



(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 I831836 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：108134237

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 23 日

(51)Int. Cl. : **B24B49/10 (2006.01)****B24B37/013 (2012.01)****H01L21/304 (2006.01)**

(30)優先權：2018/09/27 日本

2018-181352

(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：鈴木佑多 SUZUKI, YUTA (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

TW 201829127A

JP 2018-58197A

JP 2018-65212A

US 6594024B1

審查人員：阮顯程

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：22 共 81 頁

(54)名稱

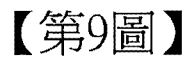
研磨裝置、研磨方法及機器學習裝置

(57)摘要

本發明提供一種改善了膜厚的測定精度的研磨裝置、研磨方法以及機器學習裝置。研磨單元(3A)具有狀態取得部(846)和學習部(848)。狀態取得部(846)能夠取得狀態變數，該狀態變數包括與構成研磨單元(3A)的頂環(31A)等的狀態有關的資料、及與半導體晶圓(16)的狀態有關的資料中的至少一個。學習部(848)藉由類神經網路學習完畢狀態變數與半導體晶圓(16)的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從狀態取得部(846)輸入狀態變數來預測變化、及/或能夠從狀態取得部(846)輸入狀態變數來判斷變化為異常。

A polishing unit 3A includes a state acquisition section 846 and a learning section. The state acquisition section can acquire a state variable including at least one of data on a state of a top ring making up the polishing unit and data on a state of a semiconductor wafer. The learning section has learned a relationship between the state variable and a change in film thickness of the semiconductor wafer using a neural network, the learning section being capable of receiving the state variable from the state acquisition section to predict the change and/or receiving the state variable from the state acquisition section to determine that the change is abnormal.

指定代表圖：



834 · · · 光學感測器

I831836

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 研磨裝置、研磨方法及機器學習裝置**【英文發明名稱】** POLISHING APPARATUS, POLISHING METHOD,
AND MACHINE LEARNING APPARATUS**【中文】**

本發明提供一種改善了膜厚的測定精度的研磨裝置、研磨方法以及機器學習裝置。研磨單元(3A)具有狀態取得部(846)和學習部(848)。狀態取得部(846)能夠取得狀態變數，該狀態變數包括與構成研磨單元(3A)的頂環(31A)等的狀態有關的資料、及與半導體晶圓(16)的狀態有關的資料中的至少一個。學習部(848)藉由類神經網路學習完畢狀態變數與半導體晶圓(16)的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從狀態取得部(846)輸入狀態變數來預測變化、及/或能夠從狀態取得部(846)輸入狀態變數來判斷變化為異常。

【英文】

A polishing unit 3A includes a state acquisition section 846 and a learning section. The state acquisition section can acquire a state variable including at least one of data on a state of a top ring making up the polishing unit and data on a state of a semiconductor wafer. The learning section has learned a relationship between the state variable and a change in film thickness of the semiconductor wafer using a neural network, the learning section being capable of receiving the state variable from the

state acquisition section to predict the change and/or receiving the state variable from the state acquisition section to determine that the change is abnormal.

【指定代表圖】 第9圖

【代表圖之符號簡單說明】

3A	第一研磨單元
10	研磨墊
14	擺動軸馬達
16	半導體晶圓
18	驅動器
18a	電流指令
18b	電流值
23	護環
24	頂環主體
26	臂轉矩檢測部
26a	臂轉矩
28	終點檢測部
30A	旋轉台
31A	頂環
50	渦電流感測器
65	控制部

65a	位置指令
65b	信號
101	研磨面
102	台軸
110	擺動臂(臂)
111	頂環軸
112	旋轉筒
113	正時帶輪
114	頂環用馬達
115	正時帶
116	正時帶輪
117	擺動臂軸
832	溫度感測器
834	光學感測器

【特徵化學式】 無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 研磨裝置、研磨方法及機器學習裝置

【英文發明名稱】 POLISHING APPARATUS, POLISHING METHOD,
AND MACHINE LEARNING APPARATUS

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種研磨裝置、研磨方法以及機械學習裝置。

【先前技術】

【0002】 近年，隨著半導體器件的高集成化的推進，電路的配線細微化，並且配線間的距離也不斷變得更狹窄。因此，需要使作為研磨對象物的半導體晶圓的表面平坦化，而作為該平坦化方法的一個手段，進行由化學機械研磨(CMP)裝置進行的研磨。

【0003】 研磨裝置具備：旋轉台，該旋轉台用於保持用於對研磨對象物進行研磨的研磨墊；以及頂環，該頂環保持研磨對象物並用於將研磨對象物按壓於研磨墊。旋轉台和頂環分別由驅動部(例如，馬達)旋轉驅動。使包括研磨劑的液體(漿料)在研磨墊上流動，並且將保持於頂環的研磨對象物推到研磨墊，從而對研磨對象物進行研磨。

【0004】 在研磨裝置中，當研磨對象物的研磨不充分時，不能實現電路間的絕緣，有產生短路的危險。另外，在過度研磨的情況下，會產生由配線的截面面積減小導致的電阻值的上升，或配線本身被完全去除，而不能形成電路本身等問題。另外，需要使表面整體高精度地平坦化。因此，

在研磨裝置中，要求檢測最佳的研磨終點、對表面整體上高精度地檢測研磨量。

【0005】 作為這樣的技術，存在日本特開 2012-135865 號所記載的渦電流式終點檢測感測器(以下，稱為“渦電流感測器”)等。在該渦電流感測器中，通過螺線管型或螺旋型的線圈來進行研磨對象物內的渦電流檢測。研磨對象物的膜厚變化，從而渦電流增加或減少。

【0006】 作為研磨終點檢測手段的其他方法，也已知有對研磨對象物的膜厚變化，研磨向不同材質的物質轉移時的研磨摩擦力的變化進行檢測的方法。研磨摩擦力的變化表現為上述的驅動部的馬達電流的變化，因此能夠通過馬達電流感測器對膜厚的變化進行檢測。另外，也存在通過光學感測器對研磨對象物的表面的反射率的變化進行檢測的方法。

【0007】 相對於在研磨過程中對研磨對象的膜厚進行測定的這些感測器的輸出，為了除去雜訊等，進行使感測器的輸出平均化的處理、雜訊過濾處理、及/或增幅的處理等處理。這些處理由模擬電路、或數位電路(軟體等)的處理系統進行。在這些處理複雜的情況下，在由感測器進行的測正時與處理結束時之間產生延遲(時間遲延)。另外，為了這些處理，有時也在研磨裝置內的通信系統中，或在研磨裝置與其他裝置之間的通信系統中，進行資料的發送和接收。有時也產生由資料的發送和接收用通信系統引起的延遲。其結果是，研磨裝置不能完全實時地掌握終點檢測、各種控制中所使用的膜厚資料。由於模擬電路、或數位電路的處理系統、通信系統進行處理期間，研磨也會進行，因此在處理系統、通信系統在處理結束時掌握的膜厚和處理結束時的實際的膜厚會產生誤差。

【0008】 隨著半導體器件的細微化的推進，所需的研磨量減少，研磨時間也變短，另一方面，對膜厚的測定精度的要求變高。因此，伴隨著處

理系統、通信系統的處理延遲而帶來的處理系統、通信系統掌握的膜厚的時間延遲的影響變大。

【0009】 另外，膜厚的變化由前文所述的渦電流感測器、馬達電流感測器、光學感測器等膜厚感測器進行檢測，但由這些感測器對膜厚進行測定的測定精度本身需要提高。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0010】

專利文獻 1：日本特開 2012-135865 號

【發明內容】

[發明要解決的課題]

【0011】 本發明的一個方式為了克服這樣的問題而做出，其目的在於，提供一種改善了膜厚的測定精度的研磨裝置、研磨方法以及機器學習裝置。

[用於解決課題的技術手段]

【0012】 為了解決上述課題，在方式一中，採用了如下結構：一種能夠對研磨對象物進行研磨的研磨裝置，具備：狀態取得部，該狀態取得部能夠取得狀態變數，該狀態變數包括：與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料、及與前述研磨對象物的狀態有關的資料中的至少一個；以及學習部，該學習部藉由類神經網路學習完畢前述狀態變數與前述研磨對象物的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀

態變數來預測前述變化、及/或能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來判斷前述變化為異常。

【0013】 在本實施型態中，由於具備能夠根據包括：與設備的狀態有關的資料、與研磨對象物的狀態有關的資料中的至少一個的狀態變數對變化進行學習的學習部，因此能夠提高終點檢測的精度。例如，通過學習膜厚檢測部和其他檢測部(溫度檢測部、對氣囊壓力進行檢測的壓力檢測部等)、消耗品的使用時間，能夠提高終點檢測的精度。另外，能夠提供一種能夠減少處理系統、通信系統掌握的膜厚的時間延遲的影響的機器學習裝置以及研磨裝置。

【0014】 此外，膜厚的變化，除了指膜厚本身的變化之外還指依存於膜厚的量的變化。例如，是指膜厚感測器輸出的資料本身的變化、或相對於膜厚感測器輸出的資料進行除去雜訊等處理的資料的變化。

【0015】 在方式二中，採用如下結構：在方式一所述的研磨裝置中，與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料包括：與前述設備的配置有關的資料、與前述設備的動作狀態有關的資料、以及與前述設備的消耗狀態有關的資料中的至少一個，與前述研磨對象物的狀態有關的資料包括：膜厚檢測部所檢測的資料、溫度檢測部所檢測的資料、壓力檢測部所檢測的資料、以及與前述研磨對象物的特性有關的資料中的至少一個，該膜厚檢測部能夠對前述研磨對象物的膜厚進行檢測，該溫度檢測部能夠對前述研磨對象物的溫度進行檢測，該壓力檢測部能夠對施加到前述研磨對象物的壓力進行檢測。

【0016】 在膜厚檢測部中包括馬達驅動部等，該馬達驅動部輸出指示膜厚感測器(渦電流方式、馬達電流方式、光學方式等)、馬達的電流值的電

流指令。在為馬達驅動部的情況下，膜厚檢測部(馬達驅動部)所檢測的資料為馬達的電流值或電流指令。

【0017】 在溫度檢測部中包括位於溫度感測器、研磨對象物的附近的電路的電阻等能夠檢測研磨對象物的溫度的電阻等。在壓力檢測部中包括控制部等，該控制部將施加到壓力感測器、研磨對象物的壓力作為控制電流、控制電壓或壓力指令輸出到壓力調節部。在控制部的情況下，壓力檢測部(控制部)所檢測的資料是控制電流、控制電壓或壓力指令。

【0018】 在方式三中，採用如下結構：在方式二所述的研磨裝置中，與前述設備的配置有關的資料包括：與頂環的位置有關的資料、與旋轉台的位置有關的資料、與臂的位置有關的資料、以及與修整器的位置有關的資料中的至少一個，該頂環能夠保持前述研磨對象物，該旋轉台能夠使用於對前述研磨對象物進行研磨的研磨墊旋轉，該臂保持前述頂環，該修整器能夠進行前述研磨墊的修整，與前述設備的動作狀態有關的資料包括：與前述頂環的轉速有關的資料、及與前述旋轉台的轉速有關的資料中的至少一個，與前述設備的消耗狀態有關的資料包括與構成前述研磨裝置的消耗品的使用時間有關的資料、及與前述消耗品的消耗量有關的資料中的至少一個，與前述研磨對象物的特性有關的資料包括與前述研磨對象物的材質有關的資料、及與前述研磨對象物由前述研磨裝置研磨之前具有的膜厚以及電路模式有關的資料中的至少一個。

【0019】 在方式四中，採用如下結構：在方式一至三中的任一項所述的研磨裝置中，前述研磨裝置具備判定資料取得部，該判定資料取得部取得對前述研磨裝置有無異常或異常的程度進行判定而得的判定資料，前述學習部能夠根據資料集來學習前述研磨對象物的膜厚的變化，該資料集係根據前述狀態變數以及前述判定資料的組合而創建者。

【0020】在方式五中，採用如下結構：在方式一至四中的任一項所述的研磨裝置中，前述學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來學習前述變化。

【0021】在方式六中，採用如下結構：一種研磨方法，係使電腦執行如下步驟：狀態取得步驟，在該狀態取得步驟中，取得狀態變數，該狀態變數包括：與構成能夠對研磨對象物進行研磨的研磨裝置的設備的狀態有關的資料、及與前述研磨對象物的狀態有關的資料中的至少一個；以及推定步驟，係從狀態取得部向學習部輸入前述狀態變數來預測前述研磨對象物的膜厚的變化、及/或從前述狀態取得部向學習部輸入前述狀態變數來判斷前述變化為異常，其中該學習部已藉由類神經網路學習完畢前述狀態變量與前述變化的關係。

【0022】在方式七中，採用如下結構：一種能夠學習研磨對象物的膜厚的變化的機器學習裝置，該研磨對象物能夠供研磨裝置進行研磨，具備：狀態取得部，該狀態取得部能夠取得狀態變數，該狀態變數包括與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料、及與前述研磨對象物的狀態有關的資料中的至少一個；以及學習部，該學習部藉由類神經網路學習完畢前述狀態變數與前述研磨對象物的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來預測前述變化、及/或能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來判斷前述變化為異常。

【0023】在方式八中，採用如下結構：一種能夠學習研磨對象物的膜厚的變化的機器學習裝置，該研磨對象物能夠供研磨裝置進行研磨，具備：狀態取得部，該狀態取得部能夠取得狀態變數，該狀態變數包括與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料、及與前述研磨對象物的狀態有關的資料中的至少一個；以及學習部，該學習部能夠藉由類神經網路學習前述

狀態變數與前述研磨對象物的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來學習前述變化、及/或能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來學習到前述變化為異常。

【0024】在方式九中，採用如下結構：一種電腦可讀取記錄介質，該電腦對研磨裝置進行控制，該研磨裝置能夠對研磨對象物進行研磨，該電腦可讀取記錄介質記錄有用於使電腦執行如下步驟的程式：

取得狀態變數，該狀態變數包括：與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料、及與前述研磨對象物的狀態有關的資料中的至少一個；以及

使用類神經網路生成至少一個特徵量，前述類神經網路具有：輸入前述狀態變數的複數個輸入節；輸出前述特徵量的輸出節點；以及連接前述輸入節點和前述輸出節點的複數個隱藏節點；

根據前述特徵量對前述研磨裝置進行控制。

特徵量是指學習部能夠輸出的資料，例如，是預測了前述研磨對象物的膜厚的變化的資料、及/或判定前述變化是否異常的資料。

【圖式簡單說明】

【0025】

第 1 圖是表示本發明的一個實施型態的基板處理裝置的整體結構的俯視圖。

第 2 圖是示意性地表示第一研磨單元的立體圖。

第 3 圖是示意性地表示頂環的構造的剖視圖。

第 4 圖是示意性地表示頂環的其他的構造例的剖視圖。

第 5 圖是用於說明使頂環旋轉以及擺動的機構的剖視圖。

第 6 圖是示意性地表示旋轉台的內部構造的剖視圖。

第 7 圖是表示具備光學式感測器的旋轉台的示意圖。

第 8 圖是表示具備微波感測器的旋轉台的示意圖。

第 9 圖是表示本發明的一個實施型態的研磨裝置的整體結構的概略圖。

第 10 圖是表示一個實施型態的終點檢測部的一例的方塊圖。

第 11 圖表示學習中使用的資料、算法和學習完畢模型的使用例。

第 12 圖是用於說明由第 10 圖中的機器學習裝置進行的學習處理的一例的流程圖。

第 13 圖是表示類神經網路的結構例的圖。

第 14 圖是用於說明遞歸型類神經網路的一例的圖。

第 15 圖是表示正常的膜厚的變化的例子的圖。

第 16 圖是表示異常的膜厚的變化的例子的圖。

第 17 圖是表示控制部對整體的控制的圖。

第 18 圖是表示另外的實施型態的結構的圖。

第 19 圖是表示第 18 圖的實施型態的變形例的圖。

第 20 圖是表示使用了 AI 的第一研磨單元的控制的方塊圖。

第 21 圖是表示使用了 AI 的第一研磨單元的控制的方塊圖。

第 22 圖是表示使用了 AI 的第一研磨單元的控制的方塊圖。

【實施方式】

【0026】 以下，參照圖式對本發明的實施型態進行說明。此外，在以下的各實施型態中，有時對於相同或相應的構件標記相同的圖式標記並省略重複的說明。另外，各實施型態中所表示的特徵只要不彼此矛盾就能夠應用於其他的實施型態。

【0027】第 1 圖是表示本發明的一個實施型態的基板處理裝置的整體結構的俯視圖。如第 1 圖所示，該基板處理裝置具備框體部、即在本實施型態中為大致矩形形狀的殼體 61。殼體 61 具有側壁 700。殼體 61 的內部由隔壁 1a、1b 劃分為裝載/卸載部 62、研磨部 63 和清洗部 64。這些裝載/卸載部 62、研磨部 63 以及清洗部 64 分別獨立地組裝，獨立地排氣。另外，基板處理裝置具有對基板處理動作進行控制的控制部 65。

【0028】裝載/卸載部 62 包括兩個以上(在本實施型態中為四個)前裝載部 20，在該前裝載部 20 載置儲存複數個半導體晶圓(基板)的晶圓盒。這些前裝載部 20 與殼體 61 相鄰地配置，並且沿著基板處理裝置的寬度方向(與長邊方向垂直的方向)排列。在前裝載部 20 能夠搭載開放式盒、SMIF (Standard Manufacturing Interface：標準製造接口)盒、或 FOUP(Front Opening Unified Pod：前開式晶片傳送盒)。在此，SMIF、FOUP 是在內部收納晶圓盒，並且通過用隔壁覆蓋，能夠保持與外部空間獨立的環境的密閉容器。

【0029】另外，在裝載/卸載部 62 沿著前裝載部 20 的排列鋪設有行駛機構 21。在行駛機構 21 上設置有可沿著晶圓盒的排列方向移動的兩台輸送機械手(裝載機)22。輸送機械手 22 通過在行駛機構 21 上移動而能夠訪問搭載於前裝載部 20 的晶圓盒。各輸送機械手 22 在上下包括兩隻手。在使處理後的半導體晶圓返回到晶圓盒時使用上側的手。在將處理前的半導體晶圓從晶圓盒取出時使用下側的手。像這樣，分開使用上下手。進一步，輸送機械手 22 的下側的手通過繞其軸心旋轉，能夠使半導體晶圓翻轉。

【0030】裝載/卸載部 62 是最需要保持清潔的狀態的區域。因此，裝載/卸載部 62 的內部始終維持成比基板處理裝置外部、研磨部 63 以及清洗

部 64 中的任一個都高的壓力。研磨部 63 由於使用漿料作為研磨液因此是最髒的區域。因此，在研磨部 63 的內部形成負壓，該壓力被維持成比清洗部 64 的內部壓力低。在裝載/卸載部 62 設置有過濾器風扇單元(未圖示)，該過濾器風扇單元具有 HEPA 過濾器、ULPA 過濾器、或化學過濾器等清潔空氣過濾器。從過濾器風扇單元始終吹出去除了顆粒、有毒蒸汽、有毒氣體的清淨空氣。

【0031】 研磨部 63 是進行半導體晶圓的研磨(平坦化)的區域，具備第一研磨單元 3A、第二研磨單元 3B、第三研磨單元 3C 和第四研磨單元 3D。如第 1 圖所示，第一研磨單元 3A、第二研磨單元 3B、第三研磨單元 3C 以及第四研磨單元 3D 沿著基板處理裝置的長邊方向排列。

【0032】 如第 1 圖所示，第一研磨單元 3A 包括旋轉台 30A、頂環 31A、研磨液供給噴嘴 32A、修整器 33A 和噴霧器 34A。在旋轉台 30A 安裝有具有研磨面的研磨墊 10。頂環(保持部)31A 保持半導體晶圓，且一邊將半導體晶圓按壓於旋轉台 30A 上的研磨墊 10 一邊對半導體晶圓進行研磨。研磨液供給噴嘴 32A 將研磨液、修整液(例如，純水)供給到研磨墊 10。修整器 33A 進行研磨墊 10 的研磨面的修整。噴霧器 34A 將液體(例如純水)和氣體(例如氮氣)的混合流體或液體(例如純水)變成霧狀並向研磨面噴射。

【0033】 同樣地，第二研磨單元 3B 包括安裝有研磨墊 10 的旋轉台 30B、頂環 31B、研磨液供給噴嘴 32B、修整器 33B 和噴霧器 34B。第三研磨單元 3C 包括安裝有研磨墊 10 的旋轉台 30C、頂環 31C、研磨液供給噴嘴 32C、修整器 33C 以及噴霧器 34C。第四研磨單元 3D 包括安裝有研磨墊 10 的旋轉台 30D、頂環 31D、研磨液供給噴嘴 32D、修整器 33D 以及噴霧器 34D。

【0034】 第一研磨單元 3A、第二研磨單元 3B、第三研磨單元 3C 以及第四研磨單元 3D 具有彼此相同的結構，因此關於研磨單元的詳細內容，以下，將以第一研磨單元 3A 作為對象進行說明。

【0035】 第 2 圖是示意性地表示第一研磨單元 3A 的立體圖。頂環 31A 被頂環軸 636 支承。在旋轉台 30A 的上表面貼附有研磨墊 10，該研磨墊 10 的上表面構成研磨半導體晶圓 16 的研磨面。此外，能夠代替研磨墊 10 而使用固定磨粒。頂環 31A 以及旋轉台 30A 如箭頭所示構成為繞其軸心旋轉。半導體晶圓 16 通過真空吸附而保持在頂環 31A 的下表面。在研磨時，研磨液從研磨液供給噴嘴 32A 被供給到研磨墊 10 的研磨面，作為研磨對象的半導體晶圓 16 通過頂環 31A 而被按壓於研磨面並被研磨。

【0036】 第 3 圖是示意性地表示頂環 31A 的構造的剖視圖。頂環 31A 經由萬向接頭 637 而連結於頂環軸 636 的下端。萬向接頭 637 是容許頂環 31A 和頂環軸 636 彼此的傾動，且將頂環軸 636 的旋轉傳遞給頂環 31A 的球窩接頭。頂環 31A 包括：大致圓盤狀的頂環主體 638；以及配置於頂環主體 638 的下部的護環 640。頂環主體 638 由金屬、陶瓷等強度以及剛性較高的材料形成。另外，護環 640 由剛性較高的樹脂材料或陶瓷等形成。此外，也可以將護環 640 與頂環主體 638 一體地形成。

【0037】 在形成於頂環主體 638 以及護環 640 的內側的空間內，容納有圓形的彈性墊 642、環狀的加壓片 643 和大致圓盤狀的夾持板 644，彈性墊 642 與半導體晶圓 16 抵接，加壓片 643 由彈性膜構成，夾持板 644 保持彈性墊 642。彈性墊 642 的上周端部被夾持板 644 保持，在彈性墊 642 與夾持板 644 之間設置有四個壓力室(氣囊)P1、P2、P3、P4。壓力室 P1、P2、P3、P4 由彈性墊 642 和夾持板 644 形成。加壓空氣等加壓流體分別經由流體通路 651、652、653、654 而被供給到壓力室 P1、P2、P3、P4，或

者在壓力室 P1、P2、P3、P4 進行抽真空。中央的壓力室 P1 是圓形的，其他的壓力室 P2、P3、P4 是環狀的。這些壓力室 P1、P2、P3、P4 排列在同心上。

【0038】 壓力室 P1、P2、P3、P4 的內部壓力能夠通過後述的壓力調節部而彼此獨立地變化，由此，能夠獨立地對相對於半導體晶圓 16 的四個區域、即中央部、內側中間部、外側中間部以及周緣部的按壓力進行調節。另外，通過使頂環 31A 的整體升降，能夠以規定的按壓力將護環 640 按壓於研磨墊 10。在夾持板 644 與頂環主體 638 之間形成有壓力室 P5，加壓流體經由流體通路 655 被供給到該壓力室 P5，或者在該壓力室 P5 進行抽真空。由此，夾持板 644 以及彈性墊 642 整體能夠在上下方向上運動。

【0039】 半導體晶圓 16 的周端部被護環 640 包圍，在研磨過程中半導體晶圓 16 不會從頂環 31A 飛出。在構成壓力室 P3 的彈性墊 642 的部位形成有開口(未圖示)，通過在壓力室 P3 形成真空，能使半導體晶圓 16 吸附保持於頂環 31A。另外，通過向該壓力室 P3 供給氮氣、乾燥空氣、壓縮空氣等，能使半導體晶圓 16 從頂環 31A 釋放。

【0040】 第 4 圖是示意性地表示頂環 31A 的其他構造例的剖視圖。在該例中，未設置夾持板，彈性墊 642 安裝於頂環主體 638 的下表面。另外，也未設置夾持板與頂環主體 638 之間的壓力室 P5。作為替代，在護環 640 與頂環主體 638 之間配置有彈性囊 646，在該彈性囊 646 的內部形成有壓力室 P6。護環 640 可相對於頂環主體 638 相對地上下運動。流體通路 656 與壓力室 P6 連通，加壓空氣等加壓流體能通過流體通路 656 而被供給到壓力室 P6。壓力室 P6 的內部壓力能夠通過後述的壓力調節部進行調節。因此，能夠獨立于相對於半導體晶圓 16 的按壓力而對護環 640 相對於研磨墊 10 的按壓力進行調節。其他的結構以及動作與第 3 圖所示的頂環的結

構是相同的。在本實施型態中，能夠使用第 3 圖或 4 中的任一種類型的頂環。

【0041】 第 4 圖是用於說明使頂環 31A 旋轉以及擺動的機構的剖視圖。頂環軸(例如，花鍵軸)636 旋轉自如地支承於頂環頭 660。另外，頂環軸 636 經由帶輪 661、662 以及帶 663 而與馬達 M1 的旋轉軸連結，頂環軸 636 以及頂環 31A 通過馬達 M1 繞其軸心旋轉。該馬達 M1 安裝於頂環頭 660 的上部。另外，頂環頭 660 和頂環軸 636 通過作為上下驅動源的氣壓缸 665 連結。頂環軸 636 以及頂環 31A 通過供給到該氣壓缸 665 的空氣(壓縮氣體)而一體地上下運動。此外，也可代替氣壓缸 665，而將具有滾珠螺桿以及伺服馬達的機構作為上下驅動源使用。

【0042】 頂環頭 660 經由軸承 672 而旋轉自如地支承于支承軸 667。該支承軸 667 是固定軸，並且為不旋轉的構造。在頂環頭 660 設置有馬達 M2，頂環頭 660 和馬達 M2 的相對位置是固定的。該馬達 M2 的旋轉軸經由未圖示的旋轉傳遞機構(齒輪等)而與支承軸 667 連結，通過使馬達 M2 旋轉，頂環頭 660 以支承軸 667 為中心擺動(搖擺)。因此，通過頂環頭 660 的擺動運動，支承在頂環頭 660 的頂端的頂環 31A 在旋轉台 30A 的上方的研磨位置與旋轉台 30A 的側方的輸送位置之間移動。此外，在本實施型態中，使頂環 31A 擺動的擺動機構由馬達 M2 構成。

【0043】 在頂環軸 636 的內部形成有在該頂環軸 636 的長度方向上延伸的貫通孔(未圖示)。上述的頂環 31A 的流體通路 651、652、653、654、655、656 通過該貫通孔而與設置於頂環軸 636 的上端的旋轉接頭 669 連接。經由該旋轉接頭 669 向頂環 31A 供給加壓氣體(清潔空氣)、氮氣等流體，另外氣體從頂環 31A 被抽真空排氣。在旋轉接頭 669 連接有與上述流體通路 651、652、653、654、655、656 連通的複數個流體管 670，這些流

體管 670 與壓力調節部 675 連接。另外，向氣壓缸 665 供給加壓空氣的流體管 671 也與壓力調節部 675 連接。

【0044】 壓力調節部 675 具有對向頂環 31A 供給的流體的壓力進行調節的電空調節器、與流體管 670、671 連接的配管、設置于這些配管的氣動閥、對作為這些氣動閥的工作源的空氣的壓力進行調節的電空調節器、以及在頂環 31A 形成真空的排出器等，並且這些集中地構成一個模塊(單元)。壓力調節部 675 固定於頂環頭 660 的上部。向頂環 31A 的壓力室 P1、P2、P3、P4、P5 供給的加壓氣體、向氣壓缸 665 供給的加壓空氣的壓力由該壓力調節部 675 的電空調節器調節。同樣地，通過壓力調節部 675 的排出器在頂環 31A 的氣囊 P1、P2、P3、P4 內、夾持板 644 與頂環主體 638 之間的壓力室 P5 內形成真空。

【0045】 像這樣，由於作為壓力調節設備的電空調節器、閥設置於頂環 31A 的附近，因此能提高頂環 31A 內的壓力的控制性。更具體而言，由於電空調節器和壓力室 P1、P2、P3、P4、P5 的距離短，因此相對於來自控制部 65 的壓力變更指令的響應性提高。同樣地，由於作為真空源的排出器也設置於頂環 31A 的附近，因此在頂環 31A 內形成真空時的響應性提高。另外，能夠將壓力調節部 675 的背面作為電裝設備的安裝用台座使用，進而可以不需要以往需要的安裝用的框架。

【0046】 頂環頭 660、頂環 31A、壓力調節部 675、頂環軸 636、馬達 M1、馬達 M2 和氣壓缸 665 構成為一個組件(以下，稱為頂環組件)。即，頂環軸 636、馬達 M1、馬達 M2、壓力調節部 675 和氣壓缸 665 安裝於頂環頭 660。頂環頭 660 構成為能夠從支承軸 667 拆卸。因此，通過將頂環頭 660 和支承軸 667 分離，能夠將頂環組件從基板處理裝置拆卸。根據這樣的結構，能夠提高支承軸 667、頂環頭 660 等的維護性。例如，在從軸

承 672 產生異常噪音時，能夠容易地更換軸承 672，另外，在更換馬達 M2、旋轉傳遞機構(減速機)時，也不需要拆卸相鄰的設備。

【0047】 第 6 圖是示意性地表示旋轉台 30A 的內部構造的剖視圖。如第 6 圖所示，在旋轉台 30A 的內部埋設有對半導體晶圓 16 的膜的狀態進行檢測的感測器 676。在該例中，使用渦電流感測器作為感測器 676。感測器 676 的信號被發送到控制部 65，並且通過控制部 65 生成表示膜厚的監控信號。該監控信號(以及感測器信號)的值不是表示膜厚本身的值，但監控信號的值根據膜厚而變化。因此，監控信號能夠被稱為表示半導體晶圓 16 的膜厚的信號。

【0048】 控制部 65 根據監控信號確定各個壓力室 P1、P2、P3、P4 的內部壓力，並且能向壓力調節部 675 發出指令以使得在各個壓力室 P1、P2、P3、P4 形成確定後的內部壓力。控制部 65 作為壓力控制部和終點檢測部發揮作用，該壓力控制部根據監控信號對各個壓力室 P1、P2、P3、P4 的內部壓力進行操作，該終點檢測部對研磨終點進行檢測。

【0049】 和第一研磨單元 3A 同樣地，感測器 676 也設置於第二研磨單元 3B、第三研磨單元 3C 以及第四研磨單元 3D 的旋轉台。控制部 65 根據從各個研磨單元 3A~3D 的感測器 676 發送來的信號生成監控信號，並且對在各個研磨單元 3A~3D 中的半導體晶圓的研磨進展進行監視。在複數個半導體晶圓被研磨單元 3A~3D 研磨的情況下，控制部 5 在研磨過程中對表示半導體晶圓的膜厚的監控信號進行監視，並且根據這些監控信號，對頂環 31A~31D 的按壓力進行控制以使研磨單元 3A~3D 中的研磨時間大致相同。通過像這樣根據監控信號而對研磨過程中的頂環 31A~31D 的按壓力進行調節，能夠使研磨單元 3A~3D 中的研磨時間平均化。

【0050】半導體晶圓 16 可以由第一研磨單元 3A、第二研磨單元 3B、第三研磨單元 3C 和第四研磨單元 3D 中的任一研磨單元研磨，或也可以由從這些研磨單元 3A~3D 中預先選擇的複數個研磨單元連續地研磨。例如，可以按照第一研磨單元 3A→第二研磨單元 3B 的順序對半導體晶圓 16 進行研磨，或也可以按照第三研磨單元 3C→第四研磨單元 3D 的順序對半導體晶圓 16 進行研磨。進一步，也可以按照第一研磨單元 3A→第二研磨單元 3B→第三研磨單元 3C→第四研磨單元 3D 的順序對半導體晶圓 16 進行研磨。在任何一種情況下，都能夠通過使所有的研磨單元 3A~3D 的研磨時間平均化來提高處理能力。

【0051】渦電流感測器適合在半導體晶圓的膜是金屬膜的情況下使用。在半導體晶圓的膜是氧化膜等具有透光性的膜的情況下，能夠使用光學式感測器作為感測器 76。或者，也可以使用微波感測器作為感測器 76。微波感測器能夠在金屬膜以及非金屬膜的任何一種情況下使用。以下，對光學式感測器以及微波感測器的一例進行說明。

【0052】第 7 圖是表示具備光學式感測器的旋轉台的示意圖。如第 7 圖所示，在旋轉台 30A 的內部埋設有對半導體晶圓 16 的膜的狀態進行檢測的光學式感測器 676。該感測器 676 向半導體晶圓 16 照射光，並且根據來自半導體晶圓 16 的反射光的強度(反射強度或反射率)對半導體晶圓 16 的膜的狀態(膜厚等)進行檢測。

【0053】另外，在研磨墊 10 安裝有用於使來自感測器 676 的光透射過的透光部 677。該透光部 677 由透射過率較高的材質形成，例如，由非發泡型聚氨酯等形成。或者，也可以通過在研磨墊 10 設置貫通孔，並且在該貫通孔被半導體晶圓 16 封閉的期間使透明液體從下方流過來構成透光

部 677。透光部 677 配置於在被保持於頂環 31A 的半導體晶圓 16 的中心通過的位置。

【0054】如第 7 圖所示，感測器 676 包括：光源 678a；作為發光部的發光光纖 678b，該發光光纖 678b 將來自光源 678a 的光照射到半導體晶圓 16 的被研磨面；作為受光部的受光光纖 678c，該受光光纖 678c 接收來自被研磨面的反射光；分光器單元 678d，該分光器單元 678d 在內部具有分光器以及複數個受光元件，該分光器對通過受光光纖 678c 接收的光進行分光，該受光元件將被該分光器分光後的光作為電性資訊而積存；動作控制部 678e，該動作控制部 678e 進行光源 678a 的接通以及斷開、分光器單元 678d 內的受光元件的讀取開始時序等的控制；以及電源 678f，該電源 678f 向動作控制部 678e 供給電力。此外，經由動作控制部 678e 將電力供給到光源 678a 以及分光器單元 678d。

【0055】發光光纖 678b 的發光端和受光光纖 678c 的受光端構成為相對於半導體晶圓 16 的被研磨面大致垂直。作為分光器單元 678d 內的受光元件，能夠使用例如 128 元件的光二極體陣列。分光器單元 678d 與動作控制部 678e 連接。來自分光器單元 678d 內的受光元件的資訊被發送到動作控制部 678e，並且根據該資訊生成反射光的光譜資料。即，動作控制部 678e 讀取積存在受光元件的電性資訊並生成反射光的光譜資料。該光譜資料表示根據波長而分解的反射光的強度，並根據膜厚的變化而變化。

【0056】動作控制部 678e 與上述控制部 65 連接。這樣一來，在動作控制部 678e 所生成的光譜資料被發送到控制部 65。在控制部 65 中，根據從動作控制部 678e 接收到的光譜資料，計算出與半導體晶圓 16 的膜厚相關聯的特性值，並將該特性值作為監控信號使用。

【0057】第 8 圖是表示具備微波感測器的旋轉台的示意圖。感測器 676 包括：將微波朝向半導體晶圓 16 的被研磨面照射的天線 680a；向天線 680a 供給微波的感測器主體 680b；以及連接天線 680a 和感測器主體 680b 的導波管 681。天線 680a 埋設於旋轉台 30A，並且被配置成與保持於頂環 31A 的半導體晶圓 16 的中心位置相對。

【0058】感測器主體 680b 包括：生成微波並向天線 680a 供給微波的微波源 680c；使由微波源 680c 所生成的微波(入射波)和從半導體晶圓 16 的表面反射的微波(反射波)分離的分離器 680d；以及接收被分離器 680d 分離出的反射波並檢測反射波的振幅以及相位的檢測部 680e。此外，作為分離器 680d，適合使用方向性結合器。

【0059】天線 680a 經由導波管 681 與分離器 680d 連接。微波源 680c 與分離器 680d 連接，由微波源 680c 所生成的微波經由分離器 680d 以及導波管 681 而被供給到天線 680a。微波從天線 680a 朝向半導體晶圓 16 照射，並且透射過(貫通)研磨墊 10 而到達半導體晶圓 16。來自半導體晶圓 16 的反射波再次透射過研磨墊 10 後由天線 680a 接收。

【0060】反射波從天線 680a 經由導波管 681 而被發送到分離器 680d，通過分離器 680d 分離入射波和反射波。被分離器 680d 分離出的反射波被發送到檢測部 680e。在檢測部 680e 檢測反射波的振幅以及相位。反射波的振幅被檢測為電力(dbm 或 W)或電壓(V)，反射波的相位由內置在檢測部 680e 的相位計量器(未圖示)檢測。被檢測部 680e 檢測出的反射波的振幅以及相位被發送到控制部 65，並且在此，根據反射波的振幅以及相位對半導體晶圓 16 的金屬膜、非金屬膜等的膜厚進行解析。解析所得到的值作為監控信號被控制部 65 監視。

【0061】如第 1 圖所示，修整器 33A 包括：修整器臂 685；旋轉自如地安裝於修整器臂 685 的頂端的修整構件 686；連結於修整器臂 685 的另一端的擺動軸 688；以及作為驅動機構的馬達，該馬達以擺動軸 688 為中心使修整器臂 685 擺動(搖擺)。修整構件 686 具有圓形的修整面，在修整面固定有硬質的粒子。作為該硬質的粒子，可以列舉金剛石粒子、陶瓷粒子等。在修整器臂 685 內內置有未圖示的馬達，修整構件 686 能通過該馬達旋轉。擺動軸 688 與未圖示的升降機構連結，修整器臂 685 通過該升降機構下降，從而修整構件 686 按壓研磨墊 10 的研磨面。

【0062】第 1 圖所示的噴霧器 34A 包括：在下部具有一個或複數個噴射孔的臂 690；與該臂 690 連結的流體流路 691；以及支承臂 690 的擺動軸 694。在臂 690 的下部等間隔地形成有複數個噴射孔。

【0063】作為所使用的流體的例子，可以列舉液體(例如純水)、或液體和氣體的混合流體(例如，純水和氮氣的混合流體)等。流體流路與臂 690 的噴射孔連通，流體成為霧狀並從噴射孔向研磨墊 10 的研磨面噴射。

【0064】臂 690 能夠以擺動軸 694 為中心而在清洗位置與退避位置之間回旋。臂 690 的可動角度是大約 90° 。通常，臂 690 處於清洗位置，如第 1 圖所示，沿著研磨墊 10 的研磨面的徑向配置。在更換研磨墊 10 等維護時，臂 690 通過手動而移動到退避位置。因此，在維護時不需要拆卸臂 690 而能夠提高維護性。此外，也可以將旋轉機構連結於擺動軸 694，並且通過該旋轉機構使臂 690 回旋。

【0065】設置該噴霧器 34A 的目的在於通過高壓的流體對殘留在研磨墊 10 的研磨面的研磨屑、磨粒等進行沖洗。通過由噴霧器 34A 的流體壓帶來的研磨面的淨化、由作為機械接觸的修整器 33A 進行的研磨面的整形作業，能夠達成更佳的修整、即研磨面的翻新。通常，在接觸型的修整

器(金剛石修整器等)進行修整後，進行由噴霧器進行的研磨面的翻新的情況較多。

【0066】 接下來，根據第 1 圖對用於輸送半導體晶圓的輸送機構進行說明。輸送機構包括升降器 11、第一線性輸送機 66、擺動式輸送機 12、第二線性輸送機 67 和臨時放置台。

【0067】 升降器 11 從輸送機械手 22 接收半導體晶圓。第一線性輸送機 66 在第一輸送位置 TP1、第二輸送位置 TP2、第三輸送位置 TP3 以及第四輸送位置 TP4 之間輸送從升降器 11 接收到的半導體晶圓。第一研磨單元 3A 以及第二研磨單元 3B 從第一線性輸送機 66 接收半導體晶圓並對半導體晶圓進行研磨。第一研磨單元 3A 以及第二研磨單元 3B 將研磨後的半導體晶圓交接給第一線性輸送機 66。

【0068】 擺動式輸送機 12 在第一線性輸送機 66 與第二線性輸送機 67 之間進行半導體晶圓的交接。第二線性輸送機 67 在第五輸送位置 TP5、第六輸送位置 TP6 以及第七輸送位置 TP7 之間輸送從擺動式輸送機 12 接收到的半導體晶圓。第三研磨單元 3C 以及第四研磨單元 3D 從第二線性輸送機 67 接收半導體晶圓並對半導體晶圓進行研磨。第三研磨單元 3C 以及第四研磨單元 3D 將研磨後的半導體晶圓交接給第二線性輸送機 67。由研磨單元進行了研磨處理的半導體晶圓通過擺動式輸送機 12 被放置到臨時放置台。

【0069】 如第 1 圖所示，清洗部 64 被劃分為第一清洗室 190、第一輸送室 191、第二清洗室 192、第二輸送室 193 和乾燥室 194。在第一清洗室 190 內配置有沿著縱向排列的上側一次清洗組件以及下側一次清洗組件。上側一次清洗組件配置於下側一次清洗組件的上方。同樣地，在第二清洗室 192 內配置有沿著縱向排列的上側二次清洗組件以及下側二次清洗

組件。上側二次清洗組件配置於下側二次清洗組件的上方。一次以及二次清洗組件是使用清洗液對半導體晶圓進行清洗的清洗機。由於這些一次以及二次清洗組件沿著垂直方向排列，因此可獲得佔用面積小這樣的優點。

【0070】 在上側二次清洗組件與下側二次清洗組件之間設置有半導體晶圓的臨時放置台。在乾燥室 194 內配置有沿著縱向排列的上側乾燥組件以及下側乾燥組件。這些上側乾燥組件以及下側乾燥組件彼此分離。在上側乾燥組件以及下側乾燥組件的上部設置有將乾淨的空氣分別供給到乾燥組件內的過濾器風扇單元。上側一次清洗組件、下側一次清洗組件、上側二次清洗組件、下側二次清洗組件、臨時放置台、上側乾燥組件以及下側乾燥組件經由螺栓等而被固定於框架。

【0071】 在第一輸送室 191 配置有能夠上下運動的第一輸送機械手，在第二輸送室 193 配置有能夠上下運動的第二輸送機械手。第一輸送機械手以及第二輸送機械手分別移動自如地支承於在縱向上延伸的支承軸。第一輸送機械手以及第二輸送機械手在其內部具有馬達等驅動機構，沿著支承軸在上下移動自如。與輸送機械手 22 同樣地，第一輸送機械手具有上下兩級的手。第一輸送機械手的下側的手配置於能夠訪問上述臨時放置台的位置。在第一輸送機械手的下側的手訪問臨時放置台時，設置於隔壁 1b 的閘門打開。

【0072】 第一輸送機械手進行動作以在臨時放置台、上側一次清洗組件、下側一次清洗組件、臨時放置台、上側二次清洗組件和下側二次清洗組件之間輸送半導體晶圓 16。在輸送清洗前的半導體晶圓(附著有漿料的半導體晶圓)時，第一輸送機械手使用下側的手，在輸送清洗後的半導體晶圓時，第一輸送機械手使用上側的手。第二輸送機械手進行動作以在上側二次清洗組件、下側二次清洗組件、臨時放置台、上側乾燥組件、下側乾

燥組件之間輸送半導體晶圓 16。第二輸送機械手由於僅輸送清洗後的半導體晶圓，因此僅包括一隻手。第 1 圖所示的輸送機械手 22 使用其上側的手從上側乾燥組件或下側乾燥組件取出半導體晶圓，並且使該半導體晶圓返回到晶圓盒。在輸送機械手 22 的上側手訪問乾燥組件時，設置於隔壁 1a 的閘門(未圖示)打開。

【0073】 清洗部 64 由於具備兩台一次清洗組件以及兩台二次清洗組件，因此能夠構成並列地對複數個半導體晶圓進行清洗的複數個清洗線路。“清洗線路”是指在清洗部 64 的內部，一個半導體晶圓被複數個清洗組件清洗時的移動路徑。例如，能夠按照第一輸送機械手、上側一次清洗組件 A、第一輸送機械手、上側二次清洗組件、第二輸送機械手、以及上側乾燥組件的順序輸送一個半導體晶圓，與此並列地，按照第一輸送機械手、下側一次清洗組件、第一輸送機械手、下側二次清洗組件、第二輸送機械手、以及下側乾燥組件的順序輸送其他的半導體晶圓。這樣一來，通過兩個並列的清洗線路，能夠幾乎同時地對複數個(典型地為兩片)半導體晶圓進行清洗以及乾燥。

【0074】 乾燥後的半導體晶圓 16 通過第 1 圖所示的輸送機械手 22 被從乾燥組件 205A 取出，並且返回到晶圓盒。這樣一來，對半導體晶圓進行包括研磨、清洗以及乾燥的一連串的处理。根據上述那樣構成的乾燥組件 205A，能夠迅速且有效地乾燥半導體晶圓 16 的兩個表面，另外，能夠準確地控制乾燥處理的結束時間點。因此，用於乾燥處理的處理時間不會成為清洗過程整體的控速程序。另外，由於能夠使形成於清洗部 64 的上述的複數個清洗線路上的處理時間平均化，因此能夠提高過程整體的總處理能力。

【0075】 根據本實施型態，在將半導體晶圓輸送到研磨裝置時(裝載前)，半導體晶圓處於乾燥狀態，在研磨和清洗結束後，在卸載前，半導體晶圓為乾燥狀態，並被卸載到基板盒。能夠將處於乾燥狀態的半導體晶圓從研磨裝置放入到盒中並取出。即，能夠乾進/乾出。

【0076】 被放置到臨時放置台的半導體晶圓經由第一輸送室 191 而被輸送到第一清洗室 190 或第二清洗室 192。在第一清洗室 190 或第二清洗室 192 中對半導體晶圓進行清洗處理。在第一清洗室 190 或第二清洗室 192 中被清洗處理後的半導體晶圓經由第二輸送室 193 而被向乾燥室 194 輸送。在乾燥室 194 中對半導體晶圓進行乾燥處理。乾燥處理後的半導體晶圓被輸送機械手 22 從乾燥室 194 取出並返回到盒。

【0077】 第 9 圖是表示本發明的一個實施型態的研磨單元(研磨裝置)的整體結構的概略圖。如第 9 圖所示，研磨裝置包括：旋轉台 30A；以及保持作為研磨對象物的半導體晶圓 16 等基板並將該基板按壓於旋轉臺上的研磨面的頂環 31A(保持部)。

【0078】 第一研磨單元 3A 是用於在研磨墊 10、及與研磨墊 10 相對地配置的半導體晶圓 16 之間進行研磨的研磨單元。第一研磨單元 3A 具有：用於保持研磨墊 10 的旋轉台 30A；以及用於保持半導體晶圓 16 的頂環 31A。第一研磨單元 3A 具有：用於保持頂環 31A 的擺動臂 110；用於擺動擺動臂 110 的擺動軸馬達 14(臂驅動部)；以及向擺動軸馬達 14 供給驅動電力的驅動器 18。進一步，第一研磨單元 3A 具有：對施加到擺動臂 110 的臂轉矩進行檢測的臂轉矩檢測部 26；以及根據臂轉矩檢測部 26 檢測到的臂轉矩 26a，對表示研磨結束的研磨終點進行檢測的終點檢測部 28。

【0079】 根據參照第 9 圖之後的圖式進行說明的本實施型態，能夠提供改善了膜厚的測定精度的第一研磨單元 3A。另外，本實施型態的第一研

磨單元 3A 能夠檢測膜厚的變化的異常。第一研磨單元 3A 具備機器學習裝置。在本實施型態中，作為研磨終點檢測手段，能夠使用如下方法：使用了渦電流感測器的方法、根據臂轉矩的方法、檢測並利用旋轉驅動旋轉台或頂環的驅動部的驅動負荷的方法等。本實施型態對在將頂環保持在擺動臂的端部的方式中根據臂轉矩進行研磨終點檢測的情況進行說明，但通過馬達電流對旋轉驅動旋轉台或頂環的驅動部的驅動負荷進行檢測，並進行研磨終點檢測也能夠同樣地實施。

【0080】 保持部、擺動臂、臂驅動部和轉矩檢測部構成組，具有相同的構成的組設置於第一研磨單元 3A、第二研磨單元 3B、第三研磨單元 3C、第四研磨單元 3D 的每一個。

【0081】 旋轉台 30A 經由台軸 102 而與配置在旋轉台 30A 的下方作為驅動部的馬達(未圖示)連結，並且可繞該台軸 102 旋轉。在旋轉台 30A 的上表面貼附有研磨墊 10，研磨墊 10 的表面 101 構成研磨半導體晶圓 16 的研磨面。在旋轉台 30A 的上方設置有研磨液供給噴嘴(未圖示)。研磨液 Q 通過研磨液供給噴嘴而被向旋轉台 30A 上的研磨墊 10 供給。如第 9 圖所示，也可以在旋轉台 30A 的內部埋設有渦電流感測器 50，該渦電流感測器 50 在半導體晶圓 16 內生成渦電流，通過檢測該渦電流而能夠檢測研磨終點。

【0082】 頂環 31A 由頂環主體 24 和護環 23 構成，頂環主體 24 將半導體晶圓 16 按壓於研磨面 101，護環 23 保持半導體晶圓 16 的外周緣以使半導體晶圓 16 不會從頂環飛出。

【0083】 頂環 31A 與頂環軸 111 連接。頂環軸 111 通過未圖示的上下運動機構而相對於擺動臂 110 上下運動。通過頂環軸 111 的上下運動，使頂環 31A 的整體相對於擺動臂 110 升降並定位。

【0084】另外，頂環軸 111 經由鍵(未圖示)而與旋轉筒 112 連結。在該旋轉筒 112 的外周部具備正時帶輪 113。在擺動臂 110 固定有頂環用馬達 114。上述正時帶輪 113 經由正時帶 115 而與設置於頂環用馬達 114 的正時帶輪 116 連接。當頂環用馬達 114 旋轉時，旋轉筒 112 以及頂環軸 111 經由正時帶輪 116、正時帶 115 以及正時帶輪 113 一體地旋轉，並且頂環 31A 旋轉。

【0085】擺動臂 110 與擺動軸馬達 14 的旋轉軸連接。擺動軸馬達 14 固定於擺動臂軸 117。因此，擺動臂 110 可旋轉地支承於擺動臂軸 117。

【0086】頂環 31A 能夠在其下表面保持半導體晶圓 16 等基板。擺動臂 110 能夠以擺動臂軸 117 為中心回旋。在下表面保持有半導體晶圓 16 的頂環 31A 通過擺動臂 110 的回旋而從半導體晶圓 16 的接收位置向旋轉台 30A 的上方移動。並且，使頂環 31A 下降，並將半導體晶圓 16 按壓於研磨墊 10 的表面(研磨面)101。此時，使頂環 31A 以及旋轉台 30A 分別旋轉。同時，將研磨液從設置於旋轉台 30A 的上方的研磨液供給噴嘴供給到研磨墊 10 上。這樣一來，使半導體晶圓 16 與研磨墊 10 的研磨面 101 滑動接觸，並對半導體晶圓 16 的表面進行研磨。

【0087】第一研磨單元 3A 具有旋轉驅動旋轉台 30A 的台驅動部(未圖示)。第一研磨單元 3A 也可以具有對施加到旋轉台 30A 的台轉矩進行檢測的台轉矩檢測部(未圖示)。台轉矩檢測部能夠根據作為旋轉電機的台驅動部的電流對台轉矩進行檢測。終點檢測部 28 可以僅根據臂轉矩檢測部 26 檢測到的臂轉矩 26a 對表示研磨的結束的研磨終點進行檢測，也可以考慮台轉矩檢測部檢測到的台轉矩，並對表示研磨的結束的研磨終點進行檢測。

【0088】 在第 9 圖中，在擺動臂 110 的與擺動軸馬達 14 連接的連接部中，臂轉矩檢測部 26 對施加到擺動臂 110 的臂轉矩 26a 進行檢測。具體而言，臂驅動部是使擺動臂 110 旋轉的擺動軸馬達(旋轉電機)14，臂轉矩檢測部 26 根據擺動軸馬達 14 的電流值，對施加到擺動臂 110 的臂轉矩 26a 進行檢測。擺動軸馬達 14 的電流值是依存於擺動臂 110 的與擺動軸馬達 14 連接的連接部中的臂轉矩的量。在本實施型態中，擺動軸馬達 14 的電流值是從驅動器 18 向擺動軸馬達 14 供給的電流值 18b 或在驅動器 18 內生成的後述的電流指令 18a。

【0089】 從控制部 65 向驅動器 18 輸入與擺動臂 110 的位置有關的位置指令 65a。位置指令 65a 是相當於擺動臂 110 相對於擺動臂軸 117 的旋轉角度的資料。另外，從內置地安裝在擺動軸馬達 14 的編碼器(未圖示)向驅動器 18 輸入擺動臂軸 117 的旋轉角度。

【0090】 電流指令 18a 是依存於擺動軸馬達 14 的電流值的量，並且是依存於臂轉矩的量。臂轉矩檢測部 26 對電流指令 18a 進行 AD 轉換、增幅、整流和有效值轉換等的處理中的至少一個處理之後，將其作為臂轉矩 26a 而輸出到終點檢測部 28。

【0091】 根據電流指令 18a 生成電流值。電流值是擺動軸馬達 14 的電流值本身，並且是依存於臂轉矩的量。臂轉矩檢測部 26 也可以根據電流值對施加到擺動臂 110 的臂轉矩進行檢測。臂轉矩檢測部 26 在檢測出電流值 18b 時，能夠使用霍爾感測器等電流感測器。

【0092】 能夠對用於旋轉驅動旋轉台的馬達 M3 第一電動機、參照第 2 圖)、用於旋轉驅動頂環 31A 的馬達 M1(第二電動機、參照第 5 圖)、以及用於擺動擺動臂的馬達 M2(第三電動機、參照第 5 圖)中的一個電動機的電流值進行檢測。終點檢測部 28 的膜厚計算部(參照第 10 圖)能夠根據電

流指令 18a、電流值與膜厚的對應關係求出膜厚。電流指令 18a、電流值與膜厚的對應關係能夠在例如研磨程序開始前求出，並且存儲在膜厚計算部 830 內。

【0093】 接下來，參照第 10 圖，對能夠學習半導體晶圓 16(研磨對象物)的膜厚的變化的終點檢測部 28(機器學習裝置)進行說明。終點檢測部 28 具備：狀態取得部 846，該狀態取得部 846 能夠取得包括與構成第一研磨單元 3A 的設備的狀態有關的資料、及與半導體晶圓 16 的狀態有關的資料中的至少一個的狀態變數；以及學習部 848，該學習部 848 能夠根據狀態變數學習變化。構成第一研磨單元 3A 的設備是指例如頂環 31A、旋轉台 30A、研磨液供給噴嘴 32A、修整器 33A、噴霧器 34A 等構成第一研磨單元 3A 的設備。

【0094】 與構成第一研磨單元 3A 的設備的狀態有關的資料包括與設備的配置有關的資料、與設備的動作狀態有關的資料以及與設備的消耗狀態有關的資料中的至少一個。

【0095】 與半導體晶圓 16 的狀態有關的資料包括能夠對半導體晶圓 16 的膜厚進行檢測的膜厚計算部 830 所檢測的資料、能夠對半導體晶圓 16 的穩定進行檢測的溫度感測器 832(溫度檢測部)所檢測的資料、能夠對施加到半導體晶圓 16 的壓力進行檢測的控制部 65(壓力檢測部)所檢測的資料以及與研磨對象物的特性有關的資料中的至少一個。關於施加到半導體晶圓 16 的壓力，控制部 65 例如能夠使用設置於流體通路 651、652、653、654 的壓力感測器來對壓力進行檢測。

【0096】 這些資料被發送到終點檢測部 28 內的狀態取得部 846 以用於學習。即，膜厚計算部 830 所檢測的資料作為輸出 830a 而從膜厚計算部 830 被發送到狀態取得部 846。溫度感測器 832(溫度檢測部)所檢測的資

料從溫度感測器 832 被發送到狀態取得部 846。控制部 65(壓力檢測部)所檢測的資料作為信號 65b 而從控制部 65 被發送到狀態取得部 846。

【0097】除了溫度感測器 832 之外，溫度檢測部還包括位於半導體晶圓 16 的附近的第一研磨單元 3A 內的電路的電阻等，該電阻等能夠對半導體晶圓 16 的溫度進行檢測。溫度感測器 832 配置於半導體晶圓 16 的附近，溫度感測器 832 的輸出被發送到終點檢測部 28 內的狀態取得部 846。

【0098】在壓力檢測部中包括壓力感測器、控制部 65 等，該控制部 65 將施加到半導體晶圓 16 的壓力作為壓力指令輸出到壓力調節部 675。在控制部 65 為壓力檢測部的情況下，控制部 65 所檢測的資料也可以是壓力指令。除了壓力調節部 675 之外，壓力指令還從控制部 65 作為信號 65b 而被輸出到狀態取得部 846 以用於學習。

【0099】與設備的配置有關的資料包括與能夠保持研磨對象物的頂環 31A 的位置有關的資料、與能夠旋轉用於對研磨對象物進行研磨的研磨墊的旋轉台 30A 的位置有關的資料、與保持頂環 31A 的臂 110 的位置有關的資料、以及與能夠進行研磨墊 10 的修整的修整器 33A 的位置有關的資料中的至少一個。

【0100】在與頂環 31A 的位置有關的資料中例如包括旋轉台 30A 的平面上的位置(二維坐標值)、及/或頂環 31A 的旋轉角度。在與旋轉台 30A/臂 110/修整器 33A 的位置有關的資料中例如包括旋轉台 30A/臂 110/修整器 33A 的旋轉角度。此外，在本說明書中，“/”的含義是“及/或”。在與頂環 31A/旋轉台 30A/臂 110/修整器 33A 的位置有關的資料中例如包括旋轉台 30A 的平面上的這些設備的相對的位置(二維坐標值)。

【0101】在與設備的配置有關的資料中也可以包括與半導體晶圓 16 的位置有關的資料。在與半導體晶圓 16 的位置有關的資料中例如包括旋轉

台 30A 的平面上的位置(二維坐標值)、及/或半導體晶圓 16 的旋轉角度。例如，控制部 65/狀態取得部 846 也可以根據與上述的頂環 31A/旋轉台 30A/臂 110/修整器 33A 的位置有關的資料對與半導體晶圓 16 的位置有關的資料進行計算。

【0102】 這些資料例如是從控制部 65 被輸出到分別驅動保持頂環 31A 的臂、保持旋轉台 30A、研磨液供給噴嘴 32A 的臂、以及修整器 33A 的臂的驅動部的控制指令。控制指令例如是旋轉角度。除了驅動部之外，控制指令還從控制部 65 作為信號 65b 而被輸出到狀態取得部 846 以用於學習。

【0103】 與設備的動作狀態有關的資料包括與頂環 31A 的轉速有關的資料、及與旋轉台的轉速有關的資料中的至少一個。這些資料是從控制部 65 輸出到分別旋轉驅動頂環 31A 以及旋轉台 30A 的驅動部的控制指令。控制指令例如是轉速。除了驅動部之外，控制指令還從控制部 65 作為信號 65b 被輸出到狀態取得部 846 以用於學習。

【0104】 與設備的消耗狀態有關的資料包括與構成研磨裝置的消耗品的使用時間有關的資料以及與消耗品的消耗量有關的資料中的至少一個。消耗品例如是研磨墊 10/頂環 31A 的護環/薄膜。與研磨墊 10/頂環 31A 的護環/薄膜的使用時間有關的資料存儲在控制部 65 中。控制部 65 將與使用時間有關的資料作為信號 65b 輸出到狀態取得部 846 以用於學習。與研磨墊 10 的消耗量有關的資料是指研磨墊 10 的磨損量。磨損量由光學感測器 834 進行測定。光學感測器 834 通過對研磨墊 10 與光學感測器 834 之間的距離進行測定來對磨損量進行檢測。光學感測器 834 將與磨損量有關的資料輸出到狀態取得部 846 以用於學習。

【0105】 與半導體晶圓 16 的特性有關的資料，包括與半導體晶圓 16 自身或形成於半導體晶圓 16 上的膜/電路的材質有關的資料、及與在半導體晶圓 16 由研磨裝置研磨之前所具有的膜厚及電路模式有關的資料中的至少一個。與半導體晶圓 16 自身的材質有關的資料是表示材質為銅、鋁、Si、GaAs、SOI、玻璃、SiC、陶瓷、樹脂基板等的資料。或者，與半導體晶圓 16 的材質有關的資料是表示這些金屬的混合比、氧化膜的混合比的資料。與在被研磨之前具有的膜厚以及電路模式有關的資料例如是表示膜厚的數值資料、對電路模式進行分類後的資料。對電路模式進行分類的資料是指例如半導體晶圓 16 中所包含的複數個金屬成分的比例的數值資料。這些資料在研磨開始前由用戶輸入控制部 65。控制部 65 將這些資料作為信號 65c 輸出到狀態取得部 846。

【0106】 在本實施型態中，為了學習部 848 進行學習，作為能夠經由狀態取得部 846 而輸入到學習部 848 的資料，能夠是與以下的這樣的量有關的資料的一部分或全部：i)在研磨時擺動臂 110 從頂環 31A 接收的轉矩、ii)旋轉台 30A、頂環 31A、擺動軸馬達 14 的馬達電流、iii)從研磨開始經過的時間、iv)旋轉台 30A 的轉速、v)向半導體晶圓 16 按壓的按壓力的大小、vi)研磨墊 10 的溫度、vii)從研磨液供給噴嘴 32A 供給的漿料的流量、viii)半導體晶圓 16 的膜的種類(氧化膜、導電性膜等膜的種類)、ix)半導體晶圓 16 的膜厚、x)頂環 31A 的轉速、xi)擺動臂 110 的擺動速度、xii)研磨墊 10 的厚度、xiii)研磨墊 10 等消耗品的使用時間、xiv)光學式感測器的輸出、xv)渦電流感測器的輸出、xvi)微波感測器的輸出、xvii)超音波感測器的輸出、xviii)振動(聲波)感測器的輸出。

【0107】 這些資料中的、作為用於膜厚的變化的學習的較佳的資料例如存在以下七種：即，i)在研磨時擺動臂 110 從頂環 31A 接收的轉矩、iii)

從研磨開始經過的時間、iv)旋轉台 30A 的轉速、v)向半導體晶圓 16 按壓的按壓力的大小、vi)研磨墊 10 的溫度、x)頂環 31A 的轉速、xi)擺動臂 110 的擺動速度。

【0108】 作為用於膜厚的變化的學習的具體較佳的資料，例如存在以下五種：即，i)在研磨時擺動臂 110 從頂環 31A 接收的轉矩、iii)從研磨開始經過的時間、v)向半導體晶圓 16 按壓的按壓力的大小、vi)研磨墊 10 的溫度、xi)擺動臂 110 的擺動速度。

【0109】 作為用於膜厚的變化的學習更佳的資料，例如存在以下三種：即，i)在研磨時擺動臂 110 從頂環 31A 接收的轉矩、iii)從研磨開始經過的時間、vi)研磨墊 10 的溫度。此外，這些七種、五種、三種的資料的選擇並不限於此，也可以是其他的組合。另外，種類的數量也並不限於三、五、七，可以比這些數值多，也可以比這些數值少。用於膜厚的變化的學習的較佳的資料能夠根據研磨條件、半導體晶圓 16 的狀態等來確定。

【0110】 終點檢測部 28(機器學習裝置)具備判定資料取得部 844，該判定資料取得部 844 取得對第一研磨單元 3A 有無異常或異常的程度進行判定而得的判定資料。學習部 848 根據根據狀態變數以及判定資料的組合而創建的資料集來學習半導體晶圓 16 的膜厚的變化。

【0111】 學習部 848 能夠在學習半導體晶圓 16 的膜厚的變化之後預測變化。另外，學習部 848 能夠學習半導體晶圓 16 的膜厚的變化而判斷變化是正常還是異常。

【0112】 學習部 848 能夠輸出的資料並不限於預測膜厚的變化的資料(即，作為時間系列資料的膜厚的變化、研磨終點時刻等)、判斷變化是正常還是異常的資料(例如，在正常時輸出“1”，在異常時輸出“0”等)。作為學習部 848 能夠輸出的資料，例如存在以下資料。

【0113】 i)研磨終點時刻和此時的膜厚感測器(轉矩感測器、電流感測器、渦電流感測器等)的預測輸出、ii)研磨終點時刻和此時的膜厚感測器的預測輸出、對半導體晶圓 16 的壓力的預測值、iii)研磨終點時刻和此時的膜厚感測器的預測輸出、對半導體晶圓 16 的壓力的預測值、膜厚的預測分佈(例如，膜厚的均勻性)。當知曉膜厚感測器的預測輸出、對半導體晶圓 16 的壓力的預測值、膜厚的預測分佈等時，控制部 65 能夠變更/更新研磨條件(研磨參數)，並且能夠使研磨條件的控制最優化/提高研磨條件的控制精度。例如，控制部 65 進行變更對半導體晶圓 16 的壓力、變更旋轉台 30A 的旋轉速度等。當使旋轉速度變慢及/或使壓力變低時，研磨速度下降，並且能夠相對於目標的膜厚高精度地控制膜厚。這樣一來，學習部 848 能夠輸出控制部 65 所需的壓力等任意的控制參數。控制部 65 能夠相對於學習部 848 取得該輸入資料後的當前研磨過程中的半導體晶圓 16 進行研磨條件的變更/更新，及/或控制部 65 能夠相對於在接下來的研磨程序中進行研磨的半導體晶圓 16 進行研磨條件的變更/更新。

【0114】 除了研磨終點時刻處的壓力等任意的控制參數的預測值之外，學習部 848 也可以輸出期望的用於研磨的控制參數的目標值。研磨以膜厚的良好的均勻性和最終膜厚誤差少作為目標。學習部 848 也可以輸出用來更加符合該目標的壓力等任意的控制參數的目標值。控制部 65 能夠根據目標值進行研磨條件的變更/更新，並進行研磨條件的控制。目標值也可以隨著時間變化。

【0115】 學習部 848 的輸出能夠採取以下各種方式：i)學習部 848 輸出數值。例如，以數值的方式輸出預測的壓力等。ii)學習部 848 輸出程式。例如，在將壓力等作為時間等變數輸出等時，學習部 848 也可以輸出計算壓力等時間變化的程式。iii)學習部 848 輸出係數。例如，輸出將壓力等表

現為時間等的變數的計算公式的係數、構成學習部 848 的類神經網路的加權係數等。這樣一來，學習部 848 可以輸出複數個資料，另外，也可以僅輸出這些資料中的一個資料。

【0116】此外，關於向學習部 848 的輸入，能夠輸入前文所述的複數個資料，另外，也可以僅輸出這些資料中的一個資料。作為本實施型態中的輸入資料的種類數和輸出資料的種類數的組合，能夠是如下的任一種組合：i)輸入資料的種類的數量為一個、輸出資料的種類數為複數個的組合，ii)輸入資料的種類的數量為複數個、輸出資料的種類數為複數個的組合，iii)輸入資料的種類數為複數個、輸出資料的種類數為一個的組合。

【0117】學習部 848 也能夠輸出除了控制部 65 所需的壓力等任意的控制參數之外的資料。例如，能夠輸出構成學習部 848 的類神經網路的加權係數等的構成學習部 848 的要素。通過輸出構成的要素，能夠改良學習部 848。

【0118】在此，根據第 11 圖對學習的概略和學習後的模型的使用進行說明。第 11 圖表示學習中使用的資料、演算法和學習完畢的模型的使用例。作為學習中使用的資料、即 AI 程式的輸入資料 850 的種類，能夠使用如下資料：i)通過各種感測器得到的資料，ii)與半導體晶圓 16，研磨墊 10 等材料等有關的資料，iii)將感測器資料等圖像化後得到的圖像資料，iv)至少部分地進行加工以使感測器資料等適合於學習的加工資料，v)被輸入到第一研磨單元 3A 的控制值等的用於研磨的輸入參數，vi)過去創建的關於 i~v 的資料的資料庫或關於其他的第一研磨單元 3A 創建的資料庫，vii)用戶收集的檢索資料等。

【0119】當收集輸入資料 850 並得到輸入資料 850 的集合體 852 時，根據集合體 852 創建學習用資料 854。創建作為輸入資料 850 的集合物的

資料集作為學習用資料 854。作為資料集，存在在研磨正常時得到的正常資料、在研磨異常時得到的異常資料、用戶判斷為學習需要而人工創建的參照資料。

【0120】學習用資料 854 被輸入到執行 AI(artificial intelligence: 人工智能)的電腦程式 856。程式 856 利用類神經網路作為演算法，並且由電腦執行。另外，程式 856 也可以使用量子電腦來執行。程式 856 進行自動學習，具體而言，進行機器學習，作為機器學習，也可以進行深度學習。學習用資料 854 被輸入到程式 856，並且輸出學習部 848 輸出的前文所述的輸出資料。

【0121】程式 856 進行學習之後的學習完畢模型 858 在實際的研磨程序中使用。在實際的研磨程序中，學習完畢模型 858 輸入根據在實際的研磨程序中得到的資料而創建的學習用資料 854，並輸出前文所述的輸出資料中的、用戶指定的規定的資料。學習完畢模型 858 的輸出在第一研磨單元 3A 的控制中使用。另外，學習完畢模型 858 的輸出也可以作為目錄(日文:コンテンツ)輸出，並在學習用資料 854 的創建中使用。創建的學習用資料 854 被輸入到學習完畢模型 858 以用於學習，並且學習用資料 854 能夠進一步進行學習。

【0122】構成用於創建學習完畢模型 858 的學習用資料 854 的資料的種類和在實際的研磨程序中被輸入到學習完畢模型 858 的資料的種類可以是相同的，也可以是不同的。

【0123】這樣一來，學習部 848 已通過類神經網路學習完畢狀態變數與半導體晶圓 16 的膜厚的變化的關係，並且能夠從狀態取得部 846 被輸入狀態變數而預測變化，及/或能夠從狀態取得部 846 被輸入狀態變數而判

斷變化異常。另外，學習完畢的學習部 848 能夠從狀態取得部 846 被輸入前文所述的狀態變數並進一步學習膜厚的變化。

【0124】在創建學習完畢的學習部 848 的階段中，學習部 848 能夠從狀態取得部 846 被輸入狀態變數而學習膜厚的變化，及/或能夠從狀態取得部 846 被輸入狀態變數而學習膜厚的變化異常。除了這些學習之外，學習部 848 也能夠學習以得到前文所述的輸出。在創建學習完畢的學習部 848 的階段中被輸入到學習部 848 的資料能夠設定為僅正常資料、僅異常資料、包括正常資料和異常資料兩方的資料這三種。

【0125】接下來，參照第 10 圖對本發明的終點檢測部 28 以及機器學習方法的一個實施型態進行說明。第 10 圖是表示一個實施型態的終點檢測部 28 的一例的方塊圖。在以下的學習中，針對教示式學習進行說明。通過以下說明的學習來創建學習完畢模型 858。另外，在學習完畢模型 858 創建後，通過學習完畢模型 858 進行以下的學習，從而能夠進行學習完畢模型 858 的自動更新。在學習完畢模型 858 在研磨程序中預測膜厚的變化時，也能夠同時進行用於自動更新的學習。

【0126】學習的方法能夠是各種各樣的。第一方法為，以離線的方式、即在不進行研磨時，向學習部 848 輸入學習所需的資料，並使學習部 848 學習膜厚的變化。反復進行學習直到學習部 848 能夠高精度地預測膜厚的變化為止，及/或直到能夠高精度地判斷膜厚的變化是正常還是異常為止。

【0127】在第一方法中，學習所需的所有的資料從控制部 65 作為信號 65c 而被輸入到學習部 848。另外，也可以將學習所需的所有的資料不經由控制部 65 而經由通信網路，從第 1 圖所示的基板處理裝置的外部的電腦直接輸入到學習部 848。進一步，在由軟體構成學習部 848 的情況下，也可以在第 1 圖所示的基板處理裝置的外部的電腦中，在使用學習所需的

資料來使學習部 848 進行學習之後，使作為學習完畢的軟體的學習部 848 存儲到第一研磨單元 3A 的終點檢測部 28 中。

【0128】 在本實施型態的情況下，學習所需的資料是指根據溫度感測器 832、光學感測器 834、膜厚計算部 830 的輸出 830a(膜厚)、以及控制部 65 的信號 65b、從判定資料取得部 844 輸出的判定資料的組合而創建的資料集。控制部 65 的信號 65b 是指已說明為作為前文所述的信號 65b 而被發送到狀態取得部 846 的資料。在信號 65b 包括驅動一個或複數個馬達的轉矩指令值(及/或速度指令值)的情況下，轉矩指令值(及/或速度指令值)是相當於膜厚的量，膜厚從膜厚計算部 830 作為 930a 被輸入，因此轉矩指令值(及/或速度指令值)也可以不在學習中使用。學習所需的資料能夠如後述的第二方法那樣在實際的研磨程序中得到。能夠積存在研磨程序中所得到的資料並在學習中使用。也可以人工創建學習所需的資料。

【0129】 第二方法是使用實際的研磨過程中的資料而在實際的研磨過程中進行學習的方法。反復進行學習直到學習部 848 能夠高精度地預測膜厚的變化為止，及/或能夠高精度地判定膜厚的變化是正常還是異常為止。在學習結束之後，使用學習完畢的學習部 848 來預測膜厚的變化，或對膜厚的變化是正常還是異常進行判定。

【0130】 在第二方法中，在學習時，學習資料是正常資料還是異常資料的判定資訊從終點檢測部 28 的判定資料取得部 844 被輸入到學習部 848。響應於用戶的輸入操作，控制部 65 將判定資訊作為信號 65d 輸送到判定資料取得部 844。頻繁地進行用戶的輸入操作從成本方面考慮是不佳的。因此，也可以在實際的研磨過程中的資料在學習部 848 內的存儲器中被積存了複數個資料集的量之後，相對於這些資料，用戶輸入學習資料是正常資料還是異常資料的判定資訊。之後，學習部 848 也可以進行學習。

此外，也可以並用第一方法和第二方法。學習部 848 也可以在學習完畢後，例如在研磨程序中從狀態取得部 846 被輸入狀態變數並進一步學習膜厚的變化，並且自動更新學習部 848。

【0131】 作為研磨正常時的正常資料和研磨異常時的異常資料的創建方法，存在以下方法：(i)利用在過去的研磨程序中得到的資料庫的方法。例如，利用在過去的正常的研磨程序中得到的資料和在過去的異常的研磨程序中得到的資料。(ii)在沒有在過去的研磨程序中得到的資料庫時，利用當前或即將得到的資料庫的方法。一邊積存從當前開始的資料一邊繼續學習，並不斷更新學習完畢模型直到能夠進行高精度的判定為止。

【0132】 在前文所述的第一方法(即，離線方式下的學習)中，能夠採用(i)的方法，及/或(i)和(ii)的方法。在前文所述的第二方法(即，線上方式下的學習)中，能夠採用(ii)的方法，及/或在研磨的最初的階段中進行(i)的方法，並且也採用(ii)的方法。在僅採用(ii)的方法的情況下，例如，是進行在過去沒有類似的研磨程序的新的研磨程序的情況。

【0133】 判定資料取得部 844 在第二方法中在學習時使用，在學習後也可以沒有。判定資料取得部 844 也可以不在第二方法中學習時使用。這是因為，在僅學習膜厚的變化，而不學習是正常資料還是異常資料的判定的情況下，不需要判定資料取得部 844。

【0134】 在學習部 848 學習了膜厚的變化之後，當使用學習完畢的學習部 848 在某一期間將與膜厚的變化有關的實際的資料輸入到學習部 848 時，能夠預測此後的期間內的膜厚的變化。因此，使用學習完畢的學習部 848 預測膜厚的變化，並且學習部 848 將研磨結束時刻作為信號 65e 發送到控制部 65。

【0135】 已學習完畢膜厚的變化是正常還是異常的學習部 848 將判定膜厚的變化是正常還是異常的結果作為信號 65e 發送到控制部 65。

【0136】 根據第 10 圖對第二方法的學習法進行說明。將溫度感測器 832、光學感測器 834、膜厚計算部 830 的輸出 830a 以及控制部 65 的輸出 65b 輸入到狀態取得部 846。即，向狀態取得部 846 輸入如下資料：從控制部 65 作為信號 65b 如前文所述那樣輸出的驅動一個或複數個馬達的轉矩指令值(及/或速度指令值)等資料、來自膜厚計算部 830 的輸出 830a、以及從溫度感測器 832、光學感測器 834 輸出的溫度等第一研磨單元 3A 的狀態變數(狀態量)。此外，狀態取得部 846 可以不接收上述所有的狀態變數，而是接收它們的一部分，另外，也可以接收進一步的狀態變數。此外，作為學習部 848 的學習的方法，第一方法和第二方法實質上是相同的。即，由於學習部 848 使用實質上相同的資料集進行學習，因此進行實質上相同的學習。

【0137】 此外，在第一方法和第二方法中，學習部 848 也可以使用不同的資料集進行學習。在作為離線的第一方法中，容易使具有長時間變化的參數的影響反映到學習部 848。在作為線上的第二方法中，學習部 848 能夠進行高速處理為佳，且能夠以少量的資料集進行學習為佳。

【0138】 學習部 848 根據根據從狀態取得部 846 輸出的狀態變數、以及從判定資料取得部 844 輸出的判定資料的組合而創建的資料集學習膜厚的變化、膜厚的變化是正常還是異常(即，研磨程序的正常/異常)。在此，資料集是使狀態變數以及判定資料彼此關聯的資料。即，通常，在使用第一研磨單元 3A 的環境下，例如，由於控制電路、測定電路的雜訊等較大，因此難以判斷膜厚的變化、研磨的正常/異常。與此相對，在本實施型態的系統中，通過機器學習，例如，分離控制電路、測定電路的雜訊等，並根

據狀態變數給膜厚的變化、研磨的正常/異常的判斷帶來的影響的特徵，能夠進行更加準確的膜厚的變化預測、研磨的正常/異常的判斷。

【0139】此外，終點檢測部 28 例如也可以是經由網路而與第一研磨單元 3A 連接，與第一研磨單元 3A 單獨設置的數位電腦。另外，在其他的實施型態中，終點檢測部 28 也可以內置於控制部 65。在該情況下，終點檢測部 28 利用控制部 65 的處理器執行機器學習。並且，進一步，在其他的實施型態中，終點檢測部 28 也可以存在於雲端(cloud)伺服器上。

【0140】第 12 圖是用於說明由第 10 圖中的機器學習裝置進行的學習處理的一例的流程圖。如第 12 圖所示，當由終點檢測部 28 進行的學習處理開始時，在步驟 S10 中，狀態取得部 846 例如取得如下這樣的狀態變數：從控制部 65 輸出的轉矩指令值以及壓力、從膜厚計算部 830 輸出的膜厚、從溫度感測器 832 以及光學感測器 834 輸出的溫度以及磨損量等。

【0141】進一步，前進到步驟 S20，判定資料取得部 844 如前文所述那樣取得判定膜厚資料的正常/異常的判定資料。然後，前進到步驟 S30，學習部 848 根據根據在步驟 S10 中取得的狀態變數和在步驟 S20 中取得的判定資料的組合而創建的資料集學習膜厚的變化、膜厚資料的正常/異常。此外，學習部 848 也可以僅學習膜厚的變化和膜厚資料的正常/異常中的一方。在僅學習膜厚的變化的情況下，也可以沒有判定資料取得部 844。

【0142】例如，反覆執行步驟 S10~S30 的處理直到通過終點檢測部 28 充分學習膜厚的變化、膜厚資料的正常/異常為止。在此，正常的膜厚資料和異常的膜厚資料的種類、集合數僅準備用於學習部 848 充分地學習所需的量。正常的膜厚資料集的數量與異常的膜厚資料集的數量的比例例如是 8：2。

【0143】 第 13 圖是表示類神經網路的結構例的圖。上述的終點檢測部 28 中的學習部 848 例如也可以根據類神經網路模型學習故障預測。如第 13 圖所示，類神經網路包括：包括輸入狀態變數的一個神經元(輸入節點) x_1 、 x_2 、 x_3 、 $\dots$ 、 x_l 的輸入層、包括連接輸入節點和輸出節點的 m 個神經元 y_1 、 y_2 、 y_3 、 $\dots$ 、 y_m (隱藏節點)的中間層(隱藏層)、以及包括輸出特徵量的 n 個神經元 z_1 、 z_2 、 z_3 、 $\dots$ 、 z_n (輸出節點)的輸出層。此外，在第 13 圖中，中間層僅表示了一層，但也能夠設置兩層以上的中間層。另外，終點檢測部 28(類神經網路)也可以使用通用的電腦或者處理器，但當應用 GPGPU(General-Purpose computing on Graphics Processing Units)、大規模 PC 集群等時，能夠更加高速地進行處理。

【0144】 學習部 848 例如也可以根據由多層(四層以上)的類神經網路(深度類神經網路)進行的機器學習(被稱為深度學習或深層學習)來學習故障預測。

【0145】 類神經網路學習第一研磨單元 3A 的膜厚的變化、膜厚資料的正常/異常。類神經網路根據根據由狀態取得部 846 取得的狀態變數和由判定資料取得部 844 取得的判定資料的組合而創建的資料集，即通過所謂的“教示式學習”，來學習狀態變數與膜厚的變化、膜厚資料的正常/異常的關係性、即，學習膜厚的變化、膜厚資料的正常/異常。在此，“教示式學習”是指通過將某個輸入和結果(標籤)的資料組大量地提供給學習裝置，從而能夠學習這些資料集中存在的特徵，並且歸納性地獲得根據輸入推定結果的模型、即它們的關係性。

【0146】 另外，類神經網路也能夠通過僅積存沒有異常的狀態、即第一研磨單元 3A 正常動作時的狀態變數，即所謂的“非教示式學習”，來學習膜厚的變化、膜厚資料的正常/異常。例如，在第一研磨單元 3A 的異常的頻率極低

的情況下，“非教示式學習”的方法是有效的。在此，“非教示式學習”是指通過僅將輸入資料大量地提供給終點檢測部 28，來學習輸入資料是如何分佈的，即使不提供對應的教示輸出資料，也能夠學習相對於輸入資料進行壓縮、分類、整形等的方法。能夠將這些資料集中存在的特徵聚集到類似的資料集彼此等。使用該結果，設置一些基準並進行使該資料集為最優這樣的輸出的分配，從而能夠實現正常/異常的判定。

【0147】另外，在本實施型態中，為了使膜厚的變化這樣的、存在時間上的相關性的時序資料模型化，使用被稱為遞歸型類神經網路。遞歸類神經網路(RNN: Recurrent Neural Network)不是僅使用當前時刻的狀態來形成學習模型，而是也利用到目前為止的時刻的內部狀態。遞歸類神經網路有多種，但作為一例，對簡單回歸型網路(Elman 網路: Elman Network)進行說明。

【0148】第 14 圖是用於說明遞歸型類神經網路的一例的圖，第 14 圖(a)表示 Elman 網路的時間軸展開，第 14 圖(b)表示誤差逆傳播演算法(Backpropagation)的根據時間的反向傳播演算法(BPTT: Back Propagation Through Time)。在此，只要是第 14 圖(a)所示那樣的 Elman 網路的構造，就能夠應用反向傳播演算法。

【0149】在 Elman 網路中，與通常的類神經網路不同，如第 14 圖(b)所示，誤差以與時間相逆的方式傳播，將這樣的反向傳播演算法稱為 BPTT(根據時間的反向傳播演算法)。通過應用這樣的類神經網路構造，能夠推定根據到目前為止的輸入變遷的輸出的模型，例如，能夠預測研磨終點的時刻。作為遞歸型類神經網路的其他的例子，還有使用 LSTM(Long short-term memory: 長短期記憶網路)的方法。LSTM 能夠更加容易地處理期間比 Elman 網路更長的資料。

【0150】學習部 848 也可以進行強化學習。強化學習是機器學習的演算法的一種。在強化學習中，並不是“教示式學習”、“非教示式學習”這樣的、以明確的資料為根據學習是否是正常資料，而是學習部 848 本身觀測當前的狀態，並且親自學習並選擇控制參數以使控制最優化(這在機器學習的領域中被稱為“價值最大化，或得到最多的報償”)。在強化學習中，學習部 848 也親自更新關於最優化的評價。

【0151】如上述那樣，當在學習後被輸入與膜厚有關的資料和其他時，終點檢測部 28 能夠根據膜厚的變化檢測研磨的異常。另外，當被輸入與直到研磨的中途為止的膜厚有關的資料和其他時，終點檢測部 28 能夠預測膜厚的變化，並輸出研磨終點時刻。

【0152】在此，在第 15 圖中表示正常的膜厚的變化的例子。在第 16 圖中表示異常的膜厚的變化的例子。這些資料是根據馬達電流的變化求出的膜厚的例子。這些圖式的橫軸是時間(t)，縱軸是膜厚(μm)。時刻 t1 是研磨結束時刻。如第 15 圖(a)所示，在正常的膜厚的變化中，有時會產生在研磨結束前膜厚的變化暫時地停止的部分 836。另外，如第 15 圖(c)所示，在正常的膜厚的變化中，有時會產生在研磨結束前膜厚暫時地增加的部分 838。這樣一來，由於會產生在研磨結束前膜厚的變化暫時地停止的部分 836、膜厚暫時地增加的部分 838，因此在根據馬達電流的變化求出膜厚的以往的終點檢測方法的場合，存在錯誤地檢測到研磨的終點的情況。通過進行機器學習的終點檢測部 28，能夠將第 15 圖(a)、第 15 圖(c)所示的膜厚的變化判斷為正常。

【0153】在第 16 圖中，在研磨的終點附近，有時會產生兩次表示膜厚為最低值的部分 840。在這樣的情況下，存在在第一研磨單元 3A 的設備的一

部分產生故障的可能性。通過進行機器學習的終點檢測部 28，能夠將第 16 圖所示的膜厚的變化判斷為異常。

【0154】 另外，通過進行機器學習的終點檢測部 28，能夠預測研磨結束時刻。例如，在第 15 圖(a)中，通過將與從時刻 t_2 至時刻 t_3 的膜厚有關的資料和其他輸入到終點檢測部 28，能夠在時刻 t_3 處預測至時刻 t_1 的時間 842。通過預測從時刻 t_3 至研磨結束時刻 t_1 的時間 842，能夠在時刻 t_3 以後的研磨中，進行如下那樣的研磨參數的變更。

【0155】 在時刻 t_3 以後的研磨中，能夠減少施加到半導體晶圓 16 的壓力，使相對於半導體晶圓 16 的研磨速度降低，並更加準確地控制研磨結束時刻 t_1 和研磨結束時的膜厚。為了使研磨速度降低，也可以在研磨的中途切換頂環 31A 及/或旋轉台 30A 的旋轉速度並降低旋轉速度。通過使研磨速度降低，能夠延長研磨時間，並增加調節施加到半導體晶圓 16 的各部分的壓力的時間。另外，存在改變(減少)按壓力、並且使旋轉速度變快的情況等的、能夠切換按壓力、旋轉速度並提高研磨精度的情況。由此，能夠提高半導體晶圓 16 整體的膜厚的均勻性。

【0156】 接下來，根據第 17 圖對控制部 65 對基板處理裝置整體的控制進行說明。作為主控制器的控制部 65 具有 CPU、存儲器、記錄介質和記錄在記錄介質的軟體等。控制部 65 進行基板處理裝置整體的監視、控制，並且進行用於此的信號的發送和接收、資訊記錄、運算。控制部 65 主要在與單元控制器 760 之間進行信號的發送和接收。單元控制器 760 也具有 CPU、存儲器、記錄介質和記錄在記錄介質的軟體等。在第 17 圖的情況下，控制部 65 內置有作為終點檢測單元、控制單元而發揮作用的程式，該終點檢測單元對表示研磨的結束的研磨終點進行檢測，該控制單元對由

研磨單元進行的研磨進行控制。此外，單元控制器 760 也可以內置有該程式的一部分或全部。程式能夠進行更新。此外，程式也可以不能進行更新。

【0157】 根據參照第 17 圖～第 19 圖進行說明的實施型態，能夠解決以下課題。作為到目前為止的典型的研磨裝置的控制方式的課題，存在以下幾點。對於終點檢測，在進行對象物的研磨之前，進行複數個測試，根據所得到的資料求出研磨條件、終點判定條件，並進行作為研磨條件的方法創建。有時也使用一部分的信號解析，但相對於半導體晶圓構造，進行使用一個感測器信號來判斷終點檢測的處理。如果是這樣的話，針對以下這樣的要求無法得到足夠的精度。為了提高製造的器件、晶片的成品率，需要在器件、晶片的製造中更加高精度的終點檢測，和將批量之間、晶片之間的偏差抑制得小。為了實現這些，通過使用應用了第 17 圖以後的實施例的終點檢測的系統，能夠進行更高精度的終點檢測，進而能夠提高成品率、減少晶片間的研磨量的偏差。

【0158】 尤其是，能夠實現如下內容：高速的資料處理、多種且複數個感測器的信號處理、使這些信號標準化的資料、根據資料利用人工智能 (Artificial Intelligence、AI) 的學習以及使用於終點檢測的判定的資料集的創建、通過積存根據已創建的資料集的判定例進行的學習、由學習效果帶來的精度提高、通過所學習的判定功能判斷並且更新的研磨參數、實現該研磨參數反映到高速的控制系統的高速通信處理系統等。這些能夠應用於第 3 圖 5 以前所示的所有的實施例中。

【0159】 單元控制器 760 進行搭載於基板處理裝置的單元 762(一個或複數個)的控制。在本實施型態中，在每個單元 762 設置有單元控制器 760。作為單元 762，存在卸載部 62、研磨部 63、清洗部 64 等。單元控制器 760 進行單元 762 的動作控制、與監視用感測器的信號的發送和接收、

控制信號的發送和接收、高速的信號處理等。單元控制器 760 由 FPGA (field-programmable gate array：現場可編程門陣列)、ASIC(application specific integrated circuit：特定用途用集成電路)等構成。

【0160】單元 762 根據來自單元控制器 760 的信號進行動作。另外，單元 762 從感測器接收感測器信號，並且將該信號發送到單元控制器 760。感測器信號有時也從單元控制器 760 進一步被發送到控制部 65。感測器信號由控制部 65 或單元控制器 760 處理(包括運算處理)，用於接下來的動作的信號從單元控制器 760 發送過來。伴隨於此，單元 762 進行動作。例如，單元控制器 760 通過擺動軸馬達 14 的電流變化對擺動臂 110 的轉矩變動進行檢測。單元控制器 760 將檢測結果發送到控制部 65。控制部 65 進行終點檢測。

【0161】作為軟體，例如有以下幾種。軟體根據記錄在控制設備(控制部 65 或單元控制器 760)內的資料而求出研磨墊 10 的種類和漿料供給量。接下來，軟體指定研磨墊 10 的維護時期或能夠使用到維護時期為止的研磨墊 10，並運算漿料供給量，並且輸出這些資訊。軟體也可以是能夠在基板處理裝置 764 出廠後安裝於基板處理裝置 764 的軟體。

【0162】控制部 65、單元控制器 760、單元 762 之間的通信能夠採用有線、無線中的任一種。在與基板處理裝置 764 的外部之間能夠使用經由網際網路的通信、其他的通信手段(專用線路的高速通信)。關於資料的通信，能夠通過雲端統合利用雲端、通過智能電話統合而在基板處理裝置中進行經由智能電話的資料的轉換等。由此，能夠與基板處理裝置的外部進行基板處理裝置的運轉狀況、基板處理的設定資訊的交換。作為通信設備，也可以在感測器之間形成通信網路，並利用該通信網路。

【0163】也能夠使用上述的控制功能、通信功能來進行基板處理裝置的自動化運轉。為了實現自動化運轉，能夠使基板處理裝置的控制模式標準化、利用研磨終點的判斷中的閾值。

【0164】能夠進行基板處理裝置的異常/壽命的預測/判斷/顯示。另外，也能夠進行用於性能穩定化的控制。

【0165】能夠自動地提取基板處理裝置的運轉時的各種資料、研磨資料(膜厚、研磨的終點)的特徵量，並自動學習運轉狀態和研磨狀態、能夠進行控制模式的自動標準化，並且進行異常/壽命的預測/判斷/顯示。自動學習是指自動地創建學習完畢模型、使用學習完畢模型來進行判定/解析。

【0166】在通信方式、設備接口等中，能夠進行例如格式等的標準化，並且將該標準化的格式使用於裝置、設備互相的資訊通信來進行裝置、設備的管理。

【0167】此外，也可以將具有學習完畢模型的終點檢測部 28 設置於控制部 65 或單元控制器 760 內。在後述的第 18 圖中，也可以將具有學習完畢模型的終點檢測部 28 設置於基板處理裝置 764 或資料處理裝置 768 內。在後述的第 19 圖中，也可以將具有學習完畢模型的終點檢測部 28 設置於基板處理裝置 764 或資料處理裝置 768 或中間處理裝置 770 內。

【0168】在第 18 圖、第 19 圖中，也可以在基板處理裝置 764 或中間處理裝置 770 中進行邊緣計算，並且進行高速處理。進一步，也可以在工廠內的資料處理裝置 768 中進行霧端運算(fog computing)，並且進行比使用了雲端處理更高速的處理。

【0169】接下來，將對如下實施型態進行說明：在基板處理裝置 764 中，利用感測器從半導體晶圓 16 取得資訊，並且經由網際網路等通信手段，將資料積存到資料處理裝置(雲端等)，並且對積存在雲端等的資料進行

分析，根據分析結果對基板處理裝置進行控制，該資料處理裝置設置於設置有基板處理裝置的工廠內/工廠外。第 18 圖表示該實施型態的結構。

【0170】 1.作為利用感測器從半導體晶圓 16 取得的資訊，能夠包括以下資訊：

- 與擺動軸馬達 14 的轉矩變動有關的測定信號或測定資料，
- SOPM(光學式感測器)的測定信號或測定資料，
- 渦電流感測器的測定信號或測定資料，
- 上述一個或複數個組合的測定信號或測定資料。

2.作為網際網路等通信手段的功能以及結構，能夠包括以下內容：

• 將包括上述測定信號或測定資料的信號或資料傳輸給連接於網路 766 的資料處理裝置 768，

• 網路 766 也可以是網際網路或高速通信等通信手段。例如，能夠是以基板處理裝置、閘道器(gateway)、網際網路、雲端、網際網路、資料處理裝置這樣的順序連接有這些構件的網路 766。作為高速通信，存在高速光通信、高速無線通信等。另外，作為高速無線通信，可考慮 Wi-Fi(註冊商標)、Bluetooth(註冊商標)、Wi-Max(註冊商標)、3G、LTE 等。也能夠應用除此之外的高速無線通信。此外，也能夠將雲端作為資料處理裝置。

• 在資料處理裝置 768 設置於工廠內的情況下，能夠對來自處於工廠內的一台或多台基板處理裝置的信號進行處理。

• 在資料處理裝置 768 設置於工廠外的情況下，能夠將來自處於工廠內的一台或多台基板處理裝置的信號傳遞給工廠外部，並且進行處理。此時，能夠與設置於國內或國外的資料處理裝置連接。

3.關於資料處理裝置 768 對累積於雲端等的資料進行分析，並且根據分析結果對基板處理裝置 764 進行控制，能夠實現以下內容：在測定信號

或測定資料被處理後，能夠作為控制好信號或控制資料傳遞給基板處理裝置 764。

- 接收了資料的基板處理裝置 764 根據該資料更新與研磨處理有關的研磨參數並進行研磨動作，另外，在來自資料處理裝置 768 的資料在表示已檢測到終點的信號/資料的情況下，判斷為已檢測到終點，並結束研磨。作為研磨參數，存在：(1)對半導體晶圓 16 的四個區域，即中央部、內側中間部、外側中間部以及周緣部的按壓力，(2)研磨時間，(3)旋轉台 30A、頂環 31A 的轉速，(4)用於判定研磨終點的閾值等。

【0171】 接下來，根據第 19 圖對其他的實施型態進行說明。第 19 圖是表示第 18 圖的實施型態的變形例的圖。本實施型態是以基板處理裝置、中間處理裝置、網路 766、資料處理裝置這樣的順序連接有這些構件的結構。中間處理裝置例如由 FPGA、ASIC 構成，具有過濾功能、運算功能、資料加工功能、資料集創建功能等。

【0172】 根據如何使用網際網路和高速光通信，分為以下三種情況。(1)基板處理裝置與中間處理裝置之間是網際網路，網路 766 是網際網路的情況，(2)基板處理裝置與中間處理裝置之間是高速光通信，網路 766 是高速光通信的情況，(3)基板處理裝置與中間處理裝置之間是高速光通信，從中間處理裝置到外側是網際網路的情況。

【0173】 上述(1)的情況：整體系統中的資料通信速度和資料處理速度可以是網際網路通信速度的情況。資料抽樣速度為 1~1000mS 左右，能夠進行複數個研磨條件參數的資料通信。在這種情況下，中間處理裝置 770 進行向資料處理裝置 768 發送的資料集的創建。資料集的詳細內容將稍後說明。已接收資料集的資料處理裝置 768 進行資料處理，例如，計算至終點位置的研磨條件參數的變更值和創建研磨過程的程序計劃，並且通過網

路 766 將它們返回到中間處理裝置 770。中間處理裝置 770 將研磨條件參數的變更值和所需的控制信號發送到基板處理裝置 764。

【0174】 上述(2)的情況：基板處理裝置-中間處理裝置之間、中間處理裝置-資料處理裝置之間的感測器信號、狀態管理設備之間的通信是高速通信。在高速通信中，能夠以 1~1000Gbps 的通信速度進行通信。在高速通信中，資料、資料集、命令、控制信號等能夠進行通信。在該情況下，由中間處理裝置 770 進行資料集的創建，並且將該資料集發送到資料處理裝置 768。中間處理裝置 770 提取資料處理裝置 768 中的處理所需的資料並進行加工，並且製作成資料集。例如，提取終點檢測用的複數個感測器信號並創建成資料集。

【0175】 中間處理裝置 770 通過高速通信將已創建完成的資料集發送到資料處理裝置 768。資料處理裝置 768 根據資料集進行到研磨終點為止的參數變更值的計算、程序計劃創建。資料處理裝置 768 接收來自複數個基板處理裝置 764 的資料集，並進行相對於各個裝置的、接下來的步驟的參數更新值的計算和程序計劃創建，將已更新的資料集發送到中間處理裝置 770。中間處理裝置 770 根據已更新的資料集，將已更新的資料集轉換為控制信號，並通過高速通信發送到基板處理裝置 764 的控制部 65。基板處理裝置 764 根據已更新的控制信號實施研磨，並且進行高精度的終點檢測。

【0176】 上述(3)的情況：中間處理裝置 770 通過高速通信接收基板處理裝置 764 的複數個感測器信號。在高速光通信中，能夠進行通信速度為 1~1000Gbps 的通信。在該情況下，基板處理裝置 764、感測器、控制部 65 與中間處理裝置 770 之間能夠進行通過高速通信而進行的線上的研磨條件的控制。資料的處理順序例如是感測器信號接收(從基板處理裝置

764 到中間處理裝置 770)、資料集的創建、資料處理、參數更新值計算、更新參數信號的發送、由控制部 65 進行的研磨控制、更新後的終點檢測這樣的順序。

【0177】此時，中間處理裝置 770 利用高速通信的中間處理裝置 770 進行高速的終點檢測控制。從中間處理裝置 770 將狀態信號定期地發送到資料處理裝置 768，並且通過資料處理裝置 768 進行控制狀態的監控處理。資料處理裝置 768 接收來自複數個基板處理裝置 764 的狀態信號，相對於各個基板處理裝置 764，進行接下來的過程程序的計劃創建。將根據計劃的過程程序的計劃信號發送到各個基板處理裝置 764，在各個基板處理裝置 764 中，彼此獨立地進行研磨過程的準備、研磨過程的實施。這樣一來，通過高速通信的中間處理裝置 770 進行高速的終點檢測控制，並且通過資料處理裝置 768 進行複數個基板處理裝置 764 的狀態管理。

【0178】接下來，對資料集的例子進行說明。能夠將感測器信號和所需的控制參數製成資料集。資料集能夠包括頂環 31A 對半導體晶圓 16 的按壓、擺動軸馬達 14 的電流、旋轉台 30A 的馬達電流、光學式感測器的測定信號、渦電流感測器的測定信號、研磨墊 10 上的頂環 31A 的位置、漿料和藥液的流量/種類、與這些相關的計算資料等。

【0179】上述種類的資料集能夠使用並聯地發送一維資料的發送系統、按順序地發送一維資料的發送系統來進行發送。作為資料集，能夠將上述一維資料加工成二維資料，並製成資料集。例如，當將 X 軸作為時間，將 Y 軸作為複數個資料列時，同時刻的複數個參數資料被加工處理成一個資料集。二維資料能夠作為二維圖像資料處理。優點是由於變成二維資料的轉送，因此能夠以少於一維資料的轉送的配線作為與時間相關聯的資料發送和接收，並且處理。具體而言，當將一維資料原封不動地設為一信號

一根線時，需要複數個配線，但在二維資料的轉送的情況下，能夠通過一根線發送複數個信號。另外，當使用多根線時，與接收已發送的資料的資料處理裝置 768 的接口變得複雜，資料處理裝置 768 中的資料的重組變得複雜。

【0180】 另外，當存在這樣的與時間相關聯的二維資料集時，以前進行的標準的研磨條件下的研磨時的資料集和當前時間點進行的標準的研磨條件下的資料集的比較變得容易。另外，通過差分處理等能夠容易地知道二維資料彼此的差異。提取存在差異的地方，並檢測發生異常的感測器、參數信號也變得容易。另外，進行以前的標準的研磨條件和當前時間點的研磨過程中的資料集的比較，並且通過與周圍的差分不同的部位的參數信號的提取而進行的異常檢測也變得容易。

【0181】 接下來，使用第 20 圖～第 22 圖對用於處理上述的第一研磨單元 300A 中的資訊的結構的一例進行說明。可是，在第 20 圖～第 22 圖中，第一研磨單元 300A 被簡單地描繪，省略了具體的結構(頂環 330A、研磨墊 310A 等)。

【0182】 第 20 圖是表示具備具有資料處理部 94 的控制部 140A 的第一研磨單元 300A 的一例的圖。也可以在資料處理部 94 搭載 AI(Artificial Intelligence、人工智能)功能。資料處理部 94 可以是任何的硬體，也可以是例如存儲在存儲介質的程式。在第 20 圖中，資料處理部 94 被描繪成獨立於控制部 140A 的其他要素的獨立的要素，但資料處理部 94 也可以存儲在例如控制部 140A 具備的存儲裝置(未圖示)中並由控制部 140A 的處理器(未圖示)控制。資料處理部 94 構成為進行例如研磨輪廓的生成以及取得、控制參數的更新、以及將實際主力信號作為學習資料的反饋等、需要圖像

處理以及大規模的計算的處理。第 20 圖的結構具有能夠單獨地(獨立地)使第一研磨單元 300A 動作的這樣的優點。

【0183】第 21 圖是表示經由路由器 96 而連接於雲端(或霧端(fog))97 的第一研磨單元 300A 的一例的圖。路由器 96 是用於連接控制部 140B 和雲端 97 的裝置。路由器 96 也能夠被稱為“具有閘道器功能的裝置”。雲端 97 是指通過網際網路等電腦網路而提供的電腦資源。此外，在路由器 96 與雲端 97 之間的連接是區域網路的情況下，也存在雲端被稱為霧端 97 的情況。例如，也可以在連接散佈在地球上的複數個工廠時，使用雲端 97，在某個特定的工廠內構建網路時，使用霧端 97。霧端 97 也可以進一步與外部的霧端或雲端連接。在第 21 圖中，控制部 140 和路由器 96 有線連接，路由器 96 和雲端(或霧端)97 有線連接。但是，各連接也可以是無線連接。在雲端 97 連接有複數個第一研磨單元 300A(未圖示)。複數個第一研磨單元 300A 分別經由路由器 96 而與雲端 97 連接。各第一研磨單元 300A 得到的資料(來自渦電流感測器 50 的膜厚資料、或其他的任意的資訊)累積在雲端 97 中。另外，第 21 圖的雲端 97 也可以具有 AI 功能，資料的處理在雲端 97 中進行。可是，處理也可以部分地由控制部 140B 進行。第 21 圖的結構具有能夠根據累積的大量的資料對第一研磨單元 300A 進行控制的這樣的優點。

【0184】第 22 圖是表示經由具有邊緣計算功能的路由器 96A 而連接於雲端(或霧端)97 的第一研磨單元 300A 的一例的圖。第 22 圖的雲端 97 也與複數個第一研磨單元 300A 連接(未圖示)。第 22 圖的複數個第一研磨單元 300A 分別經由路由器 96A 而與雲端 97 連接。可是，路由器中的一些也可以不具有邊緣計算功能(路由器中的一些也可以是第 21 圖的路由器 96)。在路由器 96A 設置有控制部 96B。可是，在第 22 圖中，具有代表性

地僅在一個路由器 96A 圖示了控制部 96B。進一步，也可以在路由器 96A 搭載 AI 功能。控制部 96B 以及路由器 96A 的 AI 功能能夠在第一研磨單元 300A 的附近處理從第一研磨單元 300A 的控制部 140C 得到的資料。此外，此處所說的附近不是指含義為物理距離的用語，而是指網路上的距離的用語。可是，較多的是網路上的距離越近，則物理距離也越近的情況。因此，若路由器 96A 中的運算速度和雲端 97 中的運算速度為同程度的話，則路由器 96A 中的處理比雲端 97 中的處理更高速。即使是在兩者的運算速度中存在差異的情況下，從控制部 140C 發送的資訊到達路由器 96A 的速度也比從控制部 140C 發送的資訊到達雲端 97 的速度快。

【0185】 第 22 圖的路由器 96A、更具體而言路由器 96A 的控制部 96B 僅處理應當處理的資料中的、需要高速處理的資料。路由器 96A 的控制部 96B 將不需要高速處理的資料發送到雲端 97。第 22 圖的結構具有能夠同時實現第一研磨單元 300A 的附近的高速處理和根據累積的資料的控制的這樣的優點。

【0186】 以上，對本發明的實施型態的例子進行了說明，但上述發明的實施型態是為了便於理解本發明，並不是為了限定本發明。本發明能夠不脫離其主旨地被變更、改良，並且在本發明中包含等同物是理所當然的。另外，在能夠解決上述課題的至少一部分的範圍、或實現效果的至少一部分的範圍內，能夠進行本發明的要求保護的範圍以及說明書所記載的各構成要素的任意的組合或省略。

【符號說明】

【0187】

1a、1b

隔壁

3A	第一研磨單元
3B	第二研磨單元
3C	第三研磨單元
3D	第四研磨單元
10	研磨墊
12	擺動式輸送機
14	擺動軸馬達
16	半導體晶圓
18	驅動器
18a	電流指令
18b	電流值
20	前裝載部
21	行駛機構
22	輸送機械手
23	護環
24	頂環主體
26	臂轉矩檢測部
26a	臂轉矩
28	終點檢測部
30A	旋轉台
30B	旋轉台
30C	旋轉台

30D	旋轉台
31A	頂環
31B	頂環
31C	頂環
31D	頂環
32A	研磨液供給噴嘴
32B	研磨液供給噴嘴
32C	研磨液供給噴嘴
32D	研磨液供給噴嘴
33A	修整器
33B	修整器
33C	修整器
33D	修整器
34A	噴霧器
34B	噴霧器
34C	噴霧器
34D	噴霧器
50	渦電流感測器
51	判定資料取得部
52	狀態取得部
53	學習部
61	殼體
62	卸載部

63	研磨部
64	清洗部
65	控制部
65a	位置指令
65b	信號
65c	信號
65d	信號
65e	信號
66	第一線性輸送機
67	第二線性輸送機
94	資料處理部
96	路由器
96A	路由器
96B	控制部
97	雲端
101	研磨面
102	台軸
110	擺動臂(臂)
111	頂環軸
112	旋轉筒
113	正時帶輪
114	頂環用馬達

115	正時帶
116	正時帶輪
117	擺動臂軸
140A	控制部
140B	控制部
140C	控制部
190	第一清洗室
191	第一輸送室
192	第二清洗室
193	第二輸送室
194	乾燥室
300A	第一研磨單元
636	頂環軸
637	萬向接頭
638	頂環主體
640	護環
642	彈性墊
643	加壓片
644	夾持板
646	彈性囊
651、652、653、654、655、656	流體通路
660	頂環頭

661、662	帶輪
663	帶
665	氣壓缸
667	支承軸
669	旋轉接頭
670	流體管
671	流體管
672	軸承
675	壓力調節部
676	光學式感測器(感測器)
677	透光部
678a	光源
678b	發光光纖
678c	受光光纖
678d	分光器單元
678e	動作控制部
678f	電源
680a	天線
680b	感測器主體
680c	微波源
680d	分離器
680e	檢測部

681	導波管
685	修整器臂
686	修整構件
688	擺動軸
690	臂
694	擺動軸
700	側壁
760	單元控制器
762	單元
764	基板處理裝置
766	網路
768	資料處理裝置
770	中間處理裝置
830	膜厚計算部
830a	輸出
832	溫度感測器
834	光學感測器
836	膜厚的變化暫時地停止的部分
838	膜厚暫時地增加的部分
840	膜厚為最低值的部分
842	時間
844	判定資料取得部

846	狀態取得部
848	學習部
850	輸入資料
852	集合體
854	學習用資料
856	程式
858	學習完畢模型
M1	馬達
M2	馬達
M3	馬達
P1、P2、P3、P4	壓力室(氣囊)
P5、P6	壓力室

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種研磨裝置，係能夠對研磨對象物進行研磨，該研磨裝置係具備：

狀態取得部，係能夠取得狀態變數，該狀態變數包括與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料；以及

學習部，係藉由類神經網路學習完畢前述狀態變數與前述研磨對象物的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來預測前述變化、及/或能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來判斷前述變化為異常。

【第2項】 如申請專利範圍第 1 項所述的研磨裝置，其中，

與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料包括：與前述設備的配置有關的資料、與前述設備的動作狀態有關的資料、以及與前述設備的消耗狀態有關的資料中的至少一個，

前述狀態變數更包括與前述研磨對象物的狀態有關的資料，其中，與前述研磨對象物的狀態有關的資料包括：膜厚檢測部所檢測的資料、溫度檢測部所檢測的資料、壓力檢測部所檢測的資料、以及與前述研磨對象物的特性有關的資料中的至少一個，該膜厚檢測部能夠對前述研磨對象物的膜厚進行檢測，該溫度檢測部能夠對前述研磨對象物的溫度進行檢測，該壓力檢測部能夠對施加到前述研磨對象物的壓力進行檢測。

【第3項】 如申請專利範圍第 2 項所述的研磨裝置，其中，

與前述設備的配置有關的資料包括：與頂環的位置有關的資料、與旋轉台的位置有關的資料、與臂的位置有關的資料、以及與修整器的位置有

關的資料中的至少一個，該頂環能夠保持前述研磨對象物，該旋轉台能夠使用於對前述研磨對象物進行研磨的研磨墊旋轉，該臂保持前述頂環，該修整器能夠進行前述研磨墊的修整，

與前述設備的動作狀態有關的資料包括：與前述頂環的轉速有關的資料、及與前述旋轉台的轉速有關的資料中的至少一個，

與前述設備的消耗狀態有關的資料包括：與構成前述研磨裝置的消耗品的使用時間有關的資料、及與前述消耗品的消耗量有關的資料中的至少一個，

與前述研磨對象物的特性有關的資料包括：與前述研磨對象物的材質有關的資料、及與前述研磨對象物由前述研磨裝置研磨之前所具有的膜厚及電路模式有關的資料中的至少一個。

【第4項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述的研磨裝置，其中，前述研磨裝置具備判定資料取得部，該判定資料取得部係取得對前述研磨裝置有無異常或異常的程度進行判定而得的判定資料，

前述學習部能夠根據資料集來學習前述研磨對象物的膜厚的變化，該資料集係根據前述狀態變數以及前述判定資料的組合而創建者。

【第5項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述的研磨裝置，其中，前述學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來學習前述變化。

【第6項】一種研磨方法，係使電腦執行如下步驟：

狀態取得步驟，係取得狀態變數，該狀態變數包括與構成能夠對研磨對象物進行研磨的研磨裝置的設備的狀態有關的資料；以及

推定步驟，係從狀態取得部向學習部輸入前述狀態變數來預測前述研磨對象物的膜厚的變化、及/或從前述狀態取得部向學習部輸入前述狀態變數來判斷前述變化為異常，其中該學習部已藉由類神經網路學習完畢前述狀態變數與前述變化的關係。

【第7項】一種機器學習裝置，係能夠學習研磨對象物的膜厚的變化，該研磨對象物係能夠供研磨裝置進行研磨，該機器學習裝置係具備：

狀態取得部，係能夠取得狀態變數，該狀態變數包括：與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料；以及

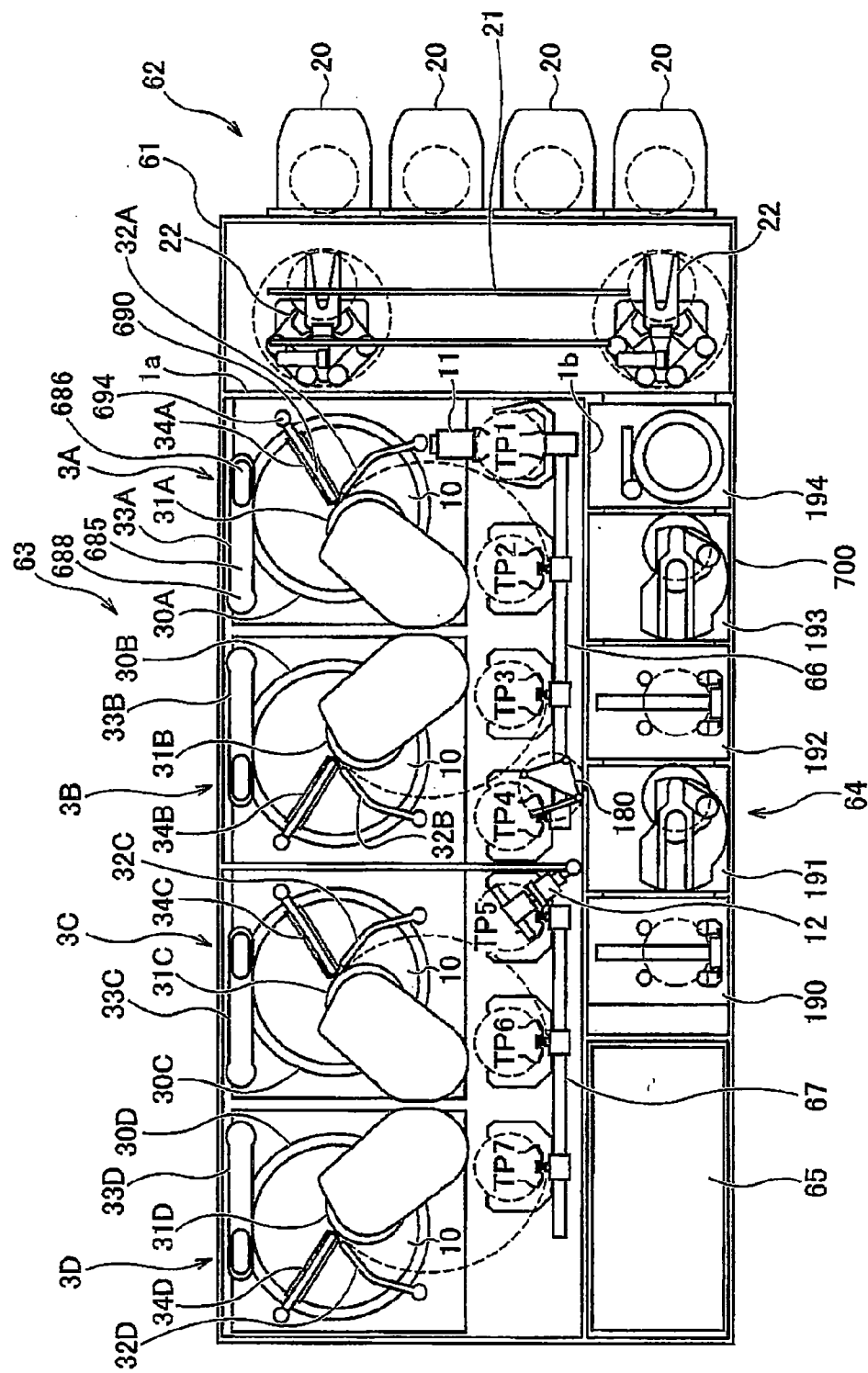
學習部，係藉由類神經網路學習完畢前述狀態變數與前述研磨對象物的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來預測前述變化、及/或能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來判斷前述變化為異常。

【第8項】一種機器學習裝置，係能夠學習研磨對象物的膜厚的變化，該研磨對象物能夠供研磨裝置進行研磨，該機器學習裝置係具備：

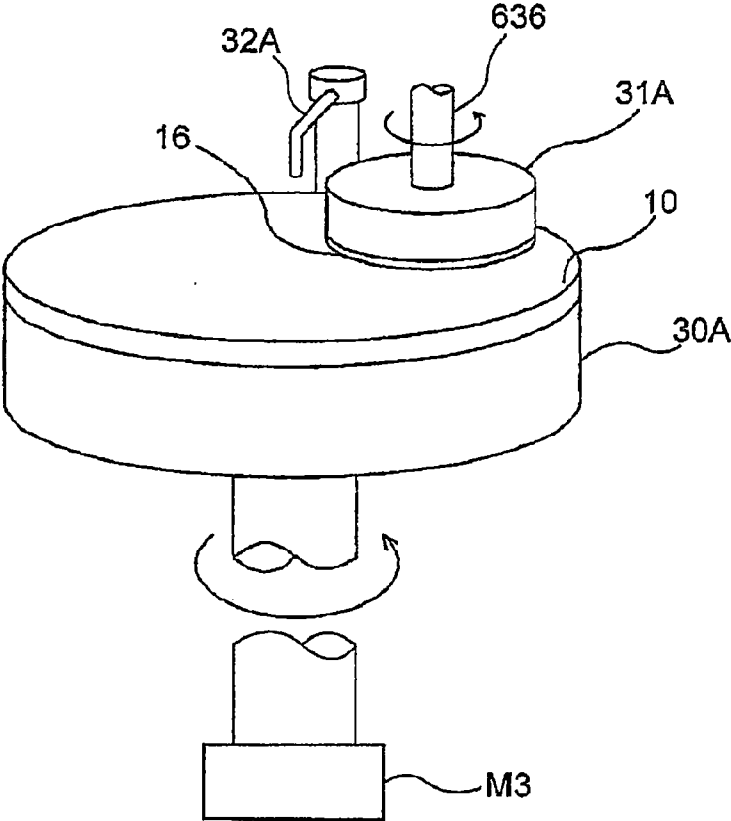
狀態取得部，係能夠取得狀態變數，該狀態變數包括：與構成前述研磨裝置的設備的狀態有關的資料；以及

學習部，係能夠藉由類神經網路學習前述狀態變數與前述研磨對象物的膜厚的變化的關係，並且該學習部能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來學習前述變化、及/或能夠從前述狀態取得部輸入前述狀態變數來學習到前述變化為異常。

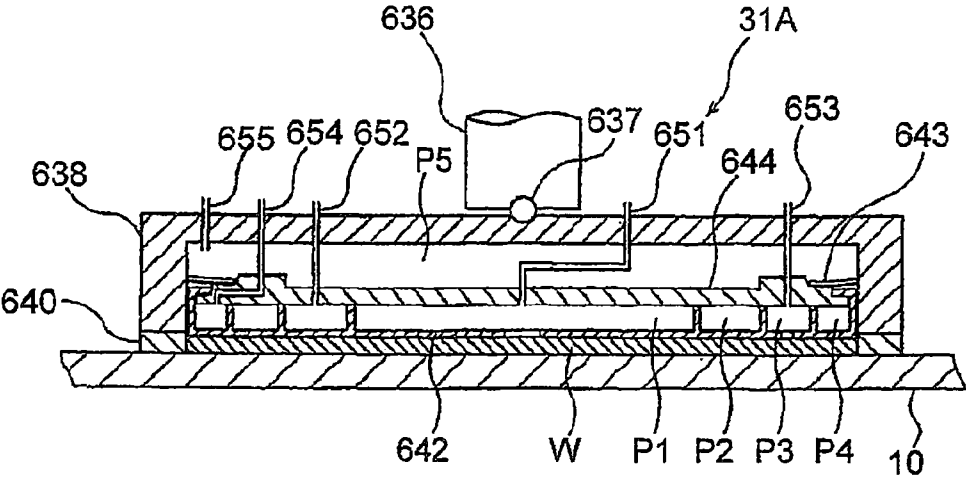
【發明圖式】



【第1圖】

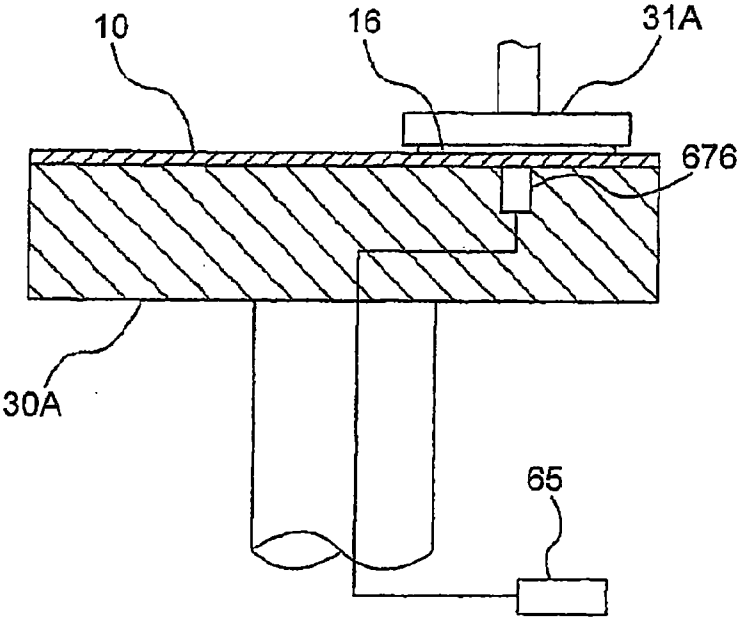


【第2圖】

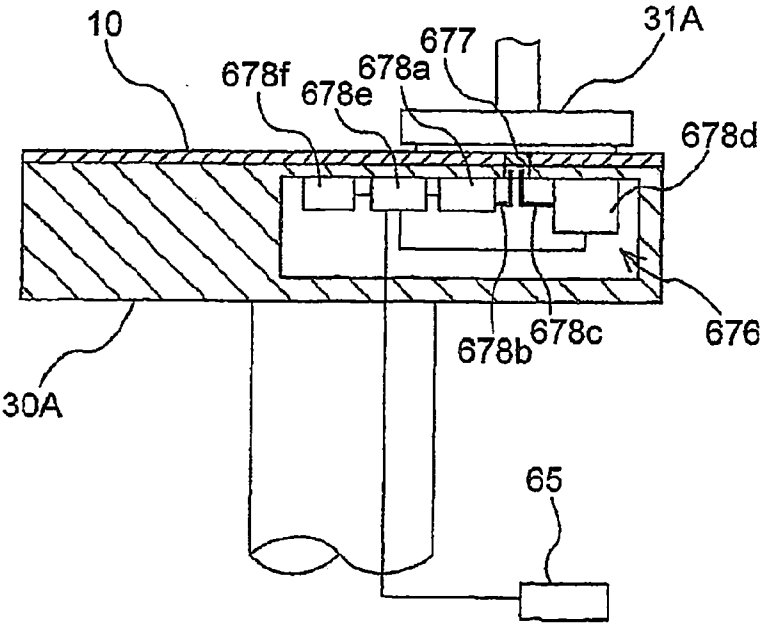


【第3圖】

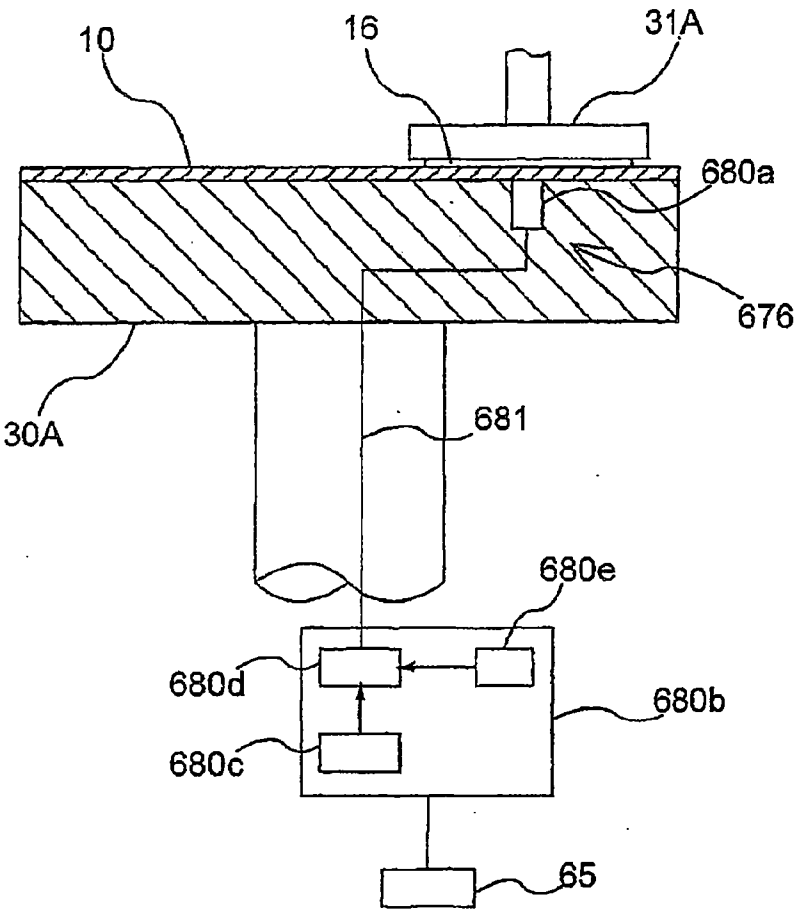




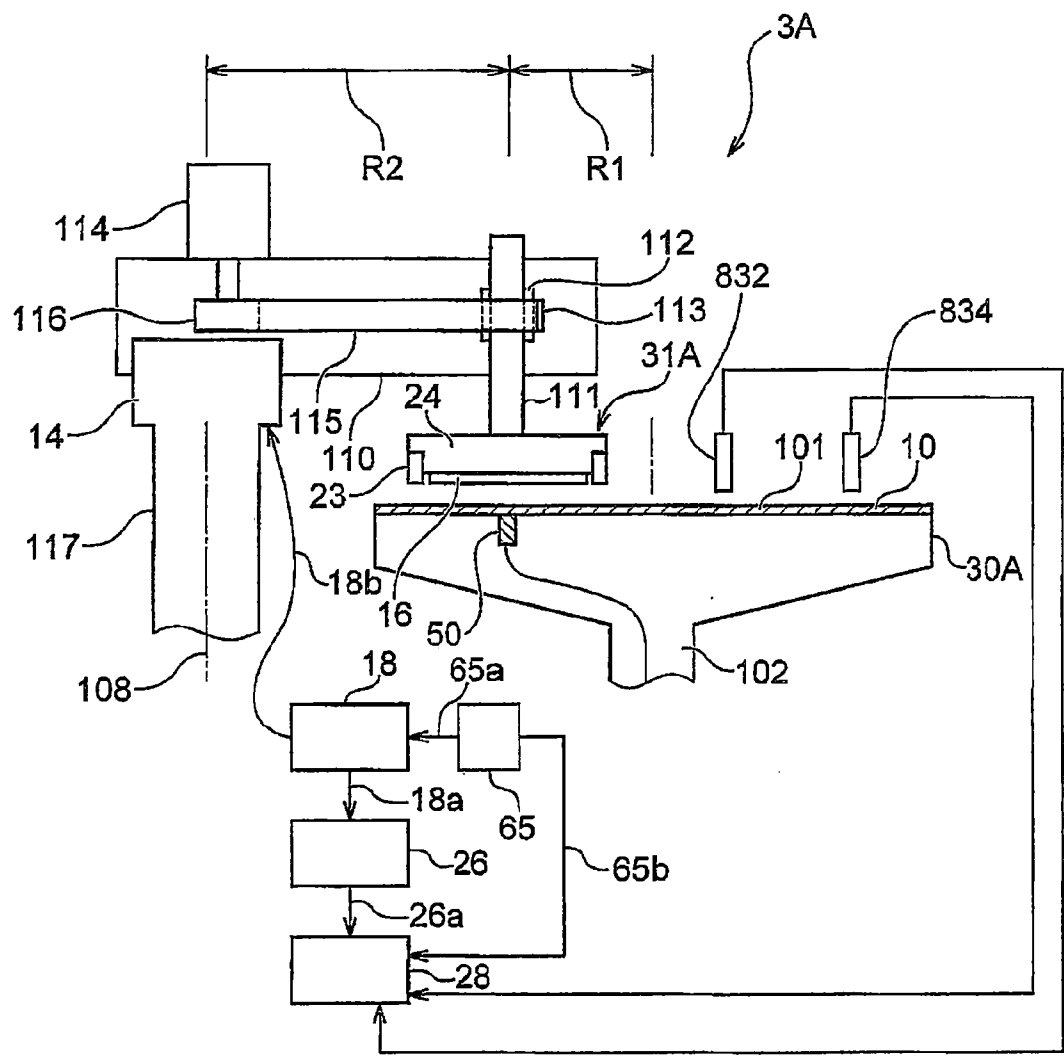
【第6圖】



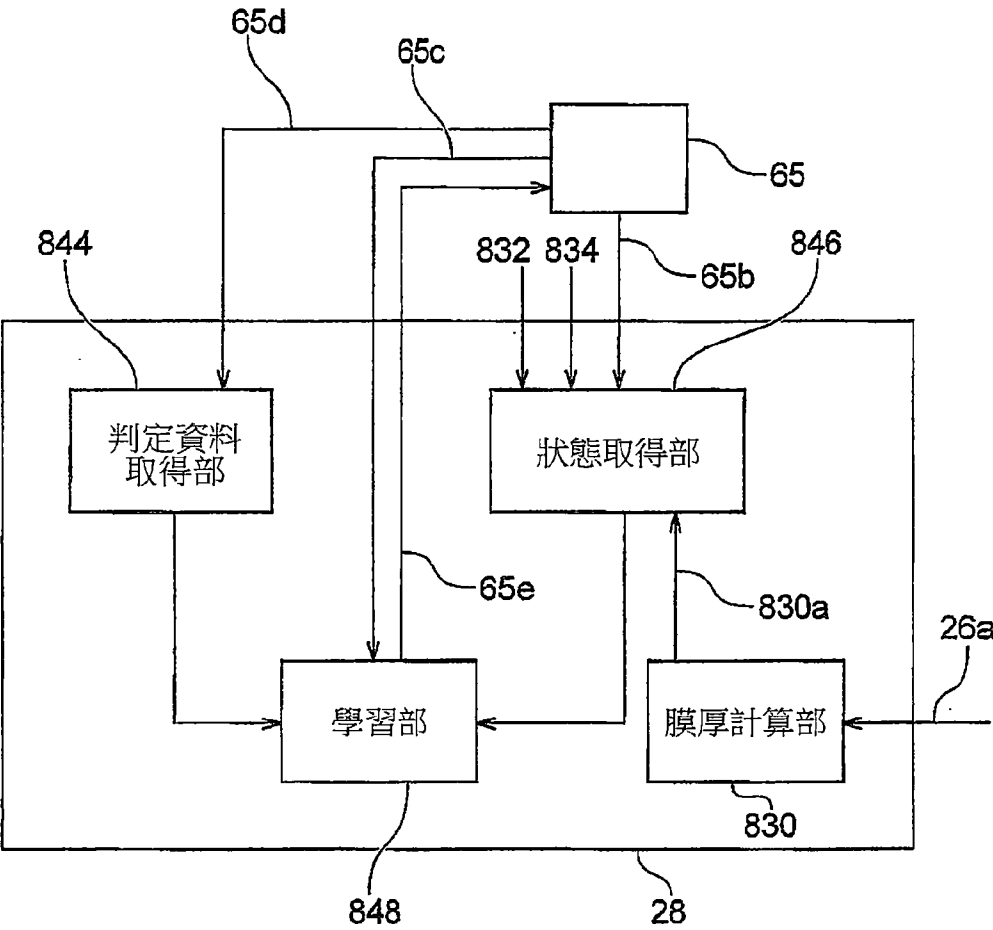
【第7圖】



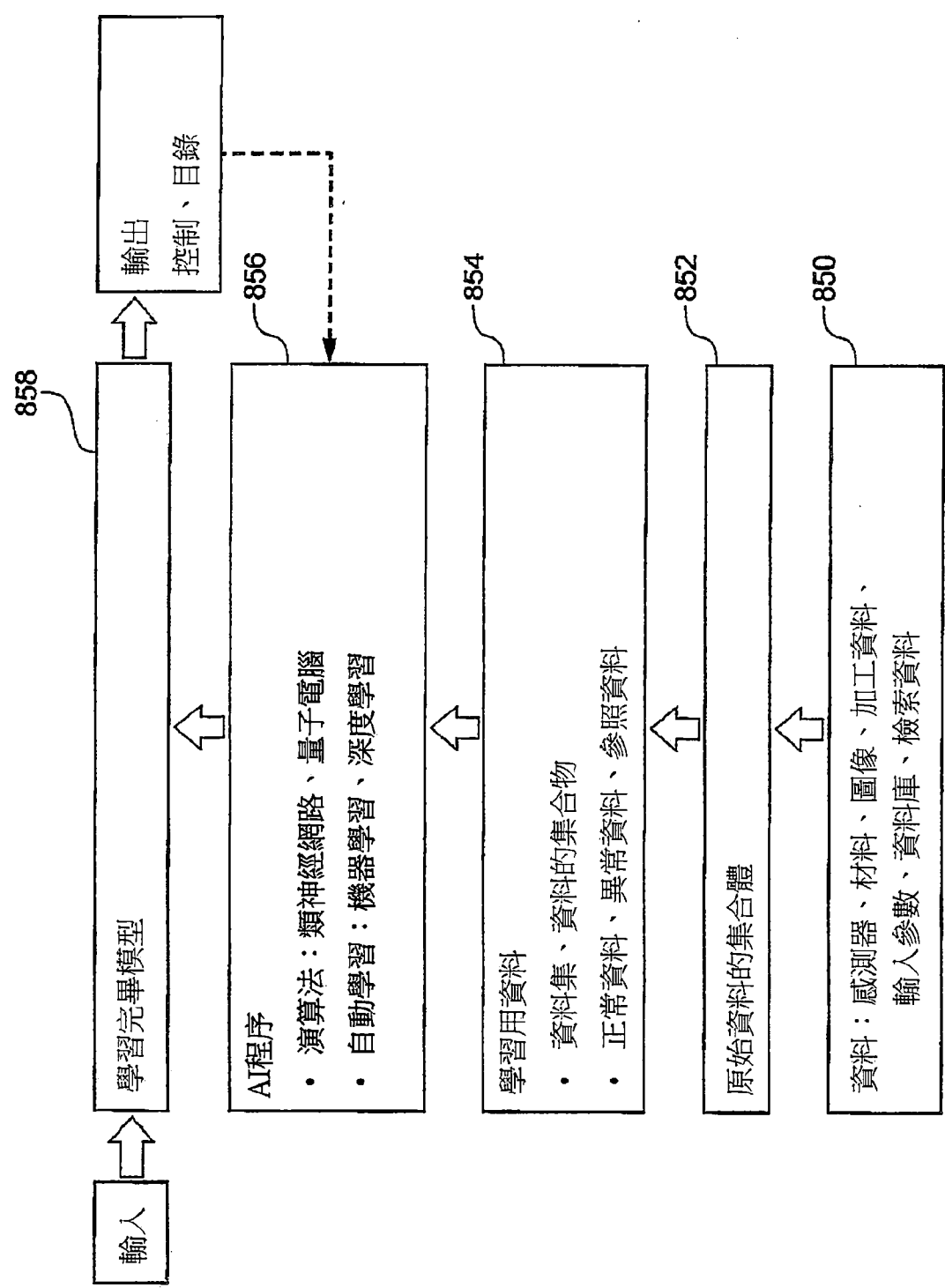
【第8圖】



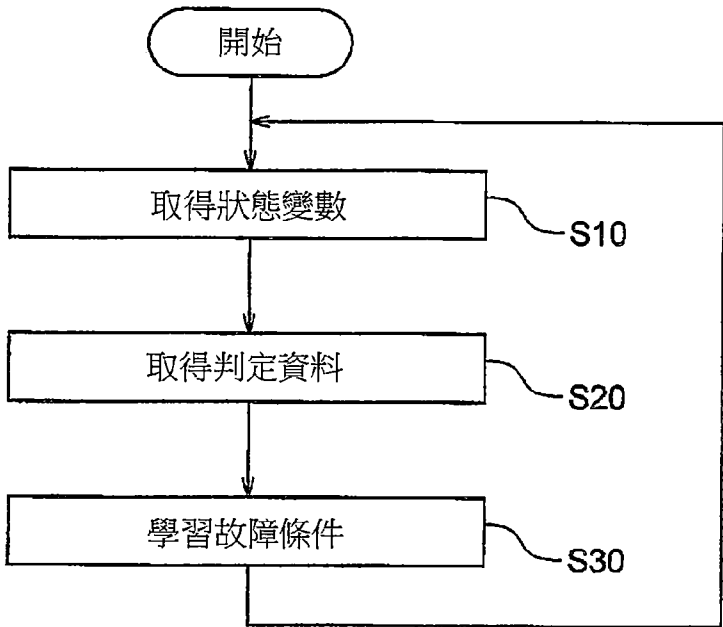
【第9圖】



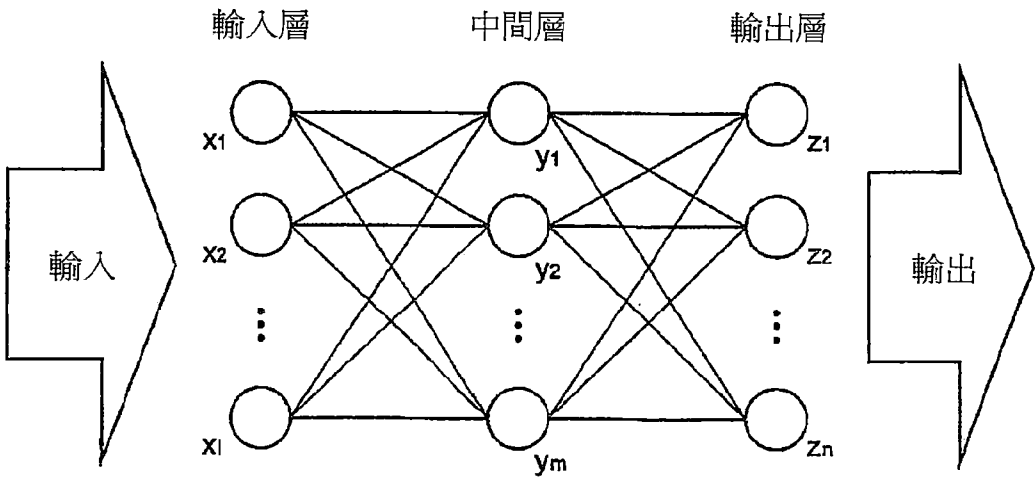
【第10圖】



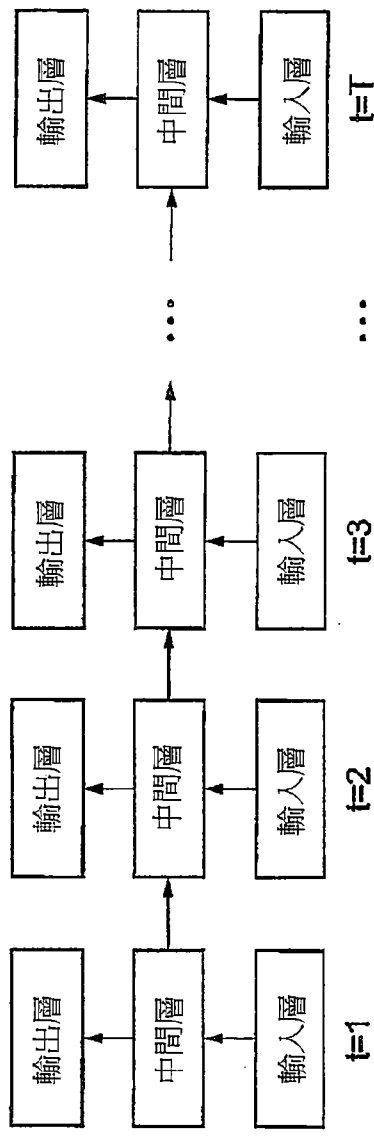
【第11圖】



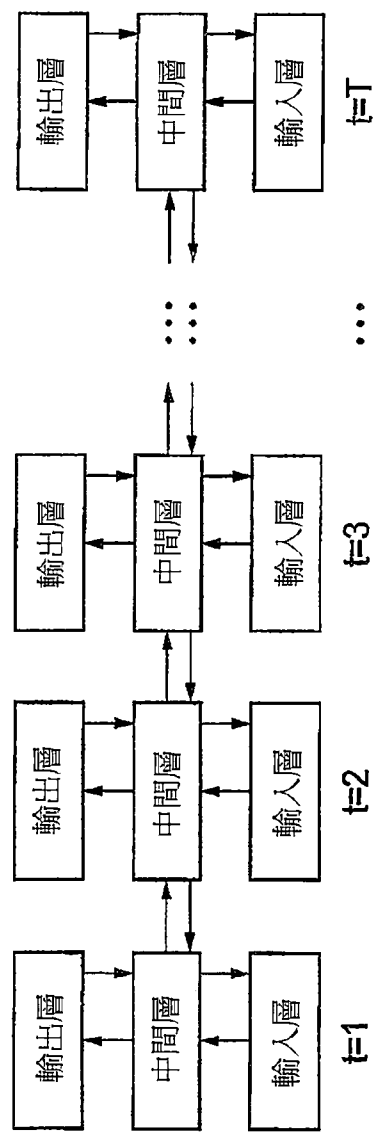
【第12圖】



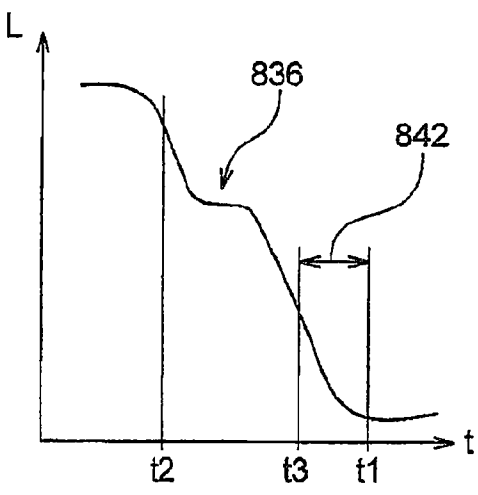
【第13圖】



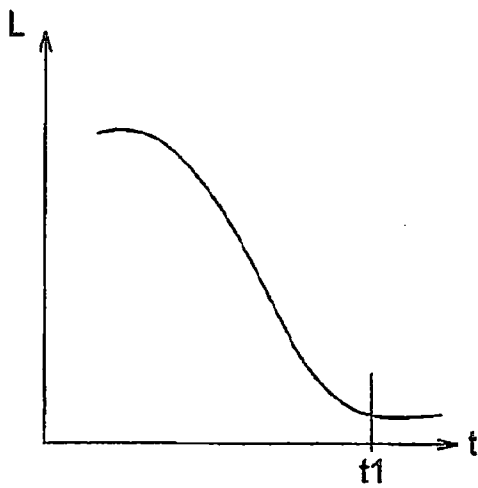
【第14A圖】



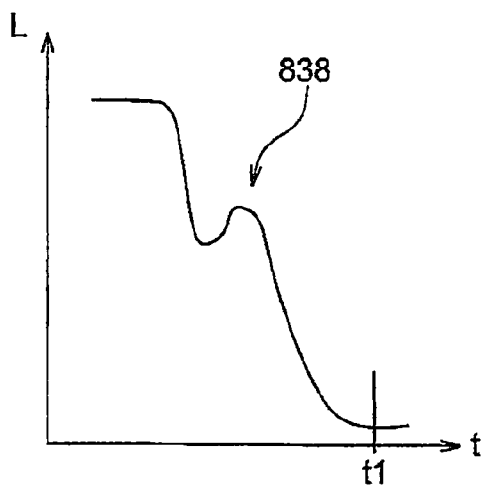
【第14B圖】



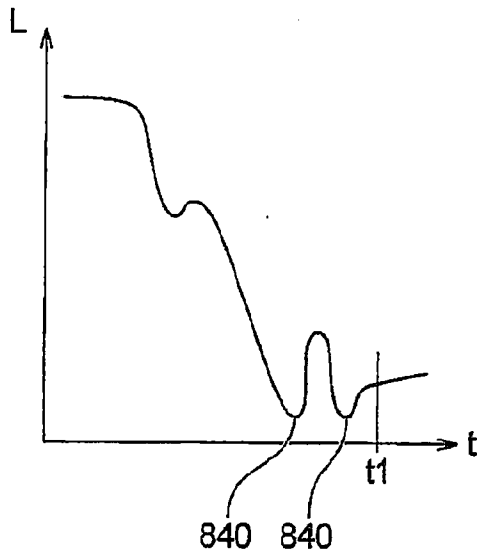
【第15A圖】



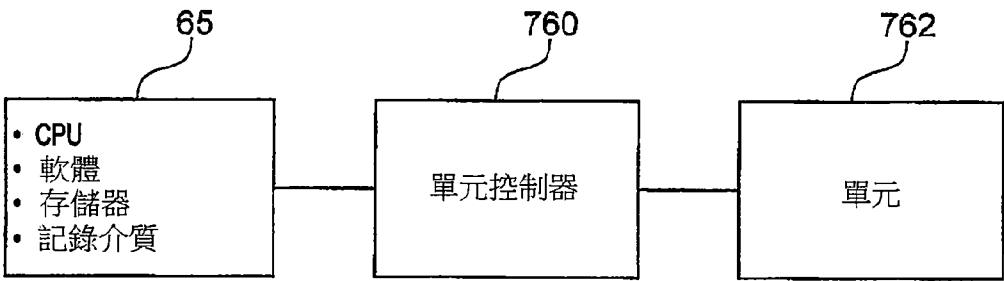
【第15B圖】



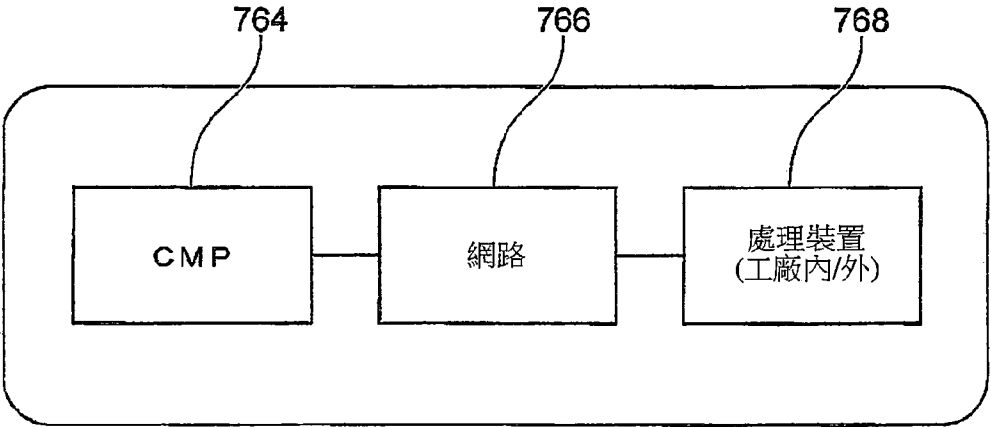
【第15C圖】



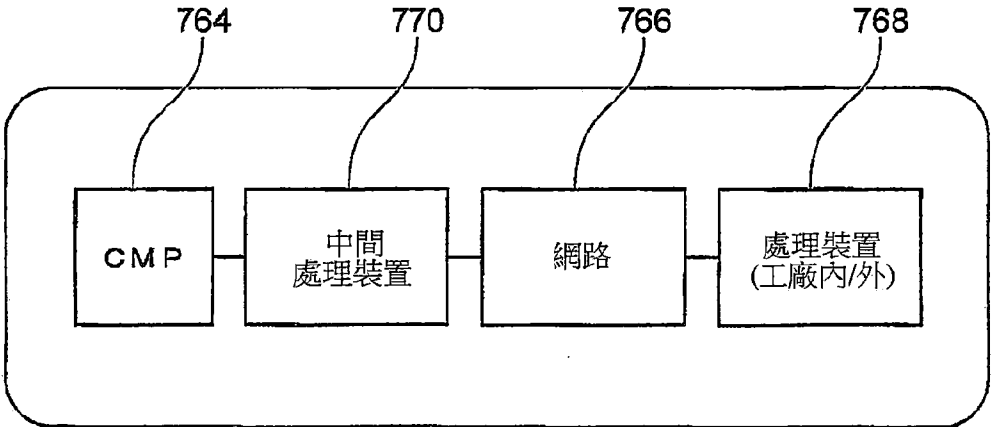
【第16圖】



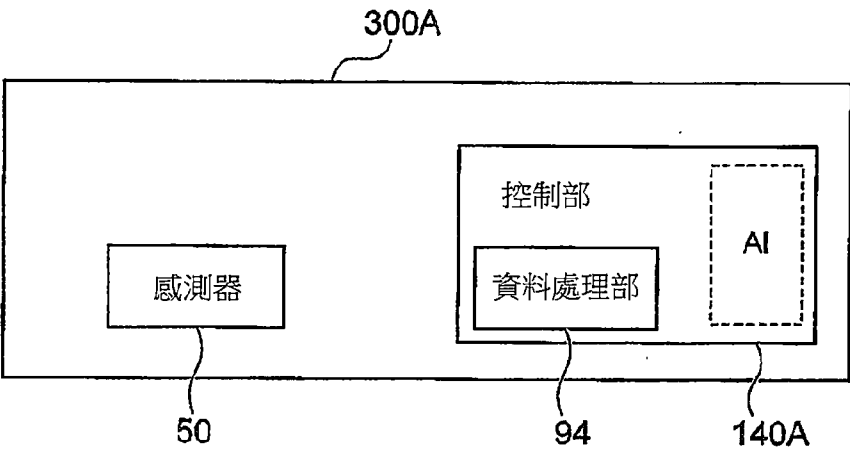
【第17圖】



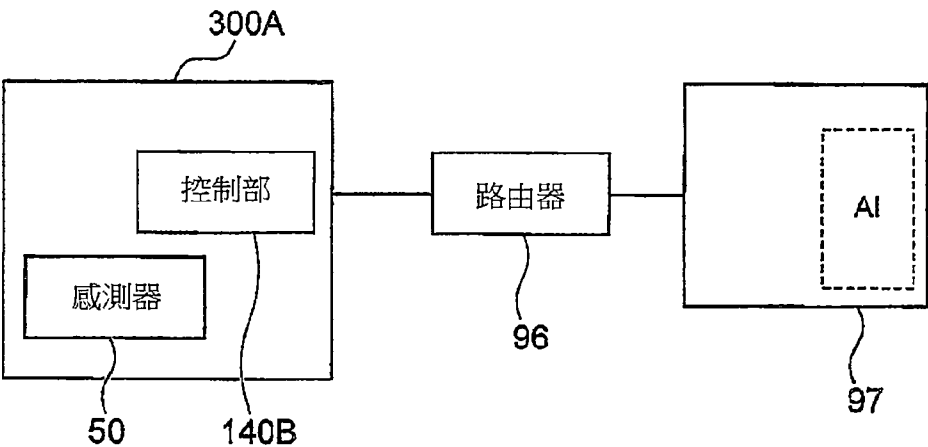
【第18圖】



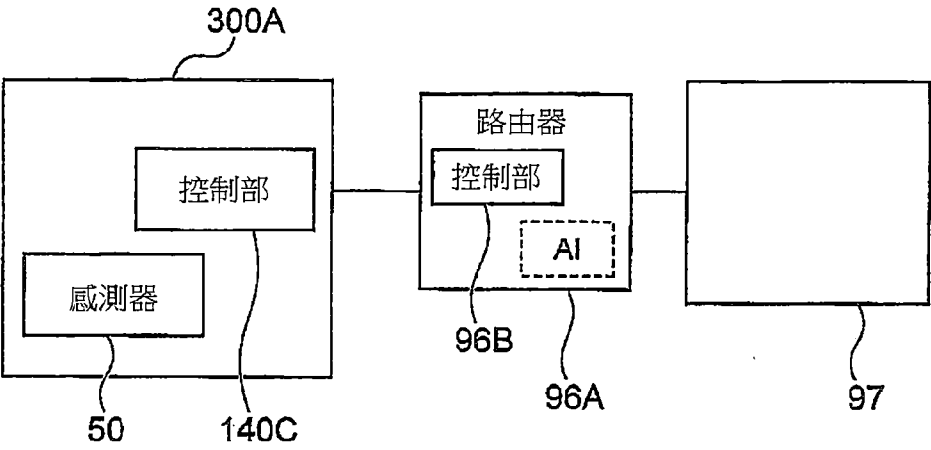
【第19圖】



【第20圖】



【第21圖】



【第22圖】