(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2025 년 4 월 3 일 (03.04.2025)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2025/071002 A1

(51) 국제특허분류:
*B01D 53/32* (2006.01) *C01B 3/34* (2006.01)
*H01M 8/0612* (2016.01) *C01B 3/38* (2006.01)
*H01M 8/0662* (2016.01) *C25B 1/04* (2006.01)
*H01M 16/00* (2006.01) *H01M 8/12* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2024/011603

(22) 국제출원일: 2024 년 8 월 6 일 (06.08.2024)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2023-0129546 2023 년 9 월 26 일 (26.09.2023) KR

(71) 출원인: 고등기술연구원연구조합 (**INSTITUTE FOR ADVANCED ENGINEERING**) [KR/KR]; 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로51번길 175-28 (KR).

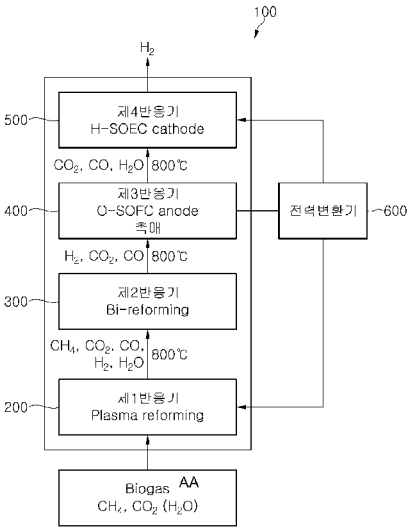
(72) 발명자: 김형래 (**KIM, Hyeongrae**); 15397 경기도 안산시 단원구 신길중앙로5길 20-14 (KR). 황상연 (**HWANG, Sangyeon**); 18476 경기도 화성시 동탄대로시범길 122, 1471동 1304호 (KR). 송형운 (**SONG, Hyoungwoon**); 17090 경기도 용인시 처인구 지삼로 590번길 9, 209동 702호 (KR). 이동규 (**LEE, Dongkyu**); 17161 경기도 용인시 처인구 양지면 용곡로 1번길 16-1, 205동 205호 (KR). 박철우 (**PARK, Cheolwoo**); 449821 경기도 용인시 처인구 양지면 남곡리 92-6 101동 301호 (KR).

(74) 대리인: 특허법인에이아이피 (**AIP PATENT & LAW FIRM**); 06239 서울특별시 강남구 테헤란로14길 30-1 (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, 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.

(54) **Title:** BIOGAS-BASED ELECTROCHEMICAL HYDROGEN EXTRACTION AND SEPARATION SYSTEM

(54) **발명의 명칭:** 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템




200 ... First reactor plasma reforming
300 ... Second reactor bi-reforming
400 ... Third reactor O-SOFC anode catalyst
500 ... Fourth reactor H-SOEC cathode
600 ... Power converter
AA ... Biogas

**(57) Abstract:** The present invention relates to a biogas-based electrochemical hydrogen extraction and separation system comprising a solid oxide fuel cell and a solid oxide water electrolysis cell, and a method for operating same. Specifically, the biogas-based electrochemical hydrogen extraction and separation system comprising a solid oxide fuel cell and a solid oxide water electrolysis cell is characterized by comprising: a fuel supply part for supplying biogas as fuel; a first reaction part for reforming the biogas supplied through the fuel supply part so as to generate a first reformed gas; a second reaction part for secondarily reforming the first reformed gas so as to generate a second reformed gas; a third reaction part for receiving the second reformed gas generated in the second reaction part and generating electricity; a fourth reaction part for receiving unreacted gas generated in the third reaction part and using the unreacted gas as fuel, and receiving steam generated in the third reaction part and generating hydrogen; and a power converter which receives the electricity generated in the third reaction part and supplies the electricity to the first reaction part and the fourth reaction part.

**(57) 요약서:** 본 발명은 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 포함하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템 및 그 운전방법에 관한 것이다. 상세하게는, 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 포함하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템에 있어서, 바이오가스를 연료로 공급하는 연료 공급부, 상기 연료 공급부를 통해 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 제1 반응부, 상기 제1 개질가스를 2 차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 제2 반응부, 상기 제2 반응부에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기를 생성하는 제3 반응부, 상기 제3 반응부에서 생성된 미반응 가스를 공급받아 연료로 사용하고, 상기 제3 반응부에서 생성된 스팀을 공급받아 수소를 생성하는 제4 반응부; 및 상기 제3 반응부에서 생성된 전기를 공급받아 상기 제1 반응부 및 제4 반응부에 전기를 공급하는 전력변환기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

WO 2025/071002 A1

[다음 쪽 계속]

(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: 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템

### 기술분야

[1] 본 발명은 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템에 관한 것이다.

[2] 상세하게는 바이오가스를 플라즈마-촉매개질하고, 이를 이용하여 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해셀을 운전하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템에 관한 것이다.

### 배경기술

[3] 최근 석유 및 천연가스 등의 기존 에너지 자원의 고갈 우려가 대두되고, 친환경적인 자원에 대한 요구가 높아짐에 따라, 새로운 대체에너지의 일환으로 연료전지에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[4] 연료전지란 물의 전기분해 역반응을 활용하는 친환경 에너지원으로, 다양한 종류의 연료전지가 개발되고 있으며, 그 중 하나로 고체산화물 연료전지(Solid oxide fuel cell, SOFE)가 있다.

[5] 고체산화물 연료전지 시스템은 전해질 역할을 하는 고체산화물, 연료인 수소가스가 공급되는 연료극 및 공기가 공급되는 공기극을 포함하는 것으로, 공기극에서 산소의 환원반응에 의해 생성된 산소이온이 전해질을 통해 연료극으로 이동하고 연료극에 공급된 수소와 반응하여 물과 전기를 생산하게 된다.

[6] 일반적으로 고체산화물 연료전지 시스템은 500 내지 800℃의 고온에서 작동하기 때문에 다른 연료전지보다 전기 효율이 높으며, 일산화탄소 등에 대한 피독현상이 없으며, 전해질의 손실, 보충 및 부식의 문제가 없다는 장점이 있다.

[7] 이때, 고체산화물 연료전지 시스템을 사용하기 위해서는 정지상태의 고체산화물 연료전지를 작동온도까지 가열시켜야 한다. 종래에는 연료전지를 작동온도까지 가열하기 위하여 외부에 별도의 버너를 구비하고, 상기 버너를 이용하여 작동온도까지 가열하는 방식을 적용하였었다. 그러나 이러한 가열방식은 고체산화물 연료전지를 작동온도까지 가열하는데 매우 오랜 시간이 걸리며 국부적인 고온으로 인해 단위 전지에 손상을 입히고, 열이 고르게 분포하지 못하여 급속 가동이 어렵다는 문제점이 있다.

[8] 한편, 연료전지 기술은 높은 효율로 인한 경제성 등을 갖는 유망한 기술이지만 수소 생산 및 그에 따른 수급 체계가 함께 구성되어야만 원활한 이용이 가능하기 때문에 수소 생산을 연계하여 생각할 수 있다.

[9] 수소 생산 기술 중 하나인 고체산화물 전기분해 셀(SOEC, Solid Oxide Electrolyzer Cell)은 고체산화물을 전해질로 이용한 전기분해 장치로서 공기극, 고체산화물 전해질층 및 연료극으로 이루어져 있다. 이때, 종래의 고체산화물 전기분해 셀의 경우 고체산화물 전해질층을 통해 산소이온을 전도하는 것으로, 반응물($H_2O$)과 생성물($H_2$)이 연료극에 함께 존재함으로서 수소 추출과정이 필수적

이며, 연료극에는 미반응 가스인 이산화탄소가 존재함으로써 부가적인 압력흡착방식(Pressure swing adsorption, PSA)분리 공정이 필요해 전체적이 효율성이 감소한다는 문제점이 있다.

## 발명의 상세한 설명

## 기술적 과제

[10] 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위하여 본 발명은 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[11] 상세하게는, 플라즈마에 의해 가열 및 개질된 바이오가스를 고체산화물 연료전지의 연료로 공급하여 물과 전기를 생성하고, 상기 생성된 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[12] 또한, 바이오가스의 직접 개질을 통해 고체산화물 연료전지 연료극의 탄소 침적을 감소시켜 장기 안정성을 유지시킬 수 있는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[13] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

## 과제 해결 수단

[14] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따르면, 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 포함하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템에 있어서, 바이오가스를 연료로 공급하는 연료 공급부, 상기 연료 공급부를 통해 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 제1 반응부, 상기 제1 개질가스를 2차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 제2 반응부, 상기 제2 반응부에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기를 생성하는 제3 반응부, 상기 제3 반응부에서 생성된 미반응 가스를 공급받아 연료로 사용하고, 상기 제3 반응부에서 생성된 스팀을 공급받아 수소를 생성하는 제4 반응부 및 상기 제3 반응부에서 생성된 전기를 공급받아 상기 제1 반응부 및 제4 반응부에 전기를 공급하는 전력변환기를 포함하는, 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공한다.

[15] 바람직하게는, 상기 제1 반응부는 플라즈마를 개질 수단으로 사용하는 제1 반응기를 더 포함하는 것으로, 상기 제1 반응기는 상기 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스 및 열원을 생성하고, 상기 제1 반응부는 상기 제2 반응부 하부에 배치되는 것일 수 있다.

[16] 바람직하게는, 상기 제1 개질가스는 메탄, 이산화탄소, 일산화탄소, 수소 및 스팀을 포함하고, 상기 제2 반응부는 상기 제1 반응부에서 생성된 제1 개질가스를 공급받아 수소, 이산화탄소 및 일산화탄소를 포함하는 제2 개질가스로 개질하는 것일 수 있다.

[17] 바람직하게는, 상기 제2 반응부는 촉매가 배치되어 상기 제1 개질가스와 반응하는 것으로, 상기 촉매는 Ni-페로브스카이트를 포함하는 것일 수 있다.

[18] 바람직하게는, 상기 제3 반응부는 상기 제2 개질가스를 공급받아 전기 및 물을 생성하는 것으로, 상기 제2 개질가스 내 수소가 산화되어 전자와 수소이온을 생성하는 제1 연료극, 상기 제1 연료극으로부터 전자를 전달받고 외부공기와 반응하여 산소이온을 생성하는 제1 공기극, 상기 제1 공기극으로부터 산소이온을 전달받아 상기 제1 연료극에 공급하는 제1 고체 전해질층 및 상기 제1 공기극 상부에 공기가 유입되는 공기 유입부 및 미반응 공기가 배출되는 공기 배출부를 포함하는 것일 수 있다.

[19] 바람직하게는, 상기 제4 반응부는 상기 제3 반응부로부터 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스, 열 및 물을 공급받아 수소를 생산하는 것으로, 상기 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스를 연료로 사용하고 스팀을 전기분해하여 양이온, 산소 및 전자로 분리하는 제2 공기극, 상기 제2 공기극으로부터 양이온을 제2 연료극으로 전달하는 제2 고체 전해질층, 상기 제2 공기극으로부터 전달받은 양이온 및 전자가 반응하여 수소를 생성하는 제2 연료극 및 상기 제2 연료극에서 생성된 수소를 외부로 배출하는 수소 배출부를 포함하는 것일 수 있다.

[20] 바람직하게는, 상기 제1 반응부에서 생성된 고온의 발생열로 상기 제2 반응부, 제3 반응부 및 제4 반응부를 예열하는 것일 수 있다.

[21] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법에 있어서, 바이오가스를 연료로 공급하는 연료 공급단계, 상기 연료 공급부를 통해 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 제1 개질단계, 상기 제1 개질가스를 2차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 제2 개질단계, 상기 제2 개질단계에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기를 생성하는 전기생성단계 및 상기 전기생성단계에서 생성된 미반응 가스를 공급받아 연료로 사용하고, 상기 전기생성단계에서 생성된 스팀을 공급받아 수소를 생성하는 수소생성단계를 포함하고, 상기 전기생성단계에서 생성된 전기는 상기 제1 개질단계 및 수소생성단계에 공급하는 것인, 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법을 제공한다.

[22] 바람직하게는, 상기 제1 개질단계는 개질 수단으로 플라즈마를 가하여 제1 개질가스를 생성하는 것으로, 상기 제1 개질가스는 수소, 물 및 미반응가스(일산화탄소, 이산화탄소)를 포함하는 것일 수 있다.

[23] 바람직하게는, 상기 제2 개질단계는 상기 제1 개질가스를 기능성 촉매층에 공급하여 제2 개질가스를 생성하는 것으로, 상기 제2 개질가스는 수소 및 미반응가스(일산화탄소, 이산화탄소)를 포함하는 것일 수 있다.

[24] 바람직하게는, 전기생성단계는 제2 개질가스를 공급받아 전기 및 물을 생성하는 것으로, 제1 연료극에서 제2 개질가스 내 수소가 산화되어 전자와 수소이온이 형성되고, 제1 공기극에서 상기 제1 연료극으로부터 전자를 전달받고 외부공기

와 반응하여 산소이온을 생성하며, 상기 산소이온은 제1 고체 전해질층을 통해 제1 공기극으로부터 제1 연료극으로 전달되고, 상기 제1 연료극으로 전달된 산소이온은 상기 수소이온과 반응하여 물을 형성하는 것일 수 있다.

[25] 바람직하게는, 수소생성단계는 전기생성단계에서 형성된 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스, 열 및 물을 공급받아 수소를 생산하는 것으로, 제2 공기극에서 상기 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스 연료로 사용하고 스팀을 전기분해하여 양이온, 산소 및 전자로 분리하고, 제2 고체 전해질층을 통해 제2 공기극으로부터 형성된 양이온을 제2 연료극으로 전달하며, 제2 연료극에서 상기 제2 공기극에서 전달받은 양이온 및 전자가 반응하여 수소를 생성하는 것일 수 있다.

## 발명의 효과

[26] 본 발명은 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공하는 효과가 있다.

[27] 상세하게는, 플라즈마에 의해 가열 및 개질된 바이오가스를 고체산화물연료전지의 연료로 공급하여 물과 전기를 생성하고, 상기 생성된 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공하는 효과가 있다.

[28] 또한, 바이오가스의 직접 개질을 통해 고체산화물 연료전지 연료극의 탄소 침적을 감소시켜 장기 안정성을 유지시킬 수 있는 효과가 있다.

[29] 또한, 재생가능한 자원인 바이오가스를 연료로 사용함에 따라 자원 재사용 및 에너지 효율성을 높이는 효과가 있다.

[30] 또한, 외부버너를 사용하지 않고 플라즈마의 고온 발생열을 이용하여 개질 및 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 운전함에 따라 에너지 손실을 줄이고 에너지 효율성을 높이는 효과가 있다.

[31] 본 발명의 적용 가능성의 추가적인 범위는 이하의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나 본 발명의 사상 및 범위 내에서 다양한 변경 및 수정은 당업자에게 명확하게 이해될 수 있으므로, 상세한 설명 및 본 발명의 바람직한 실시예와 같은 특정 실시예는 단지 예시로 주어진 것으로 이해되어야 한다.

## 도면의 간단한 설명

[32] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 나타내는 개략도이다.

[33] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 구성도이다.

[34] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 온도분포를 나타낸 구성도이다.

## 발명의 실시를 위한 최선의 형태

[35] 본 발명의 목적과 기술적 구성 및 그에 따른 작용 및 효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 명세서에 첨부된 도면에 의거한 상세한 설명에 의해 보다 명확하게 이해될 것이다.

[36] 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용되는 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 예컨대, 본 명세서에서 어떤 구성요소를 '포함'한다고 하는 것은 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[37]

[38] 본 발명은 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템 및 그 운전방법에 관한 것이다.

[39] 상세하게는, 본 발명은 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 포함하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템에 있어서, 바이오가스를 연료로 공급하는 연료 공급부, 상기 연료 공급부를 통해 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 제1 반응부, 상기 제1 개질가스를 2차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 제2 반응부, 상기 제2 반응부에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기를 생성하는 제3 반응부, 상기 제3 반응부에서 생성된 미반응 가스를 공급받아 연료로 사용하고, 상기 제3 반응부에서 생성된 스팀을 공급받아 수소를 생성하는 제4 반응부 및 상기 제3 반응부에서 생성된 전기를 공급받아 상기 제1 반응부 및 제4 반응부에 전기를 공급하는 전력변환기를 포함하는, 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템 바이오가스를 플라즈마-촉매 개질하고, 이를 이용하여 고체산화물연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 운전하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템에 관한 것이다.

[40] 또한, 본 발명은 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법에 있어서, 바이오가스를 연료로 공급하는 연료 공급단계, 상기 연료 공급부를 통해 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 제1 개질단계, 상기 제1 개질가스를 2차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 제2 개질단계, 상기 제2 개질단계에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기를 생성하는 전기생성단계 및 상기 전기생성단계에서 생성된 미반응 가스를 공급받아 연료로 사용하고, 상기 전기생성단계에서 생성된 스팀을 공급받아 수소를 생성하는 수소생성단계를 포함하고, 상기 전기생성단계에서 생성된 전기는 상기 제1 개질단계 및 수소생성단계에 공급하는 것인, 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법에 관한 것이다.

## 발명의 실시를 위한 형태

[41] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명한다. 이하에서 설명되는 실시예들은 본 발명의 기술사상을 당업자가 용이하게 이해할 수 있도록 제공되는 것으로서, 이에 의하여 본 발명이

한정되는 것으로 해석되어서는 안 되며, 본 발명의 실시예들은 이 분야의 통상의 기술자에게 다양한 응용을 가질 수 있음은 당연하다.

[42] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 나타내는 개략도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 구성도이다.

[43] 도 1 및 도 2를 참고하면, 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템(100)은 연료 공급부(110), 제1 반응부(200), 제2 반응부(300), 제3 반응부(400), 제4 반응부 및 전력변환기(600)를 포함하도록 구성될 수 있다.

[44] 상기 연료 공급부(110)는 제1 반응부(200)의 측면에 배치되는 것으로, 상기 제1 반응부(200)에 연료를 공급할 수 있다. 상기 연료는 알코올계 연료, 탄화수소계 연료, 천연가스계 연료 및 바이오 가스와 같이 수소를 함유하는 연료를 공급할 수 있는 것으로, 상세하게는 메탄($CH_4$) 및 이산화탄소($CO_2$)를 포함하는 바이오가스를 공급하는 것이 바람직하다.

[45] 상기 제1 반응부(200)는 상기 연료 공급부(110)로부터 공급받은 연료를 개질하여 1차 개질가스 및 열원을 생성하는 개질장치이다. 상기 1차 개질가스는 수소, 이산화탄소, 일산화탄소 등을 포함하며, 반응이 되지 않은 미반응 가스(메탄, $CH_4$)를 포함 수 있다.

[46] 이때, 상기 연료를 개질하여 개질가스를 생성하기 위하여 플라즈마를 개질 수단으로 사용하는 것으로, 상기 제1 반응부(200)는 플라즈마 반응기일 수 있으며, 상기 개질 수단은 아크 플라즈마일 수 있다. 또한, 상기 연료는 플라즈마를 개질 수단으로 사용하여 개질함에 따라 가열되는 것으로, 상기 개질가스의 온도는 500 내지 900℃일 수 있다.

[47] 또한, 상기 제1 반응기(200)는 후술하는 제2 반응부(300)의 하부에 배치된다. 상기 제1 반응부(200)에서 연료의 개질 통해 생성된 미반응 가스를 포함하는 개질가스 및 반응에 따라 생성된 고온의 발생열은 유로를 따라 상기 제2 반응부(300), 제3 반응부(400) 및 제4 반응부(500)를 예열하는 것이 바람직하다.

[48] 상기 제2 반응부(300)는 상기 제1 반응기(200)로부터 공급된 1차 개질가스를 2차 개질하는 것으로, 상기 2차 개질가스는 수소 및 미반응가스인 이산화탄소와 일산화탄소를 포함할 수 있다.

[49] 상세하게는, 상기 제2 반응부(300)는 제1 반응부(200)로부터 공급되는 미반응 가스를 포함하는 제1 개질가스와 촉매 하에 메탄개질반응을 수행하여 2차 개질가스를 생성하는 것으로, 상기 메탄개질반응을 수행하기 위하여 600 내지 900℃의 반응열을 필요로 한다. 이때, 상기 제1 반응부(200)로부터 공급되는 제1 개질가스의 온도가 500 내지 900℃이므로, 별도의 열 공급 장치 없이 메탄개질반응을 수행할 수 있다.

[50] 이때, 상기 촉매는 탄소 침적저항성 및 산화반응에 뛰어난 Ni-페로브스카이트(perovskite)와 같은 촉매를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 페로브스카이트 촉매는 Ni-BZY(Yttria-doped barium zirconate)일 수 있다.

[51] 상기 제3 반응부(400)는 제2 반응부(300)에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기 및 물을 생성하는 것으로, 제1 연료극(410), 제1 고체 전해질층(420) 및 제1 공기극(430)을 포함하는 고체 산화물 연료전지 일 수 있다. 이때, 상기 제1 연료극(410), 제1 고체 전해질층(420) 및 제1 공기극(430)을 실링하는 실링재(440)를 더 포함할 수 있고, 상기 실링재(440)에 의해 공기 및 수소의 접촉을 방지하여 산화-환원 분위기를 조성할 수 있다.

[52] 상기 제1 연료극(410)은 상기 제2 개질가스 내 수소가 산화되어 전자와 물을 생성하고, 상기 제1 공기극(430)은 상기 제1 연료극(410)으로부터 전자를 전달받고 외부공기와 반응하여 산소이온을 생성한다. 상기 제1 연료극(410) 및 제1 공기극(430)에서 이루어지는 반응은 아래 화학 반응식 1과 같다.

[53] 화학 반응식 1.

[54] 제1 연료극: $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$

[55] 제1 공기극: $1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

[56] 또한, 상기 제1 공기극(430)으로 공기를 공급하기 위하여 공기 유입부(450)가 배치될 수 있으며, 상기 제1 공기극(430)에서 반응하지 않은 미반응 공기 및 질소를 배출시키기 위하여 공기 배출부(460)가 배치될 수 있다. 이때, 상기 제1 공기 유입부(450)를 통해 유입되는 공기의 온도는 25℃이나, 반응에 의하여 외부로 배출되는 공기의 온도는 약 800℃일 수 있다.

[57] 상기 제1 고체 전해질층(420)은 상기 제1 공기극(430)으로부터 산소이온을 전달받아 상기 제1 연료극(410)에 공급하는 것으로, 700 내지 900℃에서 산소이온의 전도가 원활하게 이루어지게 하기 위하여 산소이온전도체를 배치하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 제1 고체 전해질층(430)은 YSZ(Yttria-stabilized Zirconia) 또는 GDC(Gadolinia-doped ceria)를 사용하는 것이 바람직하다.

[58] 한편, 상기 제1 연료극(410)으로 전달된 산소이온과 상기 수소이온이 반응하여 물($H_20$, Steam)이 생성되며, 상기 물은 미반응 가스(이산화탄소, 일산화탄소)와 함께 제4 반응부(500)로 공급되는 것이 바람직하다. 이때, 상기 제1 연료극(410)에서 산소이온과 수소이온이 반응함에 따라 700 내지 900℃의 반응열이 발생하며, 상기 생성된 열이 상기 제4 반응부(500)로 공급되는 것이 바람직하다.

[59] 상기 제4 반응부(500)는 상기 제3 반응부(400)로부터 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응가스, 열 및 물을 공급받아 수소를 생산하며, 제2 공기극(510), 제2 고체 전해질층(520) 및 제2 연료극(530)을 포함하는 고체산화물 수전해 셀 일 수 있다. 이때, 상기 제2 연료극(510), 제2 고체 전해질층(520) 및 제2 공기극(530)을 실링하는 실링재(540)를 더 포함할 수 있고, 상기 실링재(540)에 의해 공기 및 수소의 접촉을 방지하여 산화-환원 분위기를 조성할 수 있다.

[60] 종래의 고체산화물 수전해 셀의 경우 반응물(물)과 생성물(수소)이 연료극에 함께 존재하기 때문에, 생성된 수소를 분리하기 위하여 수소 추출 과정이 필수적이었다.

[61] 또한, 연료극에는 미반응 가스인 이산화탄소가 존재함으로써 부가적인 압력흡착방식(Pressure swing adsorption, PSA)분리 공정이 필요해 전체적이 효율성이 감소한다는 문제점이 있다. 이에, 본 발명의 고체산화물 수전해 셀은 프로톤 고체산화물 수전해 셀을 적용하는 것이 바람직하다.

[62] 상세하게는, 상기 제2 공기극(510)은 상기 제3 반응부(400)에서 공급되는 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스를 연료로 사용하고, 물($H_20$, Steam)을 전기분해하여 양이온, 산소 및 전자로 분리하며, 제2 연료극(510)에서는 수소를 생산한다. 상기 제2 연료극(510) 및 제2 공기극(530)에서 이루어지는 반응은 아래 화학 반응식 2와 같다.

[63] 화학 반응식 2.

[64] 제2 연료극: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

[65] 제2 공기극: $H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- + 1/2O_2$

[66] 또한, 상기 제2 고체 전해질층(520)은 상기 제2 공기극(510)으로부터 양이온을 제2 연료극(530)으로 전달한다. 상기 고체 전해질층(520)은 500 내지 700℃에서 양이온의 전도가 원활하게 이루어지게 하기 위하여 양이온전도체를 배치하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 제2 고체 전해질층(530)은 BCY(Yttria-doped barium cerate)나 BZY(Yttria-doped barium zirconate)를 사용하는 것이 바람직하다.

[67] 상세하게는, 상기 제2 연료극(530)은 상기 제2 공기극(510)으로부터 전달받은 양이온 및 전자가 반응하여 수소를 생성할 수 있다. 이때, 상기 생성된 수소를 회수하기 위하여 상기 제2 연료극(530) 상부에 수소 배출부(560)가 배치되는 것이 바람직하다.

[68] 상기 제2 연료극(530)에서 수소가 생성됨에 따라 반응물($H_2O$)이 공급되는 위치와 생성물($H_2$)이 회수되는 위치가 달라 별도의 수소 추출과정을 수행하지 않아도 되며, 미반응 가스인 이산화탄소를 제거하기 위한 부가적인 분리공정을 수행하지 않아도 되어 공정의 효율성을 향상시키는 효과가 있다.

[69] 본 발명에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템은 가스 배출부(120)를 더 포함한다. 상기 제4 반응부(400)에서 반응하지 않은 일산화탄소 및 이산화탄소, 산소를 포함하는 미반응 가스를 유로를 따라 가스 배출부(120)를 통해 외부로 배출할 수 있다.

[70] 한편, 상기 제3 반응부(400) 및 제4 반응부(500)는 각각을 적층하고 전기적으로 연결하여 모듈형태의 스택킹을 형성할 수 있다. 상세하게는, 상기 제3 반응부(400)를 복수개 적층하여 전기적으로 연결하고, 제4 반응부(500)를 복수개 적층하여 전기적으로 연결함으로써 모듈형태의 스택킹을 형성할 수 있다. 이때, 상기 제3 반응부(400) 및 제4 반응부(500)에서 생성된 반응열은 유로를 통해 제1 반응부(200) 및 제2 반응부(300)로 재공급하여 최적화된 열 회수 시스템을 형성할 수 있다.

[71] 상기 전력변환기(600)는 제3 반응부(300)에서 생성된 전기를 공급받아 상기 제1 반응부(200) 및 제4 반응부(500)에 전기를 공급할 수 있다. 상세하게는, 제 1 반응부(200)에서 플라즈마 반응 시 전기가 필요하므로, 상기 제3 반응부(300)에서 생성된 전기를 전력변환기(600)를 통해 공급함에 따라 플라즈마 개질반응을 수행할 수 있다. 또한, 상기 제3 반응부(300)에서 생성된 전기를 전력변환기(600)를 통해 상기 제4 반응부(500)에 전기를 공급함에 따라 전기분해를 수행할 수 있다.

[72] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 온도분포를 나타낸 구성도이다.

[73] 하기에서는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법 및 운전에 따른 반응온도 분포에 대하여 설명하도록 한다.

[74] 상기 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템(100)을 운전하기 위하여 연료 공급단계, 제1 개질단계, 제2 개질단계 및 전기생성단계 및 수소생성단계를 포함하도록 구성될 수 있다.

[75] 상기 연료 공급단계는 제1 반응부(200)에 연료를 공급하는 것으로, 연료 공급부(110)를 통해 바이오 가스를 연료로 공급할 수 있다. 이때, 상기 제1 반응부(200)에 공급되는 연료의 온도는 실온인 것이 바람직하다.

[76] 상기 제1 개질단계는 연료 공급부(110)로부터 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 것으로, 상기 제1 개질단계는 개질 수단으로 플라즈마를 가하여 제1 개질가스를 생성할 수 있다. 이때, 상기 제1 개질가스는 수소, 물, 및 미반응 가스(일산화탄소, 이산화탄소)를 함께 포함할 수 있다. 또한, 상기 제1 개질단계를 수행함에 따라 반응열이 형성된다. 상기 반응열은 800 내지 900℃이며, 상기 반응열은 유로를 따라 상기 제2 반응부(300), 제3 반응부(400) 및 제4 반응부(500)로 공급되어 각 반응부를 예열할 수 있다.

[77] 상기 제2 개질단계는 상기 제1 개질가스를 2차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 것으로, 상기 제1 개질가스를 촉매를 포함하는 제2 반응부(300)에 공급하여 메탄개질반응을 통해 제2 개질가스를 생성할 수 있다. 이때, 상기 제2 개질가스는 수소이며, 미반응 가스를 함께 포함할 수 있다. 또한, 상기 제2 개질단계를 수행함에 따라 반응열이 형성된다. 상기 반응열은 약 800℃정도이며, 제2 개질가스와 함께 상기 제3 반응부(400)로 공급되는 것이 바람직하다.

[78] 상기 전기생성단계는 상기 제2 개질가스를 공급받아 전기화학반응에 의해 전기 및 물을 생성할 수 있다. 상세하게는, 상기 제1 연료극(410)에 공급된 수소는 산화되어 전자와 수소이온이 형성된다. 제1 공기극(430)은 상기 제1 연료극(410)으로부터 전자를 전달받고 외부공기와 반응하여 산소이온을 생성하며, 상기 산소이온은 제1 고체 전해질층(420)을 통해 제1 공기극(430)으로부터 제1 연료극(410)으로 전달되고 상기 수소이온과 반응하여 물을 형성할 수 있다. 이때, 반응에 의해 형성된 전기는 전력변환기(600)로 공급된다. 공급된 전기는 제1 반응부(200) 및 제4 반응부(500)로 공급하는 것이 바람직하며, 생성되는 전기가 많은 경우 별도의 외부저장장치에 저장할 수 있다. 또한, 상기 전기생성단계를 수행하는

경우 약 800℃의 반응열이 발생하는 것으로, 상기 반응열이 제4 반응부(500)로 공급되어 수소생성단계 수행시 반응열로 이용되는 것이 바람직하다.

[79] 상기 수소생성단계는 상기 전기생성단계에서 형성된 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스, 열 및 물을 공급받아 수소를 생산할 수 있다.

[80] 상세하게는, 상기 제2 공기극(510)에서 상기 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스 연료로 사용하고, 물(스팀)을 전기분해하여 양이온, 산소 및 전자로 분리한다. 상기 제2 고체 전해질층(520)을 통해 제2 공기극(510)으로부터 형성된 양이온을 제2 연료극(530)으로 전달하며, 상기 제2 연료극(530)에서 상기 제2 공기극(510)에서 전달받은 양이온 및 전자가 반응하여 수소를 생성할 수 있다. 이때, 생성된 수소는 수소 배출부(560)를 통해 회수하는 것이 바람직하다.

[81] 한편, 본 발명에 따른 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템은 가스 배출부(120)를 더 포함한다. 상기 제4 반응부(400)에서 반응하지 않은 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스를 유로를 따라 가스 배출부(120)를 통해 외부로 배출할 수 있다. 이때, 외부로 배출되는 미반응가스의 온도는 약 600℃정도 일 수 있다.

[82] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공하는 효과가 있다.

[83] 상세하게는, 플라즈마에 의해 가열 및 개질된 바이오가스를 고체산화물연료전지의 연료로 공급하여 물과 전기를 생성하고, 상기 생성된 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템을 제공하는 효과가 있다.

[84] 또한, 바이오가스의 직접 개질을 통해 고체산화물 연료전지 연료극의 탄소 침적을 감소시켜 장기 안정성을 유지시킬 수 있는 효과가 있다.

[85] 또한, 재생가능한 자원인 바이오가스를 연료로 사용함에 따라 자원 재사용 및 에너지 효율성을 높이는 효과가 있다.

[86] 또한, 외부버너를 사용하지 않고 플라즈마의 고온 발생열을 이용하여 개질을 수행하고, 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 운전함에 따라 에너지 손실을 줄이고 에너지 효율성을 높이는 효과가 있다.

[87] 본 명세서에서는 본 발명자들이 수행한 다양한 실시예 가운데 몇 개의 예만을 들어 설명하는 것이나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정하거나 제한되지 않고, 당업자에 의해 변형되어 다양하게 실시될 수 있음은 물론이다.

[88] [부호의 설명]

[89] 110: 연료 공급부, 120: 가스 배출부

[90] 200: 제1 반응부,

[91] 300: 제2 반응부

[92] 400: 제3 반응부, 410: 제1 연료극, 420: 제1 고체 전해질층, 430: 제1 공기극, 440: 실링재, 450: 공기 유입부, 460: 공기 배출부

[93] 500: 제4 반응부, 510: 제2 공기극, 520: 제2 고체 전해질층, 530: 제2 연료극, 540: 실링재, 560: 수소 배출부

# 청구범위

[청구항 1] 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해 셀을 포함하는 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템에 있어서,
바이오가스를 연료로 공급하는 연료 공급부;
상기 연료 공급부를 통해 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 제1 반응부;
상기 제1 개질가스를 2차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 제2 반응부;
상기 제2 반응부에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기를 생성하는 제3 반응부;
상기 제3 반응부에서 생성된 미반응 가스를 공급받아 연료로 사용하고,
상기 제3 반응부에서 생성된 스팀을 공급받아 수소를 생성하는 제4 반응부; 및
상기 제3 반응부에서 생성된 전기를 공급받아 상기 제1 반응부 및 제4 반응부에 전기를 공급하는 전력변환기;를 포함하는,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 제1 반응부는 플라즈마를 개질 수단으로 사용하는 제1 반응기를 더 포함하고,
상기 제1 반응기는 상기 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스 및 열원을 생성하고,
상기 제1 반응부는 상기 제2 반응부 하부에 배치되는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 제1 개질가스는 메탄, 이산화탄소, 일산화탄소, 수소 및 스팀을 포함하고,
상기 제2 반응부는 상기 제1 반응부에서 생성된 제1 개질가스를 공급받아 수소, 이산화탄소 및 일산화탄소를 포함하는 제2 개질가스로 개질하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템.

[청구항 4] 제3항에 있어서,
상기 제2 반응부는 촉매가 배치되어 상기 제1 개질가스와 반응하고,
상기 촉매는 Ni-페로브스카이트를 포함하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템.

[청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 제3 반응부는 상기 제2 개질가스를 공급받아 전기 및 물을 생성하고,
상기 제3 반응부는,

상기 제2 개질가스 내 수소가 산화되어 전자와 수소이온을 생성하는 제1 연료극;
상기 제1 연료극으로부터 전자를 전달받고 외부공기와 반응하여 산소이온을 생성하는 제1 공기극;
상기 제1 공기극으로부터 산소이온을 전달받아 상기 제1 연료극에 공급하는 제1 고체 전해질층;
상기 제1 공기극 상부에 공기가 유입되는 공기 유입부; 및
미반응 공기가 배출되는 공기 배출부;를 포함하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 제4 반응부는 상기 제3 반응부로부터 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스, 열 및 물을 공급받아 수소를 생산하고,
상기 제4 반응부는,
상기 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스를 연료로 사용하고 스팀을 전기분해하여 양이온, 산소 및 전자로 분리하는 제2 공기극;
상기 제2 공기극으로부터 양이온을 제2 연료극으로 전달하는 제2 고체 전해질층;
상기 제2 공기극으로부터 전달받은 양이온 및 전자가 반응하여 수소를 생성하는 제2 연료극; 및
상기 제2 연료극에서 생성된 수소를 외부로 배출하는 수소 배출부;를 포함하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템.

[청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 제1 반응부에서 생성된 고온의 발생열로 상기 제2 반응부, 제3 반응부 및 제4 반응부를 예열하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템.

[청구항 8] 바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법에 있어서,
바이오가스를 연료로 공급하는 연료 공급단계;
상기 연료 공급부를 통해 공급된 바이오가스를 개질하여 제1 개질가스를 생성하는 제1 개질단계;
상기 제1 개질가스를 2차 개질하여 제2 개질가스를 생성하는 제2 개질단계;
상기 제2 개질단계에서 생성된 제2 개질가스를 공급받아 전기를 생성하는 전기생성단계; 및
상기 전기생성단계에서 생성된 미반응 가스를 공급받아 연료로 사용하고, 상기 전기생성단계에서 생성된 스팀을 공급받아 수소를 생성하는 수소생성단계; 를 포함하고,

상기 전기생성단계 생성된 전기는 상기 제1 개질단계 및 수소생성단계에 공급하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법.

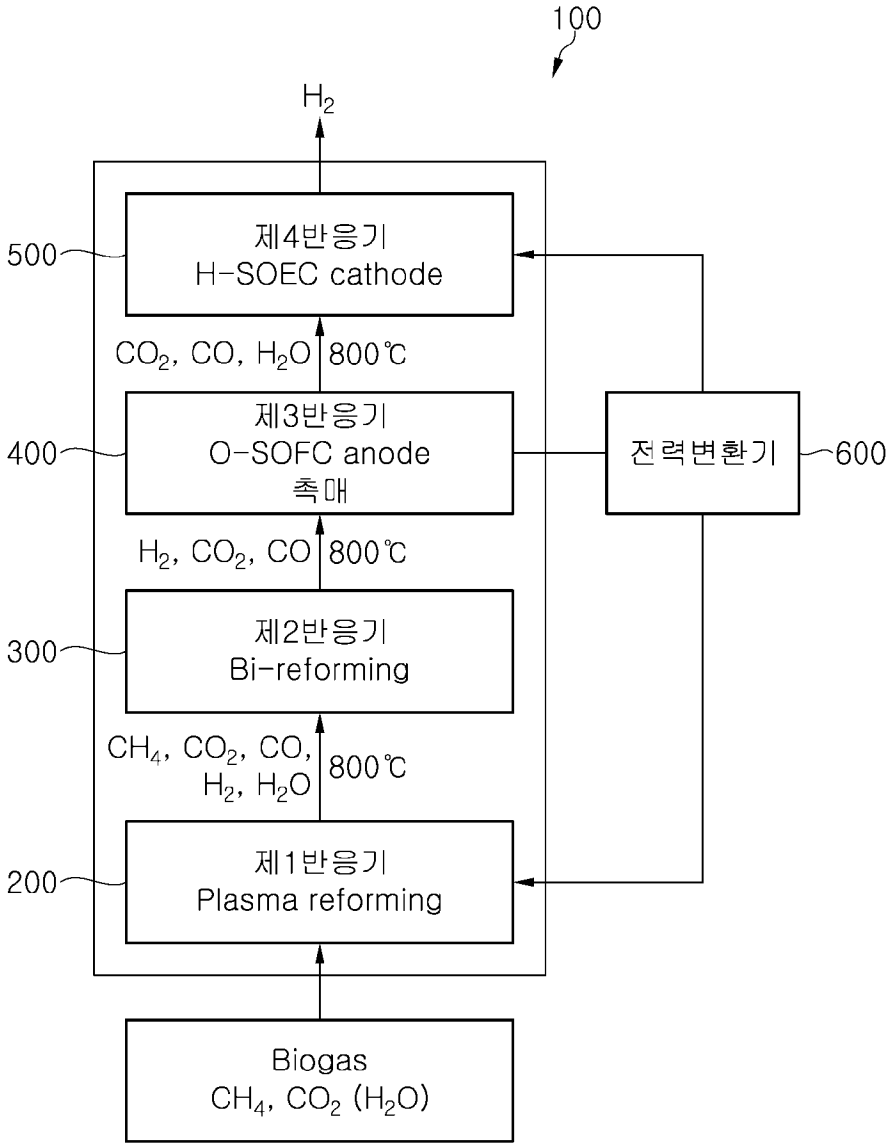
[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 제1 개질단계는 개질 수단으로 플라즈마를 가하여 제1 개질가스를 생성하고,
상기 제1 개질가스는 수소, 물 및 미반응가스(일산화탄소, 이산화탄소)를 포함하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법.

[청구항 10] 제9항에 있어서,
상기 제2 개질단계는 상기 제1 개질가스를 기능성 촉매층에 공급하여 제2 개질가스를 생성하고,
상기 제2 개질가스는 수소 및 미반응가스(일산화탄소, 이산화탄소)를 포함하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법.

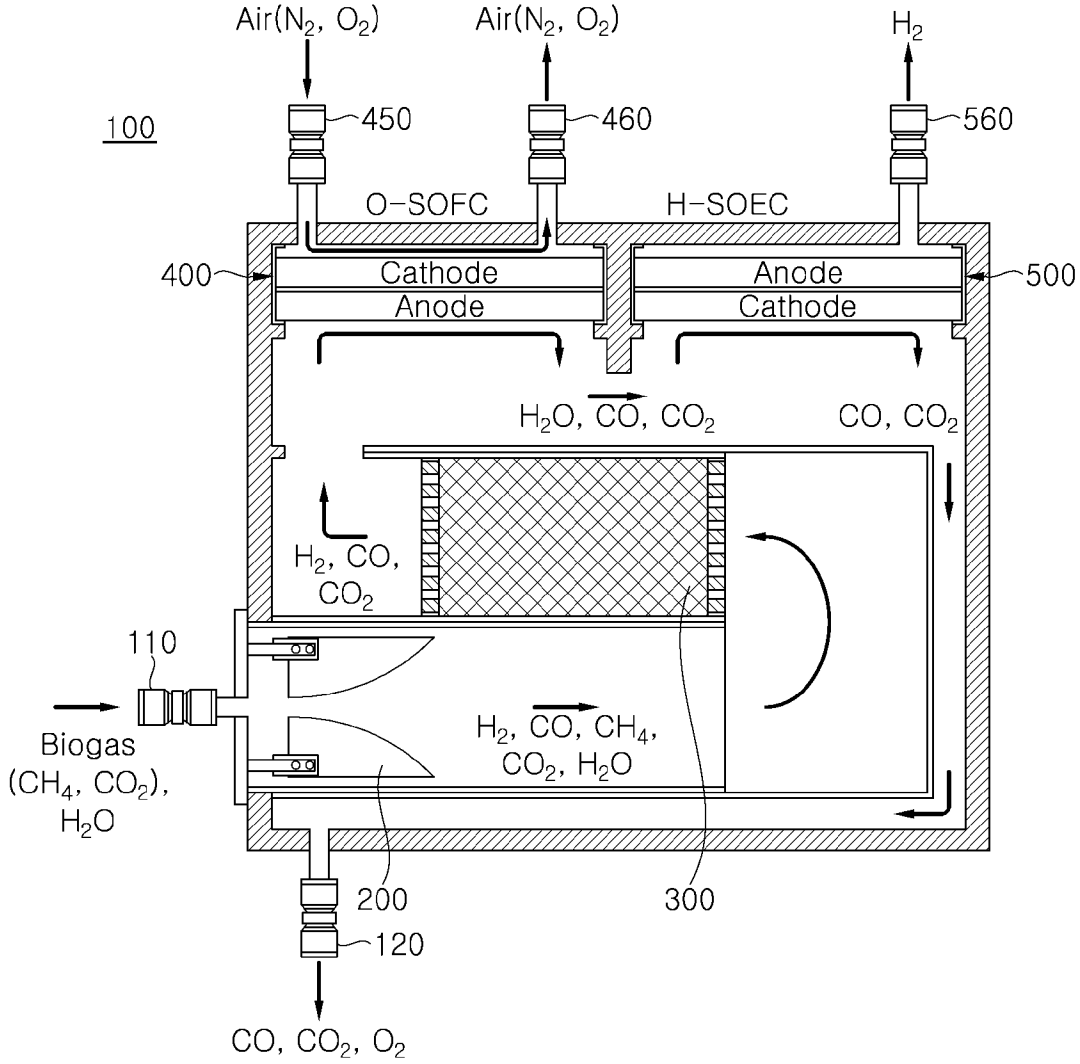
[청구항 11] 제8항에 있어서,
전기생성단계는 제2 개질가스를 공급받아 전기 및 물을 생성하고,
제1 연료극에서 제2 개질가스 내 수소가 산화되어 전자와 수소이온이 형성되고,
제1 공기극에서 상기 제1 연료극으로부터 전자를 전달받고 외부공기와 반응하여 산소이온을 생성하며,
상기 산소이온은 제1 고체 전해질층을 통해 제1 공기극으로부터 제1 연료극으로 전달되고,
상기 제1 연료극으로 전달된 산소이온은 상기 수소이온과 반응하여 물을 형성하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법.

[청구항 12] 제11항에 있어서,
수소생성단계는 전기생성단계에서 형성된 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스, 열 및 물을 공급받아 수소를 생산하고,
제2 공기극에서 상기 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 미반응 가스를 연료로 사용하고 스팀을 전기분해하여 양이온, 산소 및 전자로 분리하고,
제2 고체 전해질층을 통해 제2 공기극으로부터 형성된 양이온을 제2 연료극으로 전달하며,
제2 연료극에서 상기 제2 공기극에서 전달받은 양이온 및 전자가 반응하여 수소를 생성하는 것인,
바이오가스 기반 전기화학적 수소추출분리 시스템의 운전방법.

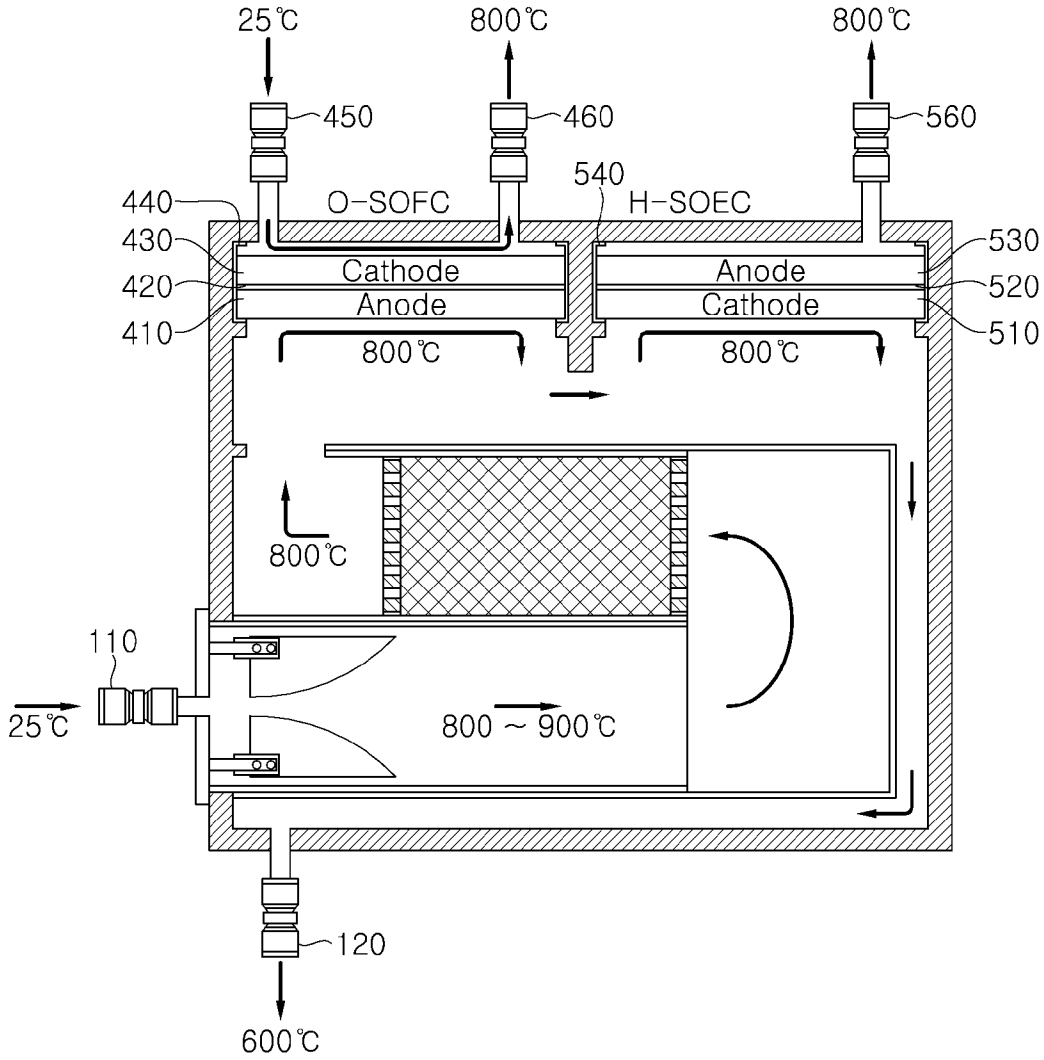
[도1]


100
$H_2$
500
제4반응기
H-SOEC cathode
$CO_2$, CO, $H_2O$
800℃
400
제3반응기
O-SOFC anode
촉매
전력변환기
600
$H_2$, $CO_2$, CO
800℃
300
제2반응기
Bi-reforming
$CH_4$, $CO_2$, CO,
$H_2$, $H_2O$
800℃
200
제1반응기
Plasma reforming
Biogas
$CH_4$, $CO_2$ ($H_2O$)

[도2]


Air($N_2$, $O_2$)
Air($N_2$, $O_2$)
$H_2$
100
450
460
560
O-SOFC
H-SOEC
400
Cathode
Anode
Anode
Cathode
500
$H_2O$, CO, $CO_2$
CO, $CO_2$
$H_2$, CO, $CO_2$
110
Biogas ($CH_4$, $CO_2$), $H_2O$
$H_2$, CO, $CH_4$, $CO_2$, $H_2O$
200
300
120
CO, $CO_2$, $O_2$

[도3]


25℃
800℃
800℃
450
460
560
540
440
O-SOFC
H-SOEC
430
Cathode
Anode
530
420
Anode
Cathode
520
410
510
800℃
800℃
800℃
110
25℃
800 ~ 900℃
120
600℃

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/KR2024/011603**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**B01D 53/32**(2006.01)i; **H01M 8/0612**(2016.01)i; **H01M 8/0662**(2016.01)i; **H01M 16/00**(2006.01)i; **C01B 3/34**(2006.01)i; **C01B 3/38**(2006.01)i; **C25B 1/04**(2006.01)i; **H01M 8/12**(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)

B01D 53/32(2006.01); B01J 21/04(2006.01); C01B 3/26(2006.01); H01M 8/04007(2016.01); H01M 8/04082(2016.01); H01M 8/04664(2016.01); H01M 8/04828(2016.01)

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: 바이오가스(biogas), 고체산화물 연료전지(solid oxide fuel cell), 고체산화물 수전해 셀(solid oxide electrolysis cell), 전기(electricity), 수소(hydrogen)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | KR 10-2019-0112092 A (SOLIDPOWER SA) 02 October 2019 (2019-10-02)<br>See paragraphs [0055] and [0067]; claim 1; and figures 1-2. | 1,3-5,7-8,11 |
| Y | | 2,6,9-10,12 |
| Y | KR 10-2014-0126161 A (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY et al.) 30 October 2014 (2014-10-30)<br>See paragraph [0060]; and claims 13-14. | 2,9-10 |
| Y | ZHENG, Yun et al. Solid Oxide Electrolysis of H2O and CO2 to Produce Hydrogen and Low-Carbon Fuels. Electrochemical Energy Reviews. 18 March 2021 (online publication date), vol. 4, pp. 508-517.<br>See abstract; and figure 1. | 6,12 |
| A | IORA, P. et al. A novel system for the production of pure hydrogen from natural gas based on solid oxide fuel cell–solid oxide electrolyzer. International Journal of Hydrogen Energy. 15 September 2010 (online publication date), vol. 35, pp. 12680-12687.<br>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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| **28 November 2024** | **28 November 2024** |

| Name and mailing address of the ISA/KR | Authorized officer |
|---|---|
| **Korean Intellectual Property Office**<br>**Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208** | |
| Facsimile No. **+82-42-481-8578** | Telephone No. |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/KR2024/011603**

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | KR 10-2018-0070281 A (RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 26 June 2018 (2018-06-26)<br>See entire document. | 1-12 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
**Information on patent family members**

International application No.
**PCT/KR2024/011603**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| KR 10-2019-0112092 A | 02 October 2019 | CN 110710040 A | 17 January 2020 |
| | | CN 110710040 B | 18 July 2023 |
| | | EP 3577709 A1 | 11 December 2019 |
| | | EP 3577709 B1 | 21 October 2020 |
| | | JP 2020-505741 A | 20 February 2020 |
| | | JP 7127039 B2 | 29 August 2022 |
| | | KR 10-2496027 B1 | 06 February 2023 |
| | | US 2019-0393525 A1 | 26 December 2019 |
| | | WO 2018-141822 A1 | 09 August 2018 |
| KR 10-2014-0126161 A | 30 October 2014 | KR 10-1807782 B1 | 13 December 2017 |
| KR 10-2018-0070281 A | 26 June 2018 | KR 10-1900825 B1 | 20 September 2018 |

# 국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
**PCT/KR2024/011603**

**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**

**B01D 53/32**(2006.01)i; **H01M 8/0612**(2016.01)i; **H01M 8/0662**(2016.01)i; **H01M 16/00**(2006.01)i; **C01B 3/34**(2006.01)i; **C01B 3/38**(2006.01)i; **C25B 1/04**(2006.01)i; **H01M 8/12**(2006.01)i

**B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B01D 53/32(2006.01); B01J 21/04(2006.01); C01B 3/26(2006.01); H01M 8/04007(2016.01); H01M 8/04082(2016.01); H01M 8/04664(2016.01); H01M 8/04828(2016.01)

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: 바이오가스(biogas), 고체산화물 연료전지(solid oxide fuel cell), 고체산화물 수전해 셀(solid oxide electrolysis cell), 전기(electricity), 수소(hydrogen)

**C. 관련 문헌**

| 카테고리* | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재 | 관련 청구항 |
|---|---|---|
| X | KR 10-2019-0112092 A (솔리드파워 에스에이) 2019.10.02<br>단락 [0055], [0067]; 청구항 1; 도면 1-2 참조. | 1,3-5,7-8,11 |
| Y | | 2,6,9-10,12 |
| Y | KR 10-2014-0126161 A (한국화학연구원 등) 2014.10.30<br>단락 [0060]; 청구항 13-14 참조. | 2,9-10 |
| Y | ZHENG, YUN 등, 'Solid Oxide Electrolysis of H2O and CO2 to Produce Hydrogen and Low-Carbon Fuels', Electrochemical Energy Reviews, 2021.03.18(온라인 개시일), 4권, 페이지 508-517<br>요약; 도면 1 참조. | 6,12 |
| A | IORA, P. 등, 'A novel system for the production of pure hydrogen from natural gas based on solid oxide fuel cell-solid oxide electrolyzer', International Journal of Hydrogen Energy, 2010.09.15(온라인 개시일), 35권, 페이지 12680-12687<br>전체 문헌 참조. | 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 | 국제조사보고서 발송일 |
|---|---|
| **2024년11월28일(28.11.2024)** | **2024년11월28일(28.11.2024)** |


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**

# 국 제 조 사 보 고 서

| 국제출원번호 |
| --- |
| **PCT/KR2024/011603** |

**C. 관련 문헌**

| 카테고리* | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재 | 관련 청구항 |
| --- | --- | --- |
| A | KR 10-2018-0070281 A (재단법인 포항산업과학연구원) 2018.06.26<br>전체 문헌 참조. | 1-12 |

# 국 제 조 사 보 고 서
## 대응특허에 관한 정보

국제출원번호
**PCT/KR2024/011603**

| 국제조사보고서에서 인용된 특허문헌 | 공개일 | 대응특허문헌 | 공개일 |
|---|---|---|---|
| KR 10-2019-0112092 A | 2019/10/02 | CN 110710040 A | 2020/01/17 |
| | | CN 110710040 B | 2023/07/18 |
| | | EP 3577709 A1 | 2019/12/11 |
| | | EP 3577709 B1 | 2020/10/21 |
| | | JP 2020-505741 A | 2020/02/20 |
| | | JP 7127039 B2 | 2022/08/29 |
| | | KR 10-2496027 B1 | 2023/02/06 |
| | | US 2019-0393525 A1 | 2019/12/26 |
| | | WO 2018-141822 A1 | 2018/08/09 |
| KR 10-2014-0126161 A | 2014/10/30 | KR 10-1807782 B1 | 2017/12/13 |
| KR 10-2018-0070281 A | 2018/06/26 | KR 10-1900825 B1 | 2018/09/20 |