

(51) 국제특허분류:

H01M 8/18 (2006.01) C25B 3/03 (2021.01)
C25B 1/04 (2006.01) C25B 15/08 (2006.01)
C25B 5/00 (2006.01) C25B 9/67 (2021.01)
C25B 9/70 (2021.01) H01M 16/00 (2006.01)
C25B 3/26 (2021.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2024/000808

(22) 국제출원일: 2024년 1월 17일 (17.01.2024)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:

10-2023-0086862 2023년 7월 5일 (05.07.2023) KR
10-2023-0168675 2023년 11월 28일 (28.11.2023) KR

(71) 출원인: (주)에프씨아이 (FCI CO., LTD.) [KR/KR];
34036 대전광역시 유성구 테크노11로 41-7, Daejeon
(KR).

(72) 발명자: 웨이신이 (WEI, Xinyi); 1950 시옹(VS) 샹드 타박 거리 10, Xiong(VS) (CH). 샤르마시봄 (SHARMA, Shivom); 1997 오토-넨다즈(VS) 텔레카빈 거리 38, Haute-Nendaz(VS) (CH). 마르샬프랑수아 (MARECHAL, Francois); 1950 시옹(VS) 그라벨론

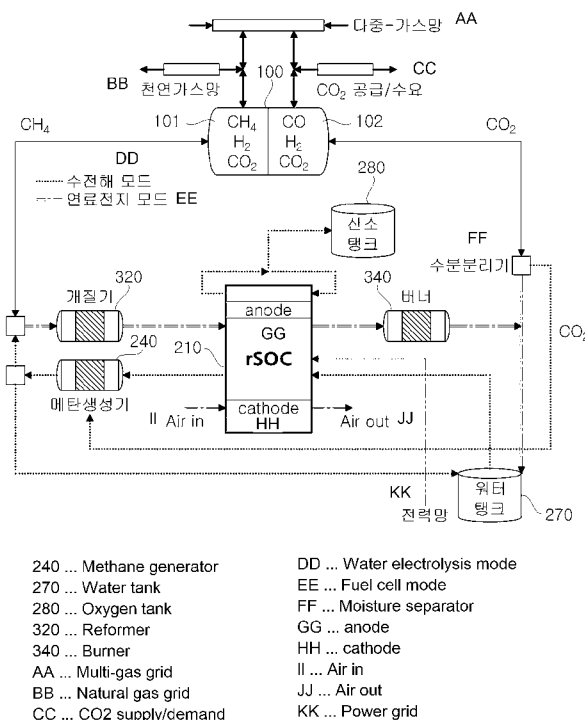
거리 97, Xiong (VS) (CH). 헬레안반 (HERLE, Jan Van); 1207 로네(VD) 마리에세르 거리 2A, Lone (VD) (CH). 이태원 (LEE, Tae Won); 10242 경기도 고양시 일산서구 일현로 97-11, 106-4503, Gyeonggi-do (KR). 류보현 (RYU, Bo Hyun); 34061 대전광역시 유성구 노은로 353, 301-1603, Daejeon (KR). 조승환 (JO, Seung Hwan); 44776 울산광역시 남구 테크노산업로82번길 52, 209-301, Ulsan (KR). 원명준 (WON, Myung Jun); 34023 대전광역시 유성구 배울2로 42, 504-501, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 특허법인 연우 (YEONWOO IP GROUP); 34068 대전광역시 유성구 반석로7, 305호, Daejeon (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: SOLID OXIDE BATTERY SYSTEM CAPABLE OF REVERSE OPERATION

(54) 발명의 명칭: 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템



(57) Abstract: The present invention relates to a solid oxide battery system capable of a reverse operation, in which while selectively operating, as needed, a fuel cell mode for producing electricity by using methane as fuel according to a demand for power production and a water electrolysis mode for producing methane by combining carbon dioxide and hydrogen obtained by electrolyzing water by using the produced electricity, each mode shares a hybrid tank in which methane and carbon dioxide are stored, thereby efficiently producing and storing energy. The present invention comprises: a hybrid tank in which methane and carbon dioxide are separately stored; and a reversely operating solid oxide cell driven in a water electrolysis mode and a fuel cell mode.

(57) 요약서: 본 발명은 전력 생산의 요구에 따라 메탄을 연료로 전기를 생산하는 연료전지 모드와, 생산된 전기로 물을 전기분해하여 얻은 수소와 이산화탄소를 결합하여 메탄을 생산하는 수전해 모드가 필요에 따라 선택적으로 구동되며, 메탄과 이산화탄소가 저장된 하이브리드 탱크를 각 모드가 공유함으로써 효율적인 에너지의 생산 및 저장이 가능한 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 메탄과 이산화탄소가 분리 저장되는 하이브리드 탱크와, 수전해 모드 및 연료전지 모드로 구동하는 역가동 고체산화물 전지를 포함한다.

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전력 생산의 요구에 따라 메탄을 연료로 전기를 생산하는 연료전지 모드와 재생 전기로 물을 전기분해하여 얻은 수소와 이산화탄소를 결합하여 메탄을 생산하는 수전해 모드가 필요에 따라 선택적으로 구동되되, 메탄과 이산화탄소가 저장된 하이브리드 탱크를 각 모드가 공유함으로써 효율적인 에너지의 생산 및 저장이 가능한 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 우리나라는 신(新)기후체제라는 시대적인 흐름을 맞이하여 원전 및 석탄 발전의 단계적 감축을 통하여 2030년까지 재생에너지의 발전 비중을 전체 발전량의 20%까지 확대하고 이를 통해 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축 목표를 달성한다는 장기적인 계획을 수립하였다.
- [3] 그러나 이러한 정부의 주요 에너지 전환 정책을 위한 전력계통의 재생에너지 비중 확대는 태양광, 풍력과 같은 주요 재생에너지원의 간헐적 특성 및 이로 인한 출력 변동성으로 인해 전력의 생산과 동시에 소비가 이루어져야 하는 전력계통에 수요와 공급의 불균형과 전력망 수용성 한계로 인한 미활용 전력이 발생하여 전력계통 운영에 있어 안정성 및 효율성 저하 문제를 야기한다.
- [4] 이로 인해 최근 재생에너지 보급에 앞장서 있는 유럽을 중심으로 재생에너지의 안정성 및 효율성 저하 등 근본적인 한계점을 보완하기 위한 방안으로 미활용 전력을 이용하여 수전해 기술로 수소(H₂)를 생산하거나 생산된 수소를 대표적인 온실가스 물질인 이산화탄소(CO₂)와 반응시켜 메탄(CH₄)을 생산하여 연료로 활용하는 Power to Gas(P2G) 기술 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [5] 특히 이산화탄소를 활용하는 ‘이산화탄소 메탄화’ 기술은 미활용 전력의 저장 및 재활용을 통해 재생에너지 보급 확대에 따른 전력계통의 안정성 및 효율성 저하 문제를 해결하고, 이와 동시에 지구 온난화의 주범인 이산화탄소 활용을 통해 온실가스 저감효과를 얻을 수 있다는 점에서 재생에너지 보급 확대와 더불어 더욱 강조되고 있는 기술이다.
- [6] 기존의 화석연료 기반 고체산화물 전지 기술은 필연적으로 이산화탄소가 발생하므로 온실가스 저감에 기여를 하지 못하는 문제가 있으며, 이산화탄소 메탄화 기술에서는 메탄의 생산에 필요한 수소를 공급하기 위해 수전해 모드에서 물을 전기분해하여 수소를 얻는다.
- [7] 그러나 물을 전기분해하기 위한 전력이 일정하게 공급되어야 하며 전력의 공급을 위해 재생에너지를 사용하기도 한다. 그러나 재생에너지는 간헐적 발전의 특성으로 인해 발전량이 일정하지 않으므로 수전해 모드를 안정적으로 기동하기

가 어렵다. 이로 인해, 재생에너지의 불안정한 발전량을 보완하기 위해 에너지저장시스템(Energy Storage System, ESS)을 추가하기도 하지만 막대한 비용을 감수해야 한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 역가동이 가능한 고체산화물전지를 이용하여, 전력 생산의 요구에 따라 메탄을 연료로 전기를 생산하는 연료전지 모드와, 생산된 전기로 물을 전기분해하여 얻은 수소와 이산화탄소를 결합하여 메탄을 생산하는 수전해 모드로 구동되되, 각 모드가 메탄과 이산화탄소가 저장된 하이브리드 탱크를 공유함으로써 연료전지 모드와 수전해 모드에서 요구되는 메탄과 이산화탄소를 선택적으로 공급하면서 전체적인 효율을 높이는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [9] 본 실시예는 메탄과 이산화탄소가 조절 가능한 파티션으로 분리되어 저장되는 하이브리드 탱크; 및 상기 수전해 모드에서 상기 하이브리드 탱크의 이산화탄소와 스택에서 생산된 전기를 통해 물을 전기분해하여 생산된 수소의 결합을 통해 메탄을 생산하여 상기 제1 구역으로 공급하는 메탄생성기를 포함하고, 연료전지 모드에서 상기 하이브리드 탱크의 메탄을 개질하여 상기 스택으로 공급하는 개질기를 포함하는 역가동 고체산화물 전지(rSOC를 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템을 제안한다.
- [10] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서, 상기 메탄생성기와 상기 스택 사이에 구비되고, 상기 스택의 수소와 상기 하이브리드 탱크의 이산화탄소를 혼합 및 압축하여 상기 메탄생성기로 공급하는 이젝터(ejector)를 더 포함할 수도 있다.
- [11] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서, 상기 메탄생성기의 후단에 구비되고, 상기 메탄생성기의 배가스에서 물을 분리하여 워터탱크로 공급하는 기수분리기를 더 포함할 수도 있다.
- [12] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서, 상기 전기분해에 사용되기 위해 상기 기수분리기 또는 상기 워터 탱크에서 상기 스택으로 공급되는 물을 가열하는 히터를 더 포함할 수도 있다.
- [13] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서, 상기 물의 전기분해를 통해 생산된 산소를 공급받아 저장하는 산소 탱크를 더 포함할 수도 있다.
- [14] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서, 상기 스택의 배가스에 포함된 미반응 물질 중 일부는 상기 개질기로 재순환되어 개질된 후 상기 스택으로 재공급될 수도 있다.

- [15] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서, 상기 산소 탱크의 산소를 산화제로 이용하여 상기 스택의 배가스를 연소시키는 버너를 더 포함할 수도 있다.
- [16] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서, 상기 버너의 연소가에서 물을 분리하는 기수분리기를 더 포함하고, 상기 기수분리기에서 분리된 물은 상기 역가동 고체산화물 전지의 상기 수전해 모드에서 사용될 수도 있다.
- [17] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서, 상기 기수분리기에서 수분이 분리된 상기 버너의 배가스에 포함된 이산화탄소는 상기 하이브리드 탱크에 저장될 수도 있다.
- [18] 일 실시예의 상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서, 상기 스택의 배가스에 포함된 미반응 물질 중 일부는 상기 스택으로 재순환되어 연료로 사용될 수도 있다.
- [19] 상기 하이브리드 탱크는, 상기 파티션의 이동을 통해 상기 메탄 및 상기이산화탄소의 저장 용량이 가변될 수도 있다.
- [20] 일 실시예의 상기 수전해 모드는 외부에서 공급된 재생 에너지를 이용하여 물을 전기분해하되, 외부 전력망 및 상기 연료전지 모드에서 생산된 전기가 임시 저장된 배터리 중 적어도 하나와 상기 재생 에너지를 이용하여 상기 수전해 모드로 공급되는 전력을 일정하게 조절하는 전력 보상기를 더 포함할 수도 있다.

발명의 효과

- [21] 본 발명의 실시예에 의하면 수전해 모드는 역가동 고체산화물 전지에서 생산된 전기를 이용하기 때문에 전기를 공급하기 위한 별도의 장치가 구비되지 않아도 돼 에너지 효율을 향상시킬 수 있다.
- [22] 본 발명의 실시예에 의하면 메탄과 이산화탄소를 동일한 탱크에 보관하고, 물질 이동이 가능한 분리막(partition)이 존재하여, 역가동이 가능한 루프 내에서 사용함으로써 생산 및 소비 수요에 따라 메탄과 이산화탄소의 양을 손쉽게 조절할 수 있다.
- [23] 본 발명의 실시예에 의하면 연료전지 모드에서 포집된 이산화탄소량 및 수전해 모드에서 생산된 메탄의 생산량에 따라 하이브리드 탱크 내부의 저장 공간을 가변할 수 있다.
- [24] 본 발명의 실시예에 의하면 연료전지 모드에서 발생된 폐열을 저장하여 수전해 모드에서 증기 발생에 사용함으로써 열 효율을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [25] 도 1은 본 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템의 개략적인 흐름을 나타낸 도면이다.
- [26] 도 2는 본 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템의 수전해 모드의 구동을 나타낸 도면이다.

[27] 도 3는 본 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템의 연료전지 모드의 구동을 나타낸 도면이다.

[28] 도 4는 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템에서 수전해 모드 및 연료전지 동시 모드의 전체 흐름을 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[29] 이하 본 발명의 몇 가지 실시예들을 도면을 이용하여 상세히 설명한다. 다만 이것은 본 발명을 어느 특정한 실시예에 대해 한정하려는 것이 아니며 본 발명의 기술적 사상을 포함하는 모든 변형(transformations), 균등물(equivalents) 및 대체물(substitutions)은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

[30] 본 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[31] 본 명세서에서 어느 한 구성이 어떤 서브 구성을 "구비(have)" 또는 "포함(comprise)" 한다고 기재한 경우, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른(other) 구성을 제외하는 것이 아니라 다른 구성을 더 포함할 수도 있음을 의미한다.

[32] 본 명세서에서 "...유닛(Unit)", "...모듈(Module)" 및 "컴포넌트(Component)"의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 하드웨어, 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수도 있다.

[33] 본 명세서에서 "연결된다(connect)"라고 기재한 것은 두 개의 구성요소가 직접 연결됨을 의미할 수도 있지만 반드시 이에 한정될 것은 아니고 구성요소 사이에 배치된 하나 이상의 다른 구성요소를 경유하여 연결됨을 의미할 수도 있다.

[34] 도 1은 본 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템의 개략적인 흐름을 나타낸 도면이다.

[35] 고체산화물 전지 시스템은 메탄을 연료로 전기를 생산하는 연료전지 모드와, 공급받은 에너지원으로 물을 전기분해하여 얻은 수소와, 외부(예를 들면, 하이브리드 탱크(100))로부터 공급받은 이산화탄소를 결합하여 메탄을 생산하는 수전해 모드가 필요에 따라 선택적으로 구동되되, 메탄과 이산화탄소가 저장된 하이브리드 탱크를 모드가 공유함으로써 효율적인 에너지의 생산 및 저장이 가능하다.

[36] 여기서 수전해 모드에서 공급받은 에너지원은 외부의 전력망을 통해 공급받은 전기일 수도 있고, 바람, 태양광, 강물, 해류, 태양열 등과 같은 자연의 힘으로부터 동력을 얻는 발전 수단을 통해 생산된 재생 에너지원(또는 재생 전기)일 수도 있다.

[37] 또한, 수전해 모드는 연료전지 모드에서 생산된 전기를 임시 저장한 배터리(도면에 미도시)로부터 공급받을 수도 있다.

[38] 고체산화물 전지 시스템의 수전해 모드는 재생 에너지원(재생 전기)를 우선적인 전력원으로 하되, 재생 에너지원의 공급량이 수전해 모드에서 요구하는 전력

량에 미달될 경우 미달된 전력량을 연료전지 모드의 생산 전기가 저장된 배터리로부터 보충 받거나 또는 외부의 전력망으로부터 보충 받을 수 있다.

- [39] 일 예로, 고체산화물 전지 시스템이 수전해 모드로 종일 운용되는 경우 낮에는 태양광이나 풍력으로 생산한 재생 전기를 공급받고, 밤에는 연료전지 모드에서 미리 생산된 전기가 저장된 배터리 또는 외부 전력망을 통해 공급받을 수도 있다.
- [40] 고체산화물 전지 시스템은 수전해 모드에서 하이브리드 탱크의 이산화탄소를 공급받고, 재생 전기 또는, 전력망(또는 배터리의 전기)을 통해 공급받은 전기 물을 전기분해하여 생산된 수소를 공급받은 이산화탄소와 결합시켜 메탄을 생산하여 하이브리드 탱크(100)에 저장한다. 이 때, 메탄의 생성은 메탄생성기(240)를 통해서 생성될 수 있다.
- [41] 그리고 수전해 모드에서 물을 전기분해하면 산소도 생산이 되는데, 그 산소는 별도의 산소 탱크(280)에 저장되어 연료전지 모드에서 사용될 수 있다.
- [42] 고체산화물 전지 시스템의 연료전지 모드는 수전해 모드에서 생산되어 하이브리드 탱크(100)에 저장된 메탄을 개질하여 수소를 생산하고, 수소를 이용하여 전기를 생산한다.
- [43] 그리고 연료전지 모드는 스택(210)의 후단에 구비된 버너(340)가 수전해 모드의 전기분해를 통해 분리된 산소를 산화제로 사용하여 스택(210)의 배가스를 연소시킨다. 버너(340)에서 연소된 배가스는 이산화탄소와 물의 비중이 높는데, 이를 분리하여 이산화탄소는 하이브리드 탱크(100)에 저장하고, 물은 워터 탱크(270)에 저장하여 수전해 모드에서 물을 전기분해할 때 사용한다.
- [44] 이하 도 2 및 도 3을 통해 고체산화물 전지 시스템의 수전해 모드 및 연료전지 모드를 설명한다.
- [45] 도 2는 본 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템의 수전해 모드의 구동을 나타낸 도면이다.
- [46] 도 2에서 보듯, 시스템은 하이브리드 탱크(100) 및 역가동 고체산화물 전지(200)를 포함한다.
- [47] 하이브리드 탱크(100)는 서로 격리된 제1 구역(101)과 제2 구역(102)을 포함한다. 하이브리드 탱크(100)의 제1 구역(101)과 제2 구역(102)은 조절 가능한 파티션으로 구획될 수 있다.
- [48] 하이브리드 탱크(100)의 제1 구역(101)에는 메탄이 저장된다.
- [49] 제1 구역(101)에 저장된 메탄은 역가동 고체산화물 전지(200)의 수전해 모드에서 생산된 메탄일 수 있다. 참고로 수전해 모드에서 미반응된 소량의 수소와 이산화탄소도 하이브리드 탱크(100)의 제1 구역(101)에 저장될 수도 있다.
- [50] 수전해 모드에서 생산된 메탄의 양이 부족할 경우 하이브리드 탱크(100)는 외부의 메탄을 공급받고, 연료전지 모드에서 스택(210)으로 메탄을 공급할 수도 있다.

- [51] 예컨대, 수전해 모드에서 생산된 메탄의 양이 부족할 경우 하이브리드 탱크(100)는 천연가스망 또는 다중 가스망을 통해 외부의 메탄을 공급받을 수도 있다.
- [52] 반대로, 수전해 모드에서 생산된 메탄의 양이 많을 경우 천연가스망 또는 다중 가스망을 통해 외부로 메탄을 공급할 수도 있다.
- [53] 제2 구역(102)에는 이산화탄소가 저장된다. 제2 구역(102)에서 이산화탄소는 고압 상태로 압축되어 저장될 수 있다.
- [54] 제2 구역(102)에 저장된 이산화탄소는 수전해 모드에서 물을 전기분해하여 생산된 수소에 이산화탄소를 결합시켜 메탄을 생산할 때 사용된다.
- [55] 이산화탄소는 연료전지 모드에서 스택(210)의 배가스로부터 분리된 이산화탄소일 수 있다. 참고로 연료전지 모드의 스택(210) 배가스에서 미반응된 소량의 수소와 일산화탄소도 하이브리드 탱크(100)의 제2 구역(102)에 저장될 수도 있다.
- [56] 즉, 하이브리드 탱크(100)는 역가동 고체산화물 전지(200)의 수전해 모드에서 제2 구역(102)의 이산화탄소를 메탄화 반응에 사용하도록 역가동 고체산화물 전지(200)로 공급하고 메탄화 반응에 의해 생산된 메탄을 제1 구역(101)에 한다. 그리고 하이브리드 탱크(100)는 역가동 고체산화물 전지(200)의 연료전지 모드에서 제1 구역(101)의 메탄을 연료로 사용하도록 역가동 고체산화물 전지(200)로 공급하고, 스택(210)의 생성물 중 하나인 이산화탄소를 제2 구역(102)에 저장한다.
- [57] 하이브리드 탱크(100)는 연료전지 모드에서 저장된 이산화탄소의 양이 하이브리드 탱크(100)의 용량보다 큰 경우 이산화탄소를 다중 가스망 또는 이산화탄소 공급망을 통해 외부로 공급할 수도 있다.
- [58] 반대로, 하이브리드 탱크(100)는 연료전지 모드에서 저장된 이산화탄소의 양이 하이브리드 탱크(100)의 용량보다 적은 경우, 이산화탄소를 다중 가스망 또는 이산화탄소 공급망을 통해 외부로 공급받을 수도 있다.
- [59] 한편, 하이브리드 탱크(110)의 제1 구역(101) 및 제2 구역(102)은 조절 가능한 파티션으로 구획될 수도 있다.
- [60] 하이브리드 탱크(110)의 파티션은 제1 구역(101) 및 제2 구역(102)의 저장 용량을 가변한다.
- [61] 예를 들면, 하이브리드 탱크(110)의 파티션은 수전해 모드에서 메탄의 생산량이 많을 경우 제1 구역(101)의 용량을 늘리는 대신 제2 구역(102)의 용량을 줄일 수도 있다.
- [62] 또한, 하이브리드 탱크(110)의 파티션은 연료전지 모드에서 포집된 이산화탄소의 용량이 적을 경우 제1 구역(101)의 용량을 늘리는 대신 제2 구역(102)의 용량을 줄일 수도 있다.
- [63] 역가동 고체산화물 전지(200)(rSOC, REVERSIBLE SOLID OXIDE CELLS)는 수전해 모드 및 연료전지 모드에 따라서 구동되는 구성이 다를 수 있으며, 수전해 모드에서 구동되는 구성 위주로 설명하기로 한다.

- [64] 역가동 고체산화물 전지(200)는 스택(210), 제1 기수분리기(220), 제1 이젝터(230), 메탄생성기(240), 제2 기수분리기(250), 압축기(260), 워터 탱크(270) 및 산소 탱크(280)를 포함한다.
- [65] 수전해 모드에서 스택(210)은 전기 그리드로부터 공급받은 전기에너지를 이용하여 순수한 물을 전기분해하여 수소 및 산소를 생산한다.
- [66] 예컨대, 수전해 모드는 외부의 전력망을 통해 공급받은 전기로 물을 전기분해할 수도 있고, 바람, 태양광, 강물, 해류, 태양열 등과 같은 자연의 힘으로부터 동력을 얻는 발전 수단을 통해 생산된 재생 전기를 공급받아 물을 전기분해할 수도 있고, 연료전지 모드에서 생산된 전기를 임시 저장한 배터리(도면에 미도시)로부터 전기를 공급받아 물을 전기분해할 수도 있다.
- [67] 수전해 모드는 500 ~ 850 °C 사이의 고온 전기분해가 일어날 수 있는 온도에서 작동한다.
- [68] 역가동 고체산화물 전지(200)는 반응물로서 수증기가 연료극으로 유입되며 전압이 양극에 인가되면 수증기의 분해 반응이 일어나 물 분자가 반응하여 수소와 산소로 분리된다.
- [69] 역가동 고체산화물 전지(200)는 물에 대한 전기분해를 통해 얻은 산소를 산소극 출력단을 통해 산소 탱크(280)로 공급하고, 수소를 수소극 출력단을 후단에 배치된 제1 기수분리기(220)로 공급한다.
- [70] 수전해 모드는 역가동 고체산화물 전지(200)의 연료전지 모드에서 생산된 전기를 이용하기 때문에 전기를 공급하기 위한 장치가 구비되지 않아도 돼 에너지 효율을 향상시킬 수 있다.
- [71] 제1 기수분리기(220)(water separator)는 스택(210)으로부터 수소를 공급받을 때 일부 포함된 수분을 분리한다.
- [72] 제1 기수분리기(220)에서 분리된 수분은 스택(210)으로 재순환되어 전기분해된다. 제1 기수분리기(220)에서 스택(210)으로 재순환되는 물을 증기로 가열하기 위한 히터(도면부호 미부여)가 더 구비될 수도 있다.
- [73] 제1 이젝터(230)(ejector)는 스택(210)으로부터 제1 기수분리기(220)를 경유한 수소와, 하이브리드 탱크(100)로부터 이산화탄소를 공급받아 혼합시킨다.
- [74] 제1 이젝터(230)에서 혼합된 수소와 이산화탄소는 압축되어 메탄생성기(240)로 공급된다. 참고로, 메탄생성기(240)의 메탄화 반응에는 고압 상태가 요구되는데 제1 이젝터(230)는 하이브리드 탱크(100) 고압으로 저장된 이산화탄소의 압력을 사용하여 메탄화 반응 전에 필요한 압축력을 줄일 수 있다.
- [75] 메탄생성기(240)는 공급받은 이산화탄소와 수소를 결합시켜 메탄을 생성한다.
- [76] 메탄생성기(240)의 이산화탄소를 메탄화하는 기술은 이산화탄소와 수소를 반응시키는 촉매의 종류에 따라 니켈 기반의 고체 촉매를 사용하는 열화학적 메탄화 반응 또는 미생물을 이용하는 생물학적 메탄화 반응을 이용한다.
- [77] 열화학적 메탄화 반응은 열화학적 촉매 반응을 위해 높은 운전압력(10bar~) 및 온도(300~550°C)의 유지가 필요하다. 참고로, 운전압력은 하이브리드 탱크(100)

의 고압의 이산화탄소의 압력을 이용할 수도 있고, 별도의 압축기를 사용할 수도 있다.

- [78] Ni, Co, Ni-Co 촉매를 사용하여 메탄화 반응을 수행하면 메탄화 반응에서 생성되는 H₂O가 고온에서 수성가스 전환반응을 일으켜 메탄 외에 이산화탄소도 생성될 수도 있으며, 생성된 이산화탄소는 메탄이 저장되는 하이브리드 탱크(100)의 제1 구역(101)에 저장될 수 있다.
- [79] 생물학적 메탄화 반응은 이산화탄소와 수소 반응을 위해 메탄을 생산하는 미생물을 생촉매로 활용하는 것으로, 열화학적 메탄화 기술 대비 상대적으로 낮은 운전 압력(0~10bar) 및 온도(20~70°C) 등의 운전 특성으로 인해 에너지 효율이 높다.
- [80] 제2 기수분리기(250)는(water separator)는 메탄생성기(240)에서 생산된 메탄에서 수분을 분리한다. 참고로, 메탄생성기에서 배출된 메탄 가스는 고온의 상태이기 때문에 제2 기수분리기(250)로 공급되기 전에 냉각 과정이 수행될 수도 있다.
- [81] 제2 기수분리기(250)에서 분리된 수분은 스택(210)으로 재순환되어 전기분해된다. 제2 기수분리기(250)에서 스택(210)으로 재순환되는 물을 증기로 가열하기 위한 히터(도면부호 미부여)가 더 구비될 수도 있다.
- [82] 압축기(260)는 제2 기수분리기(250)에서 수분이 분리된 메탄을 압축한다. 압축기(260)에서 압축된 수분은 냉각 과정을 거쳐 하이브리드 탱크(100)에 저장된다.
- [83] 워터 탱크(270)는 스택(210)에서 전기분해하기 위한 물을 공급한다. 워터 탱크(270)에 저장된 물은 전술한 바와 같이 연료전지 모드에서 스택(210)의 배가스에서 분리된 물일 수도 있다. 워터 탱크(270)는 수전해 모드에서 스택(210)으로 전기분해하기 위한 물을 공급할 수 있으며, 워터 탱크(270)와 스택(210) 사이에는 워터 탱크(270)에서 공급되는 물을 가열하는 히터(도면부호 미부여)가 구비될 수도 있다.
- [84] 산소 탱크(280)는 수전해 모드에서 물을 전기분해하여 생성된 산소를 저장한다.
- [85] 산소 탱크(280)의 산소는 연료전지 모드에서 스택(210)의 후단에 구비된 버너(340)로 공급되어 연소에 필요한 산화제로 사용될 수 있다.
- [86] 한편, 고체산화물 전지(200)는 전력 보상기(power compensator)(도면에 미도시)를 더 포함할 수도 있다.
- [87] 전력 보상기는 고체산화물 전지(200)의 수전해 모드에서 전기분해를 원활하게 할 수 있도록 재생 에너지원(재생 전기)과 외부의 전력망 또는 배터리에 대한 전력 공급을 조절한다. 참고로 배터리에는 연료전지 모드에서 생산된 전기가 임시 저장된다.
- [88] 일 실시예에서 전력 보상기는 우선적으로 재생 에너지를 전력망을 통해 수전해 모드에서 사용할 수 있게 하되 재생 에너지원의 공급량이 수전해 모드에서 요구하는 전력량에 미달될 경우 미달된 전력량을 전력망(또는 배터리)에서 보충받아 사용할 수 있도록 에너지원의 출력을 제어한다. 이러한 의미에서 전력 보상기는 고체산화물 전지(200)의 컨트롤러(도면에 미도시)로 간주될 수도 있다.

- [89] 한편, 고체산화물 전지(200)는 히트 탱크가(도면부호 미부여) 더 구비될 수도 있다.
- [90] 히트 탱크는 고체산화물 전지(200)의 연료전지 모드에서 공기극 배가스의 열이 저장될 수도 있고, 수전해 모드에서 활용될 수 있다.
- [91] 히트 탱크에 저장된 열원은 수전해 모드에서 물을 스팀으로 전환하는데 사용될 수 있다. 이 밖에도 히트 탱크에 저장된 열원은 다른 구성에서 필요한 열원을 보충할 수도 있다.
- [92] 도 3는 본 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템의 연료전지 모드의 구동을 나타낸 도면이다.
- [93] 도 3에서 보듯, 시스템은 하이브리드 탱크(100) 및 역가동 고체산화물 전지(200)를 포함한다.
- [94] 하이브리드 탱크(100)는 도 2의 하이브리드 탱크(100)와 동일하므로 중복된 설명을 생략한다.
- [95] 역가동 고체산화물 전지(200)(rSOC, REVERSIBLE SOLID OXIDE CELLS)는 연료전지 모드에서 구동되는 구성 위주로 설명하기로한다.
- [96] 역가동 고체산화물 전지(200)는 제3 이젝터(310), 개질기(320), 제4 이젝터(330), 스택(210), 버너(340), 제3 기수분리기(350) 및 워터 탱크(270)를 포함한다.
- [97] 제3 이젝터(310)는 하이브리드 탱크(100)로부터 공급받은 메탄과, 스택(210)의 배가스로부터 재순환된 메탄, 수소, 이산화탄소, 일산화탄소, 수분 계열의 가스를 혼합한다. 제3 이젝터(310)는 혼합된 가스를 개질기(320)로 공급한다. 제3 이젝터(310)는 재순환된 스택(210)의 배가스를 통해 개질기(320)에 필요한 증기 대 탄소 비율을 제공한다.
- [98] 개질기(320)는 공급된 메탄 계열의 연료를 개질하여 수소를 생산한다.
- [99] 개질기(320)의 촉매로는 Ni-based 촉매가 이용되며 반응원료(또는 연료) 내에 포함된 C2+ 탄화수소를 CH₄, CO, H₂ 등으로 분해시켜 고급탄화수소의 개질에 따른 코크 생성(또는 탄소 침적)을 억제하는 역할을 한다. 코크 생성은 수증기의 양과 관계가 있으며 steam-to-carbon 비(S/C)에 의해 결정된다. S/C의 값이 너무 낮으면 코크가 생성될 가능성이 높아진다.
- [100] 개질기(320)에서 1차적으로 개질된 연료(reformate fuel)는 스택(210)의 연료극에서 내부 개질 반응(direct internal reforming), 즉 수증기-메탄 개질(steam methane reforming) 반응 및 수성 가스 전환(water-gas shift) 반응을 통해 H₂로 전환된다. 이렇게 생산된 H₂는 전기화학반응을 통하여 전기로 전환된다.
- [101] 개질기(320)에서 개질되어 생산된 수소는 제4 이젝터(330)를 경유하여 스택(210)으로 공급된다. 참고로, 개질기(320)의 배가스에는 생산된 수소 외에도 미반응된 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄 및 수분이 소량 포함될 수도 있다.
- [102] 제4 이젝터(330)는 개질기(320)의 배가스와 스택(210)의 배가스로부터 재순환된 메탄 계열의 가스를 혼합하여 스택(210)의 연료극으로 공급한다. 제4 이젝터(330)는 재순환된 스택(210)의 배가스가 개질된 가스(연료)와 혼합하기 때문에

스택(210)으로 공급하는 연료를 가열하는데 필요한 열교환기가 필요 없어 전력 사용 및 비용적인 측면에서 효율을 높일 수 있다.

- [103] 스택(210)은 연료극 입력(anode input) 및 연료극 출력 (anode output)이 구비된 연료극(anode)과 공기극 입력 (cathode input) 및 공기극 출력 (cathode output)이 구비된 공기극(cathode)을 포함한다.
- [104] 스택(210)은 가열된 외부 공기(Air)를 공기극으로 입력받고, 가열된 연료를 연료극으로 입력받는다.
- [105] 예컨대, 공기극에는 예열 된 공기가 공급되며, 공기극에서 생성된 산소 이온은 전해질을 통해 연료극으로 이동하고, 연료극의 삼상계면(triple-phase boundary)에서 H₂와 O₂의 전기화학반응이 일어나며, 이 반응을 통해 전기가 발생한다.
- [106] 스택(210)의 공기극에서 배기되는 고온의 배가스는 열교환기를 통해 공기극으로 입력되는 공기를 가열하는데 사용된 후 냉각되어 외부로 배출될 수 있다.
- [107] 스택(210)의 연료극 배가스는 일부가 제3 이젝터(310) 및 제4 이젝터(330)로 분기되고, 나머지는 버너(340)로 공급되어 연소된다.
- [108] 버너(340)는 산소 탱크(280)로부터 공급받은 산소를 이용하여 스택(210)의 연료극 배가스를 연소시킨다. 참고로, 산소 탱크(280)의 산소는 역가동 고체산화물 전지(200)의 수전해 모드에서 물이 전기분해 되어 생산된 산소이다.
- [109] 예컨대, 스택(210)의 연료극 출구를 통해 나오는 배가스에는 생성물인 CO₂, H₂O와 미반응연료인 H₂, CO, CH₄를 포함하는데, H₂, CO와 같은 미반응 연료는 버너(340)에서 산소와 함께 연소되는 과정에서 CO₂가 되고, H₂는 H₂O가 된다. 이로 인해, 버너(340)의 배가스에는 CO₂와 H₂O의 비중이 높고 미반응된 소량의 H₂, CO가 남을 수 있다.
- [110] 버너(340)에서 발생된 연소열은 열 탱크(도면부호 미부여)에 저장될 수도 있다. 열 탱크에 저장된 열은 수전해 모드에서 스택(210)으로 공급되는 물을 가열시켜 증기로 변환하는데 사용될 수도 있다.
- [111] 제3 기수분리기(350)(water separator)는 버너(340)의 연소가스에서 수분을 분리한다.
- [112] 제3 기수분리기(350)는 원심식 기수분리 및 반전식 기수분리 중 어느 하나를 이용할 수 있다. 원심식 기수분리는 사이클론 세퍼레이터에서 증기를 선회 운동시키고 그 원심력에 의해 수분을 분리한다. 반전식 기수분리는 증기의 진행 방향을 배플판 등에 의해 급변시켜 수분을 분리한다
- [113] 버너(340)의 연소가스는 기수분리기를 경유하면서 대부분의 수분이 제거되었기 때문에 이산화탄소의 비중이 매우 높아진 CO₂ rich 상태가 된다. 참고로, 버너(340)의 연소가스는 이산화탄소의 비중이 높으면서 소량의 H₂와 CO가 포함될 수도 있다. 그 소량의 H₂와 CO도 하이브리드 탱크(100)에 저장될 수 있다.
- [114] 수분이 분리된 버너(340)의 연소가스는 압축 및 냉각 과정을 거친 후 하이브리드 탱크(100)의 제2 구역(102)에 저장되고, 수전해 모드에서 메탄화 반응을 위해 공급된다.

- [115] 워터 탱크(270)는 기수분리기에서 분리된 수분을 저장한다. 워터 탱크(270)에 저장된 수분은 가열 과정을 거친 후 수전해 모드에서 전기분해되기 위한 증기로 공급된다.
- [116] 도 4는 발명의 실시예1에 따른 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템에서 수전해 모드 및 연료전지 동시 모드의 전체 흐름을 나타낸 도면이다.
- [117] 도 4를 참조하여 수전해 모드를 먼저 설명하면, 워터 탱크(270)에서 공급된 물 (0.134mol/s)은 가열기에서 $25\sim 750^{\circ}\text{C}$ 로 가열한 후 스택(210)으로 공급되어 전기 분해 반응을 수행한다. 참고로, 스택(210)은 1bar에서 작동하고 수증기의 입력 측 온도는 약 750°C 이며 출력측 온도는 약 745°C 이다.
- [118] 스택(210)은 공급받은 에너지원으로 물을 전기분해하여 얻은 수소와 산소를 얻는다.
- [119] 일 예로, 스택(210)이 전기분해에 필요한 전기는 외부의 전력망을 통해 공급받은 전기일 수도 있고, 바람, 태양광, 강물, 해류, 태양열 등과 같은 자연의 힘으로부터 동력을 얻는 발전 수단을 통해 생산된 에너지원(재생 전기)일 수도 있다. 또한, 스택(210)은 연료전지 모드에서 생산된 전기를 임시 저장한 배터리(도면에 미도시)로부터 공급받을 수도 있다.
- [120] 이러한 기술적 특징을 위해 본 실시예는 전력 보상기를 더 포함할 수도 있다. 전력 보상기는 고체산화물 전지(200)의 수전해 모드에서 전기분해를 원활하게 할 수 있도록 재생 에너지원(재생 전기)과 외부의 전력망, 또는 배터리에 대한 전력 공급을 조절한다.
- [121] 일 실시예에서 전력 보상기는 우선적으로 재생 에너지를 전력망을 통해 수전해 모드에서 사용할 수 있게 하되 재생 에너지원의 공급량이 수전해 모드에서 요구하는 전력량에 미달될 경우 미달된 전력량을 전력망(또는 배터리)에서 보충 받아 사용할 수 있도록 에너지원의 출력을 제어한다.
- [122] 스택(210)에서 물이 전기분해되어 생산된 산소는 양극측으로 배출된 후 1차로 745°C 에서 120°C (듀티 = 10.46kW)로 냉각되고, 2차로 120°C 에서 25°C (부하 = 0.17kW)로 냉각되어 일부는 산소 탱크(280)에 저장되고, 일부는 송풍기(듀티 = 0.425kW , 1-1.2bar) 및 히터(듀티 = 9.16kW , $130\sim 750^{\circ}\text{C}$)를 경유하여 스택(210)의 입력으로 재순환된다.
- [123] 스택(210) 내부에서 증기가 전기분해 된 후 음극의 출력측 배가스에는 H_2 와 소량의 증기가 포함되어 있다. 스택(210)의 배가스(H_2 , 소량의 증기)는 냉각기에서 냉각되어 온도를 745°C 에서 50°C 로 낮추고 2.81kW 의 열을 방출한다.
- [124] 1차 냉각된 스택(210)의 배가스(H_2 , 소량의 증기)는 50°C 에서 25°C 로 추가로 2차 냉각되어 0.56kW 의 열을 방출하고, 약 0.014mol/s 의 물이 제1 기수분리기(220)에서 응축되고 다시 재순환되어 스택(210)의 입력으로 공급된다.
- [125] 제1 기수분리기(220)에 의해 수분이 분리된 스택(210)의 배가스에는 H_2 가 포함되어 있으며, 제1 이젝터(230)는 하이브리드 탱크(100)에서 공급된 0.032mol/s 고압 CO_2 , CO 와 스택(210)의 배가스에 포함된 H_2 를 혼합한다.

- [126] 제1 이젝터(230)에서 혼합물(CO_2 , CO , H_2)은 압력이 1bar에서 6bar로 증가된 후, 압축기(도면부호 미부여)로 경유하면서 압력이 6bar에서 15bar로 증가된다.
- [127] 압력이 증가된 고압의 혼합물은 메탄생성기(240)로 공급되고 280°C 에서 CO_2 와 H_2 가 반응하여 CH_4 를 생성한다. 참고로, 메탄화 반응은 발열 반응으로 280°C 에서 4.91kW의 열을 방출할 수 있다. 메탄생성기(240)의 배가스에는 생성물인 CH_4 , H_2O 외에 소량의 H_2 및 CO_2 가 포함될 수도 있다. 그 H_2 및 CO_2 도 하이브리드 탱크(100)에 저장될 수 있다.
- [128] 제2 기수분리기(250)는 메탄생성기(240)의 배가스를 280°C 에서 178°C (듀티 = 0.39kW)로 냉각하여 수분 응축하고, $178\sim 25^\circ\text{C}$ (듀티 = 3.18kW)로 추가 냉각하여 수분 응축을 응축한다. 제2 기수분리기(250)에서 약 0.058 mol/s의 물이 응축되고, 스택(210)의 물 전기분해를 위해 스택(210)의 음극측 입력으로 재순환된다. 제1 기수분리기(220) 및 제2 기수분리기(250)에 의해 물이 재순환되기 때문에 워터 탱크(270)의 물의 사용량이 0.062 mol/s로 감소될 수 있다.
- [129] 제2 기수분리기(250)의 메탄 가스는 압축기(도면부호 미부여)를 통해 15bar에서 75bar로 압축된다. 이때, 0.25kW의 전력을 소비할 수 있다. 압축된 메탄 가스는 냉각기(듀티 = 0.26kW)에서 207°C 에서 25°C 로 냉각된 후 하이브리드 탱크(100)에 저장된다.
- [130] 한편, 역가동 고체산화물 전지(200)는 전기 히터가 더 구비될 수도 있다. 전기 히터는 전력 소비가 0.28kW일 수도 있다. 전기 히터는 스택(210)의 양극측으로 입력되는 산소를 가열하거나, 스택(210)의 음극측으로 공급되는 증기를 더 가열하는데 사용할 수 있다.
- [131] 연료전지 모드는 전력 수요가 요구될 때 동작한다.
- [132] 하이브리드 탱크(100)에 저장된 메탄 및 소량의 탄소와 수소는 개질기(320)로 공급되기 전 히터를 통해 75bar조건에서 25°C 부터 230°C 까지 가열된다(부하 = 0.16kW). 그리고 가열된 메탄 가스는 터빈을 통해 압력을 75bar에서 15bar로 낮추고 8.5bar의 압력으로 작동하는 개질기(320)로 공급된다.
- [133] 참고로, 부분적인 외부 개질의 경우 550°C 이고, 스택(210)이 처리할 수 있는 최대 내부 개질 비율은 약 0.9이므로 최적의 외부 증기 메탄 개질 비율은 0.1이다. 메탄 개질의 흡열 특성을 고려하면 내부 개질 비율이 높을수록 스택(210) 냉각에 더 적은 공기가 필요하게 되는데, 개질기(320)를 고압에서 운전함으로써 낮은 외부 개질율을 얻을 수 있으며, 증기 메탄 개질에 사용되는 특수 촉매의 비용을 절감할 수 있다.
- [134] 개질기(320)에서 스택(210)으로 공급되는 혼합가스는 CH_4 , H_2 , CO_2 , H_2O 및 CO 를 포함한다. 그리고 스택(210)은 혼합가스를 연료로 하여 10kW의 전력을 생산한다.
- [135] 참고로, 스택(210)의 연료 이용률은 0.85로 설정될 수 있으며, 스택(210)의 입력 온도는 약 710°C , 스택(210) 출력 온도는 약 810°C 의 고온이다. 스택(210)의 연료 극 출구를 통해 나오는 배가스에는 생성물인 CO_2 , H_2O 와 미반응연료인 H_2 , CO ,

CH₄를 포함하는데 개질기(320) 전단에 구비된 제3 이젝터(310)와, 개질기(320) 후단에 구비된 제4 이젝터(330)로 재순환된다.

- [136] 제3 이젝터(310)는 하이브리드 탱크(100)로부터 공급받은 메탄과, 스택(210)의 배가스로부터 재순환된 메탄 계열의 가스를 혼합한다. 제3 이젝터(310)는 혼합된 가스를 개질기(320)로 공급한다. 또한, 제3 이젝터(310)는 개질기(320)에 필요한 증기 대 탄소 비율을 제공한다.
- [137] 제4 이젝터(330)는 재순환된 스택(210)의 배가스가 개질된 가스(연료)와 혼합하기 때문에 스택(210)으로 공급하는 연료를 가열하는데 필요한 열교환기가 필요 없어 전력 사용 및 비용적인 효율을 높일 수 있다.
- [138] 스택(210)의 공기극에서 배기되는 고온의 배가스는 열교환기를 통해 공기극으로 입력되는 공기를 가열하는데 사용된 후 냉각되어 외부로 배출될 수 있다.
- [139] 구체적으로, 스택(210)의 음극 측 배가스(0.98mol/s)는 스택(210)의 공기극 입력으로 공급되는 신선한 공기와 열 교환하여 23.77kW의 열을 제공하며 약 35°C에서 약 710°C까지 승온한다. 그리고 열교환된 스택(210)의 배가스는 외부로 배기되기 전에 최종적으로 126°C에서 50°C(부하 = 2.48kW)로 냉각된다.
- [140] 그리고 남은 공기극의 가스는 810°C에서 90°C(듀티 = 1.54kW)로 냉각된 다음 90°C에서 25°C(듀티 = 1.63kW)로 추가 냉각되어 기수 분리기에서 0.033mol/s의 물이 응축된다.
- [141] 버너(340)는 산소 탱크(280)로부터 공급받은 산소를 이용하여 스택(210)의 연료극 배가스를 연소시킨다. 참고로, 산소 탱크(280)의 산소는 역가동 고체산화물 전지(200)의 수전해 모드에서 물이 전기분해 되어 생산된 산소이다.
- [142] 예컨대, 스택(210)의 연료극 출구를 통해 나오는 배가스에는 생성물인 CO₂, H₂O와 미반응연료인 H₂, CO, CH₄를 포함하는데, H₂, CO와 같은 미반응 연료는 버너(340)에서 산소와 함께 연소되는 과정에서 CO는 CO₂가 되고, H₂는 H₂O가 된다. 이로 인해, 버너(340)의 배가스에는 CO₂와 H₂O의 비중이 높고 미반응된 소량의 H₂, CO가 남게 된다.
- [143] 제3 기수분리기(350)(water separator)는 버너(340)의 연소가스에서 수분을 분리한다.
- [144] 버너(340)의 연소가스는 기수분리기를 경유하면서 대부분의 수분이 제거되었기 때문에 이산화탄소의 비중이 매우 높아진 CO₂ rich 상태가 된다. 참고로, 버너(340)의 연소가스는 이산화탄소의 비중이 높으면서 소량의 H₂와 CO가 포함될 수도 있다. 그 소량의 H₂와 CO도 하이브리드 탱크(100)에 저장될 수 있다.
- [145] 수분이 분리된 버너(340)의 연소가스가 하이브리드 탱크(100)에 저장되기 전 압축기와 냉각기를 사용하여 수분이 분리된 연소가스의 압력을 1bar에서 75bar로 높인다. 수분이 분리된 버너(340)의 연소가스는 압축과정을 거친 후 150°C에서 25°C로 냉각시킨 뒤 하이브리드 탱크(100)에 저장된다.

- [146] 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템의 전체 효율은 64.2%이지만, 270°C에서 4.06kW 폐열을 사용하고, 100°C에서 0.3kW 폐열을 사용하며, 700°C에서 약 3.4kW의 폐열을 사용함으로써, 시스템 효율이 78%까지 향상될 수 있다.
- [147] 이상에서는 본 발명에 관한 몇 가지 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 메탄과 이산화탄소가 조절 가능한 파티션으로 분리되어 저장되는 하이브리드 탱크; 및
상기 수전해 모드에서 상기 하이브리드 탱크의 이산화탄소와 스택에서 생산된 전기를 통해 물을 전기분해하여 생산된 수소의 결합을 통해 메탄을 생산하여 상기 제1 구역으로 공급하는 메탄생성기를 포함하고, 연료전지 모드에서 상기 하이브리드 탱크의 메탄을 개질하여 상기 스택으로 공급하는 개질기를 포함하는 역가동 고체산화물 전지(rSOC를 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서,
상기 메탄생성기와 상기 스택 사이에 구비되고, 상기 스택의 수소와 상기 하이브리드 탱크의 이산화탄소를 혼합 및 압축하여 상기 메탄생성기로 공급하는 이젝터(ejector)
를 더 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서,
상기 메탄생성기의 후단에 구비되고, 상기 메탄생성기의 배가스에서 물을 분리하여 워터 탱크로 공급하는 기수분리기
를 더 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서,
상기 전기분해에 사용되기 위해 상기 기수분리기 또는 상기 워터 탱크에서 상기 스택으로 공급되는 물을 가열하는 히터
를 더 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 수전해 모드에서,
상기 물의 전기분해를 통해 생산된 산소를 공급받아 저장하는 산소 탱크
를 더 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서,
상기 스택의 배가스에 포함된 미반응 물질 중 일부는 상기 개질기로 재순환되어 개질된 후 상기 스택으로 재공급되는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.
- [청구항 7] 제5항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서,

상기 산소 탱크의 산소를 산화제로 이용하여 상기 스택의 배가스를 연소시키는 버너

를 더 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.

[청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서,
상기 버너의 연소가에서 물을 분리하는 기수분리기를 더 포함하고,
상기 기수분리기에서 분리된 물은 상기 역가동 고체산화물 전지의 상기 수전해 모드에서 사용되는 것을 특징으로 하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.

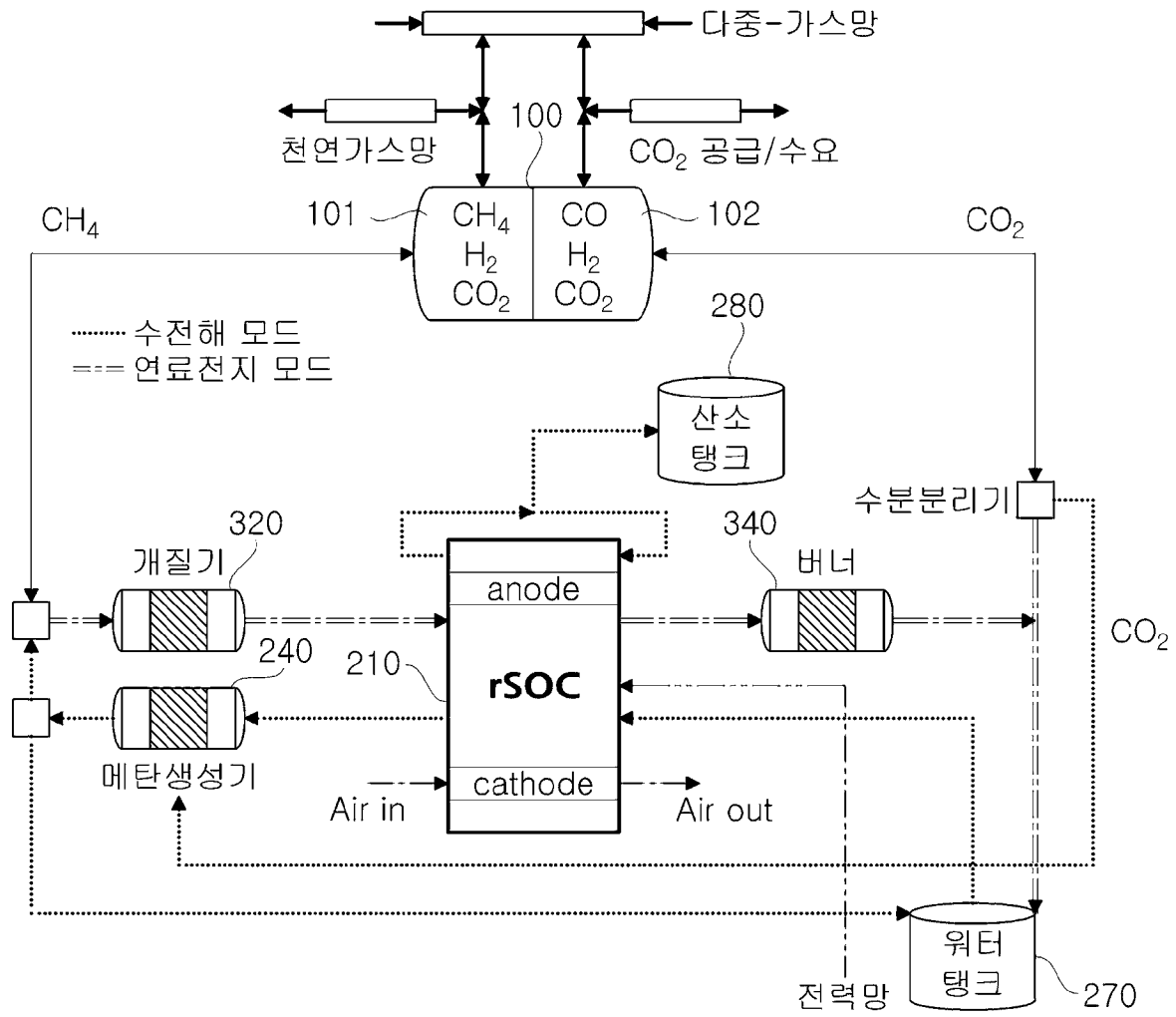
[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서,
상기 기수분리기에서 수분이 분리된 상기 버너의 배가스에 포함된 이산화탄소는 상기 하이브리드 탱크에 저장되는 것을 특징으로 하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.

[청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 역가동 고체산화물 전지는 상기 연료전지 모드에서,
상기 스택의 배가스에 포함된 미반응 물질 중 일부는 상기 스택으로 재순환되어 연료로 사용되는 것을 특징으로 하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.

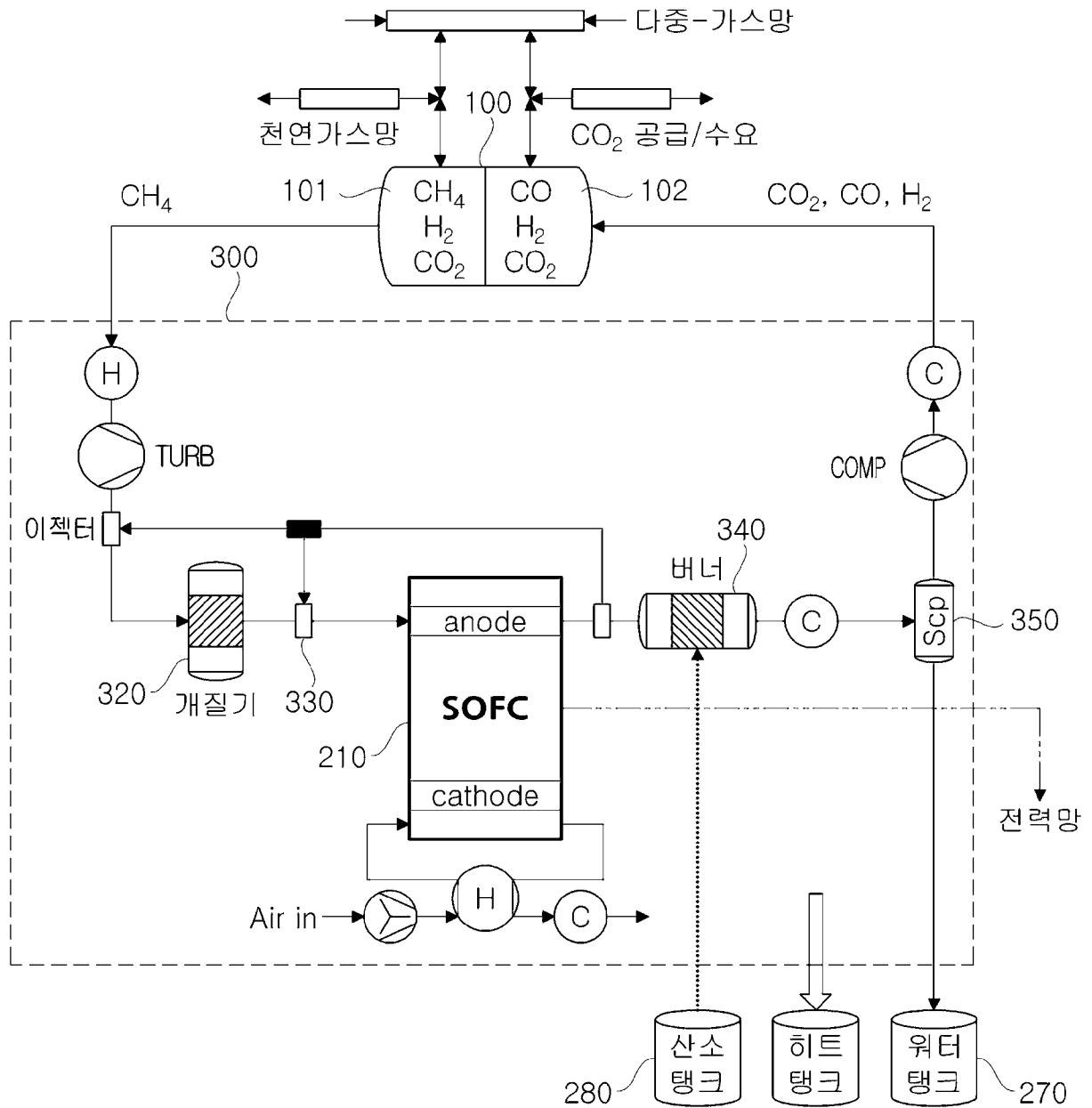
[청구항 11] 제1항에 있어서,
상기 하이브리드 탱크는,
상기 파티션의 이동을 통해 상기 메탄 및 상기이산화탄소의 저장 용량이 가변되는 것을 특징으로 하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.

[청구항 12] 제1항에 있어서,
상기 수전해 모드는 외부에서 공급된 재생 에너지를 이용하여 물을 전기분해하되,
외부 전력망 및 상기 연료전지 모드에서 생산된 전기가 임시 저장된 배터리 중 적어도 하나와 상기 재생 에너지를 이용하여 상기 수전해 모드로 공급되는 전력을 일정하게 조절하는 전력 보상기를 더 포함하는 역가동이 가능한 고체산화물 전지 시스템.

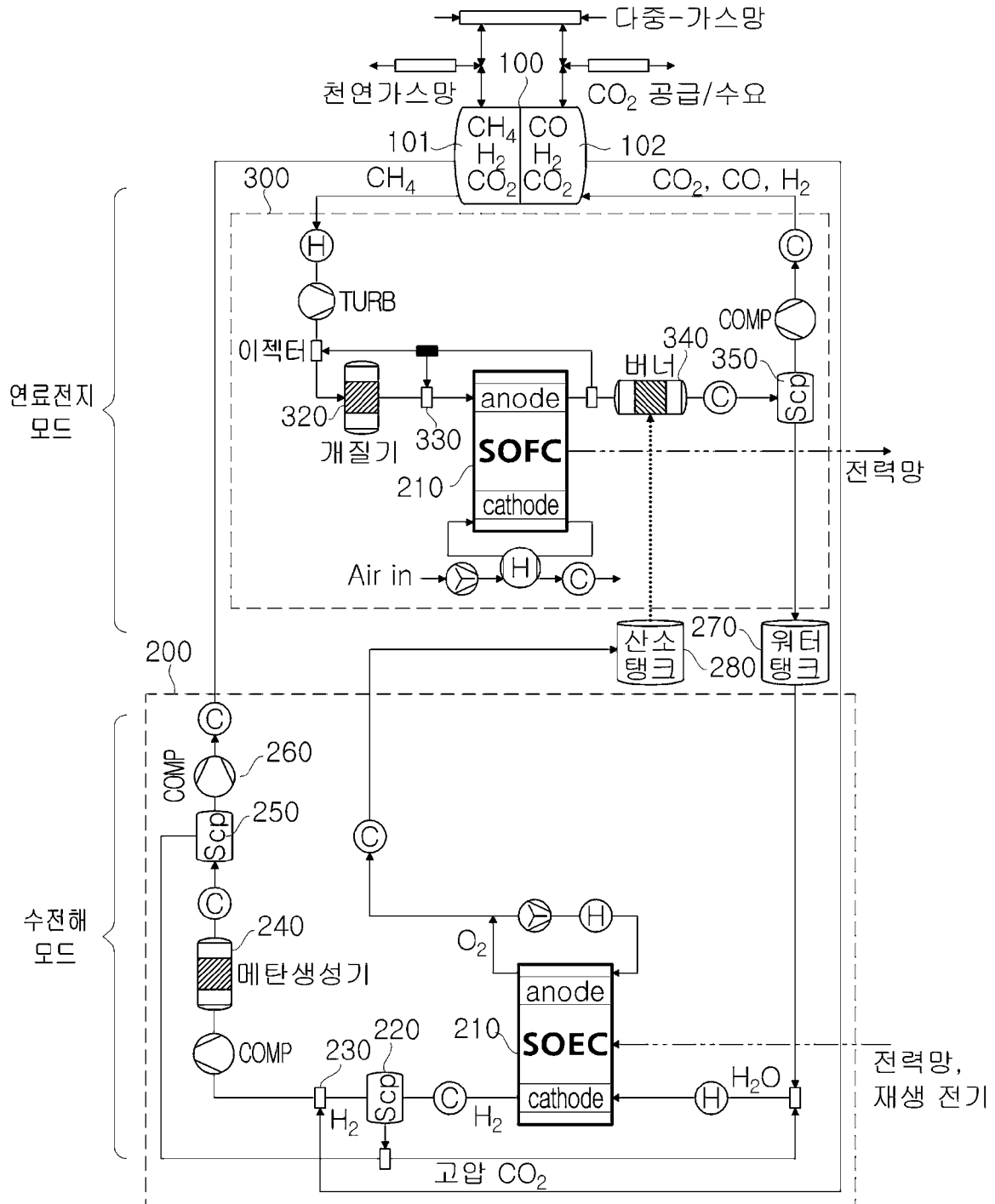
[도1]



[도3]



[도4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2024/000808

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 8/18(2006.01)i; **C25B 1/04**(2006.01)i; **C25B 5/00**(2006.01)i; **C25B 9/70**(2021.01)i; **C25B 3/26**(2021.01)i;
C25B 3/03(2021.01)i; **C25B 15/08**(2006.01)i; **C25B 9/67**(2021.01)i; **H01M 16/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M 8/18(2006.01); F22B 33/18(2006.01); F22D 1/50(2006.01); H01M 8/04(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 역가동 고체산화물 전지(reversible solid oxide electrochemical cell), 파티션(partition), 탱크(tank), 메탄(methane), 이산화탄소(carbon dioxide), 개질기(reformer), 수소(hydrogen), 물(water), 전기분해(electrolysis), 연료전지(fuel cell)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 8637197 B2 (BRAUN, R. J. et al.) 28 January 2014 (2014-01-28) See claims 1-2; columns 2-4 and 6-7; table 1; and figures 1-2.	1-12
Y	ARAVIND, P. V. et al. Identification of potentially attractive process chains for reversible solid oxide cell rSOC (systems): power to commodity and vice versa for grid stabilisation. BALANCE. 2018, Grant agreement number: 731224, pp. 1-41. See figure 7; and table 3.	1-12
A	CN 116105118 A (XIAN JIAOTONG UNIVERSITY) 12 May 2023 (2023-05-12) See entire document.	1-12
A	WENDEL, C. et al. Modeling and Design of a Novel Solid Oxide Flow Battery System for Grid-Energy Storage. 10th European SOFC Forum. 2012, chapter 9, session A11, pp. 80-90. See entire document.	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“D” document cited by the applicant in the international application
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 April 2024

Date of mailing of the international search report

24 April 2024

Name and mailing address of the ISA/KR

**Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208**

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2024/000808

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WENDEL, C. H. et al. Design and techno-economic analysis of high efficiency reversible solid oxide cell systems for distributed energy storage. Applied Energy. 2016, vol. 172, pp. 118-131. See entire document.	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2024/000808

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	8637197	B2	28 January 2014	US	2012-0251912	A1	04 October 2012
CN	116105118	A	12 May 2023	None			

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01M 8/18(2006.01)i; C25B 1/04(2006.01)i; C25B 5/00(2006.01)i; C25B 9/70(2021.01)i; C25B 3/26(2021.01)i;
C25B 3/03(2021.01)i; C25B 15/08(2006.01)i; C25B 9/67(2021.01)i; H01M 16/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01M 8/18(2006.01); F22B 33/18(2006.01); F22D 1/50(2006.01); H01M 8/04(2006.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 역가동 고체산화물 전지(reversible solid oxide electrochemical cell), 파티션(partition), 탱크(tank), 메탄(methane), 이산화탄소(carbon dioxide), 개질기(reformer), 수소(hydrogen), 물(water), 전기분해(electrolysis), 연료전지(fuel cell)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	US 8637197 B2 (BRAUN, R. J. 등) 2014.01.28 청구항 1-2; 칼럼 2-4, 6-7; 표 1; 도면 1-2	1-12
Y	ARAVIND, P. V. 등, "Identification of potentially attractive process chains for reversible solid oxide cell rSOC (systems): power to commodity and vice versa for grid stabilisation, BALANCE, 2018, 보조금 계약 번호: 731224, 페이지 1-41 도면 7; 표 3	1-12
A	CN 116105118 A (XIAN JIAOTONG UNIVERSITY) 2023.05.12 문서 전체	1-12
A	WENDEL, C. 등, "Modeling and Design of a Novel Solid Oxide Flow Battery System for Grid-Energy Storage", 10th European SOFC Forum, 2012, 챗터 9, 세션 A11, 페이지 80-90 문서 전체	1-12
A	WENDEL, C. H. 등, "Design and techno-economic analysis of high efficiency reversible solid oxide cell systems for distributed energy storage", Applied Energy, 2016, 172권, 페이지 118-131 문서 전체	1-12

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2024년04월23일(23.04.2024)

국제조사보고서 발송일

2024년04월24일(24.04.2024)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동,
정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

허주형

전화번호 +82-42-481-5373

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 8637197 B2	2014/01/28	US 2012-0251912 A1	2012/10/04
CN 116105118 A	2023/05/12	없음	