



---

(21) 申請案號：111127519 (22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 07 月 22 日  
(51) Int. Cl. : *H01L21/304 (2006.01)* *H01L21/306 (2006.01)*  
(30) 優先權：2021/08/05 日本 2021-129221  
(71) 申請人：日商東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)  
日本  
(72) 發明人：樋口倫太郎 HIGUCHI, RINTARO (JP)；中森光則 NAKAMORI, MITSUNORI (JP)  
(74) 代理人：周良吉；周良謀  
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：12 共 36 頁

---

## (54) 名稱

預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置

## (57) 摘要

提供一種可高效率地預測蝕刻相關之條件的預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置。

預測方法係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關的特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率。又，預測方法係提供所預測出之蝕刻速率。

An object of the invention is to provide a prediction method, a prediction program, a prediction device, a learning method, a learning program and a learning device that are capable of efficiently predicting conditions related to etching.

The prediction method predicts the etching rate for input conditions using a model that outputs an etching rate based on characteristic values related to the films and chemical reagents used in substrate etching. This prediction method also provides the predicted etching rate.

指定代表圖：

符號簡單說明：

20:預測裝置

21:I/F部

22:記憶部

23:控制部

221:材料資訊

222:化學液資訊

223:模型資訊

231:取得部

232:預測部

233:搜尋部

234:提供部

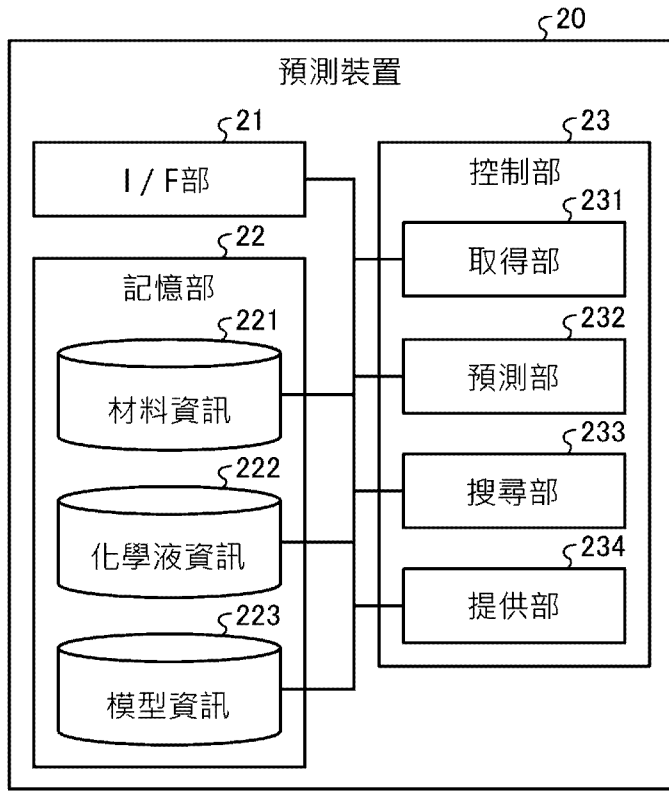


圖 5

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置

### 【英文發明名稱】

PREDICTION METHOD, PREDICTION PROGRAM, PREDICTION DEVICE, LEARNING METHOD, LEARNING PROGRAM, AND LEARNING DEVICE

### 【中文】

提供一種可高效率地預測蝕刻相關之條件的預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置。

預測方法係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關的特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率。又，預測方法係提供所預測出之蝕刻速率。

### 【英文】

An object of the invention is to provide a prediction method, a prediction program, a prediction device, a learning method, a learning program and a learning device that are capable of efficiently predicting conditions related to etching.

The prediction method predicts the etching rate for input conditions using a model that outputs an etching rate based on characteristic values related to the films and

chemical reagents used in substrate etching. This prediction method also provides the predicted etching rate.

**【指定代表圖】** 圖5

**【代表圖之符號簡單說明】**

20:預測裝置

21:I/F部

22:記憶部

23:控制部

221:材料資訊

222:化學液資訊

223:模型資訊

231:取得部

232:預測部

233:搜尋部

234:提供部

**【特徵化學式】** 無

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置

### 【英文發明名稱】

PREDICTION METHOD, PREDICTION PROGRAM, PREDICTION DEVICE, LEARNING METHOD, LEARNING PROGRAM, AND LEARNING DEVICE

### 【技術領域】

#### 【0001】

本發明係關於一種預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置。

### 【先前技術】

#### 【0002】

基板之蝕刻中，為了掌握對於不了解之膜種的蝕刻特性，會進行化學液篩選。根據化學液篩選，可掌握在何種化學液、何種條件下進行處理時是否能進行適當的蝕刻。

#### 【0003】

已知一種技術，係使用基於「蝕刻基板用的基板處理裝置之設定條件與蝕刻之執行結果」，而藉由機器學習所產生之模型，來產生修正基板處理裝置的設定用之修正數據。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

**【0004】**

[專利文獻1]日本特開2020-4817號公報

**【發明內容】**

[發明所欲解決之問題]

**【0005】**

在對於完全不了解之膜種進行化學液篩選之情況下，會存在有在化學液之選定及條件之設定等上花費龐大的時間之情況。

**【0006】**

本發明提供一種可高效率地預測蝕刻相關之條件之預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置。

[解決問題之方式]

**【0007】**

實施形態相關之預測方法，係藉由電腦來執行，包含：預測步驟，係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率；以及提供步驟，係提供藉由預測步驟所預測出之蝕刻速率。

[發明效果]

**【0008】**

根據本發明，可高效率地預測蝕刻相關之條件。

**【圖式簡單說明】****【0009】**

[圖1]為就模型來說明之圖式。

[圖2]為表示實施形態相關之學習裝置的構成例之方塊圖。

[圖3]為表示第1模型之學習處理的流程之流程圖。

[圖4]為表示第2模型之學習處理的流程之流程圖。

[圖5]為表示實施形態相關之預測裝置的構成例之方塊圖。

[圖6]為表示利用第1模型所進行之預測處理的流程之流程圖。

[圖7]為表示利用第2模型所進行之預測處理的流程之流程圖。

[圖8]為表示搜尋處理之流程之流程圖。

[圖9]為表示實驗數據之例的圖式。

[圖10]為表示實驗數據之例的圖式。

[圖11]為說明活化能量之算出方法的圖式。

[圖12]為表示執行程式之電腦之一例的圖式。

**【實施方式】****【0010】**

以下，基於圖式就預測方法、預測程式、預測裝置、學習方法、學習程式及學習裝置之實施形態來詳細說明。此外，並不因以下實施形態而限制揭示之技術。

**【0011】**

基板之蝕刻中，係根據膜及化學液相關之條件而蝕刻速率有所不同。反之，為了以所欲之蝕刻速率來進行蝕刻，需要預先設定適於該蝕刻速率之條件。

**【0012】**

例如，實施形態之學習裝置係藉由機器學習之手法，來產生表示各種條件與蝕刻速率之關係之模型。進而，實施形態之預測裝置係使用所產生之模型，而預測蝕刻速率或蝕刻速率以外之各種條件。

**【0013】**

使用圖1，就本實施形態之模型來說明。圖1為就模型來說明之圖式。

**【0014】**

如圖1所示，藉由累積蝕刻實驗之結果來製作實驗數據DB121。

**【0015】**

例如，實驗數據DB121包含膜種、成膜條件、化學液種、處理條件及蝕刻速率(ER：etching rate)。

**【0016】**

第1模型係藉由學習實驗數據DB121來產生。圖1之例中，第1模型係以 $ER=f(X)$ 所表示。此處，X為實驗數據DB121所含之條件群，且為第1模型之特徵量。

**【0017】**

進而，藉由於實驗數據DB121追加：係膜之物性的材料物性、及係化學液之物性的化學液物性，可獲得實驗數據DB121a。

**【0018】**

第2模型係藉由學習實驗數據DB121來產生。圖1之例中，第2模型係以 $ER=g(Y,Z)$ 所表示。此處，Y係材料物性。又，Z係化學液物性。

**【0019】**

模型可為線性或非線性之迴歸模型。例如，第1模型係將X作為解釋變數，將ER作為反應變數之迴歸模型。又，例如，第2模型係將Y及Z作為解釋變數，將ER作為反應變數之迴歸模型。

**【0020】**

之後的說明中，有將解釋變數稱為特徵量之情況。又，X、Y及Z亦可為向量。

**【0021】**

又，圖1所示之膜種、成膜條件、化學液種、處理條件、材料物性及化學液物性亦可分別包含複數特徵量。例如，處理條件中亦可包含溫度與處理時間。

**【0022】**

又，各特徵量可為質的變數，亦可為量的變數。例如，膜種、化學液種等可為質的變數。又，成膜條件及處理條件中，亦可包含溫度、濃度等之量的變數。又，材料物性及化學液物性亦可包含量的變數。

**【0023】**

此處，實施形態中，學習裝置為產生模型者。又，預測裝置為使用藉由學習裝置所產生之模型來進行預測處理者。此外，學習裝置及預測裝置亦可藉由相同裝置來實現。

**【0024】**

[學習裝置]

使用圖2，來說明學習裝置之構成。圖2為表示實施形態相關之學習裝置的構成例之方塊圖。

**【0025】**

如圖2所示，學習裝置10具有I/F(介面)部11、記憶部12及控制部13。

**【0026】**

I/F部11係用以在其他裝置之間進行數據之交換的介面。例如，I/F部11為NIC(Network Interface Card)。進而，I/F部11亦可與滑鼠、鍵盤、顯示器及喇叭等輸出入裝置連接。

**【0027】**

記憶部12可藉由例如RAM(Random Access Memory)、快閃記憶體等半導體記憶體元件、硬碟或光碟等記憶裝置來實現。

**【0028】**

記憶部12係記憶實驗數據DB121、材料資訊122、化學液資訊123及模型資訊124。

**【0029】**

實驗數據DB121如圖1中所說明般，係藉由累積蝕刻實驗之結果所製作之資料庫。

**【0030】**

材料資訊122係將膜種及膜之材料物性賦予關聯之資訊。材料物性係包含例如原子組成、結晶性、鍵結能量等。此處，結晶性係例如顯示膜為結晶或為非結晶之值。又，結晶性可為所謂面取向、缺陷密度之膜的結晶構造相關之指標。

**【0031】**

化學液資訊123係將化學液種及化學液物性賦予關聯之資訊。化學液物性係包含例如ORP(Oxidation-Reduction Potential)、pH、電容率等。

**【0032】**

材料資訊122及化學液資訊123之各物性可為實測值，亦可為自文獻等所得之資訊。

**【0033】**

模型資訊124係用以建構模型之資訊。模型資訊124係藉由學習裝置10所執行之學習處理來產生或更新。

**【0034】**

本實施形態中，模型資訊124係圖1所示之第1模型及第2模型之係數等參數者。

**【0035】**

控制部13係例如藉由以下方式來實現：將RAM作為作業區域，藉由CPU(Central Processing Unit)、MPU(Micro Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)等執行「記憶於內部之記憶裝置的程式」。

**【0036】**

又，控制部13亦可例如藉由ASIC(Application Specific Integrated Circuit)及FPGA(Field Programmable Gate Array)等積體電路來實現。

**【0037】**

控制部13具有：取得部131、預測部132、以及更新部133。此外，控制部13之內部構成並不限於此處所說明之構成，只要為可進行後述資訊處理之構成即可。

**【0038】**

取得部131係基於輸入條件所含之膜之種類及化學液之種類，來取得表示膜之物性之值及表示化學液之物性之值。

**【0039】**

取得部131係自材料資訊122來取得對應於實驗數據DB121之膜種的材料物性。又，取得部131係自化學液資訊123來取得對應於實驗數據DB121之化學液種的化學液物性。

**【0040】**

此處，材料物性係表示膜之物性之值的一例。又，化學液物性係表示化學液之物性之值的一例。

**【0041】**

進而，取得部131係藉由於實驗數據DB121追加材料物性及化學液物性，而能夠獲得實驗數據DB121a。如圖1中所說明般，實驗數據DB121a係被用於第2模型之學習。

**【0042】**

預測部132係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率。

**【0043】**

第1模型及第2模型係基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型的範例。

**【0044】**

更新部133係以使藉由預測部132所預測出之ER與正確之ER的差距變小之方式來更新模型之參數。例如，更新部133係藉由最小平方法來更新迴歸模型之係數。更新部133係更新模型資訊124。

**【0045】**

例如，預測部132係將實驗數據DB121之膜種、成膜條件、化學液種及處理條件輸入至第1模型，而輸出ER。然後，更新部133係以使第1模型所輸出之ER與實驗數據DB121之ER之差距變小之方式來更新第1模型之參數。

**【0046】**

例如，學習裝置10可獲得如數學式(1)般之迴歸模型來作為第1模型。

**【0047】**

[數學式1]

$$ER = 4.6x_1 + 0.5x_2 + 0.6x_3 + \dots \quad \dots (1)$$

**【0048】**

數學式(1)之 $x_n$ ( $n$ 為正整數)為特徵量。又， $x_n$ 之係數係藉由學習處理所得之參數，包含於模型資訊124。例如， $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 分別為相當於膜種、成膜條件、化學液溫度(處理條件之一)的特徵量。

**【0049】**

又，例如，預測部132係將實驗數據DB121a之材料物性及化學液物性輸入至第2模型，而輸出ER。然後，更新部133係以使第2模型所輸出之ER與實驗數據DB121a之ER的差距變小之方式來更新第2模型之參數。

**【0050】**

例如，學習裝置10可獲得如數學式(2)般之迴歸模型來作為第2模型。

**【0051】**

[數學式2]

$$ER = 4.6y_1 + 0.5y_2 + \dots + 0.6z_1 + 1.2z_2 + \dots \quad \dots (2)$$

**【0052】**

數學式(2)之 $y_n$ 及 $z_n$ ( $n$ 為正整數)為特徵量。又，數學式(2)之 $y_n$ 及 $z_n$ 之係數係藉由學習處理所得之參數，包含於模型資訊124。例如， $y_1$ 、 $y_2$ 為相當於材料物性之特徵量。又，例如，數學式(2)之 $z_1$ 、 $z_2$ 為相當於化學液物性之特徵量。

**【0053】**

本實施形態中，已說明學習裝置10為產生線性之迴歸模型者，學習裝置10亦可產生非線性之迴歸模型。又，學習裝置10亦可在變更實驗數據DB121時，進一步更新模型資訊124。

**【0054】**

使用圖3及圖4，來說明利用學習裝置10所進行之學習處理之流程。圖3為表示第1模型之學習處理之流程的流程圖。圖4為表示第2模型之學習處理之流程的流程圖。

**【0055】**

如圖3所示，第1模型之學習處理中，首先，學習裝置10會將自實驗數據所得之特徵量輸入至第1模型而預測蝕刻速率(步驟S101)。

**【0056】**

然後，學習裝置10係以使所預測出之蝕刻速率接近於正確之蝕刻速率之方式來更新第1模型之參數(步驟S102)。

**【0057】**

如圖4所示，在第2模型之學習處理中，首先，學習裝置10係取得對應於膜之種類之材料物性及對應於化學液之種類之化學液物性(步驟S111)。

**【0058】**

接著，學習裝置10係將包含材料物性及化學液物性之特徵量輸入至第2模型而預測蝕刻速率(步驟S112)。

**【0059】**

然後，學習裝置10係以使所預測出之蝕刻速率接近於正確之蝕刻速率之方式來更新第2模型之參數(步驟S113)。

**【0060】**

[預測裝置]

使用圖5來說明預測裝置之構成。圖5為表示實施形態相關之預測裝置之構成例的方塊圖。

**【0061】**

如圖5所示，預測裝置20具有I/F部21、記憶部22及控制部23。

**【0062】**

I/F部21係用以在其他裝置之間進行數據之交換之介面。例如，I/F部21為NIC。進而，I/F部21亦可與滑鼠、鍵盤、顯示器及喇叭等輸出入裝置連接。

**【0063】**

記憶部22係例如藉由RAM、快閃記憶體等半導體記憶體元件、硬碟或光碟等記憶裝置來實現。

**【0064】**

記憶部22係記憶實驗數據DB121、材料資訊221、化學液資訊222及模型資訊223。

**【0065】**

材料資訊221及化學液資訊222係分別與學習裝置10之材料資訊122及化學液資訊123為相同之資訊。

**【0066】**

模型資訊223係用以建構已完成學習之模型之資訊。模型資訊223係與學習裝置10之模型資訊124相同之資訊。然而，模型資訊223係藉由學習裝置10而已完成更新(或完成產生)者。

**【0067】**

本實施形態中，模型資訊223係圖1所示之第1模型及第2模型之係數等參數者。

**【0068】**

控制部23係例如藉由以下方式實現：將RAM作為作業區域，藉由CPU、MPU、GPU等執行「記憶於內部之記憶裝置的程式」。

**【0069】**

又，控制部23亦可例如藉由ASIC及FPGA等之積體電路來實現。

**【0070】**

控制部23具有：取得部231、預測部232、搜尋部233、以及提供部234。此外，控制部23之內部構成並不限於此處所說明之構成，只要可進行後述資訊處理之構成即可。

**【0071】**

取得部231係基於輸入條件所含之膜之種類及化學液之種類，來取得表示膜之物性之值及表示化學液之物性之值。

**【0072】**

此處，預測裝置20係接收部分之特徵量的輸入來作為輸入條件。又，預測裝置20亦可接收用以特定部分之特徵量之資訊的輸入。

**【0073】**

取得部231在例如將膜種輸入至預測裝置20的情況下，係自材料資訊221來取得對應於該膜種之材料物性。又，取得部231在例如將化學液種輸入至預測裝置20的情況下，則自化學液資訊222來取得對應於該化學液種之化學液物性。

**【0074】**

預測部232係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率。

**【0075】**

例如，預測部232係使用基於包含膜種、膜之成膜條件、化學液種、蝕刻之處理條件的特徵量來輸出蝕刻速率之第1模型，而預測蝕刻速率。

**【0076】**

又，例如，預測部232係使用基於包含表示材料物性及化學液物性之值之特徵量來輸出蝕刻速率之第2模型，而預測蝕刻速率。

**【0077】**

搜尋部233係使用模型，並基於所指定之蝕刻速率，來搜尋膜及化學液相關之特徵量。藉此，預測裝置20不僅預測蝕刻速率，還可預測其他特徵量。

**【0078】**

例如，搜尋部233係使用第1模型，而自蝕刻速率來搜尋膜種、成膜條件、化學液種及處理條件之至少任一者，並將所搜尋出之結果作為推薦條件來輸出。

**【0079】**

又，例如，搜尋部233係使用第2模型，而自蝕刻速率來搜尋材料物性及化學液物性之至少任一者，並將所搜尋出之結果作為推薦條件來輸出。

**【0080】**

又，例如，搜尋部233係使用第2模型，而自蝕刻速率及膜相關之條件(膜種、成膜條件、材料物性等)來搜尋化學液種或化學液物性，並將所搜尋出之結果作為有效化學液之候補來輸出。

**【0081】**

提供部234係提供藉由預測部232所預測出之蝕刻速率。又，提供部234係提供藉由搜尋部233所搜尋出之特徵量(搜尋結果)。

**【0082】**

例如，提供部234係透過I/F部21而藉由文字、聲音、影像等之特定的數據形式來輸出預測結果及搜尋結果。

**【0083】**

例如，提供部234亦可透過連接於I/F部21之網絡，來對外部裝置傳送蝕刻速率或搜尋結果。又，例如、提供部234亦可於連接於I/F部21之顯示部，顯示蝕刻速率或搜尋結果。

**【0084】**

使用圖6、圖7及圖8，來說明利用預測裝置20所進行之預測處理及搜尋處理之流程。圖6為表示利用第1模型所進行之預測處理之流程的流程圖。圖7為表示

利用第2模型所進行之預測處理之流程的流程圖。圖8為表示搜尋處理之流程的流程圖。

**【0085】**

如圖6所示，在利用第1模型所進行之預測處理中，首先，預測裝置20係將自輸入條件所得之特徵量輸出至第1模型而預測蝕刻速率(步驟S201)。

**【0086】**

然後，預測裝置20係提供所預測出之蝕刻速率(步驟S202)。

**【0087】**

如圖7所示，在利用第2模型所進行之預測處理中，首先，預測裝置20係取得對應於膜之種類的材料物性及對應於化學液之種類的化學液物性(步驟S211)。

**【0088】**

接著，預測裝置20係將包含材料物性及化學液物性之特徵量輸入至第2模型而預測蝕刻速率(步驟S212)。

**【0089】**

然後，預測裝置20係提供所預測出之蝕刻速率(步驟S213)。

**【0090】**

如圖8所示，搜尋處理中，首先，預測裝置20係使用第2模型，而自所輸之膜相關之條件及蝕刻速率來搜尋化學液相關之特徵量(步驟S221)。

**【0091】**

然後，預測裝置20係提供所搜尋出之特徵量(步驟S222)。

**【0092】**

[實施例1]

使用圖9，來說明蝕刻速率之預測處理及搜尋處理的具體例。圖9為表示實驗數據之例的圖式。

### 【0093】

圖9之「Film」為膜種。圖9之「Depo」為成膜條件。圖9之「Chem\_1」、「Chem\_2」、「Chem\_1\_vol ratio」、「Chem\_2\_vol ratio」及「Chem\_1\_vconc(vol%)」為化學液種。圖9之「Temp(deg.C)」及「Process time(min)」為處理條件。

### 【0094】

學習裝置10係自圖9所示之實驗數據來產生數學式(3)般之迴歸模型。

### 【0095】

[數學式3]

$$ER = 30.6x_1 + 8.6x_2 - 3.9x_3 - 2.8 \quad \dots (3)$$

### 【0096】

數學式(3)之 $x_n$ ( $n$ 為正整數)為特徵量。例如， $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 係分別相當於、圖9之「Chem\_1\_vconc(vol%)」(HF濃度)、「Temp(deg.C)」(溫度)、「Process time(min)」(處理時間)。又， $x_n$ 係以成為0到1之範圍之方式來標準化。

### 【0097】

如此般，學習裝置10可在利用特定手法來進行特徵選擇後，使用實驗數據之部分之特徵量來產生迴歸模型。

### 【0098】

此處，係在預測裝置20輸入有(HF濃度、溫度、處理時間)=(0.1vol%、40°C、2min)來作為輸入條件。

### 【0099】

首先，預測裝置20係以(0.1vol%、40°C、2min)=(0.38、0、0.05)之方式來將輸入條件標準化。然後，預測裝置20係將標準化後之輸入條件輸入至已完成學習之迴歸模型的數學式(3)而預測ER=8.5(nm/min)。

### 【0100】

又，於指定ER=20的情況，預測裝置20係藉由搜尋處理來獲得(HF濃度、溫度、處理時間)=(0.15vol%、47.3°C、2.1min)。

### 【0101】

如此般，根據本實施形態，能夠自輸入條件預測蝕刻速率，又，能基於蝕刻速率來搜尋各條件。

### 【0102】

[實施例2]

使用圖10，來說明關於新膜之蝕刻速率之預測處理的具體例。圖10為表示實驗數據之例的圖式。

### 【0103】

圖10之「Film」為膜種。圖10之「Depo」及「Depo\_temp(deg.C)」為成膜條件。圖10之「Chem\_1」、「Chem\_2」、「Chem\_1\_vol ratio」、「Chem\_2\_vol ratio」及「Chem\_1\_vconc(vol%)」為化學液種。圖10之「Temp(deg.C)」為處理條件。

### 【0104】

學習裝置10係自圖10所示之實驗數據來產生數學式(4)般之迴歸模型。

### 【0105】

[數學式4]

$$ER = 0.2x_1 + 25.6x_2 - 1.6 \quad \cdots (4)$$

**【0106】**

數學式(4)式之 $x_n$ ( $n$ 為正整數)為特徵量。例如， $x_1$ 、 $x_2$ 係分別相對於圖10之「Depo\_temp(deg.C)」(成膜溫度)、「Chem\_1\_vconc(vol%)」(HF濃度)。又， $x_n$ 係以成為0到1之範圍之方式來標準化。

**【0107】**

此處，係於預測裝置20輸入有(成膜溫度、HF濃度)=(1000°C、1vol%)來作為輸入條件。

**【0108】**

首先，預測裝置20係以(1000°C、1vol%)=(0.643、0.069)之方式來將輸入條件標準化。然後，預測裝置20係將標準化後之輸入條件輸入至已完成學習之迴歸模型的數學式(4)而預測ER=3.5(nm/min)。

**【0109】**

又，於指定ER=20的情況，預測裝置20係藉由搜尋處理來獲得(HF濃度、溫度、處理時間)=(0.15vol%、47.3°C、2.1min)。

**【0110】**

如此般，根據本實施形態，即便在輸入條件之成膜溫度不存在於實驗數據之情況(新膜)，仍可預測蝕刻速率。

**【0111】**

[其他實施形態]

提供部234可提供自所輸入之處理溫度與藉由預測部232所預測出之蝕刻速率之關係所算出之活化能量。使用圖11，來說明活化能量之算出方法。圖11係說明活化能量之算出方法的圖式。

**【0112】**

如圖11所示，提供部234係圖點出所預測出之蝕刻速率、或基於實驗數據之蝕刻速率之反應(蝕刻)速度定數 $\ln k$ 與蝕刻之處理溫度 $T$ 之倒數。

**【0113】**

然後，提供部234可自藉由數學式(5)來將圖點出之點進行近似後的直線301之斜率來算出活化能量 $E_a$ 。此外，數學式(5)之 $A$ 為常數， $R$ 為氣體常數。

**【0114】**

[數學式5]

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \quad \dots (5)$$

**【0115】**

藉此，預測裝置20不僅提供蝕刻速率，亦可提供活化能量。

**【0116】**

如目前為止所說明般，實施形態之學習裝置10之預測部132係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率的模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率。又，更新部133係以使藉由預測部132所預測出之蝕刻速率與正確之蝕刻速率的差距變小之方式來更新模型之參數。其結果，根據實施形態，能夠獲得可高效率地預測蝕刻相關之條件的模型。

**【0117】**

實施形態之預測裝置20之預測部232係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率。又，提供部234係提供藉由預測部232所預測出之蝕刻速率。其結果，根據實施形態，能夠高效率地預測蝕刻相關之條件。

**【0118】**

實施形態之預測裝置20之預測部232係使用基於包含膜之種類、膜之成膜條件、化學液之種類、蝕刻之處理條件之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測蝕刻速率。其結果，根據實施形態，能夠使用與實驗數據相同之特徵量而容易預測蝕刻速率。

**【0119】**

實施形態之預測裝置20之預測部232係使用基於包含表示膜之物性之值及表示化學液之物性之值之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測蝕刻速率。其結果，根據實施形態，能夠使用膜及化學液之物性相關之特徵量來高精度地預測蝕刻速率。

**【0120】**

實施形態之預測裝置20之取得部231係基於輸入條件所含之膜之種類及化學液之種類，來取得表示膜之物性之值及表示化學液之物性之值。預測部232係使用模型，來預測對於藉由取得部231所取得之值的蝕刻速率。其結果，根據實施形態，能夠自動取得膜及化學液之物性相關之特徵量。

**【0121】**

實施形態之預測裝置20之搜尋部233係使用模型，並基於所指定之蝕刻速率來搜尋膜及化學液相關之特徵量。又，提供部234係提供藉由搜尋部233所搜尋出之特徵量。其結果，根據實施形態，能夠藉由搜尋來獲得蝕刻速率以外之條件。

**【0122】**

實施形態之預測裝置20之預測部232係使用基於包含蝕刻之處理溫度之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之處理溫度的蝕刻速率。又，提供部234係提供自所輸入之處理溫度與藉由預測部232所預測出之蝕刻速率之關係來算出之活化能量。其結果，根據實施形態，能夠提供來自不同於蝕刻速率之觀點的分析結果。

#### 【0123】

本次所揭示之實施形態應認為在所有之方面上都為例示，而非為限制。上述實施形態可未超出添附之申請專利範圍及其主旨而在各形態上進行省略、置換、變更。

#### 【0124】

上述實施形態中所說明之各種處理可藉由利用電腦來執行預先準備之程式而實現。因此，以下說明執行「具有與上述各實施形態相同功能的程式」之電腦的一例。圖12為表示執行程式之電腦的一例之圖式。

#### 【0125】

如圖12所示，電腦1000具有：CPU1010，係執行各種演算處理；輸入裝置1020，係接受數據輸入；以及螢幕1030。又，電腦1000具有：介面裝置1040，係用以與各種裝置連接；以及通信裝置1050，係用以與其他資訊處理裝置等藉由有線或無線來連接。又，電腦1000具有：RAM1060，係暫時記憶各種資訊；以及記憶裝置1070。又，各裝置1010~1070係連接於匯流排1080。

#### 【0126】

記憶裝置1070係記憶有具有與圖5所示之取得部231、預測部232、搜尋部233及提供部234之各處理部相同功能的程式。又，記憶裝置1070係記憶有材料資訊

221、化學液資訊222及模型資訊223。輸入裝置1020係例如從電腦1000之使用者來接受操作資訊等之各種資訊之輸入。螢幕103係例如對於電腦1000之使用者來顯示顯示畫面等之各種畫面。介面裝置1040係連接有例如印刷裝置等。通信裝置1050係例如與未圖示之網絡連接，而與其他資訊處理裝置交換各種資訊。

### 【0127】

電腦1010係讀取記憶裝置1070所記憶之各程式，在RAM1060展開而執行，藉此進行各種處理。又，該等程式可讓電腦1000作為圖5所示之取得部231、預測部232、搜尋部233及提供部234來發揮功能。

### 【0128】

此外，上述程式並不一定要記憶於記憶裝置1070。例如，亦可讓電腦1000讀取「記憶於電腦1000可讀取之記憶媒體的程式」而執行。電腦1000可讀取之記憶媒體係相對應於例如CD-ROM或DVD(Digital Versatile Disc)、USB(Universal Serial Bus)記憶體等可攜式記錄媒體、快閃記憶體等半導體記憶體、硬式磁碟機等。又，亦可預先使該程式記憶於連接於公用網路、網際網路、LAN等的裝置，而讓電腦1000自該等裝置讀取程式而執行。

### 【0129】

此處，已說明用以實現預測裝置20之電腦之例，就學習裝置10而言，亦可藉由與此處所說明之電腦相同之構成之電腦來實現。

## 【符號說明】

### 【0130】

10:學習裝置

11,21:I/F部

12,22:記憶部

13,23:控制部

20:預測裝置

121,121a:實驗數據DB

122,221:材料資訊

123,222:化學液資訊

124,223:模型資訊

131,231:取得部

132,232:預測部

133:更新部

233:搜尋部

234:提供部

1000:電腦

1010:CPU

1020:輸入裝置

1030:螢幕

1040:介面裝置

1050:通信裝置

1060:RAM

1070:記憶裝置

1080:匯流排

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種預測方法，藉由電腦來執行，包含：

預測步驟，係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率；以及

提供步驟，係提供藉由該預測步驟所預測出之蝕刻速率。

### 【請求項2】

如請求項1之預測方法，其中，

該預測步驟係使用基於包含該膜之種類、該膜之成膜條件、該化學液之種類、蝕刻之處理條件的特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測蝕刻速率。

### 【請求項3】

如請求項1之預測方法，其中，

該預測步驟係使用基於包含顯示該膜之物性之值及顯示該化學液之物性之值的特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測蝕刻速率。

### 【請求項4】

如請求項3之預測方法，其係進一步具有：

取得步驟，係基於該輸入條件所含之膜之種類及化學液之種類，來取得顯示該膜之物性之值及顯示該化學液之物性之值；

該預測步驟係使用該模型，而預測對於藉由該取得步驟所取得之值的蝕刻速率。

### 【請求項5】

如請求項1或2之預測方法，其係進一步包含：

搜尋步驟，係使用該模型，並基於所指定之蝕刻速率，來搜尋膜及化學液相關之特徵量；

該提供步驟係提供藉由該搜尋步驟所搜尋出之特徵量。

**【請求項6】**

如請求項1至5中任一項之預測方法，其中，

該預測步驟係使用基於包含蝕刻之處理溫度之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之處理溫度的蝕刻速率；

該提供步驟係提供自該輸入之處理溫度、與藉由該預測步驟所預測出之蝕刻速率之關係所算出之活化能量。

**【請求項7】**

一種預測程式，使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率；

讓電腦執行以下處理：提供藉由該預測之處理所預測出之蝕刻速率。

**【請求項8】**

一種預測裝置，具有：

預測部，係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率；以及

提供部，係提供藉由該預測部所預測出之蝕刻速率。

**【請求項9】**

一種學習方法，係藉由電腦來執行，包含：

預測步驟，係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率；以及

更新步驟，係以使藉由該預測步驟所預測出之蝕刻速率與正確之蝕刻速率的差距變小之方式來更新該模型之參數。

**【請求項10】**

一種學習程式，係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率；

讓電腦執行以下處理：以使藉由該預測之處理所預測出蝕刻速率與正確之蝕刻速率的差距變小之方式來更新該模型之參數。

**【請求項11】**

一種學習裝置，具有：

預測部，係使用基於基板之蝕刻中之膜及化學液相關之特徵量來輸出蝕刻速率之模型，而預測對於所輸入之輸入條件的蝕刻速率；以及

更新部，係以使藉由該預測部所預測出之蝕刻速率與正確之蝕刻速率的差距變小之方式來更新該模型之參數。

【發明圖式】

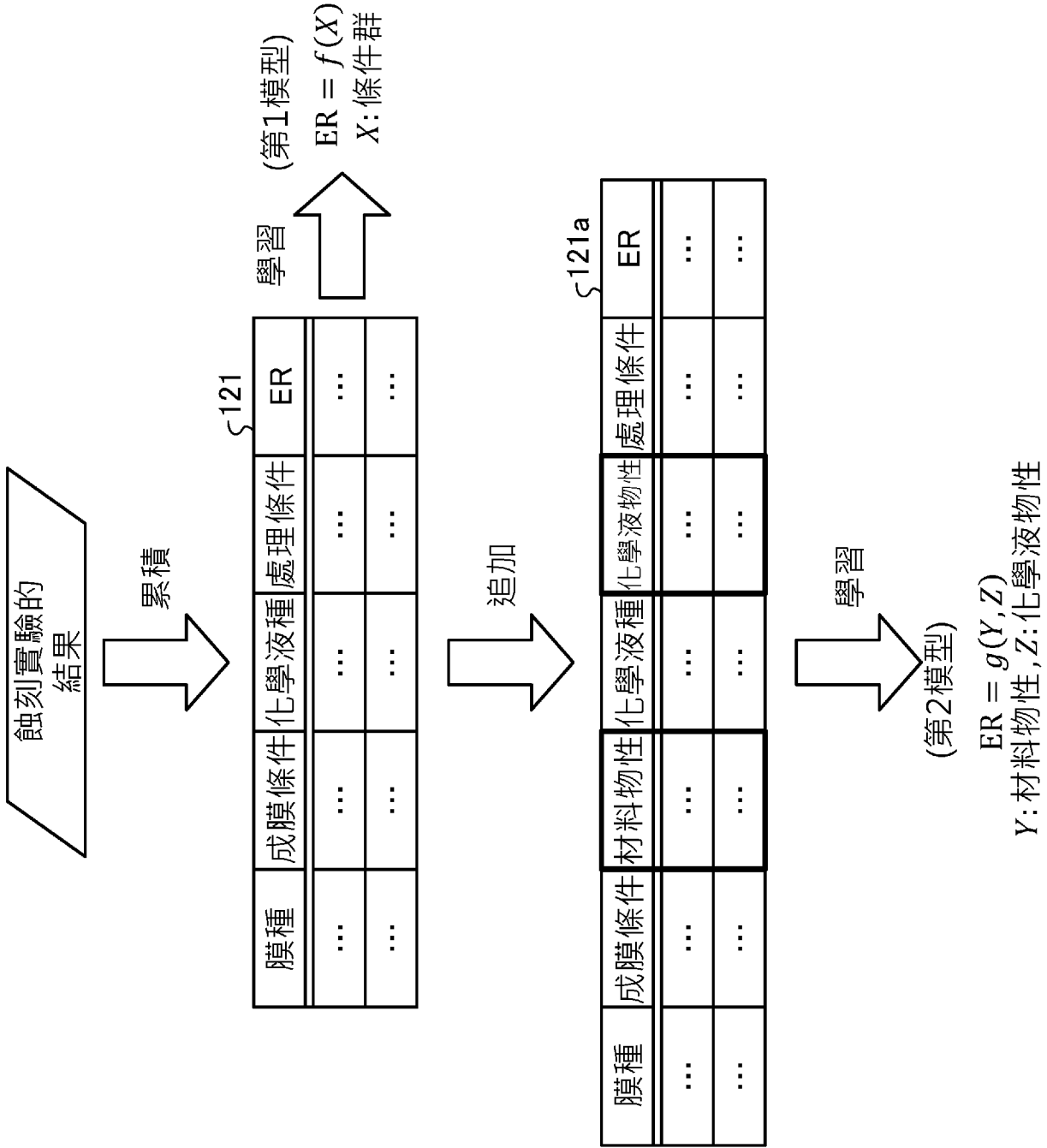


圖 1

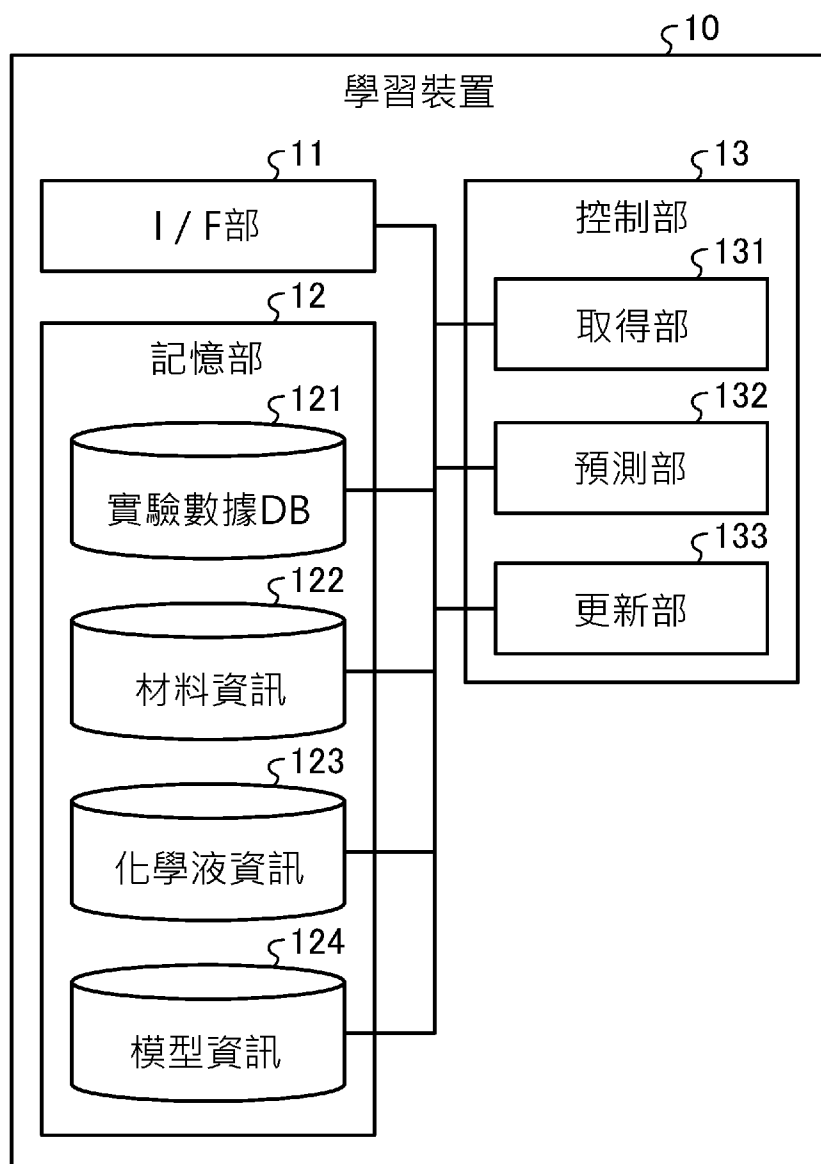


圖 2

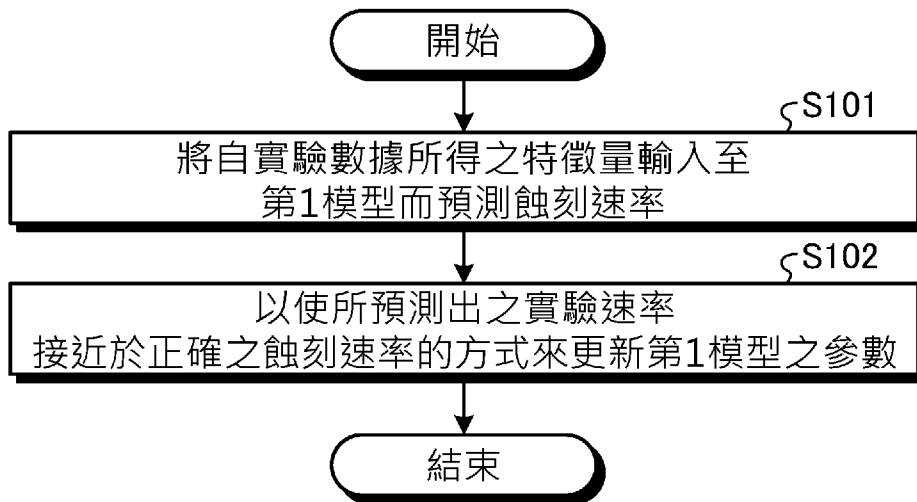


圖 3

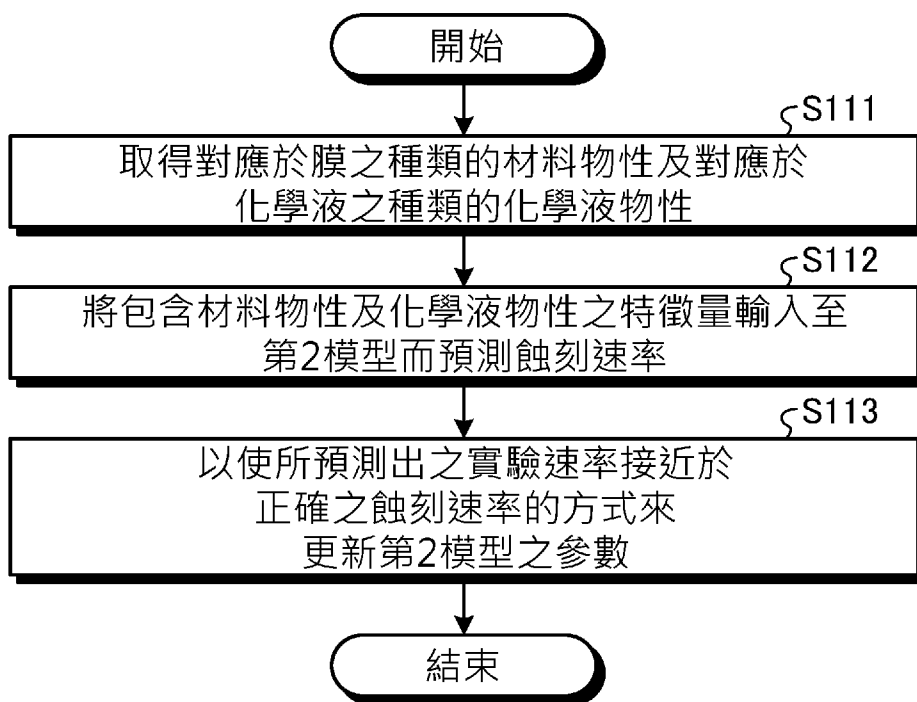


圖 4

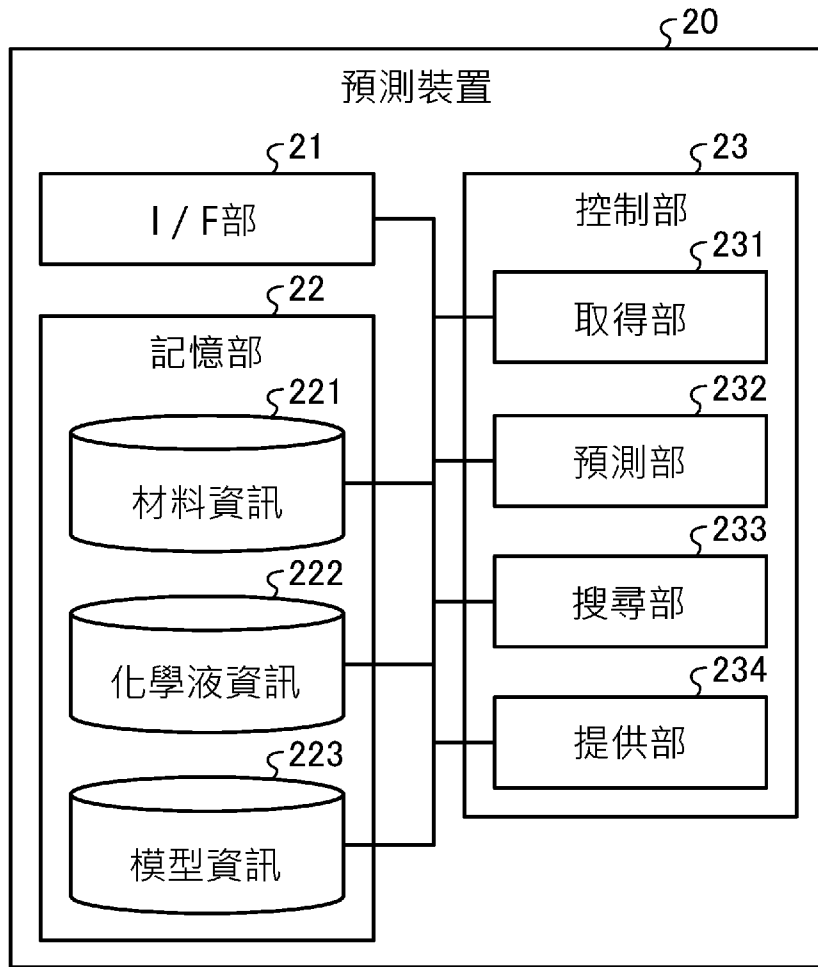


圖 5

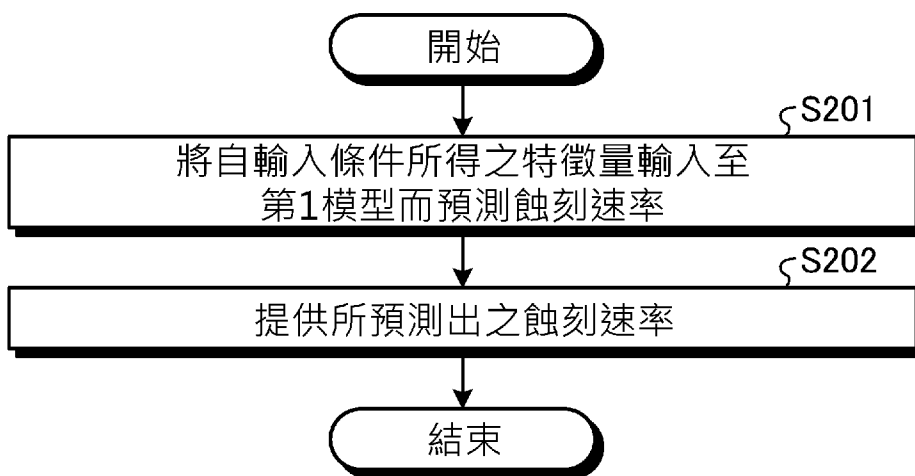


圖 6

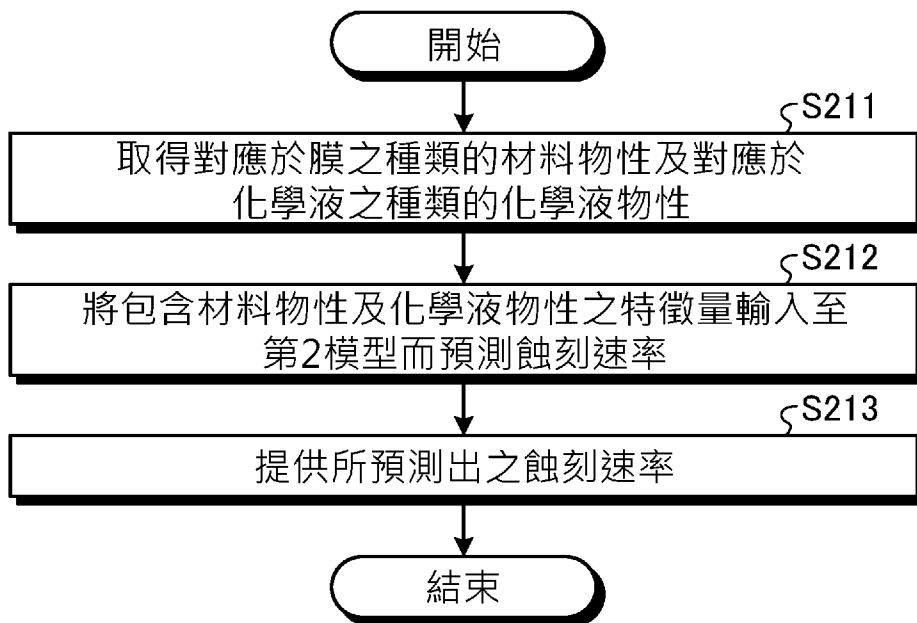


圖 7

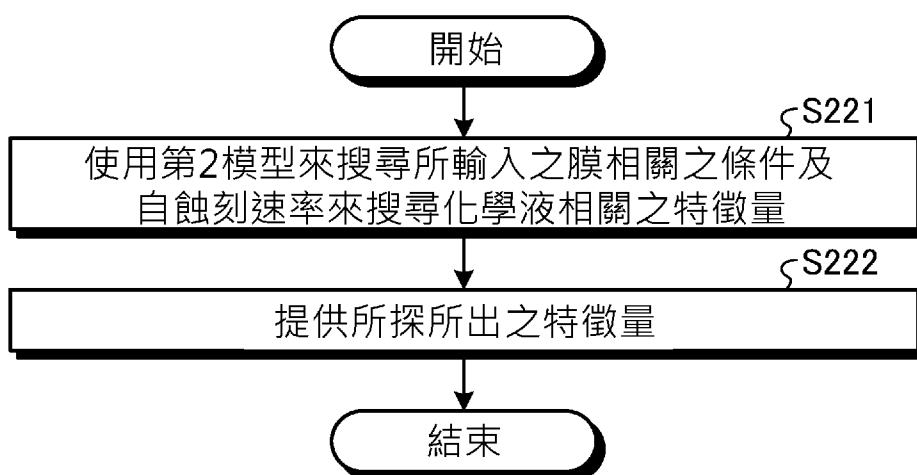


圖 8

膜種	成膜條件	化學液_1	化學液_2	化學液_1之體積比	化學液_2之體積比	化學液_1之體積百分比 (vol%)	溫度 (°C)	處理時間 (分鐘)	蝕刻量 (nm)	蝕刻速率 (nm/min)
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	2000	0.0500	60	2	43.9	22.0
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	2000	0.0500	60	4	87.2	21.8
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	2000	0.0500	60	8	177.3	22.2
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	500	0.1996	60	1	31.5	31.5
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	500	0.1996	60	2	63.6	31.8
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	500	0.1996	60	4	123.2	30.8
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	1000	0.0999	60	1	21.4	21.4
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	1000	0.0999	60	2	41.2	20.6
SiO2	成膜法1	HF	去離子水	1	1000	0.0999	60	4	80.7	20.2

圖 9

膜種	成膜條件	成膜溫度 (°C)	化學液_1	化學液_2	化學液_1 之體積比	化學液_2 之體積比	化學液_1 之體積 百分濃度 (vol%)	溫度 (°C)	蝕刻速率 (nm/min)
SiO <sub>2</sub>	加熱	1100	HF	H <sub>2</sub> O	1	50	1.961	23	7.1
SiO <sub>2</sub>	加熱	820	HF	H <sub>2</sub> O	1	50	1.961	23	7.0
SiO <sub>2</sub>	加熱	1100	HF	H <sub>2</sub> O	1	10	9.091	23	29.6
SiO <sub>2</sub>	加熱	950	HF	H <sub>2</sub> O	1	100	0.990	23	3.0
SiO <sub>2</sub>	加熱	950	HF	H <sub>2</sub> O	1	100	0.990	23	3.4
SiO <sub>2</sub>	加熱	950	HF	H <sub>2</sub> O	1	50	1.961	23	6.7
SiO <sub>2</sub>	加熱	950	HF	H <sub>2</sub> O	1	10	9.091	23	26.5
SiO <sub>2</sub>	加熱	820	HF	H <sub>2</sub> O	1	250	0.398	23	1.5
SiO <sub>2</sub>	加熱	1050	HF	H <sub>2</sub> O	1	100	0.990	23	2.5
SiO <sub>2</sub>	加熱	1100	HF	H <sub>2</sub> O	1	10	9.091	23	25.6

圖 10

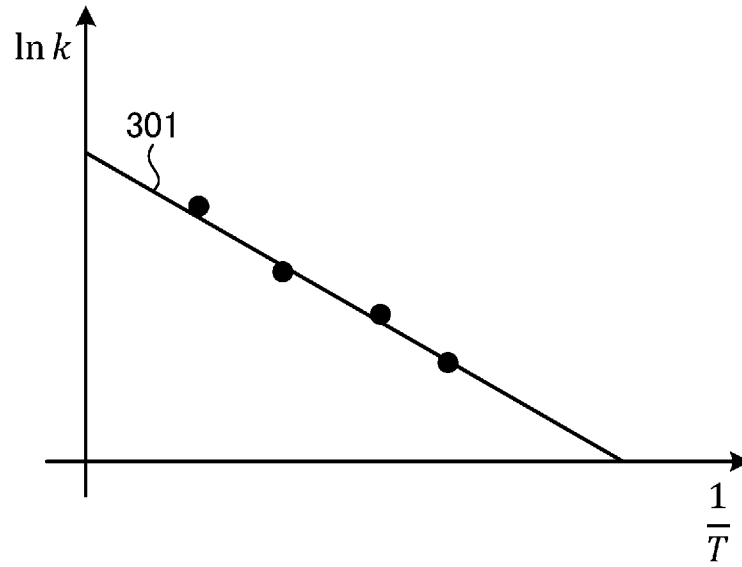


圖 11

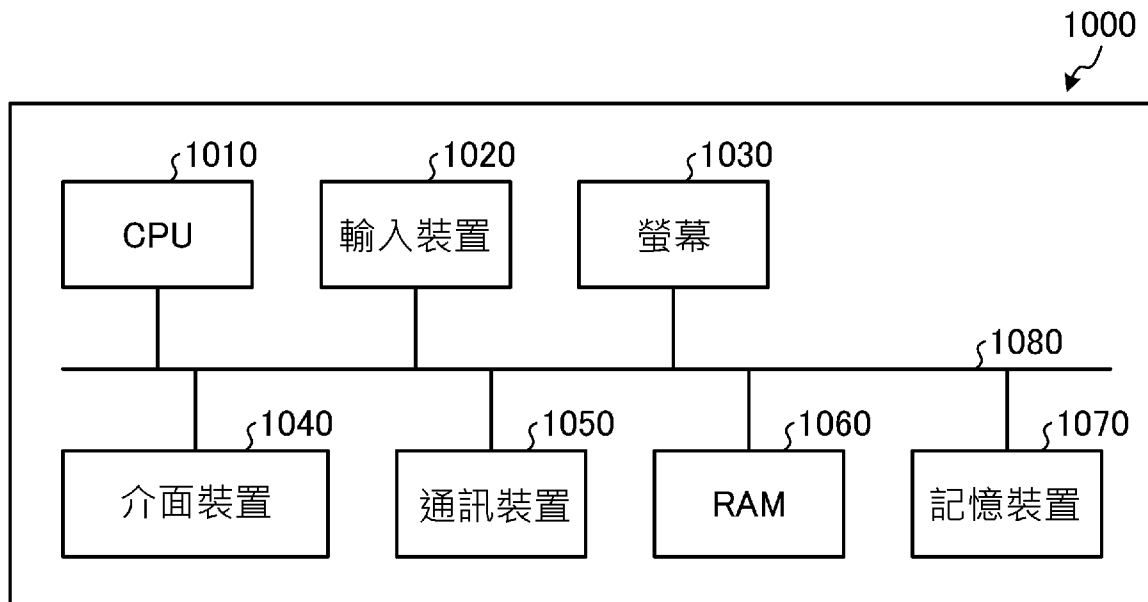


圖 12