式感測導波器 10 之反射訊號，此反射訊號可進一步分析電磁波於時域反射式感測導波器 10 遇到不同外在介質（空氣與水）之反射訊號，資料擷取裝置 26 係電性連接時域反射儀 22，以接收時域反射儀 22 輸出反射訊號之反射波形數值，以計算液面位置。經由同軸纜線多工器 20 之切換，時域反射儀 22 可以連接不同的時域反射式感測導波器 10，於港灣或可能受地形或結構影響而有多點局部潮位變化不一之課題，故可提供 TDR 一機多點佈設之優勢。

在本發明之時域反射式潮位量測（水面位置）方法，其主要係量測感測裝置在不同材料介面所產生之電磁波反射訊號走時，並利用一已建立之

潮位感測導波器之系統參數標定程序，藉以來分析待監測環境之潮位面。當然，經由時域反射式金屬感測導波器取得的反射訊號，最終會傳輸至資料擷取裝置進行各種分析計算。

前述電磁波於時域反射式感測導波器走時之典型波形，其較佳實施例如第四圖所示，第四(a)圖為時域反射式感測導波器於實際量測時之示意圖，由於空氣之介電度為 1，一般水之介電度為 81，因此電磁波在兩者介面有明顯反射訊號，而當電磁波到達潮位感測導波器底部（短路型態），則有明顯之負反射訊號，如第四(b)圖所示。然而，由於 TDR 反射波形受到電纜電阻（即延長纜線長度）的影響呈現平滑的特性，且受到轉換探頭阻抗不連續之影響，不易確切定義 T_1 反射之確切物理位置及明確的空氣段走時 ΔT_a ，因此本發明以反射訊號的特徵點穩定的量測 TDR 走時 $\Delta\tau = T_2 - T_1 = \Delta T_a + t_0$ ， t_0 為時間差，並據以進行潮位分析。 T_1 與 T_2 的特徵點可定為其反射訊號之反曲點，亦即 TDR 訊號經一次微分後的頂點，如第四(c)圖所示。而在不同水位之量測資料，因空氣段隨之變化，例如由已知水位 1 提升或下降至水位 2，相對之特徵點走時分別為 $\Delta\tau_1 = \Delta T_{a1} + t_0$ 以及 $\Delta\tau_2 = \Delta T_{a2} + t_0$ ，如此藉由二者差值 $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1$ ，即可求得空氣段減少或增加部分，藉以推求水位位置。

在無披附絕緣層之時域反射式感測導波器，其電磁波傳遞速度等同於光速，因此上述方法之空氣段變化結果 $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1$ ，即可利用下列方程式(1)，計算出實際空氣段變化長度 ΔL_{air} ：

$$\Delta L_{air} = \frac{1}{2} \frac{(\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1)}{c/\sqrt{\epsilon_{air}}} \quad (1)$$

其中， c 為光速 (2.998×10^8 m/s)， ϵ_{air} 為空氣之介電度 ($=1$)；一般而言， $\Delta\tau_1$ 則設定為時域反射式感測導波器整體長度置於空氣中，以作為水位變化之參考值。當時域反射式感測導波器 10 與重力方向則夾 θ 角度，以及地面高程 EL 與固定支架 14 高度 d 為已知，如第一圖所示，則可藉由下列方程式(2)，相對求得水位實際高程如下：

$$\text{水位實際高程} = EL + d - \Delta L_{air} \sin \theta \quad (2)$$

然而，上述之量測方法僅適用於無披附絕緣層之時域反射式感測導波器，其電磁波傳遞速度等同於光速。當有附絕緣層 302 之時域反射式感測導波器，其電磁波速度就受絕緣層之材質或厚度影響，因此上述方程式(1)則需修改為如第下列方程式(3)所示：

$$\Delta L_{air} = \frac{1}{2} \frac{(\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1)}{c / \sqrt{a\epsilon_{air} + (1-a)\epsilon_c}} \quad (3)$$

其中， α 為量測效能比例係數，受絕緣層之厚度影響， ϵ_c 為絕緣層之介電度。

上述之 α 與 ϵ_c 統稱為時域反射式感測導波器之系統參數。本發明係採用一 TDR 走時-實際水位率定關係，以先計算出上述時域反射式感測導波器之系統參數。此系統參數標定程序實際應建議採用至少三組已知水位，並量測對應水位下之 TDR 走時，以第一組 TDR 走時量測結果作為 $\Delta\tau_1$ 參考組，藉以得到後續不同水位下之二組空氣段走時差 $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1$ ；在已知上述方程式(3)左半式的空氣段變化長度 ΔL_{air} 之前提下，可利用最小平方差方法，以計算出潮位感測導波器之系統參數 α 與 ϵ_c ，以建立時域反射走時差與實際水位變化長度之率定關係，如方程式(3)所示。

因此，基於時域反射式感測導波器之系統參數標定程序之後，則可利用方程式(3)配合有附絕緣層之時域反射式感測導波器，以感測潮位變化。詳言之，除了可使用前述標定程序中之參考組之外，亦可先辨識此潮位量測裝置之轉接探頭阻抗不連續面之參考反射訊號，以此參考反射訊號微分後之頂點或穩定的特徵點，作為電磁波走時的參考走時 $\Delta\tau_1$ ；接續再辨識此潮位量測裝置實際量測時的量測反射訊號，將此量測反射訊號微分後之頂點或穩定的特徵點定義電磁波來回液面實際走時 $\Delta\tau_2$ ；並根據此參考走時及實際走時，即可計算出時域反射（TDR）走時，最後再配合方程式(3)，即可取得實際空氣段變化長度 ΔL_{air} 的相關變化，藉此，再配合方程式(2)，可計算出水位實際高程，進而藉此水位高度變化，即可取得待監測環境的潮位變化。

由於時域反射法為一傳輸線式的監測技術，時域反射儀發射並接收反射電磁波，利用其原理可設計不同的感測導波器（Sensing waveguide），以監測不同的物理量，例如：土壤含水量、導電度、水位、位移等等。且多個感測導波器可經由一多工器連接到同一個時域反射儀（TDR 訊號發射器），且有自動控制功能，如此可同時增加時間與空間解析度。再者，本發明之整個裝置架構維護成本低，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。由於時域反射法具有諸多優點，適合現地的自動化監測，故本發明之目的是利用 TDR 被動式監測之優點，開發可監測潮位變化量測裝置與其量測方法，憑藉其感測器簡易無電子零件之優勢，可適用於各類型潮位感測環境，減少維護作業，降低建站成本。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使

熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第一圖為本發明之時域反射式潮位量測裝置的架構示意圖。

第二圖為本發明使用之 TDR 擷取系統的架構示意圖。

第三圖為本發明使用之時域反射式感測導波器的結構示意圖。

第四(a)圖為本發明利用時域反射式感測導波器於實際量測時之示意圖。

第四(b)圖為本發明利用時域反射式感測導波器量測到之反射波形走時示意圖。

第四(c)圖為本發明之反射波形經微分後的波形走時示意圖。

【主要元件符號說明】

- 10 時域反射式感測導波器
- 12 TDR 擷取系統
- 14 固定支架
- 16 錨定器
- 18 同軸纜線
- 20 同軸纜線多工器
- 22 時域反射儀
- 24 控制線
- 26 資料擷取裝置
- 28 轉接探頭

282 外殼

284 填充材料

30 金屬量測探桿

302 多心鋼絞纜線

304 鋼纜線

306 絕緣層

32 電線

七、申請專利範圍：

1. 一種時域反射式潮位量測裝置，其係安裝於一待監測環境，以監測其潮位變化，該時域反射式潮位量測裝置包括：
至少一時域反射式感測導波器，用以偵測一液面位置；
一時域反射儀，電性連接該時域反射式感測導波器，以產生一電磁脈波至該時域反射式感測導波器後，並接收其反射訊號；以及
一資料擷取裝置，電性連接該時域反射儀，以接收該時域反射儀輸出該反射訊號之反射波形數值，以計算潮位位置。
2. 如請求項 1 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該時域反射式感測導波器更包括：
至少一同軸纜線，其係傳送該電磁脈波；
至少一金屬量測探桿，其係電性連接該同軸纜線，以接收該電磁脈波，並監測該潮位變化，並據此產生該反射訊號；以及
至少一轉接探頭，其係連接該同軸纜線與該金屬量測探桿。
3. 如請求項 1 所述之時域反射式潮位量測裝置，更包括至少一錨定器，連接該時域反射式感測導波器末端，以利用該錨定器將該時域反射式感測導波器固定於該待監測環境中。
4. 如請求項 2 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該金屬量測探桿之結構係為同軸或至少二金屬桿之多探桿式，以分別作為傳導該電磁脈波的正負極通道。
5. 如請求項 4 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該金屬量測探桿的至少一該通道之外表面更包覆有一絕緣層。

6. 如請求項 2 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該金屬量測探桿之末端邊界為斷路式連接或短路式連接。
7. 如請求項 2 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該金屬量測探桿之斷面係為圓形、平板型或任意多邊形。
8. 如請求項 3 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該錨定器係為金屬、非金屬或複合材料。
9. 如請求項 2 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該轉接探頭係更包括：
一外殼，以包覆該同軸纜線與該金屬量測探桿相連接之部份；以及
一填充材料，係位於該外殼內部並填滿之。
10. 如請求項 9 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中填充材料係為非導電材質。
11. 如請求項 9 所述之時域反射式潮位量測裝置，其中該外殼係為金屬或其他導電材質。
12. 如請求項 1 所述之時域反射式潮位量測裝置，更包括一同軸纜線多工器，電性連接該時域反射式感測導波器以及該時域反射儀，以利用該同軸纜線多工器，將二個以上的該時域反射式感測導波器連接至同一該時域反射儀。
13. 如請求項 3 所述之時域反射式潮位量測裝置，更包括一固定支架，其係將該時域反射式感測波導器頂端固定於該待監測環境之岸邊地面上。
14. 一種時域反射式潮位量測方法，其係利用一潮位量測裝置對一待監測環境進行潮位變化的量測，該時域反射式潮位量測方法包括下列步驟：
辨識該潮位量測裝置之轉接探頭阻抗不連續面之參考反射訊號，以該參

考反射訊號微分後之頂點或穩定的特徵點，作為電磁波走時的參考走時；

辨識該潮位量測裝置之量測反射訊號，以該量測反射訊號微分後之頂點或穩定的特徵點定義電磁波來回液面實際走時；

根據該參考走時及該實際走時，即可計算出時域反射（TDR）走時；以及

根據該潮位量測裝置的系統參數標定程序，再配合該時域反射走時，即可取得該潮位變化。

15.如請求項 14 所述之時域反射式潮位量測方法，其中該系統參數標定程序更包括下列步驟：

量測至少三組已知介面位置之時域反射走時，並求得各組之時域反射走時差；以及

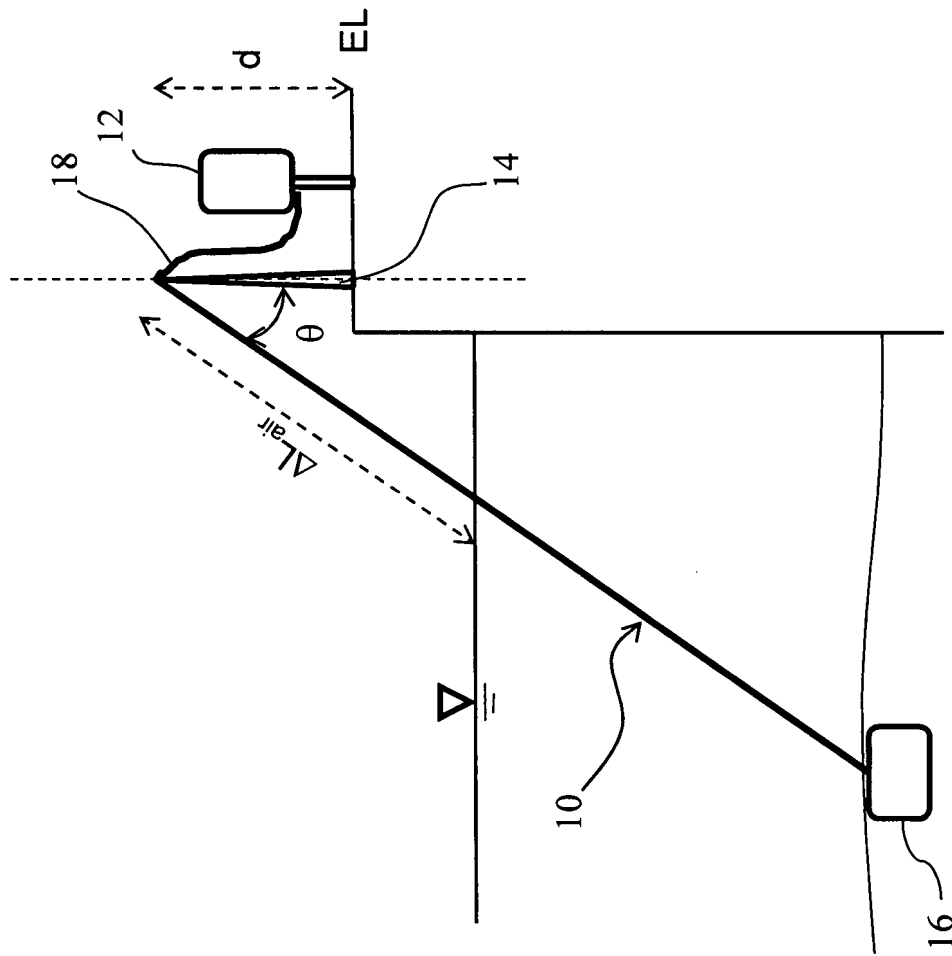
計算該等時域反射走時差，建立與實際水位變化長度之率定關係。

16.如請求項 15 所述之時域反射式潮位量測方法，其中該時域反射走時差與實際水位變化長度之率定關係如下列方程式所示：

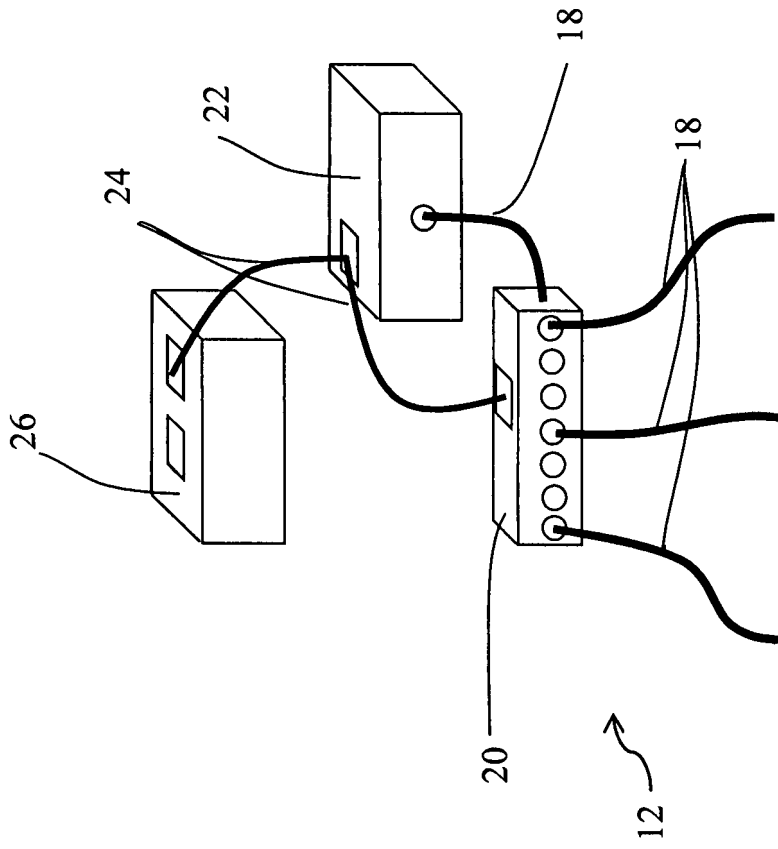
$$\Delta L_{air} = \frac{1}{2} \frac{(\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1)}{c/\sqrt{a\epsilon_{air} + (1-a)\epsilon_c}} ;$$

其中， ΔL_{air} 實際空氣段變化長度， c 為光速， ϵ_{air} 為空氣之介電度， $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1$ 為該時域反射走時差， a 為量測效能比例係數，以及 ϵ_c 為該潮位量測裝置中時域反射式感測導波器使用之絕緣層的介電度。

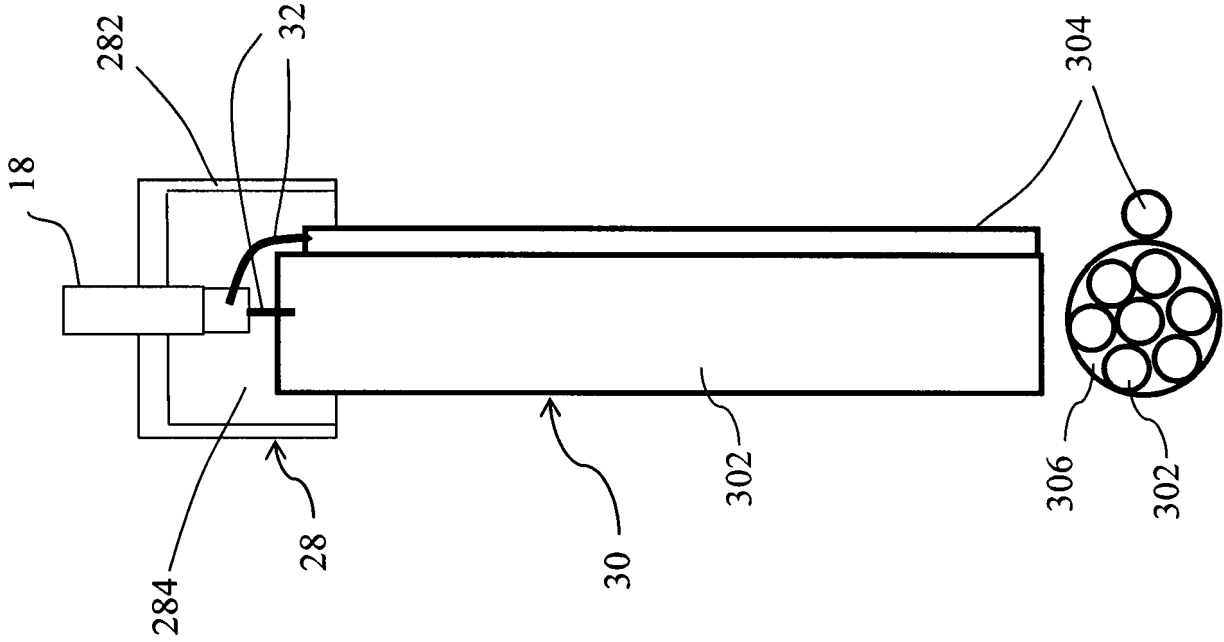
八、圖式：



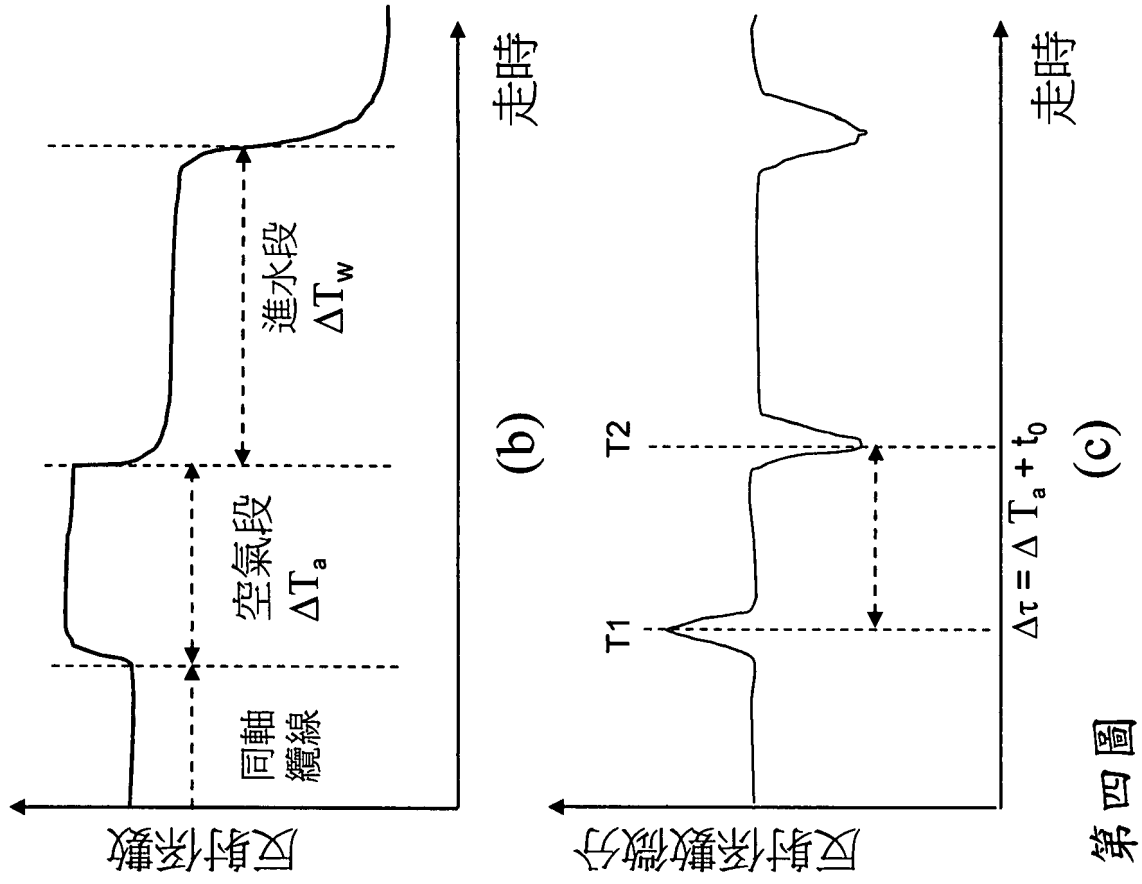
第一圖



第二圖



第三圖



第四圖