(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0111611
(43) 공개일자 2024년07월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 11/00 (2006.01) *H01M 8/18* (2015.01)
H02N 3/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 11/002 (2013.01)
H01M 8/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0003654
(22) 출원일자 2023년01월10일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
양승철
경상남도 창원시 성산구 대암로 253, 110동 1406호(성주동, 프리빌리지아파트)
박희성
경상남도 창원시 성산구 창원대로1209번길 22, 211동 403호(성주동, 프리빌리지 2차)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 정안

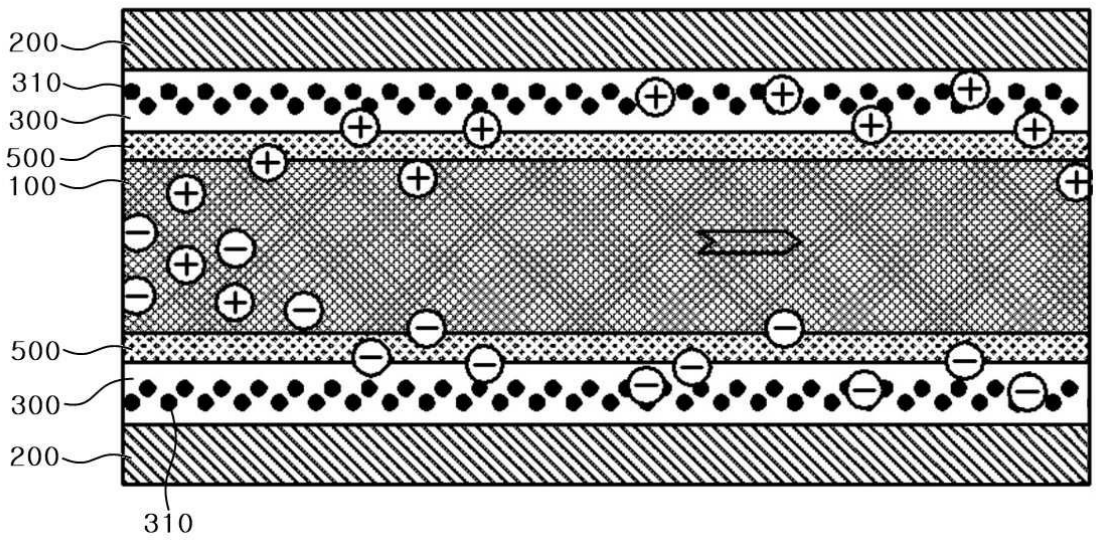
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **흐름전극 농도차 발전셀 구조**

(57) 요 약

본 발명은 흐름전극 농도차 발전셀 구조에 관한 것이다. 본 발명은 전해질이 유동하는 전해질 유로, 전해질 유로의 양측에 배치되고, 탄소 소재를 갖는 흐름전극이 흐르는 흐름전극 유로가 새겨진 집전체 및 흐름전극 유로에 돌출 형성되는 돌기부를 포함하는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01M 8/227 (2013.01)
H02N 3/00 (2013.01)
Y02A 20/138 (2020.08)
(72) 발명자
송태섭
서울특별시 종로구 경교장길 35, 302동 103호(평동, 경희궁자이 3단지)
권화빈
경상남도 김해시 삼안로 207, 501동 203호(삼방동, 동성아파트)
김동현
부산광역시 강서구 명지국제5로 109, 206동 2202호(명지동, 명지2차 금강펜테리움 센트럴파크)
김동경
경상남도 창원시 성산구 대정로40번길 7, 103동 1003호(가음동, 창원더샵센트럴파크1단지)
명승철
서울특별시 성동구 사근동길 45-13, 302호(사근동)

명 세 서

청구범위

청구항 1

전해질이 유동하는 전해질 유로;

상기 전해질 유로의 양측에 배치되고, 탄소 소재를 갖는 흐름전극이 흐르는 흐름전극 유로가 새겨진 집전체; 및

상기 흐름전극 유로에 돌출 형성되는 돌기부;

를 포함하는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 돌기부는,

상기 흐름전극 유로의 바닥면으로부터 높이 방향으로 돌출 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 돌기부는,

상기 흐름전극 유로의 폭의 중앙부에 위치하는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 돌기부는,

상기 흐름전극의 와류를 발생시키고, 상기 흐름전극의 선속도를 증가시키거나 상기 탄소 소재와 상기 흐름전극 유로의 벽면과의 접촉면적을 증가시키도록 구성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 돌기부는,

상기 흐름전극 유로 높이 이하의 높이로 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 돌기부는,

상기 흐름전극 유로 폭의 20% 내지 30% 의 폭으로 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 흐름전극 유로는,

높이가 2㎜이고 폭이 2㎜로 구비되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 돌기부는,

높이가 1㎜ 내지 2㎜로 구비되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 돌기부는,

폭이 0.5㎜로 구비되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 흐름전극 유로는 지그재그 형상으로 구비되고, 상기 돌기부는 상기 흐름전극 유로의 직선 구간에 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 흐름전극 농도차 발전셀 구조에 관한 것으로, 보다 상세하게는 집전체에 새겨진 흐름전극 유로 내에 돌출 형성되는 돌기부를 부가하여 흐름전극의 와류 발생으로 발전량을 증가시킬 수 있는 흐름전극 농도차 발전셀 구조에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 농도차 발전은 고농도의 물과 저농도의 물의 농도차로부터 에너지를 추출하는 차세대 신재생에너지원이다. 농도차 발전 기술은 물은 통과하고 염은 밀어내는 수분투과막을 이용하는 압력지연삼투(pressure retarded osmosis), 양이온과 음이온을 선택적으로 투과시키는 이온교환막을 이용하는 역전기투석 (reverse electrodialysis), 탄소 소재의 이온 흡착 및 탈착을 이용하는 축전식혼합 (capacitive mixing)이 있다. 축전식혼합 농도차 발전은 탄소 소재로 구성된 고정전극의 이온흡착량의 한계로 인해 불균일한 출력을 보이는 단점을 지니고 있다. 이를 극복하기 위해 최근 탄소 소재와 전해질로 구성된 현탁액 형태의 흐름전극 (flow-electrode)을 활용한 흐름전극 축전식혼합(flow-electrode capacitive mixing)방법이 최근 제안되었다. 이러한 흐름전극은 담수화(흐름전극 축전식탈염, flow-electrode capacitive deionization) 및 흐름 커패시터(flow

capacitor)에 응용되고 있다.

[0004] 흐름전극 축전식혼합 농도차 발전은 일반적인 축전식혼합에 비해 연속적인 출력밀도의 장점에도 불구하고, 타 농도차 발전 기술에 비해 낮은 출력밀도를 지니고 있어 개선이 필요한 실정이다. 이러한 흐름전극 축전식혼합의 낮은 출력밀도 특성은 축전식혼합의 고정전극에 비해 흐름전극 내 낮은 탄소 소재 첨가량에서 기인한다. 이러한 흐름전극 내 낮은 탄소 소재 첨가량은 집전체와 탄소 소재 사이의 비효율적인 이온 전달 및 전자 전달을 유도해 흐름전극 축전식혼합은 낮은 출력밀도를 보인다.

[0005] 흐름전극 유로가 새겨진 집전체는 흐름전극 내 탄소 소재와 효율적인 상호 전자 전달을 위한 중요한 구성요소이다. 흐름전극 축전식혼합의 집전체의 흐름전극 유로는 흐름전극 내 탄소 소재와 집전체 사이의 많은 접촉(contact)을 통한 효율적인 전자 전달을 위한 것이다.

[0006] 전기를 가해 담수를 얻는 흐름전극 축전식탈염과 달리 흐름전극 축전식혼합은 이온교환막을 통해 선택적으로 이동하는 이온들로 인한 기전력에 의해 구동된다. 흐름전극 축전식혼합의 기전력은 흐름전극 축전식탈염에 비해 낮아, 흐름전극 축전식혼합은 단위셀을 구성하는 구성요소들의 성능 변화가 출력밀도에 많은 영향을 미친다. 따라서, 흐름전극 축전식혼합에서는 효율적인 전자 전달을 위한 탄소 소재와 집전체 사이의 접촉 빈도를 새로운 형상의 유로 개발을 통해 개선시켜야 할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 특허문헌1: 대한민국 등록특허 제10-1637539호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 집전체에 새겨진 흐름전극 유로 내에 돌출 형성되는 돌기부를 부가하여 흐름전극의 와류 발생으로 탄소 소재와 집전체 사이의 접촉 빈도를 높일 수 있는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0010] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시 예에 의해 보다 분명하게 알 수 있다. 또한 본 발명의 목적들은 특허청구범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 흐름전극 농도차 발전셀 구조는 다음과 같은 구성을 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 전해질이 유동하는 전해질 유로; 상기 전해질 유로의 양측에 배치되고, 탄소 소재를 갖는 흐름전극이 흐르는 흐름전극 유로가 새겨진 집전체; 및 상기 흐름전극 유로에 돌출 형성되는 돌기부; 를 포함하는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0014] 또한, 상기 돌기부는, 상기 흐름전극 유로의 바닥면으로부터 높이 방향으로 돌출 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0015] 또한, 상기 돌기부는, 상기 흐름전극 유로의 폭의 중앙부에 위치하는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0016] 또한, 상기 돌기부는, 상기 흐름전극의 와류를 발생시키고, 상기 흐름전극의 선속도를 증가시키거나 상기 탄소 소재와 상기 흐름전극 유로의 벽면과의 접촉면적을 증가시키도록 구성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0017] 또한, 상기 돌기부는, 상기 흐름전극 유로 높이 이하의 높이로 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한

다.

[0018] 또한, 상기 돌기부는, 상기 흐름전극 유로 폭의 20% 내지 30% 의 폭으로 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0019] 또한, 상기 흐름전극 유로는, 높이가 2㎜이고 폭이 2㎜로 구비되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0020] 또한, 상기 돌기부는, 높이가 1㎜ 내지 2㎜로 구비되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0021] 또한, 상기 돌기부는, 폭이 0.5㎜로 구비되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

[0022] 또한, 상기 흐름전극 유로는 지그재그 형상으로 구비되고, 상기 돌기부는 상기 흐름전극 유로의 직선 구간에 형성되는 흐름전극 농도차 발전셀 구조를 제공한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명은 앞서 본 실시 예와 하기에 설명할 구성과 결합, 사용 관계에 의해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

[0025] 본 발명은, 집전체에 새겨진 흐름전극 유로 내에 돌기부를 부가하여 흐름전극의 와류 발생으로 탄소 소재와 집전체 사이의 접촉 빈도를 높일 수 있는 바, 전자 이동효율 상승으로 인해 발전량이 증가하는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시 예로써, 흐름전극 농도차 발전셀 구조의 개략도를 도시하고 있다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예로써, 흐름전극 농도차 발전셀 구조의 집전체를 도시하고 있다.

도 3은 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4를 도시하고 있다.

도 4는 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4에서 흐름전극 유로 단면적에서의 흐름전극 선속도 분포를 도시하고 있다.

도 5는 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4에 대한 표면마찰계수를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 대한 전류-전압 그래프이다.

도 7은 도 6을 이용해 변환된 것으로, 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 대한 전류 밀도-출력 밀도 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0029] 또한, 명세서에 기재된 "…부" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 하드웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0030] 또한, 본 명세서에서 어떤 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상부에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 아울러, 어떤 부분이 다른 부분 "아래에" 또는 "하부에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 아래에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다.

[0031] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시 예로써, 흐름전극 농도차 발전셀 구조의 개략도를 도시하고 있고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예로써, 흐름전극 농도차 발전셀 구조의 집전체를 도시하고 있고, 도 3은 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4를 도시하고 있고, 도 4는 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4에서 흐름전극 유로 단면적에서의 흐름전극 선속도 분포를 도시하고 있고, 도 5는 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4에 대한 표면마찰계수를 나타낸 그래프이고, 도 6은 본 발명의 돌기부의 높이에 따

른 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 대한 전류-전압 그래프이고, 도 7은 도 6을 이용해 변환된 것으로, 본 발명의 돌기부의 높이에 따른 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 대한 전류 밀도-출력 밀도 그래프이다.

[0033] 도 1 내지 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예를 따르는 흐름전극 농도차 발전셀 구조는 전해질이 유동하는 전해질 유로(100), 전해질 유로(100)의 양측에 배치되고, 탄소 소재를 갖는 흐름전극(310)이 흐르는 흐름전극 유로(300)가 새겨진 집전체(200) 및 흐름전극 유로(300)에 돌출 형성되는 돌기부(400)를 포함한다.

[0034] 전해질 유로(100)는 전해질이 유동하도록 구성된다. 전해질 유로(100)에는 흐름전극(310)보다 농도가 높거나 낮은 전해질이 공급된다. 흐름전극(310)보다 농도가 높은 전해질은 염수를 의미할 수 있고, 흐름전극(310)보다 농도가 낮은 전해질은 담수일 수 있다. 전해질은 NaCl, H_2SO_4, HCl, NaOH, KOH, Na_2NO_3 등 수용성 전해질액일 수 있고, 프로필렌카보네이트(Propylene Carbonate, PC), 디에틸카보네이트(Diethyl Carbonate, DEC), 테트라히드로푸란(Tetrahydrofuran, THF)와 같은 유기성 전해질액을 포함할 수 있다.

[0035] 전해질 유로(100)의 전해질 이동방향과 흐름전극 유로(300)의 흐름전극(310)의 이동방향은 서로 동일하거나 반대 방향일 수 있다. 흐름전극 유로(300)는 탄소 소재를 갖는 흐름전극(310)이 흐르도록 구성된다. 흐름전극 유로(300)는 흐름 양극유로와 흐름 음극유로를 포함할 수 있다. 흐름전극(310)은 흐름양극과 흐름음극을 포함할 수 있다. 흐름 양극유로에는 흐름양극이 흐르고, 흐름 음극유로에는 흐름음극이 흐른다.

[0036] 흐름전극(310)은 유동액에 탄소 소재가 혼합되어 분산된 슬러리 상태로 흐름전극 유로(300)에 공급된다. 유동액은 NaCl, H_2SO_4, HCl, NaOH, KOH, Na_2NO_3 등 수용성 전해질액과, 프로필렌카보네이트(Propylene Carbonate, PC), 디에틸카보네이트(Diethyl Carbonate, DEC), 테트라히드로푸란(Tetrahydrofuran, THF)와 같은 유기성 전해질액을 포함할 수 있다. 유동액은 다량의 염이 함유된 염수 또는 미량의 염이 함유된 담수일 수 있다. 흐름전극(310)의 탄소 소재는 다공성 탄소(활성탄), 카본파이버, 탄소에어로젤, 탄소나노튜브, 그래핀, 그래핀 산화물, 흑연분말, 금속산화물 분말 등 일 수 있다.

[0037] 집전체(200)는 전해질 유로(100)의 양측에 배치되고 흐름전극 유로(300)가 새겨져 구비된다. 보다 구체적으로, 흐름전극 유로(300)는 집전체(200)에 지그재그 형상으로 새겨져 구비될 수 있다. 본 발명의 일 실시 예를 따르는 흐름전극 농도차 발전셀 구조에서, 흐름전극(310)과 전해질 유로(100) 사이는 전극분리막(500)에 의해 구분된다. 따라서, 탄소 소재의 전극활물질과 전해질의 이온교환을 통해 이온흡착(충전) 및/또는 탈착(방전)되어 에너지가 저장 및/또는 발생시킬 수 있다.

[0038] 전극분리막(500)은 유입수 내의 이온을 선택적으로 투과시킴과 동시에 코이온(co-ion)의 유입수로의 방출을 방지하는 역할을 하는 것으로서, 바람직하게는 Fujifilm Manufacturing Europe B.V.社, Tokuyama社, Asahi Glass社 등의 상용이온교환막 및 Tailor-made 이온교환막 등이 사용될 수 있다.

[0039] 돌기부(400)는 흐름전극 유로(300)에 돌출 형성된다. 보다 구체적으로, 돌기부(400)는 흐름전극 유로(300)의 바닥면으로부터 높이 방향으로 돌출 형성된다. 더 바람직하게, 돌기부(400)는 흐름전극 유로(300)의 폭의 중앙부에 위치한다.

[0040] 돌기부(400)는 흐름전극 유로(300) 내에서 흐름전극(310)의 와류를 발생시키고, 흐름전극(310)의 선속도를 증가시키도록 구성된다. 또한, 돌기부(400)는 탄소 소재와 흐름전극 유로(300)의 벽면과의 접촉면적을 증가시키도록 구성된다. 따라서, 흐름전극(310) 내의 탄소 소재와 흐름전극 유로(300)의 접촉 확률이 증가되고, 이로 인해 흐름전극(310) 내 탄소 소재와 흐름전극 유로(300)의 원활한 전자 흐름이 이루어질 수 있다.

[0041] 도 2에 도시된 바와 같이 흐름전극 유로(300)는 집전체(200)에 지그재그 형상으로 새겨지고, 돌기부(400)는 흐름전극 유로(300)의 직선 구간에 형성될 수 있다. 집전체(200)는 전도성 물질로 이루어지고, 여기서 전도성 물질은 카본(carbon), 그라파이트(graphite), 도전성 시트나 필름, 금속류 중 어느 하나일 수 있다. 집전체(200)는 전자가 움직이는 통로 역할을 수행할 수 있다.

[0042] 돌기부(400)는 흐름전극 유로(300) 높이 이하의 높이로 형성되고, 흐름전극 유로(300) 폭의 20% 내지 30% 의 폭으로 형성된다. 더 바람직하게, 흐름전극 유로(300)는 높이가 2㎜이고 폭이 2㎜로 구비되고, 이 때 돌기부(400)의 높이는 1㎜ 내지 2㎜이고 돌기부(400)의 폭은 0.5㎜로 구비된다.

[0044] 이하 본 발명에 따르는 실시예와 이에 대한 비교예에 대해 기술한다.

[0045] [실시예 1]

[0046] 흐름전극 유로(300)의 높이는 2㎜ 이고 돌기부(400)의 높이는 0.5㎜로 구비된다. 흐름전극 유로(300)의 폭은 2㎜ 이고 돌기부(400)의 폭은 0.5㎜로 구비된다. 집전체(200)는 흑연 기반 집전체(200)를 제작했고, 도 1에 도시된 바와 같이 흐름전극 축전식혼합(flow-electrode capacitive mixing, F-CapMix) 단위셀을 조립해 출력밀도(W/m^2)측정을 수행했다. 이때 사용된 흐름전극(310)의 조성은 증류수 100, MSP20 활성탄 25, NaCl 3.5의 무게비로 제조되었고, 유입수(feedwater)는 증류수를 사용했다. 흐름전극(310)의 유량(flow rate)은 25cc/min, 유입수의 유량(flow rate)은 3cc/min 이였다.

[0047] [실시예 2]

[0048] 돌기부(400)의 높이는 1.0㎜ 로 구비되는 것을 제외하고는 실시예 1과 같다.

[0049] [실시예 3]

[0050] 돌기부(400)의 높이는 1.5㎜ 로 구비되는 것을 제외하고는 실시예 1과 같다.

[0051] [실시예 4]

[0052] 돌기부(400)의 높이는 2.0㎜ 로 구비되는 것을 제외하고는 실시예 1과 같다.

[0053] [비교예]

[0054] 흐름전극 유로(300)에 돌기부(400)가 형성되지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 같다.

[0056] 도 4를 참조하면, 흐름전극 유로(300)의 단면적에서 돌기부(400)의 높이가 높을수록 흐름전극(310)의 유속이 평균적으로 높아지는 경향이 있다. 실시예 4에서 흐름전극(310)은 좌우 대칭된 속도 벡터의 형태를 가진다. 이는 흐름전극 유로(300) 벽에 흐름전극(310) 내 탄소 소재가 균일하게 접촉(contact)할 수 있는 환경을 만들어주며, 흐름전극 유로(300) 단면에서 이상적인 흐름전극(310) 내의 탄소 소재 입자 분포에 기여할 것으로 기대할 수 있다. 반면, 흐름전극 유로(300) 내 돌기부(400)의 높이가 낮을수록 흐름전극 유로(300) 중앙에서 발달된 흐름전극(310) 유동의 영향이 증가하여, 흐름전극(310) 내 탄소 소재 입자는 유로 중앙으로 집중되어 흐를 것으로 예측된다.

[0057] 도 5를 참조하면, 비교예 및 실시예 1 내지 실시예 4에 대한 흐름전극 유로(300) 벽면에서의 흐름전극(310) 내 탄소 소재에 의한 표면 마찰계수(skin friction coefficient) 변화를 볼 수 있다. 흐름전극 유로(300) 내 돌기부(400)의 높이가 증가할수록 표면 마찰계수는 증가한다. 특히, 실시예 4에서 표면 마찰계수는 비교예와 대비하여 2.3 배 증가하였다. 또한, 표면 마찰계수는 실시예 1에서도 비교예 대비 약 20 %가 증가하였다. 특이한 점은, 실시예 4에서 표면 마찰계수는 실시예 3과 대비하여 4.3 %의 개선만 있었다.

[0058] 도 6을 참조하면, 실시예 1 내지 실시예 4에 따르는 흐름전극 축전식혼합 단위셀의 전류값은 비교예 대비 증가됨을 알 수 있다. 이는 흐름전극(310)의 선속도 증가 또는 흐름전극(310) 내 탄소 소재 입자와 흐름전극 유로(300)의 접촉면적 증가로 인한 결과이다. 흐름전극(310)의 선속도 증가 또는 흐름전극(310) 내 탄소 소재 입자와 흐름전극 유로(300)의 접촉면적 증가로 인해 흐름전극(310) 내 탄소 소재 입자와 흐름전극 유로(300)의 벽면과의 접촉(contact) 확률이 증가했고, 증가된 접촉확률은 흐름전극(310) 내 탄소 소재 입자와 흐름전극 유로(300)의 벽면 사이의 원활한 전자 흐름을 가져온다. 따라서 흐름전극 축전식혼합 단위셀의 전류(current)값은 증가했다. 또한, 돌기부(400)의 높이가 높아질수록 흐름전극 축전식혼합 단위셀의 전류값은 점차 증가되는 것을 확인할 수 있다. 단지 전류의 최대값(maximum current)은 실시예 2 이상의 높이를 지니는 돌기부(400)를 사용할 경우 포화되는 것을 알 수 있다.

[0059] 도 7을 참조하면, 도 6의 그래프를 이용해 변환된 흐름전극 축전식혼합 단위셀의 전류 밀도(current density)-출력 밀도(power density)를 알 수 있다. 돌기부(400)의 높이가 증가함에 따라 흐름전극 축전식혼합 단위셀의 출력 밀도는 증가되는 것을 알 수 있다. 즉, 비교예에서의 출력 밀도는 0.647 W/m^2이고, 실시예 1에서의 출력 밀도는 0.792 W/m^2이고, 실시예 2에서의 출력 밀도는 0.901 W/m^2이고, 실시예 3에서의 출력 밀도는 0.948 W/m^2이고, 실시예 4에서의 출력 밀도는 0.965 W/m^2로 증가되는 것을 알 수 있다.

[0060] 하지만, 돌기부(400)의 높이에 따라 최대 출력 밀도는 선형적으로 증가하지 않고 포화되는 것을 알 수 있다. 도면 5의 마찰계수 결과와 도 7의 흐름전극 축전식혼합 단위셀의 출력 밀도 평가 결과, 최적화된 돌기부(400)의

높이는 1.0㎜ 내지 2.0㎜의 범위에 있음을 알 수 있다.

[0061] 정리하면, 본 발명은 흐름전극 축전식혼합의 성능을 개선하기 위해 단위셀을 구성하는 집전체(200)와 흐름전극(310) 내 탄소 소재와의 접촉 확률을 높여, 집전체(200)와 탄소 소재 간 효율적인 전자 전달을 유도하고자 돌기부(400)를 형성하였다. 돌기부(400)는 흐름전극 유로(300)를 따라 흐르는 흐름전극(310)의 선속도를 높이고, 집전체(200)와 흐름전극(310) 내 탄소 소재와 마찰력을 증가시킨다. 이는, 집전체(200)와 흐름전극(310) 내 탄소 입자 사이의 효율적인 접촉을 야기한다. 이러한, 집전체(200)와 흐름전극(310) 내 탄소 소재 입자 사이의 효율적인 접촉은 집전체(200)와 탄소 소재 입자 사이의 효율적인 전자 전달을 일으켜, 돌기부(400)를 포함하는 집전체(200)로 조립된 흐름전극 축전식혼합 농도차 발전의 성능을 개선시킬 수 있다.

[0062] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 전술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 기술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 기술한 실시 예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0064] 100: 전해질 유로

200: 집전체

300: 흐름전극 유로

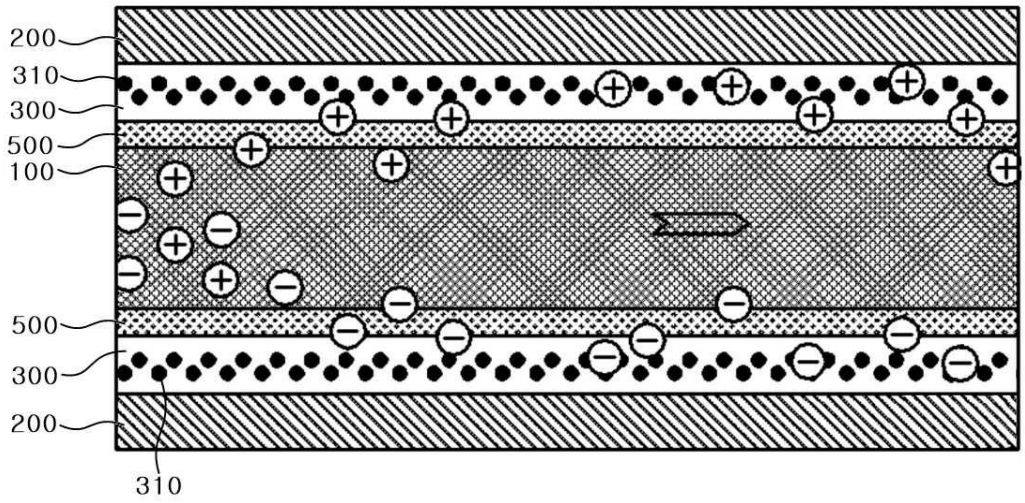
310: 흐름전극

400: 돌기부

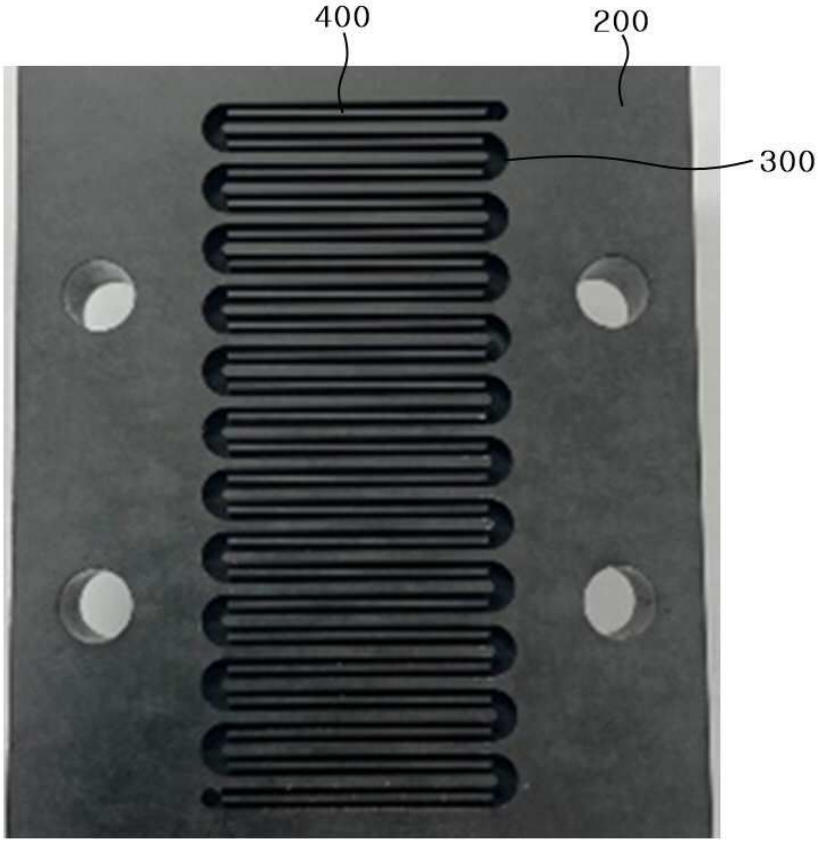
500: 전극분리막

도면

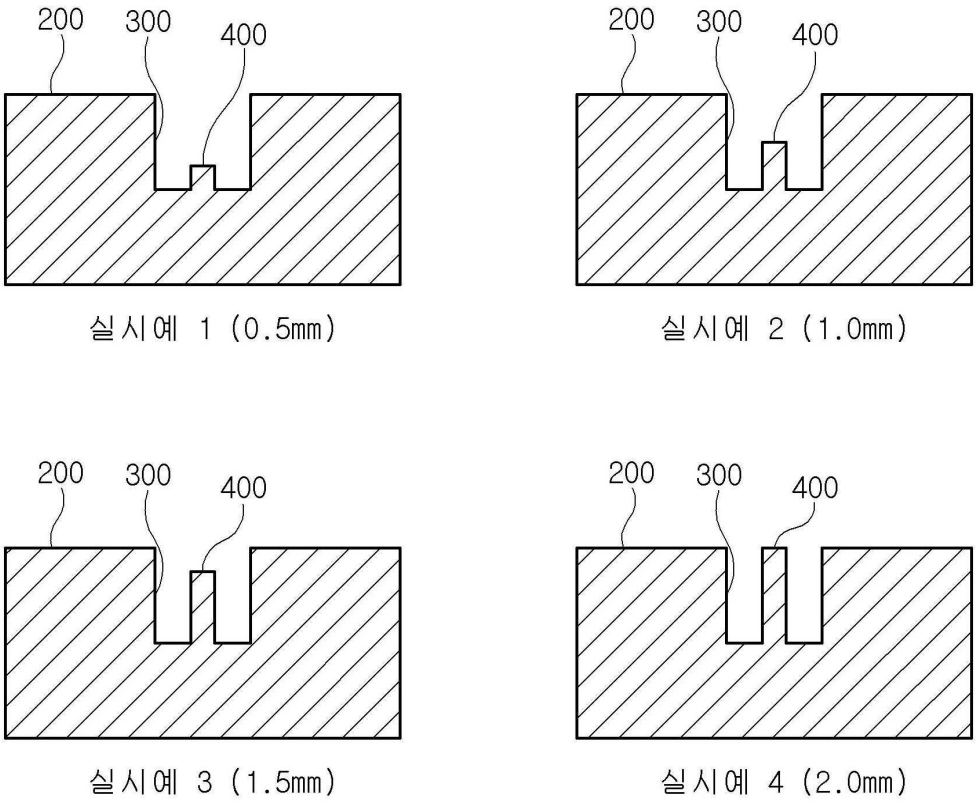
도면1



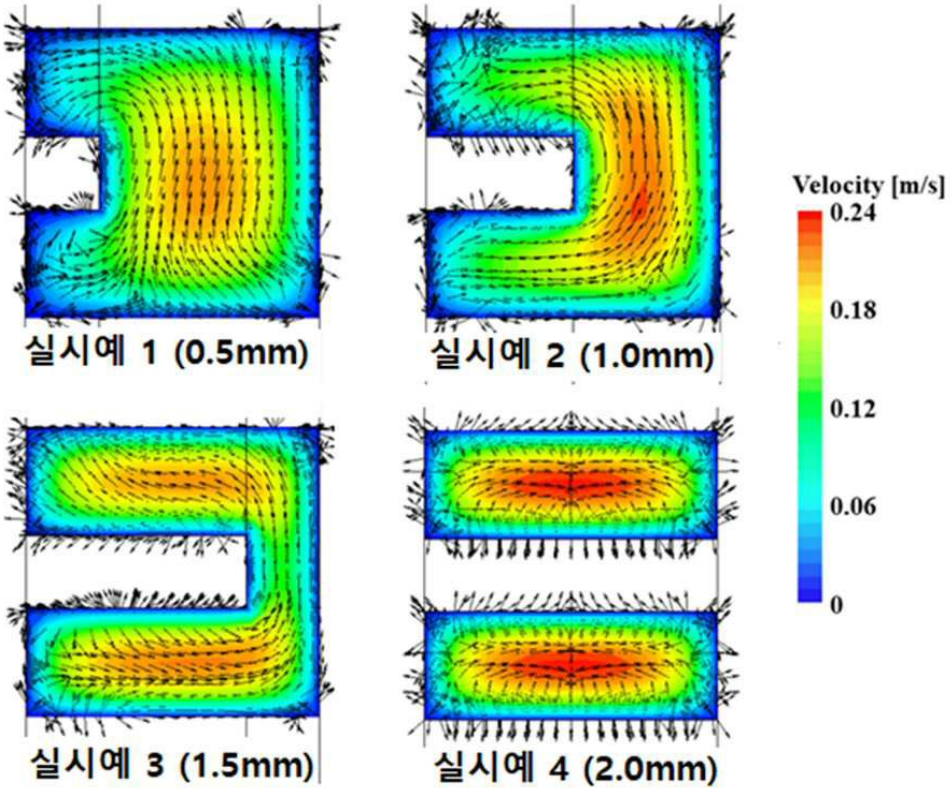
도면2



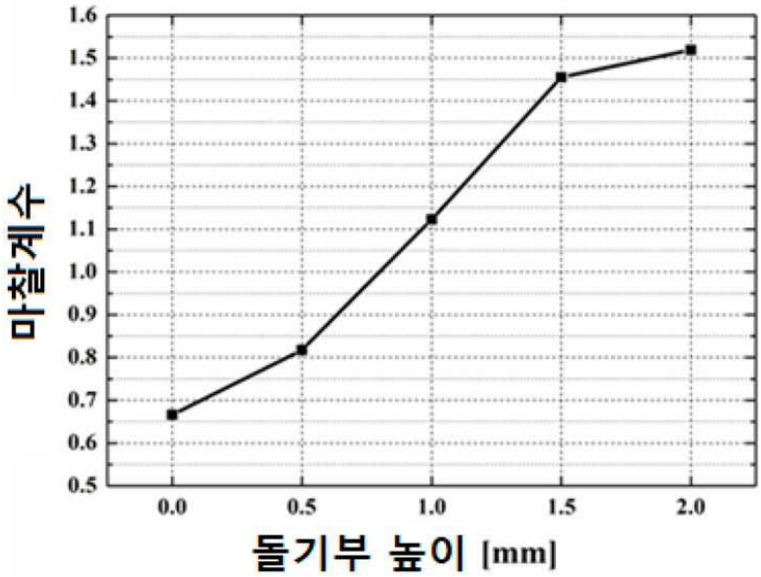
도면3


200
300
400
실시예 1 (0.5mm)
200
300
400
실시예 2 (1.0mm)
200
300
400
실시예 3 (1.5mm)
200
300
400
실시예 4 (2.0mm)

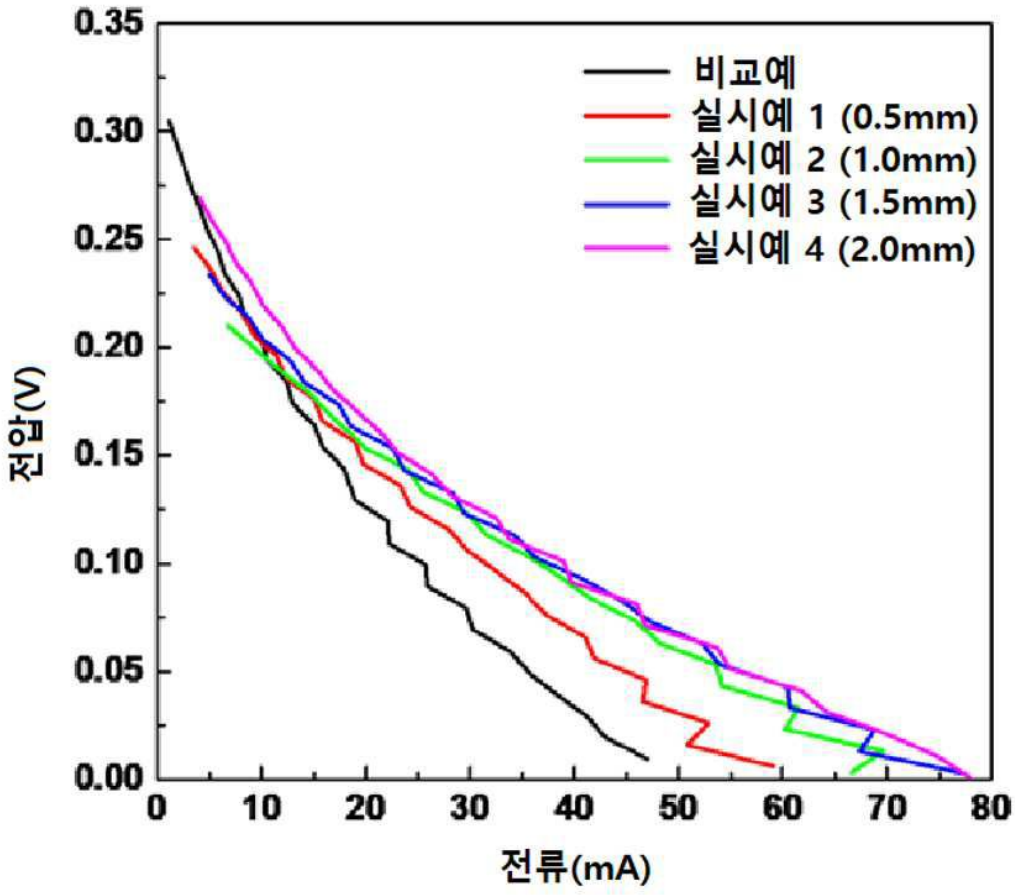
도면4


실시예 1 (0.5mm)
실시예 2 (1.0mm)
실시예 3 (1.5mm)
실시예 4 (2.0mm)
Velocity [m/s]
0.24
0.18
0.12
0.06
0

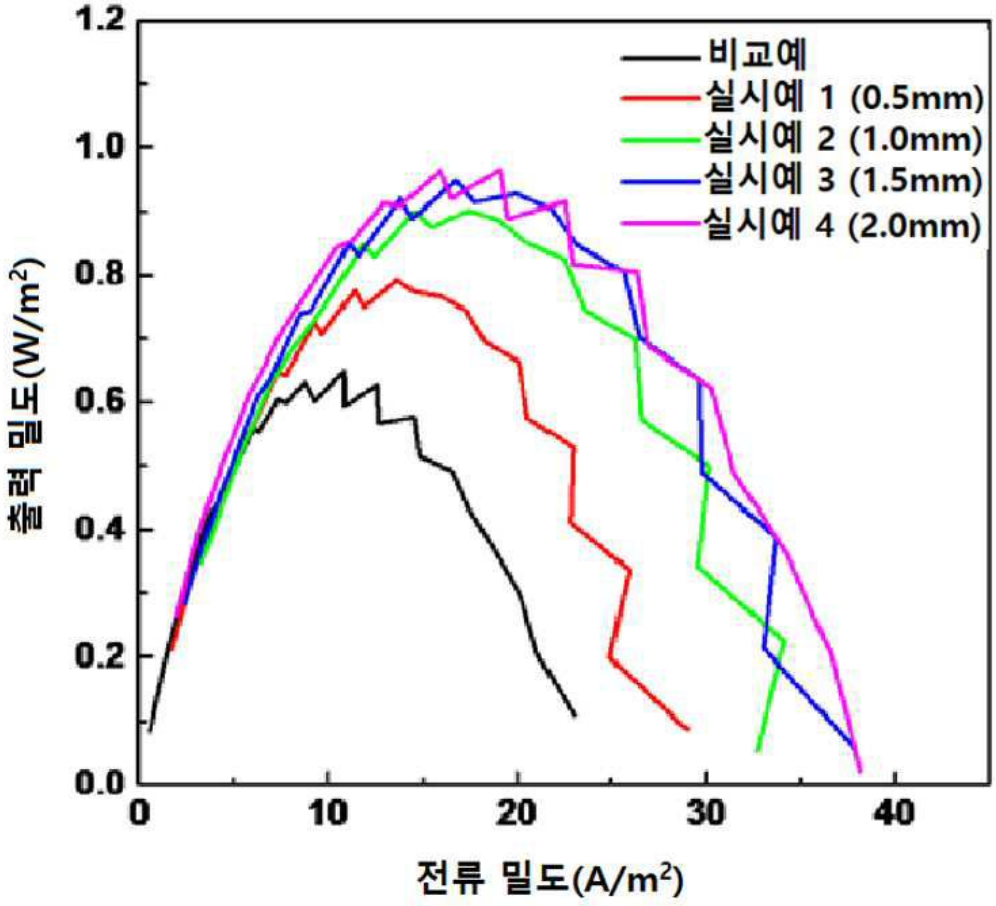
도면5


마찰계수
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
돌기부 높이 [mm]

도면6


0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
전압(V)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
전류(mA)
비교예
실시예 1 (0.5mm)
실시예 2 (1.0mm)
실시예 3 (1.5mm)
실시예 4 (2.0mm)

도면7


비교예
실시예 1 (0.5mm)
실시예 2 (1.0mm)
실시예 3 (1.5mm)
실시예 4 (2.0mm)
출력 밀도(W/m²)
전류 밀도(A/m²)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
0
10
20
30
40