

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07C 1/12 (2006.01) *B01J 19/08* (2015.01)
C07C 9/04 (2006.01) *C25B 1/04* (2006.01)

(52) CPC특허분류
C07C 1/12 (2013.01)
B01J 19/08 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0079370
(22) 출원일자 2019년07월02일
심사청구일자 2019년07월02일

(30) 우선권주장
1020180076297 2018년07월02일 대한민국(KR)

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자
윤경병
서울특별시 종로구 평창3길 26-6(평창동)

(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

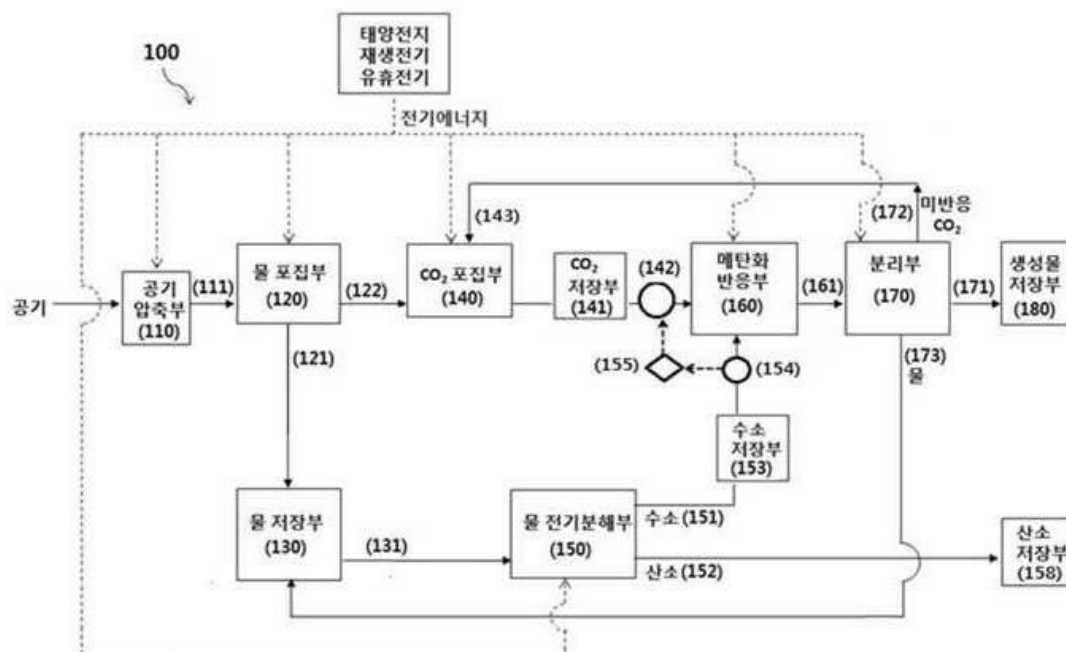
전체 청구항 수 : 총 14 항

- (54) 발명의 명칭 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치 및 방법

(57) 요약

하기를 포함하는, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치 및, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법, 및 상기 장치를 포함하는 천연가스 합성 장비 시스템에 관한 것이다: 공기 압축부; 상기 공기 압축부로부터 공급되는 압축 공기로부터 물을 포집하여 분리하기 위한, 물 포집부; 상기 물 (뒷면에 계속)

대표도



포집부에 연결되어 포집된 물을 저장하기 위한, 물 저장부; 상기 물 포집부와 연결되어, 상기 물 포집부에서 물 포집 후 공급되는 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하기 위한, 이산화탄소 포집부; 상기 물 저장부로부터 공급된 물을 전기분해하여 산소와 수소를 생성하기 위한, 물 전기분해부; 상기 물 전기분해부에 연결된 수소 저장부로부터 공급되는 수소와 상기 이산화탄소 포집부에 연결된 이산화탄소 저장부로부터 공급되는 이산화탄소의 메탄화 반응에 의하여 천연가스를 생성하기 위한, 메탄화 반응부; 상기 메탄화 반응부로부터 공급되는 천연가스 생성물에 포함된 천연가스, 이산화탄소 및 물을 각각 분리하는 수단을 구비한, 분리부; 상기 분리부로부터 공급되는, 물과 이산화탄소가 제거된 천연가스 저장부; 및 상기 물 전기분해부로부터 공급되는 산소 가스를 저장하기 위한, 산소 저장부를 포함하며, 상기 장치의 작동에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유틸리티 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것임.

(52) CPC특허분류

C07C 9/04 (2013.01)

C25B 1/04 (2013.01)

B01J 2219/00051 (2013.01)

B01J 2219/00164 (2013.01)

B01J 2219/0894 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711059092
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	기후변화대응기술개발
연구과제명	인공광합성 디바이스 제작
기 여 율	1/1
주관기관	서강대학교 산학협력단
연구기간	2017.09.30 ~ 2018.07.30

명세서

청구범위

청구항 1

공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치로서,
 공기 압축부;
 상기 공기 압축부로부터 공급되는 압축 공기로부터 물을 포집하여 분리하기 위한, 물 포집부;
 상기 물 포집부에 연결되어 포집된 물을 저장하기 위한, 물 저장부;
 상기 물 포집부와 연결되어, 상기 물 포집부에서 물 포집 후 공급되는 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하기 위한, 이산화탄소 포집부;
 상기 물 저장부로부터 공급된 물을 전기분해하여 산소와 수소를 생성하기 위한, 물 전기분해부;
 상기 물 전기분해부에 연결된 수소 저장부로부터 공급되는 수소와 상기 이산화탄소 포집부에 연결된 이산화탄소 저장부로부터 공급되는 이산화탄소의 메탄화 반응에 의하여 천연가스를 생성하기 위한, 메탄화 반응부;
 상기 메탄화 반응부로부터 공급되는 메탄화 반응 생성물에 포함된 천연가스, 이산화탄소 및 물을 각각 분리하는 수단을 구비한, 분리부;
 상기 분리부로부터 공급되는, 물과 이산화탄소가 제거된 천연가스 저장을 위한, 생성물 저장부; 및
 상기 물 전기분해부로부터 공급되는 산소 가스를 저장하기 위한, 산소 저장부를 포함하며,
 상기 장치의 작동에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유희 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것인,
 천연가스 합성 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 메탄화 반응부에 공급되는 수소 가스의 유동 속도를 측정하기 위한 수단, 이산화탄소 가스의 유동 속도를 측정하기 위한 수단, 및 상기 측정된 수소 유동 속도의 함수로서 이산화탄소 공급 속도를 결정/조절하기 위한 유동 속도 조절 수단을 추가 포함하는, 천연가스 합성 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 물 포집부는 상기 압축 공기로부터 물을 포집하기 위하여 냉각 수단, 흡착 수단 및 막 분리 수단 중 하나 이상을 구비하는 것인, 천연가스 합성 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 상기 이산화탄소 포집부는 상기 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하기 위하여 흡착 수단 및 막 분리 수단 중 하나 이상을 구비하는 것인, 천연가스 합성 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 물 전기분해부는 양성자 교환막 (PEM, Proton Exchange Membrane) 전해 수단, 고체 전해질 수전해 수단, 또는 알칼리 수전해 (AE, Alkaline Electrolysis) 수단을 구비하는 것인, 천연가스 합성 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 메탄화 반응부는 메탄화 반응을 위한 열 반응 수단 또는 플라즈마 반응 수단을 구비하는 것인, 천연가스 합성 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 분리부는,

상기 천연가스 생성물에 포함된 천연가스, 이산화탄소 및 물을 각각 분리하기 위한 증류 분리 수단, 냉각 분리 수단, 동결 분리 수단 및 막 분리 수단 중 하나 이상;

상기 분리된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 포집부로 재공급하는 이산화탄소 재공급 라인; 및

상기 분리된 물을 상기 물 저장부로 공급하기 위한 물 공급 라인을 구비하는 것인,

천연가스 합성 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 천연가스 생성물에 포함된 천연가스는 상기 냉각 분리 수단에 의하여 -5°C 내지 60°C 의 온도 범위에서 상기 천연가스를 냉각하여 분리되는 것인, 천연가스 합성 장치.

청구항 9

공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법으로서,

공기 압축부를 이용하여 공기를 압축하는 단계;

상기 공기 압축부로부터 물 포집부로 공급된 압축 공기로부터 물을 포집하여 물 저장부로 공급하고 물이 제거된 건조 공기를 이산화탄소 포집부로 공급하는 단계;

상기 이산화탄소 포집부에서 상기 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하여 이산화탄소 저장부에 이산화탄소를 저장하는 단계;

상기 물 저장부로부터 물 전기분해부로 물을 공급하여 전기분해에 의하여 산소와 수소를 생성하여 각각 산소 저장부와 수소 저장부에 저장하는 단계; 및

상기 이산화탄소 저장부와 상기 수소 저장부로부터 이산화탄소와 수소를 메탄화 반응부에 공급하여 메탄화 반응에 의하여 천연가스를 생성하는 단계

를 포함하며,

상기 각 단계에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유틸리티 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것인,

천연가스 합성 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 메탄화 반응부로부터 공급되는 천연가스 생성물에 포함된 이산화탄소 및 물을 분리하여, 물과 이산화탄소가 제거된 천연가스를 분리하여 생성물 저장부로 공급하는 단계를 추가 포함하는, 천연가스 합성 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 천연가스 생성물로부터 분리된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 포집부 또는 이산화탄소 저장부로 재순환시키는 것을 추가 포함하는, 천연가스 합성 방법.

청구항 12

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항의 천연가스 합성 장치 및 상기 장치를 포함하는 컨테이너를 포함하는, 천연가스 합성 장비 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 컨테이너를 한 개 이상 포함하고, 상기 천연가스 합성 장치가 상기 한 개 이상의 컨테이너 각각에 분리되어 포함되고, 사용 시 상기 각 컨테이너에 포함된 상기 분리된 상기 천연가스 합성 장치 부분들이 연결되는 것인, 천연가스 합성 장비 시스템.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 천연가스 합성 장치의 각 부분이 소형화되어 가정용으로 사용할 수 있는, 천연가스 합성 장비 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법, 및 상기 장치를 포함하는 천연가스 합성 장비 시스템에 관한 것이다. 특히, 본원은, 태양 전지, 재생 전기 및 유틸리티 전기 등의 전기 에너지를 이용하여 공기로부터 포집된 이산화탄소와 물을 활용하여 천연가스를 합성하기 위한 장치 및 천연가스 합성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재, 석탄, 오일, 천연가스 등과 같은 화석 연료의 사용으로 인하여 방출되는 이산화탄소에 의해 야기되는 온실 효과는 지구 온난화, 기후 변화뿐만 아니라 환경, 사회적, 경제적으로 엄청난 영향을 미치는 지구 환경 문제를 초래한다. 2010년, 세계적으로 이산화탄소는 306억 톤 이상 증대되었고, 중국은 가장 많은 이산화탄소를 배출하는 국가가 되었지만, 그러한 배출은 여전히 증가되고 있다. 사람들은 지구 에너지 부족에 곤란을 겪고 있고

이산화탄소 배출에 의해 야기되는 환경 문제가 점점 심각해져서 이러한 문제를 해결하기 위한 방법을 모색하고 있다.

[0003] 이러한 이산화탄소를 저감하기 위한 방안으로서, 이산화탄소를 유용한 연료 물질로 전환하는 효율적인 기술에 대한 연구가 계속 증가하고 있으나, 이러한 전환 공정에 전기 에너지가 요구됨으로써 이러한 전기 에너지 생산에 사용되는 화석 연료 등에 의하여 다시 이산화탄소가 방출되는 악순환이 계속된다.

[0004] 이에, 소용되는 전기 에너지를 최소화 재생 가능한 에너지, 유희 전기 등을 이용하여 이산화탄소를 유용한 연료 물질로 전환하는 효율적인 기술 개발이 요구되고 있다.

[0005] [선행기술문헌]

[0006] 일본 특허출원공개번호 10-2017-057491

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본원은, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법, 및 상기 장치를 포함하는 천연가스 합성 장비 시스템을 제공하고자 한다. 특히, 태양 전지, 재생 전기 및 유희 전기 등의 전기 에너지를 이용하여 공기로부터 포집된 이산화탄소와 물을 활용하여 천연가스를 합성하기 위한 장치, 상기 장치를 이용한 천연가스 합성 방법, 및 상기 장치를 포함하는 천연가스 합성 장비 시스템에 관한 것이다.

[0008] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본원의 제 1 측면은, 하기를 포함하는, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치(100)를 제공한다:

[0010] 공기 압축부(110);

[0011] 상기 공기 압축부(110)로부터 공급되는 압축 공기로부터 물을 포집하여 분리하기 위한, 물 포집부(120);

[0012] 상기 물 포집부(120)에 연결되어 포집된 물을 저장하기 위한, 물 저장부(130);

[0013] 상기 물 포집부(120)와 연결되어, 상기 물 포집부(120)에서 물 포집 후 공급되는 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하기 위한, 이산화탄소 포집부(140);

[0014] 상기 물 저장부(130)로부터 공급된 물을 전기분해하여 산소와 수소를 생성하기 위한, 물 전기분해부(150);

[0015] 상기 물 전기분해부(150)에 연결된 수소 저장부(153)로부터 공급되는 수소와 상기 이산화탄소 포집부(140)에 연결된 이산화탄소 저장부(141)로부터 공급되는 이산화탄소의 메탄화 반응에 의하여 천연가스를 생성하기 위한, 메탄화 반응부(160);

[0016] 상기 메탄화 반응부(160)로부터 공급되는 메탄화 반응 생성물에 포함된 천연가스, 이산화탄소 및 물을 각각 분리하는 수단을 구비한, 분리부(170);

[0017] 상기 분리부(170)로부터 공급되는, 물과 이산화탄소가 제거된 천연가스 저장을 위한, 생성물 저장부(180); 및

[0018] 상기 물 전기분해부(150)로부터 공급되는 산소 가스를 저장하기 위한, 산소 저장부(158)를 포함하며,

[0019] 상기 장치의 작동에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유희 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것임.

[0020] 본원의 제 2 측면은, 하기를 포함하는, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법을 제공한다:

[0021] 공기 압축부를 이용하여 공기를 압축하는 단계;

[0022] 상기 공기 압축부로부터 물 포집부로 공급된 압축 공기로부터 물을 포집하여 물 저장부로 공급하고 물이 제거된 건조 공기를 이산화탄소 포집부로 공급하는 단계;

- [0023] 상기 이산화탄소 포집부에서 상기 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하여 이산화탄소 저장부에 이산화탄소를 저장하는 단계;
- [0024] 상기 물 저장부로부터 물 전기분해부로 물을 공급하여 전기분해에 의하여 산소와 수소를 생성하여 각각 산소 저장부와 수소 저장부에 저장하는 단계; 및
- [0025] 상기 이산화탄소 저장부와 상기 수소 저장부로부터 이산화탄소와 수소를 메탄화 반응부에 공급하여 메탄화 반응에 의하여 천연가스를 생성하는 단계를 포함하며,
- [0026] 상기 각 단계에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유휴 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것임.
- [0027] 본원의 제 3 측면은, 상기 본원의 제 1 측면의 천연가스 합성 장치 및 상기 장치를 포함하는 컨테이너를 포함하는, 천연가스 합성 장비 시스템을 제공한다.

발명의 효과

- [0028] 본원의 구현예들에 따른 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성을 위한 장치 및 방법에 의하여, 태양 전지, 재생 전기 및 유휴 전기 등의 전기 에너지를 이용하여 공기로부터 포집된 이산화탄소와 물을 활용하여 메탄가스를 포함하는 천연가스를 제조할 수 있다. 특히, 사막과 같이 태양 에너지는 풍부하지만 물이 부족한 지역에서, 본원의 구현예들에 따른 천연가스 합성을 위한 장치 및 방법에 의하여, 사막의 공기를 압축하여 물과 건조 공기를 각각 포집 분리하고, 사막의 풍부한 태양 에너지를 이용하여 태양 전지 또는 태양열 발전 등에 의하여 생산된 전기 에너지를 이용하여 포집된 물을 전기분해하여 수소와 산소를 생산하고, 상기 건조 공기로부터 포집된 이산화탄소와 상기 수소를 메탄화 반응을 통하여 메탄을 포함하는 천연가스로 전환시킬 수 있다. 또한, 상기 포집된 물의 일부는 사막 지역에 음용수, 농업용 등으로 공급할 수 있고 상기 산소 가스도 별도로 저장 공급될 수 있다. 상기 공기는 이산화탄소와 물을 포함하는 것이면 모두 사용가능하며, 예를 들어, 대기 중의 공기, 또는 다양한 소스로부터의 배기 가스 (비제한적 예: 공장, 발전소 등의 배기 가스 등)를 상기 공기로서 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은, 본원의 일 구현예에 따른 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성을 위한 장치의 개략도이다.
- 도 2는, 본원의 일 구현예에 따른 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0031] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0032] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0033] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0034] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용 오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.
- [0035] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

- [0036] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합(들)"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0037] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는 A 및 B"를 의미한다.
- [0039] 이하, 본원의 구현예를 도면을 참조하여 상세히 설명하였으나, 본원이 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0041] 본원의 제 1 측면은, 하기를 포함하는, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치(100)에 관한 것이다:
- [0042] 공기 압축부(110);
- [0043] 상기 공기 압축부(110)로부터 공급되는 압축 공기로부터 물을 포집하여 분리하기 위한, 물 포집부(120);
- [0044] 상기 물 포집부(120)에 연결되어 포집된 물을 저장하기 위한, 물 저장부(130);
- [0045] 상기 물 포집부(120)와 연결되어, 상기 물 포집부(120)에서 물 포집 후 공급되는 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하기 위한, 이산화탄소 포집부(140);
- [0046] 상기 물 저장부(130)로부터 공급된 물을 전기분해하여 산소와 수소를 생성하기 위한, 물 전기분해부(150);
- [0047] 상기 물 전기분해부(150)에 연결된 수소 저장부(153)로부터 공급되는 수소와 상기 이산화탄소 포집부(140)에 연결된 이산화탄소 저장부(141)로부터 공급되는 이산화탄소의 메탄화 반응에 의하여 천연가스를 생성하기 위한, 메탄화 반응부(160);
- [0048] 상기 메탄화 반응부(160)로부터 공급되는 메탄화 반응 생성물에 포함된 천연가스, 이산화탄소 및 물을 각각 분리하는 수단을 구비한, 분리부(170);
- [0049] 상기 분리부(170)로부터 공급되는, 물과 이산화탄소가 제거된 천연가스 저장을 위한, 생성물 저장부(180); 및
- [0050] 상기 물 전기분해부(150)로부터 공급되는 산소 가스를 저장하기 위한, 산소 저장부(158)를 포함하며,
- [0051] 상기 장치의 작동에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유틸리티 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것임.
- [0052] 이하, 도 1을 참고하여 본원의 구현예들을 보다 자세히 설명한다.
- [0053] 본원의 일 구현예에 있어서, 공기 압축부(110)에 공급되는 상기 공기는 이산화탄소와 물을 포함하는 것이면 모두 사용가능하며, 예를 들어, 대기 중의 공기, 또는 다양한 소스로부터의 배기 가스 (비제한적 예: 공장, 발전소 등의 배기 가스 등)를 상기 공기로서 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0054] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 물 포집부(120)는 상기 공기 압축부(110)의 압축 공기 유출구(111)로부터 공급되는 압축 공기로부터 물을 포집하기 위하여 냉각 수단, 흡착 수단 및 막 분리 수단 중 하나 이상을 구비할 수 있다.
- [0055] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 물 포집부(120)는 상기 포집된 물을 물 저장부(130)으로 공급하기 위한 물 유출구(121)를 구비하고, 또한, 물이 제거된 건조 공기를 이산화탄소 포집부(140)로 공급하기 위한 건조 공기 유출구(122)를 구비한다.
- [0056] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 이산화탄소 포집부(140)는 상기 물 포집부(120)의 건조 공기 유출구(122)로부터 공급되는 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하기 위하여 흡착 수단 및 막 분리 수단 중 하나 이상을 구비하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 또한, 상기 이산화탄소 포집부(140)는 상기 건조 공기로부터 포집된 이산화탄소를 저장하여 메탄화 반응부(160)로 공급하기 위한 이산화탄소 저장부(141)를 구비한다. 상기 이산화탄소 저장부(141)는 메탄화 반응부(160)로 공급되는 이산화탄소 가스의 유동 속도를 측정하기 위한 수단(142)을 구비할 수 있다.
- [0057] 상기 물 포집부(120) 및 상기 이산화탄소 포집부(140)에 구비되는 흡착 수단 및 막 분리 수단은 하기로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 분자체 물질을 포함하여 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은

아니다:

- [0058] (i) 제올라이트;
- [0059] (ii) MFI 구조를 갖는 제올라이트, ZSM-5, 실리카라이트-1, TS-1 또는 메탈로-실리카라이트-1;
- [0060] (iii) MEL 구조를 갖는 제올라이트, ZSM-11, 실리카라이트-2, TS-2 또는 메탈로-실리카라이트-2;
- [0061] (iv) 제올라이트 A, X, Y, L, 베타, 모오데나이트, 페리어라이트, ETS-4 또는 ETS-10;
- [0062] (v) MCM 계열, SBA 계열, MSU 계열 또는 KIT 계열 중의 어느 하나의 메조다공성 실리카;
- [0063] (vi) 유기-무기 복합 메조세공 구조체 또는 층상물질;
- [0064] (vii) 금속이온과 리간드가 3 차원적으로 결합한 유기 제올라이트, 유기금속 제올라이트 또는 배위화합물 제올라이트;
- [0065] (viii) 유기 금속 구조체 (Metal Organic Framework, MOF) 물질, 공유결합 유기 구조체 (Covalent Organic Framework, COF) 물질 또는 이의 복합체;
- [0066] (ix) 제올라이트, 제오타입-다공성 분자체, 유기 금속 구조체 (Metal Organic Framework: MOF) 물질, 공유결합 유기 구조체 (Covalent Organic Framework: COF), 및 이들의 복합체로 이루어진 군에서 선택되는 다공성 물질.
- [0067] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 물 전기분해부(150)는 양성자 교환막 (PEM, Proton Exchange Membrane) 전해수단, 고체 전해질 수전해 수단, 또는 알칼리 수전해(AE, Alkaline Electrolysis) 수단을 구비하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 물 전기분해부(150)는 상기 압축 공기로부터 포집된 물을 상기 전기분해 수단에 의하여 산소와 수소로 분해한다. 상기 물의 전기 분해에 의하여 생성된 수소는 물 전기분해부(150)에 구비된 수소 유출구(151)를 통하여 수소 저장부(153)에 저장된 후 메탄화 반응부(160)로 공급된다. 상기 물의 전기 분해에 의하여 생성된 산소는 물 전기분해부(150)에 구비된 산소 유출구(152)를 통하여 산소 저장부(190)로 공급되어 저장된다. 상기 수소 저장부(153)는 상기 메탄화 반응부(160)에 공급되는 수소 가스의 유동 속도를 측정하기 위한 수단(154)을 구비할 수 있다.
- [0068] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 메탄화 반응부(160)는 메탄화 반응을 위한 열 반응 수단 또는 플라즈마 반응 수단을 구비하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 메탄화 반응부(160)는 물 전기분해부(150)에 연결된 수소 저장부(153)로부터 공급되는 수소와 상기 이산화탄소 포집부(140)에 연결된 이산화탄소 저장부(141)로부터 공급되는 이산화탄소를 열 반응 또는 플라즈마 반응시켜 하기와 같은 메탄화 반응식에 의하여 메탄 가스를 포함하는 천연가스를 합성한다:
- [0069]
$$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \quad \Delta G_{298\text{K}} = -27 \text{ kJ/g} \cdot \text{mol}.$$
- [0070] 상기 메탄화 반응은 물 수가 감소되는 발열 반응이다. 르 샤틀리에(Le Chatelier)의 원리에 따르면, 반응은 압력 증가에 의해 촉진되고 온도 증가에 의해 억제된다. 상기 상당한 발열 평형 반응은 반응이 발생하는 냉각기의 양호한 냉각 제어를 요구한다. 예를 들어, 1 Nm³의 메탄을 생산하는 동안, CO₂ 변환과정에서 발생하는 열은 약 2.7 kWh이다. 반응기 내부의 온도를 제어하고 따라서 반응에 의해 생성된 열을 제거하는 것은 소결에 의해 촉매의 비활성화를 최소화하고, 메탄 변환율을 최대화하기 위한 중요한 요인들 중 하나이다.
- [0071] 일 구현예에 있어서, 상기 이산화탄소 수소 첨가에 의한 CH₄의 생성을 최대화하기 위해, H₂와 CO₂는 약 4 : 1의 화학량론적 비율을 가져야 한다. 예를 들어, CH₄의 최적 생산을 위해, 과도한 반응제를 제한하기 위해 H₂/CO₂ 비율을 화학양론에 근사하게, 즉 3.9 내지 4.1로 조정하는 것이 바람직하다. 상기 비율은 H₂ 유동 속도 및 화학량론적 인자의 유동 속도 측정치의 함수로서 CO₂ 유동 속도를 조정하여 제어된다.
- [0072] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 천연 가스 합성 장치는, 상기 메탄화 반응부(160)에 공급되는 수소 가스의 유동 속도를 측정하기 위한 수단(154), 이산화탄소 가스의 유동 속도를 측정하기 위한 수단(142), 및 상기 측정된 수소 유동 속도의 함수로서 이산화탄소 공급 속도를 결정/조절하기 위한 유동 속도 조절 수단(155)을 구비할 수 있다. 유동 속도 조절 수단(155)은, 예를 들어, 측정된 수소 유동 속도를 결정된 설정값 계수에 곱하는 전자 제어 회로이다. 상기 곱셈의 결과는 이산화탄소 유동 속도 조정 밸브로 전달되고, 상기 결과는 유동 속도 설정점과 일치한다.

- [0073] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 메탄화 반응부(160)는 약 1 bar 내지 약 100 bar의 압력 범위 및 약 230℃ 내지 약 700℃의 미리 정해진 온도 범위에서 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0074] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 분리부(170)는, 상기 천연가스 생성물에 포함된 천연가스, 이산화탄소 및 물을 각각 분리하기 위한 증류 분리 수단, 냉각 분리 수단, 동결 분리 수단 및 막 분리 수단 중 하나 이상; 상기 분리된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 포집부(140)로 재공급하는 이산화탄소 재공급 라인; 및 상기 분리된 물을 상기 물 저장부로 공급하기 위한 물 공급 라인(173)을 구비하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 분리부(170)는 배출구(172)를 통하여 미반응 이산화탄소를 이산화탄소 유입구(143)가 연결된 이산화탄소 포집부(140)로 재순환시키거나 또는 이산화탄소 저장부(141)로 재순환시켜(미도시) 메탄화 반응에 재이용할 수 있도록 하여 이산화탄소 전환 효율을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0075] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 천연가스 생성물에 포함된 천연가스는 상기 냉각 분리 수단은 약 -5℃ 내지 약 60℃의 온도 범위에서 상기 천연가스를 냉각하도록 구성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 이러한 냉각 분리 수단에 의하여 최종 천연가스로부터 거의 모든 물이 분리 제거될 수 있다.
- [0076] 상기 분리부(170)는 상기 분리된 물을 상기 물 저장부로 공급하기 위한 물 공급 라인(173)을 구비하여 상기 물을 물 전기분해부로 공급하거나, 음용이나 농업용 등 다른 용도를 위하여 물을 저장할 수 있다. 상기 분리부(170)에서 물과 이산화탄소가 분리 제거된 최종 천연가스 생성물은 천연가스 유출구(171)를 통하여 생성물 저장부(180)로 공급된다. 상기 물과 이산화탄소가 분리 제거된 최종 천연가스 생성물은 천연가스 분배 또는 이송 그리드에 주입하기 위한 사양을 충족시키기 위해 반응기 하류에서 수소와 같은 바람직하지 못한 화합물의 추가 분리가 필요할 수 있다.
- [0077] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 장치의 작동에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유틸리티 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 재생 전기는 태양 에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지, 바이오 에너지 등을 이용하여 생성되는 전기 에너지, 또는 다양한 연료 전지를 이용하여 생성되는 전기 에너지를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0078] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유틸리티 전기는 에너지저장시스템(ESS, Energy Storage System)을 이용하여 저장된 유틸리티 전기를 활용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 에너지저장시스템(ESS, Energy Storage System)은 발전소에서 과잉 생산된 전력을 그리드(Grid)에 저장했다가 전력이 가장 필요한 시기 또는 일시적으로 전력이 부족할 때 전력을 공급하여 에너지 효율을 높이는 시스템이다. 즉 리튬이온배터리와 같은 2차 전지를 대형화하거나 플라즈마, 압축 공기(CAES)를 이용하는 등 다양한 방식으로 대규모전력을 저장해 두는 기술을 말한다. 따라서 ESS는 전기를 저장하는 배터리와 이를 효율적으로 관리해주는 관련 장치로 구성되어 있다.
- [0079] 본원의 제 2 측면은, 하기를 포함하는, 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법(도 2)을 제공한다:
- [0080] 공기 압축부를 이용하여 공기를 압축하는 단계;
- [0081] 상기 공기 압축부로부터 물 포집부로 공급된 압축 공기로부터 물을 포집하여 물 저장부로 공급하고 물이 제거된 건조 공기를 이산화탄소 포집부로 공급하는 단계;
- [0082] 상기 이산화탄소 포집부에서 상기 건조 공기로부터 이산화탄소를 포집하여 이산화탄소 저장부에 이산화탄소를 저장하는 단계;
- [0083] 상기 물 저장부로부터 물 전기분해부로 물을 공급하여 전기분해에 의하여 산소와 수소를 생성하여 각각 산소 저장부와 수소 저장부에 저장하는 단계; 및
- [0084] 상기 이산화탄소 저장부와 상기 수소 저장부로부터 이산화탄소와 수소를 메탄화 반응부에 공급하여 메탄화 반응에 의하여 천연가스를 생성하는 단계를 포함하며,
- [0085] 상기 각 단계에 필요한 전기 에너지는 태양 전지, 재생 전기 및 유틸리티 전기 중 하나 이상에 의하여 공급되는 것임.
- [0086] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법은, 상기 메탄화 반응부로부터 공급되는 천연가스 생성물에 포함된 이산화탄소 및 물을 분리하여, 물과 이산화탄소가 제거된 천연가스를 분리하여 생성물 저장부로 공급하는 단계를 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0087] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법은, 상기 천연가스

생성물로부터 분리된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 포집부로 재순환시키는 것을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0088] 본원의 제 1 측면의 천연가스 합성 장치에 대하여 설명한 내용은 본원의 제 2 측면의 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법에 적용되며 그 중복 기재를 생략한다.

[0090] 본원의 제 3 측면은, 상기 본원의 제 1 측면의 천연가스 합성 장치 및 상기 장치를 포함하는 컨테이너를 포함하는, 천연가스 합성 장비 시스템을 제공한다.

[0091] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 천연가스 합성 장비 시스템은, 상기 컨테이너를 한 개 이상 포함하고, 상기 천연가스 합성 장치가 상기 한 개 이상의 컨테이너 각각에 분리되어 포함되고, 사용 시 상기 각 컨테이너에 포함된 상기 분리된 상기 천연가스 합성 장치 부분들이 연결되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0092] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 천연가스 합성 장비 시스템은 상기 천연가스 합성 장치의 각 부분이 소형화되어 가정용으로 사용할 수 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0094] 본원의 제 1 측면의 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치, 본원의 제 2 측면의 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 방법, 및 본원의 제 3 측면의 천연가스 합성 장비 시스템에 의하여, 태양 전지, 재생 전기 및 유틸리티 전기 등의 전기 에너지를 이용하여 공기로부터 포집된 이산화탄소와 물을 활용하여 메탄 가스를 포함하는 천연가스를 제조할 수 있다. 특히, 사막과 같이 태양 에너지는 풍부하지만 물이 부족한 지역에서, 본원의 구현예들에 따른 천연가스 합성을 위한 장치 및 방법에 의하여, 사막의 공기를 압축하여 물과 건조 공기를 각각 포집 분리하고, 사막의 풍부한 태양 에너지를 이용하여 태양 전지 또는 태양열 발전 등에 의하여 생산된 전기 에너지를 이용하여 포집된 물을 전기분해하여 수소와 산소를 생산하고, 상기 건조 공기로부터 포집된 이산화탄소와 상기 수소를 메탄화 반응을 통하여 메탄을 포함하는 천연가스로 전환시킬 수 있다. 또한, 상기 포집된 물의 일부는 사막 지역에 음용수, 농업용 등으로 공급할 수 있고 상기 산소 가스도 별도로 저장 공급될 수 있다.

부호의 설명

[0095] 100: 공기 중의 이산화탄소와 물을 이용하는 천연가스 합성 장치

110: 공기 압축부 120: 물 포집부

130: 물 저장부 140: 이산화탄소 포집부

141: 이산화탄소 저장부 150: 물 전기분해부

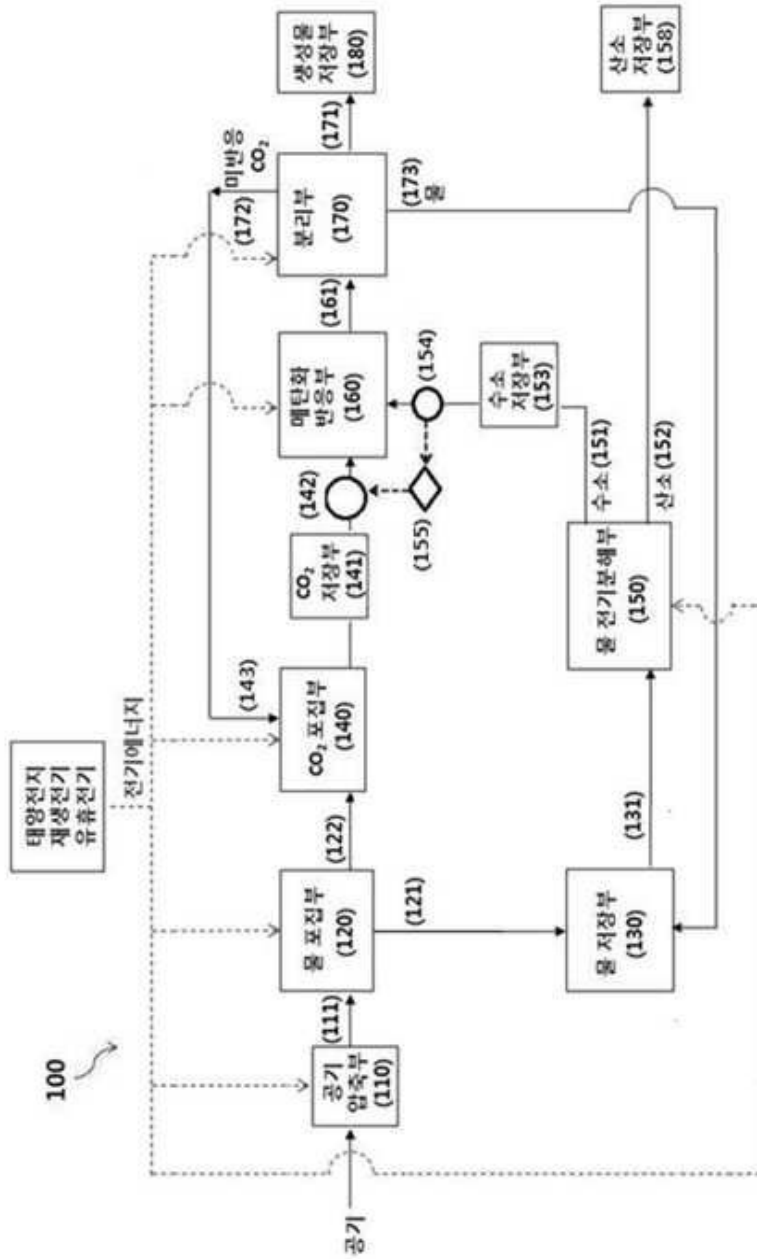
153: 수소 저장부 158: 산소 저장부

160: 메탄화 반응부 170: 분리부

180: 생성물 저장부

도면

도면1



도면2

