



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년03월06일
(11) 등록번호 10-0810620
(24) 등록일자 2008년02월28일

(51) Int. Cl.

C01B 3/02 (2006.01) C01B 3/06 (2006.01)

C01B 3/22 (2006.01) C01B 3/50 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2005-0041100

(22) 출원일자 2005년05월17일

심사청구일자 2005년05월17일

(65) 공개번호 10-2006-0118766

(43) 공개일자 2006년11월24일

(56) 선행기술조사문헌

US20040265137 A1

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한국기초과학지원연구원

대전광역시 유성구 어은동 52번지

주식회사 썬테크놀러지

경기 성남시 분당구 금곡동 210 코오롱트리폴리스 C-1901

(72) 발명자

정용호

서울 광진구 자양1동 632-1

이봉주

대전광역시 유성구 도룡동 현대아파트 103동 403호

(74) 대리인

김진학, 임세혁, 한인열

전체 청구항 수 : 총 5 항

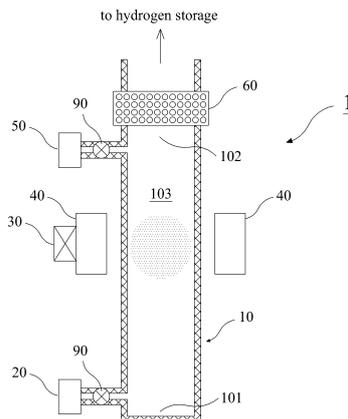
심사관 : 김범수

(54) 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의한 수소기체 제조방법

(57) 요약

본 발명은 수소기체 제조장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 수소기체 제조장치는 a) 유전성 중공튜브, b) 상기 유전성 중공튜브를 소정의 감압분위기로 유지하는 감압수단, c) 마이크로웨이브 소스, d) 상기 마이크로웨이브 소스와 연계되고, 생성된 마이크로웨이브를 상기 유전성 중공튜브에 인가하는 도파관, e) 상기 유전성 중공튜브의 내부로 수소원소를 함유하는 기체를 공급하는 기체공급원 - 여기서, 상기 기체공급원으로부터 공급된 기체는 상기 도파관으로부터의 마이크로웨이브에 의해 플라즈마 방전을 경험하며, 열분해가 아니라 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 생성된 전자와 상기 수소원소를 함유하는 기체의 충돌에 의한 기체의 분자내 본드 끊음으로 수소기체를 함유하는 반응산물을 생성함, 및 f) 상기 반응산물로부터 수소기체를 분리하는 분리기를 포함하여 이루어진다. 상기 수소기체 제조장치는 간단한 설비를 갖고, 소규모의 수소기체를 간단하고 효율적으로 제공한다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

JP11322638 A

JP06219970 A

JP07263184 A

US5266175 A

특허청구의 범위

청구항 1

- a) 내관과 외관으로 이루어진 중공튜브의 내부를 300 Torr - 50 Torr의 감압 분위기로 유지하는 단계와,
- b) 상기 중공튜브의 내관 내부로, 탄화수소, 수증기 및 알코올로 구성되는 군에서 선택되는 기체를 공급하는 단계와,
- c) 마이크로웨이브 소스 및 상기 마이크로웨이브 소스에 연계된 도파관을 이용하여, 상기 기체의 유동 경로 중간에, 마이크로웨이브를 인가하되, 상기 마이크로웨이브에 의해 인가되는 에너지는, 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 생성된 전자가 4.5 eV - 7 eV의 에너지를 갖도록 하는 단계와,
- d) 상기 마이크로웨이브에 의해, 상기 중공튜브의 내관 내부로 유동하는 기체의 플라즈마 방전을 유도하여, 수소 기체를 함유하는 반응산물을 생성하되, 상기 수소 기체를 함유하는 반응산물을 상기 기체의 열분해가 아니라 상기 기체의 분자내 분드 끊음으로 생성하는 단계와,
- e) 상기 반응산물로부터 수소기체를 분리하는 단계를 포함하여 이루어진, 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의한 수소기체 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 e)의 수소기체의 분리가 압력 스윙 흡착 농축기(pressure swing adsorption concentrator)에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 수소기체 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 중공튜브가 세로로 배치되고, 중공튜브의 내관을 통해 유동하는 기체는 상기 중공튜브의 제1 말단에서부터 제2 말단으로 흘러가고, 상기 도파관이 배치된 부위에서, 마이크로웨이브 플라즈마 방전을 경험하여 수소기체를 함유하는 반응산물을 생성하고, 생성된 수소기체는 상기 제2 말단에 배치된 분리기에 의해 반응산물로부터 분리되는 것을 특징으로 하는 수소기체 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 기체가 수증기이고, 상기 마이크로웨이브에 의해 인가되는 에너지는, 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 생성된 전자가 4.8 eV - 7 eV의 에너지를 갖도록 하는 범위인 것을 특징으로 하는 수소기체 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 기체가 탄화수소이고, 마이크로플라즈마 방전에 의해 생성된 반응산물이 수소기체와 고체 탄소이고, 고체탄소가 상기 중공튜브의 제1 말단에 배치된 고체원소 스토리지에 수득되는 것을 특징으로 하는 수소기체 제조방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <5> 본 발명은 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의한 수소기체 제조장치에 관한 것이다.
- <6> 플라즈마는 반도체 공정, 재료표면 처리, 유해가스 처리, 탄소나노튜브생성 등 다양한 분야에 응용되고 있다. 그 중 마이크로웨이브에 의한 플라즈마는 퍼플루오로카르본(perfluorocarbon) 및 하이드로플루오로카르본(hydrofluorocarbon)과 같은 유해가스의 처리에 이용된 바 있다(미국특허 제5,965,786호 및 제6,290,918호). 그리고, 미국특허 제6,707,254호는 마이크로웨이브 플라즈마 방전을 이용하여 살균처리하는 방법 및 시스템을 제안하고 있다.
- <7> 수소 기체는 원유의 탈황이나 암모니아의 제조 및 화학비료의 제조 등과 같은 화학공업분야, 저지방 마가린의 제조와 같은 식품 분야, 금속의 열처리와 같은 야금 및 제철분야, 그리고 반도체 제조, 유리 및 광섬유제조, 자동차의 연료 및 연료전지용으로 많이 사용되고 있다. 더욱이 최근에는 연료전지 및 수소자동차 등의 개발에 의해, 현장에서 소규모로 연속적으로 공급할 수 있는 수소제조장치의 수요가 점차 증가하고 있다.
- <8> 수소 기체의 대부분은 천연가스 혹은 탄화수소로부터 개질에 의해 얻어지며, 그 외에는 나프타 개질, 석탄 가스화, 전기분해 및 바이오매스로부터 얻어지고 있다. 원료의 개질방법으로는 수증기 개질, 산소 개질, 혼합 개질 등 다양한 방법으로 시도되고 있으나, 현재 상업화된 공정은 수증기 개질방법이다. 상기 수증기 개질방법에 사용되는 개질장치(Reformer)는 통상 스팀발생기, 탈황반응기, 개질반응기 및 수증기전환반응기(Water Gas Shift Reactor) 등의 일련의 반응기들로 구성된다. 통상적으로, 이들 개질장치는 장치의 크기가 크고 구성이 복잡하며, 배관 단열에서의 열손실로 인하여 전체적인 열효율이 낮아지는 단점이 있다.
- <9> 또한, 개질장치를 가동할 경우 개질반응은 흡열반응이다. 따라서, 상기 개질장치는 가열수단을 요구한다. 가열수단으로서, 버너 또는 전기발열체나 기타의 열원을 이용하고 있다. 이들은 열효율이 낮으며, 특히 버너(마이크로웨이브를 이용한 토치 등)를 열원으로 사용할 경우, 개질반응에 사용하고 남은 폐열의 대부분이 회수되지 아니하는 단점이 있다.
- <10> 아울러, 수증기전환반응의 경우 약간의 발열반응이지만, 기동 초기에는 저온전환반응에 적합한 온도로 예열하기 위한 수단을 요구한다. 현재 상용화되어 있는 수증기전환반응기의 경우, 약 2시간 정도의 기동시간을 요구한다. 따라서, 빠른 기동을 필요로 하는 연료전지 혹은 기타 용도의 수소 공급 장치로 활용하는 데는 많은 제약이 따르게 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <11> 본 발명의 목적은 수소기체를 효율적으로 생성할 수 있는 수소기체 제조장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- <12> 본 발명의 다른 목적은 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 소규모의 수소를 연속적으로 발생시킬 수 있는 수소기체 제조장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- <13> 본 발명의 또 다른 목적은 개질에 의해 수소를 생성하는 것이 아니라 수소원소를 함유하는 기체로부터 수소원소

와 상기 수소원소와 결합되어 있는 원소 사이의 본드(bond)를 끊어서 수소기체를 제조하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

- <14> 상기한 본 발명의 목적 및 발명의 상세한 설명에서 기술된 다른 목적들은 a) 유전성 중공튜브, b) 상기 유전성 중공튜브를 소정의 감압분위기로 유지하는 감압수단, c) 마이크로웨이브 소스, d) 상기 마이크로웨이브 소스와 연계되고, 생성된 마이크로웨이브를 상기 유전성 중공튜브에 인가하는 도파관, e) 상기 유전성 중공튜브의 내부로 수소원소를 함유하는 기체를 공급하는 기체공급원 - 여기서, 상기 기체공급원으로부터 공급된 기체는 상기 도파관으로부터의 마이크로웨이브에 의해 플라즈마 방전을 경험하며, 열분해가 아니라 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 생성된 전자와 상기 수소원소를 함유하는 기체의 충돌에 의한 기체의 분자내 본드 끊음으로 수소기체를 함유하는 반응산물을 생성함, 및 f) 상기 반응산물로부터 수소기체를 분리하는 분리기를 포함하여 이루어진, 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의한 수소기체 제조장치의 제공에 의해 성취된다.
- <15> 본 발명의 다른 구체예에 따르면, 상기 유전성 중공튜브가 내관과 외관을 갖는 이중관인 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <16> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, 상기 분리기가 압력 스윙 흡착 농축기(pressure swing adsorption concentrator)인 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <17> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, 상기 기체공급원으로부터 공급된 수소원소를 함유하는 기체는 상기 중공튜브의 제1 말단으로부터 제2 말단으로 흘러가고, 상기 도파관은 상기 제1 말단과 제2 말단의 사이에서 상기 중공튜브의 측면에 배치되고, 상기 분리기는 상기 중공튜브의 제2 말단에 배치된 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <18> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, 상기 유전성 중공튜브가 세로로 배치되고, 상기 기체공급원으로부터 공급된 수소원소를 함유하는 기체는 상기 중공튜브의 제1 말단(하부말단)에서부터 제2 말단(상부말단)으로 흘러가고, 상기 도파관이 배치된 부위에서, 마이크로웨이브 플라즈마 방전을 경험하여 수소기체를 포함하는 반응산물을 생성하고, 생성된 수소기체는 상기 제2 말단에 배치된 분리기에 의해 반응산물로부터 분리되는 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <19> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, 상기 유전성 중공튜브의 하부말단에 고체원소 스토리지를 추가로 포함하는 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <20> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, 상기 유전성 중공튜브와 상기 분리기의 사이에, 진공 챔버를 추가로 포함하고, 상기 감압수단이 상기 진공 챔버에 연결된 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <21> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, 상기 수소원소를 함유하는 기체가 탄화수소, 수증기 및 알코올로 구성되는 군에서 선택되는 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <22> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, 상기 도파관이 튜너와 테이퍼를 포함하는 수소기체 제조장치가 제공된다.
- <23> 본 발명의 또 다른 구체예에 따르면, a) 유전성 중공튜브의 내부압력을 감압수단을 이용하여 소정의 감압분위기로 유지하는 단계, b) 기체공급원으로부터의 수소원소를 함유하는 기체를 상기 유전성 중공튜브를 통해 흘려주는 단계, c) 수소기체를 함유하는 반응산물을 생성하기 위해, 상기 유전성 중공튜브의 소정 위치에서 마이크로웨이브를 인가하여, 상기 수소원소를 함유하는 기체를 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 적용시키는 단계, d) 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 생성된 전자와 상기 수소원소를 함유하는 기체의 충돌에 의한 기체의 분자내 본드 끊음으로 수소기체를 함유하는 반응산물을 생성하는 단계, e) 상기 수소기체를 함유하는 반응산물로부터 수소기체를 분리하는 단계를 포함하여 이루어진 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의한 수소기체 제조방법이 제공된다.

발명의 구성 및 작용

- <24> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 기술한다.
- <25> 도 1은 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 바람직한 구현예를 보여주는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 수소기체 제조장치(1)는 유전성 중공튜브(10)와, 기체공급원(20)과, 마이크로웨이브 소스(30)와, 상기 마이크로웨이브 소스(30)에 연계된 도파관(40)과, 감압수단(50)과 분리기(60)를 구비한다.
- <26> 상기 유전성 중공튜브(10)의 내부 압력은 상기 감압수단(50)에 의해 소정의 감압분위기로 유지된다. 상기 감압수단(50)의 예로는 진공펌프, 석션 디바이스(suction device) 등을 들 수 있다.

- <27> 상기 기체공급원(20)에 의해 수소원소를 함유하는 기체가 상기 유전성 중공튜브(10) 내부공간(103)으로 유입된다. 수소원소를 함유하는 기체의 예로는 탄화수소, 수증기 및 알코올을 들 수 있다. 탄화수소의 예로는 메탄, 에탄, 프로판 등 들 수 있다. 바람직하게는, 메탄과 수증기(vaporized water)이다. 상기 수소원소를 함유하는 기체는 방전 효율성을 추가시키기 위한 첨가가스(예: 아르곤, 헬륨과 같은 불활성 가스)와 함께 혼합가스의 형태로 공급될 수 있다. 수소원소를 함유하는 기체의 공급에 의해, 유전성 중공튜브(10)의 내부 압력은, 바람직하게는 300 Torr - 50 Torr의 범위 내에서 유지된다. 보다 바람직하게는, 200 - 50 Torr의 범위 내에서 유지된다. 상기 유전성 중공튜브(10) 내부공간(103)으로 유입된 수소원소를 함유하는 기체는 제1 말단(101)으로부터 제2 말단(102) 쪽으로 이동한다.
- <28> 상기 유전성 중공튜브(10)의 측면에, 마이크로웨이브 소스(30)와 이에 연계된 도파관(40)이 구비된다. 상기 마이크로웨이브 소스(30)는 마이크로웨이브를 생성한다. 마이크로웨이브 소스(30)의 바람직한 예로는 마그네트론(magnetron)이다. 상기 도파관(40)은 마이크로웨이브 소스(30)로부터 생성된 마이크로웨이브를 상기 유전성 중공튜브(10)의 내부로 인가한다. 도파관(40)은 마이크로웨이브 소스(30)로부터의 전력을 튜닝하는 튜너(tuner)와, 상기 튜너의 입력으로부터 출력전기장을 최대화시키는 테이퍼(taper)와, 중공튜브에 흡수되는 전력을 최적화 시키는 플런저(Plunger)를 포함하며, 추가로 마이크로웨이브 소스(30)의 입력전력과 튜너로의 출력전력을 측정하는 방향 커플러(Directional Coupler)를 추가로 포함할 수 있다. 이 때, 상기 유전성 중공튜브(10)의 내부에 인가되는 마이크로웨이브는 수소원소를 함유하는 기체의 분자내 해리(intramolecular dissociation)를 유발할 수 있는 파워를 갖는다. 즉, 상기 기체의 분자내 본드 끊음(intramolecular bond breakage)을 야기할 수 있는 파워가 상기 유전성 중공튜브(10)의 내부로 인가된다. 상기 마이크로웨이브는 1GHz - 9GHz의 주파수를 갖는다. 본 발명의 구체예에서는 2.45GHz의 주파수를 갖는 마이크로웨이브를 사용하였다. 마이크로웨이브 플라즈마 방전시 전자는 충돌에 의해 상기 수소원소를 함유하는 기체의 분자내 해리(또는 분자내 본드 끊음)를 유발할 수 있는 에너지를 갖는다. 예를 들면, 메탄의 경우, 분자내 해리가 4.5 eV에서 발생한다. 또한 수증기의 경우, 4.8 eV에서 발생한다. 따라서, 상기 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 전자는 분자내 해리를 야기할 수 있는 최소에너지를 갖는다. 통상, 상기 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 전자는 4.5 eV - 7 eV의 에너지를 갖는다. 구체적으로, 메탄의 경우 4.5 eV - 6 eV, 수증기의 경우 4.8 eV - 7 eV의 에너지를 갖는 것이 바람직하다. 한편, 본 발명에 따른 수소기체 제조장치는 토치 형태의 플라즈마로 방전되지 아니하여야 한다. 토치 형태의 플라즈마 방전은 열분해(thermal decomposition)에 의해 반응이 진행된다. 이것은 극히 낮은 효율, 통상 1% 이하의 효율로 수소기체를 생성한다.
- <29> 상기 유전성 중공튜브(10)의 내부공간(103)을 통해, 제2 말단(102) 쪽으로 이동중인 수소원소를 함유하는 기체는, 상기 도파관(40)이 배치된 부위에서, 마이크로웨이브 플라즈마 방전을 경험한다. 즉, 상기 도파관(40)에 의해 인가된 전기장의 도움하에, 상기 수소원소를 함유하는 기체는 마이크로웨이브 플라즈마 방전을 경험한다. 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해, 수소기체를 함유하는 기체는 분자내 본드 끊음을 통해 수소기체를 포함하는 반응산물을 생성한다. 예를 들어, 상기 수소기체를 함유하는 기체가 탄화수소(예: 메탄)인 경우를 가정해보자. 이럴 경우, 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의해 생성된 전자와 기체는 서로 충돌한다. 충돌에 의해 수소원소를 함유하는 기체의 진동 에너지(vibration energy)에 해당하는 에너지가 전달되면, 상기 수소원소를 함유하는 기체는 분자내 해리(또는 분자내 본드 끊음)를 경험한다. 충돌에 의한 분자내 본드 끊음은 수소기체(H₂)와 고체탄소를 생성한다. 상기 사용기체가 수증기인 경우, 수소기체(H₂)와 산소기체(O₂)가 생성된다. 사용기체가 기체상태의 알코올(gaseous alcohol)인 경우, 수소기체, 산소기체 및 고체탄소가 생성된다.
- <30> 적어도 수소기체를 포함하는 반응산물은 유전성 중공튜브(10)의 제2 말단(102)에 배치된 분리기(60)에 의해 분리된다. 분리기(60)는 다양하게 구현될 수 있다. 예를 들어, 반응산물이 고체탄소와 수소기체인 경우, 필터를 설치하면 족할 것이다. 분리기(60)의 바람직한 예는 기체와 분자체(molecular sieve) 사이의 친화도를 이용하는 압력 스윙 흡착 농축기(pressure swing adsorption concentrator)이다.
- <31> 상기 분리기(60)에 의해 다른 부산물로부터 분리된 수소기체는 수소스토리지(미도시)에 저장된다. 필요할 경우, 생성된 수소기체를 연료전지 등에 직접 공급할 수 있다. 도 1에서, 미설명된 도면부호 90은 밸브이다.
- <32> 도 1에서, 상기 유전성 중공튜브(10)는 세로로 배치되었다. 그러나 이것은 예시적인 것이다. 가로로 배치되어도 무방하다. 바람직하게는, 세로로 배치되는 것이다. 상기 유전성 중공튜브(10)의 세로 배치(longitudinal installation)는 기체의 유입 및 수소기체의 분리 등을 용이하게 한다. 더 나아가, 반응산물로서 고체탄소 등이 생성될 때, 세로 배치는 고체탄소의 회수를 용이하게 한다. 보다 상세한 설명은 도 2를 참조하여 제시한다.
- <33> 도 2는 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 다른 바람직한 구현예를 보여주는 도면이다. 도 2에 도시된 바와

같이, 본 발명에 따른 수소기체 제조장치(1)는 상기 유전성 중공튜브(10)의 제1 말단(101) 하부에 고체원소 스토리지(70)를 추가로 포함한다. 도 2의 수소기체 제조장치는 수소기체와 더불어 고체탄소가 반응산물로서 생성될 때 유용하다. 구체적으로 설명하면, 사용기체로서 탄화수소, 바람직하게는 메탄을 사용하는 경우를 가정해보자. 이를 경우, 수소기체와 고체탄소가 반응산물로서 생성된다. 생성된 고체탄소는 중력에 의해 아래로 떨어질 것이다. 고체탄소는 다양한 용도로 사용된다. 예를 들면, 타이어 등의 제조에 있어서, 고순도를 갖는 고체탄소의 사용이 요구된다. 메탄의 분자내 본드 끊음에 의해, 순수한 고체탄소가 부산물로서 얻어진다. 따라서, 이것의 회수를 위해 고체원소 스토리지(70)가 사용되는 것이다. 도 2에서, 미설명된 도면부호들은 도 1에서 설명한 것과 같다.

<34> 도 3은 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 또 다른 바람직한 구현예를 보여주는 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 수소기체 제조장치(1)는 상기 유전성 중공튜브(10)와 상기 분리기(60)의 사이에 진공 챔버(80)가 추가로 구비한다. 그리고, 상기 감압수단(50)이 상기 진공 챔버(80)에 연결된다. 압력조절 및 고체탄소생성 등에 있어서, 상기 진공 챔버(80)는 완충영역을 제공한다. 구체적으로, 진공펌프와 같은 감압수단(50)을 이용하여 유전성 중공튜브(10)의 내부압력을 조절할 때, 유전성 중공튜브(10)의 좁은 공간은 급격한 압력변화를 야기할 수 있다. 이것은 정밀한 압력제어를 곤란하게 한다. 진공 챔버(80)에 의한 잉여공간의 제공은 정밀한 압력조절을 용이하게 한다. 그리고, 사용기체로서 메탄을 사용할 경우, 반응산물로서 수소기체 외에 고체탄소가 생성된다. 생성된 고체탄소의 일부는 아래의 떨어지겠지만, 일부는 수소기체의 흐름에 동반하여 위로 상승할 것이다. 상기 진공 챔버(80)에 의해 제공되는 잉여공간은 고체탄소의 상승흐름을 방해한다. 이것은 고체탄소와 수소기체의 분리를 용이하게 하고, 고체탄소의 회수율을 증가시킨다.

<35> 도 4는 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 또 다른 바람직한 구현예를 보여주는 도면이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 수소기체 제조장치(1)는 내관(10a)과 외관(10b)을 갖는 이중관 구조의 유전성 중공튜브(10)를 채용할 수 있다. 이 때, 외관(10b)은 내관(10a)을 보호하는 역할을 하며, 내관(10a)을 통해 수소원소를 함유하는 기체가 유입된다. 도파관(40)을 통해 인가되는 마이크로웨이브의 고에너지는 종종 유전성 중공튜브(10)의 벽면에 손상을 야기한다. 이것은 안정적 운영을 방해한다. 이중관의 채용은 이러한 위험을 방지한다. 도 4에서, 미설명된 도면부호들은 도 1에서 설명한 것과 같다.

발명의 효과

<36> 본 발명의 마이크로웨이브 플라즈마 방전에 의한 수소기체 제조장치 및 방법은 간단한 설비를 갖고, 소규모의 수소를 연속적으로 제조한다. 또한 수소기체 뿐만 아니라, 고순도의 고체탄소도 선택적으로 회수할 수 있다. 무엇보다도, 수소기체를 간단하고 효율적으로 제조할 수 있으며, 이것은 소규모의 수소를 연속적으로 요구하는 연료전지 등에 적용될 수 있다.

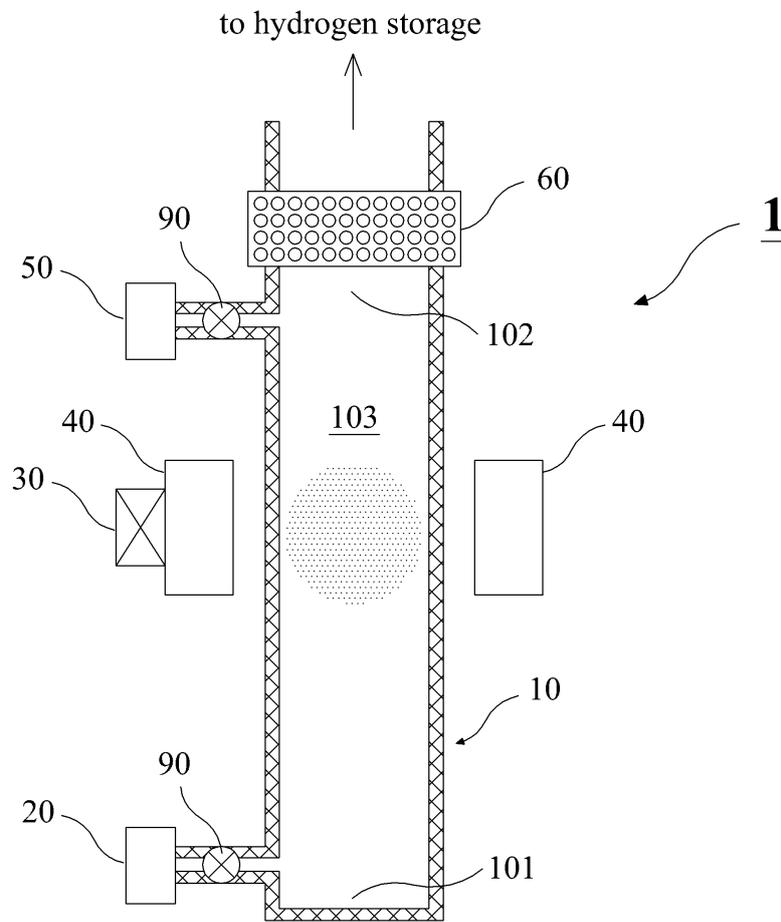
<37> 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 후술하는 청구범위에 의하여 나타내어지며, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

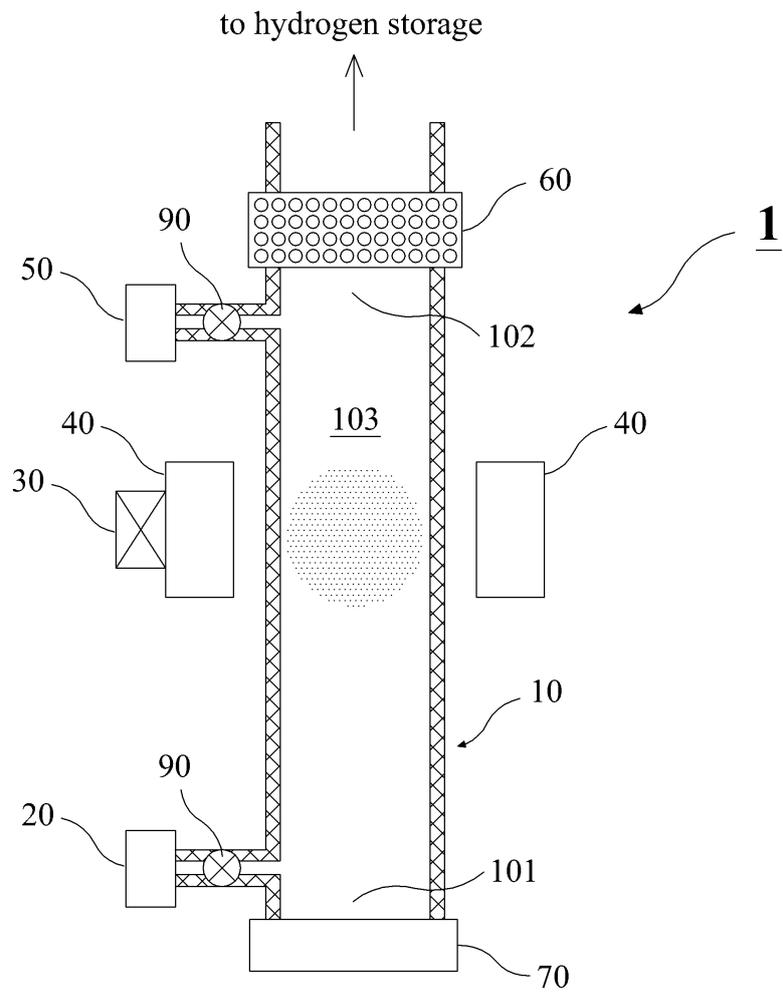
- <1> 도 1은 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 바람직한 구현예를 보여주는 도면이다.
- <2> 도 2는 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 다른 바람직한 구현예를 보여주는 도면으로서, 고체원소 스토리지를 추가로 구비한다.
- <3> 도 3은 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 바람직한 구현예를 보여주는 도면으로서, 진공 챔버를 추가로 구비한다.
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 수소기체 제조장치의 바람직한 구현예를 보여주는 도면으로서, 이중관 구조의 유전성 중공튜브가 채용되었다.

도면

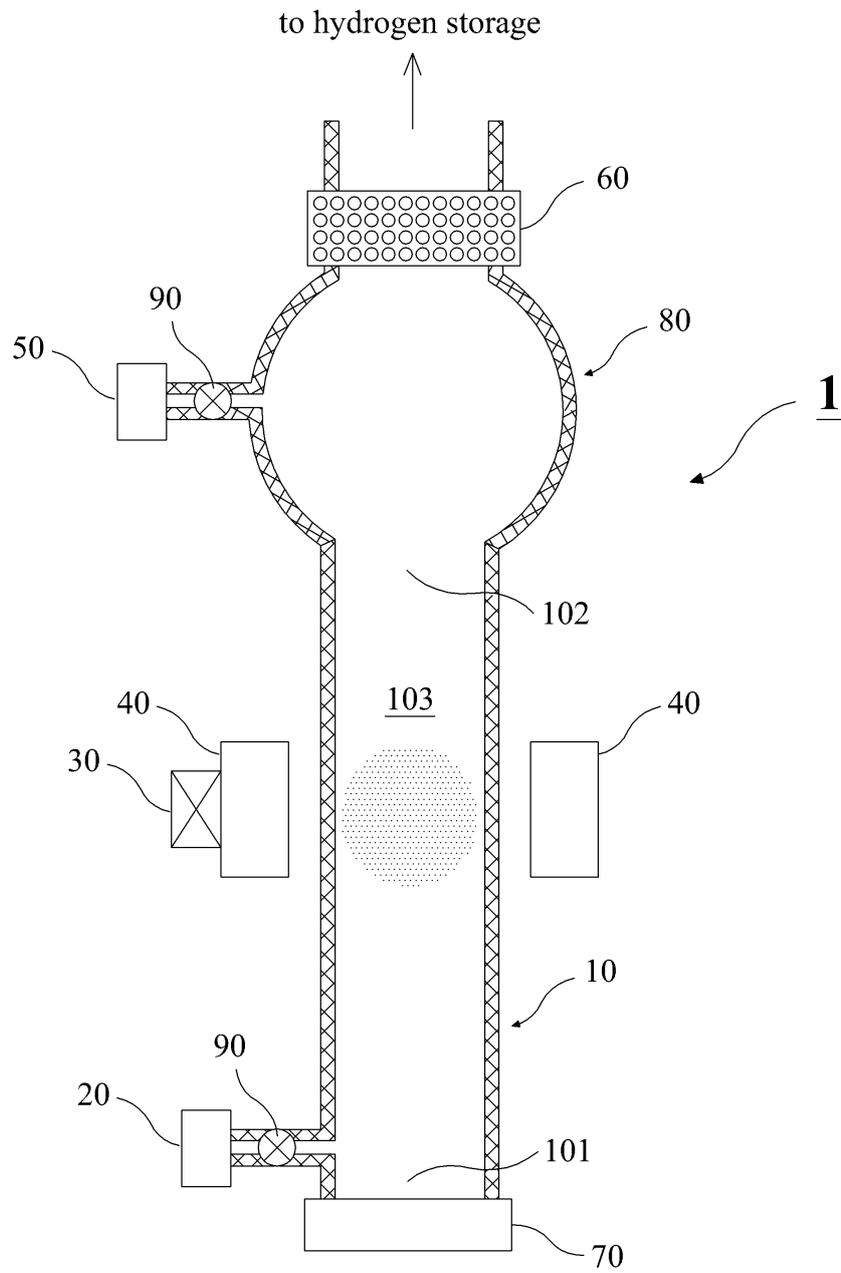
도면1



도면2



도면3



도면4

