



(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 I806147 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：110132897

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 09 月 03 日

(51)Int. Cl. : G05B19/4155(2006.01)

G05D23/19 (2006.01)

H05B1/02 (2006.01)

(30)優先權：2020/09/04 美國

63/074,520

(71)申請人：美商瓦特洛威電子製造公司 (美國) WATLOW ELECTRIC MANUFACTURING COMPANY (US)

美國

(72)發明人：奧普拉夫斯基 安德魯 OPLAWSKI, ANDREW (US)；昆特 傑瑞米 QUANDT, JEREMY (US)；奈斯 基斯 NESS, KEITH (US)；林德雷 傑可比 LINDLEY, JACOB (US)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW 200741882A

TW 201537804A

TW 202027192A

CN 101801625A

CN 103792973A

CN 105393182A

CN 108702818A

CN 109964082A

US 2004/0060917A1

US 2020/0094494A1

審查人員：林坤隆

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 30 頁

(54)名稱

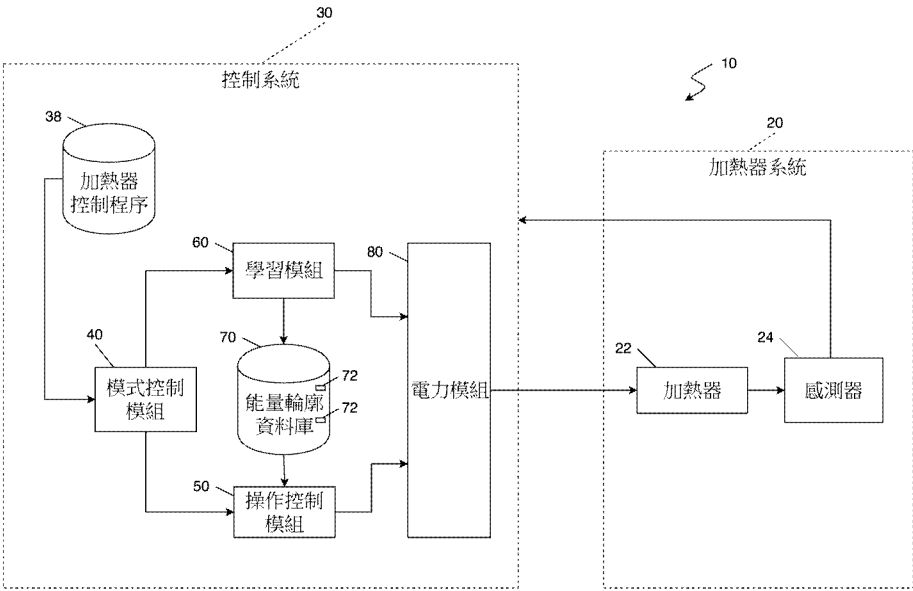
用以使用能量控制來控制電加熱器之方法及系統

(57)摘要

一種用以控制一電加熱器之一受熱程序的方法，其包括獲得指示該加熱器之一目標溫度的一設定點變數。該方法包括基於該設定點變數來識別該加熱器的一能量輪廓。該能量輪廓提供要施加至該加熱器以使該受熱程序之一溫度達到該目標溫度之一界定的初始電能量值。該方法包括獲得指示該受熱程序之一表現特性的一程序變數。該方法包括基於該能量輪廓及該程序變數中之至少一者，來對該加熱器提供電能。

A method for controlling a heated process of an electric heater includes obtaining a setpoint variable indicating a target temperature of the heater. The method includes identifying an energy profile for the heater based on the setpoint variable. The energy profile provides a defined magnitude of initial electrical energy to be applied to the heater to have a temperature of the heated process reach the target temperature. The method includes obtaining a process variable indicating a performance characteristic of the heated process. The method includes providing electrical energy to the heater based on at least one of the energy profile and the process variable.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

- 10:熱系統
- 20:加熱器系統
- 22:加熱器
- 24:感測器
- 30:控制系統
- 38:加熱器控制程序資料庫
- 40:模式控制模組
- 50:操作控制模組
- 60:學習模組
- 70:能量輪廓資料庫，資料庫
- 72:能量輪廓
- 80:電力模組



I806147

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用以使用能量控制來控制電加熱器之方法及系統

【英文發明名稱】

METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING AN ELECTRIC HEATER
USING CONTROL ON ENERGY

【中文】

一種用以控制一電加熱器之一受熱程序的方法，其包括獲得指示該加熱器之一目標溫度的一設定點變數。該方法包括基於該設定點變數來識別該加熱器之一能量輪廓。該能量輪廓提供要施加至該加熱器以使該受熱程序之一溫度達到該目標溫度之一界定的初始電能量值。該方法包括獲得指示該受熱程序之一表現特性的一程序變數。該方法包括基於該能量輪廓及該程序變數中之至少一者，來對該加熱器提供電能。

【英文】

A method for controlling a heated process of an electric heater includes obtaining a setpoint variable indicating a target temperature of the heater. The method includes identifying an energy profile for the heater based on the setpoint variable. The energy profile provides a defined magnitude of initial electrical energy to be applied to the heater to have a temperature of the heated process reach the target temperature. The method includes obtaining a process variable indicating a performance characteristic of the heated process. The method includes providing electrical energy to the heater based on at least one of the energy profile and the process variable.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

10:熱系統
20:加熱器系統
22:加熱器
24:感測器
30:控制系統
38:加熱器控制程序資料庫
40:模式控制模組
50:操作控制模組
60:學習模組
70:能量輪廓資料庫,資料庫
72:能量輪廓
80:電力模組

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用以使用能量控制來控制電加熱器之方法及系統

【英文發明名稱】

METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING AN ELECTRIC HEATER
USING CONTROL ON ENERGY

【技術領域】

【0001】 本申請案主張2020年9月4日申請之美國臨時申請案63/074,520之優先權及利益。上述申請案之揭露內容係藉由參照併入本文。

【0002】 本揭露內容係關於一種用以控制一電加熱器之熱表現的方法。

【先前技術】

【0003】 本節中的陳述僅提供與本揭露內容有關之背景資訊，且可不構成先前技術。

【0004】 用於一工業製程之一熱系統大體上包括一加熱器系統以及用以監測及控制該加熱器系統之操作的一控制系統。該控制系統可為一溫度比例-積分-微分(PID)控制系統，其經組配以控制該加熱器系統之一溫度達一目標溫度。然而，一旦一溫度感測器偵測到量測溫度之一改變，該溫度PID控制器就對該熱系統作出反應。因此，該溫度PID控制器可能難以快速且及時地對諸如一熱負載改變的該熱系統改變作出反應。

【發明內容】

【0005】 本節提供本揭露內容之一大致簡要說明，並非是其完整範疇或其所有特徵之全面揭露。

【0006】 本揭露內容提供一種用以控制一加熱器之一受熱程序的方法。該方法包括獲得一設定點變數，其指示該加熱器的一目標溫度。該方法包括基於

該設定點變數來識別該加熱器的一能量輪廓，其中該能量輪廓提供要施加至該加熱器以使該受熱程序之一溫度達到該目標溫度之一界定的初始電能量值。該方法包括獲得一程序變數，其指示該受熱程序的一表現特性。該方法包括基於該能量輪廓及該程序變數中之至少一者，來對該加熱器提供電能。

【0007】 在一些型式中，對加熱器提供電能係進一步包括對該加熱器提供該界定的初始電能量值。在一些型式中，對該加熱器提供電能係進一步包括響應於程序變數而減少給予該加熱器的電能，該程序變數指示出該加熱器之溫度係在該加熱器之目標溫度的一溫度接近帶內，其中表現特性包括該加熱器之溫度。在一些形式中，電能係基於一自然時間常數被減少至一穩態電力。在一些形式中，電能係基於一比例-積分控制被減少至一穩態電力。

【0008】 在一些型式中，該方法進一步包括判定加熱器之溫度是否小於設定點變數。響應於該加熱器之溫度係小於該設定點變數，對該加熱器提供之電能係基於經識別的能量輪廓且等於該界定的初始電能量值。響應於該加熱器之溫度係大於該設定點變數，該方法進一步包括關斷給予該加熱器的電能，以及獲得指示該加熱器之表現特性的程序變數，其中該表現特性包括該加熱器之溫度。在一些型式中，響應於該加熱器之溫度係大於該設定點變數，該方法進一步包括響應於該加熱器之溫度係接近該設定點變數，而將給予該加熱器的電能增加至一穩態電力。在一些形式中，電能係基於一自然時間常數從零增加至該穩態電力。在一些形式中，電能係基於一比例-積分控制從零增加至該穩態電力。

【0009】 在一些型式中，該方法進一步包括判定加熱器之溫度是否等於設定點變數。在一些型式中，該方法進一步包括基於一溫度控制模型來控制給予該加熱器的電能，用以將該加熱器之溫度維持在該設定點變數。在一些型式中，表現特性係包括下列至少一者：該加熱器之一電壓、該加熱器之一電流、

以及該加熱器之一溫度。

【0010】 本揭露內容提供一種用以控制一加熱器的系統。該系統包括一處理器，其經組配來執行儲存在一非暫時性電腦可讀媒體中的指令。該等指令包括：獲得該加熱器之一目標溫度及該加熱器之一溫度；基於該目標溫度及該溫度，以一以能量為基的控制模式及一溫度控制模式中之一者，來控制該加熱器，以及在該以能量為基的控制模式期間，基於該目標溫度來識別該加熱器的一能量輪廓，其中該能量輪廓提供要施加至該加熱器以使該溫度達到該目標溫度之一界定的初始電能量值。該方法包括在該以能量為基的控制模式期間，基於該能量輪廓來對該加熱器提供電能；以及在該溫度控制模式期間，基於該溫度來選擇性地對該加熱器提供電能。

【0011】 在一型式中，用以在該以能量為基的控制模式期間，基於能量輪廓來對加熱器提供電能的指令進一步包括：對該加熱器提供該界定的初始電能量值；判定該加熱器之溫度是否在該加熱器之目標溫度的一溫度接近帶內；響應於該加熱器之溫度係在該加熱器之目標溫度的溫度接近帶內，而使對該加熱器提供的電能減少至一穩態電力。在一型式中，用以在該溫度控制模式期間基於溫度來對該加熱器提供電能的指令進一步包括：關斷給予該加熱器的電能；判定該加熱器之溫度是否在該加熱器之目標溫度的一溫度接近帶內；以及響應於該加熱器之溫度係在該加熱器之目標溫度的溫度接近帶內，而使對該加熱器提供的電能增加至一穩態電力。

【0012】 在一型式中，該等指令進一步包括：判定加熱器之溫度是否等於目標溫度；以及響應於該加熱器之溫度係等於該目標溫度，而基於用以維持該加熱器之溫度的一溫度控制模型，來控制對該加熱器提供的電能。

【0013】 本揭露內容提供一種用以學習一加熱器之一能量輪廓的方法。該方法包括獲得指示該加熱器之一目標溫度的一設定點變數以及對該加熱器提供

電能，其中該電能具有一校準量值。該方法包括獲得指示該加熱器之一溫度的一程序變數。當該程序變數指示該加熱器之溫度係等於該目標溫度時，該方法包括：判定該加熱器的一響應時間；基於該響應時間選擇性地調整增益值；以及基於控制器的增益值及設定點變數來產生一能量輪廓，其中該能量輪廓係使該設定點變數與一電能預定值互相關聯。

【0014】 在一形式中，該能量輪廓進一步界定一穩態電力，其響應於該加熱器之溫度係在目標溫度之一溫度接近帶內，而被施加給該加熱器。在一形式中，該方法進一步包括基於一數學模型來界定該目標溫度之該溫度接近帶。在一形式中，該能量輪廓進一步界定用以對該加熱器提供該電能預定值以使該加熱器之溫度達到該目標溫度的一持續時間。在一形式中，基於該響應時間選擇性地調整該等增益值係進一步包含響應於該響應時間係小於一臨界響應時間，而基於一齊格勒-尼科爾斯(Ziegler-Nichols)調諧常式來調整該等增益值。在一形式中，該能量輪廓係進一步基於校準量值。在一型式中，該方法進一步包括當程序變數指示該加熱器之溫度係等於該目標溫度時，選擇性地調整該校準量值。

【0015】 進一步的適用範圍將根據本文所提供的說明而變得顯易可見。應理解，說明及特定範例係意圖僅供例示之目的，而不意圖限制本揭露內容之範疇。

【圖式簡單說明】

【0016】 為了使本揭露內容可被良好理解，現將以範例方式且參照隨附圖式說明其不同形式，其中：

【0017】 圖1為根據本揭露內容之一熱系統的一方塊圖，其具有一能量控制系統及一加熱器系統；

【0018】 圖2為根據本揭露內容之一能量控制系統之一操作控制模組的一

方塊圖；

【0019】 圖3為根據本揭露內容之一能量控制系統之一學習模組的一方塊圖；

【0020】 圖4為根據本揭露內容以一第一形式來控制一加熱器之一溫度的一流程圖；

【0021】 圖5為根據本揭露內容以一第二形式來控制一加熱器之一溫度的另一流程圖；以及

【0022】 圖6為根據本揭露內容之學習熱系統之一能量輪廓的一流程圖。

【0023】 本文說明之圖式係僅供例示之目的，且不意欲以任何方式限制本揭露內容之範疇。

【實施方式】

【0024】 以下說明本質上僅為範例性，且並非意欲限制本揭露內容、應用或用途。應理解的是，在所有圖式中，對應參考數字指示類似或對應部件及特徵。

【0025】 參看圖1，顯示一熱系統10，其包括具有一加熱器22的一加熱器系統20以及一控制系統30，經組配來提供一所欲熱響應。在一形式中，該控制系統30經組配來控制該加熱器系統20且更特定地是該加熱器22的操作。

【0026】 熱系統10可為各種類型之工業製程的部分，用以控制正被加熱之一負載的一熱特性。舉例而言，該熱系統10可為一半導體製程的一部分，其中加熱器系統20包括用以加熱一晶圓(例如，一負載)的一台座加熱器。在此範例中，控制系統30可組配來控制該台座加熱器的一能量輪廓，其可基於不同控制而變化。舉例而言，該等控制可包括但不限於：對該台座加熱器提供的電力；該熱系統10的一操作模式(例如，用以基於來自一使用者之輸入來控制給予加熱器22之電力的一手動模式、用以逐漸增加該台座加熱器之溫度的一冷起動模

式、用以維持該台座加熱器在一目標溫度的一穩態模式，還有用以控制該加熱器系統20之其他界定的操作模式)；以及/或當該台座加熱器為一多區域加熱器時，該台座加熱器之不同區域的操作狀態；還有可由該熱系統10控制的其他參數。此外，該等控制可包括但不限於：被加熱之晶圓的類型、注入具有該台座加熱器之一製程腔室中的氣體，及/或用以將該晶圓固接至該台座加熱器之腔室內的一壓力差，還有其他因素。

【0027】 在另一範例中，熱系統10可用在半導體製程的一消滅系統中，用以加熱流動通過一導管網路的流體。在一形式中，加熱器系統20可包括多個可撓性加熱器，其包覆導管以加熱其中的流體。在又另一範例中，該熱系統10可運用匣式加熱器作為該加熱器系統20的部分，以直接加熱流動通過導管或設置在一容器內之流體(例如，氣體及/或液體)。

【0028】 雖然本文提供熱系統10之特定應用，但本揭露內容可適用於具有一熱系統來加熱一負載的其他工業製程。此外，加熱器系統20的加熱器22不應被限制於本文所提供的範例，且該加熱器22可包括一層狀加熱器、一匣式加熱器、一管狀加熱器、一聚合物加熱器、一可撓性加熱器，還有具有一電阻式加熱元件之其他加熱器。

【0029】 加熱器系統20可包括一或多個感測器24，用以量測加熱器22之表現特性(亦即，一程序變數)，諸如但不限於：該加熱器22的一溫度、一電壓、一電流、一電力及/或一電阻，還有其他。據此，該一或多個感測器24可包括一熱偶、一電阻溫度偵測器、一紅外線攝影機、一電流感測器，及/或一電壓感測器，還有其他。

【0030】 在一變化中，代替或額外於產生表現特性的一或多個感測器24，加熱器22可產生該表現特性。作為一範例，加熱器系統20可為一雙線式加熱器系統，其中該加熱器22可操作來產生熱，且操作為用以量測該加熱器22之一表

現特性的一感測器。更具體地，該加熱器22可包括一或多個電阻式加熱元件，其操作為一感測器，用以基於該電阻式加熱元件的一電阻來量測該電阻式加熱元件的一平均溫度。一範例雙線式加熱器系統係於美國專利第7,196,295號中揭露，該專利案與本申請案共同擁有且其內容係藉由參照全文併入本文。於一雙線式系統中，該熱系統係一適應式熱系統，其合併加熱器設計與控制，該等控制將電力、電阻、電壓及電流整併入一個限制著一或多個這些參數(亦即，電力、電阻、電壓及電流)、同時控制另一參數的可定製反饋控制系統中。在一形式中，控制系統30係組配來監測遞送給該電阻式加熱元件之電流、電壓及電力中至少一者以判定電阻，且因此判定該電阻式加熱元件之溫度。

【0031】 在另一變化中，加熱器22係組配來包括溫度感測電力接腳以供量測該加熱器22之一溫度。使用該等電力接腳作為一熱偶來量測一電阻式加熱元件之一溫度係於美國專利第10,728,956號中揭露，該專利案與本申請案共同擁有且其內容係藉由參照全文併入本文。通常而言，該加熱器22之電阻式加熱元件及控制系統30係經由分別界定一第一接合部及一第二接合部的一第一電力接腳及一第二電力接腳所連接。該等第一及第二電力接腳係作為熱偶感測接腳，供用於量測該加熱器22之電阻式加熱元件之溫度。與該等第一及第二電力接腳連通之該控制系統30，係組配來量測該等第一及第二接合部處之電壓改變。更詳而言之，該控制系統30可量測在該等接合部處的毫伏特(mV)改變，且接著使用這些電壓改變，來計算該電阻式加熱元件之一溫度。

【0032】 控制系統30經組配成基於界定用以控制加熱器系統20之一輸出控制的一能量輪廓，來控制該加熱器系統20。該輸出控制能以各種合適的形式提供，諸如輸入電力的一百分比(例如，75%輸入電力)及/或一實際電壓位準，還有其他。再者，該控制系統30經組配以界定利用來控制該加熱器系統20的一或多個能量輪廓。

【0033】 在一形式中，控制系統30包括一加熱器控制程序資料庫38、一模式控制模組40、一操作控制模組50、一學習模組60、一能量輪廓資料庫70，以及一電力模組80。為了施行本文所述之功能性，該控制系統30可藉由包括一或多個處理器電路的一微控制器來實行，其經組配來執行儲存在諸如一隨機存取記憶體(RAM)電路及/或一唯讀記憶體(ROM)電路之一或多個非暫時性電腦可讀媒體中的機器可讀指令。雖然加熱器控制程序資料庫38、模式控制模組40、操作控制模組50、學習模組60、能量輪廓資料庫70及電力模組80係顯示為該控制系統30之部分，但應理解，這些組件中之任一者可定位在可通訊式耦接至該控制系統30之分開的控制器上。

【0034】 在一些形式中，控制系統30包括儲存在加熱器控制程序資料庫38中之一或多個界定的控制程序，其在由該控制系統30執行時係控制加熱器22的熱表現。一給定控制程序可界定該加熱器22之一或多個目標溫度、指示目標溫度之時間及持續時間的一程序時間線，及/或該控制系統30的一控制模式，還有其他參數。在一形式中，一使用者可經由諸如一人機介面(HMI)的一外部裝置，來選擇要施行的控制程序。

【0035】 在一些形式中，模式控制模組40經組配來獲得一目標溫度，且設定控制系統30的一控制模式。作為一範例，該模式控制模組40經組配來將能量控制模式設定為由學習模組60所提供的一能量輪廓學習模式，及/或由操作控制模組50所提供的一操作控制模式。在一形式中，該能量控制模式係由使用者藉助於一外部裝置來設定。舉例而言，該使用者可使該控制系統30以該能量輪廓學習模式來操作，用以基於由該使用者所設定及/或在一預先儲存之控制程序中所界定的一或多個參數，來界定一或多個能量輪廓。在另一形式中，該能量控制模式係基於待由該控制系統30執行的控制程序，來被自動地設定。舉例而言，該控制程序經組配來識別控制模式、目標溫度，以及用以將加熱器控制在

目標溫度的時間線。在另一範例中，一旦學習模組60完成一能量輪廓學習常式，該能量控制模式即自動地被設定為該操作控制模式，其係參照圖3及6進一步詳細地於在下文中說明。

【0036】 在一些形式中，操作控制模組50經組配來施行控制程序，用以基於目標溫度及指示加熱器系統20之一可量測表現特性的一程序變數(例如，來自一或多個感測器24之溫度量測)，來判定輸出控制。該操作控制模組50之功能性係參照圖2及4-5進一步詳細地於下文中說明。

【0037】 在一些形式中，學習模組60經組配來產生一或多個能量輪廓72，且將其儲存在能量輪廓資料庫70中。在一些形式中，該能量輪廓72使一目標溫度與將對加熱器22施加以使該加熱器22之一溫度達到該目標溫度之一界定的初始電力及/或電能量值互相關聯。該能量輪廓72亦可界定一穩態電壓，其係響應於該加熱器22之溫度係在該加熱器22之目標溫度之一界定的溫度接近帶內而對該加熱器22施加，以提供該加熱器22轉變至該目標溫度的一轉變控制，藉此減少或抑制該目標溫度的一過衝。在一些形式中，該溫度接近帶(例如，與目標溫度的一偏差，其表示為一溫度臨界值容差)在該等能量輪廓72中之每一者中係為獨特的。在一變化中，該溫度接近帶對於每一能量輪廓72而言係相等的。在一些形式中，該溫度接近帶係由一使用者、一數學模型及/或一學習常式，還有其他所界定。在另一形式中，該等能量輪廓72之溫度接近帶係可基於熱系統10的各種條件而動態地更新。

【0038】 在一範例應用中，操作控制模式及學習模式兩者可被選擇來施行一選定控制程序。在此等應用中，操作控制模組50如下文所提供地操作加熱器22以控制該加熱器22的熱表現，且學習模組60經組配來界定針對被施行之控制程序的一能量輪廓72。據此，該界定的能量輪廓72係考量到具有熱系統10之工業製程的已知及未知參數。舉例而言，在半導體製程中，已知及未知參數可包

括負載(例如，晶圓)之質量、流體/粉末之插入/移除，及/或閥/門之打開/閉合。

【0039】 電力模組80經組配成基於來自操作控制模組50及學習模組60中之一者的輸出控制，來控制對加熱器系統20提供的電能。在一型式中，該電力模組80係電氣耦接至一電源(未示出)，且可包括一電力調節電路(未示出)，用以將來自該電源的電力調整至一選定電力位準且對加熱器22施加經調整的電力。使用預先界定的演算法及/或一表格，該電力模組80經組配成基於該輸出控制來選擇用於該加熱器系統20之一電力位準。

【0040】 參看圖2，顯示操作控制模組50的一範例方塊圖。在一些形式中，該操作控制模組50包括一控制模式選擇模組52、一溫度控制迴路模組54，以及一以能量為基的控制模組56。該控制模式選擇模組52經組配以基於目標溫度及來自一或多個感測器24的程序變數，來將操作控制模式設定為一以能量為基的控制模式或一溫度控制模式其中之一者。在一形式中，當該目標溫度大於加熱器之量測溫度時，該控制模式選擇模組52將該操作控制模式設定為該以能量為基的控制模式，且藉此係由該以能量為基的控制模組56控制。另一方面，當該目標溫度小於或等於加熱器22之量測溫度時，該控制模式選擇模組52將該操作控制模式設定為該溫度控制模式，且藉此係由該溫度控制迴路模組54控制。在一變化中，當該量測溫度小於該目標溫度達一界定偏差(例如，10°C、15°C之一偏差或其他合適值)時，該控制模式選擇模組52將該操作控制模式設定為該以能量為基的控制模式。否則，當該量測溫度大於該目標溫度達該界定偏差時，該溫度控制模式係被選擇。

【0041】 在該以能量為基的控制模式期間，該以能量為基的控制模組56經組配成基於目標溫度及針對該目標溫度及/或控制程序之一界定的能量輪廓，來控制加熱器22。更特定地，當該加熱器22之溫度係在該目標溫度的溫度接近帶之外側時，該以能量為基的控制模組56經組配以基於該目標溫度，來對該加熱

器22提供一界定的初始電力及/或電能量值。

【0042】 作為一範例，該以能量為基的控制模組56係基於加熱器之正施行的控制程序、目標溫度(例如，200°C的目標溫度)及/或量測溫度，來從儲存在資料庫70中之該等能量輪廓72中識別一能量輪廓72。該識別的能源輪廓72係提供要對加熱器22施加以使該加熱器22之一目前溫度到達該目標溫度之一界定的初始電能及/或電力量值(例如，該識別的能源輪廓72指示出12,500瓦特秒(Ws)的電能需要施加給該加熱器22，以從目前量測溫度到達200°C的一目標溫度)。隨後，該以能量為基的控制模組56係將一輸出控制提供至電力模組80，以使得該界定的初始電能及/或電力量值係提供給該加熱器22。

【0043】 對加熱器22提供界定的初始電能及/或電力量值，直到該加熱器22之溫度係在溫度接近帶內為止。作為一範例，該以能量為基的控制模組56係監測該加熱器22之溫度，來判定該溫度是否在溫度接近帶內。一旦該加熱器22之溫度，如同程序變數所指示地係在溫度接近帶內，該以能量為基的控制模組56即對該加熱器22提供與識別的能源輪廓72相關聯的一穩態電力量值(例如，該識別的能源輪廓72指示出在200°C下的穩態電力量值為1,500瓦特)。該穩態電力量值係可基於該以能量為基的控制模組56之一自然時間常數、一過衝量值、一響應時間及/或一穩態錯誤。在一些形式中，該穩態電力量值係可基於由該以能量為基的控制模組56實行的一比例-積分(PI)控制常式。

【0044】 一旦加熱器22之溫度達到目標溫度，操作控制模組50即轉變為溫度控制模式。在該溫度控制模式期間，該溫度控制迴路模組54經組配成基於目標溫度及程序變數，諸如該加熱器22之溫度，來控制該加熱器22。舉例而言，在一型式中，該溫度控制迴路模組54施行一PID控制，其監測該加熱器22之溫度且判定實際溫度與目標溫度之間的差異。該溫度控制迴路模組54接著判定用以減少該加熱器22的實際溫度與目標溫度之間的差異所需之電能位準，作為輸

出控制。

【0045】藉由選擇性地在該以能量為基的控制模式(亦即，一開路控制常式)與該溫度控制模式(亦即，一閉路控制常式)之間指定操作控制模式，控制系統30減少加熱器22之響應時間，以達到目標溫度及在變動目標溫度之間轉變。此外，在一形式中，操作控制模組50經組配來選擇用於不同操作條件的一不同操作控制模式。舉例而言，當加熱器系統20之溫度為穩定時，該操作控制模組50選擇該溫度控制模式，以將溫度維持在目標溫度。在動態條件期間，該操作控制模組50選擇該以能量為基的控制以最佳化響應，同時監測該加熱器系統20之溫度。

【0046】參看圖3，顯示學習模組60的一範例方塊圖。在一些形式中，該學習模組60包括一參數模組62、一響應時間模組64、一溫度判定模組66、一能量輪廓產生器模組68以及一參數調整模組69。該學習模組60，其可由一PID控制模組實行，係經組配來在模式控制模組40將控制系統30設定為能量輪廓學習模式時，執行一能量輪廓學習常式。

【0047】學習模組60可週期性地執行能量輪廓學習常式來界定能量輪廓72。在一些型式中，該學習模組60可結合由操作控制模組50執行的操作控制常式，來執行該能量輪廓學習常式，藉此使控制系統30能夠識別熱系統10之各種條件，諸如能量消耗、加熱器或感測器故障、在熱轉移上之變化，還有該熱系統10之其他條件。

【0048】在一些形式中，學習模組60經組配來在執行能量輪廓學習常式時，針對一系列設定點/目標溫度產生一能量輪廓72(例如，該學習模組60經組配來針對-10°C與250°C之間包括端點的多個目標溫度產生一能量輪廓72)。在一些形式中，該能量輪廓72使一目標溫度與對加熱器22施加之一界定的初始電能及/或電力量值，及/或用以提供電能以使該加熱器22之溫度達到該目標溫度的

一持續時間互相關聯。該能量輪廓72亦可響應於程序變數指出該加熱器22之溫度係在該加熱器22之目標溫度的一溫度接近帶內，而界定對該加熱器22施加之電能的一穩態電壓量值。在一些形式中，在該能量輪廓學習常式期間，針對每一能量輪廓72之溫度接近帶亦由例如，一使用者、一數學模型及/或一學習常式，還有其他來界定。

【0049】 在能量輪廓學習常式期間，參數模組62經組配來獲得指示加熱器22之一目標溫度(例如200°C)的一設定點變數，且提供一輸出控制，以使得電力模組80輸出具有一校準量值(例如，10,500 Ws)的電能給該加熱器22。此外，該參數模組62經配置來在該能量輪廓學習常式期間，指定用以評估及控制該加熱器22的一組增益值(亦即，該參數模組62界定學習模組60之比例增益值、積分增益值，及/或微分增益值中之至少一者)。可例如使用齊格勒-尼科爾斯調諧方法來判定該組增益值。

【0050】 當對加熱器22提供電能時，溫度判定模組66經組配成基於作為程序變數之該加熱器22的表現特性，來判定該加熱器之溫度。此外，當對該加熱器22提供電能時，響應時間模組64被促動，且經組配來增量與一流逝時間量成比例的一對應值。當該加熱器22的溫度係等於目標溫度時，該響應時間模組64經組配來判定該加熱器22的一響應時間。如本文所使用，「加熱器22的響應時間」係指在獲得設定點變數之後，該加熱器22達到目標溫度所需的一時間量。在一些形式中，該加熱器22之響應時間係可基於學習模組60之增益值(例如，比例增益值、積分增益值，及/或微分增益值)。

【0051】 能量輪廓產生器模組68經組配成基於加熱器22之增益值、目標溫度、校準量值及響應時間，來產生能量輪廓72。作為一範例，若該加熱器22的響應時間係被判定為足以控制該加熱器22(亦即，該響應時間係小於一臨界值)，則該能量輪廓產生器模組68針對對應的目標溫度產生該能量輪廓72，且該

能量輪廓72使校準量值及增益值與特定目標溫度互相相關。此外，若該加熱器22之響應時間係被判定為足以控制該加熱器22，則該能量輪廓產生器模組68亦可使一穩態量值與該特定目標溫度互相相關，其中該穩態量值係基於由該等增益值所指示的一自然時間常數。

【0052】 作為另一範例，若加熱器22之響應時間被判定為不足以控制該加熱器22(亦即，該響應時間係大於一臨界值)，則參數調整模組69可調整校準量值及增益值中之至少一者，以減少該加熱器22之響應時間。在一些形式中，該參數調整模組69可基於齊格勒-尼科爾斯調諧方法來選擇性地調整該等增益值。在一些形式中，該參數調整模組69可增加該校準量值以減少該加熱器22之響應時間。該參數調整模組69可重複地調整該校準量值及該等增益值中之至少一者，直到該加熱器22之響應時間被判定為足以控制該加熱器22為止。

【0053】 在一形式中，本揭露內容之學習模組60可改良加熱器系統20對可能非必然需要使用者輸入的重複出現之動態條件的響應。舉例而言，該學習模組60可施行機器學習常式來預測動態條件的發生及嚴重程度，且確斷控制模式及控制設定來改良控制系統響應。據此，控制系統30可隨著熱系統10之組件逐漸改變而改良及/或維持表現。此外，由該控制系統30收集且判定的資料係可提供給使用者用於額外的分析。

【0054】 參看圖4，例示用以在操作控制模式期間，控制加熱器系統20之一溫度的一範例常式400的一流程圖。在方塊404，控制系統30獲得指示加熱器22之一目標溫度的一設定點變數。在一形式中，該設定點變數係在待施行的一控制程序中被提供。在另一形式中，該設定點變數係由一使用者手動輸入。在方塊408，該控制系統30基於該設定點變數來識別該加熱器22的一能量輪廓72。除了該設定點變數之外，該能量輪廓72可基於該控制程序及該加熱器22的當前溫度來被選擇。在方塊412，該控制系統30獲得指示該加熱器22之一表現

特性的一程序變數。在方塊416，該控制系統30基於該能量輪廓72及該表現特性中之至少一者，來對該加熱器22提供電能。

【0055】參看圖5，例示用以在操作控制模式期間，控制加熱器系統20之一溫度的另一範例常式500的一流程圖。在方塊504，控制系統30判定指示加熱器22之一目標溫度的一設定點變數是否大於該加熱器22的溫度。若如此，則該常式500進行至方塊508。否則，若該加熱器22之該目標溫度係小於該加熱器22之溫度，則該常式500進行至方塊524。

【0056】在方塊508，該控制系統30提供具有如由能量輪廓72針對目標溫度所提供之一界定的電能及/或電力量值的電能。在方塊512，該控制系統30獲得該加熱器22之溫度作為程序變數。在方塊516，該控制系統30判定該加熱器22之溫度是否在如該能量輪廓72所指示的溫度接近帶內。若如此，則該常式500進行至方塊520。否則，若該加熱器22之溫度沒有在該溫度接近帶內，則該常式500進行至方塊508。在方塊520，該控制系統30將電力量值減少至如該能量輪廓72所指示的穩態電力量值，且接著進行至方塊540。

【0057】在方塊524，以及在方塊508響應於指示該加熱器22之目標溫度的該設定點變數係小於該加熱器22的溫度，該控制系統30不繼續對該加熱器22提供電能。在方塊528，該控制系統30獲得該加熱器22之溫度作為該程序變數。在方塊532，該控制系統30判定該加熱器22之溫度是否在如該能量輪廓72所指示的溫度接近帶內。若如此，則常式500進行至方塊536。否則，若該加熱器22之溫度沒有在該溫度接近帶內，則該常式500進行至方塊528。在方塊536，該控制系統30將電力量值增加至如該能量輪廓72所指示的穩態電力量值(例如，該電力量值係基於一比例-積分控制及/或該自然時間常數，而從零增加至該穩態電力)，且接著進行至方塊540。

【0058】在方塊540，該控制系統30施行一閉路溫度控制來控制該加熱器

的溫度在該目標溫度，如上文所提供。在方塊544，該控制系統30判定一新的目標溫度是否為可獲得的。若如此，則該常式500進行至方塊504。否則，該常式500保持在方塊544直到一新的目標溫度為可獲得的為止。

【0059】參看圖6，展示在能量輪廓學習模式期間且由控制系統30執行之一學習常式600的一流程圖。在方塊604，該控制系統30獲得指示加熱器22之一目標溫度的一設定點變數。在方塊606，該控制系統30界定一初始組增益值及針對特定目標溫度的一校準量值。在方塊608，該控制系統30對該加熱器22提供具有該校準量值的電能。在方塊612，該控制系統30獲得該加熱器22之溫度作為程序變數。在方塊616，該控制系統30判定該加熱器22的溫度是否等於該目標溫度。若如此，則該常式600進行至方塊620。在方塊616，若該加熱器22之溫度不等於該目標溫度，則該常式600進行至方塊608。

【0060】在方塊620，該控制系統30判定該加熱器22的一響應時間。在方塊624，該控制系統30判定該響應時間是否小於一臨界響應時間。若是，則該常式600進行至方塊632，其中該控制系統30基於該等增益值及電能量值，來產生針對該特定目標溫度的一能量輪廓72。在方塊624，若該加熱器22之該響應時間係大於該臨界響應時間，則該常式600進行至方塊628，其中該控制系統30調整該等增益值(例如，使用齊格勒-尼科爾斯調諧方法)及該校準量值中之至少一者，且接著進行至方塊608。

【0061】應容易理解，常式400、500及600為範例性控制常式，且其他合適的控制常式可用於施行本揭露內容之控制系統的操作。

【0062】除非本文另外明確指出，否則在說明本揭露內容之範圍上，指示機械/熱性質、組成百分比、尺寸及/或容差或其他特性之所有數值，將被理解為經用詞「約」或「大約」修改。此修改出於各種原因係為所欲的，包括：工業實踐；材料、製造、及裝配容差；以及測試能力。

【0063】元件之間的空間及功能關係係使用各種用語來說明，包括「連接」、「銜接」、「耦接」、「相鄰」、「在...旁邊」、「在...上面」、「在...下面」、「在...下方」以及「設置」。除非明確說明為「直接」，否則當本揭露內容中說明在第一元件與第二元件之間的一關係時，該關係可為一直接關係，其中不存在其他中介元件；且亦可為一間接關係，其中一或多個中介元件存在(在空間或功能上)於該第一元件與該第二元件之間。如本文所使用，短語A、B、及C中至少一者，應該使用一非排他性邏輯「或」解釋為表示一邏輯(A或B或C)，且不應該被解釋為表示「至少一A、至少一B、以及至少一C」。

【0064】在本申請案中，用語「模組」可被用語「電路」替換。用語「模組」可指、可為其一部分或可包括有：一特定應用積體電路(ASIC)；一數位、類比或混合類比/數位式之分立電路；一數位、類比或混合類比/數位式之積體電路；一組合邏輯電路；一現場可規劃閘陣列(FPGA)；一處理器電路(共享、專用或群組)，其執行程式碼；一記憶體電路(共享、專用或群組)，其儲存由該處理器電路執行之程式碼；提供所述功能性之其他合適的硬體組件；或以上各者中一些或全部之一組合，諸如在一單晶片系統中。

【0065】用語代碼可包括軟體、韌體及/或微碼，且可指程式、常式、功能、類別、資料結構，及/或物件。用語記憶體電路係用語電腦可讀取媒體的一子集。如本文所使用，用語電腦可讀媒體不涵蓋透過一媒體(諸如在一載波上)傳播之暫時性電氣或電磁信號；因此用語電腦可讀媒體可視為有形且非暫時性的。

【0066】本揭露內容之說明本質上僅為範例性，因此，未脫離本揭露實質內容之變化係意欲落入本揭露內容之範圍內。此等變化不可視為脫離本揭露內容之精神及範圍。

【符號說明】

【0067】

10:熱系統
 20:加熱器系統
 22:加熱器
 24:感測器
 30:控制系統
 38:加熱器控制程序資料庫
 40:模式控制模組
 50:操作控制模組
 52:控制模式選擇模組
 54:溫度控制迴路模組
 56:以能量為基的控制模組
 60:學習模組
 62:參數模組
 64:響應時間模組
 66:溫度判定模組
 68:能量輪廓產生器模組
 69:參數調整模組
 70:能量輪廓資料庫,資料庫
 72:能量輪廓
 80:電力模組
 400,500:常式
 404,408,412,416,504,508,512,516,520,524,528,532,536,540,544,604,606,608,612,
 616,620,624,628,632:方塊
 600:學習常式,常式

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種用以控制一加熱器之一受熱程序之方法，該方法包含：

獲得指示該加熱器之一目標溫度的一設定點變數；

基於該設定點變數識別該加熱器之一能量輪廓，其中該能量輪廓提供要對該加熱器施加以使該受熱程序之一溫度達到該目標溫度之一界定的初始電能量值；

獲得一程序變數，其指示該受熱程序之一表現特性；以及

基於該能量輪廓及該程序變數中之至少一者，來對該加熱器提供電能。

【請求項2】 如請求項1之方法，其中對該加熱器提供該電能係進一步包含：

對該加熱器提供該界定的初始電能量值；以及

響應於該程序變數指示出該加熱器之該溫度係在該加熱器之該目標溫度的一溫度接近帶內，而減少給予該加熱器的該電能，其中該表現特性包括該加熱器之該溫度。

【請求項3】 如請求項2之方法，其中該電能係基於一自然時間常數而被減少至一穩態電力。

【請求項4】 如請求項2之方法，其中該電能係基於一比例-積分控制而被減少至一穩態電力。

【請求項5】 如請求項1之方法，其進一步包含判定該加熱器之該溫度是否小於該設定點變數，其中：

響應於該加熱器之該溫度係小於該設定點變數，對該加熱器所提供之該電能係基於經識別之該能量輪廓且等於該界定的初始電能量值，以及

響應於該加熱器之該溫度係大於該設定點變數，該方法進一步包含：

關斷給予該加熱器之電能；

獲得指示該加熱器之該表現特性的該程序變數，其中該表現特性包括該加熱器之該溫度；以及

響應於該加熱器之該溫度係接近該設定點變數，而將給予該加熱器之該電能增加至一穩態電力。

【請求項6】 如請求項5之方法，其中該電能係基於一自然時間常數而從零增加至該穩態電力。

【請求項7】 如請求項5之方法，其中該電能係基於一比例-積分控制而從零增加至該穩態電力。

【請求項8】 如請求項1之方法，其進一步包含：

判定該加熱器之該溫度是否等於該設定點變數；以及

基於一溫度控制模型來控制給予該加熱器之該電能，用以將該加熱器之該溫度維持在該設定點變數。

【請求項9】 如請求項1之方法，其中該表現特性係包括下列至少一者：該加熱器之一電壓、該加熱器之一電流，以及該加熱器之一溫度。

【請求項10】 一種用以控制一加熱器之系統，該系統包含：

一處理器，其經組配來執行儲存在一非暫時性電腦可讀媒體中之指令，其中該等指令包含：

獲得該加熱器之一目標溫度及該加熱器之一溫度；

基於該目標溫度及該溫度，用一以能量為基的控制模式及一溫度控制模式其中之一者，來控制該加熱器；

在該以能量為基的控制模式期間，基於該目標溫度來識別該加熱器之一能量輪廓，其中該能量輪廓提供要對該加熱器施加以使該溫度達到該目標溫度之一界定的初始電能量值；

在該以能量為基的控制模式期間，基於該能量輪廓來對該加熱器提供

電能；以及

在該溫度控制模式期間，基於該溫度來對該加熱器選擇性地提供該電能。

【請求項11】如請求項10之系統，其中用以在該以能量為基的控制模式期間基於該能量輪廓來對該加熱器提供該電能的該等指令進一步包含：

對該加熱器提供該界定的初始電能量值；

判定該加熱器之該溫度是否在該加熱器之該目標溫度之一溫度接近帶內；

以及

響應於該加熱器之該溫度係在該加熱器之該目標溫度之該溫度接近帶內，而使對該加熱器提供之該電能減少至一穩態電力。

【請求項12】如請求項10之系統，其中用以在該溫度控制模式期間基於該溫度來對該加熱器選擇性地提供該電能的該等指令進一步包含：

關斷給予該加熱器之電能；

判定該加熱器之該溫度是否在該加熱器之該目標溫度之一溫度接近帶內；

以及

響應於該加熱器之該溫度係在該加熱器之該目標溫度之該溫度接近帶內，而使對該加熱器提供的該電能增加至一穩態電力。

【請求項13】如請求項10之系統，其中該等指令進一步包含：

判定該加熱器之該溫度是否等於該目標溫度；以及

響應於該加熱器之該溫度係等於該目標溫度，而基於用以維持該加熱器之該溫度的一溫度控制模型，來控制對該加熱器提供之該電能。

【請求項14】一種用以學習一加熱器之一能量輪廓之方法，該方法包含：

獲得指示該加熱器之一目標溫度的一設定點變數；

對該加熱器提供電能，其中該電能具有一校準量值；

獲得指示該加熱器之一溫度的一程序變數；

當該程序變數指示出該加熱器之該溫度係等於該目標溫度時：

判定該加熱器之一響應時間；

基於該響應時間選擇性地調整一控制器之增益值；以及

基於該等增益值及該設定點變數來產生一能量輪廓，其中該能量輪廓使該設定點變數與一電能預定值互相關連。

【請求項15】如請求項14之方法，其中該能量輪廓進一步界定一穩態電力，該穩態電力係響應於該加熱器之該溫度在該目標溫度之一溫度接近帶內而被施加給該加熱器。

【請求項16】如請求項15之方法，其進一步包含基於一數學模型來界定該目標溫度之該溫度接近帶。

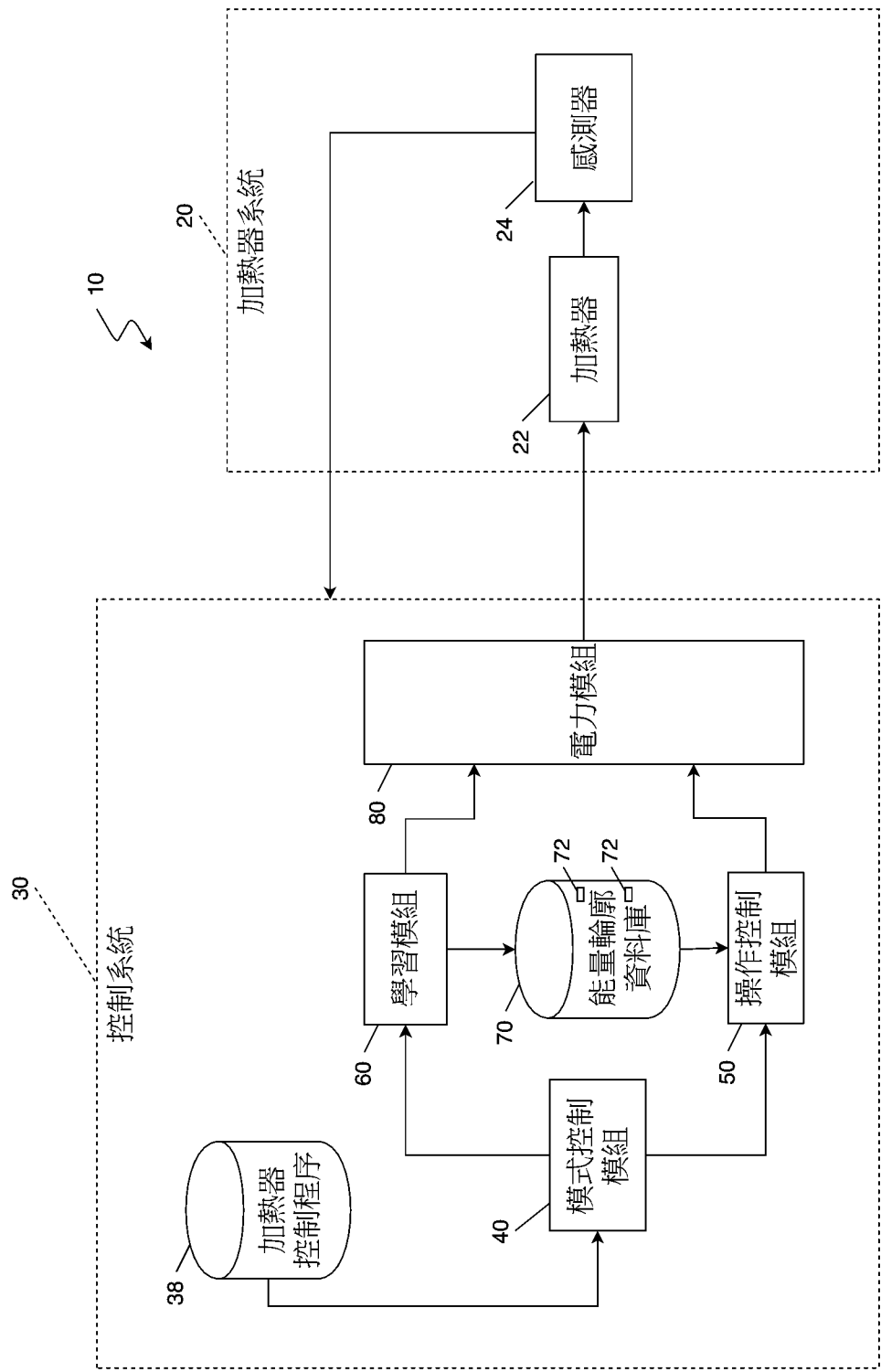
【請求項17】如請求項14之方法，其中該能量輪廓進一步界定用以對該加熱器提供該電能預定值以使該加熱器之該溫度達到該目標溫度的一持續時間。

【請求項18】如請求項14之方法，其中基於該響應時間選擇性地調整該等增益值係進一步包含：響應於該響應時間係小於一臨界響應時間，而基於一齊格勒-尼科爾斯調諧常式來調整該等增益值。

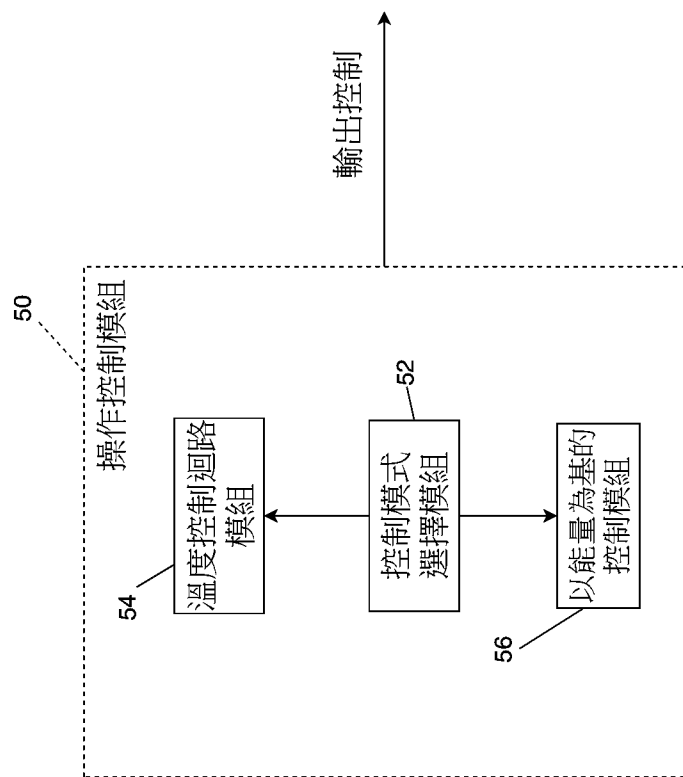
【請求項19】如請求項14之方法，其中該能量輪廓係進一步基於該校準量值。

【請求項20】如請求項14之方法，其進一步包含當該程序變數指示出該加熱器之該溫度係等於該目標溫度時，選擇性地調整該校準量值。

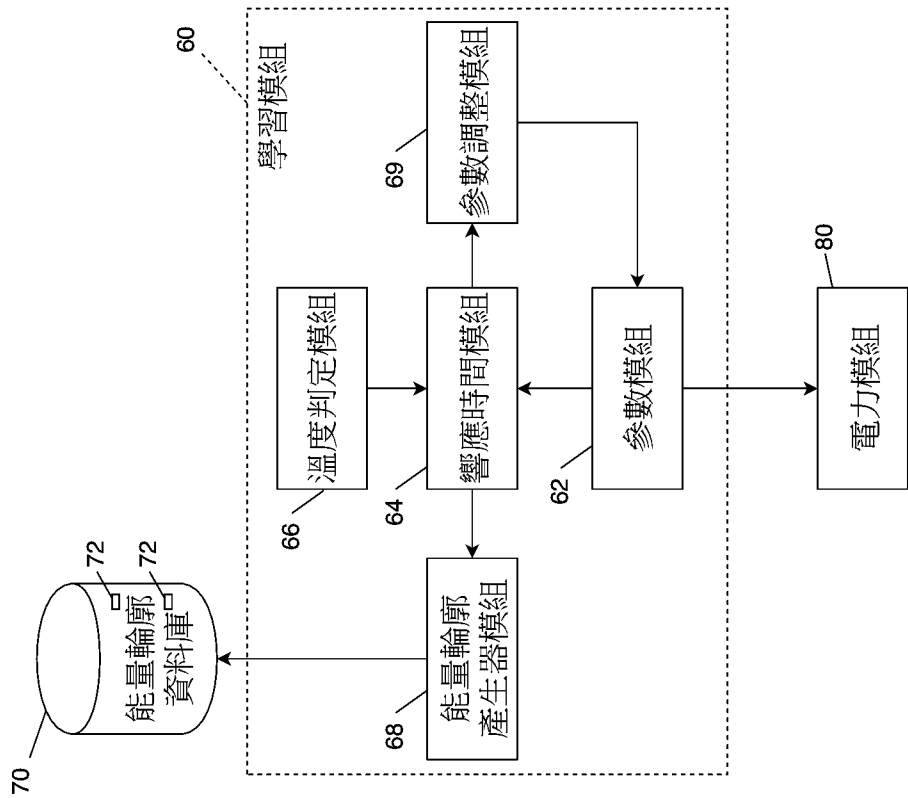
【發明圖式】



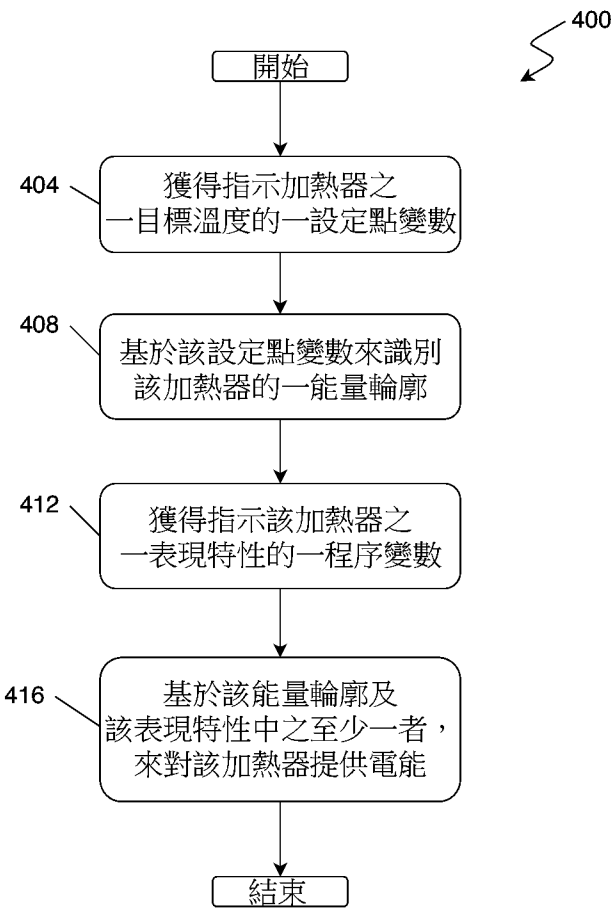
【圖1】



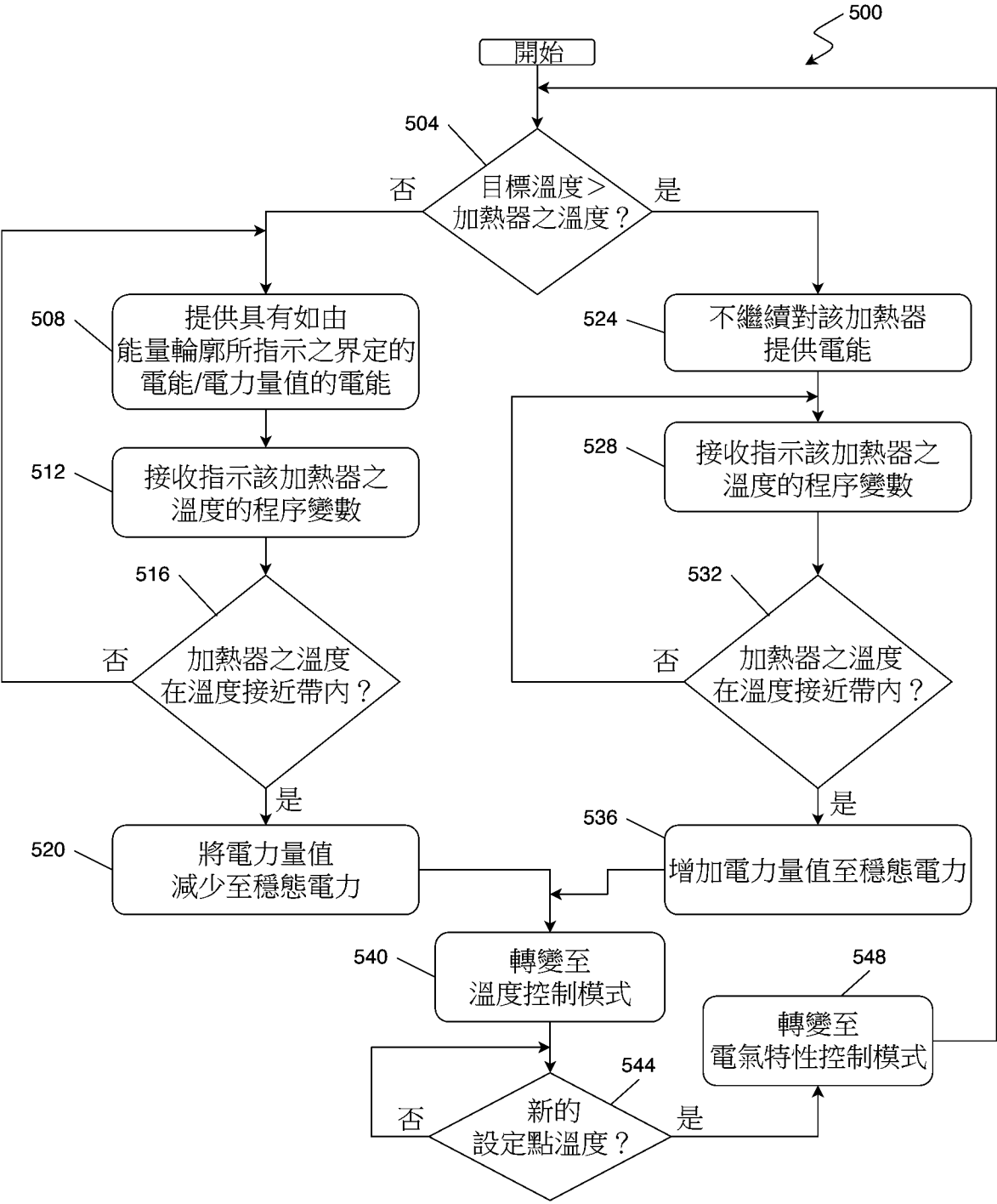
【圖2】



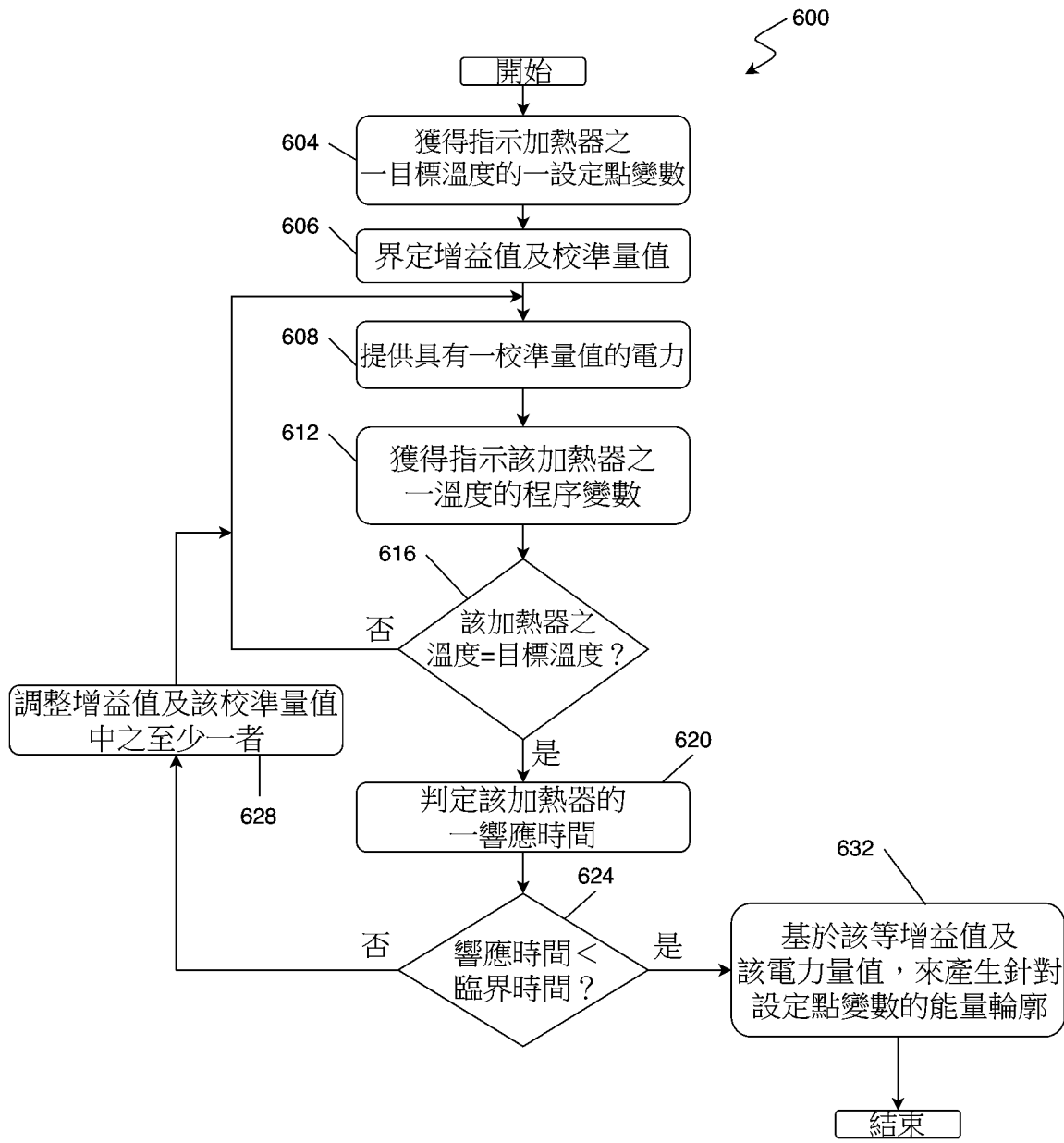
【圖3】



【圖4】



【圖5】



【圖6】