



(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 I848130 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：109121040

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 22 日

(51)Int. Cl. : **B24B37/013 (2012.01)****G05B19/401 (2006.01)**

(30)優先權：2019/06/27 日本

2019-119895

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

(72)發明人：渡邊夕貴 WATANABE, YUKI (JP)

(74)代理人：陳傳岳；郭雨嵐；鍾文岳

(56)參考文獻：

TW I336279B

TW I657894B

CN 102490112A

JP 2010-120092A

US 8874250B2

US 2007/0218812A1

US 2013/0245985A1

US 2014/0176949A1

US 2017/0256463A1

US 2019/0009385A1

WO 2007/024807A2

審查人員：劉添雷

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：22 共 50 頁

(54)名稱

決定光學式膜厚測定裝置最適合作動方案之方法、裝置、及系統

(57)摘要

提供一種能夠在短時間內且自動地決定構成光學式膜厚測定裝置作動方案的最適合方案參數的方法、裝置及系統。本方法將複數個參數集保存在存儲裝置內，該複數個參數集分別包含構成作動方案的複數個方案參數，本方法使用複數個參數集和存儲在數據伺服器內的來自被研磨的基板的反射光的參照光譜的數據來執行伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬，將評價膜厚變化的方式的至少一個指標值輸入評價計算式，計算對於複數個參數集的複數個綜合評價值，基於複數個綜合評價值從複數個參數集中選擇最適合的一個參數集。

指定代表圖：

符號簡單說明：

步驟 1 至步驟 6: 步驟的編號

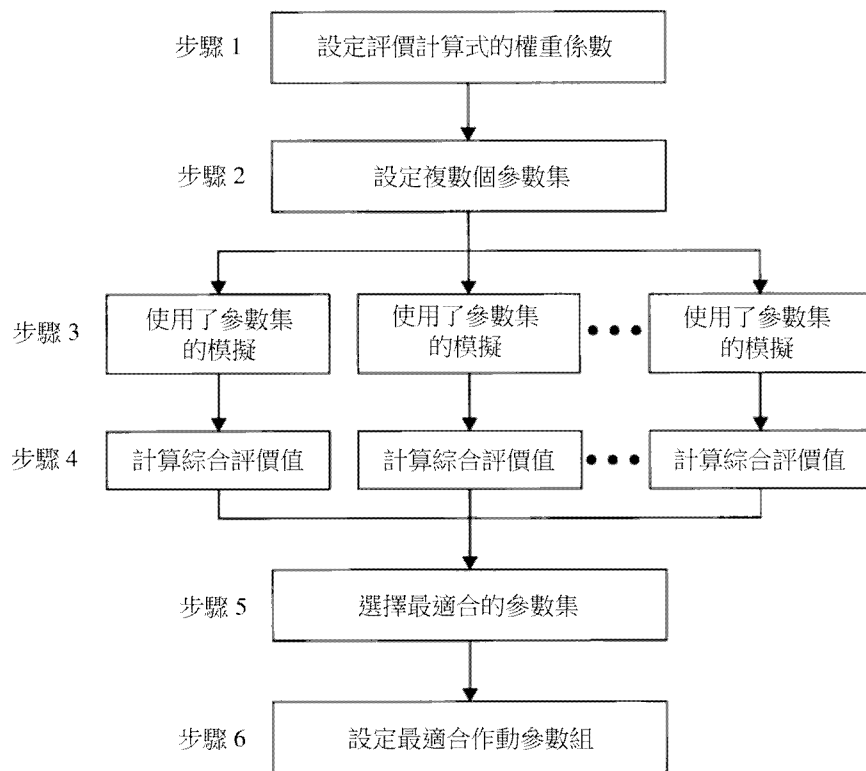


圖 22



I848130

**【發明摘要】**

**【中文發明名稱】** 決定光學式膜厚測定裝置最適合作動方案之方法、裝置、及系統

**【英文發明名稱】** METHOD, APPARATUS, AND SYSTEM FOR DETERMINING OPTIMUM OPERATION RECIPE FOR OPTICAL FILM-THICKNESS MEASURING DEVICE

**【中文】**

提供一種能夠在短時間內且自動地決定構成光學式膜厚測定裝置作動方案的最適合方案參數的方法、裝置及系統。本方法將複數個參數集保存在存儲裝置內，該複數個參數集分別包含構成作動方案的複數個方案參數，本方法使用複數個參數集和存儲在數據伺服器內的來自被研磨的基板的反射光的參照光譜的數據來執行伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬，將評價膜厚變化的方式的至少一個指標值輸入評價計算式，計算對於複數個參數集的複數個綜合評價值，基於複數個綜合評價值從複數個參數集中選擇最適合的一個參數集。

**【指定代表圖】** 圖22

**【代表圖之符號簡單說明】**

步驟1至步驟6 步驟的編號

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 決定光學式膜厚測定裝置最適合作動方案之方法、裝置、及系統

【英文發明名稱】 METHOD, APPARATUS, AND SYSTEM FOR DETERMINING OPTIMUM OPERATION RECIPE FOR OPTICAL FILM-THICKNESS MEASURING DEVICE

### 【技術領域】

【0001】 本發明有關一種決定光學式膜厚測定裝置最適合作動方案（方案：recipe）的方法、裝置及系統，該光學式膜厚測定裝置用於在晶圓等基板的研磨期間測定該基板的膜厚。

### 【先前技術】

【0002】 在半導體元件的製造工序中，在矽晶圓上各種材料反復形成膜狀來形成層疊結構。為了形成該層疊結構，使最上層的表面平坦的技術變得重要。化學機械研磨（CMP）被用來作為這樣的平坦化的一種手段。

【0003】 化學機械研磨（CMP）通過研磨裝置來執行。這種研磨裝置通常具有支承研磨墊的研磨台、保持基板（例如，具有膜的晶圓）的研磨頭以及向研磨墊上供給研磨液的研磨液供給噴嘴。在研磨基板時，一邊從研磨液供給噴嘴向研磨墊上供給研磨液，一邊通過研磨頭將基板的表面按壓於研磨墊。通過研磨頭與研磨台分別旋轉而基板與研磨墊相對移動來對形成基板表面的膜進行研磨。

**【0004】** 為了測定絕緣膜、矽層等非金屬膜的厚度，研磨裝置通常具有光學式膜厚測定裝置。該光學式膜厚測定裝置將從光源發出的光引導至基板的表面，通過分光器測定來自基板的反射光的強度，通過解析反射光的光譜來測定基板的膜厚。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

**【0005】**

專利文獻1：國際公開第2015/163164號

專利文獻2：日本特開2013-110390號公報

專利文獻3：日本特開2004-154928號公報

專利文獻4：日本特開2010-093147號公報

專利文獻5：日本特開2015-156503號公報

[發明要解決的技術問題]

**【0006】** 光學式膜厚測定裝置依照作動方案（方案：recipe）來作動。因此，光學式膜厚測定裝置的膜厚測定作動能根據作動方案而變化。作動方案通常由使用者作成。但是，構成作動方案的方案參數存在多個，將這些方案參數最適化耗費時間。尤其是，由於使用者通過試錯法(try and error)調整方案參數，因此製作最適化的作動方案不僅耗時長，而且還依賴於使用者的技能。

**【發明內容】**

**【0007】** 因此，本發明提供一種能夠在短時間內且自動地決定構成光學式膜厚測定裝置作動方案的最適合方案參數的方法、裝置及系統。

[用於解決技術問題的技術手段]

**【0008】** 在一個方式中，提供一種決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法，所述光學式膜厚測定裝置用於在基板的研磨期間測定該基板的膜厚，該決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法將複數個參數集保存在存儲裝置內，該複數個參數集分別包含構成作動方案的複數個方案參數，前述方法使用所述複數個參數集和存儲在數據伺服器內的來自被研磨的基板的反射光的參照光譜的數據來執行伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬，將評價所述膜厚變化的方式的至少一個指標值輸入評價計算式，計算對於所述複數個參數集的複數個綜合評價值，基於所述複數個綜合評價值從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集。

**【0009】** 在一個方式中，所述評價計算式含有：所述至少一個指標值；相對於所述至少一個指標值的至少一個目標值；以及至少一個權重係數，所述至少一個目標值與所述至少一個指標值的差與該至少一個權重係數相乘。

在一個方式中，所述複數個方案參數包含以下參數中的至少兩個參數：時間寬度，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的移動平均；數據點數，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的空間平均；濾波器的參數，適用於在基板的研磨期間取得的複數個光譜；標準化參數，用於使在基板的研磨期間取得的複數個光譜標準化；用於決定膜厚的光譜的波長範圍；以及光譜組的編號，包含用於決定膜厚的參照光譜。

在一個方式中，所述至少一個指標值包含以下指標值中的至少一個指標值：表示膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的不變性的評價的第一指標值；表示通過膜厚測定器測定的膜厚的實測值與由所述模擬得到的膜厚的差的少的程度的評價的第二指標值；表示在所述模擬中生成的光譜與存儲在所述數據伺服器

內的參照光譜的形狀的一致度的評價的第三指標值；表示基於在所述模擬中生成的光譜決定的膜厚的品質係數的評價的第四指標值；以及表示隨著研磨時間的膜厚變化的線性的評價的第五指標值。

**【0010】** 在一個方式中，存儲在所述數據伺服器內的所述參照光譜是對複數個基板進行實際研磨時取得的反射光的光譜。

在一個方式中，還包含以下工序：通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的波動；從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集的工序是從所述複數個參數集中選擇所述波動為最小的最適合參數集的工序。

在一個方式中，還包含以下工序：通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的總和；從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集的工序是從所述複數個參數集中選擇所述總和為最大或最小的最適合參數集的工序。

**【0011】** 在一個方式中，提供一種決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，所述光學式膜厚測定裝置用於在基板的研磨期間測定該基板的膜厚，該決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統具有：方案評價裝置，該方案評價裝置具有存儲裝置和處理裝置，該存儲裝置存儲有複數個參數集和程式，該複數個參數集分別包含構成作動方案的複數個方案參數，該處理裝置依照所述程式所包含的指令執行運算；以及數據伺服器，該數據伺服器存儲來自被研磨的基板的反射光的參照光譜的數據，所述方案評價裝置構成為：使用所述複數個參數集和從所述數據伺服器取得的所述參照光譜的數據來執行伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬，將評價所述膜厚變化的方式的至少

一個指標值輸入評價計算式，計算對於所述複數個參數集的複數個綜合評價值，基於所述複數個綜合評價值從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集。

**【0012】** 在一個方式中，所述評價計算式含有：所述至少一個指標值；相對於所述至少一個指標值的至少一個目標值；以及至少一個權重係數，所述至少一個目標值與所述至少一個指標值的差與該至少一個權重係數相乘。

在一個方式中，所述複數個方案參數包含以下參數中的至少兩個參數：時間寬度，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的移動平均；數據點數，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的空間平均；濾波器的參數，適用於在基板的研磨期間取得的複數個光譜；標準化參數，用於使在基板的研磨期間取得的複數個光譜標準化；用於決定膜厚的光譜的波長範圍；以及光譜組的編號，包含用於決定膜厚的參照光譜。

在一個方式中，所述至少一個指標值包含以下指標值中的至少一個指標值：表示膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的不變性的評價的第一指標值；表示通過膜厚測定器測定的膜厚的實測值與由所述模擬得到的膜厚的差的少的程度的評價的第二指標值；表示在所述模擬中生成的光譜與存儲在所述數據伺服器內的參照光譜的形狀的一致度的評價的第三指標值；表示基於在所述模擬中生成的光譜決定的膜厚的品質係數的評價的第四指標值；以及表示隨著研磨時間的膜厚變化的線性的評價的第五指標值。

**【0013】** 在一個方式中，存儲在所述數據伺服器內的所述參照光譜是對複數個基板進行實際研磨時取得的反射光的光譜。

在一個方式中，所述方案評價裝置構成為：通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價

值，計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的波動，從所述複數個參數集中選擇所述波動為最小的最適合參數集。

在一個方式中，所述方案評價裝置構成為：通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的總和，從所述複數個參數集中選擇所述總和為最大或最小的最適合參數集。

**【0014】** 在一個方式中，提供一種決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方案評價裝置，所述光學式膜厚測定裝置用於在基板的研磨期間測定該基板的膜厚，該決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方案評價裝置具有：存儲裝置，該存儲裝置存儲複數個參數集和程式，該複數個參數集分別包含構成作動方案的複數個方案參數；以及處理裝置，該處理裝置依照所述程式所包含的指令執行運算，所述處理裝置構成為：使用所述複數個參數集和從數據伺服器取得的來自被研磨的基板的反射光的參照光譜的數據來執行伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬，將評價所述膜厚變化的方式的至少一個指標值輸入評價計算式，計算對於所述複數個參數集的複數個綜合評價值，基於所述複數個綜合評價值從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集。

**【0015】** 在一個方式中，所述評價計算式含有：所述至少一個指標值；相對於所述至少一個指標值的至少一個目標值；以及至少一個權重係數，所述至少一個目標值與所述至少一個指標值的差與該至少一個權重係數相乘。

[發明效果]

**【0016】** 根據本發明，由於使用評價計算式計算對於複數個參數集的綜合評價值，因此能夠與使用者的技能無關地基於綜合評價值在短時間內且自動

地決定最適合方案參數。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0017】

圖1是表示研磨裝置的一個實施方式的示意圖。

圖2是表示圖1所示的研磨裝置的詳細結構的一個實施方式的剖視圖。

圖3是表示光學傳感器頭橫穿晶圓的表面時的軌跡的示意圖。

圖4是用來說明光學式膜厚測定裝置的原理的示意圖。

圖5是表示晶圓與研磨台的位置關係的俯視圖。

圖6是表示由光譜處理部生成的測定光譜的圖。

圖7是說明根據測定光譜與複數個參照光譜的比較來決定膜厚的過程的圖。

圖8是表示參照晶圓的膜厚與研磨時間的關係的曲線圖。

圖9是表示存儲有複數組光譜組的數據伺服器的示意圖。

圖10是表示來自晶圓的反射光的光譜（即測定光譜）的一例的圖。

圖11是表示對圖10所示的測定光譜進行傅裡葉變換(Fourier transform)處理而得到的頻譜的曲線圖。

圖12是表示晶圓的膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的變化的一例的圖。

圖13是表示晶圓的膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的變化的另一例的圖。

圖14是表示膜厚的實測值與通過模擬獲得的膜厚的一例的圖。

圖15是表示膜厚的實測值與通過模擬獲得的膜厚的另一例的圖。

圖16是表示推定光譜與參照光譜的形狀的適合度高的一例的圖。

圖17是表示推定光譜與參照光譜的形狀的適合度低的一例的圖。

圖18是參照圖7進行說明的膜厚決定演算法中所使用的曲線圖。

圖19是表示參照圖11進行說明的膜厚決定演算法中所使用的頻譜的曲線圖。

圖20是表示膜厚隨著研磨時間直線地減少的一例的曲線圖。

圖21是表示膜厚隨著研磨時間非直線地減少的一例的曲線圖。

圖22是說明決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法的一個實施方式的流程圖。

### 【實施方式】

【0018】 以下，參照附圖對本發明的實施方式進行說明。圖1是表示研磨裝置的一個實施方式的示意圖。如圖1所示，研磨裝置具有：支承研磨墊2的研磨台3；將作為基板的一例的晶圓W按壓於研磨墊2的研磨頭1；使研磨台3旋轉的台電動機6；以及向研磨墊2上供給漿料的漿料供給噴嘴5。研磨墊2的上表面構成對晶圓W進行研磨的研磨面2a。

【0019】 研磨頭1與頭軸10連結，研磨頭1與頭軸10一起沿著箭頭所示的方向旋轉。研磨台3與台電動機6連結，台電動機6構成為使研磨台3和研磨墊2沿著箭頭所示的方向旋轉。

【0020】 晶圓W如下所述被研磨。一邊使研磨台3和研磨頭1沿著圖1的箭頭所示的方向旋轉，一邊從漿料供給噴嘴5向研磨台3上的研磨墊2的研磨面2a供給漿料。晶圓W通過研磨頭1旋轉，同時晶圓W在研磨墊2上存在漿料的狀態下被按壓於研磨墊2的研磨面2a。晶圓W的表面通過漿料的化學作用和漿料中含有的磨粒的機械作用而被研磨。

【0021】 研磨裝置具有檢測晶圓W的膜厚的光學式膜厚測定裝置40。光學式膜厚測定裝置40具有光學傳感器頭7、發出光的光源44、分光器47以及光譜處理部49。光學傳感器頭7、光源44以及分光器47，這些構件安裝於研磨台3，且與研磨台3和研磨墊2一體地旋轉。光學傳感器頭7的位置是每當研磨台3和研磨墊2旋轉一周時橫穿研磨墊2上的晶圓W的表面的位置。

【0022】 從光源44發出的光被傳遞至光學傳感器頭7，從光學傳感器頭7被引導至晶圓W的表面。光在晶圓W的表面反射，反射光由光學傳感器頭7接收，進而送至分光器47。分光器47將反射光依照波長分解，測定在各波長下的反射光的強度。反射光的強度測定數據被送至光譜處理部49。光譜處理部49根據反射光的強度測定數據生成反射光的光譜，基於該光譜決定晶圓W的膜厚。

【0023】 在光譜處理部49連接有數據伺服器70，該數據伺服器70具有存儲來自晶圓W的反射光的光譜的數據的存儲裝置70a。數據伺服器70不僅存儲來自當前正在研磨的晶圓W的反射光的光譜，也存儲來自過去研磨的複數個晶圓的反射光的光譜的數據。進一步地，在數據伺服器70連接有決定光學式膜厚測定裝置40的最適合作動方案的方案評價裝置75。光譜處理部49也與用於控制晶圓W的研磨作動的研磨控制部9連接。該研磨控制部9基於由光譜處理部49決定的晶圓W的膜厚來控制晶圓W的研磨作動。例如，研磨控制部9決定晶圓W的膜厚達到目標膜厚的時刻即研磨終點，或者當晶圓W的膜厚達到規定值時變更晶圓W的研磨條件。

【0024】 圖2是表示圖1所示的研磨裝置的詳細結構的一個實施方式的剖視圖。頭軸10經由傳動帶等連結裝置17與研磨頭電動機18連結並旋轉。通過該頭軸10的旋轉，研磨頭1沿箭頭所示的方向旋轉。

【0025】 分光器47具有光檢測器48。在一個實施方式中，光檢測器48由光電二極管、CCD或CMOS等構成。光學傳感器頭7與光源44以及光檢測器48光學性地連結。光檢測器48與光譜處理部49電連接。

【0026】 光學式膜厚測定裝置40具有投光用光纜31和受光用光纜32，該投光用光纜31將從光源44發出的光引導至晶圓W的表面，該受光用光纜32接收來自晶圓W的反射光，並將反射光送至分光器47。投光用光纜31的頂端和受光用光纜32的頂端位於研磨台3內。

【0027】 投光用光纜31的頂端和受光用光纜32的頂端構成光學傳感器頭7，該光學傳感器頭7將光引導至晶圓W的表面並接收來自晶圓W的反射光。投光用光纜31的另一端與光源44連接，受光用光纜32的另一端與分光器47連接。分光器47構成為將來自晶圓W的反射光依照波長分解，在規定的波長範圍內來測定反射光的強度。

【0028】 光源44將光通過投光用光纜31送至光學傳感器頭7，光學傳感器頭7將光朝向晶圓W發射。來自晶圓W的反射光被光學傳感器頭7接收，反射光通過受光用光纜32被送至分光器47。分光器47將反射光依照其波長分解，測定在各波長下的反射光的強度。分光器47將反射光的強度測定數據送至光譜處理部49。

【0029】 光譜處理部49根據反射光的強度測定數據生成反射光的光譜。該光譜表示反射光的強度與波長的關係，光譜的形狀依照晶圓W的膜厚而變化。光譜處理部49基於反射光的光譜決定晶圓W的膜厚。在基於反射光的光譜決定晶圓W的膜厚的方法中使用了公知的技術。例如，光譜處理部49決定與反射光的光譜形狀最接近的參照光譜，並決定與該已決定的參照光譜相關聯的膜厚。在另一例中，光譜處理部49對反射光的光譜執行傅裡葉變換，根據獲得的頻譜決定膜厚。

【0030】 研磨台3具有在其上表面開口的第一孔50A和第二孔50B。另外，在研磨墊2的與這些第一孔50A、第二孔50B對應的位置形成有通孔51。第一孔50A、第二孔50B與通孔51連通，通孔51在研磨面2a開口。第一孔50A與液體供給線路53連結，第二孔50B與排水線路54連結。由投光用光纜31的頂端和受光用光纜32的頂端構成的光學傳感器頭7配置於第一孔50A，且位於通孔51的下方。

【0031】 投光用光纜31是將由光源44發出的光引導至晶圓W的表面的光傳送部。投光用光纜31和受光用光纜32的頂端位於第一孔50A內且位於晶圓W的被研磨面附近。由投光用光纜31和受光用光纜32的各頂端構成的光學傳感器頭7朝向被保持在研磨頭1的晶圓W配置。每當研磨台3旋轉時光向晶圓W的複數個測定點照射。在本實施方式中，在研磨台3內僅設置有一個光學傳感器頭7，但在研磨台3內也可以設置複數個光學傳感器頭7。

【0032】 在晶圓W的研磨期間，每當研磨台3旋轉一周時，光學傳感器頭7橫穿晶圓W移動。在光學傳感器頭7位於晶圓W的下方的期間，光源44以規定的間隔發出光。光從光學傳感器頭7被引導至晶圓W的表面（被研磨面），來自晶圓W的反射光被光學傳感器頭7接收並被送至分光器47。分光器47在規定的波長範圍內測定在各波長下的反射光的強度，將得到的反射光的強度測定數據送至光譜處理部49。光譜處理部49根據強度測定數據生成表示每個波長的光的強度的反射光的光譜，再根據反射光的光譜決定晶圓W的膜厚。

【0033】 在晶圓W的研磨期間，純水作為沖洗液經由液體供給線路53向第一孔50A供給，再通過第一孔50A向通孔51供給。純水充滿晶圓W的表面（被研磨面）與光學傳感器頭7之間的空間。純水流入第二孔50B，通過排水線路54被排出。在第一孔50A和通孔51內流動的純水防止漿料浸入第一孔50A，由此確保光路。

【0034】圖3是表示光學傳感器頭7橫穿晶圓W的表面時的軌跡的示意圖。如圖3所示，在晶圓W的研磨期間，每當研磨台3旋轉一周時，光學傳感器頭7一邊橫穿研磨墊2上的晶圓W的表面，一邊將光照射至晶圓W上的複數個測定點MP，並接收來自晶圓W的反射光。

【0035】圖4是用來說明光學式膜厚測定裝置40的原理的示意圖。圖5是表示晶圓W與研磨台3的位置關係的俯視圖。在圖4所示的例中，晶圓W具有下層膜和形成在下層膜的上方的上層膜。上層膜例如是矽層或絕緣膜。由投光用光纜31和受光用光纜32的各頂端構成的光學傳感器頭7與晶圓W的表面相對配置。每當研磨台3旋轉時，光學傳感器頭7將光照射至包含晶圓W的中心的複數個區域。

【0036】照射至晶圓W的光在介質（在圖4的例中為水）與上層膜的界面、以及上層膜與下層膜的界面反射，在這些界面反射的光波互相干涉。該光波的干涉的方式依據上層膜的厚度（即光路長度）變化。因此，根據來自晶圓W的反射光生成的光譜隨著上層膜的厚度變化。分光器47將反射光依照波長分解，對每個波長測定反射光的強度。光譜處理部49根據由分光器47得到的反射光的強度測定數據（光學信號）生成光譜。以下，有時將來自被研磨的晶圓W的反射光的光譜稱為測定光譜。該測定光譜以表示光的波長與強度的關係的線圖（即分光波形）來表示。光的強度能夠以反射率或相對反射率等的相對值來表示。

【0037】圖6是表示由光譜處理部49生成的測定光譜的圖。在圖6中，橫軸表示從晶圓反射的光的波長，縱軸表示從反射的光的強度導出的相對反射率。相對反射率是表示反射光的強度的指標值，是光的強度與規定的基準強度之比。通過在各波長中將光的強度（實測強度）除以規定的基準強度，能夠從實測強度中去除裝置的光學系統、光源固有的強度波動等的不需要的雜訊。

【0038】 基準強度是對各波長預先測定的光的強度，相對反射率是在各波長下計算的。具體而言，通過將在各波長下的光的強度（實測強度）除以對應的基準強度而求出相對反射率。基準強度是例如通過直接測定從光學傳感器頭7發出的光的強度而得到的，或通過從光學傳感器頭7向鏡子照射光，且測定來自鏡子的反射光的強度而得到的。或者，基準強度也可以是在研磨墊2上存在水的情況下對未形成膜的矽晶圓（裸晶圓）進行水研磨時，或將上述矽晶圓（裸晶圓）置於研磨墊2上時，通過分光器47測定的來自矽晶圓的反射光的強度。

【0039】 在實際的研磨中，從實測強度中減去暗級（dark level，遮光條件下獲得的背景強度）而求出修正實測強度，再從基準強度中減去上述暗級求出修正基準強度，然後，通過將修正實測強度除以修正基準強度來求出相對反射率。具體而言，相對反射率 $R(\lambda)$ 能夠使用以下的公式（1）求出。

[數學式1]

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

在此， $\lambda$ 為波長， $E(\lambda)$ 為從晶圓反射的光的在波長 $\lambda$ 下的強度， $B(\lambda)$ 為在波長 $\lambda$ 下的基準強度， $D(\lambda)$ 為在遮光條件下測定的在波長 $\lambda$ 下的背景強度（暗級）。

【0040】 在本實施方式中，光譜處理部49構成為根據測定光譜與複數個參照光譜的比較來決定膜厚。參照光譜存儲於圖1和圖2所示的數據伺服器70的存儲裝置70a內。光譜處理部49存取數據伺服器70，將在晶圓W的研磨期間生成的測定光譜與複數個參照光譜比較，選擇與測定光譜形狀最接近的參照光譜。

【0041】圖7是說明根據測定光譜與複數個參照光譜的比較來決定膜厚的過程的圖。光譜處理部49通過將研磨期間生成的測定光譜與複數個參照光譜比較來決定與測定光譜形狀最接近的參照光譜，決定與該已決定的參照光譜相關聯的膜厚。與測定光譜形狀最接近的參照光譜是參照光譜與測定光譜之間的相對反射率的差最小的光譜。

【0042】複數個參照光譜是對具有與研磨對象的晶圓W（以下，有時稱為目標晶圓或目標基板）相同的層疊結構的參照晶圓（或參照基板）進行研磨的同時預先取得的光譜。各參照光譜與取得該參照光譜時的膜厚相關聯。即，各參照光譜是在不同膜厚時取得的光譜，複數個參照光譜與複數個不同膜厚對應。因此，通過決定與測定光譜形狀最接近的參照光譜，能夠決定晶圓W的當前膜厚。

【0043】對取得複數個參照光譜的工序的一例進行說明。首先，準備與目標晶圓W具有相同的層疊結構的參照晶圓。參照晶圓被輸送至未圖示的膜厚測定器，參照晶圓的初始膜厚通過膜厚測定器被測定。接著，參照晶圓被輸送至圖1所示的研磨裝置，一邊將作為研磨液的漿料供給至研磨墊2一邊研磨參照晶圓。參照晶圓以固定的研磨率（也稱為去除率）、即在固定的研磨條件下被研磨。在參照晶圓的研磨期間，如上所述，光被照射至參照晶圓的表面，取得來自參照晶圓的反射光的光譜（即參照光譜）。參照光譜在每當研磨台3旋轉一周時取得。因此，在參照晶圓的研磨期間，取得複數個參照光譜。在參照晶圓的研磨結束之後，參照晶圓被再次輸送至上述膜厚測定器，測定研磨後的參照晶圓的膜厚（即最終膜厚）。

【0044】圖8是表示參照晶圓的膜厚與研磨時間的關係的曲線圖。如圖8所示，在參照晶圓的研磨率為固定的情況下，膜厚隨著研磨時間直線減少。換言之，膜厚能夠用包含研磨時間作為變量的一次函數來表示。研磨率能夠通過

將初始膜厚 $T_{ini}$ 與最終膜厚 $T_{fin}$ 的差除以到達最終膜厚 $T_{fin}$ 時的研磨時間 $t$ 來計算。

【0045】如上所述，由於在每當研磨台3旋轉一周時週期性地取得參照光譜，因此取得各個參照光譜時的研磨時間能夠根據研磨台3的旋轉速度和旋轉周數計算。或者也能夠精密地測定從研磨開始時刻到取得各參照光譜為止的時間。進一步地，能夠根據取得各參照光譜的研磨時間計算與各參照光譜對應的膜厚。通過這樣取得與不同膜厚對應的複數個參照光譜。各參照光譜能夠與對應的膜厚相關聯（能夠相掛鉤）。因此，光譜處理部49通過決定與在晶圓W的研磨期間的測定光譜形狀最接近的參照光譜，能夠根據與該參照光譜相關聯的膜厚來決定晶圓W的當前膜厚。

【0046】反射光的光譜依照膜厚變化。因此，基本上，若膜厚不發生變化則光譜也不變化。但是，即使膜厚相同，也會由於存在於被研磨的膜的下方的基底層的結構不同而改變光譜。基底層的結構也有在晶圓之間不同的情況。這樣的基底層的結構的差異妨礙正確的膜厚測定。

【0047】為了排除由於這樣的基底層的結構的差異而導致的光譜變化的影響，光譜處理部49使用複數組光譜組來決定膜厚，該複數組光譜組包含使用基底層的結構不同的複數個參照晶圓取得的複數個參照光譜。圖9是表示存儲有複數組光譜組的數據伺服器70的示意圖。複數組光譜組分別與基底層的結構不同的複數個參照晶圓對應，各光譜組所含有的複數個參照光譜是使用上述複數個參照晶圓之中的一個參照晶圓所取得的參照光譜。

【0048】光譜處理部49從複數組光譜組中選擇一組光譜組，將來自被研磨的晶圓W的反射光的光譜（測定光譜）與所選擇的光譜組中含有的複數個參照光譜進行比較，基於具有與反射光的光譜最接近的形狀的參照光譜，決定晶圓W的當前膜厚。

【0049】 代替使用了參照光譜的上述實施方式，在一個實施方式中，如下說明那樣，光譜處理部49對來自被研磨的晶圓W的反射光的光譜（即測定光譜）進行傅裡葉變換處理（典型的是高速傅裡葉變換處理）來生成頻譜，根據頻譜決定晶圓W的膜厚。

【0050】 圖10是表示來自晶圓W的反射光的光譜（即測定光譜）的一例的圖，圖11是表示對圖10所示的測定光譜進行傅裡葉變換處理而得到的頻譜的曲線圖。在圖11中，縱軸表示測定光譜所包含的頻率成分的強度，橫軸表示膜厚。頻率成分的強度與表示為正弦波的頻率成分的振幅相當。測定光譜所包含的頻率成分使用規定的關係式被轉換成膜厚，並生成如圖11所示那樣的表示膜厚與頻率成分的強度的關係的頻率。上述的規定的關係式是以頻率成分為變量的表示膜厚的一次函數，該關係式能夠根據膜厚的實測結果、光學式膜厚測定模擬、理論公式等求出。

【0051】 在圖11所示的曲線圖中，頻率成分的強度的波峰在膜厚 $t_1$ 出現。換言之，在膜厚 $t_1$ 處頻率成分的強度變為最大。即，該頻譜表示晶圓W的膜厚為 $t_1$ 。通過這樣，光譜處理部49決定與頻率成分的強度的波峰對應的膜厚。

【0052】 圖1所示的方案評價裝置75具有存儲裝置75a和處理裝置75b（GPU或CPU等），該存儲裝置75a存儲有用於決定光學式膜厚測定裝置40的最適合作動方案的程式，該處理裝置75b依照程式所含有的指令執行運算。處理裝置75b執行用於基於評價計算式（後述）從預先設定的複數個作動方案中決定最適合作動方案的運算。方案評價裝置75由至少一台電腦構成。

【0053】 方案評價裝置75與數據伺服器70連接。如上所述，數據伺服器70具有存儲裝置70a，該存儲裝置70a存儲有在複數個晶圓的研磨時取得的反射光的複數個光譜的數據。數據伺服器70由至少一台電腦構成。數據伺服器70也可以是通過通信線路與方案評價裝置75連接的邊緣伺服器，也可以是通過互聯

網等的網絡與方案評價裝置75連接的雲伺服器，或者也可以是與方案評價裝置75連接的設置於網絡內的霧計算裝置（閘道器、霧伺服器、路由器等）。數據伺服器70也可以是通過互聯網等的網絡連接的複數個伺服器。例如，數據伺服器70可以是邊緣伺服器與雲伺服器的組合。

**【0054】** 接著，對方案評價裝置75的作動進行說明。方案評價裝置70由至少一台電腦構成，該電腦構成用來決定光學式膜厚測定裝置40的最適合作動方案。作動方案控制光學式膜厚測定裝置40、尤其是控制光譜處理部49的作動。作動方案至少包含以下記載的複數個方案參數中的兩個。

- (i) 用於計算複數個光譜的移動平均的時間寬度
- (ii) 用於計算複數個光譜的空間平均的數據點數
- (iii) 適用於光譜的濾波器的參數
- (iv) 用於使光譜標準化的標準化參數
- (v) 用於決定膜厚的光譜的波長範圍
- (vi) 包含用於決定膜厚的參照光譜的光譜組的編號

**【0055】** 以下詳述各方案參數。

- (i) 時間寬度

在晶圓W的研磨期間，每當研磨台3旋轉一周時，光從光學傳感器頭7被引導至晶圓W，來自晶圓W的反射光被光學傳感器頭7接收。反射光的在各波長下的強度通過分光器47被測定，光譜處理部49根據反射光的強度測定數據生成反射光的光譜，基於光譜決定晶圓W的當前膜厚。光譜的移動平均是用於在晶圓W上的某測定點處決定晶圓W的當前膜厚而使用的複數個光譜的平均。移動平均的時間寬度是為了計算複數個光譜的移動平均而使用的時間寬度。該時間寬度通過研磨台3的旋轉周數來表示。例如，

第 17 頁，共 28 頁(發明說明書)

若時間寬度為3，則光譜處理部49在研磨台3旋轉三周的期間根據在晶圓W的某測定點取得的反射光生成一個光譜，根據該光譜決定晶圓W的膜厚。

#### 【0056】

##### (ii) 數據點數

數據點數是為了計算在晶圓W的研磨期間取得的複數個光譜的空間平均而使用的。複數個光譜的空間平均是在晶圓W上的複數個測定點反射的反射光的複數個光譜的平均。具體而言，光譜處理部49計算在複數個測定點得到的反射光的強度測定數據的平均，根據強度測定數據的平均生成一個光譜。如圖3所示，在晶圓W的研磨期間，光學傳感器頭7在每當研磨台3旋轉一周時橫穿研磨墊2上的晶圓W的表面，同時將光照射至晶圓W上的複數個測定點MP，接收來自晶圓W的反射光。數據點數是為了生成一個光譜而使用的測定點MP的數量。例如，若數據點數為3，則光譜處理部49根據在三個測定點MP取得的反射光的強度測定數據製成一個光譜。

#### 【0057】

##### (iii) 濾波器的參數

光譜處理部49具有濾波器（未圖示），該濾波器用於去除已生成的光譜所含有的雜訊。雜訊是光譜所含有的不需要的頻率成分。濾波器的參數是用於決定要使用的濾波器的種類、以及用於決定通帶或阻帶的參數。在所使用的濾波器的種類中，可列舉出低通濾波器、高通濾波器、帶通濾波器以及帶阻濾波器。

#### 【0058】

##### (iv) 用於使光譜標準化的標準化參數

標準化參數是用於決定標準化方法的參數，該標準化方法用於對光譜整體進行標準化。標準化方法有以下兩種。

第一種標準化方法是調整光譜整體的等級（反射光的強度）的方法。光譜是基於來自晶圓的反射光而生成的。因此，光譜整體的等級能依據反射光的傳送路徑或從光源44（參照圖2）發射的光的強度等而變化。因此，為了調整光譜整體的等級，光譜處理部49通過將在各波長下的等級除以光譜整體的等級的平均來使光譜標準化。

**【0059】** 第二種標準化方法是修正光譜整體的傾斜的方法。如圖10所示，有時光譜整體傾斜。為了修正這樣的光譜傾斜，光譜處理部49通過最小平方方法求出光譜的近似線，通過將光譜上的對應的等級（反射光的強度）除以近似線上的等級（反射光的強度）來使光譜標準化。

**【0060】** 標準化參數是用於選擇使用用來調整光譜整體的等級的第一種標準化方法、或者使用用來修正光譜的傾斜的第二種標準化方法、或者使用兩者、或者兩者都不使用的參數。

**【0061】**

(v) 光譜的波長範圍

晶圓的膜厚是基於來自晶圓的反射光的光譜而決定。決定膜厚所使用的光譜的波長範圍是由設定於作動方案的下限值和上限值來定義。

**【0062】**

(vi) 參照光譜組的編號

如參照圖7進行說明的那樣，在一個實施方式中，光譜處理部49根據測定光譜與複數個參照光譜的比較來決定晶圓的膜厚。即，光譜處理部49通過將在晶圓的研磨期間生成的測定光譜與複數個參照光譜進行比較來決定與測定光譜形狀最接近的參照光譜，從而決定與該已決定的參照光譜相關聯的膜厚。如圖

9所示，存儲於數據伺服器70內的複數個光譜組中的一個含有參照光譜。光譜處理部49從複數個光譜組中選擇一個，將在晶圓的研磨期間生成的測定光譜與所選擇的光譜組中含有的複數個參照光譜進行比較，決定與測定光譜形狀最接近的參照光譜。從複數個光譜組中選擇的一個光譜組是在作動方案中設定的編號的光譜組。例如，如果在作動方案中設定的編號為2，則光譜處理部49選擇No.2的光譜組。

**【0063】** 方案評價裝置75將分別包含構成作動方案的複數個方案參數的複數個參數集存儲在存儲裝置75a內。各參數集包含上述方案參數(i)~(vi)中的至少兩個。在一例中，各參數集包含全部上述方案參數(i)~(vi)。各參數集所含有的方案參數的具體數值是預先設定的值，但使用者也可以隨意變更。

**【0064】** 方案評價裝置75如下所述從存儲在存儲裝置75a內的複數個參數集中選擇最適合的一個參數集。首先，方案評價裝置75使用各參數集所含有的複數個方案參數和存儲在數據伺服器70內的參照光譜的數據來執行對伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬。存儲在數據伺服器70內的參照光譜的數據是對複數個晶圓進行實際研磨時取得的光譜的數據。

**【0065】** 方案參數(i)~(v)影響反射光的光譜(測定光譜)自身的形狀，方案參數(vi)影響與反射光的光譜(測定光譜)比較的參照光譜。因此，這些方案參數(i)~(vi)影響基於反射光的光譜和參照光譜決定的晶圓的膜厚。

**【0066】** 在膜厚變化的模擬中，根據過去研磨的晶圓的、與伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化對應的反射光的光譜的變化，計算伴隨著研磨時間的經過的膜厚的變化。即，方案評價裝置75存取數據伺服器70，從數據伺服器70取得在晶圓的實際研磨期間取得的(即，在膜厚變化時取得的)複數個參照光

譜，基於方案參數對這些參照光譜進行加工而生成推定光譜，根據推定光譜決定複數個膜厚。

**【0067】** 方案評價裝置75具有用於評價由上述模擬得到的膜厚變化的方式的評價計算式。該評價計算式存儲於存儲裝置75a。方案評價裝置75將評價由上述模擬得到的膜厚變化的方式的複數個指標值輸入評價計算式，計算針對各個參數集的複數個綜合評價值。評價計算式包含評價膜厚變化的方式的複數個指標值、針對這些複數個指標值的複數個目標值、以及分別與上述複數個目標值與上述複數個指標值的差相乘的複數個權重係數。

**【0068】** 包含在評價計算式的複數個指標值為以下說明的第一指標值、第二指標值、第三指標值、第四指標值以及第五指標值。在本實施方式中，評價計算式包含五個指標值，但在一個實施方式中，評價計算式也可以包含五個指標值中的任意一個、或任意兩個、或任意三個、或任意四個。

**【0069】** 第一指標值是表示晶圓的膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的不變性的評價的指標值。晶圓的膜厚輪廓表示沿著晶圓的半徑方向的膜厚分佈。

圖12是表示晶圓的膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的變化的一例的圖。如圖12所示，只要晶圓的研磨條件不變，晶圓的膜厚輪廓的形狀與研磨時間無關地不變。圖13是表示晶圓的膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的變化的另一例的圖。在圖13所示的例子中，儘管晶圓的研磨條件不變，晶圓的膜厚輪廓的形狀也與研磨時間一起變化。

**【0070】** 第一指標值是根據模擬結果得到的膜厚輪廓的形狀的變化率。膜厚輪廓的形狀的變化率是膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的變化的比例。圖12所示的膜厚輪廓的形狀的變化率接近0，與此相對，圖13所示的膜厚輪廓的形狀的變化率是在某種程度上較大的值。

【0071】第二指標值是表示通過膜厚測定器測定的膜厚的實測值與由上述模擬得到的膜厚的差的少的程度的評價的指標值。通常在研磨之前，晶圓被輸送至獨立型的膜厚測定器（未圖示），在這裡測定晶圓的初始膜厚。並且，在晶圓的研磨後，晶圓被輸送至上述膜厚測定器，測定已被研磨的晶圓的膜厚。由於獨立型的膜厚測定器在晶圓為靜止的狀態且不存在漿料的狀態下測定膜厚，因此與在晶圓的研磨期間測定膜厚的光學式膜厚測定裝置40相比，獨立型的膜厚測定器能夠精度更良好地測定膜厚。

【0072】圖14是表示通過膜厚測定器取得的膜厚的實測值與通過上述模擬得到的膜厚的一例的圖。在該例中，膜厚的實測值與通過上述模擬得到的膜厚的差小。換言之，通過上述模擬得到的膜厚與膜厚的實測值接近。圖15是表示通過膜厚測定器取得的膜厚的實測值與通過上述模擬得到的膜厚的另一例的圖。在該例中，膜厚的實測值與通過上述模擬得到的膜厚的差比圖14所示的例中的差大。

【0073】第三指標值是表示在上述模擬中生成的光譜與存儲於數據伺服器70內的參照光譜的形狀的適合度（goodness of fit）的評價的指標值。如參照圖7進行的說明那樣，在一個實施方式中，光譜處理部49根據上述模擬中生成的光譜（以下稱為推定光譜）與複數個參照光譜的比較來決定膜厚。即，光譜處理部49決定與推定光譜的形狀最接近的參照光譜，從而決定與該所決定的參照光譜相關聯的膜厚。

【0074】推定光譜與參照光譜的形狀的適合度以從0到1的範圍內的數值表示。圖16是表示推定光譜與參照光譜的形狀的適合度高的一例的圖。圖17是表示推定光譜與參照光譜的形狀的適合度低的一例的圖。適合度越高則膜厚的可靠性越高。因此，圖16所示例中的膜厚的可靠性高，與此相對，圖17所示例中的膜厚的可靠性低。

【0075】 第四指標值是表示基於在上述模擬中生成的光譜（即推定光譜）決定的膜厚的品質係數（Q值）的評價的指標值。雖然基於推定光譜決定膜厚的演算法在圖7所示的實施方式與圖11所示的實施方式之間有所不同，但在任意一個實施方式中都使用曲線圖來決定膜厚。膜厚的品質係數（Q值）是根據曲線圖上的波峰或波谷的陡峭程度來決定的。一般而言，曲線圖上的波峰或波谷越陡峭則品質係數（Q值）越高。

【0076】 圖18是參照圖7進行說明的膜厚決定演算法中所使用的曲線圖。更具體地，圖18的橫軸表示與複數個參照光譜掛鉤的膜厚，縱軸表示推定光譜與參照光譜之間的反射光的強度的差。圖18所示的曲線圖上的波谷越陡峭則品質係數（Q值）越高（即膜厚的可靠性越高）。

【0077】 圖19是表示參照圖11進行說明的膜厚決定演算法中所使用的頻譜的曲線圖。圖19的橫軸表示膜厚，縱軸表示推定光譜所含有的頻率成分的強度。圖19所示的曲線圖上的波峰越陡峭則品質係數（Q值）越高（即膜厚的可靠性越高）。

【0078】 第五指標值是表示隨著研磨時間的膜厚變化的線性的評價的指標值。只要晶圓的研磨條件為固定，則晶圓的膜厚隨著研磨時間以固定的比例減少。換言之，晶圓的研磨率（也稱為去除率）在晶圓的研磨期間是固定的。

【0079】 圖20是表示膜厚隨著研磨時間直線地減少的一例的曲線圖。在圖20的例中，晶圓的研磨率是固定的。另一方面，圖21是表示膜厚隨著研磨時間非直線地減少的一例的曲線圖。在圖21的例中，儘管晶圓的研磨條件是固定的，但晶圓的研磨率發生變化。

【0080】 方案評價裝置75將根據膜厚變化的模擬結果得到的第一指標值、第二指標值、第三指標值、第四指標值以及第五指標值輸入以下的評價計算式來計算綜合評價值。

[數學式2]

$$F = w1 \times (|aT - ak|) + w2 \times (|bT - bk|) + w3 \times (|cT - ck|) + w4 \times (|dT - dk|) + w5 \times (|eT - ek|) \quad (2)$$

在此， $ak$ 是第一指標值， $aT$ 是第一指標值的目標值， $w1$ 是第一權重係數， $bk$ 是第二指標值， $bT$ 是第二指標值的目標值， $w2$ 是第二權重係數， $ck$ 是第三指標值， $cT$ 是第三指標值的目標值， $w3$ 是第三權重係數， $dk$ 是第四指標值， $dT$ 是第四指標值的目標值， $w4$ 是第四權重係數， $ek$ 是第五指標值， $eT$ 是第五指標值的目標值， $w5$ 是第五權重係數。

【0081】 上述的評價計算式存儲在方案評價裝置75的存儲裝置75a內。目標值 $aT \sim eT$ 以及權重係數 $w1 \sim w5$ 由使用者預先設定並存儲在方案評價裝置75的存儲裝置75a內。

【0082】 方案評價裝置75執行膜厚變化的模擬，根據模擬結果計算第一指標值、第二指標值、第三指標值、第四指標值以及第五指標值，將這些指標值輸入上述評價計算式來計算綜合評價值。方案評價裝置75基於綜合評價值對包含複數個方案參數的參數集的好壞進行判定。具體而言，方案評價裝置75對複數個參數集分別計算綜合評價值，決定得到最大或最小的綜合評價值的參數集即最適合參數集。

【0083】 圖22是說明決定光學式膜厚測定裝置40的最適合作動方案的方法的一個實施方式的流程圖。

在步驟1中，評價計算式的權重係數 $w1 \sim w5$ 被設定。更具體地，權重係數 $w1 \sim w5$ 經由未圖示的輸入裝置被輸入方案評價裝置75，並存儲在方案評價裝置75的存儲裝置75a內。權重係數 $w1 \sim w5$ 的具體數值能夠由使用者任意地決定。暫時存儲在存儲裝置75a內的權重係數 $w1 \sim w5$ 也可以作為標準權重係數來使用。

【0084】在步驟2中，複數個參數集被設定。更具體地，複數個參數集經由未圖示的輸入裝置被輸入方案評價裝置75，並存儲在方案評價裝置75的存儲裝置75a內。各參數集所包含的方案參數中的至少一個數值根據每個參數集而不同。存儲於存儲裝置75a內的參數集的數量預先任意地設定。

【0085】在步驟3中，方案評價裝置75使用在步驟2中被存儲的複數個參數集與存儲在數據伺服器70內的參照光譜來執行膜厚變化的模擬。更具體地，為了縮短模擬整體的時間，方案評價裝置75並列地執行使用了上述複數個參數集的複數個模擬。

【0086】在步驟4中，方案評價裝置75將第一指標值、第二指標值、第三指標值、第四指標值以及第五指標值輸入評價計算式來計算每個參數集的綜合評價值。更具體地，方案評價裝置75根據模擬結果針對每個參數集計算第一指標值、第二指標值、第三指標值、第四指標值以及第五指標值，將這些指標值輸入上述評價計算式從而針對每個參數集計算綜合評價值。

【0087】在步驟5中，方案評價裝置75從所得到的複數個綜合評價值中決定最大或最小的綜合評價值，選擇與所決定的綜合評價值對應的參數集即最適合參數集。

在步驟6中，方案評價裝置75設定由所選擇的參數集所包含的複數個方案參數構成的最適合作動方案，將該最適合作動方案保存在存儲裝置75a內。之後，圖1和圖2所示的研磨裝置依照已設定的最適合作動方案使光學式膜厚測定裝置40作動，一邊通過光學式膜厚測定裝置40測定晶圓W的膜厚一邊研磨晶圓W。

【0088】根據本實施方式，由於計算對於複數個參數集的綜合評價值，因此能夠與使用者的技能無關地基於綜合評價值在短時間內且自動地決定最適合作方案參數。

【0089】存儲在數據伺服器70內的參照光譜是研磨複數個晶圓時取得的光譜。這些晶圓具有略微不同的層疊結構。即，雖然構成晶圓的露出面的膜的種類和厚度相同，但該膜的基底層結構略微不同。在這樣的情況下，來自各個晶圓的反射光的光譜不同，作為結果，根據光譜決定的膜厚也不同。

【0090】因此，為了決定對於複數個晶圓的最適合作動方案，在一個實施方式中，方案評價裝置75通過對複數個晶圓反復進行膜厚變化的模擬和綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，計算對於各參數集的綜合評價值的波動。在一例中，綜合評價值的波動以標準偏差來表示。進一步地，方案評價裝置75從在步驟2存儲的複數個參數集中選擇綜合評價值的波動為最小的最適合參數集。

【0091】另外，在一個實施方式中，方案評價裝置75也可以通過對複數個晶圓反復進行膜厚變化的模擬和綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，計算對於各參數集的複數個綜合評價值的總和，從在步驟2存儲的複數個參數集中選擇綜合評價值的總和為最大或最小的最適合參數集。在該情況下，使用以下的評價計算式。

[數學式3]

$$F = \sum_{k=1}^N [w1 \times (|aT - ak|) + w2 \times (|bT - bk|) + w3 \times (|cT - ck|) + w4 \times (|dT - dk|) + w5 \times (|eT - ek|)] \quad (3)$$

在此，N是晶圓的片數。其他記號與上述的公式(2)的記號相同。

【0092】上述的評價計算式存儲在方案評價裝置75的存儲裝置75a內。目標值aT~eT和權重係數w1~w5由使用者預先設定並存儲在方案評價裝置75的存儲裝置75a內。晶圓的片數N是取得存儲在數據伺服器70內的參照光譜所使用的晶圓的片數。

【0093】 根據本實施方式，由於計算綜合評價值的總和，所以能夠降低晶圓間的層疊結構的微小差異對最適合參數集的決定所造成的影響。

【0094】 上述的實施方式是以本發明所屬技術領域中具有通常知識的人能夠實施本發明為目的而記載的。上述實施方式的各種變形例對於本領域技術人員來說是理所當然的，本發明的技術思想也可以適用於其他實施方式。因此，本發明不限定於所記載的實施方式，而是被解釋為根據本案申請專利範圍所定義的技術思想的最廣泛的範圍。

### 【符號說明】

#### 【0095】

1 研磨頭	40 光學式膜厚測定裝置
2 研磨墊	44 光源
2a 研磨面	47 分光器
3 研磨台	48 光檢測器
5 漿料供給噴嘴	49 光譜處理部
6 台電動機	50A 第一孔
7 光學傳感器頭	50B 第二孔
9 研磨控制部	51 通孔
10 頭軸	70 數據伺服器
17 連結裝置	75 方案評價裝置
18 研磨頭電動機	MP 測定點
31 投光用光纜	Tini 初始膜厚
32 受光用光纜	Tfin 最終膜厚

t 到達最終膜厚 $T_{fin}$ 時的研磨  
時間

t1 頻率成分的強度的波峰出現  
時的膜厚

W 晶圓

步驟1至步驟5 步驟的編號

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法，所述光學式膜厚測定裝置用於在基板的研磨期間測定該基板的膜厚，該決定光學式膜厚測定裝置最適合作動方案的方法，

將複數個參數集保存在存儲裝置內，該複數個參數集分別包含構成作動方案的複數個方案參數，

使用所述複數個參數集和存儲在數據伺服器內的來自被研磨的基板的反射光的參照光譜的數據來執行伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬，

將評價所述膜厚變化的方式的至少一個指標值輸入評價計算式，計算對於所述複數個參數集的複數個綜合評價值，

基於所述複數個綜合評價值從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集，

所述膜厚變化的模擬包含：基於所述複數個方案參數對所述參照光譜進行處理而生成推定光譜；以及根據所述推定光譜決定複數個膜厚，

所述複數個方案參數包含以下參數中的至少兩個參數：

時間寬度，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的移動平均；

數據點數，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的空間平均；

濾波器的參數，適用於在基板的研磨期間取得的複數個光譜；

用於決定膜厚的光譜的波長範圍；以及

光譜組的編號，包含用於決定膜厚的參照光譜。

【請求項2】 根據請求項1所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法，其中，

所述評價計算式含有：所述至少一個指標值；相對於所述至少一個指標值的至少一個目標值；以及至少一個權重係數，所述至少一個目標值與所述至少一個指標值的差與該至少一個權重係數相乘。

【請求項3】 根據請求項1所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法，其中，

所述至少一個指標值包含以下指標值中的至少一個指標值：

表示膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的不變性的評價的第一指標值；

表示通過膜厚測定器測定的膜厚的實測值與由所述模擬得到的膜厚的差的少的程度的評價的第二指標值；

表示在所述模擬中生成的光譜與存儲在所述數據伺服器內的參照光譜的形狀的一致度的評價的第三指標值；

表示基於在所述模擬中生成的光譜決定的膜厚的品質係數的評價的第四指標值；以及

表示隨著研磨時間的膜厚變化的線性的評價的第五指標值。

【請求項4】 根據請求項1至3中任意一項所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法，其中，

存儲在所述數據伺服器內的所述參照光譜是對複數個基板進行實際研磨時取得的反射光的光譜。

【請求項5】 根據請求項4所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法，其中，還包含以下工序：

通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，

計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的波動；

從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集的工序是從所述複數個參數集中選擇所述波動為最小的最適合參數集的工序。

**【請求項6】** 根據請求項4所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的方法，其中，還包含以下工序：

通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，

計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的總和；

從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集的工序是從所述複數個參數集中選擇所述總和為最大或最小的最適合參數集的工序。

**【請求項7】** 一種決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，所述光學式膜厚測定裝置用於在基板的研磨期間測定該基板的膜厚，該決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，具有：

方案評價裝置，該方案評價裝置具有存儲裝置和處理裝置，該存儲裝置存儲有複數個參數集和程式，該複數個參數集分別包含構成作動方案的複數個方案參數，該處理裝置依照所述程式所包含的指令執行運算；以及

數據伺服器，該數據伺服器存儲有來自被研磨的基板的反射光的參照光譜的數據，

所述方案評價裝置構成為：

使用所述複數個參數集和從所述數據伺服器取得的所述參照光譜的數據來執行伴隨著研磨時間的經過的膜厚變化的模擬，

將評價所述膜厚變化的方式的至少一個指標值輸入評價計算式，計算對於所述複數個參數集的複數個綜合評價值，

基於所述複數個綜合評價值從所述複數個參數集中選擇最適合的一個參數集，

所述膜厚變化的模擬包含：基於所述複數個方案參數對所述參照光譜進行處理而生成推定光譜；以及根據所述推定光譜決定複數個膜厚，

所述複數個方案參數包含以下參數中的至少兩個參數：

時間寬度，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的移動平均；

數據點數，用於計算在基板的研磨期間取得的複數個光譜的空間平均；

濾波器的參數，適用於在基板的研磨期間取得的複數個光譜；

用於決定膜厚的光譜的波長範圍；以及

光譜組的編號，包含用於決定膜厚的參照光譜。

**【請求項8】** 根據請求項7所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，其中，

所述評價計算式含有：所述至少一個指標值；相對於所述至少一個指標值的至少一個目標值；以及至少一個權重係數，所述至少一個目標值與所述至少一個指標值的差與該至少一個權重係數相乘。

**【請求項9】** 根據請求項7所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，其中，

所述至少一個指標值包含以下指標值中的至少一個指標值：

表示膜厚輪廓的形狀相對於研磨時間的不變性的評價的第一指標值；

表示通過膜厚測定器測定的膜厚的實測值與由所述模擬得到的膜厚的差的少的程度的評價的第二指標值；

表示在所述模擬中生成的光譜與存儲在所述數據伺服器內的參照光譜的形狀的一致度的評價的第三指標值；

表示基於在所述模擬中生成的光譜決定的膜厚的品質係數的評價的第四指標值；以及

表示隨著研磨時間的膜厚變化的線性的評價的第五指標值。

**【請求項10】** 根據請求項7至9中任意一項所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，其中，

存儲在所述數據伺服器內的所述參照光譜是對複數個基板進行實際研磨時取得的反射光的光譜。

**【請求項11】** 根據請求項10所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，其中，

所述方案評價裝置構成為：

通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來取得對於各參數集的複數個綜合評價值，

計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的波動，

從所述複數個參數集中選擇所述波動為最小的最適合參數集。

**【請求項12】** 根據請求項10所述的決定光學式膜厚測定裝置的最適合作動方案的系統，其中，

所述方案評價裝置構成為：

通過對所述複數個基板反復進行所述模擬和所述綜合評價值的計算來  
取得對於各參數集的複數個綜合評價值，

計算對於各參數集的所述複數個綜合評價值的總和，

從所述複數個參數集中選擇所述總和為最大或最小的最適合參數集。

【發明圖式】

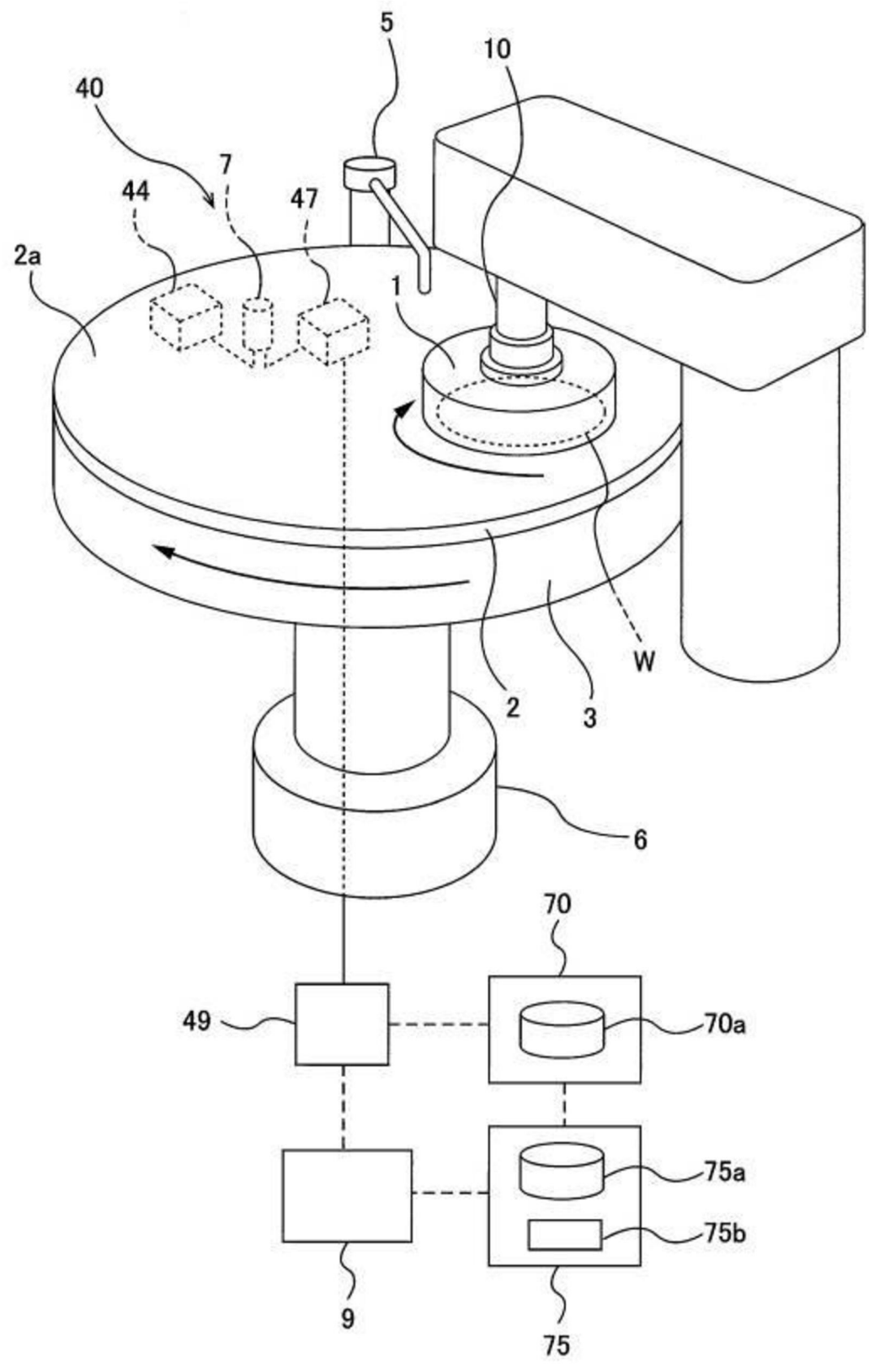


圖 1

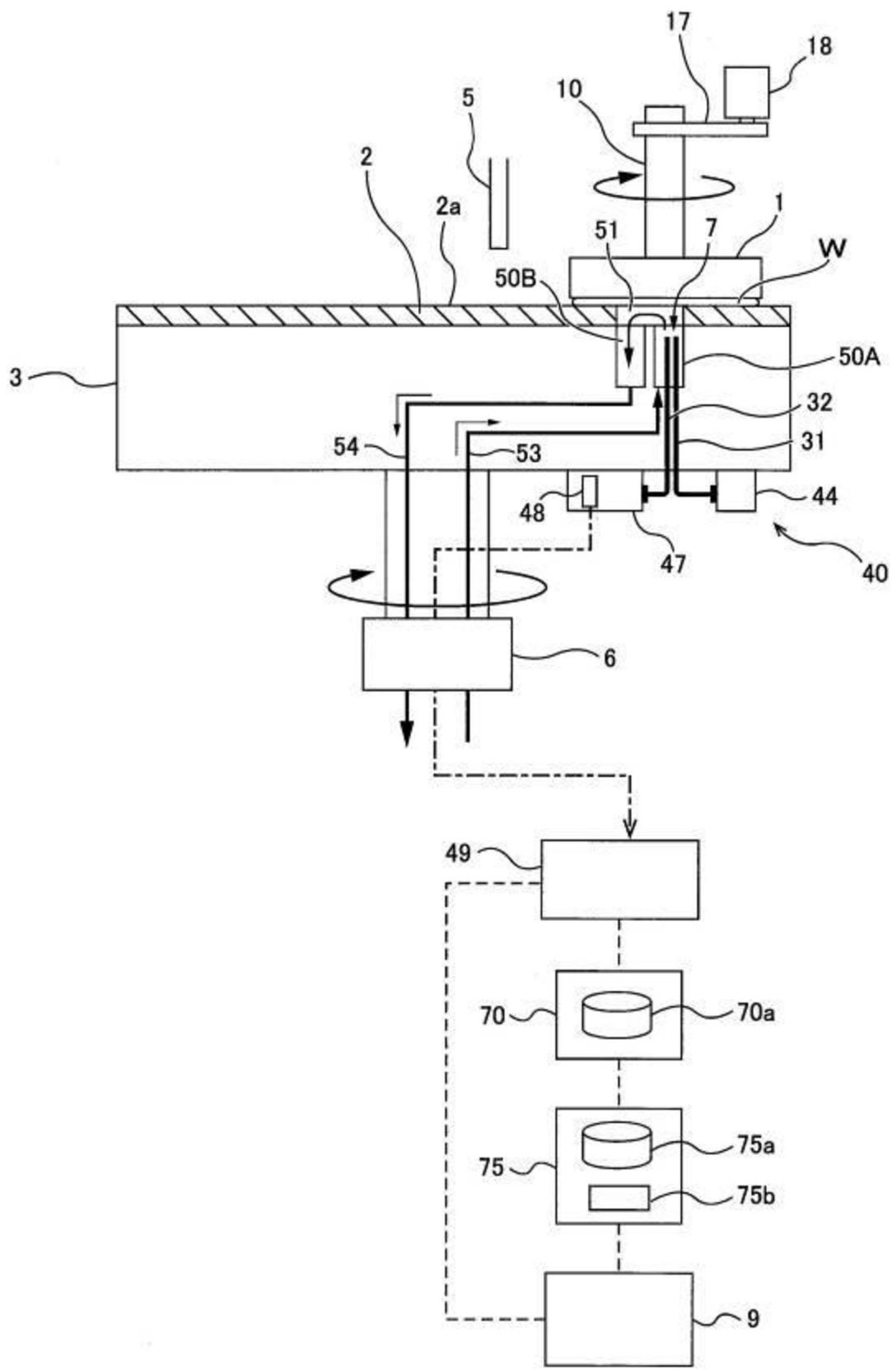


圖 2

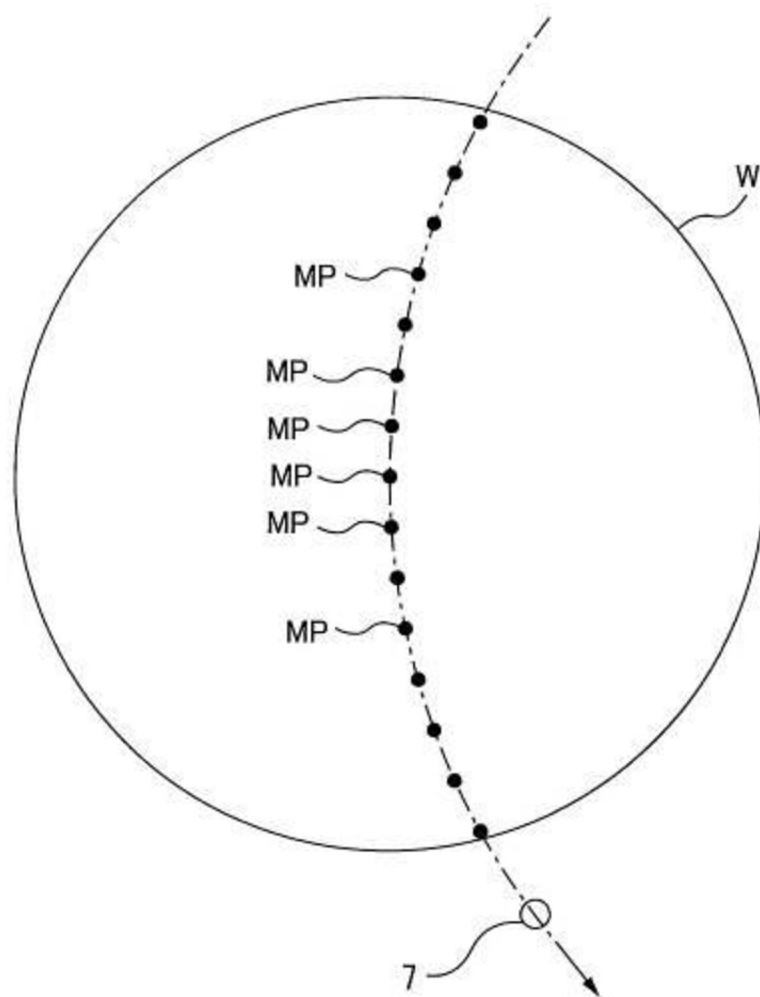


圖 3

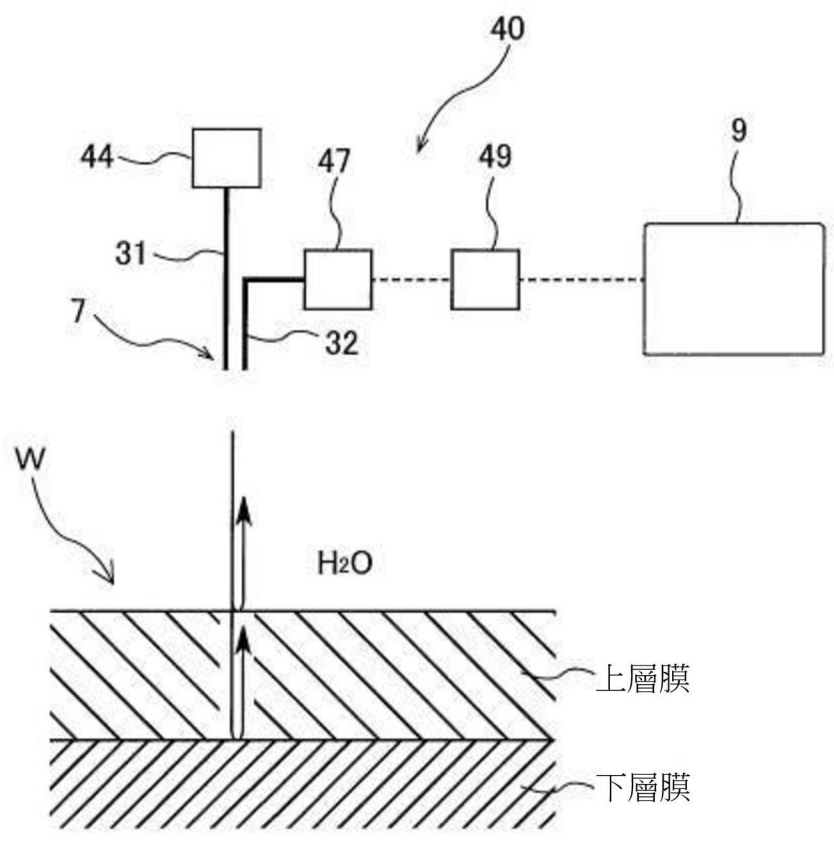


圖 4

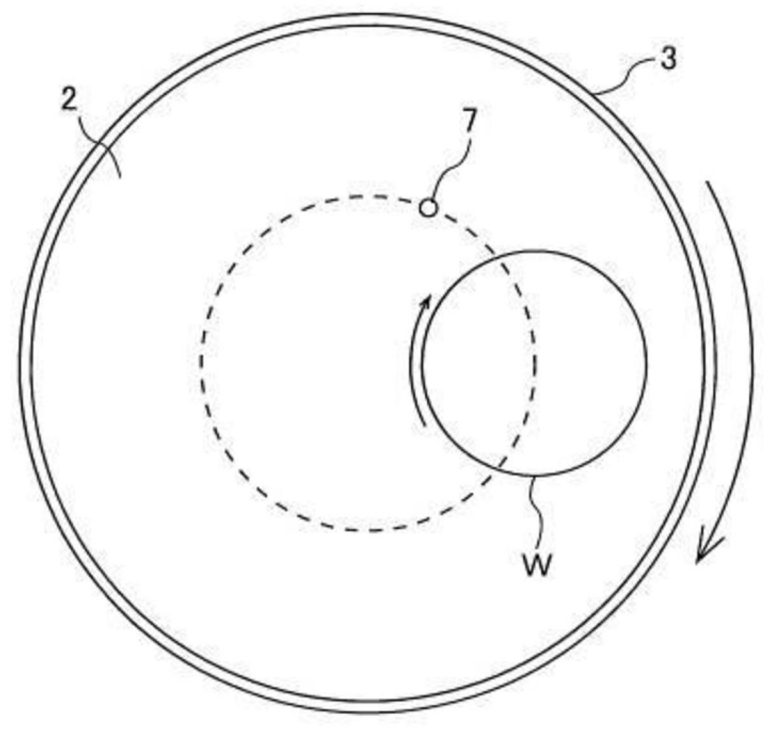


圖 5

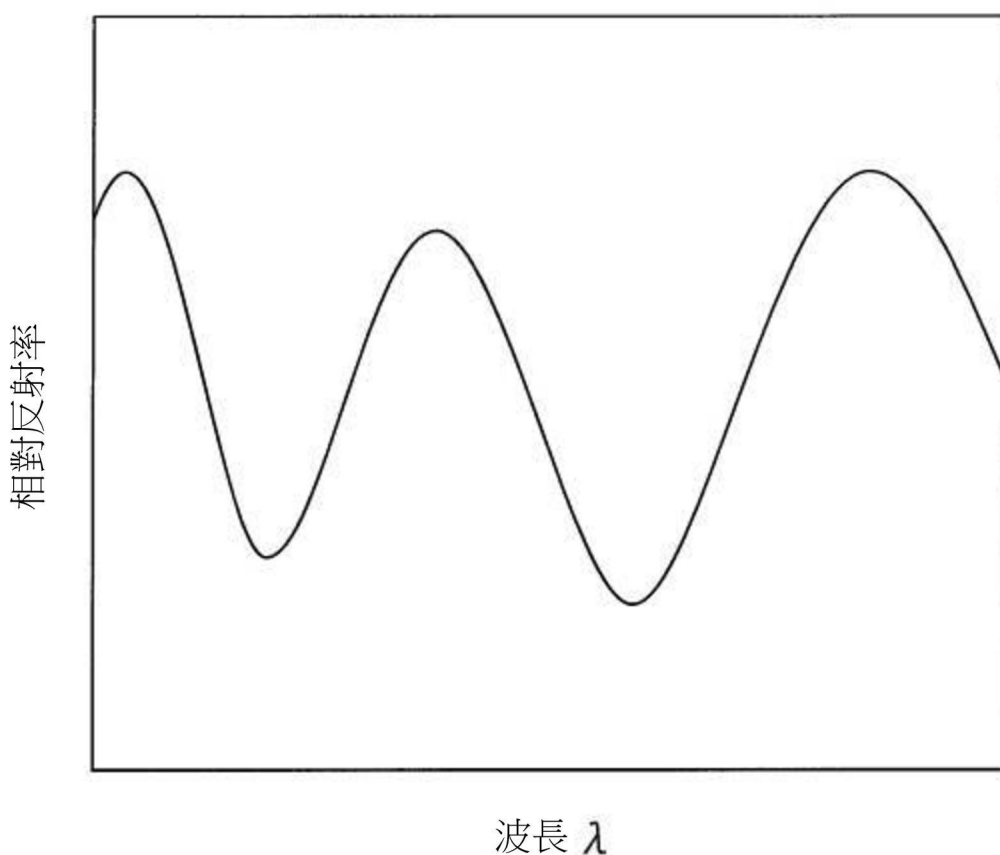


圖 6

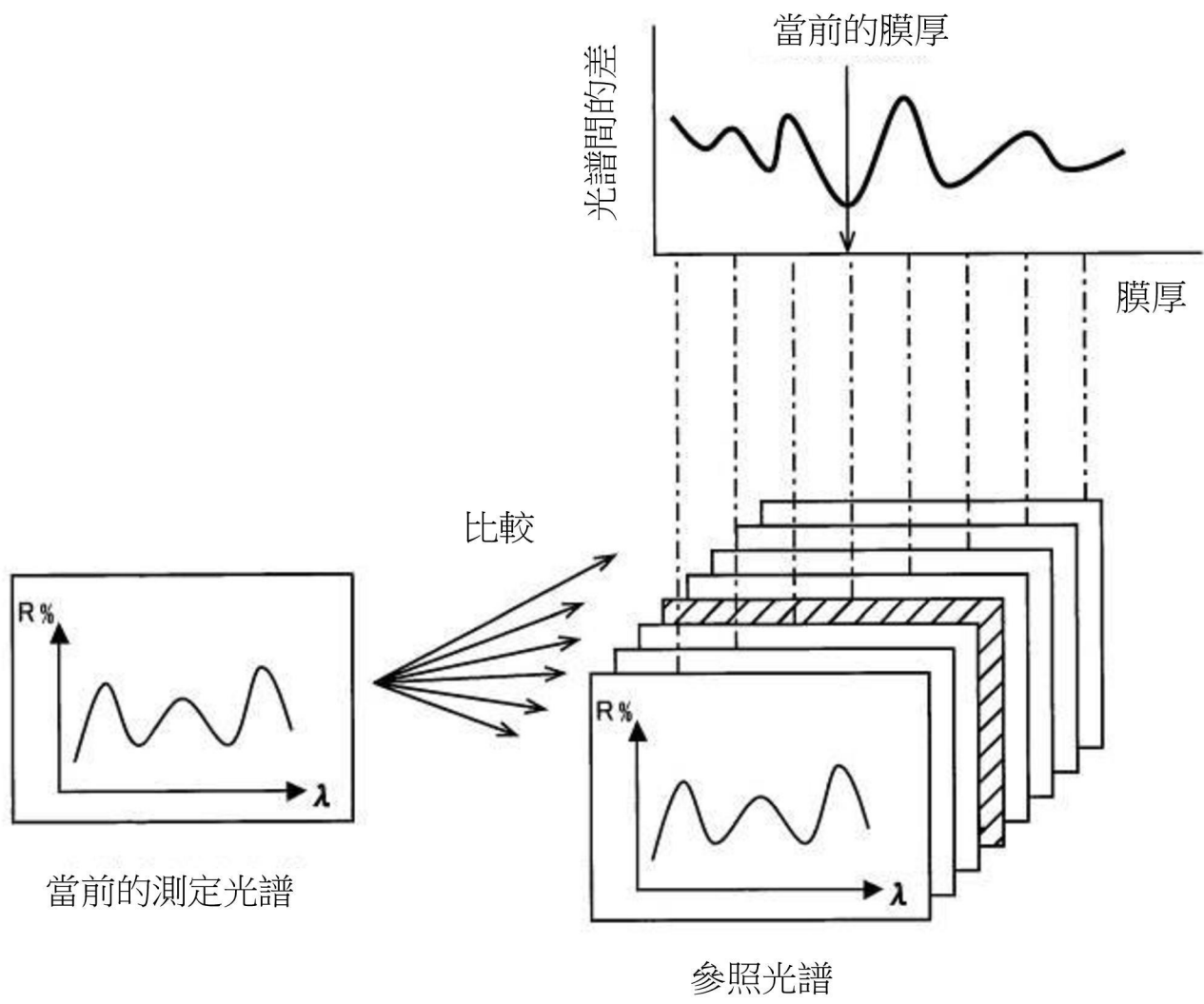


圖 7

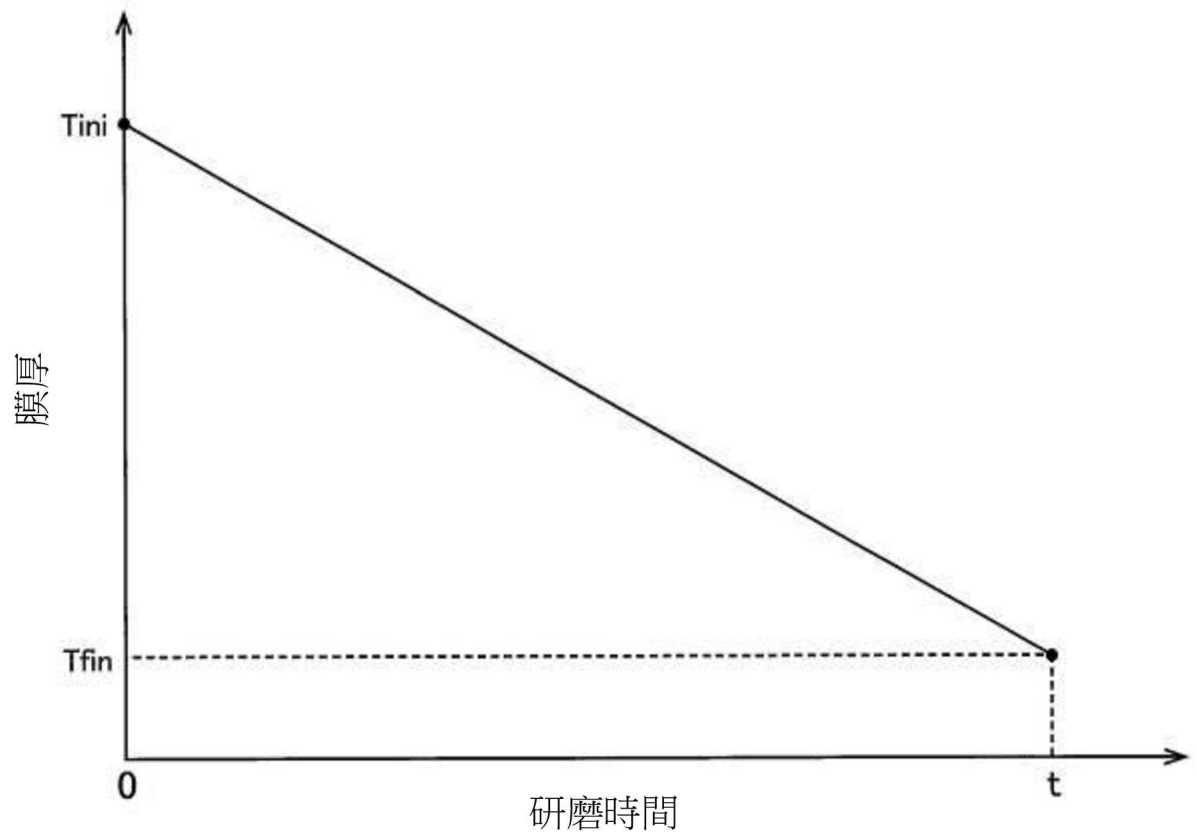


圖 8

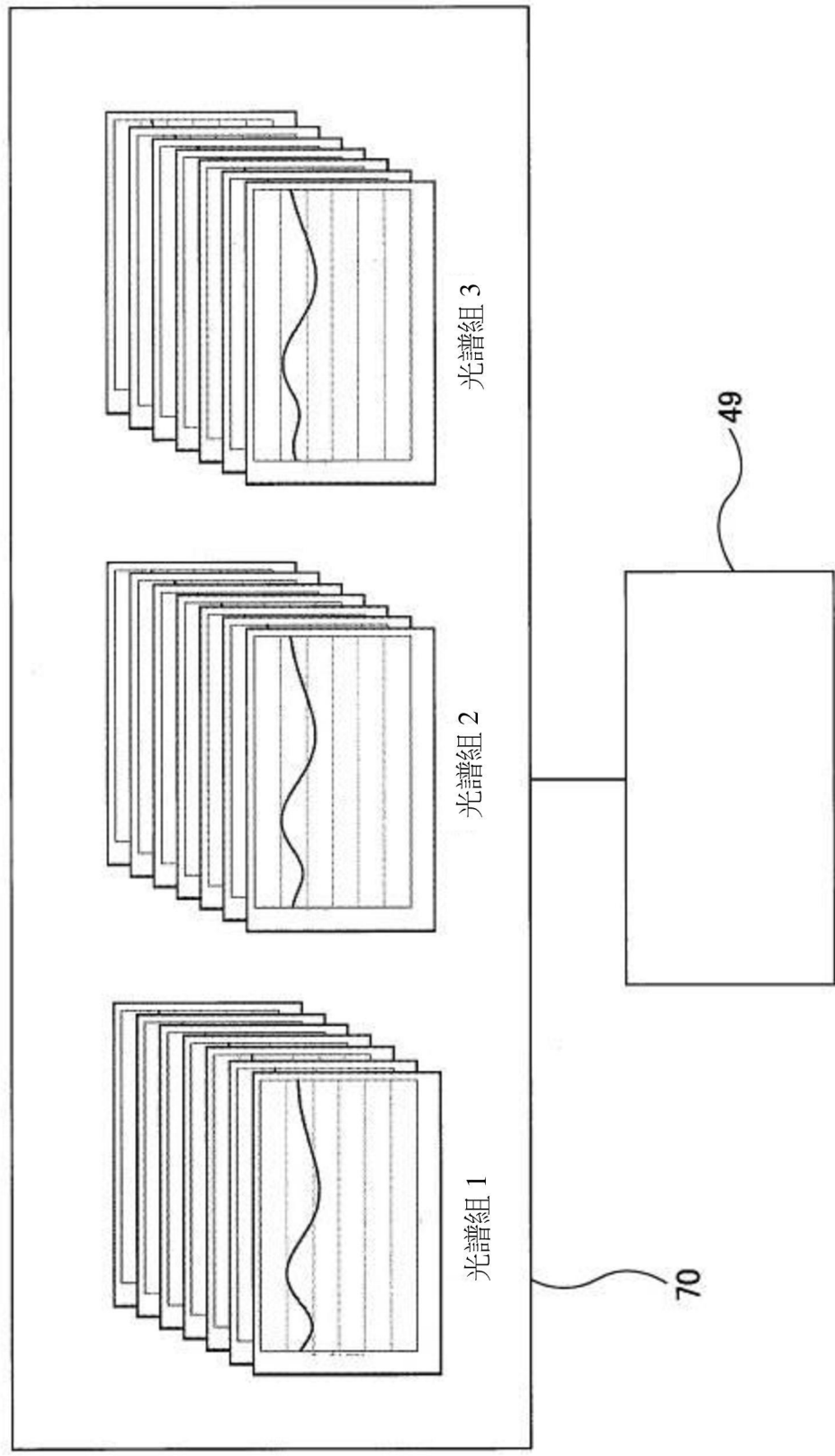


圖 9

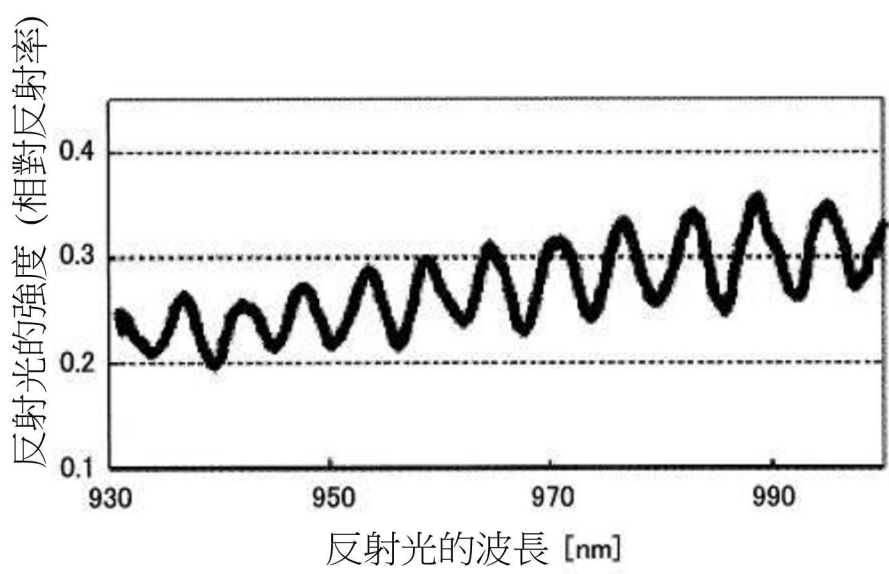


圖 10

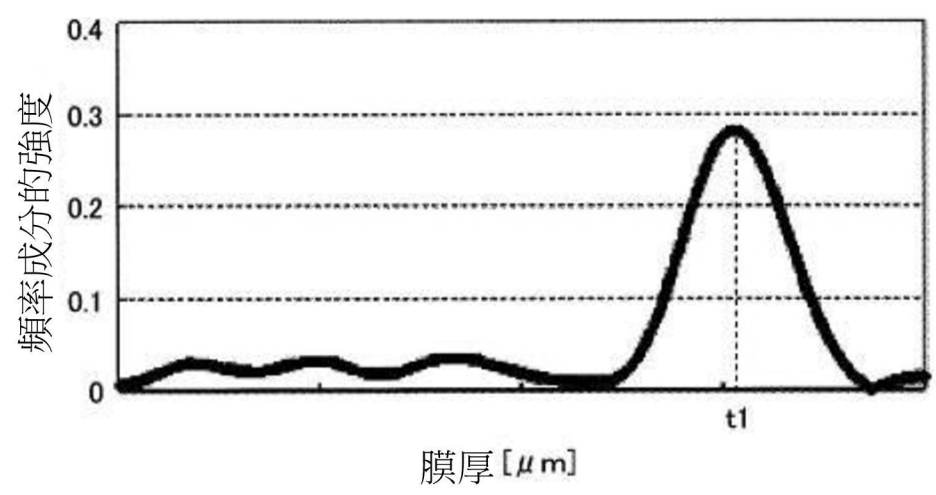


圖 11

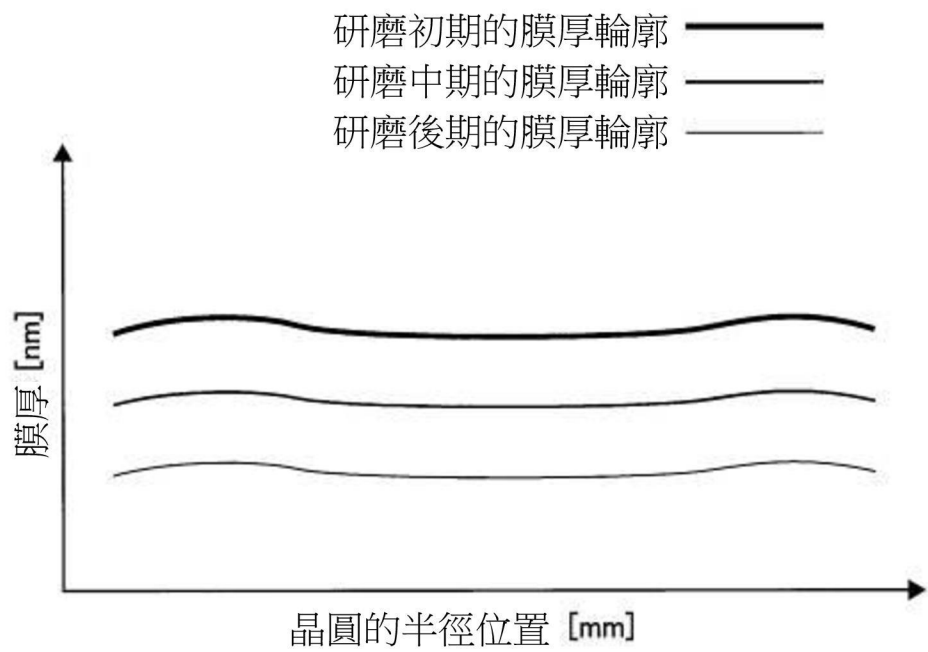


圖 12

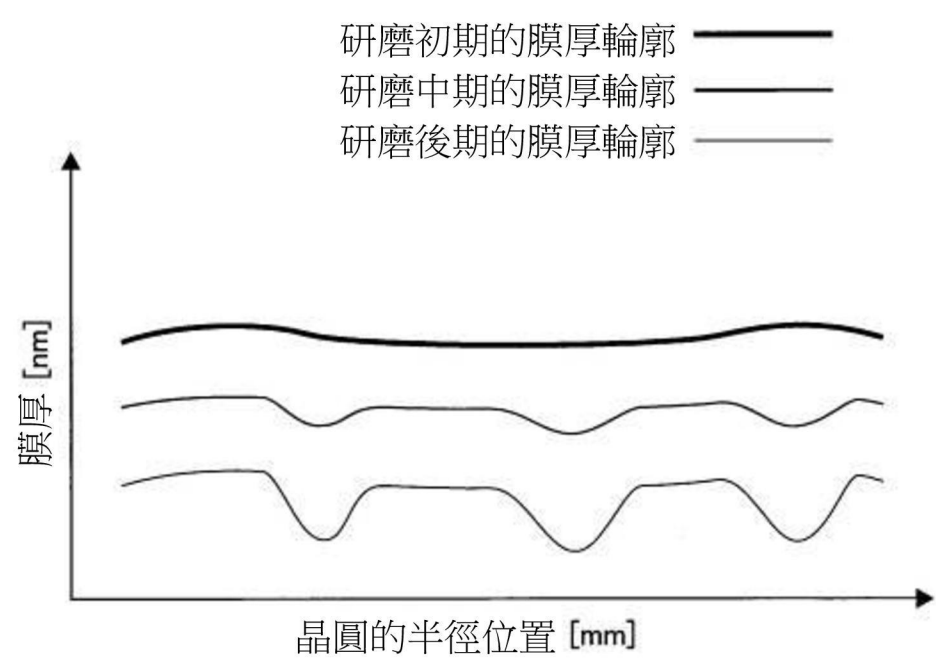


圖 13

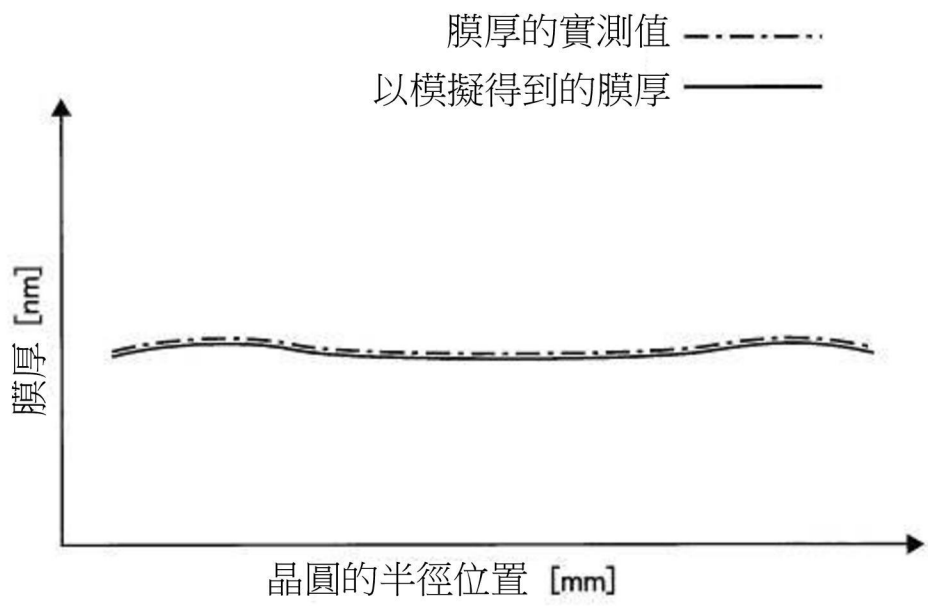


圖 14

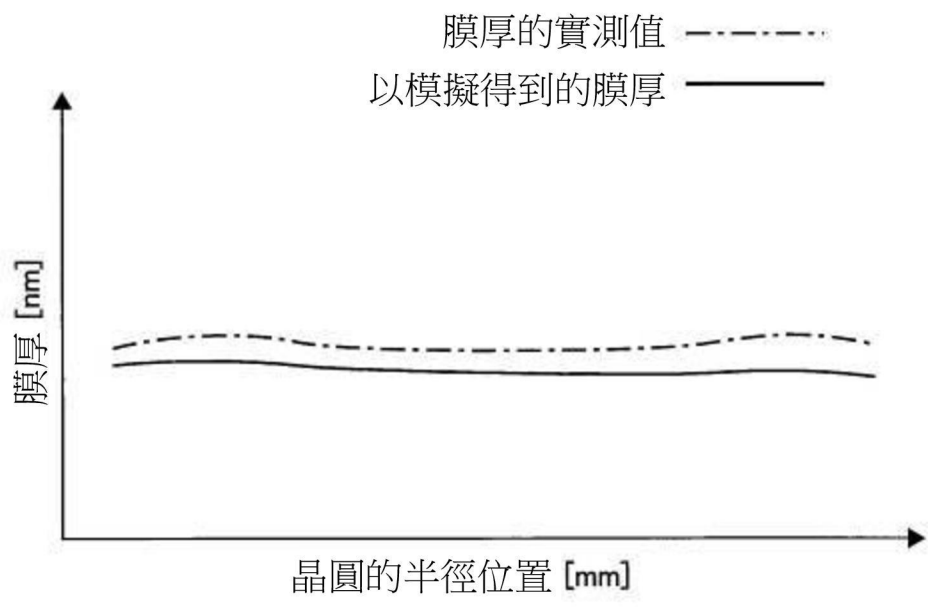


圖 15

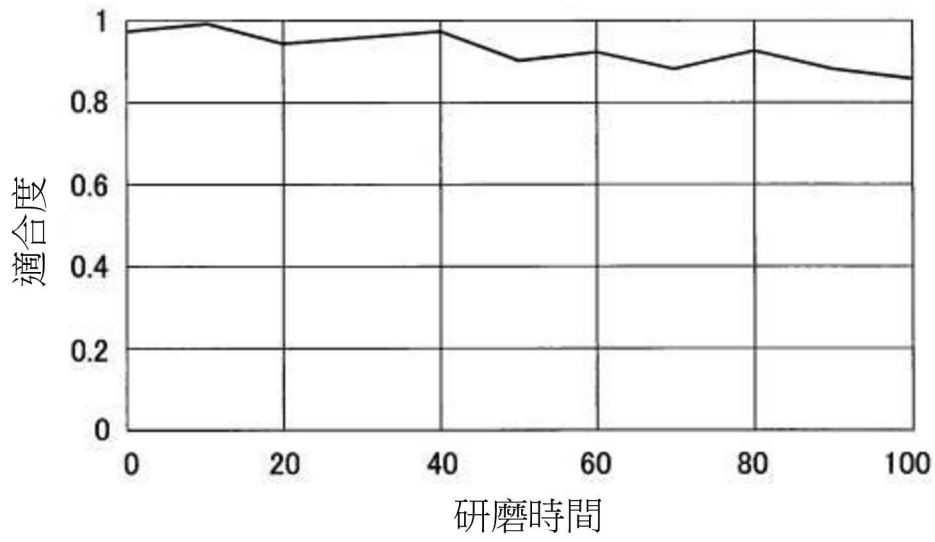


圖 16

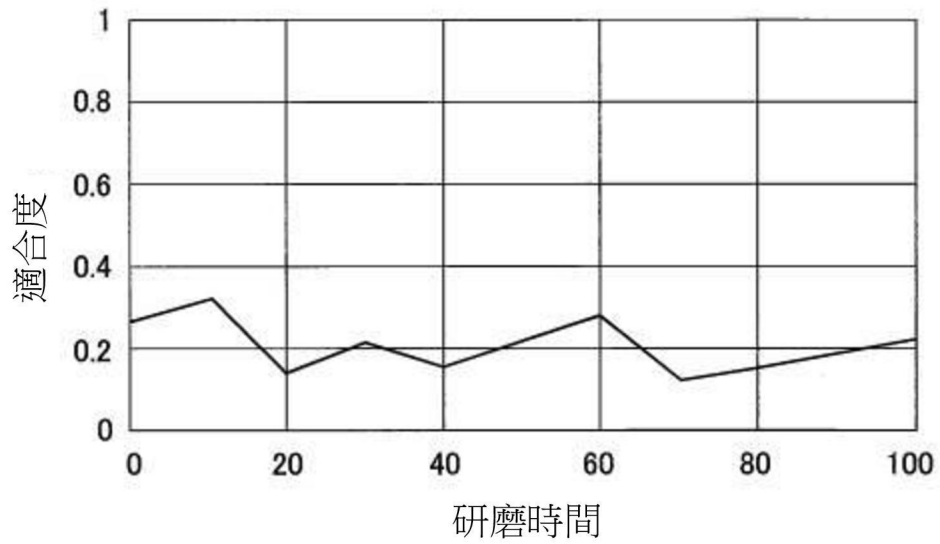


圖 17

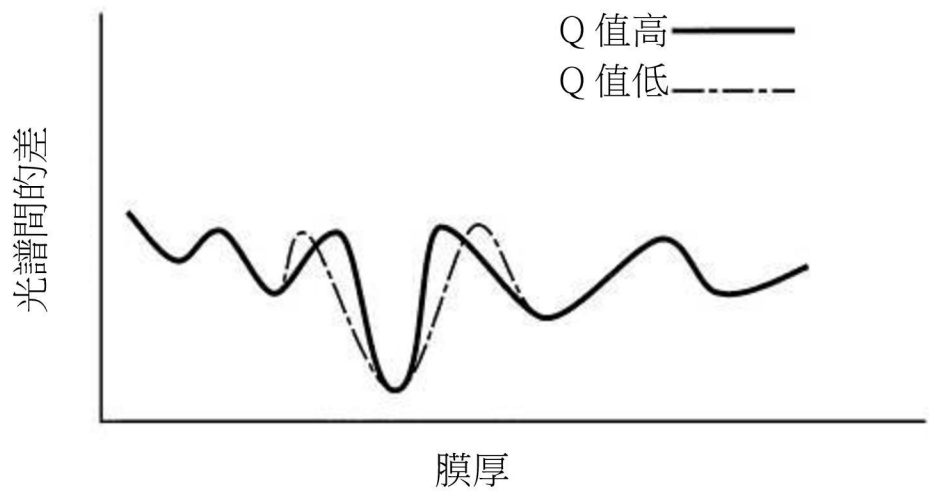


圖 18

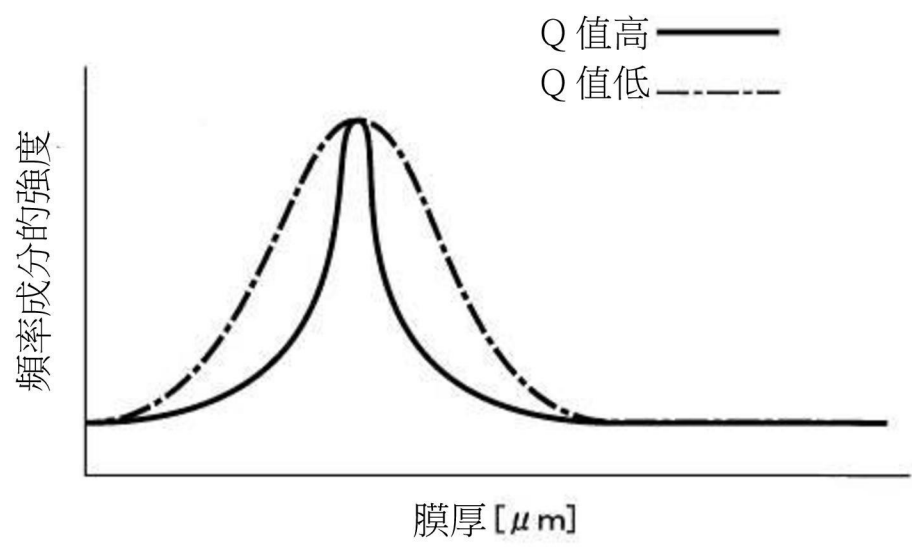


圖 19

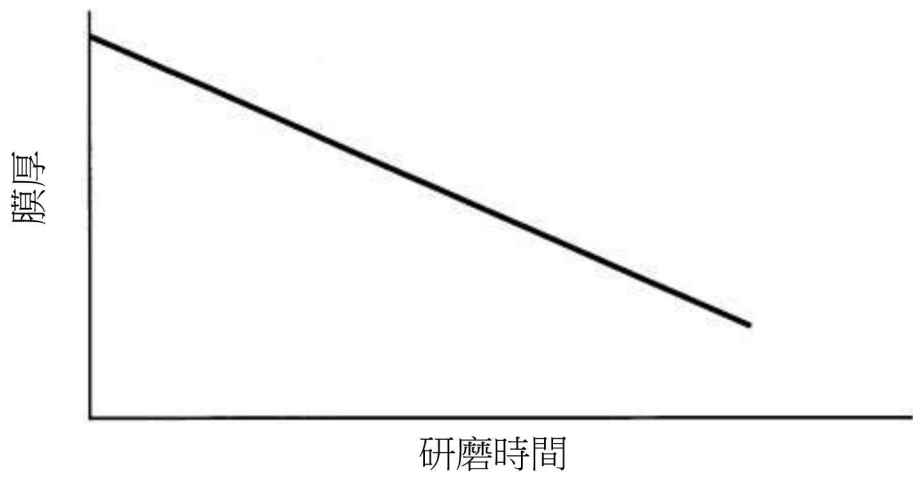


圖 20

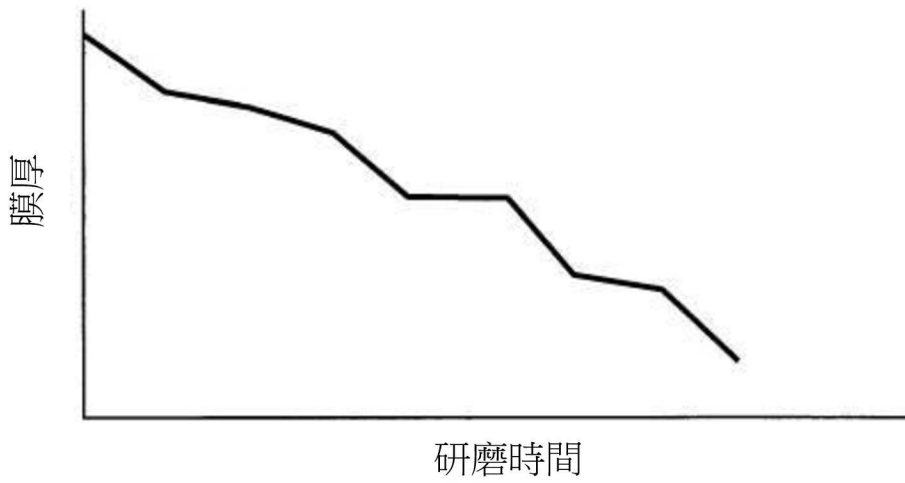


圖 21

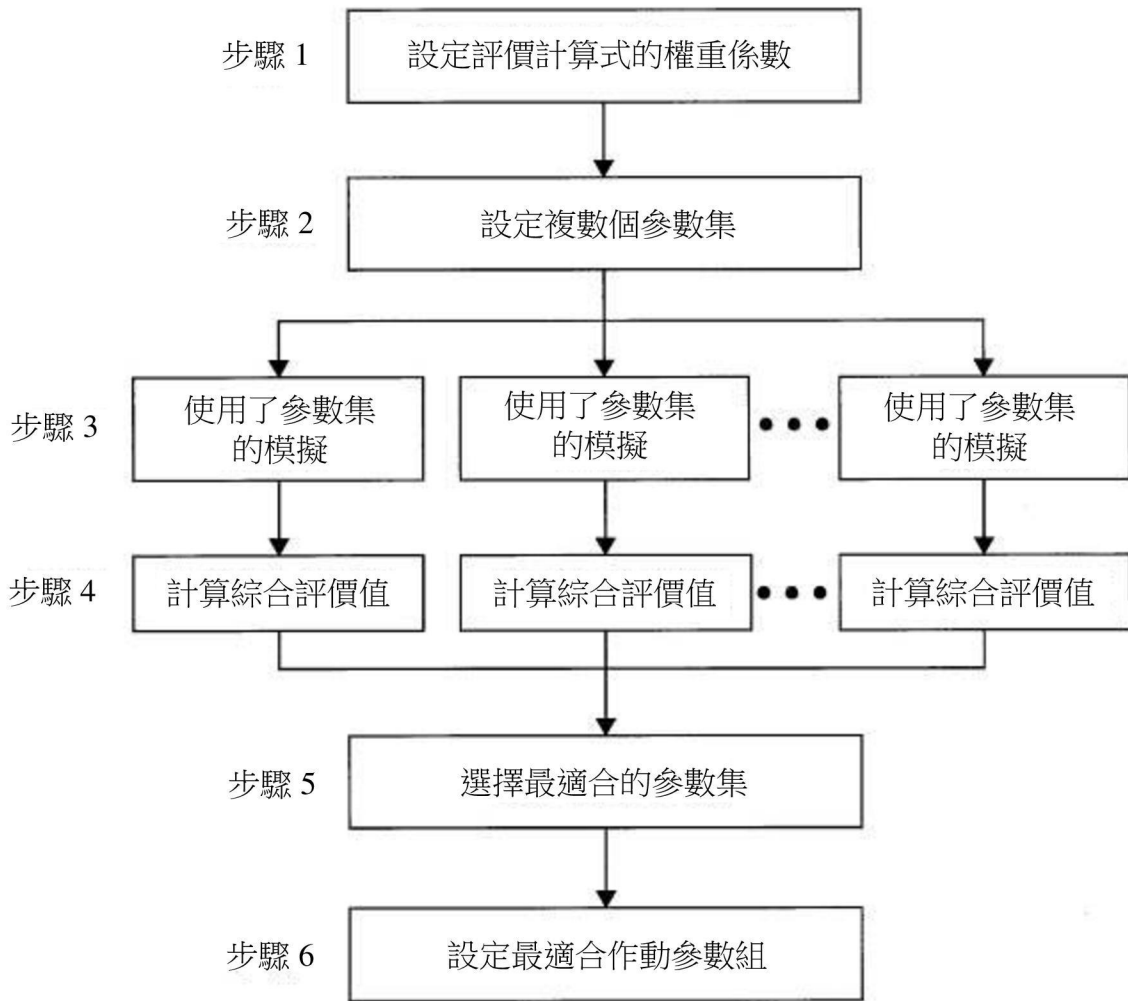


圖 22