



(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 I855013 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：108145392

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 11 日

(51)Int. Cl. : F24V30/00 (2018.01)

(30)優先權：2018/12/11	日本	2018-232054
2019/05/14	日本	2019-091681
2019/08/19	日本	2019-150030

(71)申請人：日商綠淨星球股份有限公司 (日本) CLEAN PLANET INC. (JP)
日本

(72)發明人：岩村康弘 IWAMURA, YASUHIRO (JP)；伊藤岳彦 ITO, TAKEHIKO (JP)；笠木治郎太 KASAGI, JIROTA (JP)；吉野英樹 YOSHINO, HIDEKI (JP)；平野章太郎 HIRANO, SHOTARO (JP)；伊勢雅英 ISE, MASAhide (JP)；茨城哲治 IBARAKI, TETSU HARU (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	I539124B	TW	M526053U
CN	1509399A	CN	101523125B
WO	00/77266A1	WO	2018/062115A1

審查人員：周永泰

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：31 共 106 頁

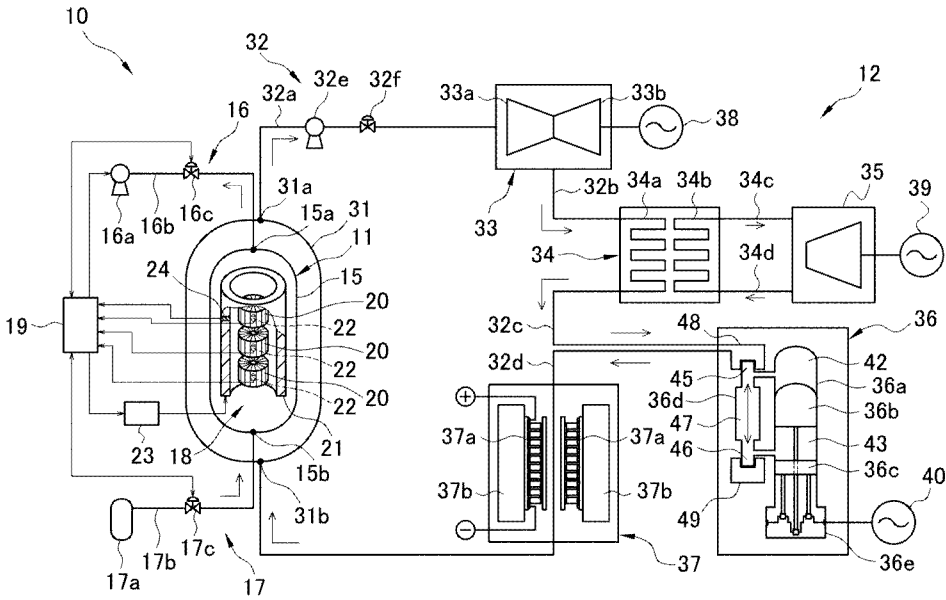
(54)名稱

熱利用系統及發熱裝置

(57)摘要

本發明提供一種利用廉價、清潔且安全之熱能源之新穎之熱利用系統及發熱裝置。熱利用系統 10 具備：密閉容器 15，其被供給氫系氣體；發熱構造體 20，其收容於密閉容器 15，且具有藉由氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體；及熱利用裝置 12，其利用藉由發熱體之熱而被加熱之熱介質作為熱源。發熱體具有由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於台座之多層膜。多層膜具有：第 1 層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，且厚度未達 1000 nm；及第 2 層，其由與第 1 層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成，且厚度未達 1000 nm。

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

- 10:熱利用系統
- 11:發熱裝置
- 12:熱利用裝置
- 15:密閉容器
- 15a:排氣口
- 15b:供給口
- 16:氣體排出部
- 16a:真空泵
- 16b:排氣用配管
- 16c:排氣用閥
- 17:氣體供給部
- 17a:儲氣瓶
- 17b:供給用配管
- 17c:供給用閥
- 18:發熱模組
- 19:控制部
- 20:發熱構造體
- 21:加熱器
- 22:溫度感測器
- 23:電源
- 24:溫度感測器
- 31:收納容器
- 31a:流出口
- 31b:流入口
- 32:熱介質流通部
- 32a:第 1 配管
- 32b:第 2 配管
- 32c:第 3 配管
- 32d:第 4 配管
- 32e:泵
- 32f:熱介質流量控制部
- 33:燃氣渦輪機
- 33a:壓縮機
- 33b:渦輪機
- 34:蒸汽發生器
- 34a:內部配管

34b:熱交換部
34c:蒸汽配管
34d:供水配管
35:蒸汽渦輪機
36:史特林引擎
36a:汽缸部
36b:換氣活塞
36c:動力活塞
36d:流路
36e:曲柄部
37:熱電轉換器
37a:熱電轉換模組
37b:冷卻部
38:發電機
39:發電機
40:發電機
42:膨脹空間
43:壓縮空間
45:高溫部
46:低溫部
47:再生器
48:傳熱管
49:冷卻管



I855013

【發明摘要】

【中文發明名稱】

熱利用系統及發熱裝置

【中文】

本發明提供一種利用廉價、清潔且安全之熱能源之新穎之熱利用系統及發熱裝置。熱利用系統10具備：密閉容器15，其被供給氫系氣體；發熱構造體20，其收容於密閉容器15，且具有藉由氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體；及熱利用裝置12，其利用藉由發熱體之熱而被加熱之熱介質作為熱源。發熱體具有由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於台座之多層膜。多層膜具有：第1層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，且厚度未達1000 nm；及第2層，其由與第1層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成，且厚度未達1000 nm。

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

10	熱利用系統
11	發熱裝置
12	熱利用裝置
15	密閉容器
15a	排氣口
15b	供給口
16	氣體排出部

16a	真空泵
16b	排氣用配管
16c	排氣用閥
17	氣體供給部
17a	儲氣瓶
17b	供給用配管
17c	供給用閥
18	發熱模組
19	控制部
20	發熱構造體
21	加熱器
22	溫度感測器
23	電源
24	溫度感測器
31	收納容器
31a	流出口
31b	流入口
32	熱介質流通部
32a	第1配管
32b	第2配管
32c	第3配管
32d	第4配管
32e	泵

32f	熱介質流量控制部
33	燃氣渦輪機
33a	壓縮機
33b	渦輪機
34	蒸汽發生器
34a	內部配管
34b	熱交換部
34c	蒸汽配管
34d	供水配管
35	蒸汽渦輪機
36	史特林引擎
36a	汽缸部
36b	換氣活塞
36c	動力活塞
36d	流路
36e	曲柄部
37	熱電轉換器
37a	熱電轉換模組
37b	冷卻部
38	發電機
39	發電機
40	發電機
42	膨脹空間

43	壓縮空間
45	高溫部
46	低溫部
47	再生器
48	傳熱管
49	冷卻管

【發明說明書】

【中文發明名稱】

熱利用系統及發熱裝置

【技術領域】

【0001】

本發明係關於一種熱利用系統及發熱裝置。

【先前技術】

【0002】

近年來，已報告有藉由使用氫吸藏金屬等進行氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱現象(例如參照非專利文獻1)。氫由於可自水中生成，故作為資源取之不盡且廉價，且不會產生二氧化碳等溫室效應氣體，因此，被視為清潔之能源。又，使用氫吸藏金屬等之發熱現象不同於核分裂反應，由於沒有連鎖反應，因此被認為安全。藉由氫之吸藏與釋放而產生之熱直接以熱之形式加以利用，除此以外，亦可轉換為電力加以利用，因此，作為有效之熱能源而被期待。

[先前技術文獻]

[非專利文獻]

【0003】

[非專利文獻1]

A. Kitamura. et. al "Brief summary of latest experimental results with a mass-flow calorimetry system for anomalous heat effect of nano-composite metals under D(H)-gas charging" CURRENT SCIENCE, VOL. 108, NO. 4, p.589-593, 2015

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0004】

然而，熱能源之主流依然為火力發電或核動力發電。因此，就環境問題或能源問題之觀點而言，期望利用廉價、清潔且安全之熱能源且先前不存在之新穎之熱利用系統及發熱裝置。

【0005】

因此，本發明之目的在於提供一種利用廉價、清潔且安全之熱能源之新穎之熱利用系統及發熱裝置。

[解決問題之技術手段]

【0006】

本發明之熱利用系統具備：密閉容器，其被供給氫系氣體；發熱構造體，其收容於上述密閉容器，且具有藉由上述氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體；及熱利用裝置，其利用藉由上述發熱體之熱而被加熱之熱介質作為熱源；上述發熱體具有由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於上述台座之多層膜，且上述多層膜具有：第1層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，且厚度未達1000 nm；及第2層，其由與上述第1層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成，且厚度未達1000 nm。

【0007】

本發明之發熱裝置具備：密閉容器，其被供給氫系氣體；及發熱構造體，其收容於上述密閉容器，且呈放射狀配置有藉由上述氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之複數個發熱體；上述發熱體具有由氫吸藏

金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於上述台座之多層膜，且上述多層膜具有：第1層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，且厚度未達1000 nm；及第2層，其由與上述第1層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成，且厚度未達1000 nm。

【0008】

本發明之另一熱利用系統具備：密閉容器，其被供給氫系氣體；發熱構造體，其收容於上述密閉容器，且具有藉由上述氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體；燃燒裝置，其使燃料與燃燒用空氣燃燒而產生熱；及熱利用裝置，其利用上述發熱體之熱而將上述燃燒用空氣預熱；上述發熱體具有由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於上述台座之多層膜，且上述多層膜具有：第1層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，且厚度未達1000 nm；及第2層，其由與上述第1層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成，且厚度未達1000 nm。

[發明之效果]

【0009】

根據本發明，利用藉由氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體作為熱能源，因此，可廉價、清潔且安全地供給能源。

【圖式簡單說明】

【0010】

圖1係第1實施形態之熱利用系統之概略圖。

圖2係表示發熱模組之構造之立體圖。

圖3係表示發熱模組之構造之剖視圖。

圖4係表示具有第1層與第2層之發熱體之構造之剖視圖。

圖5係用以說明過剩熱之產生之說明圖。

圖6係具有第1層、第2層及第3層之發熱體之剖視圖。

圖7係具有第1層、第2層、第3層及第4層之發熱體之剖視圖。

圖8係表示多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係之曲線圖。

圖9係表示多層膜之積層數與過剩熱之關係之曲線圖。

圖10係表示多層膜之材料與過剩熱之關係之曲線圖。

圖11係用以說明發熱體之配置之一例之說明圖。

圖12係表示筒狀之發熱體之概略圖。

圖13係表示鬆捲地捲繞之螺旋狀之發熱體之概略圖。

圖14係用以說明熱利用裝置之一例之說明圖。

圖15係表示具備第2實施形態之熱利用系統之火力發電設備之構成之概略圖。

圖16係模式性地表示發熱裝置與熱利用裝置之構成之透視立體圖。

圖17係用以說明構成為反覆進行氫系氣體之供給與排氣之發熱裝置之說明圖。

圖18係用以說明構成為使燃燒用空氣循環之熱利用系統之說明圖。

圖19係表示第3實施形態之熱利用系統之構成之概略圖。

圖20係用以說明二氧化碳分離回收裝置之構成之說明圖。

圖21係表示第4實施形態之熱利用系統之構成之概略圖。

圖22係具有鰭片之密閉容器之立體圖。

圖23係將具有鰭片之密閉容器之容器本體於徑向上切斷所得之剖視圖。

圖24係將具有鰭片之密閉容器之容器本體於與徑向正交之方向上切斷所得之剖視圖。

圖25係具有傳熱支持部之密閉容器之剖視圖。

圖26係將具有傳熱支持部之密閉容器之容器本體於徑向上切斷所得之剖視圖。

圖27係將平板型之發熱體單元於與厚度方向正交之方向上切斷所得之剖視圖。

圖28係將平板型之發熱體單元於厚度方向上切斷所得之剖視圖。

圖29係表示將平板型之發熱體單元收納於收納容器之狀態之說明圖。

圖30係具有由複數個肋形成之鰭片之密閉容器之俯視圖。

圖31係具有由複數個肋形成之鰭片之密閉容器之側視圖。

【實施方式】

【0011】

1.第1實施形態

如圖1所示，熱利用系統10具備發熱裝置11與熱利用裝置12。熱利用系統10係藉由發熱裝置11產生之熱將下述熱介質加熱，將經加熱之熱介質作為熱源而使熱利用裝置12作動。

【0012】

發熱裝置11具備密閉容器15、氣體排出部16、氣體供給部17、發熱模組18及控制部19。

【0013】

密閉容器15係中空之容器，於內部收容發熱模組18。密閉容器15例

如由不鏽鋼等形成。密閉容器15具有與下述排氣用配管16b連接之排氣口15a、及與下述供給用配管17b連接之供給口15b。密閉容器15例如由形成為筒狀之容器本體(未圖示)、設置於容器本體之上端之上蓋(未圖示)、及設置於容器本體之下端之下蓋(未圖示)所形成。於該例中，排氣口15a形成於上蓋，供給口15b形成於下蓋。藉由容器本體、上蓋及下蓋之內表面而於密閉容器15之內部形成空間。對密閉容器15經由供給用配管17b與供給口15b供給下述氫系氣體。

【0014】

氣體排出部16對密閉容器15之內部進行真空排氣。氣體排出部16具有真空泵16a、排氣用配管16b及排氣用閥16c。真空泵16a例如由渦輪分子泵與乾式泵形成。排氣用配管16b連接真空泵16a與密閉容器15。排氣用配管16b使密閉容器15之內部之氣體向真空泵16a流通。排氣用閥16c設置於排氣用配管16b。排氣用閥16c調整沿排氣用配管16b流通之氣體之流量。真空泵16a與排氣用閥16c係與控制部19電性連接。氣體排出部16之排氣速度例如可藉由調整渦輪分子泵之轉速而進行控制。

【0015】

氣體供給部17向密閉容器15之內部供給氫系氣體。氣體供給部17具有儲氣瓶17a、供給用配管17b及供給用閥17c。儲氣瓶17a係以高壓貯藏氫系氣體之容器。供給用配管17b連接儲氣瓶17a與密閉容器15。供給用配管17b使儲氣瓶17a中貯藏之氫系氣體向密閉容器15流通。供給用閥17c設置於供給用配管17b。供給用閥17c調整沿供給用配管17b流通之氫系氣體之流量。供給用閥17c與控制部19電性連接。氫系氣體係包含氫之同位素之氣體。作為氫系氣體，可使用氘氣與氚氣之至少任一者。氘氣包含天

然存在之氘與氕之混合物、即氕之豐度比為99.985%且氕之豐度比為0.015%之混合物。於以下之說明中，於不區分氕與氕之情形時，記載為「氕」。

【0016】

發熱模組18收容於密閉容器15。發熱模組18具有包含氕吸藏金屬或氕吸藏合金之發熱構造體20、及將發熱構造體20加熱之加熱器21，發熱構造體20吸藏氕系氣體中所含之氕，並被加熱器21加熱，藉此，產生加熱器21之加熱溫度以上之熱(以下，稱為過剩熱)。發熱模組18藉由過剩熱而使下述熱介質為例如50℃以上1500℃以下之範圍內之溫度。於該例中，發熱模組18將熱介質加熱至1500℃。發熱模組18只要分別具有1個以上之發熱構造體20與加熱器21即可。發熱模組18係具有至少1個發熱構造體20與至少1個加熱器21者，可適當變更發熱構造體20之數量及加熱器21之數量。於本實施形態中，發熱模組18具有3個發熱構造體20與1個加熱器21。關於發熱模組18之詳細構造，利用其他圖式於下文進行敘述。

【0017】

發熱構造體20係於密閉容器15之內部中氕系氣體流動之方向上排列有複數個。密閉容器15之內部之「氕系氣體流動之方向」係氕系氣體之主流流動之方向，例如係自密閉容器15之供給口15b朝向排氣口15a之方向、即自密閉容器15之下方朝向上方之方向。各發熱構造體20係相互隔開間隙地配置。

【0018】

於發熱構造體20設置有溫度感測器22(參照圖1及圖3)。溫度感測器22設置於各發熱構造體20。溫度感測器22檢測對應之發熱構造體20之溫

度。3個發熱構造體20中，下段之發熱構造體20與自供給口15b供給之熱介質接觸，因此，設為最低溫度。中段之發熱構造體20與藉由通過下段之發熱構造體20而加熱之熱介質接觸，因此，設為較下段之發熱構造體20高之溫度。上段之發熱構造體20與藉由通過中段之發熱構造體20而進一步加熱之熱介質接觸，因此，設為較中段之發熱構造體20高之溫度。即，各層之發熱構造體20按照下段、中段、上段之順序設為低溫、中溫、高溫。作為溫度感測器22，例如使用熱電偶。溫度感測器22係與控制部19電性連接，將與檢測出之溫度對應之信號輸出至控制部19。

【0019】

加熱器21係形成為筒狀之電爐。於該例中，加熱器21形成為圓筒狀。於由加熱器21之內表面所形成之空間配置各發熱構造體20。加熱器21與電源23連接，藉由自電源23輸入電力而驅動。電源23與控制部19電性連接。加熱器21之加熱溫度例如較佳為300℃以上，更佳為500℃以上，進而較佳為600℃以上。

【0020】

於加熱器21設置有溫度感測器24。溫度感測器24檢測加熱器21之溫度。作為溫度感測器24，例如使用熱電偶。溫度感測器24係與控制部19電性連接，將與檢測出之溫度對應之信號輸出至控制部19。

【0021】

控制部19控制熱利用系統10之各部之動作。控制部19例如主要具備運算裝置(Central Processing Unit，中央處理單元)、讀出專用記憶體(Read Only Memory，唯讀記憶體)或隨機存取記憶體(Random Access Memory)等記憶部等。於運算裝置，例如使用記憶部中儲存之程式或資料

等執行各種運算處理。

【0022】

控制部19係與真空泵16a、排氣用閥16c、供給用閥17c、電源23、溫度感測器24、溫度感測器22電性連接。控制部19例如基於藉由溫度感測器22檢測之發熱構造體20之溫度，調整加熱器21之輸入電力、氫系氣體之供給量、密閉容器15之壓力等，藉此，進行過剩熱之輸出之控制。

【0023】

發熱裝置11係藉由對密閉容器15之內部供給氫系氣體而使氫系氣體中所含之氫吸藏於發熱構造體20。又，發熱裝置11係藉由進行密閉容器15之內部之真空排氣與發熱構造體20之加熱而使發熱構造體20中吸藏之氫釋放。如此，發熱裝置11係因在發熱構造體20進行氫之吸藏與釋放而產生過剩熱。即，使用發熱裝置11之發熱方法具有：氫吸藏步驟，其係藉由向密閉容器15之內部供給氫系氣體而使氫系氣體中所含之氫吸藏於發熱構造體20；及氫釋放步驟，其係藉由進行密閉容器15之內部之真空排氣與發熱構造體20之加熱而使發熱構造體20中吸藏之氫釋放。實際上，反覆進行氫吸藏步驟與氫釋放步驟。再者，於氫吸藏步驟中，亦可於向密閉容器15之內部供給氫系氣體之前，藉由進行發熱構造體20之加熱而將附著於發熱構造體20之水等去除。於氫釋放步驟中，例如停止向密閉容器15之內部供給氫系氣體之後，進行真空排氣與加熱。

【0024】

熱利用裝置12利用藉由發熱構造體20之熱而被加熱之熱介質作為熱源。作為熱介質，可使用氣體或液體，較佳為熱導率優異且化學性穩定者。作為氣體，例如可使用氫氣、氫氣、氫氣、氮氣、水蒸氣、空氣、二

氧化碳等。作為液體，例如可使用水、熔鹽($\text{KNO}_3(40\%)-\text{NaNO}_3(60\%)$ 等)、液體金屬(Pb等)等。又，作為熱介質，亦可使用使固體粒子分散於氣體或液體而成之混相之熱介質。固體粒子係金屬、金屬化合物、合金、陶瓷等。作為金屬，可使用銅、鎳、鈦、鈷等。作為金屬化合物，可使用上述金屬之氧化物、氮化物、矽化物等。作為合金，可使用不鏽鋼、鉻鉬鋼等。作為陶瓷，可使用氧化鋁等。於該例中，使用氦氣作為熱介質。

【0025】

熱利用裝置12具備收納容器31、熱介質流通部32、燃氣渦輪機33、蒸汽發生器34、蒸汽渦輪機35、史特林引擎36及熱電轉換器37。於圖1中，熱利用裝置12具有燃氣渦輪機33、蒸汽發生器34、蒸汽渦輪機35、史特林引擎36及熱電轉換器37，亦可將其等任意地組合而構成。

【0026】

收納容器31係中空之容器，於內部收納發熱裝置11之密閉容器15。收納容器31例如由陶瓷、不鏽鋼等形成。收納容器31之材料較佳為隔熱性優異者。收納容器31具有供熱介質流出之流出口31a、及供熱介質流入之流入口31b。自流入口31b流入之熱介質通過由收納容器31之內表面與密閉容器15之外表面所形成之間隙，自流出口31a流出。

【0027】

熱介質流通部32係使熱介質於收納容器31之內部與外部之間流通。於本實施形態中，熱介質流通部32具有：第1配管32a，其連接收納容器31與燃氣渦輪機33；第2配管32b，其連接燃氣渦輪機33與蒸汽發生器34；第3配管32c，其連接蒸汽發生器34與史特林引擎36；第4配管32d，其連接史特林引擎36與收納容器31；泵32e，其使熱介質自收納容器31向

第1配管32a流出；及熱介質流量控制部32f，其調整自收納容器31向第1配管32a流出之熱介質之流量。於該例中，泵32e與熱介質流量控制部32f設置於第1配管32a。作為泵32e，例如可使用金屬伸縮泵。熱介質流量控制部32f例如具有可變漏洩閥作為調整閥。

【0028】

自收納容器31流出之熱介質依次流經第1配管32a、第2配管32b、第3配管32c、第4配管32d，並返回至收納容器31。即，熱介質流通部32作為供熱介質於收納容器31之內部與外部之間循環之熱介質循環管線發揮功能。於收納容器31之內部經發熱裝置11加熱之熱介質流經作為熱介質循環管線之熱介質流通部32，並依次經由燃氣渦輪機33、蒸汽發生器34、史特林引擎36、熱電轉換器37進行冷卻。經冷卻之熱介質流入至收納容器31，由發熱裝置11再次加熱。

【0029】

燃氣渦輪機33係藉由自收納容器31流出之熱介質而驅動。供給至燃氣渦輪機33之熱介質之溫度例如較佳為600℃以上1500℃以下之範圍內。燃氣渦輪機33具有壓縮機33a與渦輪機33b。壓縮機33a與渦輪機33b係藉由未圖示之旋轉軸而連結。壓縮機33a藉由將經發熱構造體20加熱之氦氣壓縮而生成高溫且高壓之熱介質。渦輪機33b藉由通過壓縮機33a之熱介質而以旋轉軸為中心進行旋轉。

【0030】

燃氣渦輪機33與發電機38連接。發電機38與燃氣渦輪機33之旋轉軸連結，藉由渦輪機33b旋轉而進行發電。

【0031】

蒸汽發生器34藉由自燃氣渦輪機33流出之熱介質之熱而產生蒸汽。蒸汽發生器34具有內部配管34a與熱交換部34b。內部配管34a連接第2配管32b與第3配管32c，使熱介質流通。熱交換部34b係由供鍋爐水流通之配管形成，於沿該配管流通之鍋爐水與沿內部配管34a流通之熱介質之間進行熱交換。藉由該熱交換，蒸汽發生器34自鍋爐水生成蒸汽。

【0032】

蒸汽發生器34經由蒸汽配管34c及供水配管34d與蒸汽渦輪機35連接。蒸汽配管34c將利用熱交換部34b產生之蒸汽向蒸汽渦輪機35供給。供水配管34d具有未圖示之冷凝器與供水泵，將自蒸汽渦輪機35排出之蒸汽利用冷凝器冷卻而使之恢復為鍋爐水，並將該鍋爐水藉由供水泵輸送至熱交換部34b。

【0033】

蒸汽渦輪機35藉由利用蒸汽發生器34產生之蒸汽而驅動。供給至蒸汽渦輪機35之蒸汽之溫度例如較佳為300℃以上700℃以下之範圍內。蒸汽渦輪機35具有未圖示之旋轉軸，以該旋轉軸為中心進行旋轉。

【0034】

蒸汽渦輪機35與發電機39連接。發電機39係與蒸汽渦輪機35之旋轉軸連結，藉由蒸汽渦輪機35旋轉而進行發電。

【0035】

史特林引擎36藉由自蒸汽發生器34流出之熱介質而驅動。供給至史特林引擎36之熱介質之溫度例如較佳為300℃以上1000℃以下之範圍內。於該例中，史特林引擎36係移氣型之史特林引擎。史特林引擎36具有汽缸部36a、換氣活塞36b、動力活塞36c、流路36d及曲柄部36e。

【0036】

汽缸部36a形成為筒狀，且一端封閉，另一端開口。換氣活塞36b配置於汽缸部36a之內部。動力活塞36c係於汽缸部36a之內部配置於較換氣活塞36b更靠另一端側。換氣活塞36b與動力活塞36c設置成可於汽缸部36a之軸向上往返移動。

【0037】

於汽缸部36a之內部設置有由換氣活塞36b分隔之膨脹空間42與壓縮空間43。膨脹空間42設置於較壓縮空間43更靠汽缸部36a之一端側。於膨脹空間42與壓縮空間43封入有作動流體。作為作動流體，可使用氦氣、氫系氣體、空氣等。於該例中，使用氦氣作為作動流體。

【0038】

流路36d設置於汽缸部36a之外部，連接膨脹空間42與壓縮空間43。流路36d使作動流體於膨脹空間42與壓縮空間43之間流通。

【0039】

流路36d具有高溫部45、低溫部46及再生器47。膨脹空間42之作動流體依次通過高溫部45、再生器47、低溫部46，並流入至壓縮空間43。壓縮空間43之作動流體依次通過低溫部46、再生器47、高溫部45，並流入至膨脹空間42。

【0040】

高溫部45係用以將作動流體加熱之熱交換器。於高溫部45之外部設置有傳熱管48。傳熱管48連接第3配管32c與第4配管32d，使熱介質自第3配管32c向第4配管32d流通。藉由熱介質自第3配管32c向傳熱管48流動，熱介質之熱向高溫部45傳遞，將通過高溫部45之作動流體加熱。

【0041】

低溫部46係用以將作動流體冷卻之熱交換器。於低溫部46之外部設置有冷卻管49。冷卻管49與未圖示之冷卻介質供給部連接。冷卻管49使自冷卻介質供給部供給之冷卻介質流通。藉由冷卻介質沿冷卻管49流動，通過低溫部46之作動流體之熱被冷卻介質奪走，而將作動流體冷卻。冷卻介質例如為水。

【0042】

再生器47係蓄熱用之熱交換器。再生器47設置於高溫部45與低溫部46之間。再生器47係於作動流體自膨脹空間42向壓縮空間43移動時，自己通過高溫部45之作動流體接收熱並進行蓄積。又，再生器47係於作動流體自壓縮空間43向膨脹空間42移動時，對已通過低溫部46之作動流體賦予所蓄積之熱。

【0043】

曲柄部36e設置於汽缸部36a之另一端。曲柄部36e例如具有可旋轉地支持於曲軸箱之曲柄軸、與換氣活塞36b連接之桿、與動力活塞36c連接之桿、將各桿與曲柄軸連結之連構造件等，將換氣活塞36b與動力活塞36c之往返運動轉換為曲柄軸之旋轉運動。

【0044】

史特林引擎36與發電機40連接。發電機40係與史特林引擎36之曲柄軸連結，藉由曲柄軸旋轉而進行發電。

【0045】

熱電轉換器37利用賽貝克效應，將沿第4配管32d流通之熱介質之熱轉換為電力。熱電轉換器37例如藉由300℃以下之熱介質產生電力。熱電

轉換器37形成為筒狀，且以覆蓋第4配管32d之外周之方式設置。

【0046】

熱電轉換器37具有設置於內表面之熱電轉換模組37a、及設置於外表面之冷卻部37b。熱電轉換模組37a具有與第4配管32d對向之受熱基板、設置於受熱基板之受熱側電極、與冷卻部37b對向之散熱基板、設置於散熱基板之散熱側電極、由p型半導體形成之p型熱電元件、由n型半導體形成之n型熱電元件等。於該例中，熱電轉換模組37a中，p型熱電元件與n型熱電元件交替地排列，鄰接之p型熱電元件與n型熱電元件藉由受熱側電極及散熱側電極而電性連接。又，熱電轉換模組37a針對配置於一端之p型熱電元件與配置於另一端之n型熱電元件，經由散熱側電極而電性連接有引線。冷卻部37b例如由供冷卻水流通之配管形成。藉此，熱電轉換器37產生與內表面和外表面之間所產生之溫度差對應之電力。

【0047】

利用圖2及圖3，對發熱模組18之構造詳細地進行說明。發熱模組18除了具有發熱構造體20與加熱器21以外，還具有爐芯管50、軸部51及支持部52。爐芯管50形成為筒狀。於該例中，爐芯管50呈圓筒狀。爐芯管50例如由富鋁紅柱石或氧化鋁等形成。爐芯管50設置於由加熱器21之內表面所形成之空間。於爐芯管50之內部設置有發熱構造體20。

【0048】

軸部51形成為筒狀。於該例中，軸部51呈圓筒狀。軸部51例如一端固定於密閉容器15之上蓋，另一端固定於密閉容器15之下蓋。於軸部51之內部設置有溫度感測器22(參照圖1及圖3)。

【0049】

支持部52形成為筒狀。於該例中，支持部52呈圓筒狀。於支持部52之內部插入有軸部51。於本實施形態中，沿著軸部51之長度方向(軸向)，等間隔地配置有4個支持部52。各支持部52使用螺絲53而固定於軸部51。支持部52支持發熱構造體20。經由支持部52將發熱構造體20固定於軸部51。

【0050】

發熱構造體20具有：發熱體55，其藉由氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱；保持器56，其保持發熱體55；及框架57，其形成外框。發熱構造體20係具有至少1個發熱體55者，可適當變更發熱體55之數量。

【0051】

發熱體55形成為板狀。於該例中，發熱體55呈四邊形。發熱體55沿著密閉容器15之內部中氫系氣體流動之方向立起而配置。藉此，例如使發熱構造體20中吸藏之氫釋放時，密閉容器15之內部之氫系氣體不會被發熱體55遮擋，而自供給口15b向排氣口15a順利地流動。

【0052】

於本實施形態中，發熱體55係以軸部51為中心呈放射狀地配置有複數個。於該例中，使用16片發熱體55。複數個發熱體55藉由加熱器21之熱與鄰接之發熱體55之熱而加熱。其結果，能夠使保持特定之溫度所需之加熱器21之輸入電源降低。關於發熱體55之詳細構造，將利用其他圖式於下文進行敘述。

【0053】

保持器56形成為具有長度方向之棒狀。於該例中，保持器56呈四角

棒狀。保持器56係以其長度方向與密閉容器15之內部中氫系氣體流動之方向正交之方式配置。於本實施形態中，複數個保持器56以軸部51為中心呈放射狀地配置。保持器56之長度方向上之一端配置於較另一端更遠離軸部51之位置。

【0054】

於保持器56之表面，形成有沿保持器56之長度方向延伸之槽60。於槽60中插入發熱體55之緣部分。於該例中，槽60形成於自保持器56之另一端至一端之中途之部分。即，槽60不於保持器56之長度方向上貫通，而保持器56之一端側成為圍擋。因此，插入至槽60之發熱體55朝保持器56之一端側之移動受到限制，可防止自保持器56脫落。

【0055】

於本實施形態中，藉由配置於在密閉容器15之內部流動之氫系氣體之上游與下游之一對保持器56保持1片發熱體55。於該例中，為了保持16片發熱體55而使用16對保持器56。一對保持器56係形成有槽60之面彼此相面對而配置。

【0056】

框架57與保持器56連結。於本實施形態中，配置於在密閉容器15之內部流動之氫系氣體之上游與下游之一對框架57與一對保持器56連結。框架57具有內側框架57a與外側框架57b。內側框架57a與外側框架57b使用螺絲61而與保持器56連結。

【0057】

內側框架57a形成為板狀。於該例中，內側框架57a呈圓板狀。於內側框架57a之中心形成有供軸部51插入之開口62。開口62例如呈圓形。內

側框架57a之開口62之直徑設為支持部52之外徑以下。因此，內側框架57a係於軸部51插入至開口62之狀態下，與支持部52之端部接觸，而於軸部51之長度方向上之移動受到限制。

【0058】

外側框架57b形成為框狀。於該例中，外側框架57b呈環狀。外側框架57b配置於較內側框架57a更遠離軸部51之位置，且與內側框架57a之間形成間隙。氫系氣體於外側框架57b與內側框架57a之間所形成之間隙流動。藉此，密閉容器15之內部之氫系氣體自供給口15b向排氣口15a順利地流動。亦可於內側框架57a與外側框架57b形成用以使氫系氣體更順利地流動之開口。

【0059】

利用圖4對發熱體55之詳細構造進行說明。如圖4所示，發熱體55具有台座66與多層膜67。

【0060】

台座66係由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成。作為氫吸藏金屬，例如可使用Ni、Pd、V、Nb、Ta、Ti等。作為氫吸藏合金，例如可使用LaNi₅、CaCu₅、MgZn₂、ZrNi₂、ZrCr₂、TiFe、TiCo、Mg₂Ni、Mg₂Cu等。作為質子導電體，例如可使用BaCeO₃系(例如Ba(Ce_{0.95}Y_{0.05})O₃₋₆)、SrCeO₃系(例如Sr(Ce_{0.95}Y_{0.05})O₃₋₆)、CaZrO₃系(例如CaZr_{0.95}Y_{0.05}O_{3-α})、SrZrO₃系(例如SrZr_{0.9}Y_{0.1}O_{3-α})、β-Al₂O₃、β-Ga₂O₃等。

【0061】

多層膜67設置於台座66。於圖4中，僅於台座66之正面設置有多層膜

67，但多層膜67亦可設置於台座66之兩面。於本實施形態中，發熱構造體20具有於台座66之兩面設置有多層膜67之發熱體55。再者，利用僅於台座66之正面設置有多層膜67之發熱體55形成發熱構造體20之情形時，較佳為使2片發熱體55相互面對台座66而配置，並藉由一對保持器56保持。藉此，於發熱構造體20之兩面配置各發熱體55之多層膜67。

【0062】

多層膜67係由第1層71與第2層72形成，第1層71由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，第2層72由與第1層71不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成。於台座66與第1層71及第2層72之間形成下述之異種物質界面73。於圖4中，多層膜67係於台座66之正面依次交替地積層有第1層71與第2層72。第1層71與第2層72分別設為5層。再者，第1層71與第2層72之各層之層數亦可適當變更。多層膜67亦可為於台座66之正面依次交替地積層有第2層72與第1層71者。多層膜67分別具有1層以上之第1層71與第2層72，且異種物質界面73形成有1個以上即可。

【0063】

第1層71例如由Ni、Pd、Cu、Mn、Cr、Fe、Mg、Co、其等之合金中之任一種形成。形成第1層71之合金較佳為包含Ni、Pd、Cu、Mn、Cr、Fe、Mg、Co中之2種以上之合金。作為形成第1層71之合金，亦可使用使添加元素添加於Ni、Pd、Cu、Mn、Cr、Fe、Mg、Co中所得之合金。

【0064】

第2層72例如由Ni、Pd、Cu、Mn、Cr、Fe、Mg、Co、其等之合金、SiC中之任一種形成。形成第2層72之合金較佳為包含Ni、Pd、Cu、

Mn、Cr、Fe、Mg、Co中之2種以上之合金。作為形成第2層72之合金，亦可使用使添加元素添加於Ni、Pd、Cu、Mn、Cr、Fe、Mg、Co中所得之合金。

【0065】

作為第1層71與第2層72之組合，將元素之種類表示為「第1層71－第2層72(第2層72－第1層71)」時，較佳為Pd-Ni、Ni-Cu、Ni-Cr、Ni-Fe、Ni-Mg、Ni-Co。將第2層72設為陶瓷之情形時，「第1層71－第2層72」較佳為Ni-SiC。

【0066】

如圖5所示，異種物質界面73使氫原子透過。圖5係表示如下情況之概略圖，即，使氫吸藏於由面心立方結構之氫吸藏金屬形成之第1層71及第2層72之後，將第1層71及第2層72加熱時，第1層71中之金屬晶格中之氫原子透過異種物質界面73移動至第2層72之金屬晶格中。

【0067】

發熱體55藉由向密閉容器15供給氫系氣體，而利用台座66及多層膜67吸藏氫。發熱體55即便停止向密閉容器15供給氫系氣體，亦維持利用台座66及多層膜67吸藏氫之狀態。於發熱體55中，當藉由加熱器21開始加熱時，台座66及多層膜67中吸藏之氫被釋放，於多層膜67之內部一面跳躍一面進行量子擴散。已知氫較輕，於某物質A與物質B之氫所占之位置(八面體或四面體位置)一面跳躍一面進行量子擴散。發熱體55因在真空狀態下利用加熱器21進行加熱，而氫藉由量子擴散透過異種物質界面73，產生加熱器21之加熱溫度以上之過剩熱。

【0068】

第1層71之厚度與第2層72之厚度較佳為分別未達1000 nm。若第1層71與第2層72之各厚度成為1000 nm以上，則氫難以透過多層膜67。又，藉由第1層71與第2層72之各厚度未達1000 nm，可維持不展現塊體之特性之奈米結構。第1層71與第2層72之各厚度更佳為未達500 nm。藉由第1層71與第2層72之各厚度未達500 nm，可維持完全不展現塊體之特性之奈米結構。

【0069】

對發熱體55之製造方法之一例進行說明。發熱體55藉由如下步驟而製造，即，準備板狀之台座66，使用蒸鍍裝置，使成為第1層71或第2層72之氫吸藏金屬或氫吸藏合金為氣相狀態，藉由凝集或吸附而於台座66上交替地膜狀形成第1層71及第2層72。較佳為於真空狀態下連續地膜狀形成第1層71及第2層72。藉此，於第1層71及第2層72之間不形成自然氧化膜，而僅形成異種物質界面73。作為蒸鍍裝置，可使用利用物理方法使氫吸藏金屬或氫吸藏合金蒸鍍之物理蒸鍍裝置。作為物理蒸鍍裝置，較佳為濺鍍裝置、真空蒸鍍裝置、CVD(Chemical Vapor Deposition，化學氣相沈積)裝置。又，亦可利用電鍍法使氫吸藏金屬或氫吸藏合金析出至台座66上而交替地膜狀形成第1層71及第2層72。

【0070】

發熱體55由於使用氫而發熱，故不產生二氧化碳等溫室效應氣體。又，使用之氫由於可利用水生成，故廉價。進而，發熱體55之發熱不同於核分裂反應，不存在連鎖反應，因此，被認為安全。因此，熱利用系統10及發熱裝置11利用發熱體55作為熱能源，故能夠廉價、清潔且安全地供給能源。

【0071】

本發明並不限定於上述第1實施形態，可於不脫離本發明之主旨之範圍內適當變更。

【0072】

於上述第1實施形態中，發熱體55之多層膜67具有第1層71與第2層72，但多層膜67之構造並不限定於此。

【0073】

例如，如圖6所示，於發熱體75中，設置於台座66之多層膜67除了具有第1層71與第2層72以外，進而具有第3層77。第3層77由與第1層71及第2層72不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成。第3層77之厚度較佳為未達1000 nm。於圖6中，第1層71、第2層72及第3層77係按照第1層71、第2層72、第1層71、第3層77之順序積層於台座66之正面。再者，第1層71、第2層72及第3層77亦可按照第1層71、第3層77、第1層71、第2層72之順序積層於台座66之正面。即，多層膜67設為於第2層72與第3層77之間設置有第1層71之積層構造。多層膜67只要具有1層以上之第3層77即可。形成於第1層71與第3層77之間之異種物質界面78係與異種物質界面73同樣地，使氫原子透過。發熱體75可代替發熱體55而使用。即，發熱構造體20亦可為具有發熱體75者。

【0074】

第3層77例如由Ni、Pd、Cu、Cr、Fe、Mg、Co、其等之合金、SiC、CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成。形成第3層77之合金較佳為包含Ni、Pd、Cu、Cr、Fe、Mg、Co中之2種以上之合金。作為形成第3層77之合金，亦可使用使添加元素添加於Ni、Pd、Cu、

Cr、Fe、Mg、Co中所得之合金。

【0075】

尤其是，第3層77較佳為由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成。具有由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成之第3層77之發熱體75係氫之吸藏量增加，透過異種物質界面73、78之氫之量增加，而可謀求過剩熱之高輸出化。由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成之第3層77較佳為厚度為10 nm以下。藉此，多層膜67使氫原子容易透過。由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成之第3層77亦可不形成為完全之膜狀而形成為島狀。又，第1層71及第3層77較佳為於真空狀態下連續地膜狀形成。藉此，於第1層71及第3層77之間不形成自然氧化膜而僅形成異種物質界面78。

【0076】

作為第1層71、第2層72及第3層77之組合，將元素之種類表示為「第1層71－第3層77－第2層72」時，較佳為Pd-CaO-Ni、Pd-Y₂O₃-Ni、Pd-TiC-Ni、Pd-LaB₆-Ni、Ni-CaO-Cu、Ni-Y₂O₃-Cu、Ni-TiC-Cu、Ni-LaB₆-Cu、Ni-Co-Cu、Ni-CaO-Cr、Ni-Y₂O₃-Cr、Ni-TiC-Cr、Ni-LaB₆-Cr、Ni-CaO-Fe、Ni-Y₂O₃-Fe、Ni-TiC-Fe、Ni-LaB₆-Fe、Ni-Cr-Fe、Ni-CaO-Mg、Ni-Y₂O₃-Mg、Ni-TiC-Mg、Ni-LaB₆-Mg、Ni-CaO-Co、Ni-Y₂O₃-Co、Ni-TiC-Co、Ni-LaB₆-Co、Ni-CaO-SiC、Ni-Y₂O₃-SiC、Ni-TiC-SiC、Ni-LaB₆-SiC。

【0077】

發熱構造體20亦可為具有圖7所示之發熱體80代替發熱體55或發熱體75者。如圖7所示，於發熱體80中，設置於台座66之多層膜67除了具有第

1層71、第2層72及第3層77以外，進而具有第4層82。第4層82由與第1層71、第2層72及第3層77不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成。第4層82之厚度較佳為未達1000 nm。於圖7中，第1層71、第2層72、第3層77及第4層82係按照第1層71、第2層72、第1層71、第3層77、第1層71、第4層82之順序積層於台座66之正面。再者，第1層71、第2層72、第3層77及第4層82亦可按照第1層71、第4層82、第1層71、第3層77、第1層71、第2層72之順序積層於台座66之正面。即，多層膜67設為將第2層72、第3層77、第4層82按照任意之順序積層且於第2層72、第3層77、第4層82之各者之間設置第1層71的積層構造。多層膜67只要具有1層以上之第4層82即可。形成於第1層71與第4層82之間之異種物質界面83係與異種物質界面73及異種物質界面78同樣地，使氫原子透過。發熱體80可代替發熱體55而使用。即，發熱構造體20亦可為具有發熱體80者。

【0078】

第4層82例如由Ni、Pd、Cu、Cr、Fe、Mg、Co、其等之合金、SiC、CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成。形成第4層82之合金較佳為包含Ni、Pd、Cu、Cr、Fe、Mg、Co中之2種以上之合金。作為形成第4層82之合金，亦可使用使添加元素添加於Ni、Pd、Cu、Cr、Fe、Mg、Co中所得之合金。

【0079】

尤其是，第4層82較佳為由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成。具有由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成之第4層82之發熱體80係氫之吸藏量增加，透過異種物質界面73、78、83之氫之量增加，而可謀求過剩熱之高輸出化。由CaO、Y₂O₃、

TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成之第4層82較佳為厚度為10 nm以下。藉此，多層膜67使氫原子容易透過。由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一種形成之第4層82亦可不形成為完全之膜狀而形成為島狀。又，第1層71及第4層82較佳為於真空狀態下連續地膜狀形成。藉此，於第1層71及第4層82之間不形成自然氧化膜而僅形成異種物質界面83。

【0080】

作為第1層71、第2層72、第3層77及第4層82之組合，將元素之種類表示為「第1層71－第4層82－第3層77－第2層72」時，較佳為Ni-CaO-Cr-Fe、Ni-Y₂O₃-Cr-Fe、Ni-TiC-Cr-Fe、Ni-LaB₆-Cr-Fe。

【0081】

再者，多層膜67之構成、例如各層之厚度之比率、各層之層數、材料亦可根據使用之溫度而適當變更。以下，對「多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係」、「多層膜之積層數與過剩熱之關係」及「多層膜之材料與過剩熱之關係」進行說明之後，對與溫度對應之多層膜67之構成之一例進行說明。

【0082】

首先，對「多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係」進行說明。使用具有包含Ni之台座66、及由包含Cu之第1層71與包含Ni之第2層72形成之多層膜67之發熱體55，調查第1層71與第2層72之厚度之比率與過剩熱之關係。以下，將多層膜67之各層之厚度之比率記載為Ni：Cu。

【0083】

製作除了Ni：Cu以外以相同條件形成多層膜67之8種發熱體55，並

設為實施例1~8。再者，多層膜67僅設置於台座66之正面。實施例1~8之各發熱體55之Ni：Cu係7：1、14：1、4.33：1、3：1、5：1、8：1、6：1、6.5：1。於實施例1~8之各發熱體55中，多層膜67係重複地設置有第1層71與第2層72之積層構成。實施例1~8之各發熱體55將多層膜67之積層構成之數量(以下，稱為多層膜之積層數)設為5。實施例1~8之各發熱體55將多層膜67整體之厚度設為大致相同。準備調查多層膜67之各層之厚度之比率與過剩熱之關係之實驗用之發熱裝置(未圖示)，將實施例1~8之各發熱體55導入至該實驗用發熱裝置。

【0084】

對實驗用發熱裝置進行說明。實驗用發熱裝置具備密閉容器、配置於密閉容器之內部之2個發熱體、及將各發熱體加熱之加熱器。發熱體形成為板狀。加熱器係形成為板狀之陶瓷加熱器，且內置熱電偶。加熱器設置於2個發熱體之間。再者，2個發熱體55使用相同構成者、即Ni：Cu相同者。密閉容器連接於氫系氣體供給路徑與排氣路徑。氫系氣體供給路徑將貯存有氫系氣體之儲氣瓶與密閉容器連接。於氫系氣體供給路徑設置有用以調整將儲氣瓶中貯存之氫系氣體供給至密閉容器之供給量之調整閥等。排氣路徑將用以對密閉容器之內部進行真空排氣之乾式泵與密閉容器連接。於排氣路徑設置有用以調整氣體之排氣量之調整閥等。於實驗用發熱裝置，使用氘氣(沼田氧公司製造 二級 純度99.999 vol%以上)作為氫系氣體。

【0085】

將實施例1~8之發熱體55設置於實驗用發熱裝置之密閉容器之內部，反覆進行氫吸藏步驟與氫釋放步驟。即，於實驗用發熱裝置中，反覆

進行氫吸藏步驟及氫釋放步驟，氫吸藏步驟係藉由向密閉容器之內部供給氫系氣體而使氫系氣體中所含之氫吸藏於發熱體55，氫釋放步驟係藉由進行密閉容器之內部之真空排氣與發熱體55之加熱而使發熱體55中吸藏之氫釋放。於氫吸藏步驟中，將氫系氣體以50 Pa左右供給至密閉容器之內部。使氫吸藏於發熱體55之時間設為64小時左右。再者，於氫吸藏步驟之前，預先藉由加熱器將密閉容器之內部以200℃以上烘烤36小時左右，將附著於發熱體55之表面之水等去除。於氫釋放步驟中，將加熱器之輸入電力隔著氫吸藏步驟設為9 W、18 W、27 W。並且，藉由內置於加熱器之熱電偶，測定各氫釋放步驟時之發熱體55之溫度。將其結果示於圖8中。圖8係對測定所得之資料利用特定之方法進行擬合所得之曲線圖。於圖8中，於橫軸表示加熱器溫度，於縱軸表示過剩熱之電力。加熱器溫度係特定之輸入電力下之發熱體55之溫度。於圖8中，將實施例1記述為「Ni：Cu=7：1」，將實施例2記述為「Ni：Cu=14：1」，將實施例3記述為「Ni：Cu=4.33：1」，將實施例4記述為「Ni：Cu=3：1」，將實施例5記述為「Ni：Cu=5：1」，將實施例6記述為「Ni：Cu=8：1」，將實施例7記述為「Ni：Cu=6：1」，將實施例8記述為「Ni：Cu=6.5：1」。

【0086】

根據圖8可確認於實施例1～8之所有發熱體55中均產生過剩熱。於加熱器溫度為700℃以上時將實施例1～8之發熱體55加以比較可知，實施例1產生最大之過剩熱。實施例3之發熱體與實施例1、2、4～8之發熱體55相比可知，加熱器溫度為300℃以上1000℃以下之較大範圍內時產生過剩熱。可知多層膜67之Ni：Cu為3：1～8：1之實施例1、3～8之發熱體55係加熱器溫度越高則過剩熱越是增大。可知多層膜67之Ni：Cu為14：1之

實施例2之發熱體55係加熱器溫度為800℃以上時過剩熱減少。認為如此過剩熱相對於Ni與Cu之比率不單純地增加係由多層膜67中之氫之量子效應所引起。

【0087】

接下來，對「多層膜之積層數與過剩熱之關係」進行說明。使用具有包含Ni之台座66、及由包含Cu之第1層71與包含Ni之第2層72形成之多層膜67之發熱體55，調查多層膜67之積層數與過剩熱之關係。

【0088】

製作具有與實施例1之發熱體55相比除了積層數以外以相同條件製造之多層膜67之8種發熱體55，並設為實施例9～16。實施例1、9～16之各發熱體55之多層膜67之積層數係5、3、7、6、8、9、12、4、2。

【0089】

將實施例1、9～16之各發熱體55設置於實驗用發熱裝置之密閉容器之內部。實驗用發熱裝置係與調查上述之「多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係」所使用之裝置相同。於實驗用發熱裝置中，利用與上述之「多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係」同樣之方法，測定氫釋放步驟時之發熱體55之溫度。將其結果示於圖9中。圖9係對測定所得之資料利用特定之方法進行擬合所得之曲線圖。於圖9中，於橫軸表示加熱器溫度，於縱軸表示過剩熱之電力。於圖9中，根據各層之厚度，將實施例1記述為「Ni_{0.875}Cu_{0.125} 5層」，將實施例9記述為「Ni_{0.875}Cu_{0.125} 3層」，將實施例10記述為「Ni_{0.875}Cu_{0.125} 7層」，將實施例11記述為「Ni_{0.875}Cu_{0.125} 6層」，將實施例12記述為「Ni_{0.875}Cu_{0.125} 8層」，將實施例13記述為「Ni_{0.875}Cu_{0.125} 9層」，將實施例14記述為「Ni_{0.875}Cu_{0.125} 12層」，將實施

例15記述為「 $\text{Ni}_{0.875}\text{Cu}_{0.125}$ 4層」，將實施例16記述為「 $\text{Ni}_{0.875}\text{Cu}_{0.125}$ 2層」。

【0090】

根據圖9可確認於實施例1、9～16之所有發熱體55中均產生過剩熱。於加熱器溫度為 840°C 以上時將實施例1、9～16之發熱體55加以比較可知，過剩熱係多層膜67之積層數為6之實施例11最大，多層膜67之積層數為8之實施例12最小。認為如此過剩熱相對於多層膜67之積層數不單純地增加之原因在於，作為多層膜67中之氫之波動之行為之波長為奈米級，與多層膜67產生干涉。

【0091】

接下來，對「多層膜之材料與過剩熱之關係」進行說明。使用具有由包含Ni之第1層71、包含Cu之第2層72及包含與第1層71及第2層72不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷之第3層77形成之多層膜67的發熱體75，調查形成第3層77之材料之種類與過剩熱之關係。

【0092】

製作除了形成第3層77之材料之種類以外以相同條件形成多層膜67之9種發熱體75，並設為實施例17～25。於實施例17～25之各發熱體75中，形成第3層77之材料之種類係 CaO 、 SiC 、 Y_2O_3 、 TiC 、 Co 、 LaB_6 、 ZrC 、 TiB_2 、 CaOZrO 。

【0093】

將實施例17～25之各發熱體75設置於實驗用發熱裝置之密閉容器之內部。實驗用發熱裝置係與調查上述之「多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係」所使用之裝置相同。於實驗用發熱裝置中，利用與上述之

「多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係」同樣之方法，測定氫釋放步驟時之發熱體75之溫度。將其結果示於圖10中。圖10係對測定所得之資料利用特定之方法進行擬合所得之曲線圖。於圖10中，於橫軸表示加熱器溫度，於縱軸表示過剩熱之電力。於圖10中，根據各層之厚度，將實施例17記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{CaO}_{0.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例18記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{SiC}_{0.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例19記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{Y}_2\text{O}_{30.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例20記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{TiC}_{0.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例21記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{Co}_{0.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例22記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{LaB}_{60.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例23記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{ZrC}_{0.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例24記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{TiB}_{20.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」，將實施例25記述為「 $\text{Ni}_{0.793}\text{CaOZrO}_{0.113}\text{Cu}_{0.094}$ 」。

【0094】

根據圖10可確認於實施例17～25之所有發熱體75中均產生過剩熱。尤其是，形成第3層77之材料為CaO之實施例17、為TiC之實施例20、為LaB₆之實施例22與其他實施例18、19、21、23～25相比可知，加熱器溫度為400℃以上1000℃以下之較大範圍內時過剩熱大致線性地增大。實施例17、20、22之形成第3層77之材料與其他實施例18、19、21、23～25之材料相比，功函數較小。據此可知，形成第3層77之材料之種類較佳為功函數較小者。根據該等結果，多層膜67內之電子密度有可能有助於產生過剩熱之反應。

【0095】

對與發熱構造體20之溫度對應之多層膜67之構造之一例進行說明。例如若對圖2及圖3所示之上段、中段、下段之發熱構造體20考慮上述之

「多層膜之各層之厚度之比率與過剩熱之關係」，則設為低溫(例如 50°C 以上 500°C 以下之範圍內)之下段之發熱構造體20較佳為多層膜67之各層之厚度之比率為2：1以上5：1以下之範圍內。設為中溫(例如 500°C 以上 800°C 以下之範圍內)之中段之發熱構造體20較佳為多層膜67之各層之厚度之比率為5：1以上6：1以下之範圍內。設為高溫(例如 800°C 以上 1500°C 以下之範圍內)之上段之發熱構造體20較佳為多層膜67之各層之厚度之比率為6：1以上12：1以下之範圍內。

【0096】

若考慮上述之「多層膜之積層數與過剩熱之關係」，則設為低溫、中溫、高溫之各發熱構造體20較佳為多層膜67之第1層71為2層以上18層以下之範圍內，且第2層72為2層以上18層以下之範圍內。

【0097】

於圖2及圖3所示之上段、中段、下段之發熱構造體20中使用發熱體75代替發熱體55之情形時，若考慮上述之「多層膜之材料與過剩熱之關係」，則設為低溫之下段之發熱構造體20較佳為第1層71為Ni，第2層72為Cu，且第3層77為 Y_2O_3 。設為中溫之中段之發熱構造體20較佳為第1層71為Ni，第2層72為Cu，且第3層77為TiC。設為高溫之上段之發熱構造體20較佳為第1層71為Ni，第2層72為Cu，且第3層77為CaO或 LaB_6 。

【0098】

於上述第1實施形態中，發熱構造體20具有呈放射狀配置有複數個發熱體55之構成，但發熱體55之配置亦可適當變更。

【0099】

例如，如圖11所示，發熱體55係相互隔開間隙地以複數個排列成一

行。於該情形時，較佳為將加熱器21之形狀設為四角筒狀。藉此，可謀求省空間化。複數個發熱體55藉由加熱器21之熱與鄰接之發熱體55之熱而加熱。藉此，可使保持特定之溫度所需之加熱器21之輸入電源降低。

【0100】

複數個發熱體55之排列方向較佳為與密閉容器15之內部中氫系氣體流動之方向垂直之方向。於該情形時，複數個發熱體55沿著密閉容器15之內部中氫系氣體流動之方向立起而配置。藉此，例如使發熱構造體20中吸藏之氫釋放時，密閉容器15之內部之氫系氣體不會被發熱體55遮擋，而自供給口15b向排氣口15a順利地流動。

【0101】

於上述第1實施形態中，發熱體55形成為板狀，但發熱體55之形狀亦可適當變更。

【0102】

如圖12所示，發熱體85形成為筒狀。圖12所示之發熱構造體20係具有發熱體85代替發熱體55者。於圖12中，設為圓筒狀之發熱體85，但發熱體85亦可設為角筒狀。藉由將發熱體85設為筒狀，氫系氣體於加熱器21之內表面與發熱體85之外表面之間所形成之間隙及發熱體85之內部流動。發熱體85之軸向較佳為與密閉容器15之內部中氫系氣體流動之方向平行。藉此，例如使發熱構造體20中吸藏之氫釋放時，密閉容器15之內部之氫系氣體不會被發熱體85遮擋，而自供給口15b向排氣口15a順利地流動。

【0103】

如圖13所示，發熱體86形成為鬆捲地捲繞而成之螺旋狀。圖13所示

之發熱構造體20係具有發熱體86代替發熱體55者。藉由將發熱體86鬆捲地捲繞，而氫系氣體於形成於發熱體86之內部之間隙流動。發熱體86之捲繞數亦可適當變更。例如，藉由增加發熱體86之捲繞數，而發熱體86與氫系氣體之接觸面積增大，因此，可謀求過剩熱之高輸出化。因此，形成為螺旋狀之發熱體86可根據捲繞數調整過剩熱之輸出。

【0104】

發熱體不限於形成為板狀、筒狀、螺旋狀者，例如亦可為由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成之粉體。

【0105】

於上述第1實施形態中，為了將3個發熱構造體20加熱而使用1個加熱器21，但亦可使用複數個加熱器21。例如，使用3個加熱器21將3個發熱構造體20分別加熱。於該情形時，控制部19亦可基於設置於各發熱構造體20之溫度感測器22檢測出之溫度，分別調整各加熱器21之輸入電力，藉此，針對每一個發熱構造體20進行過剩熱之輸出之控制。例如，控制部19藉由增大與下段之發熱構造體20對應之加熱器21之輸入電力，而提高下段之發熱構造體20之過剩熱之輸出。又，控制部19藉由減小與上段之發熱構造體20對應之加熱器21之輸入電力，而降低上段之發熱構造體20之過剩熱之輸出。藉此，控制複數個發熱構造體20整體之過剩熱之輸出。

【0106】

於上述第1實施形態中，熱利用裝置12具備收納容器31、熱介質流通部32、燃氣渦輪機33、蒸汽發生器34、蒸汽渦輪機35、史特林引擎36及熱電轉換器37，但熱利用裝置12之構成並不限定於此。例如，使用氫系氣體作為熱介質之情形時，熱利用裝置12可藉由將熱介質流通部32與發

熱裝置11之密閉容器15連接而省略收納容器31。

【0107】

如圖14所示，熱利用裝置12亦可為具備收納容器31、熱介質流通部32及蒸汽渦輪機35且使用水作為熱介質者。再者，於圖14中，省略發熱裝置11之氣體排出部16、氣體供給部17、控制部19等之圖示。收納容器31向內部供給水。於收納容器31之內部，於水面之上方形形成有空間。收納容器31藉由在水與發熱構造體20之間進行熱交換，使水沸騰而生成蒸汽。熱介質流通部32具有蒸汽配管32g與供水配管32h而代替第1配管32a、第2配管32b、第3配管32c、第4配管32d、泵32e、熱介質流量控制部32f。蒸汽配管32g將收納容器31中所生成之蒸汽向蒸汽渦輪機35供給。供水配管32h具有未圖示之冷凝器與供水泵，藉由冷凝器將自蒸汽渦輪機35排出之蒸汽冷卻而使之恢復成水，並藉由供水泵將該水輸送至收納容器31。

【0108】

熱利用裝置12亦可為僅具備收納容器31與熱介質流通部32者。於熱介質流通部32流動之熱介質用於各種用途、例如家庭用供暖設備、家庭用熱水器、汽車用加熱器、農業用供暖機、路面加熱器、海水淡水化用熱源、地熱發電輔助熱源等。

【0109】

於上述第1實施形態中，燃氣渦輪機33與發電機38連接，設為用於發電之動力，但亦可不與發電機38連接而用作馬達。同樣地，蒸汽渦輪機35亦可不與發電機39連接而用作馬達。史特林引擎36亦可不與發電機40連接而用作馬達。

【0110】**2.第2實施形態**

發熱體產生之熱可於使燃料與燃燒用空氣燃燒而產生熱之燃燒裝置中用於將燃燒用空氣預熱。作為燃燒裝置，例如可列舉鍋爐、旋轉窯、金屬之熱處理爐、金屬加工用加熱爐、熱風爐、窯業用焙燒爐、石油提煉塔、乾餾爐、乾燥爐等。以下，對利用發熱體產生之熱將供給至作為燃燒裝置之鍋爐之燃燒用空氣預熱之情形進行說明。

【0111】

圖15係表示具備熱利用系統90之火力發電設備91之構成之概略圖。以下，對火力發電設備91進行說明。

【0112】

火力發電設備91具備鍋爐92、蒸汽渦輪機35及發電機39。火力發電設備91係藉由鍋爐92中產生之蒸汽通過蒸汽配管34g供給至蒸汽渦輪機35，並且蒸汽渦輪機35利用該蒸汽進行旋轉，而使與蒸汽渦輪機35之旋轉軸連接之發電機39驅動而進行發電。使蒸汽渦輪機35旋轉之蒸汽輸送至供水配管34h，藉由未圖示之冷凝器冷卻而恢復成水。藉由冷凝器生成之水由未圖示之供水泵輸送至鍋爐92。

【0113】

鍋爐92係使燃料與燃燒用空氣燃燒而產生熱，藉由該熱自水產生蒸汽。鍋爐92具備火爐93、燃燒器94、燃料供給管線95及空氣供給管線96。

【0114】

火爐93係使燃料與燃燒用空氣反應而燃燒之筒狀之中空體。火爐93

例如可採取圓筒形狀或角筒形狀等各種形狀。對於火爐93，自設置於供水配管34h之供水泵(未圖示)供給水。

【0115】

燃燒器94構成可自火爐93外向火爐93內供給燃料與燃燒用空氣。燃燒器94設置於火爐93之下部。燃燒器94使燃料燃燒而生成高溫之燃燒氣體。藉由燃燒氣體之熱而鍋爐92內之水蒸發，產生高溫且高壓之蒸汽。燃燒氣體通過設置於火爐93之上部之煙道97，作為排出氣體自煙囪98排出至大氣中。

【0116】

燃料供給管線95對燃燒器94供給燃料。作為燃料，可使用煤、天然氣、石油、液化天然氣(LNG)、液化石油氣(LPG)等化石燃料。煤係預先粉化後之粉煤。天然氣係葉岩氣等，包含甲烷水合物等源自天然氣之燃料。石油係重油或輕油等。作為燃料，亦可使用生物質(木質碎片等)。再者，使用粉煤作為燃料之情形時，燃料供給管線95將使粉煤混合於空氣等搬送用氣體中所得之混合氣體供給至燃燒器94。又，使用煤或木質碎片等作為燃料時，有使用流化床鍋爐或固定床鍋爐(加煤爐等)之情形，於該情形時，亦有將燃料供給至爐內並且僅將預熱空氣自燃燒器等送入之情況。

【0117】

空氣供給管線96對燃燒器94供給燃燒用空氣。空氣供給管線96藉由未圖示之加壓鼓風機等自鍋爐92之外部取入外部氣體。

【0118】

空氣供給管線96具備熱交換器99。熱交換器99設置於煙道97。熱交換器99係於自鍋爐92之外部取入至空氣供給管線96之外部氣體與沿煙道

97流通之排出氣體之間進行熱交換。取入至空氣供給管線96之外部氣體藉由熱交換器99而預熱，生成預熱空氣。利用熱交換器99生成之預熱空氣供給至下述熱利用裝置102。

【0119】

接下來，對熱利用系統90進行說明。熱利用系統90具備發熱裝置101、上述鍋爐92及熱利用裝置102。熱利用系統90利用發熱裝置101之發熱體105(參照圖16)產生之熱，將供給至熱利用裝置102之預熱空氣加熱。

【0120】

如圖16所示，發熱裝置101具備複數個發熱體單元103。圖16係模式性地表示發熱裝置101與熱利用裝置102之構成之透視立體圖。於圖16中，將1個發熱體單元103之一部分切缺而圖示其內部。各發熱體單元103係相互隔開間隙地配置。各發熱體單元103係裝卸自如地支持於未圖示之支持體。發熱體單元103之數量並無特別限定，能夠以可獲得所需之輸出之方式適當變更。於圖16中，使用9個發熱體單元103。

【0121】

發熱體單元103具備：密閉容器104，其被供給氫系氣體；及發熱構造體106，其收容於密閉容器104，且具有藉由氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體105。

【0122】

密閉容器104係筒狀之中空體。密閉容器104例如可採取圓筒形狀或角筒形狀等各種形狀。於該例中，密閉容器104呈圓筒形狀。於密閉容器104內排列有複數個發熱構造體106。

【0123】

發熱體105例如可設為與發熱體55(參照圖4)、發熱體85(參照圖12)、發熱體86(參照圖13)相同之構成。於該例中，發熱體105之形狀係與發熱體55同樣地呈板狀。複數個發熱體105呈放射狀配置而構成發熱構造體106。

【0124】

發熱體105吸藏密閉容器104內之氫系氣體中所含之氫。發熱體105係藉由所吸藏之氫利用該發熱體105之溫度與供給至熱利用裝置102之預熱空氣之溫度之溫度差移動而發熱。例如，於熱利用裝置102開始作動時，發熱體105之溫度為常溫(例如25℃)，且供給至熱利用裝置102之預熱空氣之溫度為例如250℃之情形時，於發熱體105與預熱空氣之間產生溫度差，因此，發熱體105開始發熱。其後，發熱體105升溫至例如500℃～800℃，於升溫後之發熱體105與預熱空氣之間產生溫度差，藉此，發熱體105持續發熱。如此，發熱裝置101不用反覆進行氫系氣體之供給與排氣，藉由該發熱體105與預熱空氣之溫度差而產生熱。

【0125】

熱利用裝置102具有：殼體108，其收容發熱裝置101；空氣入口109，其與熱交換器99連接；及空氣出口110，其與燃燒器94連接。利用熱交換器99生成之預熱空氣自空氣入口109供給至殼體108內，於通過發熱體單元103彼此之間所形成之間隙時藉由發熱體105之熱而加熱。經發熱體105加熱之預熱空氣作為燃燒用空氣而自空氣出口110排出。如此，熱利用裝置102作為利用發熱體105之熱將燃燒用空氣預熱之空氣預熱器發揮功能。

【0126】

如上所述，熱利用系統90應用於火力發電設備91，利用發熱體105之熱將燃燒用空氣預熱，因此，鍋爐92之燃燒效率提高，可削減要使用之燃料。

【0127】

於熱利用系統90，各發熱體單元103裝卸自如，因此，可個別地更換各發熱體單元103。因此，藉由將不再發熱之發熱體單元103卸除並更換為新的發熱體單元103，可使發熱裝置101之發熱穩定化。又，亦可將各發熱體單元103全部同時更換。

【0128】

發熱裝置101亦可以反覆進行氫系氣體之供給與排氣之方式構成。如圖17所示，發熱裝置101除了具備複數個發熱體單元103以外，進而具備與各密閉容器104連接之氫系氣體供給排氣集管120、及與氫系氣體供給排氣集管120連接之氫管121。氫管121與未圖示之氣體供給部及氣體排出部連接。氣體供給部經由氫系氣體供給排氣集管120與氫管121向密閉容器104之內部供給氫系氣體。氣體排出部經由氫系氣體供給排氣集管120與氫管121對密閉容器104之內部進行真空排氣。藉由反覆進行氫系氣體之供給與排氣，可確實地使發熱體105發熱。

【0129】

圖16所示之發熱體單元103之構造為一例。即，發熱體單元103並不限於具備呈放射狀配置有複數個發熱體105之發熱構造體106之情形。複數個發熱體105之配置並不限於放射狀，可適當變更。

【0130】

熱利用系統90亦可以使自熱利用裝置102排出之燃燒用空氣循環之方

式構成。如圖18所示，熱利用系統90進而具備：燃燒用空氣循環管線125，其使燃燒用空氣循環；流量可變循環風扇126，其設置於燃燒用空氣循環管線125；及循環流量控制部127，其驅動流量可變循環風扇126，控制燃燒用空氣之循環流量。

【0131】

於空氣供給管線96設置有：溫度感測器128，其測定供給至熱利用裝置102之燃燒用空氣之溫度；及溫度感測器129，其測定自熱利用裝置102排出之燃燒用空氣之溫度。於熱利用裝置102設置有測定發熱體單元103之發熱體105之溫度或能夠推定發熱體105之溫度之特定之部分之溫度的溫度感測器130。循環流量控制部127係與溫度感測器128～130電性連接，藉由基於溫度感測器128～130檢測出之溫度驅動流量可變循環風扇126，而控制燃燒用空氣之循環流量。

【0132】

例如，循環流量控制部127係於發熱體105之溫度超過特定溫度之情形時使燃燒用空氣之循環流量增大，藉此，使發熱體105之溫度降低。又，循環流量控制部127係於發熱體105之溫度為特定溫度以下之情形時使燃燒用空氣之循環流量減少，藉此，使發熱體105之溫度上升。

【0133】

亦可於空氣供給管線96或燃燒用空氣循環管線125設置測定燃燒用空氣之流量之流量感測器(未圖示)，基於燃燒用空氣之溫度與流量控制燃燒用空氣之循環流量。

【0134】

亦可於空氣供給管線96設置將燃燒用空氣加熱之加熱器(未圖示)。可

藉由加熱器使發熱體105之溫度上升。發熱體105係藉由上升至特定之溫度而開始發熱。上述加熱器例如係於熱利用系統90開始運轉時或發熱體105之溫度降低時作動。

【0135】

熱利用裝置102不限於利用發熱體105之熱將利用熱交換器99生成之預熱空氣加熱之情形。例如，熱利用裝置102亦可將自鍋爐92之外部取入至空氣供給管線96之外部氣體加熱。於該情形時，亦可不設置熱交換器99而使用藉由發熱體105之熱加熱之外部氣體作為燃燒用空氣。

【0136】

燃燒用空氣亦可為排出氣體混合所得者。例如，可使煙道97分支並連接於空氣供給管線96，使排出氣體再循環，藉此，使排出氣體與燃燒用空氣混合。熱利用裝置102亦可將混合有排出氣體之燃燒用空氣預熱。

【0137】

熱利用裝置102亦可除了將使用於作為燃燒裝置之鍋爐92之燃燒用空氣預熱以外或者代替將使用於作為燃燒裝置之鍋爐92之燃燒用空氣預熱，而使蒸汽渦輪機35旋轉，將藉由未圖示之冷凝器生成之水預熱。藉由經預熱之水返回至鍋爐92，而鍋爐92之燃燒效率提高，可削減要使用之燃料。

【0138】

3.第3實施形態

自上述第2實施形態之鍋爐92等燃燒裝置排出之排出氣體通常包含二氧化碳(CO₂)。作為自排出氣體回收CO₂之技術，已知有二氧化碳回收貯存(CCS：Carbon dioxide Capture and Storage，碳捕集與封存)。CCS係

如下技術，即，自排出氣體中分離並回收CO₂，並將所回收之CO₂貯存於地下等，藉此，削減朝大氣中之CO₂排出。作為回收CO₂之方法，例如可列舉化學吸收法或物理吸附法。化學吸收法係使胺化合物水溶液等吸收液吸收排出氣體中所含之CO₂，藉由將吸收有CO₂之吸收液加熱而使CO₂自吸收液釋放。物理吸附法係使活性碳或沸石等吸附材吸附排出氣體中所含之CO₂，藉由將吸附有CO₂之吸附材加熱而使CO₂自吸附材脫離。

【0139】

於第3實施形態中，作為化學吸收法中將吸收有CO₂之吸收液加熱之熱源，利用藉由發熱體產生之熱而加熱之熱介質。以下，對進行化學吸收法之情形進行說明，但藉由發熱體產生之熱而加熱之熱介質亦可用作於物理吸附法中將吸附有CO₂之吸附材加熱之熱源。

【0140】

如圖19所示，熱利用系統140具備發熱裝置101(參照圖16)、鍋爐142及二氧化碳分離回收裝置143。發熱裝置101由於具有與第2實施形態相同之構成，故省略說明。

【0141】

鍋爐142係使燃料與燃燒用空氣燃燒而產生熱之燃燒裝置之一例。自鍋爐142排出之排出氣體中包含二氧化碳(CO₂)。鍋爐142例如可設為與上述第2實施形態之鍋爐92相同之構成。

【0142】

二氧化碳分離回收裝置143係利用藉由發熱裝置101之發熱體105(參照圖16)之熱而被加熱之熱介質作為熱源，將自作為燃燒裝置之鍋爐142排出之排出氣體中所含之CO₂分離並回收。於該例中，作為回收CO₂之方

式，對進行化學吸收法之情形進行說明。

【0143】

如圖20所示，二氧化碳分離回收裝置143具備吸收塔145、再生塔146及再沸器147。吸收塔145具有使吸收液吸收自鍋爐142排出之排出氣體中所含之CO₂之吸收部148。吸收塔145將利用吸收部148吸收有CO₂之吸收液供給至再生塔146。將吸收有CO₂之吸收液稱為富液(rich solution)。於圖20中，對富液標註符號149。再生塔146具有再生部150，再生部150使CO₂從自吸收塔145供給之吸收液釋放而再生吸收液。再生塔146將利用再生部150釋放了CO₂之吸收液供給至吸收塔145。將釋放了CO₂之吸收液稱為貧液(lean solution)。於圖20中，對貧液標註符號151。

【0144】

二氧化碳分離回收裝置143係自吸收塔145向再生塔146輸送富液149，並自再生塔146向吸收塔145返送貧液151。如此，二氧化碳分離回收裝置143以吸收液循環之方式構成。雖未圖示，但於吸收塔145與再生塔146之間設置有用以將富液149自吸收塔145輸送至再生塔146之富液送出泵、及用以將貧液151自再生塔146輸送至吸收塔145之貧液送出泵等。

【0145】

吸收塔145進而具有將自再生塔146供給之貧液151噴出之貧液供給噴嘴152。貧液供給噴嘴152設置於吸收部148之上方，使貧液151朝向吸收部148掉落。

【0146】

對吸收塔145之吸收部148之下部，自鍋爐142供給包含CO₂之排出氣體。供給至吸收塔145之排出氣體朝向吸收部148上升。

【0147】

於吸收部148，包含CO₂之排出氣體與貧液151接觸。吸收部148藉由使貧液151吸收排出氣體中所含之CO₂，而使貧液151為富液149。富液149自吸收塔145之底部排出，並供給至再生塔146。與貧液151接觸之排氣被去除CO₂。去除CO₂後之排出氣體自吸收塔145之頂部排出至大氣中。

【0148】

再生塔146進而具有將自吸收塔145供給之富液149噴出之富液供給噴嘴153。富液供給噴嘴153設置於再生部150之上方，使富液149朝向再生部150掉落。

【0149】

再沸器147與再生塔146連結。再沸器147將再生塔146內之貧液151加熱，生成使貧液151蒸發所得之吸收液蒸汽154。

【0150】

再沸器147具有收納發熱裝置101之收納容器147a、及使熱介質於收納容器147a之內部與外部之間流通之熱介質流通部147b。熱介質係藉由通過由收納容器147a之內表面與發熱裝置101之密閉容器104(參照圖16)之外表面所形成之間隙而被加熱。再沸器147藉由將利用發熱裝置101之發熱體105(參照圖16)之熱而被加熱之熱介質用作熱源，而將貧液151加熱。

【0151】

於熱介質流通部147b設置有流量可變風扇與流量控制部，但並未圖示。再沸器147係藉由利用流量控制部驅動流量可變風扇而調整熱介質之流量，以熱介質成為特定之溫度之方式進行調整。於該例中，以貧液151

蒸發而成為吸收液蒸汽154之方式調整熱介質之溫度。

【0152】

利用再沸器147生成之吸收液蒸汽154供給至再生塔146之再生部150之下部。供給至再生塔146之吸收液蒸汽154朝向再生部150上升。

【0153】

於再生部150，吸收液蒸汽154與富液149接觸。再生部150係藉由利用吸收液蒸汽154將富液149加熱而使CO₂自富液149釋放，使富液149形成為貧液151。即，富液149再生為貧液151。貧液151自再生塔146之底部排出，一部分供給至吸收塔145，剩餘之一部分供給至再沸器147。與富液149接觸之吸收液蒸汽154與自富液149釋放之CO₂一起自再生塔146之頂部排出。

【0154】

於吸收塔145與再生塔146之間設置有熱交換器155。熱交換器155進行自吸收塔145供給至再生塔146之富液149與自再生塔146供給至吸收塔145之貧液151之熱交換。藉此，將富液149加熱，將貧液151冷卻。

【0155】

二氧化碳分離回收裝置143例如進而具有未圖示之分離滾筒，將自再生部150之頂部排出之吸收液蒸汽154及CO₂導入至該分離滾筒。導入至分離滾筒之吸收液蒸汽154及CO₂係藉由吸收液蒸汽154被冷卻而成為水，而分離成水與CO₂。以此方式，二氧化碳分離回收裝置143可自鍋爐142之排出氣體分離並回收CO₂。二氧化碳分離回收裝置143係為了上述之CO₂之分離回收而利用藉由發熱裝置101之發熱體105(參照圖16)之熱而被加熱之熱介質作為熱源的熱利用裝置。

【0156】

如上所述，熱利用系統140利用發熱體105作為用以將自作為燃燒裝置之鍋爐142排出之排出氣體中所含之CO₂分離並回收之熱源，因此，可削減朝大氣中之CO₂排出。

【0157】**4.第4實施形態**

利用上述第3實施形態之二氧化碳分離回收裝置143等分離並回收之二氧化碳(CO₂)可藉由與氫(H₂)反應而轉換為甲烷(CH₄)。使用使CO₂與H₂之反應(甲烷化反應)進行之觸媒，使包含CO₂與H₂之原料氣體與觸媒接觸，藉此，自原料氣體生成CH₄，但若原料氣體之溫度較低則反應不充分進行。於第4實施形態中，利用藉由發熱體產生之熱而被加熱之熱介質作為熱源，將包含CO₂與H₂之原料氣體加熱。

【0158】

如圖21所示，熱利用系統160具備發熱裝置101(參照圖16)與甲烷製造裝置162。發熱裝置101由於具有與第2實施形態相同之構成，故省略說明。

【0159】

甲烷製造裝置162具有反應器163、原料氣體供給管線164及原料氣體加熱器165。

【0160】

反應器163具有使由下述式(1)表示之CO₂與H₂之反應進行之觸媒167。



【0161】

觸媒167只要為能夠使 CO_2 與 H_2 之反應進行而生成 CH_4 之觸媒，則並無特別限定。例如，作為觸媒167，可使用鎳(Ni)系觸媒、鈦(Ru)系觸媒、鉑(Pt)系觸媒等。

【0162】

原料氣體供給管線164將包含 CO_2 與 H_2 之原料氣體供給至反應器163。於圖21中，原料氣體供給管線164係藉由使供 CO_2 流通之管線與供 H_2 流通之管線合流，而形成供包含 CO_2 與 H_2 之原料氣體流通之管線，並將該原料氣體之管線與反應器163連接。

【0163】

原料氣體供給管線164具有將水(H_2O)電解而生成氫氣(H_2)與氧氣(O_2)之電解裝置168。電解裝置168例如利用驅動發電機39(參照圖15)而獲得之電進行 H_2O 之電解。利用電解裝置168生成之 H_2 通過原料氣體供給管線164與 CO_2 混合。利用電解裝置168生成之 O_2 例如供給至上述第3實施形態之空氣供給管線96(參照圖15)，並與燃燒用空氣混合。再者，原料氣體供給管線164亦可構成為與貯存 H_2 之 H_2 罐連接，自 H_2 罐被供給 H_2 。

【0164】

原料氣體供給管線164與上述第3實施形態之二氧化碳分離回收裝置143(參照圖19及圖20)連接。藉此，利用二氧化碳分離回收裝置143回收之 CO_2 通過原料氣體供給管線164與 H_2 混合。再者，原料氣體供給管線164亦可構成為與貯存 CO_2 之 CO_2 罐連接，自 CO_2 罐被供給 CO_2 。

【0165】

原料氣體加熱器165設置於原料氣體供給管線164，將沿原料氣體供

給管線164流通之原料氣體加熱。原料氣體加熱器165具有收納發熱裝置101之收納容器165a、及使熱介質於收納容器165a之內部與外部之間流通之熱介質流通部165b。熱介質藉由通過由收納容器165a之內表面與發熱裝置101之密閉容器104(參照圖16)之外表面所形成之間隙而被加熱。藉由在原料氣體與熱介質之間進行熱交換而將原料氣體加熱。原料氣體例如加熱至400℃左右。

【0166】

甲烷製造裝置162具有自包含CO₂與H₂之原料氣體生成CH₄之觸媒167，利用藉由發熱體105(參照圖16)之熱而被加熱之熱介質作為熱源而將原料氣體加熱，藉此，使CO₂與H₂反應。藉由經加熱之原料氣體與觸媒167接觸，而進行CO₂與H₂之反應，生成CH₄。利用甲烷製造裝置162生成之CH₄作為合成之天然氣(SNG)被供給至例如現有之基礎設備。又，於甲烷製造裝置162，於在反應器163內自原料氣體生成CH₄之過程中亦生成H₂O。反應器163內所生成之H₂O例如被供給至電解裝置168。

【0167】

如上所述，熱利用系統160藉由具備發熱裝置101(參照圖16)與甲烷製造裝置162，而利用發熱體105作為用以自包含CO₂與H₂之原料氣體生成CH₄之熱源，因此，與使用燃燒裝置作為熱源之情形相比，可削減朝大氣中之CO₂排出。

【0168】

又，於熱利用系統160，藉由將自燃燒裝置排出之排出氣體中所含之CO₂供給至甲烷製造裝置162，而CO₂轉換為CH₄，因此，可進一步抑制CO₂排出量。

【0169】

於上述第4實施形態中，利用發熱體105作為用以自包含CO₂與H₂之原料氣體生成CH₄之熱源，於使用熱能自水製造氫氣之IS循環或使用熱能自水與氮氣(N₂)製造氨(NH₃)之ISN循環中，可利用藉由發熱體105之熱而加熱至例如800℃左右之熱介質作為熱源。IS循環係使水與碘(I)及硫(S)反應而生成碘化氫(HI)，並將該碘化氫熱分解，藉此生成氫氣。作為用以將碘化氫熱分解之熱源，可利用藉由發熱體105之熱而被加熱之熱介質作為熱源。ISN循環係使氮氣與IS循環中生成之碘化氫反應而生成碘化銨(NH₄I)，並將該碘化銨熱分解，藉此生成氨。作為用以將碘化銨熱分解之熱源，可利用藉由發熱體105之熱而被加熱之熱介質作為熱源。

【0170】**5.變化例**

本發明並不限定於上述各實施形態，可於本發明之主旨之範圍內適當變更。

【0171】

亦可於收容發熱構造體之密閉容器設置用以使熱交換效率提高之鰭片。利用圖22～圖24，對具備鰭片之密閉容器進行說明。

【0172】

如圖22所示，密閉容器170具有：容器本體171，其於內部具有空間；及鰭片172，其設置於容器本體171之外表面。密閉容器170收容具有複數個發熱體55之發熱構造體173(參照圖23)。以下說明之密閉容器170之構成係如下情形所要求之構成之一例，即，將密閉容器170之內部之溫度保持為600℃～800℃，利用48片發熱體55構成發熱構造體173，且將各發

熱體55之輸出設為20 W。

【0173】

容器本體171形成為筒狀。於圖22中，容器本體171之外形呈圓筒形狀，但可採取橢圓筒形狀或角筒形狀等各種形狀。容器本體171之長度例如為250 mm。容器本體171之直徑例如為80 mm。於容器本體171為橢圓筒形狀之情形時，容器本體171之直徑指長徑。於容器本體171為角筒形狀之情形時，容器本體171之直徑指外切圓之直徑。

【0174】

容器本體171較佳為由熔點為 1000°C 以上且熱導率為 $50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上之材料形成。作為容器本體171之材料，例如可使用銅、鎳、鎢等。於容器本體171之材料為銅之情形時，較佳為將容器本體171之厚度設為0.5 mm以上，更佳為設為1 mm以上。於容器本體171之材料為鎳或鎢之情形時，較佳為將容器本體171之厚度設為0.25 mm以上，更佳為設為0.5 mm以上。再者，亦可使用金及銀作為容器本體171之材料，但銅、鎳、鎢更廉價，因而較佳。於將密閉容器170之內部之溫度保持為未達 600°C 之情形時，亦可使用鐵作為容器本體171之材料。

【0175】

鰭片172呈螺旋狀設置於容器本體171之外周面。鰭片172之捲繞次數例如為20次。鰭片172形成為帶狀。鰭片172之寬度例如為20 mm。因此，密閉容器170之直徑為120 mm。沿著容器本體171之長度方向之鰭片172之間隔(間距)較佳為100 mm以下，更佳為50 mm以下。鰭片172之傳熱面積較佳為 $0.1\text{ m}^2/\text{kW}$ 以上。作為鰭片172之材料，例如可使用與容器本體171之材料相同者、即銅、鎳、鎢等。作為鰭片172之材料，亦可使

用鋁。

【0176】

圖23係將容器本體171於徑向上切斷所得之剖視圖。如圖23所示，於容器本體171之內表面接觸地配置有複數個發熱體55。容器本體171之內表面包括複數個平面。於圖23中，容器本體171之內表面包括6個平面。即，容器本體171之中空部之剖面形狀呈六邊形。沿著容器本體171之圓周方向配置於各平面之6片發熱體55相互面對。複數個發熱體55係以相互面對之特定之片數構成1組，於該例中，以6片構成1組。

【0177】

圖24係將容器本體171於與徑向正交之方向上切斷所得之剖視圖。如圖24所示，於構成容器本體171之內表面之各平面，沿著容器本體171之長度方向配置有複數個發熱體55。於該例中，相對於1個平面，沿著容器本體171之長度方向等間隔地配置有8片發熱體55。即，沿著容器本體171之長度方向配置有8組發熱體55。

【0178】

由上述之密閉容器170與發熱構造體173構成發熱體單元174。發熱體單元174整體上呈圓筒型。發熱體單元174收納於內部具有空間之收納容器176。收納容器176具有供熱介質流入之流入口176a、及供熱介質流出之流出口176b。於圖24中，於收納容器176中發熱體單元174之容器本體171之長度方向之一端設置有流入口176a，於發熱體單元174之容器本體171之長度方向之另一端設置有流出口176b。自流入口176a流入之熱介質沿著密閉容器170之鰭片172呈螺旋狀移動，並自流出口176b流出。收納容器176由隔熱材料177覆蓋。作為熱介質，可使用反應性、腐蝕性較低

之氣體或不進行凝集、熱分解之氣體。熱介質例如較佳為水蒸氣、空氣、氮氣、氫氣、氦氣、氙氣、二氧化碳、氟氯碳化物系氣體及其等之混合氣體。

【0179】

於圖24中，密閉容器170與氫系氣體供給排氣集管178連接。氫系氣體供給排氣集管178與氫管179連接。藉此，反覆進行氫系氣體之供給與排氣。再者，亦可藉由將密閉容器170與氫系氣體供給排氣集管178設為裝卸自如而使得能夠更換發熱體單元174。

【0180】

如上所述，發熱體單元174藉由具有鰭片172而可使與熱介質之接觸面積增大，因此，可使發熱構造體173與熱介質之熱交換效率提高。

【0181】

發熱體單元174藉由在容器本體171之外周面呈螺旋狀設置有鰭片172，而可使熱介質沿著鰭片172呈螺旋狀移動，因此，與熱介質之接觸時間變長，可將發熱構造體173之熱確實地傳遞至熱介質。

【0182】

容器本體171之內表面包括6個平面，但可適當變更構成內表面之平面之數量。例如，亦可利用8個平面構成容器本體171之內表面，而使容器本體171之中空部之剖面形狀成為八邊形。

【0183】

收納容器176亦可構成為收納複數個發熱體單元174。例如，可於收納容器176之內部收納7個發熱體單元174。又，例如將超過20個之多個發熱體單元174收納於收納容器176之情形時，較佳為以熱介質在與發熱體

單元174之容器本體171之長度方向平行之方向上流動之方式變更流入口176a與流出口176b之位置。

【0184】

於上述之密閉容器170，使複數個發熱體55接觸容器本體171之內表面，使複數個發熱體55產生之熱直接傳遞至容器本體171，但亦可設置用以將複數個發熱體55自容器本體171之內表面隔開地支持並將複數個發熱體55產生之熱傳遞至容器本體171的傳熱支持部。

【0185】

如圖25所示，密閉容器180具有容器本體181、鰭片182及傳熱支持部183。密閉容器180收容具有複數個發熱體55之發熱構造體184。容器本體181除了中空部之剖面形狀呈圓形以外，具有與容器本體171相同之構成。即，容器本體181之內表面由曲面構成。鰭片182具有與鰭片172相同之構成。省略容器本體181與鰭片182之說明。由密閉容器180與發熱構造體184構成發熱體單元185。發熱體單元185整體上呈圓筒型。發熱體單元185例如收納於收納容器176而代替發熱體單元174(參照圖24)。圖25係將密閉容器180於與徑向正交之方向上切斷所得之剖視圖。

【0186】

傳熱支持部183設置於容器本體181之內部，支持複數個發熱體55，並將複數個發熱體55產生之熱傳遞至容器本體181。傳熱支持部183具有支持複數個發熱體55之支持柱183a、及連接支持柱183a與容器本體181之跨接部183b。於該例中，使用10 W之發熱體55。

【0187】

傳熱支持部183具有至少1個以上之支持柱183a、及至少1個以上之跨

接部183b，於該例中，具有4個支持柱183a與3個跨接部183b。4個支持柱183a係相互設置特定之間隔而配置。各支持柱183a沿著容器本體181之長度方向延伸，且其兩端藉由未圖示之固定構件固定於容器本體181。3個跨接部183b沿著各支持柱183a之長度方向設置特定之間隔而配置。各跨接部183b例如形成為板狀，且藉由未圖示之固定構件連接各支持柱183a與容器本體181。

【0188】

圖26係將容器本體181於徑向上切斷所得之剖視圖。如圖26所示，各支持柱183a形成為角柱狀，於該例中，係剖面為長方形之四角柱形狀。各支持柱183a係以特定之面相互面對之方式配置。即，4個支持柱183a配置成四角筒狀。將各支持柱183a之特定之面設為正面，將與特定之面為相反側之面設為背面。各支持柱183a之背面與容器本體181之內表面相對。各支持柱183a係於正面與背面之至少任一者支持發熱體55。於圖26中，於各支持柱183a之兩面(正面及背面)支持有發熱體55。於1個支持柱183a支持有12片發熱體55。各發熱體55與容器本體181之內表面不接觸而與容器本體181之內表面分離。

【0189】

作為傳熱支持部183之材料、即支持柱183a及跨接部183b之材料，例如可使用與容器本體181相同之材料。支持柱183a及跨接部183b於由銅形成之情形時，較佳為將厚度設為1 mm以上，於由鎳形成之情形時，較佳為將厚度設為4.4 mm以上，於由鎢形成之情形時，較佳為將厚度設為2 mm以上。藉由將傳熱支持部183設為上述之材料及各種尺寸，可經由支持柱183a及跨接部183b將發熱體55產生之熱傳遞至容器本體181及鰭片

182。又，即便於發熱體55之溫度瞬間上升之情形時，亦可防止傳熱支持部183溶解而破損。再者，代替如上述般使10 W之發熱體55支持於各支持柱183a之兩面，而使例如20 W之發熱體55支持於各支持柱183a之兩面之情形或使40 W之發熱體55支持於各支持柱183a之正面或背面之情形時，較佳為變更各種尺寸。例如，支持柱183a及跨接部183b於由銅形成之情形時，較佳為將厚度設為2 mm以上，於由鎳形成之情形時，較佳為將厚度設為8.4 mm以上，於由鎢形成之情形時，較佳為將厚度設為4 mm以上。

【0190】

如上所述，發熱體單元185藉由具有傳熱支持部183，可使發熱體55產生之熱有效率地傳遞至容器本體181及鰭片182，因此，可使發熱構造體184與熱介質之熱交換效率提高。

【0191】

傳熱支持部183具有4個支持柱183a，但可適當變更支持柱183a之數量。例如，既可將1個支持柱183a配置於容器本體181之中央，亦可將6個支持柱183a配置成六角筒狀。又，傳熱支持部183具有3個跨接部183b，但可適當變更跨接部183b之數量。

【0192】

傳熱支持部183亦可設置於內表面由平面構成之容器本體171之內部。藉此，於構成容器本體171之內表面之各平面配置複數個發熱體55，並於傳熱支持部183支持複數個發熱體55，因此，可增加發熱體55之數量。

【0193】

上述之發熱體單元174、185呈圓筒型，但發熱體單元亦可設為平板型。

【0194】

如圖27所示，發熱體單元190具備被供給氫系氣體之密閉容器191、及收容於密閉容器191之發熱構造體192。發熱體單元190例如設為縱向之長度為800 mm、橫向之長度為600 mm且厚度為15 mm之平板型。圖27係將平板型之發熱體單元190於與厚度方向正交之方向上切斷所得之剖視圖。

【0195】

密閉容器191包括內部具有空間之容器本體193。容器本體193形成為平板狀，於該例中，中空部之剖面形狀呈四邊形。發熱構造體192具有複數個發熱體55，於該例中，由60片發熱體55形成。

【0196】

容器本體193與氫系氣體供給排氣集管194連接。氫系氣體供給排氣集管194與氫管195連接。藉此，反覆進行氫系氣體之供給與排氣。

【0197】

圖28係將平板型之發熱體單元190於厚度方向上切斷所得之剖視圖。如圖28所示，容器本體193具有第1內表面193a、及與第1內表面193a相面對之第2內表面193b。於第1內表面193a與第2內表面193b接觸地配置有複數個發熱體55。於該例中，60片發熱體55中，30片發熱體55配置於第1內表面193a，30片發熱體55配置於第2內表面193b。配置於第1內表面193a之各發熱體55與配置於第2內表面193b之各發熱體55係相互面對。

【0198】

如圖29所示，發熱體單元190收納於內部具有空間之收納容器196。收納容器196之外形例如設為容器本體193之相似形。以於1個收納容器196收納1個發熱體單元190之情形為例進行說明，但亦可構成於1個收納容器196收納複數個發熱體單元190。

【0199】

於收納容器196設置有噴射熱介質之噴嘴部196a、及供熱介質流出之流出口196b。噴嘴部196a將熱介質藉由自前端噴射而吹送至發熱體單元190之表面。於收納容器196設置至少1個以上之噴嘴部196a及至少1個以上之流出口196b。於圖29中，於與發熱體單元190對向之2個壁部之各者設置有噴嘴部196a，於與設置有各噴嘴部196a之壁部不同之2個壁部之各者設置有流出口196b。

【0200】

噴嘴部196a具有噴射熱介質之噴射部198、及與噴射部198連接之配管部199。噴射部198設置於噴嘴部196a之前端。配管部199將熱介質引導至噴射部198。自噴射部198噴射並吹送至發熱體單元190之熱介質自流出口196b向收納容器196之外部流出。於圖29中，各噴嘴部196a分別具有11個噴射部198。

【0201】

如上所述，發熱體單元190可藉由將密閉容器191之容器本體193形成為平板狀，並於容器本體193之第1內表面193a與第2內表面193b配置複數個發熱體55而形成，因此，容易製造，且可抑制製造成本。

【0202】

發熱體單元190係密閉容器191包括容器本體193之構成，但亦可於容

器本體193之外表面設置鰭片。

【0203】

如圖30所示，發熱體單元200具備密閉容器201而代替發熱體單元190之密閉容器191。密閉容器201具有容器本體193、及設置於容器本體193之外表面之鰭片202。密閉容器201具有至少1個以上之鰭片202。鰭片202由複數個肋203形成。圖30係由複數個肋203形成之密閉容器201之俯視圖。再者，於密閉容器201收容發熱構造體192(參照圖27及圖28)。即，發熱體單元200具備被供給氫系氣體之密閉容器201、及收容於密閉容器201之發熱構造體192。

【0204】

圖31係具有由複數個肋203形成之鰭片202之密閉容器201之側視圖。如圖31所示，於容器本體193之外表面中相互對向之2個面之各者設置有鰭片202。複數個肋203自容器本體193之外表面突出。於該例中，於容器本體193之外表面中相互對向之2個面之各者設置有16個肋203。

【0205】

具有鰭片202之發熱體單元200例如收納於收納容器176(參照圖24)或設置有噴嘴部196a之收納容器196(參照圖29)等。例如將具有鰭片202之發熱體單元200收納於收納容器196之情形時，較佳為以複數個肋203之長度方向與熱介質之流通方向一致之方式配置發熱體單元200。發熱體單元200藉由具有鰭片202而可使與熱介質之接觸面積增大，因此，可使發熱構造體192與熱介質之熱交換效率提高。

【0206】

亦可準備複數個收納容器176或收納容器196並將其等串聯地連接。

由於發熱體單元190或發熱體單元200之數量增加，故可謀求輸出之提高。

【0207】

圖24所示之發熱單元174、圖25所示之發熱體單元185、圖27所示之發熱體單元190、圖30所示之發熱體單元200可代替圖16所示之發熱體單元103而使用於發熱裝置101。

【符號說明】

【0208】

- 10 熱利用系統
- 11 發熱裝置
- 12 熱利用裝置
- 15 密閉容器
- 15a 排氣口
- 15b 供給口
- 16 氣體排出部
- 16a 真空泵
- 16b 排氣用配管
- 16c 排氣用閥
- 17 氣體供給部
- 17a 儲氣瓶
- 17b 供給用配管
- 17c 供給用閥
- 18 發熱模組

19	控制部
20	發熱構造體
21	加熱器
22	溫度感測器
23	電源
24	溫度感測器
31	收納容器
31a	流出口
31b	流入口
32	熱介質流通部
32a	第1配管
32b	第2配管
32c	第3配管
32d	第4配管
32e	泵
32f	熱介質流量控制部
32g	蒸汽配管
32h	供水配管
33	燃氣渦輪機
33a	壓縮機
33b	渦輪機
34	蒸汽發生器
34a	內部配管

34b	熱交換部
34c	蒸汽配管
34d	供水配管
34g	蒸汽配管
34h	供水配管
35	蒸汽渦輪機
36	史特林引擎
36a	汽缸部
36b	換氣活塞
36c	動力活塞
36d	流路
36e	曲柄部
37	熱電轉換器
37a	熱電轉換模組
37b	冷卻部
38	發電機
39	發電機
40	發電機
42	膨脹空間
43	壓縮空間
45	高溫部
46	低溫部
47	再生器

48	傳熱管
49	冷卻管
50	爐芯管
51	軸部
52	支持部
53	螺絲
55	發熱體
56	保持器
57	框架
57a	內側框架
57b	外側框架
60	槽
61	螺絲
62	開口
66	台座
67	多層膜
71	第1層
72	第2層
73	異種物質界面
75	發熱體
77	第3層
78	異種物質界面
80	發熱體

82	第4層
83	異種物質界面
85	發熱體
86	發熱體
90	熱利用系統
91	火力發電設備
92	鍋爐
93	火爐
94	燃燒器
95	燃料供給管線
96	空氣供給管線
97	煙道
98	煙囪
99	熱交換器
101	發熱裝置
102	熱利用裝置
103	發熱體單元
104	密閉容器
105	發熱體
106	發熱構造體
108	殼體
109	空氣入口
110	空氣出口

120	氫系氣體供給排氣集管
121	氫管
125	燃燒用空氣循環管線
126	流量可變循環風扇
127	循環流量控制部
128	溫度感測器
129	溫度感測器
130	溫度感測器
140	熱利用系統
142	鍋爐(燃燒裝置)
143	二氧化碳分離回收裝置
145	吸收塔
146	再生塔
147	再沸器
147a	收納容器
147b	熱介質流通部
148	吸收部
149	富液
150	再生部
151	貧液
152	貧液供給噴嘴
153	富液供給噴嘴
154	吸收液蒸汽

155	熱交換器
160	熱利用系統
162	甲烷製造裝置
163	反應器
164	原料氣體供給管線
165	原料氣體加熱器
165a	收納容器
165b	熱介質流通部
167	觸媒
168	電解裝置
170	密閉容器
171	容器本體
172	鰭片
173	發熱構造體
174	發熱體單元
176	收納容器
176a	流入口
176b	流出口
177	隔熱材料
178	氫系氣體供給排氣集管
179	氫管
180	密閉容器
181	容器本體

182	鰭片
183	傳熱支持部
183a	支持柱
183b	跨接部
184	發熱構造體
185	發熱體單元
190	發熱體單元
191	密閉容器
192	發熱構造體
193	容器本體
193a	第1內表面
193b	第2內表面
194	氫系氣體供給排氣集管
195	氫管
196	收納容器
196a	噴嘴部
196b	流出口
198	噴射部
199	配管部
200	發熱體單元
201	密閉容器
202	鰭片
203	肋

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種熱利用系統，其具備：

密閉容器，其被供給氫系氣體；

發熱構造體，其收容於上述密閉容器，且呈放射狀配置有複數個藉由上述氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體；及

熱利用裝置，其利用藉由上述發熱體之熱而被加熱之熱介質作為熱源；

上述發熱體具有由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於上述台座之多層膜，且

上述多層膜具有：第1層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，且厚度未達1000 nm；及第2層，其由與上述第1層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成，且厚度未達1000 nm。

【第2項】

如請求項1之熱利用系統，其中上述發熱構造體係於上述密閉容器之內部中上述氫系氣體流動之方向上排列有複數個。

【第3項】

如請求項1之熱利用系統，其具備收容於上述密閉容器且形成為筒狀之加熱器，且

上述發熱構造體配置於由上述加熱器之內表面形成之空間。

【第4項】

如請求項1之熱利用系統，其中上述熱利用裝置具有收納上述密閉容器之收納容器，且

上述熱介質係藉由通過由上述收納容器之內表面與上述密閉容器之外表面形成之間隙而被加熱。

【第5項】

如請求項4之熱利用系統，其中上述熱利用裝置具有使上述熱介質於上述收納容器之內部與外部之間流通之熱介質流通部。

【第6項】

如請求項5之熱利用系統，其中上述熱利用裝置具有燃氣渦輪機、蒸汽渦輪機、史特林引擎及熱電轉換器中之至少任一者。

【第7項】

如請求項1之熱利用系統，其中上述第1層係由Ni、Pd、Cu、Mn、Cr、Fe、Mg、Co、其等之合金中之任一者形成，且

上述第2層係由Ni、Pd、Cu、Mn、Cr、Fe、Mg、Co、其等之合金、SiC中之任一者形成。

【第8項】

如請求項1之熱利用系統，其中上述多層膜除了具有上述第1層及上述第2層以外，還具有由與上述第1層及上述第2層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成且厚度未達1000 nm的第3層。

【第9項】

如請求項8之熱利用系統，其中上述第3層係由CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一者形成。

【第10項】

如請求項9之熱利用系統，其中上述多層膜除了具有上述第1層、上述第2層及上述第3層以外，還具有由與上述第1層、上述第2層及上述第3

層不同之氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成且厚度未達1000 nm的第4層。

【第11項】

如請求項10之熱利用系統，其中上述第4層係由Ni、Cu、Cr、Fe、Mg、Co、其等之合金、SiC、CaO、Y₂O₃、TiC、LaB₆、SrO、BaO中之任一者形成。

【第12項】

一種熱利用系統，其具備：

密閉容器，其被供給氫系氣體；

發熱構造體，其收容於上述密閉容器，且具有藉由上述氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之發熱體；

燃燒裝置，其使燃料與燃燒用空氣燃燒而產生熱；及

熱利用裝置，其利用上述發熱體之熱而將上述燃燒用空氣預熱；

上述發熱體具有由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於上述台座之多層膜，且

上述多層膜具有：第1層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成且厚度未達1000 nm；及第2層，其由與上述第1層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成且厚度未達1000 nm。

【第13項】

如請求項12之熱利用系統，其具備：

燃燒用空氣循環管線，其使上述燃燒用空氣循環；

流量可變循環風扇，其設置於上述燃燒用空氣循環管線；及

循環流量控制部，其驅動上述流量可變循環風扇，控制上述燃燒用空氣之循環流量。

【第14項】

如請求項12或13之熱利用系統，其進而具備二氧化碳分離回收裝置，該二氧化碳分離回收裝置係利用藉由上述發熱體之熱而被加熱之熱介質作為熱源，將自上述燃燒裝置排出之排出氣體中所含之二氧化碳分離並回收。

【第15項】

如請求項12或13之熱利用系統，其具備甲烷製造裝置，該甲烷製造裝置具有自包含二氧化碳與氫氣之原料氣體生成甲烷之觸媒，利用藉由上述發熱體之熱而被加熱之熱介質作為熱源而將上述原料氣體加熱，藉而使上述二氧化碳與上述氫氣反應。

【第16項】

一種發熱裝置，其具備：

密閉容器，其被供給氫系氣體；及

發熱構造體，其收容於上述密閉容器，且呈放射狀配置有藉由上述氫系氣體中所含之氫之吸藏與釋放而產生熱之複數個發熱體；

上述發熱體具有由氫吸藏金屬、氫吸藏合金或質子導電體形成之台座、及設置於上述台座之多層膜，且

上述多層膜具有：第1層，其由氫吸藏金屬或氫吸藏合金形成，且厚度未達1000 nm；及第2層，其由與上述第1層不同之氫吸藏金屬、氫吸藏合金或陶瓷形成，且厚度未達1000 nm。

【第17項】

如請求項16之發熱裝置，其中上述發熱構造體係於上述密閉容器之內部中上述氫系氣體流動之方向上排列有複數個。

【第18項】

如請求項16或17之發熱裝置，其中上述密閉容器具有收容上述發熱構造體之容器本體、及設置於上述容器本體之外表面之鰭片。

【第19項】

如請求項18之發熱裝置，其中上述容器本體形成為筒狀，且上述鰭片呈螺旋狀設置於上述容器本體之外周面。

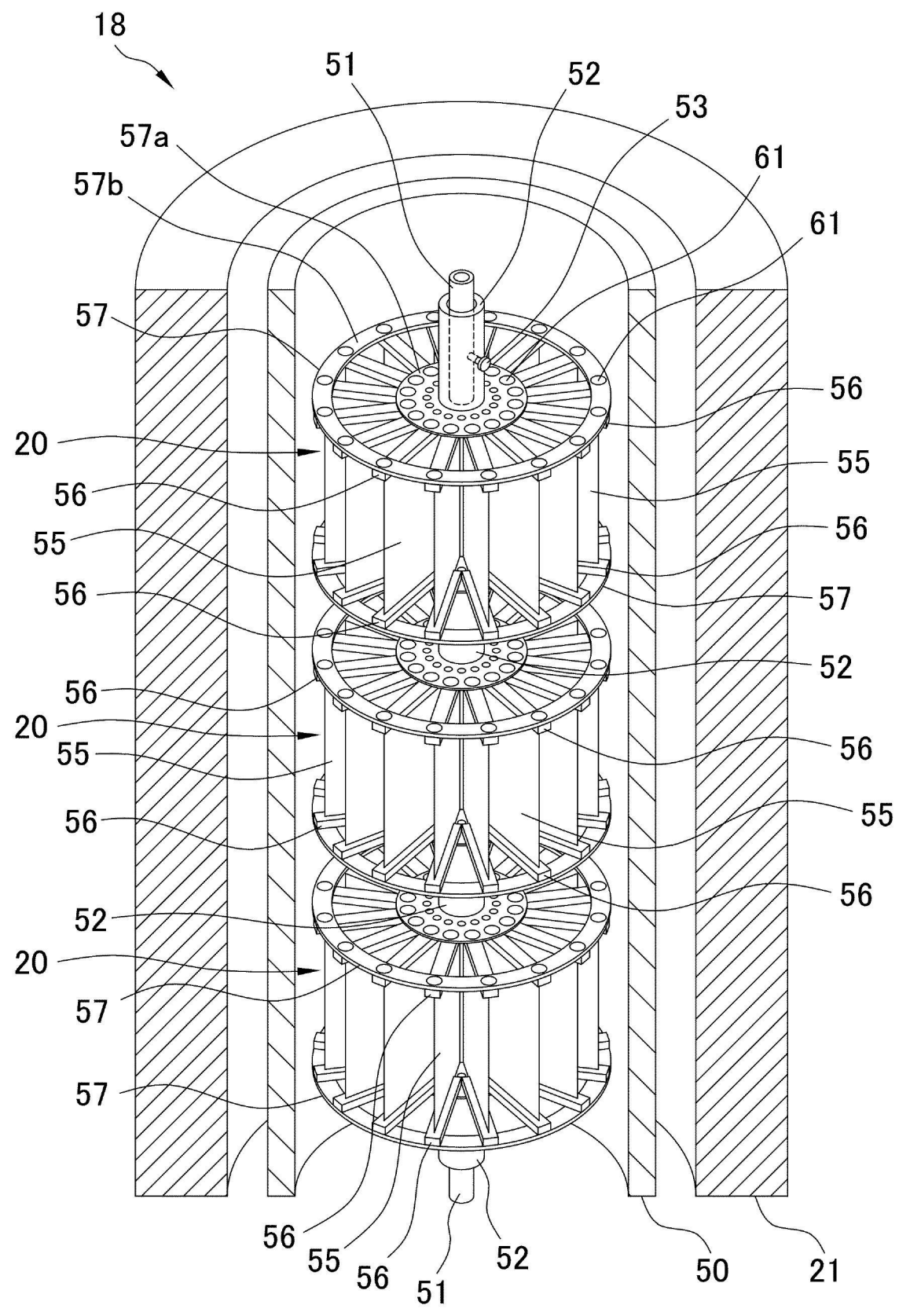
【第20項】

如請求項18之發熱裝置，其中上述密閉容器進而具有傳熱支持部，該傳熱支持部設置於上述容器本體之內部，支持複數個上述發熱體，將複數個上述發熱體產生之熱傳遞至上述容器本體。

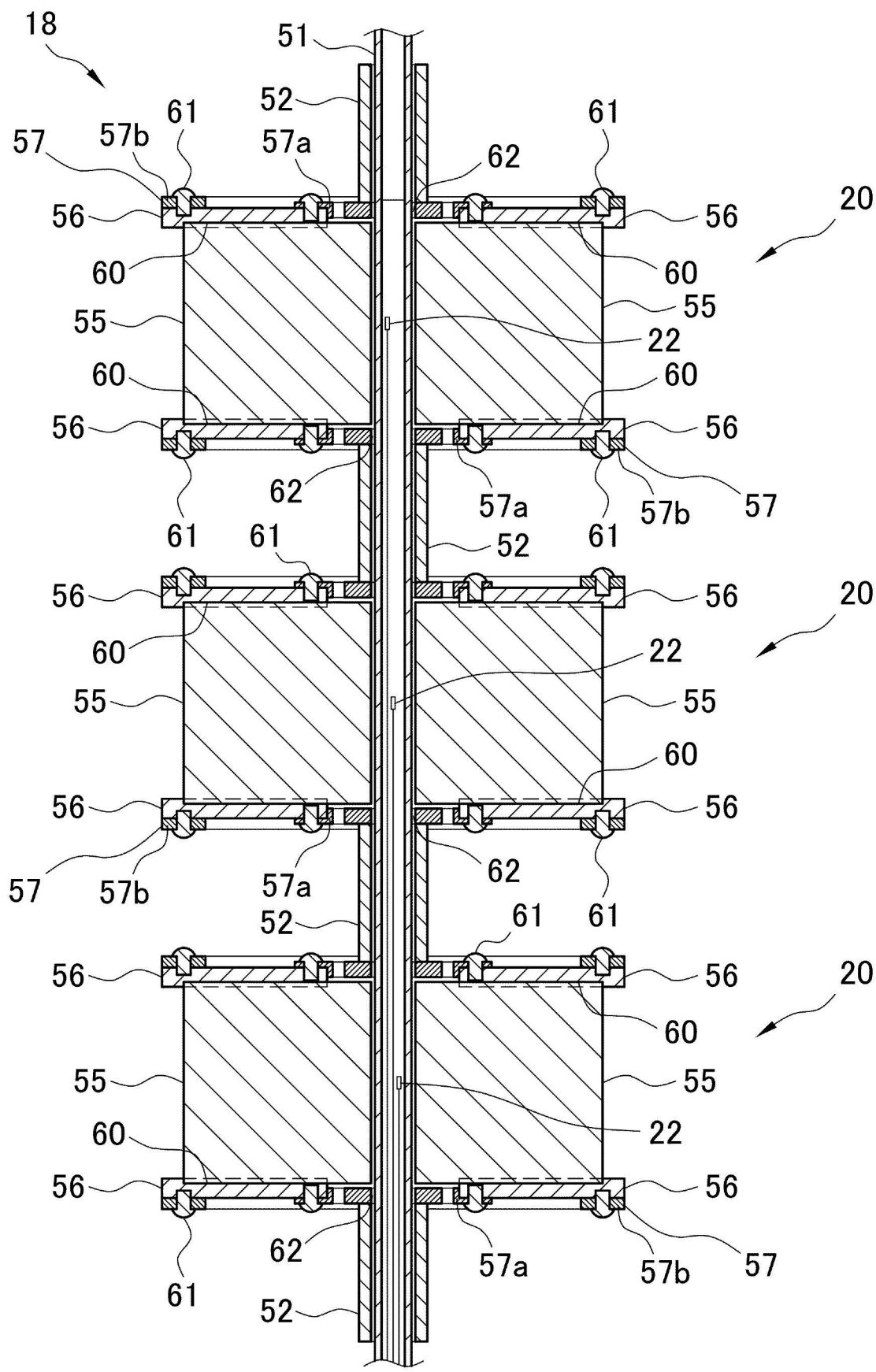
【第21項】

如請求項18之發熱裝置，其中上述容器本體形成為平板狀，且上述鰭片係由自上述容器本體之外表面突出之複數個肋形成。

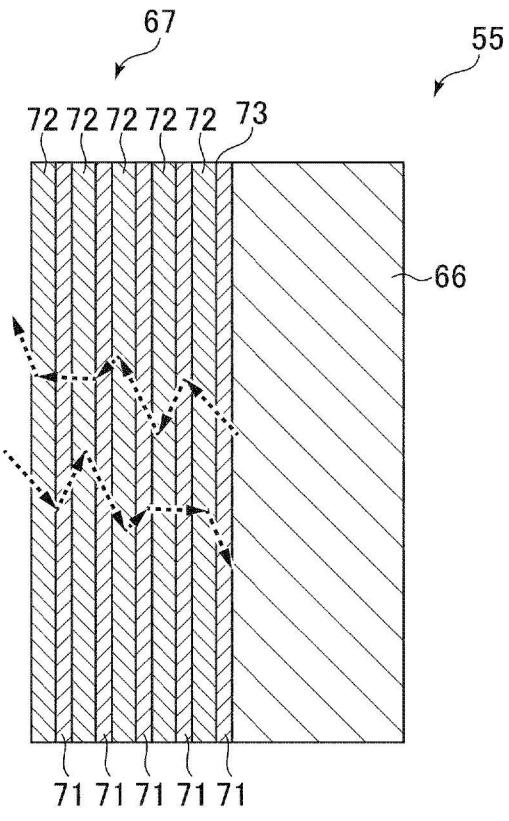




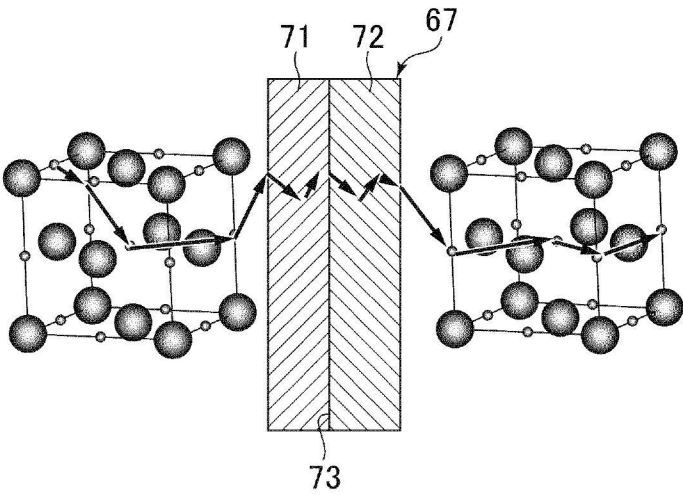
【圖2】



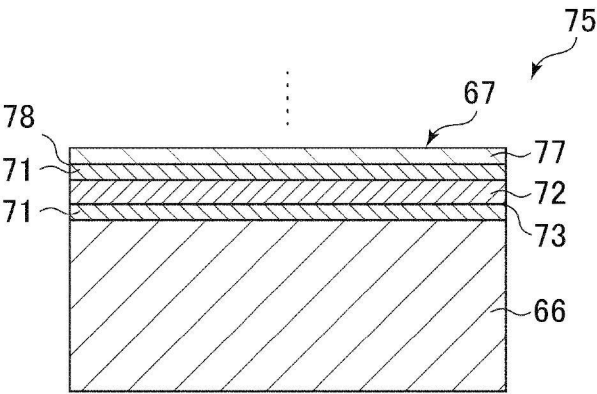
【圖3】



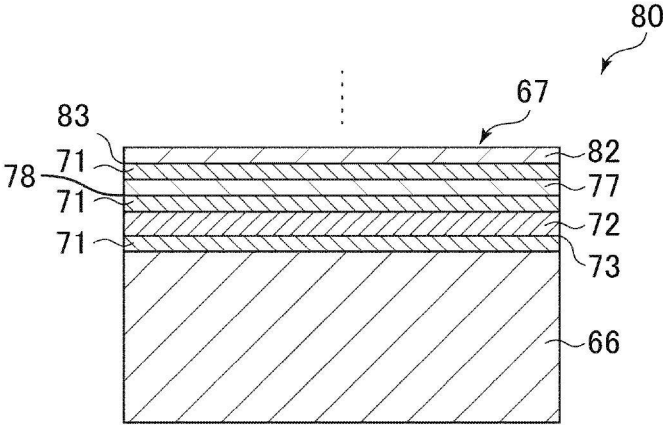
【圖4】



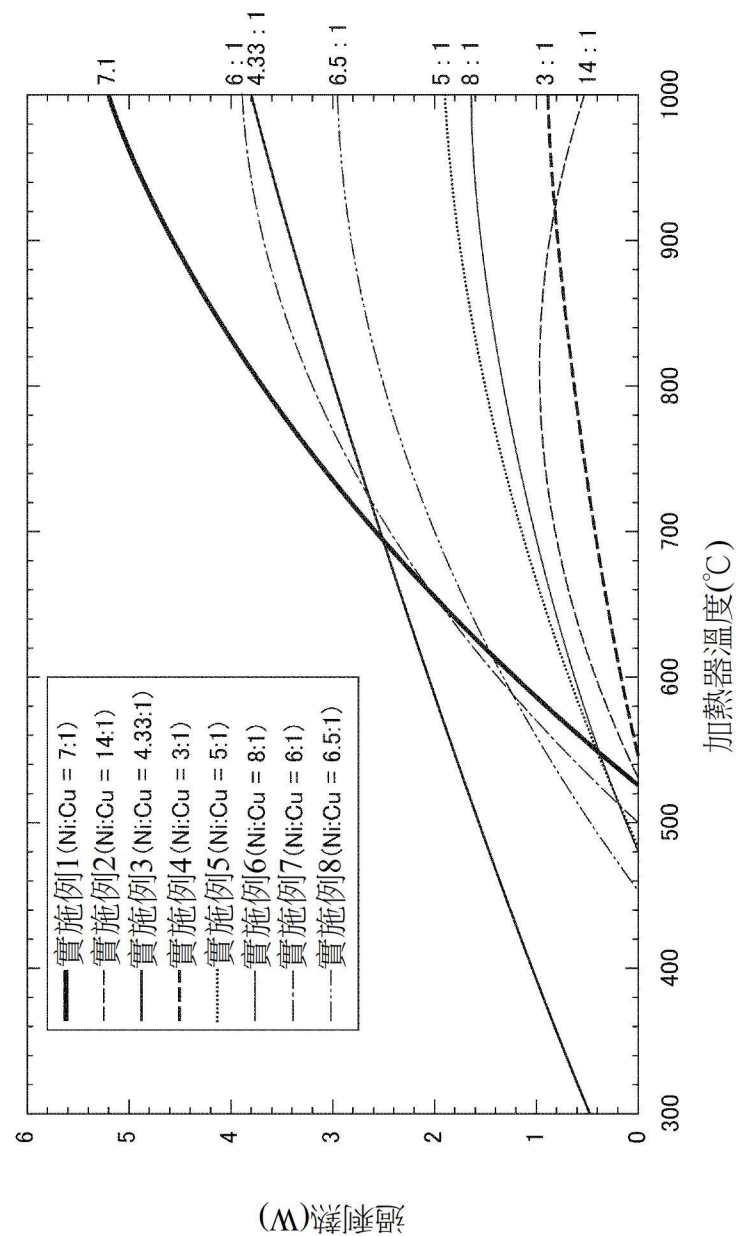
【圖5】



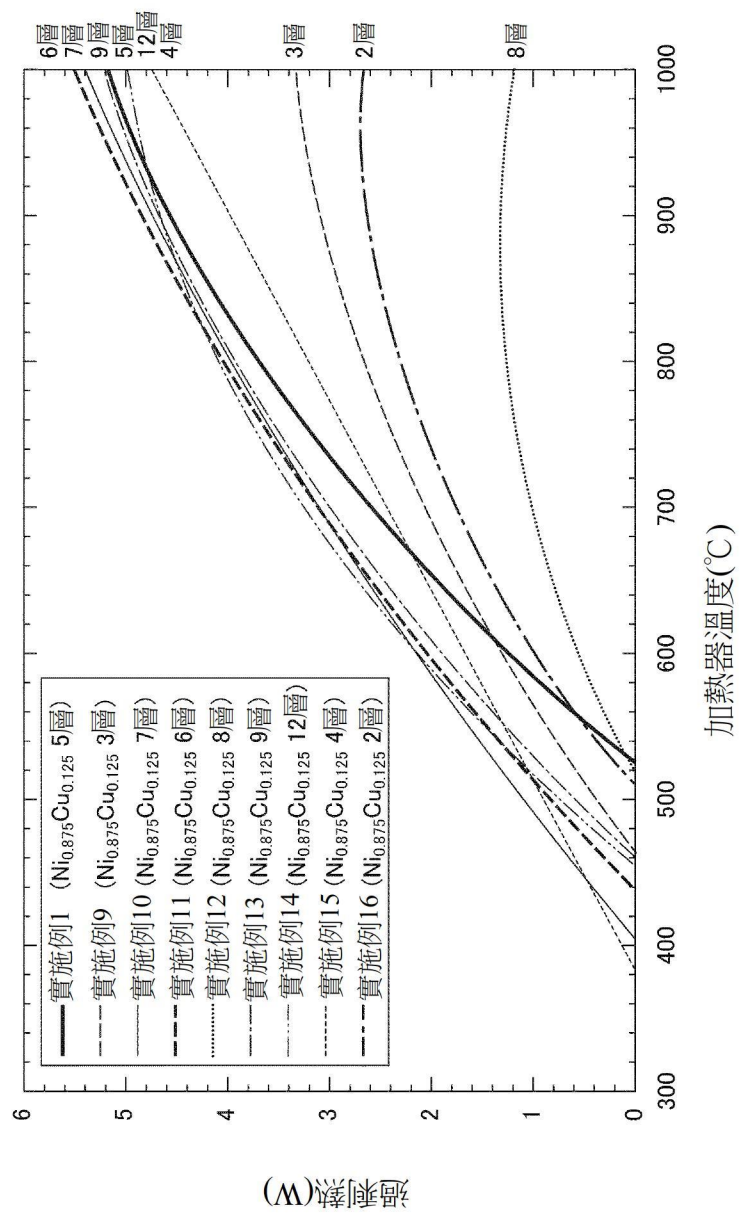
【圖6】



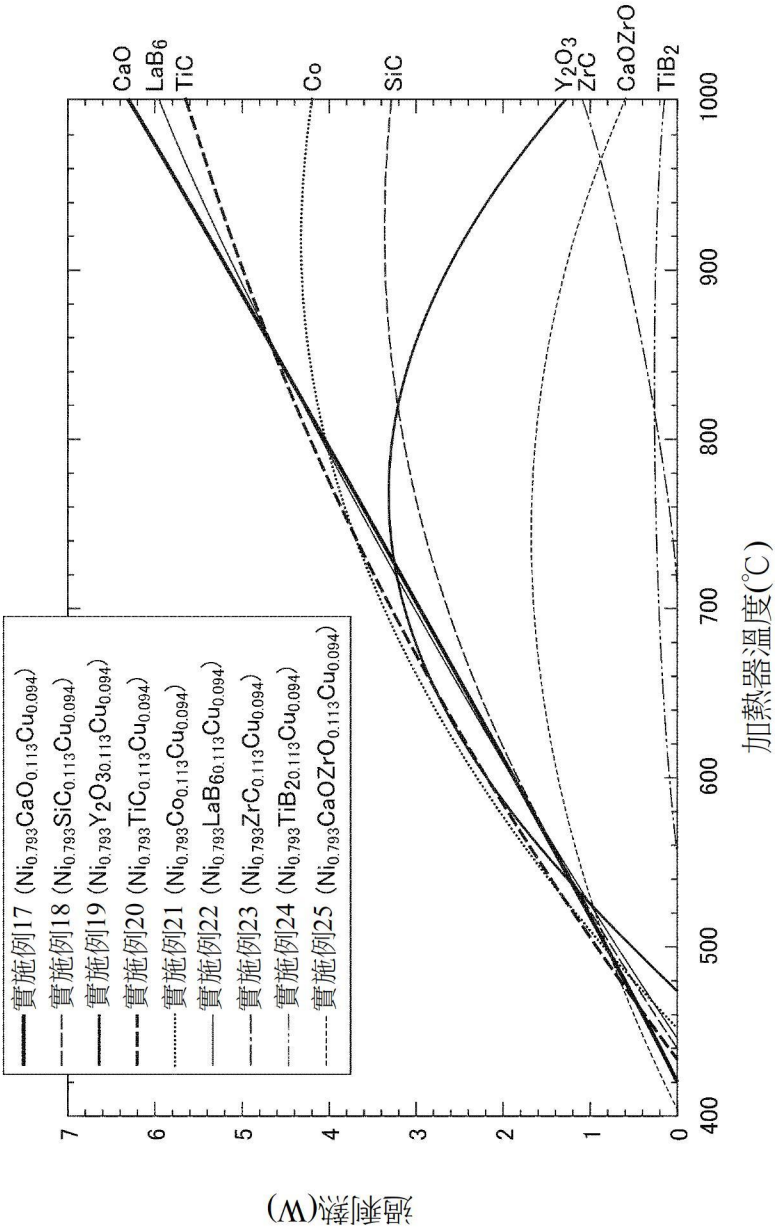
【圖7】



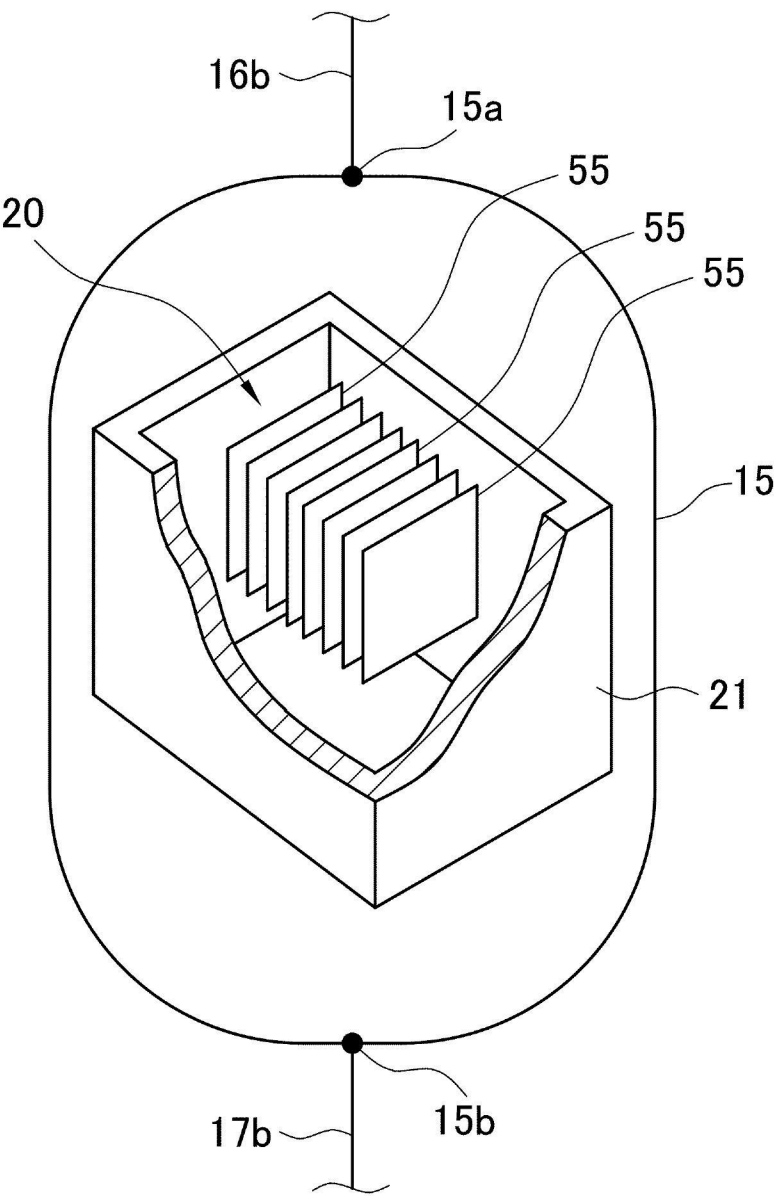
【圖8】



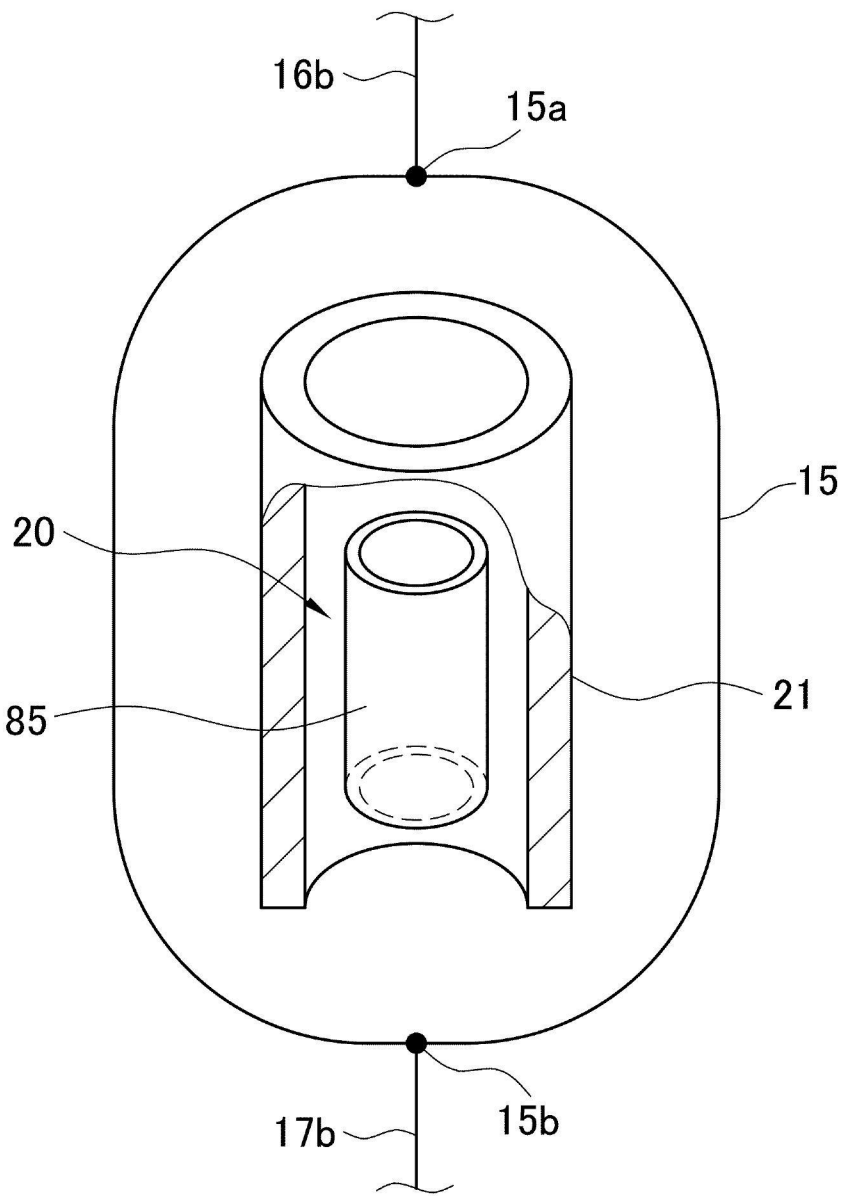
【圖9】



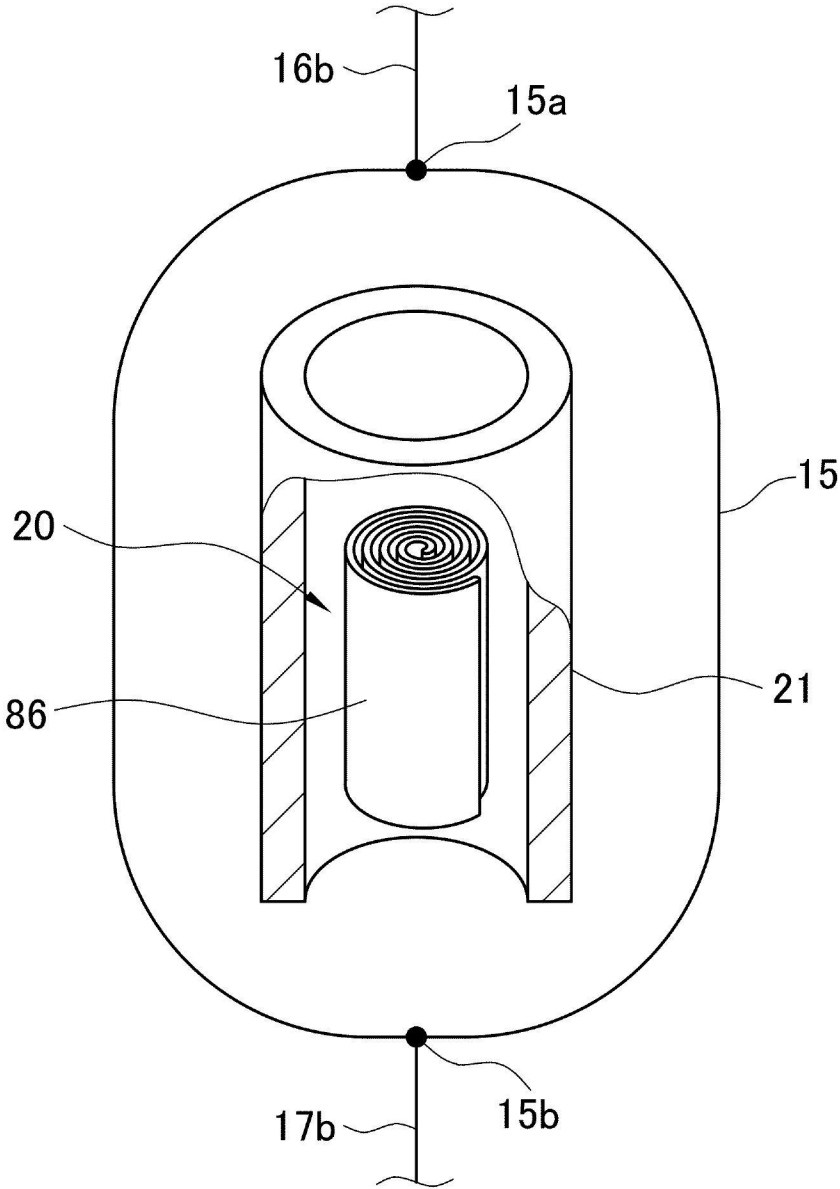
【圖10】



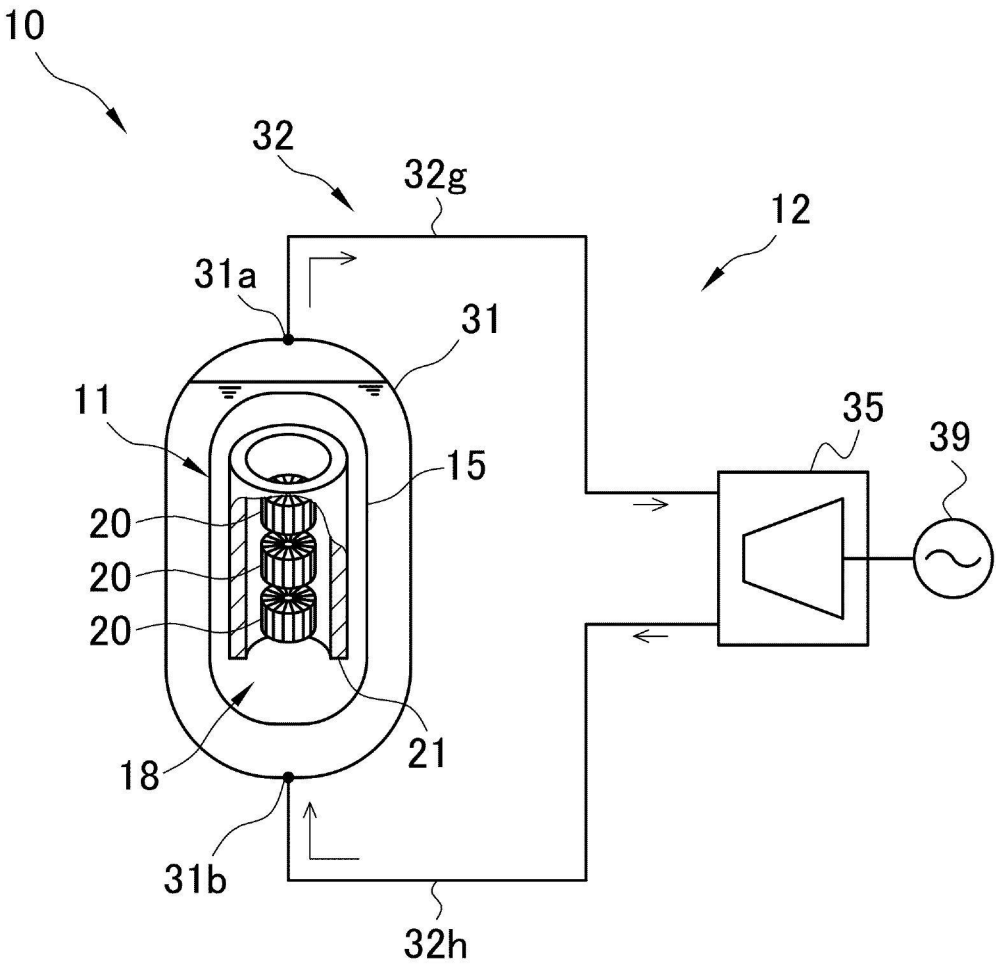
【圖11】



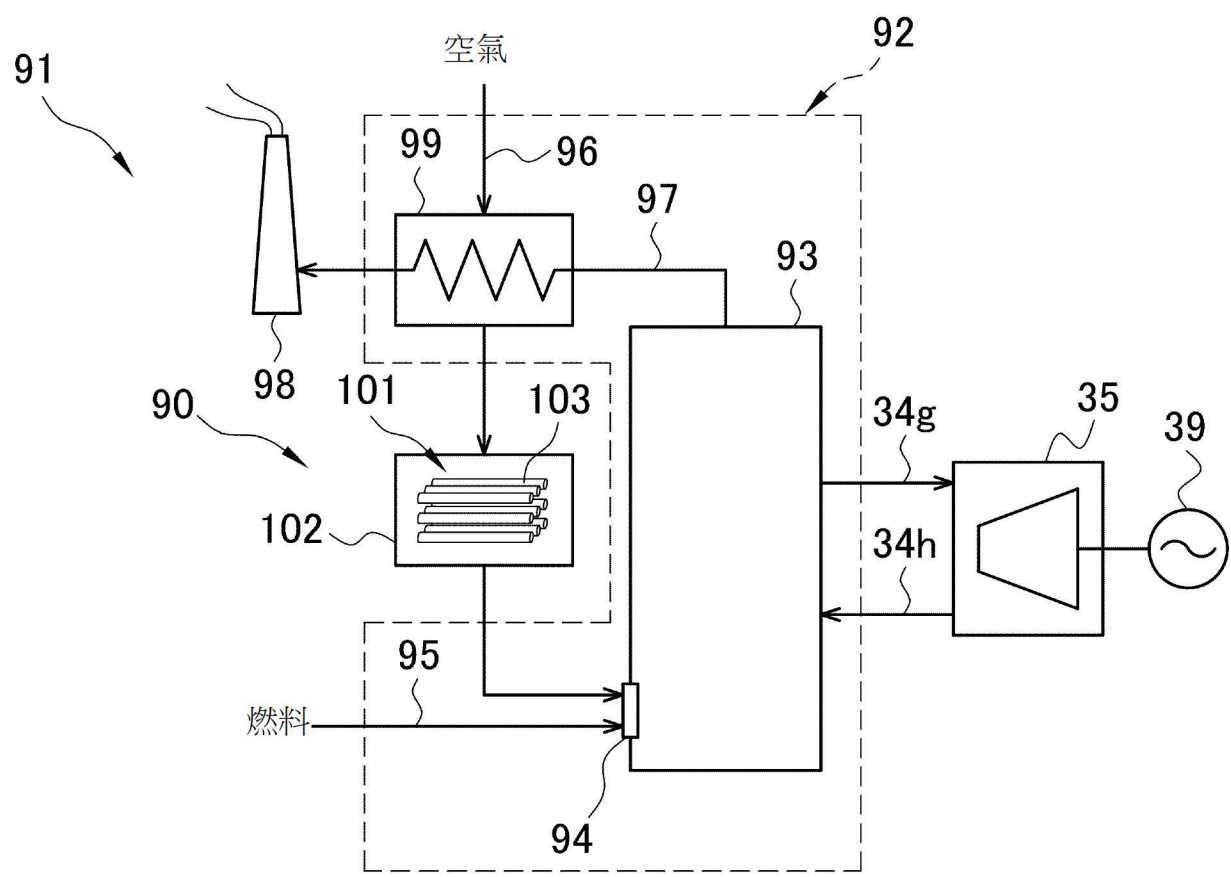
【圖12】



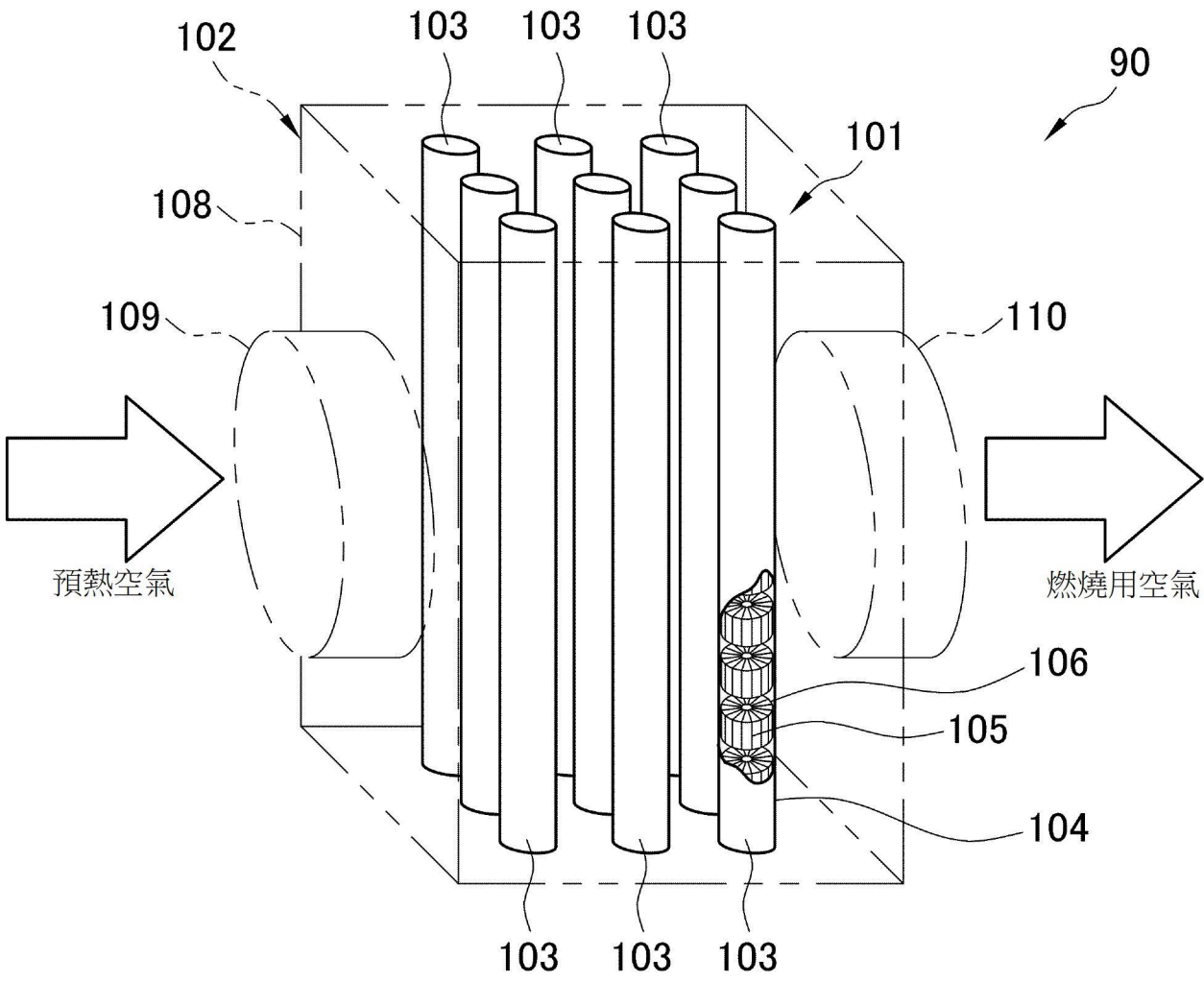
【圖13】



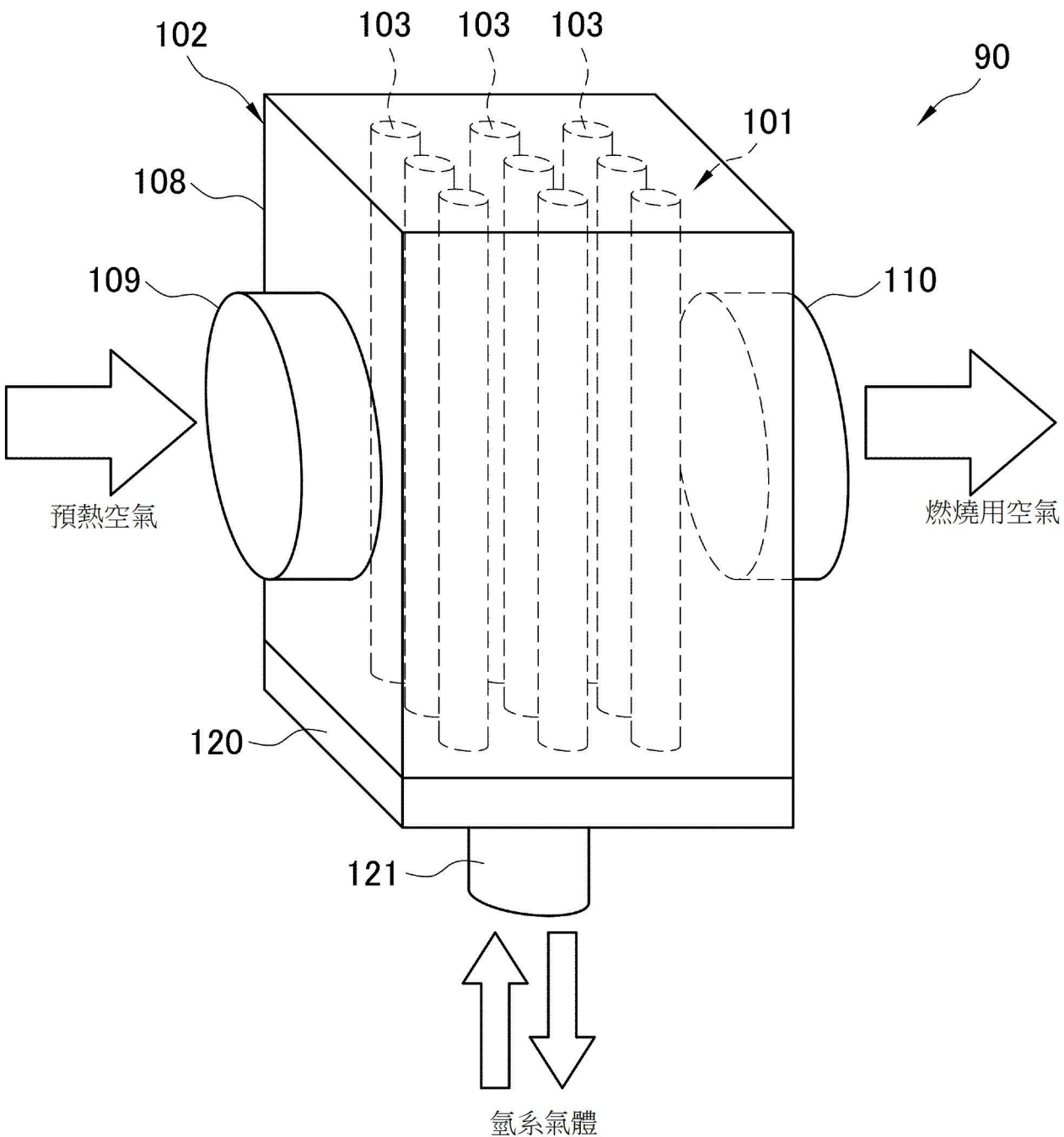
【圖14】



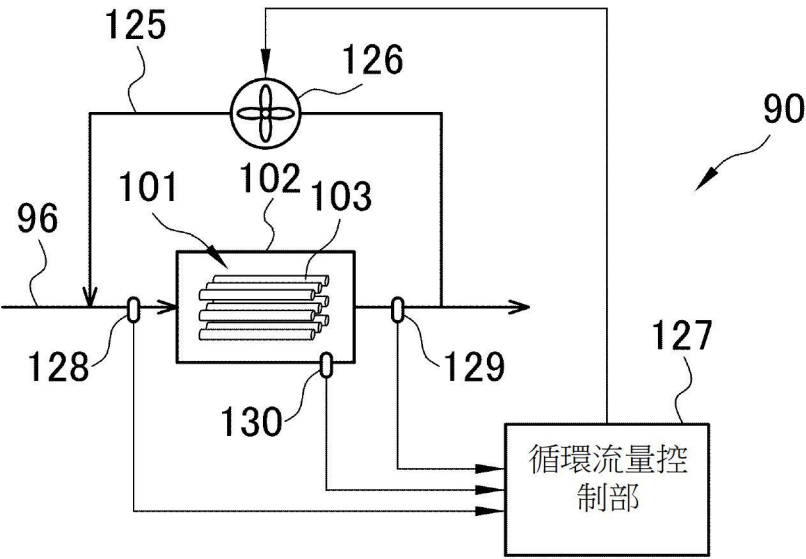
【圖15】



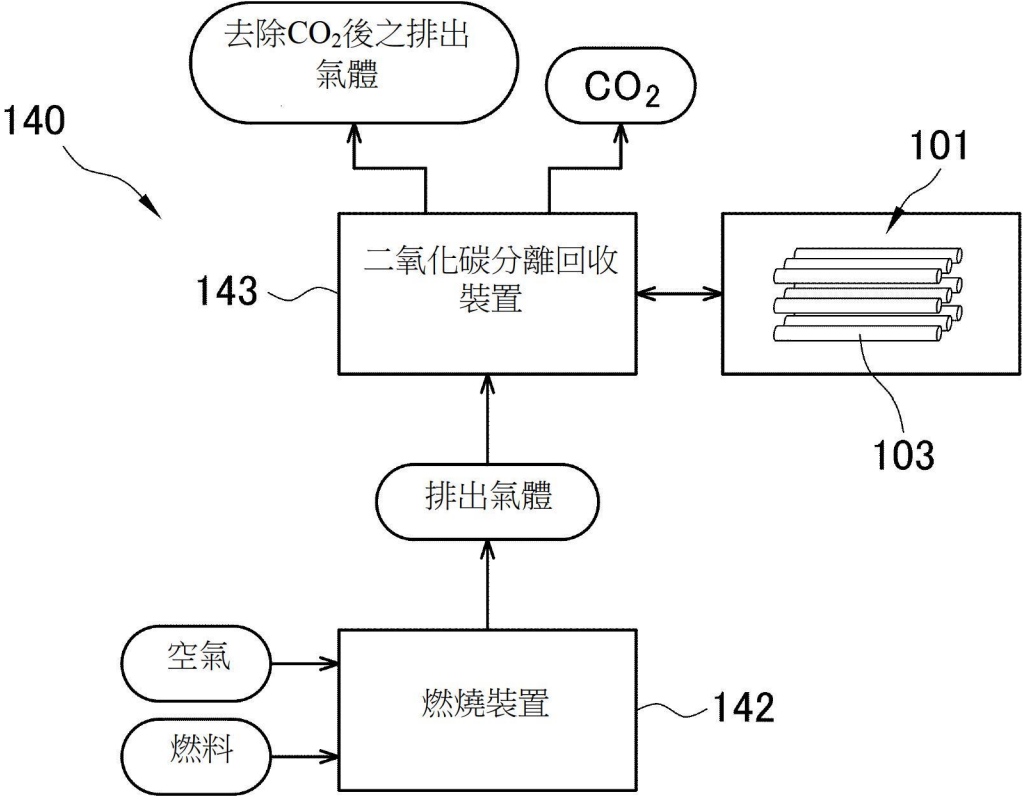
【圖16】



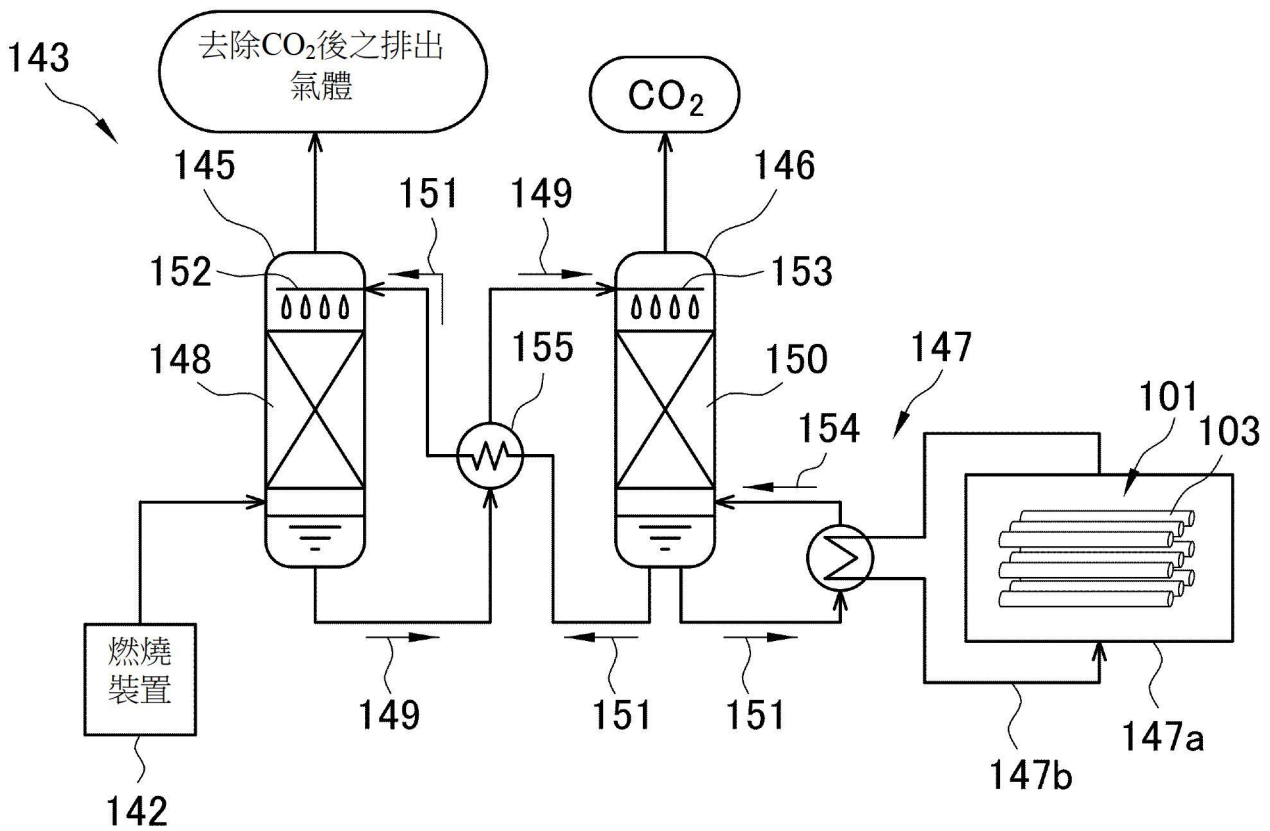
【圖17】



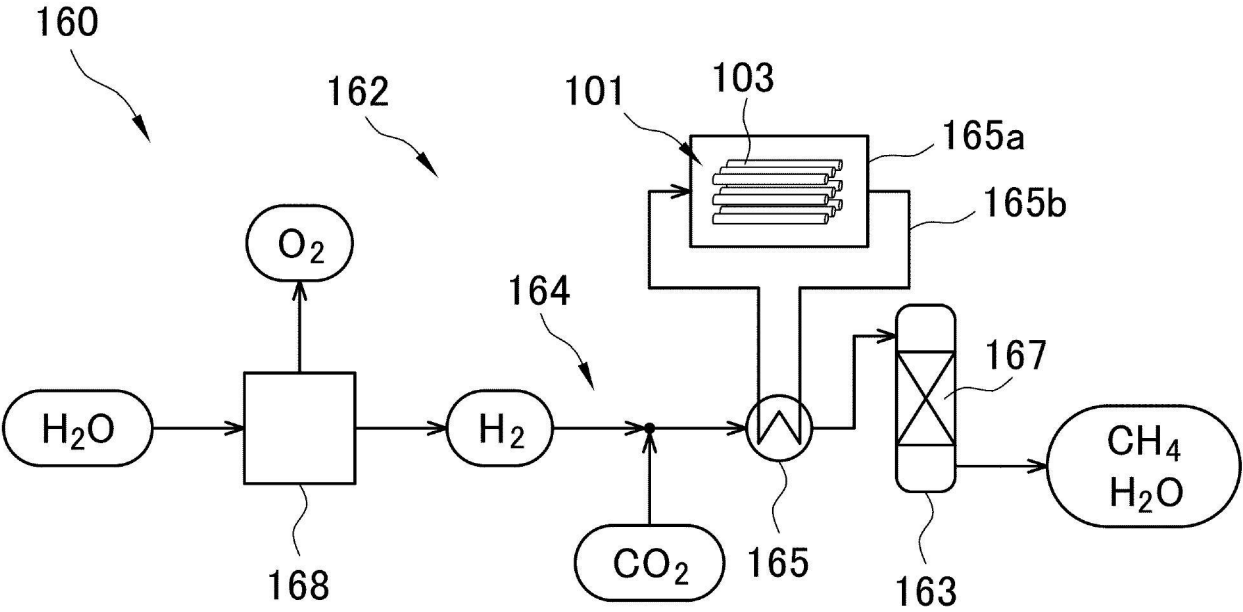
【圖18】



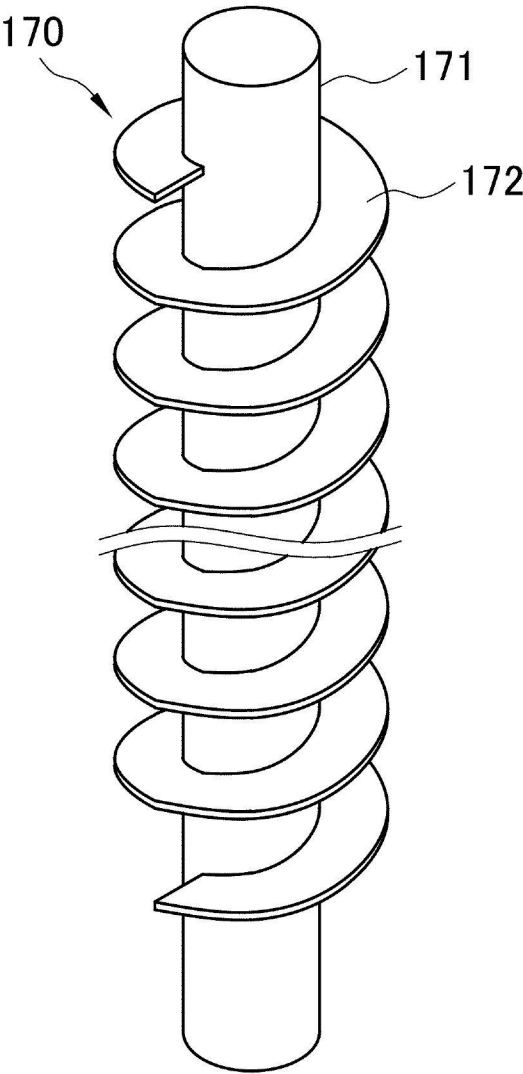
【圖19】



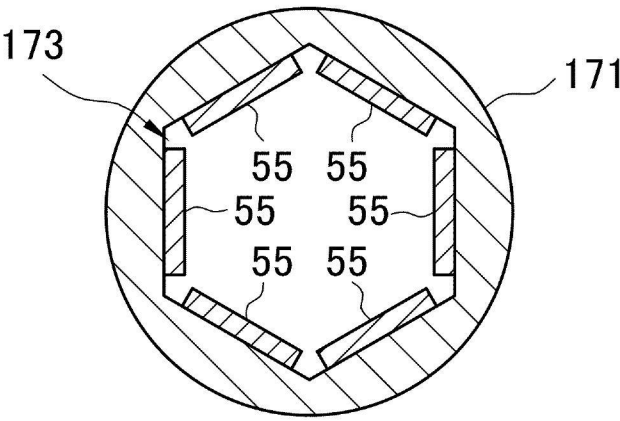
【圖20】



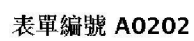
【圖21】



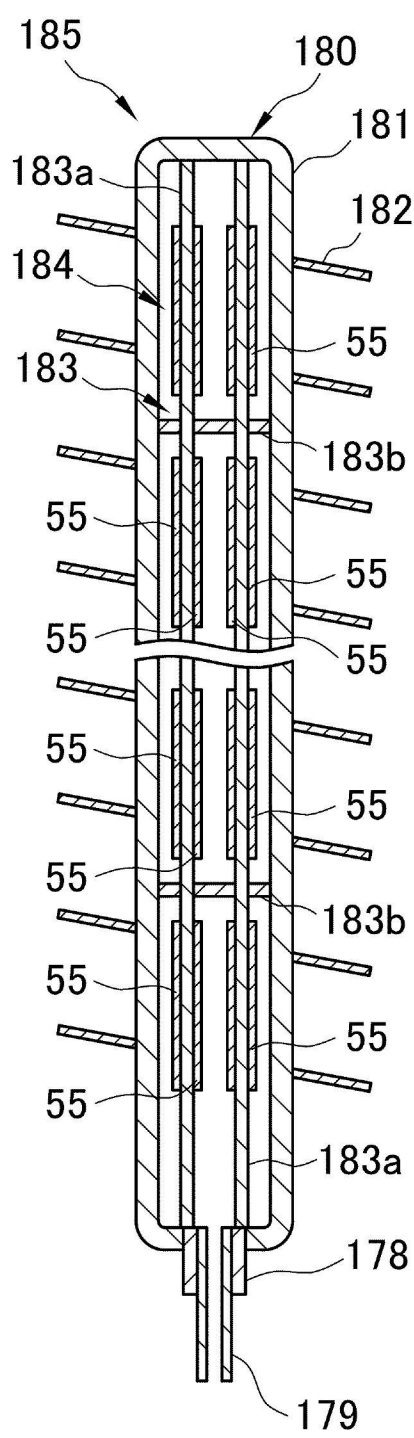
【圖22】



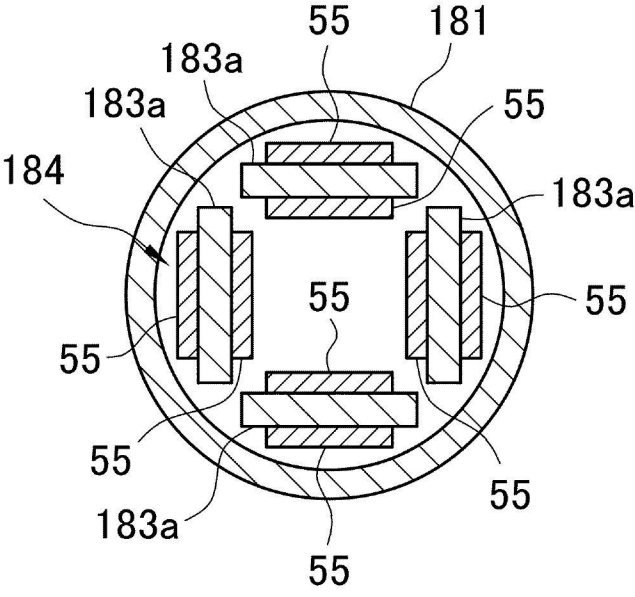
【圖23】



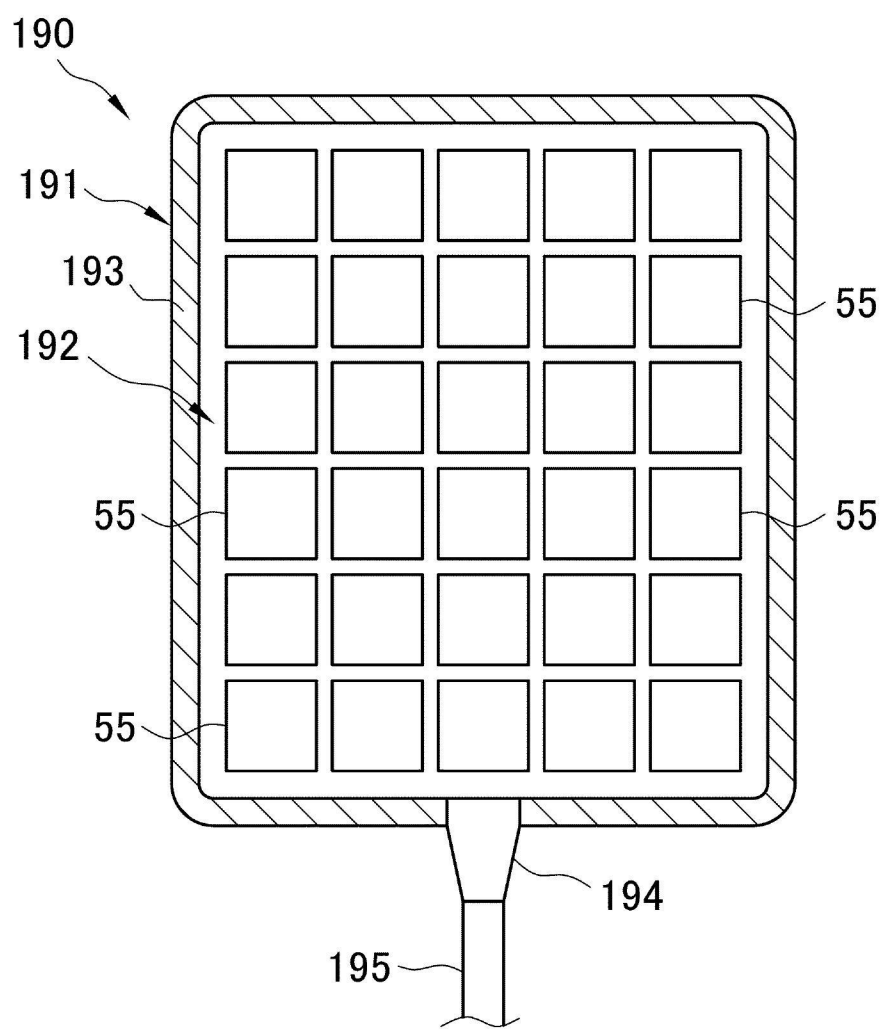
第 24 頁，共 31 頁(發明圖式)



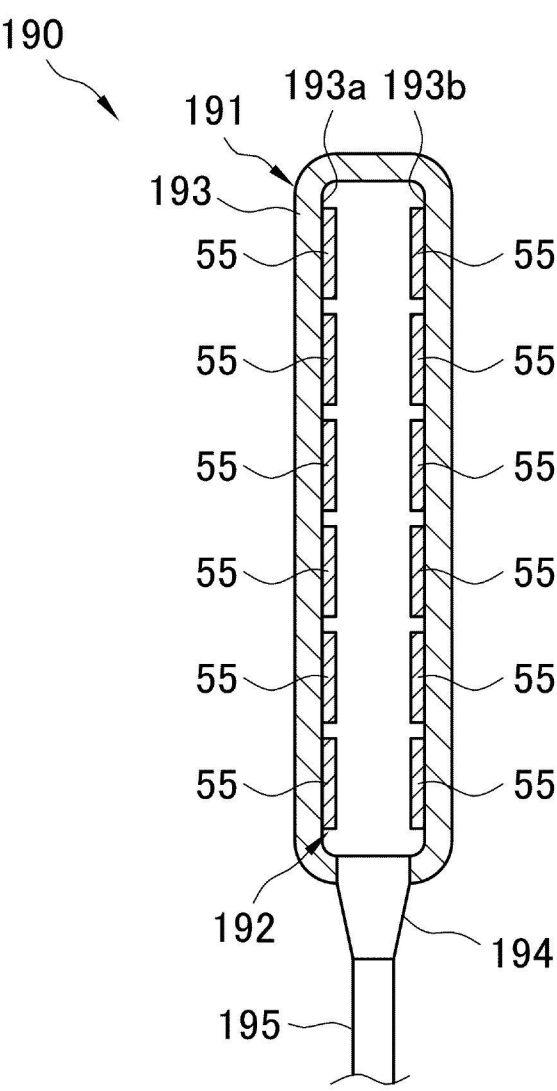
【圖25】



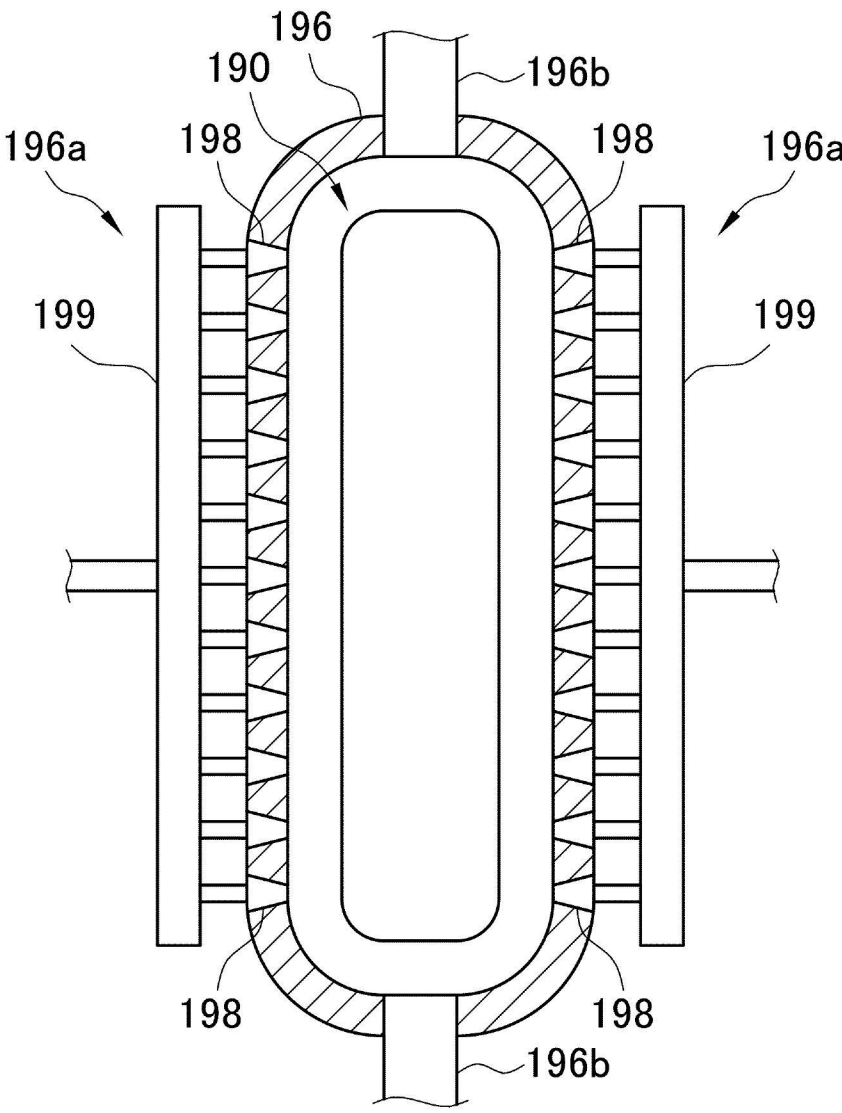
【圖26】



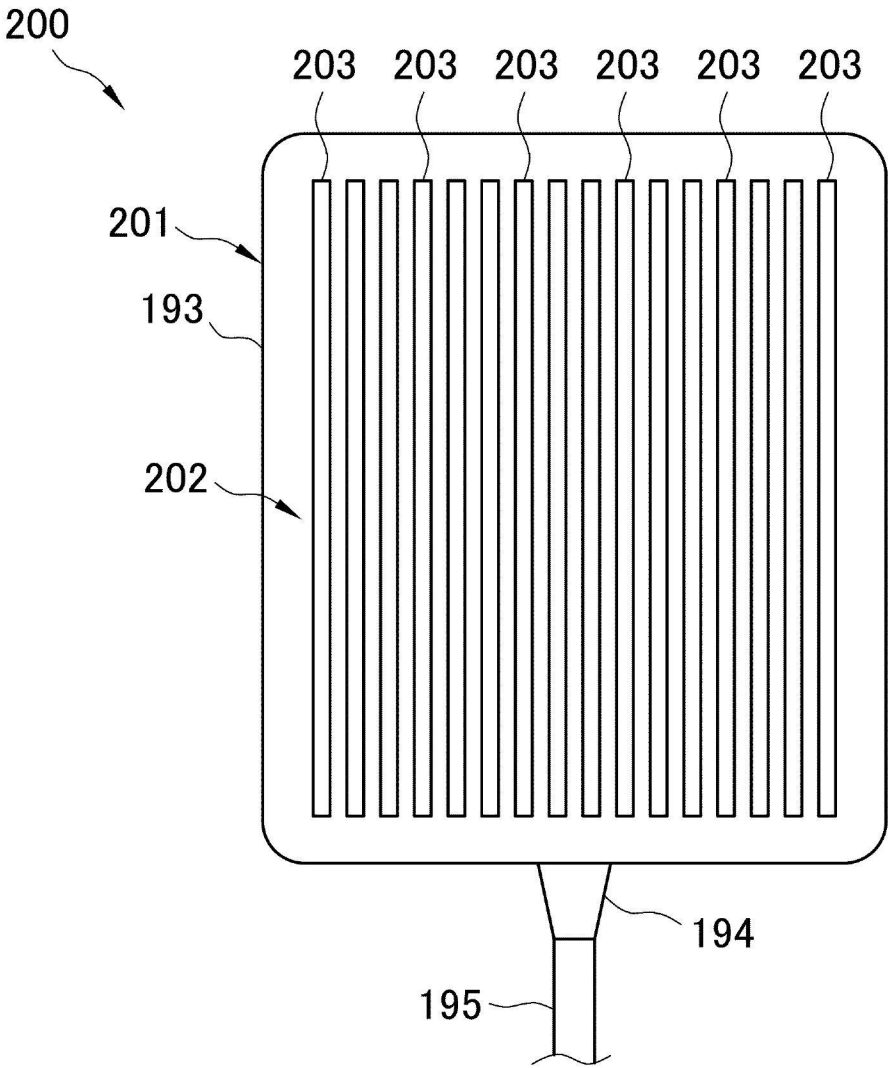
【圖27】



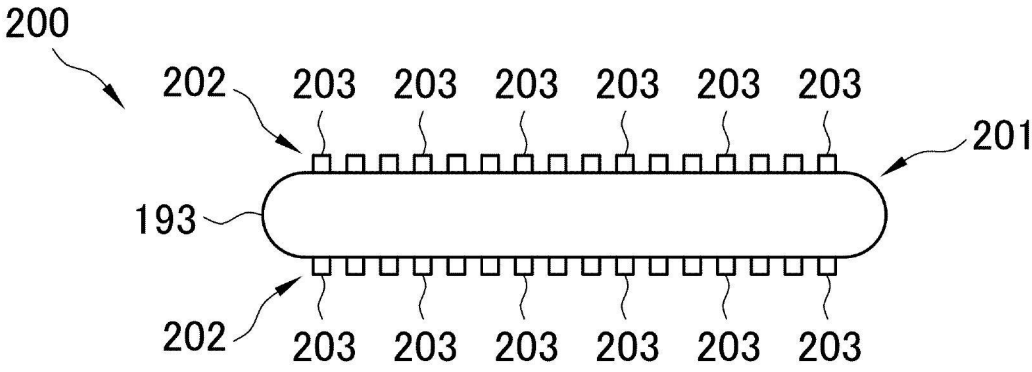
【圖28】



【圖29】



【圖30】



【圖31】