



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월20일
(11) 등록번호 10-1277122
(24) 등록일자 2013년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 19/12 (2006.01) C01B 3/26 (2006.01)
B01J 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0108460
(22) 출원일자 2012년09월28일
심사청구일자 2012년09월28일

(56) 선행기술조사문헌
KR100945038 B1*
KR1020120060273 A*
WO2012031338 A1
KR100516476 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기초과학지원연구원
대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)

(72) 발명자
홍용철
대전광역시 유성구 과학로 113 (어은동 52) 국가
핵융합연구소

천세민
대전광역시 유성구 과학로 113 (어은동 52) 국가
핵융합연구소

조성윤
대전광역시 유성구 과학로 113 (어은동 52) 국가
핵융합연구소

(74) 대리인
장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 16 항

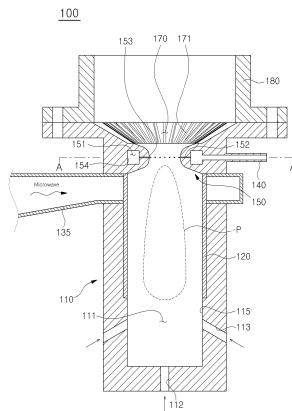
심사관 : 강민구

(54) 발명의 명칭 마이크로웨이브 플라즈마 개질기

(57) 요약

본 발명에 따르면, 플라즈마(P)를 통해 주입된 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)를 개질하여 수소(H₂)와 일산화탄소(CO)를 주성분으로 하는 합성가스로 개질하는 플라즈마 개질기에 있어서, 내부에는 상기 플라즈마(P)가 생성되는 반응공간부(111)가 형성되고, 상기 메탄을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 메탄공급관(112) 및, 상기 이산화탄소를 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 이산화탄소 공급관(113)이 각각 형성된 몸체부(110); 상기 몸체부(110)의 반응공간부(111) 내에 안착되며, 기 설정된 주파수의 마이크로웨이브를 공급받아 상기 반응공간부(111) 내에서 플라즈마를 생성하는 방전관(120); 상기 방전관(120)과 연결되도록 상기 몸체부(110)에 체결되며, 상기 마이크로웨이브를 전달받아 상기 방전관(120)에 인가하는 도파관(135); 상기 몸체부(110)의 상부에 배치되고 상기 반응공간부(111)의 내부로 탄화수소체를 공급하는 탄화수소체 공급관(140); 및 상기 몸체부(110)의 상부 내측에 배치되고, 원주를 따라 내측방향으로 돌출형성되어 상기 반응공간부(111)의 내경을 축소시키는 챔버부(150);를 포함하는 마이크로웨이브 플라즈마 개질기를 개시한다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

플라즈마(P)를 통해 주입된 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)를 개질하여 수소(H₂)와 일산화탄소(CO)를 포함하는 합성가스로 개질하는 플라즈마 개질기에 있어서,

내부에는 상기 플라즈마(P)가 생성되는 반응공간부(111)가 형성되고, 상기 메탄을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 메탄공급관(112) 및, 상기 이산화탄소를 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 이산화탄소 공급관(113)이 각각 형성된 몸체부(110);

상기 몸체부(110)의 반응공간부(111) 내에 안착되며, 기 설정된 주파수의 마이크로웨이브를 공급받아 상기 반응공간부(111) 내에서 플라즈마를 생성하는 방전관(120);

상기 방전관(120)과 연결되도록 상기 몸체부(110)에 체결되며, 상기 마이크로웨이브를 전달받아 상기 방전관(120)에 인가하는 도파관(135);

상기 몸체부(110)의 상부에 배치되고 상기 반응공간부(111)의 내부로 탄화수소체를 공급하는 탄화수소체 공급관(140); 및

상기 몸체부(110)의 상부 내측에 배치되고, 원주를 따라 내측방향으로 돌출형성되어 상기 반응공간부(111)의 내경을 축소시키는 챔버부(150);를 포함하고,

상기 챔버부(150)의 내부에는 원주를 따라 통공된 링 형상의 챔버공간부(151)가 형성되되,

상기 탄화수소체 공급관(140)은 상기 몸체부(110)를 관통하는 형태로 연장되어 상기 챔버공간부(151)와 연통되고,

상기 챔버부(150)에는 상기 챔버공간부(151)의 내부와 반응공간부(111)의 내부를 상호 연통시켜 상기 탄화수소체 공급관(140)을 통해 상기 챔버공간부(151)의 내부로 주입된 탄화수소체를 상기 반응공간부(111)의 내부로 분사하는 복수 개의 분할공급관(152)이 일정간격으로 이격되어 형성된 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 분할공급관(152)은,

상기 챔버공간부(151)와 반응공간부(111)의 내부를 상호 연통시키되,

상기 반응공간부(111)의 내부로 개구된 단부는 상기 챔버부(150)의 돌출된 선단면(153) 상에 형성된 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 분할공급관(152)은,

상기 탄화수소체 공급관(140) 및 챔버공간부(151)의 직경보다 작은 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 탄화수소체 공급관(140)은,

상기 몸체부(110)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 외부로부터 공급되는 탄화수소체가 상기 챔버공간부(151)의 내벽면(154)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 챔버공간부(151)로 주입되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 분할공급관(152)은,

상기 챔버부(150)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 상기 챔버공간부(151)로부터 주입되는 탄화수소체가 상기 챔버부(150)의 선단면(153) 또는 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)로 분사되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 분할공급관(152)은,

상기 챔버부(150) 내에서 하부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상기 반응공간부(111)의 내부에 하향하면서 와류되는 탄화수소체를 분사하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 이산화탄소 공급관(113)은,

상기 몸체부(110)의 측부 둘레에 배치되되, 상기 몸체부(110) 내에서 상부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상기 반응공간부(111)의 내부에 상향하면서 와류되는 이산화탄소를 주입하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 건식 개질기.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 이산화탄소 공급관(113)은,

상기 몸체부(110)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 외부로부터 공급되는 이산화탄소가 상기 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)으로 유입되면서 상기 플라즈마 및 메탄과 상호 혼합되며 반응하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 건식 개질기.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 탄화수소체 공급관(140)으로 공급되는 탄화수소체는,

기체상태의 에탄, 프로판, 에틸렌, 부탄 또는, 액체상태의 DME, 가솔린, 경유, 등유, 병커 C유, 정제된 폐유 또는 고체상태의 석탄, 바이오매스 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 플라즈마 건식 개질기.

청구항 11

제 2항에 있어서,

상기 탄화수소체 공급관(140)은,

상기 탄화수소체와 메탄이 상호 혼합된 혼합물을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 건식 개질기.

청구항 12

제 2항에 있어서,

상기 이산화탄소 공급관(113)은,

이산화탄소와 메탄이 상호 혼합된 혼합가스를 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 건식 개질기.

청구항 13

제 2항에 있어서,

상기 이산화탄소 공급관(113)은, 이산화탄소와 공기 또는 이산화탄소와 스팀이 상호 혼합된 혼합물을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하거나,

상기 몸체부(110)의 둘레에는, 공기 또는 스팀을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 공급관이 별도로 형성된 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 14

제 2항 내지 제 13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 몸체부(110)의 상단에는 상부방향으로 갈수록 내경이 확장되는 형태로 형성된 확장공간부(170)가 형성된 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 확장공간부(170)의 경사면에는,

상향 돌출되게 형성되며, 상기 몸체부(110)의 중앙에서 외측방향으로 연장형성된 복수 개의 화염유도 블레이드(171)가 일정간격 이격되며 방사형으로 배치되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 16

제 2항 내지 제 13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 몸체부(110)의 내벽 또는 내부에는 광촉매가 채워진 촉매반응공간이 형성된 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

청구항 17

제 2항 내지 제 13항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 몸체부(110)는, 내화단열재 재질로 형성된 것을 특징으로 하는 플라즈마 개질기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 마이크로웨이브 플라즈마 개질기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 플라즈마(P)를 통해 주입된 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)를 개질하여 수소(H₂)와 일산화탄소(CO)를 주성분으로 하는 합성가스로 개질하는 플라즈마 개질기에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 수소와 일산화탄소의 혼합가스인 합성가스는 암모니아, 메탄올, 아세트산, DME(DiMethyl Ether), 합성 가솔린과 경유와 같은 화학원료와 환경적으로 청정 연료를 합성하는데 있어서 중요한 매개체 물질이며 상기와 같은 생산물들을 합성하기 위해서는 수소와 일산화탄소의 다양한 몰비(H₂/CO)가 필요하다. 예를 들어, 메탄올을 합성하기 위해서는 2/1의 몰비가, 아세트산 또는 Methyl Formate, DME를 합성하기 위해서는 1/1의 몰비가 필요하다.

[0003] 상기 합성가스는 석탄, 석유, 천연가스, 바이오매스(Biomass)로부터 만들어지며 심지어 유기화합물질의 폐기물(Organic Waste)들로부터도 만들어지고 있으나, 현재, 천연가스는 합성가스를 생산하는 데에 가장 큰 소스(Source)이며 가장 저렴하고 환경친화적인 이유로 합성가스를 생산하는 데에 그 사용이 점점 늘어나고 있다.

[0004] 천연가스를 이용하는 합성가스를 제조하는 기술에는, 메탄의 스팀 개질(습식 개질), 메탄의 부분 산화(Partial Oxidation), 메탄의 이산화탄소 개질(건식 개질) 및, 상기 메탄의 스팀 개질과 이산화탄소 개질의 조합된 방식을 이용할 수 있으나, 합성가스를 생산하는 전통적이고 잠재적 산업공정은 메탄의 스팀 개질 방법이다.

[0005] 이 방법은 일반적으로 습식 개질이라 하며 수소/일산화탄소 몰비는 3 또는 그 이상이며, 습식 개질은 암모니아 합성에 적당하지만 메탄올과 다른 많은 합성 공정들에서 여분의 수소를 필요로 한다. 반면에, 습식 공정 반응에서 1몰의 일산화탄소를 만드는 데에 최소한 1몰의 메탄이 필요하다.



[0008] CH₄-CO₂ 개질은 메탄의 소비를 줄일 뿐만 아니라, 이산화탄소를 사용하기 때문에 매우 매력적인 합성가스 제조공정으로 관심을 끌고 있다.

[0009] 습식개질과 부분산화 공정과 비교했을 때, 이산화탄소 또한 탄소 소스(Carbon source)이기 때문에 화학양론적으로 CH₄-CO₂ 개질은 1 몰의 일산화탄소를 만드는 데에 ½ 몰의 메탄을 필요로 한다. CH₄-CO₂ 개질은 1/1의 수소/일산화탄소 몰비를 갖지만, 공정의 Feeding에서 메탄/이산화탄소 비율을 조절함으로써 수소/일산화탄소 몰비를 비교적 쉽게 제어할 수 있다. 그러므로, CH₄-CO₂ 개질로부터 합성가스는 아세트산 또는 Methyl Formate 제조공정에서 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 습식 공정과 결합시켰을 때, 다양한 물질을 제조하는 데에 필요한 수소/일산화탄소 몰비를 만족시킬 수 있다.

[0010] 그러나, CH₄-CO₂ 개질 공정은 높은 흡열반응이며 산업에서 요구하는 조건을 만족시키기 위해서는 상당한 반응율(Reaction Rate)을 달성할 수 있는 특별한 방법들이 필요하다. 이런 맥락에서 촉매와 플라즈마 기술들은 산업에서 요구하는 조건을 만족시킬 수 있는 잠재적 기술로서 여겨져 왔지만, 지금까지 상업화되지 못하였다.

[0011] 도 1 및 도 2를 참고하면, CH₄-CO₂ 촉매개질 공정은 그 촉매 반응 공정에서 메탄과 이산화탄소는 촉매로 채워진

Tubiform 고정층 반응기로 주입되며 반응에 필요한 열에너지는 반응기 외부에서 천연가스의 연소에너지로부터 공급된다. CH₄-CO₂ 촉매개질 반응기가 메탄의 습식개질 반응기와 같이 사용될 수 있을지라도, CH₄-CO₂ 촉매 개질 공정이 실험실 규모에서 상업화 규모로 넘어가는 데에 걸림돌이 되는 가장 큰 장벽은 촉매 비활성화의 원인이 되는 촉매 표면의 탄소 증착이다.

- [0012] 한편, 플라즈마 CH₄-CO₂ 개질 공정은 아크 방전을 이용하여 매우 제한적인 조건에서 수행되었다. 촉매 개질 공정과 비교하였을 때, 전자유도 화학반응과 열화학 반응을 가진 플라즈마 CH₄-CO₂ 개질 반응은 높은 전환율과 선택성을 보여주었으며 탄소 증착의 문제가 없었다. 그러므로, 플라즈마 발생의 에너지 사용이라는 문제에도 불구하고 지난 10여년 동안 지속적 연구 관심의 증가를 보이고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제2010-0017757호(2010.02.16), 합성 가스의 제조 방법

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 본 발명의 목적은 반응공간부 내에서 생성되는 플라즈마와 내부로 주입되는 각 가스를 전반적으로 고르게 혼합시키며, 연소되는 화염을 안정적으로 유지할 수 있는 마이크로웨이브 플라즈마 개질기를 제공하는 것에 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 다른 목적은 플라즈마를 이용한 건식 개질공정에 스팀(H₂O)를 주입하여 플라즈마 습식공정을 결합시킴으로써 플라즈마를 위한 전기에너지 사용량은 감소시키면서 수소/일산화탄소 물비를 제어하여 다양한 화학 물질을 생성할 수 있는 마이크로웨이브 플라즈마 개질기를 제공하는 것에 있다.
- [0016] 더불어, 본 발명의 또 다른 목적은 플라즈마를 통해 주입된 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)를 개질하여 수소(H₂)와 일산화탄소(CO)를 주성분으로 하는 합성가스를 생성함으로써, 메탄의 소비는 감소시킴과 동시에 이산화탄소의 소비는 대폭 증가시킬 수 있는 마이크로웨이브 플라즈마 개질기를 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 마이크로웨이브 플라즈마 개질기는, 플라즈마(P)를 통해 주입된 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)를 개질하여 수소(H₂)와 일산화탄소(CO)를 주성분으로 하는 합성가스로 개질하는 플라즈마 개질기에 있어서, 내부에는 상기 플라즈마(P)가 생성되는 반응공간부(111)가 형성되고, 상기 메탄을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 메탄공급관(112) 및, 상기 이산화탄소를 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 이산화탄소 공급관(113)이 각각 형성된 몸체부(110); 상기 몸체부(110)의 반응공간부(111) 내에 안착되며, 기 설정된 주파수의 마이크로웨이브를 공급받아 상기 반응공간부(111) 내에서 플라즈마를 생성하는 방전관(120); 상기 방전관(120)과 연결되도록 상기 몸체부(110)에 체결되며, 상기 마이크로웨이브를 전달받아 상기 방전관(120)에 인가하는 도파관(135); 상기 몸체부(110)의 상부에 배치되고 상기 반응공간부(111)의 내부로 탄화수소체를 공급하는 탄화수소체 공급관(140); 및 상기 몸체부(110)의 상부 내측에 배치되고, 원주를 따라 내측 방향으로 돌출형성되어 상기 반응공간부(111)의 내경을 축소시키는 챔버부(150);를 포함한다.
- [0018] 여기서, 상기 챔버부(150)의 내부에는 원주를 따라 통공된 링 형상의 챔버공간부(151)가 형성되며, 상기 탄화수소체 공급관(140)은 상기 몸체부(110)를 관통하는 형태로 연장되어 상기 챔버공간부(151)와 연통되고, 상기 챔버부(150)에는 상기 챔버공간부(151)의 내부와 반응공간부(111)의 내부를 상호 연통시켜 상기 탄화수소체 공급관(140)을 통해 상기 챔버공간부(151)의 내부로 주입된 탄화수소체를 상기 반응공간부(111)의 내부로 분사하는 복수 개의 분할공급관(152)이 일정간격으로 이격되어 형성될 수 있다.

- [0019] 또한, 상기 분할공급관(152)은, 상기 챔버공간부(151)와 반응공간부(111)의 내부를 상호 연통시키되, 상기 반응공간부(111)의 내부로 개구된 단부는 상기 챔버부(150)의 돌출된 선단면(153) 상에 형성될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 분할공급관(152)은, 상기 탄화수소체 공급관(140) 및 챔버공간부(151)의 직경보다 작은 직경을 가질 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 탄화수소체 공급관(140)은, 상기 몸체부(110)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 외부로부터 공급되는 탄화수소체가 상기 챔버공간부(151)의 내벽면(154)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 챔버공간부(151)로 주입될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 분할공급관(152)은, 상기 챔버부(150)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 상기 챔버공간부(151)로부터 주입되는 탄화수소체가 상기 챔버부(150)의 선단면(153) 또는 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)로 분사될 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 분할공급관(152)은, 상기 챔버부(150) 내에서 하부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상기 반응공간부(111)의 내부에 하향하면서 와류되는 탄화수소체를 분사할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 이산화탄소 공급관(113)은, 상기 몸체부(110)의 측부 둘레에 배치되되, 상기 몸체부(110) 내에서 상부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상기 반응공간부(111)의 내부에 상향하면서 와류되는 이산화탄소를 주입할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 이산화탄소 공급관(113)은, 상기 몸체부(110)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 외부로부터 공급되는 이산화탄소가 상기 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)으로 유입되면서 상기 플라즈마 및 메탄과 상호 혼합되며 반응할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 탄화수소체 공급관(140)으로 공급되는 탄화수소체는, 기체상태의 에탄, 프로판, 에틸렌, 부탄 또는, 액체상태의 DME, 가솔린, 경유, 등유, 병커 C유, 정제된 폐유 또는 고체상태의 석탄, 바이오매스 중 어느 하나일 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 탄화수소체 공급관(140)은, 상기 탄화수소체와 메탄이 상호 혼합된 혼합물을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입할 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 이산화탄소 공급관(113)은, 이산화탄소와 메탄이 상호 혼합된 혼합가스를 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입할 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 이산화탄소 공급관(113)은, 이산화탄소와 공기 또는 이산화탄소와 스팀이 상호 혼합된 혼합물을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하거나, 상기 몸체부(110)의 둘레에는, 공기 또는 스팀을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 공급관이 별도로 형성될 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 몸체부(110)의 상단에는 상부방향으로 갈수록 내경이 확장되는 형태로 형성된 확장공간부(170)가 형성될 수 있다.
- [0031] 한편, 상기 확장공간부(170)의 경사면에는, 상향 돌출되게 형성되며, 상기 몸체부(110)의 중앙에서 외측방향으로 연장형성된 복수 개의 화염유도 블레이드(171)가 일정간격 이격되며 방사형으로 배치될 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 본 발명에 따른 마이크로웨이브 플라즈마 개질기에 의하면,
- [0033] 첫째, 몸체부의 상부 내측에서 원주를 따라 내측방향으로 돌출형성되어 반응공간부의 내경을 축소시키는 챔버부를 통해 개질반응이 발생하는 반응공간부 내부의 압력변화를 도모하여, 생성된 플라즈마(P), 화염 및, 주입된 메탄, 이산화탄소, 탄화수소체 등을 고압으로 혼합시킴으로써 개질효율을 증대시킬 수 있다.
- [0034] 둘째, 탄화수소체 공급관을 통해 공급된 탄화수소체는 다수 개의 분할공급관을 통해 분기되며 상기 반응공간부의 내부로 분산되며 주입되므로, 상기 플라즈마(P)와 각 가스류들을 전반적으로 고르게 혼합시킴으로써 개질효율을 더욱 증대시킬 수 있다.
- [0035] 셋째, 상기 분할공급관은 챔버부의 둘레면에 대하여 접선된 형태로 형성되어, 상기 반응공간부의 내부로 와류되며 분사되므로, 상기 플라즈마(P)와 각 가스류들을 보다 효과적으로 혼합되면서 안정적으로 화학적 반응할 수

있음은 물론, 고온의 플라즈마 화염으로부터 챔버부, 방전관 및 몸체부의 내벽면을 보호할 수 있다.

[0036] 넷째, 상기 분할공급관은 챔버부 내에서 하부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 하향하면서 와류되는 탄화수소체를 분사하며, 이산화탄소를 주입하는 이산화탄소 공급관은 몸체부 내에서 상부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상향하면서 와류되는 이산화탄소를 주입함으로써, 상기 이산화탄소 공급관으로부터 주입되는 이산화탄소에 의한 상승 기류는 개질된 합성가스의 배출방향에 대하여 순방향 와류(Conventional Vortex Flow)로서 작용하며, 상기 분할공급관으로부터 주입되는 탄화수소체에 의한 기류는 개질된 합성가스의 배출방향에 대하여 역방향 와류(Reverse Vortex Flow)로서 작용하게 되어, 각 가스 유동의 상호작용으로 반응공간부 내부에서 플라즈마, 이산화탄소, 메탄 및 탄화수소체가 상호 반응되어 개질될 수 있는 시간이 증가하면서 개질의 효율성이 극대화된다.

[0037] 다섯째, 플라즈마를 통해 주입된 메탄과 이산화탄소를 개질하여 수소와 일산화탄소를 주성분으로 하는 합성가스를 생성함으로써, 상기 합성가스를 생성하는데 필요한 메탄의 소비는 감소시킴과 동시에 이산화탄소의 소비는 대폭 증가시킬 수 있다. 즉, 지구온난화 물질인 이산화탄소를 원료로 사용함으로써 이산화탄소를 저감할 수 있는 효과를 구현한다.

[0038] 여섯째, 플라즈마를 이용한 건식 개질공정에 스팀(H₂O)를 주입하여 플라즈마 습식공정을 결합시킴으로써 플라즈마 생성을 위한 전기에너지 사용량은 감소시키면서 수소/일산화탄소 물비를 제어하여 다양한 화학 물질을 생성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1 및 도 2는 종래의 촉매개질기를 이용한 개질장치의 구성을 나타낸 개략도,
 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로웨이브 플라즈마 개질기의 구성을 나타낸 단면도,
 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산화탄소 공급관이 몸체부와 접선된 형태로 배치됨에 따라 이산화탄소가 와류되며 주입되는 동작원리를 나타낸 단면도,
 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로웨이브 공급부의 구성을 나타낸 개략도,
 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 탄화수소체 공급관 및 분할공급관이 몸체부 및 챔버부에 각각 접선된 형태로 배치됨에 따라 탄화수소체가 와류되며 주입되는 동작원리를 나타낸 단면도,
 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 분할공급관이 챔버부 내에서 하부방향으로 기울어진 상태로 배치된 구성을 나타낸 단면도,
 도 8 및 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 확장공간부의 구성을 나타낸 사시도 및 평면도,
 도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 개질기의 몸체부 벽면에 광촉매가 도포되거나 벽면 내부에 광촉매가 채워진 상태를 나타낸 개략도,
 도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마(P) 전자로부터 이산화탄소 분자의 다양한 여기경로(채널)들로 전달되는 비열 이산화탄소 방전 에너지의 분율을 나타낸 그래프,
 도 12는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 순수 CO₂ 플라즈마(P)의 Optical Emission Spectrum을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0041] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

- [0042] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로웨이브 플라즈마 개질기(이하에서는 '플라즈마 개질기(100)'라 명칭함)는, 플라즈마(P)를 통해 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)를 개질하여 수소(H₂)와 일산화탄소(CO)를 주성분으로 하는 합성가스로 개질함에 있어서, 반응공간부(111) 내에서 생성되는 플라즈마(P)와 내부로 주입되는 각 가스를 전반적으로 고르게 혼합시키며, 연소되는 플라즈마 화염을 안정적으로 유지할 수 있는 개질기로서, 도 3 내지 도 9에 도시된 바와 같이, 몸체부(110), 방전관(120), 도파관(135), 탄화수소체 공급관(140) 및, 챔버부(150)를 포함하여 구비된다.
- [0043] 먼저, 상기 몸체부(110)는, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 개질기(100)의 베이스를 형성하는 구성요소로서, 내부에는 상기 플라즈마(P)가 생성되는 반응공간부(111)가 형성되고, 상기 메탄을 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 메탄공급관(112) 및, 상기 이산화탄소를 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 이산화탄소 공급관(113)이 각각 형성된다.
- [0044] 여기서, 상기 이산화탄소 공급관(113)은, 도 4에 도시된 바와 같이 몸체부(110)의 둘레를 따라 등간격으로 이격되어 복수 개가 형성되되, 상기 몸체부(110)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 외부로부터 공급되는 이산화탄소가 상기 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)으로 유입되면서 상기 플라즈마(P) 및 메탄과 상호 혼합되며 반응하도록 구비될 수 있다.
- [0045] 이로 인해, 외부로부터 공급되는 이산화탄소가 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)로 유입되면서 플라즈마와 상호 혼합되며 반응함으로써, 이산화탄소, 메탄, 플라즈마 및 탄화수소체가 반응공간부(111) 내에서 균일하게 혼합되면서 안정적으로 화학적 반응할 수 있음은 물론, 고온의 플라즈마 화염으로부터 방전관(120) 및 몸체부(110)의 내벽면(115)을 보호할 수 있는 것이다.
- [0046] 또한, 상기 이산화탄소 공급관(113)은 도 3에 도시된 바와 같이 상기 몸체부(110) 내에서 상부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상기 반응공간부(111)의 내부에 상향하면서 와류되는 이산화탄소를 주입할 수 있다.
- [0047] 이로 인해, 상기 이산화탄소 공급관(113)으로부터 주입되는 이산화탄소에 의한 기류는 개질된 합성가스의 배출 방향에 대하여 순방향 와류(Conventional Vortex Flow)로서 작용하게 되어, 플라즈마(P)의 하부로 주입되는 이산화탄소 기류의 세기를 증가시켜 상기 플라즈마와 이산화탄소가 보다 원활하게 혼합될 수 있다.
- [0048] 더불어, 상기 이산화탄소 공급관(113)은 이산화탄소와 기체상의 탄화수소체(예를 들면, 메탄)이 상호 혼합된 혼합가스를 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입할 수 있다.
- [0049] 그리고, 상기 이산화탄소 공급관(113)은 이산화탄소와 공기, 산소 또는, 이산화탄소와 스팀이 상호 혼합된 혼합물을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입할 수 있으며, 상기 이산화탄소 공급관(113)과는 별개로 상기 몸체부(110) 또는 방전관(120)의 둘레에는 공기, 산소 또는, 스팀을 상기 반응공간부(111)의 내부로 주입하는 공급관(미도시)이 형성될 수 있다.
- [0050] 이와 같이, 상기 이산화탄소와 공기 또는 산소를 상호 혼합시켜 이산화탄소 공급관(113)으로 주입하여 반응공간부(111) 내부에 형성된 플라즈마에 공급함으로써 메탄의 부분산화 또는 연소 공정을 통한 반응기의 개질온도(반응기 내부의 온도 유지)를 제공할 수 있으며, 상기 스팀(H₂O)을 주입(단, Ratio of H₂O/CO₂ > 1)함으로써 메탄의 부분산화 공정을 통해 일산화탄소와 수소의 생산을 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 스팀을 제어함으로써 Ratio of H₂/CO를 제어할 수 있다.
- [0051] 또한, 상기 몸체부(110)는, 내부에서 생성되는 고온 고압의 플라즈마(P) 및 화염의 고열에 의해 훼손되거나 파손되지 않도록 내화단열재 재질로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0052] 한편, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 개질기(100)에서는, 상기 몸체부(110)의 내벽 또는 내부에 광촉매를 채워 촉매반응 공간을 구성함으로써, 플라즈마 개질 후 개질 효율을 증대시킬 수 있다.
- [0053] 여기서, 도 10에는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 몸체부(110)의 내벽 또는 내부에 광촉매가 채워진 상태를 나타낸 개략도가 도시되어 있다.
- [0054] 일반적인 광촉매(ZnO, TiO₂, 등)는 통상 3.2eV의 에너지를 받게 되면 여기되어 광촉매 역할을 하게 된다. 도 11에서 보듯이 Vibrational Excitation 모드들의 대부분은 0.5eV 이상의 에너지에서 이산화탄소를 여기시키고 바닥상태로 내려오면서 해당되는 에너지 만큼의 빛을 낸다. 이런 이유로 플라즈마 개질기(100,200)의 내벽 또는 내부에 광촉매를 채움으로서 개질 효율을 높일 수 있고, 도 12에서 보듯이 순수 이산화탄소 플라즈마는 300-400

nm(~3.2 eV 근처)의 빛은 내면서 상기와 같은 이유로 광촉매를 여기시켜 개질 효과를 높일 수 있다.

[0055] 상기 몸체부(110)에 채울수 있는 촉매는 하기의 [표 1]과 같다.

표 1

Catalysts	component
Mn-Based Oxide Catalysts	Mn-O/SiO ₂
Cr-Based Oxide Catalysts	Cr ₂ O ₃ /SiO ₂ Cr ₂ O ₃ /ZrO ₂ Cr ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ Cr ₂ O ₃ /TiO ₂
Ga-Based Oxide Catalysts	Ga ₂ O ₃ /TiO ₂
Ce-Based Oxide Catalysts	CeO ₂ CaO-CeO ₂
Other Catalysts	Ni/Al ₂ O ₃ Ni/SiO ₂ Ni/MgO Ru/MgO Ru/Eu ₂ O ₂ Ru/Al ₂ O ₃ Ru/Al ₂ O ₃ Ru/MgO Pt/MgO Pt/ZrO ₂ Pd/MgO Cu/SiO ₂

[0057] 상기 방전관(120)은, 몸체부(110)의 반응공간부(111) 내에 안착되며, 기 설정된 주파수의 마이크로웨이브를 공급받아 상기 반응공간부(111) 내에서 플라즈마를 생성하는 구성요소로서, 원통형상으로 형성되어 상기 반응공간부(111)과 동심원을 형성하도록 상기 몸체부(110)의 내벽면(115) 상에 수직배치된다.

[0058] 여기서, 상기 방전관(120)의 중심축의 위치는 상기 도파관(135)으로부터 입력되는 마이크로웨이브 주파수와 상기 도파관(135)에 따라 달라지며, 관내과장의 1/4인 것이 바람직하다.

[0059] 상기 도파관(135)은, 방전관(120)과 연결되도록 몸체부(110)에 체결되며, 상기 마이크로웨이브를 전달받아 방전관(120)에 인가하는 구성요소로서, 도 5에 도시된 바와 같이 마이크로웨이브 공급부(130)로부터 발생된 마이크로웨이브를 전달받아 상기 방전관(120)에 인가하도록 구비된다.

[0060] 여기서, 상기 마이크로웨이브 공급부(130)는, 외부로부터 공급되는 구동전력을 인가받아 마이크로웨이브를 발진하는 고주파발진기(131)와, 상기 고주파발진기(131)에서 발진된 마이크로웨이브를 출력함과 동시에 임피던스 부정합으로 반사되는 마이크로웨이브 에너지를 소멸시켜 상기 고주파발진기(131)를 보호하는 순환기(132), 상기 순환기(132)의 후단에 배치되며 파워를 모니터링하는 파워모니터(133), 상기 순환기(132)로부터 출력된 마이크로웨이브의 입사파와 반사파의 세기를 조절하여 임피던스 정합을 유도함으로써 상기 마이크로웨이브로 유도된 전기장이 방전관(120) 내에서 최대가 되도록 하는 튜너(134) 및, 상기 도파관(135)을 포함하여 구비된다.

[0061] 상기 탄화수소체 공급관(140)은 상기 반응공간부(111)의 내부로 탄화수소체를 주입하여 반응공간부(111)에서 생성된 플라즈마(P)에 탄화수소체를 공급하는 구성요소로서, 상기 몸체부(110)의 상부에 배치되고 반응공간부(111)의 내부로 탄화수소체를 공급한다.

[0062] 여기서, 상기 탄화수소체 공급관(140)은, 상술한 이산화탄소 공급관(113)과 마찬가지로, 몸체부(110)의 둘레를 따라 등간격으로 이격되어 적어도 하나 이상이 형성되되, 도 6에 도시된 바와 같이 상기 몸체부(110)의 둘레면

에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 외부로부터 공급되는 탄화수소체가 상기 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)으로 유입되면서 상기 이산화탄소, 플라즈마 및 메탄과 상호 혼합되며 반응하도록 구비될 수 있다.

[0063] 이로 인해, 외부로부터 공급되는 탄화수소체가 상기 방전관(120) 또는 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)로 유입되면서 플라즈마와 상호 혼합되며 반응함으로써, 이산화탄소, 메탄, 플라즈마 및 탄화수소체가 반응공간부(111) 내에서 더욱 균일하게 혼합되면서 안정적으로 화학적 반응할 수 있으며, 상기 반응공간부(111) 내에서 와류되는 기류의 세기를 더욱 증대시킬 수 있다.

[0064] 또한, 도 3에 도시된 바와 같이 상기 탄화수소체 공급관(140)은 상기 챔버부(150) 내에서 하부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상기 반응공간부(111)의 내부에 하향하면서 와류되는 이산화탄소를 주입하도록 구비되는 것이 바람직하다.

[0065] 이로 인해, 상기 이산화탄소 공급관(113)으로부터 주입되는 이산화탄소에 의한 상승 기류는 개질된 합성가스의 배출방향에 대하여 순방향 와류(Conventional Vortex Flow)로서 작용하며, 상기 탄화수소체 공급관(140)으로부터 주입되는 탄화수소체에 의한 하강 기류는 개질된 합성가스의 배출방향에 대하여 역방향 와류(Reverse Vortex Flow)로서 작용하게 되어, 각 가스 유동의 상호작용으로 반응공간부(111) 내부에서 플라즈마 화염과 이산화탄소, 메탄 및 탄화수소체가 상호 반응되어 개질될 수 있는 시간이 증가하면서 개질의 효율성을 극대화할 수 있다.

[0066] 상기 탄화수소체는 탄소와 수소를 주로 포함하는 유기화합물로서, 기체, 액체, 고체의 탄화수소 화합물을 의미한다. 여기서, 상기 탄화수소체로서, 기체상태의 메탄, 에탄, 프로판, 에틸렌, 부탄 또는, 액체상태의 DME, 가솔린, 경유, 등유, 병커 C유, 정제된 폐유 또는 고체상태의 석탄, 바이오매스 중 어느 하나를 이용할 수 있다.

[0067] 여기서, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 개질기(100)에서는 상기와 같이 액체 또는 고체상의 탄화수소체를 이용할 수 있으나, 플라즈마(P), 화염, 이산화탄소와의 혼합효율 및, 연소시 반응공간부(111)의 내부 벽면 상에 탄화수소체가 연소되면서 발생하는 연소된 연소산화물이 적층되는 현상이 최소화되도록 기체상의 탄화수소체를 이용하는 것이 바람직하다.

[0068] 또한, 상기 탄화수소체 공급관(140)은, 상기 탄화수소체로 메탄을 이용하지 않는 경우, 탄화수소체와 메탄이 상호 혼합된 혼합물을 상기 반응공간부(111)의 내부에 형성된 플라즈마(P)로 주입하도록 구비될 수 있다.

[0069] 따라서, 상기 탄화수소체로 고체 또는 액체의 탄화수소 화합물을 이용하는 경우, 반응공간부(111) 내에 형성된 플라즈마를 유지하지 못하거나 또는 불안정하게 유지될 수 있으므로, 상기 메탄을 해당 탄화수소체에 혼합하여 탄화수소체 공급관(140)을 통해 플라즈마로 주입할 수 있다.

[0070] 한편, 탄화수소체 공급관(140)은, 상기 이산화탄소 공급관(113)이 몸체부(110)에 대하여 접선된 방향과 같은 방향으로 챔버부(150)에 대하여 접선되는 형태로 형성됨으로써, 상기 이산화탄소 공급관(113)으로부터 반응공간부(111)의 내부로 와류되며 주입되는 이산화탄소의 주입방향과 같은 방향으로 탄화수소체가 와류되며 주입되도록 함으로써, 와류되는 기류의 세기를 더욱 증대시켜 플라즈마(P), 화염 및 각 가스류를 고압으로 혼합시킬 수 있다.

[0071] 또한, 상기 탄화수소체 공급관(140)은, 상기 이산화탄소 공급관(113)이 몸체부(110)에 대하여 접선된 방향과 반대 방향으로 챔버부(150)에 대하여 접선되는 형태로 형성됨으로써, 상기 이산화탄소 공급관(113)으로부터 반응공간부(111)의 내부로 와류되며 주입되는 이산화탄소의 주입방향과 반대 방향으로 탄화수소체가 와류되며 주입되도록 함으로써, 상기 반응공간부(111)의 내부에서 상기 와류되는 이산화탄소의 기류와 탄화수소체의 기류가 충돌하도록 하여 플라즈마(P), 화염유도 블레이드(171) 및 각 가스류간의 혼합률을 증대시켜 개질반응을 더욱 증대시킬 수 있다.

[0072] 더불어, 상기 탄화수소체 공급관(140)은, 상기 반응공간부(111)의 내부로 공급되는 탄화수소체의 주입방향을 반응공간부(111) 내에서 직하방으로 형성됨에 따라 상기 탄화수소체의 기류가 반응공간부(111) 내에서 생성된 플라즈마(P)의 내부 깊은 위치까지 주입시켜 플라즈마(P)에 의한 개질반응 시간이 증대되도록 구비될 수도 있다.

[0073] 상기 챔버부(150)는, 반응공간부(111)의 내경을 축소시켜 개질반응이 발생하는 반응공간부(111) 내부의 압력변화를 발생시키는 구성요소로서, 상기 몸체부(110)의 상부 내측에 배치되고, 원주를 따라 내측방향으로 돌출형성되어 상기 반응공간부(111)의 내경을 부분적으로 축소시킨다.

- [0074] 여기서, 도 3 및 도 6에 도시된 바와 같이 상기 챔버부(150)의 내부에는 원주를 따라 통공된 링 형상의 챔버공간부(151)가 형성되며, 상기 탄화수소체 공급관(140)은 몸체부(110)를 관통하는 형태로 연장되어 상기 챔버공간부(151)와 연통되고, 상기 챔버부(150)에는 챔버공간부(151)의 내부와 반응공간부(111)의 내부를 상호 연통시켜 상기 탄화수소체 공급관(140)을 통해 챔버공간부(151)의 내부로 주입된 탄화수소체를 반응공간부(111)의 내부로 분사하는 복수 개의 분할공급관(152)이 일정간격으로 이격되어 형성된다.
- [0075] 또한, 도 3에 도시된 바와 같이 상기 분할공급관(152)은, 챔버공간부(151)와 반응공간부(111)의 내부를 상호 연통시키며, 상기 반응공간부(111)의 내부로 개구된 단부는 상기 챔버부(150)의 돌출된 선단면(153) 상에 형성되는 것이 바람직하다.
- [0076] 더불어, 상기 분할공급관(152)은, 탄화수소체 공급관(140) 및 챔버공간부(151)의 직경보다 작은 직경을 갖도록 형성되어, 상기 탄화수소체 공급관(140)을 통해 공급되는 탄화수소체의 기류보다 상대적으로 높은 압력으로 상기 반응공간부(111)을 향해 가압하면서 탄화수소체를 분사할 수 있다.
- [0077] 이와 같이, 탄화수소체 공급관(140)을 통해 공급된 탄화수소체는 다수 개의 분할공급관(152)을 통해 분기되며 상기 반응공간부(111)의 내부로 분산되며 주입되므로, 상기 플라즈마(P)와 각 가스류들을 전반적으로 고르게 혼합시킴으로써 개질효율을 더욱 증대시킬 수 있다.
- [0078] 그리고, 상기 분할공급관(152)은 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 챔버부(150)의 둘레면에 대하여 접선(Tangent Line)된 형태로 형성되어, 상기 챔버공간부(151)로부터 주입되는 탄화수소체가 상기 챔버부(150)의 선단면(153) 또는 몸체부(110)의 내벽면(115)에 의해 안내되어 와류를 형성하며 상기 반응공간부(111)로 분사되는 것이 바람직하다.
- [0079] 이로 인해, 상기 반응공간부(111) 내에서 플라즈마(P)와 각 가스류들을 보다 효과적으로 혼합되면서 안정적으로 화학적 반응할 수 있음은 물론, 고온의 플라즈마 화염으로부터 챔버부(150), 방전관(120) 및 몸체부(110)의 내벽면(115)을 보호할 수 있다.
- [0080] 더불어, 도 7에 도시된 바와 같이 상기 분할공급관(152)은, 상기 챔버부(150) 내에서 하부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상기 반응공간부(111)의 내부에 하향하면서 와류되는 탄화수소체를 분사하는 것이 바람직하다.
- [0081] 이와 같이, 상기 분할공급관(152)은 반응공간부(111)의 내부로 하향하면서 와류되는 탄화수소체를 분사하며, 이산화탄소를 주입하는 이산화탄소 공급관(113)은 몸체부(110) 내에서 상부방향으로 일정각도로 기울어진 상태로 배치되어 상향하면서 와류되는 이산화탄소를 주입함으로써, 상기 이산화탄소 공급관(113)으로부터 주입되는 이산화탄소에 의한 상승 기류는 개질된 합성가스의 배출방향에 대하여 순방향 와류(Conventional Vortex Flow)로서 작용하며, 상기 분할공급관(152)으로부터 주입되는 탄화수소체에 의한 기류는 개질된 합성가스의 배출방향에 대하여 역방향 와류(Reverse Vortex Flow)로서 작용하게 되어, 각 가스 유동의 상호작용으로 반응공간부(111) 내부에서 플라즈마(P), 이산화탄소, 메탄 및 탄화수소체가 상호 반응되어 개질될 수 있는 시간이 증가하면서 개질의 효율성이 극대화된다.
- [0082] 한편, 도 3, 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이 상기 몸체부(110)의 상단 즉, 상기 챔버부(150)의 직상부에는 상부방향으로 갈수록 내경이 확장되는 형태로 형성된 확장공간부(170)가 형성되어, 상기 챔버부(150)를 거쳐 상기 확장공간부(170)로 유입되면서 상기 플라즈마(P) 및 각 가스류와 연소되는 화염은 오리피스 효과에 의해 유속이 증대된 상태로 상호 혼합되어 개질반응을 발생시킬 수 있음은 물론, 상기 화염이 보다 넓은 범위로 연소할 수 있게 되므로 개질효율을 보다 증대시킬 수 있다.
- [0083] 여기서, 상기 상기 확장공간부(170)의 경사면에는, 상향 돌출되게 형성되며, 상기 몸체부(110)의 중앙에서 외측 방향으로 연장형성된 복수 개의 화염유도 블레이드(171)가 일정간격 이격되며 방사형으로 배치되는 것이 바람직하다. 이로 인해, 상기 이산화탄소 공급관(113) 및 분할공급관(152)의 접선된 구조에 의해 와류되며 상승하는 플라즈마 화염 및 각 가스류는 상기 화염유도 블레이드(171)에 의해 내경이 확장되는 방향으로 기류가 안내되면서 상승하게 되어, 보다 안정적인 기류형성을 도모할 수 있게 된다.
- [0084] 그리고, 상기 몸체부(110)의 상단에는 원통형상의 노즐부(180)가 장착되어 상기 확장공간부(170)를 통해 안정적인 기류를 형성하며 후단으로 배출되는 화염 및 개질된 합성가스의 배출을 유도한다.
- [0085] 상술한 바와 같은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 개질기(100)의 각 구성 및 기능에 의해, 몸체부(110)의 상부 내측에서 원주를 따라 내측방향으로 돌출형성되어 반응공간부(111)의 내경을 축소시키는 챔버부

(150)를 통해 개질반응이 발생하는 반응공간부(111) 내부의 압력변화를 도모하여 생성된 플라즈마(P) 및 주입된 메탄, 이산화탄소, 탄화수소체 등을 고압으로 혼합시킴으로써 개질효율을 증대시킬 수 있음은 물론, 반응공간부(111) 내에서 생성되는 플라즈마(P)와 내부로 주입되는 각 가스류들을 전반적으로 고르게 혼합시키며, 연소되는 화염을 안정적으로 유지할 수 있다.

[0086] 또한, 플라즈마(P)를 통해 주입된 메탄과 이산화탄소를 개질하여 수소와 일산화탄소를 주성분으로 하는 합성가스를 생성함으로써, 상기 합성가스를 생성하는데 필요한 메탄의 소비는 감소시킴과 동시에 이산화탄소의 소비는 대폭 증가시킬 수 있다. 즉, 지구온난화 물질인 이산화탄소를 원료로 사용함으로써 이산화탄소를 저감할 수 있는 효과를 구현할 수 있다.

[0087] 더욱이, 플라즈마(P)를 이용한 건식 개질공정에 스팀(H₂O)를 주입하여 플라즈마 습식공정을 결합시킴으로써 플라즈마(P) 생성을 위한 전기에너지 사용량은 감소시키면서 수소/일산화탄소 몰비를 제어하여 다양한 화학 물질을 생성할 수 있다.

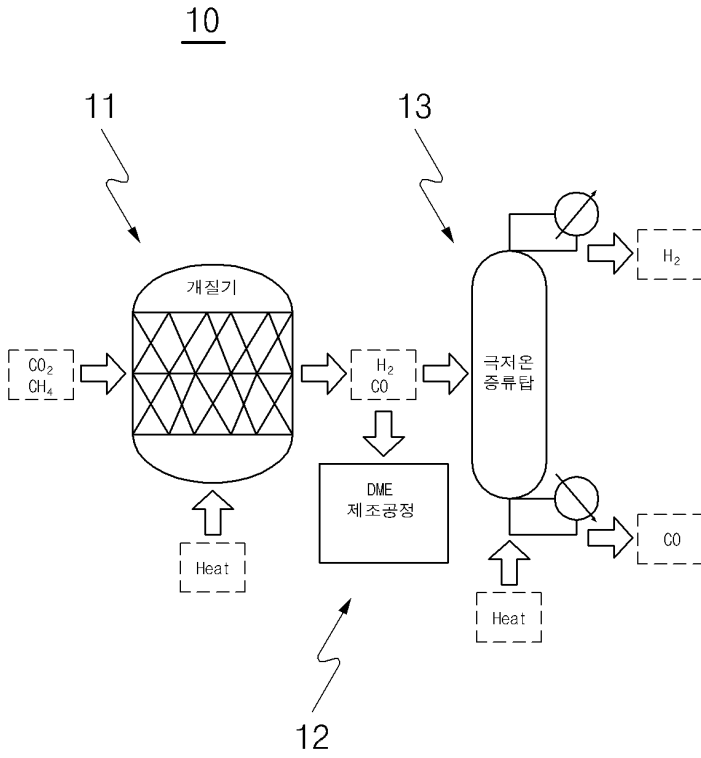
[0088] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 청구 범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

부호의 설명

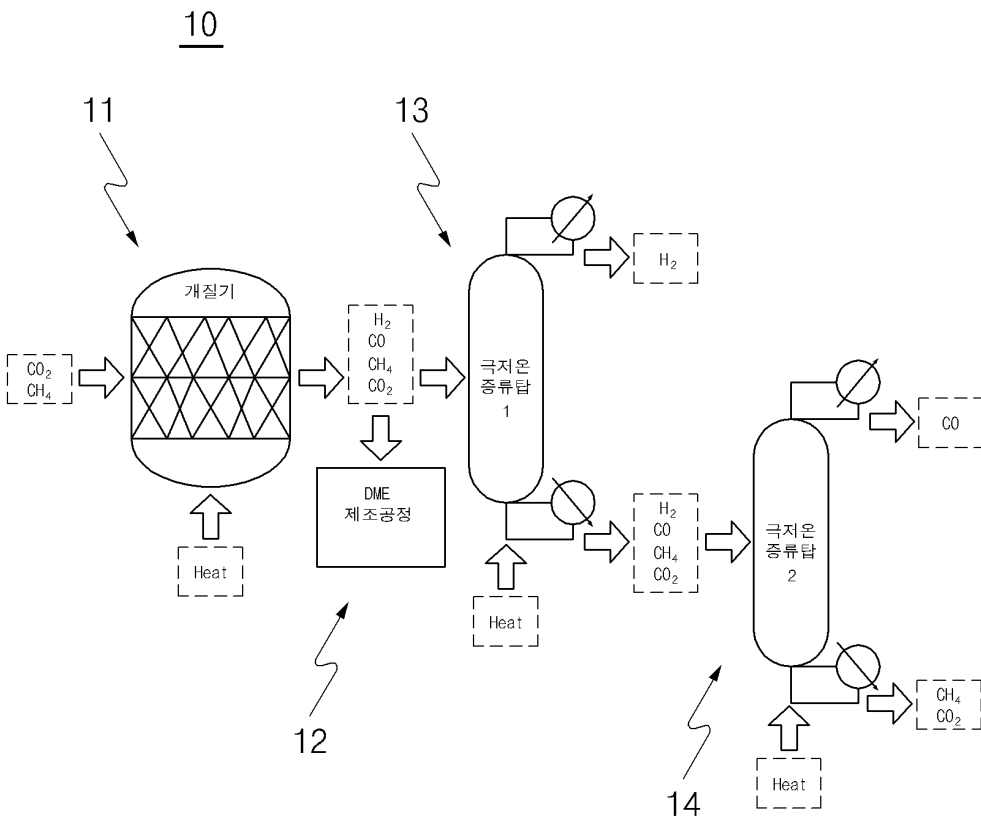
[0089]	100...플라즈마 개질기	110...몸체부
	111...반응공간부	112...메탄공급관
	113...이산화탄소 공급관	120...방전관
	135...도파관	140...탄화수소체 공급관
	150...챔버부	151...챔버공간부
	152...분할공급관	153...선단면
	170...확장공간부	171...화염유도 블레이드
	180...노즐부	
	P...플라즈마	

도면

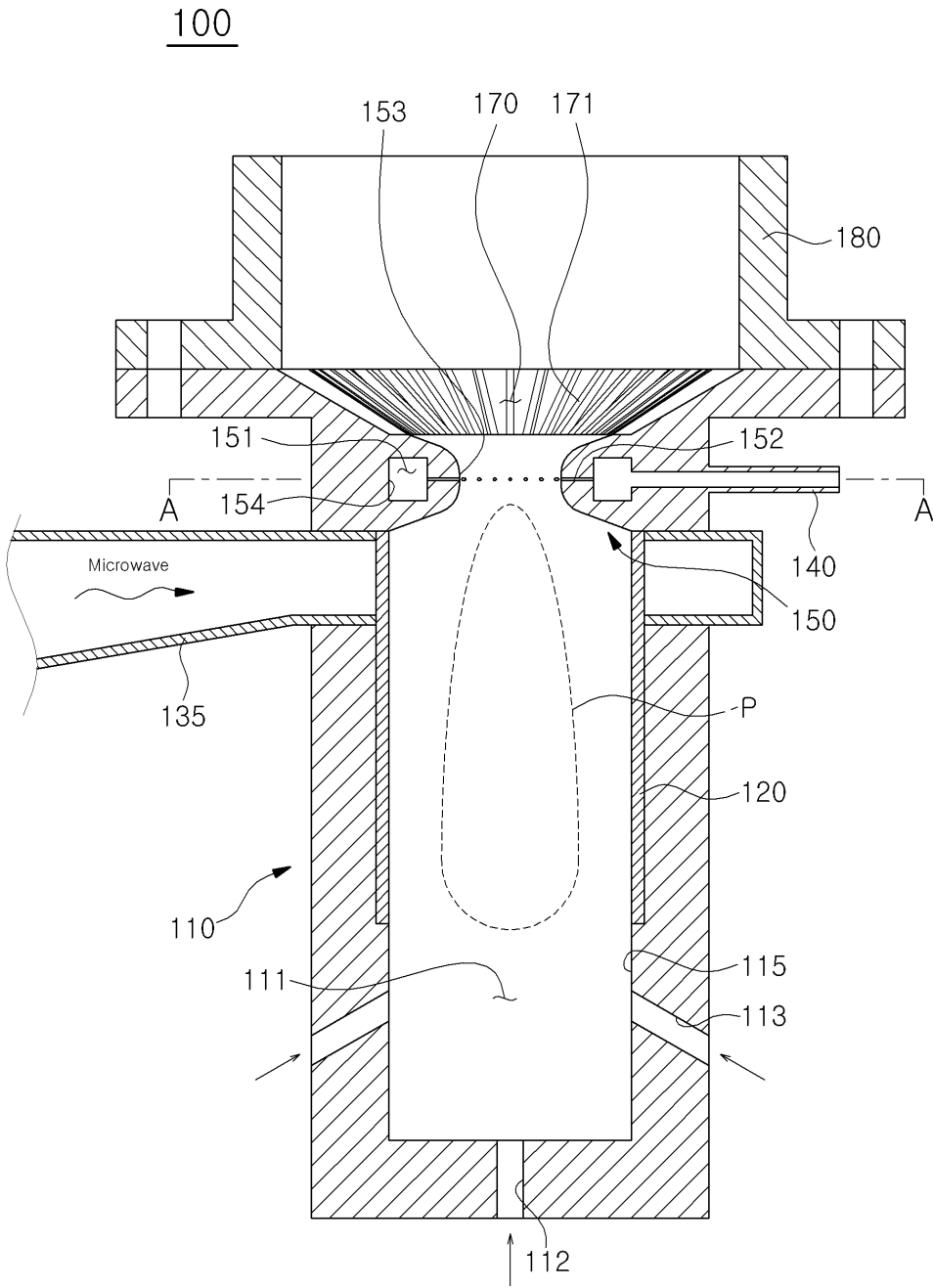
도면1



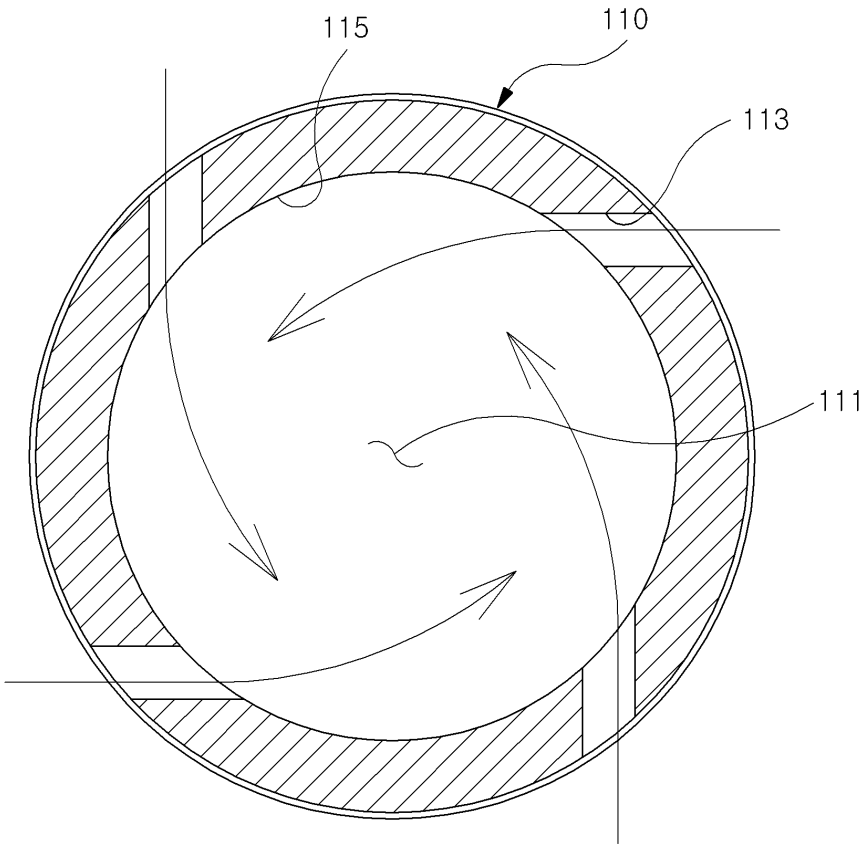
도면2



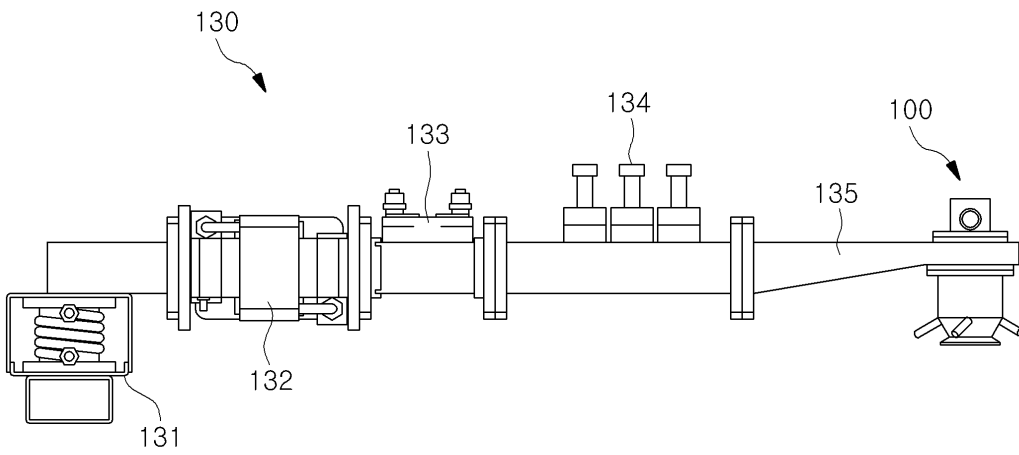
도면3



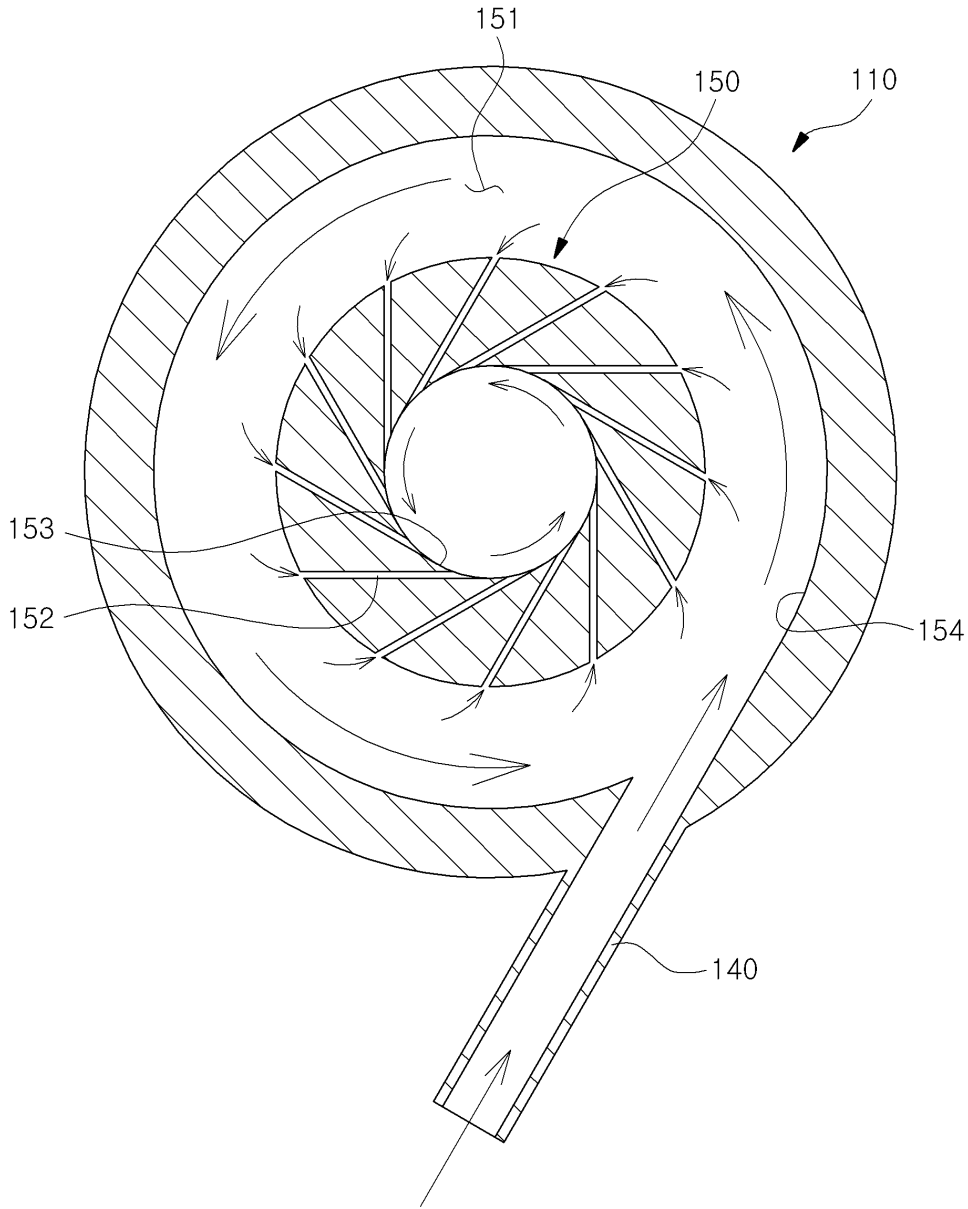
도면4



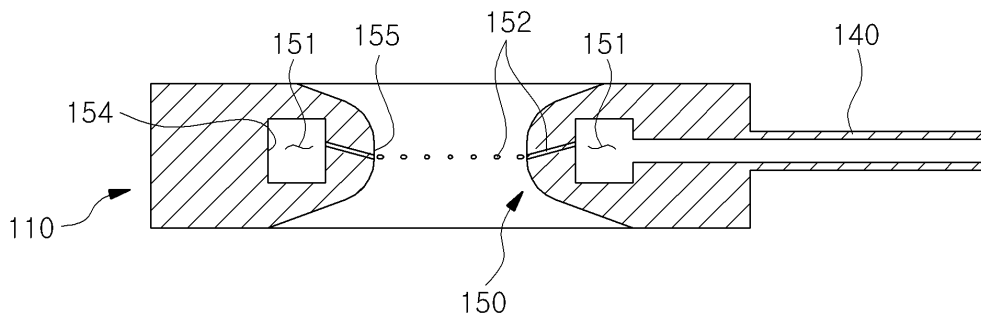
도면5



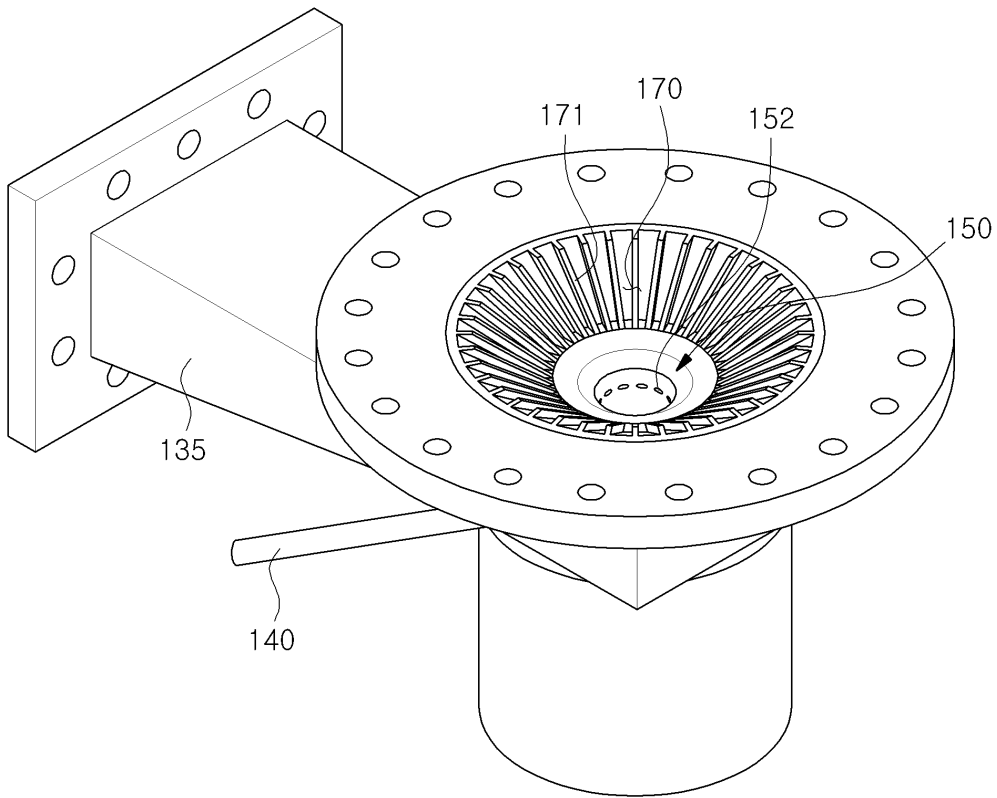
도면6



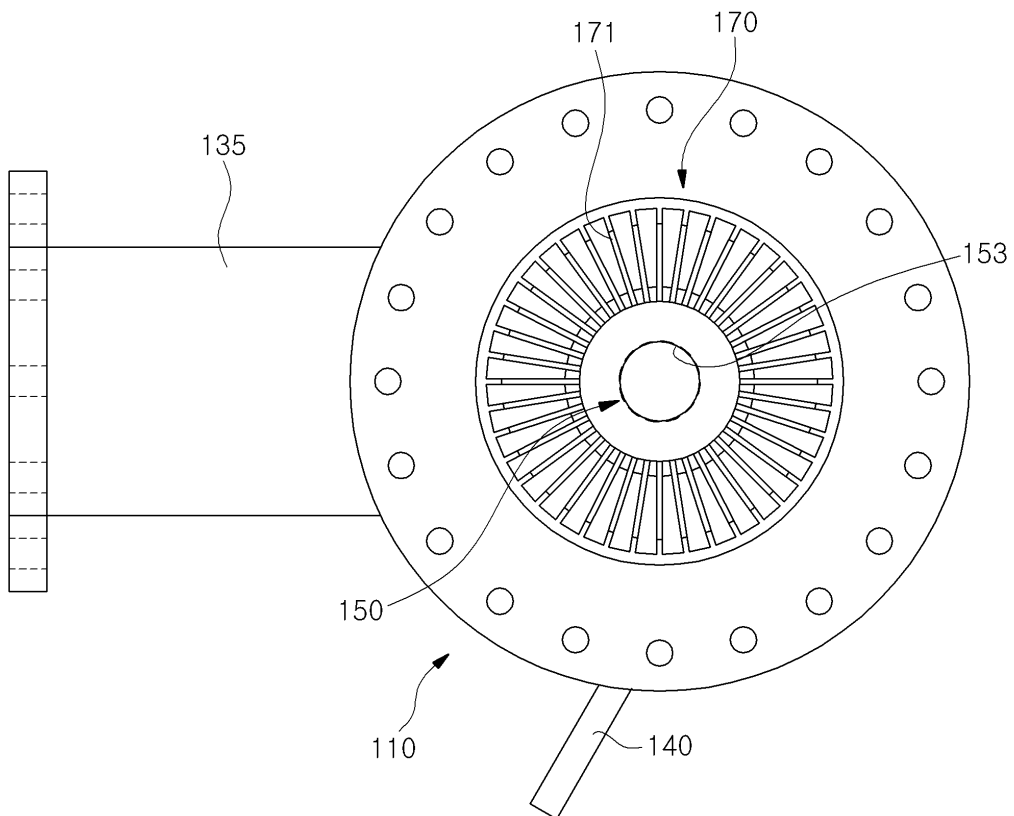
도면7



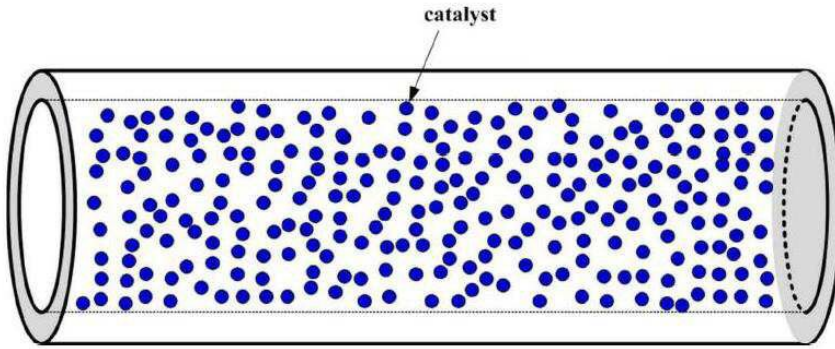
도면8



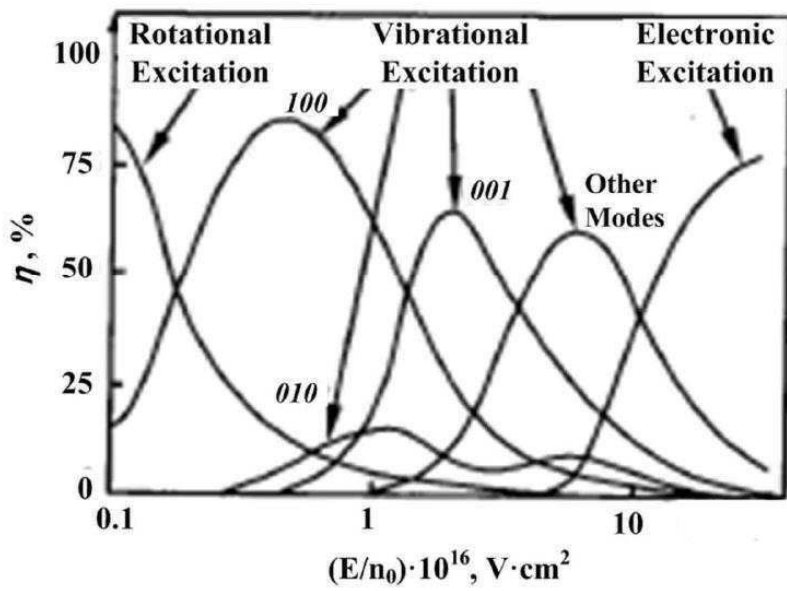
도면9



도면10



도면11



도면12

