



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I540306 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：101124166

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 07 月 05 日

(51)Int. Cl. : G01B11/06 (2006.01)

G01N21/21 (2006.01)

(30)優先權：2011/08/12 日本

2011-176817

(71)申請人：大塚電子股份有限公司 (日本) OTSUKA ELECTRONICS CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：山崎雄介 YAMAZAKI, YUSUKE (JP)；岡本宗大 OKAMOTO, SOTA (JP)

(74)代理人：洪澄文

(56)參考文獻：

TW I224187

US 7187456B2

US S6940592B2

審查人員：林秀峰

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：14 共 49 頁

(54)名稱

光學特性測量裝置及光學特性測量方法

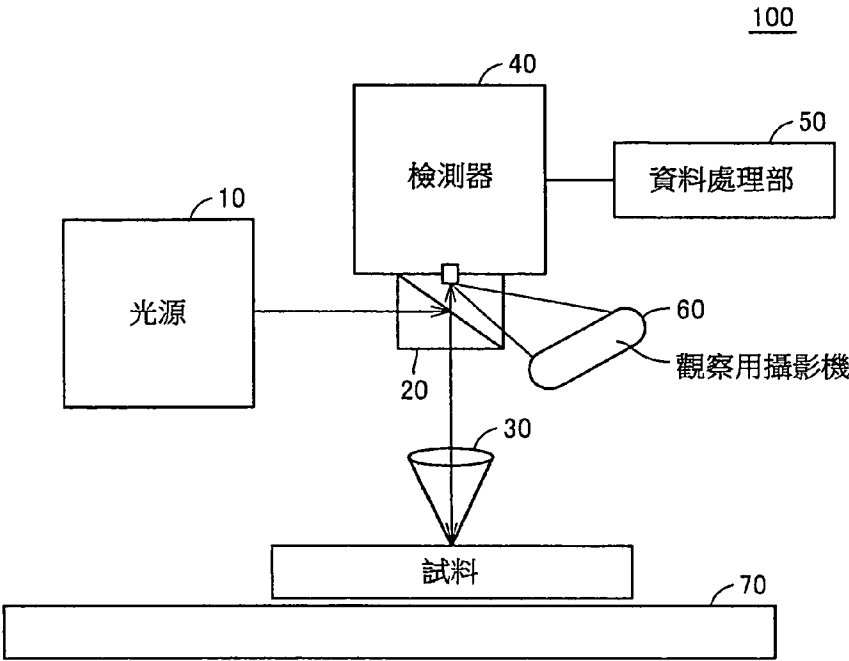
OPTICAL CHARACTERISTIC MEASURING APPARATUS AND OPTICAL CHARACTERISTIC
MEASURING METHOD

(57)摘要

本發明之光學特性測量裝置(100)係包括：光源(10)；檢測器(40)；及資料處理部(50)。資料處理部(50)係包括：模型化部、解析部、及配適部。使複數個膜模型式聯立，並且使包含在複數個膜模型式之光學常數為相同進行特定運算，藉由進行將已算出之膜的膜厚及光學常數代入到膜模型式而得到的波形、及利用檢測器(40)取得之波長分析特性的波形之配適，判定包含在複數個膜模型式之光學常數為相同，而且利用解析部算出之膜的膜厚及光學常數為正確值。

An optical characteristic measuring apparatus includes a light source, a detector and a data processing unit. Data processing unit includes a modeling unit, an analyzing unit and a fitting unit. The plurality of film model equations are solved, and prescribed calculation is performed on the assumption that the optical constants included in the plurality of film model equations is identical. Fitting is performed between a waveform obtained by substituting the obtained film thickness and the obtained optical constants of the film into the film model equations and a waveform of the wavelength distribution characteristic obtained by detector, thereby determining that the optical constants included in the plurality of film model equations is identical and that the film thickness and the optical constants obtained by the analyzing unit are correct values.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 10 . . . 光源
- 20 . . . 光束分光器
- 30 . . . 對物鏡
- 40 . . . 檢測器
- 50 . . . 資料處理部
- 60 . . . 觀察用攝影機
- 70 . . . 平台
- 100 . . . 光學特性測量裝置

第1圖

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：101124166

※申請日：101. 7. 5

※IPC 分類：G01B 11/06 (2006.01)

G01N 21/21 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

光學特性測量裝置及光學特性測量方法 / Optical
Characteristic Measuring Apparatus and Optical
Characteristic Measuring Method

二、中文發明摘要：

本發明之光學特性測量裝置(100)係包括：光源(10)；檢測器(40)；及資料處理部(50)。資料處理部(50)係包括：模型化部、解析部、及配適部。使複數個膜模型式聯立，並且使包含在複數個膜模型式之光學常數為相同進行特定運算，藉由進行將已算出之膜的膜厚及光學常數代入到膜模型式而得到的波形、及利用檢測器(40)取得之波長分析特性的波形之配適，判定包含在複數個膜模型式之光學常數為相同，而且利用解析部算出之膜的膜厚及光學常數為正確值。

三、英文發明摘要：

An optical characteristic measuring apparatus includes a light source, a detector and a data processing unit. Data processing unit includes a modeling unit, an analyzing unit and a fitting unit.

The plurality of film model equations are solved, and prescribed calculation is performed on the assumption that the optical constants included in the plurality of film model equations is identical. Fitting is performed between a waveform obtained by substituting the obtained film thickness and the obtained optical constants of the film into the film model equations and a waveform of the wavelength distribution characteristic obtained by detector, thereby determining that the optical constants included in the plurality of film model equations is identical and that the film thickness and the optical constants obtained by the analyzing unit are correct values.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 10 光源
- 20 光束分光器
- 30 對物鏡
- 40 檢測器
- 50 資料處理部
- 60 觀察用攝影機
- 70 平台
- 100 光學特性測量裝置

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種光學特性測量裝置及光學特性測量方法，尤其是關於一種可以求出形成在基板上之膜的膜厚及光學常數(折射率 n 、消光係數 k)之光學特性測量裝置及光學特性測量方法。

【先前技術】

在製造半導體裝置或平面顯示器時，必須在基板上形成複數個膜。為了測量已形成之膜的膜厚及光學常數，例如使用日本特開 2000-65536 號公報(專利文獻 1)所揭示之反射分光膜厚計。反射分光膜厚計係利用半透明反射鏡反射從白色光源射出的光，並利用透鏡使其照射到基板。再者，反射分光膜厚計係將來自基板的反射光透過透鏡，並使其通過半透明反射鏡後導入到分光器，利用分光器予以分光後，藉由使用 CCD 等拍攝元件之檢測器檢測光譜。反射分光膜厚計係可以藉由處理已檢測的光譜，測量膜的膜厚及光學常數。

又，例如使用日本特開 2004-138519 號公報(專利文獻 2)所揭示之分光橢圓膜厚儀，也可以測量已形成之膜的膜厚及光學常數。分光橢圓膜厚儀係從光源單元朝向基板射出偏光光，利用受光單元接受來自基板的反射光並取得反射光之偏光狀態的光譜，測量已形成之膜的膜厚及光學常數。

但是，在只從利用專利文獻 1 揭示之分光膜厚計、或專利文獻 2 揭示之分光橢圓膜厚儀取得的光譜求出對於膜的複數個測量點之唯一的光學常數(折射率 n 、消光係數 k)方面，必要的資訊為不足的，而無法從取得的光譜求出光學常數作為唯一值。

【發明內容】

本發明係為提供一種可以從取得的光譜求出對於形成在基板上之膜的複數個測量點之光學常數作為唯一值之光學特性測量裝置及光學特性測量方法。

依據本發明之某一局面之光學特性測量裝置，其係包括：光源、分光測量部、模型化部、解析部、及配適部。光源係對於在基板上至少形成 1 層膜之被測量物，照射具有特定波長範圍的測量光。分光測量部係依據利用被測量物予以反射的光、或者穿透被測量物的光，取得反射強度或穿透強度之波長分布特性。模型化部係從相同材料的膜取得複數個波長分布特性，並且產生至少包含從已取得之各個波長分布特性算出之參數、膜的膜厚及光學常數之複數個膜模型式。解析部係使利用模型化部所產生的複數個膜模型式聯立，並且使包含在複數個膜模型式之光學常數為相同進行特定運算，算出膜的膜厚及光學常數。配適部係藉由進行將利用解析部算出之膜的膜厚及光學常數代入到膜模型式而得到的波形、及利用分光測量部取得之波長分布特性的波形之配適，判定包含在複數個膜模型式之光

學常數為相同，而且利用解析部算出之膜的膜厚及光學常數為正確值。

依據本發明之另一局面之光學特性測量方法，其係對於在基板上至少形成 1 層膜的被測量物照射具有特定波長範圍的測量光，依據利用被測量物予以反射的光或是穿透被測量物的光，從相同材料的膜取得複數個反射強度或穿透強度的波長分布特性。再者，光學特性測量方法係產生包含從已取得之各個波長分布特性算出之參數、膜的厚度及光學常數之複數個膜模型式，使已產生的複數個膜模型式聯立，並且使被包含在複數個膜模型式的光學常數為相同進行特定運算，算出膜的膜厚及光學常數。再者，光學特性測量方法係藉由進行將已算出的膜的膜厚及光學常數代入膜模型式而得到的波形、及已取得的波長分布特性的波形之配適，判定被包含在複數個膜模型式之光學常數為相同，而且已算出之膜的膜厚及光學常數為正確值。

根據本發明，可以從已取得之光譜求出對於形成在基板上之膜的複數個測量點之光學常數作為唯一的值。

本發明之上述及其他目的、特徵、局面、及優點係可以從與添附圖面關聯予以理解之關於本發明的其次詳細說明理解。

【實施方式】

針對本發明之實施形態，一邊參照圖面一邊詳細說明。又，對於圖中之相同或相當部份係附予相同符號而不

重覆該說明。

(實施形態 1)

<裝置構成>

第 1 圖係為依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 的概略構成圖。

依據本實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 係為顯微分光膜厚計，在代表性上其係為可以測量單層或層疊構造的被測量物(試料)中之各層的膜厚。又，依據本實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 係不限於顯微分光膜厚計，即使是巨觀分光膜厚計亦可。又，巨觀分光膜厚計係不限於測量反射率的構成，即使是將來自光源的光施予角度射入到試料以測量反射率的構成、或測量穿透率的構成亦可。

具體而言，光學特性測量裝置 100 係在試料上照射光，並且依據利用該試料予以反射的反射光之波長分布特性(以下也稱為「光譜」。)，可以測量構成試料之膜的膜厚及光學常數(折射率 n 、消光係數 k)。又取代反射光的光譜，使用穿透試料之光的光譜(穿透光的光譜)亦可。

在本案說明書中，作為試料係以在基板上至少形成 1 層膜者為對象之情況予以例示。就試料的具體一例而言，其係為在 Si 基板、玻璃基板、藍寶石基板等基板上，形成樹脂薄膜之層疊構造的基板等。

參照第 1 圖，光學特性測量裝置 100 係包括：測量用光源 10、光束分光器 20、對物鏡 30、檢測器 40、資料處理部 50、觀察用攝影機 60、平台 70。試料係設置在平台

70 上。

測量用光源 10 係為了取得試料的反射率光譜，其係為產生具有特定波長範圍的測量光之光源，在紫外光帶域係使用氙燈(190nm~450nm)、或者在可視近紅外光帶域係使用鹵素燈(400nm~2000nm)、或者在紫外光可視帶域係使用氬氣燈(300nm~800nm)等。就測量用光源 10 而言，在代表性上使用可產生從紫外光到近紅外光的波長之組合氙燈與鹵素燈的混合光源。

光束分光器 20 係藉由反射利用測量用光源 10 所產生的測量光，將其傳播方向轉換為圖面向下。又，光束分光器 20 係使來自朝圖面向上傳播之試料的反射光穿透。以特定的標線影像投射到試料的方式，將對焦用標線的光罩(未圖示)設置在從測量用光源 10 到光束分光器 20 的光路。標線影像係為即使是對於在其表面沒有形成任何的模樣(圖案)的試料(在代表性上為透明的玻璃基板等)，也可以使根據使用者的對焦容易化者。又，雖然標線影像的形狀為任何形狀皆可，但是作為一例可以使用同心圓狀或十字狀的圖案等。

對物鏡 30 係為用以將朝圖面向下傳播之測量光予以集光之集光光學系。換言之，對物鏡 30 係以在試料或其接近的位置成像的方式將測量光進行收束。又，對物鏡 30 係為具有特定倍率(例如，10 倍、20 倍、30 倍、40 倍等)之擴大鏡，與射入到對物鏡 30 的光之光束剖面相比可以更微小化測量試料的光學特性之區域。

又，從對物鏡 30 射入到試料的測量光及觀察光係利用試料予以反射，並且朝圖面向上傳播。該反射光係穿透對物鏡 30 後，再穿透光束分光器 20 到達檢測器 40。

檢測器 40 係為分光測量器，從穿透光束分光器 20 之反射光測量反射率光譜，並且將其測量結果輸出到資料處理部 50。更詳細而言，檢測器 40 雖然未圖示，但是包含隙縫、繞射晶格（光柵）、檢測元件、遮光濾光器、及擋板。

隙縫、遮光濾光器、擋板、及繞射晶格，其等係配置在反射光的光軸。隙縫係使用於限制穿透光束分光器 20 並射入到檢測器 40 之反射光的面積。藉此可以限制射入到繞射晶格之反射光的面積，提升對於各波長成分的分解精確度。遮光濾光器係為用以限制被包含在穿透光束分光器 20 並射入到檢測器 40 的反射光之測量範圍外的波長成分之光學濾光器，尤其是遮斷測量範圍外的波長成分。擋板係在重置檢測元件時等使用於遮斷射入到檢測元件的光。擋板係在代表性上由利用電磁力予以驅動之機械式擋板構成。

繞射晶格係在將射入的反射光進行分光的狀態下，將各分光波導向檢測元件。具體而言，繞射晶格係為反射型的繞射晶格，以每個特定的波長間隔之繞射波反射到對應的各方向之方式予以構成。當反射波射入到具有這樣構成的繞射晶格時，被包含之各波長成分係反射到對應的方向，並且射入到檢測元件之特定的檢測區域。又，該波長間隔係相當於檢測器 40 中之波長分解能。繞射晶格係在代

表性上由平板聚焦型球面光柵構成。

檢測元件係為了測量試料的反射率光譜，輸出與被包含在利用繞射晶格予以分光之反射光的各波長成分之光強度因應之電氣訊號。檢測元件係由對於紫外光可視區域具有感度之發光二極體陣列等構成。

資料處理部 50 係對於利用檢測器 40 所取得之反射率光譜，藉由進行關於本發明之特徵性處理，測量構成試料之膜的膜厚及光學常數。又，針對資料處理部 50 的處理詳細係於後面闡述。再者，資料處理部 50 係輸出構成測量的試料之膜的膜厚以及光學特性。

一方面，使穿透光束分光器 20 之反射光的一部份射入到觀察用攝影機 60。觀察用攝影機 60 係為取得藉由反射光而得到的反射影像之拍攝部，在代表性上由 CCD(Charge Coupled Device；電荷耦合元件)或 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor；互補式金屬氧化物半導體)感測器等構成。又，觀察用攝影機 60 係在代表性上為在可視帶域具有感度者，具有與在特定測量範圍具有感度的檢測器 40 不同的感度特性的情況為多。再者，觀察用攝影機 60 係將與藉由反射光而得到之反射影像因應之映像訊號輸出到顯示部(未圖示)。顯示部係依據來自觀察用攝影機 60 的映像訊號將反射影像顯示在畫面上。使用者係觀看被顯示在該顯示部之反射影像，進行對於試料之對焦或測量位置的確認等。顯示部係在代表性上由液晶顯示器(LCD)等構成。又，取代觀察用攝影機 60 及顯示部，設置使用者可以

直接觀看反射影像之取景器亦可。

平台 70 係為用以配置試料之試料台，該配置面係形成為平坦。作為一例，該平台 70 係利用機械性予以連結之可動機構(未圖示)而可以在 3 方向(X 方向・Y 方向・Z 方向)自由驅動。可動機構係在代表性上包含 3 軸分的伺服馬達、及用以驅動各伺服馬達之伺服驅動器予以構成。再者，可動機構係應答來自使用者或未圖示之控制裝置等的平台位置指令而驅動平台 70。藉由該平台 70 的驅動，改變試料與後述之對物鏡 30 之間的位置關係。

<資料處理部之構成>

第 2 圖係為顯示依據本發明之實施形態 1 之資料處理部 50 的概略硬體構成之模式圖。

參照第 2 圖，資料處理部 50 係在代表性上利用電腦予以實現，包含：實行包含作業系統(OS: Operating System)的各種程式之 CPU(Central Processing Unit; 中央處理單元)200; 暫時記憶利用 CPU200 之程式實行所必要的資料之記憶體部 212; 及非揮發性記憶利用 CPU200 予以實行的程式之硬碟部(HDD: Hard Disk Drive)210。又，在硬碟部 210 中係預先記憶用以實現後述的處理之程式，該程式係可以藉由軟碟機(FDD)216 或者 CD-ROM 驅動器 214，各自從軟碟 216a 或者 CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory; 唯讀記憶體)214a 等讀出。

CPU200 係透過由鍵盤或滑鼠等構成之輸入部 208 接受來自使用者等的指示，而且將藉由程式實行予以測量之測

量結果等輸出到顯示器部 204。各部係透過匯流排 202 相互連接。

<運算處理構造>

依據本實施形態 1 之資料處理部 50 係為了測量構成試料之膜的膜厚及光學常數，對於利用檢測器 40 取得之反射率光譜所進行的運算處理進行說明。

第 3 圖係為顯示依據本發明之實施形態 1 之資料處理部 50 的運算處理構造之方塊圖。第 3 圖所示之方塊圖係藉由 CPU200 在記憶體部 212 等讀出實行硬碟部 210 等之預先儲存的程式予以實現。

參照第 3 圖，資料處理部 50(第 1 圖)係包含：模型化部 501、解析部 502、及配適部 503 作為其機能。

模型化部 501 係從檢測器 40(第 1 圖)所輸出之實測的反射率光譜 $R(\lambda)$ 算出關於試料的參數，並且依據已算出的參數，決定試料的膜模型式(函數)。

<運算處理之原理>

在說明膜模型式之前，首先針對在將測量光照射到試料的情況下所觀測的反射光，進行數學性及物理性檢討。

第 4 圖係為成為依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 所測量對象之試料的剖面模式圖之一例。

參照第 4 圖，試料 OBJ 係為在基板層上形成薄膜層之 2 層構造。再者，來自光學特性測量裝置 100 的照射光係形成為從圖面上側射入到試料 OBJ 者。換言之，測量光係形成為最先射入到薄膜層者。

為了易於理解，針對射入到試料 OBJ 之測量光在基板層及薄膜層之界面反射而產生的反射光予以考量。在以下的說明中，使用下標字 i 表現各層。換言之，將空氣或真空等環境層為下標字「0」，試料 OBJ 的薄膜層為下標字「1」，基板層為下標字「2」。又，在各層的複折射率 N 、膜厚 d 、射入角 ϕ 各自使用下標字 i ，以複折射率 N_i 、膜厚 d_i 、射入角 ϕ_i 予以表現。

以射入角 ϕ_0 在第 4 圖所示之薄膜層射入光的情況下，已射入的光係各自在折射率不同之環境層與薄膜層之界面、及薄膜層與基板層之界面反射，在薄膜層內使光重複往返好幾次而造成干擾。為此，第 4 圖所示之薄膜層的反射率、穿透率、相位差 Δ 、及振幅比 Ψ 係如式(1)予以表現。

$$\text{反射} = (|R_p|^2 + |R_s|^2) / 2$$

$$\text{穿透} = \left(\frac{\text{Re}(n_2 \cos \phi_2)}{\text{Re}(n_0 \cos \phi_0)} \times |T_p|^2 + \frac{\text{Re}(n_2 / \cos \phi_2)}{\text{Re}(n_0 / \cos \phi_0)} \times |T_s|^2 \right) / 2 \quad \cdots \text{式(1)}$$

$$\tan \Psi e^{j\Delta} = \frac{R_p}{R_s}$$

又， R_p 係為偏光 P 成分的複折射係數， R_s 係為偏光 S 成分的複折射係數， T_p 係為偏光 P 成分的複穿透係數， T_s 係為偏光 S 成分的複穿透係數。

此等複折射係數 R_p 、 R_s 及複穿透係數 T_p 、 T_s 係可以利用以下的計算求出。首先，複折射率 N_i 係可以使用折射率 n_i 及消光係數 k_i ，而如式(2)予以表現。

$$N_i = n_i - jk_i \quad \cdots \text{式(2)}$$

在折射率不同的界面中會造成光的反射及穿透，在折射率不同之 i 層及 $i+1$ 層之間的各界面中，偏光 P 成分、S 成分的振幅反射率 (Fresnel(菲涅耳)係數) 係如式(3)予以表現。

$$r_{i,i+1p} = \frac{N_{i+1} \cos \phi_i - N_i \cos \phi_{i+1}}{N_{i+1} \cos \phi_i + N_i \cos \phi_{i+1}}, \quad r_{i,i+1s} = \frac{N_i \cos \phi_i - N_{i+1} \cos \phi_{i+1}}{N_i \cos \phi_i + N_{i+1} \cos \phi_{i+1}} \quad \cdots \text{式(3)}$$

同樣地，偏光 P 成分、S 成分的振幅穿透率 (Fresnel(菲涅耳)係數) 係如式(4)予以表現。

$$t_{i,i+1p} = \frac{2N_i \cos \phi_i}{N_{i+1} \cos \phi_i + N_i \cos \phi_{i+1}}, \quad t_{i,i+1s} = \frac{2N_i \cos \phi_i}{N_i \cos \phi_i + N_{i+1} \cos \phi_{i+1}} \quad \cdots \text{式(4)}$$

射入角 ϕ_i 係可以利用以下所示之 Snell(斯奈爾)法則 ($N_0 \sin \phi_0 = N_i \sin \phi_i$)，從最上層之環境層(0層)的射入角進行計算。

在光會干擾之具有膜厚的層內，使利用式(3)予以表現之反射率進行反射之光在層內重覆往返好幾次。為此，在與相鄰的層之界面直接反射的光、與在層內多重反射後的光之間由於該光路長不同，造成相位相互不同者而產生光的干擾。為了顯示這樣之各層內之光的干擾效果，當導入 i 層之層內的光之相位角 β_i 時，可以如式(5)予以表現。

$$\beta_i = 2\pi \left(\frac{d_i}{\lambda} \right) N_i \cos \phi_i \quad \cdots \text{式(5)}$$

其中， d_i 係表示 i 層的膜厚， λ 係表示射入光的波長。

使用式(2)～式(5)，由環境層、薄膜層、基板層之 3

層構成的試料 OBJ 中的偏光 P 成分、S 成分的複反射係數 R_p 、 R_s 係可以如式(6)予以表現。

$$R_p = \frac{r_{01p} + \gamma \times r_{12p} e^{-j2\beta_1}}{1 + \gamma \times r_{01p} r_{12p} e^{-j2\beta_1}} \quad , \quad R_s = \frac{r_{01s} + \gamma \times r_{12s} e^{-j2\beta_1}}{1 + \gamma \times r_{01s} r_{12s} e^{-j2\beta_1}} \quad \cdots \text{式(6)}$$

其中， γ 係表示內面反射係數貢獻率，表現從基板層之厚膜層的內面側使光反射過來的比率。又，在省略內面反射係數貢獻率的情況下，以 $\gamma = 1$ 亦可。

又，同樣地，P 成分、S 成分的複穿透係數 T_p 、 T_s 係可以如式(7)予以表現。

$$T_p = \frac{t_{01p} t_{12p} e^{-j\beta_1}}{1 + r_{01p} r_{12p} e^{-j2\beta_1}} \quad , \quad T_s = \frac{t_{01s} t_{12s} e^{-j\beta_1}}{1 + r_{01s} r_{12s} e^{-j2\beta_1}} \quad \cdots \text{式(7)}$$

藉由將式(6)及式(7)代入到式(1)，可以各自成為膜模型型式表現反射率、穿透率、相位差 Δ 及振幅比 Ψ 。

如以上所示，膜模型型式係為使用前述之射入角 φ_i 、射入光的波長 λ 、複折射率 N_i 、膜厚 d_i 、內面反射係數貢獻率 γ ，表現反射率、穿透率、相位差 Δ 及振幅比 Ψ 等的關係式。

再者，針對利用光學特性測量裝置 100 算出之膜的光學常數（折射率 n_i 、消光係數 k_i ），Cauchy 模型、Forouhi-Bloomer 模型、EMA 模型、Lorentz 模型、Tauc-Lorentz 模型、Drude 模型等膜模型型式為悉知的。

具體而言，使用 Cauchy 模型表示光學常數的膜模型型式係可以如式(8)予以表現。

$$n_i = \frac{C_3}{\lambda^4} + \frac{C_2}{\lambda^2} + C_1 \quad \dots \text{式(8)}$$

$$k_i = 0$$

其中， C_1 、 C_2 、 C_3 為膜模型式的變數。

又，使用 Forouhi-Bloomer 模型表示光學常數的膜模型式係可以如式(9)予以表現。

$$\begin{aligned} k_i &= C_1(E - C_4)^2 / (E^2 - C_2E + C_3) \\ E &= hc / \lambda \\ n_i &= C_5 + g(E) \end{aligned} \quad \dots \text{式(9)}$$

其中， h 為普郎克常數， c 為在真空中的光速度， $g(E)$ 為 k_i 的積分值， C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 為膜模型式的變數。又，求出 n_i 的數學式係從藉由利用式(10)所示之 Kramers-Kronig 的關係式進行積分求出 k_i 的數學式予以導出。

$$\begin{aligned} n(\omega) &= 1 + \frac{2}{\pi} P \int_0^\infty \frac{\omega' k(\omega')}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \\ k(\omega) &= -\frac{2}{\pi} P \int_0^\infty \frac{n(\omega')}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \end{aligned} \quad \dots \text{式(10)}$$

其中， P 為柯西(Cauchy)積分的主值， ω 為頻率。

回到第 3 圖，模型化部 501 係從每個測量點取得之光譜，對於每個測量點產生膜模型式。例如，在從 1 塊基板進行 5 點測量的情況、或者對於 5 塊基板各自進行 1 點測量的情況，模型化部 501 係從在每個測量點取得的光譜，對於每個測量點而產生 5 個膜模型式。

其次，解析部 502 係使利用模型化部 501 產生的複數個膜模型式聯立，並且使包含在複數個膜模型式的光學常

數 n 、 k 為相同進行非線形最小平方法的運算，算出膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 。又，非線形最小平方法係為例示，只要是可以算出膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 之運算，即使是其他運算方法亦可。

所謂非線形最小平方法，其係為算出使已測量的光譜資料 Y_m 及從膜模型式算出的光譜資料 Y_c 之殘差 ΔY 的平方和成為最小的參數(膜的膜厚 d_i 及光學常數 n_i 、 k_i)之方法。在實際的運算中，如式(11)所示，藉由解開行列式可以求出參數的變化量。

$$\begin{aligned} Y &= XP \\ X^T Y &= X^T X P & \cdots \text{式(11)} \\ (X^T X)^{-1} X^T Y &= P \end{aligned}$$

其中， Y ：殘差行列， X ：偏微分行列， P ：參數變化量行列

習知，非線形最小平方法所用的行列式係對於每個已產生的膜模型式作為式(12)，進行運算。

$$\begin{bmatrix} \Delta Y_1 \\ \vdots \\ \Delta Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial C_1} & \frac{\partial f_1}{\partial C_2} & \frac{\partial f_1}{\partial C_3} & \frac{\partial f_1}{\partial d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial C_1} & \frac{\partial f_n}{\partial C_2} & \frac{\partial f_n}{\partial C_3} & \frac{\partial f_n}{\partial d} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta C_1 \\ \Delta C_2 \\ \Delta C_3 \\ \Delta d \end{bmatrix} \quad \cdots \text{式(12)}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_y &= Y_{m_y} - Y_{c_y} \\ Y_{c_y} &= f_y(\phi, \lambda_y, N_0, N_1, d_1, \dots, N_i, d_i, \gamma) (y=1 \sim n) \end{aligned}$$

其中，式(12)係因為使用 Cauchy 模型，因此光學常數 n_i 、 k_i 係作為 C_1 、 C_2 、 C_3 的變數予以表現。

但是，解析部 502 係因為使利用模型化部 501 產生的複數個膜模型式聯立，因此將非線形最小平方法所用的行列式作為合成複數個膜模型式的式(13)，進行運算。

$$\begin{bmatrix} \Delta Y_{11} \\ \vdots \\ \Delta Y_{1n} \\ \vdots \\ \Delta Y_{m1} \\ \vdots \\ \Delta Y_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_{11}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{11}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{11}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{11}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{11}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{11}}{\partial d_m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_{1n}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{1n}}{\partial d_m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_{m1}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{m1}}{\partial d_m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_{mn}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{mn}}{\partial d_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta C_1 \\ \Delta C_2 \\ \Delta C_3 \\ \Delta d_1 \\ \Delta d_2 \\ \vdots \\ \Delta d_m \end{bmatrix} \quad \cdots \text{式 (13)}$$

$$\Delta Y_{xy} = Ym_{xy} - Yc_{xy}$$

$$Yc_{xy} = f_{xy}(\phi, \lambda_y, N_{x0}, N_{x1}, d_{x1}, \cdots, N_{xi}, d_{xi}, \gamma) (x=1 \sim m, y=1 \sim n)$$

其中，式(13)因為也是使用 Cauchy 模型，因此光學常數 n_i 、 k_i 係作為 C_1 、 C_2 、 C_3 的變數予以表現。又，式(13)係由於在膜模型式 f 不存在偏微分參數，因此使偏微分參數之項(例如，利用 d_2 將 f_{11} 進行偏微分的項)成為“0”。

再者，解析部 502 係使光學常數 n 、 k 為相同，進行式(13)運算。換言之，變數 C_1 、 C_2 、 C_3 係具有如式(14)所示的關係。

$$C_1 = C_{11} = C_{12} = \cdots = C_{1m}$$

$$C_2 = C_{21} = C_{22} = \cdots = C_{2m}$$

$$C_3 = C_{31} = C_{32} = \cdots = C_{3m}$$

…式(14)

藉此，解析部 502 係可以解開式(13)的行列式，求出參數的變化量，而算出膜的膜厚 d_i 及光學常數 n_i 、 k_i 。

第 5A、5B 圖係為模式顯示試料與膜的膜厚 d_i 及光學常數 n_i 、 k_i 之關係的圖面。在第 5A 圖中，各自對於形成相同材料的膜之試料 1、試料 2、試料 3 產生膜模型式，並且使用非線形最小平方法算出膜的膜厚 d_i 及光學常數 n_i 、

k_i 。為此，對於各個試料 1、試料 2、試料 3，算出值不同之膜的光學常數 n_i 、 k_i ，無法求出膜的光學常數 n_i 、 k_i 作為唯一值。

在關於本發明之方法中，如第 5B 圖所示，形成有相同材料的膜之試料 1、試料 2、試料 3 係使膜的光學常數 n 、 k 為相同，並且總結使用非線形最小平方法算出膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 。為此，可以使相同材料之膜的光學常數 n 、 k 成為唯一值予以求出。

回到第 3 圖，配適部 503 係進行利用解析部 502 算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 代入膜模型式而得到的波形、及利用檢測器 40(第 1 圖)取得之光譜的波形之配適。配適部 503 係藉由進行兩波形的配適，可以判定包含在複數個膜模型式之光學常數 n 、 k 為相同，而且已算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 為正確值。

反之，配適部 503 係若是沒有使利用解析部 502 算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 代入膜模型式而得到的波形與已取得之光譜的波形配適的話，可以判定膜的光學常數 n 、 k 為不同，或者膜模型式本身為不同。

換言之，配適部 503 係驗證膜的光學常數 n 、 k 是否相同、膜模型式是否正確，可以提高利用解析部 502 算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 之精確度。

<測量方法>

其次，參照流程圖，針對依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量方法進行說明。

第 6 圖係為顯示關於依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量方法的處理順序之流程圖。

參照第 6 圖，首先，光學特性測量裝置 100 係在測量被測量物之試料前，進行膜的光學常數為既知之基準測量物的反射強度測量(步驟 S601)。接著，使用者將被測量物(試料)配置在平台 70(第 1 圖)上(步驟 S602)。

接著，使用者係一邊參照被顯示在顯示部(未圖示)之利用觀察用攝影機 60(第 1 圖)所拍攝的反射影像，一邊移動對物鏡 30 及平台 70，在測量點進行對焦(步驟 S603)。

在測量點進行對焦後，當使用者施予測量開始指令時，從測量用光源 10(第 1 圖)開始測量光的產生。檢測器 40 係接受來自試料的反射光，並且將依據該反射光之反射強度光譜輸出(反射強度測量)到資料處理部 50(步驟 S604)。接著，資料處理部 50 的 CPU200 係將利用檢測器 40 所檢測的反射強度光譜暫時儲存在記憶體部 212 等，之後，從反射強度光譜算出試料的反射率(步驟 S605)。

CPU200 係產生至少包含已算出之試料的反射率、膜的膜厚及光學常數之膜模型式(步驟 S606)。接著，CPU200 係判斷全部的測量點是否都已測量(步驟 S607)。在 CPU200 判斷未測量全部的測量點之情況下(步驟 S607:N0)，使用者係一邊參照被顯示在顯示部(未圖示)之利用觀察用攝影機 60(第 1 圖)所拍攝的反射影像，一邊移動對物鏡 30 及平台 70，在下個測量點進行對焦(步驟 S603)。

在 CPU20 判斷已測量全部的測量點之情況下(步驟

S607:YES)，將處理前進到步驟 S608。CPU200 係使複數個膜模型式聯立，並且使包含在複數個膜模型式之光學常數為相同利用非線形最小平方法進行運算，算出膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k (步驟 S608)。

再者，CPU200 係進行將已算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 代入膜模型式而得到的波形、及利用檢測器 40 取得之光譜的波形之配適，判斷是否可配適(步驟 S609)。CPU200 係在判斷為可配適的情況下(步驟 S609:YES)，判定包含在複數個膜模型式之光學常數 n 、 k 為相同，而且已算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 為正確(步驟 S610)。CPU200 係判斷為不能配適的情況下(步驟 S609:NO)，判定包含在複數個膜模型式之光學常數 n 、 k 為不同，而且已產生的膜模型式為不同(步驟 S611)。

其次，針對利用光學特性測量裝置 100 測量(模擬)試料而得到的結果進行說明。首先，第 7A~7C 圖係為顯示利用習知之光學特性測量裝置測量試料而得到之結果的圖表。在第 7A 圖、第 7B 圖、第 7C 圖中各自顯示試料 1 之反射率光譜及試料 1 之膜的光學常數 n 、 k 之圖表、試料 2 之反射率光譜及試料 2 之膜的光學常數 n 、 k 之圖表、試料 3 之反射率光譜及試料 3 之膜的光學常數 n 、 k 之圖表。又，反射率光譜圖表的橫軸、縱軸係各自表示波長、反射率，膜的光學常數 n 、 k 圖表的橫軸、左側縱軸、右側縱軸係各自表示波長、折射率、消光係數。又，試料 1~3 係在 Si 基板上各自形成膜厚有所不同的樹脂膜。

如第 7A~7C 圖所示，雖然消光係數 k 沒有根據試料 1~試料 3 變化而是相同值，但是因為折射率 n 係在試料 1、試料 2、及試料 3 有所不同，因此無法算出樹脂膜的光學常數 n 、 k 作為唯一值。又，各自算出試料 1 的樹脂膜膜厚為 49.1nm，試料 2 的樹脂膜膜厚為 45.6nm，試料 3 的樹脂膜膜厚為 65.4nm。

如第 7A~7C 圖所示，在習知之光學特性測量裝置中，由於是相同的樹脂膜，儘管本來應該算出作為相同的光學常數 n 、 k ，但是卻算出作為不同的光學常數 n 、 k 而造成問題。

第 8A、8B 圖係為顯示利用依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 測量試料而得到的結果之圖表。在第 8A 圖、第 8B 圖係各自顯示試料 4~試料 6 之反射率光譜、試料 4~試料 6 之膜的光學常數 n 、 k 之圖表。又，反射率光譜圖表的橫軸、縱軸係各自表示波長、反射率，膜的光學常數 n 、 k 圖表的橫軸、左側縱軸、右側縱軸係各自表示波長、折射率、消光係數。又，試料 4~6 係在 Si 基板上各自形成膜厚有所不同的樹脂膜。

如第 8A、8B 圖所示，光學常數 n 、 k 係沒有依據試料 4~試料 6 而有所變化，可以算出作為顯示樹脂膜的光學常數之唯一值。又，各自算出試料 4 的樹脂膜膜厚為 60.8nm，試料 5 的樹脂膜膜厚為 40.8nm，試料 3 的樹脂膜膜厚為 19.8nm。

其次，說明利用光學特性測量裝置 100 測量(模擬)在

每個測量點光學常數 n 、 k 不同的試料之情況的結果。第 9A～9D 圖係為測量在每個點測量光學常數 n 、 k 有所不同的試料而得到的結果之圖表。在第 9A 圖、第 9B 圖係各自顯示試料 7 內的 5 個測量點之折射率 n 、試料 7 內的 5 個測量點之消光係數 k 。又，折射率 n 圖表的橫軸、縱軸係各自表示波長、折射率，消光係數 k 圖表的橫軸、縱軸係各自表示波長、消光係數。又，試料 7 係在玻璃基板上形成 ITO 薄膜。如第 9A 及 9B 圖所示，雖然是相同試料 7 的相同 ITO 薄膜，但是在每個測量點光學常數 n 、 k 有所不同。

利用光學特性測量裝置 100 測量試料 7 的結果係為第 9C 及 9D 圖。第 9C 圖係為試料 7 內的 5 個測量點之反射率光譜，第 9D 圖係為試料 7 內的 5 個測量點之 ITO 薄膜的光學常數 n 、 k 。又，反射率光譜圖表的橫軸、縱軸係各自表示波長、反射率，ITO 薄膜的光學常數 n 、 k 圖表的橫軸、左側縱軸、右側縱軸係各自表示波長、折射率、消光係數。

即使在利用光學特性測量裝置 100 測量試料 7 的情況下，如第 9D 圖所示，可以算出 ITO 薄膜的光學常數 n 、 k 作為唯一值。但是，當進行已算出的光學常數 n 、 k 代入膜模型式而得到的波形、及利用檢測器 40(第 1 圖)取得之反射率光譜的波形之配適時，如第 9C 圖所示，兩波形不會配適。為此，可以得知試料 7 之 ITO 薄膜的光學常數 n 、 k 係在每個測量點有所不同。

其次，說明利用光學特性測量裝置 100 測量(模擬)在習知的光學特性測量裝置中造成測量困難之形成金屬薄膜

的試料之情況的結果。

第 10A、10B 圖係為顯示利用依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 測量形成金屬薄膜的試料而得到的結果之圖表。在第 10A 圖、第 10B 圖係各自顯示試料 8～試料 12 之反射率光譜、試料 8～試料 12 之金屬薄膜的光學常數 n 、 k 之圖表。又，反射率光譜圖表的橫軸、縱軸係各自表示波長、反射率，金屬薄膜的光學常數 n 、 k 圖表的橫軸、左側縱軸、右側縱軸係各自表示波長、折射率、消光係數。又，試料 8～12 係在石英基板上各自形成膜厚有所不同的 Cr 薄膜。

如第 10B 圖所示，因為光學常數 n 、 k 沒有依據試料 8～試料 12 變化而是相同值，因此可以算出 Cr 膜的光學常數 n 、 k 作為唯一值。又，各自算出試料 8 的 Cr 膜膜厚為 32.0nm，試料 9 的 Cr 膜膜厚為 20.7nm，試料 10 的 Cr 膜膜厚為 15.5nm，試料 11 的 Cr 膜膜厚為 10.3nm，試料 12 的 Cr 膜膜厚為 5.2nm。

如以上所示，在關於本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 中，利用解析部 502 使已產生的膜模型式聯立，並且使包含在複數個膜模型式之光學常數 n 、 k 為相同利用非線形最小平方法進行運算，算出膜的膜厚 d 及光學常數 n 、 k 。再者，光學特性測量裝置 100 係藉由利用配適部 503 進行將已算出之膜的膜厚 d 及光學常數 n 、 k 代入膜模型式而得到的波形、及利用檢測器 40 取得之反射率光譜的波形之配適，判定包含在複數個膜模型式之光學常數 n 、

k 為相同，而且算出之膜的膜厚 d 及光學常數 n、k 為正確值。為此，光學特性測量裝置 100 係可以從已取得之光譜求出形成在基板上之膜的光學常數 n、k 作為唯一值。又，在關於本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置 100 中，因為利用配適部 503 驗證利用解析部 502 算出之膜的膜厚 d 及光學常數 n、k，可以測量更高精確度之膜的膜厚 d 及光學常數 n、k。

又，前述式(13)係為以在基板上形成 1 層薄膜之試料，省略內面反射係數貢獻率的情況($\gamma=1$)之行列式。但是，關於本發明之光學特性測量裝置 100 係不限於式(13)的行列式，以在基板上形成多層薄膜的試料，考量內面反射係數貢獻率的情況之行列式亦可。具體而言，其係使用如以下之式(15)所示之行列式。又，以下之式(15)係在後項(例如，利用 d_m 將 f_{11} 進行偏微分之項的下項、 Δd_m 的下段)適當追加考量多層薄膜或內面反射係數貢獻率之參數。

$$\begin{bmatrix} \Delta Y_{11} \\ \vdots \\ \Delta Y_{1n} \\ \vdots \\ \Delta Y_{m1} \\ \vdots \\ \Delta Y_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_{11}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{11}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{11}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{11}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{11}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{11}}{\partial d_m} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots \\ \frac{\partial f_{1n}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{1n}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{1n}}{\partial d_m} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots \\ \frac{\partial f_{m1}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{m1}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{m1}}{\partial d_m} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots \\ \frac{\partial f_{mn}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial C_2} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial C_3} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial d_1} & \frac{\partial f_{mn}}{\partial d_2} & \cdots & \frac{\partial f_{mn}}{\partial d_m} & \cdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta C_1 \\ \Delta C_2 \\ \Delta C_3 \\ \Delta d_1 \\ \Delta d_2 \\ \vdots \\ \Delta d_m \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \cdots \text{式(15)}$$

$$Y_{c_{xy}} = f_{xy}(\phi, \lambda_y, N_{x0}, N_{x1}, d_{x1}, \cdots, N_{xi}, d_{xi}, \gamma) (x=1 \sim m, y=1 \sim n)$$

又，利用光學特性測量裝置 100 測量的試料係不必是

完全相同層構成的試料，根據每個試料形成不同的層構成亦可。第 11 圖係為顯示利用光學特性測量裝置 100 測量的試料之層構成的概略圖。第 11 圖所示之試料 1 係為在基板上層疊第 1 層、第 2 層之層構成，試料 2 係為在基板上層疊第 1 層之層構成。

試料 1 的第 1 層係為複折射率 N_{12} 、膜厚 d_{12} ，試料 1 的第 2 層係為複折射率 N_{11} 、膜厚 d_{11} 。試料 2 的第 1 層係為複折射率 N_{21} 、膜厚 d_{21} 。光學特性測量裝置 100 係使試料 1 的第 1 層及試料 2 的第 1 層的複折射率 N 為相同 ($N_{12} = N_{21}$) 進行測量。

(實施形態 2)

<裝置構成>

第 12 圖係為依據本發明之實施形態 2 之光學特性測量裝置 110 的概略構成圖。

依據本發明之實施形態 2 之光學特性測量裝置 110 係為橢圓分光計，將至少包含特定紫外光波長範圍的光(射入光)照射到試料，藉由測量針對該射入光利用試料予以反射而產生之反射光的特定波長之分光橢圓參數，可以測量各層的膜厚等。

具體而言，光學特性測量裝置 110 係在試料照射光，並且依據利用該試料予以反射之偏光反射光的波長分布特性(以下也稱為「光譜」)，可以測量構成試料之膜的膜厚及光學常數(折射率 n 、消光係數 k)。

參照第 12 圖，光學特性測量裝置 110 係包括：測量用

光源 10、橢圓投光部 80、橢圓受光部 90、檢測器 40、資料處理部 50、及平台 70。試料係配置在平台 70 上。

測量用光源 10 係產生包含特定的紫外光波長範圍(例如, 185nm~400nm)之波長範圍的光。在代表性上, 測量用光源 10 係利用氙氣燈(Xe 燈)或氘燈(D2 燈)等之可產生從紫外光帶域到可視帶域的波長之白色光源予以構成。利用測量用光源 10 產生的光係透過光緩衝器等導入到橢圓投光部 80。

橢圓投光部 80 係包含偏光稜鏡 81。偏光稜鏡 81 係為偏光件, 並且將利用測量用光源 10 產生的光轉換為偏光光。將已轉換的偏光光照射到試料。又, 橢圓投光部 80 也可以設置 $1/4\lambda$ 波長板, 將照射到試料的光轉換為圓偏光。

橢圓受光部 90 係包含偏光稜鏡 91。偏光稜鏡 91 係為驗光件, 並且將利用試料予以反射而產生的反射光改變為直線偏光。該被改變為直線偏光後之反射光係透過光緩衝器等導入到檢測器 40。偏光稜鏡 91 係與旋轉馬達(未圖示)連結, 並且在與該旋轉馬達的旋轉位置因應之偏光方向產生直線偏光。

因為檢測器 40 及資料處理部 50 係與關於實施形態 1 之檢測器 40 及資料處理部 50 為大致相同的構成, 因此不重複詳細的說明。又, 因為資料處理部 50 係具有與利用實施形態 1 說明之運算處理構造相同的構造, 並且進行相同的運算處理, 因此不重複詳細說明。

<測量方法>

其次，參照流程圖，針對依據本發明之實施形態 2 之光學特性測量方法進行說明。

第 13 圖係為顯示關於依據本發明之實施形態 2 之光學特性測量方法的處理順序之流程圖。

參照第 13 圖，首先，使用者將被測量物(試料)配置在平台 70(第 12 圖)上(步驟 S131)。

接著，使用者係移動橢圓投光部 80，以來自橢圓投光部 80 的光可以照射到試料的測量點之方式進行對焦(步驟 S132)。再者，使用者係以從投光部 80 照射的光可以在試料的測量點予以反射並利用橢圓受光部 90 予以接受之方式，進行橢圓投光部 80 及橢圓受光部 90 之射入角度的配合(步驟 S133)。

在測量點進行對焦，並且配合橢圓投光部 80 及橢圓受光部 90 之射入角度後，當使用者施予測量開始指令時，從測量用光源 10(第 12 圖)開始測量光的產生。檢測器 40 係接受來自試料之偏光反射光，並且將依據該偏光反射光之反射強度光譜輸出(偏光反射強度測量)到資料處理部 50(步驟 S134)。接著，資料處理部 50 之 CPU200 係將利用檢測器 40 所檢測的反射強度光譜暫時儲存在記憶體部 212 等，之後，從反射強度光譜算出試料的相位差 Δ 及振幅比 Ψ (步驟 S135)。

CPU200 係產生至少包含已算出之試料的相位差 Δ 及振幅比 Ψ 、膜的膜厚及光學常數之膜模型式(步驟 S136)。接著，CPU200 係判斷全部的測量點是否都已測量(步驟

S137)。在 CPU200 判斷未測量全部的測量點之情況下(步驟 S137:NO)，使用者係移動橢圓投光部 80，並且以來自橢圓投光部 80 之光照射到試料的下個測量點之方式進行對焦(步驟 S132)。

在 CPU200 判斷已測量全部的測量點之情況下(步驟 S137:YES)，將處理前進到步驟 S138。CPU200 係使複數個膜模型式聯立，並且使包含在複數個膜模型式之光學常數為相同利用非線形最小平方法進行運算，算出膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k (步驟 S138)。

再者，CPU200 係進行將已算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 代入膜模型式而得到的波形、及利用檢測器 40 取得之光譜的波形之配適，判斷是否可配適(步驟 S139)。CPU200 係在判斷為可配適的情況下(步驟 S139:YES)，判定包含在複數個膜模型式之光學常數 n 、 k 為相同，而且已算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 為正確(步驟 S140)。CPU200 係判斷為不能配適的情況下(步驟 S139:NO)，判定包含在複數個膜模型式之光學常數 n 、 k 為不同，而且已產生的膜模型式為不同(步驟 S141)。

如以上所示，即使是關於本發明之實施形態 2 之光學特性測量裝置 110，因為也可以產生至少包含已算出之試料的相位差 Δ 及振幅比 Ψ 、膜的膜厚及光學常數之膜模型式，並且進行與實施形態 1 相同的處理，因此可以從已取得之光譜求出形成在基板上之膜的光學常數 n 、 k 作為唯一值。

又，如第 7A～7C 圖所示，在習知之光學特性測量裝置中，在根據試料而使光學常數 n 、 k 有所變化的情況下，無法判斷各試料之光學常數 n 、 k 是真的不同、或者是根據測量要因的誤差造成的結果。

但是，在關於本發明之光學特性測量裝置 100、110 中，藉由進行將已算出之膜的膜厚 d_i 及光學常數 n 、 k 代入膜模型式而得到的波形、及利用檢測器 40 取得之光譜的波形之配適，可以驗證各試料之光學常數 n 、 k 是否是真的不同。換言之，在光學特性測量裝置 100、110 中，在可配適的情況下（殘差 ΔY 為小的情況），使各試料之光學常數 n 、 k 為相同，而可以得到唯一的光學常數 n 、 k ，在不能配適的情況下（殘差 ΔY 為大的情況），可以判斷各試料之光學常數 n 、 k 為真的不同。

其中，利用光學特性測量裝置 100、110 評估之殘差 ΔY 係為各試料之殘差總和。第 14 圖係為顯示利用依據本發明之光學特性測量裝置 100、110 評估之殘差 ΔY 、及各試料的殘差之關係的模式圖。在第 14 圖中，將橫軸為變數、縱軸為平方殘差總和，顯示試料 A、試料 B、及試料 A+試料 B 之各個殘差變化。利用光學特性測量裝置 100、110 評估之殘差 ΔY 係為試料 A+試料 B 的殘差，並且成為以箭頭所示之試料 A 的殘差 A 及試料 B 的殘差 B 之總和（殘差 A+殘差 B）。從各試料之殘差大小的比例，也可以將光學常數 n 、 k 的變化大小進行定量化。

又，在半導體裝置等之製造線中，為了利用線內或全

自動測量等管理膜厚值，必須預先決定光學常數 n 、 k 成為某一值。在關於本發明之光學特性測量裝置 100、110 中，因為可以算出複數個試料之殘差總和為小的情況之光學常數 n 、 k ，甚至即使在測量光學常數 n 、 k 為不同的試料或測量點之情況下，也可以求出不同之光學常數 n 、 k 的中間值。為此，可以將利用光學特性測量裝置 100、110 測量的光學常數 n 、 k 用來作為利用線內或全自動測量等管理膜厚值所用之暫定的光學常數。

雖然已詳細說明顯示本發明，但是此只為例示，並不限於此，可以明確理解發明的範圍係藉由添附之申請專利範圍予以解釋。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係為依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置的概略構成圖。

第 2 圖係為顯示依據本發明之實施形態 1 之資料處理部的概略硬體構成之模式圖。

第 3 圖係為顯示依據本發明之實施形態 1 之資料處理部的運算處理構造之方塊圖。

第 4 圖係為成為依據本發明之實施形態 1 之光學特性測量裝置所測量對象之試料的剖面模式圖之一例。

第 5A、5B 圖係為模式顯示試料與膜的膜厚 d_i 及光學常數 n_i 、 k_i 的關係之圖面。

第 6 圖係為顯示依據本發明之實施形態 1 之光學特性

測量方法的處理順序之流程圖。

第 7A~7C 圖係為顯示利用習知的光學特性測量裝置測量試料而得到的結果之圖表。

第 8A、8B 圖係為顯示利用依據本發明之實施形態 1 的光學特性測量裝置測量試料而得到的結果之圖表。

第 9A~9D 圖係顯示測量在每個測量點光學常數 n 、 k 不同之試料而得到的結果之圖表。

第 10A、10B 圖為顯示利用依據本發明之實施形態 1 的光學特性測量裝置測量形成金屬薄膜之試料而得到的結果之圖表。

第 11 圖係為顯示利用光學特性測量裝置測量之試料的層構成之概略圖。

第 12 圖係為依據本發明之實施形態 2 之光學特性測量裝置的概略構成圖。

第 13 圖係為顯示關於依據本發明之實施形態 2 之光學特性測量方法的處理順序之流程圖。

第 14 圖係為顯示利用依據本發明之光學特性測量裝置評估之殘差 ΔY 、與各試料的殘差之關係的模式圖。

【主要元件符號說明】

- 10 測量用光源
- 20 光束分光器
- 30 對物鏡
- 40 檢測器

- 50 資 料 處 理 部
- 60 觀 察 用 攝 影 機
- 70 平 台
- 80 橢 圓 投 光 部
- 81、91 偏 光 稜 鏡
- 90 橢 圓 受 光 部
- 100、110 光 學 特 性 測 量 裝 置
- 202 匯 流 排
- 204 顯 示 器 部
- 208 輸 入 部
- 210 硬 碟 部
- 212 記 憶 體 部
- 214 CD-ROM 驅 動 器
- 216 軟 碟 機 (FDD)
- 216a 軟 碟
- 501 模 型 化 部
- 502 解 析 部
- 503 配 適 部

105年2月26日修(更)正替換頁

七、申請專利範圍：

1. 一種光學特性測量裝置，包括：

光源，對於在基板上至少形成 1 層膜之被測量物照射具有特定波長範圍的測量光；

分光測量部，依據利用前述被測量物予以反射的光或者穿透前述被測量物的光，取得反射強度或穿透強度的波長分布特性；

模型化部，從相同材料的前述膜取得複數個前述波長分布特性，產生至少包含從已取得之各個前述波長分布特性算出之參數、前述膜的膜厚及光學常數之複數個膜模型式；

解析部，使利用前述模型化部產生的複數個前述膜模型式聯立，並且使包含在複數個前述膜模型式之前述光學常數為相同進行特定的運算，算出前述膜的前述膜厚及前述光學常數；及

配適部，藉由進行將利用前述解析部算出之前述膜的前述膜厚及前述光學常數代入前述膜模型式而得到的波形、及利用前述分光測量部取得之前述波長分布特性的波形之配適，判定包含在複數個前述膜模型式之前述光學常數為相同，而且利用前述解析部算出之前述膜的前述膜厚及前述光學常數為正確值。

2. 如申請專利範圍第 1 項之光學特性測量裝置，其中，前述解析部係在前述特定的運算使用非線形最小平方

法。

3. 如申請專利範圍第 1 項之光學特性測量裝置，其中，從前述波長分布特性算出之前述參數係為前述膜的反射率或穿透率。

4. 如申請專利範圍第 1 項之光學特性測量裝置，其中，前述分光測量部係依據利用前述被測量物予以反射的光，取得偏光反射強度的前述波長分布特性，

從前述波長分布特性算出之前述參數係為相位差 Δ 及振幅比 Ψ 。

5. 如申請專利範圍第 1 項之光學特性測量裝置，其中，前述模型化部係產生進一步包含前述膜的內面反射係數貢獻率之前述膜模型式。

6. 一種光學特性測量方法，對於在基板上至少形成 1 層膜之被測量物照射具有特定波長範圍的測量光，

依據利用前述被測量物予以反射的光或者穿透前述被測量物的光，從相同材料的前述膜取得複數個反射強度或穿透強度的波長分布特性，

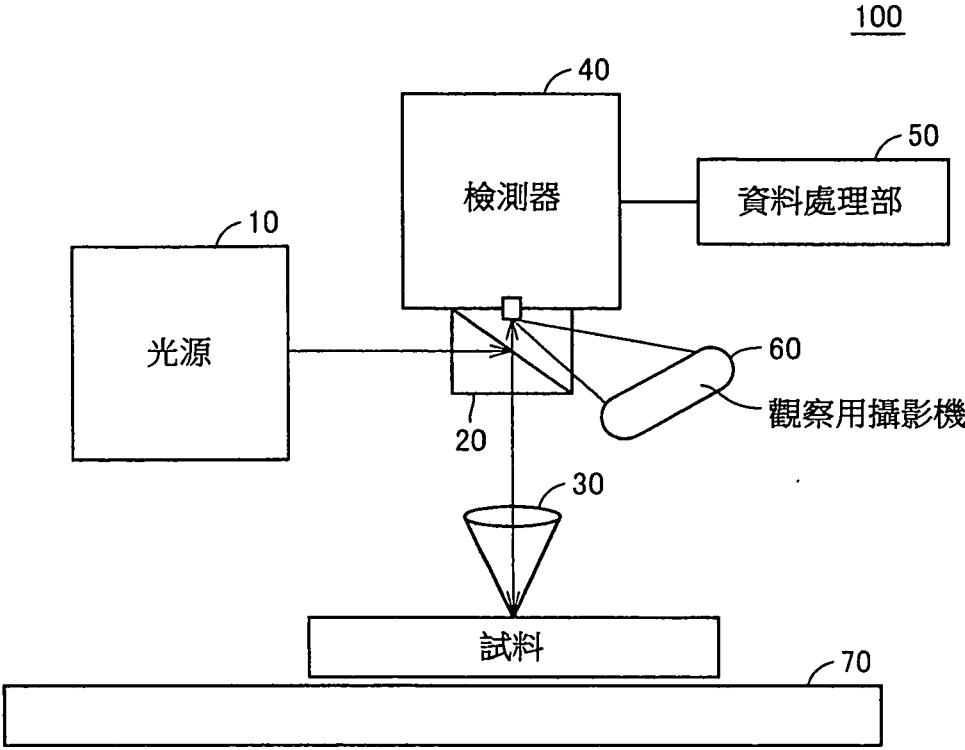
產生包含從已取得之各個前述波長分布特性算出之參數、前述膜的膜厚及光學常數之複數個膜模型式；

使已產生之複數個前述膜模型式聯立，並且使包含在複數個前述膜模型式之前述光學常數為相同進行特定的運算，算出前述膜的前述膜厚及前述光學常數，

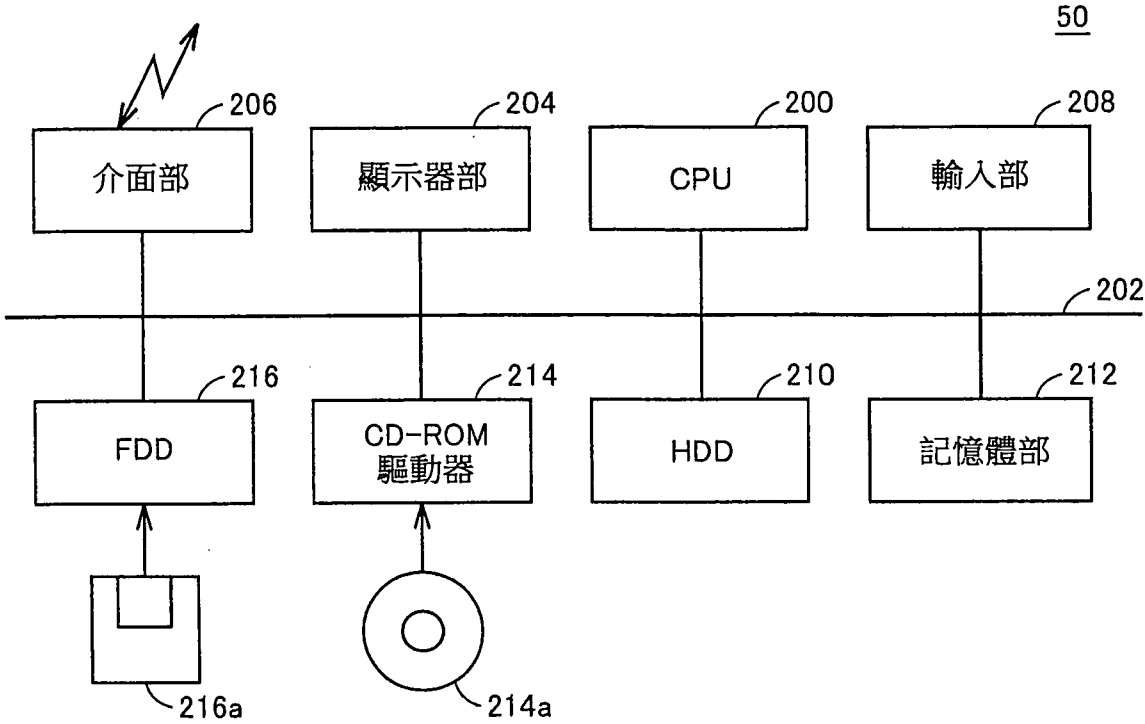
藉由進行將已算出之前述膜的前述膜厚及前述光學常數代入前述膜模型式而得到的波形、及已取得之前述波長分布特性的波形之配適，判定包含在複數個前述膜模型式

之前述光學常數為相同，而且已算出之前述膜之前述膜厚
及之前述光學常數為正確值。

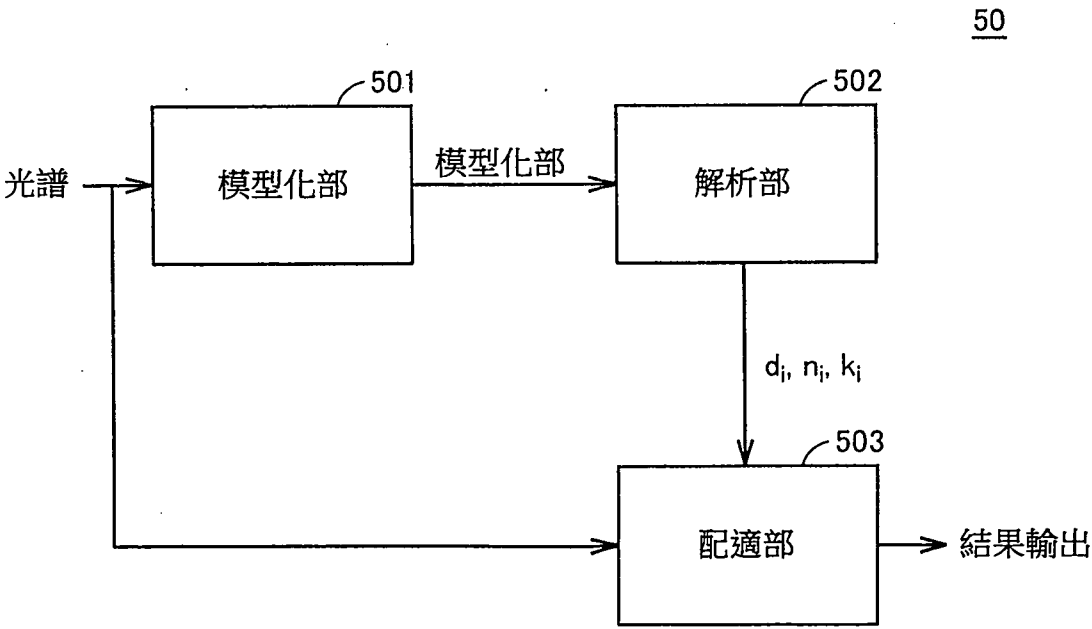
八、圖式：如後所示。



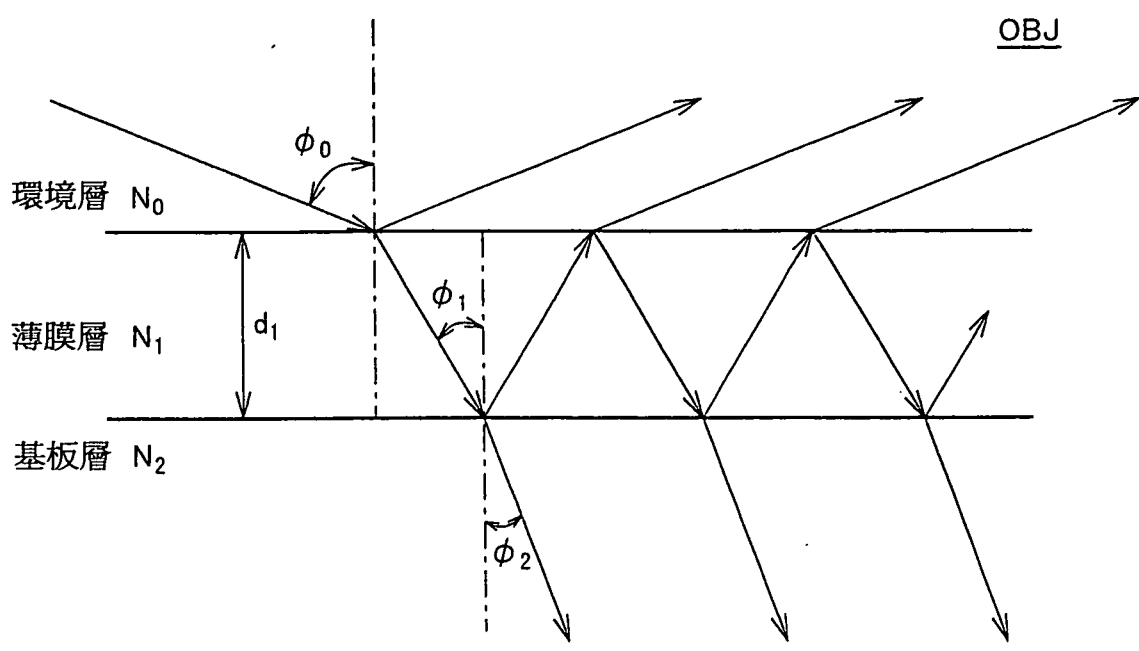
第1圖



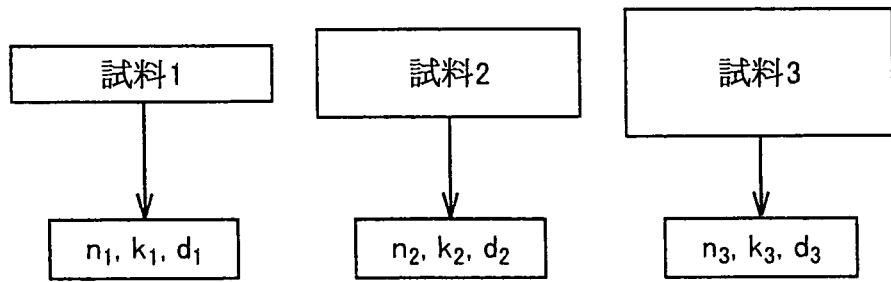
第2圖



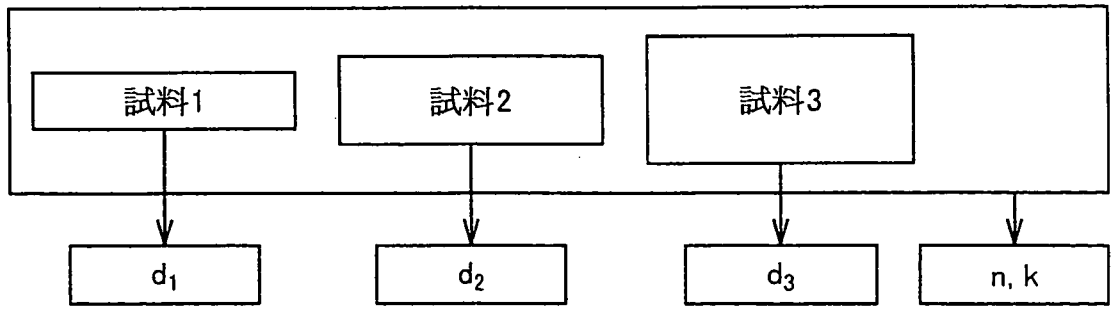
第3圖



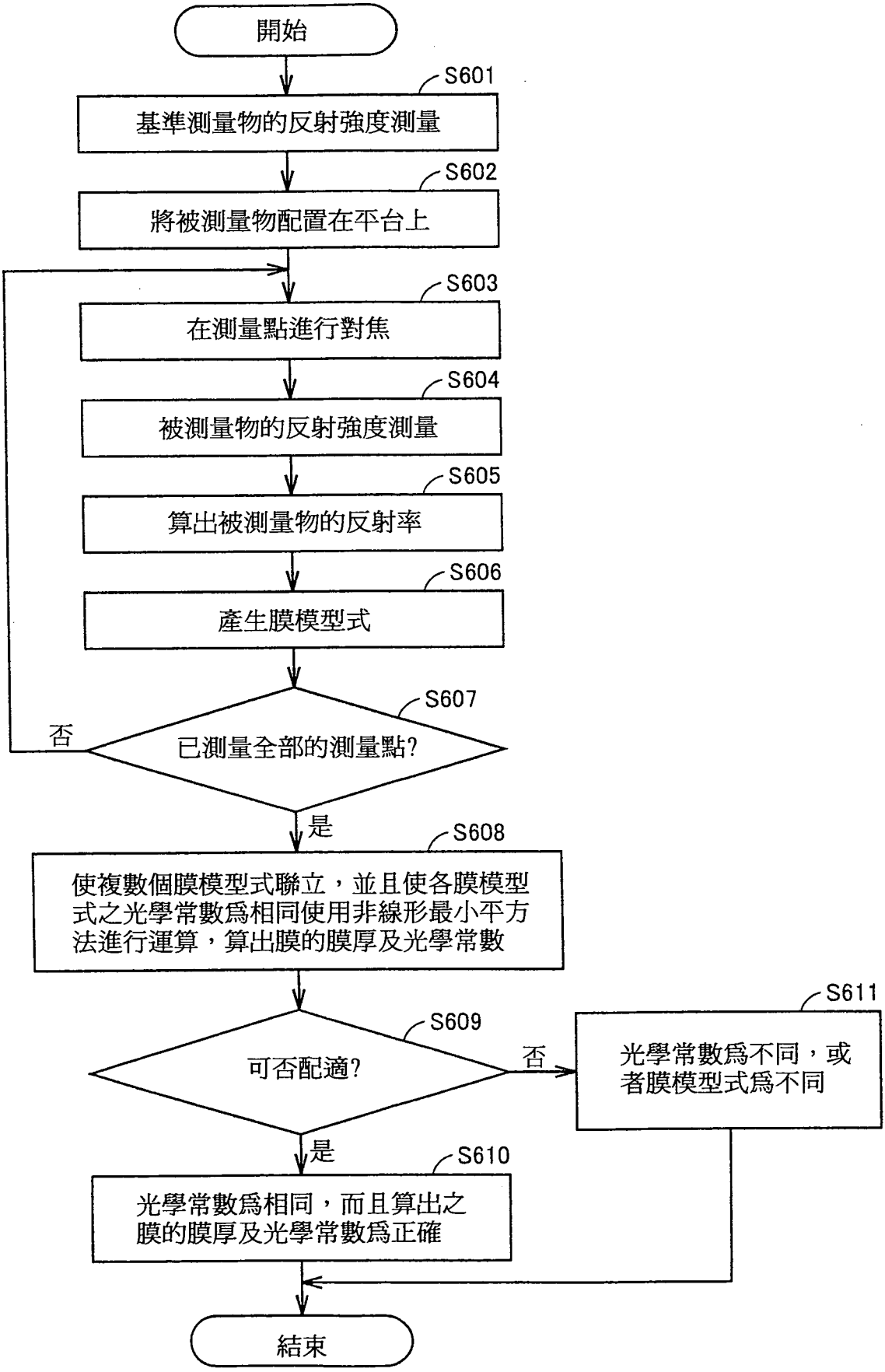
第4圖



第5A圖

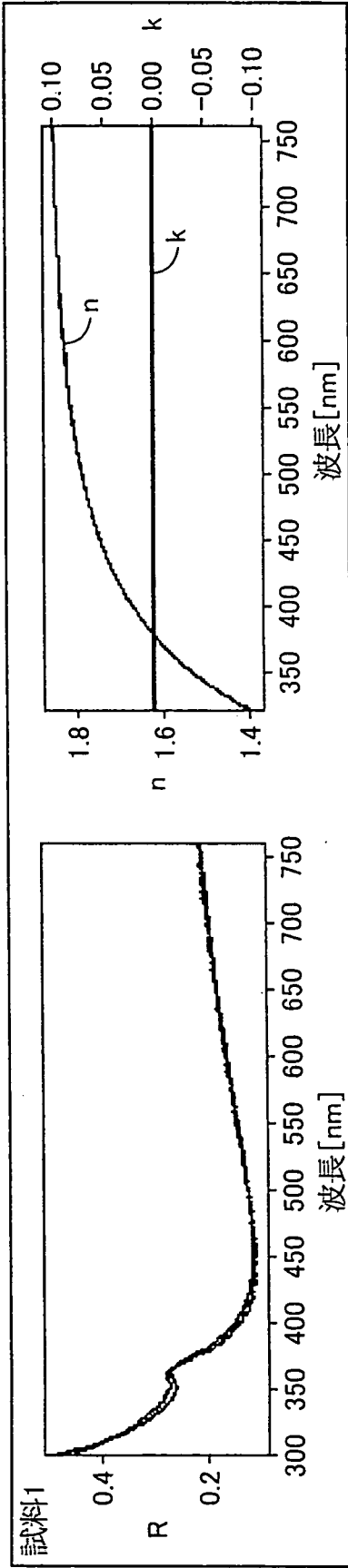


第5B圖

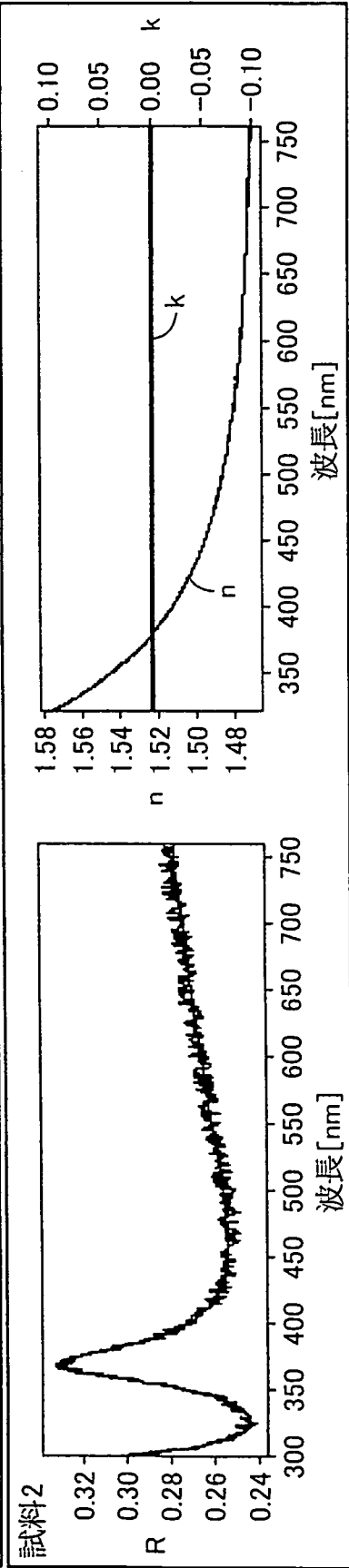


第6圖

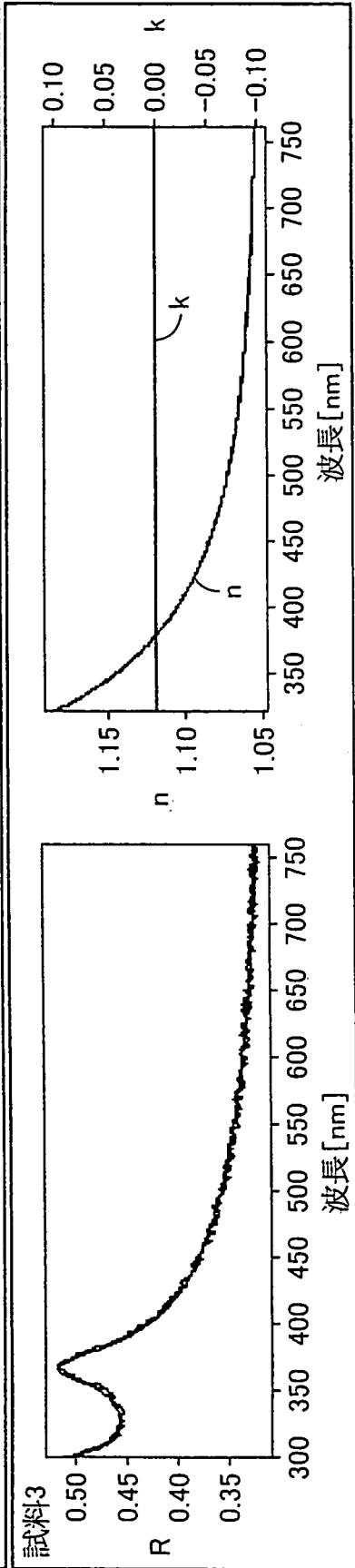
第7A圖

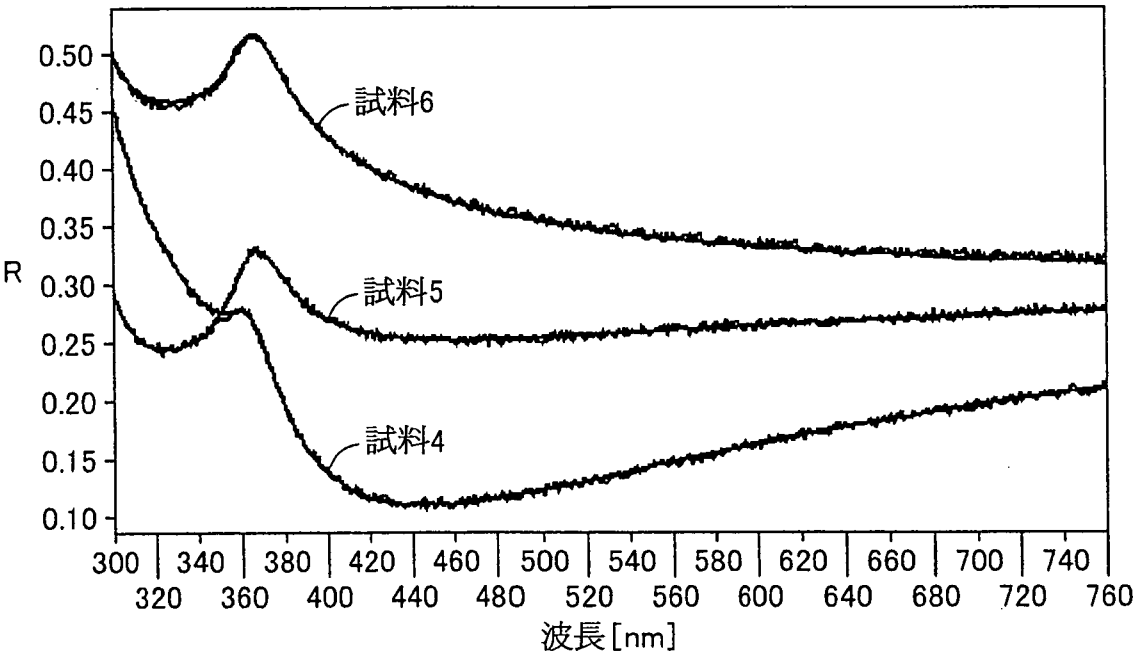


第7B圖

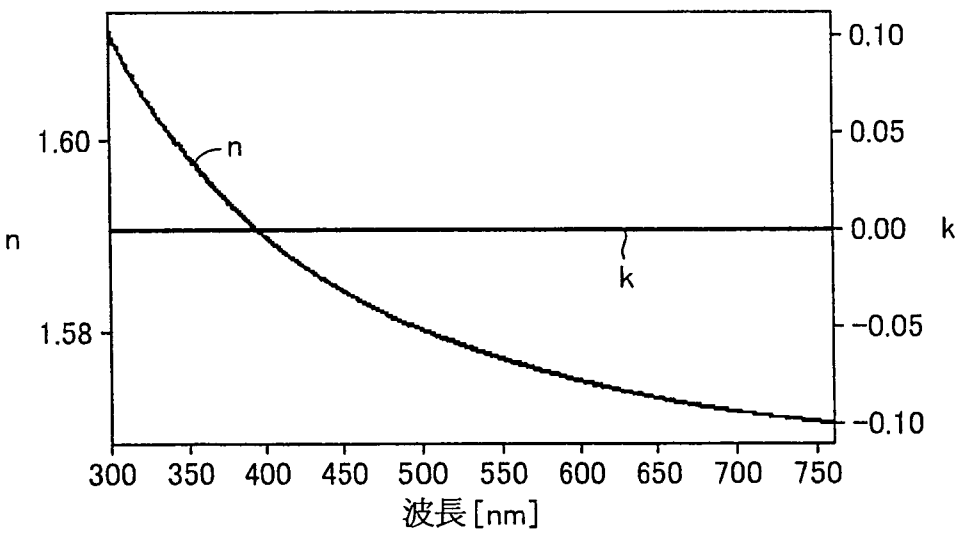


第7C圖

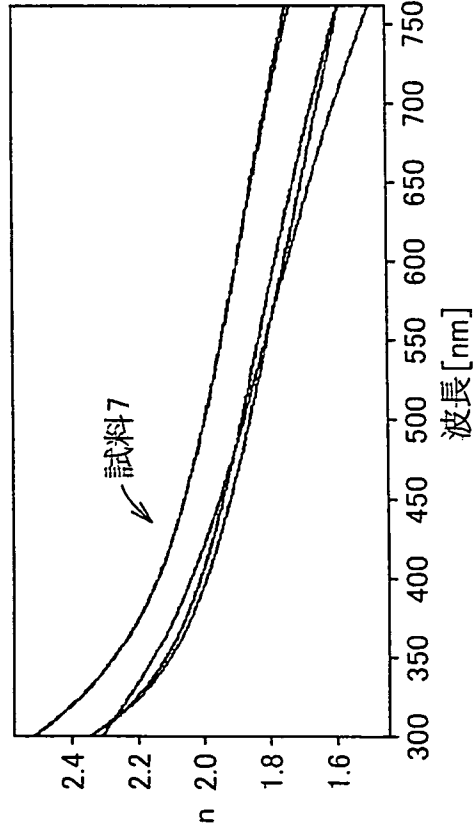




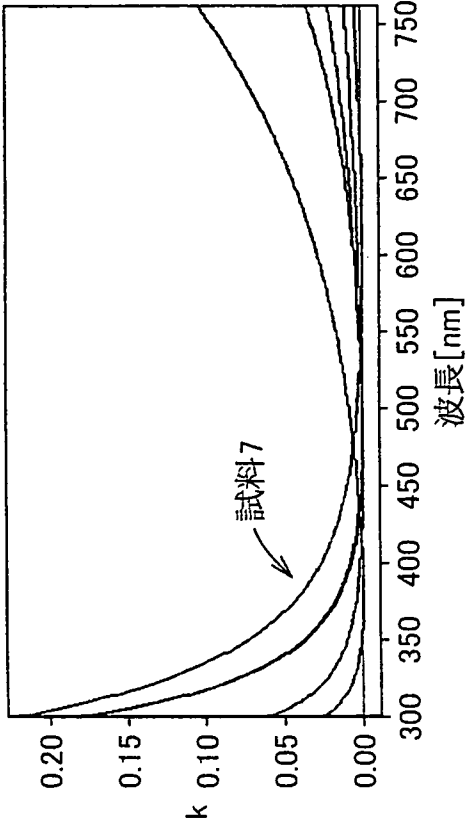
第8A圖



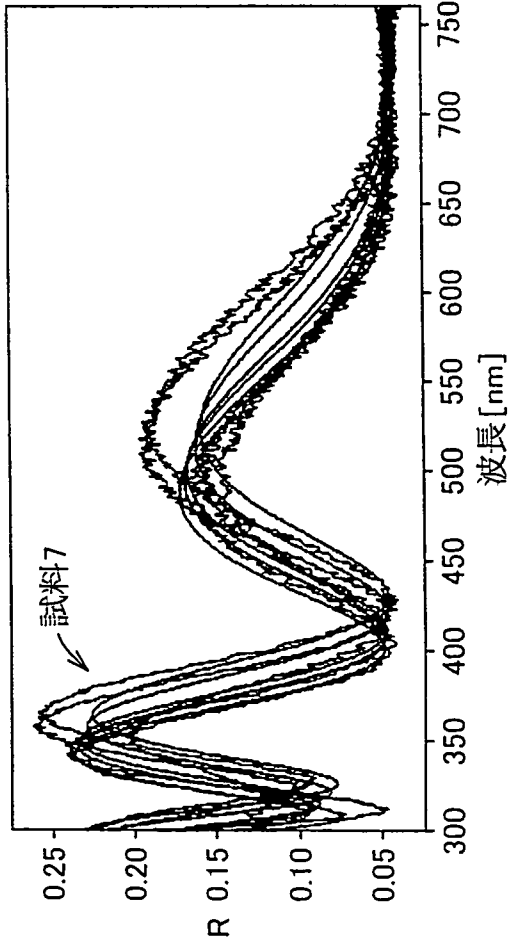
第8B圖



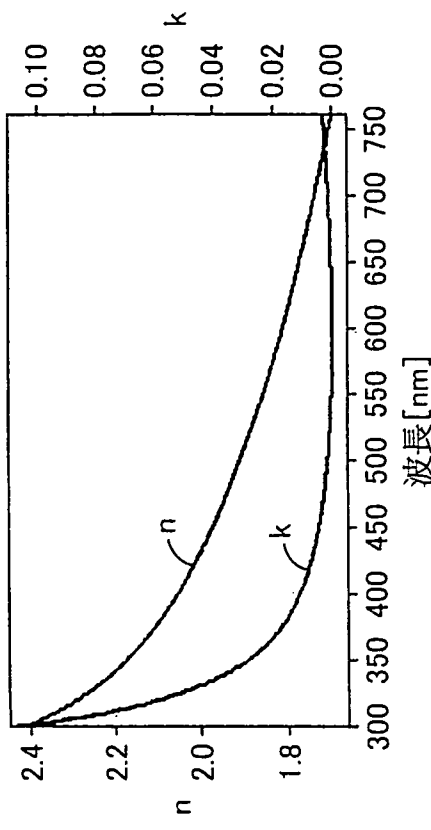
第9A圖



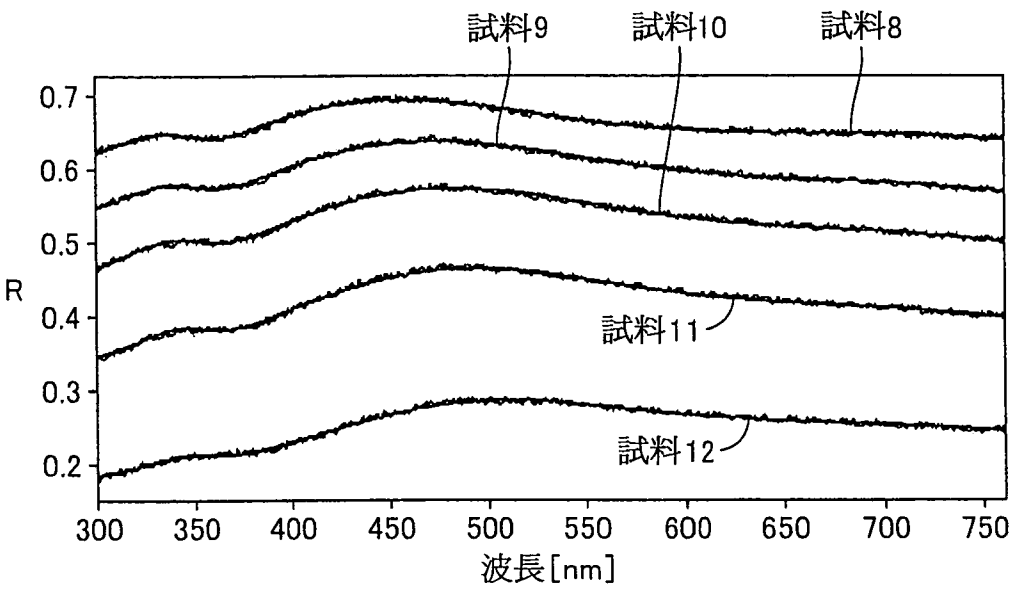
第9B圖



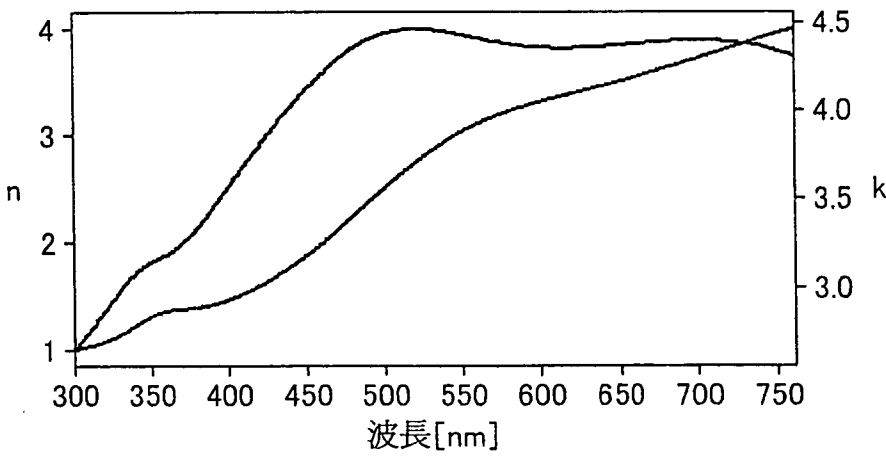
第9C圖



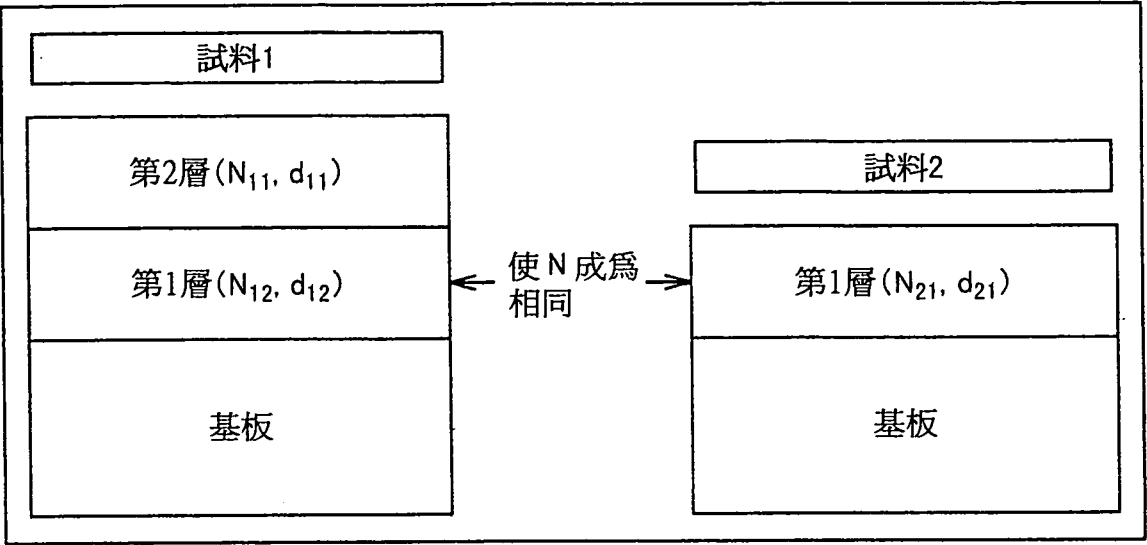
第9D圖



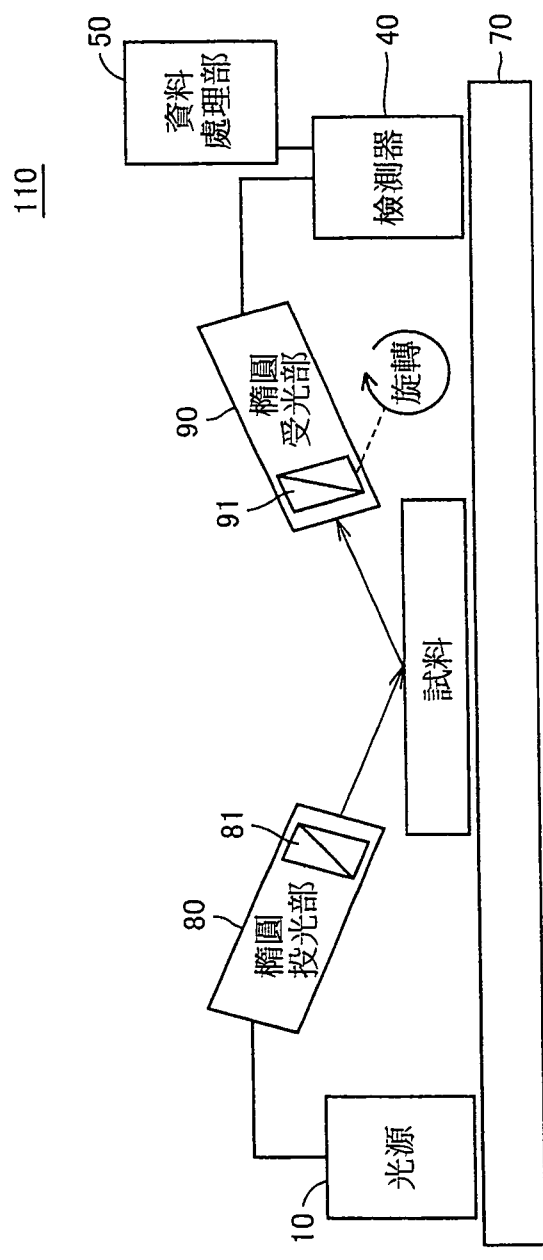
第10A圖



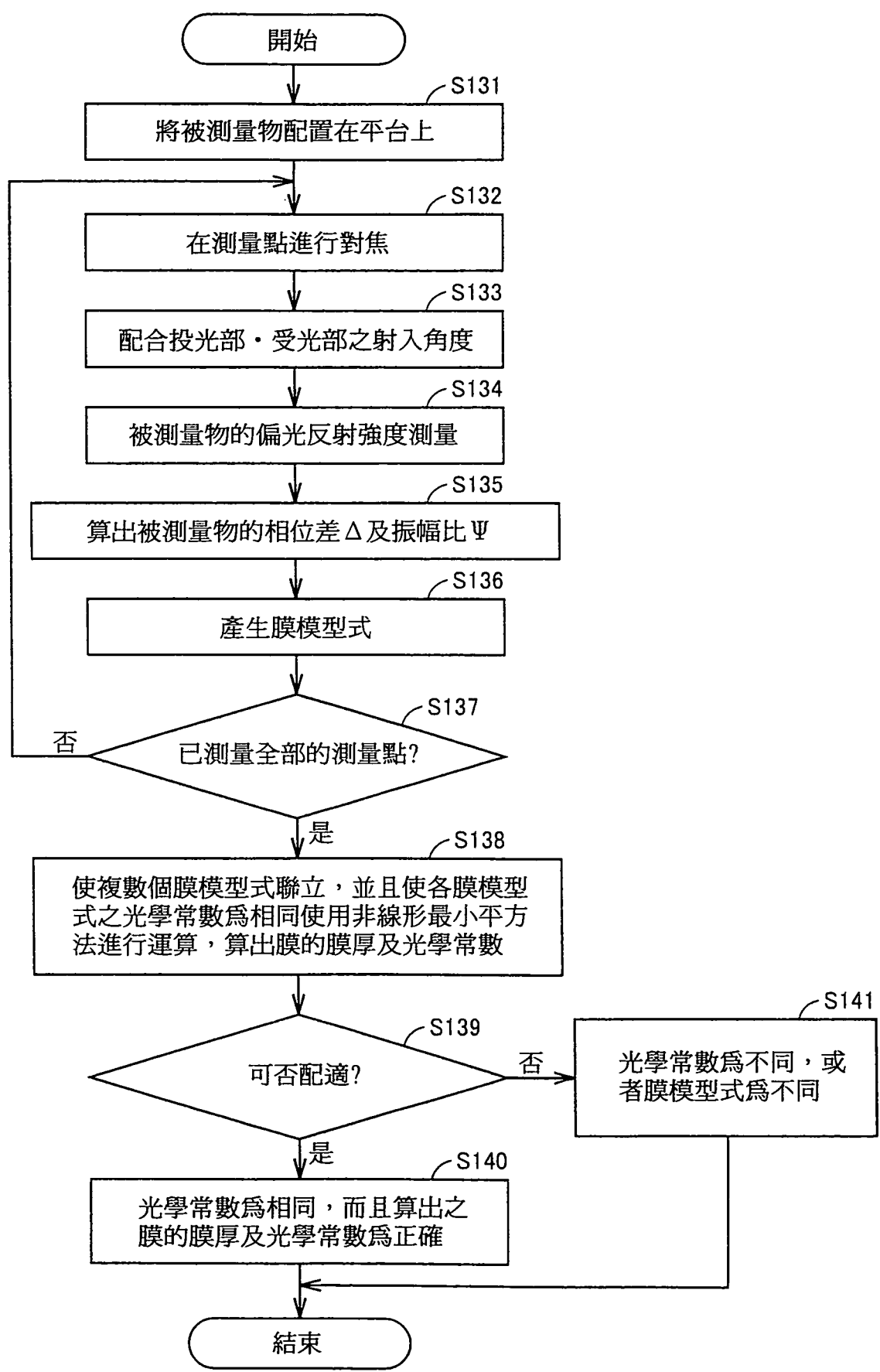
第10B圖



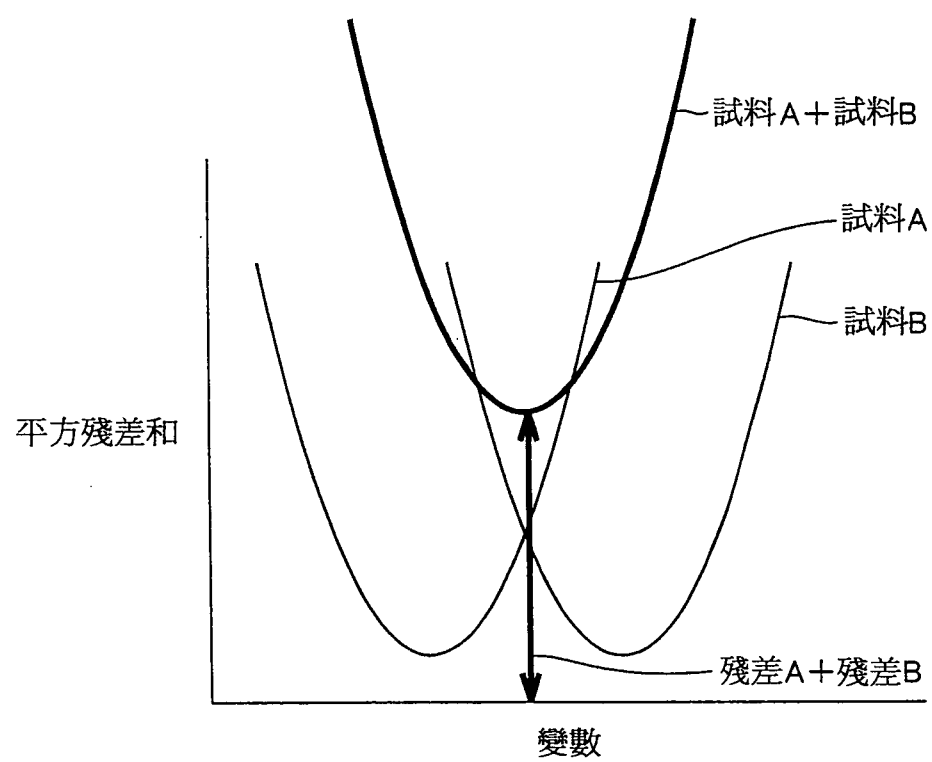
第11圖



第12圖



第13圖



第14圖