

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97118757

※申請日期：97年05月21日

※IPC分類：G01C 3/08 (2006.01)

G06M 3/08 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 計數裝置、距離計、計數方法及距離測量方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 山武股份有限公司

(英) YAMATAKE CORPORATION

代表人：(中) 1. 小野木 聖二

(英) 1. ONOKI, SEIJI

地址：(中) 日本國東京都千代田區丸之內二丁目七番三號

(英) 2-7-3 Marunouchi, Chiyoda-ku Tokyo 100-6419 Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 上野 達也

(英) UENO, TATSUYA

國籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2007/07/26 ; 2007-194367 ☒ 有主張優先權

2. 日本 ; 2007/12/11 ; 2007-319447 ☒ 有主張優先權

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97118757

※申請日期：97年05月21日

※IPC分類：G01C 3/08 (2006.01)

G06M 3/08 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 計數裝置、距離計、計數方法及距離測量方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 山武股份有限公司

(英) YAMATAKE CORPORATION

代表人：(中) 1. 小野木 聖二

(英) 1. ONOKI, SEIJI

地址：(中) 日本國東京都千代田區丸之內二丁目七番三號

(英) 2-7-3 Marunouchi, Chiyoda-ku Tokyo 100-6419 Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 上野 達也

(英) UENO, TATSUYA

國籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2007/07/26 ; 2007-194367 ☒ 有主張優先權

2. 日本 ; 2007/12/11 ; 2007-319447 ☒ 有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種對訊號的數量進行計數的計數裝置、以及使用計數裝置測定干涉波形的數量而求取與測定對象之距離的干涉型距離計。

【先前技術】

利用因雷射所產生的光的干涉的距離測量因屬於非接觸測定而不會干擾測定對象，自古以來一直被作為高精度的測定方法加以使用。近來，為了實現裝置的小型化，半導體雷射係作為光測量用光源而被加以利用。以其代表例而言，存在一種採用 FM 外差式干涉儀（heterodyne interferometry）者。該者可進行較長距離的測量且精度良好，但是由於在半導體雷射的外部採用干涉儀，故具有光學系統較為複雜的缺點。

相對於此，一種利用雷射的輸出光與來自測定對象的返回光在半導體雷射內部的干涉（自耦合效應）的測量器已被提出（參照例如非專利文獻 1、非專利文獻 2、非專利文獻 3）。根據如上所示之自耦合型的雷射測量器，由於內建光電二極體的半導體雷射兼具有發光、干涉、受光的各功能，故可大幅簡化外部干涉光學系統。因此，感測器部僅為半導體雷射與透鏡，與習知技術相比較，較為小型。另外，具有距離測定範圍大於三角測量法的特徵。

在第 23 圖中顯示 FP 型（Fabry-Perot 型）半導體雷

射的複合共振器模型。在第 23 圖中，101 係半導體雷射，102 係半導體結晶的壁開面，103 係光電二極體，104 係測定對象。來自測定對象 104 的反射光的一部分容易返回到振盪區域內。返回來的微弱的光與共振器 101 內的雷射光耦合，動作變得不穩定而產生噪音（複合共振器雜訊或返回光雜訊）。即使相對輸出光的相對返回光量極其微小，因返回光引起的半導體雷射的特性的變化仍顯著呈現。如上所示的現象並不限於法布里 - 伯羅（Fabry-Perot）型（以下稱為 FP 型）半導體雷射，在垂直共振腔面射雷射（Vertical Cavity Surface Emitting Laser）型（以下稱為 VCSEL 型）、分佈反饋雷射（Distributed Feedback Laser）型（以下稱為 DFB 雷射型）等其他種類的半導體雷射中也同樣呈現。

若將雷射的振盪波長設為 λ ，由接近測定對象 104 的壁開面 102 到測定對象 104 為止的距離設為 L ，則在滿足以下的共振條件時，返回光和共振器 101 內的雷射相互加強，雷射輸出稍稍增加。

$$L = n\lambda / 2 \quad \cdots (1)$$

在式（1）中， n 為整數。該現象係即便在來自測定對象 104 的散射光極其微弱的情況下，亦可因半導體雷射的共振器 101 內的表觀反射率增加，而產生放大作用，而足以充分觀測。

在半導體雷射中，由於按照注入電流的大小而放射頻率不同的雷射光，因此在將振盪頻率進行調變時，不需要外部調變器，即可藉由注入電流直接進行調變。第 24 圖係顯示在按照某個恒定的比例使半導體雷射的振盪波長改變時的振盪波長和光電二極體 103 的輸出波形的關係圖。在滿足式 (1) 所示的 $L = n\lambda / 2$ 時，返回光和共振器 101 內的雷射光的相位差變成 0° (同相位)，返回光和共振器 101 內的雷射光最爲相互加強，當 $L = n\lambda / 2 + \lambda / 4$ 時，相位差爲 180° (逆相位)，返回光和共振器 101 內的雷射光相互最爲相互減弱。由此，如果使半導體雷射的振盪波長改變，則雷射輸出增強的情形和減弱的情形交替反覆地出現，若利用設置於共振器 101 的光電二極體 103 檢測此時的雷射輸出時，如第 24 圖所示，獲得恒定周期的階梯狀波形。這樣的波形一般稱爲干涉條紋。

將該階梯狀的波形，亦即干涉條紋中的一個個稱爲模式跳躍脈衝 (mode hop pulse) (以下稱之爲 MHP)。MHP 是與模式跳躍 (mode hopping) 現象不同的現象。例如，在距測定對象 104 的距離爲 $L1$ 時，如果 MHP 的數量爲 10 個，則在一半的距離 $L2$ 時，MHP 的數量爲 5 個。亦即，在某一定時間使半導體雷射的振盪波長改變時，MHP 的數量與測定距離成正比地改變。因此，如果利用光電二極體 103 檢測 MHP，並測定 MHP 的頻率，則可容易進行距離測量。

(非專利文獻 1) 上田正、山田諄、紫藤進，“利用

半導體雷射的自耦合效應的距離計”，1994 年度電氣關係學會東海支部聯合大會演講論文集，1994 年

（非專利文獻 2）山田 淳、紫藤進、津田紀生、上田正，“利用半導體雷射的自耦合效應的小型距離計的相關研究”，愛知工業大學研究報告，第 31 號 B，p.35 至 42，1996 年

（非專利文獻 3）Guido Giuliani, Michele Norgia, Silvano Donati and Thierry Bosch, “Laser diode self-mixing technique for sensing applications”, JOURNAL OF OPTICS A: PURE AND APPLIED OPTICS, p.283 至 294, 2002 年

【發明內容】

（發明所欲解決之課題）

在包含自耦合型之習知的干涉型距離計中，係藉由使用計數裝置來測定 MHP 的數量，或者使用 FFT（Fast Fourier Transform，快速傅立葉變換）來測定 MHP 的頻率，以求取與測定對象的距離。

但是，在使用 FFT 的距離計中，當雷射的振盪波長變化相對於時間為非線性，會有在以 FFT 所計算出的峰值頻率與原本應求出的 MHP 的平均頻率中產生差異，而使所測定出的距離產生誤差的問題。

此外，在使用計數裝置的距離計中，例如將擾亂光等雜訊作為 MHP 而進行計數或者因欠缺訊號而有無法計數

的的 MHP，而會有在計數裝置所計數的 MHP 數目中發生誤差，而使所測定出的距離產生誤差的問題。

其中，如上所示之計數誤差並不限於距離計，在其他計數裝置中亦同樣會發生。

本發明係為了解決上述課題而研發者，其目的在提供可補正計數誤差的計數裝置及計數方法，且可補正 MHP 之計數誤差而使距離的測定精度提升的距離計及距離測量方法。

（解決課題之手段）

本發明係特定的物理量與訊號數量具有線性關係，前述物理量為一定時，係對成為大致單一頻率的前述訊號進行計數的計數裝置，其係具有：計數手段，對一定計數期間中的輸入訊號數量進行計數；周期測定手段，在每次被輸入訊號時，即測定前述計數期間中之前述輸入訊號的周期；頻率分佈作成手段，由該周期測定手段的測定結果，作成前述計數期間中之訊號周期的頻率分佈；代表值計算手段，根據前述頻率分佈，計算前述輸入訊號之周期分佈的代表值；以及補正值計算手段，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數手段的計數結果。

此外，本發明之計數裝置之一構成例中，前述代表值

係中位數、眾數、平均值中的任一者。

此外，本發明之計數裝置之一構成例中，前述補正值計算手段係當將前述計數手段的計數結果設為 N 時，藉由 $N' = N + N_w - N_s$ ，求出補正後之計數結果 N' 。

此外，本發明之計數裝置之一構成例中，前述第 1 預定數為 0.5，前述第 2 預定數為 1.5。

此外，本發明之距離計係具有：半導體雷射，對測定對象放射雷射光；雷射驅動器，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；受光器，將由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光的干涉光轉換成電訊號；計數手段，對該受光器的輸出訊號所包含之因由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光所產生的干涉波形的數量進行計數；周期測定手段，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計數的前述計數期間中之前述干涉波形的周期；頻率分佈作成手段，由該周期測定手段的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；代表值計算手段，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；補正值計算手段，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數手段的計數

結果；以及運算手段，根據由該補正值計算手段所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

此外，本發明之距離計係具有：半導體雷射，對測定對象放射雷射光；雷射驅動器，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；檢測手段，檢測包含由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光因自耦合效應所產生的干涉波形的電訊號；計數手段，對該檢測手段的輸出訊號所包含之前述干涉波形的數量進行計數；周期測定手段，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計數的計數期間中之前述干涉波形的周期；頻率分佈作成手段，由該周期測定手段的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；代表值計算手段，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；補正值計算手段，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數手段的計數結果；以及運算手段，根據由該補正值計算手段所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

此外，本發明之距離計之一構成例中，前述檢測手段係將前述半導體雷射的光輸出轉換成電訊號的受光器。

此外，本發明之距離計之一構成例中，前述檢測手段

係用以檢測前述半導體雷射之端子間電壓的電壓檢測手段。

此外，本發明之距離計之一構成例中，前述代表值係中位數、眾數、平均值中的任一者。

此外，本發明之距離計之一構成例中，前述補正值計算手段係當將前述計數手段的計數結果設為 N 時，藉由 $N' = N + N_w - N_s$ ，求出補正後之計數結果 N' 。

此外，本發明之距離計之一構成例中，前述第 1 預定數為 0.5，前述第 2 預定數為 1.5。

此外，本發明之計數方法係具有：計數步驟，對一定計數期間中的輸入訊號數量進行計數；周期測定步驟，在每次被輸入訊號時，即測定前述計數期間中之前述輸入訊號的周期；頻率分佈作成步驟，由該周期測定步驟的測定結果，作成前述計數期間中之訊號周期的頻率分佈；代表值計算步驟，根據前述頻率分佈，計算前述輸入訊號之周期分佈的代表值；以及補正值計算步驟，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數步驟的計數結果。

此外，本發明之距離測量方法係具備有：振盪步驟，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；檢測步

驟，藉由受光器，將由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光的干涉光轉換成電訊號；計數步驟，對在該檢測步驟所獲得的輸出訊號所包含的干涉波形的數量進行計數；周期測定步驟，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計數的計數期間中之前述干涉波形的周期；頻率分佈作成步驟，由該周期測定步驟的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；代表值計算步驟，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；補正值計算步驟，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數步驟的計數結果；以及運算步驟，根據由該補正值計算步驟所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

此外，本發明之距離測量方法係具備有：振盪步驟，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；檢測步驟，檢測包含由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光因自耦合效應所產生的干涉波形的電訊號；計數步驟，對在該檢測步驟所獲得的輸出訊號所包含的前述干涉波形的數量進行計數；周期測定步驟，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計

數的計數期間中之前述干涉波形的周期；頻率分佈作成步驟，由該周期測定步驟的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；代表值計算步驟，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；補正值計算步驟，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數步驟的計數結果；以及運算步驟，根據由該補正值計算步驟所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

（發明之效果）

藉由本發明，測定計數期間中之輸入訊號的周期，根據該測定結果作成計數期間中的訊號周期的頻率分佈，根據該頻率分佈來計算輸入訊號之周期的代表值，根據頻率分佈，求取為代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 和 N_w 來補正在計數手段的計數結果，藉此可去除計數時的缺漏或過剩計數的影響，而補正計數裝置的計數誤差。

此外，在本發明中，測定計數期間中的干涉波形的周期，根據該測定結果作成計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈，根據頻率分佈來計算干涉波形之周期的代表值，根據頻率分佈，求取為代表值之第 1 預定數倍以下之

等級的頻率總和 N_s 、及為代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 和 N_w 來補正計數手段的計數結果，藉此可去除計數時的缺漏或過剩計數的影響，而補正計數裝置的計數誤差，因此可在使用計數手段來測定干涉波形的數量而求取與測定對象的距離的距離計中，使距離的測定精度提升。

【實施方式】

（第 1 實施形態）

本發明係一種根據在採用波長調變的感測（sensing）時射出的波與由對象物反射的波的干涉訊號，來測量距離的手法。因此，亦可適用於自耦合型以外的光學式干涉計、光以外的干涉計。若針對採用半導體雷射的自耦合的情形更加具體說明，當一面由半導體雷射對測定對象照射雷射光，一面使雷射的振盪波長改變時，在振盪波長從最小振盪波長變化為最大振盪波長的期間（或從最大振盪波長至最小振盪波長變化的期間）中之測定對象的位移係反映在 MHP 的數量。因此，可藉由調查使振盪波長改變時的 MHP 的數量，來檢測測定對象的狀態。以上為干涉計的基本原理。

以下參照圖示，說明本發明的第 1 實施形態。第 1 圖係顯示本發明第 1 實施形態的距離計的構成的方塊圖。第 1 圖的距離計係具有：對測定對象 12 放射雷射光的半導體雷射 1；將半導體雷射 1 的光輸出轉換成電訊號的光電二

極體 2；分別將來自半導體雷射 1 的光聚光而照射在測定對象 12，並且將來自測定對象 12 的返回光聚光而使其射入半導體雷射 1 的透鏡 3；使半導體雷射 1 交替地反覆振盪波長連續地增加的第 1 振盪期間和振盪波長連續地減少的第 2 振盪期間的雷射驅動器 4；將光電二極體 2 的輸出電流轉換成電壓並進行放大的電流-電壓轉換放大器 5；由電流-電壓轉換放大器 5 的輸出電壓去除載波的濾波器電路 11；對濾波器電路 11 的輸出電壓所包含的 MHP 的數量進行計數的計數裝置 8；根據 MHP 的數量，計算與測定對象 12 的距離的運算裝置 9；以及顯示運算裝置 9 的計算結果的顯示裝置 10。

以下爲了容易說明，假定在半導體雷射 1 採用不具有模式跳躍（mode hopping）現象的類型（VCSEL 型、DFB 雷射型）。

例如，雷射驅動器 4 係將關於時間按照恒定的變化率而反覆增減的三角波驅動電流作爲注入電流而供給至半導體雷射 1。由此，半導體雷射 1 係以交替反覆第 1 振盪期間和第 2 振盪期間的方式被驅動，該第 1 振盪期間係振盪波長與注入電流的大小成正比以恒定的變化率連續地增加，該第 2 振盪期間係振盪波長以恒定的變化率連續地減少。

第 2 圖係顯示半導體雷射 1 的振盪波長之時間變化圖。在第 2 圖中， $t-1$ 表示第 $(t-1)$ 個振盪期間； t 表示第 t 個振盪期間； $t+1$ 表示第 $(t+1)$ 個振盪期間； $t+2$ 表

示第 $(t+2)$ 個振盪期間； $t+3$ 表示第 $(t+3)$ 個振盪期間； $t+4$ 表示第 $(t+4)$ 個振盪期間； λa 表示各期間中的振盪波長的最小值； λb 表示各期間中的振盪波長的最大值； T 表示三角波的周期。在本實施形態中，振盪波長的最大值 λb 及振盪波長的最小值 λa 係分別恒為一定，該等的差值 $\lambda b - \lambda a$ 亦恒為一定。

由半導體雷射 1 射出的雷射光係藉由透鏡 3 予以聚光而射入測定對象 12。以測定對象 12 予以反射的光係藉由透鏡 3 予以聚光，並射入半導體雷射 1。其中，透鏡 3 的聚光並非為必須。光電二極體 2 係將半導體雷射 1 的光輸出轉換成電流。電流-電壓轉換放大器 5 係將光電二極體 2 的輸出電流轉換成電壓並進行放大。

濾波器電路 11 具有從調變波抽出重疊訊號的功能。第 3 圖 (A) 係以模式顯示電流-電壓轉換放大器 5 的輸出電壓波形圖，第 3 圖 (B) 係以模式顯示濾波器電路 11 的輸出電壓波形圖。該等圖係表示由相當於光電二極體 2 之輸出的第 3 圖 (A) 的波形 (調變波)，去除第 2 圖的半導體雷射 1 的振盪波形 (載波)，以抽出第 3 圖 (B) 的 MHP 波形 (重疊波) 的過程。

計數裝置 8 係針對濾波器電路 11 的輸出電壓所包含之 MHP 的數量，就第 1 振盪期間 $t-1$ 、 $t+1$ 、 $t+3$ 與第 2 振盪期間 t 、 $t+2$ 、 $t+4$ 的各個期間進行計數。第 4 圖係顯示計數裝置 8 之構成之一例的方塊圖。計數裝置 8 係由：判定部 81、邏輯與運算部 (AND) 82、計數器 83、計數結

果補正部 84、及記憶部 85 所構成。電流-電壓轉換放大器 5、濾波器電路 11、及計數裝置 8 的判定部 81、AND82 與計數器 83 係構成計數手段。

第 5 圖係顯示計數結果補正部 84 之構成之 1 例的方塊圖。計數結果補正部 84 係由周期測定部 840、頻率分佈作成部 841、代表值計算部 842、以及補正值計算部 843 所構成。

第 6 圖 (A) 至第 6 圖 (F) 係用以說明計數裝置 8 的動作圖，第 6 圖 (A) 係以模式顯示濾波器電路 11 之輸出電壓的波形，亦即 MHP 的波形的圖，第 6 圖 (B) 係顯示與第 6 圖 (A) 相對應的判定部 81 的輸出的圖，第 6 圖 (C) 係顯示被輸入至計數裝置 8 的閘極訊號 GS 的圖，第 6 圖 (D) 係顯示與第 6 圖 (B) 相對應之計數器 83 的計數結果的圖，第 6 圖 (E) 係顯示被輸入至計數裝置 8 的時鐘訊號 CLK 的圖，第 6 圖 (F) 係顯示與第 6 圖 (B) 相對應之周期測定部 840 之測定結果的圖。

首先，計數裝置 8 的判定部 81 係判定第 6 圖 (A) 所示的濾波器電路 11 的輸出電壓為高位準 (H) 或低位準 (L)，輸出如第 6 圖 (B) 所示的判定結果。此時，判定部 81 係在濾波器電路 11 的輸出電壓上升至臨限值 TH1 以上時，判定為高位準；濾波器電路 11 的輸出電壓下降至臨限值 TH2 ($TH2 < TH1$) 以下時，判定為低位準，藉此將濾波器 11 的輸出進行二值化。

AND82 係輸出判定部 81 的輸出與第 6 圖 (C) 所示

的閘極訊號 GS 的邏輯與運算的結果，計數器 83 係對 AND82 的輸出的上升進行計數（第 6 圖（D））。在此，閘極訊號 GS 係在計數期間（在本實施形態中係第 1 振盪期間或第 2 振盪期間）的起始時上升，在計數期間的結束時下降的訊號。因此，計數器 83 係對計數期間中之 AND82 的輸出的上升邊緣的數量（亦即 MHP 之上升邊緣的數量）進行計數。

另一方面，計數結果補正部 84 的周期測定部 840 係在每次發生上升邊緣時，即對計數期間中之 AND82 的輸出的上升邊緣的周期（亦即 MHP 的周期）進行測定。此時，周期測定部 840 係以第 6 圖（E）所示之時鐘訊號 CLK 的周期為 1 個單位，測定 MHP 的周期。在第 6 圖（F）之例中，周期測定部 840 係依序測定 T_α 、 T_β 及 T_γ 作為 MHP 的周期。由第 6 圖（E）、第 6 圖（F）可知，周期 T_α 、 T_β 及 T_γ 的大小係分別為 5 時鐘、4 時鐘、2 時鐘。時鐘訊號 CLK 的頻率遠大於 MHP 所可取得的最高頻率。

記憶部 85 係記憶計數器 83 的計數結果及周期測定部 840 的測定結果。

在閘極訊號 GS 下降、計數期間結束之後，計數結果補正部 84 的頻率分佈作成部 841 係根據記憶在記憶部 85 的測定結果，作成計數期間中之 MHP 的周期的頻率分佈。

接著，計數結果補正部 84 的代表值計算部 842 係根

據由頻率分佈作成部 841 所作成的頻率分佈，計算 MHP 之周期的中位數（median） T_0 。

計數結果補正部 84 的補正值計算部 843 係根據頻率分佈作成部 841 所作成的頻率分佈，求取為周期中位數 T_0 之 0.5 倍以下的等級的頻率總和 N_s 、及為周期中位數 T_0 之 1.5 倍以上的等級的頻率總和 N_w ，並如下補正計數器 83 的計數結果。

$$N' = N + N_w - N_s \quad \cdots (2)$$

在式（2）中， N 係作為計數器 83 之計數結果的 MHP 的數量， N' 係補正後的計數結果。

在第 7 圖中顯示頻率分佈之一例。在第 7 圖中， T_s 係周期中位數 T_0 的 0.5 倍的等級值， T_w 係周期中位數 T_0 的 1.5 倍的等級值。當然第 7 圖中的等級乃為 MHP 的周期的代表值。其中，在第 7 圖中為了簡化記載，省略圖示中位數 T_0 與 T_s 之間、及中位數 T_0 與 T_w 之間的頻率分佈。

第 8 圖係用以說明計數器 83 之計數結果之補正原理的圖，第 8 圖（A）係以模式顯示濾波器電路 11 之輸出電壓的波形，亦即 MHP 的波形的圖，第 8 圖（B）係顯示與第 8 圖（A）相對應之計數器 83 的計數結果的圖。

原本 MHP 的周期係依與測定對象 12 的距離而異，但是若與測定對象 12 的距離不變，則 MHP 係以相同的周期

出現。但是由於雜訊而會在 MHP 波形發生缺漏或產生不應作為訊號進行計數的波形，而在 MHP 的數量產生誤差。

當發生訊號缺漏時，在已發生缺漏的部位的 MHP 的周期 T_w 係成為原本周期的大約 2 倍。亦即，當 MHP 的周期約為中位數的 2 倍以上時，係可判斷在訊號中已發生缺漏。因此，將周期 T_w 以上之等級的頻率總和 N_w 視為訊號缺漏的次數，並將該 N_w 加算在計數器 83 的計數結果 N ，藉此可補正訊號的缺漏。

此外，在將雜訊進行計數後的部位的 MHP 的周期 T_s 係成為原本周期的大約 0.5 倍。亦即，當 MHP 的周期約為中位數的 0.5 倍以下時，係可判斷已過剩計數訊號。因此，將周期 T_s 以下之等級的頻率總和 N_s 視為過剩計數訊號的次數，並由計數器 83 的計數結果 N 減算該 N_s ，藉此可補正誤數的雜訊。

以上為式 (2) 所示之計數結果的補正原理。其中，在本實施形態中，係將 T_s 設為周期中位數 T_0 的 0.5 倍，將 T_w 設為中位數 T_0 的 1.5 倍的值而非中位數 T_0 的 2 倍的值，設為 1.5 倍的理由容後陳述。

補正值計算部 843 係將藉由式 (2) 計算所得之補正後計數結果 N' 輸出至運算裝置 9。計數裝置 8 係按每個第 1 振盪期間 $t-1$ 、 $t+1$ 、 $t+3$ 及每個第 2 振盪期間 t 、 $t+2$ 、 $t+4$ 進行如以上所示之處理。

接著，運算裝置 9 係根據藉由計數裝置 8 測量而得的

MHP 的數量 N' ，求取與測定對象 12 的距離。一定期間中的 MHP 的數量係與測定距離成正比。因此，若預先求取一定計數期間（在本實施形態中的第 1 振盪期間或第 2 振盪期間）中的 MHP 的數量與距離的關係並預先登記在運算裝置 9 的資料庫（未圖示），運算裝置 9 即可由資料庫取得與藉由計數裝置 8 測量而得的 MHP 的數量 N' 相對應的距離的值，藉此可求取與測定對象 12 的距離。

或者，預先求取表示計數期間中之 MHP 的數量與距離的關係的數學式並預先設定，運算裝置 9 係將藉由計數裝置 8 測量而得的 MHP 的數量 N' 代入數學式，藉此可計算出與測定對象 12 的距離。運算裝置 9 係按每個第 1 振盪期間 $t-1$ 、 $t+1$ 、 $t+3$ 及每個第 2 振盪期間 t 、 $t+2$ 、 $t+4$ 進行如以上所示之處理。

顯示裝置 10 係即時（real time）顯示藉由運算裝置 9 計算所得之與測定對象 12 的距離（位移）。

如以上所示，在本實施形態中，測定計數期間中的 MHP 的周期，根據該測定結果作成計數期間中之 MHP 的周期的頻率分佈，根據頻率分佈計算 MHP 的周期的中位數，根據頻率分佈，求取為中位數之 0.5 倍以下的等級的頻率總和 N_s 、及為中位數的 1.5 倍以上的等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 與和 N_w ，補正計數器的計數結果，藉此可補正 MHP 的計數誤差，因此可提升距離的測定精度。

其中，本實施形態中的計數裝置 8 及運算裝置 9 係可

藉由例如具備有 CPU、記憶裝置、介面的電腦及控制該等硬體資源的程式來實現。用以使如上所示之電腦動作的程式係在被記錄在軟性磁碟、CD-ROM、DVD-ROM、記憶卡等記錄媒體的狀態下予以提供。CPU 係將所讀取到的程式寫入記憶裝置，按照該程式，執行在本實施形態中所說明的處理。

接著，就使用周期之頻率分佈的中位數作為 MHP 的基準周期的理由、及將求取頻率 N_w 時之周期的臨限值設為中位數的 1.5 倍的理由加以說明。

首先，針對由於已誤數雜訊而將 MHP 的周期分割為 2 的情形的計數結果的補正加以說明。當半導體雷射的振盪波長變化呈線性時，MHP 的周期 T 係將測量期間 T_c 除以 MHP 的數量 N 所得的 T_0 為中心進行常態分佈（第 9 圖）。

接著，考慮因雜訊而分割為 2 的 MHP 的周期。過剩計數雜訊的結果而分割為 2 的 MHP 的周期係以隨機的比例分割為 2，但是分割前的周期為以 T_0 為中心的常態分佈，因此成為相對於 $0.5T_0$ 呈對稱的頻率分佈（第 10 圖的 a）。

針對包含該雜訊的 MHP 的周期的頻率分佈，假設 MHP 的 $n\%$ 因雜訊而將周期分割為 2 時，計算 MHP 的周期的平均值及中位數。

所有周期的和恒為測量期間 T_c ，並不會改變，但是當 MHP 的 $n\%$ 因雜訊而將周期分割為 2 時，頻率的積分值

會成爲 $(1+n [\%]) N$ ，因此 MHP 的周期的平均值成爲 $(1 / (1+n [\%])) T_0$ 。

另一方面，當忽略以雜訊的分佈而與常態分佈相重疊的部分時，分割爲 2 的雜訊累積頻率係成爲中位數與 T_0 之間的等級所包含的頻率的兩倍，因此，MHP 的周期的中位數係位於第 11 圖之 b 的面積爲 a 的面積的 2 倍的位置。

在屬於 Microsoft 公司之軟體的 Excel (註冊商標) 中有可利用由常態分佈的平均值與 $\alpha \sigma$ 間之兩側值的內部比例爲「 $(1 - (1 - \text{NORMSDIST}(\alpha)) \times 2) \times 100 [\%]$ 」來表現的 $\text{NORMSDIST}()$ 的函數，若利用該函數，可以如下數式，表示 MHP 的周期的中位數。

$$(1 - (1 - \text{NORMSDIST}((\text{中位數} - T_0)/\sigma)) \times 2) \times (100 - n)/2 = n [\%] \quad \cdots (3)$$

根據如以上所示，若將標準偏差 σ 設爲 $0.02 T_0$ ，而計算出 MHP 的 10% 因雜訊而將周期分割爲 2 時之 MHP 之周期的平均值 T_0' 及中位數 T_0' ，如以下所示。

$$T_0' = (1 / (1 + 0.1)) T_0 = 0.91 T_0 \quad \cdots (4)$$

$$T_0' = 0.995 T_0 \quad \cdots (5)$$

其中，在此係將平均值、中位數均以 T_0' 表示。計數器值 (頻率的積分值) 係成爲 $1.1N$ ，計數誤差成爲 10%。

在此，考慮在某周期 T_a 的 MHP 被分割為 2 之後之 2 個周期 T_1 、 T_2 （設為 $T_1 \geq T_2$ ）所可取得的期間的機率。假設雜訊是隨機產生，如第 12 圖所示， T_2 係可以相同的機率取得 $0 < T_2 \leq T_a / 2$ 的值。同樣地， T_1 亦可以相同的機率取得 $T_a / 2 \leq T_1 < T_a$ 的值。第 12 圖中的 T_1 所可取得的機率分佈的面積與 T_2 所可取得的機率分佈的面積均為 1。

周期 T_a 係呈以 T_0 為中心的常態分佈，因此，若將 T_a 看作集合，則 T_2 所可取得的機率的頻率分佈係形成為與平均值為 $0.5T_0$ 、標準偏差為 0.5σ 的常態分佈的累積頻率分佈相同的形狀。

此外，如第 13 圖所示， T_1 所可取得的機率的頻率分佈係形成為將平均值為 $0.5T_0$ 、標準偏差為 0.5σ 的常態分佈的累積頻率分佈、與平均值為 T_0 、標準偏差為 σ 的常態分佈的累積頻率分佈相重疊的形狀。在此， T_1 、 T_2 的各數量係與周期被分割為 2 的 MHP 的數量 $n [\%] \cdot N$ 相等。

若可對於因雜訊而使周期被分割為 2 的 MHP 的數量 $n [\%] \cdot N$ 進行計數，即可使用以下數式，導出 MHP 的數量 N 。

$$N = N' - n [\%] \cdot N \quad \cdots (6)$$

如第 14 圖所示，若可以使具有 T_b 以下之周期的 MHP

的數量 N_s 與被分割為 2 之 MHP 的數量 $n [\%] \cdot N$ 成為相等的方式來設定 T_b ，即可藉由對於具有 T_b 以下之周期的 MHP 的數量 N_s 進行計數，而間接地對於周期被分割為 2 的 MHP 的數量 $n [\%] \cdot N$ 進行計數。

在第 14 圖中，當具有 T_b 以上之周期的 MHP 的周期 T_2 的頻率（第 14 圖的 c）與具有未達 T_b 之周期的 MHP 的周期 T_1 的頻率（第 14 圖的 d）為相同時，具有 T_b 以下之周期的 MHP 的數量係與 T_2 的數量，亦即周期被分割為 2 的 MHP 的數量 $N_s (=n [\%] \cdot N)$ 成為相等。亦即，MHP 的數量 N 係可以如下數式表示。

$$N = N' - n [\%] \cdot N = N' - N_s \quad \cdots (7)$$

T_1 及 T_2 的頻率形狀係在 $0.5T_a$ 呈對稱的形狀，因此將 $0.5T_a$ 作為臨限值而進行判斷時，可正確地對周期被分割為 2 的 MHP 的頻率 $N_s (=n [\%] \cdot N)$ 進行計數。

接著，藉由對於具有 $0.5T_0$ 之下之周期的 MHP 的數量進行計數，可對周期被分割為 2 的 MHP 的數量 $n [\%] \cdot N$ 的數間接地進行計數，但是並無法根據包含雜訊的 MHP 的周期的頻率分佈（第 10 圖）來計算出 T_0 。若 MHP 的母群體如第 10 圖的頻率分佈所示眾數（mode）愈與 T_0 相等愈為理想而且母體參數（population parameter）愈大，即可使用眾數作為 T_0' 。

在此記載使用平均值或中位數 T_0' 所得之 MHP 的數量

$n [\%] \cdot N$ 的計數。若以 $T0' = y \cdot T0$ 表示，代入 $T0'$ 取代 $T0$ 以求出 Ns 時，比作為周期被分割為 2 之 MHP 的數量所進行判斷的 $0.5T0'$ 為小的周期的頻率 Ns' 係成為 $y \cdot n [\%] \cdot N$ (第 15 圖)。

若使用平均值或中位數 $T0'$ ，補正後的計數值 Nt 係以下所示。

$$\begin{aligned} Nt &= N' - Ns' = (1 + n [\%])N - yn [\%] N \\ &= (1 + (1 - y)n [\%])N = N + (1 - y)n [\%] N \quad \cdots (8) \end{aligned}$$

其中，作為補正後誤差的 $(1 - y)n [\%] N$ 係第 16 圖的 e 的部分的頻率。

在此，就使用平均值或中位數 $T0'$ 的計數器 83 的計數結果的補正例進行說明。

若將標準偏差設為 $\sigma = 0.02T0$ ，且 MHP 的 10% 因雜訊而使周期分割為 2 時（計數結果為 10% 的誤差），由於 MHP 的周期的平均值 $T0'$ 為 $0.91T0$ ，中位數 $T0'$ 為 $0.9949T0$ ，因此使用平均值 $T0'$ 時的 y 為 0.91，使用中位數 $T0'$ 的 y 為 0.9949，補正後的計數結果 N' 係如以下所示予以計算。

$$N' = (1 + 0.1(1 - 0.91))N = 1.009N \quad \cdots (9)$$

$$N' = (1 + 0.1(1 - 0.995))N = 1.0005N \quad \cdots (10)$$

數式 (9) 係表示使用平均值 T_0' 時的補正後的計數結果 N' ，數式 (10) 係表示使用中位數 T_0' 時的補正後的計數結果 N' 。使用平均值 T_0' 時的計數結果 N' 的誤差為 0.9%，使用中位數 T_0' 時的計數結果 N' 的誤差為 0.05%。

接著，若將標準偏差設為 $\sigma = 0.05T_0$ ，且 MHP 的 20% 因雜訊而使周期分割為 2 時（計數結果為 20% 的誤差），由於 MHP 的周期的平均值 T_0' 為 $0.83T_0$ ，中位數 T_0' 為 $0.9682T_0$ ，因此使用平均值 T_0' 時的 y 為 0.83，使用中位數 T_0' 的 y 為 0.968，補正後的計數結果 N' 係如以下所示予以計算。

$$N' = (1 + 0.2(1 - 0.83))N = 1.034N \quad \cdots (11)$$

$$N' = (1 + 0.2(1 - 0.968))N = 1.0064N \quad \cdots (12)$$

數式 (11) 係表示使用平均值 T_0' 時的補正後的計數結果 N' ，數式 (12) 係表示使用中位數 T_0' 時的補正後的計數結果 N' 。使用平均值 T_0' 時的計數結果 N' 的誤差為 3.4%，使用中位數 T_0' 時的計數結果 N' 的誤差為 0.64%。

由以上可知，若使用 MHP 的周期的中位數來補正計數結果 N ，可減小補正後的計數結果 N' 的誤差。

接著說明在 MHP 波形產生缺漏時的計數結果的補正。由於 MHP 的強度較小而在計數時產生缺漏時之 MHP 的周期係由於原本的 MHP 的周期係以 T_0 為中心的常態分佈，因此成為平均值為 $2T_0$ ，標準偏差 2σ 的常態分佈

(第 17 圖中的 f)。假設缺漏 m [%] 的 MHP，因該缺漏而成爲 2 倍的 MHP 的周期的頻率爲 Nw ($=m$ [%] $\cdot N$)。此外，因計數時的缺漏而減少後之大約 T_0 之周期的頻率爲第 17 圖所示的 g，第 17 圖的 h 所示的頻率減小份爲 $2Nw$ ($=2m$ [%])。因此，在計數時沒有發生 MHP 缺漏時之原本 MHP 的數量 N' 係可以下式表示。

$$N' = N + m \text{ [%]} = N + Nw \quad \cdots (13)$$

接著，考慮在對用以補正計數結果的 Nw 進行計數時之周期的臨限值。在此，假設爲因計數時的缺漏而使周期成爲 2 倍的 MHP 的周期的頻率 Nw 中因雜訊而分割爲 2 的情形。缺漏的 MHP 中被分割爲 2 的 MHP 的周期的頻率爲 Nw' ($=m \cdot p$ [%] $\cdot N$)。再次分割爲 2 的 MHP 的周期的頻率分佈係如第 18 圖所示。當將視爲 Nw 的周期的臨限值設爲 $1.5T_0$ 時，周期爲 $0.5T_0$ 以下之 MHP 的周期的頻率爲 $0.5Nw'$ ($=0.5p$ [%] $\cdot Nw$)，周期爲 $0.5T_0$ 至 $1.5T_0$ 之 MHP 的周期的頻率爲 Nw' ($=p$ [%] $\cdot Nw$)，周期爲 $1.5T_0$ 以上之 MHP 的周期的頻率爲 $0.5Nw'$ ($=0.5p$ [%] $\cdot Nw$)。

因此，所有 MHP 的周期的頻率分佈成爲如第 19 圖所示，若將 N_s 的臨限值設爲 $0.5T_0$ ，將 Nw 的臨限值設爲 $1.5T_0$ ，計數結果 N 係可以下式表示。

$$N = (N' - 2N_w) + (N_w - N_w') + 2N_w' = N' - N_w + N_w' \quad \dots (14)$$

由數式 (14) 予以補正的結果如以下所示，可知計算出計數時未發生 MHP 之缺漏之情形下之原本的 MHP 的數量 N' 。

$$\begin{aligned} N &= 0.5N_w' + (0.5N_w' + (N_w - N_w')) \\ &= (N - N_w + N_w') + (0.5N_w' + (N_w - N_w')) \\ &= N' \quad \dots (15) \end{aligned}$$

由以上可知，若將求取頻率 N_w 之周期的臨限值設為中位數的 1.5 倍，即可補正計數結果 N 。其中，與因雜訊而將 MHP 的周期分割為 2 的情形相同地，由於取代 T_0 而使用中位數來進行補正，因此發生同樣的誤差。

在以上說明中，係分別說明過剩計數雜訊的結果使 MHP 的周期分割為 2 的情形、及因計數時的缺漏而使 MHP 的周期成為 2 倍的情形，惟該等情形獨立發生，因此若將該等情形表現為 1 個頻率分佈，即如第 20 圖所示。若將 N_s 的臨限值設為 $0.5T_0$ ，將 N_w 的臨限值設為 $1.5T_0$ ，計數結果 N 即可以下式表示。

$$\begin{aligned} N &= (N' - 2N_w - N_s) + (N_w - N_w') + 2N_w' + 2N_s \\ &= N' - N_w + N_w' + N_s \quad \dots (16) \end{aligned}$$

由數式 (16) 予以補正的結果如以下所示，可知計算出計數時未發生缺漏或過剩計數之情形下之原本的 MHP 的數量 N' 。

$$\begin{aligned}
 N - \{0.5Nw' + Ns\} + \{0.5Nw' + (Nw - Nw')\} \\
 &= \{N - Nw + Nw' + Ns\} - \{0.5Nw' + Ns\} \\
 &\quad + \{0.5Nw' + (Nw - Nw')\} \\
 &= N' \qquad \dots (17)
 \end{aligned}$$

(第 2 實施形態)

接著說明本發明之第 2 實施形態。在第 1 實施形態中，係使用中位數作為 MHP 的周期的代表值來補正計數結果，但是亦可使用眾數作為周期的代表值。

例如因低頻之雜訊成分的影響，使得 MHP 的周期的頻率分佈由第 21 圖所示之原本的分佈 j 偏移而變成如第 21 圖之分佈 k 所示時，MHP 周期的中位數亦由原本的值 T_0 偏移成為 T_d 。若在如上所示之情形下使用中位數 T_d 來補正計數結果，補正後的計數結果的誤差會變大。

因此，若考慮到如上所示因雜訊成分所造成的頻率分佈偏移的影響時，係使用眾數作為周期的代表值。具體而言，計數結果補正部 84 的代表值計算部 842 若根據頻率分佈作成部 841 所作成的頻率分佈，來計算 MHP 的周期的眾數即可。計數結果補正部 84 的補正值計算部 843 若使用眾數來取代中位數 T_0 ，進行與第 1 實施形態相同的

處理即可。

此外，如使用數式（8）至數式（12）加以說明所示，與使用中位數 T_0 的情形相比較，補正後的計數結果的誤差會變大，但是亦可使用平均值來作為周期的代表值。此時，代表值計算部 842 若計算 MHP 的周期的平均值即可。

其中，在第 1、第 2 實施形態中係就本發明的計數裝置適用於距離計的情形加以說明，惟並非侷限於此，本發明之計數裝置亦可適用於其他領域。本發明的計數裝置為有效時，作為計數對象的訊號數量係與特定的物理量（在第 1、第 2 實施形態中為距離）具有線性關係，若該物理量為一定時，訊號即成為大致單一頻率。

此外，即使訊號非為單一頻率，如同與計數期間相比較，作為計數對象的特定的物理量以十分低的頻率，例如 $1/10$ 以下的頻率振動的對象物的速度所示周期分佈的擴展為較小時，亦可作為大致單一頻率，本發明的計數裝置即為有效。

此外，在第 1、第 2 實施形態中，係針對 MHP 的缺漏的補正，藉由 1 個缺漏，使 MHP 的周期成為原本周期大約 2 倍的情形加以說明，但是在連續發生 2 個以上之缺漏的情形亦適用本發明。MHP 連續缺漏 2 個時，係視為中位數的 3 倍的周期的 MHP 係 3 個 MHP 成為 1 個者。此時，求取為周期的中位數的大約 3 倍以上之等級的頻率，若該頻率設為 2 倍，即可補正 MHP 的缺漏。若將如上所示的

思考方式一般化，即可使用下式來取代數式（2）。

$$N' = N + Nw1 + Nw2 + Nw3 + \dots - Ns \quad \dots (18)$$

$Nw1$ 係為周期之中位數之 1.5 倍以上之等級的頻率總和， $Nw2$ 係為周期之中位數之 2.5 倍以上之等級的頻率總和， $Nw3$ 係為周期之中位數之大約 3.5 倍以上之等級的頻率總和。

其中，在將第 1、第 2 實施形態應用於除了自耦合型之外的距離計時，係將以測定對象 12 所反射的半導體雷射 1 的光，藉由例如分束器（beam splitter）等與入射至測定對象 12 的入射光分離，而以光電二極體 2 予以檢測。如此一來，在自耦合型以外的距離計中，亦可獲得與第 1、第 2 實施形態相同的效果。

（第 3 實施形態）

在第 1、第 2 實施形態中，從作為受光器的光電二極體的輸出訊號中抽取 MHP 波形，但是亦可在不使用光電二極體的情形下抽取 MHP 波形。第 22 圖係顯示作為本發明之第 3 實施例之距離計之構成的方塊圖，關於與第 1 圖相同的構成係標註相同的元件符號。本實施形態的距離計係使用電壓檢測電路 13 來代替第 1 實施形態之光電二極體 2 和電流-電壓轉換放大器 5。

電壓檢測電路 13 係檢測並放大半導體雷射 1 的端子

間的電壓，亦即陽極-陰極間電壓。因由半導體雷射 1 所發射的雷射光與來自測定對象 12 的返回光而產生干涉時，在半導體雷射 1 的端子間電壓係呈現 MHP 波形。因此，可由半導體雷射 1 的端子間電壓抽出 MHP 波形。

與第 1 實施形態相同地，濾波器電路 11 係具有由調變波抽出重疊訊號的功能，由電壓檢測電路 13 的輸出電壓抽出 MHP 波形。

半導體雷射 1、雷射驅動器 4、計數裝置 8、運算裝置 9 及顯示裝置 10 的動作係與第 1 實施形態相同。

如此一來，在本實施形態中，係可在不使用光電二極體的情形下抽出 MHP 波形，與第 1 實施形態相比，可刪減距離計的零件，並可減少距離計的成本。

其中，在第 1、第 2 實施形態的情形下，不僅自耦合型，亦可適用於自耦合型以外的距離計，而本實施形態之適用對象僅為自耦合型。

（產業上利用可能性）

本發明係可適用於對於訊號數量進行計數的計數裝置、使用計數裝置來測定干涉波形的數量而求取與測定對象之距離的干涉型距離計。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示作為本發明第 1 實施形態之距離計之構成的方塊圖。

第 2 圖係顯示本發明第 1 實施形態中之半導體雷射的振盪波長的時間變化的一例圖。

第 3 圖係以模式顯示本發明第 1 實施形態之電流-電壓轉換放大器的輸出電壓波形及濾波器電路的輸出電壓波形的圖。

第 4 圖係顯示本發明第 1 實施形態中之計數裝置之構成之一例的方塊圖。

第 5 圖係顯示第 4 圖的計數裝置中之計數結果補正部之構成之一例的方塊圖。

第 6 圖係用以說明第 4 圖之計數裝置的動作圖。

第 7 圖係顯示本發明第 1 實施形態中之周期之頻率分佈之一例圖。

第 8 圖係用以說明本發明第 1 實施形態中之計數器之計數結果之補正原理的說明圖。

第 9 圖係顯示模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 10 圖係顯示包含雜訊的模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 11 圖係顯示包含雜訊的模式跳躍脈衝之周期之中位數的圖。

第 12 圖係顯示周期經分割為 2 之模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 13 圖係顯示周期經分割為 2 之模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 14 圖係顯示周期經分割為 2 之模式跳躍脈衝之周

期的頻率分佈圖。

第 15 圖係顯示周期經分割為 2 之模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 16 圖係顯示計數器值補正後的誤差的圖。

第 17 圖係顯示形成為 2 倍之周期的模式跳躍脈衝的周期的頻率分佈圖。

第 18 圖係顯示在計數時所缺漏的模式跳躍脈衝中經分割為 2 之模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 19 圖係顯示在計數時所缺漏的模式跳躍脈衝中經分割為 2 之模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 20 圖係顯示在計數時同時發生缺漏與過剩計數時之模式跳躍脈衝之周期的頻率分佈圖。

第 21 圖係用以說明本發明第 1 實施形態中在補正後的計數結果發生誤差之例圖。

第 22 圖係顯示作為本發明第 3 實施形態之距離計之構成的方塊圖。

第 23 圖係顯示習知之雷射測量器中之半導體雷射之複合共振模型圖。

第 24 圖係顯示半導體雷射的振盪波長與內建光電二極體的輸出波形的關係圖。

【主要元件符號說明】

1：半導體雷射

2：光電二極體

- 3：透鏡
- 4：雷射驅動器
- 5：電流-電壓轉換放大器
- 8：計數裝置
- 9：運算裝置
- 10：顯示裝置
- 11：濾波器電路
- 12：測定對象
- 13：電壓檢測電路
- 81：判定部
- 82：邏輯與運算部（AND）
- 83：計數器
- 84：計數結果補正部
- 85：記憶部
- 101：半導體雷射
- 102：半導體結晶的壁開面
- 103：光電二極體
- 104：測定對象
- 840：周期測定部
- 841：頻率分佈作成部
- 842：代表值計算部
- 843：補正值計算部

五、中文發明摘要

發明之名稱：計數裝置、距離計、計數方法及距離測量方法

本發明之課題在於使距離的測定精度提升。

本發明之距離計係具有：使半導體雷射 1 交替反覆振盪波長增加的第 1 振盪期間與振盪波長減少的第 2 振盪期間的雷射驅動器 4；以及對於將半導體雷射 1 的輸出轉換成電訊號之光電二極體 2 的輸出所包含的干涉波形進行計數的計數裝置 8。計數裝置 8 係測定計數期間中之干涉波形的周期，由測定結果作成計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈，根據頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值，根據頻率分佈，求出為中位數之 0.5 倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為中位數之 1.5 倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正計數結果。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

十、申請專利範圍

1.一種計數裝置，係特定的物理量與訊號數量具有線性關係，前述物理量為一定時，係對成為大致單一頻率的前述訊號進行計數的計數裝置，其特徵為具有：

計數手段，對一定計數期間中的輸入訊號數量進行計數；

周期測定手段，在每次被輸入訊號時，即測定前述計數期間中之前述輸入訊號的周期；

頻率分佈作成手段，由該周期測定手段的測定結果，作成前述計數期間中之訊號周期的頻率分佈；

代表值計算手段，根據前述頻率分佈，計算前述輸入訊號之周期分佈的代表值；以及

補正值計算手段，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數手段的計數結果。

2.如申請專利範圍第 1 項之計數裝置，其中，前述代表值係中位數、眾數、平均值中的任一者。

3.如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之計數裝置，其中，前述補正值計算手段係當將前述計數手段的計數結果設為 N 時，藉由 $N' = N + N_w - N_s$ ，求出補正後之計數結果 N' 。

4.如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項之計數裝置，其中，前述第 1 預定數為 0.5，前述第 2 預定數為

1.5。

5.一種距離計，其特徵為具有：

半導體雷射，對測定對象放射雷射光；

雷射驅動器，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；

受光器，將由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光的干涉光轉換成電訊號；

計數手段，對該受光器的輸出訊號所包含之因由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光所產生的干涉波形的數量進行計數；

周期測定手段，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計數的前述計數期間中之前述干涉波形的周期；

頻率分佈作成手段，由該周期測定手段的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；

代表值計算手段，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；

補正值計算手段，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數手段的計數結果；以及

運算手段，根據由該補正值計算手段所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

6.一種距離計，其特徵為具有：

半導體雷射，對測定對象放射雷射光；

雷射驅動器，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；

檢測手段，檢測包含由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光因自耦合效應所產生的干涉波形的電訊號；

計數手段，對該檢測手段的輸出訊號所包含之前述干涉波形的數量進行計數；

周期測定手段，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計數的計數期間中之前述干涉波形的周期；

頻率分佈作成手段，由該周期測定手段的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；

代表值計算手段，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；

補正值計算手段，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數手段的計數結果；以

及

運算手段，根據由該補正值計算手段所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

7.如申請專利範圍第 6 項之距離計，其中，前述檢測手段係將前述半導體雷射的光輸出轉換成電訊號的受光器。

8.如申請專利範圍第 6 項之距離計，其中，前述檢測手段係用以檢測前述半導體雷射之端子間電壓的電壓檢測手段。

9.如申請專利範圍第 5 項或第 6 項之距離計，其中，前述代表值係中位數、眾數、平均值中的任一者。

10.如申請專利範圍第 5 項至第 9 項中任一項之距離計，其中，前述補正值計算手段係當將前述計數手段的計數結果設為 N 時，藉由 $N' = N + N_w - N_s$ ，求出補正後之計數結果 N' 。

11.如申請專利範圍第 5 項至第 10 項中任一項之距離計，其中，前述第 1 預定數為 0.5，前述第 2 預定數為 1.5。

12.一種計數方法，係特定的物理量與訊號數量具有線性關係，前述物理量為一定時，係對成為大致單一頻率的前述訊號進行計數的計數方法，其特徵為具有：

計數步驟，對一定計數期間中的輸入訊號數量進行計數；

周期測定步驟，在每次被輸入訊號時，即測定前述計

數期間中之前述輸入訊號的周期；

頻率分佈作成步驟，由該周期測定步驟的測定結果，作成前述計數期間中之訊號周期的頻率分佈；

代表值計算步驟，根據前述頻率分佈，計算前述輸入訊號之周期分佈的代表值；以及

補正值計算步驟，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數步驟的計數結果。

13.如申請專利範圍第 12 項之計數方法，其中，前述代表值係中位數、眾數、平均值中的任一者。

14.如申請專利範圍第 12 項或第 13 項之計數方法，其中，前述補正值計算步驟係當將前述計數步驟的計數結果設為 N 時，藉由 $N' = N + N_w - N_s$ ，求出補正後之計數結果 N' 。

15.如申請專利範圍第 12 項至第 14 項中任一項之計數方法，其中，前述第 1 預定數為 0.5，前述第 2 預定數為 1.5。

16.一種距離測量方法，係使用半導體雷射，對測定對象放射雷射光的距離測量方法，其特徵為具備有：

振盪步驟，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；

檢測步驟，藉由受光器，將由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光的干涉光轉換成電訊號；

計數步驟，對前述受光器的輸出訊號所包含之因由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光所產生之干涉波形的數量進行計數；

周期測定步驟，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計數的計數期間中之前述干涉波形的周期；

頻率分佈作成步驟，由該周期測定步驟的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；

代表值計算步驟，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；

補正值計算步驟，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數步驟的計數結果；以及

運算步驟，根據由該補正值計算步驟所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

17. 一種距離測量方法，係使用半導體雷射，對測定對象放射雷射光的距離測量方法，其特徵為具備有：

振盪步驟，以使至少包含振盪波長連續單調遞增的期間的第 1 振盪期間與至少包含振盪波長連續單調遞減的期

間的第 2 振盪期間交替存在的方式使前述半導體雷射進行動作；

檢測步驟，檢測包含由前述半導體雷射所放射的雷射光與來自前述測定對象的返回光因自耦合效應所產生的干涉波形的電訊號；

計數步驟，對在該檢測步驟所獲得的輸出訊號所包含的前述干涉波形的數量進行計數；

周期測定步驟，在每次被輸入干涉波形時，即測定對前述干涉波形數量進行計數的計數期間中之前述干涉波形的周期；

頻率分佈作成步驟，由該周期測定步驟的測定結果，作成前述計數期間中之干涉波形之周期的頻率分佈；

代表值計算步驟，根據前述頻率分佈，計算前述干涉波形之周期分佈的代表值；

補正值計算步驟，根據前述頻率分佈，求出為前述代表值之第 1 預定數倍以下之等級的頻率總和 N_s 、及為前述代表值之第 2 預定數倍以上之等級的頻率總和 N_w ，根據該等頻率 N_s 及 N_w ，補正前述計數步驟的計數結果；以及

運算步驟，根據由該補正值計算步驟所補正的計數結果，求出與前述測定對象的距離。

18.如申請專利範圍第 17 項之距離測量方法，其中，前述檢測步驟係藉由受光器，將前述半導體雷射的光輸出轉換成電訊號的步驟。

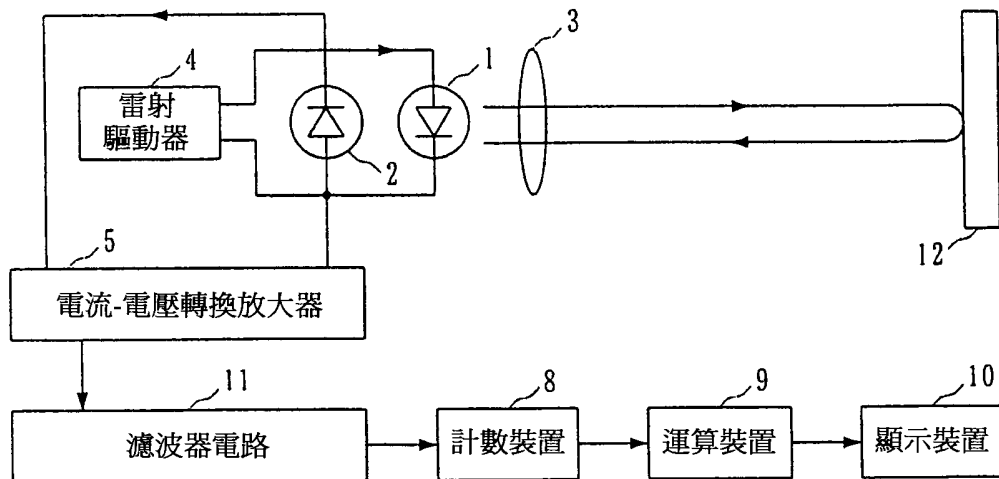
19.如申請專利範圍第 17 項之距離測量方法，其中，前述檢測步驟係藉由電壓檢測手段，檢測前述半導體雷射之端子間電壓的步驟。

20.如申請專利範圍第 16 項或第 17 項之距離測量方法，其中，前述代表值係中位數、眾數、平均值中的任一者。

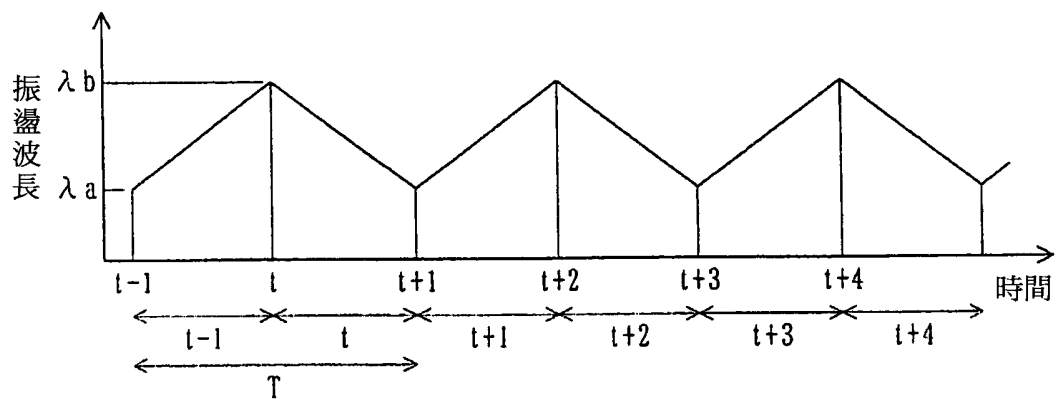
21.如申請專利範圍第 16 項至第 20 項中任一項之距離測量方法，其中，前述補正值計算步驟係當將前述計數步驟的計數結果設為 N 時，藉由 $N' = N + N_w - N_s$ ，求出補正後之計數結果 N' 。

22.如申請專利範圍第 16 項至第 21 項中任一項之距離測量方法，其中，前述第 1 預定數為 0.5，前述第 2 預定數為 1.5。

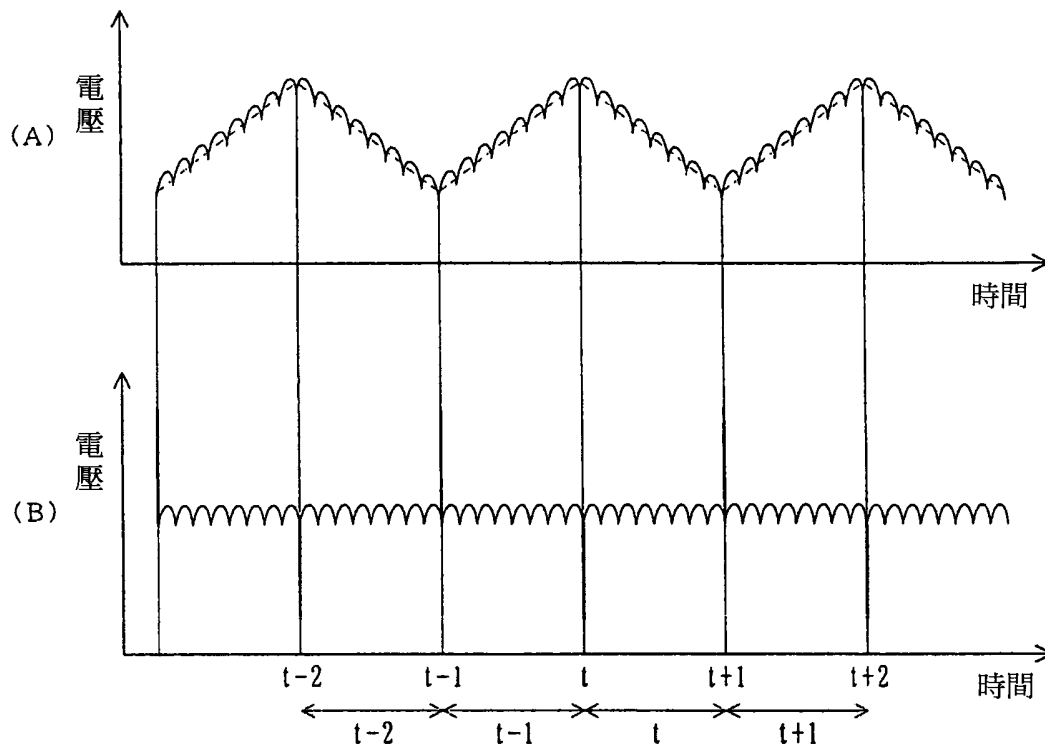
第1圖



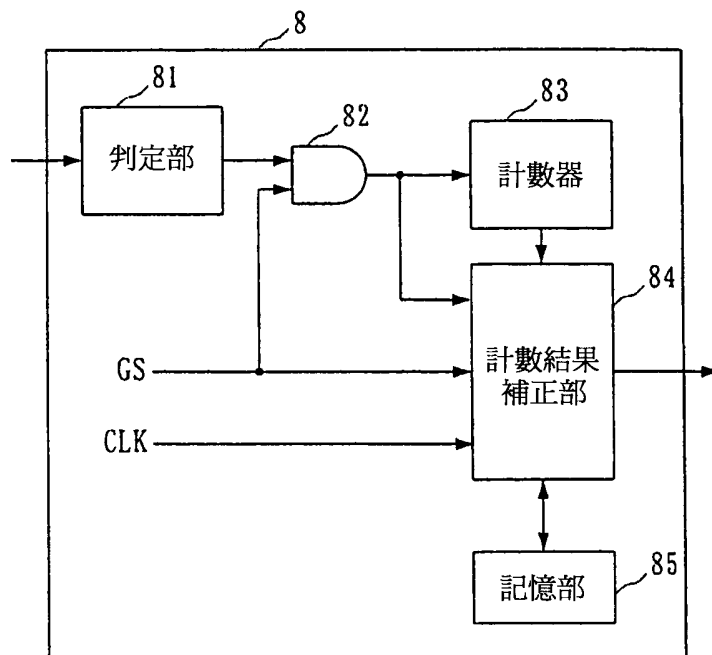
第2圖



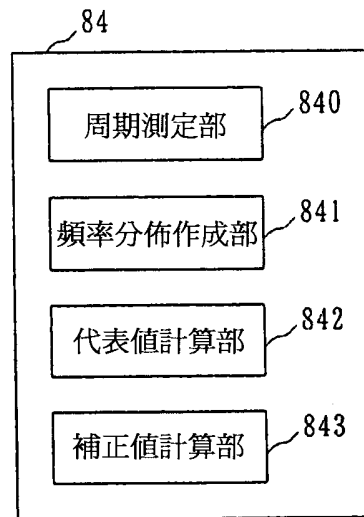
第3圖



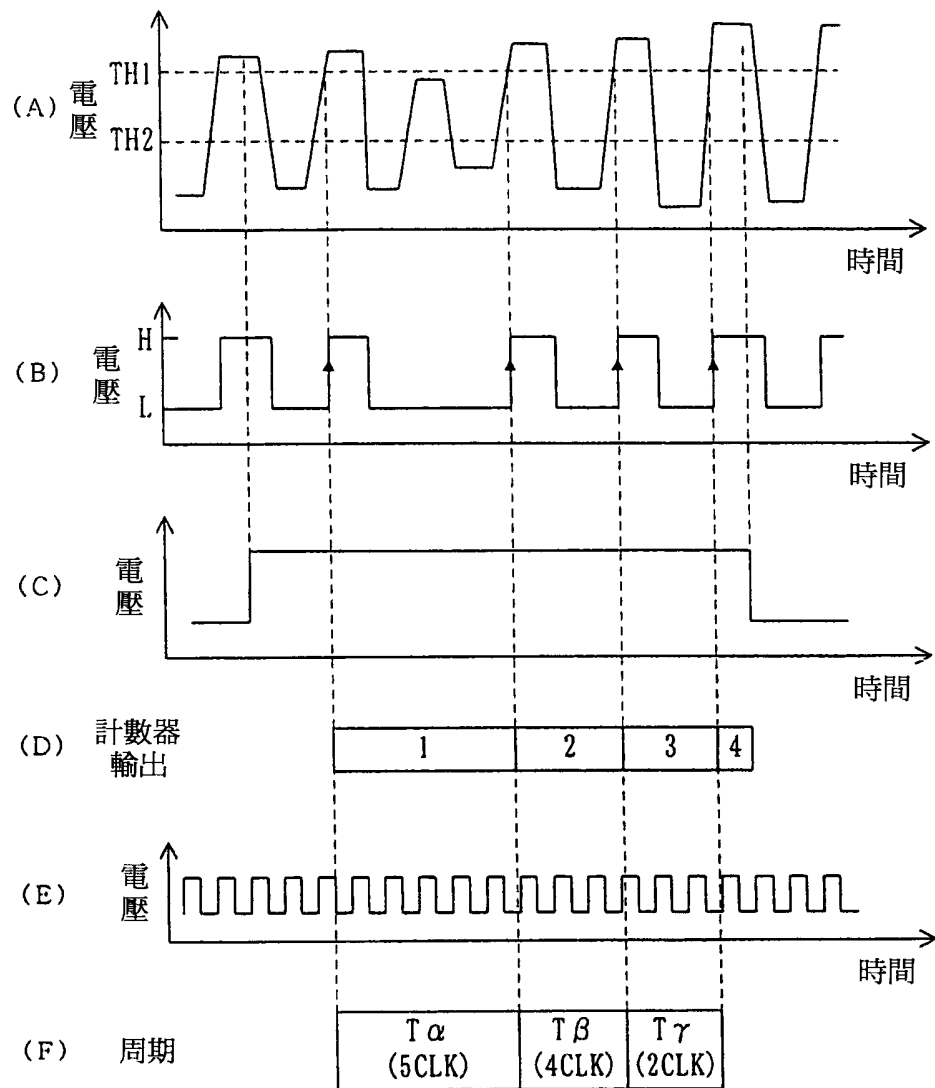
第4圖



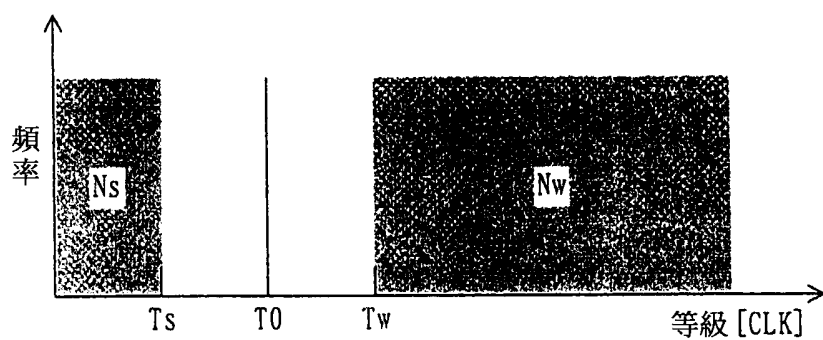
第5圖



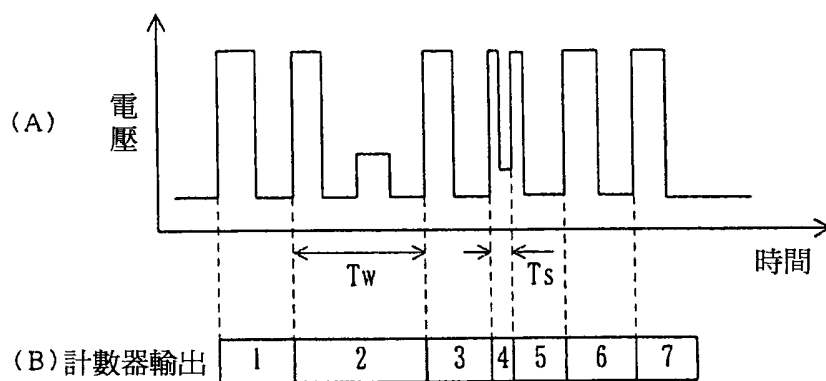
第6圖



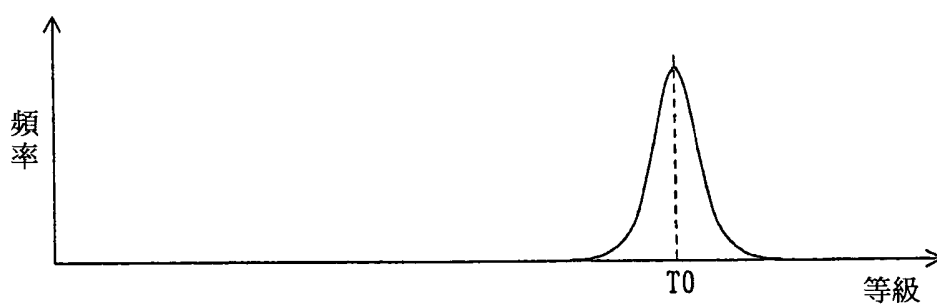
第7圖



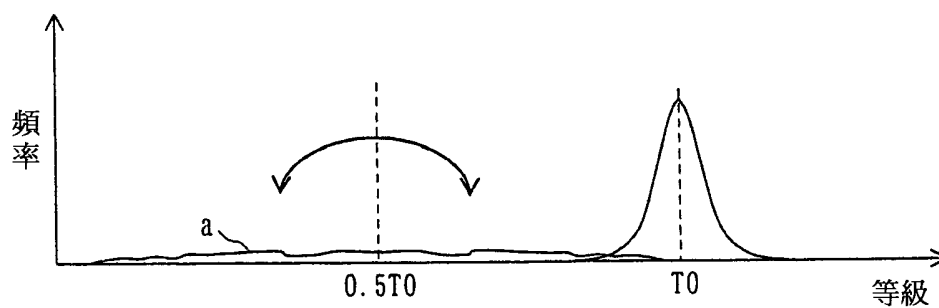
第8圖



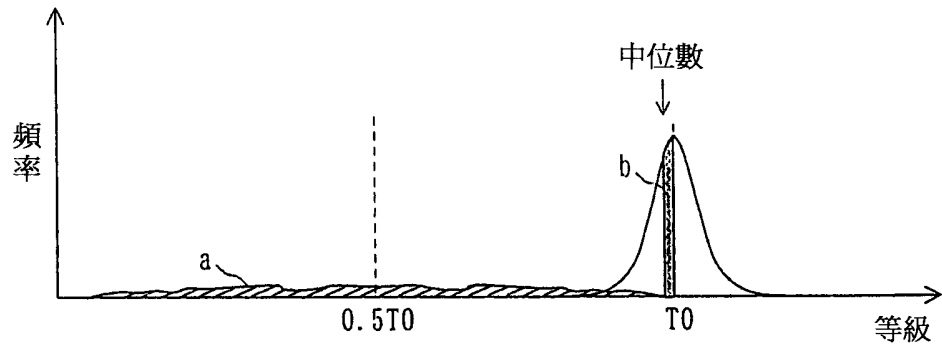
第9圖



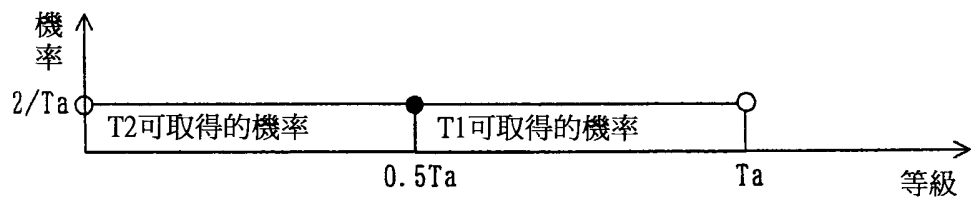
第10圖



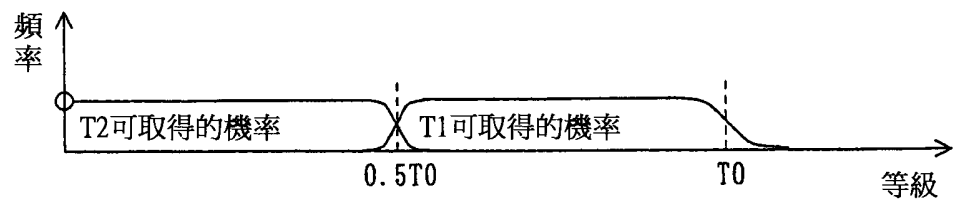
第11圖



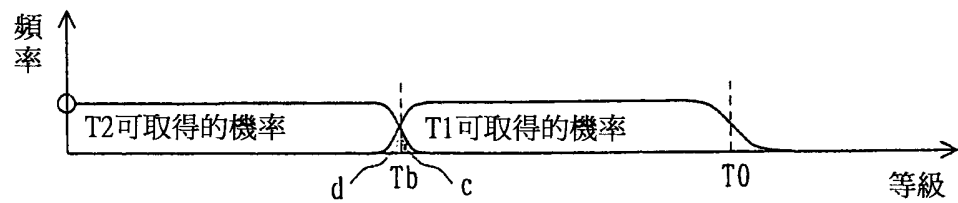
第12圖



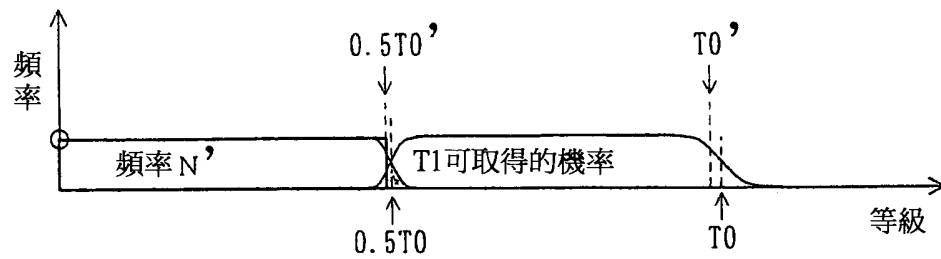
第13圖



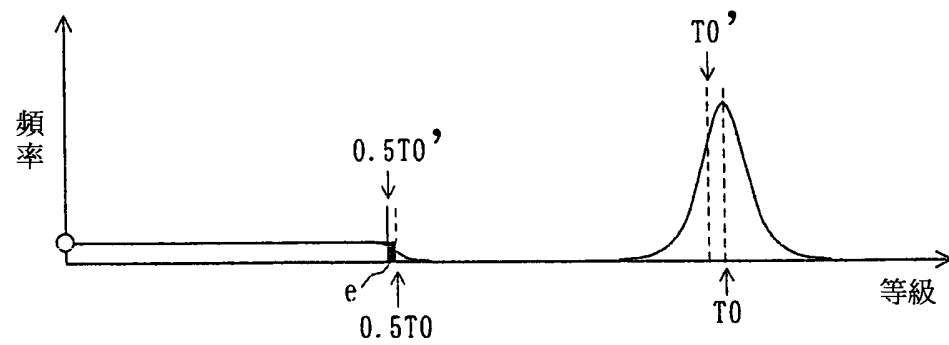
第14圖



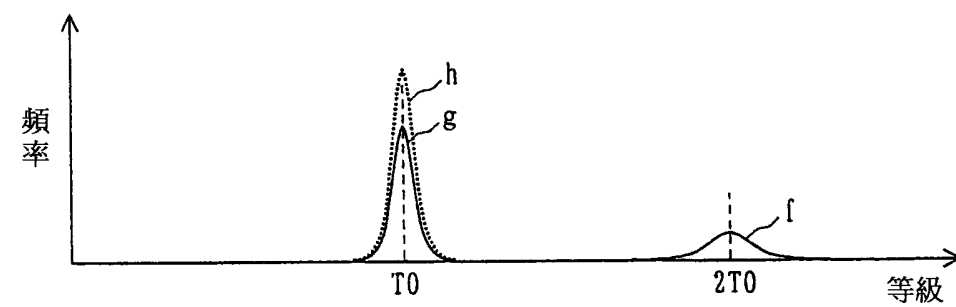
第15圖



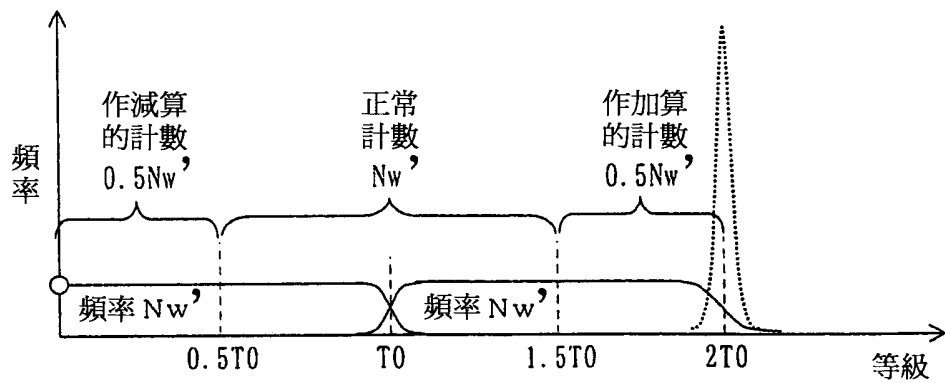
第16圖



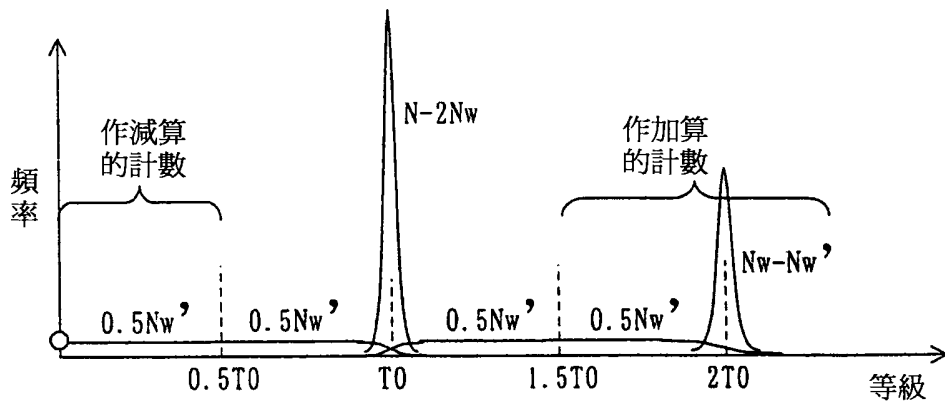
第17圖



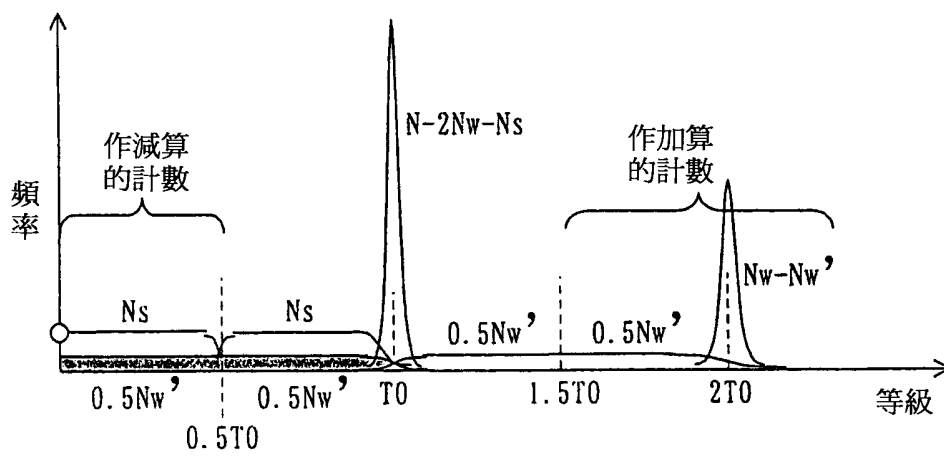
第18圖



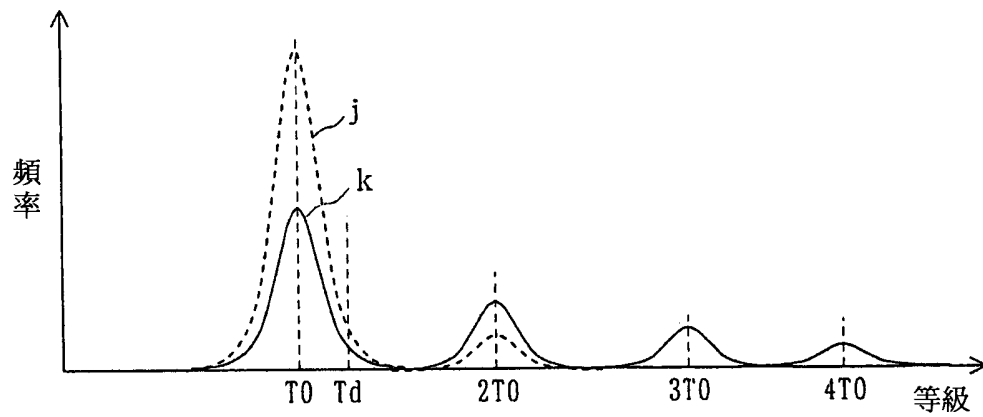
第19圖



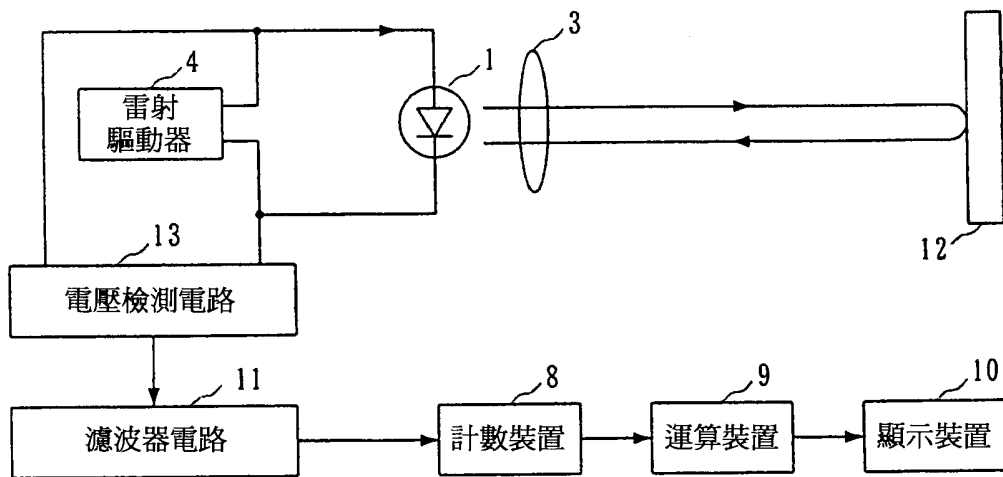
第20圖



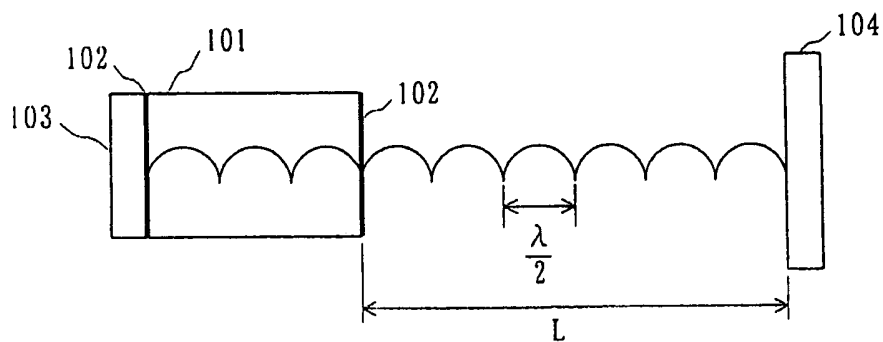
第21圖



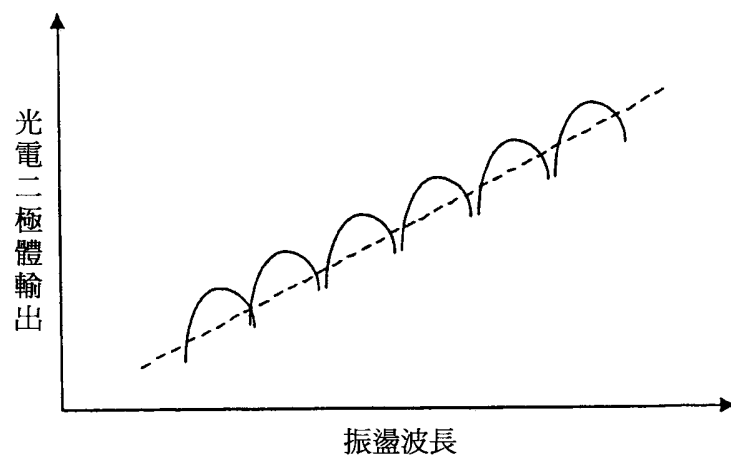
第22圖



第23圖



第24圖



七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(1)圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 1：半導體雷射
- 2：光電二極體
- 3：透鏡
- 4：雷射驅動器
- 5：電流-電壓轉換放大器
- 8：計數裝置
- 9：運算裝置
- 10：顯示裝置
- 11：濾波器電路
- 12：測定對象

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：