(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0096265
(43) 공개일자 2019년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*B01D 53/32* (2006.01) *B01D 53/62* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*B01D 53/326* (2013.01)
*B01D 53/62* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0130833
(22) 출원일자 2018년10월30일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020180015935 2018년02월08일 대한민국(KR)

(71) 출원인
**한국기계연구원**
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
**최승목**
경상남도 창원시 의창구 북면 감계로 277 104동502호 (창원 감계 아내 에코프리미엄)
**박유세**
부산광역시 사상구 대동로64번길 25 102동 909호 (학장동,학장 금강아파트)
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**특허법인이지**

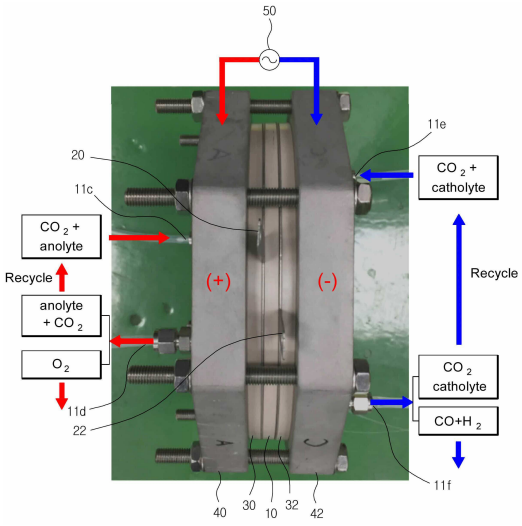
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **이산화탄소 전환용 스택 및 이를 이용한 이산화탄소 전환 방법**

## (57) 요 약

본 발명은 이산화탄소 전환용 스택 및 이를 이용한 이산화탄소 전환 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게 본 발명은 이산화탄소 제거장치, 일산화탄소 생성장치 등으로 활용할 수 있는 대면적의 이산화탄소 전환용 멀티스택 및 이를 이용한 이산화탄소 전환 방법에 관한 것이다.

*대 표 도* - 도1



(72) 발명자

**임동찬**

경상남도 창원시 의창구 북면 감계로 259 힐스테이트309동 1701호

**장명제**

충청북도 청주시 흥덕구 1순환로512번길 34-1 101동102호(봉명동,삼정아파트)

**양주찬**

경상남도 창원시 성산구 원이대로 449 119-401

**김용훈**

대전광역시 대덕구 계족산로 136 (송촌동,선비마을아파트) 510동 1802호

**권정대**

경상남도 창원시 성산구 창원대로1209번길 22 (성주동, 프리빌리지2차) 211동 1203호

**송명관**

울산광역시 울주군 언양읍 동부4길 1 (언양창조아파트) 801호

**이지훈**

경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 9 가음꿈에그린아파트 103동 1603호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PNK5630
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 독립분산형 수소발생 AEM 스택 기술 개발(1/3)
기 여 율 1/2
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 POC2650
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 선행융합연구사업
연구과제명 CO2 전환대면적스택화기술및운전기술개발(1/1)
기 여 율 1/2
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2017.03.01 ~ 2017.12.31

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

고분자 전해질막과, 상기 전해질막의 일면에 애노드 전극과 제1 유체확산층이 순차적으로 적층되고,

상기 전해질막의 타면에 캐소드 전극과 제2 유체확산층이 순차적으로 적층되고,

상기 제1 유체확산층, 애노드 전극, 전해질막, 캐소드 전극, 및 제2 유체확산층을 수용하는 통공부를 구비하고, 제1 유체확산층 또는 제2 유체확산층으로 일측이 개방된 복수의 미세유로를 구비하는 세퍼레이터를 포함하는 막전극접합체를 포함하고,

스택의 단면이 원형 또는 타원형인, 이산화탄소 전환용 스택.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전해질막은 양이온교환막인, 이산화탄소 전환용 스택.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 캐소드 전극은 은 또는 은합금으로 구성되는, 이산화탄소 전환용 스택.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

제1 유체확산층 및 제2 유체확산층 중 1 이상은 다공성 펠트 또는 폼으로 구성되는, 이산화탄소 전환용 스택.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 막전극접합체가 집전체를 개재하여 2 이상 연결되고,

애노드 전해액이 복수의 막전극접합체의 애노드 전극의 제1 유체확산층으로 유입되도록 연결된 제1 유입유로와, 복수의 막전극접합체의 애노드 전극의 제1 유체확산층에서 유출되는 유체가 배출되는 제1 배출유로; 및

캐소드 전해액이 복수의 막전극접합체의 캐소드 전극의 제2 유체확산층으로 유입되도록 연결된 제2 유입유로와, 복수의 막전극접합체의 캐소드 전극의 제2 유체확산층에서 유출되는 유체가 배출되는 제2 배출유로를 포함하는, 이산화탄소 전환용 스택.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 세퍼레이터는 상기 제1 유체확산층 또는 상기 제2 유체확산층을 밀봉하는 실링부재를 더 포함하는, 이산화탄소 전환용 스택.

**청구항 7**

제5항에 있어서, 애노드 전해액 및 캐소드 전해액 중 1종 이상에서 이산화탄소 용해도를 높일 수 있는 가압 수단을 더 포함하는, 이산화탄소 전환용 스택.

**청구항 8**

제5항에 있어서, CO 생성 감소율이 20% 이하인, 이산화탄소 전환용 스택.

**청구항 9**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 정전압이 3V/cell 미만으로 공급되는, 이산화탄소 전환용 스택.

**청구항 10**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 전해액 공급 유속을 1.8 L/min 이상으로 유지하는, 이산화탄소 전환용 스택.

**청구항 11**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 태양전지에 직접 연결되는, 이산화탄소 전환용 스택.

**청구항 12**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 이산화탄소 전환용 스택을 포함하는, 일산화탄소 생성 장치.

**청구항 13**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 이산화탄소 전환용 스택을 포함하는, 이산화탄소 제거 장치.

**청구항 14**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 이산화탄소 전환용 스택을 이용하여, 이산화탄소를 일산화탄소로 전환하는, 이산화탄소 전환 방법.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 정전압이 3V/cell 미만으로 공급되는, 이산화탄소 전환 방법.

**청구항 16**

제14항에 있어서, 전해액 공급 유속을 1.8 L/min 이상으로 유지하는, 이산화탄소 전환 방법.

## *발명의 설명*

## 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이산화탄소 전환용 스택 및 이를 이용한 이산화탄소 전환 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게 본 발명은 이산화탄소 제거장치, 일산화탄소 생성장치 등으로 활용할 수 있는 대면적의 이산화탄소 전환용 멀티스택 및 이를 이용한 이산화탄소 전환 방법에 관한 것이다.

## 배 경 기 술

[0003] 교토 의정서는 온실 효과를 보이는 6종의 온실 가스의 배출량 감소 목표치를 정하고 있는데, 온실 가스 중 하나인 대기 중 이산화탄소($CO_2$)의 배출량을 감축하기 위한 노력과 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

1990년부터 2012년까지 미국을 기준으로 이산화탄소가 가장 많이 배출되는 장소는 발전소(32%), 운송(28%), 산업(20%)이었다. 따라서, 대기 중 이산화탄소의 농도를 유지하기 위해 발전소와 같은 대량 발생원에서의 배출되는 이산화탄소를 포집한 후 감축하고자 하는 시도가 계속되고 있다.

[0004] 이와 같은 연구 분야는 크게 두 가지 분야로 분류할 수 있는데, 이산화탄소의 대량 발생원으로부터 이산화탄소를 포집 및 저장하는 기술(carbon capture and storage, CCS)과 이산화탄소를 포집 및 활용하는 기술(carbon capture and utilization, CCU)이다.

[0005] CCS 기술은 대량 발생원으로부터 배출된 이산화탄소를 포집하여 밀폐된 공간에 포장한 뒤 매립하여 대기로부터 격리시키는 기술이다. 주로 무기 촉매의 탄산화를 통해 이산화탄소가 저장되고, 밀폐시킨 용기는 심해 지층, 지표면의 지하에 저장되는데, 생태계 훼손 등의 문제점을 안고 있으므로 상용화에 어려운 측면이 있다.

[0006] 이에 반해 CCU 기술은 저장 공간이 필요하지 않으면서 이익을 생산한다는 점에서 환경적이나 경제적인 측면에서 산업화에 유리하다. 특히, 전기화학적 방법은 전극 물질의 선택에 따라 포름산, 일산화탄소, 메탄올, 옥살산 등의 다양한 유기화합물을 선택적으로 생산할 수 있고, 상온·상압 조건에서 구동 가능하기 때문에 시스템을 구성하는 비용이 저렴하며, 반응기의 디자인에 따라 소형화하거나, 스택킹을 통한 대용량화가 용이하여 다양한 산업적으로 적용 가능하다는 점에서 주목을 받고 있다.

[0008] 이와 관련한 종래의 기술로는, 전기화학적 이산화탄소 전환반응(electrochemical carbon dioxide conversion, 이하 ECC)을 개시하고 있는 미국공개특허공보 US 제7,790,012호(2010) 등이 존재한다.

[0010] 그러나 실용 가능한 100㎠ 이상의 촉매 전극의 대면적화 연구 및 CO 생성 감소율을 최소화할 수 있는 CO 전환 효율이 우수한 전기화학전지의 스택화 연구는 부족한 실정이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 목적은 대면적의 이산화탄소 전환용 스택을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 다른 목적은 2 이상의 셀을 포함하는 이산화탄소 전환용 멀티스택을 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 스택을 이용하여 장기간 효율적으로 이산화탄소를 전환하는 방법을 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확하게 된다.

### 과제의 해결 수단

[0017] 본 발명자들은 스택의 형상, 구조, 전극의 종류, 전해질막의 종류, 포텐셜, 전해액의 유량, pH 등 전극의 활성 및 내구성 영향 인자를 도출하고 이를 최적화하여, 애노드/캐소드 활성 면적을 고려한 대면적의 이산화탄소 전

환용 스택을 개발하여 본 발명을 완성하였다.

[0019] 본 발명의 일 측면에 따르면, 고분자 전해질막과, 상기 전해질막의 일면에 애노드 전극과 제1 유체확산층이 순차적으로 적층되고, 상기 전해질막의 타면에 캐소드 전극과 제2 유체확산층이 순차적으로 적층되고, 상기 제1 유체확산층, 애노드 전극, 전해질막, 캐소드 전극, 및 제2 유체확산층을 수용하는 통공부를 구비하고, 제1 유체확산층 또는 제2 유체확산층으로 일측이 개방된 복수의 미세유로를 구비하는 세퍼레이터를 포함하는 막전극접합체를 포함하고, 스택의 단면이 원형 또는 타원형인, 이산화탄소 전환용 스택이 제공된다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전해질막은 양이온교환막일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 캐소드 전극은 은 또는 은합금으로 구성될 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1유체확산층 및 제2유체확산층 중 1 이상은 다공성 펠트 또는 폼으로 구성될 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 막전극접합체가 집전체를 개재하여 2 이상 연결되고, 애노드 전해액이 복수의 막전극접합체의 애노드 전극의 제1 유체확산층으로 유입되도록 연결된 제1 유입유로와, 복수의 막전극접합체의 애노드 전극의 제1 유체확산층에서 유출되는 유체가 배출되는 제1 배출유로; 및 캐소드 전해액이 복수의 막전극접합체의 캐소드 전극의 제2 유체확산층으로 유입되도록 연결된 제2 유입유로와, 복수의 막전극접합체의 캐노드 전극의 제2 유체확산층에서 유출되는 유체가 배출되는 제2 배출유로를 포함할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 세퍼레이터는 상기 제1 유체확산층 또는 상기 제2 유체확산층을 밀봉하는 실링부재를 더 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 이산화탄소 전환용 스택은 애노드 전해액 및 캐소드 전해액 중 1종 이상에서 이산화탄소 용해도를 높일 수 있는 가압 수단을 더 포함할 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 2 이상의 막전극접합체를 포함하는 이산화탄소 전환용 스택은 CO 생성 감소율이 20% 이하일 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 이산화탄소 전환용 스택은 정전압이 3V/cell 미만으로 공급될 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 이산화탄소 전환용 스택은 전해액 공급 유속을 1.8 L/min 이상으로 유지할 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 이산화탄소 전환용 스택은 태양전지에 직접 연결될 수 있다.

[0031] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 이산화탄소 전환용 스택을 포함하는, 일산화탄소 생성 장치가 제공된다.

[0033] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 이산화탄소 전환용 스택을 포함하는, 이산화탄소 제거 장치가 제공된다.

[0035] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 이산화탄소 전환용 스택을 이용하여, 장기간 효율적으로 이산화탄소를 전환하는, 이산화탄소 전환 방법이 제공된다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 이산화탄소 전환 방법에서 정전압이 3V/cell 미만으로 공급될 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 이산화탄소 전환 방법에서 전해액 공급 유속을 1.8 L/min 이상으로 유지할 수 있다.

## *발명의 효과*

[0039] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 100㎠ 이상의 대면적의 이산화탄소 전환용 스택을 제공할 수 있다.

[0040] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, CO 생성 감소율을 최소화한 2 이상의 셀을 포함하는 이산화탄소 전환용

멀티스택을 제공할 수 있다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 스택을 이용하여 장기간 경제적이고 효율적으로 이산화탄소를 전환할 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 스택을 이용하여 장기간 경제적이고 효율적으로 일산화탄소를 생성할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0044] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 전해액 순환 및 일산화탄소 생성을 개략적으로 보여주는 평면 사진이다.

도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 분해사시도이다.

도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 막전극접합체(Membrane Electrolyte Assembly; MEA)의 분해사시도이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 막전극접합체의 애노드 전극면을 보여주는 도면이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 막전극접합체의 캐소드 전극면을 보여주는 도면이다.

도 4는 단위전지((a) 전극면적 16㎠의 단위전지), 1셀의 이산화탄소 전환용 스택((b) 102㎠의 대면적의 스택-1), 및 2셀의 이산화탄소 전환용 멀티스택((c) 102㎠의 대면적의 스택-2)을 비교해서 나타낸 사진이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 2셀의 이산화탄소 전환용 멀티스택에서의 이산화탄소 전환 반응을 개략적으로 보여주는 모식도이다.

도 6a은 스택의 전극 공간이 비어 있는 경우와 다공성 구조물로 채워진 경우의 전산 유체 역학 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

도 6b는 스택에 적용된 Ti 펠트(felt)의 형상을 보여주는 사진이다.

도 7a는 Ni의 캐소드 전극을 적용하고 고분자 전해질막을 양이온교환막(proton exchange membrane, PEM)으로 한 경우, CO 전환효율을 나타내는 그래프이다.

도 7b는 Ag의 캐소드 전극을 적용하고 고분자 전해질막을 양이온교환막(proton exchange membrane, PEM)으로 한 경우, CO 전환효율을 나타내는 그래프이다.

도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 성능평가를 위해 실시한 LSV 테스트 결과를 나타내는 그래프이다.

도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 성능평가를 위해 실시한 정전압 테스트 결과를 나타내는 그래프이다.

도 9a는 스택-1의 정전압 (2.6V/cell)에서의 시간에 따른 전류밀도의 변화 및 CO 전환 효율을 나타낸 그래프이다.

도 9b는 스택-2의 정전압 (5.2V/cell)에서의 시간에 따른 전류밀도의 변화 및 CO 전환 효율을 나타낸 그래프이다.

도 10은 스택-2에서의 전해액 공급 유속 변화에 따른 전류밀도 변화를 나타낸 그래프이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045] 본 개시의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되는 이하의 상세한 설명과 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.

[0046] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 개시의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0047] 본 명세서에서, 층, 부분, 또는 기판과 같은 구성요소가 다른 구성요소 "위에", "연결되어", 또는 "결합되어"

있는 것으로 기재되어 있는 경우, 이는 직접적으로 다른 구성요소 "위에", "연결되어", 또는 "결합되어" 있는 것일 수 있고, 또한 양 구성요소 사이에 하나 이상의 다른 구성요소를 개재하여 있을 수 있다. 대조적으로, 구성요소가 다른 구성요소 "직접적으로 위에", "직접적으로 연결되어", 또는 "직접적으로 결합되어" 있는 것으로 기재되어 있는 경우, 양 구성요소 사이에는 다른 구성요소가 개재되어 있을 수 없다.

[0048] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 개시를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0049] 본 명세서에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0050] 본 명세서에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서 전체에서, "상에"라 함은 대상 부분의 위 또는 아래에 위치함을 의미하는 것이며, 반드시 중력 방향을 기준으로 상 측에 위치하는 것을 의미하는 것이 아니다.

[0051] 본 개시는 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 개시를 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 개시의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 개시를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[0052] 이하, 본 개시의 실시예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대해 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0054] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 전해액 순환 및 일산화탄소 생성을 개략적으로 보여주는 평면 사진이다. 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 분해사시도이다. 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 막전극접합체(Membrane Electrolyte Assembly; MEA)의 분해사시도이다. 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 막전극접합체의 애노드 전극면,및 캐소드 전극면을 각각 보여주는 도면이다.

[0056] 도 1 및 도 2a를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택은 막전극접합체(Membrane Electrolyte Assembly; MEA, 10), 제1 및 제2 집전체(current collector, 20, 22), 바이폴라 플레이트(bipolar plate, 21), 제1 및 제2 절연판(30, 32), 및 제1 및 제2 엔드플레이트(end plate, 40, 42)를 포함한다. 상기 구성부재들은 나사로 체결될 수 있다.

[0058] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 스택의 구동전원(50)은 신재생에너지원을 포함할 수 있다. 상기 신재생에너지원은 태양광, 태양열, 풍력, 및 연료전지 등을 포함할 수 있다. 상기 신재생에너지원은 상기 스택에 직접 연결되어 결합 손실을 감소시킬 수 있다. 기존에 보고된 재생에너지(태양광) 연계는 태양전지로부터 전력을 생산하고 배터리에 저장한 후 저장된 배터리의 전력을 이용하여 디바이스를 구동하는 구조였다. 이와 같은 구조는 결합 손실(coupling loss)로 인한 에너지 손실률이 40% 이상 되는 것으로 보고되고 있기 때문에, 태양전지와 직접 연계하여 결합 손실(coupling loss)로 인한 에너지 손실을 줄여서 스택에 전력을 공급하는 효율적인 시스템을 구축할 수 있다.

[0060] 도 2b, 도 3a, 및 도 3b를 참조하면, 상기 막전극접합체(10)는, 고분자 전해질막(12)과, 상기 전해질막(12)의 일면에 애노드 전극(13)과 제1 유체확산층(14)이 순차적으로 적층되고, 상기 전해질막(12)의 타면에 캐소드 전극(15)과 제2 유체확산층(16)이 순차적으로 적층되고, 상기 제1 유체확산층(14), 애노드 전극(13), 전해질막(12), 캐소드 전극(15), 및 제2 유체확산층(16)을 수용하는 통공부(11a)를 구비하는 프레임 형태의 몸체부(11

b)를 포함하는 세퍼레이터(11)를 포함한다. 상기 세퍼레이터(11)는, 제1 유체확산층(14) 또는 제2 유체확산층(16)으로 일측이 개방된 복수의 미세 유입유로(11c, 11e) 및 배출유로(11d, 11f)를 구비한다.

[0062] 도 1 내지 도 3b에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 대면적 이산화탄소 전환용 스택 및 막전극전합체(10)는 그 단면이 대략 원형 또는 타원형인 경우가 층류(laminar flow) 형성에 유리하고, 스택의 전극 공간이 비어 있는 것보다 다공성 구조로 이루어진 경우가 균일한 유체 흐름을 위해 적합할 수 있다. 상기와 같은 층류 형성 및 균일한 유체 흐름에 의해 대면적의 이산화탄소 전환용 스택을 제공할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 본 발명의 이산화탄소 전환용 스택은 그 단면이 100㎠ 이상으로 대면적일 수 있다.

[0064] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 막전극접합체의 애노드 전극면을 보여주는 도면이고, 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 막전극접합체의 캐소드 전극면을 보여주는 도면이다.

[0066] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 상기 세퍼레이터(11)의 몸체부(11b)의 일면(예를 들어, 애노드 전극면)에는 일정 영역에 제1 유입유로(11c) 및 제1 배출유로(11d)를 구비하고, 상기 세퍼레이터(11)의 몸체부(11b)의 타면(예를 들어, 캐소드 전극면)에는 일정 영역에 제2 유입유로(11e) 및 제2 배출유로(11f)를 구비한다.

[0068] 도 1, 도 2b, 및 도 3a를 참조하면, 예시적으로 제1 유입유로(11c)를 통해 유입된 이산화탄소가 포화된 $KHCO_3$의 애노드 전해액(anolyte)은 애노드 전극(13)의 표면과 접촉하여 반응이 일어나고 이후 제1 배출유로(11d)를 통해서 배출되면서 산소가 함께 배출될 수 있고, 애노드 전해액은 리사이클 된다.

[0070] 도 1, 도 2b, 및 도 3b를 참조하면, 제2 유입유로(11e)를 통해 유입된 이산화탄소가 용해된 $KHCO_3$의 캐소드 전해액(catholyte)은 캐소드 전극(15)의 표면과 접촉하여 반응이 일어나고 이후 제2 배출유로(11f)를 통해서 배출되면서, 일산화탄소 및 수소를 함께 배출할 수 있고, 캐소드 전해액은 리사이클 된다. 상기 배출된 일산화탄소 및 수소는 수소분리막을 이용하여 분리할 수 있다. 따라서 본 발명에 의한 이산화탄소 전환용 스택은 일산화탄소 생성 장치로 이용될 수 있다.

[0072] 상기 전해액은 상기 이산화탄소 전환용 스택에 순환식으로 공급될 수 있다. 구체적으로 상기 이산화탄소 전환용 스택에 상기 전해액을 일정한 유량으로 공급 및 배출함으로써, 일정량의 전해액이 상기 반응조 내에 채워지고 유지되는 형태일 수 있다. 상기 전해액은 KOH 수용액, NaOH 수용액, LiOH 수용액, $K_2CO_3$ 수용액 또는 $KHCO_3$ 수용액 등의 염기성 용액을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0074] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 상기 세퍼레이터(11)의 몸체부(11b)의 양면에 상기 제1 및 제2 유입유로(11c, 11e) 및 제1 및 제2 배출유로(11d, 11f)를 내측에 포함하도록 형성되는 사각형 형의 홈(11g, 11h)에 끼워지는 O-ring 형태의 가스켓(도 2a 및 도 2b의 17)을 실링부재로 구비하여, 전해액 및 가스의 누출을 방지할 수 있다. 도 2의 도면부호 18의 O-ring부는 2개 이상의 셀을 포함하는 멀티스택에서 다음 셀로 이동할 때 전해액 및 가스의 누출을 방지할 수 있다.

[0075]

[0076] 다시 도 2b를 참조하면, 상기 전해질막(12)은 양이온교환막(proton exchange membrane; PEM) 또는 음이온교환막(anion exchange membrane; AEM)일 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 전해질막(12)은 고분자 전해질막일 수 있고, 양이온교환막이 이산화탄소 전환 요율이 우수하여 적합할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 양이온교환막은 불소계 양이온교환막인 나피온(Nafion)일 수 있다.

[0078] 상기 애노드전극(13)은 이에 한정되는 것은 아니나, $IrO_2$, $RuO_2$, $PtO_2$, PdO, 그 외 비귀금속 전이금속계 단일 또는 2원계 이상의 산화물($Co_3O_4$, NiO, CuCo oxide) 등에서 선택되어 구성될 수 있다.

[0080] 상기 제1 유체확산층(14)은 대면적 스택을 구성 시 유체 흐름을 균일하게 하기 위해, 탄소 다공성 섬유 재질로 제조될 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 제1 유체확산층(14)은 카본 펠트(carbon felt), Ni 또는 Ti 폼(form) 또는 절연메쉬로 구성될 수 있다. Ti 펠트가 중성 내부식성이 우수하고 수소 발생 촉매 등이 없어 적합할 수 있다. 상기 제1 유체확산층(14)이 Ni 또는 Ti 폼(form)으로 제조되면 폼의 두께를 조절하여 전해질막(12)과 애노드전극(13) 간의 거리 조절이 가능하다.

[0082] 상기 캐소드전극(15)은 이에 한정되는 것은 아니나, Ag, Cu, Pt, Co, 및 이의 합금으로 구성될 수 있고, 은 또는 은합금으로 구성되는 것이 적합할 수 있다.

[0084] 상기 제2 기체확산층(16)은 탄소 다공성 섬유 재질로 제조될 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 제2 기체확산층(16)은 카본펠트(carbon felt), Ni 또는 Ti 폼(form) 또는 절연메쉬로 구성될 수 있고, 카본펠트가 적합할 수 있다. 상기 제2 기체확산층(16)이 Ni 또는 Ti 폼(form)으로 제조되면 폼의 두께를 조절하여 전해질막(12)과 캐소드전극(15) 간의 거리 조절이 가능하다.

[0085]

[0086] 도 4는 단위전지((a) 전극면적 16㎠의 단위전지), 1셀의 이산화탄소 전환용 스택((b) 102㎠의 대면적의 스택-1), 및 본 발명의 일 실시예에 따른 2셀의 이산화탄소 전환용 멀티스택((c) 102㎠의 대면적의 스택-2)을 비교해서 나타낸 사진이다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 2셀의 이산화탄소 전환용 멀티스택에서의 이산화탄소 전환 반응을 개략적으로 보여주는 모식도이다.

[0087] 도 4 및 도 5에 도시된 2셀의 이산화탄소 전환용 멀티스택은 도 1에 도시된 스택의 막전극접합체(10)들을 집전체(current collector, 122)로 개재하여 연결한 구조이다. 도 5에는 제1 셀(100) 및 제2 셀(200)의 2개의 셀로 구성된 멀티스택이 도시되어 있으나, 집전체를 사이에 두고 다수의 셀을 동일한 방식으로 연결하여 3셀 이상의 멀티스택도 제조할 수 있다.

[0088] 따라서 본 발명에 의한 이산화탄소 전환용 멀티스택은 단순하게 셀을 적층하여 늘릴 수 있는 구조로써, 용도에 적합하게 셀 수를 용이하게 조절할 수 있는 설계가 가능하다.

[0090] 도 5를 참조하면, 적색 화살표를 따라서 제1 셀(100)의 세퍼레이터(111)의 제1 유입유로(111c)로 이산화탄소가 포화된 전해액을 공급하면, 제1 셀(100)의 애노드 전극(113)의 제1 유체확산층(114) 및 제2 셀(200)의 애노드 전극(213)의 제1 유체확산층(214)으로 이산화탄소가 포화된 전해액이 공급된다. 이때, 제1 셀(100)의 애노드 전극(113)의 제1 유체확산층(114)은 가스켓으로, 상기 제1 유입유로(111c)는 오링으로 실링이 되어 있어, 전해액 및 가스의 누출 없이 바로 제2 셀(200)의 애노드 전극(213)의 제1 유체확산층(214)으로 이동하여 이산화탄소가 포화된 전해액이 공급되게 된다. 이와 같은 방식으로 셀이 늘어나게 되더라도 애노드 전극으로 공급되는 이산화탄소가 포화된 전해액은 전해액 및 가스의 누출 없이 복수의 막전극복합체의 애노드 전극으로만 공급되도록 구성된다.

[0092] 도 5를 참조하면, 파란색 화살표를 따라서 제2 셀(200)의 세퍼레이터(211)의 제2 유입유로(211c)로 이산화탄소가 포화된 전해액을 공급하면, 제2 셀(200)의 캐소드 전극(215)의 제2 유체확산층(216) 및 제1 셀(100)의 캐소드 전극(115)의 제2 유체확산층(116)으로 이산화탄소가 포화된 전해액이 공급된다. 이때, 제2 셀(200)의 캐노드 전극(215)의 제2 유체확산층(216)은 가스켓으로, 상기 제2 유입유로(211c)는 오링으로 실링이 되어 있어, 전해액 및 가스의 누출 없이 바로 제1 셀(100)의 캐소드 전극(115)의 제2 유체확산층(116)으로 이동하여 이산화탄소가 포화된 전해액이 공급되게 된다. 이와 같은 방식으로 셀이 늘어나게 되더라도 캐소드 전극(115)으로 공급되는 이산화탄소가 포화된 전해액은 전해액 및 가스의 누출 없이 복수의 막전극복합체의 캐노드 전극으로만 공급

되도록 구성된다.

[0094] 도 5를 참조하면, 상기 멀티스택의 최외부의 캐소드 전극(215) 및 최외부의 애노드 전극(113) 중 1 이상의 일측에 챔버(300)를 더 구비할 수 있다. 상기 챔버(300)는 스택에 고압을 가할 수 있는 수단으로 전해액 내에서의 $CO_2$ 용해도를 높여 스택 내에서의 반응효율을 개선할 수 있다.

[0096] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 2 이상의 막전극접합체를 포함하는 이산화탄소 전환용 스택은 CO 생성 감소율이 20% 이하일 수 있다. 2 이상의 셀을 포함하는 스택의 경우, CO 생성 감소율이 높은 편이라서 이산화탄소 전환 장치로서 적합하지 않을 수 있다. 반면 본 발명의 경우 2 이상의 셀을 포함하여도 CO 생성 감소율을 20 % 이하, 또는 16 % 이하로 제어할 수 있어, 이산화탄소 전환 효율을 개선할 수 있다.

[0098] 이에 한정되는 것은 아니나, 본 발명의 이산화탄소 전환용 스택은 정전압이 3.0 V 미만, 또는 2.0 V 이상 3.0 V 미만인 경우가 전류밀도가 안정화되고 전체 패러데이 효율(faradaic efficiency)이 적절하게 유지되는 데 적합할 수 있다.

[0100] 이에 한정되는 것은 아니나, 본 발명의 이산화탄소 전환용 스택은 전해액 공급 유속을 1.8 L/min 이상으로 유지하는 것이 전류밀도가 안정화되고 전체 패러데이 효율(faradaic efficiency)이 적절하게 유지되는 데 적합할 수 있다.

[0102] 다른 측면에 의하면, 본 발명의 스택구조는 다양한 투입가스, 촉매, 및 전해액 중 1종 이상을 조합하여 스택에 공급하여 다양한 배출가스의 생성장치 또는 SOx, NOx 등의 필터로 이용될 수 있다. 예를 들어, 본원에서는 용액인 전해액에 이산화탄소를 용해시켜서 반응하는 스택구조를 중심으로 설명하였으나, 전해액을 사용하지 않고 가스 상태의 이산화탄소를 공급하는 스택구조로 적용할 수 있다.

[0103] 예시적으로 하기 표 2 내지 4에는 본 발명의 스택구조에 적용할 수 있는 다양한 전해액, 금속, 포센셜 등에 따른 생성물이 나열되어 있다.

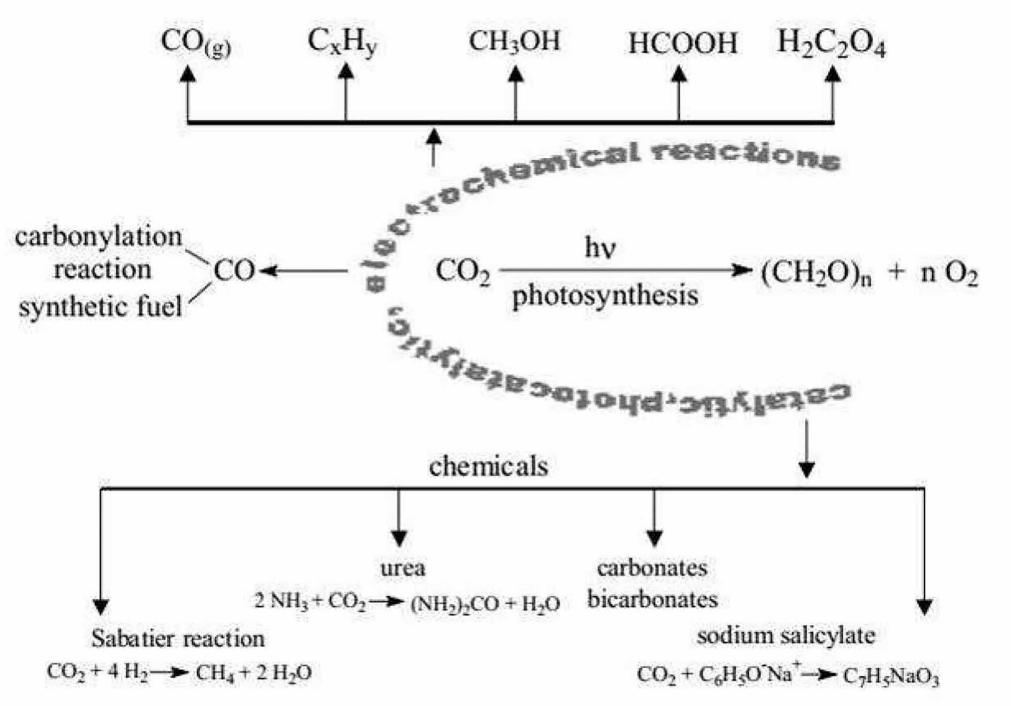
[0104]

표 1

| Electrolyte | Metal | Main Product |
|---|---|---|
| Aqueous electrolyte | In, Sn, Pb, Hg | Formic acid (formate) |
| | Zn, Au, Ag | CO |
| | Cu | Hydrocarbons, aldehydes, alcohols |
| | Al, Ga, Group Ⅷ | Weak performance |
| Non-aqueous electrolyte | Pb, Tl, Hg | Oxalate |
| | Cu, Ag, Au, Sn, In, Zn | CO and $CO_2^-$ |
| | Al, Ga, Group Ⅷ (except those below) | CO and Oxalic acid |
| | Ni, Pd, Pt | CO |

[0105]

표 2




[0107]

표 3

**Representative results for electrochemical $CO_2$ reduction at solid and gas-diffusion electrodes.[24,25]**

| Electrode | Electrolyte | Potential | RE | Product | η(%) | Ref. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu | $TBABF_4/CH_3OH$ | −2.3 | Ag | CO | 87 | 32 |
| Cu | $CsOH/CH_3OH$ | −3~−4 | Ag/AgCl | $CH_4$,$C_2H_4$,$H_2$ | 8.3, 32.3, 23 | 33 |
| Cu-mesh | Neutral solution | −1.8 | Ag/AgCl | $C_2H_4$, $H_2$ | 80, 9 | 34 |
| Cu(GDE) | KOH | −3.0 | Ag/AgCl | $C_2H_4$ | 69 | 37 |
| Cu+Au | 0.1 M $KHCO_3$, 0.1 M $K_2SO_4$ | −2.0 | Ag/AgCl | $CH_4$,$C_2H_4$ | 56.9, 17.1 | 36 |
| Ag | $KOH/CH_3OH$ | −6.0 | S.C.E. | CO | 90 | 26 |
| In | $KHCO_3/H_2O$ | −1.1 | Ag/AgCl | HCOOH | 108 | 35 |
| BDD | $TBABF_4/CH_3OH$ | −4.0 | W | CO | 42 | 24 |
| Pt(GDE) | $KHCO_3$ | −1.93 | Ag/AgCl | $CH_4$ | 39 | 38 |
| Ni/ACF(GDE) | $KHCO_3$ | −1.6 | SCE | CO | 67 | 39 |

Abbreviations: BDD(boron-doped diamond), η(Current efficiency), RE(reference electrode), GDE(gas-diffusion electrodes), TBABF4(tetrabutylammonium tetrafluoroborate).

[0109]

[0110]

[0111] 또 다른 측면에 의하면, 본 발명의 이산화탄소 전환용 스택은 이산화탄소를 포함한 가스에서 이산화탄소를 제거하는 장치로 사용될 수 있다.

[0113] **실시예**

[0115] **1. 스택의 구조의 최적화**

[0116] **(1) 스택의 형상 및 다공성**

[0117] 스택을 제작하기에 앞서 대면적 스택에 적합한 구조를 선정하기 위해, 전산 유체 역학(Computational fluid dynamics, CFD) 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 도 6a은 스택의 전극 공간이 비어 있는 경우와 펠트 등 다공성 구조물로 채워진 경우의 전산 유체 역학 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0118] 스택의 단면의 형상은 대략 원형 또는 타원형인 경우가 층류 형성에 유리한 것을 확인하였다. 또한, 스택의 전극 공간이 비어 있는 것보다 폼(foam) 또는 펠트(felt) 등 다공성 구조가 균일한 유체의 흐름에 도움이 되는 것으로 확인하였다.

[0119] 중성에서 쉽게 산화되고 수소 발생에 효율적인 Ni 폼(foam)은 유체확산층으로 적합하지 않기 때문에, 중성 내부식성이 우수하고 수소발생촉매능이 없는 Ti 펠트가 적합하였다.

[0120] 따라서 전체적인 전극 형상은 원형으로 다공성 구조체는 Ti 펠트(porosity 81%, fiber diameter 20 um)로 선정하였다. 도 6b는 스택에 적용된 Ti 펠트의 형상을 보여주는 사진이다.

[0122] **(2) 캐소드 전극 및 고분자 전해질막**

[0123] $CO_2$가 포화된 0.5M $KHCO_3$를 애노드 전해액(anolyte) 및 캐소드 전해액( catholyte)으로 정량펌프를 이용하여 1.8 L/min 유속으로 산화극과 환원극에 공급하면서 2.6 V/cell을 인가하여 전류밀도, 패러데이 효율(faradaic efficiency), CO 변환율 등의 성능을 평가하였다.

[0124] 도 7a는 Ni의 캐소드 전극을 적용하고 고분자 전해질막을 양이온교환막(proton exchange membrane, PEM)으로 한 경우, CO 전환효율을 나타내는 그래프이고, 도 7b는 Ag의 캐소드 전극을 적용하고 고분자 전해질막을 양이온교환막(proton exchange membrane, PEM)으로 한 경우, CO 전환효율을 나타내는 그래프이다.

[0125] 고분자 전해질막을 PEM (proton exchange membrane, 양이온교환막) 또는 AEM (anion exchange membrane, 음이온교환막)을 적용할 수 있지만, 도 7a 및 도 7b에 나타난 바와 같이, PEM을 고분자 전해질막으로 선정하는 경우 CO 전환 효율이 높을 수 있다.

[0126] 또한, 도 7a 및 도 7b에 나타난 바와 같이, Ni의 캐소드 전극과 Ag의 캐소드 전극의 CO 전환 효율을 비교하면, Ag의 캐소드 전극의 CO 전환 효율이 2배 이상 높은 것으로 분석되었다.

[0127] 따라서 고분자 전해질막은 PEM로, 유체확산층은 Ti 펠트로, 캐소드 전극은 Ag, 애노드 전극은 $IrO_2$ 로 결정하여 스택-1과 스택-2에 적용하였다.

[0128] 하기 표 4에 일 실시예에 따른 대면적 스택의 구성요소의 특징을 정리하여 나타내었다.

*표 4*

[0129]

| 구성 요소 | 특징 | 구성 요소 | 특징 |
|---|---|---|---|
| 고분자 전해질막 | Nafion 112 (두께 51 um) | 유체확산층 | Ti felt (porosity 81%) |
| 환원전극 | Ag mesh (직경: 11.4cm, 면적: 102 $cm^2$)_KRICT | 집전판, 체결판 | SUS316 |
| 산화전극 | $IrO_2$/Ti felt (직경: 12.45 cm, 면적: 122 $cm^2$)_KIST | MEA 지지체, 절연판 | 변성 PPO 수지 |

[0131] **2. 스택-1 및 스택-2의 성능 평가**

[0132] **(1) 정전압 테스트**

[0133] 도 1에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 성능을 평가하기 위해, 애노드 전해액 및 캐소드 전해액을 이산화탄소가 포화된 0.1M $KHCO_3$를 pH 6.8로 조정하여 이용하였다.

[0134] 실제로 가스가 발생하는 포텐셜을 찾기 위해 전압을 높이면서 전류의 변화를 확인하기 위한 LSV 테스트를 하고,

그 결과에 따라 2.6 V에서 정전압 테스트를 진행하여 이를 확인하였다. 상기 결과에 따른 안정화된 조건하에서 가스 시료를 채취하여, 패러데이 효율 및 CO 전환율을 확인하고 그 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5

[0136]

| | Faradaic efficiency(%) | CO conversion(%) |
|---|---|---|
| At 1220s | 83.8 | 11.4 |

[0137]

[0138] 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 성능평가를 위해 실시한 LSV 테스트 결과를 나타내는 그래프이다. 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 전환용 스택의 성능평가를 위해 실시한 정전압 테스트 결과를 나타내는 그래프이다.

[0140] **(2) 전류밀도 변화 및 CO 전환 효율**

[0141] 도 9a는 스택-1의 정전압 (2.6V/cell)에서의 시간에 따른 전류밀도의 변화 및 CO 전환 효율을 나타낸 그래프이고, 도 9b는 스택-2의 정전압 (5.2V/cell)에서의 시간에 따른 전류밀도의 변화 및 CO 전환 효율을 나타낸 그래프이다.

[0142] 도 9a를 참조하면, 스택-1의 경우, 정전압 2.6 V에서 약 1.25A로 전류밀도가 안정화되었고 $H_2$ + CO의 패러데이 효율(faradaic efficiency)은 3.77%이고 CO의 패러데이 효율(faradaic efficiency)은 1.39%이며 $H_2$ : CO 비는 63 : 37이었다.

[0143] 스택-1의 경우 인가전압이 2.6 V에서 3.0 V로 증가할 경우, 전류밀도가 1.75 V로 증가하지만, 전체 패러데이 효율은 2.27%로 감소하기 때문에 2.6 V의 인가 전압이 적절할 수 있다.

[0144] 도 9b를 참조하면, 스택-2의 경우, 정전압 5.2 V에서 약 0.75A로 전류밀도가 안정화되었고 $H_2$ + CO의 패러데이 효율(faradaic efficiency)은 7.39%이고 CO의 패러데이 효율은 1.17%이며 $H_2$ : CO 비는 84 : 16로 CO 전환율은 스택-1 대비 50% 수준으로 낮아지나, CO 패러데이 효율은 84% (성능감소율 16%) 수준을 유지하였다.

[0145] 따라서, 스택-2는 성능감소율이 16% 이하이므로, 전환 효율이 개선된 멀티셀 스택을 구현할 수 있다.

[0146] 이하 표 6에 스택-1 및 스택-2의 성능을 비교하여 정리하였다.

표 6

[0147]

| | 정전압 (V/cell) | 전류밀도 (A) | faradaic efficiency (%) | CO 전환율 | CO faradaic efficiency (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 스택-1 | 2.6 | 1.25 | 3.77 | 37 | 1.4 |
| 스택-2 | 2.6 | 0.75 | 7.39 | 16 | 1.2 |

[0149] **(3) 스택-2에서 전해액 공급 유속 변화에 따른 전류밀도 변화**

[0150] 도 10은 스택-2에서의 전해액 공급 유속 변화에 따른 전류밀도 변화를 나타낸 그래프이다.

[0151] 도 10에 나타난 바와 같이, 초기 1.8 L/min의 전해액 공급 유속은 약 4000 초 이후 1.6 L/min으로 감소하고, 전

류밀도도 1.8 L/min으로 유지한 것보다 25% 낮은 전류밀도 (0.75 A)를 보였다.

[0152] 이는 $CO_2$가 포화된 전해액을 펌프를 이용하여 순환할 경우, 스택 내부 또는 유입 및 배출 유로 내부에 $CO_2$ 가스 버블이 붙어 있음으로 인한 유속 저하가 발생하고 이 유속감소는 시간이 지남에 따라 그 경향이 뚜렷해지고 이에 따라 성능감소도 지속적으로 나타나므로, 공급 유속을 1.8 L/min 이상으로 일정하게 유지하는 것이 적절하다.

[0154] 이상 본 개시를 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 개시를 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 개시는 이에 한정되지 않으며, 본 개시의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다. 본 개시의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 개시의 영역에 속하는 것으로 본 개시의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

## *부호의 설명*

[0156] 10: 막전극접합체

11, 111, 211: 세퍼레이터

11a: 통공부

11b: 몸체부

11c, 11e, 111c, 211e: 유입유로

11d, 11f, 111d, 211f: 배출유로

12, 112, 212: 전해질막

13, 113, 213: 애노드 전극

14, 16, 114, 116, 214, 216: 유체 확산층

15, 115, 215: 캐소드 전극

20, 22, 120, 122, 124 : 집전체

21: 바이폴라 플레이트

30, 32: 절연판

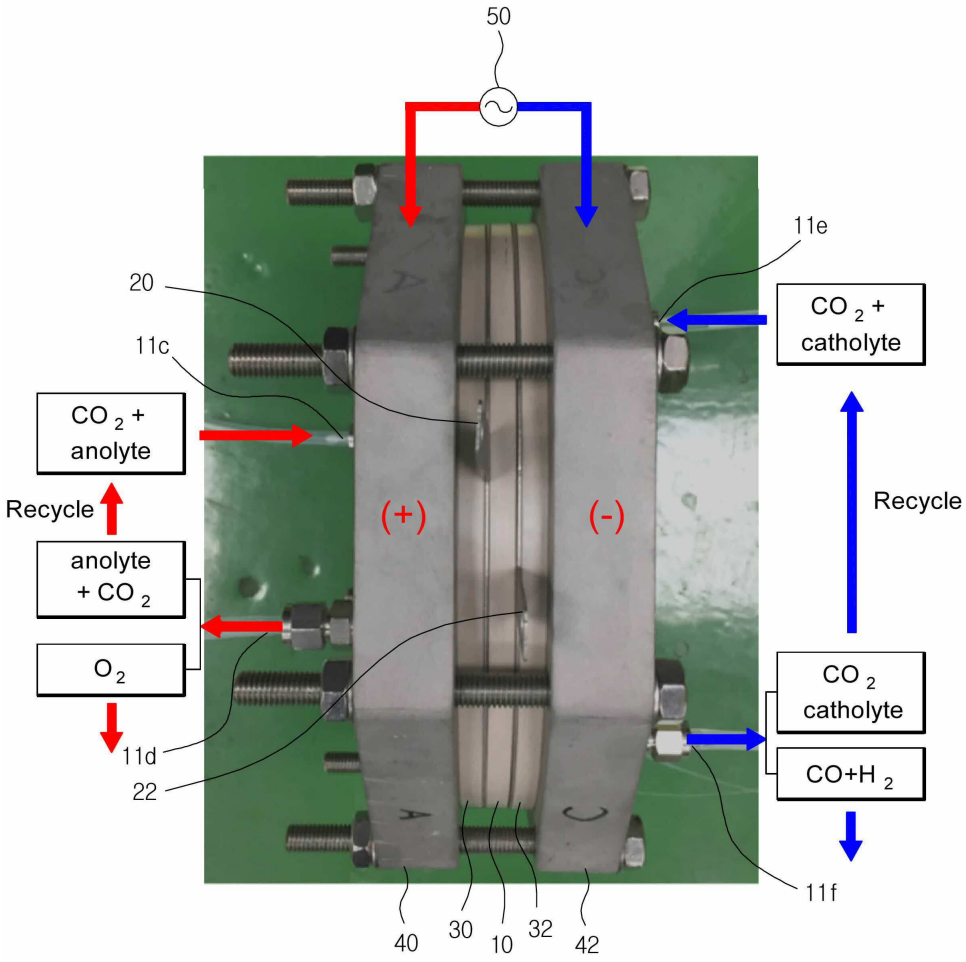
40, 42, 140, 142: 엔드플레이트

50: 구동전원

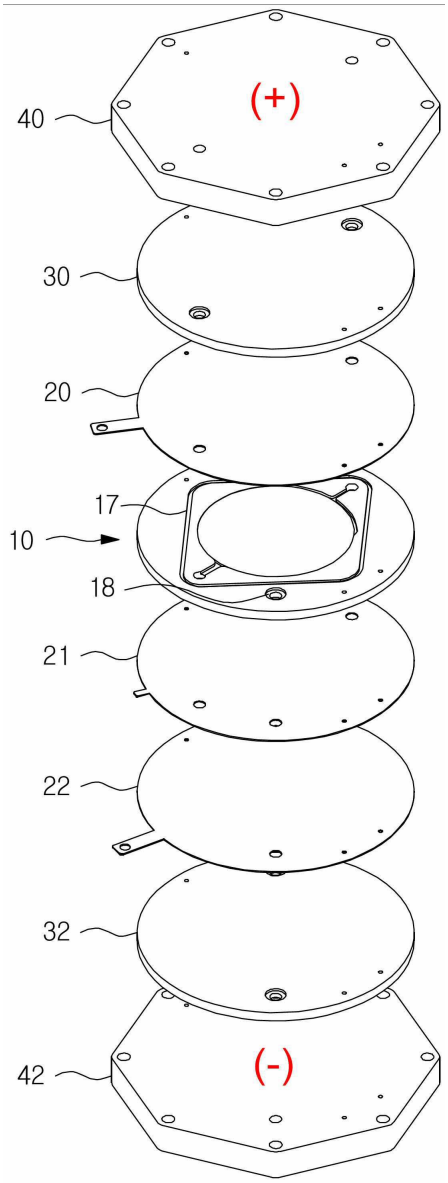
100, 200: 셀

도면

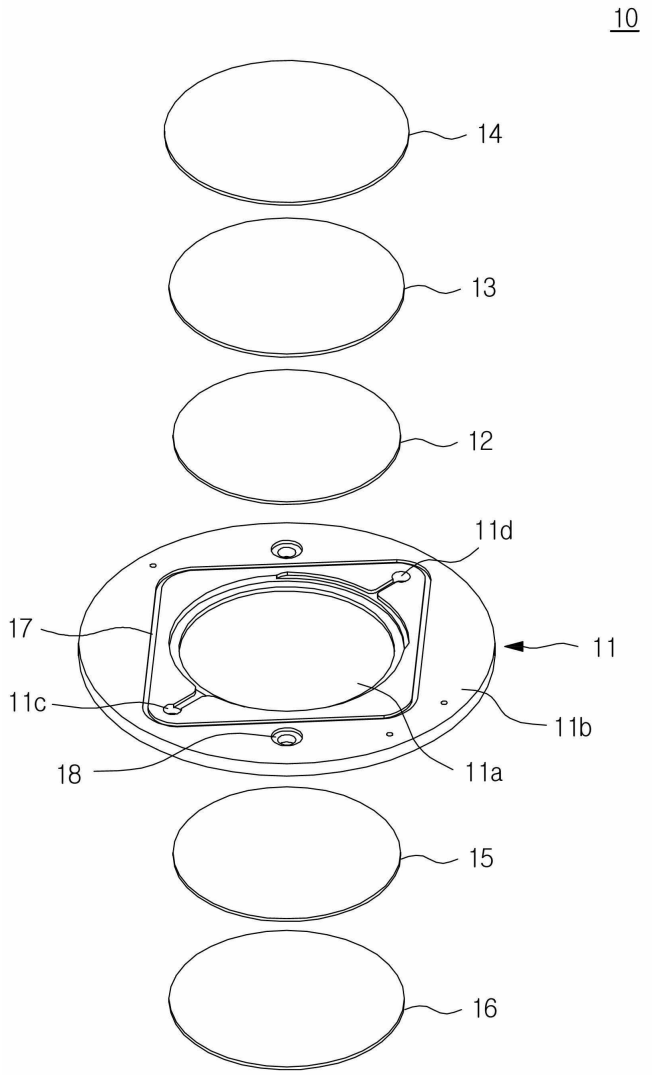
도면1


50
11e
20
CO 2 + catholyte
11c
CO 2 + anolyte
Recycle
(+)
(-)
Recycle
anolyte + CO 2
O 2
CO 2 catholyte
CO+H 2
11d
22
11f
40
30
10
32
42

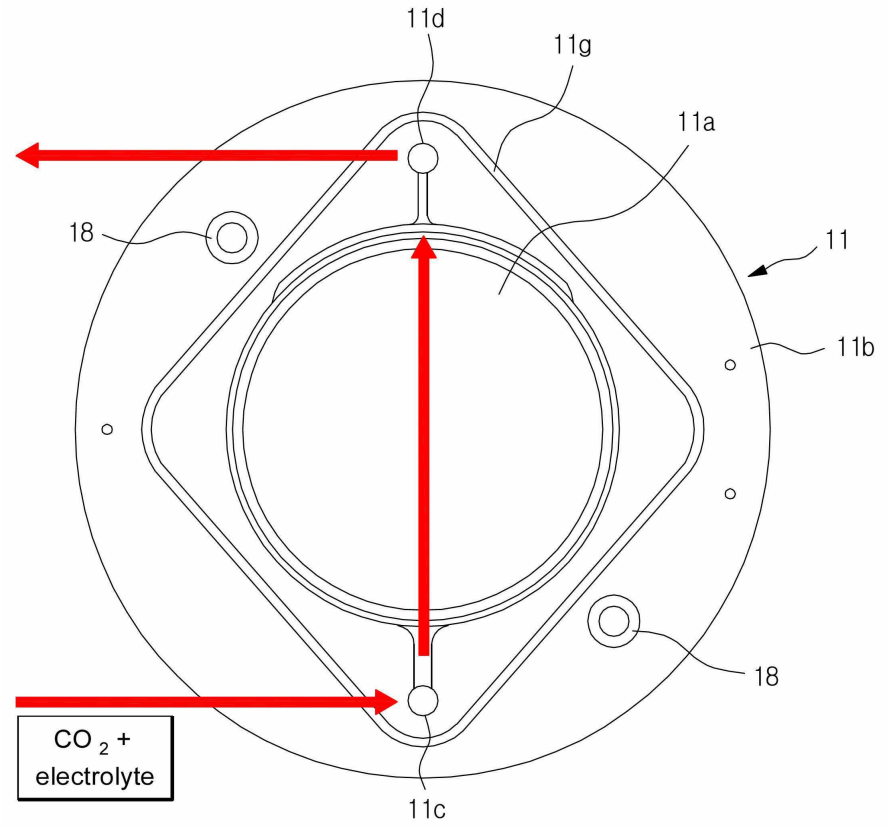
도면2a



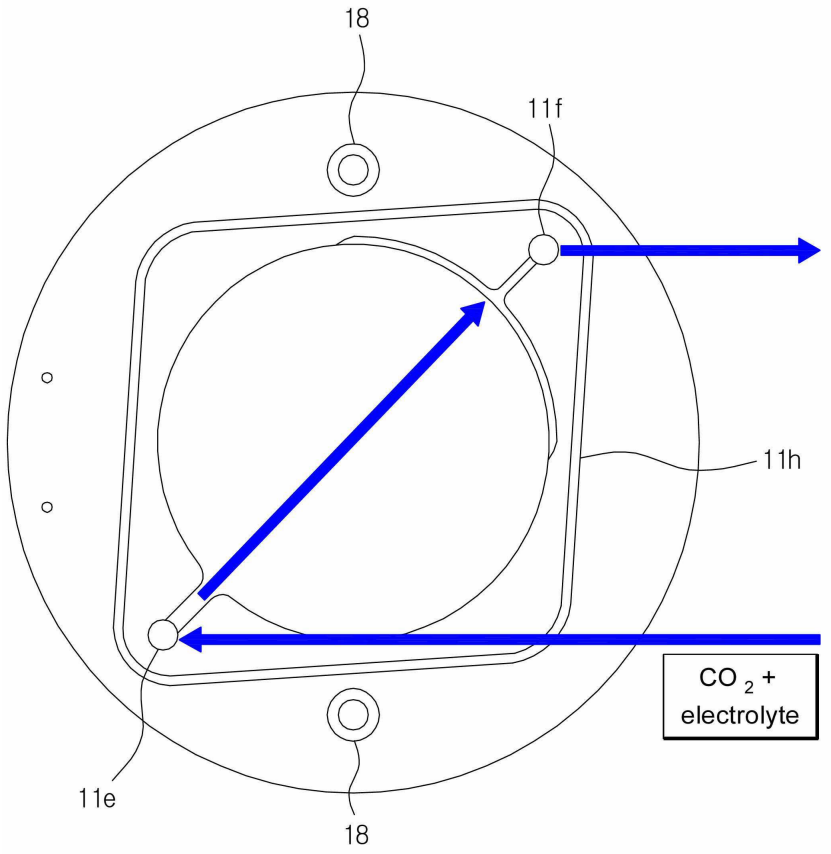
도면2b



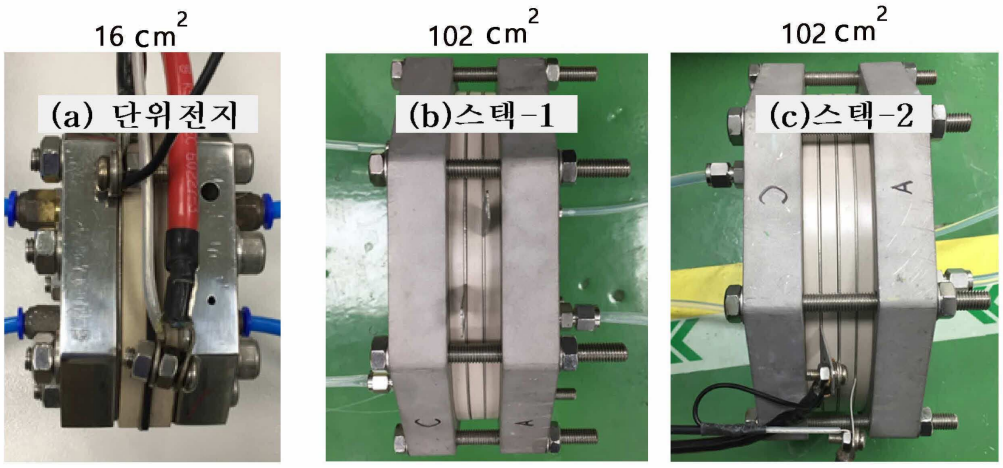
도면3a


11d
11g
11a
18
11
11b
18
CO 2 +
electrolyte
11c

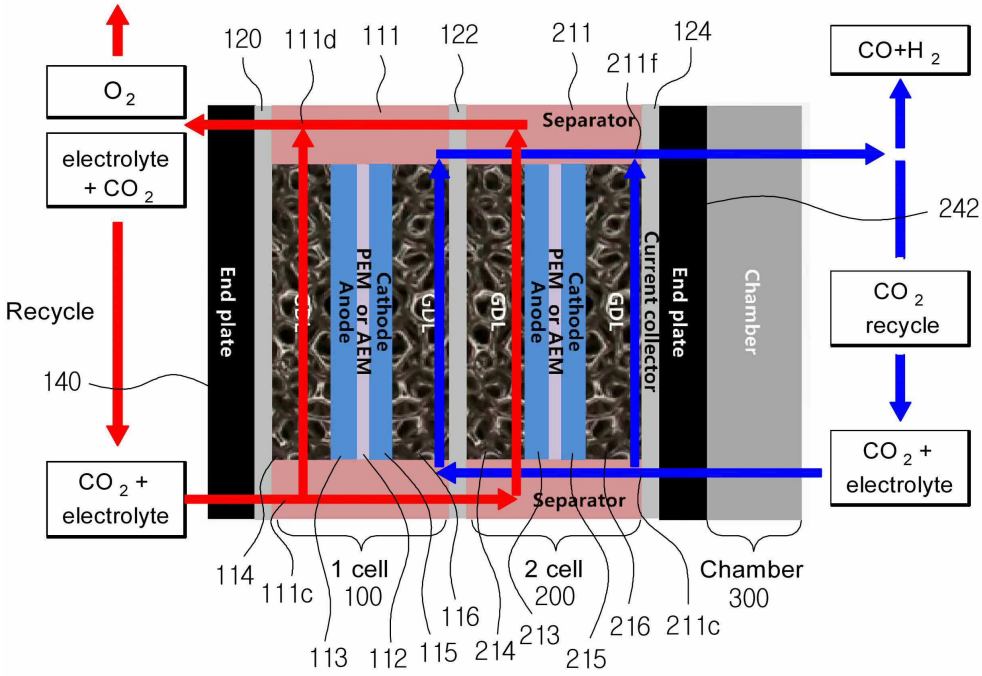
도면3b


18
11f
11h
CO 2 +
electrolyte
11e
18

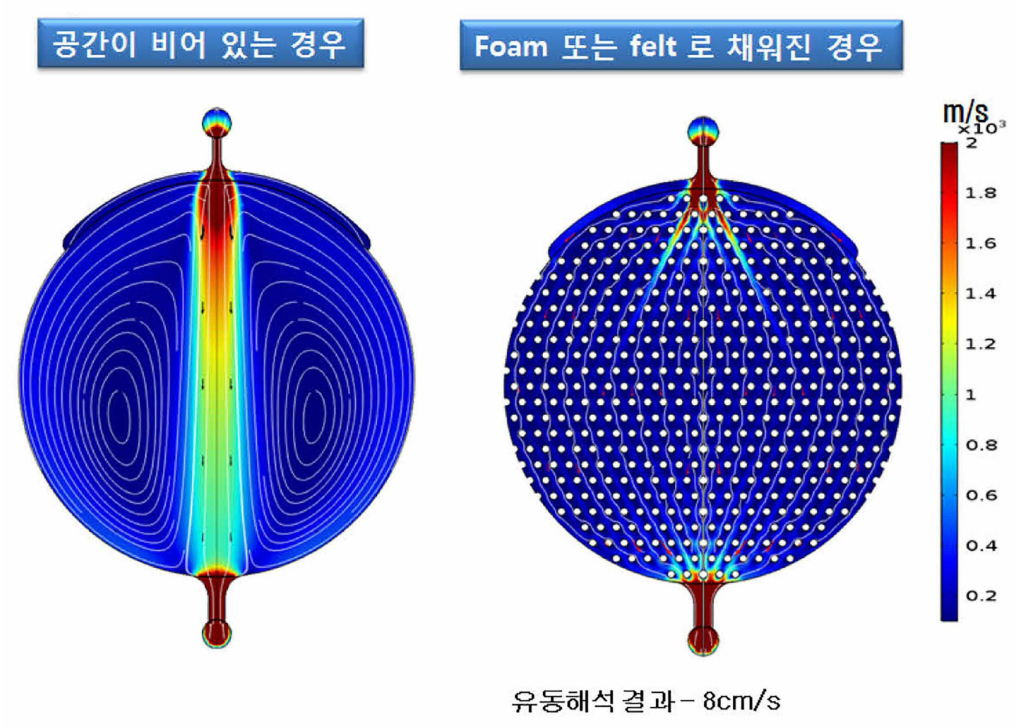
도면4


16 cm2
(a) 단위전지
102 cm2
(b)스택-1
102 cm2
(c)스택-2

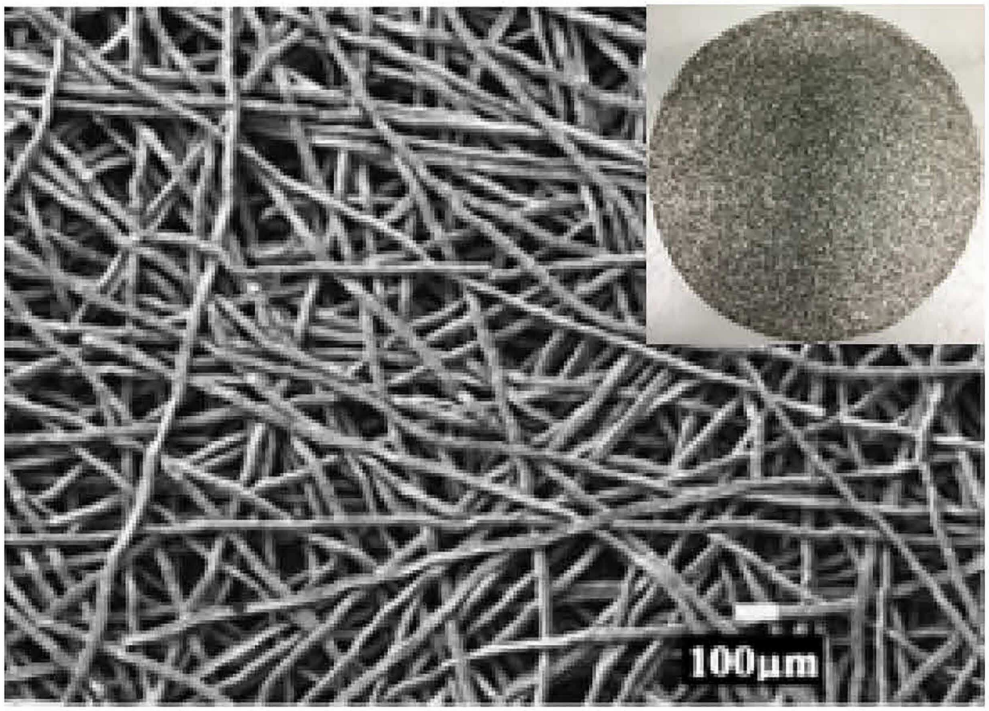
도면5


O2
electrolyte + CO2
Recycle
140
CO2 + electrolyte
120
111d
111
122
211
211f
124
CO+H2
242
CO2 recycle
CO2 + electrolyte
Separator
Separator
End plate
Cathode
PEM or AEM
Anode
GDL
Current collector
End plate
Chamber
114
111c
113
112
1 cell
100
115
116
214
2 cell
200
213
215
216
211c
Chamber
300

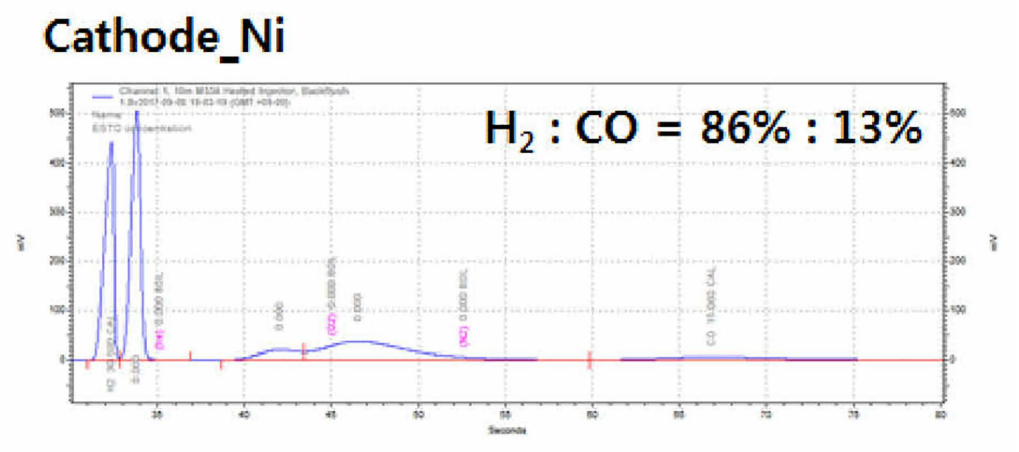
도면6a


공간이 비어 있는 경우
Foam 또는 felt 로 채워진 경우
m/s
x10³
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
유동해석 결과 – 8cm/s

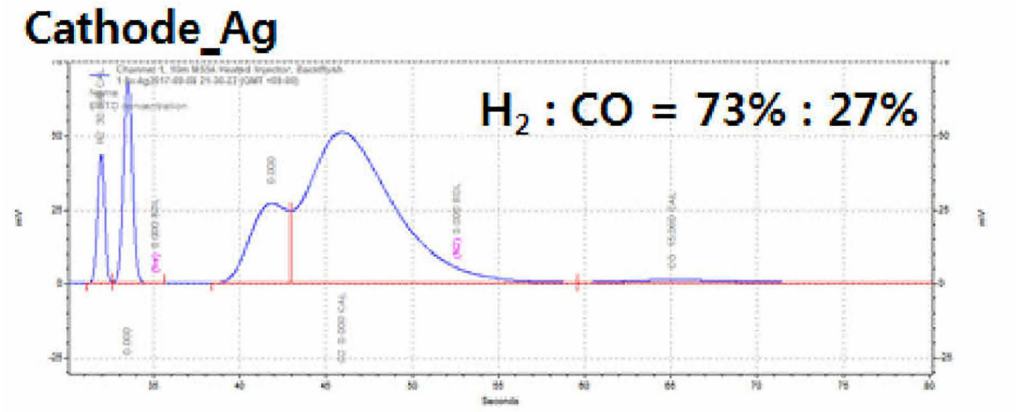
도면6b


100μm

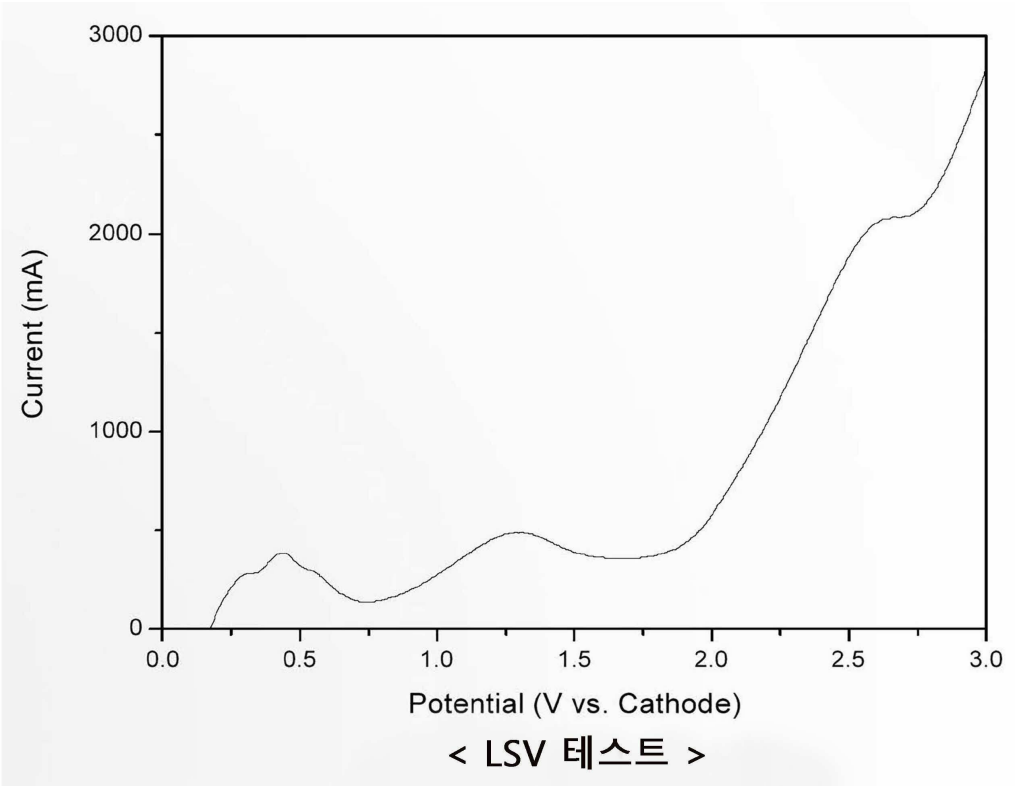
도면7a



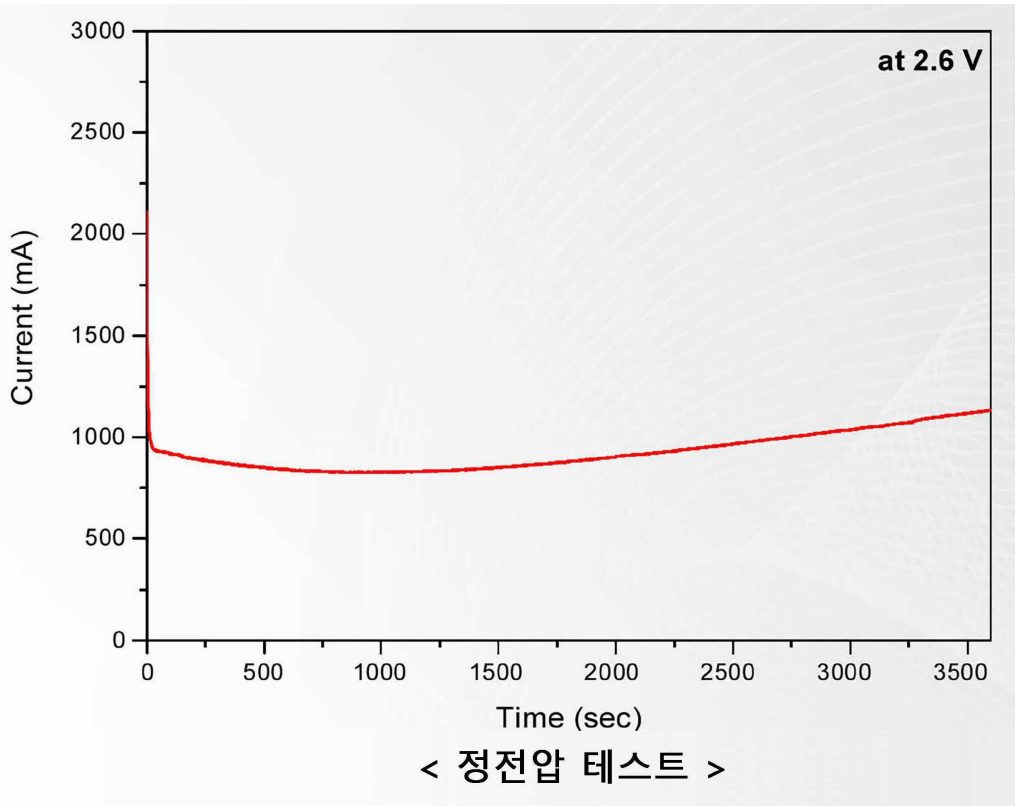

도면7b



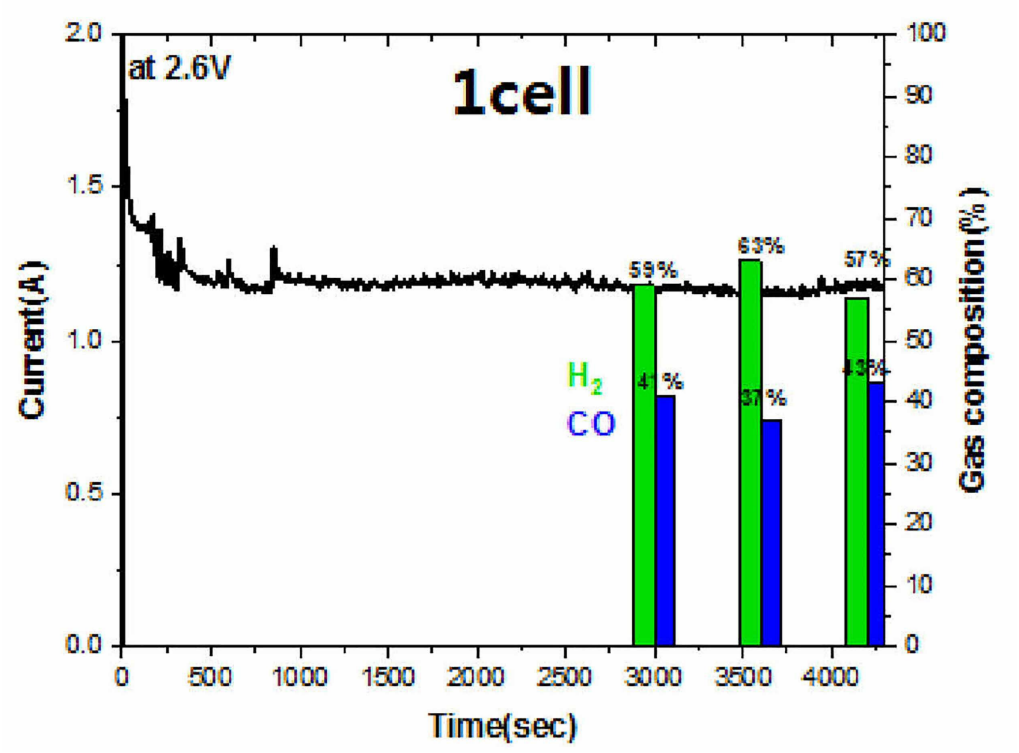
도면8a


3000
2000
1000
0
Current (mA)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
Potential (V vs. Cathode)
< LSV 테스트 >

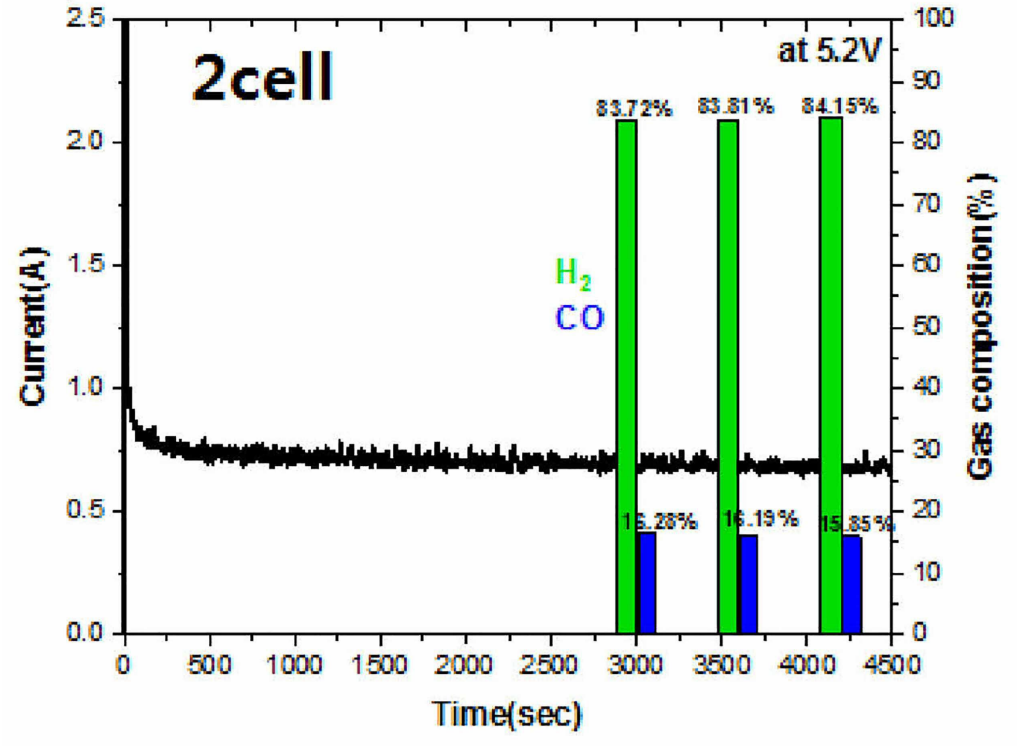
도면8b


at 2.6 V
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Current (mA)
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
Time (sec)
< 정전압 테스트 >

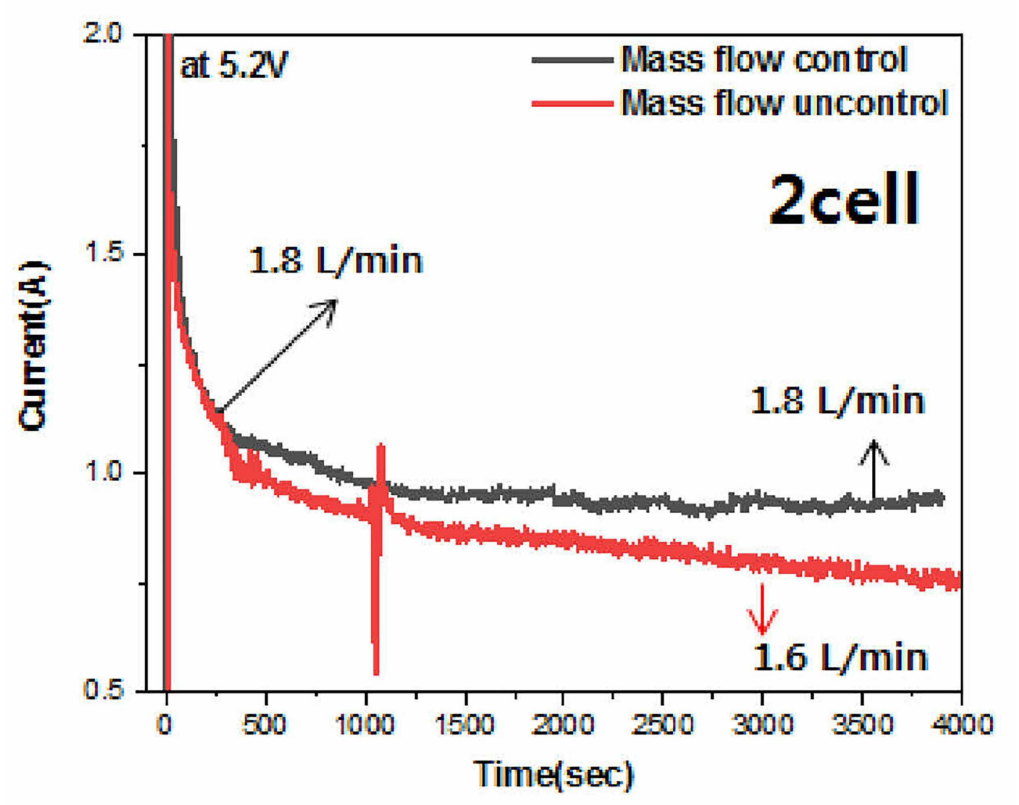
도면9a


at 2.6V
1cell
Current(A)
Gas composition(%)
Time(sec)
H2
CO
59%
41%
63%
37%
57%
43%

도면9b


2cell
at 5.2V
Current(A)
Gas composition(%)
Time(sec)
H2
CO
83.72%
16.28%
83.81%
16.19%
84.15%
15.85%

도면10


at 5.2V
Mass flow control
Mass flow uncontrol
2cell
1.8 L/min
1.8 L/min
1.6 L/min
Current(A)
Time(sec)
2.0
1.5
1.0
0.5
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000