



(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 201443448 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 16 日

(21)申請案號：103105806

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 21 日

(51)Int. Cl. : **G01R21/02 (2006.01)**

(30)優先權：2013/02/22 美國

61/767,872

(71)申請人：波德科技集團公司 (美國) BIRD TECHNOLOGIES GROUP INC. (US)

美國

紐約州立大學研究機構 (美國) THE RESEARCH FOUNDATION OF STATE

UNIVERSITY OF NEW YORK (US)

美國

(72)發明人：梅爾策 喬爾 D MELTZER, JOEL D. (US)；提圖斯 艾伯特 H TITUS, ALBERT H. (US)；耐吉 彼列爾 NEJI, BILEL (TN)；許靜 XU, JING (CN)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：16 共 57 頁

(54)名稱

用於射頻功率量測的微製造熱量計

MICROFABRICATED CALORIMETER FOR RF POWER MEASUREMENT

(57)摘要

所揭露的是一種射頻(RF)功率熱量計，其係具有一電耦合至一 RF 輸入的負載、一電耦合至該負載並且被配置以施加低頻的偏壓至該負載之可變的低頻功率源。該 RF 功率熱量計係包含一熱耦合至該負載的熱介質。此外，該 RF 功率熱量計係包含一熱耦合至該熱介質的出口溫度感測器，該出口溫度感測器係被設置以量測該熱介質由於被該負載加熱的溫度。該 RF 功率熱量計亦具有被配置以使用該熱介質與一 RF 負載熱接觸的溫度量測結合該低頻的偏壓以量測一電耦合至該 RF 輸入的 RF 源的平均功率之電路。亦揭露的是一種利用該 RF 功率熱量計以量測 RF 功率之方法。

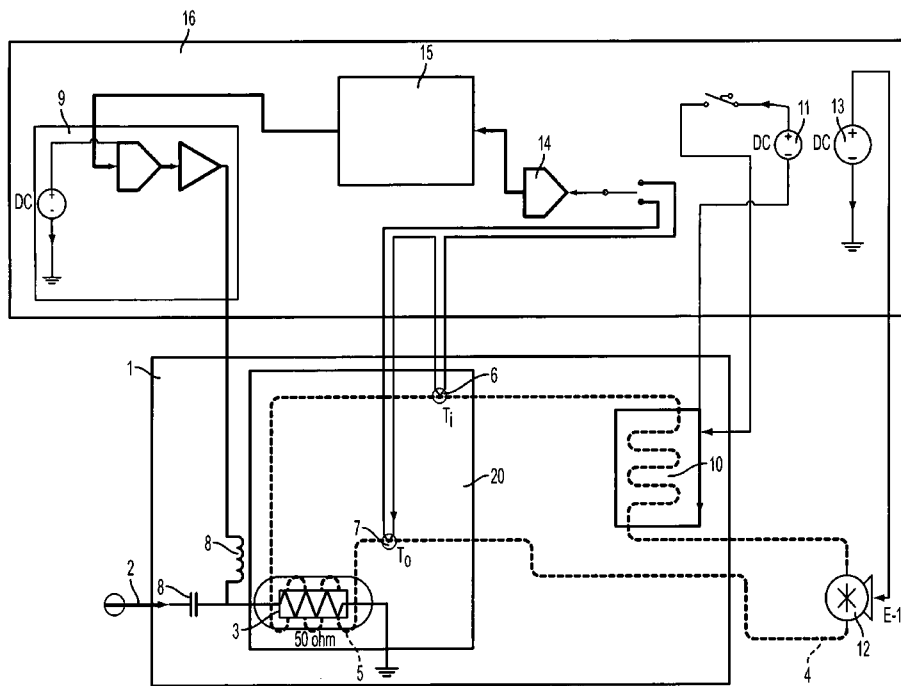


圖2

- 1：第一基板
- 2：RF 輸入
- 3：負載
- 4：熱介質(冷卻流體)
- 5：熱介質通道
- 6：入口溫度感測器
- 7：出口溫度感測器
- 8：T 型偏壓器
- 9：可變的低頻功率源
- 10：熱交換器
- 11：熱交換器功率源
- 12：熱介質泵
- 13：熱介質泵功率源
- 14：溫度量測的電子電路
- 15：控制及處理的電子電路
- 16：印刷電路板組件
- 20：第二基板
- 100：微製造的 RF 功率量測的熱量計



(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 201443448 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 16 日

(21)申請案號：103105806

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 21 日

(51)Int. Cl. : **G01R21/02 (2006.01)**

(30)優先權：2013/02/22 美國

61/767,872

(71)申請人：波德科技集團公司 (美國) BIRD TECHNOLOGIES GROUP INC. (US)

美國

紐約州立大學研究機構 (美國) THE RESEARCH FOUNDATION OF STATE

UNIVERSITY OF NEW YORK (US)

美國

(72)發明人：梅爾策 喬爾 D MELTZER, JOEL D. (US)；提圖斯 艾伯特 H TITUS, ALBERT H. (US)；耐吉 彼列爾 NEJI, BILEL (TN)；許靜 XU, JING (CN)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：16 共 57 頁

(54)名稱

用於射頻功率量測的微製造熱量計

MICROFABRICATED CALORIMETER FOR RF POWER MEASUREMENT

(57)摘要

所揭露的是一種射頻(RF)功率熱量計，其係具有一電耦合至一 RF 輸入的負載、一電耦合至該負載並且被配置以施加低頻的偏壓至該負載之可變的低頻功率源。該 RF 功率熱量計係包含一熱耦合至該負載的熱介質。此外，該 RF 功率熱量計係包含一熱耦合至該熱介質的出口溫度感測器，該出口溫度感測器係被設置以量測該熱介質由於被該負載加熱的溫度。該 RF 功率熱量計亦具有被配置以使用該熱介質與一 RF 負載熱接觸的溫度量測結合該低頻的偏壓以量測一電耦合至該 RF 輸入的 RF 源的平均功率之電路。亦揭露的是一種利用該 RF 功率熱量計以量測 RF 功率之方法。

發明摘要

※ 申請案號：103105806

※ 申請日：103.2.21

※IPC 分類：G01R 21/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於射頻功率量測的微製造熱量計

MICROFABRICATED CALORIMETER FOR RF POWER MEASUREMENT

【中文】

所揭露的是一種射頻(RF)功率熱量計，其係具有一電耦合至一 RF 輸入的負載、一電耦合至該負載並且被配置以施加低頻的偏壓至該負載之可變的低頻功率源。該 RF 功率熱量計係包含一熱耦合至該負載的熱介質。此外，該 RF 功率熱量計係包含一熱耦合至該熱介質的出口溫度感測器，該出口溫度感測器係被設置以量測該熱介質由於被該負載加熱的溫度。該 RF 功率熱量計亦具有被配置以使用該熱介質與一 RF 負載熱接觸的溫度量測結合該低頻的偏壓以量測一電耦合至該 RF 輸入的 RF 源的平均功率之電路。亦揭露的是一種利用該 RF 功率熱量計以量測 RF 功率之方法。

【英文】

Disclosed is a radio frequency (RF) power calorimeter having a load electrically coupled to a RF input, a variable low-frequency power source electrically coupled to the load and configured to apply low-frequency bias to the load. The RF power calorimeter includes a thermal medium thermally coupled to the load. Additionally, the RF power calorimeter includes an outlet temperature sensor thermally coupled to

the thermal medium, the outlet temperature sensor being positioned to measure the temperature of the thermal medium due to heating by the load. The RF power calorimeter also has circuitry configured to use temperature measurements of the thermal medium in thermal contact with an RF load in combination with the low-frequency bias to measure average power of an RF source electrically coupled to the RF input. Also disclosed in a method of measuring RF power using the RF power calorimeter.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1：第一基板
- 2：RF 輸入
- 3：負載
- 4：熱介質(冷卻流體)
- 5：熱介質通道
- 6：入口溫度感測器
- 7：出口溫度感測器
- 8：T 型偏壓器
- 9：可變的低頻功率源
- 10：熱交換器
- 11：熱交換器功率源
- 12：熱介質泵
- 13：熱介質泵功率源
- 14：溫度量測的電子電路
- 15：控制及處理的電子電路
- 16：印刷電路板組件
- 20：第二基板
- 100：微製造的 RF 功率量測的熱量計

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

用於射頻功率量測的微製造熱量計

MICROFABRICATED CALORIMETER FOR RF POWER MEASUREMENT

【相關申請案之交互參照】

【0001】 此申請案係主張 2013 年 2 月 22 日申請且名稱爲"用於射頻功率量測的微製造熱量計"的美國臨時專利申請案序號 61/767,872 的優先權，該專利申請案係在此以其整體被納入作爲參考。

【技術領域】

【0002】 本發明係大致有關於射頻(RF)功率量測。尤其，其係有關於一種用於 RF 功率量測之微製造的 DC 替代熱量計以及一種利用該熱量計之方法。

【先前技術】

【0003】 RF 功率是一經常量測的量，因爲其它像是電流、電壓及阻抗之 RF 電性的量在 RF 設備中是難以量測及量化的。在低頻處，功率量測係藉由橫跨一已知的阻抗之電壓及電流的解譯來加以完成。然而，在例如是 RF 頻率的較高頻處，該阻抗係顯著地變化，因而功率的直接量測是不可行的。

【0004】 傳統上，手持式 RF 功率計係藉由直接轉換高頻 RF 功率成爲一 DC 信號(例如藉由利用一蕭特基或砷化鎵二極體)，並且量測該 DC 信號而得到直接量測的 RF 功率。然而，利用這些傳統的直接量測技術的計之準確性是對於被量測的 RF 信號的頻率及波形敏感的。

【0005】 於是，對於一種對一 RF 信號的頻率或波形不敏感之手持式 RF 功率計係存在著需求。

【發明內容】

【0006】 根據本發明之一特點，一種射頻(RF)功率熱量計係被提出。該 RF 功率熱量計係具有一電耦合至一 RF 輸入的負載，該 RF 輸入係被配置以電耦合至一 RF 功率源；一電耦合至該負載並且被配置以施加低頻的功率至該負載之可變的低頻功率源；一熱耦合至該負載的熱介質；一熱耦合至該熱介質的出口溫度感測器，該出口溫度感測器係被設置以量測該熱介質由於被該負載加熱的溫度；被配置以藉由以下來計算電耦合至該 RF 輸入的該 RF 源的功率之電路：根據利用來自該低頻功率源之一可變的偏壓之該熱介質的溫度量測以判定該 RF 源的一平均功率。

【0007】 在本發明的另一特點中，判定該 RF 源的一平均功率係包含：施加一已知的低頻輸入至該負載，該已知的低頻輸入係具有一預設的功率值；在該低頻輸入至該負載的施加之後量測該熱介質的一第一輸出溫度；在該已知的低頻輸入的施加期間施加該 RF 源至該負載；在該已知的低頻輸入以及該 RF 源的施加期間量測該熱介質的一第二輸出溫度；降低該已知的低頻輸入的功率值，同時量測該熱介質的該輸出溫度，直到該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度為止；當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時，判定該已知的低頻輸入的一功率值；並且當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時，根據在該已知的低頻輸入之預設的值以及該已知的低頻輸入的該功率值之間的差值來計算該 RF 源的功率。

【0008】 在本發明的另一特點中，該可變的低頻功率源是一交流電壓

源。

【0009】 在本發明的另一特點中，該可變的低頻功率源是一直流電壓源。

【0010】 在本發明的另一特點中，該熱介質是一循環通過熱介質通道的流體。

【0011】 在本發明的另一特點中，該熱介質流體通過該些熱介質通道的一流速是可變的。

【0012】 在本發明的另一特點中，一由多個流體通道所構成的流體通道路徑陣列係被配置以改變該熱介質流體通過該些熱介質通道的該流速。

【0013】 在本發明的另一特點中，該流體通道路徑陣列係由一和多個流體通道流體連通的流體開關所構成的，該流體通道路徑陣列的每個流體通道係具有一不同的長度及/或水力直徑。

【0014】 在本發明的另一特點中，該流體通道路徑陣列的每個流體通道係具有一熱介質泵。

【0015】 在本發明的另一特點中，該熱介質是一熱耦合至一熱交換器的基板。

【0016】 在本發明的另一特點中，該出口溫度感測器是一惠斯通電橋 (Wheatstone bridge)。

【0017】 在本發明的另一特點中，該功率熱量計係被配置以量測介於約 100 μ W 到 100mW 之間的功率。

【0018】 在本發明的另一特點中，該功率熱量計係被配置以量測在低到 0Hz 及遠高於 12GHz 的頻率之功率。

【0019】 在本發明的另一特點中，該功率熱量計係被配置以量測在介於約 0Hz 到約 12GHz 之間的頻率之功率。

【0020】 在本發明的另一特點中，該 RF 功率熱量計係進一步由一非導電的基板所構成的；其中該負載以及輸出感測器係被微製造在該非導電的基板上。

【0021】 在本發明的另一特點中，該 RF 功率熱量計是一具有一熱介質以及一低頻功率源之微製造的熱量計；該功率熱量計係被配置以根據利用來自該低頻功率源之一可變的偏壓之該熱介質的溫度量測來判定一 RF 源的一平均功率。

【0022】 根據本發明的另一特點，一種量測 RF 功率之方法係被提出。該量測 RF 功率之方法係包含：提供一電耦合至一 RF 輸入的負載；提供一熱耦合至該負載的熱介質；施加一已知的低頻輸入至該負載，該已知的低頻輸入係具有一預設的功率值；在該已知的低頻輸入至該負載的施加之後量測該熱介質的一第一輸出溫度；在該已知的低頻輸入的施加期間施加一未知的 RF 輸入至該負載；在該已知的低頻輸入以及該未知的 RF 輸入的施加期間量測該熱介質的一第二輸出溫度；降低該已知的低頻輸入，同時量測該熱介質的該輸出溫度，直到該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度為止；當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時，判定該已知的低頻輸入的一值；並且當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時，根據在該已知的低頻輸入之預設的值以及該已知的低頻輸入的該值之間的差值來計算該 RF 輸入的功率。

【0023】 在本發明的另一特點中，該方法係利用一微製造的 RF 功率

： 熱量計來加以實行。

【0024】 在本發明的另一特點中，該可變的低頻輸入是一交流電壓源。

【0025】 在本發明的另一特點中，該可變的低頻輸入是一直流電壓源。

【0026】 在本發明的另一特點中，該熱介質是一循環通過熱介質通道的流體。

【0027】 在本發明的另一特點中，該熱介質流體通過該些熱介質通道的一流速是可變的。

【0028】 在本發明的另一特點中，一由多個流體通道所構成的流體通道路徑陣列係被配置以改變該熱介質流體通過該些熱介質通道的該流速。

【0029】 在本發明的另一特點中，該流體通道路徑陣列係由一和多個流體通道流體連通的流體開關所構成的，該流體通道路徑陣列的每個流體通道係具有一不同的長度及/或水力直徑。

【0030】 在本發明的另一特點中，該流體通道路徑陣列的每個流體通道係具有一熱介質泵。

【0031】 在本發明的另一特點中，該熱介質是一熱耦合至一熱交換器的基板。

【0032】 在本發明的另一特點中，該輸出溫度係利用一惠斯通電橋溫度感測器來加以獲得的。

【0033】 在本發明的另一特點中，該功率熱量計係被配置以量測介於約 100 μ W 到 100mW 之間的功率。

【0034】 在本發明的另一特點中，該功率熱量計係被配置以量測在低到 0Hz 及遠高於 12GHz 的頻率之功率。

【0035】 在本發明的另一特點中，該功率熱量計係被配置以量測在介於約 0Hz 到約 12GHz 之間的頻率之功率。

【0036】 在本發明的另一特點中，該 RF 功率熱量計係進一步由一非導電的基板所構成的；其中該負載以及輸出感測器係被微製造在該非導電的基板上。

【0037】 根據本發明的另一特點，一種量測射頻功率之方法係包括：利用移動在一 RF 負載上的流體之溫度量測結合一 DC 偏壓以量測平均功率。

【0038】 根據本發明的另一特點，一種量測射頻功率之方法係包括利用一熱介質與一 RF 負載熱接觸的溫度量測結合一 DC 偏壓以量測平均功率。

【0039】 根據本發明的另一特點，一種射頻(RF)功率熱量計係包括：一電耦合至一 RF 輸入的負載；一電耦合至該負載並且被配置以施加低頻的偏壓至該負載之可變的低頻功率源；一熱耦合至該負載的熱介質；一熱耦合至該熱介質的出口溫度感測器，該出口溫度感測器係被設置以量測該熱介質由於被該負載加熱的溫度；以及被配置以使用該熱介質與一 RF 負載熱接觸的溫度量測結合該低頻的偏壓以量測一電耦合至該 RF 輸入的 RF 源的平均功率之電路。

【0040】 對於熟習此項技術者而言，本發明的優點從以下已藉由圖示而被展示及描述的本發明的實施例之說明將會變得更明顯的。如同將會理

：解的，本發明係能夠有其它不同的實施例，並且其細節係能夠在各種方面上修改。

【圖式簡單說明】

【0041】 本發明的這些及其它特點以及其優點係明確地被描繪於現在將參考所附的概要圖式加以舉例描述之本發明的實施例中，其中：

圖 1 是一習知的 RF 絕對流動熱量計的方塊圖；

圖 2 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計之方塊圖；

圖 3 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的一第一基板之佈局；

圖 4a-b 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的一第一基板以及一第二基板的繪圖；

圖 5 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的一第一基板以及一第二基板的繪圖；

圖 6 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的一第一基板的一區段的特寫；

圖 7 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的一第一基板的一區段的特寫；

圖 8 是針對根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計在不同的 DC 功率下量測到的電壓相對時間的圖；

圖 9 是針對根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計在複數個流動速率下量測到的電壓相對被施加的 DC 功率的圖；

圖 10 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的方塊圖；

圖 11 是根據本發明的另一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的方塊圖；

圖 12 是一種利用根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計來量測功率之方法的流程圖；

圖 13 是另一種利用根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計來量測功率之方法的流程圖；

圖 14 是又一種利用根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計來量測功率之方法的流程圖；

圖 15 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的方塊圖；以及

圖 16 是根據本發明的一實施例之一種微製造的 RF 功率量測的熱量計的方塊圖。

應注意到的是，所有的圖式都是概略而且未按照比例繪製的。這些圖的部分之相對的尺寸及比例已經爲了清楚及便利性起見在圖式中被誇大的展示或是在尺寸上加以縮小。相同的元件符號係大致被用來在不同的實施例中指出對應或類似的特點。於是，該圖式及說明在本質上係欲被視爲舉例說明而非限制的。

【實施方式】

【0042】 如同在此整個說明書及申請專利範圍所用的，近似性的語言可以適用來修飾任何數量的表示，該數量的表示可容許變化而不在其相關

的基本功能上產生改變。於是，一藉由一或多個例如是"約"的術語修飾後的值並不限於所指明的精確值。在至少某些實例中，該近似性的語言可以對應於用於量測該值之設備的精確度。範圍限制可加以結合且/或互換，並且此種範圍是一致的，而且除非背景或語言另有指出，否則是包含所有在此所述的子範圍。除了在操作的例子或者是另外指出的情形之外，所有用在說明書及申請專利範圍中之參照到成分、反應條件與類似者的量之數字或表示式都欲被理解為在所有的情形中都被該術語"約"所修飾。

【0043】 "選配的"或"選配地"係表示接著敘述的事件或情況可發生或可不發生、或是該接著指明的材料可存在或可不存在，因而該說明係包含其中該事件或情況發生或是其中該材料存在的實例、以及其中該事件或情況並未發生或是該材料並不存在的實例。

【0044】 如同在此所用的，該些術語"包括"、"包含"、"具有"、或是其之任何其它變化形係欲涵蓋一種非排它的包含。例如，一種包括一表列的元件之製程、方法、物件或裝置並不一定被限制為只有那些元件，而是可以包含未明確表列或是此種製程、方法、物件或裝置固有的其它元件。

【0045】 除非上下文有清楚的相反指示，否則該些單數形"一"、"一個"以及"該"係包含複數個指稱的對象。

【0046】 微波 RF 功率量測背後的基本原理是高頻功率轉換成為一 DC 信號並且量測該所產生的 DC 信號。RF 功率量測的熱量計(例如描繪在圖 1 中之絕對流動的 RF 功率量測的熱量計)已經被研究並且已經表現為一種在某些情況中為可接受的用於 RF 功率的量測之方法。

【0047】 一習知的 RF 絕對流動熱量計之系統層級的方塊圖係被展示

在圖 1 中。RF 功率係被傳遞至內部的負載電阻器。該負載電阻器是中空的並且使得工作流體流過其。一泵係被用來循環該流體，從該貯存器至該負載並且接著在藉由使其通過一熱交換器來移除熱之後回到該貯存器。該貯存器係大到足以穩定化該工作流體並且保持平均溫度是固定的。溫度感測器係被用來量測在該流體通過該負載之前以及之後的溫度差值。該些感測器大部分是熱敏電阻，這是因為其快速的響應及靈敏度之緣故。一流動感測器係被用來判定該流體通過該負載的質量流速。根據熱力學第一原理，該 RF 功率可以從該流體的溫度差值、質量流速以及比熱來加以判定出。

【0048】 例如是描繪在圖 1 中的絕對流動熱量計是過大而無法被設置在一手持式封裝中，其需要使用一個會增加不確定性並且降低準確性的流速計，並且具有一大的熱質量，此係在採用該 DC 替代方法時導致一冗長的平衡期間以及量測的獲取時間。

【0049】 然而，圖 2 中所示的微製造的 RF 功率量測的熱量計 100 係能夠量測具有一 $100\mu\text{W}$ 到 100mW 的平均功率之信號。被量測的信號範圍可以從一低頻信號到一超過 12GHz 的信號。再者，圖 2 的熱量計 100 並不使用流速計，此係容許在一手持式裝置的形狀因數中之功率量測的精確度能夠是小於讀數的 0.2% 。

【0050】 回到圖 2，所示的微製造的 RF 功率熱量計 100 的實施例係具有一第一基板 1、印刷電路板組件 16、以及 RF 輸入 2。印刷電路板組件 16 係包含可變的低頻功率源 9、控制及處理的電子電路 15、溫度量測的電子電路 14、熱交換器功率源 11、以及泵功率源 13。在某些實施例中，印刷電路板組件 16 亦包含泵 12。然而，在其它實施例中，泵 12 並未安裝到印

刷電路板組件 16 之上。第一基板 1 係由玻璃所建構的，並且提供一基底給以下製造的構件：負載 3、熱介質 4、熱介質通道 5、入口溫度感測器 6、出口溫度感測器 7、T 型偏壓器(bias tee)8、以及熱交換器 10。所思及的是，第一基板 10 亦可以由其它材料加以建構，其包含但不限於石英、陶瓷、矽或是砷化鎵(GaAs)。

【0051】 在一範例實施例中，RF 輸入 2 可被配置為一銅的傳輸線，其係提供一電性路徑至負載 3 以及來自負載 3 的電流返回路徑 17。所思及的是，RF 輸入 2 的傳輸線亦可以由其它材料所建構的，其包含但不限於鋁、金或是鉑。負載 3 是一由氮化鉭(TaN)所做成的電阻器，其係吸收電能並且轉換該電能成為熱。所思及的是，負載 3 亦可以由其它材料所建構的，其包含但不限於鉭、鎳鉻合金(NiCr)或是三氧化銻(ReO₃)。

【0052】 在圖 2 的實施例中，熱介質 4 是一種在熱介質通道 5 中的礦物油冷卻流體，其係接觸負載 3、入口溫度感測器 6、出口溫度感測器 7 以及熱交換器 10。熱介質冷卻流體 4 係藉由泵 12 而被移動通過熱介質通道 5。該熱介質冷卻流體 4 係從負載 3 接收熱，並且運載該熱到出口溫度感測器 7。所思及的是，該熱介質冷卻流體 4 亦可以是另一種材料，其包含但不限於水、礦物油、苯、甲醇、或是冷卻劑。

【0053】 入口溫度感測器 6 係量測在該冷卻流體於負載 3 之上通過並且從負載 3 接收熱之前的在熱介質通道 5 中的熱介質冷卻流體 4 的溫度。入口溫度感測器 6 係被用來在只有來自可變的低頻功率源 9 之功率被施加至負載 3 時以及在來自可變的低頻功率源 9 之功率與來自 RF 輸入 2 之功率被施加至負載 3 時，維持在入口溫度感測器 6 處之熱介質 4 在一固定的溫

度。在此實施例中，入口溫度感測器 6 係由鉑所建構的。然而，所思及的是，該入口溫度感測器 6 可以是由其它具有一高溫度電阻係數(TCR)的材料所建構的，其包含但不限於多晶矽或是鋁。

【0054】 出口溫度感測器 7 係在該冷卻流體通過在負載 3 之上並且從負載 3 接收熱之後量測在熱介質通道 5 中的熱介質冷卻流體 4 的溫度。出口溫度感測器 7 係被用來在只有來自可變的低頻功率源 9 之功率被施加至負載時，確定在出口溫度感測器 7 處之熱介質冷卻流體 4 的溫度，並且亦在來自 RF 輸入 2 之功率被施加至負載 3 時，隨著來自可變的低頻功率源 9 之功率成比例地從負載 3 被移除，確定在出口溫度感測器 7 處之熱介質冷卻流體 4 的溫度，以試圖判定從負載 3 被可變的低頻功率源 9 移除的功率何時等於藉由 RF 輸入 2 施加至負載 3 的功率。在此實施例中，出口溫度感測器 7 係由鉑所建構的。然而，所思及的是，該出口溫度感測器 7 可以是由其它具有一高溫度電阻係數(TCR)的材料所建構的，其包含但不限於多晶矽或是鋁。

【0055】 T 型偏壓器 8 係由一離散的電容器及電感器所構成的。來自可變的低頻功率源 9 之功率係透過 T 型偏壓器 8 而被施加至負載 3。可變的低頻功率源 9 是一精確的可變 DC 電壓源或是一精確的低頻 AC 電壓源。

【0056】 熱交換器 10 是一主動或被動熱交換器，其係透過冷卻熱介質 4 來維持熱介質冷卻流體 4 處於熱平衡。當熱交換器 10 是一主動熱交換器時，熱交換器功率源 11 是存在的，並且提供電力至熱交換器 10。再者，藉由熱介質泵功率源 13 所供電的熱介質泵 12 係循環熱介質冷卻流體 4 通過熱介質通道 5。在一實施例中，熱介質泵 12 是一壓電泵，然而所思及的是，

具有在此項技術中的普通技能者可以選擇使用其它適當類型的泵。

【0057】 溫度量測的電子電路 14 係轉換來自入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 的電性信號成爲一電壓或是透過一類比至數位轉換器的使用而成爲一數值，以供控制及處理的電子電路 15 進一步處理。控制及處理的電子電路 15 係讀取入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 的溫度。再者，控制及處理的電子電路 15 亦控制由可變的低頻電壓功率源 9 施加至負載 3 的功率量。控制及處理的電子電路 15 亦具有用於儲存及擷取由處理器所執行的程式以及用於處理入口溫度感測器 6 及出口溫度感測器 7 的溫度量測之一處理器及記憶體。

【0058】 如同可見的，圖 2 的微製造的 RF 功率熱量計 100 係由一薄的非導電的第一基板 1 所構成的，一吸收負載 3 係被安裝到該第一基板 1 之上。負載 3 是電阻性的，並且由一沉積在第一基板 1 上的膜所構成的。負載 3 的形狀及尺寸係根據連接至微製造的 RF 功率熱量計 100 的 RF 輸入(傳輸線)2 的電阻抗而被決定，以使得最低量的反射的 RF 能量能夠被達成。導電材料係在第一基板 1 的相同側上沉積在第一基板 1 上的負載 3 的周圍，並且作用爲用於電流至 RF 輸入(傳輸線)2 的返回路徑。兩個溫度感測器(入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7)係沉積在第一基板 1 上靠近負載 3 處，但是並不觸及負載 3。在某些實施例中，T 型偏壓器 8 亦被微製造在第一基板 1 上。

【0059】 一層二氧化矽的絕緣層係被施加在第一基板 1 的整個頂表面 1a 之上，其係覆蓋該些前述的層。第一基板 1 的底表面(未顯示)並沒有任何沉積的材料。一由聚二甲基矽氧烷(PDMS)所建構的第二基板 20 係被建

構成具有熱介質通道 5，以包含一熱介質冷卻流體 4。該第二基板 20 係被接合至該第一基板 1，使得流過熱介質通道 5 的熱介質冷卻流體 4 接觸並且熱耦合至負載 3、入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7。

【0060】 更明確地說，構件在第一基板 1 上的微製造係藉由首先旋轉塗佈一正型光阻(Shipley 1818)在第一基板 1 上來加以執行。第一基板 1 係接著利用一習知的 UV 微影方法而被圖案化。接著，鋁係利用 E-射束蒸鍍來加以沉積。另一層的 Shipley 1818 正型光阻係被施加以覆蓋所有的圖案，並且被曝光以產生該負載 3、入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 的圖案。氮化鉬係透過 DC 濺鍍而被填入該光阻模具中，並且丙酮係被使用於剝離。

【0061】 接著，聚二甲基矽氧烷(PDMS)係被使用於產生該第二基板 20，該第二基板 20 係包含微流體的熱介質通道 5 以及用於泵 12 及熱交換器 10 的入口連接 21 及出口連接 22。第二基板 20 係藉由旋轉塗覆一層負型光阻(MicroChem 的 SU-8 2050)並且在一矽晶圓上圖案化而被產生。該些微流體的熱介質通道 5 的寬度是 100 μm 。在顯影該 UV 曝光後的光阻之後，一軟的模具係被形成。接著，PDMS 混合物係澆灌在該軟的模具上，接著是在 80°C 下固化半小時。最後，一 PDMS 複製品係被打孔以形成該入口連接 21 及出口連接 22。第二基板 20 係接著被設置在第一基板 1 上並且藉由 O₂ 電漿處理 20 秒而被接合到第一基板 1。該製造出的第二基板 20 係被展示在圖 4a-b 中。一熱交換器 10 係在該些熱介質通道 5 的頂端上被貼到該第二基板 20。一微熱介質泵 12 係驅動該熱介質流體 4 通過熱介質通道 5 及熱交換器 10。在某些實施例中，微熱介質泵 12 係被安裝在 PCBA 16 之上。

；

【0062】 圖 3 及 4a-b 係描繪被微製造在第一基板 1 上的負載 3、返回電流路徑 17、入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 的佈局。進一步描繪的是根據 RF 功率量測的熱量計 100 的一實施例而被微製造在第二基板 20 上的熱介質通道 5、微流體的入口 21 以及微流體的出口 22。圖 5 係展示安裝在第一基板 1 之上的第二基板 20。再者，圖 5 亦描繪連接至基板 1 的負載 3 以及返回電流路徑 17 的 RF 輸入 2。圖 6 是根據 RF 功率量測的熱量計 100 的一實施例的第一基板 1 的入口溫度感測器 6、出口溫度感測器 7、負載 3 以及電流返回路徑 17 之一特寫視圖。圖 7 是根據 RF 功率量測的熱量計 100 的一實施例的第一基板 1 的負載 3 及電流返回路徑 17、以及第二基板 20 的微流體的熱介質通道 5 之一特寫視圖。所提及的是，在第一基板 1 的某些實施例中，負載 3 及 RF 輸入 2 可以使得用於電流返回路徑 17 的導電材料沉積在和負載 3 同一側上、在負載 3 及 RF 輸入 2 的相反側上、或是在負載 3 及 RF 輸入 2 的同一側上以及在相反側上之一組合(例如，懸吊共面的波導、接地的微帶或是接地共面的波導)。

【0063】 如同在圖 3 及 4a-b 中可見的，在某些實施例中，入口溫度感測器 6 係位在一入口溫度感測器惠斯通電橋 18 中，並且出口溫度感測器 7 係位在一被對稱地製造在第一基板 1 上的出口溫度感測器惠斯通電橋 19 中。該些惠斯通電橋 18 及 19 係容許入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 更準確地偵測熱介質 4 的溫度變化。此外，即使第二基板 20 並未顯示在圖 3 中，但是為了便於理解，熱介質通道 5、微流體的入口 21 以及微流體的出口 22 亦相關於負載 3、入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 來加以描繪。

【0064】 在操作上，在每個惠斯通電橋 18 及 19 上的一對墊係被用來施加一 DC 電壓($V_{in}=0.5V$)，並且另一對墊係被用來量測該輸出電壓。以下的方程式係代表介於 V_{out} 、 V_{in} 以及 R_{sensor} 之間的關係。

$$V_{out} = \left(\frac{R_{sensor}}{R_3 + R_{sensor}} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) * V_{in}$$

【0065】 回到惠斯通電橋 19，一被施加在該負載 3 之上的功率係產生一熱，該熱係從負載 3 被轉移至熱介質 4。一旦該被加熱的熱介質 4 到達出口溫度感測器 7，則出口溫度感測器 7 的電阻將會增高，因此使得惠斯通電橋 19 的 V_{out} 相應地增高。再者，當流動在出口溫度感測器 7 之上的熱介質 4 的溫度減小時，出口溫度感測器 7 的電阻係減小，使得惠斯通電橋 19 的 V_{out} 相應地減小。類似地，當流動在入口溫度感測器 6 之上的熱介質 4 的溫度減小時，入口溫度感測器 6 的電阻係減小，使得惠斯通電橋 18 的 V_{out} 相應地減小。再者，當流動在入口溫度感測器 6 之上的熱介質 4 的溫度增高時，入口溫度感測器 6 的電阻係增高，使得惠斯通電橋 18 的 V_{out} 相應地增高。

【0066】 圖 8 係展示針對於出口溫度感測器惠斯通電橋 19 以及在不同的流速下施加的功率之 V_{out} 為時間的一函數。如同圖 8 中可見的，五個不同的 DC 功率值係被施加至負載 3。

【0067】 再者，圖 8 亦展示一較高流速的熱介質 4 可以從負載 3 傳輸更多的熱至出口溫度感測器 7。此係在圖 9 中加以確認，其係證明當一給定的 DC 功率值被施加至負載 3 時，一較高的流速係產生一較陡的 V_{out} 相對被施加的功率之斜率。

【0068】 圖 10 係展示 RF 功率量測的熱量計 100 的一替代實施例，其中 T 型偏壓器 8 係被省略並且被一位在相當接近負載 3 的 DC 負載 23 所取代。在具有一用於透過 RF 輸入 2 接收 RF 功率的負載以及一用於從該可變的低頻功率源 9 接收功率之個別的負載之實施例中，該接收 RF 功率的負載 3 係被稱為 RF 負載 3，並且該接收可變的低頻功率的負載 23 係被稱為 DC 負載 23。在 DC 替代期間，DC 負載 23 係作用為次要的功率源，其係被用來比較在可變的低頻功率源 9 以及透過 RF 輸入 2 接收的未知的 RF 功率源之間的加熱差異。當 RF 開關 25 被閉合時，功率係從透過 RF 輸入 2 接收的未知的 RF 功率源被傳遞至 RF 負載 3。RF 開關 25 是藉由控制及處理的電子電路 15 加以控制的單極單投開關。

【0069】 圖 11 係展示 RF 功率量測的熱量計 100 之另一實施例，其中流體並未被使用作為熱介質 4。反而，第一基板 1 係作用為熱介質 4 並且被用來提供一溫度參考。此外，一種用於維持該第一基板 1 在一固定溫度的裝置(例如，一調節的冷卻裝置)係內含在該實施例中。再者，所提及的是，在 RF 功率量測的熱量計 100 的某些實施例中，該用於維持該第一基板 1 在一固定的溫度之裝置是一被一體安裝到第一基板 1 的主動或被動熱交換器 10。

【0070】 在圖 11 中，第一基板 1 係由玻璃所建構的，並且提供一基底給以下的被製造的構件：RF 負載 3、DC 負載 23、入口溫度感測器 6、出口溫度感測器 7 以及熱交換器 10。所提及的是，該第一基板 1 亦可以是由其它材料所建構的，其包含但不限於石英、陶瓷、矽、或是砷化鎵(GaAs)。

【0071】 在一範例實施例中，RF 輸入 2 可被配置為一銅的傳輸線，

其係提供一電性路徑至 RF 負載 3 以及來自 RF 負載 3 的電流返回路徑 17。所思及的是，RF 輸入 2 的傳輸線亦可以是由其它材料所建構的，其包含但不限於鋁、金、或是鉑。RF 負載 3 是一由氮化鉭(TaN)所做成的電阻器，其係吸收電能並且轉換該電能成為熱。所思及的是，RF 負載 3 亦可以是由其它材料所建構的，其包含但不限於鉭、鎳鉻合金(NiCr)、或是三氧化銻(ReO₃)。

【0072】 DC 負載 23 是一由氮化鉭(TaN)所做成的電阻器，其係吸收電能並且轉換該電能成為熱。所思及的是，DC 負載 23 亦可以是由其它材料所建構的，其包含但不限於鉭、鎳鉻合金(NiCr)或是三氧化銻(ReO₃)。在 DC 替代期間，DC 負載 23 係作用為次要的功率源，其係被用來比較在可變的低頻功率源 9 以及透過 RF 輸入 2 接收的未知的 RF 功率源之間的加熱差異。溫度感測器 6 及 7 係量測第一基板 1 的溫度以判定熱平衡。再者，熱交換器 10 係冷卻該第一基板 1 並且維持該第一基板 1 在一固定的溫度值。溫度量測的電子電路 14 係轉換來自該溫度感測器 6 及 7 的電性信號成為一電壓或數值。控制及處理的電子電路 15 係讀取溫度感測器 6 及 7 的溫度，控制可變的低頻功率源 9，並且處理感測器 6 及 7 的溫度量測。

【0073】 再者，可變的低頻功率源 9 係施加一精確的可變的 DC 或低頻電壓至 DC 負載 23。在第一基板 1 的熱平衡達成之後，至 DC 負載 23 的功率縮減係被用來判定出現於 RF 負載 3 上的 RF 功率。

【0074】 如同以上所指出的，RF 功率量測的熱量計 100 係使用 DC 替代以量測透過 RF 輸入 2 被傳遞至負載 3 的 RF 功率。DC 替代係使用一例如是可變的低頻功率源 9 之次要的精確功率源，並且比較在藉由可變的低頻功率源 9 施加至負載 3 的功率以及透過 RF 輸入 2 被傳遞至負載 3 的未知

的 RF 功率之間的加熱差異。

【0075】 DC 替代係使用一精確的低頻功率源來比較在該具有一已知的輸出功率值之低頻功率源以及一具有一未知的輸出功率值之 RF 功率源之間的加熱差異。該低頻功率源爲了維持熱平衡所必須降低的功率量係被用來判定出該未知的 RF 源的功率。來自一低頻的電壓源的功率可以在遠比直接量測例如是 RF 或微波功率之高頻的功率高的準確性位準下加以判定出。

【0076】 所提及的是，在 RF 功率量測的熱量計 100 的某些實施例中，被呈現給負載 3、入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 的熱介質冷卻流體 4 的流速可以是可選擇或可變的，以便於改善 RF 功率量測的熱量計 100 的功率量測範圍。沿著熱介質通道 5 至負載 3、入口溫度感測器 6 以及出口溫度感測器 7 的熱介質冷卻流體 4 的流速之變化係有助於對於變化的功率負載維持最高的溫度靈敏度。例如，對於較低的功率量測，較低的流速可被利用來增加靈敏度，而較高功率的量測係受益於較高的流速，以降低負載失效。任何在熱介質冷卻流體 4 沿著熱介質通道 5 的流速上的改變都需要在任何功率量測之前穩定化流速以及一獨特的 DC 校準，即例如是那些在圖 12-14 中所論述及展示者。

【0077】 回到圖 15，RF 功率量測的熱量計 100 的某些實施例係具有一可被利用來改變熱介質冷卻流體 4 沿著熱介質通道 5 行進的流速的流體通道路徑陣列 30。在圖 15 所示的實施例中，該流體通道路徑陣列 30 係位在出口溫度感測器 7 以及熱介質泵 12 之間，然而所提及的是，具有在此項技術中的普通技能者可以選擇將流體通道路徑陣列 30 設置在沿著熱介質通

道 5 的其它位置處。

【0078】 流體通道路徑陣列 30 係具有一上游流體開關 31、一下游流體開關 33 以及多個流體通道 32a-n，其中“n”是字符中的字母，其係對應於流體通道 32 的數目。上游流體開關 31 以及下游流體開關 33 係流體連接至流體通道 32a-n 並且被配置以切換熱介質冷卻流體 4 在流體通道 32a-n 之間的流動，藉此在一給定的時間只沿著該多個流體通道 32a-n 中之一來導引熱介質冷卻流體 4；例如當上游流體開關 31 被配置以沿著流體通道 32a 來導引熱介質冷卻流體 4 時，下游流體開關 33 將會被配置以從流體通道 32a 接收熱介質冷卻流體 4，並且從流體通道 32a 導引該熱介質冷卻流體 4 向下游通過熱介質通道 5。該多個流體通道 32a-n 的每一個係在其長度及/或水力直徑上獨特地加以修改，藉此提供不同的壓降給熱介質泵 12。

【0079】 所思及的是，上游流體開關 31 以及下游流體開關 33 中的一或兩者可以是一閥及/或岐管。所思及的是，流體通道路徑陣列 30 可以直接整合到第一基板 1 之上、或是被安裝在外部。再者，所思及的是，上游流體開關 31、流體通道 32a-n 及/或下游流體開關 33 的任一個都可以直接整合到第一基板 1 之上、或是被安裝在外部。所思及的是，在某些實施例中，上游流體開關 31 以及下游流體開關 33 係人工地加以切換。在其它實施例中，上游流體開關 31 以及下游流體開關 33 的切換係藉由控制及處理的電子電路 15 來加以控制。

【0080】 回到圖 16，RF 功率量測的熱量計 100 的其它一些實施例係具有一帶有一上游流體開關 31 以及多個流體通道 32a-n 的流體通道路徑陣列 30。該多個流體通道 32a-n 的每一個各具有一熱介質泵 12a-n。在某些實

施例中，熱介質泵 12a-n 係共用單一熱介質泵功率源 13，其係能夠在一給定的時間供電一熱介質泵 12a-n。在其它實施例中，每個熱介質泵 12a-n 係藉由一對應的熱介質泵功率源 13a-n 個別地供電。上游流體開關 31、多個流體通道 32a-n 以及熱介質泵 12a-n 係流體連接至流體通道 32a-n 並且被配置以切換熱介質冷卻流體 4 在流體通道 32a-n 之間的流動，藉此在一給定的時間只沿著該多個流體通道 32a-n 中之一導引熱介質冷卻流體；例如當上游流體開關 31 被配置以沿著流體通道 32a 導引熱介質冷卻流體 4 時，該對應的熱介質功率源 13 將會供電該對應的熱介質泵 12a。

【0081】 所思及的是，流體通道路徑陣列 30、熱介質泵 12a-n 及/或熱介質泵功率源 13a-n 的任一個都可以直接整合到第一基板 1 之上、或是被安裝在外部。再者，所思及的是，上游流體開關 31、流體通道 32a-n 及/或下游流體開關 33 的任一個都可以直接整合到第一基板 1 之上、或是被安裝在外部。所思及的是，在某些實施例中，上游流體開關 31 以及熱介質功率源 13 係人工地加以切換。在其它實施例中，上游流體開關 31 以及熱介質功率源 13 的切換係藉由控制及處理的電子電路 15 來加以控制。

【0082】 再者，亦被思及的是，在 RF 功率量測的熱量計 100 的某些實施例中，熱介質泵 12 的熱介質泵功率源 13 係被配置以被降低或是調變，以改變熱介質冷卻流體 4 沿著熱介質通道 5 的流速。所思及的是，在某些實施例中，熱介質泵 12 的熱介質泵功率源 13 的降低或調變係人工地加以執行。在其它實施例中，所思及的是，熱介質泵 12 的熱介質泵功率源 13 的降低或調變係藉由控制及處理的電子電路 15 來加以控制。所思及的是，在此申請案中所論述及/或展示的用於改變熱介質冷卻流體 4 沿著熱介質通道 5

的流速之方法及結構中的任一個或是多個都可以單獨或組合地被利用在 RF 功率量測的熱量計 100 的一實施例中。

【0083】 圖 12 係展示一種 DC 替代之方法，其可以結合 RF 功率量測的熱量計 100 的一實施例來加以利用。在步驟 301 中，一來自可變的低頻功率源 9 之已知固定位準的功率係經由該 T 型偏壓器 8 而被施加至該負載 3： P_{ref} 。此最初固定的功率的值是 $P_{eq}=(V_{eq})^2/R_{load}$ 。

【0084】 在步驟 305 中，該熱介質 4 係被容許加熱，同時該主動或被動熱交換器 10 係維持該熱介質 4 處於熱平衡。此平衡係藉由該入口溫度感測器 6 而被判定為 T_{in} 。同樣處於平衡的該熱介質 4(離開的流體、或是該第一基板 1 之熱介質 4)的溫度係藉由該出口溫度感測器 7 加以監測： T_{out} 。這些最初的溫度 T_{ineq} 與 T_{outeq} 係藉由量測電子電路 14 來加以監測。

【0085】 在步驟 310 中，一未知的 RF 功率 P 現在係經由該 RF 輸入 2 而被施加至該負載 3。此未知的 RF 功率必須是等於或小於 P_{eq} 。施加至該負載 3 的總功率將會是該已知及未知的功率的總和： $P_{ref}+P$ 。

【0086】 在步驟 315 中，最初此總和係大於 P_{eq} ，並且熱介質 4 的流體或基板溫度將會上升。來自該可變的低頻功率源 9 之已知的功率係藉由控制電子電路 15 成比例地被降低，直到熱介質 4 達到如同被判定當 $T_{out}=T_{outeq}$ 時的開始的平衡為止。令此被降低的功率是 P_{meas} 。該入口溫度 T_{in} 亦必須藉由該熱交換器 10 而被維持在 $T_{in}=T_{ineq}$ 。

【0087】 在步驟 320 中，當這些狀況符合時，該未知的 RF 功率可藉由該已知的功率源必須成比例地被降低的量而被判定出： $P=P_{eq}-P_{meas}$ 。

【0088】 所了解的是，若該未知的功率是零，則 $P_{meas}=P_{eq}$ 。

【0089】 此量測技術的一優點是來自一低頻的電壓源的功率 *P_{ref}* 可以在一遠比高頻(例如 RF)的功率的直接量測高的準確性位準下被判定出。

【0090】 回到圖 13，所展示的是判定該 RF 源的一平均功率的另一實施例。在步驟 401 中，一來自可變的低頻功率源 9 之已知的低頻輸入係被施加至該負載 3。該已知的低頻輸入係具有一預設的功率值。在步驟 405 中，在該低頻輸入之負載 3 的施加之後，熱介質 4 的一第一輸出溫度係藉由出口溫度感測器 7 來加以量測。

【0091】 在步驟 410 中，一具有一未知的功率之 RF 源係在該已知的低頻輸入的施加期間被施加至負載 3。在步驟 415 中，該熱介質 4 的一第二輸出溫度係在該已知的低頻輸入以及該具有一未知的功率值之 RF 源的施加期間藉由出口溫度感測器 7 來加以量測。

【0092】 在步驟 420 中，該已知的低頻輸入的功率值係被降低，同時利用出口溫度感測器 7 來量測熱介質 4 的輸出溫度，直到該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度為止。在步驟 425 中，當藉由出口溫度感測器 7 在步驟 420 中量測的輸出溫度實質等於藉由出口溫度感測器 7 在步驟 401 中量測的第一輸出溫度時，該已知的低頻輸入的一功率值係被判定出。

【0093】 在步驟 430 中，該 RF 源之未知的功率的一值係根據在該已知的低頻輸入在步驟 401 中之預設的功率值以及在步驟 420 的結束的該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時該已知的低頻輸入的功率值之間的差值而被計算出。

【0094】 回到圖 14，亦揭露的是一種量測 RF 功率之方法。在步驟 501 中，一電耦合至一 RF 輸入 2 的負載 3 係被提供。在步驟 505 中，一熱

耦合至該負載 3 的熱介質 4 係被提供。在步驟 510 中，一來自可變的低頻功率源 9 之已知的低頻輸入係被施加至該負載 3。該已知的低頻輸入係具有一預設的功率值。

【0095】 在步驟 515 中，該熱介質 4 的一第一輸出溫度係在該已知的低頻輸入至該負載 3 的施加之後被量測。在步驟 520 中，一具有一未知的功率之 RF 輸入係在該已知的低頻輸入的施加期間被施加至該負載 3。

【0096】 在步驟 525 中，該熱介質 4 的一第二輸出溫度係在該已知的低頻輸入以及該未知的 RF 輸入的施加期間被量測。在步驟 530 中，該已知的低頻輸入係被降低，同時量測該熱介質 4 的該輸出溫度，直到該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度為止。

【0097】 在步驟 535 中，當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時，該已知的低頻輸入的一值係被判定出。在步驟 540 中，該 RF 輸入之未知的功率的一值係根據在該已知的低頻輸入之預設的功率值以及當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時該已知的低頻輸入的該功率值之間的差值而被計算出。

【0098】 儘管本發明已經結合上述的特定實施例加以敘述，但明顯的是許多替換、組合、修改及變化對於熟習此項技術者而言是明顯的。於是，本發明如上闡述的較佳實施例係只欲為舉例說明的，而非限制性的意思。各種的改變可加以完成，而不脫離本發明的精神與範疇。以上的實施例以及其它實施例的組合對於具有此項技術的技能者而言在研究以上的說明之後將會是明顯的，並且打算被包含在其中。因此，本發明的範疇係藉由所附的申請專利範圍所界定，並且所有不論字義或均等地落入該些申請專利

：範圍的意義內的裝置、過程及方法都欲被包含在其中。

【符號說明】

【0099】

- 1：第一基板
- 1a：頂表面
- 2：RF 輸入
- 3：負載
- 4：熱介質(冷卻流體)
- 5：熱介質通道
- 6：入口溫度感測器
- 7：出口溫度感測器
- 8：T 型偏壓器
- 9：可變的低頻功率源
- 10：熱交換器
- 11：熱交換器功率源
- 12：熱介質泵
- 12a-n：熱介質泵
- 13：熱介質泵功率源
- 14：溫度量測的電子電路
- 15：控制及處理的電子電路
- 16：印刷電路板組件
- 17：電流返回路徑

- 18：入口溫度感測器惠斯通電橋
- 19：出口溫度感測器惠斯通電橋
- 20：第二基板
- 21：入口連接
- 22：出口連接
- 23：DC 負載
- 25：RF 開關
- 30：流體通道路徑陣列
- 31：上游流體開關
- 32a-n：流體通道
- 33：下游流體開關
- 100：微製造的 RF 功率量測的熱量計
- 301：步驟
- 305：步驟
- 310：步驟
- 315：步驟
- 320：步驟
- 401：步驟
- 405：步驟
- 410：步驟
- 415：步驟
- 420：步驟

201443448

：

425：步驟

430：步驟

501：步驟

505：步驟

510：步驟

515：步驟

520：步驟

525：步驟

530：步驟

535：步驟

540：步驟

申請專利範圍

1.一種射頻(RF)功率熱量計，其係包括：

一電耦合至一 RF 輸入的負載，該 RF 輸入係被配置以電耦合至一 RF 功率源；

一電耦合至該負載並且被配置以施加低頻功率至該負載之可變的低頻功率源；

一熱耦合至該負載的熱介質；

一熱耦合至該熱介質的出口溫度感測器，該出口溫度感測器係被設置以量測該熱介質由於被該負載加熱的溫度；

被配置以藉由以下來計算電耦合至該 RF 輸入的該 RF 源的功率之電路：

根據該熱介質的溫度量測而利用來自該低頻功率源之一可變的偏壓以判定該 RF 源的一平均功率。

2.如申請專利範圍第 1 項之 RF 功率熱量計，其中判定該 RF 源的一平均功率係包含：

施加一已知的低頻輸入至該負載，該已知的低頻輸入係具有一預設的功率值；

在施加該低頻輸入至該負載之後量測該熱介質的一第一輸出溫度；

在該已知的低頻輸入的施加期間施加該 RF 源至該負載；

在該已知的低頻輸入以及該 RF 源的施加期間量測該熱介質的一第二輸出溫度；

降低該已知的低頻輸入的功率值，同時量測該熱介質的該輸出溫度，直到該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度為止；

當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時，判定該已知的低頻輸入的一功率值；以及

根據在該已知的低頻輸入之預設的值以及在該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時該已知的低頻輸入的該功率值之間的差來計算該 RF 源的功率。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該可變的低頻功率源是一交流電壓源。

4.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該可變的低頻功率源是一直流電壓源。

5.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該熱介質是一循環通過熱介質通道的流體。

6.如申請專利範圍第 5 項之 RF 功率熱量計，其中該熱介質流體通過該些熱介質通道的一流速是可變的。

7.如申請專利範圍第 6 項之 RF 功率熱量計，其進一步包括一由多個流體通道所構成的流體通道路徑陣列，該流體通道路徑陣列係被配置以改變該熱介質流體通過該些熱介質通道的該流速。

8.如申請專利範圍第 7 項之 RF 功率熱量計，其中該流體通道路徑陣列係由一和多個流體通道流體連通的流體開關所構成，該流體通道路徑陣列的每個流體通道係具有不同的長度及/或水力直徑。

9.如申請專利範圍第 8 項之 RF 功率熱量計，其中該流體通道路徑陣列的每個流體通道係具有一熱介質泵。

10.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該熱介質是一熱

耦合至一熱交換器的基板。

11.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該出口溫度感測器是一惠斯通電橋。

12.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該功率熱量計係被配置以量測介於約 $100\mu\text{W}$ 到 100mW 之間的功率。

13.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該功率熱量計係被配置以量測在低到 0Hz 及遠高於 12GHz 的頻率之功率。

14.如申請專利範圍第 1 或 2 項之 RF 功率熱量計，其中該 RF 功率熱量計係進一步由一非導電的基板所構成；其中該負載以及輸出感測器係被微製造在該非導電的基板上。

15.一種 RF 功率熱量計，其係由一具有一熱介質以及一低頻功率源之微製造的熱量計所構成；該功率熱量計係被配置以根據該熱介質的溫度量測而利用來自該低頻功率源之一可變的偏壓來判定一 RF 源的一平均功率。

16.一種量測射頻(RF)功率之方法，該方法係包括：

提供一電耦合至一 RF 輸入的負載；

提供一熱耦合至該負載的熱介質；

施加一已知的低頻輸入至該負載，該已知的低頻輸入係具有一預設的功率值；

在施加該已知的低頻輸入至該負載之後量測該熱介質的一第一輸出溫度；

在該已知的低頻輸入的施加期間施加一未知的 RF 輸入至該負載；

在該已知的低頻輸入以及該未知的 RF 輸入的施加期間量測該熱介質

的一第二輸出溫度；

降低該已知的低頻輸入，同時量測該熱介質的該輸出溫度，直到該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度為止；

當該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時，判定該已知的低頻輸入的一值；以及

根據在該已知的低頻輸入之預設的值以及在該輸出溫度實質等於該第一輸出溫度時該已知的低頻輸入的該值之間的差來計算該 RF 輸入的功率。

17.如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該方法係利用一微製造的 RF 功率熱量計來加以實行。

18.如申請專利範圍第 17 項之方法，其中該可變的低頻輸入是一交流電壓源。

19.如申請專利範圍第 17 或 18 項之方法，其中該可變的低頻輸入是一直流電壓源。

20.如申請專利範圍第 17 或 18 項之方法，其中該熱介質是一循環通過熱介質通道的流體。

21.如申請專利範圍第 20 項之方法，其中該熱介質流體通過該些熱介質通道的一流速是可變的。

22.如申請專利範圍第 21 項之方法，其進一步包括一由多個流體通道所構成的流體通道路徑陣列，該流體通道路徑陣列係被配置以改變該熱介質流體通過該些熱介質通道的該流速。

23.如申請專利範圍第 22 項之方法，其中該流體通道路徑陣列係由一和多個流體通道流體連通的流體開關所構成，該流體通道路徑陣列的每個流

體通道係具有不同的長度及/或水力直徑。

24.如申請專利範圍第 23 項之方法，其中該流體通道路徑陣列的每個流體通道係具有一熱介質泵。

25.如申請專利範圍第 17 或 18 項之方法，其中該熱介質是一熱耦合至一熱交換器的基板。

26.如申請專利範圍第 17 或 18 項之方法，其中該輸出溫度係利用一惠斯通電橋溫度感測器來加以獲得的。

27.如申請專利範圍第 17 或 18 項之方法，其中該功率熱量計係被配置以量測介於約 $100\mu\text{W}$ 到 100mW 之間的功率。

28.如申請專利範圍第 17 或 18 項之方法，其中該功率熱量計係被配置以量測在低到 0Hz 以及遠高於 12GHz 的頻率之功率。

29.如申請專利範圍第 17 或 18 項之方法，其中該 RF 功率熱量計係進一步由一非導電的基板所構成；其中該負載以及輸出感測器係被微製造在該非導電的基板上。

30.一種量測射頻功率之方法，該方法係包括：

利用一熱介質與一 RF 負載熱接觸的溫度量測結合一 DC 偏壓以量測平均功率。

31.如申請專利範圍第 30 項之量測射頻功率之方法，其中該方法係包括：

利用移動在一 RF 負載上的流體之溫度量測結合一 DC 偏壓以量測平均功率。

32.一種射頻(RF)功率熱量計，其係包括：

一電耦合至一 RF 輸入的負載；

一電耦合至該負載並且被配置以施加低頻的偏壓至該負載之可變的低頻功率源；

一熱耦合至該負載的熱介質；

一熱耦合至該熱介質的出口溫度感測器，該出口溫度感測器係被設置以量測該熱介質由於被該負載加熱的溫度；

被配置以使用該熱介質與一 RF 負載熱接觸的溫度量測結合該低頻的偏壓以量測一電耦合至該 RF 輸入的 RF 源的平均功率之電路。

圖式

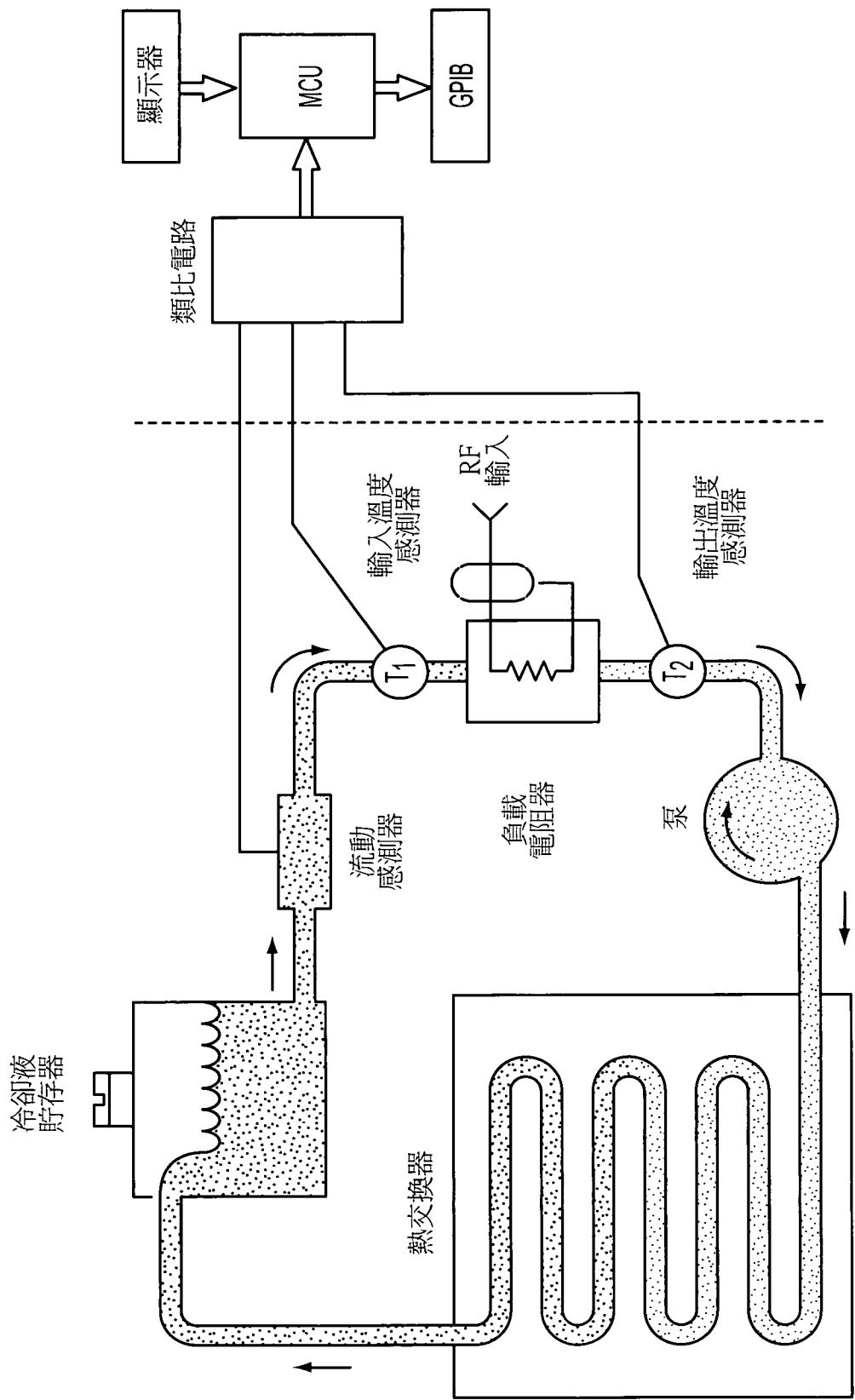


圖1



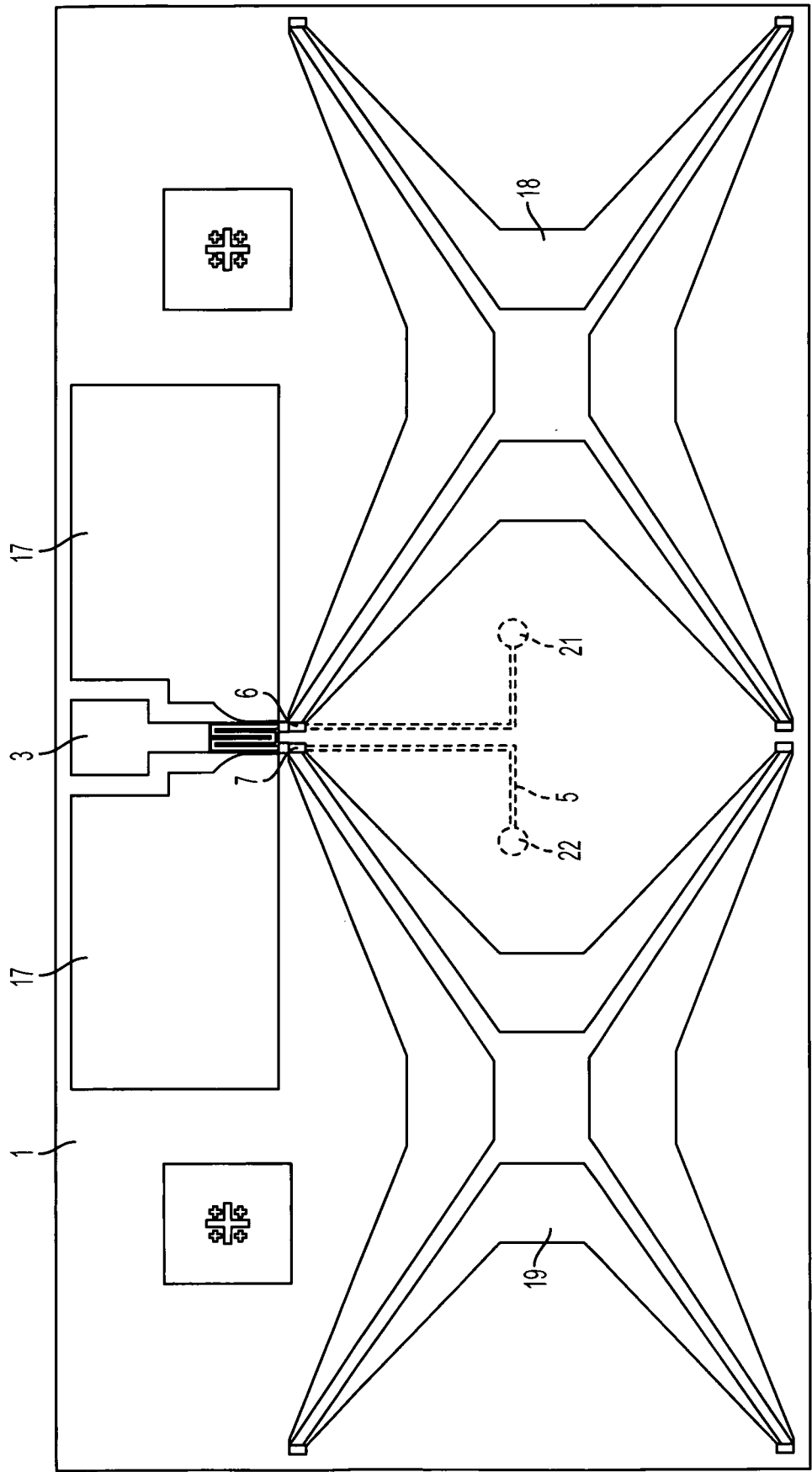


圖3

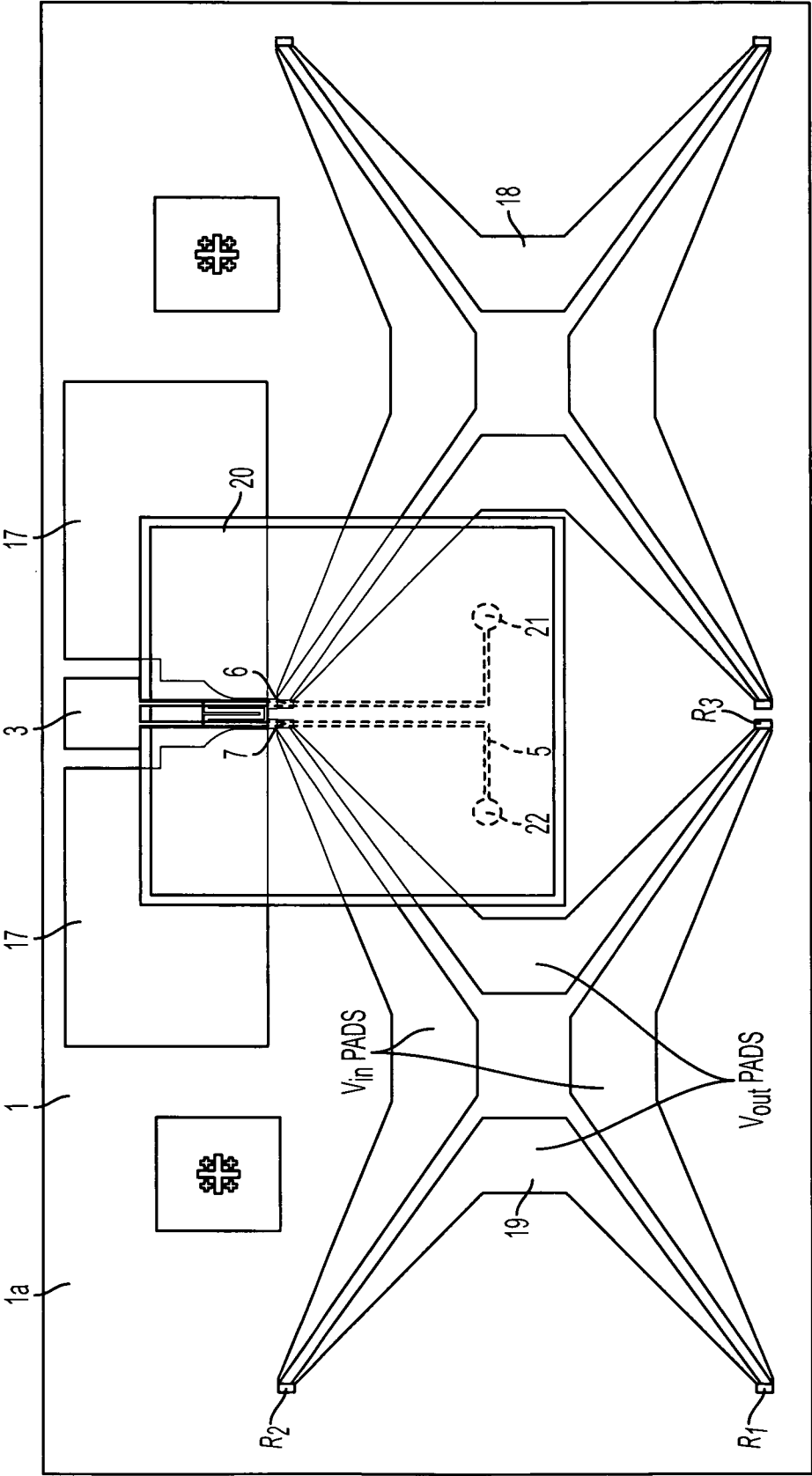


圖4A



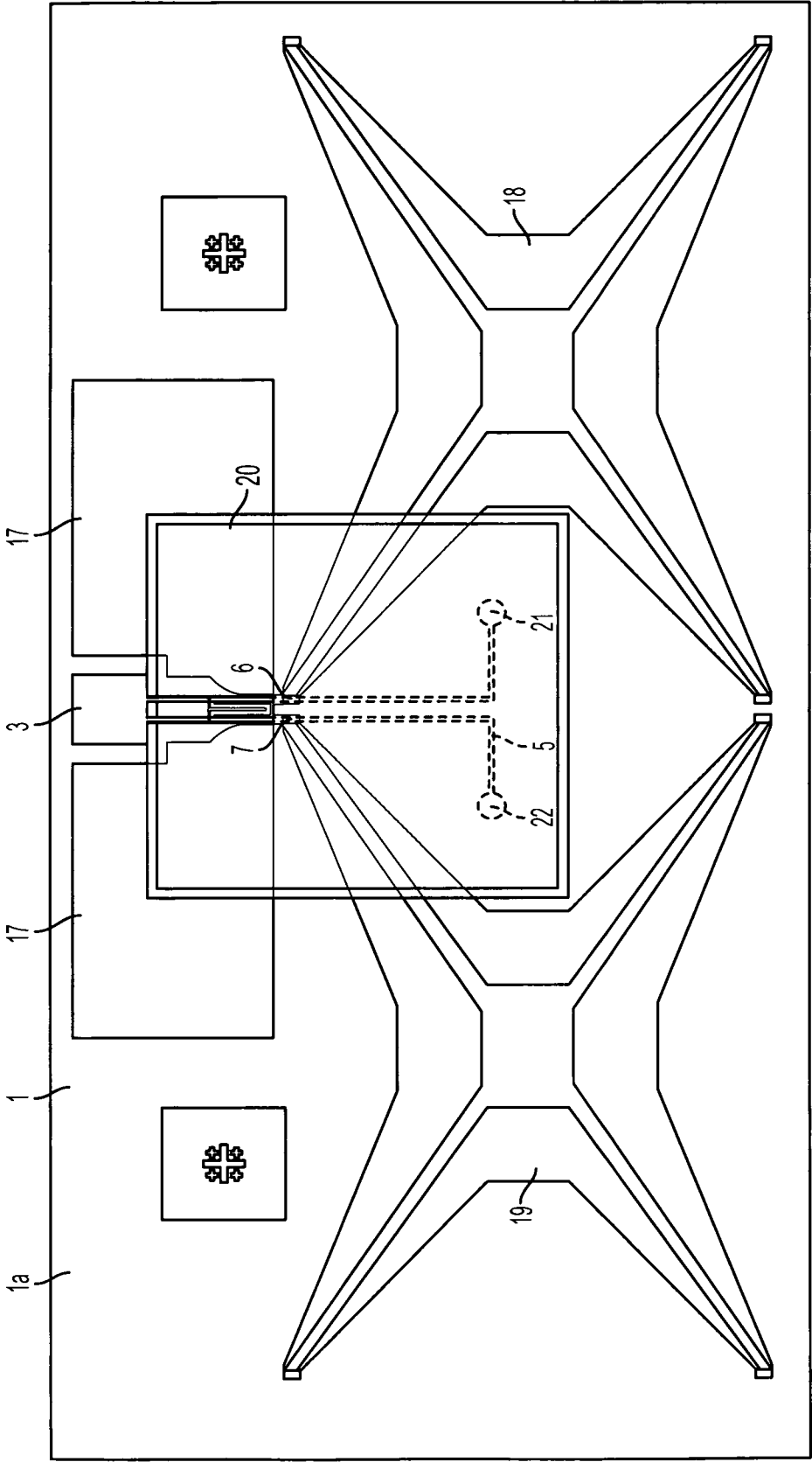


圖4B

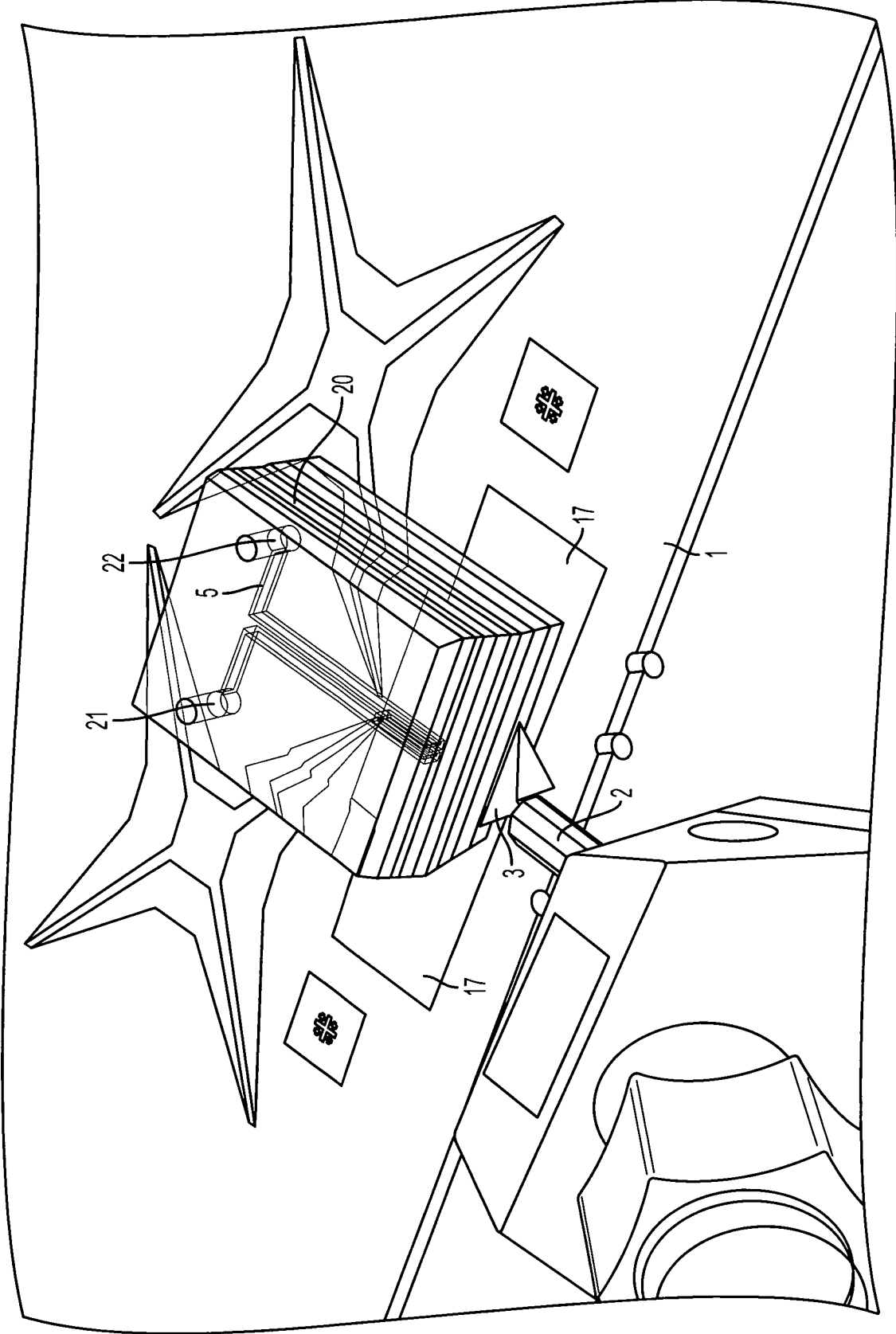


圖5



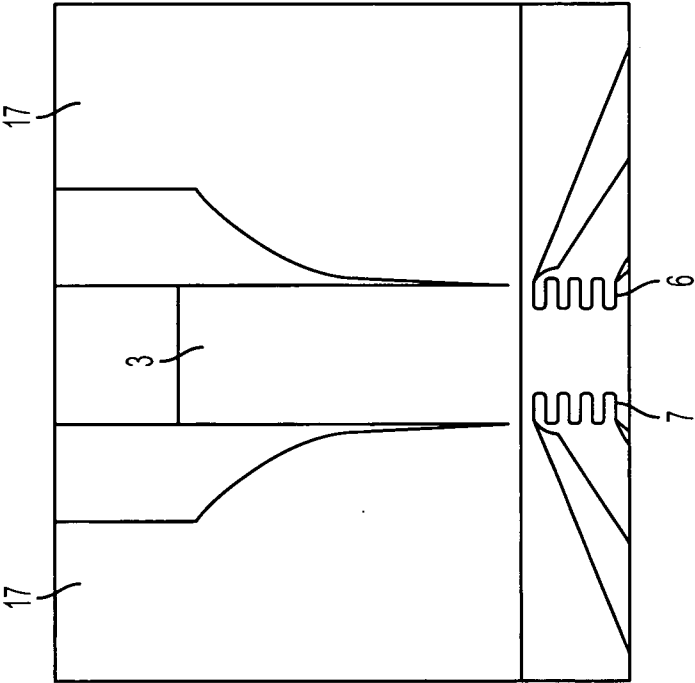
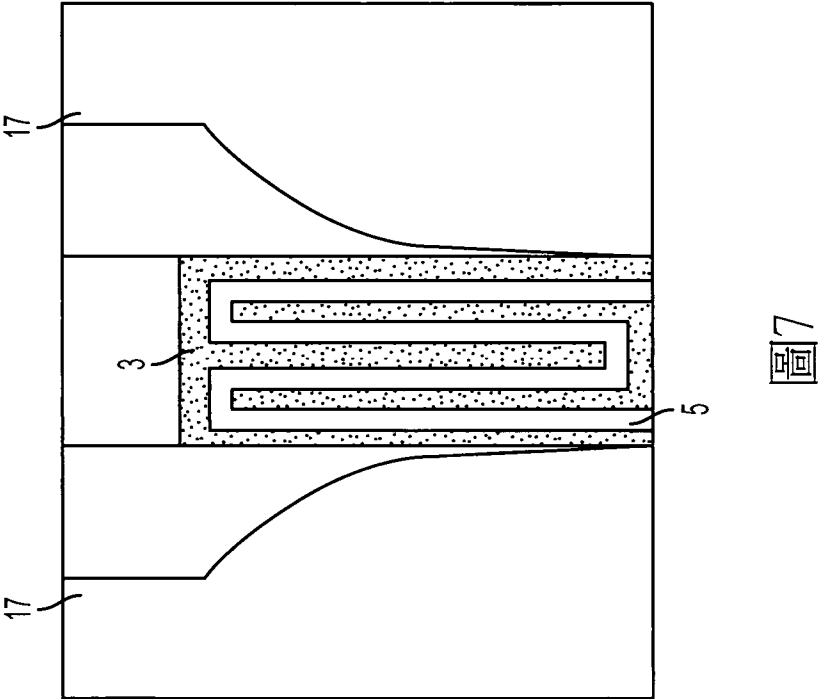


圖6



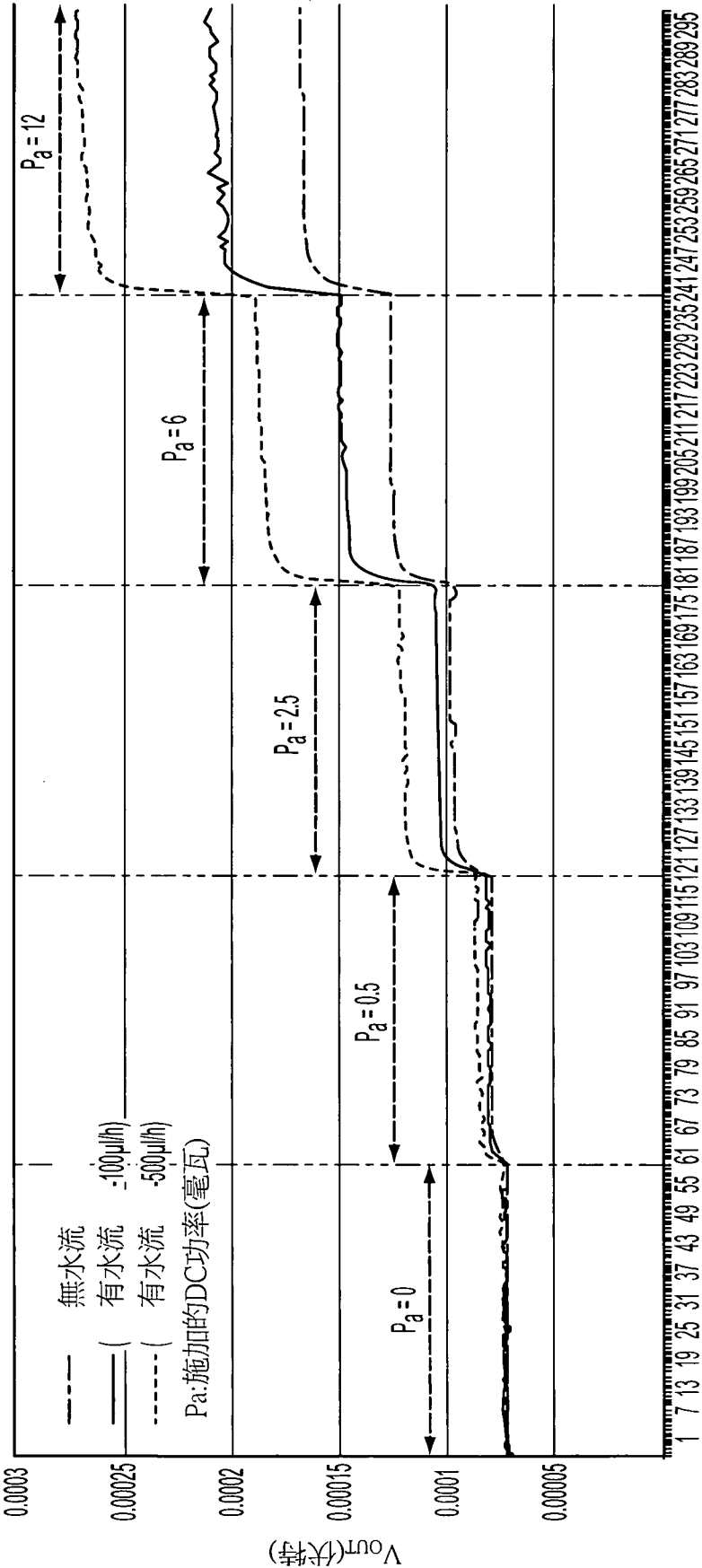


圖8

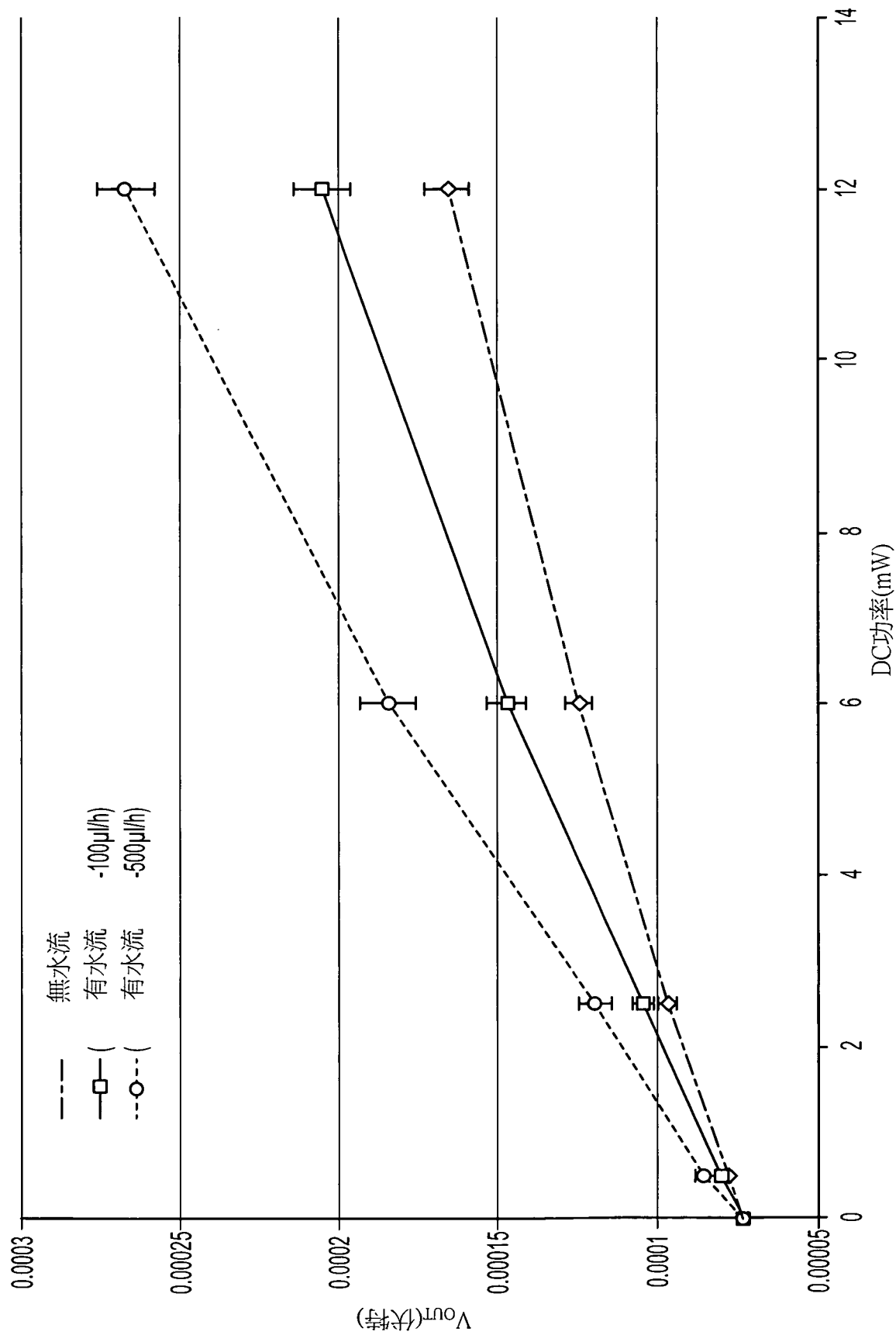


圖9

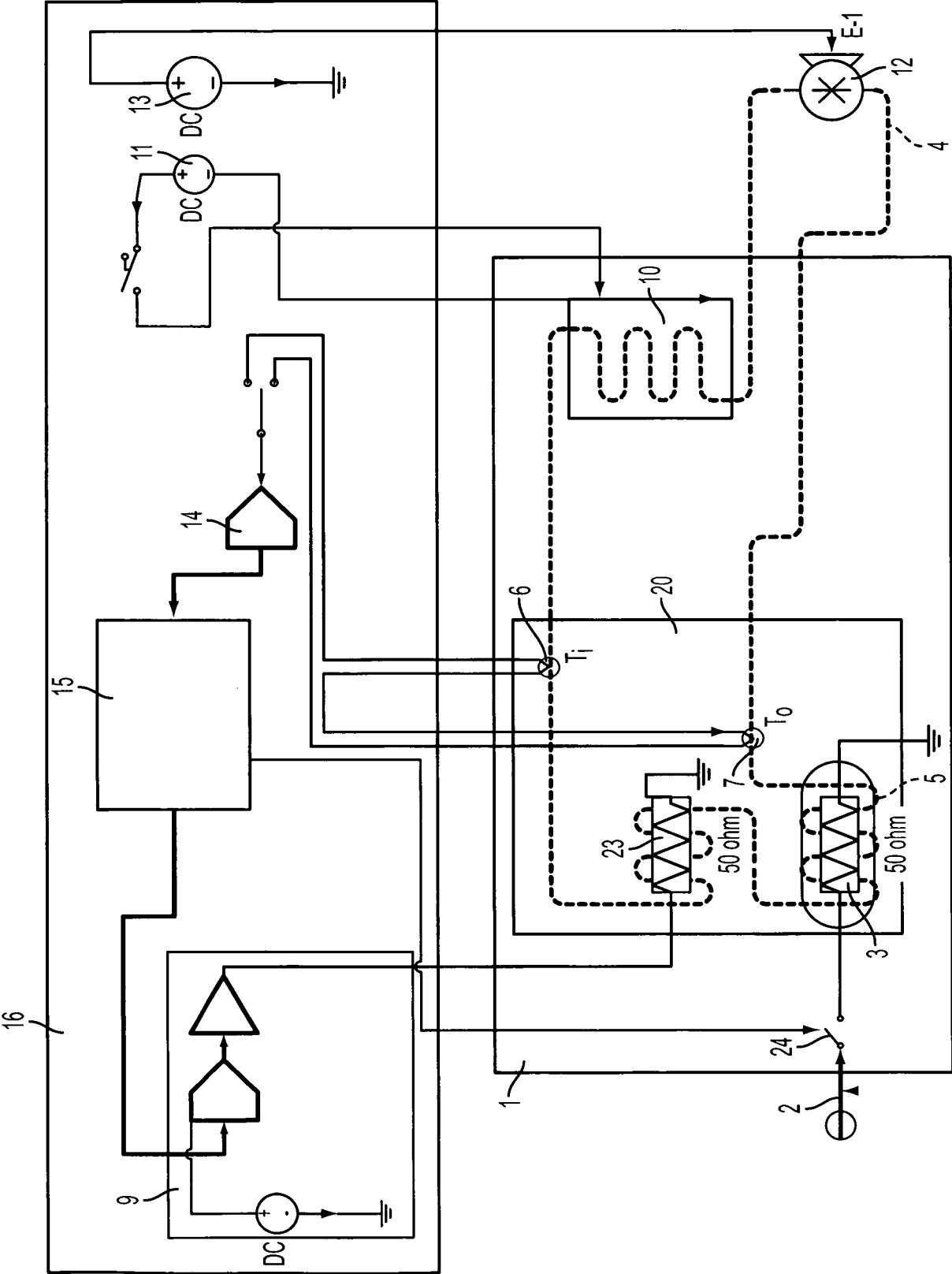


圖10

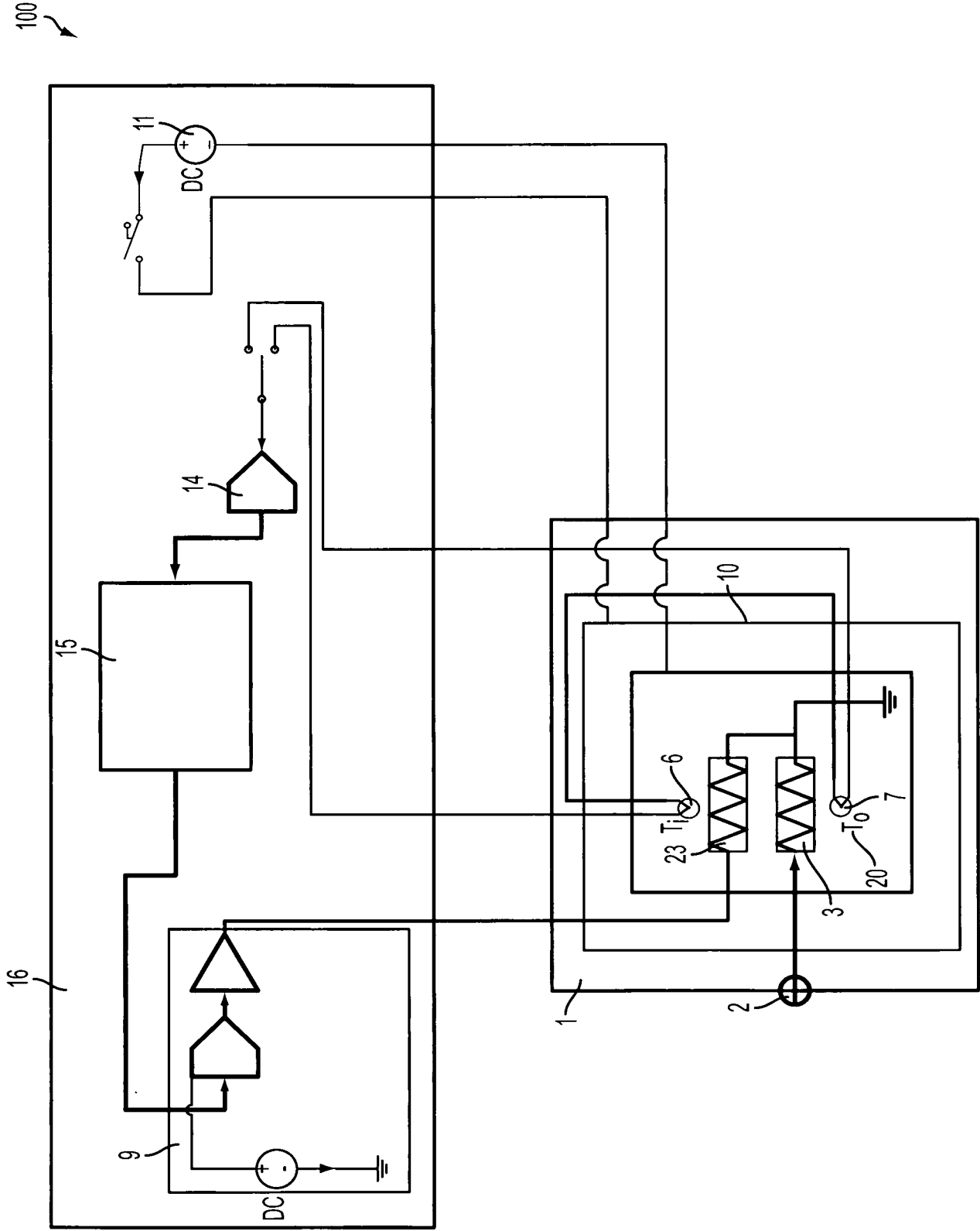


圖 11



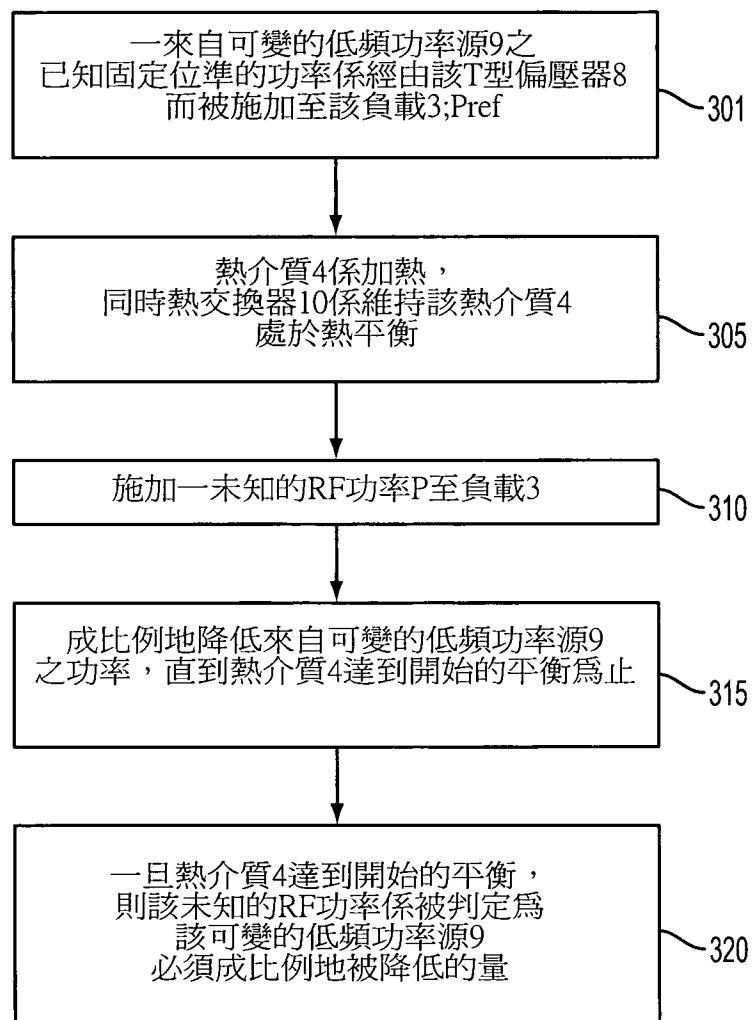


圖12

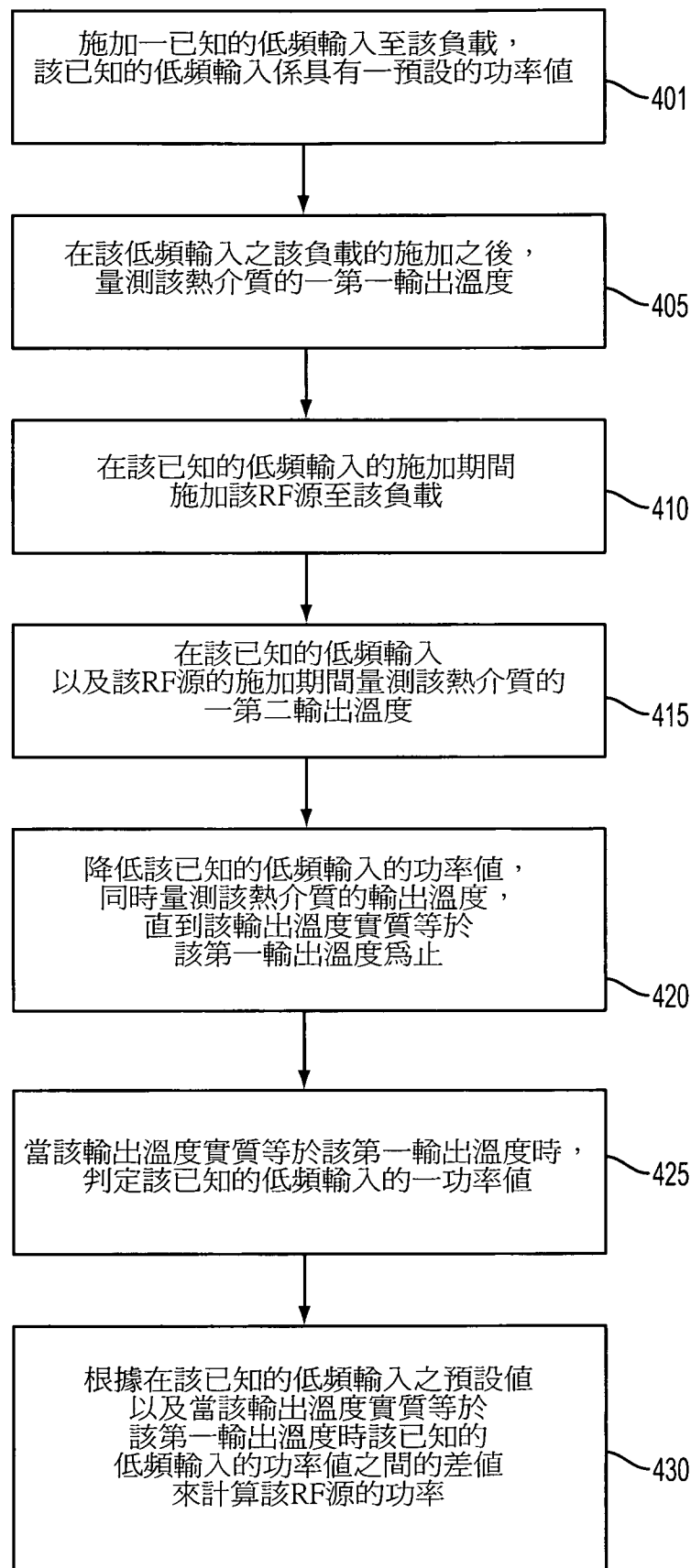


圖13

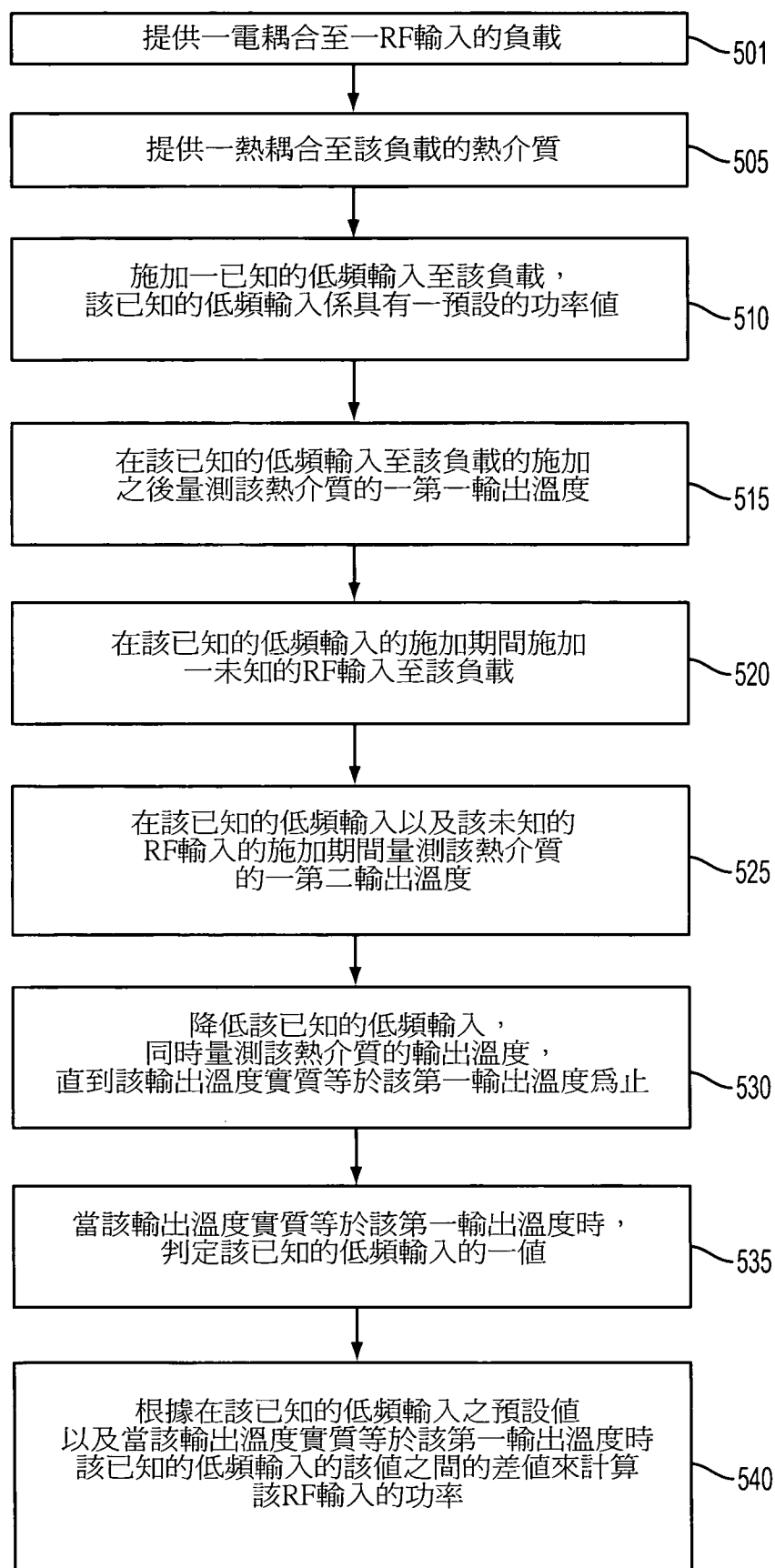


圖14

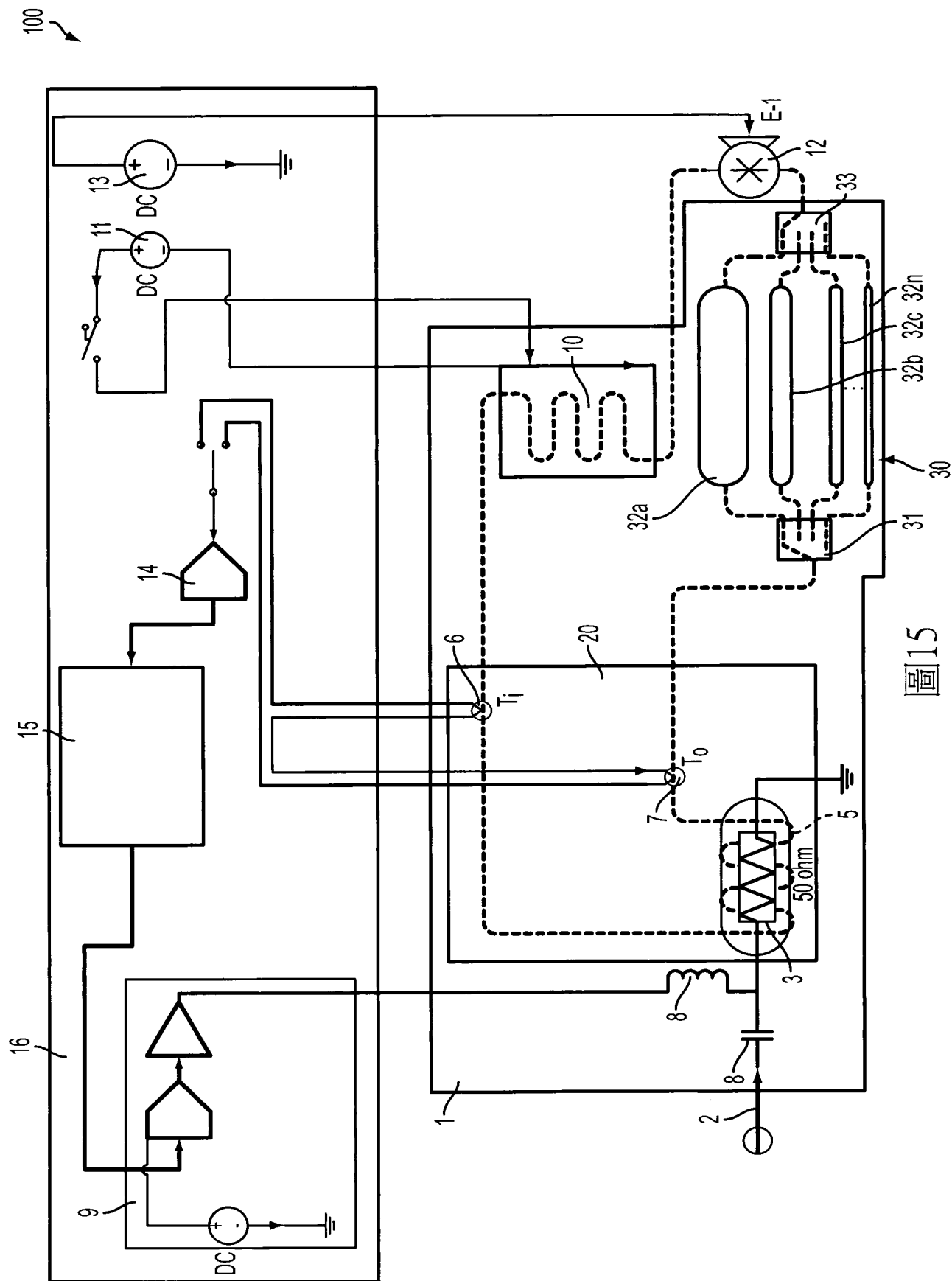


圖 15

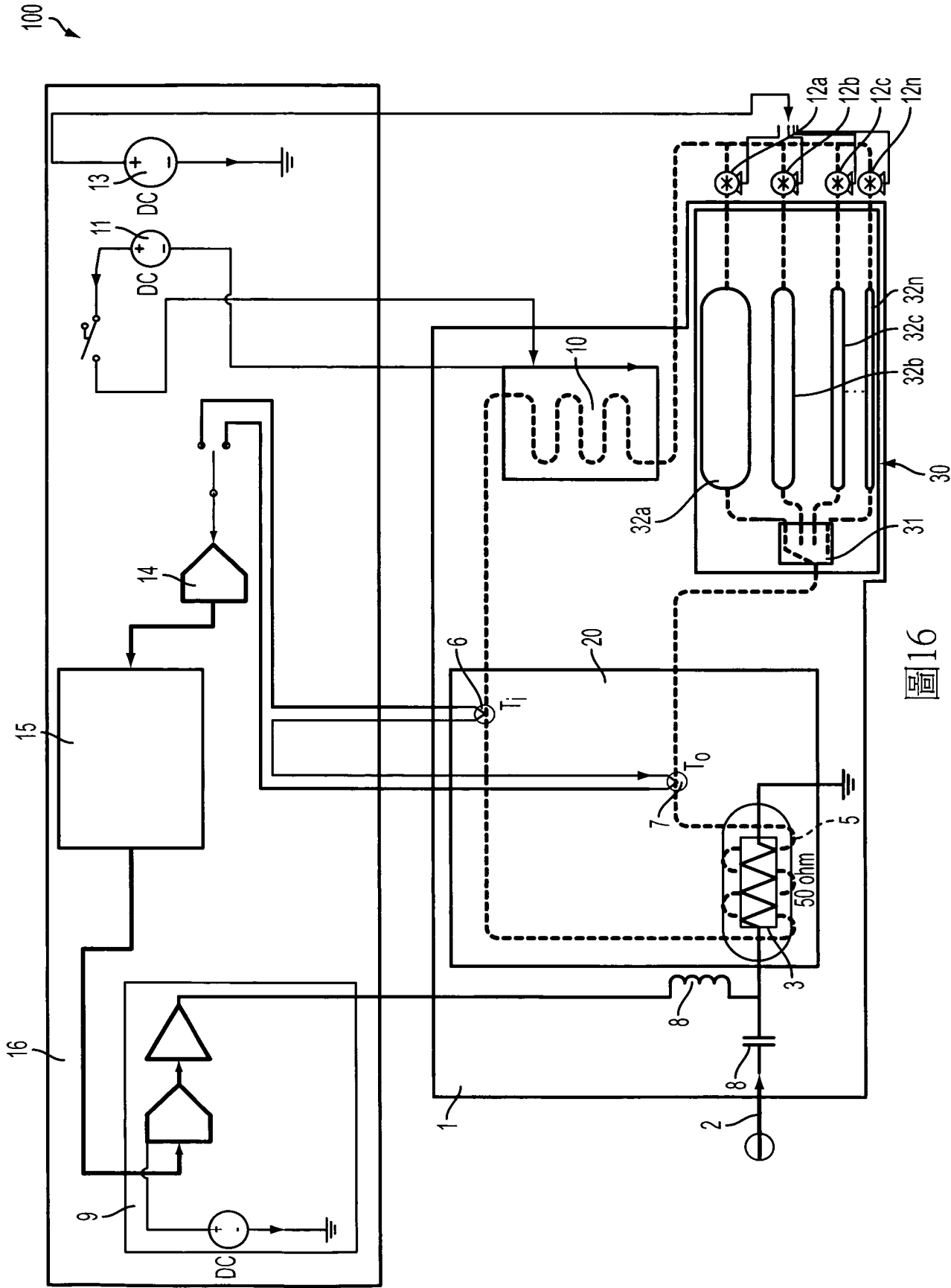


圖16