



(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 I719398 B

(45) 公告日：中華民國 110 (2021) 年 02 月 21 日

(21) 申請案號：108103411

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 01 月 30 日

(51) Int. Cl. : G06N5/04 (2006.01)

G06Q50/04 (2012.01)

G05B19/18 (2006.01)

G05B19/4155(2006.01)

(30) 優先權：2018/03/14 日本

2018-046238

(71) 申請人：日商日立全球先端科技股份有限公司 (日本) HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：奧山裕 OKUYAMA, YUTAKA (JP)；大森健史 OHMORI, TAKESHI (JP)；栗原優 KURIHARA, MASARU (JP)；中田百科 NAKADA, HYAKKA (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

TW 201432479A

CN 1098502C

CN 1720490A

US 2017/0018403A1

審查人員：潘世光

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：18 共 48 頁

(54) 名稱

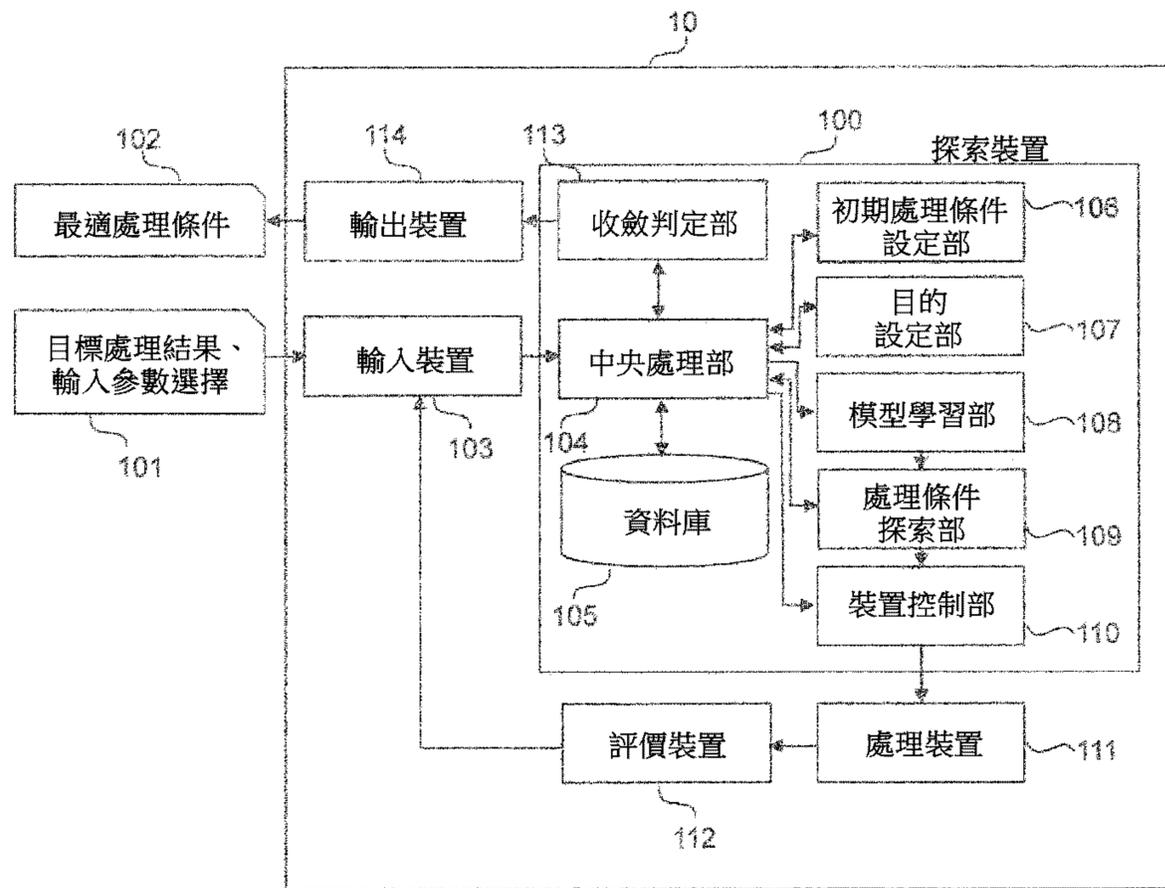
探索裝置、探索方法及電漿處理裝置

(57) 摘要

[課題] 謀求在處理裝置中之最適處理條件探索的效率化。 [解決手段] 模型學習部(108)，係藉由學習資料而對於預測模型進行學習，目的設定部(107)，係藉由對於目標輸出參數值和身為學習資料之輸出參數值中之最為接近目標輸出參數值之輸出參數值之間進行內插，來設定目的輸出參數值，處理條件探索部(109)，係使用預測模型，而推測與目標輸出參數值以及目的輸出參數值相對應之輸入參數值，模型學習部(108)，係將處理條件探索部所推測出的輸入參數值和身為藉由該所推測出的輸入參數值來使處理裝置進行了處理的結果之輸出參數值之間之組，作為追加學習資料來使用，並對於預測模型作更新。

指定代表圖：

圖 1



符號簡單說明：

- 10 . . . 半導體製造系統
- 100 . . . 探索裝置
- 101 . . . 目標處理結果、輸入參數選擇
- 102 . . . 最適處理條件
- 103 . . . 輸入裝置
- 104 . . . 中央處理部
- 105 . . . 資料庫
- 106 . . . 初期處理條件設定部
- 107 . . . 目的設定部
- 108 . . . 模型學習部
- 109 . . . 處理條件探索部
- 110 . . . 裝置控制部
- 111 . . . 處理裝置
- 112 . . . 評價裝置
- 113 . . . 收斂判定部
- 114 . . . 輸出裝置



I719398

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】

探索裝置、探索方法及電漿處理裝置

【中文】

[課題] 謀求在處理裝置中之最適處理條件探索的效率化。

[解決手段] 模型學習部(108)，係藉由學習資料而對於預測模型進行學習，目的設定部(107)，係藉由對於目標輸出參數值和身為學習資料之輸出參數值中之最為接近目標輸出參數值之輸出參數值之間進行內插，來設定目的輸出參數值，處理條件探索部(109)，係使用預測模型，而推測與目標輸出參數值以及目的輸出參數值相對應之輸入參數值，模型學習部(108)，係將處理條件探索部所推測出的輸入參數值和身為藉由該所推測出的輸入參數值來使處理裝置進行了處理的結果之輸出參數值之間之組，作為追加學習資料來使用，並對於預測模型作更新。

【指定代表圖】第(1)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

- 10：半導體製造系統
- 100：探索裝置
- 101：目標處理結果、輸入參數選擇
- 102：最適處理條件
- 103：輸入裝置
- 104：中央處理部
- 105：資料庫
- 106：初期處理條件設定部
- 107：目的設定部
- 108：模型學習部
- 109：處理條件探索部
- 110：裝置控制部
- 111：處理裝置
- 112：評價裝置
- 113：收斂判定部
- 114：輸出裝置

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

探索裝置、探索方法及電漿處理裝置

【技術領域】

【0001】本發明，係有關於探索出處理之最適解的探索裝置、探索方法、以及具備有進行處理之最適化的功能之電漿處理裝置。

【先前技術】

【0002】近年來，為了提昇半導體裝置之性能，係在半導體裝置中導入有新材料，同時，半導體裝置之構造係立體化、複雜化。又，在現在之先進半導體裝置之加工中，係要求有奈米等級之精確度。因此，半導體處理裝置係有必要能夠對於多種的材料而以極高的精確度來加工為各種的形狀，而必然的會成為具備有多數的控制參數(輸入參數)之裝置。

【0003】伴隨於此，為了充分地導出半導體處理裝置之性能，係有必要針對數種乃至於多達數十種的控制參數作決定。故而，隨著裝置之性能的提升，裝置係複雜化，想要找出能夠得到所期望之加工結果的控制參數之組合一事，係日益變得困難。此事，係會導致裝置開發之長期化，並成為開發成本增大的原因。

【0004】故而，係成為對於能夠半自動性地探索出最

適當之控制參數並容易地導出裝置之性能的功能或裝置有所需求。

【0005】 又，並不限於半導體處理裝置，最適當之解的探索，係為在各種之製品的製造、開發階段中均會遭遇到的問題。例如，係存在有對於金屬或塑膠製品之加工裝置的條件探索、在分子、電池、磁鐵、醫藥品等之中所使用的高功能之新穎材料之探索等。

【0006】 專利文獻1，係揭示有一種方法以及系統，其係具備有自律學習引擎，並因應於半導體處理裝置之歷時變化而對於裝置之輸入參數值自動性地進行修正。

【0007】 專利文獻2，係揭示有一種裝置，其係使用機械學習，來對於研削加工裝置之輸入參數值進行自動修正。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0008】

[專利文獻1] 日本特表2013-518449號公報

[專利文獻2] 日本特開平10-86039號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0009】 專利文獻1以及專利文獻2之手法，係均為事先藉由某些之實驗來求取出最適當之輸入參數值，之後再

對於裝置之歷時變化進行追隨者。故而，針對初期之最適條件自身，係依然需要藉由需要耗費多數之工程數的實驗來決定之。

【0010】又，在專利文獻1以及專利文獻2之手法中，係於自律學習引擎或機械學習中的預測模型之學習中，使用有大量的學習資料。所謂學習資料，在處理裝置的情況時，係為由身為裝置之控制參數的輸入參數值和代表由處理裝置所致之處理結果的輸出參數值之間之組所成的資料之集合。但是，一般而言，為了取得輸出參數值，係多會需要耗費心力。例如，在身為半導體處理裝置之其中一者的蝕刻裝置中，為了取得加工結果之資料，係需要將樣本切斷並藉由電子顯微鏡來對於剖面進行觀察，並且將剖面形狀數值化。於此種情況，想要準備大量的資料一事係會伴隨有困難。

【0011】由於若是能夠準備的學習資料之數量越多則預測模型之精確度係會越提升，因此，係成為以將輸入參數在裝置之規格內而網羅性地作了散布的條件來作成學習資料。或者是，若是使用者為具備有領域知識(domain knowledge)而能夠對於可能得到最適解之參數區域作限定，則係亦能夠對於該區域而分配多數的資料點。然而，就算是以能夠準備的數量、例如百位數的資料數量，來對模型進行學習，在輸入參數之種類為多的情況時，預測模型的精確度也並不充分，而可預想到並無法得到所期望之結果。於此情況，係有必要對於被認為會包含有最適解之

區域而追加資料點，並一面對於預測模型進行更新一面繼續進行解之探索。在此方法中，亦同樣的，在初期學習資料之作成中，會需要多數的工程數，並成為課題。

【0012】本發明之目的，係在於藉由使用少數個的資料來以良好效率而對於實現作為目標之處理結果之處理裝置的最適輸入參數值(最適處理條件)進行探索，來謀求裝置運用之效率化。

[用以解決課題之手段]

【0013】身為本發明之其中一個態樣的探索裝置，係對於進行特定之處理的處理裝置，而對於輸入參數值進行探索，該輸入參數值，係身為與被賦予至處理裝置處的目標輸出參數值相對應之處理裝置之控制參數，該探索裝置，其特徵為，係具備有：處理器；和記憶體；和探索程式，係被儲存於記憶體中，並藉由使處理器實行，來探索與目標輸出參數值相對應之輸入參數值，探索程式，係具備有模型學習部、和目的設定部、和處理條件探索部、以及收斂判定部，模型學習部，係藉由學習資料來學習預測模型，該學習資料，係為處理裝置之輸入參數值、和身為藉由該輸入參數值來使處理裝置進行了處理的結果之輸出參數值，此兩者之組，目的設定部，係藉由對於目標輸出參數值和學習資料之輸出參數值之中之最為接近目標輸出參數值的輸出參數值之間進行內插，來設定目的輸出參數值，處理條件探索部，係使用預測模型，來推測出與目標

輸出參數值以及目的輸出參數值相對應之輸入參數值，收斂判定部，係判定身為藉由處理條件探索部所推測出之輸入參數值來使處理裝置進行了處理的結果之輸出參數值是否為在目標輸出參數值之特定之範圍內而收斂，當收斂判定部係判定為並未收斂的情況時，模型學習部，係將處理條件探索部所推測出的輸入參數值和身為藉由所推測出之輸入參數值來使處理裝置進行了處理的結果之輸出參數值之間之組，追加至學習資料中，而對於預測模型作更新，並且，目的設定部，係藉由再度設定目的輸出參數值，來繼續進行與目標輸出參數值相對應之輸入參數值之探索。

[發明之效果]

【0014】係能夠謀求在處理裝置中之運用的效率化以及處理的最適化。前述記載內容以外之課題、構成以及效果，係藉由以下之實施例的說明而成為更加明瞭。

【圖式簡單說明】

【0015】

[圖1] 係為對於半導體製造系統之系統構成例作展示之圖。

[圖2] 係為對於探索裝置之硬體構成作展示之區塊圖。

[圖3] 係為根據目標處理結果來決定最適處理條件之流程圖。

[圖 4] 係為用以對於所例示的目標輸出參數作說明之圖。

[圖 5] 係為目標輸出參數之例。

[圖 6] 係為對於輸入參數之可設定範圍作展示之表。

[圖 7] 係為輸入參數之選擇例。

[圖 8] 係為被作了自動設定的初期處理條件。

[圖 9] 係為藉由初期處理條件來進行處理所得到的輸出參數值(初期處理結果)。

[圖 10] 係為藉由初期處理條件來進行處理所得到的加工形狀之圖。

[圖 11] 係為對於在反覆進行推測時的輸出參數值(處理結果)之變遷作展示之圖。

[圖 12] 係為對於在反覆進行推測時的加工形狀之變遷作展示之圖。

[圖 13] 係為對於材料合成系統之系統構成例作展示之圖。

[圖 14] 係為目標輸出參數之例。

[圖 15] 係為對於輸入參數之可設定範圍作展示之表。

[圖 16] 係為輸入參數之選擇例。

[圖 17] 係為被作了自動設定的初期處理條件。

[圖 18] 係為具備有最適處理條件探索功能之電漿處理裝置之概略圖。

【實施方式】

【0016】 在最適解之探索中，係並不需要涵蓋全參數空間地而作成高精確度之預測模型，只要具有能夠僅在最適解近旁而以高精確度來進行預測的預測模型即可。對於「最適解探索」之目的而言，在參數空間中之從最適解而遠離之資料點的影響係為小，在最適解近旁之資料點的影響係為大。亦即是，在參數空間內而被網羅性地作了配置的絕大部分之資料點之影響係為小。故而，由於係希望將初期學習資料盡可能地減少，因此，在本實施例中，係作為初期學習資料，而設定為了在參數空間內進行探索所需要的必要最小限度之個數。例如，關於各參數，係設定最大值和最小值以及平均值之3個水準。或者是，係亦可依存於參數數量，來基於直交表而設定條件。

【0017】 另一方面，在追加學習資料而逐步使預測模型之精確度提升時，係希望作出與最適解接近而影響為大的資料。在作成初期學習資料之時間點處，係並無法瞄準最適解之近旁而設定資料點，但是，若是身為一度進行了學習的預測模型，則係能夠在該時間點之預測模型之精確度的範圍內而推測出最適當之輸入參數值，此值之身為位置在真正的最適解(大域解)之近旁或者是位置在局部解之近旁的資料點之可能性係為高。於此，若是採用一面將進行探索之參數空間作限縮一面對解進行探索的方針，則在資料數量為少的情況時，陷入至局部解中的可能性係為高。因此，在本實施例中，係構成為設定輸出參數值為接

近於目標輸出參數值之目的輸出參數值，並使用該時間點之預測模型，來逆推算出與其相對應之輸入參數值。此輸入參數值，係應該會身為位置於局部解或大域解之近旁處的資料。藉由反覆進行此，係成為能夠並不陷入至局部解中地來對於大域解進行探索。

【0018】藉由以上之構成，初期學習資料之數量，係僅設定為為了對於參數空間內進行探索所需要的必要最小限度之個數，另一方面，作為所追加之學習資料，係以會成為位置在局部解、最適解之近旁處之資料的方式，來設定接近於目標輸出參數值之目的輸出參數值，並與目標輸出參數值(目標處理結果)一同地來對相對於目的輸出參數值之輸入參數值(處理條件)進行探索。藉由此，係成為能夠在對於所使用之資料數量作抑制的同時亦以良好效率來對於最適解進行探索。

【0019】以下，根據所添附之圖面，對本發明之實施形態作說明。

[實施例 1]

【0020】圖 1，係為對於半導體製造系統之系統構成例作展示之圖。半導體製造系統 10，係具備有探索裝置 100、和輸入裝置 103、和輸出裝置 104、和處理裝置 111、以及評價裝置 112。

【0021】處理裝置 111，係為對於半導體或包含半導體之半導體裝置進行處理的裝置。處理裝置 111 之處理的

內容，係並未特別作限定。例如，係包含光微影裝置、成膜裝置、圖案加工裝置、離子植入裝置、洗淨裝置。在光微影裝置中，例如，係包含曝光裝置、電子線描繪裝置、X線描繪裝置。成膜裝置，例如，係包含CVD(Chemical Vapor Deposition)、PVD(Physical Vapor Deposition)、蒸鍍裝置、濺鍍裝置、熱氧化裝置。圖案加工裝置，例如，係包含濕蝕刻裝置、乾蝕刻裝置、電子束加工裝置、雷射加工裝置。離子植入裝置，例如，係包含電漿摻雜裝置、離子束摻雜裝置。洗淨裝置，例如，係包含液體洗淨裝置、超音波洗淨裝置。

【0022】處理裝置111，係基於從探索裝置100所輸入的處理條件(輸入參數值)來進行半導體或半導體裝置之處理，並遞交至評價裝置112處。評價裝置112，係對於藉由處理裝置111所進行了處理的半導體或半導體裝置進行計測，並取得處理結果(輸出參數值)。評價裝置112，係包含光學式監測器、使用有電子顯微鏡之加工尺寸計測裝置。係亦可將藉由處理裝置111所進行了處理的半導體或半導體裝置之一部分作為斷片而取出，並將該斷片搬運至評價裝置112處而進行計測。

【0023】探索裝置100，係具備有中央處理部104、和資料庫105、和初期處理條件設定部106、和目的設定部107、和模型學習部108、和處理條件探索部109、和裝置控制部110、以及收斂判定部113。關於各個的區塊之內容，係使用流程圖而於後再述。

【0024】輸入裝置103，係具備有GUI等之輸入介面和讀卡機等之記憶媒體讀出裝置，並對於探索裝置100而輸入資料。又，並不僅是從使用者處來接收，而亦同樣地接收從評價裝置112而來之實測值，並輸入至探索裝置100中。輸入裝置103，例如，係包含有鍵盤、滑鼠、觸控面板、記憶媒體讀出裝置等。

【0025】輸出裝置114，係將從探索裝置100所遞交而來之處理條件，作為最適處理條件102而對於使用者作顯示。作為進行顯示之手段，係存在有對於顯示器之顯示或者是對於檔案之寫出等。輸出裝置114，例如，係包含有顯示器、印表機、記憶媒體寫出裝置等。

【0026】於圖2中，對於對探索裝置100之硬體構成作展示之區塊圖作展示。探索裝置100，係對於用以實現從輸入裝置103所輸入的目標輸出參數值(目標處理結果)之處理裝置111之輸入參數值(處理條件)進行探索。探索裝置100，係具備有處理器116、和通訊介面115、和ROM117、以及RAM118。通訊介面115，係將處理器116和外部之輸入裝置103和輸出裝置114以及處理裝置111作連接。處理器116，係被連接有通訊介面115和ROM117以及RAM118。在ROM117中，係被儲存有代表對於處理裝置111之輸入參數之可設定範圍的表、和對於參數之限制條件、和收斂判定條件、以及藉由處理器116所實行的處理程式。在RAM118中，係被儲存有在探索過程中所產生的學習資料和學習模型等。

【0027】另外，在與圖1之間之對應中，資料庫105係作為ROM117以及RAM118而被安裝，在探索裝置中之各區塊，係作為被儲存在ROM117中之程式(探索程式)而被安裝。

【0028】圖3，係為在半導體製造系統10中而探索裝置100所實行之根據目標處理結果(目標輸出參數值)來決定處理裝置之最適處理條件之流程圖。

【0029】首先，針對處理裝置111所進行之處理，係將作為目標之目標處理結果(目標輸出參數值)、以及作為對於處理裝置進行控制之參數所選擇的輸入參數101，從輸入裝置103來遞交至中央處理部104處(步驟S100)。

【0030】接著，中央處理部104，係將所接收了的目標輸出參數值和所被選擇了的輸入參數，儲存在資料庫105中，並且將所被選擇了的輸入參數遞交至初期處理條件設定部106處。在初期處理條件設定部106處，係基於所被遞交來的輸入參數，來從資料庫105而讀取輸入參數之可設定範圍之資料，並自動設定初期處理條件(步驟S101)。針對初期設定條件之設定方法，係使用具體例而於後再述。中央處理部104，係將所設定了的初期處理條件儲存在資料庫105中，並且將初期處理條件遞交至裝置控制部110處。

【0031】裝置控制部110，係將初期處理條件傳輸至處理裝置111處。又，係亦可讓使用者將裝置控制部110所輸出的初期處理條件輸入至處理裝置111處。處理裝置

111，係依循於所輸入了的初期處理條件而進行處理，並藉由評價裝置112來進行評價，而將所取得的處理結果(初期處理結果)對於輸入裝置103作輸入。中央處理部104，係從輸入裝置103而被遞交有初期處理結果(步驟S102)。中央處理部104，係將初期處理條件和初期處理結果遞交至收斂判定部113處。

【0032】收斂判定部113，係對於初期處理結果和目標處理結果作比較，並判定目標處理結果是否在特定之精確度內而收斂(步驟S103)。若是有收斂，則係將收斂至目標處理結果之初期處理條件遞交至輸出裝置114處，輸出裝置114係作為最適處理條件102而輸出(步驟S110)。

【0033】在輸出參數值(處理結果)之收斂性的判定中，係可使用藉由(數式1)所賦予的關連於所使用的全輸出參數之輸出參數值與目標輸出參數值之間之誤差的平方和。

【0034】

[數式1]

$$\sum_{i=1}^{NP} (x_i - y_i)^2 \cdot W_i \quad (\text{數式1})$$

【0035】於此，NP係為所使用的輸出參數之總數， x_i 係為第*i*個的目標輸出參數值， y_i 係為第*i*個的輸出參數值(實績值)、 W_i 係為使用者所對於各輸出參數之每一者所分別指定之權重。

【0036】另一方面，若是並未收斂，則繼續進行處理之命令係從收斂判定部113而被送至中央處理部104處，中央處理部104係在資料庫105中，作成由初期處理條件(初期輸入參數值)和初期處理結果(初期輸出參數值)所成之初期學習資料(步驟S104)。

【0037】接著，中央處理部104，係從資料庫105而讀取目標輸出參數值(目標處理結果)和初期學習資料，並遞交至目的設定部107處。目的設定部107，係設定目的處理結果(目的輸出參數值)(步驟S105)。所設定的目的輸出參數值，係被遞交至中央處理部104處，並被儲存在資料庫105中。

【0038】針對目的設定部107所設定的目的處理結果(目的輸出參數值)作說明。一般而言，就算是僅以目標輸出參數值作為對象而對於最適處理條件進行探索，亦同樣的，在學習資料數為少的情況時，所能夠得到的最佳之輸出參數值(實績值)與目標輸出參數值之間之乖離係為大，而並無法容易地接近至最適處理條件(最適當的輸入參數值)。因此，在本實施例中，係藉由設定在從已得到的最佳之輸出參數值(亦即是在該階段下的學習資料之最佳之輸出參數值)起而至目標輸出參數值的途中階段之目標處理結果(將此稱作目的處理結果(目的輸出參數值))，來一小步一小步地逐漸接近最適解。又，接近於目標輸出參數值之資料，由於其之在參數空間中作觀察時的位置於最適解近旁之可能性係為高，因此，係亦能夠得到將最適解近

旁之學習資料增加並使預測模型之精確度提升的效果。因此，目的設定部 107，係從既存之學習資料之中而選出最為接近目標輸出參數值之最佳資料(輸出參數值(實績值))，並藉由對於該時間點之最佳的輸出參數值與目標輸出參數值之間進行內插，來設定目的輸出參數值。所設定的目的之個數，只要是 1 個以上，則不論是幾個均可，但是，考慮到效率，例如係以設定為 4~5 個程度為理想。

【0039】接著，中央處理部 104，係從資料庫 105 而讀取初期學習資料，並將初期學習資料送至模型學習部 108 處。模型學習部 108，係對於將輸入參數值(處理條件)和輸出參數值(處理結果)相互附加關係之預測模型作學習(步驟 S106)。作為預測模型，係可使用類神經網路、支援向量迴歸、核方法(Kernel methods)等。進行了學習的預測模型，係被遞交至處理條件探索部 109 處。

【0040】接著，處理條件探索部 109，係使用從模型學習部 108 所遞交而來的預測模型以及從資料庫 105 所讀出的對於輸入參數之限制條件，來探索對於從資料庫 105 所讀出的目標輸出參數值以及目的輸出參數值之處理條件(步驟 S107)。預測模型，由於係使處理條件成為輸入並使處理結果成為輸出，因此，為了根據處理結果來反求取出處理條件，係可使用模擬鍛鍊(Simulated Annealing)法、遺傳演算法等的各種之最適解探索手法。相對於此，在設為將處理結果作為輸入並將處理條件作為輸出之預測模型的情況時，則由於所得到的處理條件係會有並不會收斂於

可設定範圍內的可能性，並且就算是相異之處理條件也有可能會賦予類似的處理結果，因此會產生像是複數之處理條件會成為解的候補等之問題。故而，係採用了使用預測模型來從處理結果而求取出處理條件之方法。處理條件探索部 109，係將所探索出的處理條件(目的輸入參數值)遞交至裝置控制部 110處，並且經由中央處理部 104來儲存在資料庫 105中。

【0041】裝置控制部 110，係將被遞交而來的處理條件(目的輸入參數值)傳輸至處理裝置 111處。又，係亦可讓使用者將裝置控制部 110所輸出的處理條件輸入至處理裝置 111處。處理裝置 111，係依循於所輸入了的初期條件而進行處理，並藉由評價裝置 112來進行評價，而將所取得的處理結果(目的輸出參數值)對於輸入裝置 103作輸入。中央處理部 104，係從輸入裝置 103而被遞交有處理結果(目的輸出參數值)(步驟 S108)。中央處理部 104，係將處理條件(目的輸入參數值)和處理結果(目的輸出參數值)遞交至收斂判定部 113處。

【0042】收斂判定部 113，係對於處理結果(輸出參數值(實績值))和目標處理結果(目標輸出參數值)作比較，並判定目標處理結果是否在特定之精確度內而收斂(步驟 S109)。若是有收斂，則係將收斂至目標處理結果之處理條件遞交至輸出裝置 114處，輸出裝置 114係作為最適處理條件 102而輸出(步驟 S110)。

【0043】另一方面，若是並未收斂，則繼續進行處理

之命令係從收斂判定部 113 而被送至中央處理部 104 處，中央處理部 104 係在資料庫 105 之學習資料組中，將新探索到的目標處理結果和針對目的處理結果之處理條件(輸入參數值)以及處理結果(輸出參數值(實績值))之組，作為追加學習資料而進行追加，藉由此，來對於學習資料組進行更新(步驟 S104)。

【0044】以下，反覆進行學習資料組之作成、更新(S104)～收斂判定(S109)之推測程序，直到處理結果收斂於目標處理結果為止。如此這般，而自律性地探索實現目標處理結果之最適處理條件。

【0045】以下，以處理裝置 111 係身為蝕刻裝置的情況為例來作說明。圖 4，係為在本例中之輸出參數，各輸出參數係代表加工後之剖面形狀。加工後之剖面形狀，係藉由使用電子顯微鏡(評價裝置 112)來進行讀取，而取得之。在此例中，係將加工後之剖面形狀，使用 8 個的輸出參數：(x1)遮罩頂寬幅、(x2)：遮罩底寬幅、(x3)：加工深度、(x4)：加工部頂寬幅、(x5)：加工部中央部之寬幅、(x6)：加工部底部之寬幅、(x7)：加工部最大寬幅、(x8)：微小溝之深度，來作記述。

【0046】圖 5，係為被輸入至輸入裝置 103 中之目標輸出參數值之例，並被賦予有相對於圖 4 中所示之 8 個的輸出參數之目標值(尺寸)。此目標輸出參數值所代表的目標形狀，係相當於寬幅 800[nm]、深度 1000[nm]的垂直溝渠構造之剖面形狀。又，在各輸出參數處，係亦被賦予有在收

斂性之計算時所使用的權重。在此例中，係以相較於針對遮罩層的加工後之剖面形狀作記述的輸出參數值(x1~x2)之精確度而更加重視針對蝕刻對象之加工後之剖面形狀作記述的輸出參數值(x3~x8)之精確度的方式，來作指定。

【0047】圖6，係為對於預先被儲存在資料庫105中之蝕刻裝置之輸入參數的最大值、最小值之表，並依據裝置之規格而被決定。在此例中，係可使用7個的輸入參數。亦即是，係為氣體壓力、放電電力、晶圓施加偏壓電力、各種氣體之流量。又，各輸入參數之可設定範圍係如同下述一般，氣體壓力之控制範圍係被賦予為1~10[Pa]、放電電力之控制範圍係被賦予為500~1000[W]、偏壓電力之控制範圍係被賦予為0~100[W]、氣體流量之控制範圍係被賦予為0~200[sccm]。

【0048】圖7，係為作為控制對象之輸入參數的選擇例，在此例中，係選擇有除了「氣體種類4」以外之6個的參數。

【0049】圖8，係為藉由初期處理條件設定部106所設定了的初期輸入參數值(初期處理條件)之例。對於使用者所選擇了的6個的輸入參數(圖7)，而基於對於輸入參數之可設定範圍作了展示之表(圖6)來自動進行設定。條件1，係關於氣體壓力、放電電力、偏壓之3個的參數而被設定為可控制範圍之平均值，並關於氣體流量而以總流量會成為200[sccm]的方式來均等分配並作設定。另外，此200[sccm]之值，係僅為一例，而可採用不會超過蝕刻裝

置之可排氣上限值的適宜之值。條件1，係成為條件2~13之基準值。條件2~7，係以條件1作為基準，來關於氣體壓力、放電電力、偏壓而分別分配最大值以及最小值地而被作設定。條件8~13，係以條件1作為基準，來關於3個的氣體流量而個別地分配最大值以及最小值並關於剩餘之2個的氣體流量而使其成為均等分配地而被作設定。如此這般所設定了的13個條件，係針對各參數而成為3個水準(最大值、最小值、平均值)以上，而成為為了在由6維所成之參數空間中而開始最適解之探索所必要的組合。另外，依存於參數之個數，係亦可並非為自動設定，而是使用直交表來讓使用者進行設定。

【0050】圖9，係為依據圖8之初期處理條件來使蝕刻裝置進行加工處理的代表該處理結果之輸出參數值(實績值)(初期處理結果)。由初期處理條件所致之加工後之剖面形狀(初期處理結果)，係使用電子顯微鏡(評價裝置112)而取得之。圖10，係為該資料之圖示例，並對於與各初期處理條件相對應的各初期處理結果(加工形狀)作展示(S201)。又，作為參考，係亦展示有對應於目標輸出參數值之加工形狀S200(目標處理結果)。身為初期處理條件(圖8)之初期輸入參數值和身為所對應之初期處理結果(圖9)之初期輸出參數值之間之組(在本例中係為13組)，係構成初期學習資料。

【0051】圖11，係為在將本實施例之推測程序反覆進行了10次時的相對於目標形狀以及目的形狀之輸出參數值

(實績值)的變遷。於此例中，係於推測程序之每一循環中，設定有4個的目的形狀。圖12，係為對於圖11之結果作了圖示者。實線，係代表所設定了的目標形狀以及目的形狀，虛線，係代表相對於目標形狀以及目的形狀之輸出參數值的在基於使用該時間點之預測模型所推測出的處理條件(輸入參數值)來以蝕刻裝置進行處理所得到的加工形狀之實測結果。於此，當在推測程序中使用預測模型來對於處理條件進行探索的情況時，如同前述一般，係有必要針對對於輸入參數之限制條件有所考慮，但是，在本例之情況時，例如，當依據裝置之排氣能力而將氣體之總流量設定為上限值M的情況時，在對於解進行探索時，係有必要將進行探索之區域藉由在(數式2)中所示之限制條件式來作限制。於此， F_i 係為第*i*個的氣體之流量， N 係為所使用的氣體種類之總數。

【0052】

[數式2]

$$\sum_{i=1}^N F_i \leq M \quad (\text{數式 2})$$

【0053】又，在所有之氣體之流量成為0的情況時，由於蝕刻係並不會發生，因此係從探索區域而去除。

【0054】如同圖12中所示一般，在推測程序之第1循環中，由於學習資料係僅為13個的初期學習資料，而預測模型之精確度係為低，因此，藉由所探索到的條件所得到

之形狀，其之與目標形狀、目的形狀之間的隔閡係為大。藉由反覆進行推測、學習，預測模型之精確度係提升，在推測程序之第10循環處，係得到了在誤差範圍內所設定的形狀。

【0055】如此這般，探索裝置100，係將處理裝置111之輸入參數值和輸出參數之值的關係模型化，並進而為了對於實現目標輸出參數值(目標處理結果)之最適當之輸入參數值進行探索，而自動地設定目的輸出參數值(目的處理結果)。之後，藉由將由處理裝置111和評價裝置112所致之處理結果作為追加學習資料來使用，而對於預測模型進行更新。藉由反覆進行此種推測動作，係能夠自律性地探索能夠得到目標處理結果之輸入參數之值，而能夠自動性地引導出處理裝置111之性能。藉由此，係能夠謀求處理裝置111之關連於輸入參數的最佳解之探索效率之提昇，而能夠謀求處理裝置之運用的效率化以及處理的最適化。

【0056】作為實施例1之變形例，係亦可在處理裝置所具備的控制裝置中搭載探索裝置之功能。在圖18中，作為處理裝置之例，對於具備有最適處理條件探索功能之電漿處理裝置之概略圖作展示。係具備有電漿產生用之天線56、和對其施加高頻電壓之高頻電源51、以及第1高頻整合器52。為了對於處理室60內導入複數之氣體種類，係設置有第1流路61、第2流路62。另外，於此雖係僅圖示有2個系統，但是，對於流路數量，係並未特別作限定。藉由

使在天線 56 處所產生的高頻之交流電磁場作用於被導入的混合氣體處，來從反應粒子而產生被作了感應耦合的電漿 63。又，裝置係具備有用以進行由所產生的電漿 63 所致之處理之基板電壓產生器 54 以及第 2 高頻整合器 53。又，係具備有能夠對於在對於身為處理對象之基板(試料)59 進行加工時所發生的電漿之變動進行監測的終點判定裝置 55，並具備有將藉由終點判定裝置 55 所得到的訊號反饋至第 1 質量流控制器 57 以及第 2 質量流控制器 58 處之機構。因應於終點判定裝置 55 之訊號，第 1 質量流控制器 57 係能夠對於第 1 流路 61 之氣體流量作調整，第 2 質量流控制器 58 係能夠對於第 2 流路 62 之氣體流量作調整。

【0057】電漿處理裝置之控制裝置 70，係對於裝置之高頻電源 51、基板電壓產生器 54、終點判定裝置 55 等之電漿產生裝置作控制，而對於基板 59 實施蝕刻加工等之電漿處理，並且，係藉由安裝被儲存在探索裝置處之 ROM117(圖 2)中的用以實行探索處理之相當於探索程式之處理程式，而能夠實施作為實施例 1 所作了說明的探索處理。電漿處理裝置之輸入裝置 71、輸出裝置 72，在進行探索處理的情況時，係分別發揮相當於在探索裝置(圖 1)中之輸入裝置 103、輸出裝置 114 的功能。如此這般，係成為能夠並非相對於處理裝置 111 來將探索裝置 100 獨立地作設置，而是作為處理裝置 111 之其中一個功能而搭載探索處理並藉由所探索到的輸入參數值來對於電漿產生裝置進行控制並進行電漿處理。

[實施例 2]

【0058】在實施例 1 中，雖係針對包含對於半導體或者是包含有半導體的半導體裝置進行處理之處理裝置的半導體製造系統為例，來對於本發明作了說明，但是，本發明之探索裝置或探索方法所能夠適用者，係並不被限定於半導體製造系統。作為實施例 2，針對對於作為處理而將材料進行合成處理之合成裝置來適用探索裝置或探索方法的例子作說明。另外，針對與實施例 1 實質性具有相同之功能的構成要素，係附加相同之元件符號而省略詳細之說明，並以相異之部分為中心來進行說明。

【0059】圖 13，係為對於材料合成系統之系統構成例作展示之圖。材料合成系統 20，係具備有探索裝置 100、和輸入裝置 103、和輸出裝置 114、和合成裝置 211、以及分析裝置 212。

【0060】合成裝置 211，係為合成磁性材料或高分子材料或者是醫藥品等之各種的材料之裝置。合成裝置 211，係基於從探索裝置 100 所輸入的處理條件(輸入參數值)來進行材料之合成處理，被作了合成的物質係被遞交至分析裝置 212 處。分析裝置 212，係對於藉由合成裝置 211 所合成的物質而進行用以進行評價之分析，並取得材料特性資料(輸出參數值)。分析裝置 212，係亦可針對所計測的各材料特性之每一者而由複數之裝置來構成。

【0061】另外，在能夠以由電腦所致之材料計算來以

良好精確度而預測出所合成的物質之材料特性的情況時，係亦可藉由電腦來替代合成裝置211和分析裝置212。

【0062】在實施例2中，亦係同樣的依循圖3之流程而進行最適處理條件之探索處理。目標處理結果，係作為代表合成裝置211所合成的物質之特性的目標材料特性(目標輸出參數值)而被賦予。

【0063】圖14，係為在被輸入至輸入裝置103中之目標材料特性之指定中所使用的輸出參數之例，並為使用各種分析裝置來取得了所合成的物質之材料特性之例。在此例中，係使用6個的輸入參數，並對於材料特性作記述。在此例中，作為輸出參數，係使用有(1)融點、(2)沸點、(3)密度、(4)熱傳導度、(5)電傳導度、(6)體積彈性率。若是身為磁性材料，則除此之外，係亦可使用飽和磁化、保磁力、磁向異性、居禮溫度等之特性。又，係亦賦予有相對於各輸出參數之權重。此權重，係在收斂性之計算時會被使用。在此例中，係指定有相較於其他之輸出參數而更為重視體積彈性率之精確度的探索。

【0064】圖15，係為對於預先被儲存在資料庫105中之合成裝置之輸入參數的最大值、最小值之表，並依據合成裝置之規格而被決定。在此例中，係可使用7個的輸入參數。亦即是，係為反應溫度、反應時間、攪拌數、各種材料之比。又，各輸入參數之可設定範圍係如同下述一般，反應溫度之控制範圍係被賦予為30~100[°C]，反應時間之控制範圍係被賦予為1~10[小時]、攪拌數之控制

範圍係被賦予為 100~1000[rpm]，材料比之控制範圍係被賦予為 0~100[%]。

【0065】圖 16，係為作為控制對象之輸入參數的選擇例，在此例中，係選擇有除了材料 4 之比以外之 6 個的輸入參數。

【0066】圖 17，係為藉由初期處理條件設定部 106 所設定了的初期輸入參數值(初期處理條件)之例。對於使用者所選擇了的 6 個的輸入參數(圖 16)，而基於對於輸入參數之可設定範圍作了展示之表(圖 15)來自動進行設定。條件 1，係關於反應溫度、反應時間、攪拌數之 3 個的參數而被設定為可控制範圍之平均值，並關於材料比而設定有以合計會成為 100[%]的方式來作了均等分配之值。條件 1，係成為條件 2~13 之基準值。條件 2~7，係以條件 1 作為基準，來關於反應溫度、反應時間、攪拌數而分別個別地分配最大值以及最小值地而被作設定。條件 8~13，係以條件 1 作為基準，來關於 3 個的材料比而個別地分配最大值以及最小值並關於其他之 2 個的材料比而使其成為均等分配地而被作設定。

【0067】係藉由收斂判定部 113，來判定合成裝置 211 所合成之物質的材料特性(輸出參數值)是否收斂於目標材料特性(目標輸出參數值)(圖 3 之步驟 S103、S109)。在輸出參數值之一致性的判定中，係使用藉由(數式 3)所賦予的關連於所使用的全輸出參數之輸出參數值與目標輸出參數值之間之誤差的平方和。此時，由於參數之維度係互為相

異，因此係先進行標準化，之後再算出誤差。所謂標準化，係藉由從值來減去資料全體之平均，並除以資料全體之標準差，來轉換為平均0、分散1之資料。

【0068】

[數式3]

$$\sum_{i=1}^{NP} (z_i - t_i)^2 \cdot W_i \quad (\text{數式3})$$

【0069】於此，NP係為所使用的輸出參數之總數， z_i 係為第*i*個的標準化後之目標輸出參數值， t_i 係為第*i*個的標準化後之輸出參數值(實績值)、 W_i 係為使用者所對於各輸出參數之每一者所分別指定之權重。

【0070】又，在各推測程序中，目的設定部107，係設定相當於實施例1中之目的處理結果的目的材料特性(圖3之步驟S105)。從既存之學習資料之中而選出最為接近目標材料特性之最佳的特性值(輸出參數值(實績值))，並對於從最佳之輸出參數值起而到達目標輸出參數值之途中階段的目的材料特性(目的輸出參數值)作設定。與實施例1相同的，係藉由對於最佳的輸出參數值與目標輸出參數值之間進行內插，來設定目的輸出參數值。

【0071】又，處理條件探索部109，係使用從模型學習部108所遞交而來的預測模型以及從資料庫105所讀出的對於輸入參數之限制條件，來探索賦予目標輸出參數值以及目的輸出參數值之處理條件(圖3之步驟S107)。

【0072】作為對於實施例2之輸入參數的限制條件，由於材料比之合計係必須要成為100[%]，因此，若是將所指定了的材料數設為N，則獨立之變數係為N-1個。現在，若是將第i個的材料之比設為 R_i ，則關於第N個的材料之比 R_N ，係存在有(數式4)之限制條件。

【0073】

[數式4]

$$R_N = 100 - \sum_{i=1}^{N-1} R_i \quad (\text{數式 4})$$

【0074】進而，在將 $R_i (i \neq N)$ 作為參數而進行探索時，係並無法分別個別地取直到最大值為止之任意之值，而係被附加有身為限制條件之(數式5)。

【0075】

[數式5]

$$\sum_{i=1}^{N-1} R_i \leq 100 \quad (\text{數式 5})$$

【0076】故而，在全部為指定有N個的材料的情況時，所探索的材料比之參數數量，係成為(N-1)個，在對於解進行探索時，係考慮有身為限制條件之(數式5)，之後，係使用(數式4)而決定材料N之比。

【0077】如此這般，探索裝置100，係將合成裝置211之輸入參數之值和輸出參數之值的關係模型化，並進而為了對於實現目標輸出參數值(目標材料特性)之最適當之輸

入參數值進行探索，而自動地設定目的輸出參數值(目的材料特性)。之後，藉由將由合成裝置211和分析裝置212所致之處理結果作為追加學習資料來使用，而對於預測模型進行更新。藉由反覆進行此種推測動作，係能夠自律性地探索能夠得到目標材料特性之輸入參數之值，而能夠自動性地引導出合成裝置211之性能。藉由此，係能夠謀求合成裝置211之關連於輸入參數的最佳解之探索效率之提昇，而能夠謀求合成裝置之運用的效率化以及處理的最適化。

【0078】另外，本發明係並不被限定於前述之實施例，而亦包含有在所添附之申請專利範圍的要旨內之各種的變形例以及同等之構成。例如，前述之實施例，係為為了對於本發明作易於理解之說明，而詳細地作了說明者，本發明係並不被限定於絕對需要具備有前述所說明了的所有之構成者。又，亦可將某一實施例之一部分置換為其他實施例之構成。又，亦可在某一實施例之構成中追加其他實施例之構成。又，係亦可針對各實施例之構成的一部分，而進行其他之構成的追加、削除或置換。

【0079】又，前述之各構成、功能、處理部、處理手段等，係亦可將該些之一部分或全部，例如藉由以積體電路來進行設計等，而藉由硬體來實現之，亦可藉由使處理器對於實現各者之功能的程式進行解釋並實行，而藉由軟體來實現之。實行各功能之程式、表、檔案等的資訊，係可儲存在記憶體、硬碟、SSD(Solid State Drive)等之記憶

裝置、或者是 IC(Integrated Circuit) 卡、SD 卡、DVD(Digital Versatile Disc)之記錄媒體中。

【0080】又，控制線或資訊線，係僅對於在說明上所需要者作展示，而並非絕對為對於在安裝中所需要的全部之控制線或資訊線作展示者。實際上，可以考慮為幾乎所有的構成均有被相互作連接。

【符號說明】

【0081】

- 10：半導體製造系統
- 20：材料合成系統
- 100：探索裝置
- 103：輸入裝置
- 104：中央處理部
- 105：資料庫
- 106：初期處理條件設定部
- 107：目的設定部
- 108：模型學習部
- 109：處理條件探索部
- 110：裝置控制部
- 111：處理裝置
- 112：評價裝置
- 113：收斂判定部
- 114：輸出裝置

115：介面

116：處理器

117：ROM

118：RAM

211：合成裝置

212：分析裝置

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】

一種探索裝置，係為對於輸入參數值進行探索之探索裝置，該輸入參數值，係身為與被賦予至進行特定之處理之處理裝置處的目標輸出參數值相對應之前述處理裝置之控制參數，

該探索裝置，其特徵為，係具備有：

處理器；和

探索程式，係探索與前述目標輸出參數值相對應之輸入參數值，並藉由前述處理器而被實行；和

記憶體，係儲存有前述探索程式，

模型學習部和目的設定部和處理條件探索部以及收斂判定部之各者的處理，係被前述探索程式所規定，

使用學習資料，來藉由前述模型學習部而求取出預測模型，該學習資料，係為前述處理裝置之輸入參數值、和身為由前述輸入參數值所致的前述處理裝置之處理結果之輸出參數值，此兩者之組，

藉由對於前述目標輸出參數值和從前述輸出參數值之中而被選擇並且最為接近前述目標輸出參數值的輸出參數值之間進行插補，來藉由前述目的設定部而求取出目的輸出參數值，

使用前述預測模型，來藉由前述處理條件探索部而推測出與前述目標輸出參數值以及前述目的輸出參數值相對應之輸入參數值，

藉由前述收斂判定部，來判定身為由藉由前述處理條件探索部所推測出之輸入參數值所致的前述處理裝置之處理結果之輸出參數值是否為在前述目標輸出參數值之特定之範圍內而收斂。

【第2項】

如申請專利範圍第1項所記載之探索裝置，其中，
前述記憶體，係儲存有代表前述輸入參數的可設定範圍之表，

前述初期處理條件設定部之處理，係被前述探索程式所規定，

藉由前述初期處理條件設定部，來基於前述表而使在前述預測模型中所使用的輸入參數之各者會包含有3個的值的的方式，而設定複數之初期輸入參數值，

將前述初期輸入參數值和身為由前述初期輸入參數值所致之前述處理裝置之處理結果之初期輸出參數值之間之組，作為初期學習資料來使用，前述預測模型係被求取出來。

【第3項】

如申請專利範圍第2項所記載之探索裝置，其中，
前述3個的值的各者，係設為最大值、最小值、平均值。

【第4項】

如申請專利範圍第1項所記載之探索裝置，其中，
在前述目標輸出參數值與最為接近前述目標輸出參數

值之輸出參數值之間，複數之前述目的輸出參數值係藉由前述目的設定部而被作設定。

【第 5 項】

如申請專利範圍第 1 項所記載之探索裝置，其中，
被判定為收斂的輸入參數值，係被作為與前述目標輸出參數值相對應之輸入參數值而作輸出。

【第 6 項】

如申請專利範圍第 1 項所記載之探索裝置，其中，
係基於前述目標輸出參數值和前述輸出參數值之間之誤差、以及對於前述目標輸出參數所賦予之權重，來判定是否為收斂。

【第 7 項】

如申請專利範圍第 1～6 項中之任一項所記載之探索裝置，其中，

前述處理裝置，係為對於半導體進行處理之裝置，或是對於包含半導體之半導體裝置進行處理的裝置，或者是對材料進行合成處理之合成裝置。

【第 8 項】

一種探索方法，係對於輸入參數值進行探索，該輸入參數值，係身為與被賦予至進行特定之處理的處理裝置處之目標輸出參數值相對應的前述處理裝置之控制參數，其特徵為，係具備有：

使用學習資料來求取出預測模型之工程，該學習資料，係為前述處理裝置之輸入參數值、和身為由該輸入參

數值所致之前述處理裝置之處理結果之輸出參數值，此兩者之組；和

藉由對於前述目標輸出參數值和從前述輸出參數值之中而被選擇並且最為接近前述目標輸出參數值的輸出參數值之間進行插補，來求取出目的輸出參數值之工程；和

使用前述預測模型，來推測出與前述目標輸出參數值以及前述目的輸出參數值相對應之輸入參數值之工程；和

判定身為由前述所推測之輸入參數值所致之前述處理裝置之處理結果之輸出參數值是否為收斂於前述目標輸出參數值之特定之範圍內之工程。

【第9項】

如申請專利範圍第8項所記載之探索方法，其中，將被判定為收斂之前述輸入參數值，作為與前述目標輸出參數值相對應之輸入參數值而作輸出。

【第10項】

如申請專利範圍第8項所記載之探索方法，其中，係更進而具備有：

以使在前述預測模型中所使用的輸入參數之各者會包含有3個的的方式，來基於前述輸入參數之可設定範圍而設定複數之初期輸入參數值之工程，

將前述初期輸入參數值和身為由前述初期輸入參數值所致之前述處理裝置之處理結果之初期輸出參數值之間之組，作為初期學習資料來使用，而求取出前述預測模型。

【第11項】

一種電漿處理裝置，係為使用電漿來對於試料進行電漿處理之裝置，其特徵為，係具備有：

控制裝置，係被進行有對於輸入參數作探索之控制，該輸入參數，係為與身為前述試料之電漿處理結果之目標輸出參數值相對應的電漿處理條件，

藉由前述控制裝置，而

使用學習資料來求取出預測模型，該學習資料，係為特定之輸入參數值、和身為由前述特定之輸入參數值所致之前述試料之電漿處理結果之輸出參數值，此兩者之組，

藉由對於前述目標輸出參數值和從前述輸出參數值之中而被選擇並且最為接近前述目標輸出參數值的輸出參數值之間進行插補，來求取出目的輸出參數值，

使用前述預測模型，來推測出與前述目標輸出參數值以及前述目的輸出參數值相對應之輸入參數值，

判定身為由所推測出的前述輸入參數值所致之前述試料之電漿處理結果之輸出參數值是否收斂於前述目標輸出參數值之特定之範圍內。

【第12項】

如申請專利範圍第11項所記載之電漿處理裝置，其中，

藉由前述控制裝置，而

基於輸入參數的可設定範圍，來以使在前述預測模型中所使用的前述輸入參數之各者會包含有3個的的方式，而設定複數之初期輸入參數值，

將前述初期輸入參數值和身為由前述初期輸入參數值所致之前述試料之電漿處理結果之初期輸出參數值之間之組，作為初期學習資料來使用，並求取出前述預測模型。

【第 13 項】

如申請專利範圍第 11 項或第 12 項所記載之電漿處理裝置，其中，

前述目標輸出參數值，係身為在電漿蝕刻形狀中之特定之場所之尺寸。

【發明圖式】

圖 1

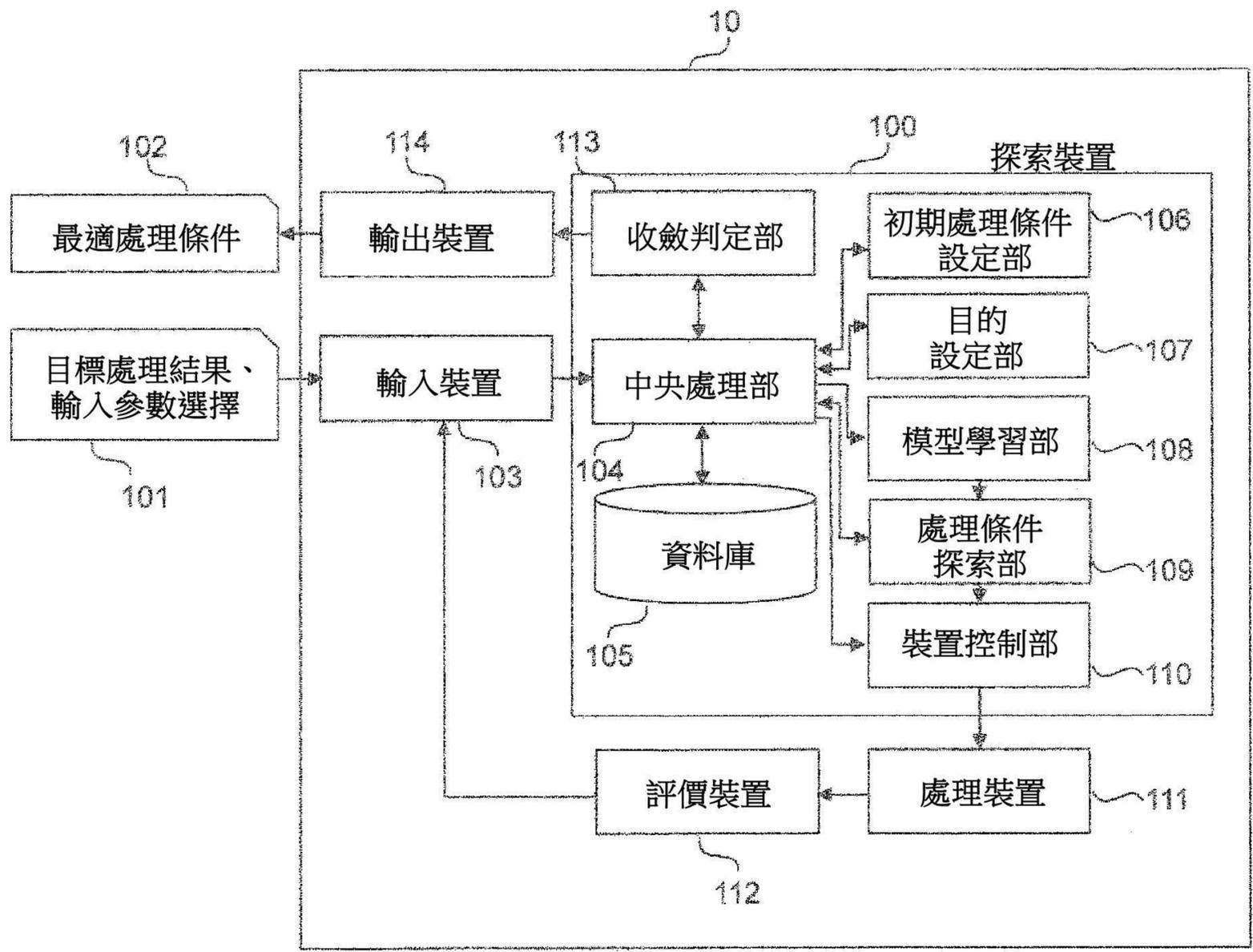


圖 2

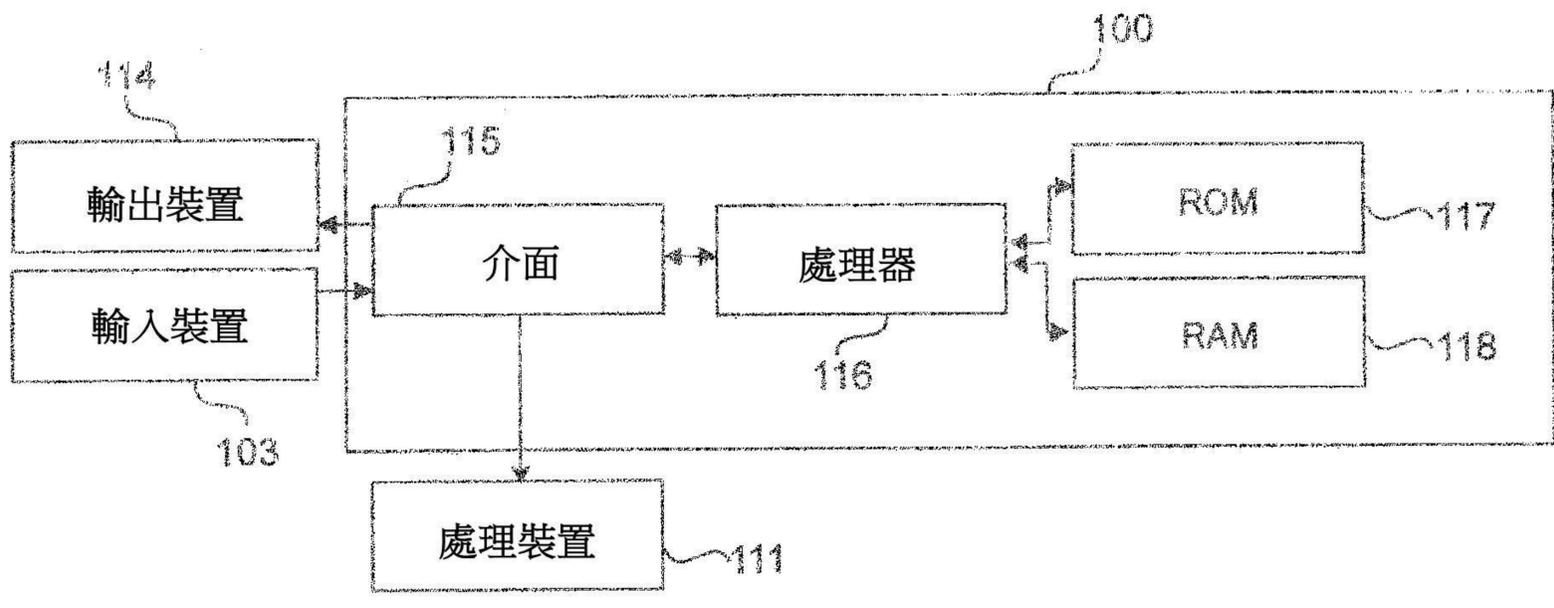


圖 3

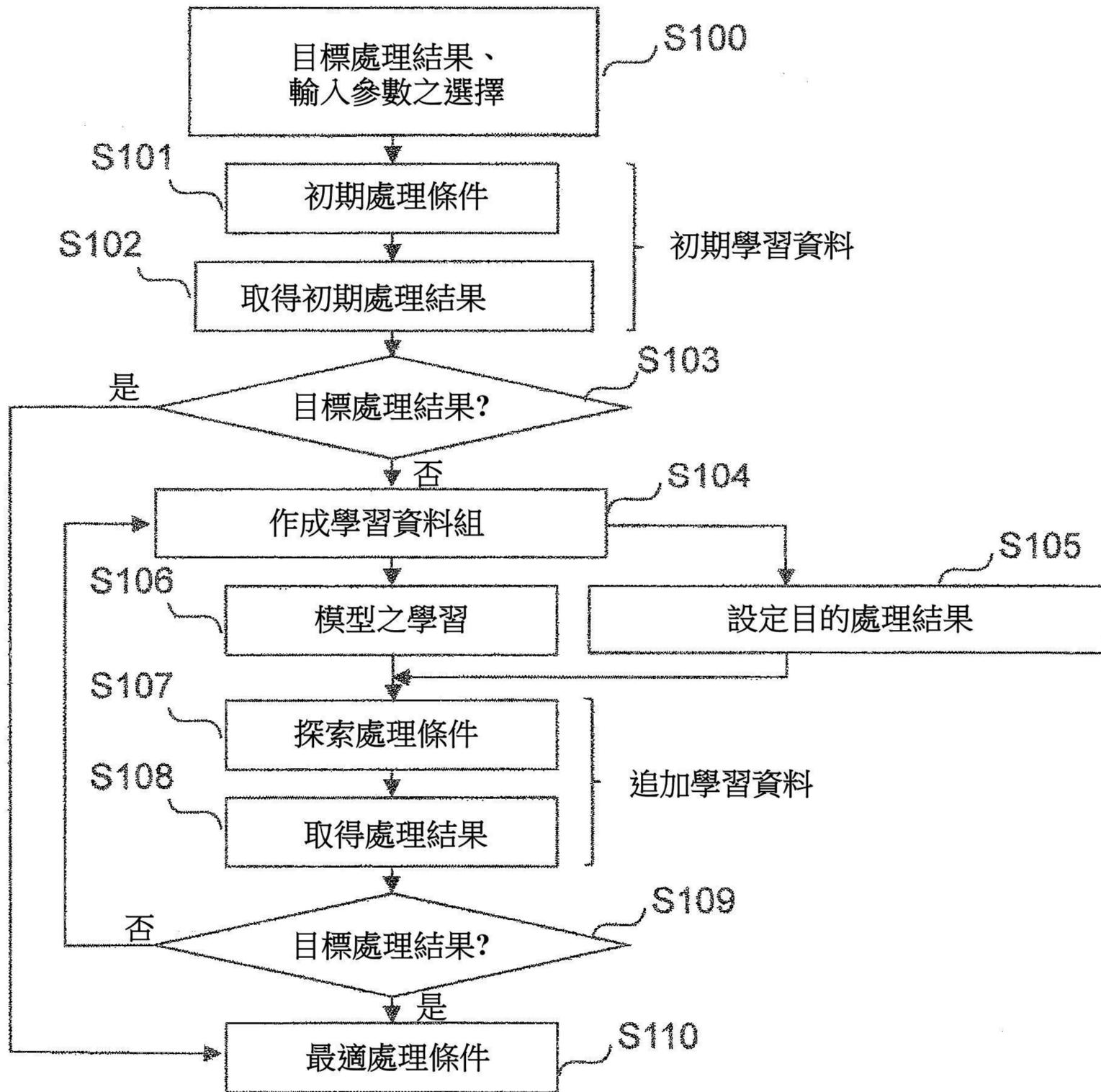


圖 4

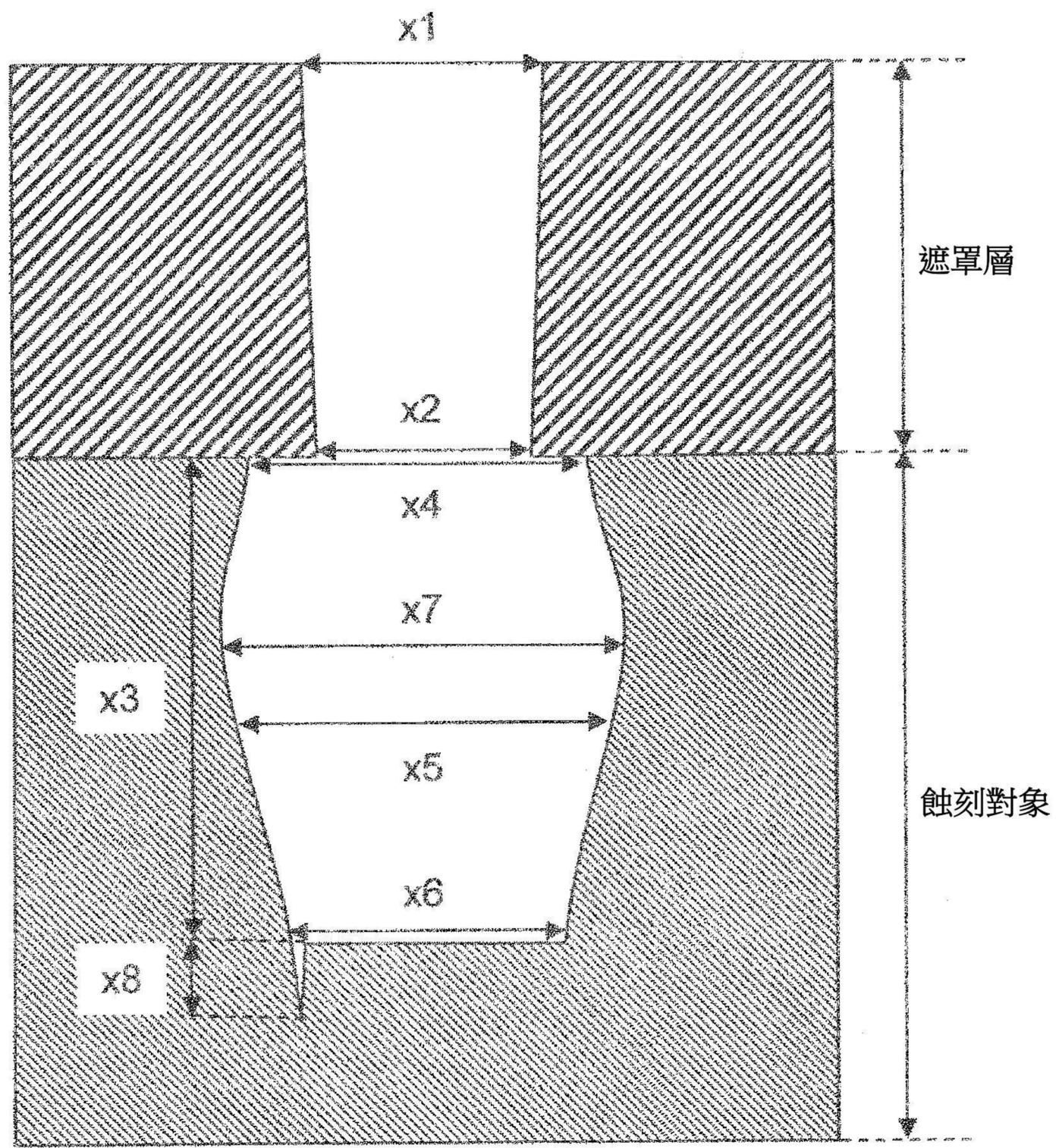


圖 5

| 輸出參數 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 |
|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|
| 目標值 | 860 | 750 | 1000 | 800 | 800 | 800 | 800 | 0 |
| 權重 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

圖 6

| | 氣體壓力 | 放電電力 | 偏壓 | 氣體種類1 | 氣體種類2 | 氣體種類3 | 氣體種類4 |
|-----|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 最大值 | 10 | 1000 | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 最小值 | 1 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

圖 7

| | 氣體壓力 | 放電電力 | 偏壓 | 氣體種類1 | 氣體種類2 | 氣體種類3 | 氣體種類4 |
|----|------|------|----|-------|-------|-------|-------|
| 選擇 | Y | Y | Y | Y | Y | Y | N |

圖 8

| | 氣體壓力 | 放電電力 | 偏壓 | 氣體種類1 | 氣體種類2 | 氣體種類3 |
|-------|------|------|-----|-------|-------|-------|
| 條件 1 | 5.5 | 750 | 50 | 66.7 | 66.7 | 66.7 |
| 條件 2 | 10 | 750 | 50 | 66.7 | 66.7 | 66.7 |
| 條件 3 | 1 | 750 | 50 | 66.7 | 66.7 | 66.7 |
| 條件 4 | 5.5 | 1000 | 50 | 66.7 | 66.7 | 66.7 |
| 條件 5 | 5.5 | 500 | 50 | 66.7 | 66.7 | 66.7 |
| 條件 6 | 5.5 | 750 | 100 | 66.7 | 66.7 | 66.7 |
| 條件 7 | 5.5 | 750 | 0 | 66.7 | 66.7 | 66.7 |
| 條件 8 | 5.5 | 750 | 50 | 200 | 0 | 0 |
| 條件 9 | 5.5 | 750 | 50 | 0 | 100 | 100 |
| 條件 10 | 5.5 | 750 | 50 | 0 | 200 | 0 |
| 條件 11 | 5.5 | 750 | 50 | 100 | 0 | 100 |
| 條件 12 | 5.5 | 750 | 50 | 0 | 0 | 200 |
| 條件 13 | 5.5 | 750 | 50 | 100 | 100 | 0 |

圖 9

| | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 |
| 條件1 | a1 | b1 | c1 | d1 | e1 | f1 | g1 | h1 |
| 條件2 | a2 | b2 | c2 | d2 | e2 | f2 | g2 | h2 |
| 條件3 | a3 | b3 | c3 | d3 | e3 | f3 | g3 | h3 |
| 條件4 | a4 | b4 | c4 | d4 | e4 | f4 | g4 | h4 |
| 條件5 | a5 | b5 | c5 | d5 | e5 | f5 | g5 | h5 |
| 條件6 | a6 | b6 | c6 | d6 | e6 | f6 | g6 | h6 |
| 條件7 | a7 | b7 | c7 | d7 | e7 | f7 | g7 | h7 |
| 條件8 | a8 | b8 | c8 | d8 | e8 | f8 | g8 | h8 |
| 條件9 | a9 | b9 | c9 | d9 | e9 | f9 | g9 | h9 |
| 條件10 | a10 | b10 | c10 | d10 | e10 | f10 | g10 | h10 |
| 條件11 | a11 | b11 | c11 | d11 | e11 | f11 | g11 | h11 |
| 條件12 | a12 | b12 | c12 | d12 | e12 | f12 | g12 | h12 |
| 條件13 | a13 | b13 | c13 | d13 | e13 | f13 | g13 | h13 |

圖 10

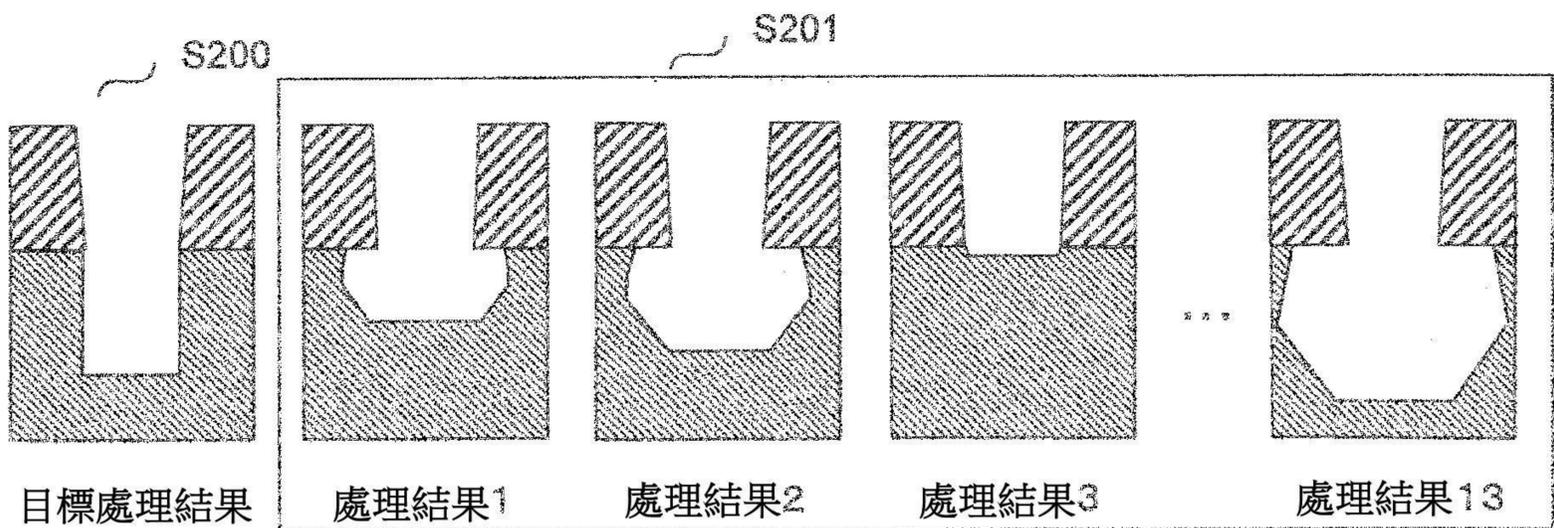


圖 11

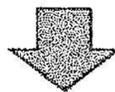
推測程序第1循環

| | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 目標 | a1_0 | b1_0 | c1_0 | d1_0 | e1_0 | f1_0 | g1_0 | h1_0 |
| 目的 1-1 | a1_1 | b1_1 | c1_1 | d1_1 | e1_1 | f1_1 | g1_1 | h1_1 |
| 目的 1-2 | a1_2 | b1_2 | c1_2 | d1_2 | e1_2 | f1_2 | g1_2 | h1_2 |
| 目的 1-3 | a1_3 | b1_3 | c1_3 | d1_3 | e1_3 | f1_3 | g1_3 | h1_3 |
| 目的 1-4 | a1_4 | b1_4 | c1_4 | d1_4 | e1_4 | f1_4 | g1_4 | h1_4 |



推測程序第5循環

| | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 目標 | a5_0 | b5_0 | c5_0 | d5_0 | e5_0 | f5_0 | g5_0 | h5_0 |
| 目的 5-1 | a5_1 | b5_1 | c5_1 | d5_1 | e5_1 | f5_1 | g5_1 | h5_1 |
| 目的 5-2 | a5_2 | b5_2 | c5_2 | d5_2 | e5_2 | f5_2 | g5_2 | h5_2 |
| 目的 5-3 | a5_3 | b5_3 | c5_3 | d5_3 | e5_3 | f5_3 | g5_3 | h5_3 |
| 目的 5-4 | a5_4 | b5_4 | c5_4 | d5_4 | e5_4 | f5_4 | g5_4 | h5_4 |



推測程序第10循環

| | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 目標 | a10_0 | b10_0 | c10_0 | d10_0 | e10_0 | f10_0 | g10_0 | h10_0 |
| 目的 10-1 | a10_1 | b10_1 | c10_1 | d10_1 | e10_1 | f10_1 | g10_1 | h10_1 |
| 目的 10-2 | a10_2 | b10_2 | c10_2 | d10_2 | e10_2 | f10_2 | g10_2 | h10_2 |
| 目的 10-3 | a10_3 | b10_3 | c10_3 | d10_3 | e10_3 | f10_3 | g10_3 | h10_3 |
| 目的 10-4 | a10_4 | b10_4 | c10_4 | d10_4 | e10_4 | f10_4 | g10_4 | h10_4 |

圖 12

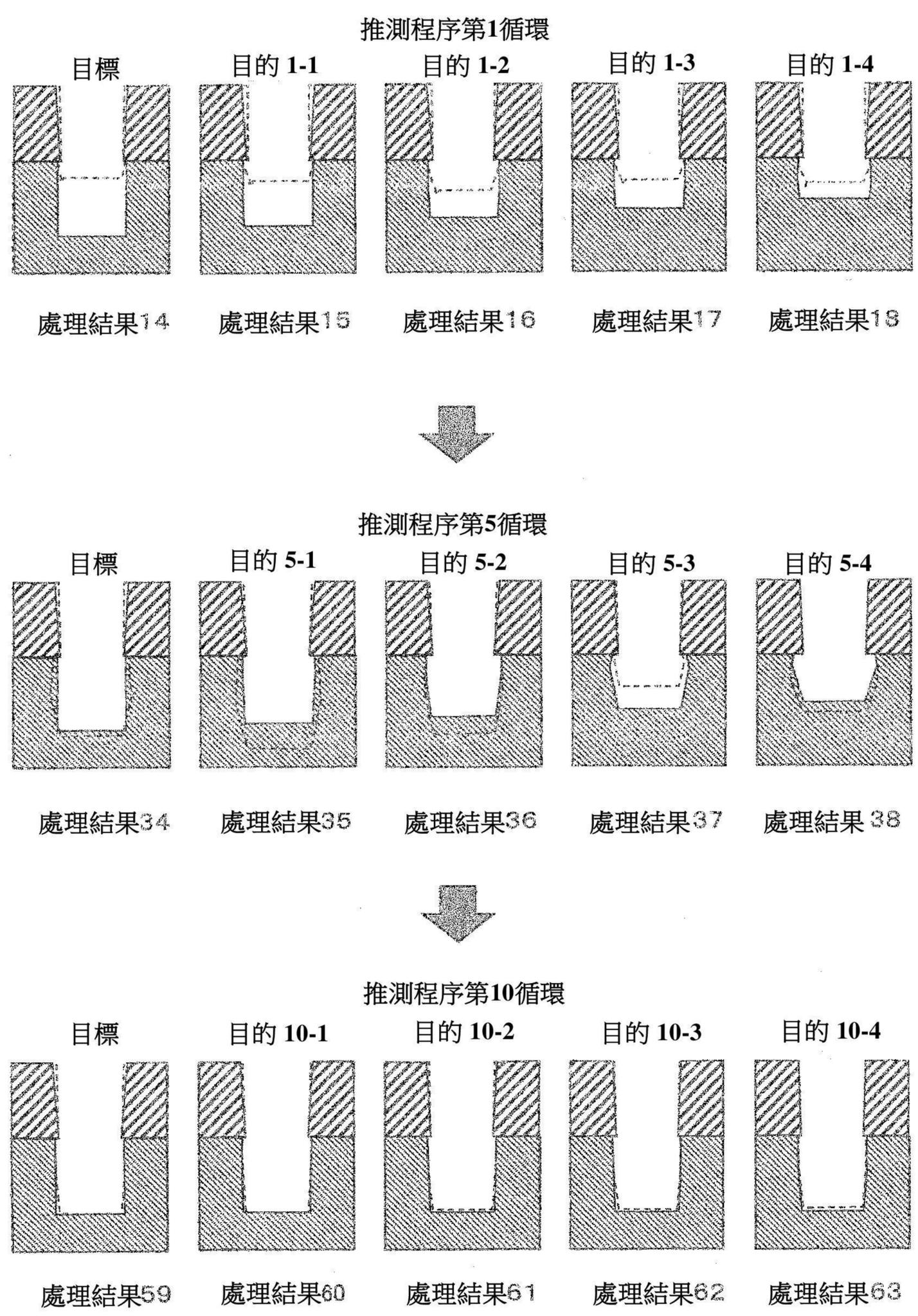


圖 13

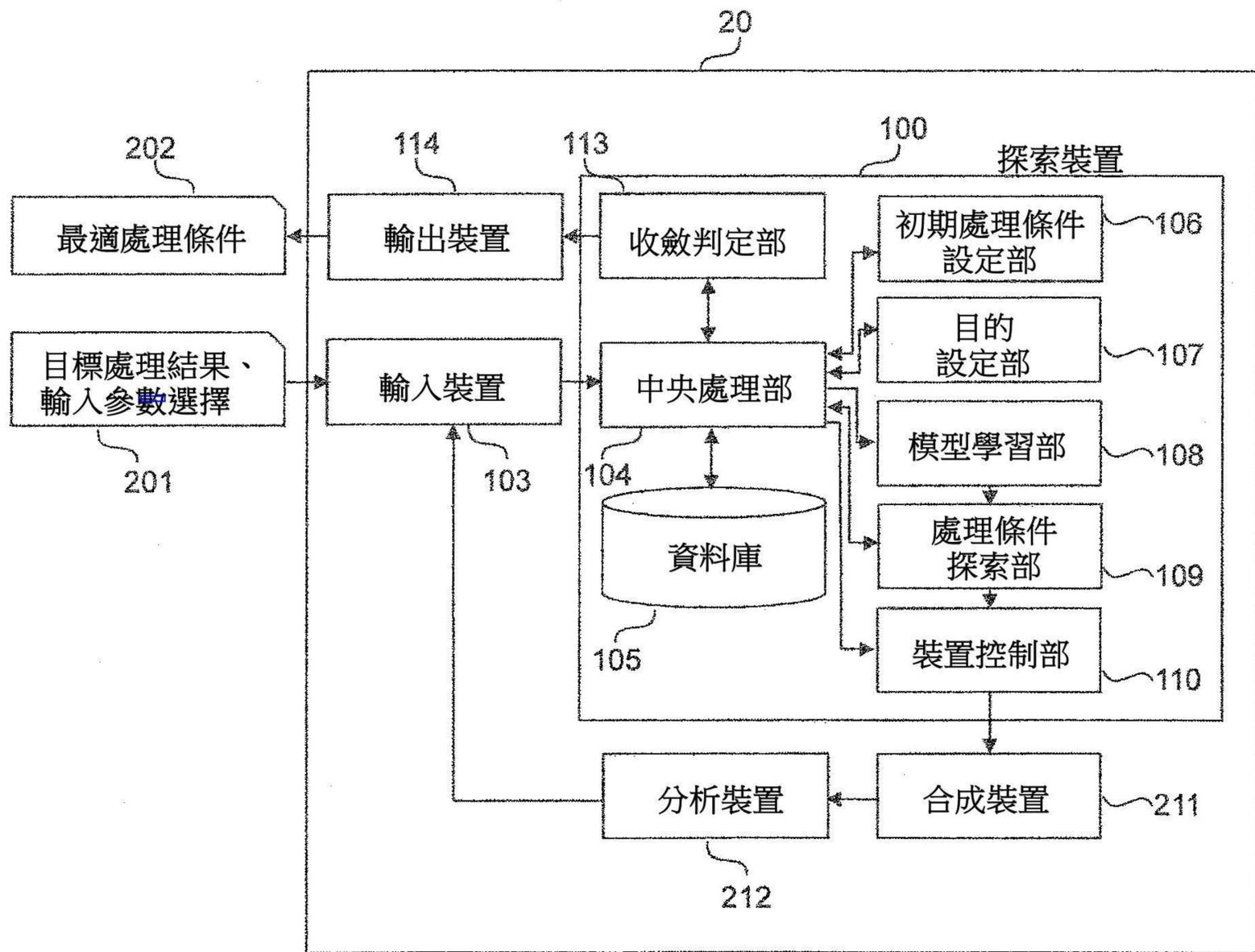


圖 14

| 輸出參數 | 融點 | 沸點 | 密度 | 熱傳導度 | 電傳導度 | 體積彈性率 |
|------|----|----|----|------|------|-------|
| 目標值 | a | b | c | d | e | f |
| 權重 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |

圖 15

| | 反應溫度 | 反應時間 | 攪拌數 | 材料1比 | 材料2比 | 材料3比 | 材料4比 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 最大值 | 100 | 10 | 1000 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 最小值 | 30 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |

圖 16

| | 反應溫度 | 反應時間 | 攪拌數 | 材料 1 | 材料 2 | 材料 3 | 材料 4 |
|----|------|------|-----|------|------|------|------|
| 選擇 | Y | Y | Y | Y | Y | Y | N |

圖 17

| | 反應溫度 | 反應時間 | 攪拌數 | 材料1比 | 材料2比 | 材料3比 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 條件 1 | 65 | 5.5 | 550 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| 條件 2 | 100 | 5.5 | 550 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| 條件 3 | 30 | 5.5 | 550 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| 條件 4 | 65 | 10 | 550 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| 條件 5 | 65 | 1 | 550 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| 條件 6 | 65 | 5.5 | 1000 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| 條件 7 | 65 | 5.5 | 100 | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| 條件 8 | 65 | 5.5 | 550 | 100 | 0 | 0 |
| 條件 9 | 65 | 5.5 | 550 | 0 | 50 | 50 |
| 條件 10 | 65 | 5.5 | 550 | 0 | 100 | 0 |
| 條件 11 | 65 | 5.5 | 550 | 50 | 0 | 50 |
| 條件 12 | 65 | 5.5 | 550 | 0 | 0 | 100 |
| 條件 13 | 65 | 5.5 | 550 | 50 | 50 | 0 |

圖 18

