



(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 I605907 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：105117010 (22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 02 月 16 日

(51)Int. Cl. : **B24B49/12 (2006.01)** **B24B37/013 (2012.01)**
G01B11/06 (2006.01) **H01L21/304 (2006.01)**

(30)優先權：2010/03/02 日本 2010-044873
2011/02/04 日本 2011-022650

(71)申請人：荏原製作所股份有限公司 (日本) EBARA CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：小林洋一 KOBAYASHI, YOICHI (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

TW	I226083B	TW	I292357B
TW	I541101B	US	5904609
US	2006/0166606A1	US	2009/0130956A1

審查人員：林桂忠

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：24 共 72 頁

(54)名稱

研磨監視方法、研磨監視裝置，以及研磨裝置

METHOD FOR MONITORING A POLISHING PROCESS, APPARATUS FOR MONITORING A POLISHING PROCESS, AND A POLISHING APPARATUS

(57)摘要

本發明之目的為提供一種可以正確地監視研磨之進展，且可以更正確地檢測研磨終點的研磨監視方法，該研磨監視方法係具有以下步驟：於基板研磨中將光照射於基板；將來自基板的反射光予以受光；於每個波長測量反射光之強度；依據強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的光譜；算出光譜相對於每預定時間的變化量；將光譜變化量隨著研磨時間累計而算出光譜累積變化量；以及根據光譜累積變化量而監視基板研磨之進展。

This invention provides a method for accurately monitoring the progress of a polishing process, more particularly a process capable of accurately detecting the end point of polishing. The method of this invention comprises the steps of: casting light on a substrate during the polishing, receiving light reflected from the substrate, measuring the intensity of reflected light for each wavelength, producing spectrums showing the relation between the intensity of reflected light and the wavelength, computing the amount of change of the spectrum per predetermined time, computing the accumulated amount of change of the spectrum by summing up the amount of change of the spectrum along the polishing time, to monitor the progress of the polishing of the substrate.

指定代表圖：

符號簡單說明：

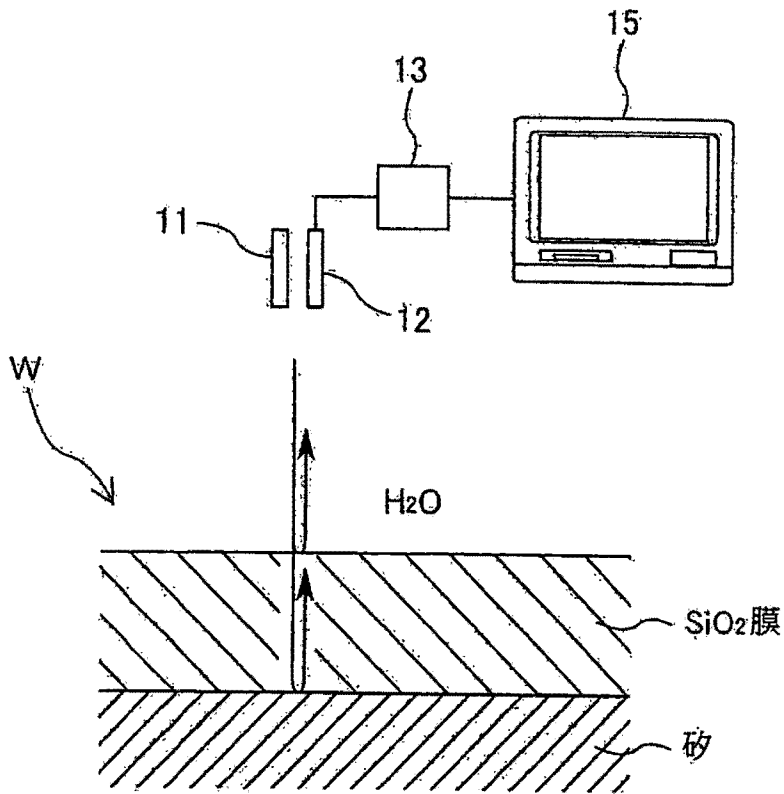
11 . . . 投光部

12 . . . 受光部

13 . . . 分光器

15 . . . 監視裝置

W . . . 基板



第2A圖

發明摘要

※ 申請案號： 105117010 (由100105032分割)

※ 申請日： 100/02/16

※IPC 分類：

B24B 49/12 (2006.01)

B24B 37/013 (2012.01)

G01B 11/06 (2006.01)

H01L 21/304 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

研磨監視方法、研磨監視裝置，以及研磨裝置

METHOD FOR MONITORING A POLISHING PROCESS,
APPARATUS FOR MONITORING A POLISHING
PROCESS, AND A POLISHING APPARATUS

【中文】

本發明之目的為提供一種可以正確地監視研磨之進展，且可以更正確地檢測研磨終點的研磨監視方法，該研磨監視方法係具有以下步驟：於基板研磨中將光照射於基板；將來自基板的反射光予以受光；於每個波長測量反射光之強度；依據強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的光譜；算出光譜相對於每預定時間的變化量；將光譜變化量隨著研磨時間累計而算出光譜累積變化量；以及根據光譜累積變化量而監視基板研磨之進展。

【英文】

This invention provides a method for accurately monitoring the progress of a polishing process, more particularly a process capable of accurately detecting the end point of polishing. The method of this invention comprises the steps of: casting light on a substrate during the polishing, receiving light reflected from the substrate, measuring the intensity of reflected light for each wavelength, producing spectrums showing the relation between the intensity of reflected light and the wavelength, computing the amount of change of the spectrum per predetermined time, computing the accumulated amount of change of the spectrum by summing up the amount of change of the spectrum along the polishing time, to monitor the progress of the polishing of the substrate.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2A ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

11	投光部
12	受光部
13	分光器
15	監視裝置
W	基板

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

本案無化學式

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

研磨監視方法、研磨監視裝置，以及研磨裝置

METHOD FOR MONITORING A POLISHING PROCESS,
APPARATUS FOR MONITORING A POLISHING
PROCESS, AND A POLISHING APPARATUS

【技術領域】

本發明係有關監視半導體晶圓(wafer)等基板之研磨進展的方法，尤其係有關根據由來自基板之反射光而得的光譜(spectrum)之變化而監視研磨之進展以決定研磨終點的方法。

另外，本發明有關執行如上所述之研磨監視方法的研磨監視裝置。

更且，本發明係有關利用如上所述之研磨監視方法的基板研磨方法以及研磨裝置。

【先前技術】

於半導體裝置之製造步驟中，於矽晶圓上係以膜狀重複形成有各種材料而形成積層構造。為了形成該積層構造，將最上層表面平坦化的技術便相形重要。就如上所述之平坦化的一手段而言，係廣泛使用化學機械研磨(CMP, chemical mechanical polishing)。

化學機械研磨(CMP)係藉由研磨裝置而執行。該種研磨裝置一般係具有：研磨工作台(table)，用以支撐研磨墊

(pad)；頂環(top ring)，用以保持基板(具有膜的晶圓)；以及研磨液供給機構，將研磨液供給至研磨墊上。研磨基板時，係一邊從研磨液供給機構將研磨液供給至研磨墊上，一邊以頂環將基板表面推壓至研磨墊。且藉由使頂環與研磨工作台分別旋轉而使基板與研磨墊相對移動，藉此將形成基板表面的膜加以研磨。

研磨裝置通常係具有研磨終點檢測裝置。就研磨終點檢測裝置之一例而言，有一種將光照射於基板表面，根據從基板反射的光之光譜而決定研磨終點的光學式研磨終點檢測裝置。例如，於專利文獻 1 所揭示之方法中，係為了在反射光的強度中去除雜訊(noise)成分而實施預定處理而產生特性值，且依據該特性值之時間變化的特徵點(極大點或極小點)而決定研磨終點。

光譜(spectrum)係依照波長順序而排列的光強度排列，表示各波長的光之強度。由光譜而產生的特性值係如第 1 圖所示，隨著研磨時間而週期性變化而交互出現極大點與極小點。此乃因光波干涉所致之現象。亦即，照射於基板的光係於媒介質與膜之間的介面、及膜與位於該膜下之層間的介面反射，而於該等介面反射的光波係互相干涉。該光波的干涉方式係因應膜厚(亦即光路徑長度)而變化。因此，從基板返回的反射光強度係隨著膜厚而週期性地變化。光強度亦可表示為反射率或相對反射率等之相對值。

上述之光學式研磨終點檢測裝置係如第 1 圖所示，於研磨中計數(counter)特性值時間變化之特徵點(極大點或

極小點)之數量，依據該特徵點數量而監視研磨之進展。而且，在從特徵點數量到達預定值的時間點起經過預定時間的時間點使研磨結束。

除此之外，已知有一種將於研磨中所得的光譜與預先準備的基準光譜比較而決定研磨終點的方法(例如，專利文獻 2)。於此方法中，係將研磨中的各時間點之光譜與基準光譜比較，將兩光譜間之差分滿足目標差分之條件的時間點作為研磨終點。基準光譜係藉由研磨與成為研磨對象的基板為同種的樣本(sample)基板而事先準備。

包含從樣本基板之研磨中所得之基準光譜的複數光譜係與相關於研磨時間和研磨工作台之旋轉速度的索引(index)值附加關聯而被記憶為資料館(library)。如此，藉由將於其他基板之研磨中所得的光譜與資料館內的光譜比較，即可將研磨中各時間點的基板之研磨狀態以索引值表示。如上所述，索引值係可謂相對地或間接地表示基板膜厚的指標。

然而，於實際基板中，係將具有相異配線圖案的配線層或不同種類的絕緣膜重疊數層而形成多層配線構造，故光學感測器也會檢測到通過上層絕緣膜之無配線部分的來自下層絕緣膜之光。因此，當於基板間的下層絕緣膜厚度和光學常數有參差不齊時，將導致光譜受到影響。結果，於上述方法中，無法正確地測量上層膜(被研磨膜)之厚度，而難以正確地監視研磨之進展。而且，存有所檢測之研磨終點於基板間不同的問題。

(先前技術文獻)

(專利文獻)

[專利文獻 1]日本特開 2004-154928 號公報

[專利文獻 2]日本特表 2009-505847 號公報

【發明內容】

(發明所欲解決的課題)

本發明係有鑑於如上所述之問題點而研發者，其目的為提供一種可以正確地監視研磨之進展，且可以更正確地檢測研磨終點的方法以及裝置。

另外，本發明之目的為提供利用如上所述之研磨監視方法的基板研磨方法以及研磨裝置。

(解決課題的手段)

為了達成上述目的，本發明之一態樣為研磨監視方法，係監視具有膜的基板之研磨，其係具有以下步驟：於基板研磨中將光照射於前述基板；將來自前述基板的反射光予以受光；於每個波長測量前述反射光之強度；依據前述強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的光譜；算出前述光譜相對於每預定時間的變化量；將前述光譜之變化量隨著研磨時間累計而算出光譜累積變化量；以及根據前述光譜累積變化量而監視前述基板研磨之進展。

本發明之較佳態樣中，前述光譜之變化量為於 2 個不同時間點產生的 2 個光譜之相對變化的大小。

本發明之較佳態樣中，前述相對變化的大小為於預定波長範圍中的前述 2 個光譜間之前述強度差分之二次方平

均平方根。

本發明之較佳態樣中，前述相對變化的大小為於預定波長範圍中的前述 2 個光譜間之前述強度差分之絕對值的平均。

本發明之較佳態樣中，前述光譜變化量為將前述相對變化之大小除以前述 2 個時間點間之時間間隔而得的光譜變化速度。

本發明之較佳態樣中，前述光譜變化量係具有正或負的符號。

本發明之較佳態樣中，前述光譜係表示波長、與將在各波長的強度除以在預定波長範圍中之強度的平均值而得之正規化強度間之關係的光譜。

本發明之較佳態樣中，前述基板係在具有相同構造的第 1 基板之後被研磨的第 2 基板；前述研磨監視方法復含有以下步驟：於前述第 1 基板之研磨中將光照射於前述第 1 基板；將來自前述第 1 基板的反射光予以受光；於每個波長測量前述反射光之強度；依據前述強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的基準光譜；算出前述基準光譜相對於每預定時間的變化量；將前述基準光譜之變化量隨著研磨時間累計而算出基準光譜累積變化量；根據前述基準光譜累積變化量、前述第 1 基板之初期膜厚、以及前述第 1 基板之最終膜厚而將關於前述第 2 基板之前述光譜累積變化量變換為前述第 2 基板之膜去除量。

本發明之較佳態樣中，復含有以下步驟：取得前述第

2 基板之初期膜厚，並藉由從前述第 2 基板之初期膜厚減去前述去除量而將前述去除量變換為前述第 2 基板之膜厚。

本發明之較佳態樣中，前述基板之研磨為用以調整形成於前述基板之金屬配線高度的研磨。

本發明之較佳態樣中，前述基板係具有：前述膜；形成於前述膜上的屏障層；以及形成於前述膜內的前述金屬配線；根據前述光譜變化量而決定前述屏障層的去除時間點。

本發明之較佳態樣中，於前述基板之表面係形成有段差；前述光譜累積變化量的算出係從前述段差被去除的時間點開始。

本發明之較佳態樣中，係根據前述光譜累積變化量而決定前述基板之研磨終點。

本發明之另一態樣為一種研磨方法，係研磨具有膜的基板之方法，其具有以下步驟：使前述基板與研磨墊滑接而研磨該基板；於基板研磨中將光照射於前述基板；將來自前述基板的反射光予以受光；於每個波長測量前述反射光之強度；依據前述強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的光譜；算出前述光譜相對於每預定時間的變化量；將前述光譜變化量隨著研磨時間累計而算出光譜累積變化量；以及根據前述光譜累積變化量而監視前述基板研磨之進展。

本發明之另一態樣為一種研磨監視裝置，係具有：投

光部，於基板研磨中將光照射於前述基板；受光部，將來自前述基板的反射光予以受光；分光器，於每個波長測量前述反射光之強度；以及處理裝置，將前述分光器之測量資料進行處理；其中，前述處理裝置係執行以下步驟：依據前述強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的光譜；算出前述光譜相對於每預定時間的變化量；將前述光譜變化量隨著研磨時間累計而算出光譜累積變化量；以及根據前述光譜累積變化量而監視前述基板研磨之進展。

本發明之另一態樣為一種研磨裝置，具備：上述研磨監視裝置；研磨工作台，用以支撐研磨墊；以及頂環，用以將基板按壓於前述研磨墊。

(發明之效果)

本發明由於係根據光譜整體之變化量而監視研磨之進展，故可將本發明適用於各種構造之基板的研磨。尤其，即使在如用以調節銅配線之高度的研磨程序般積層有研磨量小且彎曲率大幅相異之透明膜的光譜極值點之波長變化小的情形下，亦可正確地捕捉被研磨膜之厚度變化。另外，由於將光譜變化量累計而得之光譜累積變化量係對應於研磨量(亦即，去除量、膜厚之變化)，故不會受到基板間之下層膜厚度之參差不齊的影響而可進行高精密度的研磨終點檢測。更且，即使在基板具有複雜的多層構造的情形下，光譜累積變化量原則上仍會於研磨中單調增加。因此，容易依據光譜累積變化量而掌握基板研磨之進展。亦即，藉由光譜累積變化量與預定目標值或臨界值間的單純比較，

即可輕易地檢測研磨終點。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示特性值與研磨時間一起變化之情形的線圖。

第 2A 圖係用以說明本發明一實施形態之研磨監視方法原理的示意圖。

第 2B 圖係用以表示基板與研磨工作台間之位置關係的平面圖。

第 3 圖係用以表示根據光之干涉理論進行模擬而得的反射光之光譜的曲線圖。

第 4 圖係顯示在第 3 圖所示之光譜中鄰接的 2 個光譜的曲線圖。

第 5A 圖為顯示如第 2A 圖所記載之基板的研磨模擬結果的曲線圖。

第 5B 圖為顯示如第 2A 圖所記載之基板的研磨模擬結果的曲線圖。

第 5C 圖為顯示如第 2A 圖所記載之基板的研磨模擬結果的曲線圖。

第 5D 圖為顯示如第 2A 圖所記載之基板的研磨模擬結果的曲線圖。

第 6A 圖為顯示光譜累積變化量 $A(\theta)$ 的曲線圖。

第 6B 圖為顯示光譜累積變化量 $A(\theta)$ 的曲線圖。

第 6C 圖為顯示光譜累積變化量 $A(\theta)$ 的曲線圖。

第 6D 圖為顯示光譜累積變化量 $A(\theta)$ 的曲線圖。

第 7A 圖為顯示從基板研磨之模擬結果而得之研磨量誤差的曲線圖。

第 7B 圖為顯示從基板研磨之模擬結果而得之研磨量誤差的曲線圖。

第 7C 圖為顯示從基板研磨之模擬結果而得之研磨量誤差的曲線圖。

第 7D 圖為顯示從基板研磨之模擬結果而得之研磨量誤差的曲線圖。

第 8 圖為顯示在 Cu 配線形成步驟中的基板構造之一例的剖面圖。

第 9 圖為顯示研磨模擬用之基板模型的剖面圖。

第 10 圖為顯示依據將如第 9 圖所示之上層 SiO₂ 膜研磨達 100nm 之模擬結果而得的光譜推移之曲線圖。

第 11 圖為顯示如第 10 圖所示之光譜的極大點及極小點之波長變化的曲線圖。

第 12 圖為顯示有依據從如第 10 圖所示之光譜的變化算出的光譜累積變化量之變化的曲線圖。

第 13 圖為依據如第 9 圖所示之下層 SiO₂ 膜之厚度分別為 450nm、500nm、550nm 的 3 片基板之研磨模擬而得之顯示研磨量推定誤差的曲線圖。

第 14 圖為描繪有將如第 8 圖所示之構造的基板實際研磨而得的光譜累積變化量之時間推移的圖。

第 15 圖為顯示光譜累積變化量之彎曲點檢測方法之一例的圖。

第 16 圖為顯示將同一構造之基板 17 片於同一研磨條件下僅變更研磨時間而實際研磨所得之光譜累積變化量的曲線圖。

第 17 圖為顯示光譜累積變化量之初期值設定方法的圖。

第 18 圖為顯示對於上述 17 片之各基板之研磨終點時的光譜累積變化量，與對於各基板依據研磨前後之膜厚檢測而得的檢測研磨量間之關係的線圖。

第 19 圖為顯示於調節銅配線之高度的研磨程序中適用本實施形態之方法時之處理流程的流程圖。

第 20 圖為說明用以決定光譜變化量符號之步驟的圖。

第 21 圖為顯示將如第 8 圖所示之基板的屏障層去除後取得之光譜累積變化量的圖。

第 22A 圖為顯示當研磨工作台與頂環之旋轉速度分別為 60min^{-1} 、 61min^{-1} 時，描繪於基板表面上的投受光部之軌跡的圖。

第 22B 圖為顯示當研磨工作台與頂環之旋轉速度分別為 60min^{-1} 、 54min^{-1} 時，描繪於基板表面上的投受光部之軌跡的圖。

第 23 圖為示意性地顯示具備可執行本實施形態之研磨監視方法以及研磨終點檢測方法的研磨監視裝置的研磨裝置的剖面圖。

第 24 圖為顯示於第 23 圖所示之研磨裝置之變形例的剖面圖。

【實施方式】

以下，參照圖式而說明本發明之一實施形態。第 2A 圖為用以說明本發明一實施形態之研磨監視方法之原理的示意圖，第 2B 圖為顯示基板與研磨工作台間之位置關係的平面圖。如第 2A 圖所示，成為研磨對象的基板 W 係具有基底層(例如矽層)與形成於基底層上的膜(例如具有光穿透性的 SiO₂ 等絕緣膜)。基板 W 係由頂環(於第 2A 圖及第 2B 圖中未圖示)保持，而如箭號所示地繞著基板 W 之中心而旋轉。基板 W 之表面係被頂環推壓於旋轉的研磨工作台 20 上之研磨墊 22，基板 W 之膜係藉由與研磨墊 22 間之滑接而研磨。

投光部 11 以及受光部 12 係相對向於基板 W 之表面而配置。投光部 11 係對於基板 W 之表面大致垂直地照射光線，受光部 12 係接收來自基板 W 的反射光。投光部 11 所發出的光線為多波長之光。如第 2B 圖所示，研磨工作台 20 係每旋轉 1 次則於包含基板 W 之中心的領域照射光。於受光部 12 係連接有分光器 13。該分光器 13 係將反射光依循波長而分解，對於每個波長測量反射光之強度。

於分光器 13 係連接有處理裝置 15。該處理裝置 15 係讀取由分光器 13 所取得的測量資料，依據強度測量值而產生反射光之強度分佈。更具體而言，處理裝置 15 係產生表示每個波長的光之強度的光譜。該光譜係表示為顯示反射光之波長與強度間關係的曲線圖。處理裝置 15 係構成為復可從光譜之變化監視研磨之進展而決定研磨終點。就處理

裝置 15 而言，可以使用泛用或專用的電腦。處理裝置 15 係藉由程式(或電腦軟體)而執行預定之處理步驟。

第 3 圖係顯示關於第 2A 圖所示之構造的基板，根據光之干涉理論進行研磨模擬而得的反射光之光譜的曲線圖。於第 3 圖中，橫軸表示光的波長，縱軸表示從光的強度所導出的相對反射率。該相對反射率係表示光強度的 1 個指標，具體而言，為反射光之強度與預定基準強度間的比。藉由如上所述地將反射光之強度(實測強度)除以預定基準強度，而可求得去除雜訊成分後的光強度。預定基準強度例如可設定為當未形成有膜的矽晶圓在水的存在下進行研磨時所得的反射光強度。又，在研磨模擬的情形中，係藉由將關於各波長所得的來自基板之反射光的強度(在模擬中，係表示反射光相對於入射光之強度的反射率)單純地除以上述基準強度(同樣地，在模擬中，係表示反射光相對於入射光之強度比率的反射率)而求得相對反射率。另一方面，在實際的研磨中，在進行上述除法運算之前，係分別將被除數與除數減去黑位階(在遮斷光之條件下而得的背景強度)。又，亦可不使用相對反射率而使用反射光強度本身。

於實際之研磨中，相對反射率 $R(\lambda)$ 係可使用下式而求得。

【數 1】

$$R(\lambda) = \frac{E(\lambda) - D(\lambda)}{B(\lambda) - D(\lambda)} \quad \dots (1)$$

在此， λ 為波長， $E(\lambda)$ 為來自基板的反射光之強度， $B(\lambda)$ 為基準強度， $D(\lambda)$ 為在基板不存在的狀態下所取得的背景強度(黑位階)。

根據光之干涉理論的來自基板之反射光的模擬係在光的媒介質為水(H_2O)的條件下進行。於第 3 圖所示之曲線圖係表示以膜厚 10nm 之間隔所取得的複數個光譜。如第 3 圖所示，當膜厚大時，光譜之極大點及極小點(以下，將其總稱為極值點)之間隔短，極值點之數量多。另一方面，當膜厚小時，極值點之數量少，光譜將被描繪成圓滑的曲線。更且，隨著膜厚減少(亦即研磨之進展)，光譜將往波長短的方向移動(於第 3 圖中，係往圖式之左側移動)。

第 4 圖為關於如第 3 圖所示之光譜，表示對應於膜厚差 $\Delta \theta$ 的 2 個光譜之示意圖。在此， θ 為膜厚，由於在研磨時膜厚 θ 係隨著時間而減少，故 $\Delta \theta < 0$ 。如上所述，光譜係隨著膜厚變化而沿著波長軸移動。對應於膜厚差 $\Delta \theta$ 的光譜之變化量係如第 4 圖所示，相當於在由 2 個不同時間點所取得的上述 2 個光譜所圍繞的區域(以劃線表示)。由第 3 圖可知，該區域之面積只要當膜厚差 $\Delta \theta$ 充分小(於此例中， $\Delta \theta = -10\text{nm}$)則與膜厚大小無關而幾乎為一定。藉此，可期待只要於研磨中積算上述面積或與其類似的變量，則可捕捉到膜厚的變化。

在此，於本方法中，光譜變化量 $V(t)$ 係可以下式表示。

【數 2】

$$V(t) = \sqrt{1/N_{\lambda} * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} [R(\lambda, t + \Delta t) - R(\lambda, t)]^2} \quad \dots (2)$$

在此， λ 為光之波長， λ_1 、 λ_2 為決定作為監視對象的光譜之波長範圍的最小波長及最大波長， N_{λ} 為上述波長範圍內的波長個數， t 為時間(研磨時間)， Δt 為預定之時間刻度， $R(\lambda, t)$ 係波長 λ 、時間 t 時的相對反射率。例如可將研磨工作台 p 旋轉(p 為小的自然數)所需之時間作為 Δt 。

光譜變化量 $V(t)$ 係每單位時間之光譜變化量，亦即，亦可表示為光譜變化速度。此時，光譜之變化量 $V(t)$ 可以下述方式表示。

【數 3】

$$V(t) = 1/\Delta t * \sqrt{1/N_{\lambda} * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} [R(\lambda, t + \Delta t) - R(\lambda, t)]^2} \quad \dots (3)$$

每預定時間 Δt 的光譜變化量係表示為上述波長範圍的 2 個光譜之相對變化的大小(亦即變位之大小)。上述式(2)為將光譜變化量表示為二次方平均平方根的式。更具體而言，從上述式(2)求得的光譜變化量 $V(t)$ 係 2 個光譜間之各波長的光強度差分之二次方平均平方根。

更且，從式(2)及式(3)中，可以下式求得光譜變化量隨著時間軸的累積值 $A(t)$ 。

【數 4】

$$A(t) = \sum_{i=10}^t V(t) \quad \dots (4)$$

或

【數 5】

$$A(t) = \sum_{t=t_0}^t V(t) \Delta t \quad \cdots (5)$$

在此， t_0 為開始監視膜厚變化的時間。又，亦可於式(4)、式(5)之右側乘上適當係數，而調整成易辨認 $A(t)$ 之值的大小。又，式(5)之 Δt 並沒有非與式(3)之 Δt 相等的需要，例如式(3)之 Δt 及式(5)之 Δt 亦可以如下所述的方式進行設定。

(步驟 i) 每 1 秒即測量相對反射率 $R(t)$ 。

(步驟 ii) 將式(3)之 Δt 設定為 2 秒，於每 1 秒從相離 2 秒的時間點間之光譜變化量求取光譜變化速度 $V(t)$ 。

(步驟 iii) 將式(5)之 Δt 設定為 1 秒，於每一秒求出光譜累積變化量 $A(t)$ 。

將光譜變化量定式化的方法不限於上述式，亦可使用其他方法。例如，光譜變化量 $V(t)$ 亦可為 2 個光譜間之各波長的光強度之差分的二次方平均。另外，作為監視對象的光譜波長範圍亦可為不連續的複數範圍。更且，光譜變化量 $V(t)$ 亦可藉由下式之方式定義為相當於如第 4 圖所示之陰影線區域的面積的值。

【數 6】

$$V(t) = \Delta \lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} |R(\lambda, t + \Delta t) - R(\lambda, t)| \quad \cdots (6)$$

在此， $\Delta \lambda$ 為波長單位。與式(2)之情形相同，光譜變

化量 $V(t)$ 亦可表示為成為監視對象的光譜之波長範圍 $[\lambda_1, \lambda_2]$ 的每 1 波長之相對反射率之差分的絕對值之平均。該絕對值平均係可藉由下式而求得。

【數 7】

$$V(t) = 1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} |R(\lambda, t + \Delta t) - R(\lambda, t)| \quad \dots (7)$$

更且，亦可使用正規化後的相對反射率 $R_N(\lambda, t)$ 代替式(2)至式(3)及式(7)之 $R(\lambda, t)$ 。該正規化後之相對反射率 $R_N(\lambda, t)$ 係藉由將相對反射率 $R(\lambda, t)$ 除以預定波長範圍的相對反射率之平均值而求得。例如，可將 $[\lambda_1, \lambda_2]$ 作為預定波長範圍。以下式(8)係為用以求得正規化後之相對反射率 $R_N(\lambda, t)$ 的式。

【數 8】

$$R_N(\lambda, t) = R(\lambda, t) / [1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda, t)] \quad \dots (8)$$

以下之式(9)及式(10)係分別為將式(2)及式(7)之 $R(\lambda, t)$ 以式(8)之 $R_N(\lambda, t)$ 置換所得之式。

【數 9】

$$V(t) = \sqrt{1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} [R_N(\lambda, t + \Delta t) - R_N(\lambda, t)]^2} \quad \dots (9)$$

【數 10】

$$V(t) = 1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} |R_N(\lambda, t + \Delta t) - R_N(\lambda, t)| \quad \dots (10)$$

藉由使用正規化後的相對反射率，即可排除光量變化

的影響。例如，若研磨墊摩擦損耗，則基板與光學感測器(投光部 11 及受光部 12)間之距離將變化，因此而導致測知之光量變化。在如上所述之情形中，藉由使用正規化後的相對反射率，即可不受光量變化影響地算出光譜變化量。

第 5A 圖至第 5D 圖係表示具有初期厚度 1000nm 之氧化膜的第 2A 圖記載之基板的模擬研磨結果的曲線圖。第 5A 圖係對應於上述式(2)，第 5B 圖係對應於上述式(7)，第 5C 圖係對應於上述式(9)，第 5D 圖係對應於上述式(10)。

研磨速度(去除率)係於一定條件下，在時間 t 增加達 Δt 的期間內，使膜厚變化達 $\Delta \theta (< 0)$ 。藉此，時間 Δt 係對應於膜厚差 $\Delta \theta$ 。若取代 t 、 Δt 而使用 θ 、 $\Delta \theta$ ，則式(2)及式(3)亦可以如下所述之方式表示。

【數 11】

$$V(\theta) = \sqrt{1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda 1}^{\lambda 2} [R(\lambda, \theta + \Delta \theta) - R(\lambda, \theta)]^2} \quad \dots (11)$$

【數 12】

$$V(\theta) = -1/\Delta \theta * \sqrt{1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda 1}^{\lambda 2} [R(\lambda, \theta + \Delta \theta) - R(\lambda, \theta)]^2} \quad \dots (12)$$

更且，式(4)及式(5)係可以如下所述之方式表示。

【數 13】

$$A(\theta) = \sum_{\theta=\theta 0}^{\theta} V(\theta) \quad \dots (13)$$

【數 14】

$$A(\theta) = -\sum_{\theta=\theta_0}^{\theta} V(\theta) \Delta\theta \quad \dots (14)$$

在此，一般雖為 $\theta < \theta_0$ (初期膜厚)，但於式(13)、式(14)中， Σ 係表示從 θ 至 θ_0 之範圍的 $V(\theta)$ 之總和。

更且，上述之式(7)亦可以如下所述之方式表示。

【數 15】

$$V(\theta) = 1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} |R(\lambda, \theta + \Delta\theta) - R(\lambda, \theta)| \quad \dots (15)$$

更且，上述之式(9)及式(10)分別亦可以如下所述之方式表示。

【數 16】

$$V(\theta) = \sqrt{1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} [R_N(\lambda, \theta + \Delta\theta) - R_N(\lambda, \theta)]^2} \quad \dots (16)$$

【數 17】

$$V(\theta) = 1/N_\lambda * \sum_{\lambda=\lambda_1}^{\lambda_2} |R_N(\lambda, \theta + \Delta\theta) - R_N(\lambda, \theta)| \quad \dots (17)$$

又，第 5A 圖至第 5D 圖中，縱軸係表示每單位研磨量 1nm 的光譜變化量，橫軸為研磨量，亦即膜之去除量。由於第 5A 圖至第 5D 圖所示之曲線圖得知，當膜厚大時，光譜變化量雖週期性地有微小變動，但大致為一定，而當膜厚逐漸變小，變動的振幅則將逐漸變大。

第 6A 至 6D 圖為顯示使用上述式(13)而算出的光譜累積變化量 $A(\theta)$ 的曲線圖。更具體而言，第 6A 圖為依據上述式(11)及式(13)而得的曲線圖，第 6B 圖為依據上述式(15)

及式(13)而得的曲線圖，第 6C 圖為依據上述式(16)及式(13)而得的線圖，第 6D 圖為依據上述式(17)及式(13)而得的曲線圖。

如上所述，由於光譜變化量係週期性變化，故因變動所造成的與平均位階之間的誤差幾乎不會累積。因此，如第 6A 至 6D 圖所示，光譜累積變化量 $A(\theta)$ 係在到達研磨量 800nm 至 900nm(膜厚 200nm 至 100nm)為止之前幾乎直線地增加。由以上結果可知，可藉由光譜累積變化量而掌握膜厚之減少(亦即膜之去除量)。上述處理裝置 15 係於基板之研磨中算出光譜累積變化量，依據光譜累積變化量而監視基板研磨之進展。而且，處理裝置 15 係依據光譜累積變化量而決定基板之研磨終點。研磨終點可設定為當光譜累積變化量到達預定目標值的時間點。

第 7A 至第 7D 圖係顯示將如第 2A 圖所記載之基板的氧化膜從初期厚度 1000nm 研磨達 500nm 時，從光譜累積變化量推定的研磨中各時間點之研磨量與真正研磨量之間存有多少誤差以模擬檢討後之結果。

於研磨開始時間點(研磨量 0nm、膜厚 1000nm)時，光譜累積變化量與研磨量皆為 0。因此，若假設研磨結束時間點(研磨量 500nm、膜厚 500nm)之研磨量推定值之誤差為 0，研磨量係與光譜累積變化量完全成正比，則膜厚 θ 時之推定研磨量為

$$[A(\theta) - A(1000\text{nm})] / [A(500\text{nm}) - A(1000\text{nm})] \times 500\text{nm}。$$

但 $A(1000\text{nm}) = 0$ 。

於研磨中各時間點的真正研磨量係可表示為 $1000\text{nm} - \theta$ 。因此，研磨中之各時間點的研磨量之推定誤差 $E(\theta)$ 係可表示為下式。

【數 18】

$$E(\theta) = A(\theta) / A(500\text{nm}) \times 500\text{nm} - (1000\text{nm} - \theta) \quad \cdots (18)$$

於第 7A 至 7D 圖的曲線圖中，橫軸係表示研磨量(亦即膜之去除量)，縱軸係表示以膜厚 θ 為變數而以上式(18)表示的研磨量之誤差 $E(\theta)$ 。更具體而言，第 7A 圖為依據上述式(11)、式(13)、以及式(18)而得的曲線圖，第 7B 圖為依據上述式(15)、式(13)、以及式(18)而得的曲線圖，第 7C 圖為依據上述式(16)、式(13)、以及式(18)而得的曲線圖，第 7D 圖為依據上述式(17)、式(13)、以及式(18)而得的曲線圖。

於第 7A 圖中，可知研磨中之誤差大致為 -0.3nm 至 0.8nm 的範圍，而可根據光譜累積變化量而高精密度地監視研磨之進展情形。於第 7B 至 7D 圖中的研磨量誤差雖較第 7A 圖的情形更大，但在出現最大誤差的第 7D 圖之情形中，研磨量誤差仍為 2.5nm 以下而相對性較小。因此，藉由事先取得光譜累積變化量與研磨量之間的關係，即可依據於研磨中獲得的光譜累積變化量而精確地推定研磨量。光譜累積變化量與研磨量之間的關係，係藉由將與作為研磨對象之基板為同種類(亦即同一或類似)的基準基板進行研磨而取得基準光譜累積變化量，測量基準基板研磨前後之膜厚(亦即，初期膜厚及最終膜厚)而求得從研磨開始至

研磨結束為止的研磨量，且在研磨中的基準光譜累積變化量與研磨量成正比的假設中，將基準光譜累積變化量與研磨量附加關聯而得。

然而，若於形成有鋁等配線的膜上形成絕緣膜，則有時會於該絕緣膜之表面形成複數個段差(凹凸)。如上例所述，當於基板表面具有大段差(凹凸)時，雖視研磨液和研磨墊而有所不同，但於研磨初期由於基板表面之凸部會緊密地接觸研磨墊而被大幅研磨，故與凸部相比，凹部之研磨量較小。藉此，表面段差將逐漸被消除。因此，於研磨初期，光譜不見得一定會顯現出所期待的變化。在如上所述的情形中，較佳為從表面段差被大致去除的時間點開始光譜累積變化量的計算而監視研磨量。表面段差去除點的決定例如可藉由根據使研磨工作台旋轉的馬達之電流而檢測研磨墊與基板之間的摩擦變化而進行。

第 8 圖為顯示 Cu 配線形成步驟中的基板構造之一例的剖面圖。於矽晶圓上係形成有複數個氧化膜(SiO_2 膜)，更有藉由通孔(via hole)而連接的 2 層銅配線，亦即上層銅配線 M2 以及下層銅配線 M1。於氧化膜之各層間係形成有 SiCN 膜，且於最上層之氧化膜上則形成有屏障(barrier)層(例如 TaN 或 Ta)。上側 3 層氧化膜之厚度係分別為 100 至 200nm 的範圍內，各 SiCN 層之厚度為 30nm 左右。最下層之氧化膜厚度則分別為 100nm 至 200nm 的範圍內，各 SiCN 層之厚度則為 30nm 左右。最下層的氧化膜之厚度則為 1000nm 左右。電晶體等之下層構造則省略其圖示。上層銅

配線 M2 係形成於最上層的氧化膜內，最上層之氧化膜與上層銅配線 M2 係同時被研磨。上述基板之研磨程序之目的係調整上層銅配線 M2 之高度(亦即配線電阻)。

SiCN 膜係於前步驟中形成 Cu 配線溝時用以使蝕刻停止的蝕刻停止(etch stop)層。也有使用 SiN 等代替 SiCN 的情形。為了調查該蝕刻停止層之影響，準備如第 9 圖所示之研磨模擬用的簡略化基板模型。於該基板中，於矽晶圓上係形成有下層 SiO₂ 膜，於下層 SiO₂ 膜上形成有作為蝕刻停止層的 SiCN 膜，且再於 SiCN 膜上形成有上層 SiO₂ 膜。上層 SiO₂ 膜之初期厚度為 200nm，SiCN 膜之厚度為 30nm，下層 SiO₂ 膜之厚度為 500nm。

研磨模擬係在以水(H₂O)作為光之媒介質的條件下執行。將其結果顯示於第 10 圖及第 11 圖。第 10 圖為顯示從將如第 9 圖所示之上層 SiO₂ 膜研磨達 100nm 時的模擬中得到的光譜推移的曲線圖。第 11 圖為顯示於第 10 圖所示之光譜之極大點及極小點(亦即極值點)之波長變化的曲線圖。與研磨如第 2A 圖所示之單層 SiO₂ 膜的情形不同，光譜之極大點以及極小點之波長不會大幅變化，光譜也不會隨著膜厚的減少而單純地往短波長側移動。此乃因 SiO₂ 之折射率(約 1.46)與 SiCN 之折射率(約 1.83)間的差，係比 SiO₂ 之折射率(約 1.46)與 H₂O 之折射率(約 1.33)間的差更大之故。一般而言，2 物質間之折射率的差小時，則於其界面間的反射光會變弱。就極端之例而言，若假設界面間沒有折射率差，則不會產生反射。因此，於所測量的反射光整

體之光譜中，相較於在作為被研磨膜的上層 SiO_2 之上表面反射的光之成分，在 SiCN 膜與上層 SiO_2 膜間之界面反射，或在 SiCN 膜與下層 SiO_2 膜間之界面反射而突透上層 SiO_2 膜而來的光之成分所佔的比例將變大。結果，極值點之數量和波長係比起 SiCN 膜，更強烈地受到下層、尤其是下層 SiO_2 膜的影響。由於該下層 SiO_2 膜沒有受到研磨，故在研磨中所得的光譜難以反映出上層 SiO_2 膜之厚度減少。

因此，如第 11 圖所示，極值點之波長係與研磨量之變化無關而少有變化，故難以根據極值點之波長變化而掌握研磨之進展。然而，即使在如上所述的情形中，如第 10 圖所示，光譜仍會隨著研磨量(膜厚)之變化而變化。

第 12 圖為顯示依據如第 10 圖所示之光譜變化而算出的光譜累積變化量之推移的曲線圖。如第 12 圖所示，光譜累積變化量係隨著研磨量而大致直線地增加。因此，得知可藉由本實施形態之方法而掌握研磨之進展。如第 12 圖所示之向量累積變化量雖係使用上述式(11)及式(13)而算出，但亦可使用式(15)、式(16)、或式(17)來取代式(11)。於該情形下亦可獲得同樣之結果。

第 13 圖為從研磨第 9 圖所示之下層 SiO_2 膜之厚度分別為 450nm、500nm、550nm 之 3 片基板的模擬中獲得的顯示研磨量之推定誤差的曲線圖。如第 13 圖所示之推定誤差雖係使用上述式(11)、式(13)、及式(18)而算出，但亦可使用式(15)、式(16)、或式(17)來取代式(11)。

誤差之算出係以下層 SiO₂ 膜之厚度為 500nm 之基板為基準而進行，關於該基板而得的研磨終點之光譜累積變化量 $A(\theta)$ 係相當於研磨量 100nm。若將下層 SiO₂ 膜之厚度以下標表示，則與第 7A 至 7D 圖的情形相同，可分別將各情形之誤差用以下式表示。

$$E_{500}(\theta) = A_{500}(\theta) / A_{500}(100\text{nm}) \times 100\text{nm} - (200\text{nm} - \theta) \quad \dots (19)$$

$$E_{450}(\theta) = A_{450}(\theta) / A_{500}(100\text{nm}) \times 100\text{nm} - (200\text{nm} - \theta) \quad \dots (20)$$

$$E_{550}(\theta) = A_{550}(\theta) / A_{500}(100\text{nm}) \times 100\text{nm} - (200\text{nm} - \theta) \quad \dots (21)$$

於第 13 圖所示之一點粗鎖線係表示當下層 SiO₂ 膜之厚度為 500nm 時的研磨量之誤差。並且，以較細的虛線表示當下層 SiO₂ 膜之厚度為 450nm 時的誤差，以較細的實線表示當下層 SiO₂ 膜之厚度為 550nm 時的誤差。在任一情形中，研磨量之推定誤差係落在 $\pm 1\text{nm}$ 之範圍內，由此得知其可以在實際運用上不造成問題的精密度推定研磨量。藉此，只要事先研磨 1 片基板(於此例中為下層 SiO₂ 膜之厚度為 500nm 的基板)而求得光譜累積變化量與研磨量之間的關係，則對於下層 SiO₂ 膜之厚度不同的基板(於此例中為下層 SiO₂ 膜之厚度為 450nm、550nm 的基板)，亦可於研磨中精度良好地求得研磨量。

又，於用以調整 Cu 配線高度的研磨程序中，實際係如第 8 圖所示地於最上層絕緣膜之上形成有屏障層，通常係連續地研磨銅配線與屏障層。因此，當適用本方法時，較佳係先以研磨工作台之馬達的電流計、渦電流感測器、光學式感測器等檢測屏障層之去除點，在屏障層被去除的

時間點才開始進行光譜累積變化量之算出。如前所述，於用以調整 Cu 配線高度的研磨程序中，光譜極值點的波長變化會因蝕刻停止層之影響而變小。因此，利用光譜整體之波長變化的本方法係特別有效果。

第 14 圖為描繪有將第 8 圖所示之構造的基板實際研磨後所得之光譜累積變化量之時間推移的圖。光譜累積變化量係使用前述式(3)及式(5)而求得。光譜累積變化量之傾斜(斜率)係於從研磨開始起經過 20 秒後變化而出現彎曲點。該彎曲點係相當於前述之屏障層去除時間點。因此，只要於研磨中檢測到光譜累積變化量之彎曲點，即可決定屏障層之去除時間點。第 15 圖為顯示光譜累積變化量之彎曲點檢測方法之一例的圖。第 15 圖之曲線圖係描繪藉由前述式(3)所求得的每單位時間之光譜變化量(亦即光譜變化速度)之時間推移。係從屏障層去除時間點明顯更早的時間點開始檢測，而於光譜變化量低於預設之臨界值的時間點決定為屏障層已被去除。

亦可使用其他式(例如式(2)、式(6)、式(7)、式(9)、式(10)等)取代式(3)而求得光譜變化量。於該等情形中，屏障層之去除點係作為光譜累積變化量之彎曲點而顯現。因此，依據第 15 圖所示之方法，即可同樣地檢測出光譜累積變化量之彎曲點亦即屏障層之去除點。

其次，對於實際研磨具有同一構造的複數片基板而得之結果進行說明。第 16 圖係示有將同一構造之基板 17 片於同一研磨條件下僅變更研磨時間實際研磨所得之光譜累

積變化量的曲線圖。於該研磨中，係使用研磨工作台 1 次旋轉之時間量作為單位時間 Δt 。亦即，每當研磨工作台旋轉 1 次則求出光譜變化量，將所得之光譜變化量累計而得光譜累積變化量。又，為了去除所取得的光譜之雜訊(失真)，使用最近的複數個光譜資料而求得光譜之移動平均，從所得的光譜之移動平均算出光譜變化量。更具體而言，每當研磨工作台旋轉一次，即求得最近的 5 個光譜(亦即，於研磨工作台旋轉 5 次間所得的光譜)之平均，從所得之光譜平均算出光譜變化量。於第 16 圖之曲線圖中，縱軸係表示光譜累積變化量，橫軸係表示研磨時間[秒]。從第 16 圖之曲線圖得知，光譜累積變化量係隨研磨時間而大致直線地增加。因此，藉由於研磨中監視光譜累積變化量即可掌握研磨的進展。

於如上所述地應用移動平均法時，各時間點之光譜變化量係經由移動平均時間與算出光譜變化量用的時間單位 Δt 合計的期間(以下稱為算出期間)而算出。因此，各時間點的光譜變化量係為代表於該時間點直前之算出期間內的光譜變化量的值。

從研磨開始至經過上述算出期間為止係無法算出光譜變化量。因此，於從研磨開始至經過算出期間的時間點中，如何設定光譜累積變化量之初期值將成為問題。在此，參照第 17 圖說明光譜累積變化量之初期值的設定方法。於第 17 圖之下段係描繪有每單位時間之光譜變化量(亦即光譜變化速度)，於上段則描繪有光譜累積變化量，其各個標

記係表示於每研磨工作台旋轉 1 次時算出的值。

於第 17 圖中，將從研磨開始點起之算出期間表示為初期算出期間。初期算出期間以後的各時間點的光譜變化速度，係以如上所述的方式，描繪代表各時間點直前的算出期間的值，且描繪累積光譜變化速度的值作為光譜累積變化量。

第 17 圖之符號 A 係表示假設從研磨開始點起至初期算出期間經過直前為止之間的光譜變化速度為 0 而求得的光譜累積變化量。該光譜累積變化量係藉由將實際光譜變化速度累計而求出，故在大部分的情形中皆顯示穩定的單調增加。以該符號 A 所示的光譜累積變化量係尤其適用於研磨的初期階段中基板間之研磨速度的參齊較小時。但是，由於以符號 A 所示的光譜累積變化量無法充分反映初期算出期間之研磨量，故將變成顯現偏離(offset)後的值。

另一方面，第 17 圖之符號 B 係表示假設從研磨開始點起至初期算出期間經過直前為止之間的光譜變化速度與在初期算出期間的經過時間點所求得的值 B' 相等而求得的光譜累積變化量。如前所述，值 B' 係可視為代表初期算出期間的值而具有一定的合理性。然而，初期算出期間之經過時間點的值 B 與初期算出期間以後之各時間點的值相比，存在有大幅反映光譜累積變化量的問題。例如，會有受到基板面內的膜厚和配線密度之不均一性之影響等而使光譜變化速度大幅變動，且值 B' 與平均位準的誤差變大的情形。在如上所述的情形中，係強調 B' 的誤差，而

有顯現所求得之光譜累積變化量偏離實際研磨量的值之虞。

第 17 圖之符號 C 係表示假設從研磨開始點起至初期算出期間經過直前為止之間的光譜變化速度與在初期算出期間經過以後所求得的光譜變化速度之平均值相等而求得的光譜累積變化量。光譜變化速度之平均值的算出係從初期算出期間經過的時間點起開始，持續至經過預定之基準上限區間為止。亦即，於基準上限區間內之各時間點中，每當算出光譜變化速度，即算出至該時間點為止所求得的光譜變化速度之平均值。於經過基準上限區間後，在基準上限區間之終點求得的光譜變化速度之平均值係於各時間點適用為初期算出期間的光譜變化速度。於第 17 圖中，將在基準上限區間之終點中算出的光譜變化速度之平均值表示為 C'。

接著，於基準上限區間內的各時間點亦重新算出光譜累積變化量。換言之，當根據光譜變化速度之平均值而藉由外插求出上述初期算出期間內的光譜累積變化量之資料時，係以使研磨開始時間點之光譜累積變化量成為 0 的方式於每次算出光譜變化速度時重新計算光譜累積變化量。如此，即使光譜變化速度大幅變動，亦可在各時間點中求得最概略的值。然而，在初期算出期間之經過後的短暫期間，有所求出的光譜累積變化量上下變動的情形。另外，於研磨中，尤其於研磨初期中研磨速度大幅變化的情形下，則不適用符號 C 之方法。第 16 圖之例雖為依據符號 C 的

方法而得者，但由於光譜變化速度之變動小，故研磨初期之光譜累積變化量之變動不會顯現在曲線圖。又，於從屏障層開始研磨第 8 圖所示之基板的情形中，亦可將上述說明中的研磨開始時間點取代為屏障層去除檢測時間點。

第 18 圖為顯示對於上述 17 片之各基板的研磨結束時之光譜累積變化量與對於各基板之研磨前後的膜厚測量而得之測量研磨量間之關係的曲線圖。通常，作為研磨結束時之光譜累積變化量係使用於研磨中所獲得的最後測定資料。然而，當由研磨監視裝置檢測到研磨終點起至獲得最後的測量資料為止因研磨終點測知確認和資料通訊等而存在有延遲時間時，亦可利用從最後之測量資料起回朔達延遲時間量的測量資料。或者，亦可從研磨後期之光譜變化量推測出相當於該延遲時間的光譜累積變化量，且亦可將該推測值加算於根據從研磨終點起回朔達延遲時間量的測量資料而求得的光譜累積變化量。另外，同樣地，在假設從研磨開始至取得最初的測量資料為止的期間存有延遲時間的情形時，亦可依據研磨初期之光譜變化量而推測出相當於延遲時間的光譜累積變化量，而將其加算於根據測量資料而求得的光譜累積變化量。對於在第 18 圖之曲線圖中所表示的 17 片基板之通過各測量點附近的回歸直線，亦可藉由最小二次方法而求得。若將光譜累積變化量設為 x ，將測量研磨量(實際研磨量)設為 y ，則回歸直線係表示為 $y = 212.5x + 2.9$ 。表示各測量點距回歸直線的偏離的剩餘差係在 -2.4nm 至 4.3nm 的範圍內。另外，回歸直線的 y 切片

為 2.9nm，回歸直線係通過原點附近。又，當以如上所述的方式推測出相當於延遲時間的光譜累積變化量而確認光譜累積變化量與研磨量之間的關係，或求得關係式時，在實際研磨之監視中，亦可同樣地求得推測值且加算於光譜累積變化量而作為監視用的資料。

當重新研磨同種類之基板時，只要將在研磨中求得的光譜累積變化量代入前述回歸直線之式，則可在研磨中求得各時間點的研磨量。因此，可以從現在之研磨量與目標研磨量之比較來決定研磨終點。更且，當基板之初期膜厚之規格為已知且相對於各基板的誤差小時，或於研磨各基板前可預先測量初期膜厚時，係可從初期膜厚減去研磨量而求得剩餘膜厚。而且，亦可從剩餘膜厚與目標膜厚之比較來決定研磨終點。

又，於上述例中雖根據 17 個測量點適用最小二次方法而求得回歸直線，但亦可於該等測量點加算座標軸之原點(光譜累積變化量 = 0，測量研磨量 = 0)而適用最小二次方法。另外，亦可假設回歸直線通過原點而求出該回歸直線。當如上述例所述僅依據測量點而作成回歸直線時，至少需要 2 個測量點，且於事前至少需要研磨 2 片基板。相對於此，當於測量點加算座標軸之原點而適用最小二次方法時，則只要至少事前研磨 1 片基板即可。當僅研磨 1 片基板時，係求出通過座標軸之原點與 1 個測量點的回歸直線。回歸直線較佳為通過座標軸之原點附近，但即使因膜厚測量時之測量點與研磨中的監視用測量點間之位置的差

異等而使其離原點多少有偏離時，亦只要能求得在作為目標之研磨量附近的剩餘誤差小的回歸直線(亦即回歸式)，即可以相應之精密度檢測研磨終點。

於以上所說明的實施形態係光譜累積變化量與研磨量大致成正比的例子。但亦有光譜累積變化量與研磨量不成正比的例子。例如，於第 8 圖所示之用以調整 Cu 配線電阻(高度)而進行研磨的情形時，若配線高度低於 65nm 則每單位研磨量之光譜將大幅變化，尤其在 600nm 以上之波長域中的光譜變化大。即使在上述情形中，藉由將波長範圍適當地限定在例如 400nm 至 500nm 等，仍可得到對應於研磨量的光譜累積變化量。另外，亦可求出顯示光譜累積變化量與研磨量間之關係的 2 次多項式等非線性式而進行回歸分析。

第 19 圖為顯示於調整銅配線之高度的研磨程序中應用本實施形態之方法時的處理流程的流程圖。於第 8 圖所示之基板係在本研磨程序中被研磨之基板的一例。該流程圖係顯示以渦電流感測器檢測屏障層之去除，且從屏障層之去除時間點開始進行光譜累積變化量的算出，再決定研磨終點的處理程序。以下，參照第 19 圖而說明各步驟。

可於基板之研磨中取得來自基板之反射光的光譜(步驟 1)，算出相對於預定時間的光譜變化量(步驟 2)。於此例中，預定時間係設定為研磨工作台旋轉 1 次的時間。因此，研磨工作台每旋轉一次則執行步驟 1 及步驟 2。

光譜變化量係從屏障層被去除之前算出。此乃依據以

下理由，在使用渦電流感測器的屏障層去除之檢測中，係執行用以將渦電流感測器之輸出訊號平滑化和確認信號變化點之檢測的各種處理。因此，屏障層去除之檢測將產生若干延遲。在此，如後所述，於檢測出屏障層去除時，處理裝置 15 係決定屏障層被去除的實際時間點，而以該去除時間點作為起點而追朔地算出光譜累積變化量。又，決定該屏障層實際被去除之時間點的方法，亦可同樣地適用於藉由根據前述光譜變化速度的方法而檢測屏障層之去除的例子。

處理裝置 15(參照第 2A 圖)係根據渦電流感測器之輸出訊號而檢測屏障層之去除。處理裝置 15 係於步驟 3 中確認屏障層之去除是否已被檢測。當於前一個時間點並未檢測到屏障層之去除時，處理裝置 15 係取得渦電流感測器之新輸出訊號(步驟 4)，對該輸出訊號進行平滑化等之預定處理(步驟 5)。更且，處理裝置 15 係根據所處理的輸出訊號而決定是否去除屏障層(步驟 6)。

若檢測出屏障層的去處，則處理裝置 15 係決定屏障層被去除的時間點(步驟 7)。該屏障層去除時間點係藉由從於步驟 6 中決定屏障層被去除的時間點減去預定時間而求得。預定時間係根據上述之感測器訊號之平滑化和起因於訊號變化點之確認處理的延遲時間而決定。而且，處理裝置 15 係算出從決定的屏障層去除時間點起至現在時間點為止的光譜累積變化量。之後，處理係回到步驟 1。

於步驟 3 中，當已檢測到屏障層之去除時，則於現存

之光譜累積變化量加上現時間點的光譜變化量而更新光譜累積變化量(步驟 9)。研磨進展之監視以及研磨終點之決定係藉由使用光譜累積變化量、研磨量、或膜厚之任一者而進行。當於處理裝置 15 指定有應使用研磨量或膜厚之任一者而決定研磨終點時(步驟 10)，處理裝置 15 係根據上述回歸式而算出研磨量(步驟 11)。當於處理裝置 15 指定應以膜厚決定研磨終點時(步驟 12)，處理裝置 15 係從預先取得之初期膜厚減去研磨量而算出剩餘膜厚(步驟 13)。

處理裝置 15 係依循指定，根據光譜累積變化量、研磨量、或膜厚而決定研磨終點(步驟 14)。基本而言，光譜累積變化量及研磨量係於研磨中單調增加，另一方面，膜厚係於研磨中單調減少。因此，可以將光譜累積變化量、研磨量、或膜厚皆到達預定目標值的時間點作為研磨終點。

於本方法中，由於係根據光譜整體之變化量而監視研磨之進展，故可以將本方法應用於各種構造基板之研磨。尤其，即使如調整銅配線之高度的研磨程序，在積層有折射率大為不同的透明膜且光譜極值點之波長變化小的情形時，亦可正確地掌握被研磨膜之厚度變化。更且，將光譜變化量累計而得的光譜累積變化量即使在基板具有複雜的多層構造的情形時，基本上仍會於研磨中單調增加。因此，易於依據光譜累積變化量而掌握基板研磨之進展。更且，藉由光譜累積變化量與預定目標值或臨界值間的單純比較即可輕易地檢測研磨終點。

在此，若基板面內的光譜測量時間與時間一起變化，

且於基板面內之膜厚有若干之參差不齊，則會有膜厚未必於研磨中單調減少的情形。雖可將於研磨工作台旋轉一次的期間內取得的光譜資料平均化，但若膜厚在基板的周方向不均一，則仍會產生膜厚相對於時間軸並非單調減少的情形。即使在如上所述之情形中，只要將用以算出光譜變化量的上述預定時間設定為較大，則仍可將於該預定時間前後的膜厚視為單調減少。或者，在求出光譜變化量之前，先求出光譜之移動平均，藉此可將對應的膜厚視為單調減少。

亦可考慮基板面內膜厚之不均一，而判別研磨中之光譜變化量的方向、亦即光譜變化量之正或負符號。在形成於基板上的複數個透明膜之光學常數大致相等的情形時，可根據在單層膜中之光的干涉理論來分析反射光之行為。亦即，隨著膜厚減少光譜之各極值點(極大點·極小點)之波長會減少。因此，藉由追蹤光譜之各極值點的波長，即可決定光譜變化量之符號(正或負)。

相對於此，如第 8 至 9 圖的基板所示，當存在有光學常數大為不同的複數種透明膜時，光譜極值點之波長將不會隨著膜厚之減少而單調變化。在如上所述的情形中，可採用如下所述之方式來決定光譜變化量之符號(正或負)。第 20 圖為用以說明決定光譜變化量符號之步驟的圖。於第 20 圖中， Δt 係表示關於現時間點 t 的光譜變化量算出區間， T_0 則表示於區間 Δt 先行的預定符號基準區間。

對於區間 Δt 、 T_0 ，以及將兩區間 Δt 、 T_0 結合之總區

間分別求出例如以式(2)表示的光譜變化量(正值)。當總區間之光譜變化量 V_1 較區間 T_0 之光譜變化量 V_0 大時 ($V_1 > V_0$)，則決定在區間 Δt 的光譜變化量 ΔV 之符號為正 ($\Delta V > 0$)。因此，膜厚為減少傾向。此時，光譜變化速度 $\Delta V / \Delta t$ 之符號亦成為正。另一方面，當總區間之光譜變化量 V_1 較區間 T_0 之光譜變化量 V_0 小時 ($V_1 < V_0$)，則決定在區間 Δt 的光譜變化量 ΔV 之符號為負 ($\Delta V < 0$)。因此，膜厚為增加傾向。此時，光譜變化速度 $\Delta V / \Delta t$ 之符號亦成為負。

於研磨初期階段中，在無法定義符號基準區間 T_0 的情形時，亦可在光譜變化量算出區間 Δt 以後設置與上述區間 T_0 為相同長度的區間。光譜變化量之符號係依循與上述同樣之步驟而決定，暫時被設為「正」的光譜變化量之符號將被更新。第 21 圖為顯示將第 8 圖所示之基板屏障層去除後取得之光譜累積變化量的圖。從第 21 圖可知，光譜變化量之符號係二度成為負。

又，當有於基板之周方向的膜厚不均一性會大幅影響檢測精度之虞時，藉由調整研磨工作台之旋轉速度與保持基板的頂環之旋轉速度，即可減輕如上所述之不均一膜厚的影響。第 22A 圖係表示在如第 2B 圖所示之構成的研磨裝置中，當研磨工作台與頂環之旋轉速度分別為 60min^{-1} 、 61min^{-1} 時，表示被描繪於基板表面上的投光部 11 及受光部 12(參照第 2A 圖及第 2B 圖)之軌跡的圖，第 22B 圖係表示研磨工作台與頂環之旋轉速度分別為 60min^{-1} 、 54min^{-1}

時，描繪於基板表面上的投光部 11 及受光部 12 之軌跡的圖。

於第 22A 圖之情形中，投光部 11 及受光部 12 之軌跡係隨著研磨工作台旋轉而一起緩緩移動，相對於此，於第 22B 圖之情形中，在研磨工作台旋轉 10 次的期間內，頂環係旋轉 9 次而使投光部 11 及受光部 12 回到基板面內之原位置。亦即，於研磨工作台旋轉 10 次之前取得的光譜與現在時間點的光譜係在基板表面上之相同位置取得的光譜。因此，於第 22B 圖之例中，於研磨中之各時間點，較佳為依據研磨工作台旋轉 10 次之前取得的光譜與現時間點之光譜的比較而求得光譜變化量。藉由比較在基板之同一位置取得的光譜，而可更精密度良好地求得研磨量。或者，亦可於各時間點中，將於研磨工作台旋轉 10 次之期間所求得的最近之複數個光譜的平均，再從所求得之平均光譜中求得光譜變化量。由於在研磨工作台旋轉 10 次的期間，投光部 11 以及受光部 12 係掃描基板表面之整體，故可獲得精度良好的結果。

第 23 圖係示意性地表示研磨裝置的剖面圖，該研磨裝置係具有可執行上述研磨監視方法以及研磨終點檢測方法的研磨監視裝置。如第 23 圖所示，研磨裝置係具有：研磨工作台 20，用以支撐研磨墊 22；頂環 24，保持基板 W 而將該基板 W 按壓於研磨墊 22 的頂環 24；以及研磨液供給機構 25，係對研磨墊 22 供給研磨液(slurry)。研磨工作台 20 係與配置於其下方的馬達(未圖示)連結，而成為可繞著

軸心旋轉。研磨墊 22 係固定於研磨工作台 20 之上表面。

研磨墊 22 之上表面 22a 係構成研磨基板 W 的研磨面。頂環 24 係經由頂環軸 28 而連結於馬達及升降圓筒(未圖示)。藉此，頂環 24 可升降且可繞者頂環軸 28 旋轉。於該頂環軸 24 之下表面係藉由真空吸附等而保持基板 W。

保持於頂環 24 之下表面的基板 W 係一邊藉由頂環 24 而旋轉，一邊藉由頂環 24 而被推壓至旋轉的研磨工作台 20 上之研磨墊 22。此時，係從研磨液供給機構 25 對研磨墊 22 之研磨面 22a 供給研磨液，而在於基板 W 之表面與研磨墊 22 之間存在有研磨液的狀態下研磨基板 W 之表面。使基板 W 與研磨墊 22 滑接的相對移動機構則由研磨工作台 22 及頂環 24 所構成。

於研磨工作台 20 係形成有於其上表面開口的孔 30。另外，於研磨墊 22 係於對應於該孔 30 的位置形成有通孔 31。孔 30 與通孔 31 係連通，通孔 31 係於研磨面 22a 開口。孔 30 係經由液體供給路 33 以及旋轉接頭(rotary joint) 32 而連結至液體供給源 35。研磨中係從液體供給源 35 對孔 30 供給屬於透明液體之水(較佳為純水)，而將由基板 W 之下表面與通孔 31 所形成的空間填滿，通過液體排出路 34 而排出。研磨液係與水一起排出，藉此而確保光路徑。於液體供給路徑 33 係設有與研磨工作台 20 之旋轉同步動作的閥(未圖示)。該閥係以當基板 W 不位於通孔 31 上時停止水流或使水流量變少的方式動作。

研磨裝置係具有依循上述方法監視研磨之進展且檢

測研磨終點的研磨監視裝置。該研磨監視裝置亦作為研磨終點檢測裝置而發揮功能。研磨監視裝置係具有：投光部 11，用以將光照射至基板 W 之被研磨面；作為受光部的光纖 12，用以將從基板 W 返回之光反射予以受光；分光器 13，將來自基板的反射光依循波長而分解，而遍及預定之波長範圍測量反射光之強度；以及處理裝置 15，從藉由分光器 13 而取得的測量資料產生光譜，從而根據該光譜之變化而監視研磨的進展。光譜係表示遍及預定之波長範圍而分布之光的強度，可表示為表示光之強度與波長間之關係的曲線圖。

投光部 11 係具有：光源 40；以及連接至光源 40 的光纖 41。光纖 41 係將光源 40 之光導引至基板 W 之表面的光傳送部。光纖 41 係從光源 40 通過孔 30 而延伸至基板 W 之被研磨面的附近位置。光纖 41 及光纖 12 的各前端係與由頂環 24 所保持的基板 W 之中心相對向而配置，如第 2B 圖所示，每當研磨工作台 20 旋轉一次時，光便照射於包含基板 W 之中心的區域。

作為光源 40 而言，可使用發光二極體(LED)、鹵素燈(halogen lamp)、氙閃光燈(xenon flash lamp)等發出具有複數波長之光的光源。光纖 41 與光纖 12 係彼此並排地配置。光纖 41 及光纖 12 之各前端係相對於基板 W 之表面大致垂直地配置，光纖 41 係對於基板 W 之表面大致垂直地照射光線。

於基板 W 之研磨中，光從投光部 11 照射至基板 W，

藉由光纖 12 而將來自基板的反射光予以受光。於光照射的期間，對孔 30 供給水，藉此，光纖 41 及光纖 12 之各前端與基板 W 之表面之間的空間係充滿水。分光器 13 係測量每個波長之反射光的強度，處理裝置 15 係產生表示光之強度與波長間之關係的反射光之光譜。之後，處理裝置 15 係如上所述地依據反射光之光譜算出光譜累積變化量，依據此光譜累積變化量而監視研磨之進展，決定研磨終點。

第 24 圖為顯示第 23 圖所示之研磨裝置的變形例之剖面圖。在如第 24 圖之例中，並未設置液體供給路徑、液體排出路徑、液體供給源。取而代之地於研磨墊 22 形成有透明窗 45。投光部 11 之光纖 41 係通過該透明窗 45 而將光照射於研磨墊 22 上之基板 W 的表面，作為受光部之光纖 12 係通過透明窗 45 而將來自基板 W 的反射光予以受光。其他構成則與第 23 圖所示之研磨裝置相同。

上述實施形態係以可供本發明所屬技術領域中具有通常知識者實施本發明為目的而記載者。本發明所屬技術領域中具有通常知識者當然可創作出上述實施形態之各種變形例，亦可將本發明之技術思想應用於其他實施形態。因此，本發明並非由以上記載之實施形態所限定，其範圍應為在依循由申請專利範圍所定義的技術思想之最廣之範圍。

【符號說明】

11	投光部	12	受光部
13	分光器	15	監視裝置

20	研磨工作台	22	研磨墊
24	頂環	25	研磨液供給機構
28	頂環軸	30	孔
31	通孔	32	旋轉接頭
33	液體供給路徑	34	液體排出路徑
35	液體供給源	40	光源
41	光纖	45	透明窗
22a	上表面	W	基板

申請專利範圍

1. 一種研磨監視方法，係監視具有膜的基板之研磨的方法，其係具有以下步驟：
 - 於基板研磨中將光照射於前述基板；
 - 將來自前述基板的反射光予以受光；
 - 於每個波長測量前述反射光之強度；
 - 依據前述強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的光譜；
 - 算出前述光譜相對於每預定時間的變化量；
 - 以前述基板的研磨的預定程序後的時間點為起點，將前述光譜之變化量隨著研磨時間累計而算出光譜累積變化量；以及
 - 根據前述光譜累積變化量而監視前述基板的研磨中之研磨量。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之研磨監視方法，其中，前述基板之研磨為用以調整形成於前述基板之金屬配線高度的研磨；
 - 前述基板係具有：前述膜；形成於前述膜上的屏障層；以及形成於前述膜內的前述金屬配線；
 - 在前述基板的研磨中決定前述屏障層的去除時間點；
 - 以該決定出之去除時間點為起點，算出前述光譜累積變化量。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之研磨監視方法，其中，在

決定出前述屏障層的去除時間點時，朝前述決定出之去除時間點追溯地進行光譜累積變化量之算出。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述之研磨監視方法，其中，依據以前述基板的研磨開始時間點為起點而算出之光譜的累積變化量的彎曲點，決定前述屏障層的去除時間點。
5. 如申請專利範圍第 2 項所述之研磨監視方法，其中，使用渦電流感測器決定前述屏障層的去除時間點。
6. 如申請專利範圍第 2 項所述之研磨監視方法，其中，使用研磨工作台之馬達的電流計決定前述屏障層的去除時間點。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之研磨監視方法，其中，根據前述光譜累積變化量而決定前述基板之研磨終點。
8. 一種研磨監視裝置，係具有：
 - 投光部，於基板研磨中將光照射於前述基板；
 - 受光部，將來自前述基板的反射光予以受光；
 - 分光器，於每個波長測量前述反射光之強度；以及
 - 處理裝置，將前述分光器之測量資料進行處理；其中，前述處理裝置係執行以下步驟：
 - 依據前述強度之測量值而產生表示強度與波長間之關係的光譜；
 - 算出前述光譜相對於每預定時間的變化量；
 - 以前述基板的研磨的預定程序後的時間點為起點，將前述光譜變化量隨著研磨時間累計而算出光譜累積

變化量；以及

根據前述光譜累積變化量而監視前述基板之研磨中之研磨量。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之研磨監視裝置，其中，
前述基板係具有：前述膜；形成於前述膜上的屏障層；以及形成於前述膜內的前述金屬配線；
前述處理裝置係進行下述處理：
在前述基板的研磨中決定前述屏障層的去除時間點；
以該決定出之去除時間點為起點，算出前述光譜累積變化量。
10. 如申請專利範圍第 9 項所述之研磨監視裝置，其中，前述處理裝置係在決定出前述屏障層的去除時間點時，朝前述決定出之去除時間點追溯地進行光譜累積變化量之算出。
11. 如申請專利範圍第 9 項所述之研磨監視裝置，其中，前述處理裝置係依據以前述基板的研磨開始時間點為起點而算出之光譜的累積變化量的彎曲點，決定前述屏障層的去除時間點。
12. 如申請專利範圍第 9 項所述之研磨監視裝置，其中，前述處理裝置係依據渦電流感測器之輸出訊號決定前述屏障層的去除時間點。
13. 如申請專利範圍第 9 項所述之研磨監視裝置，其中，前述處理裝置係依據研磨工作台之馬達的電流計之輸出

訊號決定前述屏障層的去除時間點。

14. 如申請專利範圍第 8 項所述之研磨監視裝置，其中，前述處理裝置係根據前述光譜累積變化量而決定前述基板之研磨終點。

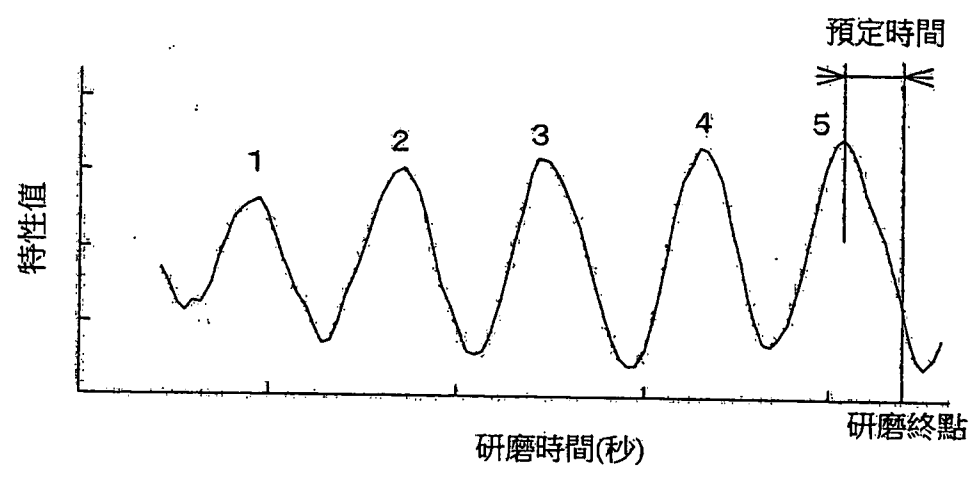
15. 一種研磨裝置，係具備：

申請專利範圍第 8 至 14 項中任一項所述之研磨監視裝置；

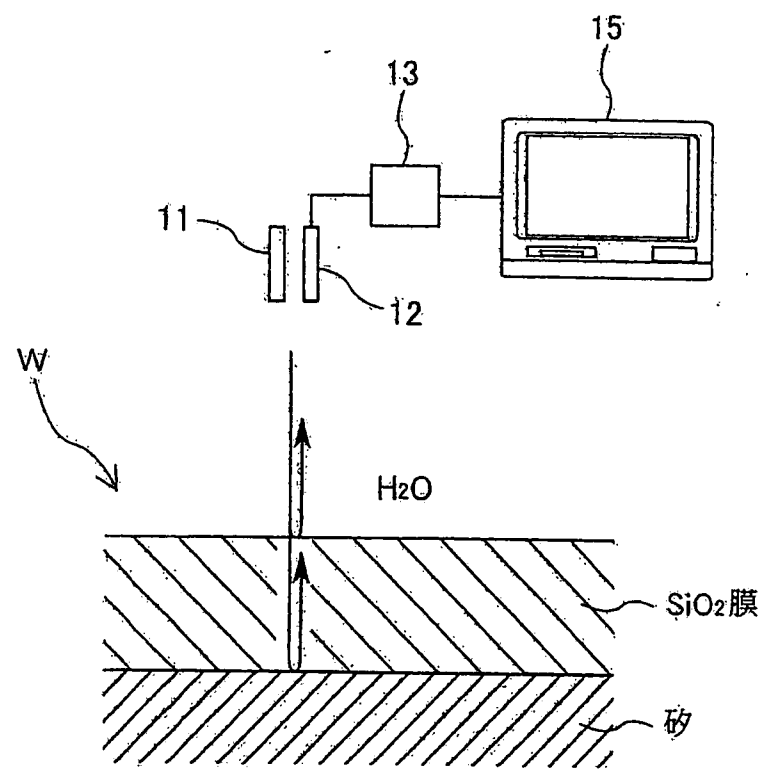
研磨工作台，用以支撐研磨墊；以及

頂環，用以將基板按壓於前述研磨墊。

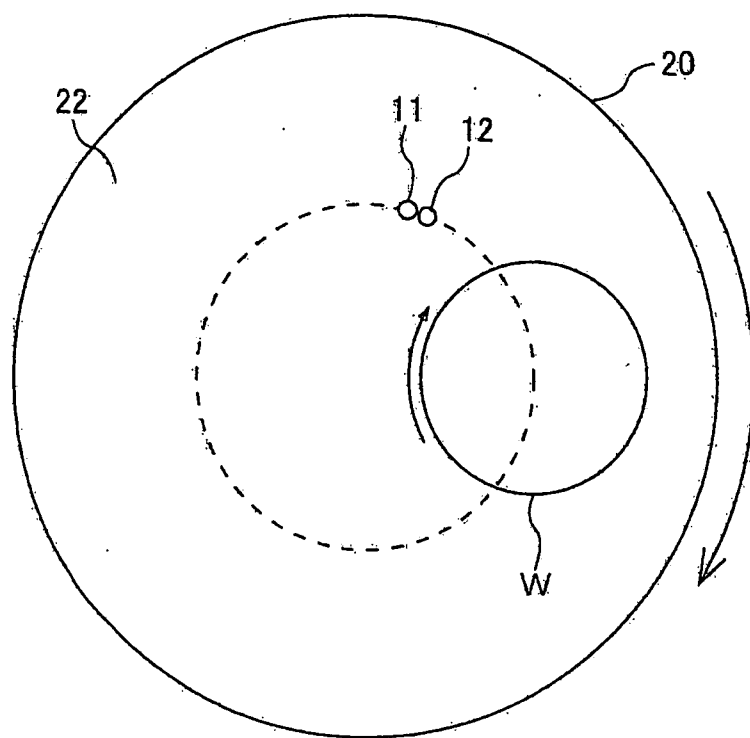
圖式



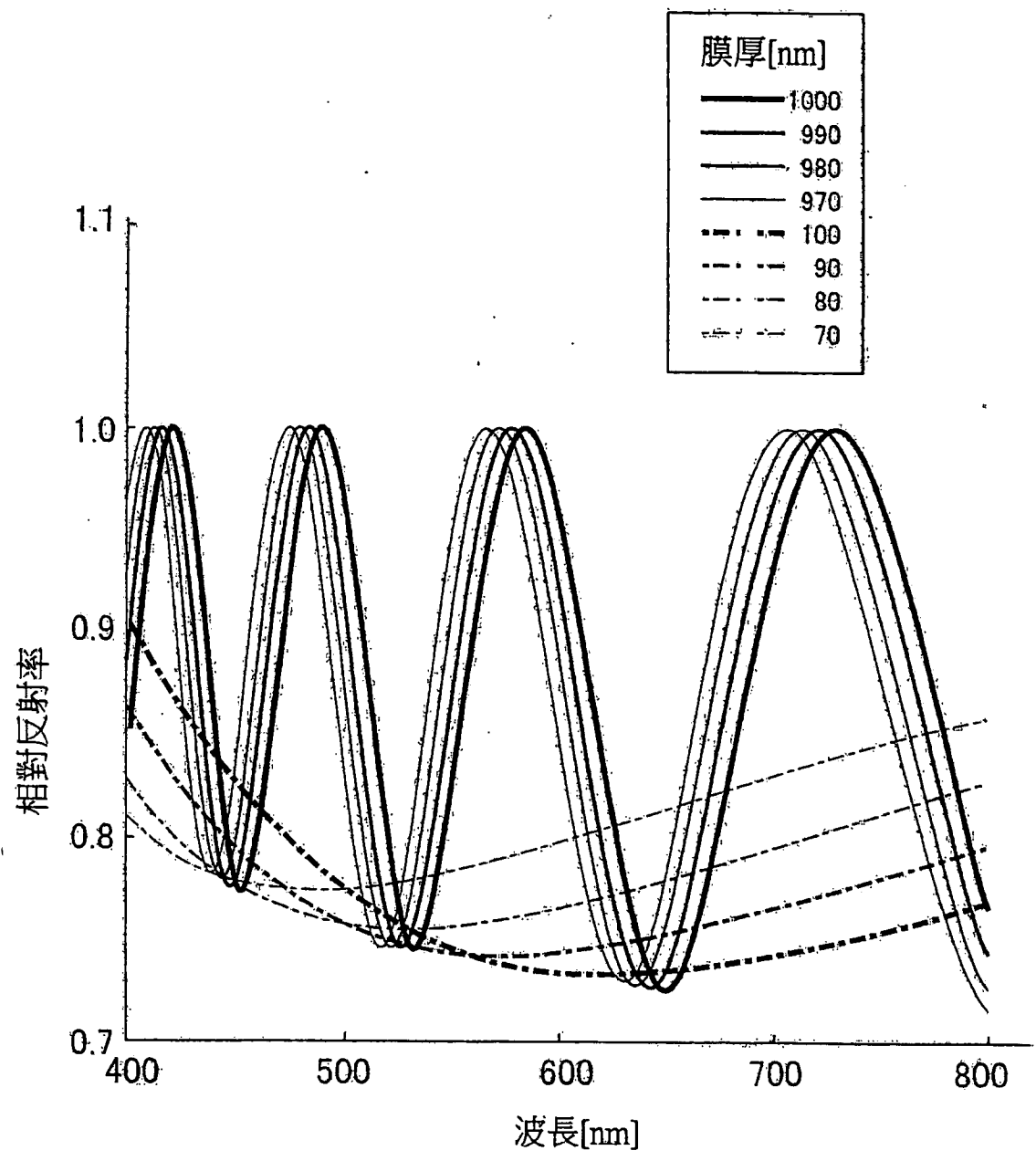
第1圖



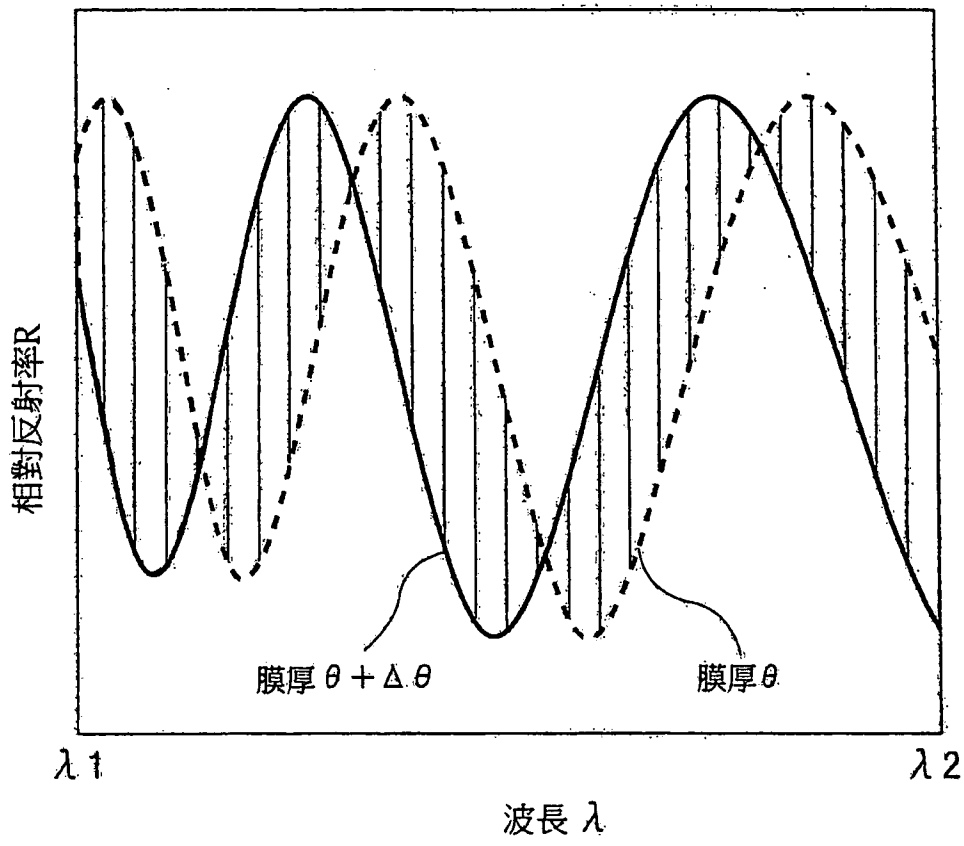
第2A圖



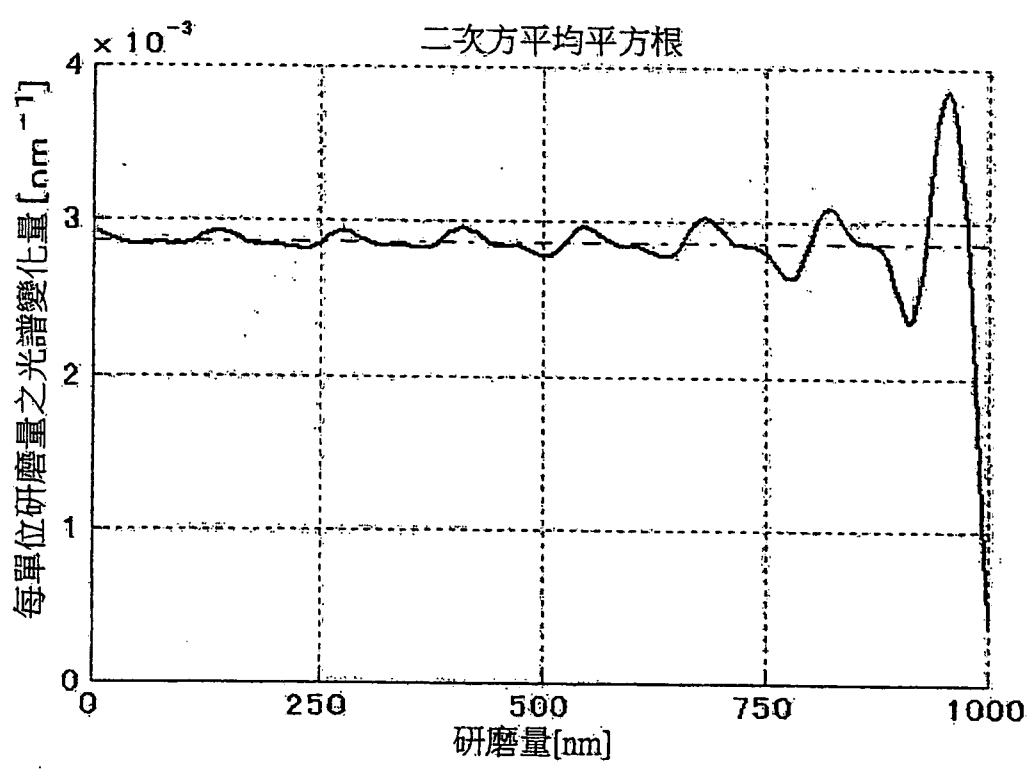
第2B圖



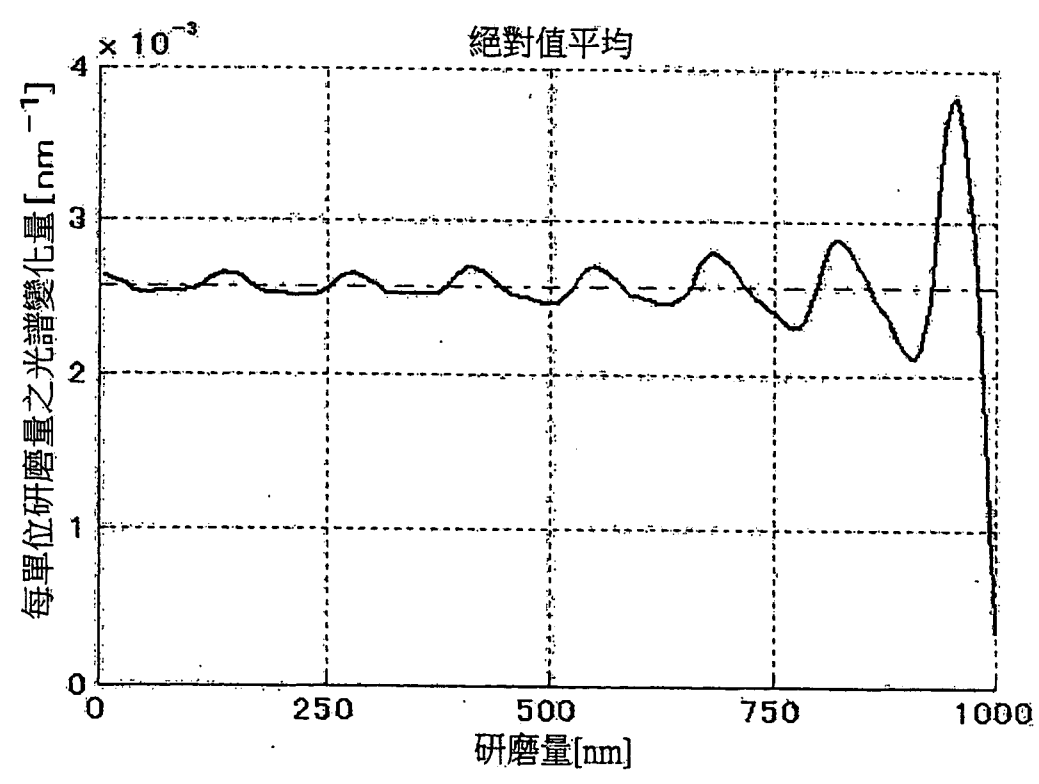
第3圖



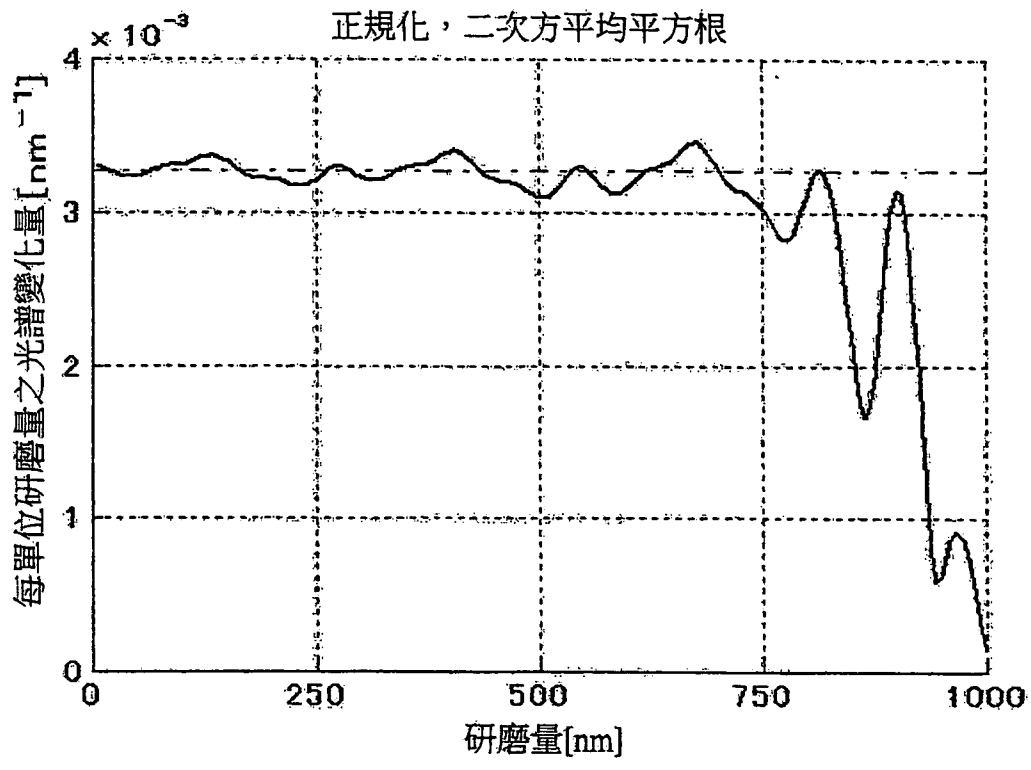
第4圖



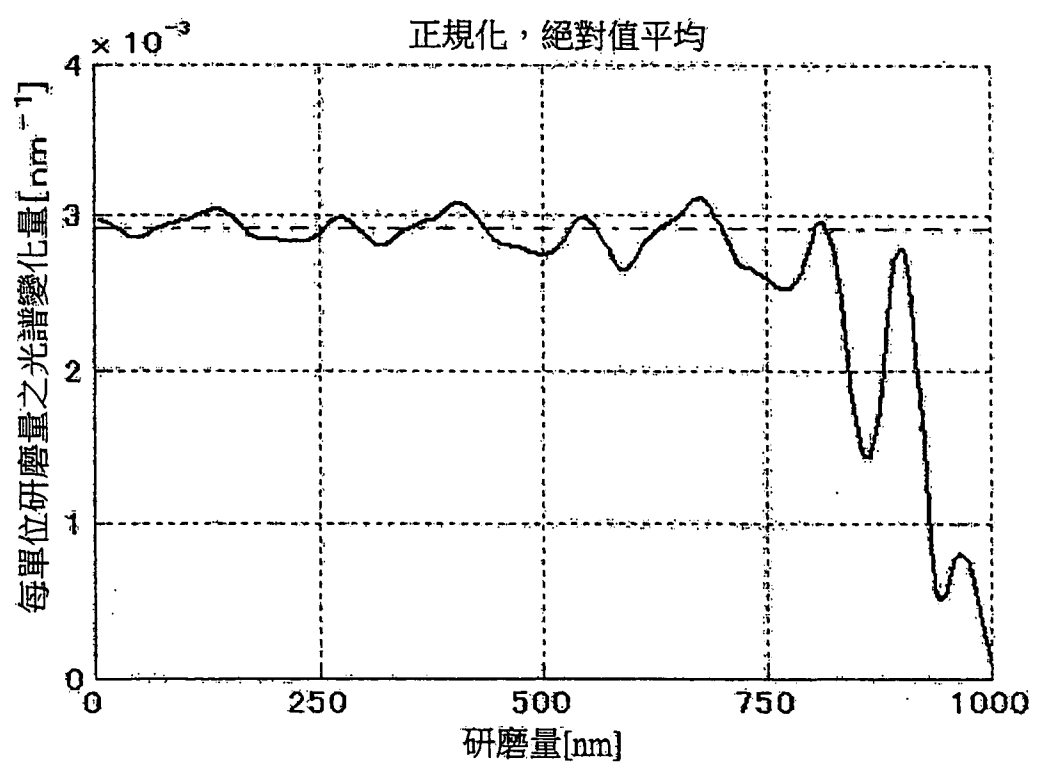
第5A圖



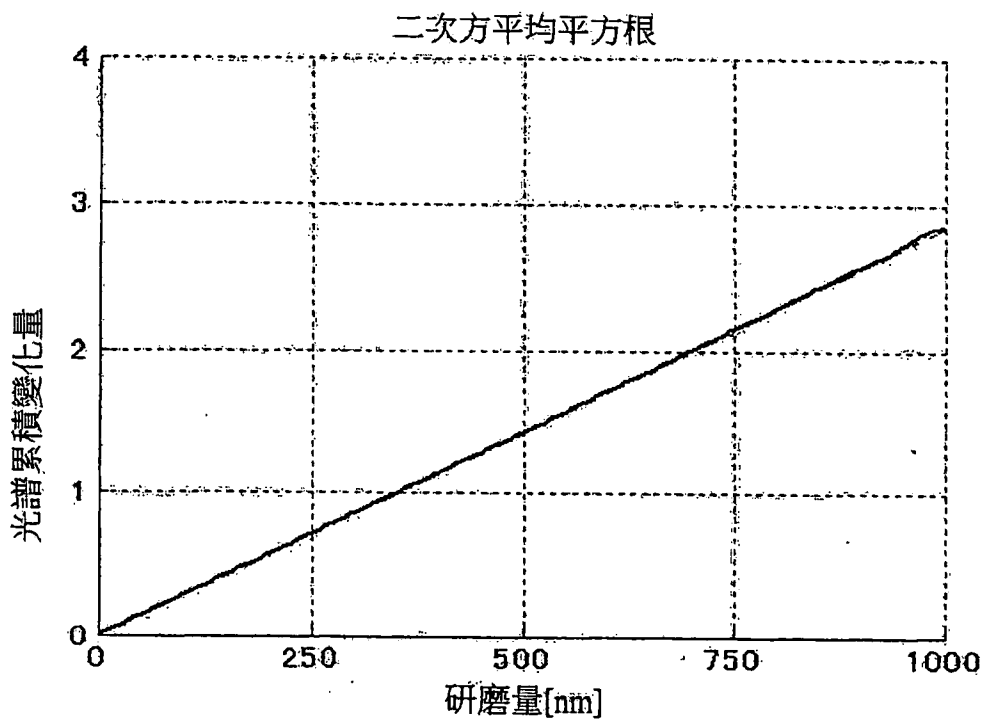
第5B圖



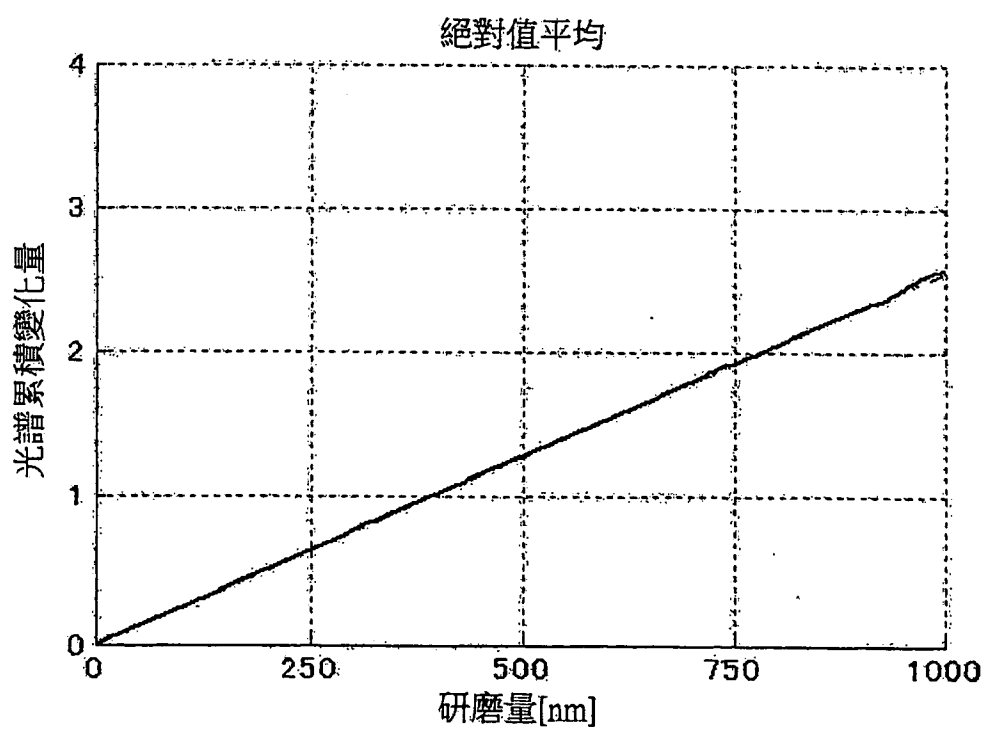
第5C圖



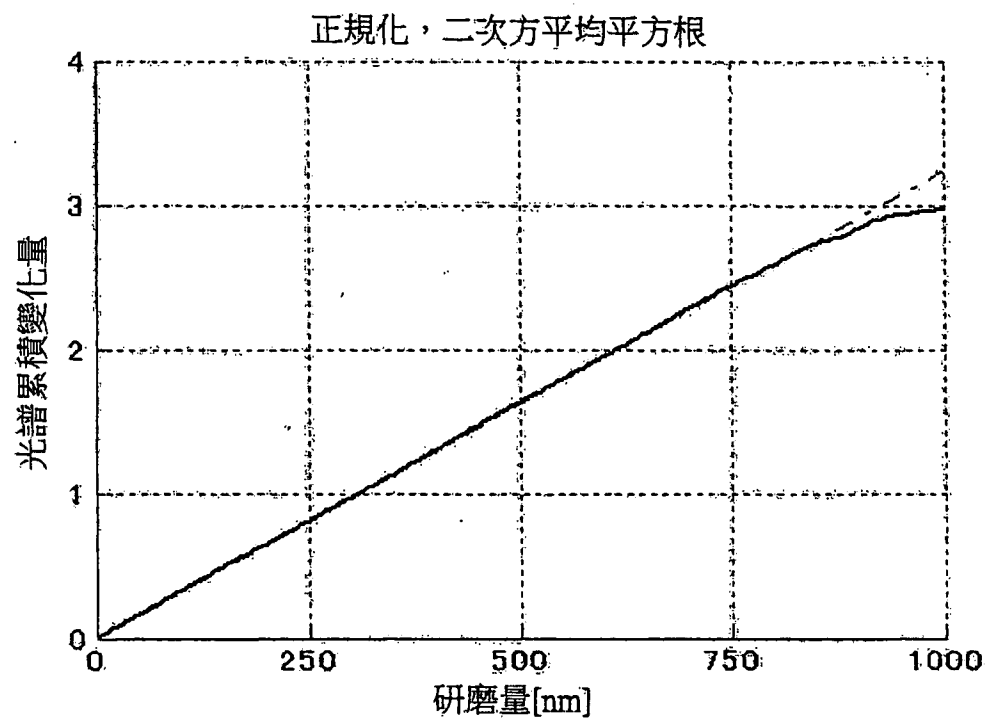
第5D圖



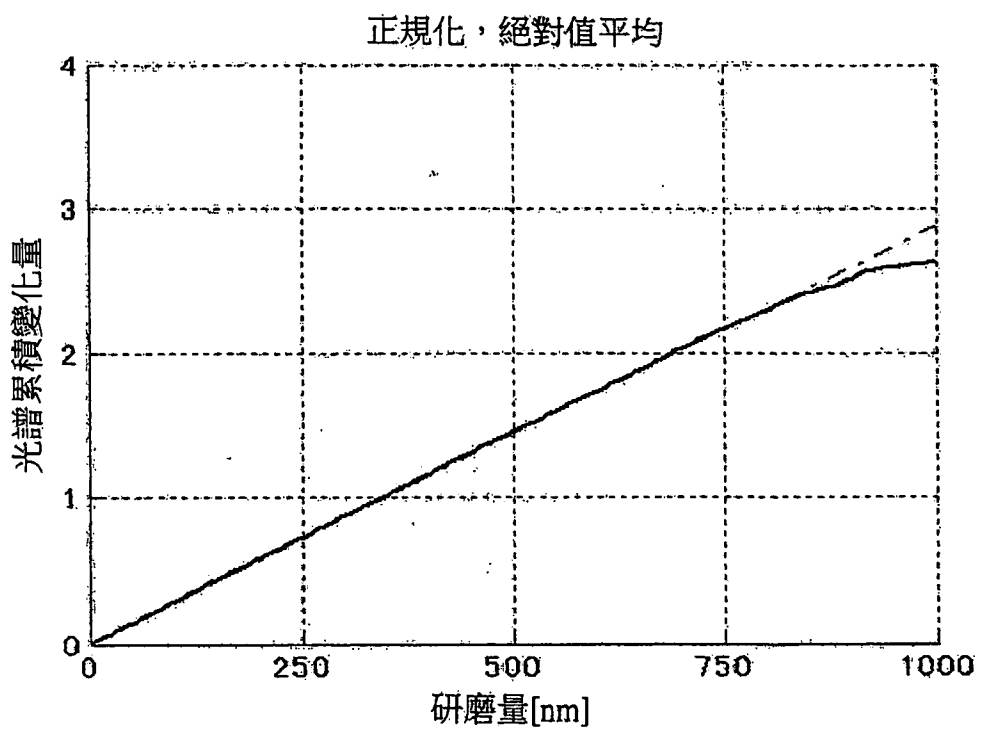
第6A圖



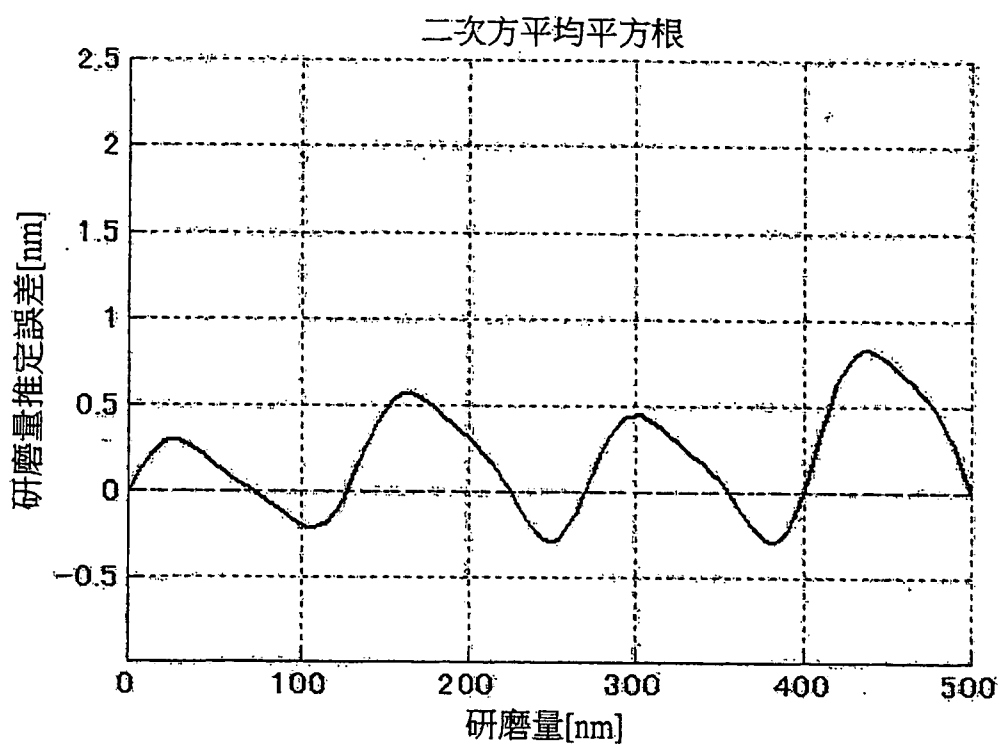
第6B圖



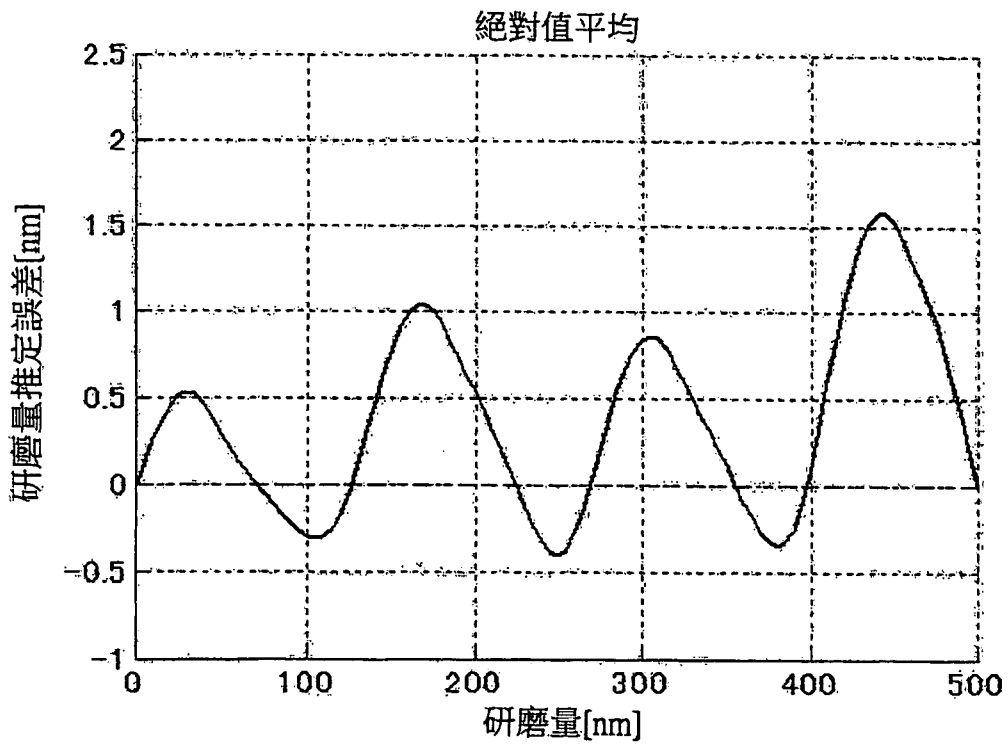
第6C圖



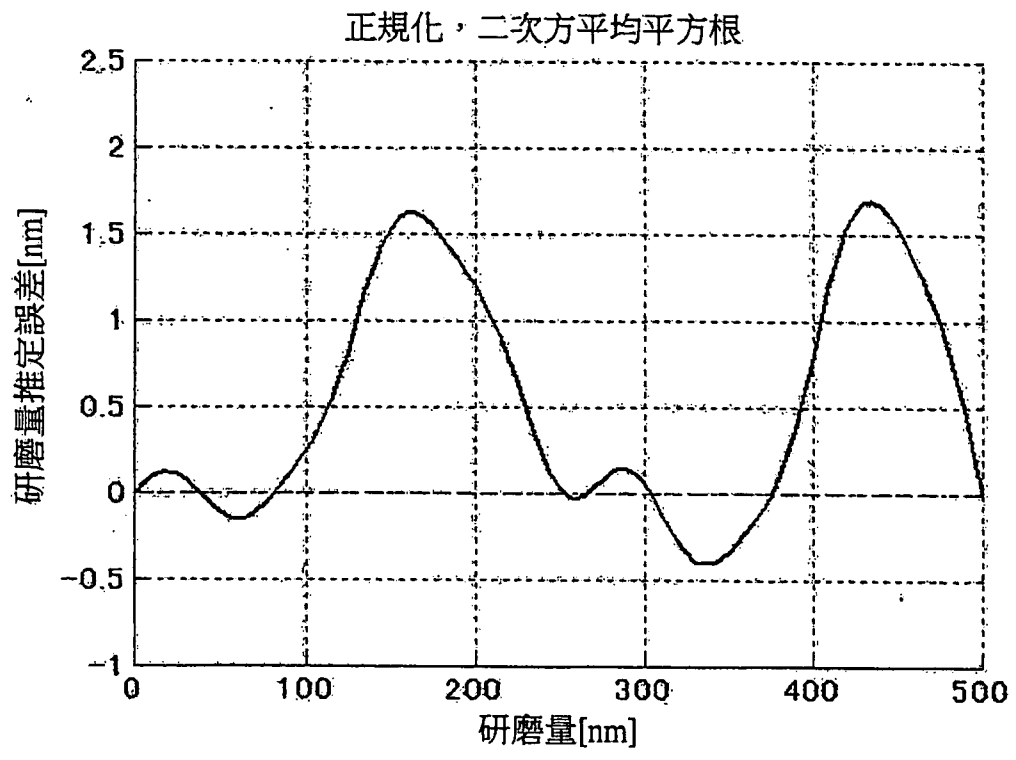
第6D圖



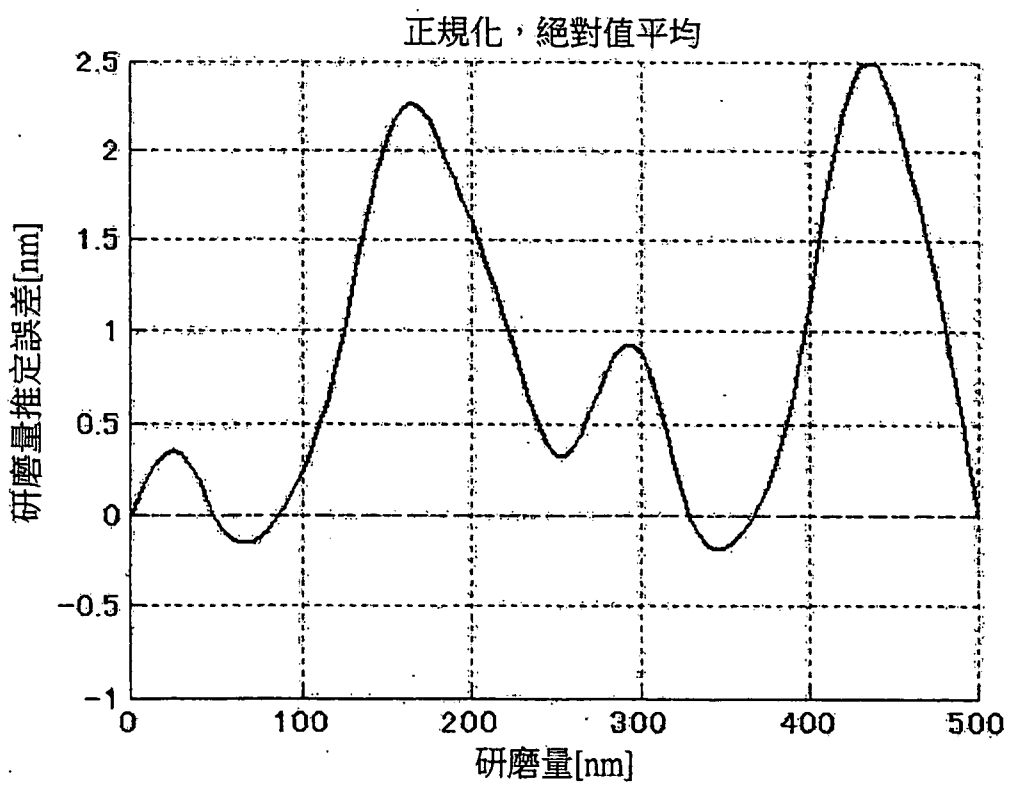
第7A圖



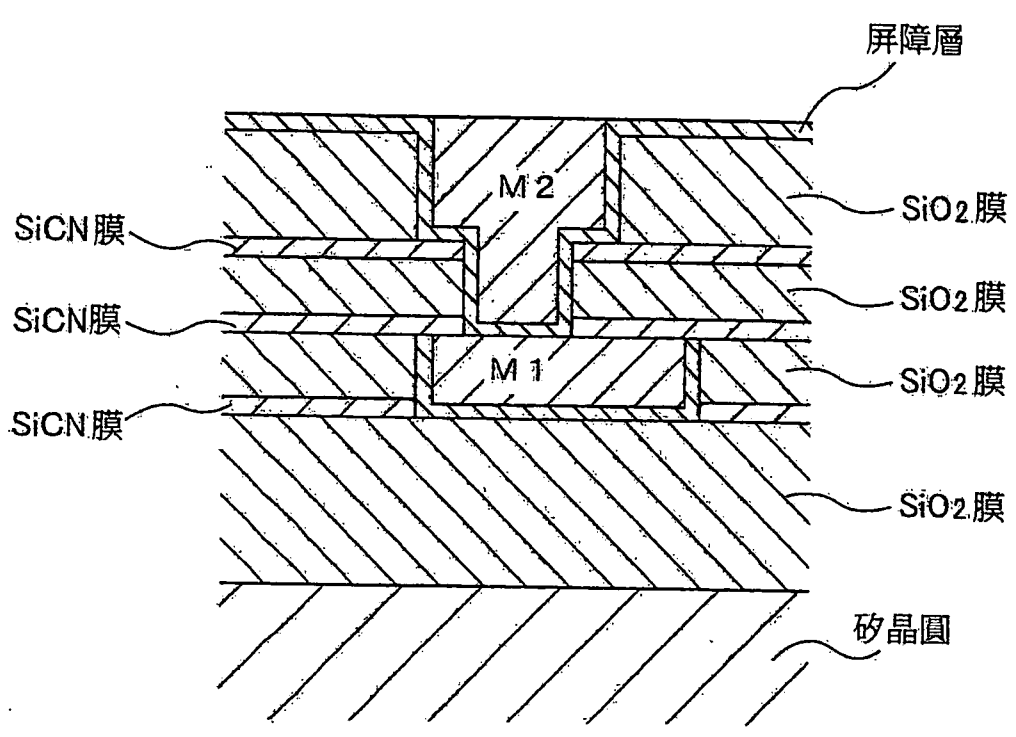
第7B圖



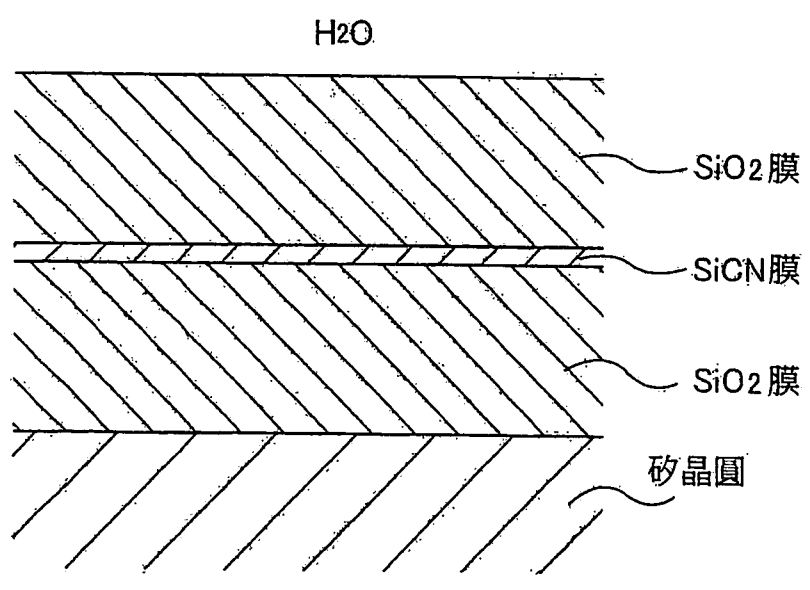
第7C圖



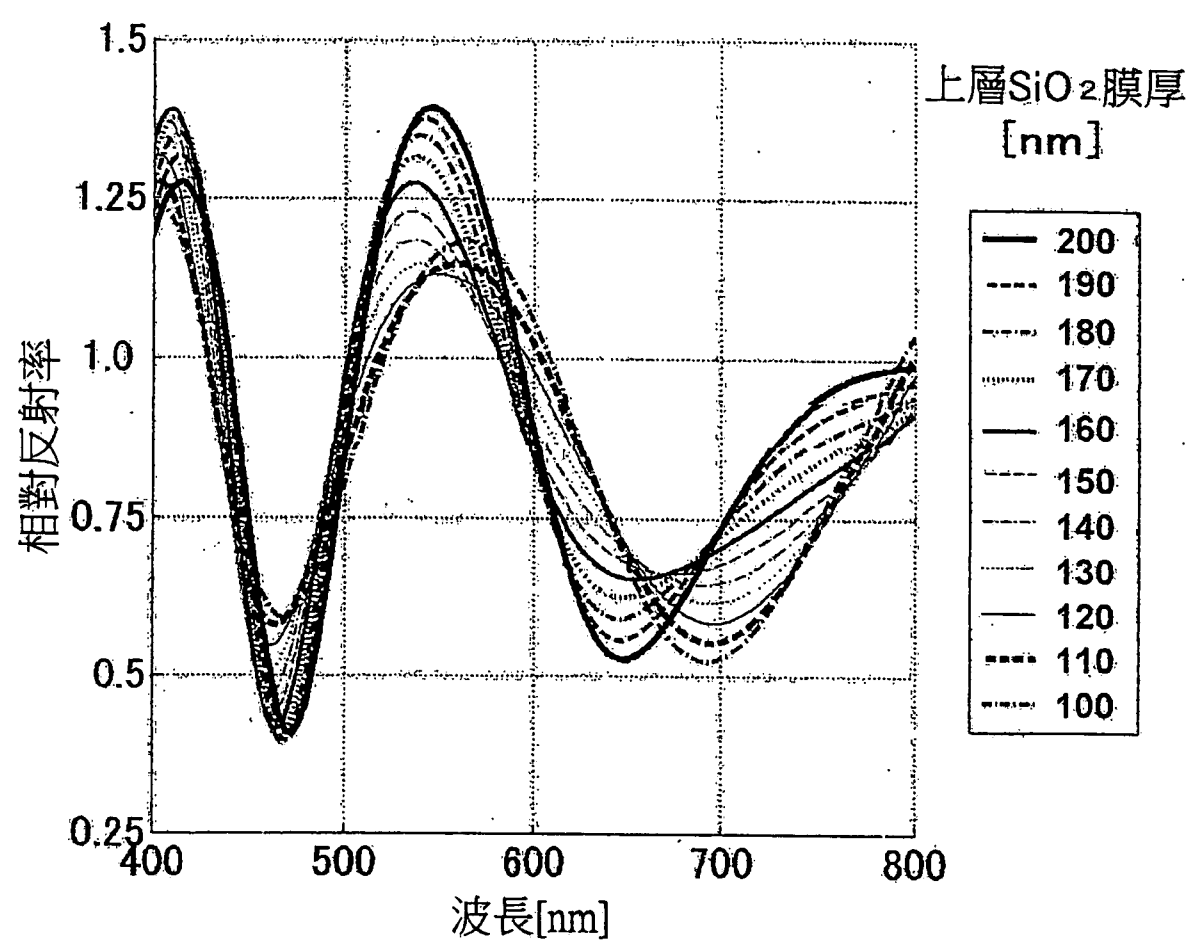
第7D圖



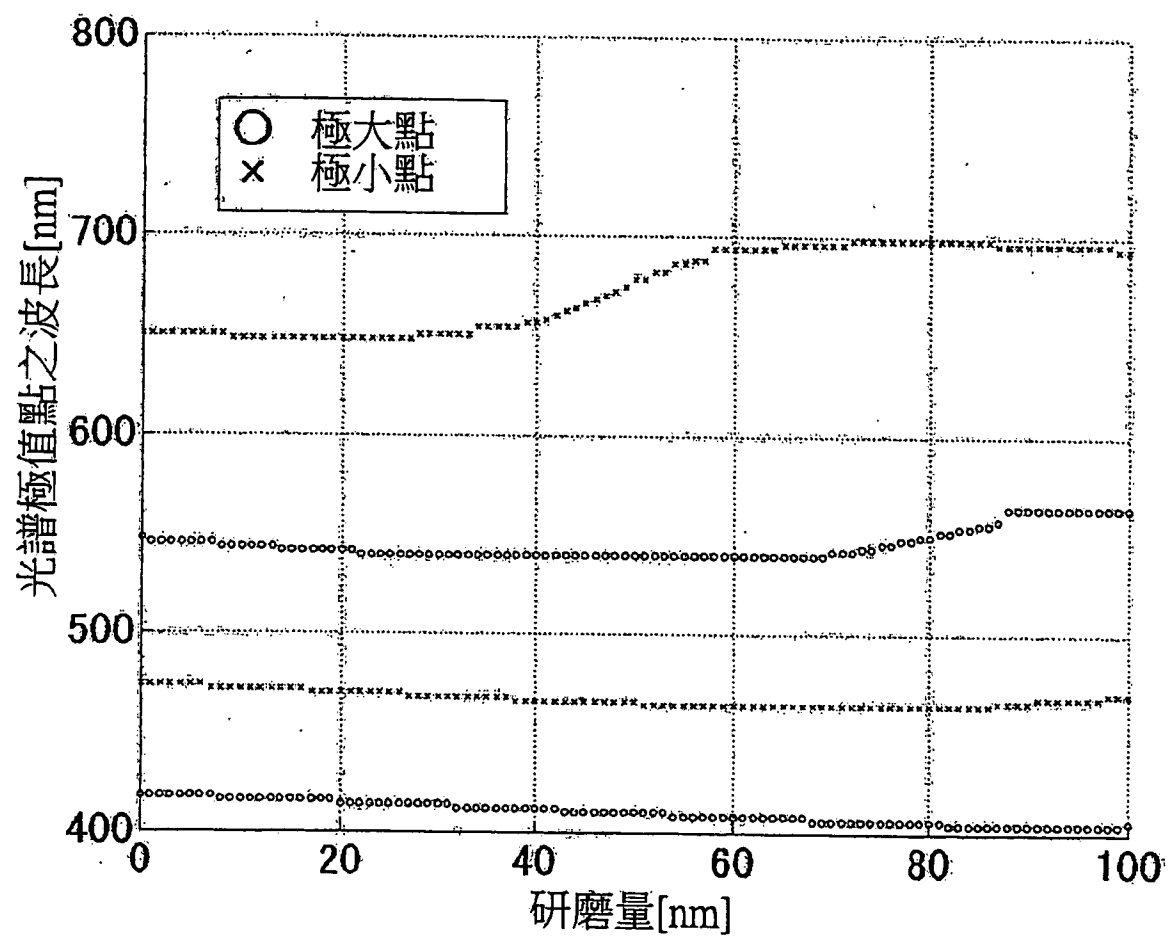
第8圖



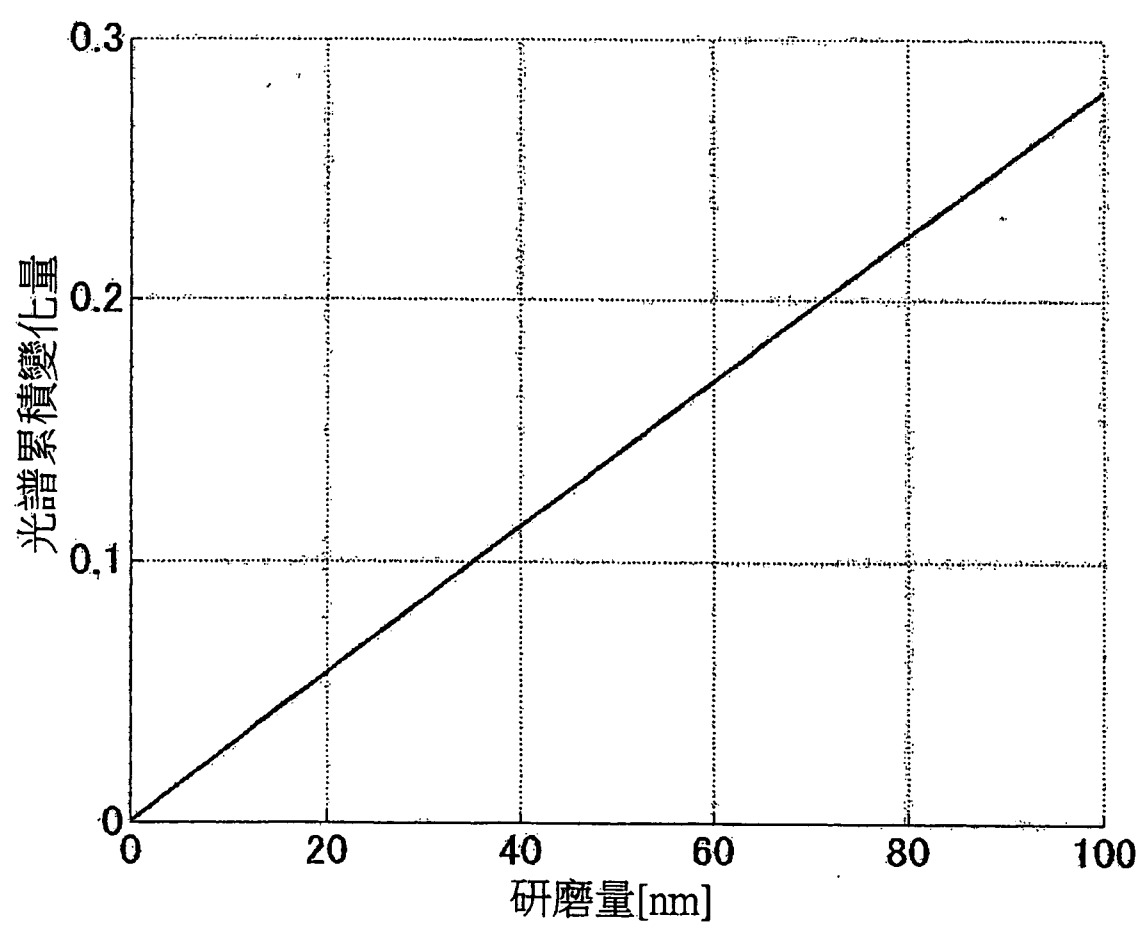
第9圖



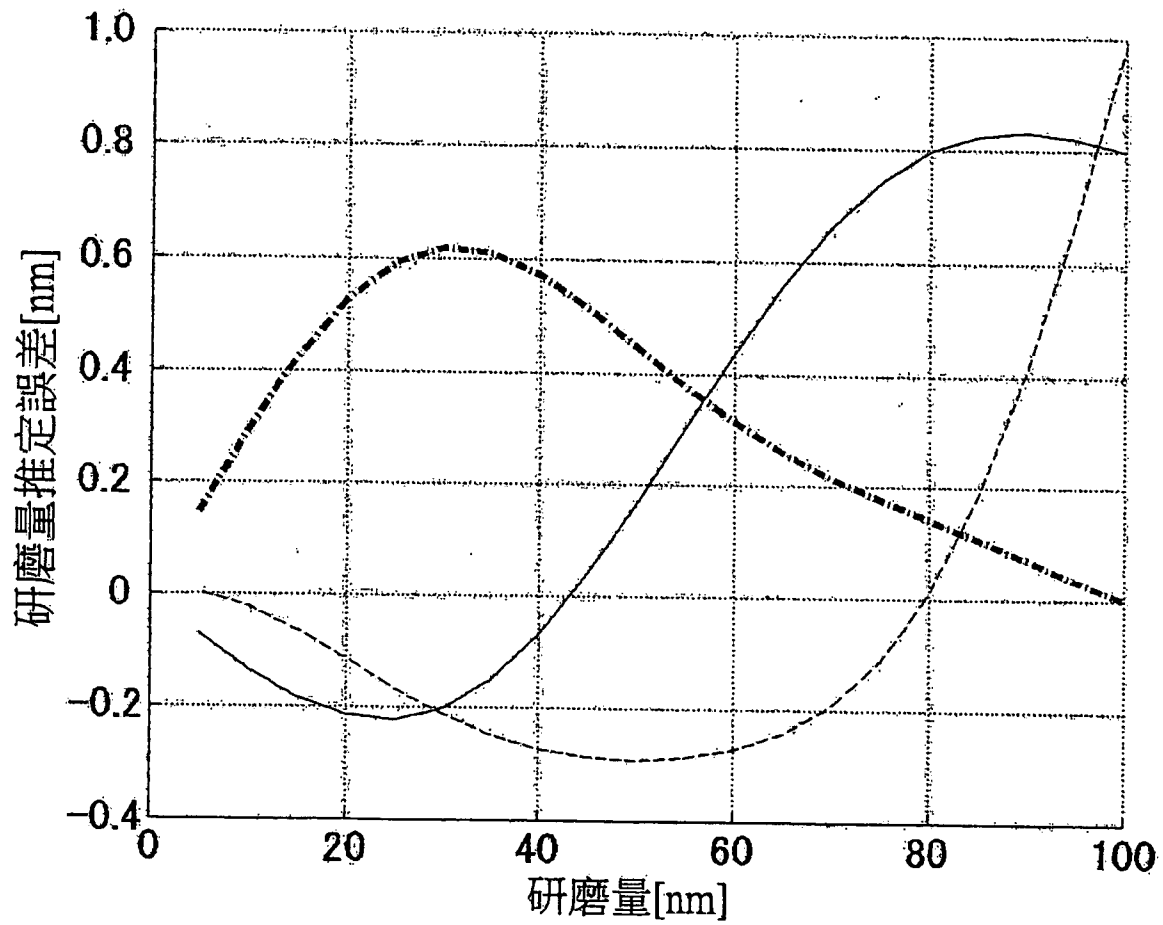
第10圖



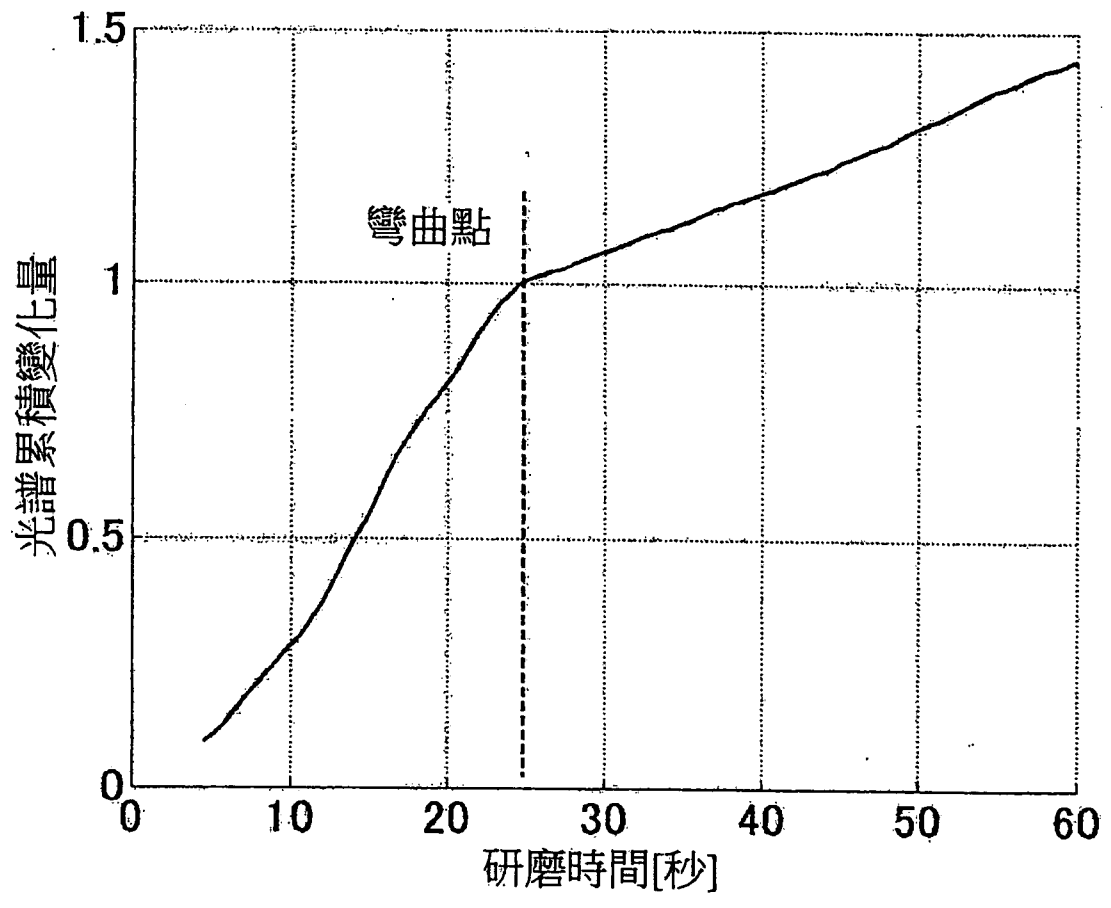
第11圖



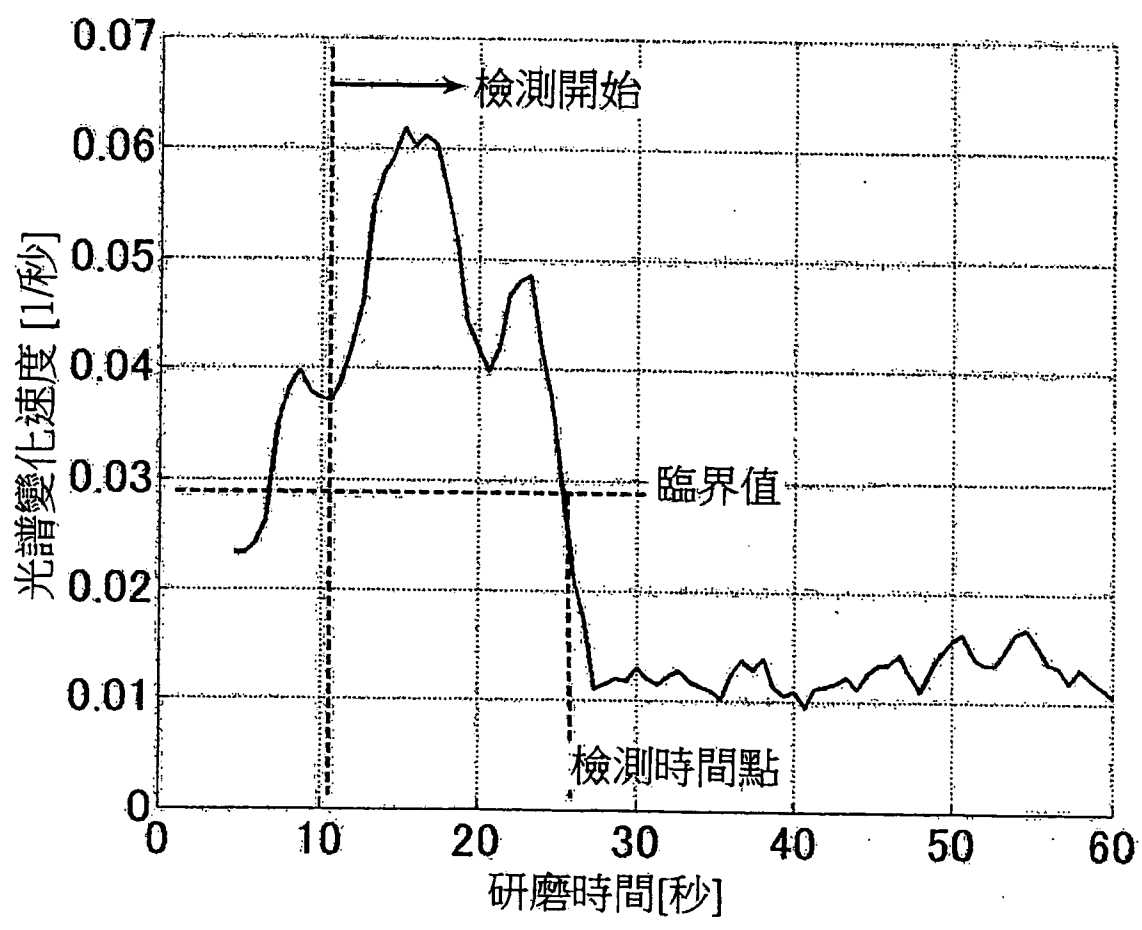
第12圖



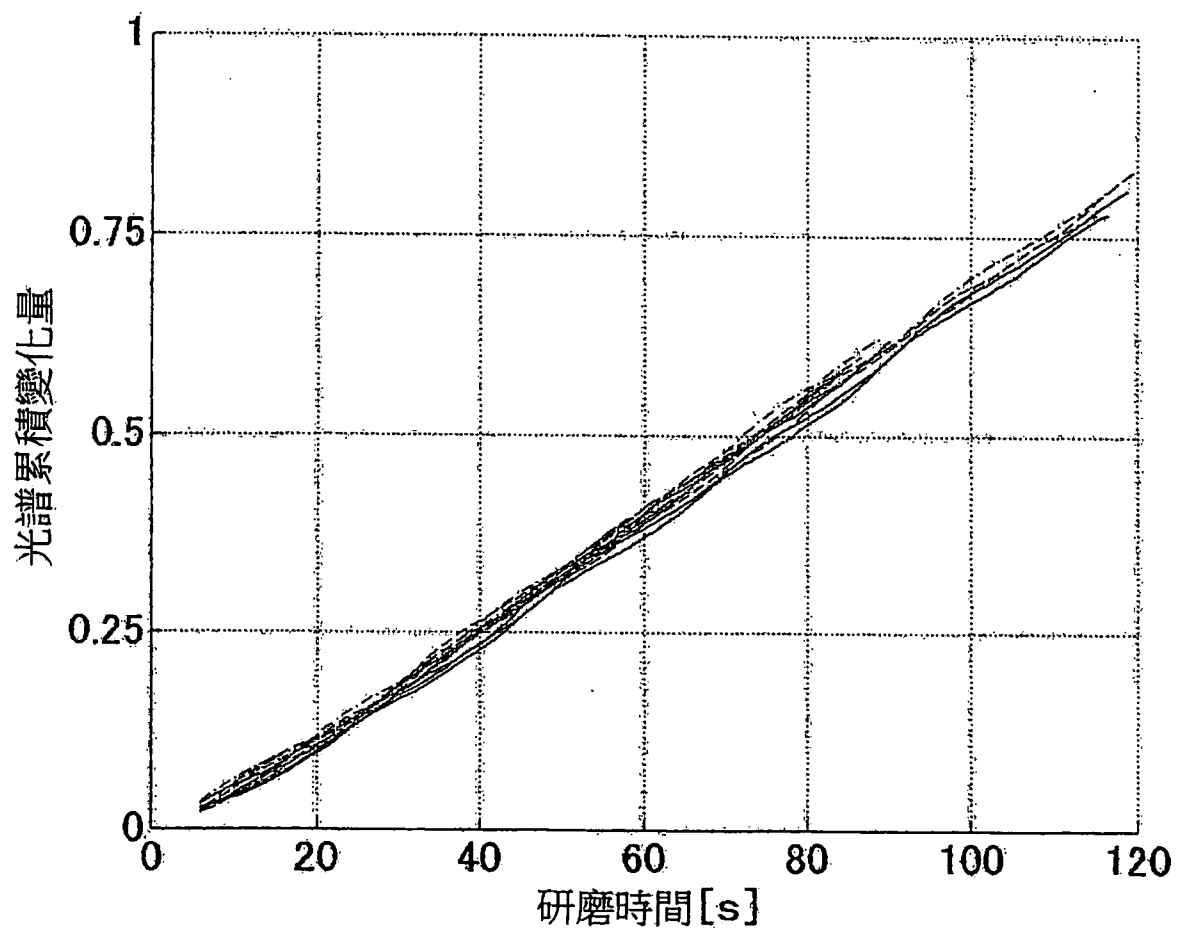
第13圖



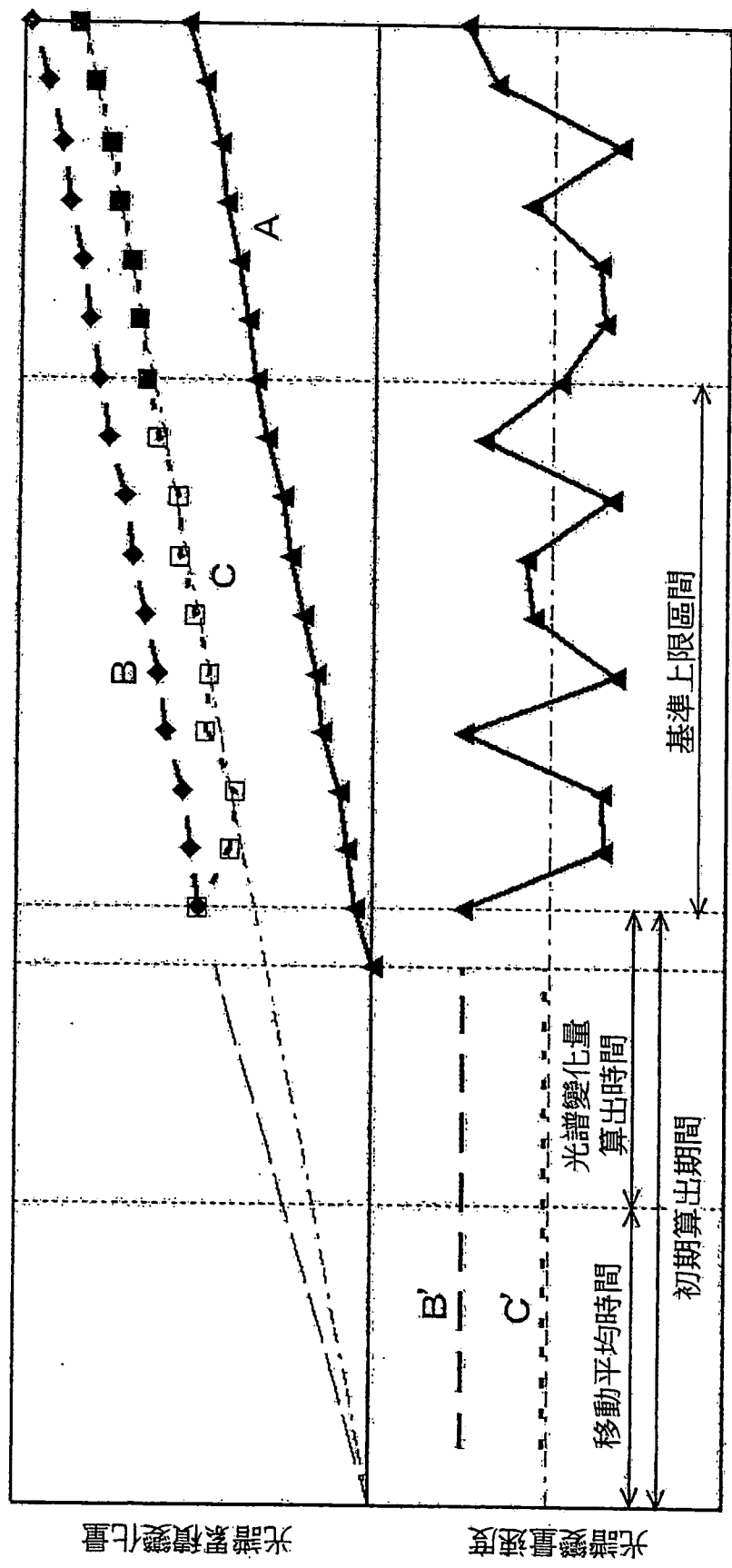
第14圖



第15圖

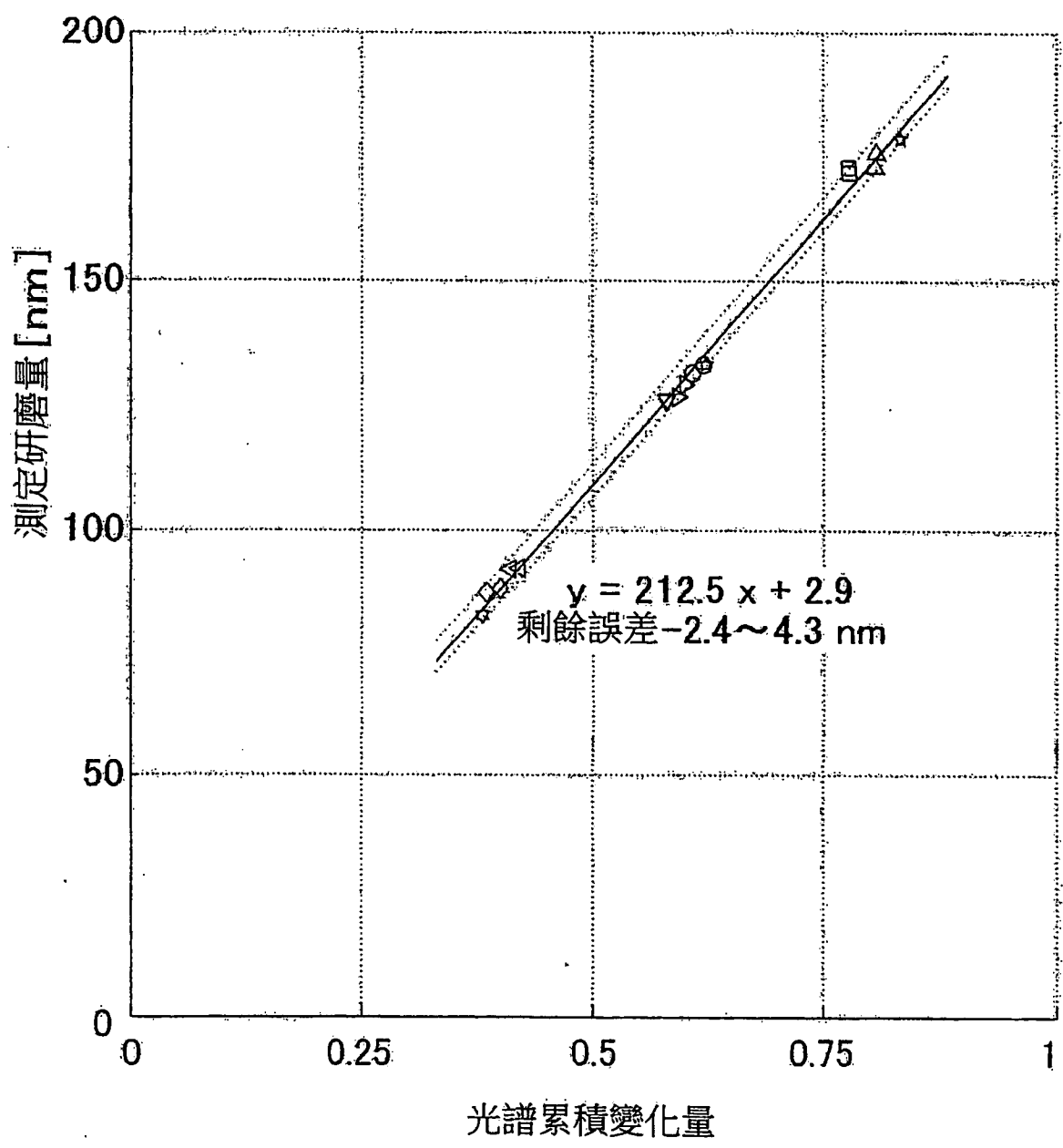


第16圖

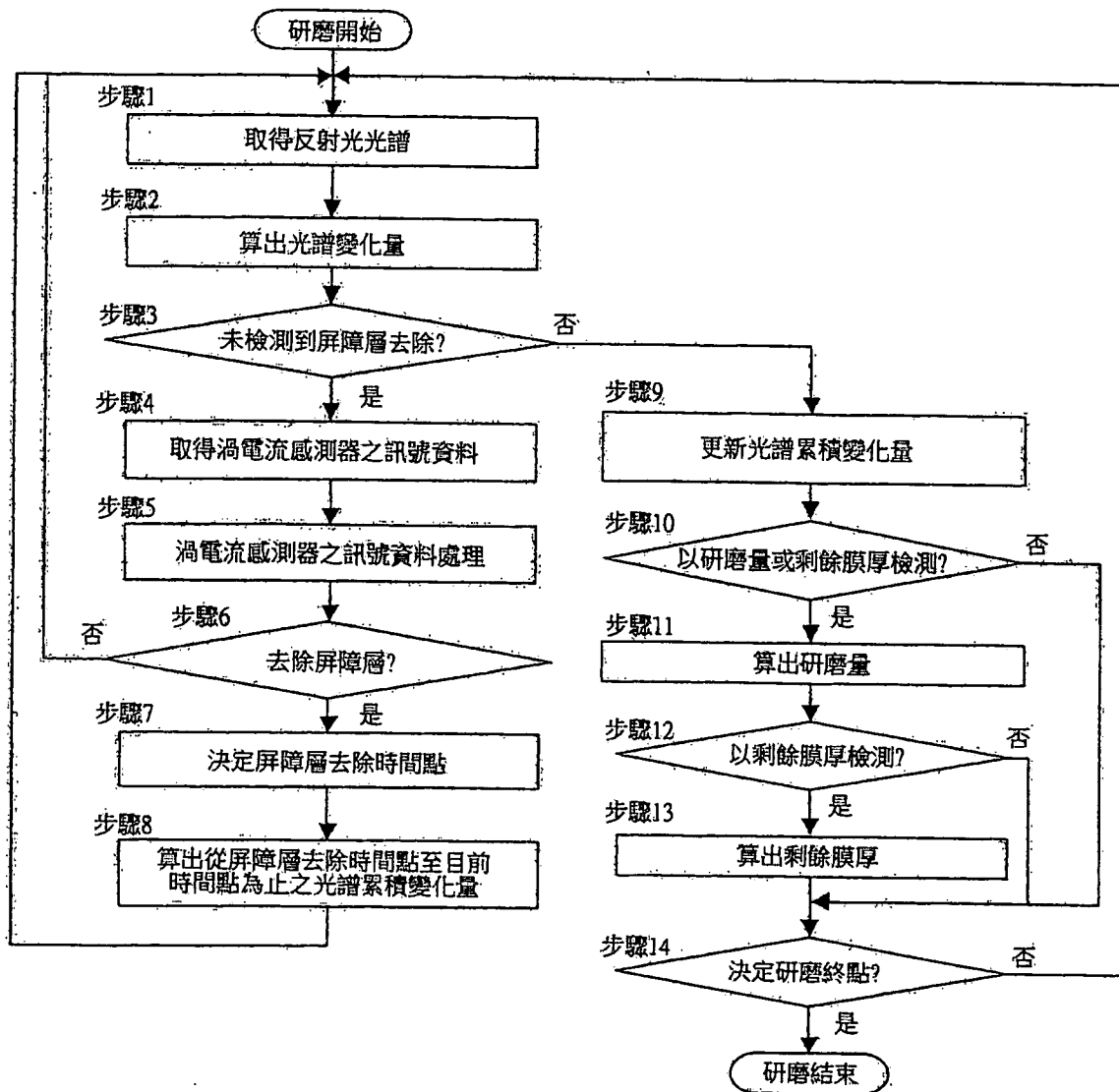


研磨時間

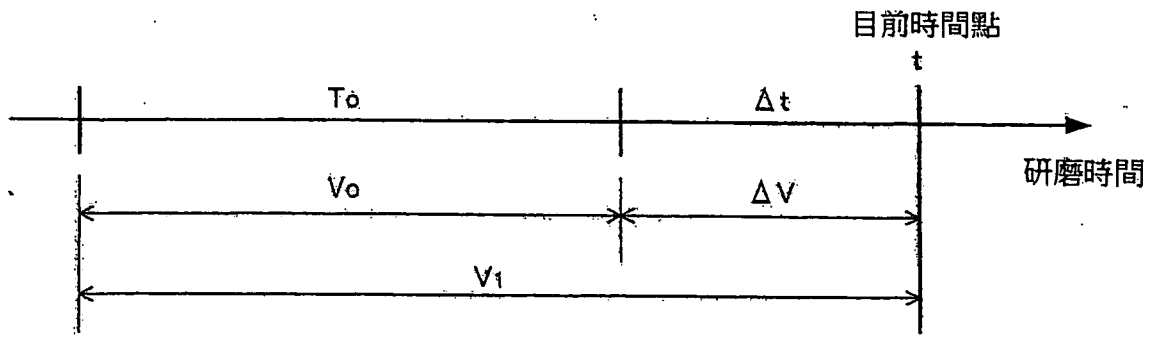
第17圖



第18圖

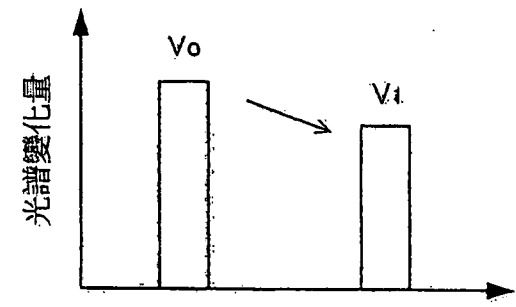
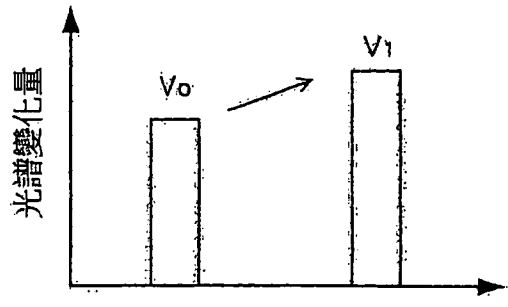


第19圖

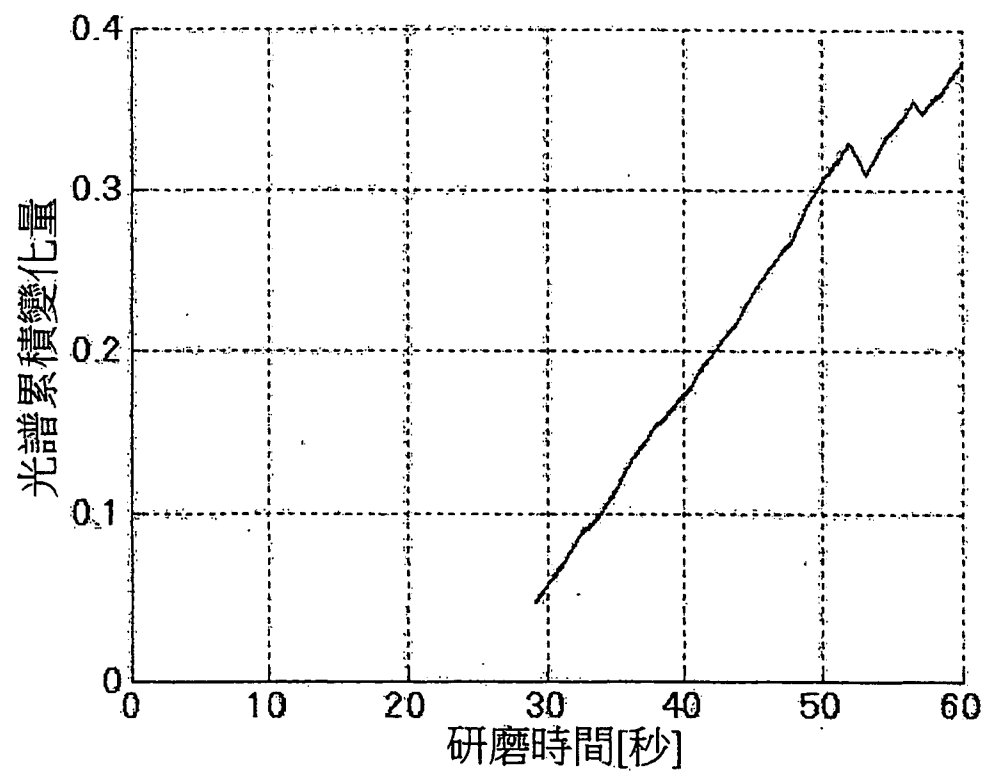


若 $V_1 > V_0$, 則 $\Delta V > 0$: 膜厚減少

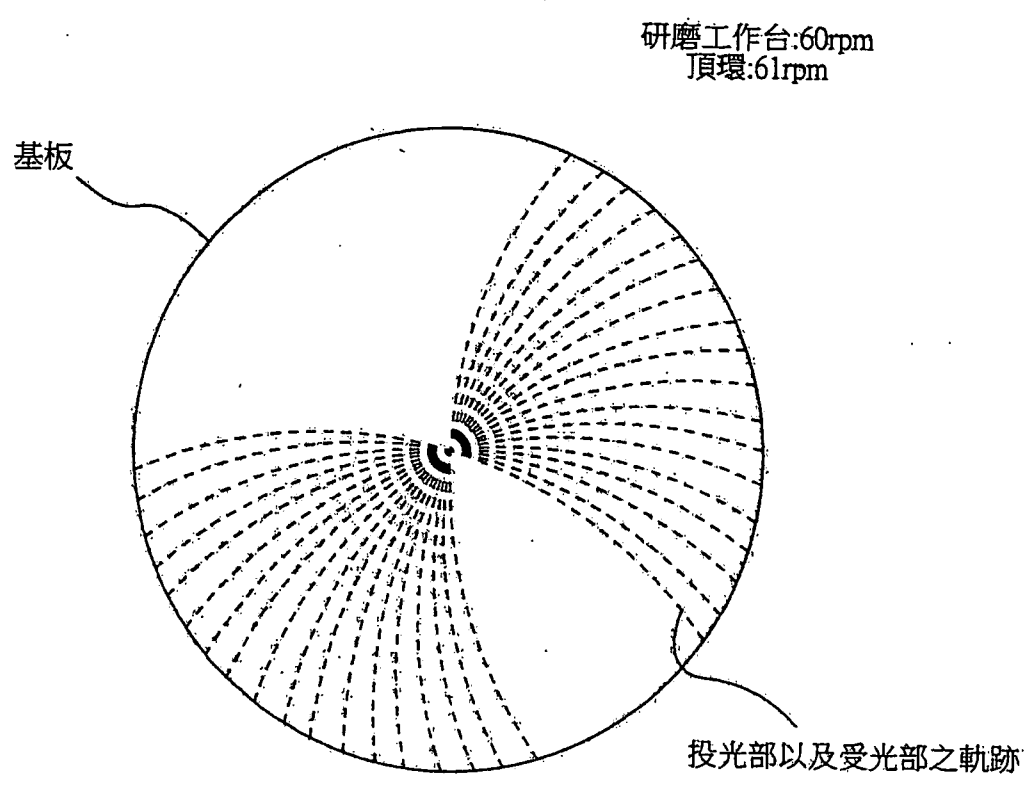
若 $V_1 < V_0$, 則 $\Delta V < 0$: 膜厚增加



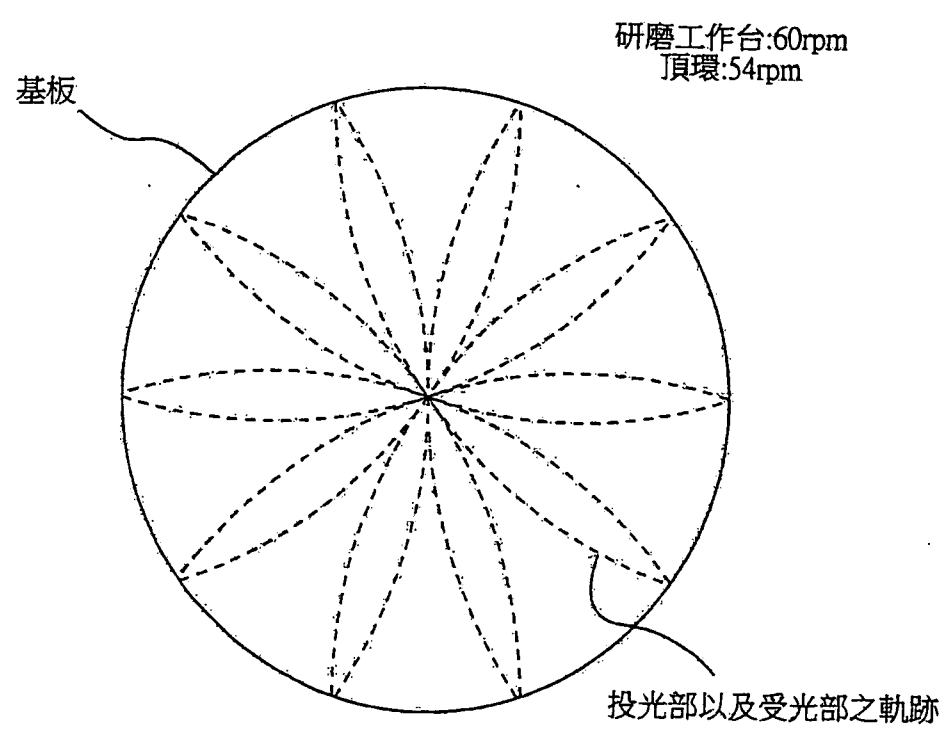
第20圖



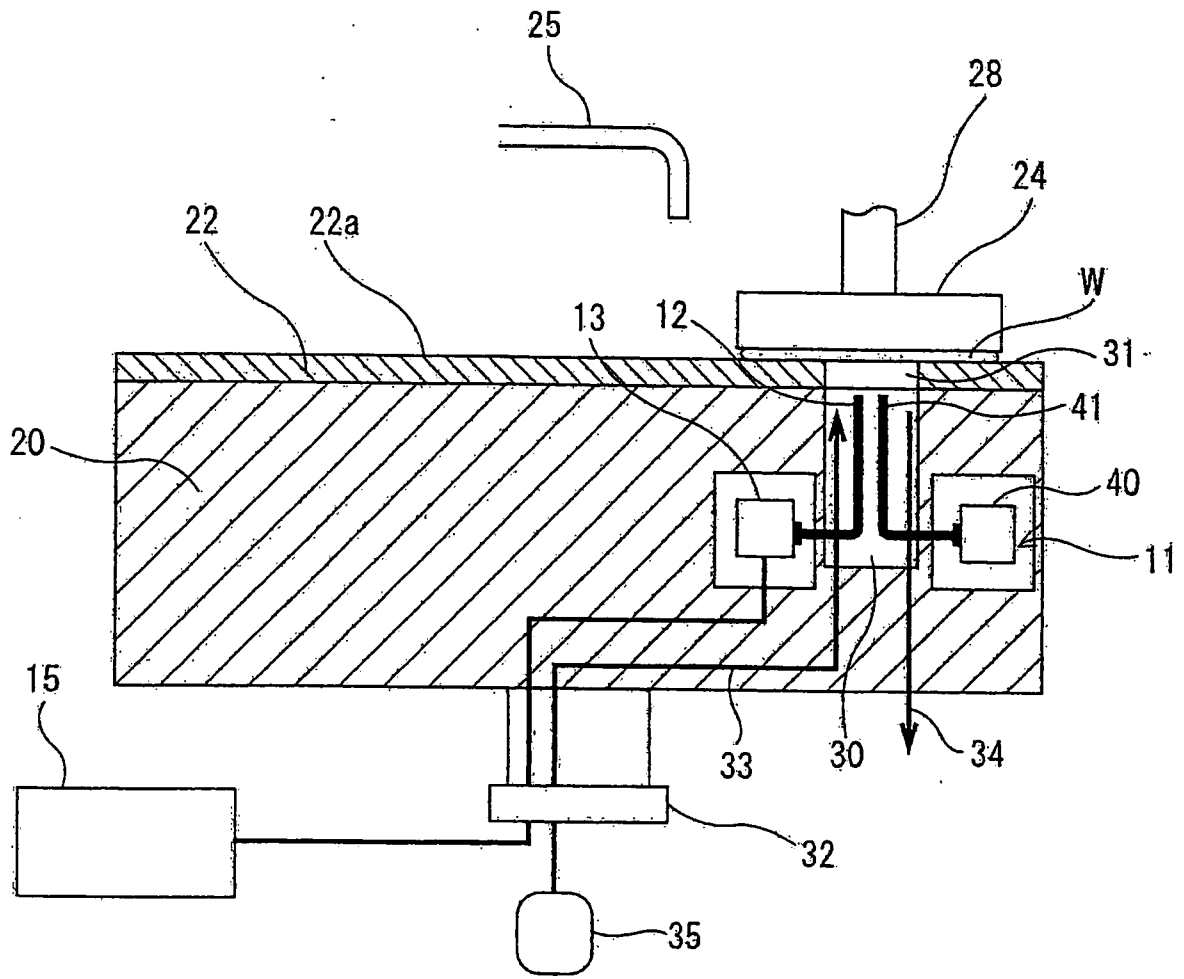
第21圖



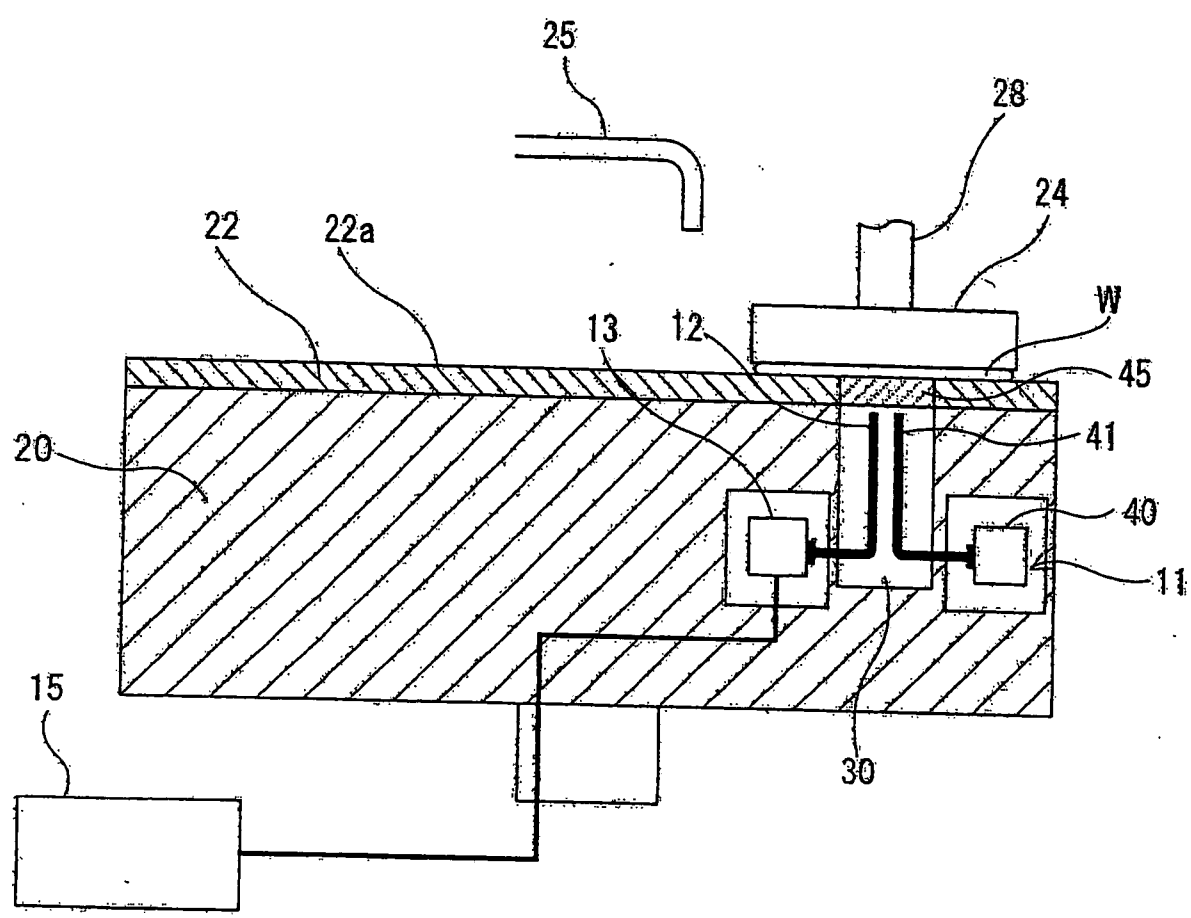
第22A圖



第22B圖



第23圖



第24圖