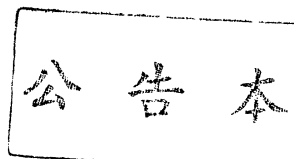


申請日期	2001, 10, 26
案 號	90126534
類 別	G01B 11/24, 9/02

(以上各欄由本局填註)



0117135

513552

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	表面形狀測定方法及裝置
	英 文	SURFACE SHAPE DETECTION METHOD AND DEVICE
二、發明 創作人	姓 名	1.平林晃 2.北川克一
	國 籍	1.日本 2.日本
	住、居所	1.山口縣宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部内 2.滋賀縣守山市浮気町 241-41
三、申請人	姓 名 (名稱)	1.東麗工程股份有限公司(東レエンジニアリング株式會社) 2.山口 TLO 有限公司(有限会社山口ティ・エル・オ-)
	國 籍	1.日本 2.日本
	住、居所 (事務所)	1.大阪府大阪市北區中之島 3 丁目 4 番 18 號 三井ビル 2 號館 2.山口縣宇部市東梶返 1 丁目 10 番 8 號 常盤工業會館
	代 表 人 姓 名	1.下村彬一 2.梶返昭二

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

本案已向：

國（地區） 申請專利，申請日期： 案號 ， ☐有 ☐無主張優先權

本案未在國外申請

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

五、發明說明(¹)

[技術領域]

本發明為有關一種要測定測定對象面的凹凸形狀之表面形狀測定方法及其裝置，尤指有關使用白色光以非接觸的測定測定對象面之技術者。

[技術背景]

從來，在這種裝置中，為眾所周知者有如利用白色光的干涉，以測定半導體晶片或液晶顯示器用玻璃基板等精密加工品的凹凸形狀的方法之表面形狀測定裝置。在從來的表面形狀測定裝置中，是將白色光源所出射的白色光用分光鏡分成照射於測定對象面的白色光和照射於參照面的白色光，而利用分別被兩面所反射的白色光所引起的干涉現象，以測定測定對象面的凹凸形狀者。

即，將分光鏡上下變動，以使其產生對應於從參照面到分光鏡的距離與從分光鏡到測定對象面的距離之差的干涉現象，而測定產生此干涉現象的白色光(以下只稱「干涉光」)之強度。而由求出此干涉光的強度值變化波形之會成為最大的位置，就可求出測定對象面的特定處之高度。以同樣方法求出多數特定處的高度，由此以測定測定對象面的凹凸形狀者。

有關干涉光強度的這些資料是離散性者，因而，必須對特定處的干涉光精細的取樣。其結果是，為了要取得多數個強度值而要更長的時間，而有在表面形狀測定上要花很長間之問題。又，由取樣所取得的資料量會很龐大，要儲存這些資料的記錄體容量要增加，也會產生裝置的製造成

五、發明說明(²)

本增大的問題和要處理這些龐大數目的資料之運算處理時間會長時間化，致使表面形狀測定裝置更時間化之問題。

因此，本發明者等曾經提案過「日本國特開 2001-066122 號公報」的發明(以下稱「先前發明」。在先前發明中，是將白色光的頻帶限制在特定頻帶內，以對應於該特定頻帶的帶寬之取樣間隔，依序擷取干涉光，以取得干涉光強度值的集合(以下稱「干涉光強度值群」)，並由干涉光強度值群求得干涉光的強度值變化在理論上的波形，以推定基於該波形的振幅成分之特性函數，且，依據特性函數的峰值位置，以求出測定對象面的特定處之高度者。

依先前發明的裝置時，是以對應於特定頻帶的帶寬之取樣間隔，對特定處的干涉條紋之強度值取樣者，因而，其與考慮到全部頻帶的取樣間隔相比，可用更寬幅的取樣間隔取樣，因而其資料量是比一般的表面形狀測定裝置為少。

又，上述的特定函數是從干涉光強度群中所取得的干涉光強度值變化在理論上的波形，且是基於該理論上的波形振幅成分之函數者，因而，可在於仍然保持和一般的表面形狀測定裝置同程度之精度下，根據特性函數的峰值位置，求出特定處的高度。

因此，可由比一般的表面形狀測定裝置較少資料量，求出較高精度的高度資訊，因而，可縮短表面形狀的測定時間，且可縮小儲存資料的記憶體容量，而可以廉價的製造這種裝置。

[發明欲解決之問題]

五、發明說明(3)

然而，在於這種裝置中，有如下之問題。

如第 1 圖所示，設從分光鏡 17 到參照面的距離為 $L1$ ，往於與分光鏡相距 $L1$ 距離的面為面 E ，從以試件台 50 為基準的位置到面 E 的高度為高 h ，並將分光鏡 17 的位置在上下方向變動以變動高 h ，由此以測定干涉光強度的情形為例，加以說明。即，在上述發明中，設特性函數為 $r(h)$ 時，高 h 如不在取樣點 h_J (J 為 $1 \leq J \leq M$ 的整數) 時，要求出特定函數 $r(h)$ 的推定值 $r_B(h)$ 的運算式是很煩雜，而高 h 在取樣點 h_J 時，要求出特性函數 $r(h)$ 的推定值 $r_B(h)$ 的運算式是 $r_B(h) = 1/(2\omega a'^2) \{ (\omega a' y_J)^2 + [\sum''' (y_{J+2m+1}/(h_J - h_{J+2m+1}))]^2 \}$ (但， $\sum'''$ ：從 $-(m=J/2)$ 以下的最大整數到 $([M-J]/2)$ 以上的最小整數 -1) 為止的總合)，也是會很煩雜。

因而，雖可由加寬取樣間隔以減低取樣的資料量，但為了要求出特性函數致使運算處理長時間化，而不能使表面形狀的測定獲得高速化之效果。

本發明乃有鑑於上述事情，目的是在於提供一種可高速的測定測定對象面的凹凸形狀之表面形狀測定方法及其裝置。

[發明之解決裝置]

本發明為達成上述目的，係採取如下之構成者。

即，本發明的表面形狀測定方法是在於：使白色光源所出射的白色光一面照射到測定對象面和參照面，一面變動上述兩面的相對距離，以使其產生干涉條紋的變化，並對上述測定對象面上的多數特定處，測定當時的干涉光強度值之變化，而依據該測定所取得的上述各特定處之干涉光

五、發明說明(4)

強度值群，分別求出上述多數個特定處的各個之高度，以測定上述測定對象面的凹凸形狀之表面形狀測定方法中，其特徵為包含；將上述白色光源所出射的白色光之頻率範圍限制在特定頻帶，以使上述干涉光的光譜分布可成為左右對稱之第 1 步驟；使被上述特定頻帶的白色光所照射的上述測定對象面與參照面的相對距離變動之第 2 步驟；設 M 為自然數，上述特定頻帶的中心波長為 λ_c ，與波長相關的帶寬為 $2\lambda_B$ 時，以 $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4\lambda_c$ 的算式所表示的 Δ 乘以自然數 M 之 $M \cdot \Delta$ 作為取樣間隔，而從對應於上述測定對象面與參照面的相對距離的變動所產生的干涉條紋的變化之在於上述測定對象面的特定處之干涉光強度值中，取得干涉光強度值群之第 3 步驟；依據可由上述干涉光強度值群求得的干涉光強度值變化在理論上的波形，以推定基於該波形振幅成分的特性函數之第 4 步驟；及，依據上述所推定的特性函數之峰值位置，以求出上述特定處的高度之第 5 步驟者。

依本發明的表面形狀測定方法時，是將由白色光源所產生的白色光之頻率範圍限制在特定頻帶內，而將該特定頻帶的白色光照射於測定對象面和參照面。由測定對象面和參照面所分別反射的白色光會對應於其光程差而產生經過干涉的干涉條紋。在此，變動測定對象面與參照面的相對距離，就可變化各個的光程差，使干涉條紋變化。

將白色光源所產生的白色光之頻率範圍限制在特定頻帶內，而將該特定頻帶的白色光照射於測定對象面和參照面。

五、發明說明(5)

由測定對象面和參照面所分別反射的白色光會對於其光程差而產生經過干涉的干涉條紋。在此，變動測定對象面與參照面的相對距離，就可變化各個的光程差，使干涉條紋變化。

由此，以取得基於特定頻帶的白色光之干涉光強度值群。從該干涉光強度值群中求出在於特定處的干涉光強度值變化之理想波形，以推定基於該波形的振幅成分之特性函數。將白色光頻率範圍限制在可使干涉光的光譜分佈成為左右對稱之上述特定頻帶內，由此，在於會成為左右對稱的上述光譜分佈之場合中，此特性函數的峰值位置是和干涉條紋的理想波形本身之成為最大的位置成為一致，因而依據該峰值位置求出特定處之高度。分別求出多數的特定處之高度，以測定測定對象面的凹凸形狀。

又，將上述的 $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4 \lambda_c$ 乘以自然數的 $M \cdot \Delta$ 作為取樣間隔以擷取干涉光強度值時，要求出上述特性函數的運算式是比從來的為簡單，因而可縮短要求出特性函數所需之運算處理時間。因此，可高速的測定測定對象面的凹凸形狀。

又，由於 M 是自然數，取樣間隔是可選擇 Δ 、 2Δ 、--- 中的任一個，因而，所選擇的取樣間隔越寬，可越提高處理速度。例如在上述先前發明(「日本國特開平 2001-066122 號公報」的發明)中，可採取的最大取樣間隔是將 $(\lambda_c + \lambda_B) / 2 \lambda_B$ 以下的最大整數乘以 $1/4$ 倍後再乘以 $(\lambda_c - \lambda_B)$ 之值，而，取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 是比該值為大之值，因而

五、發明說明(6)

以此取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 來擷取者較理想。由此，可使要求出特性函數時的運算處理高速化之外，其與先前發明的情形比較時，可更提高處理速度。

要以取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 取樣時，自然數 M 的可採取範圍是從 1 到 λ_c / λ_B 以下的最大整數為止。由此，是設自然數 M 為 λ_c / λ_B 以下的最大整數，將 Δ 乘以該自然數 M 的 $M \cdot \Delta$ 來擷取為理想。在此，對先前發明與本發明的最大取樣間隔 Δ_{MAX} 加以比較時，先前發明是如上述之值，而本發明中是成為將 Δ 乘以 λ_c / λ_B 以下的最大整數之值，本發明的 Δ_{MAX} 是先前發明的 Δ_{MAX} 之約 2 倍。即，依本發明時，可用先前發明的約 2 倍寬度之取樣間隔來取樣，因而可將處理速度提高到 2 倍。

又，要推定上述特性函數時，其所用的是從干涉光強度值群算出強度值的平均值，而在於表示大致可通過從各強度值減去該平均值的各調整值之波形振幅成分的公式中代入各調整所求出的新的函數之推定值者。從干涉光強度值群算出強度值的平均值，以求出干涉光的強度值變化波形的中心線之值。求出從各強度值減去其平均值之調整值，則，調整值群會成為表示以中心線為基準所分佈的波形之值群。使用該值群以推定特性函數。該特性函數的峰值位置是和干涉光的強度變化波形成為最大的位置為一致，因而，依據該峰值位置就可求出特定處之高度。

又，本發明的表面形狀測定裝置係在於具備：可產生白色光以供照射於測定對象面和參照面的白色光源；可使上述測定對象面與參照面的相對距離變動之變動裝置，將會

五、發明說明(7)

隨著上述白色光所照射的測定對象面與參照面的相對距離之變動所產生的干涉條紋之變化和上述測定對象面一起攝影之攝影裝置；將上述所攝影的在於測定對象面上的多數特定處之干涉光強度值擷取之取樣裝置；將上述取樣裝置所擷取的各特定處每個的多數個強度值之各干涉光強度值群儲存之記憶裝置；及，依據儲存在上述記憶裝置的各干涉光強度值群，分別求出上述多數個特定處每個的高度，以測定上述測定對象面的凹凸形狀之運算裝置的表面形狀測定裝置中，其特徵為包含：將上述白色光源所產生的白色光之頻率範圍限制在特定頻帶內，以使上述干涉光的光譜分佈可左右對稱之頻帶限制裝置；而上述取樣裝置的對於隨著上述變動裝置的使上述測定對象面與參照面的相對距離之變動而變化的干涉條紋之在於特定處的干涉光強度值之擷取，是以設 M 為自然數，上述特定頻帶的中心波長為 λ_c ，與波長相關的帶寬為 $2\lambda_B$ 時，將 $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4\lambda_c$ 所表示的 Δ 乘以上述自然數的 $M \cdot \Delta$ 作為其取樣間隔逐步擷取；上述記憶裝置是將以上述取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 所擷取的多數個強度值之干涉光強度值群儲存；且，上述運算裝置是從儲存在上述記憶裝置的干涉光強度值群所求得的干涉光強度值變化在理論之波形，以推定基於該波形振幅成分之特性函數，並依據上述所推定的特性函數之峰值位置，以求出上述特定處的高度者。

依本發明的表面形狀測定裝置時，是使白色光源產生較寬頻率範圍的白色光，頻帶限制裝置是將白色光的頻率範

五、發明說明(8)

圍限制在特定頻帶內，以使干涉光的光譜分佈可左右對稱。由此，可掌握照射到測定對象面及參照面的白色光之頻帶。變動裝置是使特定頻帶的白色光所照射的測定對象面與參照面之相對距離變動。攝影裝置是對測定對象面和參照面所分別反射的白色光之隨著光程差的變動而變化之干涉條紋攝影，並對測定對象面也一起攝影，因而，可掌握到對應於測定對象面的凹凸形狀所產生或變化的干涉條紋之情況。取樣裝置是爲了要取得在於測定對象面上的特定處產生變化之干涉光強度值，其對於特定處的白色光之強度值是以設 M 爲自然數，由上述頻帶限制裝置所限制的特定頻帶之中心波長爲 λ_c ，與波長相關的帶寬爲 $2\lambda_B$ 時，將 $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4\lambda_c$ 或所表示的 Δ 乘以自然數 M 的 $M \cdot \Delta$ 作爲取樣間隔，逐步的擷取干涉條紋的強度值者。由取樣裝置可取得基於特定頻帶的白色光的干涉光之多數個強度值。記憶裝置是將取樣裝置所擷取的強度值依序儲存，由此將特定處的多數個強度值之干涉光強度值群儲存。運算裝置是從干涉光強度值群求出在於特定處的干涉光強度值變化之在理論上的波形，以推定在於可成爲左右對稱的上述光譜分佈時的、基於該波形的振幅成分之特性函數。又，運算裝置是依據該特性函數的峰值位置，求出測定對象面的特定處之高度。由求出測定對象面的多數個特定處之高度，以測定測定對象面的凹凸形狀。

依本發明的表面形狀測定裝置時，很適合於實施本發明的表面形狀測定方法。

五、發明說明(9)

又，運算裝置的構成中，是從干涉光強度值群算出強度值的平均值，而在於表示大致可通過各強度值減去平均值的各調整值之波形振幅成分的公式中代入各調整值，而以其新的函數之推定值作為特性函數的推定者為理想。即，運算裝置是從干涉光強度值群算出強度值的平均值，以求出干涉光的強度值變化波形的中心線之值。然後，為了要求出表示以中心線為基準所分佈的波形之值群，求出從各強度值減去其平均值之調整值。又，運算裝置是在基於大致可通過這些調整值的波形振幅成分之函數中代入各調整值，而以其新的函數之推定值作為特性函數的推定。此特性函數的峰值位置是會和干涉光的強度變化波形成為最大的位置為一致，因而，可依據其峰值位置求出特定處的高度。

又，頻帶限制裝置的理想一例是裝在白色光源到攝影裝置之間的光路上之僅供特定頻帶的白色光通過之帶通濾光片者。裝在白色光源到攝影裝置之間的光路上之帶通濾光片是只使特定頻帶的白色光通過者。由此，在攝影裝置中可拍攝到由特定頻帶的白色光所造成的干涉條紋及測定對象面。又，頻帶限制裝置的理想另一例是可將白色光源所發出的白色光之頻率範圍縮小到特定頻帶內的、在於白色光源到攝影裝置之間的光學系統者。在白色光源到攝影裝置之間的光學系統是將白色光源所產生的白色光在於要到達攝影裝置之前，將其白色光的頻率範圍縮小到特定頻帶內者。由此，在攝影裝置中可拍攝到由特定頻帶的白色光

五、發明說明(10)

所造成的干涉條紋及測定對象面。又，頻帶限制裝置的理想再一例是攝影裝置的頻率靈敏度是在於感測特定頻帶的白色光者。攝影裝置是可由其頻率特性，以拍攝由特定頻帶的白色光所造成的干涉條紋及測定對象面。

[發明的最佳實施形態]

首先，爲了容易的理解本發明，對本發明的原理加以說明。又，有關本發明所用的干涉儀之各構成部分的說明，將在後述的實施例中詳細的說明。

如第 1 圖所示，設分光鏡 17 到參照面 15 的距離爲距離 L_1 ，在與分光鏡 17 相距距離 L_1 位置的面爲面 E。又，以試件台 50 爲基準，由此到面 E 的高度 h 爲干涉儀的位置，試件的測定對象面 31 上的點 P 之高度爲 h_P 。又，在於真空中的波長之倒數乘以 2π 者稱爲波數，以 k 表示。相對於 k 的光源之振幅成分爲 $a(k)$ 。又，在上述先前發明(「日本國特開 2001-066122 號公報」的發明)中，是以角頻率 ω 作爲後述的 $A(\omega)$ 的變數之同時，要求出後述的 $m_C(h)$ 、 $m_S(h)$ 等時，是用角頻率 ω 來表示者，但在本實施例說明中，是以波數 k 爲變數之同時，用波數 k 來表示各個的值者。

在此，設在於分光鏡 17 中用於反射所產生的衰減率爲 q ，在於分光鏡 17 中由於通過所產生的衰減率爲 s ，將 $A(k)$ 定義爲如下式(1)時，

$$A(k) = 2 \{ a(k) \}^2 \cdot q s \quad \dots (1)$$

在於點 P 表示其干涉光強度值的變化之函數 $q(h)$ 是由如

五、發明說明(11)

下所表示

$$g(h)=f(h)+c \quad \dots(2)$$

$$f(h)=\int A(k)\cos 2k(h-h_p)dk \quad \dots(3)$$

$\int$: $k_L \sim k_U$ (以下 $\int$ 如未特別表示時是指相同範圍)

c : 常數

上述式(1)的 $A(k)$ 是相當於有關干涉光的光譜分佈者，而如第 2 圖所示，以波數 k 為橫軸時，可視為只分佈在 $k_L \sim k_U$ 的頻帶，又，如第 3 圖所示，以波長 λ 為橫軸時，可視為只分佈在以 λ_c 為中心的幅度 $2\lambda_B$ 之頻帶，因而可由如下式(4)的表示之(以下 λ_c 稱為「中心波長」)。

$$A(k)=0 \quad (k < k_L, k_U < k) \quad \dots(4)$$

在此 $k_L = 2\pi / (\lambda_c - \lambda_B)$, $k_U = 2\pi / (\lambda_c + \lambda_B)$

又，可知表示干涉光強度值的變化之函數 $g(h)$ 是持有如下的性質。 $g(h)$ 是在於 $h=h_p$ 時成為對稱。

$$g(h_p-h)=g(h_p+h_p) \quad \dots(5)$$

又， $g(h)$ 是在 $h=h_p$ 時成為最大，在任意的 $h \neq h_p$ 時會成為如下。

$$g(h) < g(h_p) \quad \dots(6)$$

由以上之事，從在於點 P 的干涉光之強度值推定表示干涉光的理論上波形之函數，也即其特定函數，並求出該函數會成為最大的位置時，該位置就是在於點 P 的高度 h_p 。

要從上述的干涉光強度值推定干涉光的理論上波形之函數(特性函數)時，在於先前發明(「日本國特開 2001-

066122 號公報」的發明)的方法中為了要求出函數，其所

五、發明說明(12)

需的運算處理會長時間化，不能使表面形狀的測定得到高速化的效果。因此，爲了要能更縮短上述運算處理時間，本發明是採用以下的原理。又，在說明本發明的原理之前，先對先前發明的原理加以說明。

如第 4 圖所示，表示干涉光波形的函數 $g(h)$ 中，其變化較激烈的函數好像是在變化較緩和的函數之內側振動。而可認爲求出該變化較緩和的函數會成爲最大的位置之方法，是比求出干涉光的函數會成爲最大的位置之方法較爲容易。因此，在先前發明中，是從干涉光的函數中取出較緩和的函數，也即包絡線函數 $m(h)$ ，求出其會成爲最大的位置。以下，對其理論加以說明。

將包絡線函數定義如下式。

$$m(h) = [\{m_c(h)\}^2 + \{m_s(h)\}^2]^{1/2} \quad \dots(7)$$

$$m_c(h) = \int A(k) \cos 2\{k(h-h_p) - k_ch\} dk \quad \dots(8)$$

$$m_s(h) = \int A(k) \sin 2\{k(h-h_p) - k_ch\} dk \quad \dots(9)$$

$$k_c = (k_U + k_L)/2 \text{ (以下 } k_c \text{ 稱爲「中心波數」)}$$

上述式(7)的包絡線函數 $m(h)$ 是採用先前發明中的特性函數 $r(h)$ 的平方根者。因而，要照這樣求出包絡線函數 $m(h)$ 會成爲最大的位置時，其要求出特性函數 $r(h)$ 的推定值 $r_B(h)$ 之運算式也很煩雜，因而包絡線函數 $m(h)$ 的運算處理會長時間化。因此，在本發明中，是依據以下的原理以求出 $m_c(h)$ 或 $m_s(h)$ 會成爲最大的位置，以替代於上述的求出包絡線函數 $m(h)$ 會成爲最大的位置者。又，在先前發明中是以 $r(h)$ 作爲特性函數，而在本發明中是以 $m_c(h)$

五、發明說明(13)

或 $m_s(h)$ 作為特性函數者。

以下說明本發明的原理。如第 5 圖所示，包絡線函數 $m(h)$ 以實線，特性函數 $m_c(h)$ 以一點鏈線，特性函數 $m_s(h)$ 以兩點鏈線來表示。包絡線函數 $m_s(h)$ 會成為最大的位置，特性函數 $m_c(h)$ 會成為最大的位置，及特性函數 $m_s(h)$ 會成為最大的位置是如第 5 圖所示的，在一般上並不一致。然而，光譜分佈 $A(k)$ 如對於中心波數 k_c 成為左右對稱時，特性函數 $m_c(h)$ (或 $m_s(h)$) 是可滿足如下式之關係。

$$m_c(h) = m(h) \cdot \cos 2k_c h_p \quad \dots(10)$$

$$m_s(h) = -m(h) \cdot \sin 2k_c h_p \quad \dots(11)$$

取此特性函數 $m_c(h)$ 或 ($m_s(h)$) 的絕對值時，可成立如下式。

$$|m_c(h)| = m(h) \cdot |\cos 2k_c h_p| \quad \dots(12)$$

$$|m_s(h)| = m(h) \cdot |\sin 2k_c h_p| \quad \dots(13)$$

上述式 (12)、(13) 中， h_p 雖為未知之值，但是為常數，因而 $|\cos 2k_c h_p|$ 、 $|\sin 2k_c h_p|$ 也成為常數。因此，特性函數 $m_c(h)$ 、 $m_s(h)$ 會成為最大的位置是會和包絡線函數 $m(h)$ 成為最大的位置為一致。第 6 圖是其例子。在第 6 圖中，實線部分、一點鏈線部分、及兩點鏈線部分是和第 5 圖的相同。

由於如此，在本發明中，是在於光譜分佈 $A(k)$ 可對於中心波數 k_c 成為左右對稱的情形時，推定其特性函數 $m_c(h)$ (或 $m_s(h)$)，以求出會成為最大的位置 h_p 。又，是由後述的帶通濾光片 12 以使光譜分佈 $A(k)$ 成為左右對稱者。在

五、發明說明(14)

本實施例中，只是以推定特性函數 $m_c(h)$ 的情形為例在下述中說明之，而在於只是推定特性函數 $m_s(h)$ 的情形時，也相同。

又，在上述中，是以光譜分佈 $A(k)$ 對中心波數 k_c 成為左右對稱時，特性函數 $m_c(h)$ 、 $m_s(h)$ 會成為最大的位置和包絡線函數 $m(h)$ 會成為最大的位置為一致者，但設光速為 C 而光速 C 為一定時，頻率 f 和角頻率 ω 是與波數 k 成比例關係，因而光譜分佈 $A(f)$ 如對中心頻率 f_c 成左右對稱時，或光譜分佈 $A(\omega)$ 對中心角頻率 ω_c 成左右對稱時，特性函數 $m_c(h)$ 、 $m_s(h)$ 會成為最大的位置也會如包絡線函數 $m(h)$ 會成為最大的位置為一致。此外，如光譜分佈是以與波數 k 有比例關係的物理量之函數所表示，而光譜分佈是對該物理量的範圍之中心成左右對稱時，特性函數 $m_c(h)$ 、 $m_s(h)$ 會成為最大的位置也會和包絡線函數 $m(h)$ 會成為最大的位置為一致。

$$\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4 \lambda_c \quad \dots(14)$$

又，將自然數 M 定義如下式(15)。

$$1 \leq M \leq \lambda_c / \lambda_B \quad \dots(15)$$

使用上述式(14)、(15)中的 Δ 和 M ，以 $M \cdot \Delta$ 為取樣間隔。

取樣點 $h_n (n = -\infty \text{ 到 } \infty)$ 如用取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 時，會成為如下。

$$h_n = n \cdot M \cdot \Delta \quad \dots(16)$$

此時，特性函數 $m_c(h)$ 可用上述式(3)所表示的 $f(h)$ 的取樣值 $\{f(h_n)\} (n = -\infty \text{ 到 } \infty)$ ，而以下式表示之。

五、發明說明(15)

h 為取樣點時，即 $h=h_j$ 時：

$$m_c(h_j)=(-1)^{jM} \cdot f(h_j) \quad \dots(17)$$

h 不是取樣點時，

$$m_c(h)=(M \cdot \Delta / \pi) \cdot \sin\{\pi h / (M \cdot \Delta)\} \cdot \sum [\{(-1)^{n(M+1)} \cdot f(h_n)\} / (h-h_n)] \quad \dots(18)$$

Σ ：($n=-\infty$)到($n=\infty$)的總和

又，如上述的取樣間隔是 $M \cdot \Delta$ 。 M 是可滿足上述式(15)的自然數，因而可用 $\langle \lambda_c / \lambda_B \rangle$ 個，即 λ_c / λ_B 以下的最大整數個取樣間隔。尤以最大取樣間隔 Δ_{MAX} 會成為如下式(19)的樣子。在本說明書中，是將 $\langle X \rangle$ 定義為 X 以下的最大整數。

$$\Delta_{MAX} = \langle \lambda_c / \lambda_B \rangle \cdot \{(\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4 \lambda_c\} \quad \dots(19)$$

例如 $\lambda_c = 600 \text{ nm}$ 、 $\lambda_B = 20 \text{ nm}$ 時， $\Delta_{MAX} = 4.495 \mu \text{ m}$ 。

要用式(18)求出干涉光波形的函數時，需要有相對於 $f(h)$ 的無限個取樣值 $\{f(h_n)\}$ ($n=-\infty$ 到 ∞)。然而，可由干涉儀取得的資料 $\{g(h_n)\}$ ($n=0$ 到 $N-1$) 是 $g(h) (=f(h)+C)$ 的取樣值，而且是有限個者。因此，用調整值 f_n 對 C 的推定值 C' 下定義，以取代於 $\{f(h_n)\}$ ($n=-\infty$ 到 ∞)。

$$f_n = g(h_n) - C' \quad \dots(20)$$

又，推定值 C' 是由下式求出。

$$C' = (1/N) \cdot \sum' g(h_n) \quad \dots(21)$$

Σ' ：($n=0$)到($n=N-1$)的總和

推定值 C' 是如上述式(21)所示的、是依據在於特定處的干涉光強度群、也即從干涉儀所取得的資料 $\{g(h_n)\}$ ($n=0$

五、發明說明(16)

到 N-1)之干涉光強度值 $g(h)$ 之平均值者。

在於有限個的取樣值之場合、也即在有限個的干涉光強度值群 $g(h_n)(n=0$ 到 $N-1)$ 的場合中，用 $m_{CN}(h)$ 以表示其推定值時，此推定值 $m_{CN}(h)$ 可用上述式(20)所表示的調整值 f_n ，而以如下式來表示之。

h 為取樣點時，也即， $h=h_J(J$ 是 $0 \leq J \leq N-1$ 的整數)時；

$$|m_{CN}(h_J)| = |f_J| \quad \dots(22)$$

h 不是取樣點時：

$$|m_{CN}(h)| = (M \cdot \Delta / \pi) \cdot |\sin\{\pi h / (M \cdot \Delta)\} \cdot \sum' [\{(-1)^{n(M+1)} \cdot f_n\} / (h-h_n)]| \quad \dots(23)$$

$\sum'$ ：(n=0)到(n=N-1)的總和

在此，爲了更容易的理解本發明的原理，與先前發明(「日本國特開 2001-066122 號公報」的發明)的原理作比較。

在先前發明中，求出特性函數 $r(h)$ 的推定值 $r_B(h)$ 之運算式是成爲如下式(h 為取樣點時， $h=h_J$ 時)。

$$r_B(h) = 1 / (2 \omega a^2) \{ (\omega a^2 y_J)^2 + [\sum''' (y_{J+2m+1} / (h_J - h_{J+2m+1}))]^2 \} \dots(24)$$

$\sum'''$ ：-(m=J/2 以下的最大整數)到([M-J]/2 以上的最小整數)-1)的總合

將上述式(24)用和本實施例同樣記號整理時，成爲如下式(25)。

$$r_B(h_J) = (f_J)^2 + 4 / \pi \cdot (\sum'' \{ f_{J+2n+1} / (2n+1) \})^2 \quad \dots(25)$$

$\sum''$ ：J 爲偶數時的、在於第奇數個取樣點的 f_J 之總合，J 爲奇數時的、在於第偶數個取樣點的 f_J 之總和

五、發明說明(17)

由此可知， h 為取樣點時，對本發明中的推定值 $m_{CN}(h_J)$ 和先前發明中的推定值 $r_B(h_J)$ 之求出，如以上述式(22)的本發明中的求出特性函數 $m_C(h)$ 的推定值 $m_{CN}(h_J)$ 之運算式與上述式(25)的先前發明中的求出特性函數 $r(h)$ 的推定值 $r_B(h_J)$ 之運算式兩者加以比較時，本發明的式(22)是可較簡單的求出者。即，在先前發明中，要在上述式(25)的第 1 項將調整值 f_n 平方後再計算第 2 項。而要計算該第 2 項時，要做與取樣點數成比例的次數之除法。相對的，在本發明中，只要採取調整值 f_n 的絕對值就可求出特性函數 $m_C(h)$ 的推定值 $m_{CN}(h_J)$ ，而可推定該推定值 $m_{CN}(h_J)$ 作為特性函數 $m_C(h)$ 。因而，可減低要求出特性函數的運算處理時間。

又，先前發明的取樣間隔是 $\pi/2 \omega a'$ 。將該先前發明的最大取樣間隔 Δ_{MAX} 用和本實施例記號整理時，成為如下式(26)。又，在上述(19)式中也說過， $\langle X \rangle$ 是 X 以下的最大整數，因而下述式(26)中的 $\langle (\lambda_C + \lambda_B)/2 \lambda_B \rangle$ 是 $(\lambda_C + \lambda_B)/2 \lambda_B$ 以下的最大整數。

$$\Delta_{MAX} = 1/4 \cdot \langle (\lambda_C + \lambda_B)/2 \lambda_B \rangle \cdot (\lambda_C - \lambda_B) \quad \cdots (26)$$

因而，採取比上述式(26)中的先前發明之最大取樣間隔 Δ_{MAX} 為大值的取樣間隔 $M \cdot \Delta$ ，就可用較寬的取樣間隔來取樣。又，本發明的最大取樣間隔 Δ_{MAX} 是先前發明的最大取樣間隔 Δ_{MAX} (例如 $\lambda_C = 600\text{nm}$ ， $\lambda_B = 20\text{nm}$ 的場合， $\Delta_{MAX} = 2.175 \mu\text{m}$) 之約 2 倍，因而可用先前發明的約 2 倍寬之取樣間隔取樣，且可將處理速度提高到 2 倍。

五、發明說明(18)

以下，參照圖面具體的說明本發明的實施例。

本實施例的表面形狀測定裝置係如第 7 圖所示是包含：要對形成在半導體晶片、玻璃基板或金屬基板等測定對象物 30 的測定對象面 31 上之微細圖案照射特定頻帶的白色光之光學系統組件 1；和控制該光學系統組件之控制系統組件 2 所構成。

光學系統組件 1 是包含：可產生要照射於測定對象面 31 及參照面 15 的白色光之白色光源 10；使白色光源 10 來的白色光成為平行光之準直透鏡 11；僅供特定頻帶的白色光通過之帶通濾光片 12；將通過帶通濾光片 12 的白色光反射到測定對象面 30 的方向，並使從測定對象面 30 的方向來的白色光通過之半反射鏡 13；將半反射鏡 13 所反射來的白色光加以聚光之物鏡 14；將通過物鏡 14 來的白色光分成供參照面 15 反射的參照光和通過到測定對象面 31 的測定光，並將參照面 15 所反射來的參照光和測定對象面 31 所反射來的測定光再度匯集，以使其產生干涉條紋之分光鏡 17；要使參照光在參照面 15 反射所設置的反射鏡 16；使參照光和測定光所匯集的白色光成像之成像透鏡 18；及，將干涉條紋和測定對象面 31 一起攝影之電荷耦合器件(以下稱 CCD)攝影機 19 所構成。

白色光源 10 是例如為白色光燈等，使其產生較寬範圍頻帶之白色光。該白色光源 10 所出射的白色光會被準直透鏡 11 變成為平行光而入射於帶通濾光片 12。

帶通濾光片 12 是僅供特定頻帶的白色光通過之濾光片，

五、發明說明(19)

是裝在白色光源 10 到 CCD 攝影機 19 之間的光路上。較理想的是裝在白色光源 10 到該白色光源 10 所出射的白色光在於要分成到參照面 15 的參照光與到測定對象面 31 的測定光的位置之間的光路上。在本實施例中，例如是裝在準直透鏡 11 與半反射鏡 13 之間的光路上，帶通濾光片 12 是可利用例如中心波長 600nm，帶寬 40nm 的帶通型光學干涉濾光片等。入射於該帶通濾光片 12 的較寬頻帶之白色光會被縮小其頻率範圍，只有特定頻帶的白色光可通過帶通濾光片 12。

半反射鏡 13 是將通過帶通濾光片 12 來的特定頻帶之白色光反射到測定對象面 30 的方向之同時，也使從測定對象面 30 方向回來的白色光通過者。由該半反射鏡 13 所反射的特定頻帶之白色光會入射於物鏡 14。

物鏡 14 是要將所入射的白色光向焦點 P 聚光之透鏡者。由物鏡 14 所聚光的白色光會通過參照面 15 而到達分光鏡 17。

分光鏡 17 是要將物鏡 14 所聚光的白色光分成要使其到參照面 15 反射用的，使其在分光鏡 17 的例如上面反射之參照光，和要使其到測定對象面 31 反射用的、使其通過分光鏡 17 之測定光之同時，也將這些的參照光和測定光再度匯集，以使其產生干涉條紋者。到達分光鏡 17 的白色光會被分成在分光鏡 17 上面被反射的參照光和通過分光鏡 17 的測定光，其參照光會到達參照面 15，而其測定光會到達測定對象面 31。

五、發明說明(²⁰)

在參照面 15 上裝有將參照光反射到分光鏡 17 方向的反射鏡 16，由該反射鏡 16 所反射的參照光會到達分光鏡 17，此參照光再由分光鏡 17 所反射。

通過分光鏡 17 的測定光會被向焦點 P 聚光，在測定對象面 31 上反射。其所反射的測定光會到達分光鏡 17 並通過該分光鏡 17。

分光鏡 17 會將參照光和測定光再度匯集。此時，會在於參照面 15 到分光鏡 17 間的距離 L1 與分光鏡 17 到測定對象面 31 的距離 L2 兩者的距離之差而產生光程差。隨著此光程差，參照光與測定光會互相干涉，而產生干涉條紋。產生該干涉條紋狀態的白色光會通過半反射鏡 13，並由成像透鏡 18 成像後入射於 CCD 攝影機 19。

CCD 攝影機 19 是對產生干涉條紋狀態的白色光和由測定光所映出的測定對象面 31 在焦點 P 附近之圖像一起加以攝影。此所攝影的圖像資料會被控制系統組件 2 所收集。又，在後述中當可明瞭，由相當於本發明的變動裝置之控制系統組件 2 的驅動部 24。可使光學系統組件 1 在於例如上下左右方向移動。尤於光學系統組件 1 被驅動在上下方向移動時，可使距離 L1 的距離和距離 L2 的距離變動。由此，隨著距離 L1 與距離 L2 的距離之差，其干涉條紋會逐漸的變化。由 CCD 攝影機 19 以每隔後述的所定取樣間隔，對干涉條紋的變化和測定對象面 31 的圖像一起如以攝影，該圖像資料會由控制系統組件 2 所收集。CCD 攝影機 19 是相當於本發明中的攝影裝置。

五、發明說明(²¹)

控制系統組件 2 是包含：統括的控制表面形狀測定裝置整體，及進行運算處理用的中央處理機(以下稱 CPU)20；將 CPU20 所逐次收集的圖像資料或在 CPU20 運算的結果等之各種資料予以儲存之記憶體 21；可輸入取樣間隔或其他設定資訊的滑鼠或鍵盤等的輸入部 22；及，可按照 CPU 的指示，以驅動光學系統組件 1 在上下左右方向移動的、例如由 3 軸驅動型伺服馬達等的驅動機構所構成的驅動部 24 之電腦系統所構成者。及，CPU20 是相當於本發明的取樣裝置及運算裝置，記憶體 21 是相當於本發明的記憶裝置，驅動部 25 是相當於本發明的變動裝置。

CPU20 是所謂中央處理裝置，其係可控制 CCD 攝影機 19、記憶體 21 及驅動部 24，並依據 CCD 攝影機 19 所攝影的包含干涉條紋的測定對象面 31 之圖像資料，做測定對象面 31 的凹凸形狀測定之處理。有關此處理將在後述中詳細說明。又，在 CPU20 上係連接着監視器 23 和鍵盤或滑鼠等的輸入部 22，操作者可一邊看顯示在監視器 23 的操作畫面，一邊從輸入部 22 輸入各種設定資訊。又，監視器 23 在於對測定對象面 31 的測定結束後，會將測定對象面 31 的凹凸形狀以數值或圖像顯示之。

驅動部 24 是要使光學系統組件 1 內的參照面 15 與分光鏡 17 之間的被固定的距離 L1 和分光鏡 17 與測定對象面 31 之間的可變的距離 L2 兩者之距離差變化用的，可使光學系統組件 1 在正交 3 軸方向移動之裝置，是受到 CPU20 的指示，以驅動光學系統組件 1 向 X、Y、Z 方向移動之例如由具備 3 軸驅動型伺服馬達之驅動機構所構成。又，

五、發明說明(22)

驅動部 24 是相當於本發明的變動裝置，本發明中的相對距離是指參照面 15 到測定對象面 31 間的距離、也即距離 L1 及距離 L2。在本實施例中是使光學系統組件 1 移動者，但也可例如使放置測定對象物 30 的圖未示之載物台在正交 3 軸方向移動之構成。

以下將本實施例的在於表面形狀測定裝置整體上所做的處理情形，參照第 8 圖的流程圖說明之。

步驟 S1(設定取樣間隔)

首先，將白色光源 10 所出射的白色光之頻率範圍由帶通濾光片 12 限制在使光譜分佈光譜分佈 $A(k)$ 可對於 $k=k_c$ 成為左右對稱之特定頻帶內。此時， λ_c 、 λ_B 是可滿足式 (4) 的條件。依據此 λ_c 、 λ_B 從式 (14) 中導出取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 。在具體上，如由帶通濾光片 12 限制其特定頻帶的白色光之中心波長 λ_c 為 600nm，其帶寬 $2\lambda_B$ 為 40nm 時， Δ 是成為 149.83nm。而設以最大取樣間隔 Δ_{MAX} 取樣時，自然數 M 是在 λ_c / λ_B 以下的最大整數，因而 M 成為 30，最大取樣間隔 Δ_{MAX} 是成為 $4.495 \mu m$ 。因此，假設要用 $\Delta_{MAX} = 4.495 \mu m$ 來測定表面形狀。操作者將 Δ_{MAX} 值以直接的、或以設定 Δ_{MAX} 用的設定值，從輸入部 22 輸入。

步驟 S2(以取樣間隔攝影)

光學系統組件 1 將白色光源 10 所產生的白色光之經由帶通濾光片 12 限制在特定頻帶的白色光，照射到測定對象面 31 及參照面 15。此帶通濾光片 12 或後述之在於分成測定光及參照光的白色光之前的、由光學系統限制在特定

五、發明說明(²³)

頻帶為止是相當於本發明的第 1 步驟。

又，CPU20 是會下開始變動的指示給驅動部 24，以使預先已被移動到測定場所的光學系統組件 1 開始向 Z 軸方向移動。驅動部 24 會驅動圖未示的步級馬達等的驅動系統，以使光學系統組件 1 向 Z 軸方向移動預先所決定的距離。由此，參照面 15 與測定對象面 31 的相對距離會被變動，此過程是相當於本發明的第 2 步驟。

CPU20 於每次光學系統組件 1 移動最大取樣間隔 Δ_{MAX} 份時，收集 CCD19 所攝影的包含干涉條紋的測定對象面 31 之圖像資料，逐步儲存於記憶體 21。由光學系統組件 1 的只移動預先所決定的距離，記憶體 21 中就會儲存光學系統組件 1 的移動距離及由最大取樣間隔 Δ_{MAX} 所決定的多數片之圖像資料。

步驟 S3(取得特定處的干涉光強度值群)

例如，操作者一面觀察顯示在監視器 23 的測定對象面 31，一面將想要測定其測定對象面 31 的高度之多數特定處從輸入部 22 輸入。CPU20 會掌握所輸入的多數特定處，從對測定對象面 31 所攝影的圖像上，將相當於上述多數特定處的像素之濃度值，也即，在特定處的干涉光之強度值，由其多數片的各個圖像資料中擷取。由此，可取得在於各特定處的 N 個強度值，而將這些 N 個強度值稱之為干涉光強度值群。以 $\{g(h_n)\}$ ($n=0$ 到 $N-1$) 表示。此過程是相當於本發明的第 3 步驟。

步驟 S4(從強度值的平均值導出調整值)

五、發明說明(24)

CPU20 會依據在於特定處的干涉光強度值群，從式(21) 求出干涉光強度值的平均值之上述推定值 C' 。又，爲了要 求出從干涉光強度值群的各強度值減去平均值之各調整值 (調整值群)，而從式(20)導出調整值群的 $\{f_n\}(n=0 \text{ 到 } N-1)$ 。

步驟 S5(從調整值群推定特定函數)

CPU20 會將在步驟 S4 所導出的調整值群 $\{f_n\}(n=0 \text{ 到 } N-1)$ 代入於式(22)、也即，取得調整值群 $\{f_n\}(n=0 \text{ 到 } N-1)$ 各個 的絕對值，以求出對於由帶通濾光片 12 所限制的特定頻帶之 中心波長 k_c 成爲左右對稱的光譜分佈 $A(k)$ 之場合時的特性函 數 $m_c(h)$ 之推定值 $m_{cN}(h)$ 。此特性函數 $m_c(h)$ 是持有與 $f(h)$ 的 峰值位置爲一致的峰值位置之函數，推定值 $m_{cN}(h)$ 是持有與 $f(h)$ 的峰值位置大致一致的峰值位置之值。然後，推定此推 定值 $m_{cN}(h)$ 作爲特性函數 $m_c(h)$ 。又，步驟 S4 及步驟 S5 是 相當於本發明的第 4 步驟。

步驟 S6(從特性函數的峰值位置求出高度)

在步驟 S5 中，求出特性函數會成爲最大的峰值位置，以 求出峰值位置 h_p ，由此就可求出試件的測定對象面 31 上的 點 P 之高度(特定處的高度) h_p 。又，步驟 S6 是相當於本發明 的第 5 步驟。

步驟 S7(全特定處是否完成?)

CPU20 是在全部的特定處完成爲止，反複的處理步驟 S3~ S6，以求出全部的特定處之高度。

步驟 S8(顯示)

CPU20 是會使監視器 23 顯示特定處的高度或依據這些

五、發明說明(25)

特定處高度的資訊之三維或二維的圖像。操作者觀察這些顯示就可掌握測定對象物 30 的測定對象面 31 上之凹凸形狀。

依上述的本實施例時，有關干涉光的光譜分佈 $A(k)$ 如對中心波長 k_c 成爲左右對稱時，特性函數 $m_c(h)$ 的峰值位置是與包絡線函數 $m(h)$ 的峰值位置成爲一致，由此，也會和 $f(h)$ 和 $g(h)$ 的峰值位置成爲一致。因而，將 $\Delta = (\lambda_c^2 \cdot \lambda_B^2) / 4 \lambda_c$ 乘以自然數 M 的 $M \cdot \Delta$ 作爲取樣間隔，以擷取干涉光的強度值時，要求出此特性函數的推定值之運算式是會成爲在於取樣點以如式(22)的取得調整值 f_n 的絕對值之算式，而比起先前發明(「日本國特開 2001-066122 號公報」的發明)較簡單，可減少求出特性函數所需的運算處理時間。由此，可以高速的測定測定對象面的凹凸形狀。

又，由上述實施例可知，本發明的特徵是在於爲了要更簡單的求出干涉光強度值所變化的值會成爲最大的位置，而以 $\Delta = (\lambda_c^2 \cdot \lambda_B^2) / 4 \lambda_c$ 乘以自然數 M 的取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 擷取干涉光強度值，以推定光譜分佈 $A(k)$ 對中心波長 k_c 成爲左右對稱時的特性函數者。由於導入此特徵，在上述先前發明中的包絡線函數 $m(h)$ 的峰值位置會與本發明中的特性函數之峰值位置成爲一致。因而，本發明中的特性函數之推定，並不必要像先前發明中的，爲了要求出包絡線函數 $m(h)$ 的峰值位置而需求出特性函數 $r(h)$ 的推定值 $r_B(h)$ 那麼煩雜，因此，可使求出特性函數用的運算式簡化。

又，在本實施例中，取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 是用最大取樣間隔

五、發明說明(26)

Δ_{MAX} 以進行取樣着；因而，會成為先前發明中的最大取樣間隔值之約 2 倍。因此，可用先前發明的約 2 倍寬之取樣間隔來取樣，可再將處理速度提高到 2 倍。

在此，對依本發明方法的測定結果，和依先前發明方法的測定結果加以比較之實驗結果，在以下表示之。此實驗所使用的測定對象物是其高面的部分(高部)與低面部分(低部)間的高低差為預先知道的所謂標準高低差之高低差為 $9.95\ \mu\text{m}$ 的試件者。

在本實驗中，取樣間隔是在 $\lambda_C=600\text{nm}$ 、 $\lambda_B=30\text{nm}$ 的場合中，用本發明的最大取樣間隔 $2.993\ \mu\text{m}$ 和先前發明的最大取樣間隔 $1.425\ \mu\text{m}$ 兩樣做實驗者。又，也對不混入雜訊的場合和混入雜訊的場合兩項做實驗，其結果為如下表 1。

表 1

		S.I(μm)	L.P(μm)	H.P(μm)	S.H(μm) (R.E(%))
無雜訊	本發明	2.993	15.30	25.25	9.95(0.0)
	先前發明	1.425	15.30	25.25	9.95(0.0)
無雜訊	本發明	2.993	15.54	25.37	9.93(0.2)
	先前發明	1.425	15.24	25.18	9.94(0.1)

S.I：取樣間隔，LP：低部，H.P：高部，S.H：高低差
，R.E：相對誤差

由上表可知，首先未混入雜訊時，高低差的平均之相對誤差在先前發明及本發明中都是 0.0%並無改變。而在於混入雜訊時，高低差的平均之相對誤差在先前發明的取樣間隔為 $1.425\ \mu\text{m}$ 時為 0.1%，在本發明的取樣間隔為

五、發明說明(27)

2.993 μ m 時為 0.2%，與先前發明的精度相比，也是幾乎沒有改變。由此事可知在本發明中，雖將取樣間隔設定為先前發明的約 2 倍寬，但仍然可保持和先前發明大致相同精度。又，混入雜訊時，如將本發明的取樣間隔縮小，預料可使其精度為比先前發明的為高。

本發明並不限定於上述實施形態，而可如下述的變形實施之。

(1)在上述本實施例中，是以對測定對象面 31 的圖像資料攝影後才取得特定處的干涉光強度值之構成，但，本發明並不限定於此，例如也可實時的取得所攝影的圖像資料上之相當於特定處的像素上之強度值，而將這些干涉光強度值逐步儲存於記憶體 21 之構成者。

(2)在上述實施例中，是將白色光源所出射的白色光之頻率範圍用帶通濾光片 11 限制在特定頻帶內者，但，本發明並不限定於此，而也可利用從白色光源到攝影裝置的 CCD 攝影機 19 之間的光學系統(包含光源、透鏡、及各反射鏡)之可使白色光源所出射的白色光之頻率範圍受到限制之事，以預先撐握其頻率範圍，而將其頻率範圍受到限制的頻帶作為本發明中的特定頻帶者。

(3)在上述實施例中是將白色光源所出射的白色光之頻率範圍用帶通濾光片 11 限制在特定頻帶內者，但本發明並不限定於此，而也可將受到攝影裝置的 CCD 攝影機 19 的頻率特性所限制的頻率範圍作為特定頻帶，以預先撐握其特定頻帶，而將其頻率範圍受到限制的頻帶作為本發明

五、發明說明(28)

中的特定頻帶者。

(4)在上述本實施例中，攝影裝置是用 CCD 攝影機者，但例如要配合於只要攝影(檢測)特定處的干涉光強度值時，也可用構成爲一點、或者一系列、或者平面狀的光感元件等來構成攝影裝置者。

(5)在上述實施例中，取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 是設定在最大取樣間隔 Δ_{MAX} 以進行取樣者，但，例如在上述的先前發明中其可取得的最大取樣間隔是將 $(\lambda_C + \lambda_B)/2\lambda_B$ 以下的最大整數乘以 $1/4$ 後再乘 $(\lambda_C - \lambda_B)$ 之值，也即式(26)的 Δ_{MAX} ，因而只要是比先前發明的最大取樣間隔 Δ_{MAX} 爲大的值，就可使要求出特性函數的運算處理高速化，且與先前發明比較，可更提高處理速度。又，要求出特性函數的運算已簡化，如取樣間隔比先前發明縮小而處理速度仍然比先前發明爲快時，也可用比先前發明的取樣間隔爲小之值來進行取樣。

(6)在上述本實施例中，是用上述式(21)求出也是平均值的推定值 C' ，但只要是求出平均值的手法者，並不限定於上述式(21)，例如第 9 圖所示，將取樣點設在橫軸，縱軸爲表示干涉光波形的函數 $g(h)$ 時，函數 $g(h)$ 是在 N 個的取樣點 $\{h_n\}$ ($n=0$ 到 $N-1$) 中，其在 $N-2n_C$ 個的取樣點 $\{h_C\}$ ($n=0$ 到 $N-n_C-1$) 之間是激烈的振動，且，在兩端的 $2n_C$ 個的取樣點 $\{h_n\}$ ($n=0$ 到 n_C-1)、取樣點 $\{h_n\}$ ($n=N-n_C$ 到 $N-1$) 之間是很緩和，且可視爲無變動者。

在兩端的 $2n_C$ 個的取樣點 $\{h_n\}$ ($n=0$ 到 n_C-1)、取樣點

五、發明說明(29)

$\{h_n\}$ ($n=N-n_c$ 到 $N-1$) 本來也是只含有雜訊的部分，而可認為是函數 $g(h)$ 的平均值。在此場合中，也是平均值的推定值 C' 是可由如下式 (27) 來求出。

$$C' = (1 - 2n_c) \cdot \{ \sum''' g(h_n) + \sum''' g(h_n) \} \quad \dots (27)$$

$\sum'''$: ($n=0$) 到 ($n=n_c-1$) 的總合

$\sum'''$: ($n=N-n_c$) 到 ($n=N-1$) 的總合

[產業上的利用可能性]

如上述的、本發明的表面形狀測定方法及其裝置是適合於用在利用白色光的干涉，以測定半導體晶片或液晶顯示器用玻璃基板等的精密加工品之凹凸形狀。

[附圖簡單說明]

第 1 圖說明會產生干涉條紋的機構用的說明圖。

第 2 圖： $A(k)$ 與波數 k 的關係之模式圖。

第 3 圖： $A(k)$ 與波長 λ 的關係之模式圖。

第 4 圖： $g(h)$ 與 $m(h)$ 的關係之模式圖。

第 5 圖： $A(k)$ 對於中心波數 k_c 為左右非對稱時的、 $m(h)$ 與 $m_c(h)$ 及與 $m_s(h)$ 之關係模式圖。

第 6 圖： $A(k)$ 對於中心波數 k_c 成為左右對稱時的、 $m(h)$ 與 $m_c(h)$ 及與 $m_s(h)$ 之關係圖。

第 7 圖：本實施例的表面形狀測定裝置之概略構成圖。

第 8 圖：在表面形狀測定裝置中的處理過程之流程圖。

第 9 圖：說明變形例中導出推定值 C' 用的說明圖。

[符號之說明]

1 光學系統組件

五、發明說明(30)

- 2 控制系統組件
- 10 白色光源
- 11 準直透鏡
- 12 帶通濾光片
- 13 半反射鏡
- 14 物鏡
- 15 參照面
- 16 反射鏡
- 17 分光鏡
- 18 成像透鏡
- 19 CCD(電荷耦合器件)攝影機
- 20 CPU(中央處理機)
- 21 記憶體
- 22 輸入部
- 23 監視器
- 24 驅動部
- 30 測定對象物
- 31 測定對象面

四、中文發明摘要 (發明之名稱： 表面形狀測定方法及裝置)

使白色光源 10 所發出的白色光照射到參照面 15 和測定對象面 31 時，會產生光程差。設由帶通濾光片 11 之限制的特定頻帶之中心波長為 λ_c ，而與波長相關的帶寬為 $2\lambda_B$ 時，CPU 20 是以 $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2)/4\lambda_c$ 乘以自然數 M 的 $M \cdot \Delta$ 為取樣間隔，對由上述光程差所引起的在測定對象面 31 的特定處所變化的干涉光強度值取樣。又，設特定頻帶的波數為 k_c 時，在光譜分佈會對該中心波數 k_c 成為左右對稱的場合中，推定持有和上述干涉光的峰值位置為一致的峰值位置之特性函數。求出該特性函數的峰值位置之高度，由此以測定測定對象面 31 的凹凸形狀者。

英文發明摘要 (發明之名稱： SURFACE SHAPE DETECTION METHOD AND DEVICE)

Aberration is generated at the time of allowing a white light emitted by a white light source 10 to irradiate on a reference plane 15 and an object plane to be detected. Supposed that a central wavelength of a limiting specific band of a band pass filter 11 is λ_c and a bandwidth corresponding to the wavelength is $2\lambda_B$, CPU 20 can set a sampling interval in $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2)/4\lambda_c$ multiplied by M, for sampling an intensity of an interference light varied by a specific site of the object plane to be detected which is caused by the aberration. Moreover, at the time of setting number of waves in the specific band at k_c , a spectrum distribution can estimate a characteristic function of a peak value position which is identical to that of the interference light in the case of the spectrum distribution symmetrical to both sides of central wave number k_c , in order to obtain a height of the peak value position of the characteristic function, thereby to detect a convex/concave shapes of the surface plane 31 of the object to be detected.

修正 91.8.13
本 年 月 日
補 正

六、申請專利範圍

第 90126534 號「表面形狀測定方法及裝置」專利案

(91 年 8 月 13 日修正)

六 申請專利範圍：

1. 一種表面形狀測定方法，其係使白色光源所出射的白色光一面照射於測定對象面和參照面，一面變動上述兩面的相對距離使其產生干涉條紋的變化，並對上述測定對象面上的多數特定處，測定當時的干涉光強度值的變化，而依據該測定所取得的上述各特定處之干涉光強度值群，分別求出上述多數個特定處的各個之高度，以測定上述測定對象面的凹凸形狀之表面形狀，其特徵為包含：

第 1 步驟，將上述白色光源所出射的白色光之頻率範圍限制在特定頻帶內，以使上述干涉光的光譜分佈可成為左右對稱；

第 2 步驟，使被上述特定頻帶的白色光所照射的測定對象面與參照面的相對距離變動；

第 3 步驟，設 M 為自然數，上述特定頻帶的中心波長為 λ_c ，與波長相關的帶寬為 $2\lambda_B$ 時，以 $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4\lambda_c$ 的算式所表示的 Δ 乘以自然數 M 之 $M \cdot \Delta$ 作為取樣間隔，而從對應於上述測定對象面與參照面的相對距離的變動所產生干涉條紋的變化之在於上述測定對象面的特定處之干涉光強度值中，取得干涉光強度值群；

六、申請專利範圍

第 4 步驟，依據上述干涉光強度值群求得的干涉光強度值變化在理論上之波形以推定基於該波形的振幅成分之特性函數；及

第 5 步驟，依據上述所推定的特性函數之峰值位置，以求出上述特定處的高度者。

2. 如申請專利範圍第 1 項之表面形狀測定方法，其中

上述取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 是比將 $(\lambda_c + \lambda_B) / 2 \lambda_B$ 以下的最大整數乘以 $1/4$ 後再乘以 $(\lambda_c - \lambda_B)$ 的值為大之值，而上述第 3 步驟是要取得以該取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 所逐步擷取之干涉光強度值群者。

3. 如申請專利範圍第 2 項之表面形狀測定方法，其中

上述自然數 M 是設定為 λ_c / λ_B 以下的最大整數，而上述第 3 步驟是要取得以 Δ 乘以該自然數 M 的取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 所逐步擷取之干涉光強度值群者。

4. 如申請專利範圍第 1～3 項中任一項之表面形狀測定方法，其中

上述第 4 步驟中所推定的特定函數是從干涉光強度值群算出強度值的平均值，而在於表示大致可通過從各強度值減去該平均值的各調整值之波形振幅成分的公式中代入各調整值所求出的新的函數之推定值者。

5. 一種表面形狀測定裝置，其係具備有：可產生白色光以供照射測定對象面和參照面的白色光源；可使上述測定對象面與參照面的相對距離變動之變動裝置；將

六、申請專利範圍

會隨著上述白色光所照射的測定對象面與參照面的相對距離之變動所產生的干涉條紋之變化和上述測定對象面一起攝影之攝影裝置；將上述所攝影的在於測定對象面上的多數特定處的干涉光強度值擷取之取樣裝置；將上述取樣裝置所擷取的各特定處每個的多數個強度值之各干涉光強度值群儲存之記憶裝置；及依據儲存在上述記憶裝置的各干涉光強度值群，分別求出上述多數個特定處每個的高度，以測定上述測定對象面的凹凸形狀之運算裝置，其特徵為：

包含有將上述白色光源所產生的白色光之頻率範圍限制在特定頻帶內，以使上述干涉光的光譜分佈可左右對稱之頻帶限制裝置；

上述取樣裝置，對於隨著上述變動裝置的使上述測定對象面與參照面的相對距離之變動而變化的干涉條紋之在於特定處的干涉光強度值之擷取，是以設 M 為自然數，上述特定頻帶的中心波長為 λ_c ，與波長相關的帶寬為 $2\lambda_B$ 時，將 $\Delta = (\lambda_c^2 - \lambda_B^2) / 4\lambda_c$ 所表示的 Δ 乘以上述自然數 M 的 $M \cdot \Delta$ 作為其取樣間隔逐步擷取；

上述記憶裝置，是將以上述取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 所擷取的多數個強度值之干涉光強度值群儲存；及

上述運算裝置是從儲存上述記憶裝置的干涉光強度值群所求得的干涉光強度值變化在理論上之波形，以

六、申請專利範圍

推定基於該波形振幅成分之特性函數，並依據上述所推定的特性函數之峰值位置，以求出上述特定處的高度者。

6. 如申請專利範圍第 5 項之表面形狀測定裝置，其中

上述取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 是比將 $(\lambda_c + \lambda_B) / 2 \lambda_B$ 以下的最大整數乘以 $1/4$ 後再乘以 $(\lambda_c - \lambda_B)$ 的值為大之值，而上述取樣裝置是以該取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 所逐步擷取者。

7. 如申請專利範圍第 6 項之表面形狀測定裝置，其中

上述自然數 M 是 λ_c / λ_B 以下的最大整數，而上述取樣裝置是以取樣間隔 $M \cdot \Delta$ 所逐步擷取者。

8. 如申請專利範圍第 5～7 項中任一項之表面形狀測定裝置，其中

上述運算裝置中所推定的特定函數是從干涉光強度值群算出強度值的平均值，而在於表示大致可通過從各強度值減去該平均值的各調整值之波形振幅成分的公式中代入各調整值所求出的新的函數之推定值者。

9. 如申請專利範圍第 5～7 項中任一項之表面形狀測定裝置，其中

上述頻帶限制裝置裝在上述白色光源到上述攝影裝置之間的光路上之僅供特定頻帶的白色光通過之帶通濾光片者。

10. 如申請專利範圍第 5～7 項中任一項之表面形狀測定裝置，其中

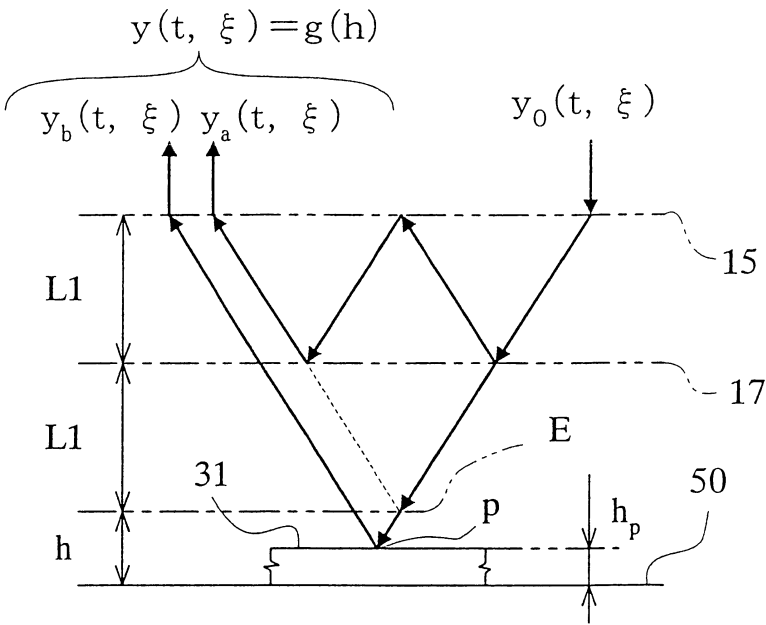
六、申請專利範圍

上述頻帶限制裝置是可將上述白色光源所發出的白色光之頻率範圍縮小到特定頻帶內的、在於上述白色光源到上述攝影裝置之間的光學系統者。

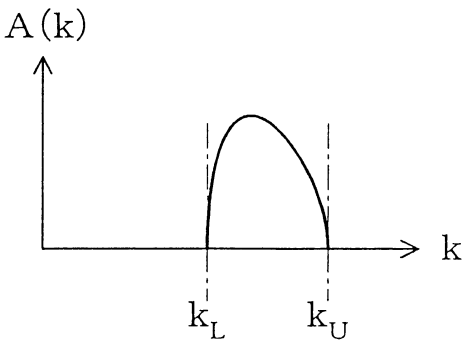
11. 如申請專利範圍第 5～7 項中任一項之表面形狀測定裝置，其中

上述頻帶限制裝置是可檢測特定頻帶的白色光之上述攝影裝置的頻率靈敏度者。

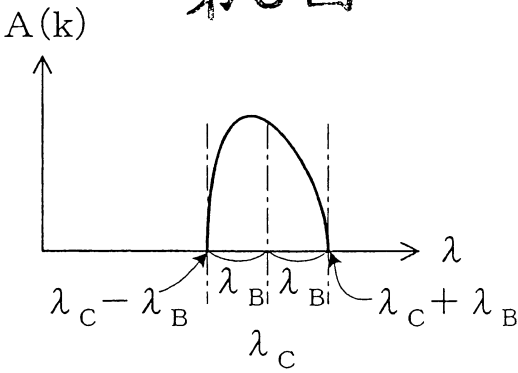
第 1 圖



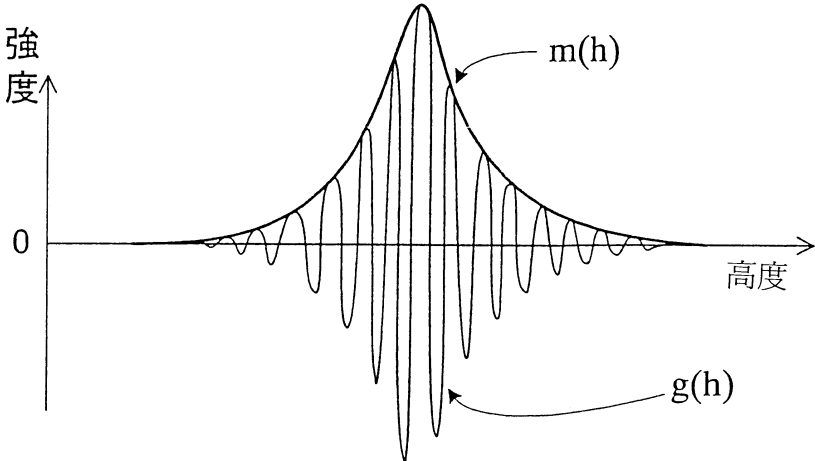
第 2 圖



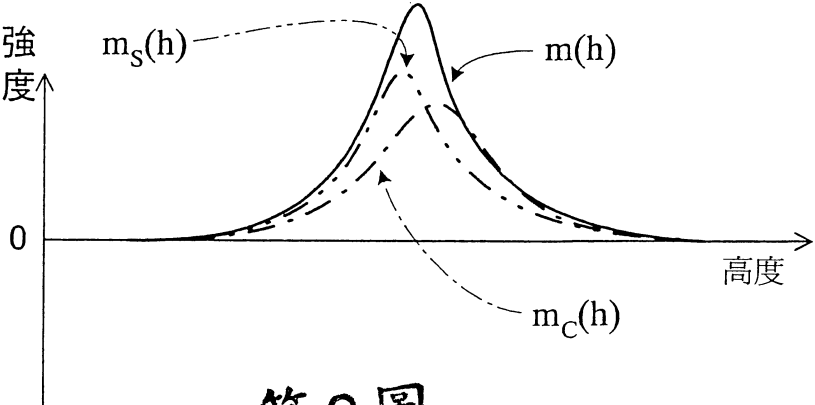
第 3 圖



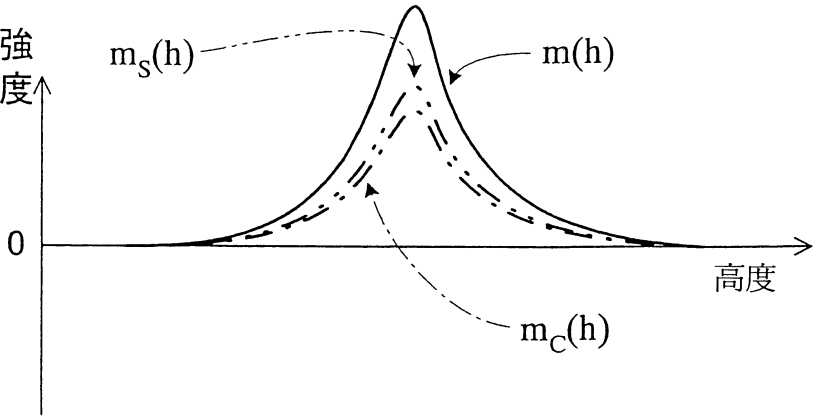
第 4 圖



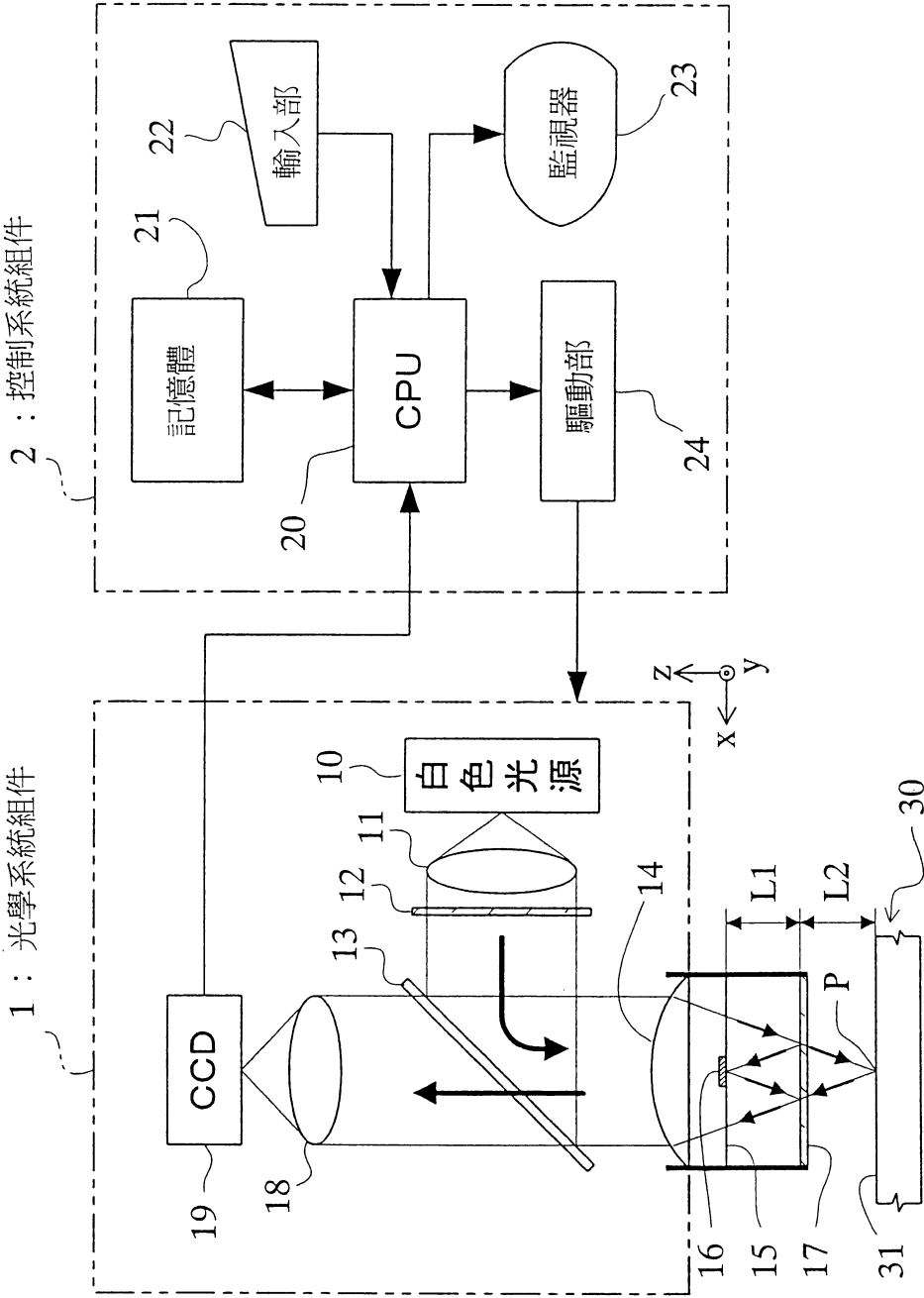
第 5 圖



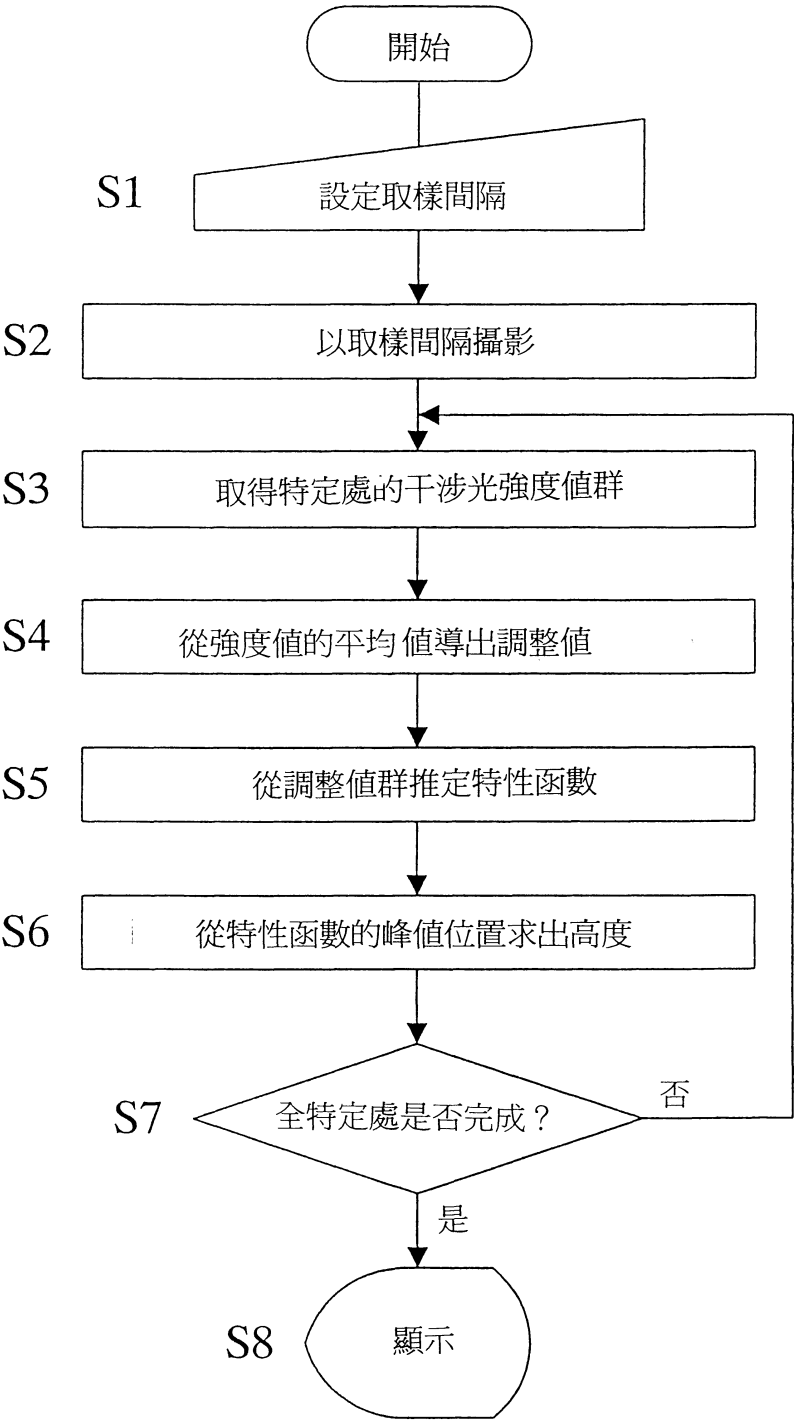
第 6 圖



第7圖



第 8 圖



第 9 圖

