(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0068427
(43) 공개일자 2009년06월29일

(51) Int. Cl.
H01M 8/04 (2006.01) *H01M 8/06* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0136033
(22) 출원일자 2007년12월24일
심사청구일자 2007년12월24일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 서석동 375, 조선대학교 산학기획팀
(72) 발명자
전영남
광주 서구 풍암동 현대삼환아파트 101동 1305호
김성천
광주 북구 일곡동 동아아파트 104동 1704호
임문섭
전남 여수시 국동 구봉아파트 106동 509호
(74) 대리인
이정현

전체 청구항 수 : 총 13 항

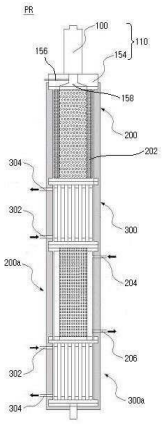
(54) 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치

(57) 요 약

본 발명은 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치에 관한 것으로서, 플라즈마 발생기, 플라즈마 발생기의 일단에 연결되어 연료와 플라즈마를 혼합시키는 혼합기를 포함하는 플라즈마 개질기; 플라즈마 개질기의 혼합기에 연결되며, 내부에 수소의 생성 촉진용 촉매가 제공되는 적어도 하나의 촉매 반응기; 및 촉매 반응기의 일단에 연결되어 열을 회수하며 수증기의 생성을 도와주는 적어도 하나의 열 교환기; 를 포함하여 이루어지고, 플라즈마 개질기, 촉매 반응기및 열 교환기는 일자형으로 배치되는 것을 특징으로 한다.

이에 의하여, 플라즈마 기술을 이용하여 다양한 종류의 화석연료 또는 바이오 가스 등으로 부터 수소를 생산하고 이를 가정용 연료전지 시스템에 적용 가능하다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

수소를 생산하기 위한 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치로서,

플라즈마 발생기, 상기 플라즈마 발생기의 일단에 연결되어 연료와 플라즈마를 혼합시키는 혼합기를 포함하는 플라즈마 개질수단;

상기 플라즈마 개질수단의 혼합기에 연결되며, 내부에 수소의 생성 촉진용 촉매가 제공되는 적어도 하나의 촉매 반응수단; 및

상기 촉매 반응수단의 일단에 연결되어 열을 회수하며 수증기의 생성을 도와주는 적어도 하나의 열교환수단; 를 포함하여 이루어지고,

상기 플라즈마 개질수단, 촉매 반응수단 및 열교환수단은 일자형으로 배치되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 플라즈마 발생기는

외주면에 냉각수의 제1 입구와 제1 출구가 제공되며, 황동과 구리의 혼합 재질로 이루어진 중공의 양극관 및 상기 양극관의 내부에 끼워지는 양극노즐로 이루어진 양극;

상기 양극의 양극관 내에 끼워져 결합되며 일측에 공기 주입구가 제공되는 중공의 연결구 몸체, 상기 연결구 몸체의 자유 단부에 접촉되도록 내부에 일부가 끼워져 결합되어 두 전극의 절연과 선회류를 형성시키기 위한 중공의 기체 주입 노즐, 상기 기체 주입 노즐을 상기 연결구 몸체에 결합 고정시키는 고정링으로 이루어진 연결구; 및

상기 기체 주입 노즐의 내부에 일부가 끼워지며 외주면에는 냉각수의 제2 입구 및 제2 출구가 제공되는 중공의 음극 몸체, 상기 음극 몸체의 내부를 관통하여 제공되는 냉각수 분할관, 상기 냉각수 분할관의 일단부에 결합되는 전극팁으로 이루어진 음극; 을 포함하는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 전극팁은 니켈이 함유된 구리 재질로 형성된 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 전극팁에는 하프늄이 추가로 포함되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 촉매반응수단과 열교환수단은 각각 2개씩 구비되고, 상기 촉매반응수단과 열교환수단은 서로 교대로 배치되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 6

청구항 2에 있어서, 상기 기체 주입 노즐은 테프론 재질로 형성된 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 촉매반응수단의 내부에는 알루미나를 지지체로 니켈이 코팅된 구형촉매가 제공되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 촉매반응수단의 내부에는 알루미나를 지지체로 철이 코팅된 구형촉매가 제공되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 촉매반응수단의 내벽에는 단열제가 제공되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 10

청구항 8에 있어서, 상기 촉매반응수단의 외주면에는 내부 온도 조절을 위해 냉각수의 흐름방향이 가스와 반대로 순환되는 물자켓 입구와 물자켓 출구가 제공되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 11

청구항 2에 있어서, 상기 기체 주입 노즐의 사방 둘레에는 나선상으로 경사져 형성되는 다수개의 공기 유입홈이 제공되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 12

청구항 2에 있어서, 상기 혼합기는 외주면 일측에 연료 주입구가 제공되며 저면에 상기 촉매반응수단의 내부와 연이어 통하도록 혼합실이 제공되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

청구항 13

청구항 1 내지 청구항 10에 따른 장치는, 이동형 차량, 가정용 열병합 발전, SOFC, MCFC, PAFC, PEMFC 그리고 AFC에 적용하는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 플라즈마 기술을 이용하여 다양한 종류의 화석연료 또는 바이오 가스 등으로부터 수소를 생산하고 이를 가정용 연료전지 시스템에 적용하는 개선된 구조의 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 일반적으로, 수소에너지는 미래의 무공해 에너지원으로서 중시되고 있으며, 인류 궁극의 청정 연료로서, 수소는 연료로 사용할 경우, 수소 생산, 저장 및 사용 등의 경제성 문제로 인해 주로 석유탈황, 암모니아 제조 등 화학공업부문의 원료로 쓰이고 있는 실정이다.

<3> 탄화수소 계열의 연료로부터 수소를 생산하는 방법은 수증기 개질법, 부분 산화법, 자열개질법 및 플라즈마 개질법 등이 있다. 이 중 고온 및 고압의 수증기를 반응기로 주입하여 개질하는 방법인 수증기 개질법이 가스 처리량과 높은 수소생산수율 등의 장점으로 인하여 현재 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 이 방법의 경우 반응기의 예열 시스템, 고압의 수증기 주입장치 그리고 촉매장치가 연결된 시스템으로 복잡하게 이루어져 장치가 비대하고, 수증기 개질 반응 온도인 1,000℃에 도달하기 위한 예열시간이 필요하게 되어 응답시간의 지체와 고압유지를 위한 유지관리 비용이 많이 드는 문제점이 있다. 따라서 시스템에 적용 가능한 개질기의 경우 고농도의 수소 생산성과 빠른 시동성 및 장치의 소형화가 가능해야 한다.

<4> 또한, 개질기를 고분자 전해질 연료전지에 적용할 경우 연료전지 스택의 충족 입구조건인 10ppm 이하의 일산화탄소 농도와 고순도 수소농도를 갖추어야 한다. 또한, 고체산화물 연료전지는 고순도의 수소농도가 필요하지 않

지만 700~1000℃에서 작동되므로 고온의 가스 유지를 위한 외부에너지가 필요한 문제점이 있다.

<5> 따라서 최근 수소에너지의 보급 확대로 인해 많은 관심의 대상이 되고 있는 가정용 연료전지 시스템 및 이동용 차량에 적용할 경우에는 다양한 성상의 연료가 적용이 가능하고, 운전 시동특성이 우수하며, 장치가 간단한 플라즈마 개질기가 제안돼야 한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 따라서 본 발명의 목적은 고농도의 수소를 효율적으로 생산할 수 있는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

<7> 상기 목적은 본 발명에 따라, 수소를 생산하기 위한 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치로서, 플라즈마 발생기, 상기 플라즈마 발생기의 일단에 연결되어 연료와 플라즈마를 혼합시키는 혼합기를 포함하는 플라즈마 개질수단; 상기 플라즈마 개질수단의 혼합기에 연결되며, 내부에 수소의 생성 촉진용 촉매가 제공되는 적어도 하나의 촉매 반응수단; 및 상기 촉매 반응수단의 일단에 연결되어 열을 회수하며 수증기의 생성을 도와주는 적어도 하나의 열교환수단; 를 포함하여 이루어지고, 상기 플라즈마 개질수단, 촉매 반응수단 및 열교환수단은 일자형으로 배치되는 것을 특징으로 하는 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치를 제공함으로써 달성되는 것이다.

<8> 여기서, 상기 플라즈마 발생기는 외주면에 냉각수의 제1 입구와 제1 출구가 제공되며, 황동과 구리의 혼합 재질로 이루어진 중공의 양극관 및 상기 양극관의 내부에 끼워지는 양극노즐로 이루어진 양극; 상기 양극의 양극관 내에 끼워져 결합되며 일측에 공기 주입구가 제공되는 중공의 연결구 몸체, 상기 연결구 몸체의 자유 단부에 접촉되도록 내부에 일부가 끼워져 결합되어 두 전극의 절연과 선회류를 형성시키기 위한 중공의 기체 주입 노즐, 상기 기체 주입 노즐을 상기 연결구 몸체에 결합 고정시키는 고정링으로 이루어진 연결구; 및 상기 기체 주입 노즐의 내부에 일부가 끼워지며 외주면에는 냉각수의 제2 입구 및 제2 출구가 제공되는 중공의 음극 몸체, 상기 음극 몸체의 내부를 관통하여 제공되는 냉각수 분할관, 상기 냉각수 분할관의 일단부에 결합되는 전극팁으로 이루어진 음극; 을 포함하는 것이 바람직하다.

<9> 상기 전극팁은 니켈이 함유된 구리 재질로 형성된 것이 바람직하다.

<10> 상기 전극팁에는 하프늄이 추가로 포함되는 것이 바람직하다.

<11> 상기 촉매반응수단과 열교환수단은 각각 2개씩 구비되고, 상기 촉매반응수단과 열교환수단은 서로 교대로 배치되는 것이 바람직하다.

<12> 상기 기체 주입 노즐은 테프론 재질로 형성된 것이 바람직하다.

<13> 상기 촉매반응수단의 내부에는 알루미나를 지지체로 니켈이 코팅된 구형촉매가 제공되는 것이 바람직하다.

<14> 상기 촉매반응수단의 내부에는 알루미나를 지지체로 철이 코팅된 구형촉매가 제공되는 것이 바람직하다.

<15> 상기 촉매반응수단의 내벽에는 단열제가 제공되는 것이 바람직하다.

<16> 상기 촉매반응수단의 외주면에는 내부 온도 조절을 위해 냉각수의 흐름방향이 가스와 반대로 순환되는 물자켓 입구와 물자켓 출구가 제공되는 것이 바람직하다.

<17> 상기 기체 주입 노즐의 사방 둘레에는 나선상으로 경사져 형성되는 다수개의 공기 유입홈이 제공되는 것이 바람직하다.

<18> 상기 혼합기는 외주면 일측에 연료 주입구가 제공되며 저면에 상기 촉매반응수단의 내부와 연이어 통하도록 혼합실이 제공되는 것이 바람직하다.

<19> 본 발명에 따른 프라즈마 개질장치는 이동형 차량, 가정용 열병합 발전, SOFC, MCFC, PAFC, PEMFC 그리고 AFC에 적용되는 것이 바람직하다.

효 과

<20> 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 따르면, 본 발명은 기존의 개질기에 필요한 빠른 반응성, 장치의 소형화 및 고농도의 수소 생산성을 구현 할 수 있어 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

<21> 첫째로, 고온 플라즈마에서 발생하는 열을 사용하여 반응온도에 도달하므로 외부의 열원이 필요치 않으며, 기존의 개질기에 필요한 예열 시간을 줄일 수 있으므로 효율을 증가 시킬 수 있다.

<22> 둘째로, 본 발명의 플라즈마 개질장치는 플라즈마의 높은 에너지를 이용하므로 다양한 종류의 탄화수소 계열 연료로부터 수소를 생산할 수 있으며, 플라즈마 개질기에 촉매 반응기를 연결하여 고순도의 수소를 생산 할 수 있다.

<23> 셋째로, 본 발명에 따른 컴팩트한 플라즈마 개질장치는 기존의 개질기에 비해 규모가 작으므로 가정용 열병합 발전과 같이 소형 무공해 에너지원으로 적용성이 우수하며 플라즈마 개질기 내에 물자켓 입구와 출구 및 열교환기를 연결하여 고온 혹은 저온에서 작동 특성을 갖는 다양한 연료전지에 적용가능 하다.

<24> 넷째로, 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치는 반응에 필요한 온도를 기존의 개질기 보다 매우 적은 시간 내에 도달 하므로 빠른 시동 및 반응성이 필요한 소형연료전지, 이동용 차량 등에 효과적으로 적용이 가능하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<25> 이하에서는, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

<26> 도 1은 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치(PR)의 전체 단면도이다. 도 2는 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치(PR)를 구성하는 비이송식 플라즈마 발생기(110)의 분해 상태를 보여주는 단면도이다. 도 3은 도 2의 기체 주입 노즐(126)의 내부 및 이에 형성된 공기 유입홈(128)을 보여주기 위한 단면도 및 측면도이다. 도 4는 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치(PR)의 열교환기(300)(300a)를 보여주는 단면도 및 측면도이다. 도 5는 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치(PR)의 구성 및 적용 분야를 보여주기 위한 개략적인 블록 구성도이다. 도 6은 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치(PR)를 이용한 압축천연가스의 개질 결과, 메탄의 주입량에 따른 농도 변화를 보여주는 그래프이다. 도 7은 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치(PR)를 이용하였을 때 메탄 및 공기를 대비하여 시간에 따른 온도를 보여주는 그래프이다.

<27> 도 1과 도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치(PR)는 수소를 생산하기 위한 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치로서, 플라즈마 발생기(110), 플라즈마 발생기(110)의 일단에 연결되어 연료와 플라즈마를 혼합시키는 혼합기를 포함하는 플라즈마 개질기(100)를 포함한다. 적어도 하나의 촉매 반응기(200)(200a)는 플라즈마 개질기(100)의 혼합기(154)에 연결되며, 내부에 수소의 생성 촉진용 촉매가 제공된다. 혼합기(154)는 외주면 일측에 연료 주입구(156)가 제공되며 저면에 촉매 반응기(200)(200a)의 내부와 연이어 통하도록 혼합실(158)이 제공된다. 적어도 하나의 열 교환기(300)(300a)는 촉매 반응기(200)(200a)의 일단에 연결되어 열을 회수하며 수증기의 생성을 도와준다. 플라즈마 개질기(100), 촉매 반응기(200)(200a) 및 열 교환기(300)(300a)는 일자형으로 배치되는 것이 바람직하나, 이에 한정되는 것은 아니다. 여기서 촉매 반응기(200)(200a)와 열 교환기(300)(300a)는 적어도 하나 구비됨이 바람직하나, 여기서는 각각 2개씩 구비된 것을 가정하여 설명한다. 이를 위해, 도 1에서 볼 때 상부에 위치된 것은 1차 촉매 반응기(200)라 하고, 하부에 위치된 것은 2차 촉매 반응기(200a)라 한다. 또한 도 1에서 볼 때 상부에 위치된 것은 1차 열 교환기(300)라 하고, 하부에 위치된 것은 2차 열 교환기(300a)라 한다.

<28> 촉매 반응기(200)(200a)와 열 교환기(300)(300a)는 각각 2개씩 구비되고, 촉매 반응기(200)(200a)와 열 교환기(300)(300a)는 서로 교대로 배치되는 것이 바람직하다. 1차 촉매 반응기(200)(200a)의 내부에는 알루미나를 지지체로 니켈이 코팅된 구형촉매가 제공될 수 있다. 2차 촉매 반응기(200a)의 내부에는 알루미나를 지지체로 철이 코팅된 구형촉매가 제공될 수 있다. 촉매 반응기(200)(200a)의 내벽에는 단열재(202)가 추가로 제공될 수 있다. 2차 촉매 반응기(200a)의 외주면에는 내부 온도 조절을 위해 냉각수의 흐름방향이 가스와 반대로 순환되는 물자켓 입구(204)와 물자켓 출구(206)가 제공될 수 있다.

<29> 플라즈마 개질기(100)는 플라즈마를 발생하기 위한 플라즈마 발생기(110)와 안정된 플라즈마를 지속적으로 형성하기 위하여 연료와 공기의 혼합이 원활하게 이루어지게 하는 혼합기(154)가 포함된다. 플라즈마 발생기(110)는 양극(117), 연결구(120) 및 음극(132)을 포함하여 구성된다.

<30> 양극(117)은 외주면에 냉각수의 제1 입구(114)와 제1 출구(116)가 제공되며, 황동과 구리의 혼합 재질로 이루어진 중공의 양극관(112) 및 양극관(112)의 내부에 끼워지는 양극 노즐(118)로 이루어진다.

<31> 연결구(120)는 양극(117)의 양극관(112) 내에 끼워져 결합되며 일측에 공기 주입구(124)가 제공되는 중공의 연결구 몸체(122), 상기 연결구 몸체(122)의 자유 단부에 접촉되도록 내부에 일부가 끼워져 결합되어 두 전극[양극(117) 및 음극(132)을 지칭함]의 절연과 선회류를 형성시키기 위한 중공의 기체 주입 노즐(126), 기체 주입 노즐(126)을 연결구 몸체(122)에 결합 고정시키는 고정링(130)으로 이루어진다. 기체 주입 노즐(126)은 테프론 재질로 형성될 수 있다. 기체 주입 노즐(126)의 사방 둘레에는 나선상으로 경사져 형성되는 다수개의 공기 유입 홈(128)이 제공될 수 있다.

<32> 음극(132)은 기체 주입 노즐(126)의 내부에 일부가 끼워지며 외주면에는 냉각수의 제2 입구(136) 및 제2 출구(138)가 제공되는 중공의 음극 몸체(134), 음극 몸체(134)의 내부를 관통하여 제공되는 냉각수 분할관(140), 상기 냉각수 분할관의 일단부에 결합되는 전극팁(150)으로 이루어진다. 전극팁(150)은 니켈이 함유된 구리 재질로 형성된 것이 바람직하다. 전극팁(150)에는 하프늄(152)이 추가로 포함되는 것이 바람직하다.

<33> 플라즈마 개질장치(PR)는 이동형 차량, 가정용 열병합 발전, SOFC, MCFC, PAFC, PEMFC 그리고 AFC 등 다방면에 적용 가능하다.

<34> 이러한 구성에 의하여, 본 발명에 따른 가정용 연료전지 시스템용 고속 시동 플라즈마 개질장치의 원리를 첨부 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

<35> 먼저, 플라즈마 개질장치(PR)는 플라즈마와 부분산화 반응으로부터 발생되는 열에 의해 고속 시동특성을 얻을 수 있으며, 플라즈마로부터 발생되는 2,000℃ 이상의 고온으로부터 개질에 필요한 에너지를 얻는 것을 특징으로 한다. 양극(117)과 음극(132) 사이에서 플라즈마를 생성하여 주입되는 공기의 유동에 의해 불꽃 형태의 플라즈마를 형성한다. 이때 주입되는 공기량은 연료와의 비율이 1이하로 유지되는 부분산화 조건으로 주입된다.

<36> 여기서, 개질 반응은 메탄의 예를 들어 설명하면 다음과 같다. [수학식 1]은 메탄이 플라즈마에 의하여 크랙되는 반응을 나타내며, [수학식 2]는 메탄이 부분 산화에 의해 개질하는 강한 발열 반응을 나타낸다. 그리고 [수학식 3]은 반응 후 발생되는 일산화탄소가 수증기와 반응하여 이산화탄소로 전환되는 수분변환(water shifting)에 의한 정반응과 역반응을 나타낸다.

[수학식 1]

$$CH_4 \xrightarrow{plasma} C + 2H_2$$

[수학식 2]

$$CH_4 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO + 2H_2$$

[수학식 3]

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$$

<37>

<38> 본 발명에서는[수학식 2]의 부분산화 개질반응을 촉진시키기 위해 니켈촉매 담긴 1차 촉매반응기(200)가 제안되어 졌으며 탄화수소계 연료의 부분산화 반응 시 수소생성 반응율을 증가시킨다. [수학식 2]에 의해서 생성된 일산화탄소가 고분자 전해질 연료전지의 경우 스택으로 유입되면 연료극(수소극, 양극)에 확산되어 연료극의 촉매에 피독 작용을 하는 것으로 알려져 있다. 이 일산화탄소는 [수학식 3]의 정반응에 의해 제거되는데 반응성을 높이기 위해 철촉매(41)가 들어있는 2차 촉매반응기(200a)가 제안되었다.

<39> 1차 촉매 반응기(200)는 혼합기(154)의 바로 아래에 위치하며 대략 지름 0.5cm의 니켈 촉매가 제공되어 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 1차 촉매 반응기(200)의 내부에는 캐스터블 내부 단열재(202)가 제공되어 열 손실을 줄인다. 1차 촉매 반응기(200)의 바로 아래에 위치된 1차 열 교환기(300)는 가스의 흐름방향과 반대로 제3 입구(302)에 물을 주입하고 제3 출구(304)를 통해 배출된다. 이때 1차 촉매 반응기(200)로부터 배출되는 고온의 개질가스로부터 열을 회수하고 플라즈마 개질장치(PR)에 주입될 물과 공기를 가열하여 수증기와 고온의 공기를 생성한다.

<40> 2차 촉매 반응기(200a)는 대략 지름 0.5cm인 철 촉매가 들어 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 2차 촉매 반응기(200a)는 온도 조절을 위한 물자켓 입구(204)와 물자켓 출구(206)를 구비하고 있다. 역기서, 냉각수의 흐름방

향은 가스의 흐름방향과 반대로 냉각 물자켓 입구(204)로부터 물자켓 출구(206)로 배출된다. 2차 촉매 반응기(200a)의 적정반응 온도는 대략 400℃ 전후이나, 이에 한정되는 것은 아니다. 이는 물자켓 입구(204) 및 물자켓 출구(206)를 통과하는 냉각수)에 의해 냉각되어 일정 온도로 유지되도록 한다.

<41> 2차 열교환기(300a)는 1차 열교환기(200)처럼 냉각수와 가스의 방향이 반대이다. 2차 열 교환기(300a)에서는 냉각수가 제3 입구(302)로부터 제3 출구(304)로 배출된다. 2차 열 교환기(300a)는 적용분야가 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)와 같은 저온의 영역에서 고농도의 수소가 필요한 대부분의 연료전지 경우에 사용된다. 그러나 고체산화연료전지(SOFC)와 같은 고온에서 작동하는 경우, 2차 열 교환기(300a)와 2차 촉매 반응기(200a)는 사용하지 않고, 1차 촉매반응기(200)에서 배출되는 고온의 가스 그대로 연료전지 스택으로 공급한다. 외부로의 열손실을 막고 에너지 효율을 높이기 위해 단열재(202)는 촉매 반응기(200)(200a)와 열 교환기(300)(300a)의 외부에 부착시켜 사용할 수도 있다.

<42> 플라즈마 개질장치(PR)는 막대모양의 음극(132), 고리모양의 양극(117), 이들 두 전극(117)(132)의 절연 및 공기의 선회류를 생성시키는 기체 주입 노즐(126)이 기본적인 구성이다. 이외에 열전자의 방출을 용이하도록 하프늄(152)이 삽입된 전극팁(150)과 음극(132)에는 냉각수의 제2 입구(136)와 제2 입구(136)가 제공된다. 음극 몸체(134)에는 내부로 흐르는 냉각수를 원활 및 출구 역할을 하는 관 모양으로 구성된 냉각수 분할관(117)이 구비되며, 냉각수의 제1 입구(114)와 제1 출구(116)가 제공된다. 연결구(120)에는 플라즈마 방전이 생성되는 양극관(112)과 기체 주입 노즐(126)을 연결하고, 연결구(120)에는 공기 주입구(124)을 갖는 연결구 몸체(122)가 구비된다. 기체 주입 노즐(126)은 고정링(130)에 의해 연결구 몸체(122)에 고정된다. 양극(117)의 제2 입구(136)로 유입된 냉각수는 음극(132) 및 전극팁(150)을 냉각하고 냉각수 분할관(140)을 거쳐 제1 출구(121)로 배출된다. 이러한 냉각수는 다시 양극(117)의 제2 입구(136)로 들어가 양극(117) 자체를 냉각시킨다. 이어, 냉각수는 제2 출구(138)를 통해 배출된다. 각각의 제1 입구(114), 제2 입구(136), 제3 입구(302), 제1 출구(116), 제2 출구(138) 및 제3 출구(304)는 나사선을 가공하여 냉각수의 공급라인을 연결할 수 있도록 한다.

<43> 플라즈마 개질장치(PR)의 구성 재료로서 전극팁(150)은 니켈이 코팅된 동전극과 하프늄(152)으로 구성되며, 양극관(112)은 일부가 무산소동으로 다른 나머지 부분은 황동으로 구성된다. 이는 가공성과 열전도도가 좋으며 기계적 강도 및 내부식성이 비교적 우수하므로 본 발명의 목적에 부합한다. 기체 주입 노즐(126)은 내수성과 가공성이 우수한 재질인 테프론으로 제작하였으며 음극(132)과 양극(117) 사이를 절연시키며 내부 나사선에 의해 음극을 고정하도록 하였다.

<44> 다시 도 3을 참조하면, 기체 주입 노즐(126)로부터 주입된 공기는 공기 유입홈(128)을 따라 들어오게 되며, 공기 유입홈(128)의 모양이 나사선 모양으로 경사져서 선회류를 생성하여 플라즈마의 아크점을 회전 시킨다. 따라서 열수축으로 전극의 침식을 지연하여 전극의 수명을 연장하게 된다.

<45> 다시 도 4를 참조하면, 1차 열 교환기(300)와 2차 열 교환기(300a)는 동일한 모양을 갖는다. 냉각수는 가스의 흐름 방향과 반대로 열교환기 제3 입구(302)에 주입되고 제3 출구(304)로 방출된다.

<46> 다시 도 5를 참조하면, 증기 발생기(10)에서 나온 수증기와 연료를 혼합하여 플라즈마 발생기(110)의 연료 주입구(156)로 주입된다. 공기 주입기(12)와 전원 공급기(22)를 사용하여 플라즈마 발생기(110)에서 플라즈마를 형성하고 내부의 음극(132)과 양극(117)의 침식을 막기 위해 냉각수 공급기(14)로부터 공급되는 냉각수에 의해 전극을 냉각시킨다. 플라즈마에 의해 개질된 가스는 1차 촉매 반응기(200)를 거쳐 수소의 전환농도를 높이며 1차 열 교환기(300)에서 발생된 열을 이용하여 수증기 생산에 필요한 에너지를 절감한다. 일산화탄소를 제거하기 위한 2차 촉매 반응기(200a)를 거쳐 물자켓 입구(204)와 물자켓 출구(206) 그리고 2차 열 교환기(300a)에서 다시 열을 회수 및 온도를 조절함으로써 고농도의 수소를 생산한다. 2차 촉매 반응기(200a)를 거쳐 생성되는 고온의 수소를 고체산화 연료전지(SOFC)(16)에 적용하거나 그 이후 2차 열 교환기(300a)를 거쳐 저온영역에서 반응하는 연료전지(24), 즉 용융탄산 연료전지(MCFC), 인산염 연료전지(PAFC), 고분자 전해질 연료전지(PEMFC), 알카라인 연료전지(AFC)에 적용한다. 그 외에 가정용 열병합 발전시스템(18) 및 이동용 차량(20) 등에도 적용가능하다.

<47> 도 6 및 도 7을 참조하면, 플라즈마 개질기의 시동성이 우수함을 보여주는 온도 측정값을 나타냈다. 측정 위치는 플라즈마트론에서 1차 촉매 반응기(200) 방향으로 대략 10cm 떨어진 지점이다. 본원은 이러한 빠른 시동성 및 응답성을 갖는 플라즈마트론을 소형연료전지, 이동용 차량에 적용하기 위한 것이다. 플라즈마 개질장치(PR)을 이용하여 압축천연가스(CNG)를 개질한 실험결과를 나타냈다. 천연가스의 주성분인 메탄의 주입 농도변화에 따른 결과 메탄의 주입량이 38%를 차지할 때 수소의 농도가 가장 높은 결과를 나타냈다.

<48> 위의 실험 결과에서 얻어진 조건으로부터 1차 촉매 반응기(200) 내에 수증기를 주입한 상태의 결과를 표 1에 나

타냈다.

표 1

<49>

Snacnetain %Snapoutoefcec()H2	CO	C2H2	CH4	H2 yield
46.5	5.6	1.1	99.8	98.7%

<50> 개질 결과 수소의 농도, 메탄의 전환율, 수소 수율은 각각 46.2%, 99.8%, 98.7%의 결과를 나타냈다.

<51> 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

<52> 도 1은 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치의 단면도;

<53> 도 2는 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치를 구성하는 비이송식 플라즈마 발생기의 분해 상태를 보여주는 단면도;

<54> 도 3은 도 2의 기체 주입 노즐의 내부 및 이에 형성된 공기 유입홈을 보여주기 위한 단면도 및 A-A 선에 따른 측면도;

<55> 도 4는 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치의 1차 및 2차 열교환기를 보여주는 단면도 및 측면도;

<56> 도 5는 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치의 구성 및 적용 분야를 보여주기 위한 개략적인 블록 구성도;

<57> 도 6은 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치를 이용한 압축천연가스의 개질 결과, 메탄의 주입량에 따른 농도 변화를 보여주는 그래프; 및

<58> 도 7은 본 발명에 따른 플라즈마 개질장치를 이용하였을 때 메탄 및 공기를 대비하여 시간에 따른 온도를 보여주는 그래프이다.

<59> * 도면의 주요 부분에 대한 설명 *

<60> PR: 플라즈마 개질장치 100: 플라즈마 개질기

<61> 110: 플라즈마 발생기 112: 양극관

<62> 114: 제1 입구 116: 제1 출구

<63> 118: 양극 노즐 120: 연결구

<64> 122: 연결구 몸체 124: 공기 주입구

<65> 126: 기체 주입 노즐 128: 공기 유입홈

<66> 130: 고정링 132: 음극

<67> 134: 음극 몸체 136: 제2 입구

<68> 138: 제2 출구 140: 냉각수 분할관

<69> 150: 전극팁 152: 하프늄

<70> 154: 혼합기 200: 촉매 반응기

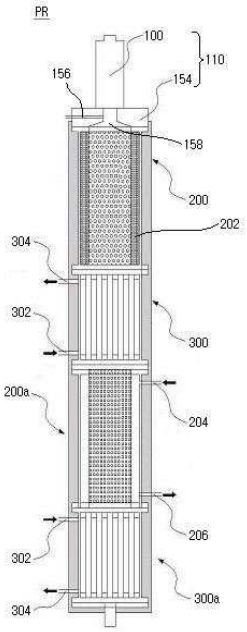
<71> 202: 단열재 204: 물자켓 입구

<72> 206: 물자켓 출구 300: 열 교환기

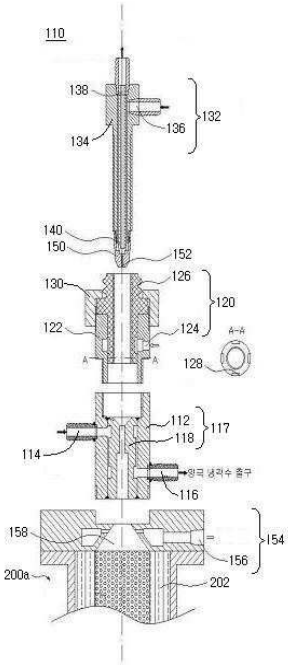
<73> 302: 제3 입구 304: 제3 출구

도면

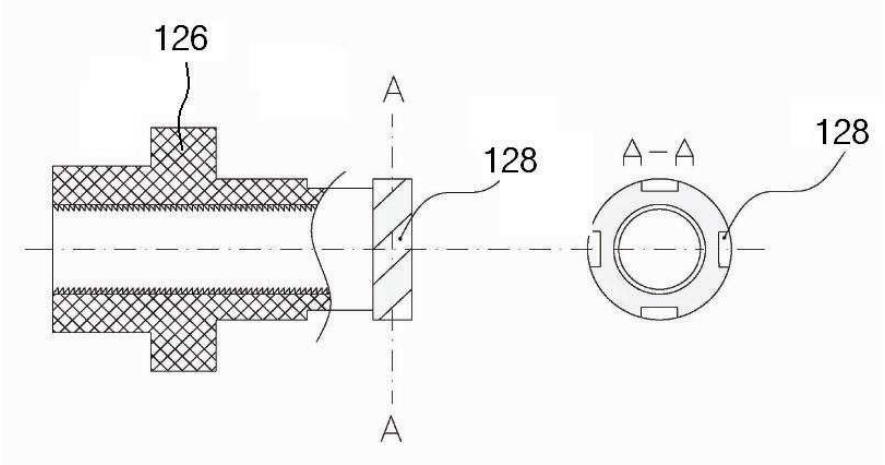
도면1


PR
100
110
156
154
158
200
202
304
302
300
200a
204
206
302
300a
304

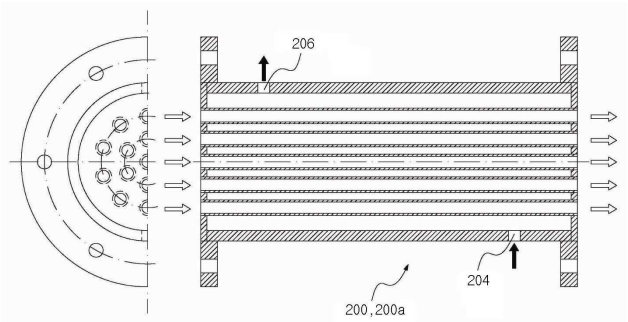
도면2


110
138
132
136
134
140
150
152
126
130
120
122
124
A-A
A
A
128
112
117
118
114
양극 생리수 출구
116
158
154
156
200a
202

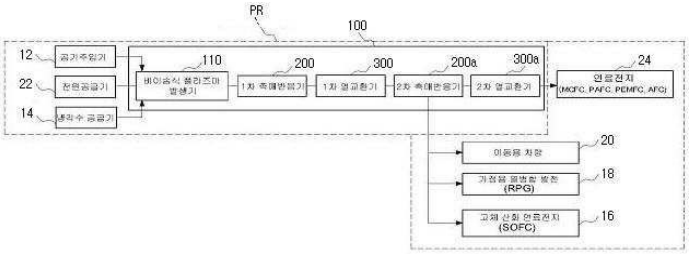
도면3


126
A
128
A-A
128
A

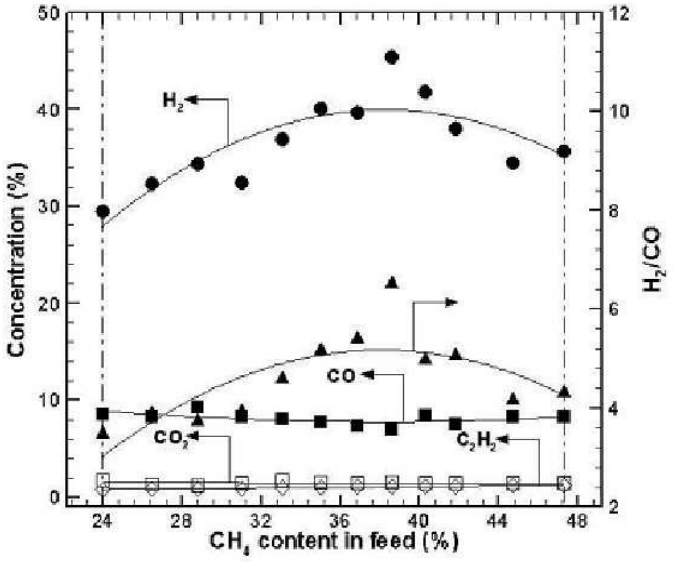
도면4


206
204
200,200a

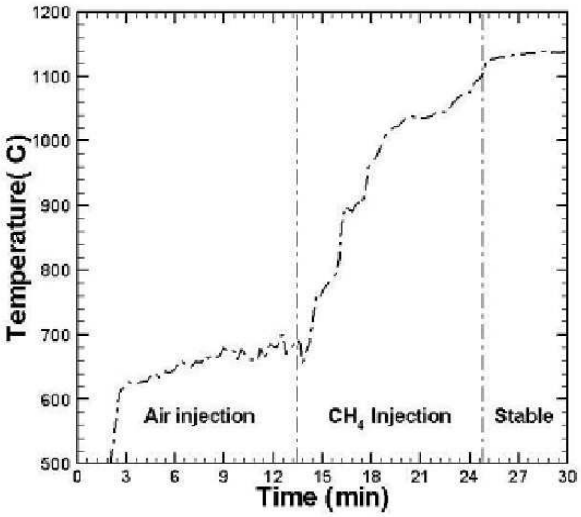
도면5


PR
100
12
22
14
110
200
300
200a
300a
24
20
18
16

도면6


Concentration (%)
H_2/CO
CH_4 content in feed (%)
H_2
CO
CO_2
C_2H_2

도면7


Temperature(C)
Time (min)
Air injection
CH_4 Injection
Stable