

公告本

申請日期：91.7.9

IPC分類

申請案號：91115654

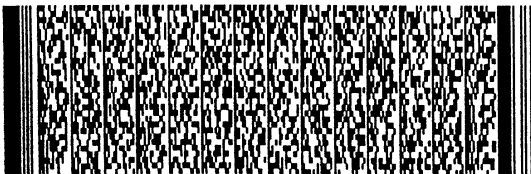
F17C 11/00, C22C 14/00, 22/00

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

567290

一、 發明名稱	中文	氫基礎結構、合併之巨量氫儲存體，單級金屬氫化物氫壓縮體，及其中所使用之合金
	英文	A hydrogen infrastructure, a combined bulk hydrogen storage/single stage metal hydride hydrogen compressor therefor and alloys for use therein
二、 發明人 (共5人)	姓名 (中文)	1. 歐史坦 2. 楊羅珊 3. 黃寶泉
	姓名 (英文)	1. Stanford R. Ovshinsky 2. Rosa T. Young 3. Baoquan Huang
	國籍 (中英文)	1. 2. 3.
	住居所 (中文)	1. 美國密西根州柏林費區史檜爾路2700號 2. 美國密西根州柏林費區葛瑞路4136號 3. 美國密西根州特洛伊城威夫里路1513號
	住居所 (英文)	1. 2700 Squirrel Road, Bloomfield Hills, Michigan, U.S.A. 2. 4136 Golf Ridge Drive, Bloomfield Hills, Michigan 48302, U.S.A. 3. 1513 Waverly Drive, Troy, Michigan 48098, U.S.A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 力能轉換裝置公司
	名稱或姓名 (英文)	1. Energy Conversion Devices, Inc.
	國籍 (中英文)	1. 美國 US
	住居所 (營業所) (中文)	1. 美國密西根州羅卻斯特區沃特維街2956號 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. 2956 Waterview Drive, Rochester Hills, Michigan, U. S. A.
	代表人 (中文)	1. 施馬文
	代表人 (英文)	1. Marvin S. Siskind



申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人 (共5人)	姓 名 (中文)	4. 貝法西 5. 尼吉恩
	姓 名 (英文)	4. Farshad Bavarian 5. Gene Nemanich
	國 籍 (中英文)	4. 5.
	住居所 (中 文)	4. 美國密西根州羅傑斯特市曼恩街676號 5. 美國德州糖島市曼弗農大道4011號
	住居所 (英 文)	4. 676 Main Street, #304, Rochester, Michigan 48307 U.S.A. 5. 4011 Mt. Vernon Avenue, Sugar Land, Texas 77479 U.S.A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓 名 (中文)	
	名稱或 姓 名 (英文)	
	國 籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中 文)	
	住居所 (營業所) (英 文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	



一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
美國 US	2001/07/10	09/902,320	有

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得,不須寄存。

五、發明說明 (1)

【相關申請案】

本申請案係為美國申請案序號 09/444,810(其係為美國申請案序號 09/435,497，現為美國專利第 6,193,929 號之部分接續案)之部分接續案。

5 【發明領域】

本發明一般而言係關於一種氫基礎結構。尤其，於此說明單級金屬氫化物氫壓縮體之使用，而此單級金屬氫化物氫壓縮體亦作為供這樣一種氫基礎結構使用之巨量氫儲存單元。這些不具有磨損之移動零件的壓縮體係為安全、
10 有效且可靠的壓縮體。壓縮體允許氫之運送，用以譬如但未受限於再供給燃料給內燃機或燃料箱車輛。

【發明背景】

以前，在美國申請案序號 09/444,810(其揭露係於此併入作參考)中，係說明氫基體系之完整的產生、儲存、
15 運輸以及運送系統。這可藉由氫儲存合金而實現，而氫儲存合金已經克服了向來已經被認定是不易解決的化學、物理、電子與催化之位障(barrier)。這些合金係完全說明於美國專利第 6,193,929 ('929)號中，發明人為 Ovshinsky 等人，其揭露係於此併入作參考。這個專利一般且詳細關於
20 已解決無法回答之問題的合金，此問題為：使具有非常快速之動能的足夠氫儲存容量允許氫之安全與有效的儲存，用以為氫基體系提供燃料，例如動力驅動內燃機與燃料箱車輛。來自"能源至轉輪"之完全的基礎結構系統係為美國申請案序號 09/444,810 之主題。

五、發明說明 (2)

在'929 專利中，發明人首次揭露具有高於大約 6 個重量百分比的氫儲存容量與異常動能兩者之鎂基合金之製品。此種革命性的新發現係可藉由以下方式而實現：將材料視為系統，並藉以以像提供需要的催化局部有序環境(例如表面)這樣的方式，利用化學改良劑以及失序與局部有序之原理(由 Stanford R. Ovshinsky(本案發明人之其一)所開拓)，同時設計出儲存與高速充填/釋放循環之主特徵。換言之，藉由控制微粒與晶粒尺寸、形態、表面狀態、催化活性、顯微結構與儲存容量之整體交替作用的環境，這些原理可允許材料之調整。

氫係為下一千年的"終極燃料"，其其乃是取之不盡，用之不竭的。氫係為宇宙中最豐富的元素，並可為我們的星球提供一種取之不盡，用之不竭且乾淨的能源，而氫可藉由將水分解成氫與氧之各種製程而產生。氫可以以固態形式儲存與運送。

在以往，對於作為燃料或燃料補充之氫的使用，已獲得相當多的注意力。雖然世界的石油儲存量可能耗盡，但氫之供應實際上係維持未受限的。氫可由煤、天然氣與其他碳氫化合物所產生，或藉由水之電解而形成，較佳是經由來自太陽(主要包含氫，且其本身可被視為是巨大的氫"爐")之能量。此外，氫可在不需要使用化石燃料(例如藉由使用核能或太陽能將水電解，或任何其他形式之經濟能量(例如：風、波浪、地熱等))的情況下產生。再者，氫本質上係為低成本之燃料。氫具有任何化學燃料之每單位

五、發明說明 (3)

重量最高密度之能量，且因為"燃燒"氫之主要副產物係為水，所以氫本質上是無污染的。因此，氫可以是解決多數世界的能量之相關問題(例如氣候改變、污染、對石油之戰略依存等)之手段，以及提供協助開發中國家之手段。

- 5 關於利用氫之其中一個主要問題已經變成對於用以壓縮且同時儲存氫之簡單、有效、可靠且成本效益的方式之需求。在習知技術中所知的係為金屬氫化物氫壓縮體。舉例而言，參見美國專利：第 4,085,590 號；第 4,402,187 號；第 4,505,120 號；以及第 4,995,235 號。這些氫壓縮
- 10 體全部具有共同缺陷，其中一個缺陷係為它們是能源無效率的。此乃因為它們需要多重階段以將氫從低壓壓縮至較高壓(有用的壓力)，且每個階段並非是能源有效率的。壓縮之每個階段需要一次加熱與冷卻循環。這種加熱與冷卻導致每次循環廢熱高達有用能量(氫之燃燒)五分之一的損
- 15 失。因此，具有一種可以以單一階段使氫從低壓壓縮至高壓並藉以使廢熱最小化之壓縮體將是有用的。

- 除了多重壓縮階段之能量損失以外，這些壓縮體並未達到氫之巨量儲存。因此，已壓縮過的氫必須被儲存於其他這種儲存單元之氣槽中。此種不能提供整合的壓縮體與
- 20 巨量儲存體之特性會使熱損失問題惡化，其乃因為壓縮體之每個階段必須循環很多次以提供有用的數量，而合併之儲存與壓縮單元將只需要一次加熱/冷卻循環以提供大量的氫。

此外，即使習知技術之壓縮體試著將巨量儲存體建構

五、發明說明 (4)

在它們的壓縮體中，也能維持下述事實：本質上具有低儲存容量(小於 1.5 的重量百分比)並以高於大約 1500°C 之溫度循環之 Mm-Ni 型式合金會使稀土金屬合金(Mm)形成將不再循環之高度穩定的氫化物。因此，這些元件於高壓所需之較高溫度下將是不可靠的。

因此，對於安全、有效、可靠、成本效益並能儲存與傳送大量高壓氫之合併之巨量儲存體與壓縮設備，在技術上仍維持有一項強制性且極重要的需求。本發明之合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體克服了習知技術之限制。

【發明之概述】

本發明之目的包含一種合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體及其氫儲存合金。本發明亦包含一種結合合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體之氫運送/分配基礎結構。合併之巨量氫儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體包含：1)壓力保持容器，其具有至少一氫入口/出口埠，用以將氫傳輸進出該容器；2)氫儲存合金，與該保持容器配置在一起，該氫儲存合金係以足夠之數量提供氫之巨量儲存體，且該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 500 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 1500 psi 之平頂壓力；以及 3)熱管理系統，用以交替加熱並冷卻該氫儲存合金。

更佳是，合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 400 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫

五、發明說明 (5)

度下具有大於或等於 2000 psi 之平頂壓力。甚佳是，合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 300 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 3600 psi 之平頂壓力。又更佳是，合金於小於或等於 25 °C 之溫度下具有小於或等於 200 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 5000 psi 之平頂壓力。最佳是，合金於大約 12°C 之溫度下具有大約 100 psi 之平頂壓力，並於大約 180°C 之溫度下具有大約 6000 psi 之平頂壓力。

- 10 詳言之，氫儲存合金係為一種 AB_2 合金之合金，例如改性的 Ti-Mn₂ 合金，而其在原子百分比方面包含 2-5% 鋁、26-32% 鈦、7-10% 鈮、8-20% 鉻、38-42% 錳以及從由 1-6% 鎳、2-6% 鐵與 0.1-2% 鋁所組成之群組選出的至少一元素。此合金可更包含高達 1 個原子百分比的稀土金屬
- 15 合金。這種合金之幾個例子在原子百分比方面包含：1) 3.63% 鋁、29.8% 鈦、8.82% 鈮、9.85% 鉻、39.5% 錳、2.0% 鎳、5.0% 鐵、1.0% 鋁、以及 0.4% 稀土金屬合金；2) 3.6% 鋁、29.0% 鈦、8.9% 鈮、10.1% 鉻、40.1% 錳、2.0% 鎳、5.1% 鐵、以及 1.2% 鋁；3) 3.6% 鋁、28.3% 鈦、8.8% 鈮、10.0% 鉻、40.7% 錳、1.9% 鎳、5.1% 鐵、以及 1.6% 鋁；與 4) 4% 鋁、29.5% 鈦、8.5% 鈮、15.0% 鉻、38% 錳、5% 鎳。
- 20

氫運送/分配基礎結構系統至少包含：1) 氫淨化/壓縮次系統，其淨化並壓縮氫；以及 2) 氫分配次系統，其將氫分配給最終用戶，其中這些次系統之一個或兩個結合本

五、發明說明(6)

發明之合併之巨量氫儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體。

- 氫運送/分配基礎結構系統可更包含：a)能量產生次系統；b)氫產生次系統，其使用來自該能量產生次系統之能量以產生氫；c)氫儲存次系統，其將來自該氫淨化/壓縮次系統之淨化與壓縮的氫儲存於金屬氫化物儲存槽中；d)氫運送次系統，其運送金屬氫化物儲存槽中之儲存的氫；以及 e)最終用途次系統，其接收來自該氫分配次系統之分配的氫並消耗該氫。

【圖式之簡單說明】

- 10 圖 1 係為本發明之合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體之概要描述；

圖 2 係為結合本發明之合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體的氫加氣站之概要描述；

- 15 圖 3 係為對本發明之合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體有用的三種氫儲存合金之凡特荷甫(Van't Hoff)曲線圖；

圖 4 係為本發明之氫的產生/儲存/運輸/運送之完整基礎結構系統的概要描述，於其中本發明之合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體係為有用的；

- 20 圖 5 係為為了使這種合金具有期望的動能特性之氫儲存合金所要求的特徵之圖解的概要描述，其詳細描繪出表面成核對照巨量成核；

圖 6 係為顯示只有表面成核對鎂基氫儲存合金之氫化的影響之 SEM；

五、發明說明 (7)

圖 7 係為顯示巨量成核對鎂基氫儲存合金之氫化的影響之 SEM；

圖 8 係為合金 FC-10 於 3 種不同溫度下之壓力成分溫度(PCT)曲線圖；

5 圖 9 係為合金 FC-76 於 3 種不同溫度下之 PCT 曲線圖；

圖 10 係為詳細繪製出 FC-76 合金之吸收動能在三種不同溫度下，重量百分比的氫吸收對時間之曲線圖；

10 圖 11 係為 FC-76 合金之解吸動能之曲線圖，其詳細繪製出在三種不同溫度下，重量百分比的氫解吸對時間之關係；

圖 12 係為 FC-86 合金之吸收動能的曲線圖，其詳細描繪出在三種不同溫度下，重量百分比的氫解吸對時間之關係；

15 圖 13 係為具有兩種不同微粒尺寸之 FC-76 合金粉末之吸收動能的曲線圖；

圖 14 係為 7 個重量百分比的鎂基歐凡尼克(Ovonic)熱氫儲存合金之吸收與解吸 PCT 曲線之圖表曲線圖，尤其要注意的是這種材料之任何顯著遲滯的缺乏；

20 圖 15 顯示與螺旋纏繞成捲筒(coil)之氫儲存合金材料接合之支持裝置；

圖 16 顯示與裝配成複數個堆疊的圓盤(disk)之氫儲存合金材料接合之支持裝置；

圖 17 顯示用以供給動力以驅動內燃機車輛之氫氣供

五、發明說明(8)

應系統之示意圖；以及

圖 18 顯示用以供給動力以驅動燃料箱車輛之氫氣供應系統之示意圖。

【發明之詳細說明】

5 本發明係由合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體、於其中有用的合金、以及使用合併之儲存體/壓縮體之氫運送/分配基礎結構所組成。以下，用語"合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體"，"合併之儲存體/壓縮體"與"壓縮體"在使用上具有同等意義。在最簡單的概念形式
10 中，壓縮體 51 係顯示於圖 1。壓縮體係由配置在壓力保持容器 53 中之氫儲存合金 52 所組成。壓縮體亦包含熱管理系统 54，其依據氫儲存合金是否於低壓氫下被填充(合金受到冷卻)，或者儲存氫是否為了釋放而被壓縮(合金受到加熱)而交替加熱與冷卻氫儲存合金。壓縮體亦包含一
15 條輸入/輸出管線 55，經由這條管線可將氫提供給氫儲存合金 52 或從氫儲存合金 52 中移除氫。

只要熱管理系统 54 可添加或移除來自儲存合金 52 之熱，則熱管理系统 54 可以是習知技術所知之任何型式的系統。雖然在圖 1 中熱管理系统係為描繪成與儲存單元分
20 開的單元，但其不需要一定是這樣。事實上，熱管理單元 54 之整合將提供加熱與冷卻之均勻性。在本發明之壓縮體中特別有用的一種型式之整合式熱管理系统係揭露於美國專利申請案序號 09/742,827，申請日為 2000 年 12 月 20 日，其名稱為"包含整合式熱管理系统之氫儲存床系統

五、發明說明(9)

(HYDROGEN STORAGE BED SYSTEM INCLUDING AN INTEGRATED THERMAL MANAGEMENT)"，其揭露係於此併入作參考。

於壓縮體 51 之操作溫度下，壓力容器 53 可由任何材料或容忍氫之平衡壓力之材料所形成。這些材料亦必須是不會與儲存氫與氫儲存合金 52 產生反應，且必須耐得住系統之一般操作溫度。這些材料亦必須防止氫擴散通過其中，並且在容器之壽命期間不會受到氫脆。當然，溫度與壓力將取決於所使用之特定儲存合金 52。一般對於此所揭露的合金而言，壓力之範圍可高達 500 巴，而溫度之範圍將高達 200°C。供壓力容器 53 用的一般結構材料可包含例如不銹鋼之金屬。壓力容器 53 亦可藉由建構用絕緣材料做材料之容器，或藉由使例如金屬之導熱材料之外部或內部絕緣而製成熱絕緣狀態。壓力容器 53 是否受到絕緣，係將取決於是否採用經由壓力容器之外部加熱與冷卻。如果存在有外部加熱與冷卻，則使壓力容器 53 絕緣將使其目的受挫。壓力容器 53 亦可單獨由例如碳纖維強化環氧材料等之纖維強化聚合材料所構成，或者與其他材料配合而構成(亦即，多層壓力容器)。這種纖維強化聚合物與多層結構材料之優點係為重量方面的節省。

一般而言，在本發明之合併之儲存體/壓縮體中有用的巨量氫儲存體合金 52，係為那些於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 500 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 1500 psi 之平頂壓力

五、發明說明 (10)

的合金。更佳是，合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 400 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 2000 psi 之平頂壓力。甚佳是，合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 300 psi 5 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 3600 psi 之平頂壓力。又更佳是，合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 200 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 5000 psi 之平頂壓力。最佳是，合金於大約 12°C 之溫度下具有大約 100 10 psi 之平頂壓力，並於大約 180°C 之溫度下具有大約 6000 psi 之平頂壓力。

氫儲存合金一般係為 AB_2 合金，而尤其是改性的 $TiMn_2$ 合金。對本發明之合併之儲存體/壓縮體有用的特殊合金家族，在原子百分比方面係為：2-5%鋁、26-32% 15 鈦、7-10%鈮、8-20%鉻、38-42%錳；以及從由 1-6%鎳、2-6%鐵與 0.1-2%鋁所組成之群組選出的至少一元素。這些合金亦可包含高達大約 1 個原子百分比的稀土金屬合金 (Mm)。落在這個家族內的三種特別合金係為(在原子百分比方面)：

五、發明說明 (11)

表 1

合 金	鋯 Zr	鈦 Ti	釩 V	鉻 Cr	錳 Mn	鎳 Ni	鐵 Fe	鋁 Al	稀 土 金 屬 合 金 Mm
Ov350	4	29.5	8.5	15	38	5	—	—	—
Ov539	3.63	29.8	8.82	9.85	39.5	2.0	5.0	1.0	0.4
Ov586	3.6	29.0	8.9	10.1	40.1	2.0	5.1	1.2	—
Ov587	3.6	28.3	8.8	10.0	40.7	1.9	5.1	1.6	—

圖 3 係為表 1 之三種合金之凡特荷甫 (Van't Hoff) 曲線圖。其詳細描繪出被排放的氫之平衡 (平頂) 壓力 (根據對數比例) 對 $1000/T$ (其中 T 係為合金之絕對溫度 (Kelvin) 之度數)。三條曲線對應至 Ov539 (符號 ●) ; Ov586 (符號 ▲) ; 以及 Ov587 (符號 ◆)。如可看見的, 所有合金於 0°C 之溫度下具有小於 135 psi (9 巴) 之平衡 (平頂) 壓力, 並於 30°C 之溫度下具有小於 180 psi (14 巴) 之平衡壓力。這些合金於大約 180°C 之溫度下亦具有超過大約 4000 psi (270 巴) 之平衡壓力。

本發明之 AB_2 合金具有至少 1.65 個重量百分比的氫儲存容量, 更好是至少 1.9 個重量百分比, 且最好是至少 2.2 個重量百分比。

雖然本發明之合金可以是可自燃的, 但藉由使用由 Ovshinsky 等人在美國專利申請案序號 No. ____ (發明人為 Ovshinsky 等人, 申請日為 2001 年 6 月 4 日, 名稱為 "不

五、發明說明 (12)

可自燃的氫儲存合金(NON-PYROPHORIC HYDROGEN STORAGE ALLOYS)"，其揭露係於此併入作參考)中所揭露的原子工程之原理，它們亦可以是不可自燃的(如果需要的话)。

5 圖 2 係為氫加氣站之概要描述，其詳細顯示如何從壓縮體 51(亦作為儲存單元)抽出氫，以及如何擷取在車輛的儲存單元 40 內所產生之氫化物形成之廢熱並將其傳送至加氣站之氫化物壓縮體/儲存台 51，用以輔助加熱氫儲存合金以供從該處壓縮與釋放氫使用。具體言之，高壓氫係
10 經由氫供氣管線 44a 而從計量器 43 分配至車輛的氫儲存台 40。某些或所有氫係被吸進儲存台內之氫儲存材料，藉以排放氫化物形成之熱量。此種熱量係藉由過剩的氫流或某些其他形式之冷卻(例如冷卻水等)而被移除。熱量離開儲存台 40，並經由熱冷卻劑回流管線 45a 而傳輸至計
15 量器 43。然後，經由熱冷卻劑回流管線 45b 將冷卻劑從計量器 43 運送至加氣站之壓縮體/氫儲存台 51。熱冷卻劑將其熱量排放至在壓縮體 51 內之氫儲存材料，用以輔助提供所需之熱量(反氫化之熱量)，以維持適當的壓縮並排放儲存於其中之氫。被排放的氫係經由氫供氣管線 44b
20 而提供至計量器 43，最後再送至車輛的氫儲存台 40。這種組合允許車輛之儲存台 40 於相當高壓下非常快速的填充，又消除排放熱量之浪費與儲存台 40 之過度加熱。

吾人應注意到，雖然說明了關於藉由使用來自車輛儲存槽之廢熱以加熱壓縮體的氫加氣站，但亦可使用加熱壓

五、發明說明 (13)

縮體與冷卻車輛儲存槽之其他來源。舉例而言，如果氫係經由再形成製程而現場產生，則可使用來自再形成製程之廢熱以加熱壓縮體。如果沒有廢熱可利用，則亦可使用天然氣或電熱。此外，可使用水以冷卻車輛儲存槽，例如加油站的自來水供應等。在再填充期間，亦可使用自來水以移除來自壓縮體之熱，而在較快、較高容量的再填充期間則可使用液態氮。

吾人亦應注意到，雖然圖 2 似乎要將壓縮體描繪成地下槽，但在預填充狀態下，其同樣可以是一種用卡車運進加油站之攜帶式單元。因為氫壓力於環境溫度下相當低，所以是這樣。本發明之壓縮體之一項特別優點，係為其可藉由使用直接來自重組裝置或電解槽之氫而於低壓(150-400 psi)下被填充。

一般而言，基礎結構系統係為一種氫生產/分配系統，其中在它的任次系統所產生之廢熱，係在其他次系統中被回收並再使用。因此，可充分運用整個系統的熱能預算，以作最有效的熱能使用。圖 4 係為氫之產生/儲存/運輸/運送之完整基礎結構系統的概要描述，其因而使氫生態系統成為可能狀態。為了此種成為高度能量有效的基礎結構系統，具有非常快的動能之高容量、低成本、輕量的歐凡尼克(Ovonic)熱氫儲存合金材料係用以儲存氫。此系統包含下述次系統：1)能量產生 31；2)氫產生 32；3)氫淨化/壓縮 33；4)在氫化物台中之氫儲存 34；5)經由卡車、火車、船，或平底載貨船等之氫化物台運輸 35；6)氫分配網路

五、發明說明 (14)

36；以及 7) 氫最終用途 37。在此基礎結構中，係回收氫化物形成之熱(亦即， $M + 1/2H_2 \rightarrow MH + \text{熱}$)以供再使用，例如用以排放來自氫化物台之氫或供氫/能量產生用。如於此所使用的，用語"廢熱"一般將表示任何形式之在基礎結構之任一過程中所產生之可用熱，其通常將浪費或捨棄給周圍環境。

熱交換/熱回收

如上述說明所提及的，在整個基礎結構系統與所有其次系統之內，以及遍及整個基礎結構系統與所有其次系統之一個很重要實施樣態中，係為藉由牽涉到的多數過程所產生的熱之回收與再使用。這大幅減少用以加熱氫化物台以排放儲存氫之額外能量負荷，並使廢熱之使用變得有效，從而消除將熱釋放至環境之需要。

這樣一種熱回收可在次系統 31、32、33 與 34 之組合中取得。當氫係儲存於氫化物台時，可被回收之第一部分的熱係來自產生在次系統 34 中之放熱氫化物反應。廢熱可依需要而傳送至其他次系統，譬如在次系統 31 中產生能量，或在次系統 32 中產生氫，或依需要在次系統 33 中壓縮或淨化氫。又，在次系統 33 之氫的淨化與壓縮中，都可將任何過剩的熱傳送至次系統 31 或 32。

熱回收之下一部分係在於將氫從次系統 34 傳送至次系統 35 中。這假設氫在次系統 34 中係儲存於固定式儲存槽，並在次系統 35 中被傳送至運輸用的移動式儲存槽。在次系統 35 中之氫化物形成的熱可用以加熱次系統 34 之

五、發明說明 (15)

氫化物台以排放儲存氫。

在將氫從次系統 35 傳送至次系統 36 中，可採用更進一步的熱回收。這再一次假定儲存於次系統 35 之移動式儲存槽之氫，係於次系統 36 中之分配網路下被傳送至固定式儲存槽。在次系統 36 中之氫化物形成的熱，可用以加熱次系統 35 之氫化物台以排放儲存氫。

最後，在將氫從次系統 36 傳送至次系統 37 中可回收熱。在次系統 36 中之氫化物形成的熱，可用以加熱次系統 35 之氫化物台以排放儲存氫。當然可假設具有從一個次系統至另一個次系統之氫的局部傳送，而不具有氫之局部管線分佈。

執行此種熱交換(亦即，在發生吸收時冷卻氫化物台)之最有用且最簡單的方式，係為經由高流速的氫氣冷卻。因此，當藉由氫化物台而吸收氫時，過剩的氫氣會流經氫化物台以運走氫化物形成的熱。此種冷卻/熱能傳遞之方法可簡化氫化物台的設計，且並不需要分離的冷卻媒介通道。

能量產生次系統 31

在氫產生/儲存/運輸/運送系統中之第一步驟係為能量之產生。無論氫是如何產生的，都需要一些能量來源。"無污染"之能量來源之例子包含：風能、太陽能、地熱能、波能、水電能、以及海洋熱能轉換(OTEC)能。能量之其他來源包含經由碳氫化合物或例如煤、石油、以及天然氣之化石燃料，以及核能之燃燒所創造之能量。任何個別的

五、發明說明 (16)

裝置或其組合都可足以產生所需要的能量。產生能量之最適宜的形式一般將是利用電性，其乃因為電能容易被轉換成其他形式之能量，且在直接電解水以形成氫與氧方面係為有用的。

- 5 創造能量最有用的裝置係經由太陽能。舉例而言，例如那些美國專利第4,678,679號(其揭露係於此列入作參考)所提出之經濟、輕量、三接點非晶矽太陽能電池(由本案發明人之Stanford R. Ovshinsky所開拓的一項發明)，可被輕易配置在鄰近的水域，其中它們本質上的高開路電
- 10 壓可用以將水分解成其組成氣體，並收集如此所產生的氫。又，藉由將這些高效率太陽能板置於附近農場上，置於水中或置於陸地上，可產生電力以將氫運送並抽至金屬氫化物儲存台中。

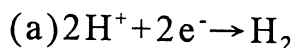
氫產生次系統 32

- 15 一旦已在能量產生次系統 31 中產生能量，接著能量之至少一部份會用以產生氫。對於依商業原則之氫生產而言，目前所使用的概念係為天然氣之蒸汽轉化，石油產品之局部氧化以及水之電解。關於這些系統，較佳的方法(雖然目前不是最經濟的方法)係為水之電解。此種方法較佳
- 20 是因為原始材料係為水與電，兩者都完全可更新，因為氫"燃燒"之副產品係為水，而電可從可更新的能量來源(亦即，太陽、風、地熱、波浪等)產生。另一方面，碳氫化合物之重整或局部氧化，係使用一種可耗盡的碳氫化合物來源與熱能和水。

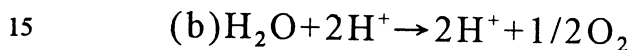
五、發明說明 (17)

一種有用型式之電解係為固態聚合物電解質電解。吾人期望這種方法係比習知氫生產方法來得更高度有效且具有較低成本。吾人使用聚合物離子交換膜作為電解質，而將電極直接附著至此薄膜。藉由使用此種技術，可達到高
5 能量效率。藉由使用純水作為無鹼之循環流體，係可比習知之鹼性水電解方法容易維護設備。

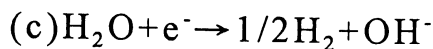
產生氫之另一種方法係經由光電解。藉由使用電化學電池中之光電陽極產生氫，係需要電解質中之至少一反電極。電化學電池可利用光電陰極或習知之具有光電陽極之
10 金屬陰極。電解質可以是酸性或鹼性。當電解質為酸性時，於反電極之反應如下：



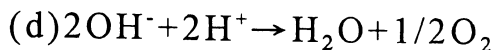
當可取得足夠的電子時，此種反應會秘密繼續進行。於光電陽極，此反應如下：



當電解質為鹼性時，於反電極之反應如下：



而光電陽極之反應如下：



20 關於一個例子，當使 N 型半導體光電陽極曝光時，電子會從價帶被激發至傳導帶，藉以建立價帶中之電洞與傳導帶中之自由電子。於光電陽極所產生之電子係利用外部電性連接至反電極而處理，其中電子係與電解溶液中的水分子之氫離子結合以產生氫氣。於光電陽極處，電子係

五、發明說明 (18)

由溶液中之羥基離子所提供，用以填滿藉由光電陽極之受激電子所建立之電洞並放出氧。

為了在電子與位於光電陽極之電洞之間建立良好的電荷分離，可施加譬如 0.5 伏特之正電壓以彎曲傳導帶與價帶。這建立了一個電場，用以在吸收光能時防止受激至傳導帶之電子與在價帶中所建立的電洞再結合。能帶彎曲亦有益於將受激電子引導進入電路，並將電洞引導至光電陽極之表面，其中它們可更輕易與由電解質所提供之羥基離子結合。

藉由選擇半導體與比 $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ 能階更負的傳導帶能階，水之電解可只透過太陽能之使用而達成。反應之電極電位之至少一部份可由光所提供，以減少需要來自外部電源的能量。

關於最佳效率，用於光電陽極之半導體應具有大概範圍在 1.5 至 1.7 eV(電子伏特)之能帶間隙，以及與電解溶液相容之費米能階(Fermi level)。對於一種 N 型半導體而言，當半導體具有略大於 1.5 eV 之能帶間隙時，最好繼續進行水之電解處理。吾人亦需要小型作用功能，俾能使電子擴散進入水中以獲得熱平衡。這可使半導體之能帶向上彎曲靠近電解質之界面。然後，入射光被吸入至建立電子電洞對之半導體中。光激電洞係藉由內部電場而加速朝向半導體-電解質界面。當電洞以正確能量注入至水中時，依據以前在方程式 a 與 b、或 c 與 d 所說明之反應(取決於是否利用酸性或鹼性系統)，將氧放出在光電陽極附近，

五、發明說明 (19)

而將氫放出在反電極附近。供光電解系統用的特殊光電電極，係說明於美國專利第 4,511,638 與 4,656,103 號中，兩者都讓渡給本發明之受讓人，其揭露係藉此列入作參考。

- 5 吾人應注意到，可以容易且直接將經由電解及/或重整所產生的氫儲存於本發明之壓縮體單元中，其對於氫及/或攜帶式壓縮體單元之現場生產特別有用。

氫淨化與壓縮次系統 33

- 10 一旦已在氫產生次系統中產生氫，其就可能必須被淨化(亦即，必需移除有害或惰性成分)並被壓縮以供運送或儲存用。淨化氫之最有用的方式，係使其通過選擇性的氫過濾器。通常過濾器合金使氫通過，但避免任何其他氣體通過。這種過濾器可由 Pd 合金所製成，或更優先(由於成本考量)是由低成本氫儲存材料所製成。亦即，習知之過
- 15 濾器是非常昂貴的，且可容易以歐凡尼克(Ovonic)氫儲存材料取代，而歐凡尼克(Ovonic)氫儲存材料成本低，並可有效地從氣流當中過濾氫。除了這樣一種過濾器以外，氫淨化器之其他有用的成分可包含氧及/或水的淨化劑。

- 20 關於壓縮方面，氫係經由上述所說明之本發明之合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體而受到壓縮。吾人應注意到本發明之壓縮體並未直接淨化氫。又，氫儲存與壓縮可以在單一單元範圍內，其在某些實例中將結合這個次系統與儲存和運輸次系統。

氫儲存次系統 34

五、發明說明 (20)

一旦已在次系統 33 中淨化並壓縮氫，氫就必需被儲存。如上所述，儲存氫之最經濟且最安全的方法係以固態氫化物之型式儲存。通常將合金裝於儲存槽中之"床台"形式中。氫係被吸入儲存槽並被氫化物合金所吸收，接著儲存氫直到需要它為止。

雖然以下之討論考慮藉由使用鎂合金以運輸單元儲存氫，但本儲存體/壓縮體單元可以在某些實例中作為較佳的儲存單元(即使供運輸用)。

一般而言，以分離的儲存單元運輸有用的合金包含大於大約 90 個重量百分比的鎂，並包含至少一改性元素。此至少一改性元素創造了一種鎂基合金，這種鎂基合金能儲存至少 6 個重量百分比的氫，並能在 5 分鐘之內以 300℃吸收氫之最高儲存容量之至少 80%。更好是改性合金儲存至少 6.5 個重量百分比的氫，並能在 2 分鐘之內以 300℃吸收氫之最高儲存容量之 80%。最好是改性合金儲存至少 6.9 個重量百分比的氫，並能在 1.5 分鐘之內以 300℃吸收氫之最高儲存容量之 80%。改性元素主要包含鎳與 Mm(稀土金屬合金)，且亦可包含例如鋁、釔(yttrium)與矽之額外元素。因此，合金一般將包含 0.5-2.5 個重量百分比的鎳，以及大約 1.0-4.0 個重量百分比的 Mm(主要包含鈾、釷、鐳、與釷)。合金亦可包含一種或以上之 3-7 個重量百分比的鋁，0.1-1.5 個重量百分比的釔，以及 0.3-1.5 個重量百分比的矽。又，可選擇地，例如碳及/或硼之小量(高達 1%)的輕元素，係可能被加至此合金以增

五、發明說明 (21)

加其中之催化活性部位之數目。一些例子將有助於說明較佳的氫儲存合金。

例 1

製造出具有指定 FC-10 之改性鎂合金，其乃具有下述成分：91.0 個重量百分比的鎂、0.9 個重量百分比的鎳、5.6 個重量百分比的鋁、0.5 個重量百分比的鈮、以及 2.0 個重量百分比的 Mn。個別的原合金元素係混合於小工具箱(glove box)中。混合物係被置於石墨坩堝中，而坩堝係被置於爐中。坩堝於其底部具有 2.0 毫米之氮化硼開口，其係由可移除的氮化硼桿所填塞。爐被抽氣而降至非常低壓，並以氫氣洗淨三次。爐內之氫氣壓力會提高至 1 psi，並在將坩堝加熱至 600°C 時維持於此種壓力。一旦準備好要融化後，氮化硼桿會升高且氫氣會被注入至處於壓力下的爐中。熔融之合金會經由氮化硼開口而從石墨坩堝當中流出，並流至非水冷式、水平旋轉之銅輪之上。以大約 1000 rpm 旋轉之輪子，使熔融之合金凝固成為微粒，接著，微粒會彈跳脫離覆蓋轉輪之水冷式銅蓋，並落入不銹鋼盤中，而於該處逐漸冷卻。5 克的固化合金薄片係與 100 毫克之石墨助磨劑混合。混合物受到機械研磨持續 3 小時。然後，藉由過濾將研磨合金予以分類，以回收具有微粒尺寸在 30 與 65 微米之間的材料。此種合金具有大約 6.5 個重量百分比的氫之儲存容量，並在 5 分鐘以內以大約 300 °C 之溫度吸收最大容量之 80%。以下將提供合金特性之其他細節。

五、發明說明 (22)

例 2

製造出具有指定 FC-76 之改性鎂合金，其乃具有下述成分：95.6 個重量百分比的鎂、1.6 個重量百分比的鎳、0.8 個重量百分比的矽、以及 2.0 個重量百分比的 Mm。

5 合金係以與例 1 相同的方式形成，然而，爐溫係為 850°C 而開口尺寸係為 2.5 毫米。此種合金具有大約 6.9 個重量百分比的氫之儲存容量，並在 1.5 分鐘以內以大約 300°C 之溫度吸收最大容量之 80%。以下將提供合金特性之其他細節。

例 3

10 製造出具有指定 FC-86 之改性鎂合金，其乃具有下述成分：95 個重量百分比的鎂、2 個重量百分比的鎳、以及 3.0 個重量百分比的 Mm。合金係以與例 1 相同的方式形成，然而，爐溫係為 750°C 而磨輪速度係為 1400 rpm。

15 此種合金具有大約 7 個重量百分比的氫之儲存容量，並在 2.3 分鐘以內以大約 275°C 之溫度吸收最大容量之 80%。以下將提供合金特性之其他細節。

在高儲存容量與優越的吸收/解吸動能之組合上，氫儲存合金是獨一無二的。合金成分與氫儲存材料之微粒尺寸兩者之組合對動能具有顯著的影響。亦即，材料之動能（不管特有的成分）隨著減少微粒尺寸而改善。具體言之，具有微粒尺寸在 70 微米之下的材料是最有用的。具體而言，30-70 微米之微粒尺寸提供優越的動能，同時仍然能夠被容易地製造出。增加的微粒尺寸可簡化製造，但徹底

五、發明說明 (23)

減少材料之動能，而因為這些鎂基合金之高延展性，使得經由研磨減少微粒尺寸變成有困難。事實上，尤其因為合金太有延展性而不能有效被研磨，所以在工業上可能需要使用氣體噴霧以製造巨量之微粒合金。關於這種合金之另一個必須注意的重要特點在於：即使在氫化時，與純鎂氫化物粉末完全不同的是這些微細研磨粉末無法自燃與在空氣中燃燒。然而，如果需要的話，可能將用以保護微粒但傳送氫(例如碳、鎳或聚合材料)之材料的單一原子層塗佈於其上。

圖 5 係為為了使氫儲存合金具有推動燃料電池與內燃機所需要的動能特性，氫儲存合金所要求的特徵之圖表與概要描述，並概要說明這些概念。具體言之，圖 5 顯示除了表面成核以外之巨量成核如何增加將 H_2 解離成 $2H$ 之催化部位之數目。又，因為只具有表面成核部位之微粒首先將吸收在其表面層中的氫，所以一種"位障"係建構在使氫之更進一步的吸收變慢之表面上。因此，需要的是一種能旁通此種表面"位障"並允許氫直接吸收進入微粒之內部的

方式。

小型微粒具有填補結晶系與非晶系固體之間的間隙之獨特特性，亦即，小型幾何形狀引發新的物理性質。吾人可注意到 50 埃微粒係為"主要表面"，藉以導致新形態與不平常的接合組態。又，50 埃微粒中之所有原子的 21% 係位在表面上，而另一 40% 係在表面之一個原子之內。因此，在小型微粒(例如在 50 埃微粒)中，多元素微合金

五、發明說明 (24)

中的組成無序程度很大，且 10 元素合金中之每個元素可能由於統計而將顯示 3% 的濃度變化。關於這種小型微粒，量子限制效應是明顯的，而能帶結構效應是無序的。

此種原子策劃局部化學與電子環境之能力，允許這些環境提供在微粒內之巨量成核。本案發明人已發現到藉由應用局部化學與電子環境之原子工程與調整之原理，可使鎂改性以儲存 6 個重量百分比以上的氫，且大幅增加允許儲存氫之體系回收之動能。增加的動能允許於較低溫下排放氫，從而增加氫基能量系統中之金屬氫化物儲存之效用。因此，這些合金提供商業上可實行的、低成本、低重量的氫儲存材料。

圖 6 係為一種 SEM，其確認表面成核對鎂基氫儲存合金之氫化的影響。圖 6 中之材料首先只吸收位於表面成核部位之氫，接著，氫必須擴散進入微粒之內部。尤其，圖 6 顯示只有表面氫化(成核)21 產生之微粒 20。吾人應注意到在圖 6 與 7 中，較亮的區域係為材料之非氫化部分，而較暗的區域係為材料之氫化部分。

另一方面，圖 7 係為一種確認巨量成核(與相關的催化部位)之效果的 SEM。圖 7 中之材料首先吸收位於巨量成核部位之氫，因此氫可更輕易地被吸進微粒之內部。尤其，圖 7 顯示另一個微粒 22，其顯示在主體 23 之內的氫化(經由催化成核部位)。

雖然這種提供表面與巨量成核兩者之局部化學與電子環境之原子工程已被應用至熱氫儲存材料，但亦可將其應

五、發明說明 (25)

用至其他材料以影響這些特性。例如，其可被應用至一般的氫儲存材料(亦即，電化學或熱儲存材料)以及一般材料。尤其理想的材料將是可能已被急速淬冷之多元素材料。它們一般將具有小型的微晶尺寸(在 100 埃之下)，且
5 將是尺寸在 100 微米之下的微粒材料。

圖 8 係為合金 FC-10 於 279°C(以○符號表示)、306°C(以▲符號表示)、與 335°C(以△符號表示)下之壓力-成分-溫度(PCT)曲線圖。此圖顯示合金於 279°C 下具有 1050 托之平頂壓力，於 306°C 下具有 2200 托之平頂壓力，而於 335
10 °C 下具有 4300 托之平頂壓力。PCT 曲線圖顯示 FC-10 合金具有大約 6.5 個重量百分比的氫之最大容量，以及大約 70 千焦爾/摩爾(kJ/mole)之氫鍵能量。

圖 9 係為合金 FC-76 於 278°C(以■符號表示)、293°C(以◆符號表示)、與 320°C(以▲符號表示)下之 PCT 曲線
15 圖。此圖顯示合金於 278°C 下具有 750 托之平頂壓力，於 293°C 下具有 1100 托之平頂壓力，而於 320°C 下具有 2400 托之平頂壓力。PCT 曲線圖顯示 FC-76 合金具有大約 6.9 個重量百分比的氫之最大容量，以及大約 75 kJ/mole 之氫鍵能量。

20 圖 10 係為 FC-76 合金之吸收動能之曲線圖。具體言之，其繪製出 3 種溫度 275°C(◇符號)、300°C(○符號)、與 325°C(△符號)下重量百分比的氫吸收對時間的曲線圖。如可看見的，於 275°C 下合金於 1.3 分鐘吸收其總容量之 80%，於 300°C 下合金於 1.4 分鐘吸收其總容量之

五、發明說明 (26)

80%，而於 325°C 下合金於 2.0 分鐘吸收其總容量之 80%。

圖 11 係為 FC-76 合金之解吸動能之曲線圖。具體言之，其繪製出 3 種溫度 275°C (□符號)、300°C (○符號)、與 325°C (△符號) 下重量百分比的氫解吸對時間的曲線
5 圖。如可見的，於 275°C 下合金於 8.0 分鐘釋出其總容量之 80%，於 300°C 下合金於 3.4 分鐘釋出其總容量之 80%，而於 325°C 下合金於 2.5 分鐘釋出其總容量之 80%。

圖 12 係為 FC-86 合金之吸收動能之曲線圖。具體言之，其繪製出 3 種溫度 230°C (◇符號)、240°C (○符號)、
10 與 275°C (★符號) 下重量百分比的氫吸收對時間的曲線圖。如可見的，於 230°C 下合金於 5.2 分鐘吸收其總容量之 80%，於 300°C 下合金於 2.4 分鐘吸收其總容量之 80%，而於 325°C 下合金於 2.3 分鐘吸收其總容量之 80%。

圖 13 係為具有兩種不同微粒尺寸之 FC-76 合金粉末
15 之吸收動能之曲線圖。具體言之，其繪製出具有 75-250 微米 (○符號)，與 32-63 微米 (◇符號) 之範圍的微粒尺寸之材料的重量百分比的氫吸收對時間的曲線圖。如可見的，較小的微粒尺寸會大幅地提高吸收動能。

圖 14 係為依據本發明之 7 個重量百分比的儲存容量
20 歐凡尼克 (Ovonix) 熱氫儲存合金於 300°C 下之吸收 (■符號) 與解吸 (●符號) PCT 曲線之圖表曲線圖。吾人應注意到這種材料缺乏任何顯著遲滯。亦即，實際上係在解吸之時恢復所有吸收的氫。因此，於此合金中之氫儲存係完全可逆的。

五、發明說明 (27)

雖然上述例子中的氫儲存合金粉末之形成方法係為快速硬化後緊接著研磨，但亦可使用氣體噴霧。當研磨材料時，使用磨碎機係為研磨之較佳方法。在研磨這些合金時，特別有用的方法是添加例如碳之研磨劑。

- 5 氫儲存次系統 34 包含一個用以將氫儲存於容器或槽內之金屬氫化物氫儲存裝置。在一個實施例中，儲存裝置包含實體上接合至支持裝置之先前說明的氫儲存合金材料。一般而言，支持裝置可以採用任何形式之可固定儲存合金材料的構造。支持裝置之例子包含但並未受限於網、
10 格、銑(matte)、箔、泡沫與平板。每個都可能以金屬或非金屬存在。

- 支持裝置可能由具有適當熱力學特徵之多種材料所形成，而此熱力學特徵可提供所需要的熱傳遞機構。這些包括金屬與非金屬兩者。較佳的金屬包含那些來自由鎳、鋁、
15 銅、鐵及其混合物或合金所組成之群組的金屬。可由金屬形成之支持裝置之例子係包含金屬絲網、延展金屬與泡沫金屬。

- 氫儲存合金材料可藉由緊壓及/或燒結製程而實體上接合至支持裝置。合金材料首先被轉換成細微粉末。然後，
20 將粉末緊壓至支持裝置之上。緊壓製程使粉末黏著至支持裝置，並變成支持裝置之整體部分。在緊壓之後，先將已充滿合金粉末之支持裝置預熱而後燒結。預熱過程釋放過剩的水分，並阻止合金粉末之氧化。燒結係於高溫下進行，實質上是在包含氫之環境下進行。此溫度係高到足以促進

五、發明說明 (28)

合金材料之微粒至微粒之接合，並促進合金材料接合至支持裝置。。

支持裝置/合金材料可以以多數不同構造被封裝在容器/槽之內。圖 15 顯示支持裝置/合金材料係螺旋纏繞成捲筒之構造。圖 16 顯示將支持裝置/合金材料裝配在容器中成為複數個堆疊圓盤之變化構造。亦有可能其他構造(例如堆疊平板)。

將合金材料緊壓與燒結至支持裝置之上，係可增加合金材料之封裝密度，藉以改善氫儲存系統之熱力與動能特徵。因為氫被吸收與解吸，所以在支持裝置與合金材料間之緊密接觸，係可改善進出氫儲存合金材料之熱能傳遞之效率。此外，遍及容器內部之支持裝置之均勻分佈，係可提供遍及合金材料之儲存台之均勻溫度與熱量分佈。這導致了遍及其整體之氫吸收與解吸之更均勻之速率，因而建構更有效的能量儲存系統。

當在氫儲存台中僅使用合金粉末(不使用支持裝置)時之一項問題，係為由於微粒尺寸縮小所導致的自我緊壓。亦即，在反覆之氫化與反氫化循環期間，合金材料在它們吸收與解吸氫時會膨脹並收縮。吾人已經發現，因為將氫引入至材料晶格並從材料晶格釋放氫之結果，某些合金材料之容積可膨脹並收縮最多 25%。因為合金材料之尺寸改變之結果，它們會龜裂、遭遇到破裂、並斷裂成更細小與更微小之微粒。在反覆循環之後，細微微粒會自我緊壓，導致低效率的氫傳輸狀況，以及直接對抗儲存容器之壁面

五、發明說明 (29)

之高應力。

然而，在吸收與解吸循環期間，用以使合金材料附著至支持裝置上之製程，係可維持合金微粒穩固地彼此接合，並接合至支持裝置。再者，支持裝置之緊密封裝在容
5 器內，係可作為一種機械支持部，用以在材料之膨脹、收縮與破裂期間，將合金微粒維持在一定的位置。

氫運送次系統 35

一旦氫已於次系統 34 被儲存於氫化物槽或儲存體/壓縮體中，就必須將氫從一個地點運送至另一個地點。這可
10 經由習知之充滿氫化的氫儲存合金之儲存槽的運輸而達成。因為從火災與爆炸之風險來看這些儲存槽是完全安全的，所以經由習知之出貨裝置來運送它們是件簡單的事。這些包含經由任何或所有的卡車、火車、船，或平底載貨船之發貨。傳統上，這些儲存槽可例如經由用以將它們固
15 定至它們的運輸車輛之槽架或其他裝置而被操縱與裝載。

氫分配網路次系統 36

在運送氫之後，將次系統 35 傳給分配網路。此種分配網路包含氫儲存設備，其包括車輛加氣站、家用配銷商與工業/商業配銷商。當氫槽抵達(經由船、平底載貨船、
20 卡車、火車等)時，可利用兩種方式之其中一個處理氫。第一儲存槽(或圓筒等)實體上可被卸下給配銷商(或者貨櫃拖車可被留在後面)，且可取回空槽(氫已經從空槽被分配掉)以再供給燃料。否則，氫可從運送的儲存槽被運送至位於配銷商地點之固定儲存槽(亦較佳是氫化物儲存

五、發明說明 (30)

台)。

分配次系統 35 可包含本發明之合併之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體，且亦可包含圖 2 之氫加氣站，兩者係說明如上。

5 氫最終用途次系統 37

最後，儲存於分配網路 36 之設備的氫係被運送至最終消費者。最終消費者之用途可能用以動力驅動車輛，於此情況下，消費者將於例如上述所說明之加氣站再為車輛加滿器。最終用途亦可以是例如那些已經使用天然氣(例如，用以加熱、熱水、洗衣、烹調等)之家庭使用。於此情況下，氫可能被傳送至家庭並儲存於現場的氫化物儲存槽中，或者氫可能經由當地的管線分配網路(因為長距離壓力需求與損失，所以比全國性分配網路更經濟)輸送至家庭。最後，最終用途可以是屬於商業或工業性質。再者，
10 此消費者的選擇項目將被運送至用地與現場儲存，或當地的管線分佈。
15

氫驅動的內燃機與燃料箱車輛

本合金、儲存材料系統與基礎結構作為多數應用之氫供應係為有用的。其中一種應用係為汽車之領域。具體言之，基礎結構系統可用來作為將氫供應給汽車之裝置，而
20 儲存系統可用來作為這種車輛之內燃機(ICE)或燃料箱(FC)之氫氣源。

圖 17 顯示供 ICE 車輛使用之氫氣供應系統之示意圖，其係用以將氫氣供應給氫引擎 1。此系統具有氫氣儲

五、發明說明 (31)

存部分 2 與引擎廢熱傳遞供應通道 3，而後者係用以將從引擎 1 排放之引擎廢熱(以廢氣或引擎冷卻劑之型式)引導至氫氣儲存部分 2。此系統亦包含回流通道 4 與排氣管 7，回流通道 4 係用以使任何用以加熱氫儲存材料之引擎冷卻劑返回至引擎 1，而排氣管 7 係用以排放使用過之廢氣。此系統更包含一條將來自於氫氣儲存部分 2 之氫氣導引至引擎 1 之氫氣供應通道 5。引擎廢熱傳遞供應通道 3 設有溫度調整部分 6，其調節所欲導入至氫氣儲存部分 2 之廢熱的溫度。以這樣一種系統，可有效利用產生於 ICE 內之廢熱以加熱氫儲存材料，藉以從該處排放氫以供 ICE 使用。

圖 18 顯示供 FC 車輛使用之氫氣供應系統之示意圖，其係用以將氫氣供應給燃料箱 8。此系統具有一個氫氣儲存部分 12 與一條燃料箱廢熱/氫傳輸供應通道 9，而後者係用以將從燃料箱 8 排放之燃料箱廢熱與剩餘的氫引導至氫氣燃燒器 10。來自燃料箱之廢熱可能以熱氣或熱含水電解質之型式存在。氫燃燒器 10 利用來自燃料箱 8 之廢熱，並藉由燃燒氫而將熱傳輸媒介(最好是以來自燃料箱之含水電解質之型式存在)予以加熱。來自燃料箱 8 之剩餘的氫，與經由氫供氣管線 14 而從氫儲存單元 12 提供之新鮮的氫，係被提供至燃燒器 10。加熱過之熱傳輸媒介係經由供氣管線 13 而供應至氫儲存單元 12。此系統亦包含回流通道 16 與排氣管 15，回流通道 16 係用以使任何用以加熱氫儲存材料之燃料箱含水電解質返回至燃料箱

五、發明說明 (32)

8，而排氣管 15 係用以排放使用過之燃燒氣體。此系統更包含一條將來自於氫氣儲存單元 12 之氫氣導引至燃料箱 8 之氫氣供應通道 11。

雖然已經參考較佳具體實例與過程來說明本發明，但是，吾人應理解到本發明之具體實例與過程並非意圖限制本發明之範疇。相反地，吾人應理解到，在不背離本發明之精神與範疇下所作的種種修改與變化，理當視為是本發明之等效設計。因此，本發明之範圍應由以下之申請專利範圍所決定。

裝

訂

線

五、發明說明 (33)

【圖式之代號說明】

- | | | |
|----|-----------------|--------------|
| | 1~引擎 | 2~氫氣儲存部分 |
| | 3~引擎廢熱傳遞供應通道 | 4~回流通道 |
| | 5~氫氣供應通道 | 6~溫度調整部分 |
| 5 | 7~排氣管 | 8~燃料箱 |
| | 9~燃料箱廢熱/氫傳輸供應通道 | |
| | 10~燃燒器 | 11~氫氣供應通道 |
| | 12~氫儲存單元 | 13~供氣管線 |
| | 14~氫供氣管線 | 15~排氣管 |
| 10 | 16~回流通道 | 20~微粒 |
| | 21~表面氫化(成核) | 22~微粒 |
| | 23~主體 | 31~能量產生次系統 |
| | 32~氫產生次系統 | 33~氫淨化/壓縮次系統 |
| | 34~氫儲存次系統 | 35~氫運送次系統 |
| 15 | 36~氫分配網路 | 37~氫最終用途次系統 |
| | 40~氫儲存台 | 43~計量器 |
| | 44a~氫供氣管線 | 44b~氫供氣管線 |
| | 45a~熱冷卻劑回流管線 | 45b~回流管線 |
| | 51~壓縮體/氫儲存台 | 52~巨量氫儲存體合金 |
| 20 | 53~壓力保持容器 | 54~熱管理系統 |
| | 55~輸入/輸出管線 | |

四、中文發明摘要（發明之名稱：

)

氫基礎結構、合併之巨量氫儲存體，單級金屬氫化物氫壓縮體，及其中所使用之合金

一種組合之巨量儲存體/單級金屬氫化物壓縮體、供其
5 使用之氫儲存合金、以及一種結合組合之巨量儲存體/單級
金屬氫化物壓縮體之氫運送/分配基礎結構。

10

英文發明摘要（發明之名稱：

)

A HYDROGEN INFRASTRUCTURE, A COMBINED BULK
HYDROGEN STORAGE/SINGLE STAGE METAL HYDRIDE
HYDROGEN COMPRESSOR THEREFOR AND ALLOYS FOR USE
THEREIN

A combine bulk storage/single stage metal hydride compressor, a
hydrogen storage alloy therefore and a hydrogen transportation/distribution
infrastructure which incorporates the combine bulk storage/single stage
metal hydride compressor.

公告本

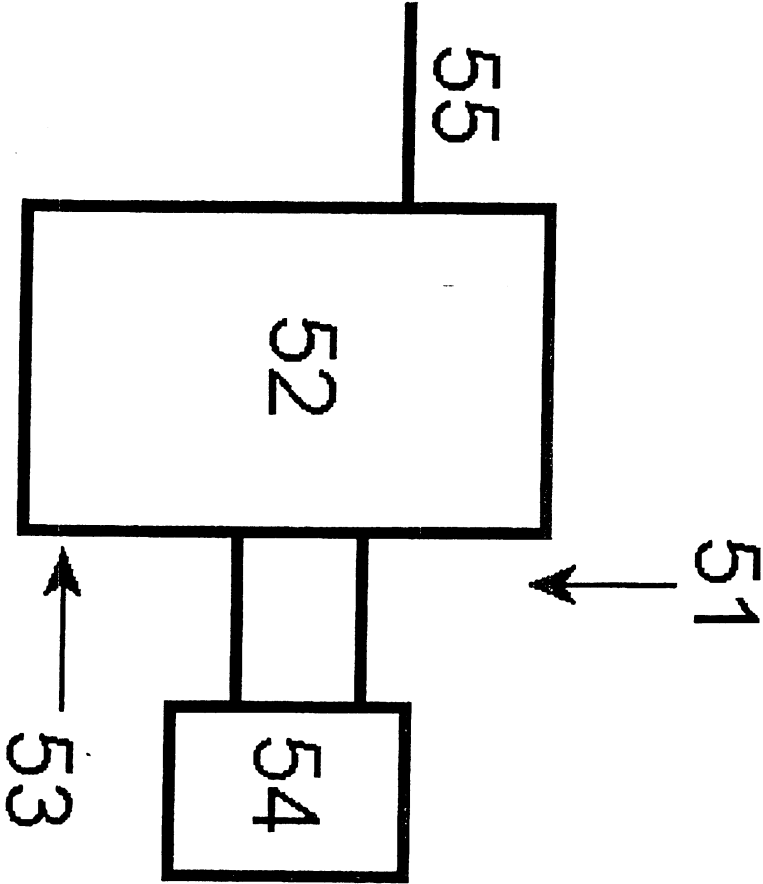


圖 1

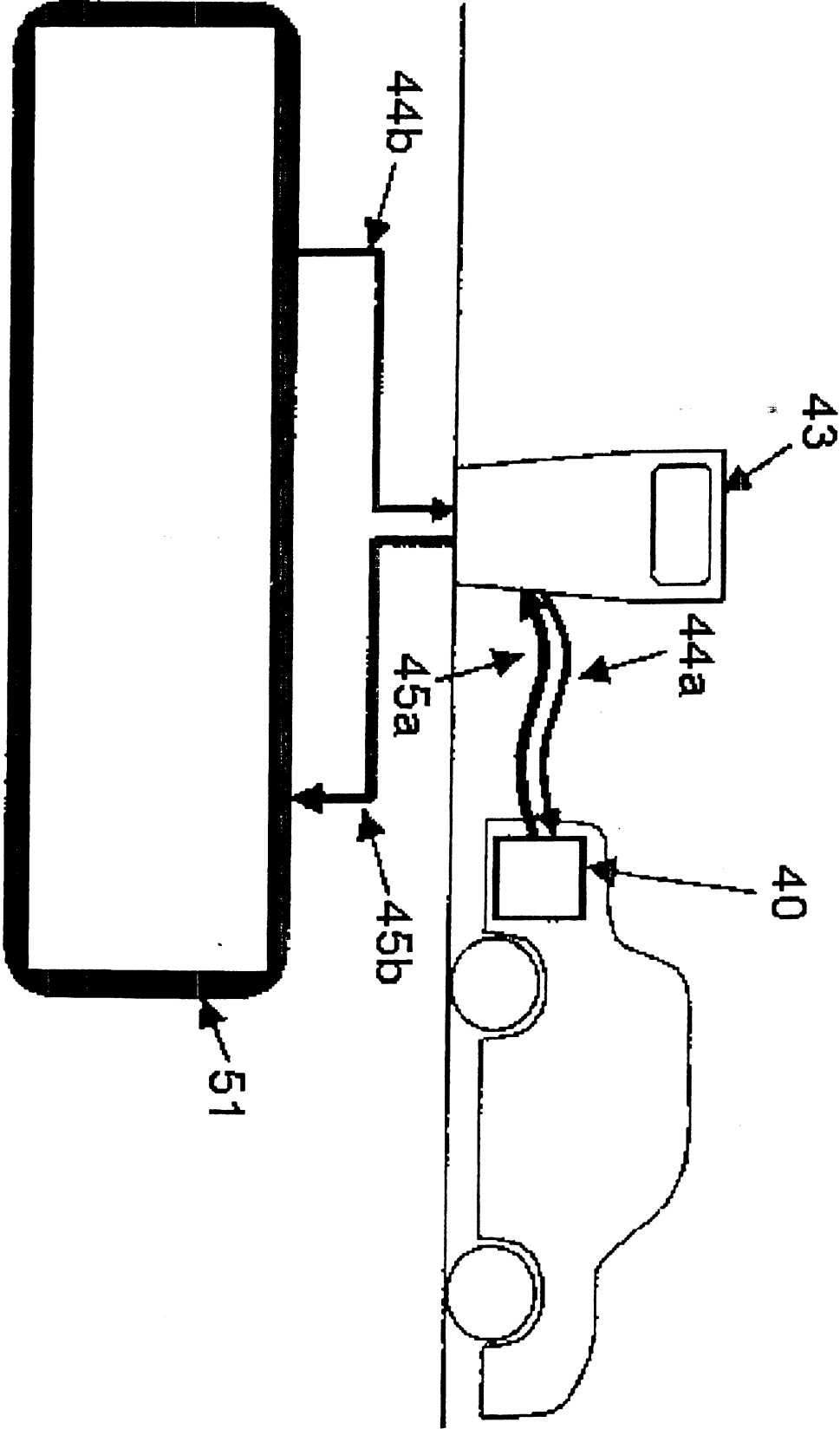


圖 2

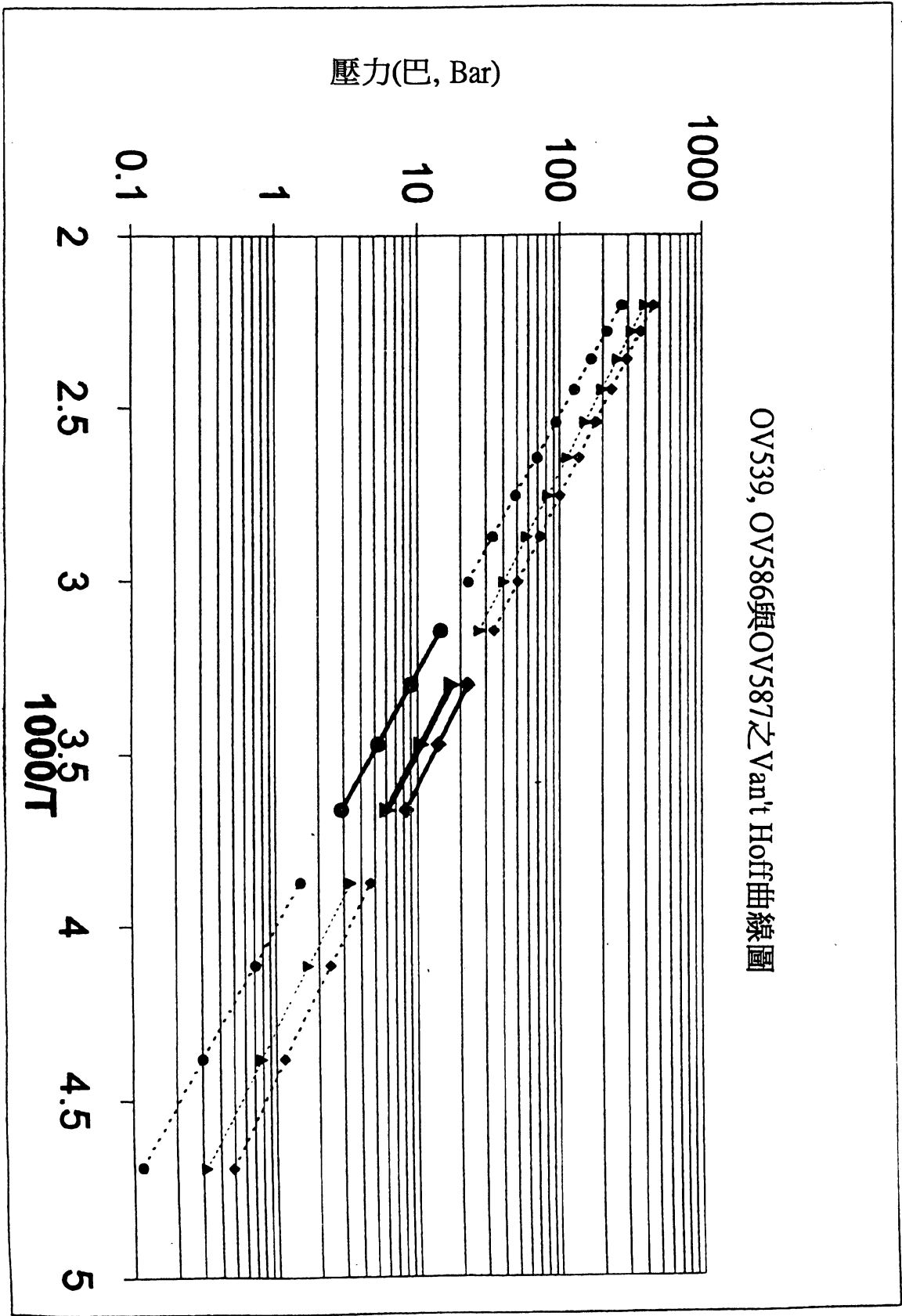


圖 3

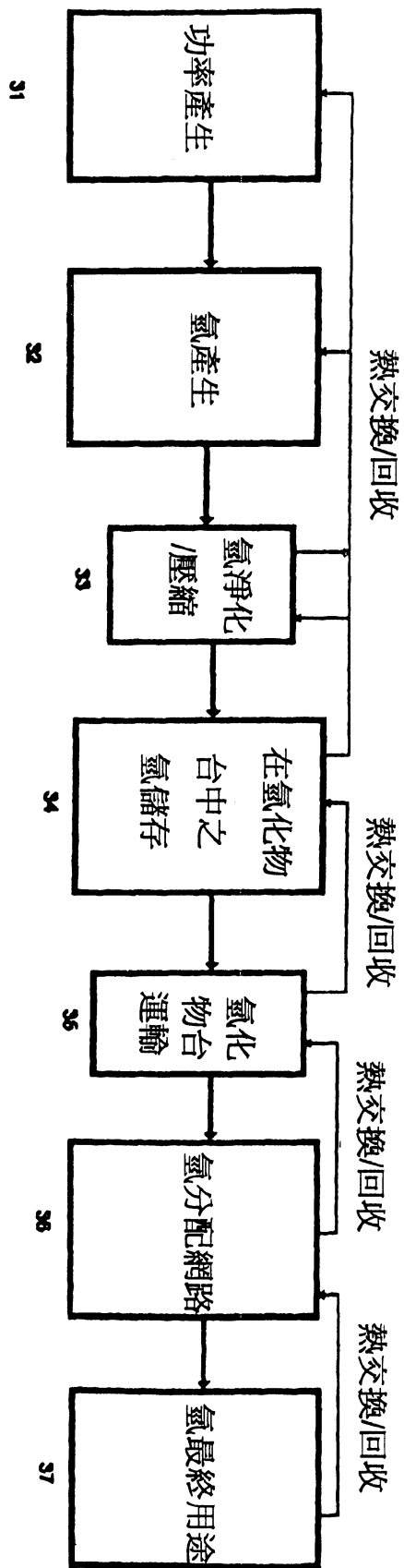
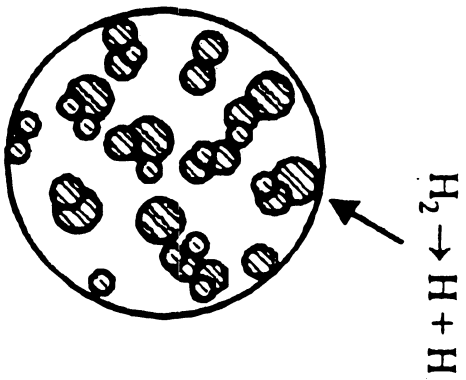
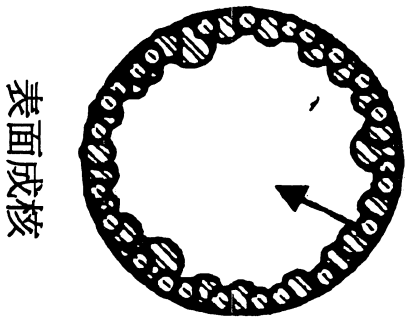


圖 4

吸收動力學

- 表面催化活動
- 催化部位
- 表面區域
- 成核密度
- 表面成核
- 巨量成核
- 成長速率



巨量成核

圖 5

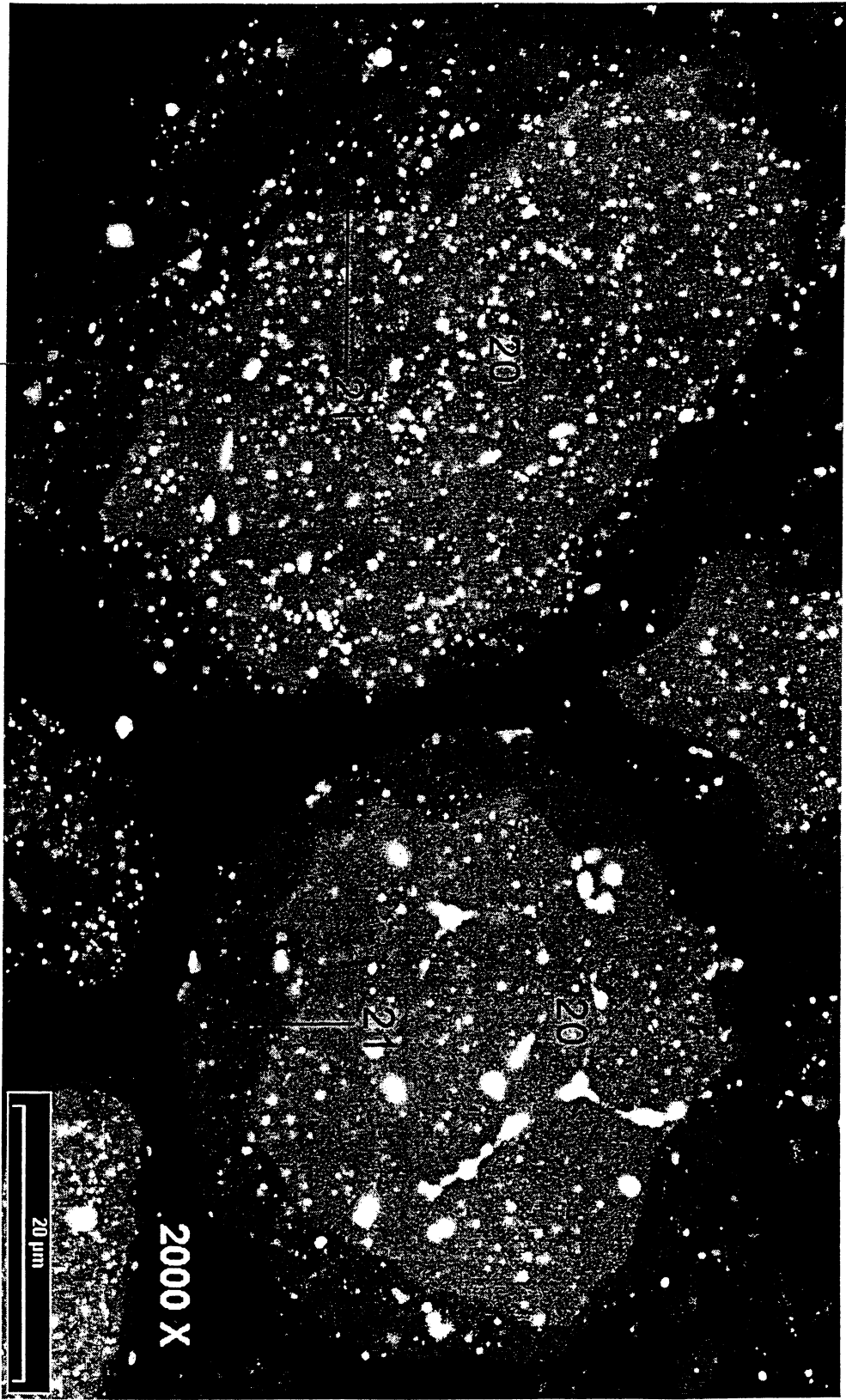
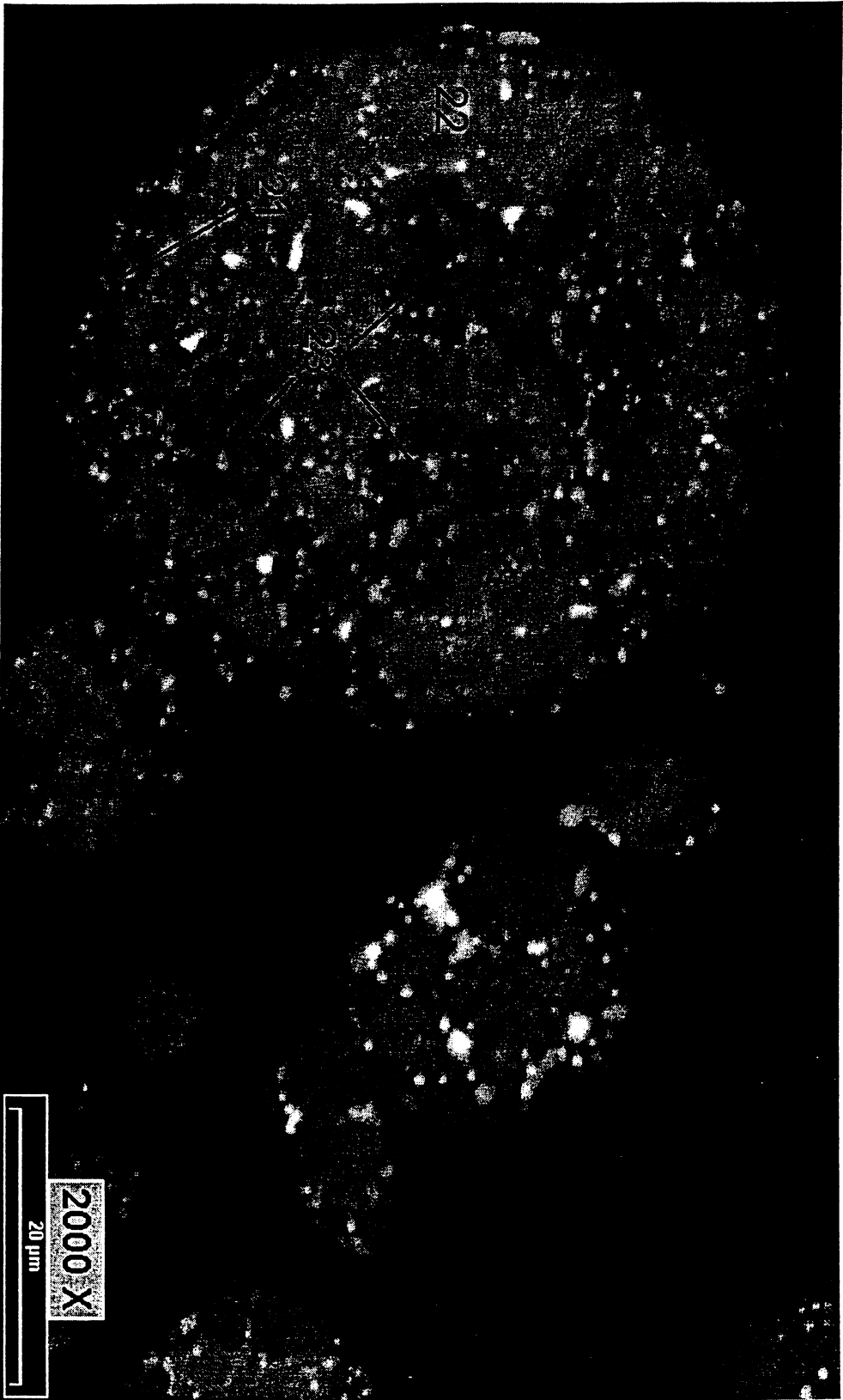


圖 6



7

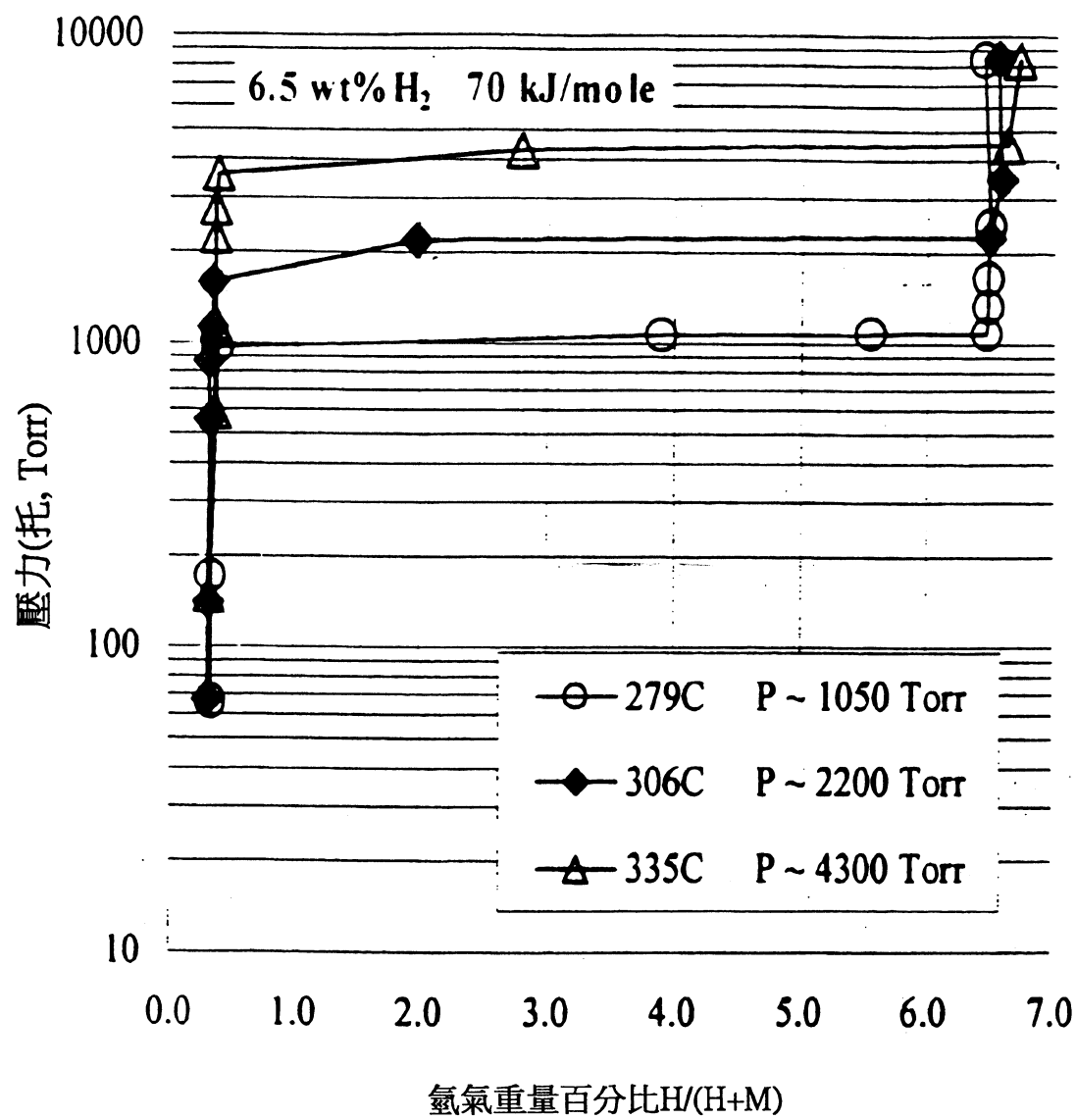


圖 8

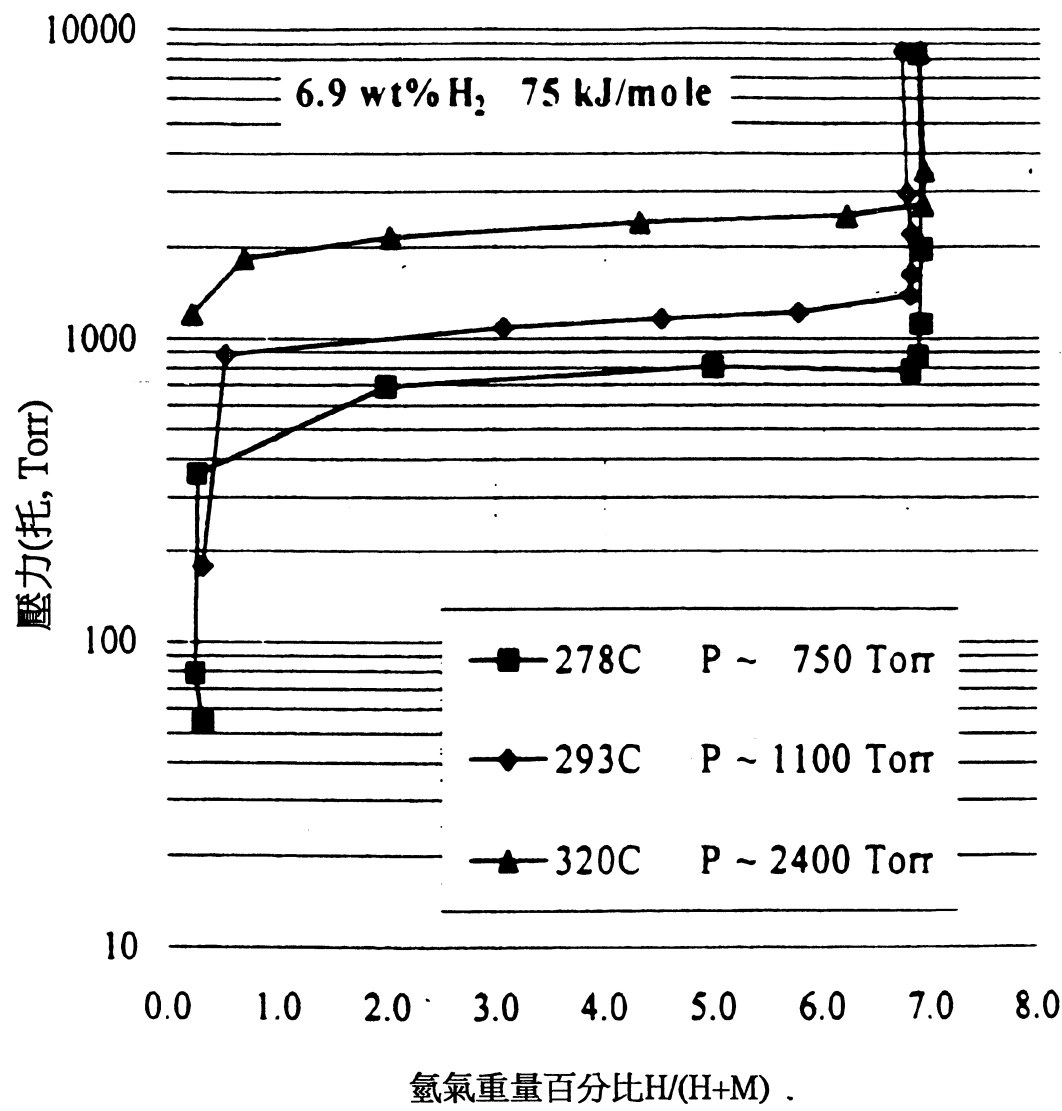


圖 9

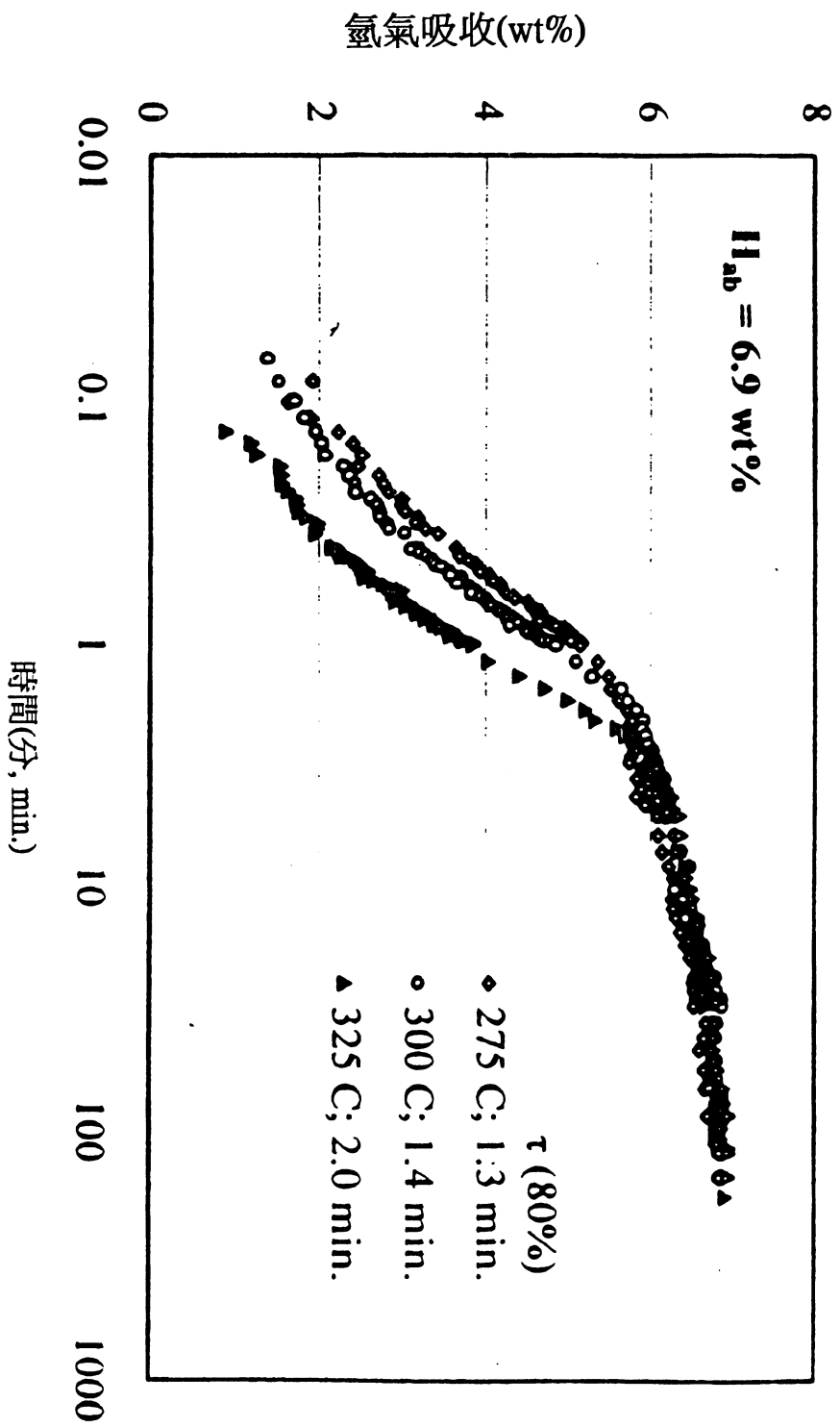


圖 10

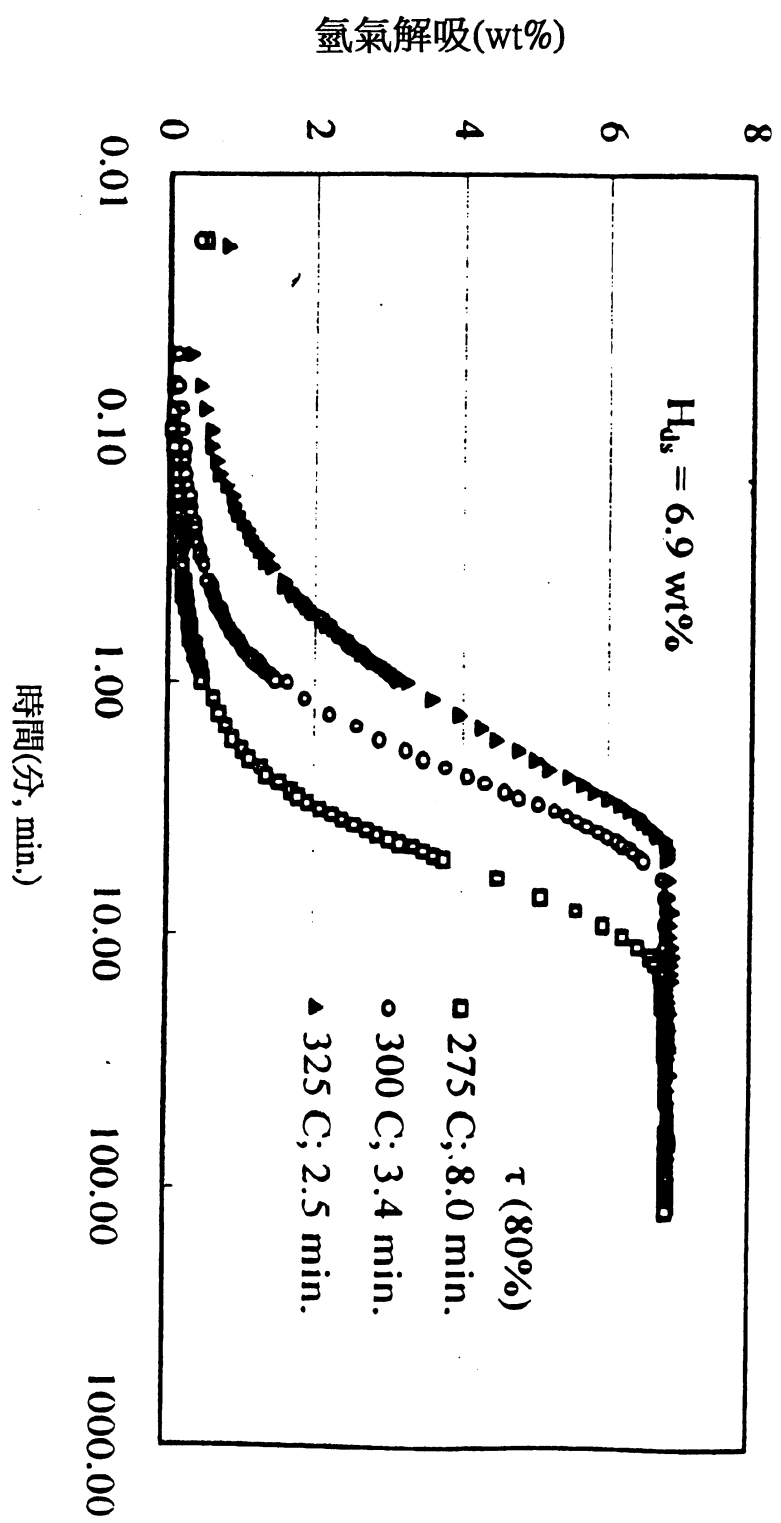


圖 11

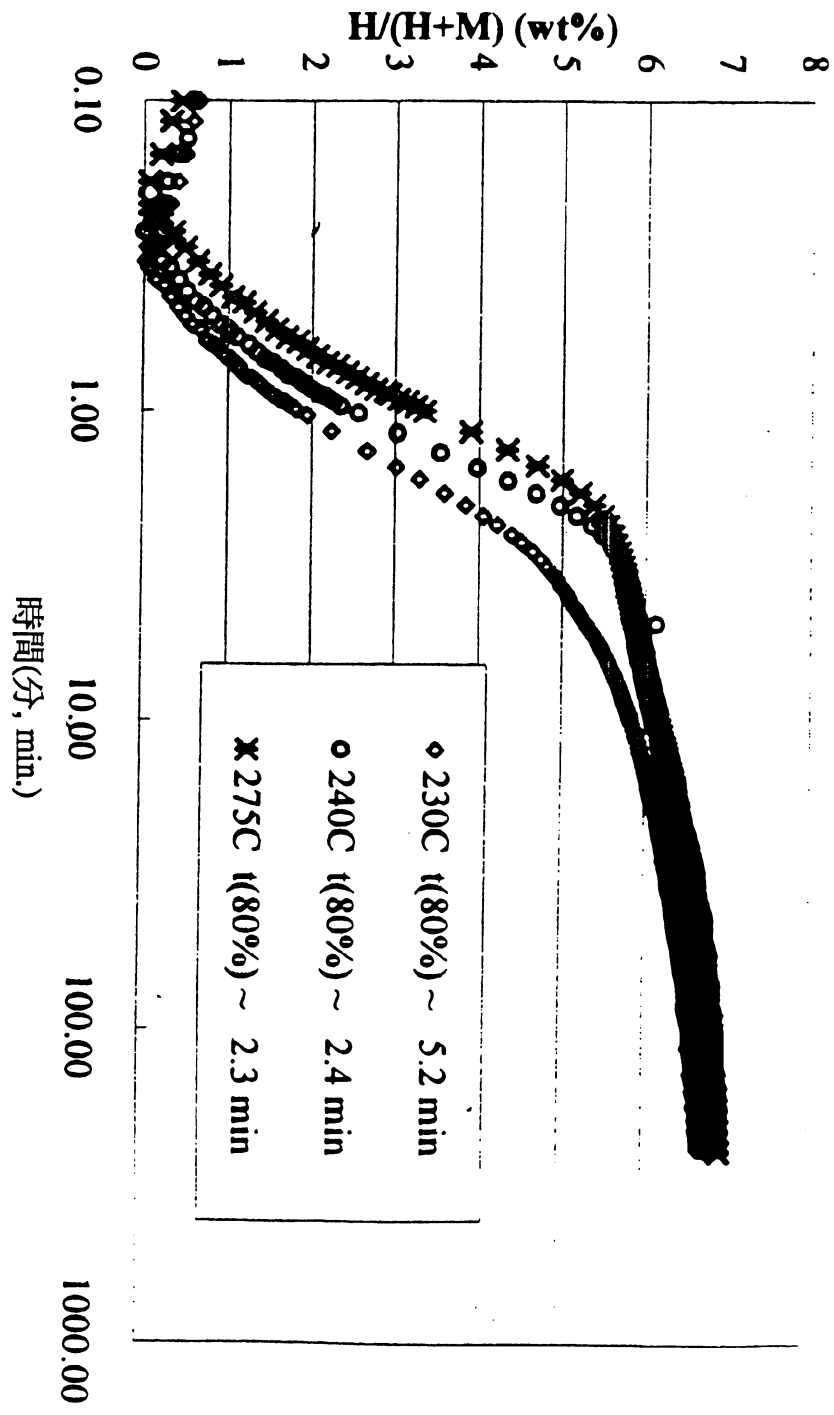


圖 12

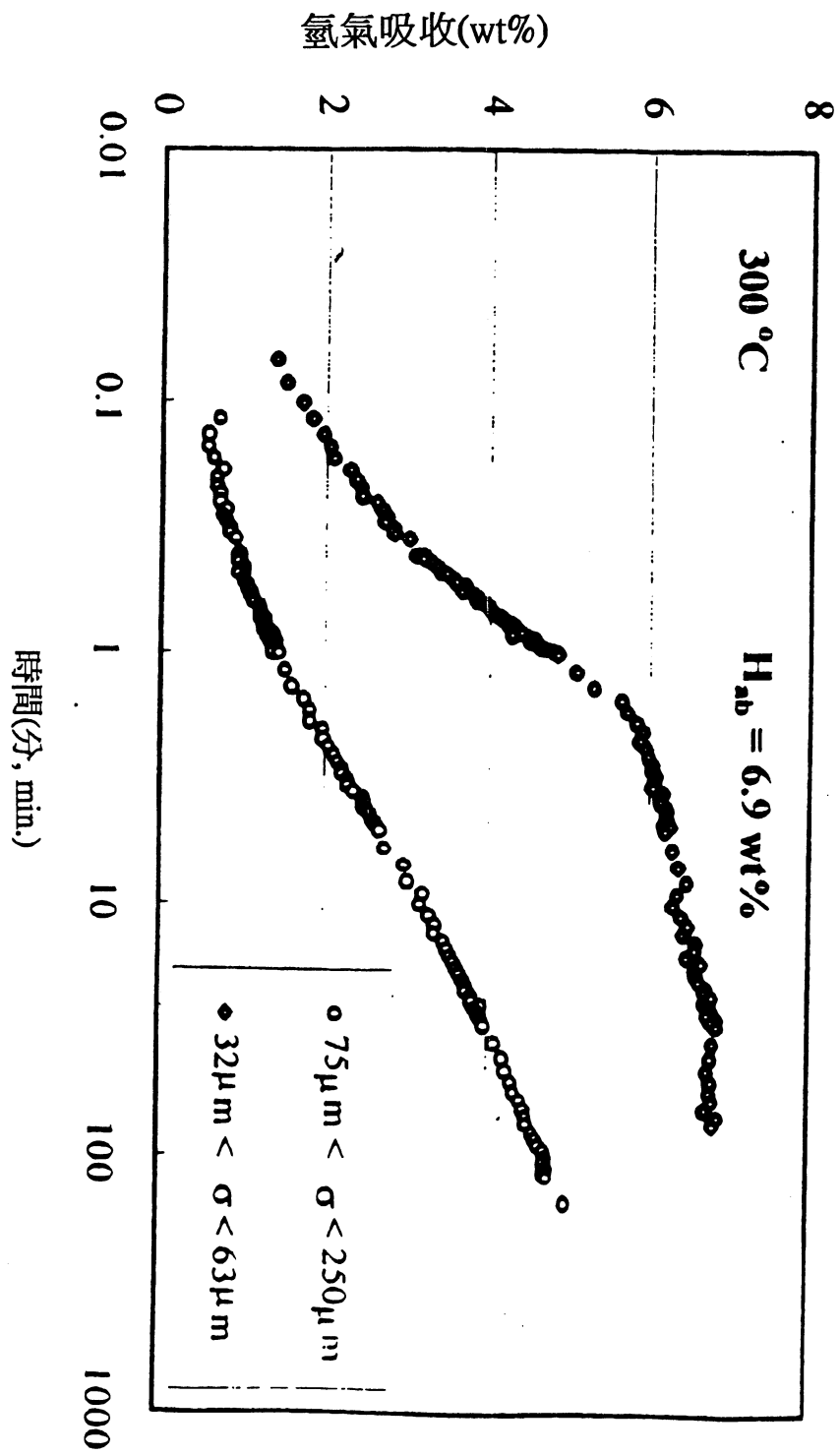


圖 13

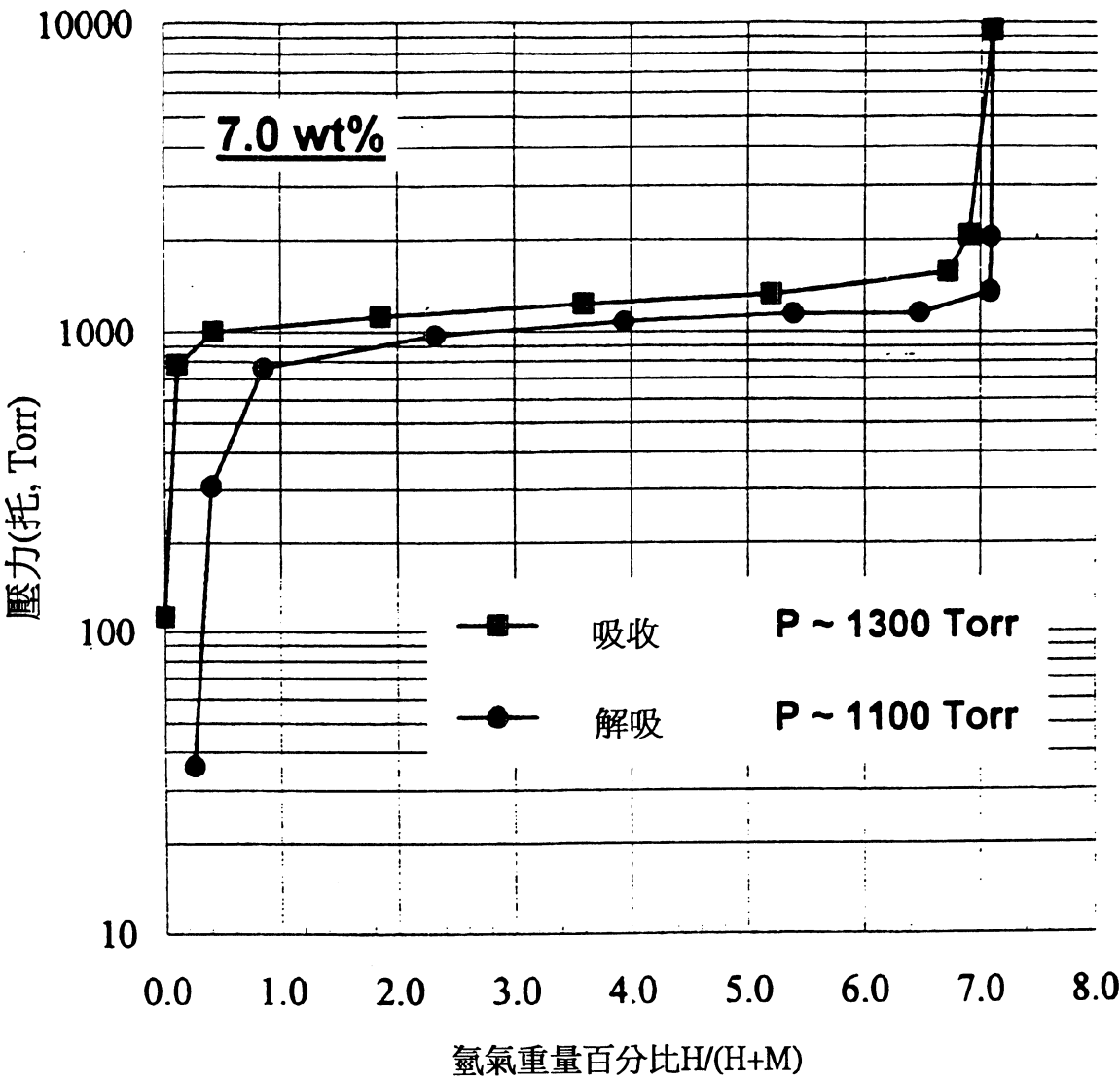


圖 14

圖 15

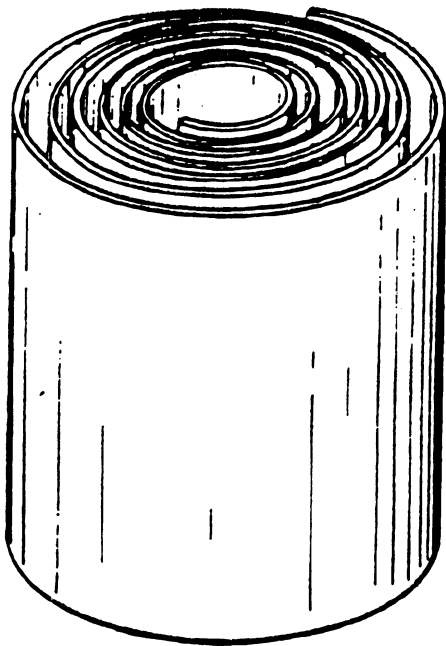
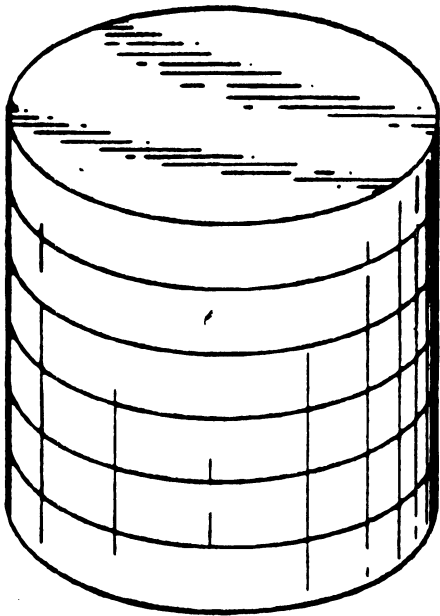


圖 16



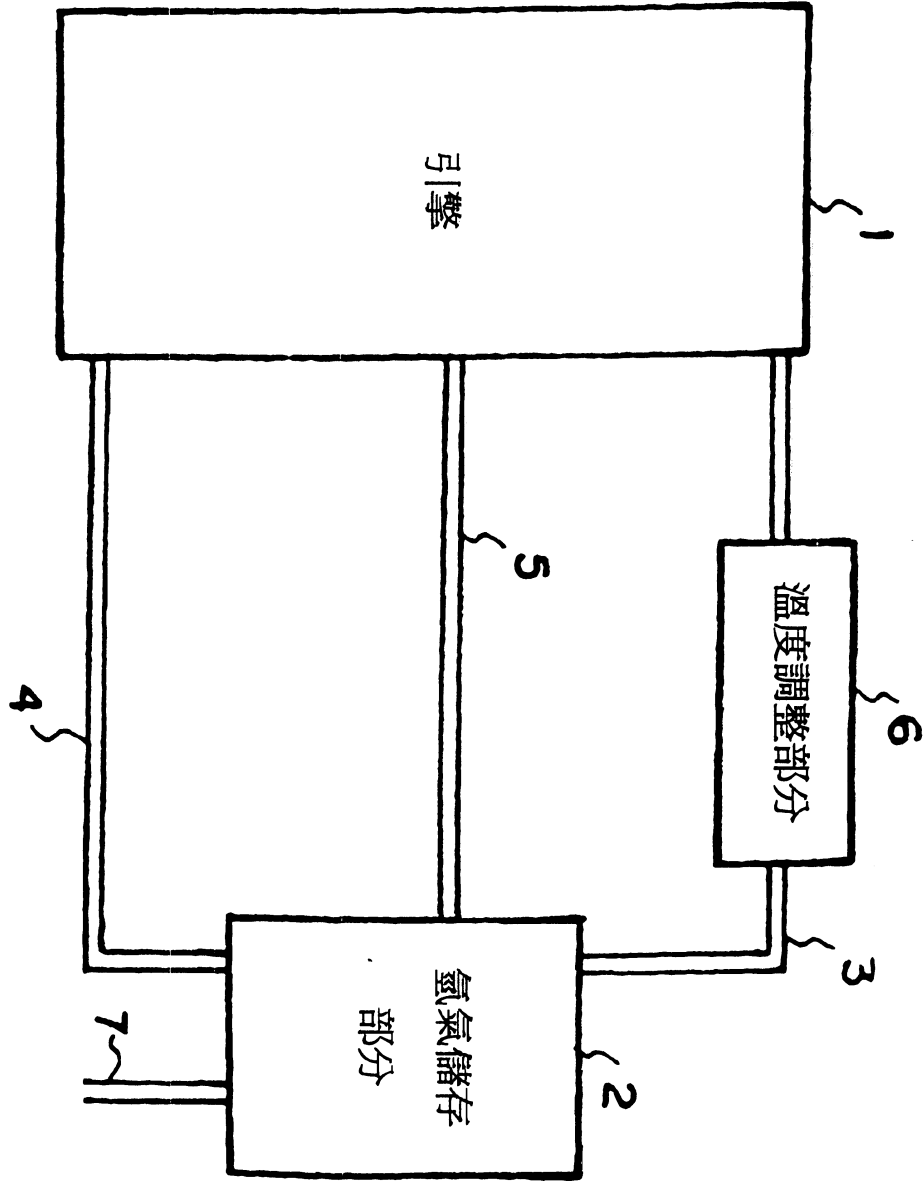


圖 17

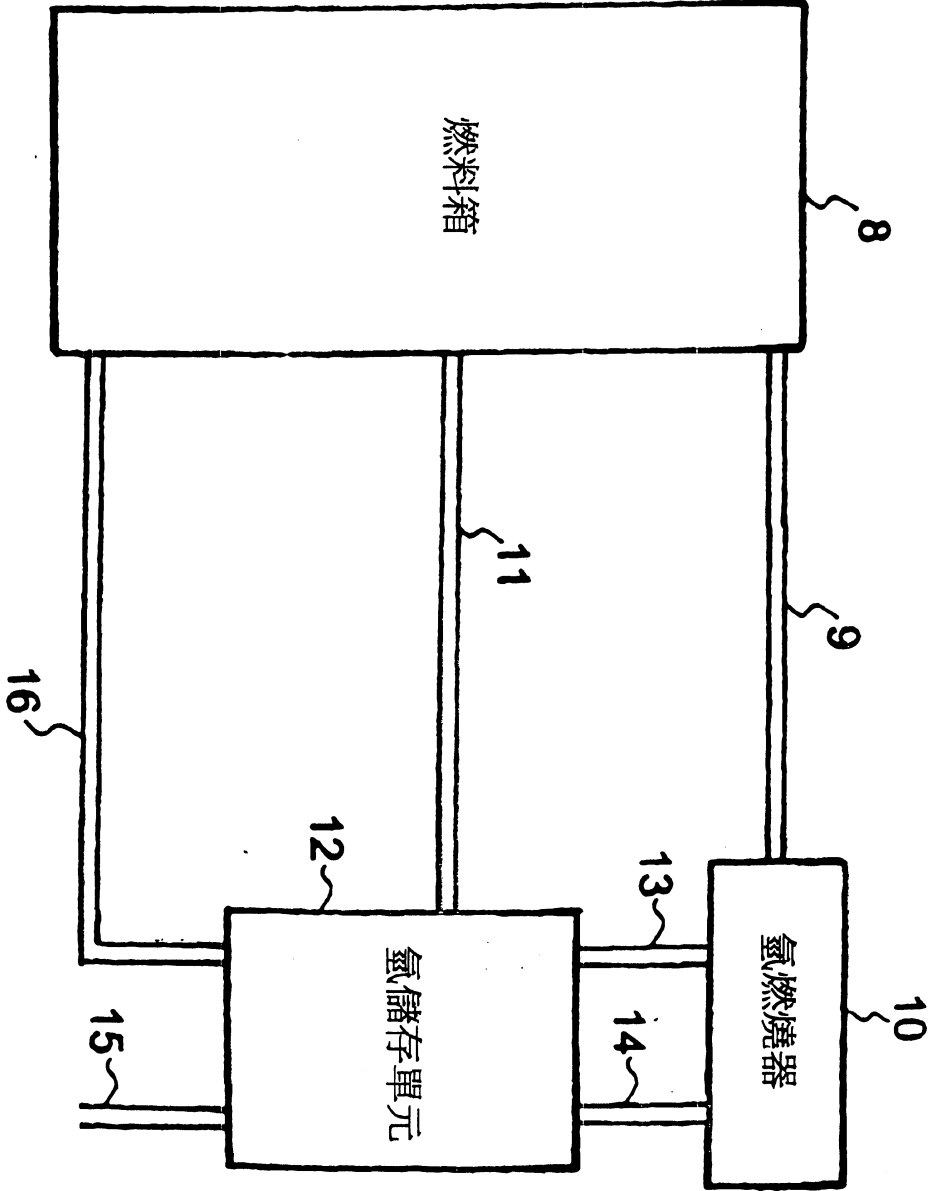


圖 18

公告本
六、申請專利範圍

專利申請案第 91115654 號

ROC Patent Appln. No. 91115654

修正之申請專利範圍中文本 附件(一)

Amended Claims in Chinese Encl.(I)

(民國 92 年 9 月 26 日送呈)

(Submitted on September 26, 2003)

5

1. 一種氫運送/分配基礎結構系統，包含：

氫淨化/壓縮次系統，其淨化並壓縮氫；以及

10

氫分配次系統，其將氫分配給最終用戶；

其中該等次系統之一個或兩個包含合併之巨量氫
儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體，其包含：

a) 壓力保持容器，該壓力保持容器具有至少一氫入口/出口埠，用以將氫傳輸進出該容器；

15

b) 氫儲存合金，與該保持容器配置在一起，該氫儲存合金係以足夠之數量提供氫之巨量儲存體，且該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 500 psi 之平頂(plateau)壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 1500 psi 之平頂壓力；以及

20

c) 熱管理系統，用以交替加熱並冷卻該氫儲存合金。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 400 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 2000 psi 之平頂壓力。

25

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於

六、申請專利範圍

- 或等於 300 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 3600 psi 之平頂壓力。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 200 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 5000 psi 之平頂壓力。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金於 12°C 之溫度下具有 100 psi 之平頂壓力，並於 180°C 之溫度下具有 6000 psi 之平頂壓力。
- 10 6. 如申請專利範圍第 1 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金包含一種為 AB_2 合金之合金。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金包含一種為改性的 Ti-Mn₂ 合金之合金。
- 15 8. 如申請專利範圍第 7 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 2-5% 鋯、26-32% 鈦、7-10% 鈮、8-20% 鉻、38-42% 錳；以及從由 1-6% 鎳、2-6% 鐵與 0.1-2% 鋁所組成之群組選出的至少一元素。
- 20 9. 如申請專利範圍第 8 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金更包含高達 1 個原子百分比的稀土金屬合金。
10. 如申請專利範圍第 9 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.63% 鋯、29.8% 鈦、8.82% 鈮、9.85% 鉻、39.5% 錳、2.0% 鎳、5.0% 鐵、1.0% 鋁、以及 0.4% 稀土金屬合金。
- 25

六、申請專利範圍

11. 如申請專利範圍第 8 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.6%鋇、29.0%鈦、8.9%鈮、10.1%鉻、40.1%錳、2.0%鎳、5.1%鐵、以及 1.2%鋁。
- 5 12. 如申請專利範圍第 8 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.6%鋇、28.3%鈦、8.8%鈮、10.0%鉻、40.7%錳、1.9%鎳、5.1%鐵、以及 1.6%鋁。
- 10 13. 如申請專利範圍第 8 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 4%鋇、29.5%鈦、8.5%鈮、15.0%鉻、38%錳，以及 5%鎳。
14. 如申請專利範圍第 1 項所述之氫基礎結構系統，更包含：
- 15 a) 能量產生次系統；
- b) 氫產生次系統，其使用來自該能量產生次系統之能量以產生氫；
- c) 氫儲存次系統，其將來自該氫淨化/壓縮次系統之淨化與壓縮的氫儲存於金屬氫化物儲存槽中；
- d) 氫運送次系統，其運送金屬氫化物儲存槽中之儲存的氫；以及
- 20 e) 最終用途次系統，其接收來自該氫分配次系統之分配的氫並消耗該氫。
15. 如申請專利範圍第 14 項所述之氫基礎結構系統，其中金屬氫化物儲存槽包含鎂基氫儲存合金粉末，該合金包含至少 90 重量百分比的鎂，該合金粉末具有：
- 25 i) 至少 6 個重量百分比之氫儲存容量；

六、申請專利範圍

- ii) 吸收動能，以使合金粉末於 300°C 在 5 分鐘內吸收其總容量之 80%；以及
- iii) 小於 70 微米之範圍的微粒尺寸。
16. 如申請專利範圍第 15 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金粉末具有至少 6.5 個重量百分比之氫儲存容量。
17. 如申請專利範圍第 16 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金粉末具有吸收動能，以使合金粉末於 300°C 在 2 分鐘內吸收其總容量之 80%。
18. 如申請專利範圍第 15 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金粉末具有至少 6.9 個重量百分比之氫儲存容量。
19. 如申請專利範圍第 18 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金粉末具有吸收動能，以使合金粉末於 300°C 在 1.5 分鐘內吸收其總容量之 80%。
20. 如申請專利範圍第 15 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金更包含 0.5-2.5 個重量百分比的鎳。
21. 如申請專利範圍第 20 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金更包含 1.0-4.0 個重量百分比的稀土金屬合金。
22. 如申請專利範圍第 21 項所述之氫基礎結構系統，其中該稀土金屬合金主要包含鈾、釷、鏷、以及釷。
23. 如申請專利範圍第 22 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金更包含來自於由 3-7 個重量百分比的鋁，0.1-1.5 個重量百分比的鈮，以及 0.3-1.5 個重量百分比的矽所組成之群組之一個或更多個元素，且可能選

六、申請專利範圍

擇性地更包含高達 1% 的碳及/或硼。

24. 如申請專利範圍第 15 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金包含 91.0 個重量百分比的鎂、0.9 個重量百分比的鎳、5.6 個重量百分比的鋁、0.5 個重量百分比的鈮、以及 2.0 個重量百分比的稀土金屬合金。
25. 如申請專利範圍第 15 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金包含 95.6 個重量百分比的鎂、1.6 個重量百分比的鎳、0.8 個重量百分比的矽、以及 2.0 個重量百分比的稀土金屬合金。
26. 如申請專利範圍第 15 項所述之氫基礎結構系統，其中該合金包含 95 個重量百分比的鎂、2 個重量百分比的鎳、以及 3.0 個重量百分比的稀土金屬合金。
27. 如申請專利範圍第 14 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫分配次系統包含選自於由車輛加氣站、家庭用配氣設備、以及工業/商業用配氣設備所組成之群組之至少一個。
28. 如申請專利範圍第 27 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫分配次系統包含車輛加氣站。
29. 如申請專利範圍第 14 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫最終用途次系統包含選自於由車輛、家庭、工業與商業所組成之群組之至少一者。
30. 如申請專利範圍第 29 項所述之氫基礎結構系統，其中該氫最終用途次系統包含車輛。
31. 如申請專利範圍第 30 項所述之氫基礎結構系統，其中該等車輛包含燃料電池驅動式車輛。
32. 如申請專利範圍第 30 項所述之氫基礎結構系統，其

六、申請專利範圍

中該等車輛包含內燃機驅動式車輛。

33. 一種合併之巨量氫儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體，其包含：
- 5 a) 壓力保持容器，該壓力保持容器具有至少一氫入口/出口埠，用以將氫傳輸進出該容器；
- b) 氫儲存合金，與該保持容器配置在一起，該氫儲存合金係以足夠之數量提供氫之巨量儲存體，且該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 500 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 1500 psi 之平頂壓力；以及
- 10 c) 熱管理系統，用以交替加熱並冷卻該氫儲存合金。
34. 如申請專利範圍第 33 項所述之合併之巨量氫儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 400 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 2000 psi 之平頂壓力。
- 15 35. 如申請專利範圍第 33 項所述之合併之巨量氫儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 300 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 3600 psi 之平頂壓力。
- 20 36. 如申請專利範圍第 33 項所述之合併之巨量氫儲存體/單級金屬氫化物氫壓縮體，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 200 psi 之平頂
- 25

六、申請專利範圍

壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 5000 psi 之平頂壓力。

37. 如申請專利範圍第 33 項所述之合併之巨量氫儲存體/
單級金屬氫化物氫壓縮體，其中該氫儲存合金於 12
5 °C 之溫度下具有 100 psi 之平頂壓力，並於 180°C 之
溫度下具有 6000 psi 之平頂壓力。
38. 如申請專利範圍第 33 項所述之單級金屬氫化物氫壓
縮體，其中該氫儲存合金包含一種為 AB_2 合金之合
金。
- 10 39. 如申請專利範圍第 38 項所述之單級金屬氫化物氫壓
縮體，其中該氫儲存合金包含一種為改性的 Ti-Mn₂
合金之合金。
40. 如申請專利範圍第 39 項所述之單級金屬氫化物氫壓
縮體，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 2-
15 5%鋁、26-32%鈦、7-10%釩、8-20%鉻、38-42%錳；
以及從由 1-6%鎳、2-6%鐵與 0.1-2%鋁所組成之群組
選出的至少一元素。
41. 如申請專利範圍第 40 項所述之單級金屬氫化物氫壓
縮體，其中該氫儲存合金更包含高達 1 個原子百分比
20 的稀土金屬合金。
42. 如申請專利範圍第 41 項所述之單級金屬氫化物氫壓
縮體，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含
3.63%鋁、29.8%鈦、8.82%釩、9.85%鉻、39.5%錳、
2.0%鎳、5.0%鐵、1.0%鋁、以及 0.4%稀土金屬合
25 金。
43. 如申請專利範圍第 40 項所述之單級金屬氫化物氫壓

六、申請專利範圍

縮體，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.6% 鋯、29.0% 鈦、8.9% 鈮、10.1% 鉻、40.1% 錳、2.0% 鎳、5.1% 鐵、以及 1.2% 鋁。

5 44. 如申請專利範圍第 40 項所述之單級金屬氫化物氫壓縮體，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.6% 鋯、28.3% 鈦、8.8% 鈮、10.0% 鉻、40.7% 錳、1.9% 鎳、5.1% 鐵、以及 1.6% 鋁。

10 45. 如申請專利範圍第 40 項所述之單級金屬氫化物氫壓縮體，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 4% 鋯、29.5% 鈦、8.5% 鈮、15.0% 鉻、38% 錳、以及 5% 鎳。

15 46. 一種巨量氫儲存體合金，其於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 500 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 1500 psi 之平頂壓力。

20 47. 如申請專利範圍第 46 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 400 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 2000 psi 之平頂壓力。

25 48. 如申請專利範圍第 46 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 300 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 3600 psi 之平頂壓力。

49. 如申請專利範圍第 46 項所述之巨量氫儲存體合金，

六、申請專利範圍

其中該氫儲存合金於小於或等於 25°C 之溫度下具有小於或等於 200 psi 之平頂壓力，並於小於或等於 200°C 之溫度下具有大於或等於 5000 psi 之平頂壓力。

- 5 50. 如申請專利範圍第 46 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金於 12°C 之溫度下具有 100 psi 之平頂壓力，並於 180°C 之溫度下具有 6000 psi 之平頂壓力。
51. 如申請專利範圍第 46 項所述之巨量氫儲存體合金，
10 其中該氫儲存合金包含一種為 AB_2 合金之合金。
52. 如申請專利範圍第 51 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金包含一種為改性的 $Ti-Mn_2$ 合金之合金。
53. 如申請專利範圍第 52 項所述之巨量氫儲存體合金，
15 其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 2-5% 鋇、26-32% 鈦、7-10% 鈮、8-20% 鉻、38-42% 錳；以及從由 1-6% 鎳、2-6% 鐵與 0.1-2% 鋁所組成之群組選出的至少一元素。
54. 如申請專利範圍第 53 項所述之巨量氫儲存體合金，
20 其中該氫儲存合金更包含高達 1 個原子百分比的稀土金屬合金。
55. 如申請專利範圍第 54 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.63% 鋇、29.8% 鈦、8.82% 鈮、9.85% 鉻、39.5% 錳、2.0% 鎳、
25 5.0% 鐵、1.0% 鋁、以及 0.4% 稀土金屬合金。

六、申請專利範圍

56. 如申請專利範圍第 53 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.6%鋁、29.0%鈦、8.9%釩、10.1%鉻、40.1%錳、2.0%鎳、5.1%鐵、以及 1.2%鋁，
- 5 57. 如申請專利範圍第 53 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 3.6%鋁、28.3%鈦、8.8%釩、10.0%鉻、40.7%錳、1.9%鎳、5.1%鐵、以及 1.6%鋁。
- 10 58. 如申請專利範圍第 53 項所述之巨量氫儲存體合金，其中該氫儲存合金在原子百分比方面包含 4%鋁、29.5%鈦、8.5%釩、15.0%鉻、38%錳、以及 5%鎳。

裝

計

線