202448566

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202448566 A

(43)公開日： 中華民國 113 (2024) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：113106614 (22)申請日： 中華民國 113 (2024) 年 02 月 23 日

(51)Int. Cl.： *B01D1/00 (2006.01)*

(30)優先權：2023/02/28 日本 2023-029849

(71)申請人：日商堀場ＳＴＥＣ股份有限公司 (日本) HORIBA STEC, CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：瀧尻興太郎 TAKIJIRI, KOTARO (JP)

(74)代理人：許世正

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：8 共 29 頁

(54)名稱

濃度控制裝置、原料氣化系統、濃度控制方法和存儲有濃度控制程式的存儲介質

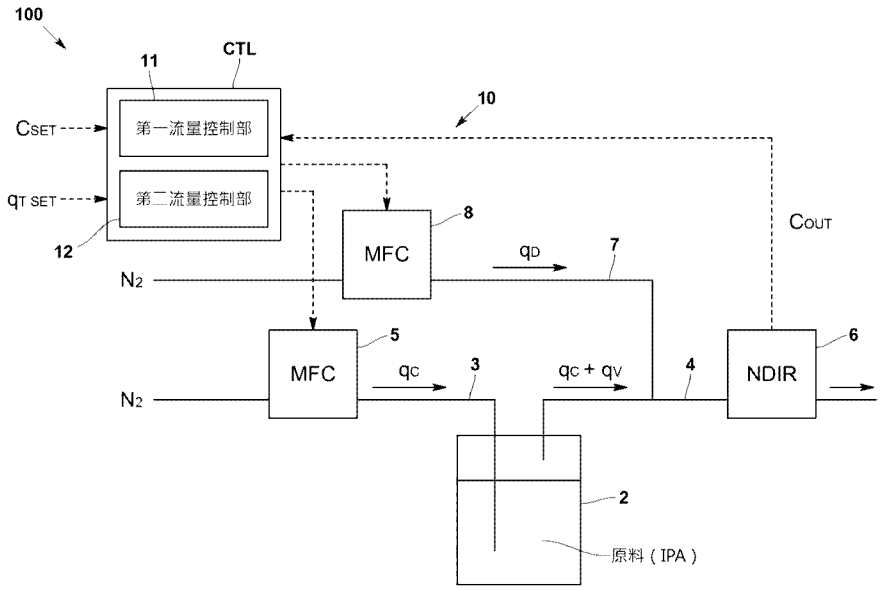
(57)摘要

本發明提供濃度控制裝置、原料氣化系統、濃度控制方法和存儲有濃度控制程式的存儲介質。本發明能夠進行快速且抑制了超調的濃度控制，是用於原料氣化系統（100）的濃度控制裝置（10），所述原料氣化系統（100）向收容於氣化容器（2）內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的原料氣體，其包括：流量控制設備（5），控制載氣的流量；濃度測定部（6），測定原料氣體的濃度；以及流量控制部（11），基於原料氣體的目標濃度值和濃度測定部（6）的測定濃度值，由模型預測控制來控制向流量控制設備（5）輸入的流量操作量。

A concentration control device 10 enables concentration control at high speed and with suppressed overshoot and is used in a raw material vaporization system 100 that introduces a carrier gas into a liquid or solid raw material contained in a vaporization tank 2, vaporizes the carrier gas, and supplies a raw material gas generated by vaporization. The concentration control device 10 includes flow rate control equipment 5 that controls a flow rate of the carrier gas, a concentration measurement unit 6 that measures a concentration of the raw material gas, and a flow rate control unit 11 that controls a flow rate operation amount input to the flow rate control equipment 5 by model predictive control based on a target concentration value of the raw material gas and a measured concentration value of the concentration measurement unit 6.

指定代表圖：

TW 202448566 A



【圖1】

符號簡單說明：

100:原料氣化系統

10:濃度控制裝置

2:氣化容器

3:載氣供給通道

4:原料氣體導出通道

5:第一質量流量控制器(第一流量控制設備)

6:濃度測定部

7:稀釋氣體供給通道

8:第二質量流量控制器(第二流量控制設備)

CTL:控制裝置

11:第一流量控制部

12:第二流量控制部

【發明摘要】

【中文發明名稱】 濃度控制裝置、原料氣化系統、濃度控制方法和存儲有濃度控制程式的存儲介質

【英文發明名稱】 CONCENTRATION CONTROL DEVICE, RAW MATERIAL VAPORIZATION SYSTEM, CONCENTRATION CONTROL METHOD, AND RECORDING MEDIUM STORING CONCENTRATION CONTROL PROGRAM

【中文】

本發明提供濃度控制裝置、原料氣化系統、濃度控制方法和存儲有濃度控制程式的存儲介質。本發明能夠進行快速且抑制了超調的濃度控制，是用於原料氣化系統（100）的濃度控制裝置（10），所述原料氣化系統（100）向收容於氣化容器（2）內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的原料氣體，其包括：流量控制設備（5），控制載氣的流量；濃度測定部（6），測定原料氣體的濃度；以及流量控制部（11），基於原料氣體的目標濃度值和濃度測定部（6）的測定濃度值，由模型預測控制來控制向流量控制設備（5）輸入的流量操作量。

【英文】

A concentration control device 10 enables concentration control at high speed and with suppressed overshoot and is used in

a raw material vaporization system 100 that introduces a carrier gas into a liquid or solid raw material contained in a vaporization tank 2, vaporizes the carrier gas, and supplies a raw material gas generated by vaporization. The concentration control device 10 includes flow rate control equipment 5 that controls a flow rate of the carrier gas, a concentration measurement unit 6 that measures a concentration of the raw material gas, and a flow rate control unit 11 that controls a flow rate operation amount input to the flow rate control equipment 5 by model predictive control based on a target concentration value of the raw material gas and a measured concentration value of the concentration measurement unit 6.

【指定代表圖】　　圖 1。

【代表圖之符號簡單說明】

100:原料氣化系統

10:濃度控制裝置

2:氣化容器

3:載氣供給通道

4:原料氣體導出通道

5:第一質量流量控制器（第一流量控制設備）

6:濃度測定部

7:稀釋氣體供給通道

8:第二質量流量控制器（第二流量控制設備）

CTL:控制裝置

11:第一流量控制部

12:第二流量控制部

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 濃度控制裝置、原料氣化系統、濃度控制方法和存儲有濃度控制程式的存儲介質

【英文發明名稱】 CONCENTRATION CONTROL DEVICE, RAW MATERIAL VAPORIZATION SYSTEM, CONCENTRATION CONTROL METHOD, AND RECORDING MEDIUM STORING CONCENTRATION CONTROL PROGRAM

【技術領域】

【0001】 本發明涉及濃度控制裝置、原料氣化系統、濃度控制方法和存儲有濃度控制程式的存儲介質。

【先前技術】

【0002】 在半導體製造工藝的清洗工序中，減少晶片乾燥時產生的水痕（watermark）成為課題。此外，在乾燥工序中，將異丙醇（IPA）與氮氣等載氣一起吹向晶片而使晶片乾燥，近年來其濃度管理變得重要。此外，在濃度管理中，將收容有原料的氣化容器的溫度、氮氣等載氣的流量控制為恆定，但是由於工藝的再現性的要求提高，所以即時的濃度管理變得重要。

【0003】 在此，在以往的原料氣化系統中，如專利文獻 1 所示，例如考慮了由使用了非分散紅外吸收光譜法（NDIR）的分析儀測定 IPA 的濃度，由 PID 控制來控制載氣的流量。

【0004】 但是，因配管中的氣體置換導致的響應的無用時間等，而需要用於滿足期望的響應時間的 PID 的調整，難以判斷可實現的響應性能，PID 的調整工時等的增加成為問題。

【0005】 專利文獻 1：日本特許第 4034344 號公報

【發明內容】

【0006】 因此，本發明是為了解決上述的問題而完成的，其課題在於提高響應性能且削減控制參數的調整工時。

【0007】 即，本發明的濃度控制裝置用於原料氣化系統，所述原料氣化系統向收容在氣化容器內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的原料氣體，所述濃度控制裝置包括：流量控制設備，控制所述載氣的流量；濃度測定部，測定所述原料氣體的濃度；以及流量控制部，基於所述原料氣體的目標濃度值和所述濃度測定部的測定濃度值，由模型預測控制來控制向所述流量控制設備輸入的流量操作量。

【0008】 如果是這樣的濃度控制裝置，則因為由模型預測控制來控制向流量控制設備輸入的流量操作量，所以與以往的 PID 控制相比，能夠提高響應性能。此外，在模型預測控制中，進行一次的控制對象的辨識實驗即可，不需要 PID 控制中的參數的最優化，能夠大幅縮短調整工時。

【0009】 優選的是，所述流量控制部將包含無用時間的模型用作所述模型預測控制的預測模型，所述無用時間基於所述原料氣體到達設置於所述原料氣體導出通道的所述濃度測定部的到達

時間。

【0010】 如果是該結構，則能夠由考慮了原料氣體導出通道的氣體置換導致的響應的無用時間的模型預測控制，進行快速且抑制了超調的濃度控制。

【0011】 優選的是，所述流量控制部使與所述原料氣體的濃度相關的參照軌跡的時間常數大於所述模型預測控制的預測模型所含的系統的時間常數。

【0012】 如果是該結構，則因為使參照軌跡的時間常數大於控制對象的時間常數，所以能夠以使控制對象的預測軌跡與參照軌跡一致的方式控制流量操作量。

【0013】 此外，本發明的原料氣化系統包括：氣化容器，收容液體或固體的原料；載氣供給通道，向所述氣化容器供給載氣；原料氣體導出通道，從所述氣化容器導出所述原料氣化而成的原料氣體；以及上述的濃度控制裝置。

【0014】 此外，本發明的濃度控制方法用於原料氣化系統，所述原料氣化系統向收容在氣化容器內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的原料氣體，其中，由流量控制設備控制所述載氣的流量，由濃度測定部測定所述原料氣體的濃度，基於所述原料氣體的目標濃度值和所述濃度測定部的測定濃度值，由模型預測控制來控制向所述流量控制設備輸入的流量操作量。

【0015】 進而，本發明的濃度控制程式用於濃度控制裝置，所

述濃度控制裝置在原料氣化系統中控制原料氣體的濃度，所述原料氣化系統向收容在氣化容器內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的所述原料氣體，所述濃度控制裝置包括：流量控制設備，控制所述載氣的流量；以及濃度測定部，測定所述原料氣體的濃度，其中，使電腦具備作為流量控制部的功能，所述流量控制部基於所述原料氣體的目標濃度值和所述濃度測定部的測定濃度值，由模型預測控制來控制向所述流量控制設備輸入的流量操作量。

【0016】 另外，濃度控制程式可以通過電子方式分發，也可以存儲於 CD、DVD 或快閃記憶體等程式存儲介質。

【0017】 如此，按照本發明，能夠提高響應性能且削減控制參數的調整工時。

【圖式簡單說明】

【0018】 圖 1 是示意性表示本發明的一種實施方式的原料氣化系統的結構的圖。

【0019】 圖 2 是表示同一實施方式的模型預測控制的結構的圖。

【0020】 圖 3 是表示使載氣階梯狀流動的情況下的原料氣體（IPA）的濃度的響應結果的圖。

【0021】 圖 4 是由以往的 PID 控制進行濃度控制的控制框圖。

【0022】 圖 5 是表示由以往的 PID 控制進行的濃度控制的實驗結果的圖。

【0023】 圖 6 是表示在以往的 PID 控制中調整 PID 參數後的實驗結果的圖。

【0024】 圖 7 是表示由同一實施方式的 MPC 進行濃度控制的演算法的圖。

【0025】 圖 8 是表示由同一實施方式的 MPC 進行的濃度控制的實驗結果的圖。

【實施方式】

【0026】 以下，參照附圖說明組裝有本發明的濃度控制裝置的原料氣化系統的一種實施方式。另外，為了便於理解，以下所示的各圖都適當省略或誇張地示意性描繪。對相同的結構要素賦予相同的附圖標記並適當省略說明。

【0027】 <1.原料氣化系統 100 的基本結構>

【0028】 本實施方式的原料氣化系統 100 例如應用於進行乾燥工序等半導體製造工藝的半導體製造裝置，例如向進行乾燥工序的腔室供給被控制了濃度的原料氣體。

【0029】 具體地說，如圖 1 所示，原料氣化系統 100 具備：氣化容器 2，收容例如異丙醇（IPA）等液體或固體的原料；載氣供給通道 3，向氣化容器 2 供給例如氮氣（N_2）等載氣；原料氣體導出通道 4，從氣化容器 2 導出原料氣化而成的原料氣體；第一流量控制設備 5，設置於載氣供給通道 3；以及濃度測定部 6，設置於原料氣體導出通道 4。

【0030】 在此，第一流量控制設備 5 是具有流量感測器和流

體控制閥的質量流量控制器。流量感測器可以考慮差壓式的流量感測器或熱式的流量感測器。此外，由閥控制部（未圖示）基於流量感測器的測定流量值和由後述的第一流量控制部 11 輸出的流量操作量 $q_{C\,SET}$，控制流體控制閥的閥開度。

【0031】 此外，濃度測定部 6 使用非分散紅外吸收光譜法（NDIR）。具體地說，濃度測定部 6 具有：測定池，供原料氣體導入；紅外光源，向該測定池照射紅外光；紅外線檢測器，檢測通過了測定池的紅外光；以及濃度運算部，基於由紅外線檢測器檢測到的光強度信號算出原料氣體的濃度。

【0032】 另外，本發明的濃度控制裝置 10 由第一流量控制設備 5、濃度測定部 6 和後述的第一流量控制部 11 構成。

【0033】 在本實施方式中，稀釋氣體供給通道 7 連接於原料氣體導出通道 4，所述稀釋氣體供給通道 7 供給用於稀釋原料氣體的稀釋氣體，在該稀釋氣體供給通道 7 設置有控制稀釋氣體的流量的第二流量控制設備 8。

【0034】 在此，第二流量控制設備 8 是具有流量感測器和流體控制閥的質量流量控制器。流量感測器可以考慮差壓式的流量感測器或熱式的流量感測器。此外，由閥控制部（未圖示）基於流量感測器的測定流量值和由後述的第二流量控制部 12 輸出的流量操作量 $q_{D\,SET}$，控制流體控制閥的閥開度。

【0035】 而且，原料氣化系統 100 具有控制裝置 CTL，所述控制裝置 CTL 基於由濃度測定部 6 測定的原料氣體的測定濃度

值 C_{OUT} 和目標濃度值 C_{SET}，控制第一流量控制設備 5 來控制原料氣體的濃度、即測定濃度值 C_{OUT}。此外，本實施方式的控制裝置 CTL 進行控制，使得向氣化容器 2 供給的載氣的流量 q_C 與從稀釋氣體供給通道 7 向原料氣體導出通道 4 供給的稀釋氣體的流量 q_D 的合計流量（q_C+q_D）恆定。

【0036】 <2.控制裝置 CTL 的具體結構>

【0037】 本實施方式的控制裝置 CTL 是具備 CPU、記憶體、A/D 轉換器、D/A 轉換器和各種輸入輸出設備的所謂的電腦。而且，通過執行存儲於記憶體的濃度控制程式，使各種設備協作，從而發揮作為控制第一流量控制設備 5 的動作的第一流量控制部 11 和控制第二流量控制設備 8 的動作的第二流量控制部 12 的功能。

【0038】 第一流量控制部 11 基於原料氣體的目標濃度值 C_{SET} 和濃度測定部 6 的測定濃度值 C_{OUT}，由模型預測控制（Model Predictive Controller：MPC）控制向第一流量控制設備 5 輸入的流量操作量 $q_{C\,SET}$。

【0039】 在此，如圖 2 所示，模型預測控制是在各時刻預測未來的響應且進行最優化的控制方法，通過在第一流量控制部 11 的內部具有預測模型（控制對象模型），從而預測控制對象的在從當前時刻起的某個有限區間的未來的行為。

【0040】 在圖 2 中，目標指令 r（t）是原料氣體的目標濃度值 C_{SET}，控制輸入 u（t）是向第一流量控制設備 5 輸入的流量操作

量 $q_{C\ SET}$，控制輸出 y（t）是由濃度測定部 6 測定的原料氣體的測定濃度值 C_{OUT}。將從該控制對象測定的測定濃度值 C_{OUT} 應用於第一流量控制部 11 的內部的預測模型，由優化器決定新的控制輸入 u（t），以使從當前時刻起預定的時刻的追隨誤差最小化。

【0041】 在此，第一流量控制部 11 將包含無用時間的模型用作模型預測控制的預測模型，所述無用時間基於原料氣體到達設置於原料氣體導出通道 4 的濃度測定部 6 的到達時間。該無用時間是伴隨從氣化容器 2 到濃度測定部 6 為止的原料氣體導出通道 4 中的氣體置換的響應的無用時間。無用時間的詳情在後敘述。

【0042】 此外，第一流量控制部 11 使與原料氣體的濃度相關的參照軌跡的時間常數大於模型預測控制的預測模型所含的系統（傳遞函數）的時間常數。系統（傳遞函數）的時間常數和參照軌跡的時間常數的詳情在後敘述。

【0043】 第二流量控制部 12 控制向第二流量控制設備 8 輸入的流量操作量 $q_{D\ SET}$，以使載氣的流量 q_C 與稀釋氣體的流量 q_D 的合計流量（q_C+q_D）恆定。具體地說，第二流量控制部 12 將載氣和稀釋氣體的全流量設定值 $q_{T\ SET}$ 與第一流量控制設備 5 的流量操作量 $q_{C\ SET}$ 的差值（$q_{T\ SET}-q_{C\ SET}$）作為第二流量控制設備 8 的流量操作量 $q_{D\ SET}$（稀釋氣體的設定流量值）。

【0044】 以下，說明由以往的 PID 控制進行的濃度控制和由本實施方式的控制裝置 CTL 的 MPC 進行的濃度控制的詳情。

【0045】 <3.關於控制對象>

【0046】 控制對象如圖 1 所示，希望控制的物理量是由濃度測定部 6 測定的測定濃度值 C_{OUT} 和全流量 q_T（載氣的流量 q_C 與稀釋氣體的流量 q_D 的合計流量）。

【0047】 在此，在流量控制中使用質量流量控制器，質量流量控制器的流量的響應性能具有比濃度輸出的響應足夠快速的響應性。

【0048】 原料氣體（IPA）的測定濃度值 C_{OUT} 由濃度測定部 6（NDIR）測定，能夠由下式表示。雖然作為操作量使用載氣的流量 q_C，但是因為該流量處於分母的位置，所以成為測定濃度值 C_{OUT} 具有非線性的特性。另外，在下式中，q_V 是原料氣體流量。

【0049】 [數學式 1]

$$c_{OUT} = \frac{q_V}{q_C + q_V + q_D} \times 100$$

【0050】 圖 3 表示測定濃度值 C_{OUT} 的響應結果。在此，是在未進行濃度控制而使載氣階梯狀流動的情況下的測定濃度值 C_{OUT}。載氣的流量為接近實際的運用條件的 200 sccm。

【0051】 根據該實驗結果進行辨識，求出以下的傳遞函數 P（s）。在該傳遞函數 P（s）中含有大約 1 秒的無用時間，該無用時間使濃度控制的響應調整變得困難。

【0052】 [數學式 2]

$$P(s) = \frac{0.055 \cdot s + 1}{1.84 \cdot s^2 + 1.75 \cdot s + 1} 0.0069 e^{-s}$$

【0053】 基於圖 3 所示的響應結果，通過對以下的通式的各係數 a_1、b_1、b_2 和 L 進行運算而求出該傳遞函數 P（s）。另外，係數 L 表示無用時間。此外，q_C 是圖 3 中的載氣的流量，q_V 是圖 3 中的原料氣體的流量，q_D 是圖 3 中的稀釋氣體的流量。

【0054】 [數學式 3]

$$P(s) = \frac{a_1 \cdot s + 1}{b_2 \cdot s^2 + b_1 \cdot s + 1} \frac{q_V}{q_C + q_V + q_D} e^{-sL} q_C$$

【0055】 <4.由 PID 控制進行的濃度控制>

【0056】 向控制裝置 CTL 輸入原料氣體的目標濃度值 C_{SET} 和全流量設定值 $q_{T\ SET}$ 這兩個設定作為目標設定。關於響應，希望使原料氣體的測定濃度值 C_{OUT} 和全流量 q_T 收斂在 10 秒以內，盡可能抑制超調。

【0057】 圖 4 表示 PID 控制系統的框圖。在以往方法中，控制裝置 CTL 進行 PID 控制，對載氣的流量目標值、即流量操作量 $q_{C\ SET}$ 進行運算來控制原料氣體的測定濃度值 C_{OUT}。

【0058】 全流量設定值 $q_{T\ SET}$ 成為下式所示的載氣的流量目標值、即流量操作量 $q_{C\ SET}$ 與稀釋氣體的流量目標值、即流量操作量 $q_{D\ SET}$ 的總和。因此，本控制系統的全流量控制構成為將 $q_{T\ SET}$ 與 $q_{C\ SET}$ 的差值設定為稀釋流量設定值、即流量操作量 $q_{D\ SET}$。

【0059】 [數學式 4]

$$q_{T\,SET} = q_{C\,SET} + q_{D\,SET}$$

【0060】 圖 5 表示以往方法的 PID 控制的實驗結果。在此，將原料氣體的目標濃度值（濃度設定值）C_{SET} 設為 1%，將目標合計流量值（全流量設定值）$q_{T\,SET}$ 設為 2000 sccm，進行了階躍響應的實驗。

【0061】 調整了 PID 參數的結果是全流量從設定起 2 秒程度穩定。但是，在濃度輸出中成為 15 秒程度的收斂時間。

【0062】 進而，以使響應在 10 秒到達的方式進行了 PID 的調整。圖 6 表示其結果。在 PID 控制中，如果想要將響應時間調整為 10 秒，則其結果是超調變大。這被認為原因是控制對象包含無用時間。

【0063】 <5.由 MPC 進行的濃度控制>

【0064】 接著，說明由 MPC 進行的濃度控制。另外，全流量 q_T 的控制與以往的 PID 控制相同。

【0065】 圖 7 表示第一流量控制部 11 的 MPC 的演算法。在此，k 表示由採樣週期 T_s 離散化的時間。

【0066】 如果將預測範圍（horizon）點數（預測將來的時間）設為 H_P，則參照軌跡 $c_{reftraj}(k+i|k)$（$i=1, \cdots, H_P$）表示理想的軌跡，由時間常數 T_{ref} 決定其響應時間。

【0067】 [數學式 5]

$$c_{reftraj}(k+i|k) = c_{OUT}(k)e^{-\frac{i\cdot T_S}{T_{ref}}} + c_{SET}(1-e^{-\frac{i\cdot T_S}{T_{ref}}})$$

【0068】 在賦予了操作量 $\Delta q_{C\ SET}$ 的情況下的預測軌跡 $\hat{c}_{out}$（k+i|k）（上標的符號^表示預測值）根據當前的操作量下的自由響應 c_{free}(k+i|k)和從上述的數學式 2 計算的單位階躍響應 S(i)，由下式表示。

【0069】 [數學式 6]

$$\hat{c}_{out}(k+i|k) = c_{free}(k+i|k) + S(i)\Delta q_{C\ SET}$$

【0070】 以參照軌跡 $c_{reftraj}$（k+i|k）和預測軌跡 $\hat{c}_{out}$（k+i|k）在預測範圍的最終 n 點一致的方式針對每一採樣週期 T_s 確定 $\Delta q_{C\ SET}$，決定下一個採樣週期的 $q_{C\ SET}$。

【0071】 [數學式 7]

$$q_{C\ SET}(k) = q_{C\ SET}(k-1) + \Delta q_{C\ SET}$$

【0072】 接著，進行 MPC 的安裝並進行了濃度控制的實驗。預測軌跡的時間常數、預測範圍和數據區間如下。

採樣週期 T_S[s]：0.1

預測軌跡的時間常數 T_{ref}[s]：2

預測範圍點數 H_P[s]：5

數據區間 n：5

【0073】 此外，以原料氣體的目標濃度值（濃度設定值）C_{SET} 為 1%、目標合計流量值（全流量設定值）$q_{T\ SET}$ 為 2000 sccm 進行了實驗。

【0074】 圖 8 表示其實驗結果。從該圖 8 可知，通過由 MPC 進行的濃度控制，濃度控制的收斂時間成為大約 10 秒，並抑制了超調。此外，全流量也以 1 秒程度收斂，與以往方法相比能夠縮短收斂時間。

【0075】 <6.本實施方式的效果>

【0076】 如此，按照本實施方式的原料氣化系統 100，因為由模型預測控制來控制向第一流量控制設備 5 輸入的流量操作量 $q_{C\,SET}$，所以與以往的 PID 控制相比，能夠提高響應性能。此外，在模型預測控制中，進行一次的控制對象的辨識實驗即可，不需要 PID 控制中的參數的最優化，能夠大幅縮短調整工時。

【0077】 此外，因為將包含無用時間的模型用作模型預測控制的預測模型，所述無用時間基於原料氣體到達設置於原料氣體導出通道 4 的濃度測定部 6 的到達時間，所以能夠由考慮了原料氣體導出通道 4 的氣體置換導致的響應的無用時間的模型預測控制，進行快速且抑制了超調的濃度控制。

【0078】 進而，因為與原料氣體的濃度相關的參照軌跡的時間常數大於模型預測控制的預測模型所含的系統的時間常數，所以能夠以使控制對象的預測軌跡與參照軌跡一致的方式控制流量操作量。

【0079】 <7.其他實施方式>

【0080】 例如，所述實施方式的原料是異丙醇等液體原料，但是也可以是固體的原料。

【0081】 此外，氣化方式除了鼓泡（bubbling）法以外，也可以是加熱方式等其他氣化方式。

【0082】 進而，在所述實施方式中，將載氣流量與稀釋氣體流量的合計流量控制為恆定，但是也可以構成為不將該合計流量控制為恆定。

【0083】 而且，在所述實施方式中，構成為具有稀釋氣體供給通道，並稀釋原料氣體，但是也可以構成為不具有稀釋氣體供給通道。

【0084】 而且，也可以使模型預測控制的預測模型所含的系統的時間常數、以及與原料氣體的濃度相關的參照軌跡的時間常數相同。

【0085】 而且，所述實施方式的濃度控制裝置向半導體製造裝置的腔室供給原料氣體，但是也可以向其他腔室供給原料氣體。

【0086】 此外，所述實施方式的濃度控制裝置被組裝於原料氣化系統，但是也可以設為與原料氣化系統獨立的裝置（模組）。

【0087】 除此以外，也可以在不違背本發明的宗旨的範圍內進行各種實施方式的變形、組合。

【符號說明】

【0088】

100:原料氣化系統

10:濃度控制裝置

2:氣化容器

3:載氣供給通道

4:原料氣體導出通道

5:第一質量流量控制器（第一流量控制設備）

6:濃度測定部

7:稀釋氣體供給通道

8:第二質量流量控制器（第二流量控制設備）

CTL:控制裝置

11:第一流量控制部

12:第二流量控制部

【發明申請專利範圍】

【請求項1】　一種濃度控制裝置，用於原料氣化系統，所述原料氣化系統向收容在氣化容器內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的原料氣體，所述濃度控制裝置的特徵在於，包括：

流量控制設備，控制所述載氣的流量；

濃度測定部，測定所述原料氣體的濃度；以及

流量控制部，基於所述原料氣體的目標濃度值和所述濃度測定部的測定濃度值，由模型預測控制來控制向所述流量控制設備輸入的流量操作量。

【請求項2】　如請求項 1 所述的濃度控制裝置，其特徵在於，

所述流量控制部將包含無用時間的模型用作所述模型預測控制的預測模型，所述無用時間基於所述原料氣體到達設置於所述原料氣體導出通道的所述濃度測定部的到達時間。

【請求項3】　如請求項 1 所述的濃度控制裝置，其特徵在於，

所述流量控制部使與所述原料氣體的濃度相關的參照軌跡的時間常數大於所述模型預測控制的預測模型所含的系統的時間常數。

【請求項4】　一種原料氣化系統，其特徵在於，包括：

氣化容器，收容液體或固體的原料；

載氣供給通道，向所述氣化容器供給載氣；

原料氣體導出通道，從所述氣化容器導出所述原料氣化而成的原料氣體；以及

如請求項 1 所述的濃度控制裝置。

【請求項5】　一種濃度控制方法，用於原料氣化系統，所述原料氣化系統向收容在氣化容器內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的原料氣體，所述濃度控制方法的特徵在於，

由流量控制設備控制所述載氣的流量，

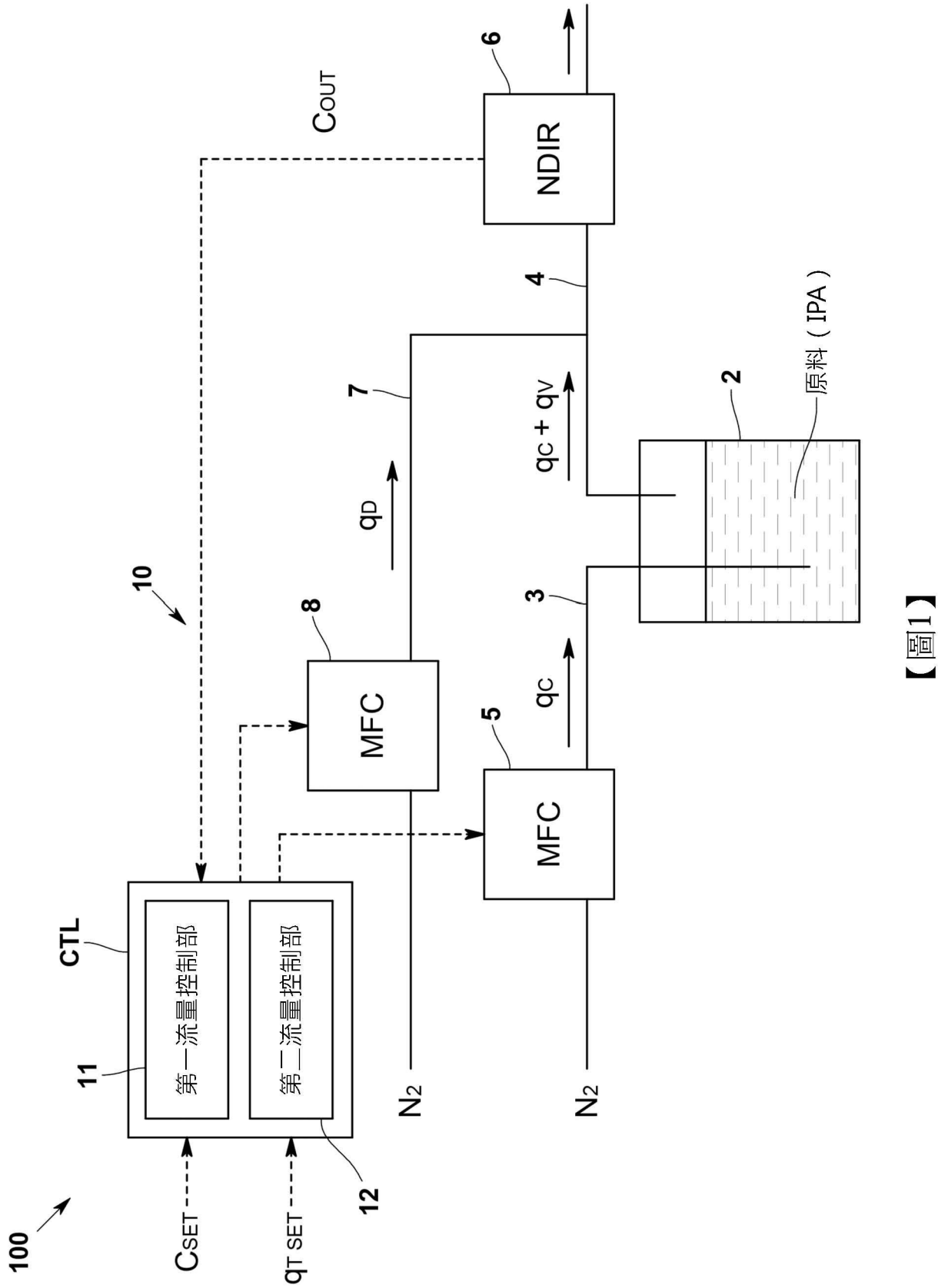
由濃度測定部測定所述原料氣體的濃度，

基於所述原料氣體的目標濃度值和所述濃度測定部的測定濃度值，由模型預測控制來控制向所述流量控制設備輸入的流量操作量。

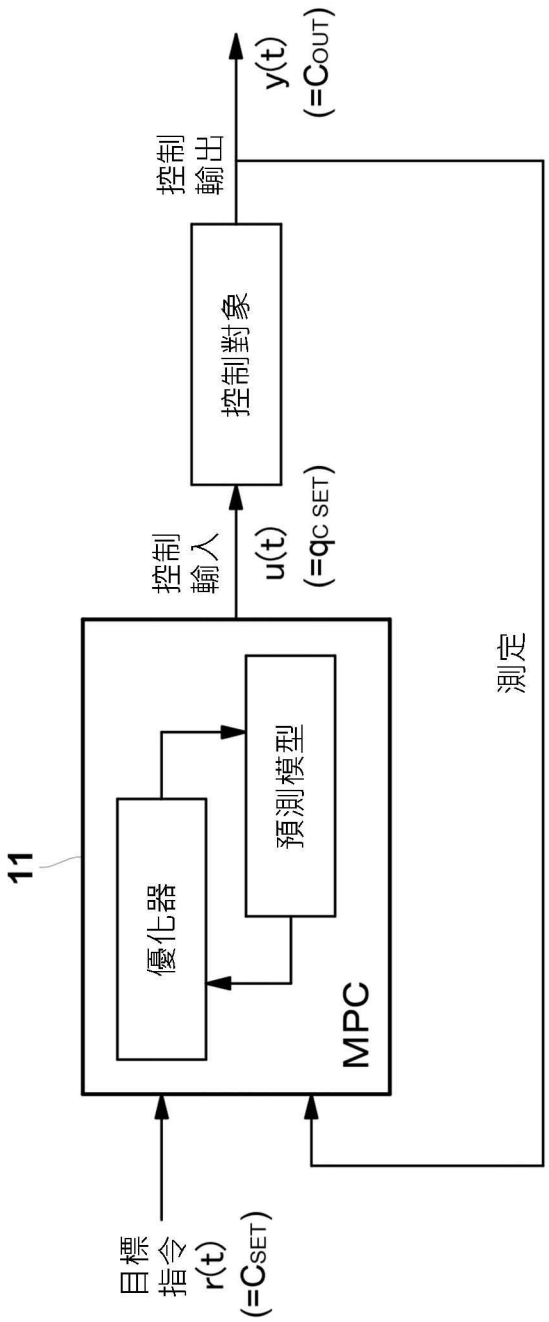
【請求項6】　一種存儲介質，存儲有濃度控制程式，所述濃度控制程式用於濃度控制裝置，所述濃度控制裝置在原料氣化系統中控制原料氣體的濃度，所述原料氣化系統向收容在氣化容器內的液體或固體的原料導入載氣進行氣化，並供給由此產生的所述原料氣體，所述濃度控制裝置包括：流量控制設備，控制所述載氣的流量；以及濃度測定部，測定所述原料氣體的濃度，所述存儲介質的特徵在於，

使電腦具備作為流量控制部的功能，所述流量控制部基於所述原料氣體的目標濃度值和所述濃度測定部的測定濃度值，由模型預測控制來控制向所述流量控制設備輸入的流量操作量。

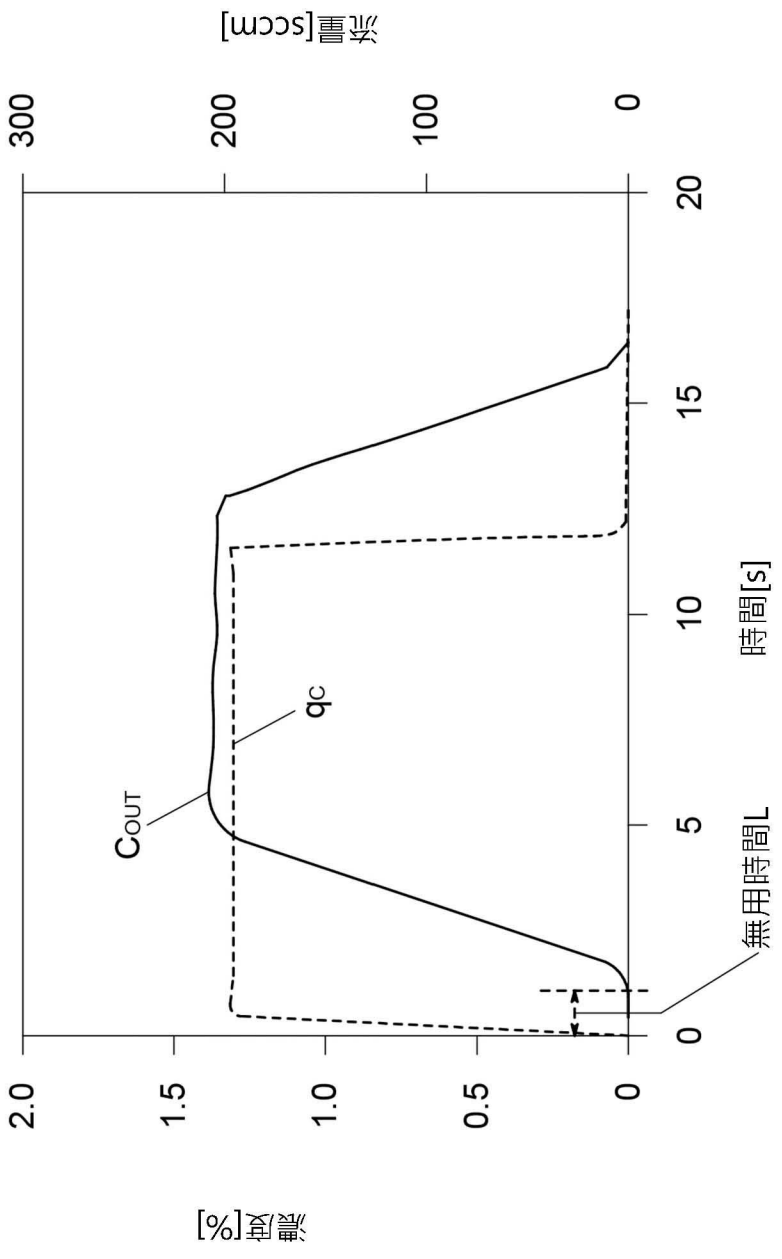
【發明圖式】


100
10
CTL
11
第一流量控制部
第二流量控制部
12
CSET
qT SET
COUT
NDIR
6
4
7
8
MFC
5
MFC
3
2
原料（IPA）
qD
qC + qV
qC
N2
N2

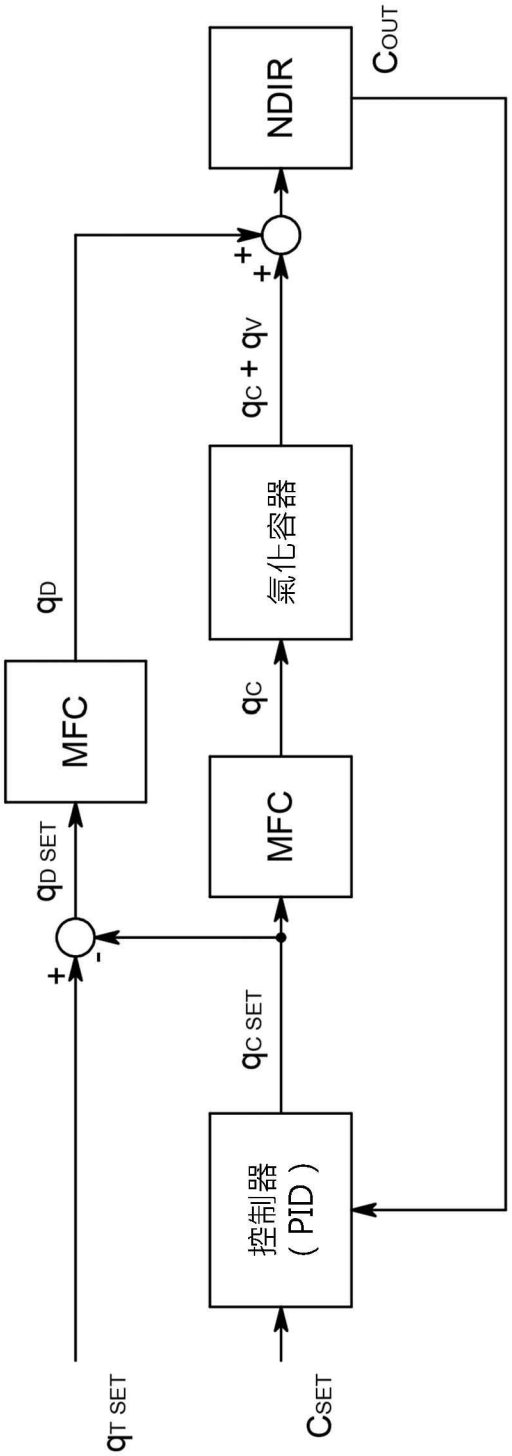
【圖1】



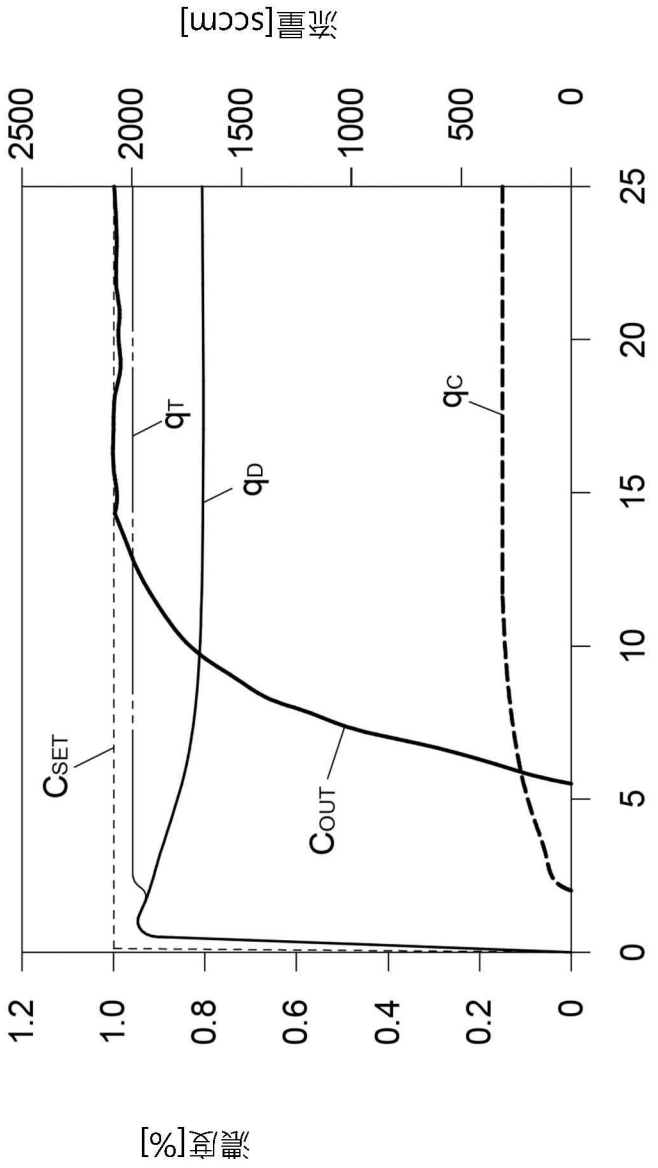
【圖2】



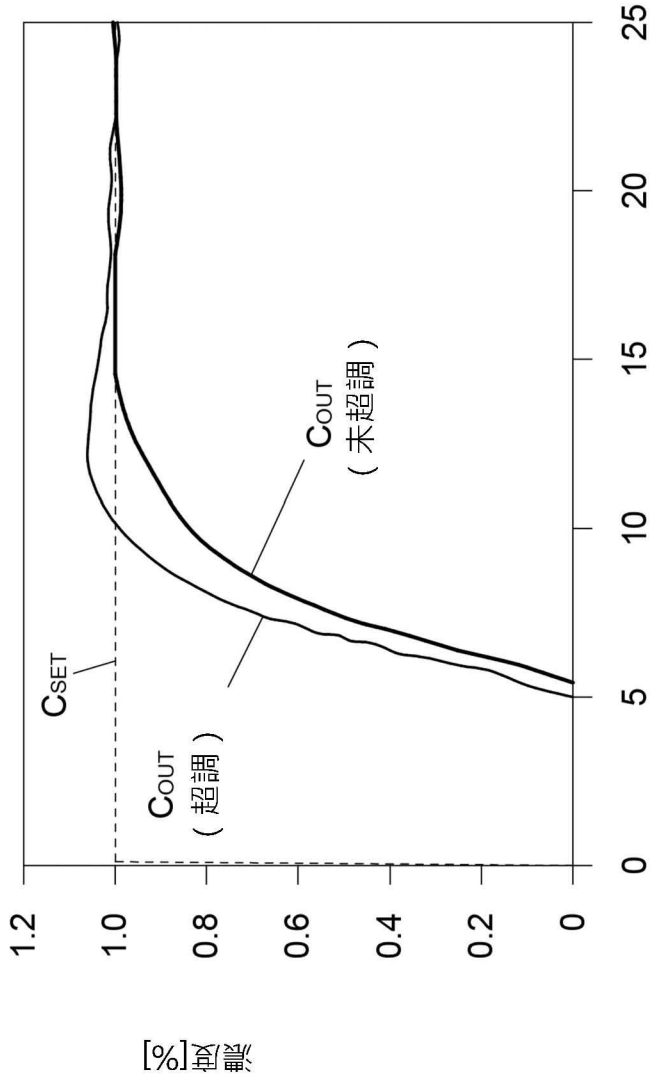
【圖3】


NDIR
COUT
+
+
qC + qV
氣化容器
qD
MFC
qC
MFC
qD SET
+
-
qC SET
控制器
(PID)
qT SET
CSET

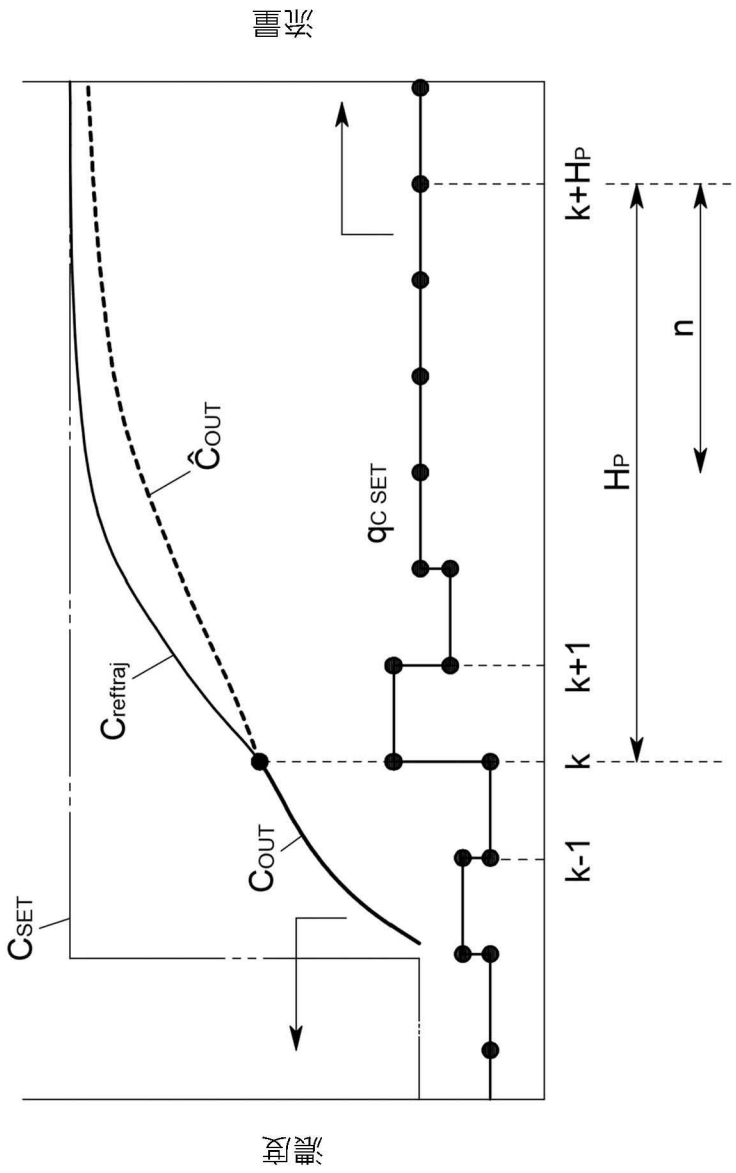
【圖4】


流量[sccm]
濃度[%]
時間[s]
C_{SET}
C_{OUT}
q_T
q_D
q_C
2500
2000
1500
1000
500
0
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
5
10
15
20
25

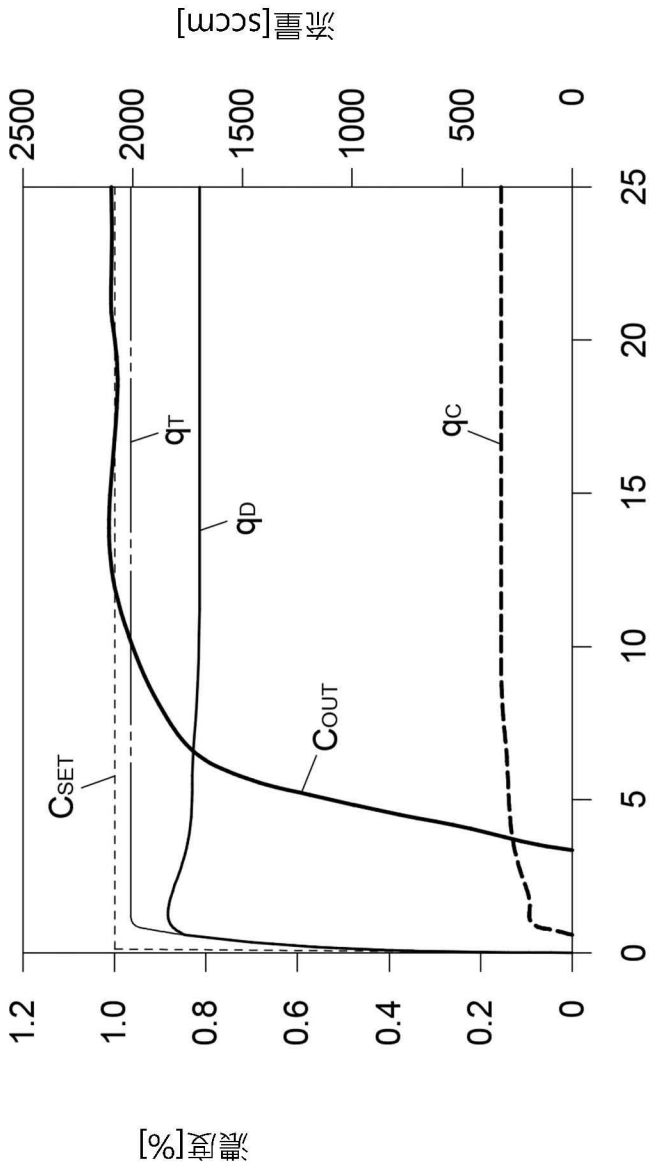
【圖5】



【圖6】



【圖7】


流量[sccm]
濃度[%]
時間[s]
C_{SET}
C_{OUT}
q_T
q_D
q_C
2500
2000
1500
1000
500
0
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
5
10
15
20
25

【圖8】