



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0077249
(43) 공개일자 2021년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C25B 1/00 (2021.01) C25B 1/02 (2021.01)
C25B 1/22 (2021.01) C25B 13/04 (2021.01)
C25B 9/19 (2021.01)

(52) CPC특허분류

C25B 1/00 (2021.01)
C25B 1/02 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2019-0168678

(22) 출원일자 2019년12월17일

심사청구일자 2019년12월17일

(71) 출원인

한국동서발전(주)

울산광역시 중구 중가로 395(북정동)

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김건태

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김창민

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인(유한)아이시스

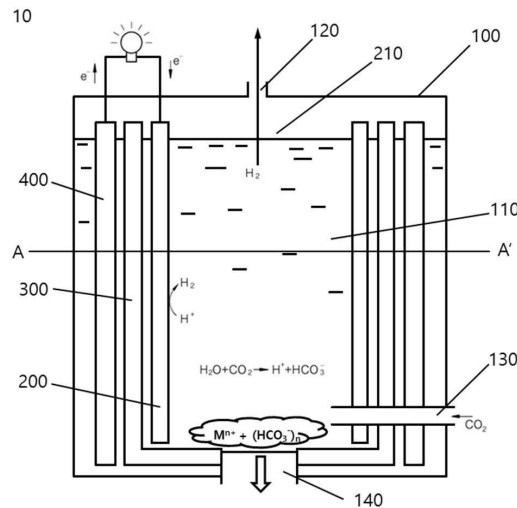
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 이산화탄소 활용 시스템

(57) 요약

본 발명은 별도의 전원을 이용하지 않고 자발적 전기화학 반응을 통해 온실 가스인 이산화탄소를 활용하여 수소와 중탄산염을 생산하고 이를 용이하게 포집할 수 있는 이산화탄소 활용 시스템을 제공하는 것으로, 반응 용기의 내부 중심에서부터 반응 공간, 캐소드, 분리 부재 및 애노드를 일정 간격으로 순서대로 배치하고 다양한 금속을 애노드로 사용함으로써, 이산화탄소를 활용하여 별도의 외부 전원 없이 자발적 전기화학 반응을 통해 전기, 수소 및 중탄산염을 생성하고, 생성된 수소와 중탄산염을 용이하게 포집할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C25B 1/22 (2021.01)

C25B 13/04 (2021.01)

C25B 9/19 (2021.01)

(72) 발명자

김정원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

성아림

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

양예진

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

수용액, 캐소드, 분리막 및 애노드가 배치되는 내부 공간을 포함하는 반응 용기;

상기 내부 공간에 배치되며, 반응 공간이 형성되도록 구비되는 캐소드;

소정 간격을 두고 상기 캐소드의 외측 면을 둘러싸도록 배치되는 분리 부재; 및

소정 간격을 두고 상기 분리 부재의 외측 면을 둘러싸도록 배치되는 애노드;를 포함하고,

상기 반응 공간 상부에는 제1 배출구를 구비하고 하부에는 제2 배출구를 구비하며,

상기 반응 공간에 수용된 수용액으로 유입된 이산화탄소를 중탄산염으로 포집하고 수소 이온을 생성하고, 상기 수소 이온과 상기 캐소드의 전자가 반응하여 수소를 생산하는 이산화탄소 활용 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 반응 공간 내의 수용액의 수면보다 낮은 위치에 이산화탄소가 유입되는 유입구를 구비하는, 이산화탄소 활용 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1 배출구는 생성되는 수소를 배출하며, 수용액의 수면보다 위에 위치하는, 이산화탄소 활용 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제2 배출구는 생성되는 중탄산염을 배출하는, 이산화탄소 활용 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 분리 부재는 캐소드와 애노드 사이에 설치되고,

상기 분리 부재는 수용액의 이동은 차단하고 이온의 이동은 허용하는 다공성 구조의 이온 전달 부재인 이산화탄소 활용 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 분리 부재는 유리 분리막인, 이산화탄소 활용 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 분리 부재의 기공은 1 내지 250 미크론인, 이산화탄소 활용 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자발적 전기화학 반응을 통해 이산화탄소를 활용하여, 전기, 수소 및 중탄산염을 생산하는 이산화탄소 활용 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 산업화와 더불어 온실가스의 배출이 지속적으로 증가하고 있으며, 온실가스 중 이산화탄소가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 산업 유형별 이산화탄소 배출량은 발전소 등 에너지 공급원에서 가장 많고, 발전을 포함한 시멘트/철강/정제 산업 등에서 발생하는 이산화탄소가 전 세계 발생량의 절반을 차지하고 있다. 이산화탄소 전환/활용 분야는 크게 화학적 전환, 생물학적 전환, 직접 활용으로 구분할 수 있으며, 기술적 범주로는 촉매, 전기화학, 바이오 공정, 광활용, 무기(탄산)화, 폴리머 등으로 구분 지을 수 있다. 이산화탄소는 다양한 산업 및 공정에서 발생되고, 하나의 기술로 이산화탄소 저감을 달성할 수 없기 때문에 이산화탄소 저감을 위한 다양한 접근 방식이 필요하다.

[0003] 현재 미국 에너지성 DOE(Department Of Energy)는 이산화탄소를 저감하기 위한 기술로 CCS(Carbon Capture & Storage)와 CCU (Carbon Capture & Utilization)이 복합된 CCUS 기술에 관심을 두고 다각적 기술 개발을 추진 중이다. CCUS 기술은 효과적인 온실가스 감축 방안으로 인정받고 있으나, 고 투자 비용, 유해 포집체의 대기 방출 가능성, 낮은 기술 성숙도의 문제에 직면하고 있다. 또한, 에너지 및 기후 정책적 관점에서 CCUS는 온실가스 배출량을 실질적으로 감축하는 수단을 제공하지만 기술의 실현에는 보완 사항이 많다. 따라서, 보다 효율적으로 이산화탄소 포집, 저장 및 활용하는 새로운 개념의 한계돌파형(breakthrough) 기술 개발이 요구되고 있다.

[0004] 본 발명의 기술분야와 관련된 선행 특허문헌으로서, 공개특허공보 제10-2015-0091834호는 이산화탄소를 포집하는 나트륨 이차전지를 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 별도의 전원을 이용하지 않고 자발적 전기화학 반응을 통해 온실 가스인 이산화탄소를 활용하여 수소와 중탄산염을 생산하고 이를 용이하게 포집할 수 있는 이산화탄소 활용 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여,

[0007] 본 발명은 수용액, 캐소드, 분리막 및 애노드가 배치되는 내부 공간을 포함하는 반응 용기; 상기 내부 공간에 배치되며, 반응 공간이 형성되도록 구비되는 캐소드; 소정 간격을 두고 상기 캐소드의 외측 면을 둘러싸도록 배치되는 분리 부재; 및 소정 간격을 두고 상기 분리 부재의 외측 면을 둘러싸도록 배치되는 애노드;를 포함하고, 상기 반응 공간 상부에는 제1 배출구를 구비하고 하부에는 제2 배출구를 구비하며, 상기 반응 공간에 수용된 수용액으로 유입된 이산화탄소를 중탄산염으로 포집하고 수소 이온을 생성하고, 상기 수소 이온과 상기 캐소드의 전자가 반응하여 수소를 생산하는 이산화탄소 활용 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 의하면 앞서서 기재한 본 발명의 목적을 모두 달성할 수 있다. 구체적으로는, 본 발명의 이산화탄소 활용 시스템은 반응 용기의 내부 중심에서부터 반응 공간, 캐소드, 분리 부재 및 애노드를 일정 간격으로 순서대로 배치함으로써, 이산화탄소를 활용하여 별도의 외부 전원 없이 자발적 전기화학 반응을 통해 전기, 수소 및 중탄산염을 생성하고, 생성된 수소와 중탄산염을 용이하게 포집할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 활용 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 것이다.

도 2는 도 1의 이산화탄소 활용 시스템의 A-A'의 단면을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예의 구성 및 작용을 상세하게 설명한다.

[0011] 도 1 및 2에는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 활용 시스템의 구성이 도시되어 있다. 도 1 및 2를 참조

하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 활용 시스템(10)은 수용액(110), 캐소드(200), 분리 부재(300) 및 애노드(400)가 배치되는 내부 공간을 포함하는 반응 용기(100); 상기 내부 공간에 배치되며, 반응 공간(210)이 형성되도록 구비되는 캐소드(200); 소정 간격을 두고 상기 캐소드(200)의 외측 면을 둘러싸도록 배치되는 분리 부재(300); 및 소정 간격을 두고 상기 분리 부재의 외측 면을 둘러싸도록 배치되는 애노드(400);를 포함한다. 이산화탄소 활용 시스템(10)은 자발적 산화환원 반응 과정에서 온실가스인 이산화탄소 기체(CO₂)를 원료로 사용하며, 친환경 연료인 수소(H₂)와 중탄산염(M_n(HCO₃)_m)를 생산한다.

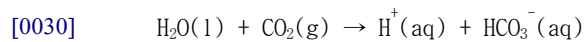
- [0012] 수용액(110)으로는 알칼리성 수용액(본 실시예에서는 1M KOH의 강 염기성 용액에서 CO₂를 용리시킨 것이 사용됨), 해수, 수돗물 및 증류수 등이 사용될 수 있다.
- [0013] 반응 용기(100)에는 생성된 수소를 배출하는 제1 배출구(120) 및 중탄산염을 배출하는 제2 배출구(130)가 형성된다.
- [0014] 상기 제1 배출구(120)는 수용액(110)의 수면보다 위에 위치하도록 반응 공간(210)의 상부에 위치하는 것이 바람직하다. 제1 배출구(120)를 통해서 반응 과정에서 생성된 수소가 외부로 배출된다.
- [0015] 상기 제2 배출구(130)는 반응 공간(210)의 하부에 위치하는 것이 바람직하다. 제2 배출구(130)를 통해서 반응 과정에서 생성되는 중탄산염이 외부로 배출된다.
- [0016] 도시되지는 않았으나, 제1 배출구(120) 및 제2 배출구(130)는 밸브 등에 의해 선택적으로 적절히 시기에 맞춰서 개폐될 수 있다.
- [0017] 상기 반응 용기(100)에는 반응 공간(210)으로 이산화탄소를 유입하는 유입구(140)가 구비될 수 있다. 유입구(140)는 수용액(110)의 수면보다 아래에 위치하도록 반응 공간(210) 내의 하부와 연통되도록 구비될 수 있다. 유입구(140)를 통해 반응 과정에서 연료로 사용되는 이산화탄소가 반응 공간(210)으로 유입될 수 있으며, 필요시 수용액(110)도 유입될 수 있다. 도시되지는 않았으나, 유입구(140) 밸브 등에 의해 선택적으로 적절히 시기에 맞춰서 개폐될 수 있다.
- [0018] 캐소드(200)는 안쪽으로 반응 공간(210)이 형성되도록 구비된다. 캐소드(110)는 반응 공간(210)을 둘러싸도록 상부와 하부가 뚫린 기둥 형태로 구비될 수 있다. 이에 제한되는 것은 아니나, 단면이 원형 기둥, 사각 기둥, 오각 기둥, 타원형 기둥 등 이산화탄소 활용 시스템의 구성과 배치에 따라 다양한 기둥 형태로 구비될 수 있다.
- [0019] 특히, 원형 기둥 형태로 구비되는 경우, 반응이 주로 이루어지는 캐소드 내부 공간에 이산화탄소의 유입과 생성되는 수소의 이동에 따라 수용액(전해질)의 순환이 잘 일어날 수 있으며, 이에 따라 애노드의 바깥에 존재하는 수용액 또한 순환이 용이하게 일어날 수 있어 반응 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0020] 상기 캐소드(200)는 전기 회로를 형성하기 위한 전극으로서, 탄소 페이퍼, 탄소 섬유, 탄소 펠트, 탄소 천, 금속 폼, 금속박막, 또는 이들의 조합일 수 있으며, 백금 촉매도 사용될 수 있다. 촉매의 경우, 백금 촉매 외에 탄소 계열 촉매, 탄소-금속 계열 복합 촉매, 페로브스카이트 산화물 촉매 등 일반적으로 산소발생반응(HER) 촉매로 사용될 수 있는 다른 모든 촉매도 포함된다.
- [0021] 반응 공간(210)에 수용된 수용액(110)에서는 반응 과정에서 이산화탄소 용리 반응이 일어난다. 수용된 수용액(110)으로 유입된 이산화탄소는 용리 반응을 통하여 중탄산염으로 포집되고 수소 이온을 생성한다. 상기 수소 이온은 캐소드(200)의 전자와 반응하여 수소를 생성한다.
- [0022] 분리 부재(300)는 소정 간격을 두고 상기 캐소드(200)의 외측 면을 둘러싸도록 배치될 수 있다. 상기 분리 부재(300)는 캐소드(200)와 애노드(400) 사이에 설치된다. 상기 분리 부재(300)는 다공성 구조로 이루어져서 캐소드(200)와 애노드부(300)의 사이에 이온의 이동은 허용하면서, 수용액(110)의 이동은 차단한다. 분리 부재(300)는 수용액(110)의 이동은 차단하고 특정 이온의 이동은 허용하는 다공성 구조의 이온 전달 부재일 수 있다. 분리 부재(300)는 재질이 유리인 유리 분리막일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 다공성 구조를 형성하는 다른 재질도 사용될 수 있다.
- [0023] 본 실시예에서 분리 부재(300)는 기공 크기가 G0 등급(grade)에 해당하는 160 내지 250 미크론(micron) G1 등급에 해당하는 100 내지 160 미크론, G2 등급에 해당하는 40 내지 100 미크론, G3 등급에 해당하는 16 내지 40 미크론, G4 등급에 해당하는 5 내지 16 미크론, G5에 해당하는 1 내지 5 미크론인 다공성 유리가 사용될 수 있으며, 용액의 투과가 적은 G3 등급 내지 G5 등급의 1 내지 40 미크론인 다공성 유리를 사용하는 것이 바람직하다. 분리 부재(300)는 이온만 전달시킴으로써 반응 과정에서 생기는 이온 불균형을 해소하게 된다.

[0024] 또한, 분리 부재(300)은 양이온 교환 막을 이용하여 제조할 수도 있다. 양이온 교환 막으로서, 미국의 듀폰사에서 개발된 불소 수지계의 카티온 교환막인 내피온(Nafion)이 사용될 수도 있다. 그러나, 이에 제한되는 것은 아니나, 칼륨 이온(K^+) 및 나트륨 이온(Na^+)의 이동만을 허용하는 것이면 모두 가능하다. 이온 교환 막은 이온만 전달시킴으로써 방전 과정에서 생기는 이온 불균형을 해소하게 된다.

[0026] 애노드(400)는 소정 간격을 두고 상기 분리 부재(300)의 외측 면을 둘러싸도록 배치될 수 있다. 애노드(400)는 전기 회로를 이루는 금속 재질의 전극으로서, 본 실시예에서는 애노드(400)로 아연(Zn) 또는 알루미늄(Al)이 사용되는 것으로 설명한다. 또한, 애노드(400)로는 아연 또는 알루미늄 등을 포함하는 합금이 사용될 수도 있다.

[0028] 이제, 위에서 구성 중심으로 설명된 이산화탄소 활용 시스템(10)의 반응 과정이 상세하게 설명된다. 도 1에는 이산화탄소 활용 시스템(10)의 반응 과정이 함께 도시되어 있다. 도 1을 참조하면, 유입구(140)를 통해 수용액(110)으로 이산화탄소가 주입되며, 캐소드(200)의 내부 공간(210) 내의 수용액(110)에서는 다음 [반응식 1]과 같은 이산화탄소의 화학적 용리 반응이 이루어진다.

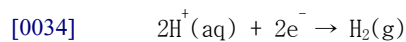
[0029] [반응식 1]



[0031] 즉, 캐소드(200)의 내부 공간(210) 내의 수용액(110)으로 공급된 이산화탄소(CO_2)는 수용액(110)의 물(H_2O)과 자발적으로 화학반응을 하여 수소 양이온(H^+)과 중탄산 이온(HCO_3^-)을 생성한다.

[0032] 또한, 캐소드(200)에서는 다음 [반응식 2]와 같은 전기적 반응이 이루어진다.

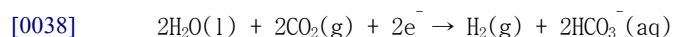
[0033] [반응식 2]



[0035] 즉, 캐소드(200)에서 수소 이온(H^+)은 전자(e^-)를 받아서 수소(H_2) 기체를 생성하게 된다. 생성된 수소 기체는 제1 배출구(120)를 통해서 외부로 배출된다.

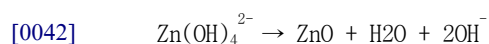
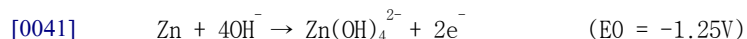
[0036] 아울러, 캐소드(200) 및 반응 공간(210)에서는 다음 [반응식 3]과 같은 전체 반응이 이루어진다.

[0037] [반응식 3]



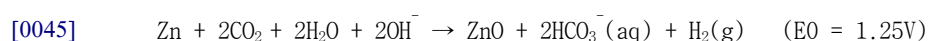
[0039] 그리고, 애노드(400)에서는 애노드(400)가 아연(Zn)인 경우에 다음 [반응식 4]와 같은 산화 반응이 이루어진다.

[0040] [반응식 4]



[0043] 애노드(400)가 아연(Zn)인 경우 전체 반응식은 다음 [반응식 5]와 같다.

[0044] [반응식 5]



[0046] 만일, 애노드(400)가 알루미늄(Al)인 경우에 다음 [반응식 6]과 같은 산화 반응이 이루어진다.

[0047] [반응식 6]

[0048] $Al + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3 + 3e^-$ (E0 = -2.31V)

[0049] 애노드(400)가 알루미늄(Al)인 경우 전체 반응식은 다음 [반응식 7]과 같다.

[0050] [반응식 7]

[0051] $2Al + 6CO_2 + 6H_2O + 6OH^- \rightarrow 2Al(OH)_3 + 6HCO_3^-(aq) + 3H_2(g)$ (E0 = 2.31V)

[0053] 결과적으로, [반응식 5]와 [반응식 7]을 통해 알 수 있는 바와 같이, 반응 시 수용액(110)에서 용리된 이산화탄소에 의해 생성된 수소 이온은 캐소드(200)로부터 전자를 받아 수소 기체로 환원되고, 제1 배출구(120)를 통해 배출되고, 금속 애노드(400)는 산화물의 형태로 변하게 된다. 반응이 진행되면서 반응 공간(210) 내의 수용액(110)에는 HCO_3^- (중탄산이온)이 생성되는데, 이에 나트륨 이온을 첨가하면, 탄산나트륨 고체 생성물을 부가적으로 획득할 수 있게 된다. 석출되는 탄산나트륨은 제2 배출구를 이용하여 수집할 수 있다. 또한, 탄산나트륨은 제2 배출구를 이용하여 탄산나트륨이 용해되어 있는 수용액(110)을 수집하여 건조함으로써 수득할 수도 있다.

[0055] 본 발명의 이산화탄소 활용시스템은 반응 용기 내부를 중심으로 캐소드-분리 부재-애노드 형태로 캐소드가 반응 공간을 둘러싸도록 배치되어 반응 공간이 완전히 분리된 형태로 구성되기 때문에 캐소드에서 생성되는 수소의 포집이 용이하며, 동시에 구동시 생성되는 중탄산염을 쉽게 배출할 수 있는 구조를 가지고 있기 때문에 이산화탄소 활용 시스템을 보다 효율적으로 활용할 수 있다는 장점이 있다.

[0057] 이상 실시예를 통해 본 발명을 설명하였으나, 본 발명은 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 실시예는 본 발명의 취지 및 범위를 벗어나지 않고 수정되거나 변경될 수 있으며, 본 기술분야의 통상의 기술자는 이러한 수정과 변경도 본 발명에 속하는 것임을 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0058] 10 : 이산화탄소 활용 시스템

100 : 반응 용기 110 : 수용액

120 : 제1 배출구 130 : 제2 배출구

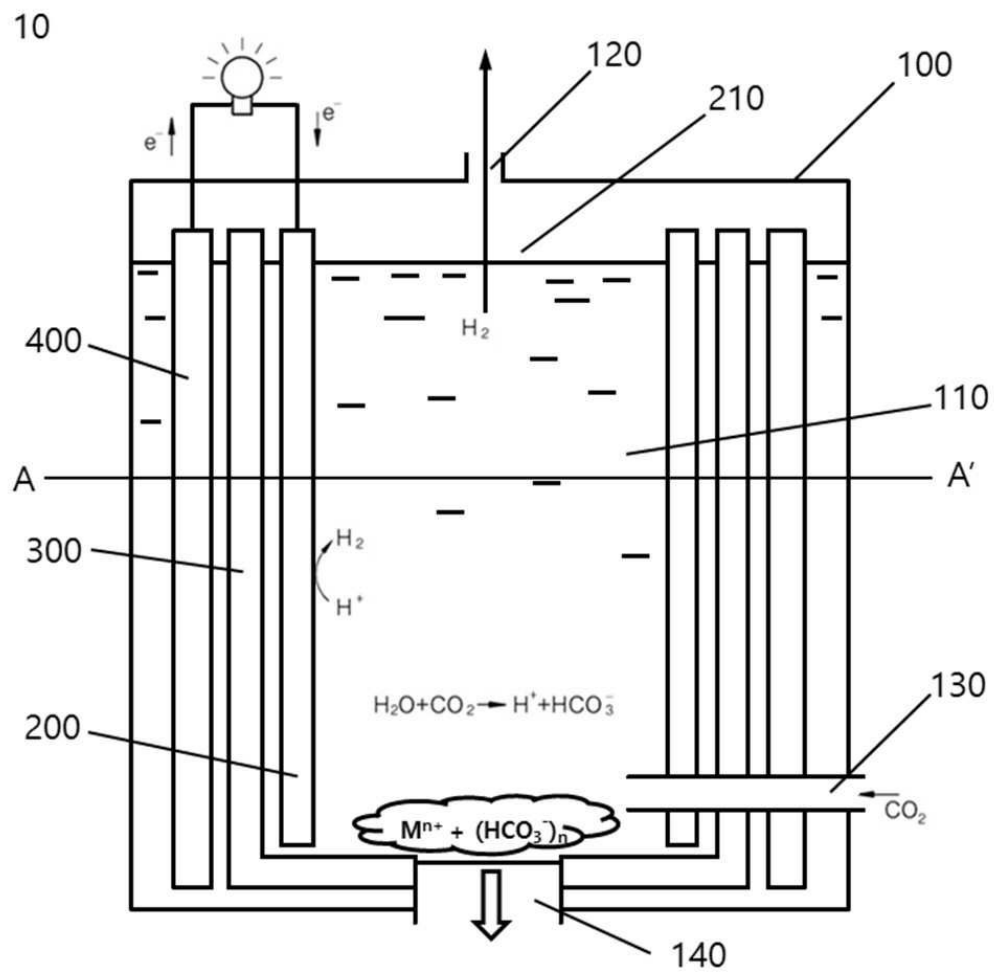
140 : 유입구 200 : 캐소드

210 : 반응 공간 300 : 분리 부재

400 : 애노드

도면

도면1



도면2

