

(21)申請案號：110148072

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 12 月 22 日

(51)Int. Cl. : G01N21/49 (2006.01)

G01N15/14 (2006.01)

G01J1/18 (2006.01)

G01J1/22 (2006.01)

(30)優先權：2020/12/24 日本

2020-215214

(71)申請人：日商理音股份有限公司(日本) RION CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：齊藤光秋 SAITO, MITSUAKI (JP)；菅原鈴子 SUGAHARA, REIKO (JP)；吉川由華 YOSHIKAWA, YUKA (JP)

(74)代理人：洪澄文；洪茂

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：9 共 31 頁

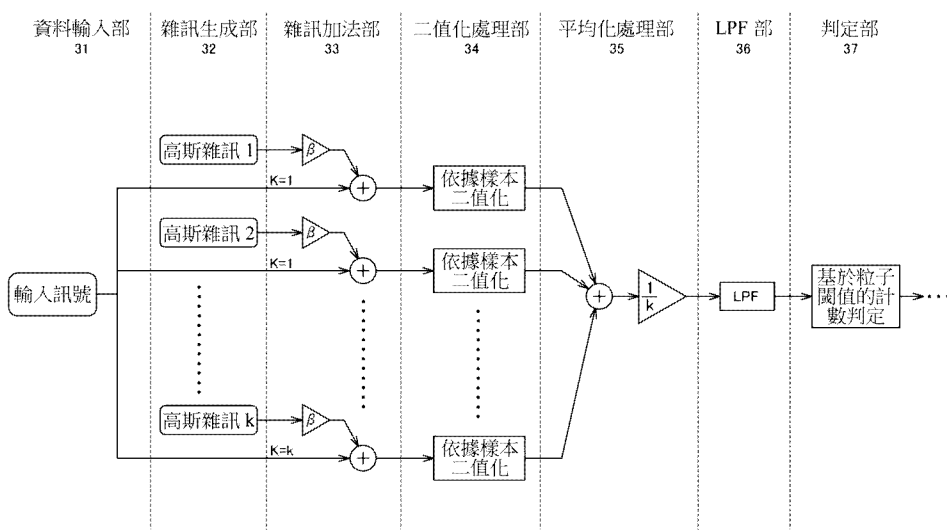
(54)名稱

粒子測量儀、粒子測量方法以及儲存媒體

(57)摘要

提供將粒子之可測粒徑變小，同時提升計數效率的技術。在訊號處理部中，對輸入訊號執行利用隨機共振的訊號處理。從資料輸入部傳送的輸入訊號，在加法部中將在雜訊生成部生成之不相關的 k 個之各雜訊相加。相加後的各訊號在二值化部被二值化後在算出部算出其簡單平均，對應算出結果的輸出訊號之中，目標訊號之頻帶外的成分在濾波部被切斷後，在判定部中判定是否超過粒子閾值(粒子存在)。在二值化時，由於利用在二值化閾值算出部依據測定樣本的介質自動算出的二值化閾值，可以減少錯誤偵測，同時偵測更小粒徑的粒子。

指定代表圖：



第 7 圖

符號簡單說明：

31:資料輸入部

32:雜訊生成部

33:雜訊加法部(加法部、加法步驟)

34:二值化處理部(二值化部、二值化步驟)

35:平均化處理部(算出部、算出步驟)

36:低通濾波(LPF)部(濾波部、濾波步驟)

37:判定部(判定步驟)

 β :雜訊添加量

【發明摘要】

【中文發明名稱】 粒子測量儀、粒子測量方法以及儲存媒體

【中文】

提供將粒子之可測粒徑變小，同時提升計數效率的技術。在訊號處理部中，對輸入訊號執行利用隨機共振的訊號處理。從資料輸入部傳送的輸入訊號，在加法部中將在雜訊生成部生成之不相關的k個之各雜訊相加。相加後的各訊號在二值化部被二值化後在算出部算出其簡單平均，對應算出結果的輸出訊號之中，目標訊號之頻帶外的成分在濾波部被切斷後，在判定部中判定是否超過粒子閾值(粒子存在)。在二值化時，由於利用在二值化閾值算出部依據測定樣本的介質自動算出的二值化閾值，可以減少錯誤偵測，同時偵測更小粒徑的粒子。

【指定代表圖】 第7圖

【代表圖之符號簡單說明】

31:資料輸入部

32:雜訊生成部

33:雜訊加法部(加法部、加法步驟)

34:二值化處理部(二值化部、二值化步驟)

35:平均化處理部(算出部、算出步驟)

36:低通濾波(LPF)部(濾波部、濾波步驟)

37:判定部(判定步驟)

β :雜訊添加量

【發明說明書】

【中文發明名稱】 粒子測量儀、粒子測量方法以及儲存媒體

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於測量液體樣本中存在之粒子的裝置以及方法，特別係有關於在微小粒子之偵測時利用隨機共振現象的裝置以及方法。

【先前技術】

【0002】 隨機共振(Stochastic Resonance)為藉由對訊號加入雜訊，在一機率下訊號強化反應提升的現象，是在雜訊之影響下偵測一微弱訊號的合適方法。舉例而言，已知對包含微弱訊號的輸入訊號進行平行處理，將互不相關的雜訊各自加的方法(例如參考非專利文獻1)。在利用此方法之正規訊號處理中，如第9圖所示，在k個平行處理中對輸入訊號加上雜訊得到的各訊號利用固定之二值化閾值被二值化。

【0003】 另外，在粒子偵測領域中，已知利用隨機共振提升空氣中包含之微小粒子的偵測準確度(訊號雜訊比(SN比))的訊號處理方法(例如參考專利文獻1)。在此訊號處理中，藉由利用對模擬訊號(脈衝數以及脈衝波形為已知的微弱訊號)加上雜訊的電訊號，SN比被最佳化。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】 [專利文獻1]日本專利第6531499號公報。

[非專利文獻]

【0005】 [非專利文獻1] J. J. Collins 等著, "Stochastic resonance without tuning", Nature Vol.376, p.236-238, 1995年7月20日。

第 1 頁，共 19 頁(發明說明書)

19340PTWF_YPR

【發明內容】**[發明所欲解決的課題]**

【0006】 在液中粒子測量之領域中，雖然已知最小可測粒徑為30nm之產品，隨著半導體之製程規定更微小化，需要例如粒徑未滿30nm的粒子之測量。然而，在傳統之測量方法的延伸上，最小可測粒徑之更新逐漸達到極限，另外，關於新方法的探討，對於測定樣本為液體不得不考慮特有之課題。

【0007】 意即，在液中粒子之測量中，雖然測定之樣本自身的散射光成為雜訊源，此散射光與空氣之散射光相較下非常大，另外，散射光之強度因樣本而異，也因溫度等之測定環境變化。因此，即使利用隨機共振進行液中粒子測量，只利用上述固定之二值化閾值的正規訊號處理之下，難以準確地進行粒子之測量，為了確保充分的準確度，為了因應樣本之折射率或等溫壓縮率等作為原因的樣本之雜訊振幅之變化，需要調整二值化閾值。

【0008】 具體而言，二值化閾值固定時，需要將二值化閾值設定為比假設之最大雜訊更大的值，使之可以在任何情況下去除起因於樣本之散射光之雜訊的錯誤偵測。另外，樣本之散射光較小時，為了偵測微弱的粒子訊號，也需要將二值化閾值設定較小。若每次測定時皆依據樣本手動調整二值化閾值，不但耗費勞力，且有在調整中產生差異的可能性。

【0009】 另一方面，根據在上述粒子偵測之領域中的先前技術，雖然可以考量為有可能減少在電路系統中之雜訊的影響，然而減少起因於從樣本產生之散射光的雜訊的影響是困難的。另外，在此先前技術中，不得不在測定前基於與脈衝有關之已知資訊調整，在準備上耗費勞力。

【0010】 再者，為了利用隨機共振，不得不準備不相關的複數之雜訊。在利用隨機共振的訊號處理中，雖然已知平行數 k 越多，微弱訊號之偵測準確度越

高，但為此需要 k 個不相關的雜訊。由於測量器上可利用之資源有限制，上述雜訊如何準備也成為課題。

【0011】 因此，本發明的課題為提供將粒子之可測粒徑變小，同時提升計數效率的技術。

[用以解決課題的手段]

【0012】 為了解決上述之課題，本發明採用以下之液中粒子測量儀、液中粒子測量方法以及訊號處理程式。另外以下之括弧中的用語僅為例示，本發明不限於此。

【0013】 意即，在本發明中的液中粒子測量儀、液中粒子測量方法以及訊號處理程式中，對於大小對應散射光之強度的訊號，進行特定數之平行處理並將特定數之不相關的各雜訊相加，輸出相加後的各訊號，該散射光由液體樣本中包含的粒子與入射液體樣本中的光的相互作用產生。接下來，利用根據液體樣本設定之二值化閾值將各訊號二值化並輸出各二值化訊號，算出並輸出基於前述各二值化訊號的值。對於此算出之輸出，首先使特定頻率之成分通過，在通過之輸出之中超過特定之粒子閾值的情況下，判定粒子存在。

【0014】 根據此態樣，來自散射光訊號中包含之背景光的訊號之位準下降的同時，來自粒子的訊號可以相對清楚地凸顯出來，可以確實地偵測來自微小粒子的微弱訊號。另外，根據此態樣，由於利用根據液體樣本設定之二值化閾值進行二值化，與使用固定之二值化閾值的情況相較之下，可以更準確地偵測粒子。

【0015】 較佳地，在上述之液中粒子測量儀、液中粒子測量方法以及訊號處理程式中，基於液體樣本之特徵量算出二值化閾值，利用算出之二值化閾值進行二值化。另外，較佳地，基於液體樣本之散射光成分之方均根(RMS)值或直流(DC)值算出二值化閾值。針對RMS值或DC值將詳述於後。

【0016】 根據此態樣，液體樣本之特徵量，舉例而言，由於被設定維基於液體樣本之散射光成分之RMS值或DC值自動算出二值化閾值，與手動設定的情況相較之下，可以減輕測量之準備所需要的勞力，可以在減少錯誤偵測的同時偵測來自粒子之更低位準的訊號。

【0017】 較佳地，在上述之液中粒子測量儀、液中粒子測量方法以及訊號處理程式中，使預先準備之特定資料長度之雜訊資料的開始點相異，藉由生成不相關的複數之雜訊的態樣生成特定數之雜訊，將由上述各雜訊以特定數之平行處理相加。

【0018】 根據此態樣，利用一(1個一定長度之)雜訊資料，使用生成對應平行處理數之個數的不相關雜訊的方法。然後，該生成方法為藉由使雜訊資料之開始點相異生成不相關之複數之雜訊的態樣(方法)。因此，可以減少雜訊之生成所需要的雜訊資料的種類或容量的同時，可以更效率地生成測量需要的雜訊。

[發明的效果]

【0019】 如上所述，根據本發明，可以讓粒子之可測粒徑變小，同時提升計數效率。

【圖式簡單說明】

【0020】

[第1圖]為顯示粒子測量儀之構成的方塊圖。

[第2A圖]為顯示粒子偵測部之構成的透視圖。

[第2B圖]為顯示粒子偵測部之構成的垂直截面圖。

[第3圖]為顯示訊號處理部之構成的方塊圖。

[第4圖]為說明雜訊之生成態樣的示意圖。

[第5圖]為顯示去除DC成分只使用AC成分的AC交流耦合後的散射光成分與

RMS值之一例的示意圖。

[第6圖]為顯示粒子計數處理之步驟例的流程圖。

[第7圖]為簡略顯示在實施形態中使用隨機共振的訊號處理之態樣的示意圖。

[第8A圖]為顯示比較用以偵測粒徑未滿30nm之粒子的處理之各過程中的訊號之波形的示意圖。

[第8B圖]為顯示比較用以偵測粒徑未滿30nm之粒子的處理之各過程中的訊號之波形的示意圖。

[第8C圖]為顯示比較用以偵測粒徑未滿30nm之粒子的處理之各過程中的訊號之波形的示意圖。

[第9圖]為簡略顯示在比較例中利用隨機共振之訊號處理的態樣的示意圖。

【實施方式】

【0021】 以下，一面參照圖式一面說明本發明之實施形態。另外，以下之實施形態僅為較佳的例示，本發明不限於此。

【0022】 [粒子測量儀]

第1圖為顯示粒子測量儀1之構成的方塊圖。

【0023】 粒子測量儀1，舉例而言，由粒子偵測部10、A/D轉換部20、訊號處理部30以及輸出部50構成。粒子偵測部10以光照射液體樣本並偵測由浮游在樣本中之粒子與照射光之相互作用產生的散射光，輸出對應該強度之電訊號。A/D轉換部20將從粒子偵測部10輸出之電訊號轉換為數位訊號。訊號處理部30對從A/D轉換部20輸出之數位訊號施以各種訊號處理，偵測(判定粒子之存在)粒子並計數每種粒徑種類。輸出部50輸出來自訊號處理部30的計數結果。

【0024】 在本實施形態中，為了更準確地偵測粒徑未滿30nm之粒子，在訊號處理部30中採取利用隨機共振之訊號處理。另外，在本實施形態中使用的有

關光學系統之準確度的能力，被假設為可以測定粒徑20nm左右為止的粒子。若再改善光學系統之準確度，也預期可以更準確地偵測粒徑10nm或10nm以下之粒徑的粒子。另外，粒子偵測部10以及訊號處理部30之構成將利用別圖詳述於後。

【0025】 [粒子偵測部]

第2A圖以及第2B圖為簡略顯示粒子偵測部10之構成的透視圖以及截面圖。第2B圖之截面圖為沿著第2A圖之透視圖所示之II-II切割線的垂直截面。

【0026】 粒子偵測部10，舉例而言，由流通池11、光源12、聚光鏡13以及光電轉換器14等構成。流通池11為L字形之形狀，貫通其內部的流路11a被形成。樣本從第1開口11b被導入，從第2開口11c被排出到外部。另外，光源12從相對於樣本之流動垂直的方向以雷射光照射。在本實施形態中，考量粒徑未滿30nm之粒子的偵測，使用532nm之綠光雷射作為照射光。被雷射光照射時，在流路11a內之特定位置形成照射區域L以及偵測區域M，從通過偵測區域M的粒子P產生散射光。聚光鏡13聚焦從粒子P產生的散射光。光電轉換器14偵測聚焦之散射光，根據其強度轉換為電壓並輸出電訊號。另外，光電轉換器14為本發明之實施形態中的偵測部之一部分。

【0027】 聚光鏡13以及光電轉換器14被配置於面向樣本之流動的位置。藉此，可高準確地偵測從粒子P產生的散射光。另外，位於偵測區域M以及聚光鏡13之間的流通池11之內壁形成凹面部11d，可以抑制從通過偵測區域M的粒子P產生的散射光在入射流通池11之內壁時可能產生的折射。另外，在粒子偵測部10中各機器之配置以集光軸作為基準被決定，在照射光之入射位置上偵測區域M之中心被設計為位於集光軸上。

【0028】 [A/D轉換器]

從光電轉換器14輸出之電訊號(「偵測訊號」)，除了粒子P通過偵測區域M時被偵測的訊號(「目標訊號」)之外，包含起因於樣本之散射光的雜訊(「散射

雜訊」)等。另外，目標訊號被假設為在15kHz左右為止的頻帶呈高斯分布的訊號。

【0029】 偵測訊號在A/D轉換部20取樣以及量子化並轉換為數位訊號。在本實施形態中，為了抗失真，對偵測訊號應用二階低通濾波器，該二階低通濾波器將在目標訊號之頻帶中具有充足之邊限的60kHz設為截止頻率。另外，為了盡可能降低量子化雜音，以偵測訊號之約20倍的超取樣以5Msps之速率進行取樣。另外，量子化位元設為16bit。另外，A/D轉換部20為本發明之實施形態中的偵測部之一部份。另外，由光電轉換器14執行在本發明之實施形態中的偵測步驟的一部份，由A/D轉換部20執行偵測步驟的一部份。

【0030】 [訊號處理部]

第3圖為顯示訊號處理部30之構成的方塊圖。

【0031】 訊號處理部30，舉例而言，由資料輸入部31、雜訊生成部32、雜訊加法部33、二值化處理部34、平均化處理部35、低通濾波(LPF)部36、判定部37、二值化閾值算出部38、二值化閾值記憶部39、重設部40、波高分析部41以及粒子計數部42等構成。上述之中，從雜訊生成部32到重設部40之各功能部貢獻於粒徑未滿30nm之粒子的偵測以及計數，波高分析部41貢獻於粒徑30nm以上之粒子的偵測以及計數。以下，沿著訊號之流動說明構成訊號處理部30之各功能部的角色。

【0032】 [資料輸入部]

從A/D轉換部20輸出之數位訊號(訊號資料)被輸入到資料輸入部31。資料輸入部31將輸入訊號維持原本的狀態輸出。另外，在本實施形態中，雖然實時地逐次輸入訊號資料，也可以讀取並輸入在內部記憶體等記憶區域(未圖示)中累積的訊號資料。

【0033】 順帶一提，輸入訊號雖然包括目標訊號以外之測量的過程中產生

的雜訊，在本實施形態中，由於粒徑未滿30nm之粒子也設為偵測對象，需要盡可能降低測量伴隨的雜訊。

【0034】 作為輸入訊號中包含之代表性的雜訊，除了上述之散射雜訊之外，可以舉例如A/D轉換時的量子化雜訊、來自電路的熱雜訊等。在這之中，關於A/D轉換時的量子化雜訊，如上所述在從A/D轉換部20中之處理時採取措施。另外，電路之熱雜訊為1mV級之雜訊，若對照散射雜訊為100mV級，可以考量為足夠小。接下來，關於散射雜訊會在後續之訊號處理中採取對應。

【0035】 [雜訊生成部]

雜訊生成部32生成並輸出對應後述之雜訊加法部33中的處理之平行數之個數的互不相關之雜訊。在本實施形態中，重複連結(未圖式)記憶於記憶區域(記憶部)中之一定資料長度之一雜訊資料，從得到的連結資料之開頭開始，藉由使用逐個偏移特定資料長度的位置作為開始點，從1個雜訊資料生成複數之雜訊。另外，用以生成的雜訊資料較佳的為白雜訊。

【0036】 [雜訊之生成態樣]

第4圖為說明雜訊之生成態樣的示意圖。

雜訊生成部32，舉例而言，在平行數 $k=100$ 時，準備資料長度16kB之不相關的7種雜訊資料A~G，在重複連結每個雜訊資料得到的連結資料中，從每一個開頭開始以逐次偏移1kB的位置作為開始點，生成100個雜訊。

【0037】 具體而言，從將雜訊資料A設為基底(base)的連結資料，生成其開頭設為開始點的雜訊1、從開頭開始偏移1kB之位置設為開始點的雜訊2、從開頭開始偏移2kB之位置設為開始點的雜訊3、...、從開頭開始偏移14kB之位置設為開始點的雜訊15，以及從開頭開始偏移15kB之位置設為開始點的雜訊16。雜訊資料B以後也進行同樣的處理，每1雜訊資料可以生成16個雜訊。

【0038】 因為雜訊資料A~G不相關，以上述作為基底使開始點相異生成的

各雜訊也仍為不相關。藉由以像這樣的態樣生成雜訊，可以在抑制生成所需要的雜訊資料之數量或容量的同時，生成不相關之複數的雜訊。

【0039】 另外，雜訊資料之資料長度或偏移開始點時的特定長度可以依據狀況適當地變更。無論為何，依據上述之值的每1雜訊資料的可生成雜訊數被自動決定。因此，預先準備之雜訊資料之數量為將平行數 k 除以每1雜訊資料之可生成雜訊數的商加1得到的數。

【0040】 另外，在本實施形態中，雖然利用被記憶於記憶區域中的雜訊資料生成雜訊，取而代之的，也可以藉由計算生成雜訊。例如，也可以使用利用M-序列的虛擬亂數產生法生成雜訊。

【0041】 [雜訊加法部]

雜訊加法部33，對輸入訊號(來自資料輸入部31的輸出訊號)進行平行數為 k 的平行處理，在每一個處理中以相同強度(雜訊添加量 β)將在雜訊生成部32生成之不相關的 k 個雜訊加到輸入訊號中並輸出。在本實施形態中，設平行數 $k=100$ 。另外，雜訊添加量 β 與來自目標訊號或背景光的散射雜訊之強度、測量之介質以及其溫度或濃度等相關，在本實施形態中，適用基於預先進行之實驗決定的值。另外，雜訊添加量 β 也可以在雜訊生成部32中雜訊之生成時考慮，此時，在雜訊加法部33中，各雜訊被直接加到輸入訊號中。另外，雜訊加法部33為本發明之實施形態中的加法部之一部分。另外，由雜訊加法部33執行在本發明之實施形態中的加法步驟的一部分。

【0042】 藉由增加平行數，計算量增加，在後述之處理中可以使目標訊號相對於雜訊訊號更清楚地凸顯，可以提升偵測準確度。然而，平行數若超過一定數，偵測準確度之提升會變成漸近的。因此，平行數考慮測量中的目標訊號或雜訊之狀況、訊號處理部30之計算處理能力等選擇適當的值是較佳的。

【0043】 [二值化處理部]

二值化處理部34將來自雜訊加法部33的k個各輸出與隨機共振之二值化閾值m比較，輸出為m以上時輸出「1」，另一方面，未滿m時輸出「0」。前述隨機共振之二值化閾值m由後述之二值化閾值算出部38算出，記憶於後述之二值化閾值記憶部39中。另外，二值化處理部34為本發明之實施形態中的二值化部之一部分。另外，由二值化處理部34執行在本發明之實施形態中的二值化步驟的一部分。

【0044】 [平均化處理部]

平均化處理部35為本發明之算出部的一例。將來自二值化處理部34的k個各輸出相加後以除法算出簡單平均，將解析度設為10bit將算出結果轉換為 $1\sim 1024(=2^{10})$ 的值輸出。另外，考量處理步驟之後半中的便利性等，雖然在平均化處理部35中也可以不除以k，在此情況下，在前後之處理步驟中會基於平行數k執行計算。另外，也可以算出對k個各輸出之每一者進行加權的平均(加權平均)代替簡單平均。另外，平均化處理部35為本發明之實施形態中的算出部之一部分。另外，由平均化處理部35執行在本發明之實施形態中的算出步驟的一部分。

【0045】 [低通濾波(LPF)部]

LPF部36對來自平均化處理部35的輸出訊號應用低通濾波器。在本實施形態中，為了讓目標訊號之頻帶之對應約100Hz到15kHz的輸出訊號之成分，將截止頻率設為15kHz使用3階低通濾波器。藉此，由於持續時間短的訊號被切斷，可以排除粒子之錯誤偵測。另外，由於此處之濾波器的斜率不需太陡峭，也可以使用2階濾波器代替3階濾波器。另外，只要可以讓目標訊號之頻帶為大約100Hz以上的頻率成分通過，不限低通濾波器，也可以藉由使目標訊號之頻帶通過的帶通濾波器、高通濾波器，或目的為限制目標訊號之頻帶以外之頻帶的帶止濾波器等的組合實現。另外，LPF部36為本發明之實施形態中的濾波部之一部分。另外，由LPF部36執行在本發明之實施形態中的濾波步驟的一部分。

【0046】 [判定部]

判定部37確認來自LPF部36的輸出訊號對應粒子測量儀1之最小可測粒徑是否超過預先決定之特定閾值(「粒子閾值」)，輸出訊號超過粒子閾值時，粒子存在，意即判定為來自粒子的訊號並輸出顯示該意旨的脈衝，另一方面，在粒子閾值以下時，粒子不存在，意即判定不是來自粒子的訊號，不進行脈衝之輸出。在本實施形態中，舉例而言，最小可測粒徑為「20nm」，對應「20nm」將預先決定之「850」作為粒子閾值，對取1~1024之值的輸出進行上述判定。偵測閾值作為用以偵測不引起錯誤偵測之最小可測粒徑以上的粒子的閾值，為基於預先進行之實驗導出的值。另外，由判定部37執行在本發明之實施形態中的濾波步驟的一部分。

【0047】 [二值化閾值算出部]

二值化閾值算出部38接收來自後述之重設部40的重設訊號後，算出在該時間點之根據測試樣本的隨機共振之二值化閾值。二值化閾值由以下之算式算出。另外，由二值化閾值算出部38執行在本發明之實施形態中的二值化閾值算出步驟的一部分。

【0048】 <數1>

二值化閾值 = (二值化係數) × (雜訊基底設定值)

【0049】 上述之算式中，二值化係數為基於光學機器之設計值預先決定的值。另外，雜訊基底設定值為測量時依據測定樣本之散射光成分的特徵量設定的值，具體而言，相當於基於測定樣本之散射光成分的RMS值，或DC值，或RMS值以及DC值等。RMS值為在測量訊號中的交流成分的有效值，由訊號之平方的平均值的平方根算出。DC值為測量訊號中的直流成分值。意即，在本實施形態中，使用RMS值或DC值作為測定樣本之特徵量。

【0050】 另外，在設定雜訊基底設定值上考量的散射光成分之特徵量，不

限於RMS值或DC值。舉例而言，可以是與測定樣本之散射光成分關聯的各種平均值(振幅之算術平均值或加權平均值等)、振幅之分布中的中央值或最大值、振幅之峰值等的顯示測定樣本之特徵量的任意指標，或具有接近這些指標之值的算出結果的來自任意公式的值，或上述之組合。在任何情況下，二值化係數依據雜訊基底設定值之選擇被適當地設定。

【0051】 二值化係數雖然為考量樣本之介質或濃度、折射率、等溫壓縮率等特性的值，對於RMS值以及DC值之每一者在光學機器設計時被決定，在工廠出貨前被預設於記憶區域(未圖式)。

【0052】 成為雜訊基底設定值之基礎的RMS值以及DC值，在接收重設訊號後的特定期間(例如5秒間)中基於各自的測量結果被設定。例如，在電源ON之操作伴隨的重設的情況下，基於在光源12之預熱作業結束後的階段所測量之5秒間的RMS值以及DC值被設定。RMS值是因介質而異的值。例如，對於介質為純水的情況，在濃度96%之濃硫酸中約為1.2倍，在IPA約為1.3~1.4倍。另外，DC值在介質為純水的情況下約為60~70mV左右。

【0053】 在本實施形態中，只使用RMS值作為雜訊基底設定值。因此，預設的只有對應RMS值的二值化係數，重設時藉由該二值化係數與RMS值的積自動算出二值化閾值。

【0054】 第5圖顯示測定樣本之介質為純水的情況中AC交流耦合後的散射光成分與基於此設定的RMS值的具體例。在此例中，二值化係數設為「3」，散射光成分之RMS值的算出結果為「0.03Vrms」，藉由此二值化係數與RMS值的積算出二值化閾值為「0.09」。

【0055】 另外，在本實施形態中，雖然只使用RMS值作為雜訊基底設定值，取而代之的，在只使用DC值的情況下，只有對應DC值的二值化係數被預設。另外，在使用基於RMS值以及DC值兩者決定的值的情況下，分別對應RMS值以及

DC值的二值化係數被預設。在可利用複數種類的雜訊基底設定值的構成的情況中，可以配置為依據從預設之測試樣本名清單中選擇的測定樣本名或散射光成分之特徵量的選擇，自動設定最佳設定值，也可以配置為手動設定任意設定值。

【0056】 從複數之雜訊基底設定值選擇時，舉例而言，在選擇DC值的情況下，在粒子之測量結果可能受到DC值的影響時(因光源12之惡化等雷射光的光量有變化，散射光之強度上下波動的情況等)，RMS值較合適。另外，使用清潔度高(浮游粒子少)的樣本時也是RMS值較合適。相對於此，使用粒子濃度高的樣本時，由於難以區別來自粒子的訊號(目標訊號)與來自樣本之散射光的訊號(散射雜訊)，DC值較合適。或者，藉由基於RMS值以及DC值兩者得到更高準確度之測量結果的情況下，也可以利用這樣的設定值。

【0057】 [二值化閾值記憶部]

二值化閾值記憶部39除了在工廠出貨前預先決定並預設的上述之二值化係數之外，也記憶由二值化閾值算出部38算出的二值化閾值。接收來自後述之重設部40的重設訊號時，二值化閾值記憶部39維持二值化係數原本的狀態並消除在該時間點已記憶之二值化閾值。

【0058】 [重設部]

重設部40伴隨粒子測量儀1之重設操作，對與利用機率共振的訊號處理有關的各功能部傳送重設訊號。此處，「重設操作」為由使用者對粒子測量儀1的操作中伴隨重設的操作，具體而言相當於電源ON之操作、按壓對應變換測量樣本等的設定按鈕的操作等。在使用者進行電源ON之操作時，光源12之預熱作業結束後，且使用者按下設定按鈕時，在此時間點，從重設部40傳送重設訊號。接下來，在與此連動的二值化閾值算出部38中二值化閾值之算出自動進行的同時，其他各功能部中的處理也被初始化。

【0059】 [波高分析部]

相對於以上各功能部32~40貢獻於粒徑未滿30nm之粒子的偵測以及計數，波高分析部41貢獻於粒徑30nm以上之粒子的偵測以及計數。具體而言，波高分析部41使用與例如日本專利第4960772號之粒子計數方法相同的方法(以下稱為「習知方法」)，基於輸入訊號(來自資料輸入部31的輸出訊號)判定偵測到的粒子相當於30nm以上到數 μm 為止設定之複數之粒徑種類的哪一者，依據相當之粒徑種類輸出脈衝。另外，由於習知方法已為公知，因此省略在波高分析部41中之處理的詳細說明。

【0060】 [粒子計數部]

粒子計數部42基於從判定部37以及波高分析部41輸出的脈衝，將偵測到的粒子之數量以每種粒徑種類計數。另外，雜訊加法部33至判定部37以及波高分析部41使相同輸入訊號的不同處理同時進行，判定部37以及波高分析部41分別輸出並輸入粒子計數部42的脈衝被同步。

【0061】 [粒子計數處理]

第6圖為顯示粒子計數部42執行之粒子計數處理之步驟例的流程圖。粒子計數部42從測量開始到結束為止，持續粒子計數處理之執行。以下，順著步驟例進行說明。

【0062】 步驟S1：粒子計數部42確認脈衝是否從波高分析部41被輸入。確認之結果，從波高分析部41輸入脈衝時(步驟S1：是)，粒子計數部42執行步驟S2。另一方面，沒有從波高分析部41輸入脈衝時(步驟S1：否)，粒子計數部42執行步驟S3。

【0063】 步驟S2：粒子計數部42在對應來自波高分析部41之脈衝的粒徑種類中記述粒子偵測數。例如，來自波高分析部41之脈衝為對應40~50nm之粒徑種類的脈衝時，在該粒徑種類中粒子偵測數加1。

【0064】 步驟S3：粒子計數部42確認脈衝是否從判定部37被輸入。確認之

結果，從判定部37輸入脈衝時(步驟S3：是)，粒子計數部42執行步驟S4。另一方面，沒有從判定部37輸入脈衝時(步驟S3：否)，粒子計數部42回到步驟S1。

【0065】 步驟S4：粒子計數部42計數未滿30nm之粒徑種類中的粒子偵測數。如上所述，由於判定部37中成為脈衝輸出之基準的粒子閾值對應20nm，實質上經由這個處理，在20nm以上未滿30nm的粒徑種類中粒子偵測數加1。

【0066】 以上之步驟結束時，粒子計數部42回到步驟S1，重複執行步驟S1~S4之步驟。

【0067】 如上所述，相對於來自波高分析部41的脈衝對應30nm以上之任一者的粒徑種類，來自判定部37的脈衝在超過對應20nm之粒子閾值時被輸入。因此，來自粒徑30nm以上之粒子的訊號被處理時，雖然有從波高分析部41以及判定部37之兩者同時輸入脈衝的情況，藉由沿著上述之步驟計數粒子，可以避免對1個粒子雙重計數，可以正確地計數粒子數。

【0068】 另外，粒子計數部42的粒子計數結果被輸入輸出部50。接下來，藉由輸出部50執行計數結果對監視器或印表機之輸出或經由網路往其他裝置之傳送等。

【0069】 以上為本實施形態中的訊號處理部30之構成。另外，訊號處理部30可以在數位訊號處理器(Digital Signal Processor, DSP)中實現，也可以在現場可程式化邏輯閘陣列(Field Programmable Gate Array, FPGA)等可數位訊號處理的裝置中實現。或者，在PC等包括一般的功能的電腦中作為程式實現。另外，也可以利用記憶有用以執行本實施形態之處理的程式的電腦可讀取媒體。

【0070】 [利用隨機共振的訊號處理(實施形態)]

第7圖為簡略顯示在本實施形態中使用隨機共振的訊號處理，意即用以偵測粒徑未滿30nm之粒子的處理的態樣的示意圖。另外，第8A~8C圖為顯示比較利用隨機共振之訊號處理之各過程中的訊號之波形的示意圖。

【0071】如第7圖所示，在本實施形態之訊號處理中，首先，輸入訊號(第8A圖)維持原本的狀態從資料輸入部31傳送到雜訊加法部33。另外，不相關之 k 個雜訊(高斯雜訊1~ k)在雜訊生成部32被生成，被傳送到雜訊加法部33。接下來，雜訊加法部33中執行 k 個平行處理， k 個之各雜訊分別以相同之雜訊添加量 β 被加到輸入訊號中。相加後的各訊號被傳送到二值化處理部34，利用根據測定樣本之介質自動算出的二值化閾值進行二值化。然後，被二值化的各值的簡單平均在平均化處理部35被算出，算出結果轉換為10bit之訊號被輸出(第8B圖)。在此輸出訊號之中，被排除於目標訊號之頻帶之外的成分在LPF部36被切斷(第8C圖)。接下來，在判定部37中執行通過LPF部36之訊號的判定，超過粒子閾值時，輸出顯示該意旨的脈衝。

【0072】此處，訊號處理之各過程中波形若著眼於波形來看，如第8A~8C圖所示，可以看出隨著訊號處理之進行，訊號波形變得簡單。具體而言，由於來自粒子之訊號(目標訊號)以及來自背景光之訊號(散射雜訊)混合了，輸入訊號(第8A圖)的訊號波形非常複雜。對此，可以看出平均化處理後的訊號(第8B圖)與輸入訊號相較之下訊號之波峰更清楚地凸顯。這是因為在包含目標訊號的情況下，即使將雜訊相加後之訊號平均化，目標訊號也維持原狀，另一方面，在只有雜訊的情況下，由於不相關之雜訊被平均化訊號之位準下降，目標訊號相對地凸顯出來。

【0073】雖然粒徑20nm以上之粒子是否存在的判定基於LPF處理後之訊號(第8C圖)被執行，此時，舉例而言，對圖中之箭號所示之散射雜訊之波峰 x 的峰值將粒子閾值設為1.5倍的值時，從圖式之區間的訊號可以偵測到2個粒子。相對於此，即使將相同區間之輸入訊號作為對象由習知方法處理(由波高分析部41處理)，也難以偵測上述之粒子。從這裡可以知道，根據本實施形態，比起習知方法可以偵測粒徑更小的粒子。

【0074】 [利用隨機共振的訊號處理(比較例)]

第9圖為簡略顯示作為比較例之利用隨機共振之訊號處理的正規態樣的示意圖。

【0075】 在比較例中， k 個平行處理倍值形，輸入訊號與預先準備之不相關的 k 個雜訊分別以相同添加量 β 加到輸入訊號中。相加後的各訊號利用固定之二值化閾值被二值化，算出被二值化之各值的簡單平均。算出結果進一步被傳送到處理步驟的後半。

【0076】 像這樣，在比較例中，由於需要預先準備 k 個雜訊，平行數 k 越大準備上越耗費勞力，雜訊之儲存所需要的資料容量也變得更大。另外，二值化時由於使用固定之二值化閾值，無法對應測定樣本之不同。即使每次測定都手動再設定測定閾值，除了該作業耗費勞力外，調整中也會產生差異。接下來，這可能會對粒子之偵測準確度有大幅影響。

【0077】 對此，在本實施形態中，由於可以藉由雜訊生成部32從某雜訊資料生成複數之雜訊的態樣準備 k 個雜訊，預先準備之雜訊資料的數量少，可以減少其儲存所需要的資料容量。另外，在二值化時，因為使用由二值化閾值算出部38依據測定樣本之介質算出的二值化閾值，與比較例的情況相較之下，可以降低測量之準備所需要的勞力，同時可以提升粒子之偵測準確度。

【0078】 [本發明之優越性]

如上所述，根據上述之實施形態，可以得到以下般的效果。

【0079】 (1)由於利用基於測定樣本之散射光成分的RMS值或DC值算出的二值化閾值執行輸出訊號之二值化，減少錯誤偵測的同時，可以偵測來自粒子之更低位準的低訊號，最小可測粒徑20nm的測量變得可能。

【0080】 (2)由於比習知方法更小的最小可測粒徑之測量變得可能，可以提升液中包含的粒子之偵測準確度以及粒子數的計數準確度。

【0081】 (3)由於二值化閾值與重設操作連棟自動被算出，可以降低依據樣本的測量之準備所需要的勞力。

【0082】 (4)各平行處理中加到輸入訊號的不相關雜訊，因為是藉由雜訊生成部32從某雜訊資料開始使開始點相異生成複數之雜訊的態樣而生成，在抑制雜訊之生成所需要的雜訊資料之數量或容量的同時，可以更有效率地生成不相關之複數之雜訊。

【0083】 本發明不被上述之實施形態所限制，可以進行各種變形實施。

【0084】 在上述之實施形態中，雖然雜訊加法部33中的處理之平行數 k 為100，但不限於此。取決於在測量中的目標訊號或雜訊之狀況、訊號處理部30之計算處理能力等，不使處理複數平行只執行1處理(設 $k=1$)的構成也是可能的。

【0085】 另外，將平行數 k 設為更大的值時，也可以不實時地處理訊號資料，先在記憶區域中暫時保存，之後進行每一定期間(例如1分鐘之間的資料)的處理。藉由設為像這樣的構成，可以在有限的訊號處理能力下穩定地進行，同時降低平均化處理後之雜訊的位準，可以提升粒徑未滿30nm之粒子的偵測準確度作為結果。

【0086】 在上述實施形態中，粒子測量儀1之最小可測粒徑為20nm，與此對應地判定部37用於判定的粒子閾值被決定，然而最小可測粒徑不限於此。另外，雖然判定部37依據判定結果輸出單一之脈衝，然而取而代之地，也可以配置為將粒子閾值設定為複數，輸出訊號對應超過的粒子閾值輸出不同脈衝。藉由像這樣的構成，即使未滿30nm也可以計數每種粒徑種類的偵測粒子數。

【0087】 在上述之實施形態中，雖然利用L字形之流通池11，流通池之形狀只要有L字形的彎曲部位形狀即可，例如也可採用C字形或曲柄形代替L字形。

【0088】 另外，作為粒子測量儀1之各構成元件的例子而舉例的材料或數值等僅為例示，當然，實施本發明時可以適當地變形。

【符號說明】

【0089】

- 1:粒子測量儀
- 10:粒子偵測部
- 14:光電轉換部(偵測部、偵測步驟)
- 20:A/D轉換部(偵測部、偵測步驟)
- 30:訊號處理部
- 31:資料輸入部
- 32:雜訊生成部
- 33:雜訊加法部(加法部、加法步驟)
- 34:二值化處理部(二值化部、二值化步驟)
- 35:平均化處理部(算出部、算出步驟)
- 36:低通濾波(LPF)部(濾波部、濾波步驟)
- 37:判定部(判定步驟)
- 38:二值化閾值算出部(二值化閾值算出步驟)
- 39:二值化閾值記憶部
- 40:重設部
- 41:波高分析部
- 42:粒子計數部
- 50:輸出部
- β :雜訊添加量

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種液中粒子測量儀，包括：

偵測部，偵測藉由液體樣本中包含之粒子與入射前述液體樣本中的光的相互作用產生的散射光，並轉換為大小對應強度的訊號；

加法部，對前述訊號進行特定數之平行處理，並將前述特定數之不相關各雜訊相加，輸出相加後的各訊號；

二值化部，利用根據前述液體樣本設定之二值化閾值將前述相加後的各訊號二值化，輸出各二值化訊號；

算出部，算出並輸出基於前述各二值化訊號的值；

濾波部，使前述算出部之輸出之中的特定頻率之成分通過；以及

判定部，前述濾波部之輸出超過特定之粒子閾值時，判定粒子存在。

【請求項2】 如請求項1之液中粒子測量儀，更包括：

二值化閾值算出部，基於前述液體樣本之散射光成分的特徵量算出前述二值化閾值；

其中，前述二值化部利用由前述二值化閾值算出部算出的前述二值化閾值進行二值化。

【請求項3】 如請求項2之液中粒子測量儀，其中：

前述二值化閾值算出部基於前述液體樣本之散射光成分的方均根(RMS)值或直流(DC)值算出前述二值化閾值。

【請求項4】 如請求項1至3中任一項之液中粒子測量儀，更包括：

記憶部，記憶特定資料長的雜訊資料；以及

雜訊生成部，藉由從前述雜訊資料使開始點相異生成不相關的複數之雜訊的態樣，生成前述特定數之雜訊；

前述加法部，將由前述雜訊生成部生成之特定數之不相關各雜訊相加。

【請求項5】 如請求項1至4中任一項之液中粒子測量儀一種液中粒子測量儀，其中：

前述算出部算出並輸出前述各二值化訊號的平均值。

【請求項6】 一種液中粒子測量方法，包括：

偵測步驟，偵測藉由液體樣本中包含之粒子與入射前述液體樣本中的光的相互作用產生的散射光，並轉換為大小對應強度的訊號；

加法步驟，對前述訊號進行特定數之平行處理，並將前述特定數之不相關的各雜訊相加，輸出相加後的各訊號；

二值化步驟，利用根據前述液體樣本設定之二值化閾值將前述相加後的各訊號二值化，輸出各二值化訊號；

算出步驟，算出並輸出基於前述各二值化訊號的值；

濾波步驟，使前述算出步驟中之輸出之中的特定頻率之成分通過；以及

判定步驟，前述濾波步驟中之輸出超過特定之粒子閾值時，判定粒子存在。

【請求項7】 如請求項6之液中粒子測量方法，更包括：

二值化閾值算出步驟，基於前述液體樣本之散射光成分的特徵量算出前述二值化閾值；

其中，在前述二值化步驟中，利用由前述二值化閾值算出步驟算出的前述二值化閾值進行二值化。

【請求項8】 一種儲存媒體，儲存用於測量液體樣本中包含之粒子的訊號處理程式，前述訊號處理程式使電腦具有至少以下之功能：

加法部，對於大小對應散射光之強度的訊號，進行特定數之平行處理並將前述特定數之不相關的各雜訊相加，輸出相加後的各訊號，前述散射光由前述粒子與入射前述液體樣本中的光的相互作用產生；

二值化部，利用根據前述液體樣本設定之二值化閾值將前述相加後的各訊

號二值化，輸出各二值化訊號；

算出部，算出並輸出基於前述各二值化訊號的值；

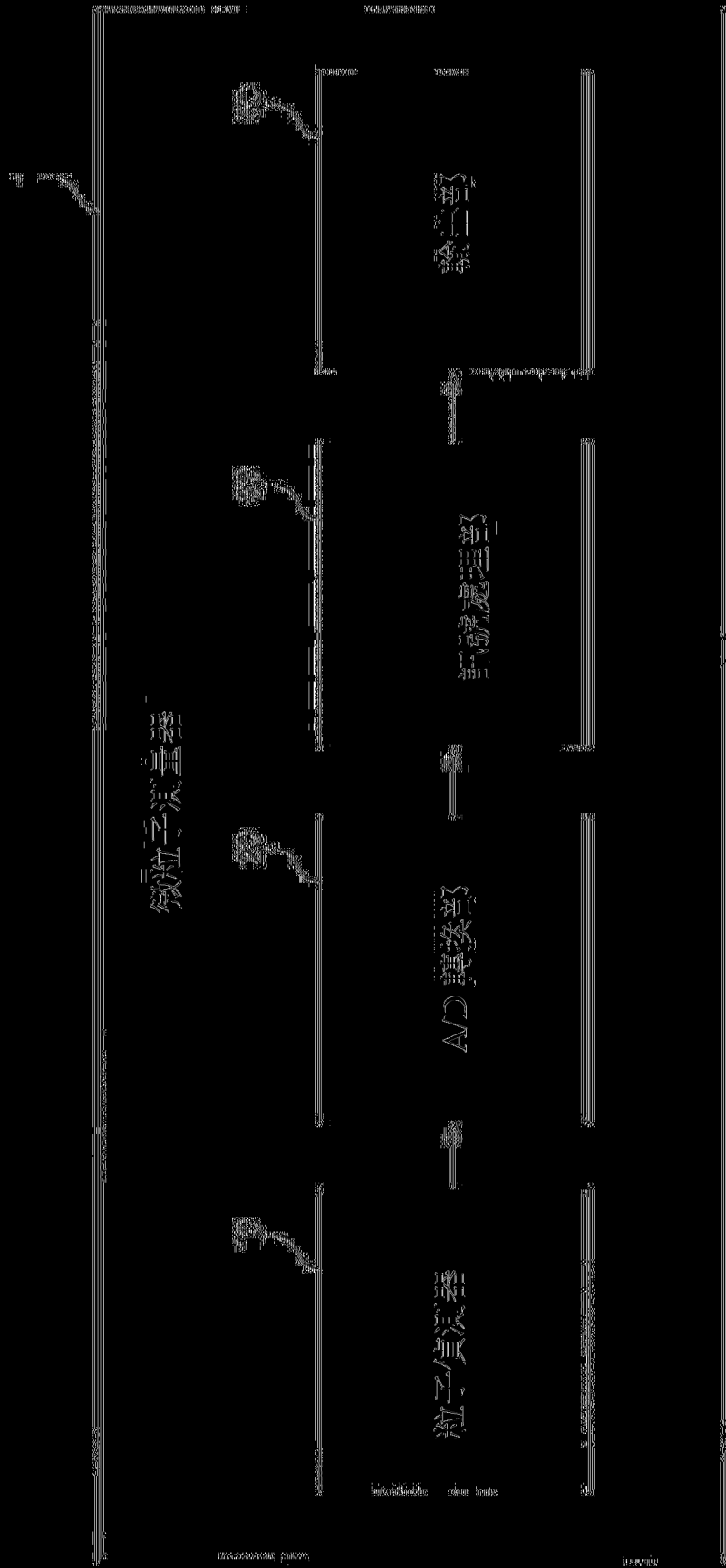
濾波部，使前述算出部之輸出之中的特定頻率之成分通過；以及

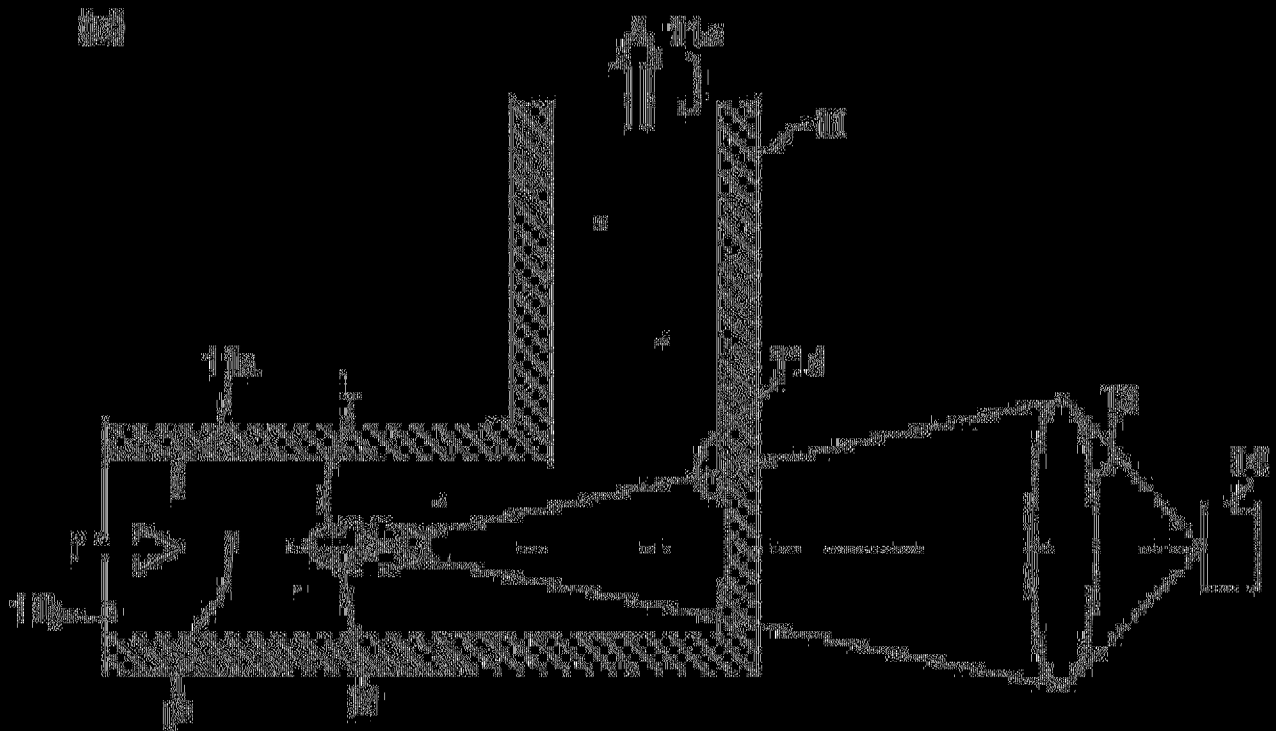
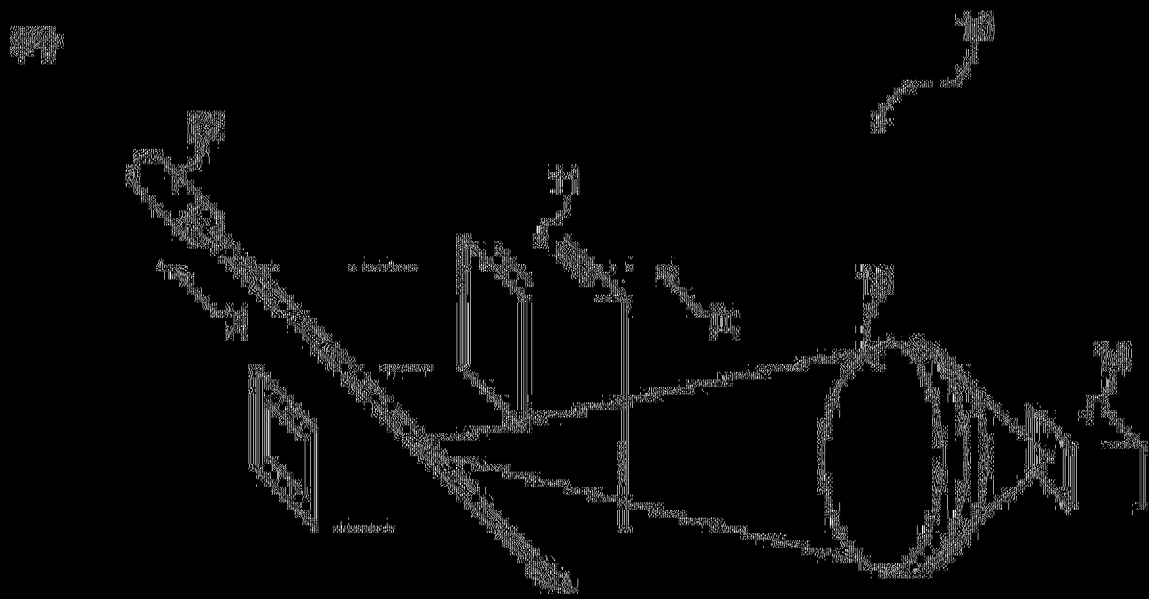
判定部，前述濾波部之輸出超過特定之粒子閾值時，判定粒子存在。

【請求項9】 如請求項8之記憶媒體，其中，前述訊號處理程式使前述電腦更具有以下之功能：

二值化閾值算出部，基於前述液體樣本之散射光成分的特徵量算出前述二值化閾值；

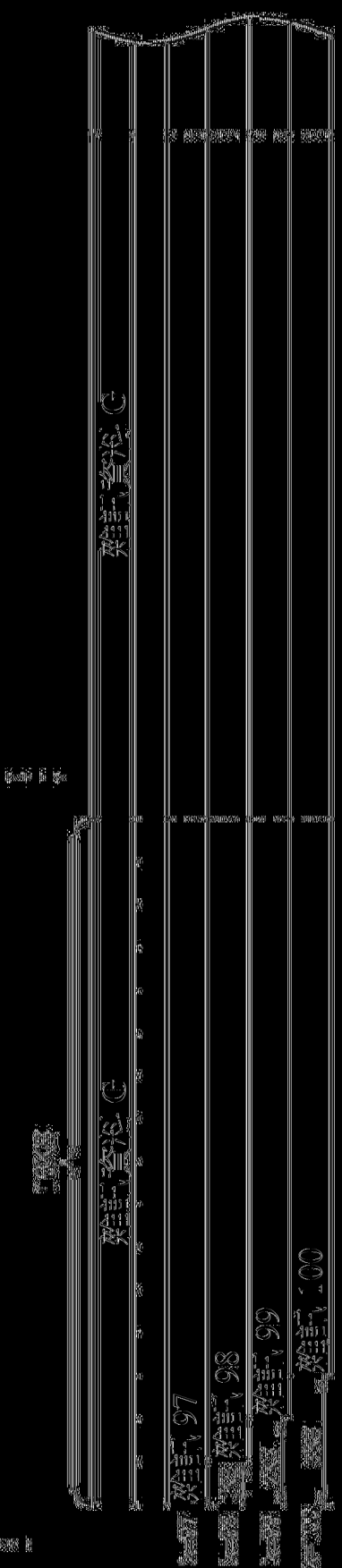
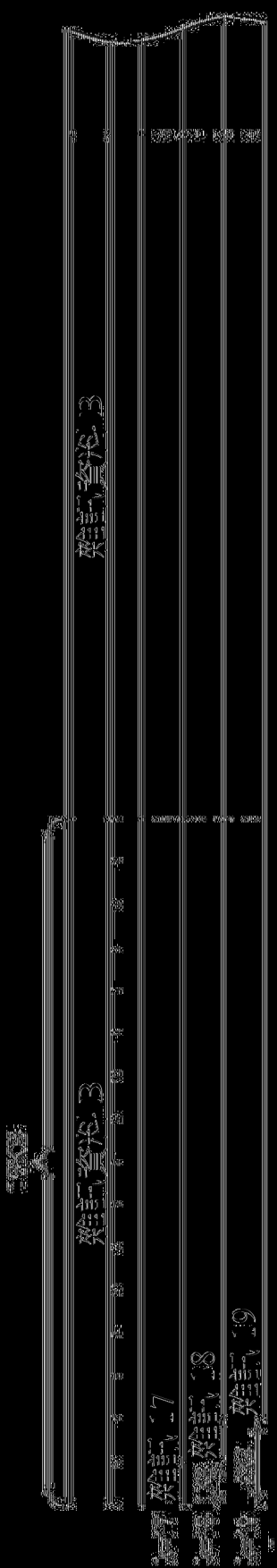
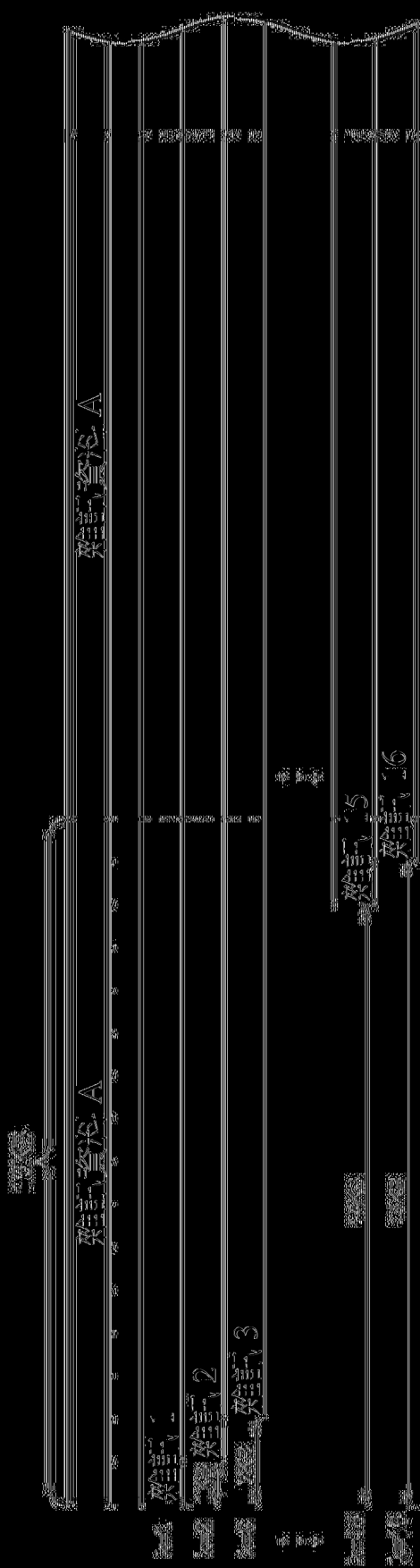
其中，前述二值化部利用由前述二值化閾值算出部算出的前述二值化閾值進行二值化。



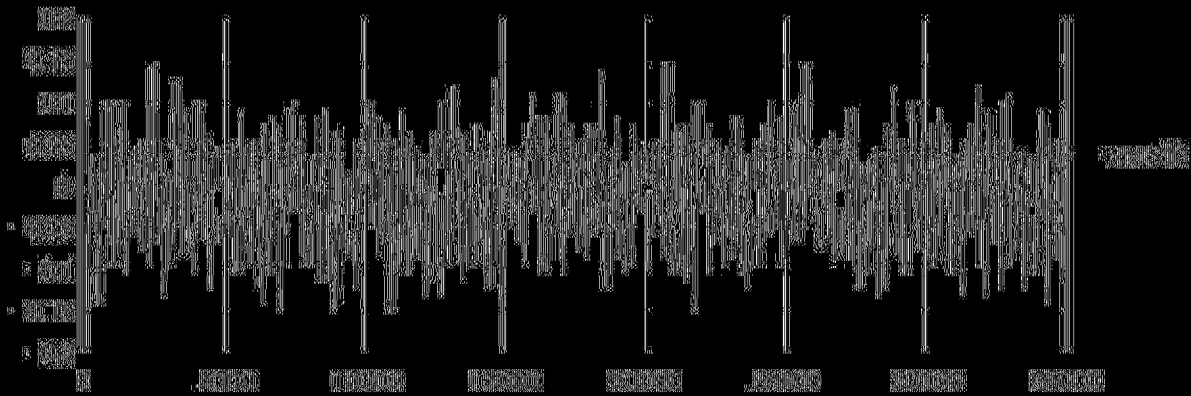


第2圖

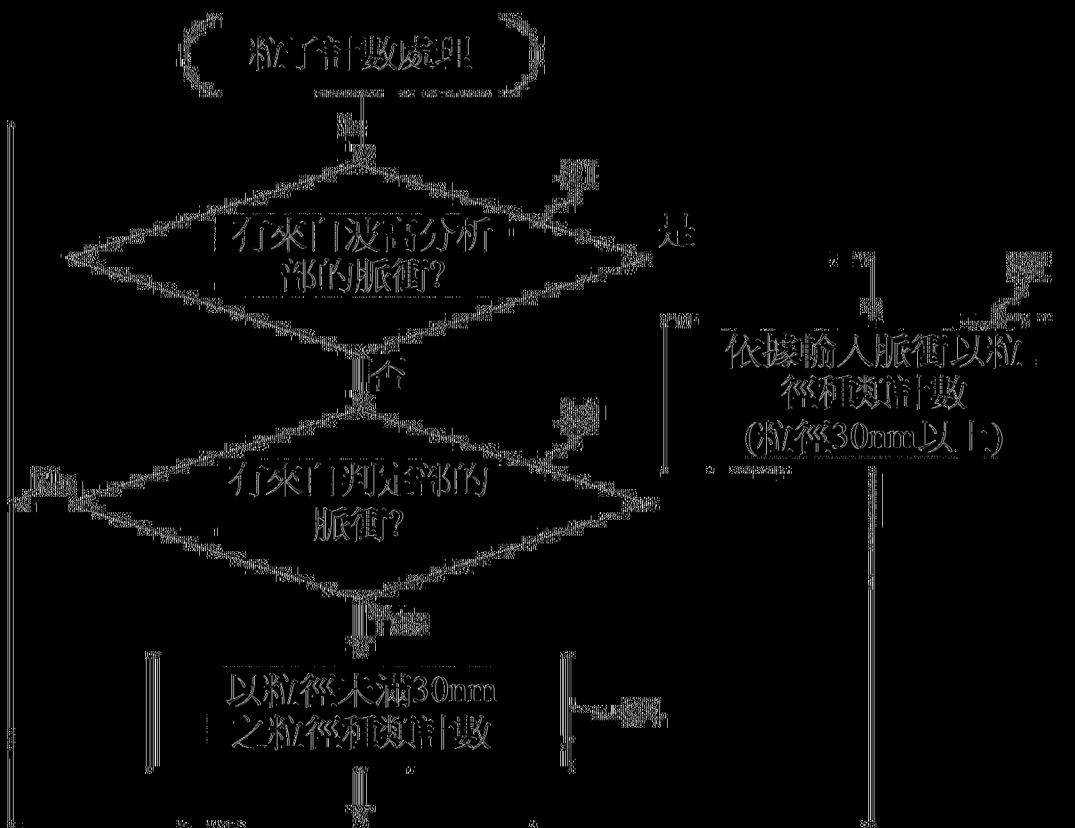
元件數 $k = 100$ 的情況



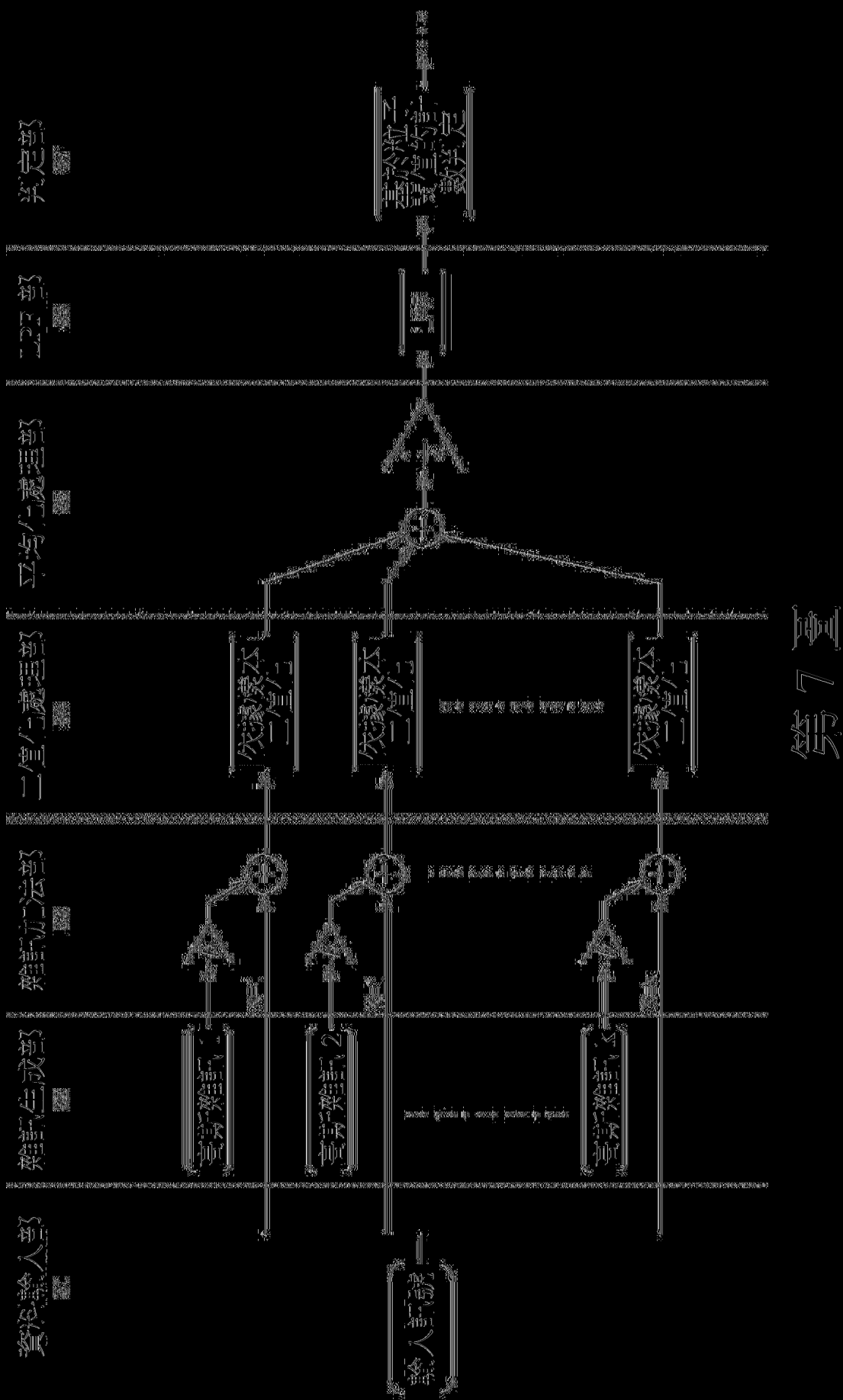
第 4 頁



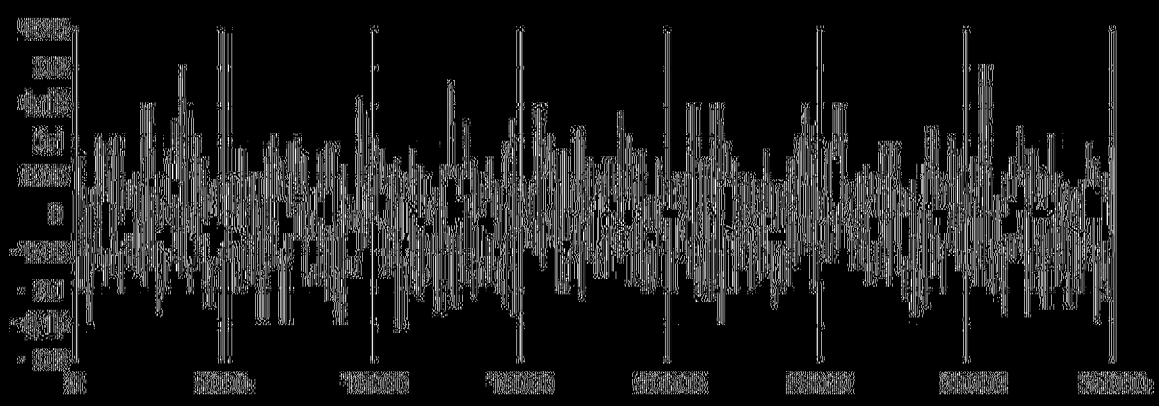
第5圖



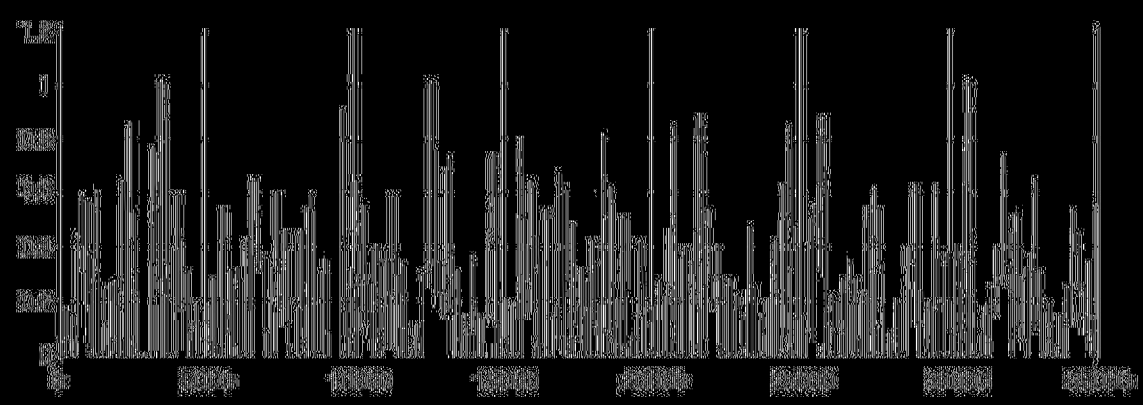
第6圖



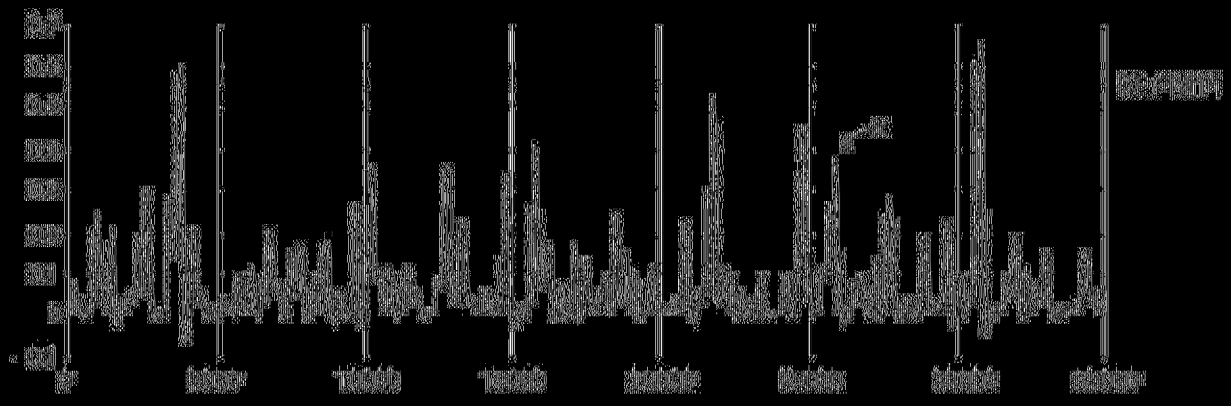
輸入訊號



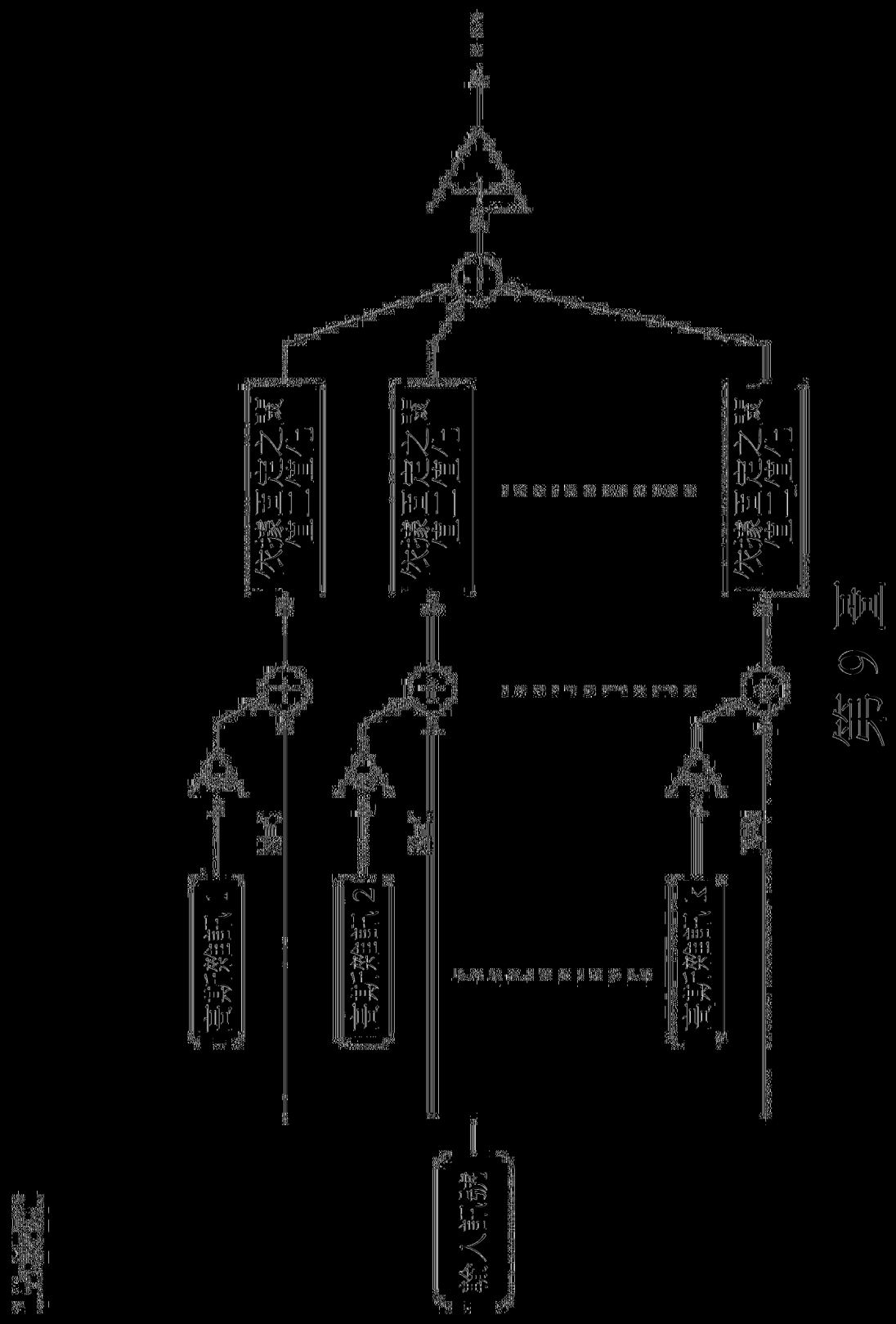
平均化處理後



LPF 處理後



第 8 圖



【發明圖式】

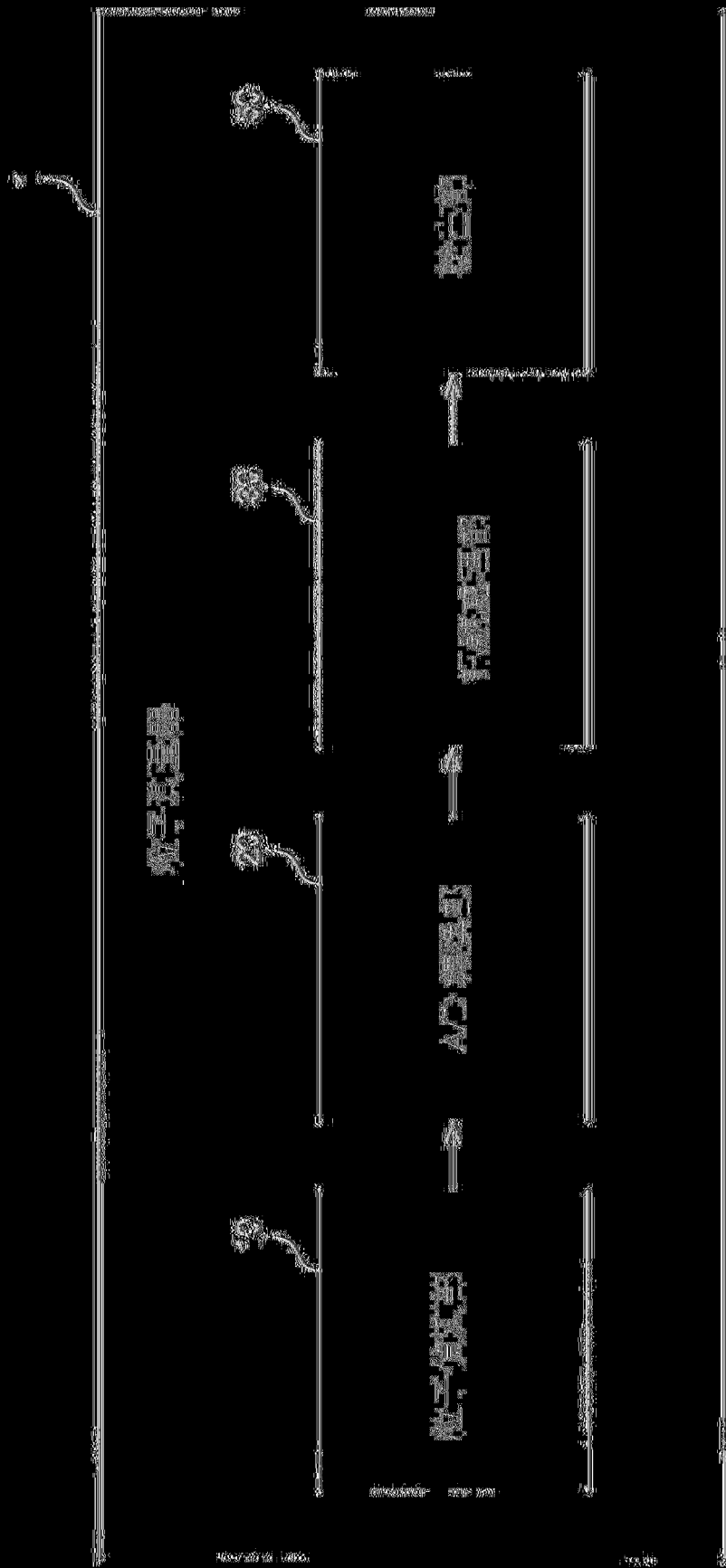


圖
報