

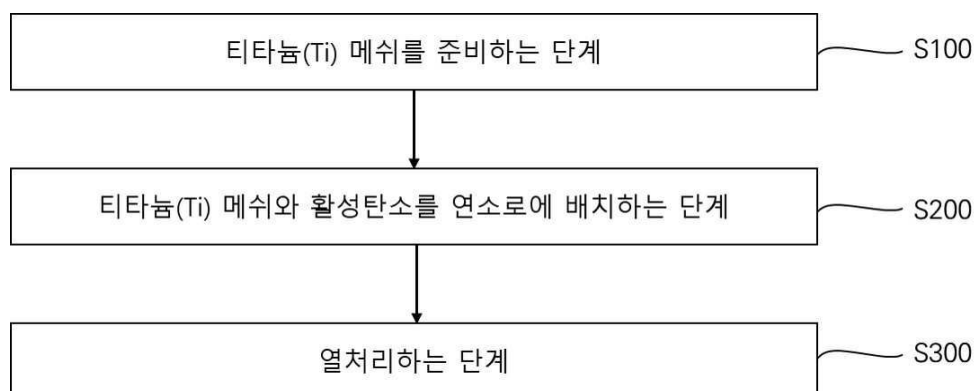
**(19) 대한민국특허청(KR)**
(12) 공개특허공보(A)**(11) 공개번호** 10-2023-0091540
(43) 공개일자 2023년06월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/0245 (2016.01) *H01M 10/36* (2006.01)
H01M 12/08 (2015.01) *H01M 4/66* (2006.01)
H01M 4/74 (2006.01) *H01M 4/86* (2006.01)
H01M 8/0232 (2016.01) *H01M 8/0234* (2016.01)
- (52) CPC특허분류
H01M 8/0245 (2013.01)
H01M 10/36 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-0180738
(22) 출원일자 2021년12월16일
심사청구일자 2021년12월16일
- (71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (72) 발명자
이동욱
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
- 조윤중**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
- 백명진**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
- (74) 대리인
특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **탄소로 코팅된 티타늄 메쉬 기반 해수전지 양극 집전체 및 이의 제조방법****(57) 요약**

본 발명은 해수전지 양극 집전체에 관한 것으로, 보다 구체적으로 티타늄(Ti) 메쉬에 탄소를 코팅한 해수전지 양극 집전체에 관한 것이다

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

H01M 12/08 (2019.01)

H01M 4/661 (2013.01)

H01M 4/663 (2013.01)

H01M 4/667 (2013.01)

H01M 4/74 (2013.01)

H01M 8/0232 (2013.01)

H01M 8/0234 (2013.01)

H01M 2004/8689 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

탄소로 코팅된 티타늄(Ti) 메쉬를 포함하는
해수전지 양극 집전체.

청구항 2

제1항에 있어서,
탄소 집전체를 더 포함하는 것인,
해수전지 양극 집전체,

청구항 3

제1항 또는 제2항의 양극 집전체를 포함하는 해수전지 양극.

청구항 4

티타늄(Ti) 메쉬를 준비하는 단계;
상기 티타늄(Ti) 메쉬와 활성탄소를 연소로(furnace)에 배치하는 단계; 및
상기 연소로에 배치된 티타늄 메쉬와 상기 활성탄소를 열처리하는 단계를 포함하는
해수전지 양극 집전체의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 열처리는 1000 °C 온도에서 2 시간 동안 수행하는 것인,
해수전지 양극 집전체의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 해수전지 양극에 관한 것으로, 보다 구체적으로 티타늄(Ti) 메쉬에 탄소를 코팅한 해수전지 양극 집전체에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 해수전지는 지구상에서 가장 풍부한 자원인 해수를 에너지원으로 이용해 전기 에너지를 저장하고, 생산하는 친환경 에너지 저장장치이다.

[0004] 해수전지의 구동원리는 두 가지 물질의 반응을 이용한다. 음극 물질에서 Na 이온이 석출(precipitation)/용해

(dissolution)되는 반응과, 양극집전체에서 일어나는 OER(oxygen evolution reaction)/ORR(oxygen reduction reaction)이다. 이 중 OER/ORR이 중요한 요소이며, 해수전지에서 OER/ORR 반응이 느리기 때문에, 전체 cell 배터리 구동에 효율을 저하시키는 요인이 된다.

- [0005] 이에 따라, 기존의 경우에는 해수전지의 양극부에서 양극 집전체로서 낮은 OER/ORR kinetics 문제를 개선을 시키는 연구가 주로 진행되었으며, 주로 양극 집전체 변화 및 셀 디자인 (engineering) 에 대한 연구가 진행되어 왔다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0006] (비특허문헌 0001) Journal of Materials Chemistry A 8.18 (2020): 9185-9193.
(비특허문헌 0002) Journal of Power Sources 400 (2018): 478-484.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 목적은 촉매를 이용하지 않고 우수한 전기화학적 성능을 갖는 해수전지 양극을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체는 탄소로 코팅된 티타늄(Ti) 메쉬를 포함한다.
- [0010] 상기 해수전지 양극 집전체는 탄소 집전체를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극은 상기 해수전지 양극 집전체를 포함한다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체의 제조방법은 티타늄(Ti) 메쉬를 준비하는 단계; 상기 티타늄(Ti) 메쉬와 활성탄소를 연소로(furnace)에 배치하는 단계; 및 상기 연소로에 배치된 티타늄 메쉬와 상기 활성탄소를 열처리하는 단계를 포함한다.
- [0013] 상기 열처리는 1000 °C 온도에서 2 시간 동안 수행하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명의 해수전지 양극 집전체는 해수전지의 전기화학 성능을 향상시키는 효과가 있다.
- [0016] 또한, 본 발명의 해수전지 양극 집전체는 촉매 등의 활물질을 이용하지 않고 전기화학반응을 개선시킨 해수전지 양극을 제공하는 효과가 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 해수전지 양극은 티타늄(Ti) 메쉬 및 탄소 집전체만으로 구성하여 해수전지를 양극을 제공하는 효과가 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 해수전지 양극은 충전 시 부식에 따른 열화를 완화시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체의 제조방법 순서도를 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체로서 Ti 메쉬의 색변화를 촬영한 사진 이미지를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체로서 Ti 메쉬의 SEM 이미지를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체로서 Ti 메쉬의 XPS 분석 결과를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지의 임피던스 분광(EIS) 분석을 위한 저항 배치 회로도를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지의 임피던스 분광(EIS) 분석 결과를 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지의 순환 전압전류법(cyclic voltammetry; CV) 분석 결과를 도시한 것이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지의 충방전 분석에 따른 사이클 분석 결과를 도시한 것이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지의 충방전 분석에 따른 에너지효율 분석 결과를 도시한 것이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지의 충방전 분석에 따른 탄소 집전체의 SEM 이미지를 도시한 것이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지의 출력 분석 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체는 탄소로 코팅된 티타늄(Ti) 메쉬를 포함한다. 상기 탄소는 활성탄소로부터 제공되는 것일 수 있다.

[0025] 상기 해수전지 양극 집전체는 탄소 집전체를 더 포함하는 것일 수 있으며, 상기 티타늄 메쉬와 상기 탄소 집전체는 층상 구조로 접합되는 것일 수 있다.

[0026] 상기 탄소 집전체는 탄소를 기반으로 하는 양극 집전체로서, 탄소 집전체는 카본 펠트, 카본 페이퍼 및 카본 파이버로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극은 상기의 해수전지 양극 집전체를 포함한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체의 제조방법 순서도를 도시한 것이다.

[0031] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 해수전지 양극 집전체의 제조방법은 티타늄(Ti) 메쉬를 준비하는 단계(S100); 상기 티타늄 메쉬와 활성탄소를 연소로(furnace)에 배치하는 단계(S200); 및 상기 연소로에 배치된 티타늄 메쉬와 상기 활성탄소를 열처리하는 단계(S300)를 포함한다.

[0033] S100은 해수전지 양극 집전체로서 티타늄(Ti) 메쉬를 준비하는 단계이며, 상기 티타늄 메쉬는 은색의 티타늄 메쉬일 수 있다.

[0034] S100에서, 상기 티타늄 메쉬는 에탄올로 세척하는 것일 수 있으며, 세척후 N₂와 같은 비활성 기체 조건 하에서 건조하는 것일 수 있다.

[0035] S200은 S100에서 준비된 티타늄 메쉬와 활성탄소를 연소로에 배치하여 S300에서의 열처리를 위한 전구체로서 제공하는 단계이다. 상기 연소로에는 티타늄 메쉬와 활성탄소가 1 : 10의 질량비(w/w)로 배치되는 것일 수 있다.

- [0037] S300에서 상기 열처리는 1000 °C 온도에서 2 시간 내지 4시간 동안 수행하는 것일 수 있으며, 바람직하게는 2 시간 동안 수행하는 것일 수 있으며, 이를 통하여 탄소로 코팅된 티타늄(Ti) 메쉬를 제조하는 것이다.
- [0038] S300은 비활성기체에서 수행하는 것이며, 비활성 기체의 유량은 500 ml/min일 수 있으며, 승온속도 10 °C/min로 수행하는 것일 수 있다.
- [0039] S300에서 상기 비활성 기체는 Ar 또는 N₂일 수 있으며, 바람직하게는 상기 비활성 기체는 Ar일 수 있다.
- [0041] 상기 해수전지 양극 집전체의 제조방법은 S300에서 제조된 티타늄(Ti) 메쉬를 탄소 집전체 상에 적층하는 단계(S400, 미도시)를 더 포함할 수 있으며, S400은 상기 티타늄(Ti) 메쉬와 상기 탄소 집전체가 층상 구조를 갖는 해수전지 양극 집전체를 제공하는 것일 수 있다.
- [0043] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 본 실시예는 본 발명의 이해를 위한 하나의 실시예일 뿐이며, 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다.
- [0045] **준비예.**
- [0046] Ti 메쉬(mesh)는 은색(silver color)의 Ti 메쉬(티에스 엠텍(한국), Grade 2)를 이용하였다.
- [0047] 활성탄소(activated carbon)은 파워카본테크놀로지(한국)사의 CEP21KS를 이용하였으며, 활성탄소는 분말입자로서 비표면적 1850 ~ 2150 m²/g, 입자크기 6 ~ 10 μm, Ash < 0.1 %, pH 6 ~ 8을 갖는 것이다.
- [0049] **비교예.**
- [0050] 상기 준비예에 따른 Ti 메쉬를 준비한다.
- [0052] **실시예.**
- [0053] 상기 준비예에 따른 Ti 메쉬(mesh)를 에탄올(ethanol)로 세척한 후 N₂ 가스를 이용하여 건조한다.
- [0054] 이후, 퀴츠보트(quartz boat) 내에 Ti 메쉬와 활성탄소(CEP21KS)을 1 : 10 질량비(w/w)로 투입하여 Ar(500 ml/min) 분위기 하에서 1000 °C의 온도로, 승온 속도 10 °C/min, 2 시간(hr) 동안 열처리하여, 탄소가 코팅된 블랙 Ti 메쉬(집전체)를 제조한다.
- [0056] **실험예 1. 표면 분석**
- [0057] 상기 비교예 및 상기 실시예에서 각각 제조된 Ti 메쉬에 대하여 색변화를 관찰하기 위하여, 표면을 사진 이미지로 촬영하였으며, 이를 도 2에 도시하였다.
- [0058] 도 2를 참조하면, 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬('비교예')는 표면이 은색(silver color)을 보이는 것을 확인할 수 있으며, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬를 표면이 검정색(black color)을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이를 통하여 상기 실시예를 통하여 카본블랙이 Ti 메쉬에 코팅됨에 따라 표면이 은색에서 검정색으로 변화되었음을 확인할 수 있다.
- [0060] 상기 비교예 및 상기 실시예에서 각각 제조된 Ti 메쉬의 표면을 SEM 이미지로 관찰하였으며, 각각의 SEM 이미지를 도 3에 도시하였으며, 도 3의 (a)는 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬의 표면 SEM 이미지이며, 도 3의 (b)는 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬의 표면 SEM 이미지이다.
- [0061] 도 3을 참조하면, 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬는 매끄러운 표면을 보이고 있으나(도 3의 (a)), 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬는 울퉁불퉁한 표면이 형성되어 있음(도 3의 (b))을 확인할 수 있으며, 이를 통하여 상기

실시예에서 제조된 Ti 메쉬는 울퉁불퉁한 표면의 형성으로 인하여 비표면적이 증가하였음을 확인할 수 있다.

실험예 2. X-선 광전자 분광(XPS) 분석

상기 비교예 및 상기 실시예에서 각각 제조된 Ti 메쉬에 대하여 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy) 분석을 실시하였으며, 분석 결과를 도 4에 도시하였으며, 도 4의 (a)는 티타늄(Ti)에 대한 분석결과이며, 도 4의 (b)는 탄소(C)에 대한 분석결과이며, 도 4의 (c)는 산소(O)에 대한 분석결과이다. 또한, 도 4의 분석결과를 이용하여 원소함량을 하기 표 1에 정리하였다.

표 1

Quantification	O 1s	Ti 2p	C 1s
비교예 (Normal Ti)	44.22 at%	12.46 at%	34.34 at%
실시예(Black Ti)	30.45 at%	11.17 at%	52.75 at%

도 4를 참조하면, 도 4의 'Normal Ti'는 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬이며, 'Black Ti'는 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬이다.

도 4를 참조하면, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬의 경우 Ti-C 피크(peak)가 관찰(도 4의 (a) 및 (b)되는 것을 확인할 수 있다.

또한, 표 1을 참조하면, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬는 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 대비하여 산소(O)의 원함량이 감소하고, 탄소(C)의 함량이 증가하였음을 확인할 수 있다.

이를 통하여 카본블랙에 의하여 탄소가 Ti 메쉬에 코팅되었음을 확인할 수 있다.

실험예 3. 면저항(Sheet resistance) 분석

상기 비교예 및 상기 실시예에서 각각 제조된 Ti 메쉬에 대하여 4-point probe를 이용하여 각각의 면저항을 측정하였으며, 측정 결과를 하기 표 2에 정리하였다.

표 2

	Sheet Resistance (mOhm/sq)
비교예 (Normal Ti)	3.3
실시예 (Black Ti)	3.9

표 2를 참조하면, 티타늄(Ti) 보다 저항이 큰 탄소(C)를 코팅하였음에도 불구하고, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬의 면저항 탄소(C)를 코팅하지 않은 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 대비하였도 저항의 변화가 없음을 확인할 수 있으며, 이를 통하여 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬는 탄소 코팅에 의해서도 티타늄(Ti) 자체의 전기전도도 특성에는 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있다.

분석예 1. 해수전지의 구성

상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬를 탄소 집전체(carbon current collector)(ACF NON-WOVEN, Dissol)와 층상으로 집합하여 해수 전지의 양극집전체(cathode current collector)과 수계 전해질(Aqueous catholyte)로 해수를 양극액(catholyte)로 이용하며, 고체 전해질로 나시콘(NASICON)을 이용하며, 나트륨/탄소 복합체(Na/C composite) 및 비수계 전해질($\text{NaCF}_3\text{SO}_3/\text{TEGDME}$ anolyte) 음극액(anolyte)을 음극(Anode)으로 이용하여 해수전지 full cell

을 구성하였다.

[0078] 또한, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬를 탄소 집전체(carbon current collector)(ACF NON-WOVEN, Dissol)와 층상으로 접합하여 해수 전지의 양극집전체(cathode current collector)로 이용하며, 고체 전해질로 나시콘(NASICON)을 이용하며, 나트륨/탄소 복합체(Na/C composite) 및 비수계 전해질($\text{NaCF}_3\text{SO}_3/\text{TEGDME}$ anolyte)을 음극(Anode)으로 이용하여 해수전지 full cell을 구성하였다.

[0080] 실험예 4. 임피던스 분광(EIS) 분석

[0081] 상기 분석예 1에서 구성한 각각의 해수전지를 통하여 도 5에 따른 저항 배치 회로도에 따라서 임피던스 분석(EIS) 분석을 수행하였으며, 분석결과를 도 6에 도시하였다.

[0082] 도 5를 참조하면, " R_e "는 음극액($\text{NaCF}_3\text{SO}_3/\text{TEGDME}$ anolyte)과 양극액(Aqueous catholyte)(해수) 저항(Resistance of two electrolytes)이며, " R_i "는 나시콘의 입계 저항(Grain boundary resistance) 및 나시콘과 전해액(음극액 및 양극)의 계면 저항(interfacial resistances)이며, " R_s "은 음극의 금속 소듐 표면(metallic sodium surface)에서의 SEI(solid electrolyte interphase)의 저항이며, " R_{ct} "는 양극에서의 Ti 메쉬와 탄소집전체 사이의 저항이며, CPE_i , CPE_s , CPE_{ct} 는 각각 " R_e ", " R_i ", " R_{ct} " 측정 구간에서의 CPE(Constant Phase Element)이며, Z_w 는 양극집전체에서의 확산(diffusion) 저항으로 와버그 임피던스(Warburg Impedanc)를 도시한 것이다. 도 5에서의 " R_{ct} "에 대한 임피던스 측정 결과를 도 6에 도시하였다.

[0083] 도 6을 참조하면, 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Normal Ti + Dissol'), 3개의 반원(semicircle)이 나타남을 확인할 수 있다. 한편, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Black Ti + Dissol') 2개의 반원이 나타남을 확인할 수 있으며, 동시에 R_{ct} 가 38.5에서 4.5 Ω 으로 감소하였음을 정량적으로 확인할 수 있으며, 이는 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체 사이의 계면 상에 존재하는 저항 성분이 제거되었음을 확인할 수 있으며, 이를 통하여 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬의 경우 성능이 향상되었음을 확인할 수 있다.

[0085] 실험예 5. 순환 전압전류법(cyclo voltammetry; CV) 분석

[0086] 상기 분석예 1에서 구성한 해수전지를 이용하여 순환 전압전류법(cyclo voltammetry; CV) 분석(Scan rate: 0.8 mV/s)을 수행하였으며, 분석 결과를 도 7에 도시하였다.

[0087] 도 7의 분석결과(비교예에서 제조된 Ti 메쉬를 양극으로 이용: 'Normal Ti', 실시예에서 제조된 Ti 메쉬를 양극으로 이용: 'Black Ti')를 기반으로 하기 식 1에 의하여 커패시턴스(capacitance; C_p) 값을 하기 표 3에 정리하였다.

[0088] 식 1

$$C_p = \frac{A}{2mk(V_2 - V_1)}$$

[0090] 상기 식 1에서, m은 탄소 집전체(Dissol)의 질량이며, k는 스캔속도(Scan rate)이며, V_1 은 초기전압이며, V_2 는 최종전압이며, A는 그래프의 면적이다.

표 3

	Capacitance
비교예 (Normal Ti)	86.38214 F/g
실시예 (Black Ti)	178.5816 F/g

[0092] 도 7 및 표 3을 참조하면, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬를 양극으로 이용한 경우 해수전지의 커패시턴스 값이 증가함을 확인할 수 있으며, 이를 통하여 전기화학적 활성면적(active site)이 증가하여 반응효율이 증가함을 확인할 수 있다.

[0094] 실험예 6. 충방전 특성 분석

[0095] 상기 분석예 1에서 구성한 해수전지를 이용하여 충방전(galvanostatic charge/discharge)시 각각 0.5 mA에서 2 시간(hr) 동안 충전 및 방전을 수행하여 1사이클(충전 2시간 및 방전 2시간 기준 총 4시간) 기준으로 사이클 분석 및 에너지 효율 분석을 수행하였으며, 사이클 분석 결과를 도 8, 에너지 효율 분석 결과를 도 9에 도시하였다.

[0096] 도 8을 참조하면, 초기(1 사이클) 전압 갭(Initial ΔV) 및 100 사이클(400 시간) 전압 갭(Final ΔV)을 하기 표 4에 정리하였다.

표 4

	Initial ΔV	Final ΔV
비교예 (Normal Ti)	0.73 V	2.11 V
실시예 (Black Ti)	0.66 V	0.84 V

[0098] 도 8 및 표 4를 참조하면, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 기반 집전체를 양극으로 이용한 경우('Black Ti'), 160 사이클 이상에도 전압 갭(voltage gap)이 일정하여 충방전이 일정하게 수행됨을 확인할 수 있다. 이에 비하여 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Normal Ti'), 전압 갭이 점차적으로 증가하며 failure 현상이 발생함을 확인할 수 있다.

[0100] 도 9를 참조하면, 초기(1 사이클) 에너지효율(Initial) 및 100 사이클 에너지효율(Final)을 하기 표 5에 정리하였다.

표 5

	Initial	Final
비교예 (Normal Ti)	85 %	55 %
실시예 (Black Ti)	86.19 %	84.61 %

[0102] 도 9 및 표 5를 참조하면, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Black Ti'), 160 사이클 이상에도 일정한 에너지효율을 유지함을 확인할 수 있다. 이에 비하여 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Normal Ti'), 60 사이클을 기점으로 하여 점차적으로 에너지효율이 감소함을 확인할 수 있다. 또한, 표 5를 참조하면, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Black Ti'), 초기(1 사이클)와 100 사이클 에너지효율의 감소가 1.58 % (86.19 % - 84.61 %)에 그치는 것을 확인할 수 있다. 이에 비하여 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Normal Ti'), 초기(1 사이클)와 100 사이클 에너지효율의 감소가 30 % (85 % - 55 %)로 감소 폭이 큰 것을 확인할 수 있다.

[0104] 도 8 및 도 9에서의 충방전 특성 분석에 따라 100 사이클 진행 이후의 각각의 양극의 탄소 집전체의 표면 SEM 이미지를 도 10에 도시하였다. 도 10의 (a)는 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용

한 경우이며, 도 10의 (b)는 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우이다.

[0105] 도 10의 (a)를 참조하면, 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우, 탄소 부식(carbon corrosion)에 따른 열화(degradation)이 많이 발생되었음을 확인할 수 있으며, 이를 통하여 장기간 충방전 갭(전압 갭)이 크게 증가하는 원인이 되는 것을 확인할 수 있다.

[0106] 한편, 도 10의 (b)를 참조하면, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우, 탄소 부식의 발생 빈도가 현저히 감소하였음을 확인할 수 있으며, 이는 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬가 해수전지의 충방전 안정성에 영향을 미치는 것임을 확인할 수 있다.

[0108] 이를 통하여, 탄소 부식에 따른 열화를 개선하기 위하여 OER(oxygen evolution reaction)/ORR(oxygen reduction reaction) site의 증가와, Ti 메쉬 및 탄소 집전체 사이의 계면 저항 감소가 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

[0110] 실험예 7. 출력 특성 분석

[0111] 상기 분석예 1에서 구성한 해수전지를 이용하여 출력(Power) 특성을 분석하였으며, 분석 결과를 도 11에 도시하였다. 도 11의 실선(solid line)은 전압(voltage)이며, 점선(dot line)은 출력(Power)을 의미한다.

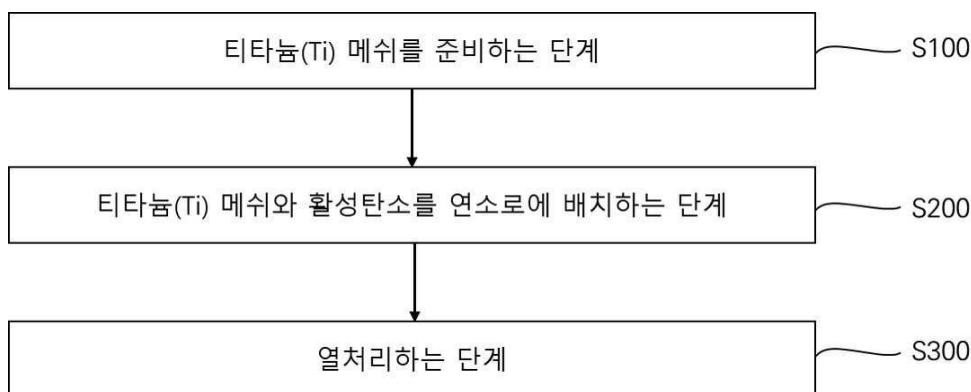
[0112] 도 11을 참조하면, 상기 비교예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Normal Ti') 출력이 8.54 mW이며, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬와 탄소 집전체를 양극으로 이용한 경우('Black Ti') 출력이 11.1 mW로서, 상기 실시예에서 제조된 Ti 메쉬를 적용한 경우 비교예에서 제조된 Ti 메쉬를 적용한 경우와 대비하여 2.56 mw(약 30%) 증가하였음을 확인할 수 있다. 즉, 계면저항의 감소에 따라 출력이 증가되었음을 확인할 수 있다.

[0113]

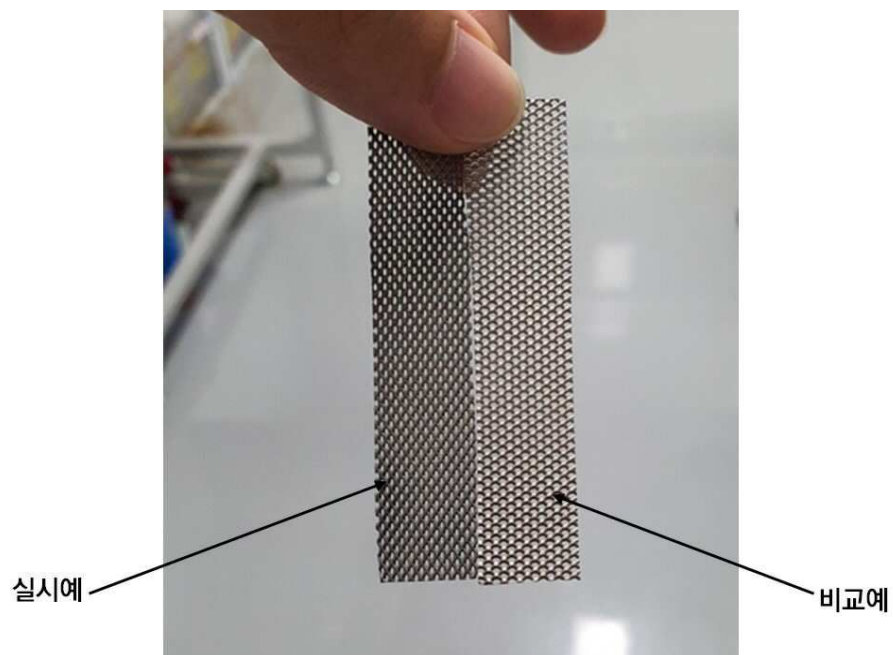
[0114] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

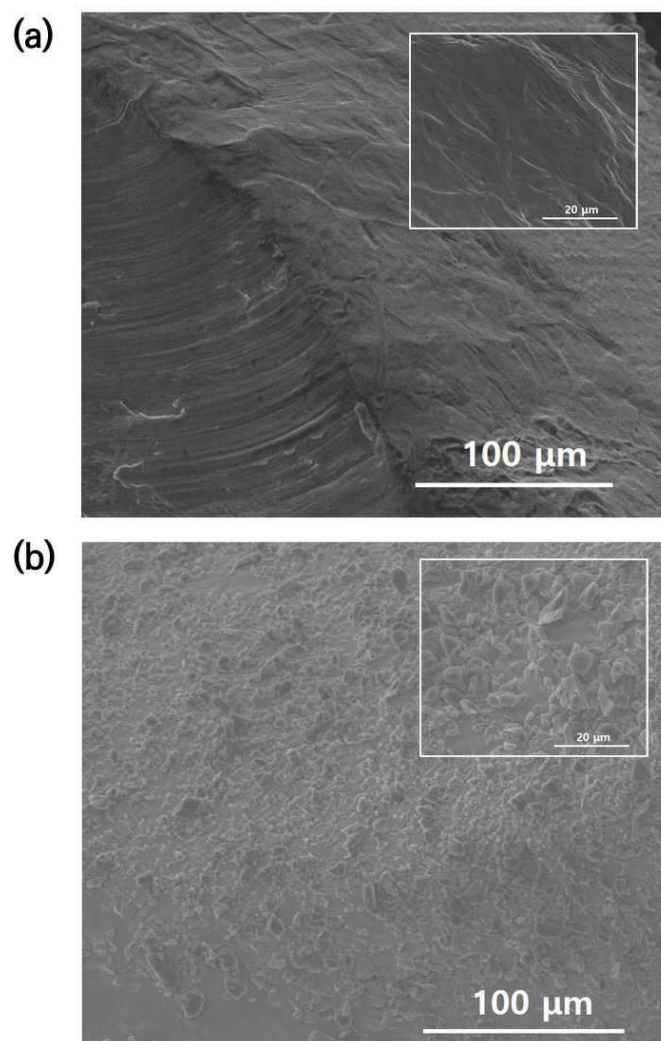
도면1



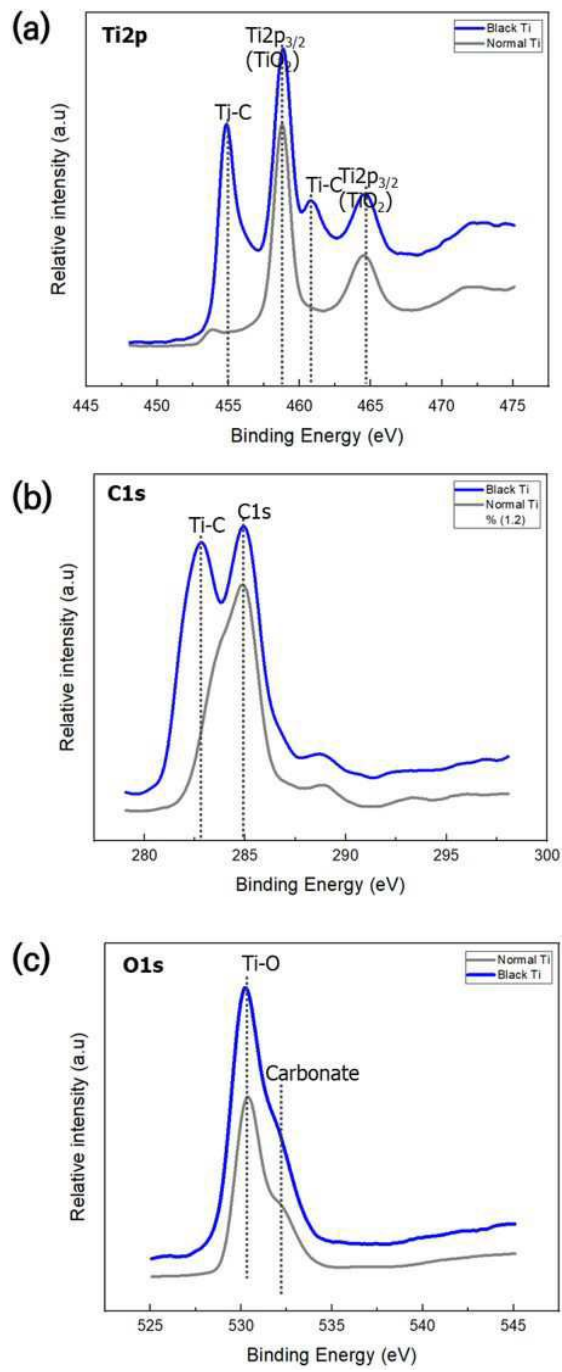
도면2



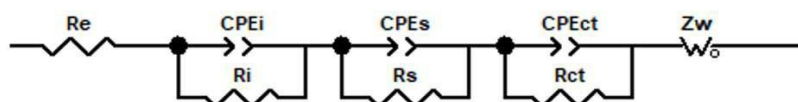
도면3



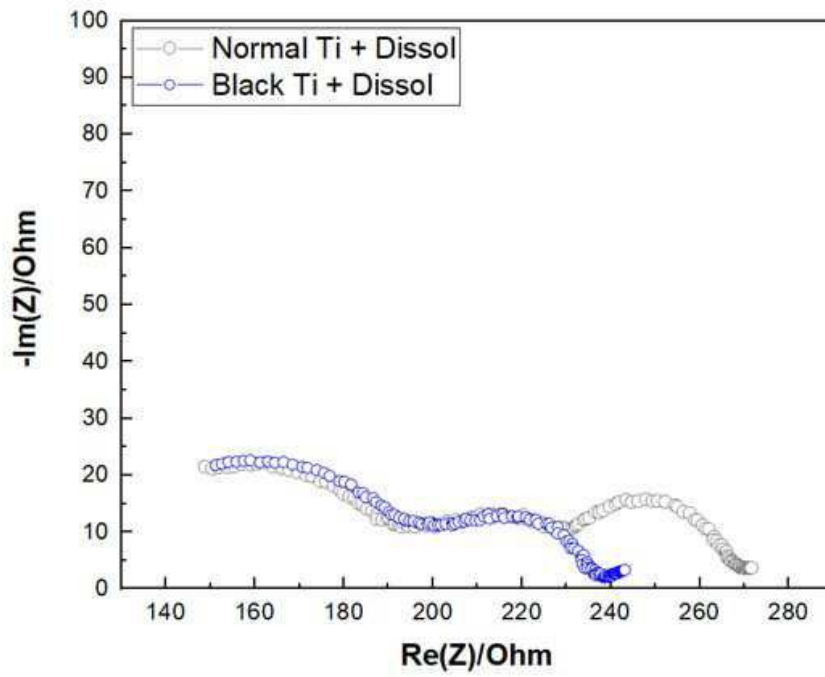
도면4



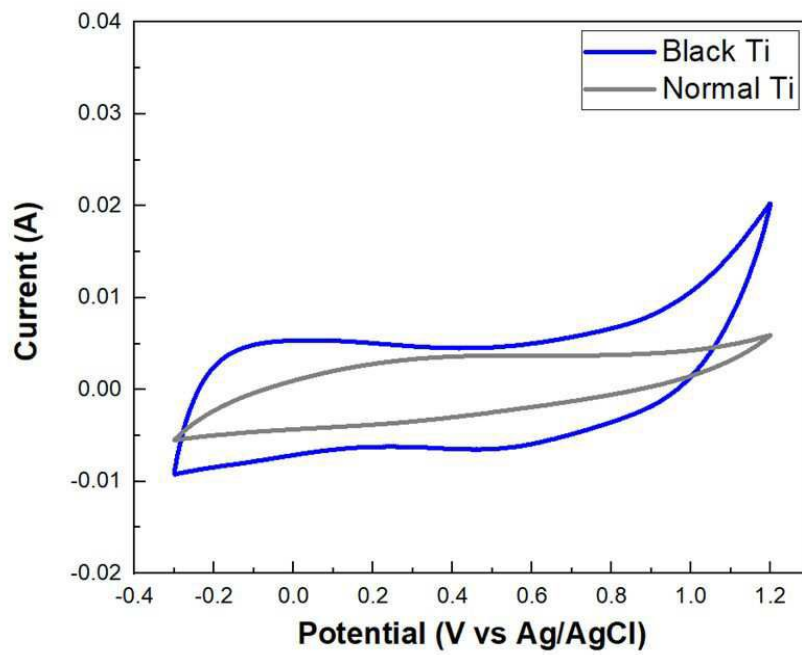
도면5



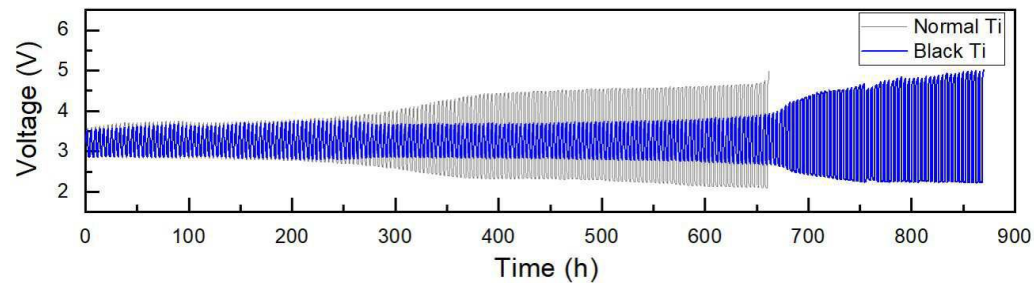
도면6



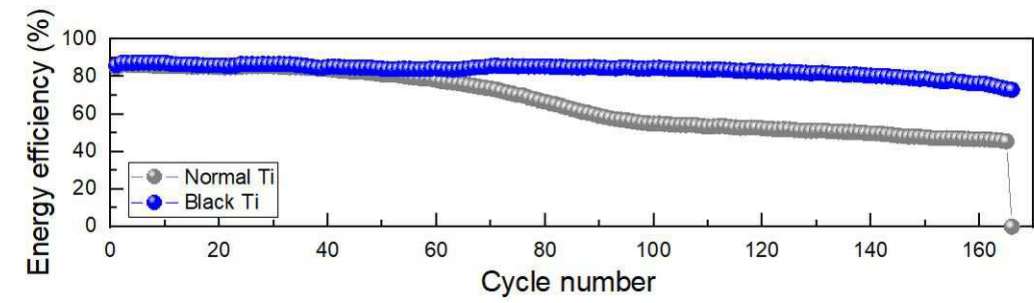
도면7



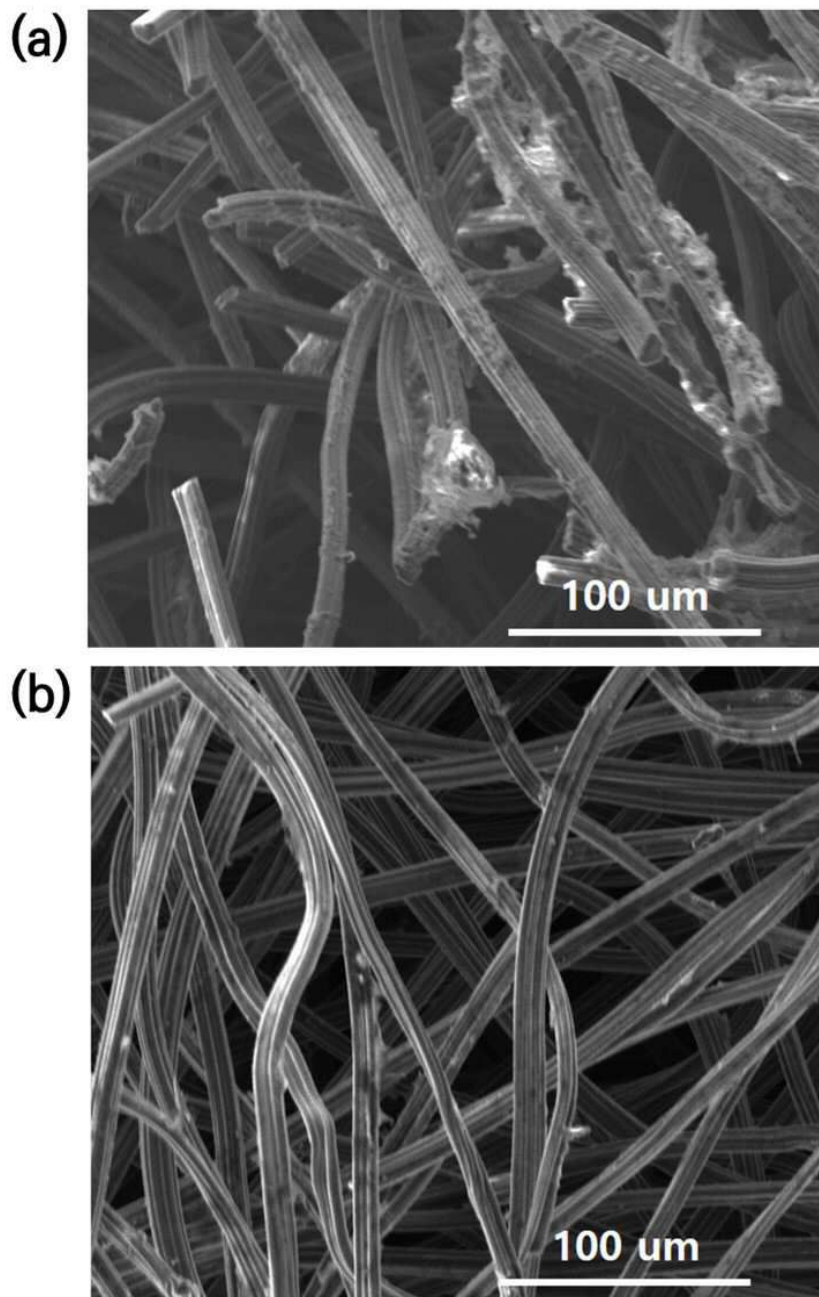
도면8



도면9



도면10



도면11

