



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0053124
(43) 공개일자 2023년04월21일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/1081 (2016.01) H01M 8/1039 (2016.01)
H01M 8/106 (2016.01) H01M 8/1086 (2016.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H01M 8/1081 (2013.01)
H01M 8/1039 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0136310
(22) 출원일자 2021년10월14일
심사청구일자 2021년10월14일</p> | <p>(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)</p> <p>(72) 발명자
배진우
경기도 양평군 지평면 대평로 343-2
한동현
충청남도 당진시 합덕읍 상덕로 597-7</p> <p>(74) 대리인
조해연</p> |
|---|---|

전체 청구항 수 : 총 13 항

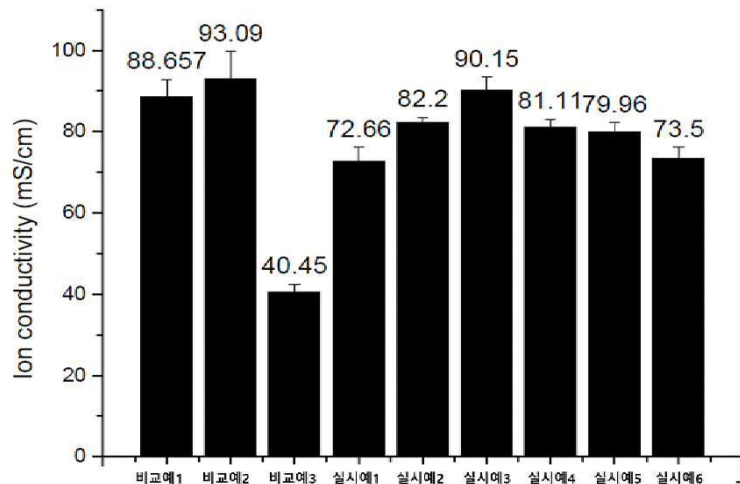
(54) 발명의 명칭 전해질막의 제조방법, 전해질막 및 이를 포함하는 연료전지

(57) 요약

본 발명은 전해질막의 제조방법, 전해질막 및 이를 포함하는 연료전지에 관한 것이다.

본 발명의 실시 예를 따르는 전해질막의 제조방법은, 다공성 지지체를 준비하는 단계; 이오노머 용액을 준비하는 단계; 및 상기 다공성 지지체에 이오노머 용액을 공급하는 단계;를 포함하고, 상기 이오노머는 불소계 비이온 계면활성제를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01M 8/106 (2013.01)

H01M 8/1086 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415171448
과제번호	P0015282
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	국가혁신클러스터사업
연구과제명	고성능 대면적(폭 780 mm) 수소연료전지용 PTFE 기반 강화복합막 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)코멤텍
연구기간	2020.10.01 ~ 2022.12.31

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 다공성 지지체에 이오노머 용액을 공급하는 단계 이후에,
상기 다공성 지지체 상의 이오노머 용액을 건조하는 단계를 수행하는,
전해질막의 제조방법.

청구항 8

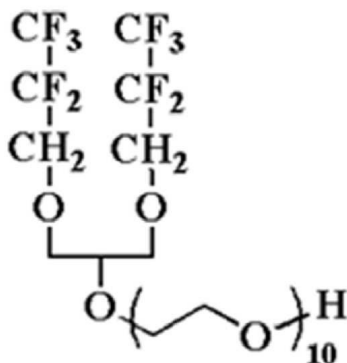
제1항에 있어서,
상기 다공성 지지체를 준비하는 단계는,
이형필름을 준비하는 단계;
상기 이형필름에 유기 용매를 공급하는 단계;
상기 이형필름 상에 다공성 지지체를 배치하는 단계; 및
상기 유기 용매를 건조하는 단계;를 포함하는,
전해질막의 제조방법.

청구항 9

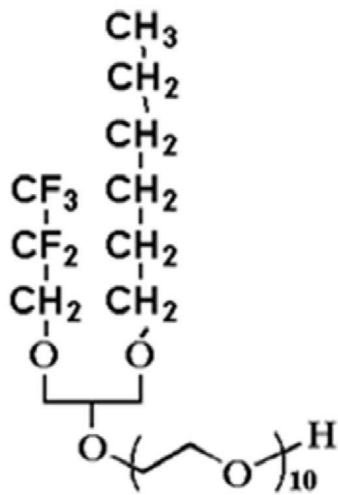
다공성 지지체; 및
상기 다공성 지지체의 공극 내에 배치된 이오노머를 포함하고,
상기 이오노머는 상기 다공성 지지체에 불소계 비이온 계면활성제를 포함하는 이오노머 용액을 공급하는 방법에 의해 생성된 것인,
전해질막.

청구항 10

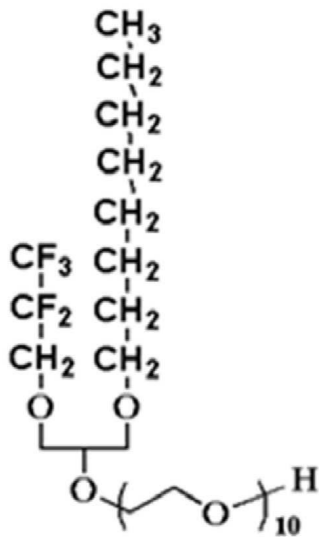
제9항에 있어서,
상기 불소계 비이온 계면활성제는 아래의 화학식1 내지 3 중 적어도 어느 하나를 갖는 것인 전해질막:
[화학식1]



[화학식2]



[화학식3]



청구항 11

제9항에 있어서,
상기 다공성 지지체는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)인,
전해질막.

청구항 12

제9항에 있어서,
상기 이오노머는 과불화술폰산이오노머인,
전해질막.

청구항 13

음극;

양극; 및

상기 음극 및 양극 사이에 배치된 전해질막을 포함하고,

상기 전해질막은 다공성 지지체 및 상기 다공성 지지체의 공극 내에 배치된 이오노머를 포함하고, 상기 이오노머는 상기 다공성 지지체에 불소계 비이온 계면활성제를 포함하는 이오노머 용액을 공급하는 방법에 의해 생성된 것인,

연료전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전해질막의 제조방법, 전해질막 및 이를 포함하는 연료전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전해질막은 다양한 분야에서 적용되고 있으며, 특히 연료전지 분야에서 전해질막은 연료전지의 성능과 내구성을 결정짓는 중요한 구성요소이다.

[0004] 연료전지는 연료가 가진 에너지를 전기화학반응을 통해 전기에너지로 변환하는 전지로, 재충전이 필요한 기존의 배터리와는 달리 연료를 지속적으로 공급하면 전기를 연속적으로 생산할 수 있다. 이 때, 음극 및 양극 사이에 배치되어 연료의 전기화학반응에 의해 생성된 이온(또는 양성자)을 선택적으로 투과하는 기능을 수행하는 것이 전해질막이다.

[0005] 종래에는 과불소기 및 설폰산기를 갖는 내피온(Nafion)을 전해질막으로 주로 사용하였다. 그러나, 기계적 물성이 낮고 내구성이 감소하는 문제가 있다.

[0006] 선행기술문헌인 한국 공개특허 제10-2021-0110121호는 산화방지제를 포함하여 내구성이 향상된 연료전지용 고분자 전해질막을 개시한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 선행기술문헌인 한국 공개특허 제10-2021-0110121호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 기계적 물성이 개선된 전해질막을 제공하는 전해질막의 제조방법과, 이에 의해 제조된 전해질막 및 이를 포함하는 연료전지를 제공함을 목적으로 한다.

[0010] 또한, 상기 전해질막의 내구성을 향상할 수 있다.

[0011] 또한, 적층하여 제조함으로써 에너지 밀도를 높일 수 있다.

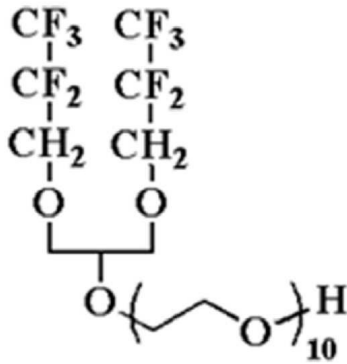
[0012] 또한, 이오노머의 사용량이 감소하는 바 경제성을 높일 수 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 실시 예를 따르는 전해질막의 제조방법은, 다공성 지지체를 준비하는 단계; 이오노머 용액을 준비하는 단계; 및 상기 다공성 지지체에 이오노머 용액을 공급하는 단계;를 포함하고, 상기 이오노머는 불소계 비이온 계면활성제를 포함한다.

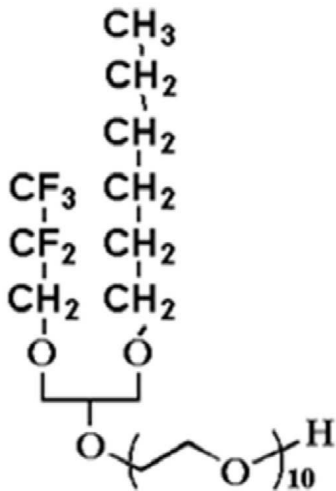
[0015] 상기 불소계 비이온 계면활성제는 아래의 화학식1 내지 3 중 적어도 어느 하나를 가질 수 있다.

[0016] [화학식1]



[0017]

[0018] [화학식2]



[0019]

[0045] 또한, 이오노머의 사용량이 감소하는 바 경제성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0047] 도 1 내지 도 3은 각각 화학식1 내지 3의 계면활성제로 제조한 전해질막(실시 예)과 비교 예의 이온 전도도 측정 결과를 도시한 것이다.

도 4는 FT-IR 측정 결과를 도시한 것이다.

도 5는 연료전지 성능평가 결과를 도시한 것이다.

도 6(a)는 실시 예3, 도 6(b)는 비교 예2를 포함하는 연료전지의 임피던스 측정 결과를 도시한 것이다.

도 7은 실시 예3의 단면에 대한 SEM 분석 사진이다.

도 8은 비교 예3의 단면에 대한 SEM 분석 사진이다.

도 9는 실시 예3의 단면에 대한 EDS 분석 사진이다.

도 10은 비교 예3의 단면에 대한 EDS 분석 사진이다.

도 11(a)는 비교 예2의 AST 결과이고, 도 11(b)는 실시 예3의 AST 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 형태들을 다음과 같이 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시 형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시 형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시 형태는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면 상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다. 덧붙여, 명세서 전체에서 어떤 구성요소를 "포함"한다는 것은 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0050] 전해질막의 제조방법

[0051] 본 발명의 실시 예를 따르는 전해질막의 제조방법은, 다공성 지지체를 준비하는 단계; 이오노머 용액을 준비하는 단계; 및 상기 다공성 지지체에 이오노머 용액을 공급하는 단계;를 포함하고, 상기 이오노머는 불소계 비이온 계면활성제를 포함한다.

[0053] 상기 다공성 지지체를 준비하는 단계는 제조 편의를 위해, 이형필름을 준비하는 단계; 상기 이형필름에 유기 용매를 공급하는 단계; 상기 이형필름 상에 다공성 지지체를 배치하는 단계; 및 상기 유기 용매를 건조하는 단계;를 포함할 수 있다. 이형필름은 전해질막이 제조된 후 제거되는 필름으로써 다공성 지지체를 보호하는 기능을 수행한다. 상기 이형필름은 실리콘 등으로 이루어진 것일 수 있으며 특별히 제한하지 않는다. 상기 유기 용매는 알코올 등일 수 있으며, 이형필름 상에 다공성 지지체가 안정적으로 부착되도록 하는 기능을 수행한다.

[0055] 다공성 지지체는 소수성이면서 내부식성을 갖는 고분자 물질로 이루어진 것일 수 있다. 상기 고분자 물질은 폴리테트라플루오로에틸렌, 플루오리네이트드 에틸렌 프로필렌, 폴리비닐리덴 플루오라이드, 폴리퍼플루오로알킬비닐에테르 및 폴리퍼플루오로술폰폴루오라이드알콕시비닐 에테르 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 내부식성 및 성형성을 고려하면 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)가 가장 바람직하다.

[0056] 상기 다공성 지지체에 포함된 공극은 수십 내지 수백 μm 일 수 있으며, 전체 영역에 고르게 형성될 수 있다.

[0058] 상기 이오노머 용액을 준비하는 단계는 용매, 이오노머 및 계면활성제를 혼합하여 교반하는 방법에 의해 수행할 수 있다.

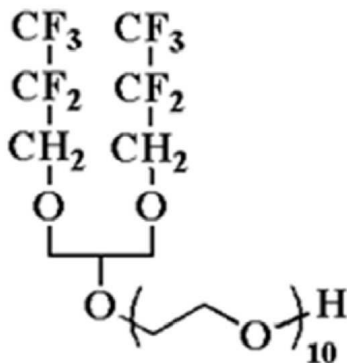
[0060] 상기 이오노머는 이온투과성(또는 양성자 투과성)을 가진 고분자 물질로서, 전해질막으로 사용하는 일반적인 물질일 수 있다. 바람직하게는 과불화술폰산이오노머(PSFA)일 수 있다. 본 발명의 실시 예는 상기 이오노머를 다공성 지지체에 함침하여 제조함으로써 종래의 문제점인 높은 가격, 치수 불안정 및 낮은 내구성에 따른 문제를 해결할 수 있다. 상기 이오노머의 함량은 상기 이오노머 용액의 전체 중량에 대하여 10 내지 30 wt%일 수 있다.

[0062] 상기 이오노머 용액의 용매는 유기용매로서 특별히 제한하지 않는다. 상기 유기용매는 에탄올 또는 메탄올 등의 알코올, 디메틸포름아미드(Dimethylformamide, DMF) 등일 수 있다.

[0064] 상기 불소계 비이온 계면활성제는 다공성 지지체의 공극 내부에 상기 이오노머가 함침하도록 하는 기능을 수행한다. 소수성인 다공성 지지체 및 친수성인 이오노머를 혼합하는 경우, 서로 섞이지 않고 상호간에 상분리가 발생하게 된다. 따라서, 상기 불소계 비이온 계면활성제를 첨가함으로써 상기 다공성 지지체 및 이오노머 사이의 표면장력을 감소할 수 있다.

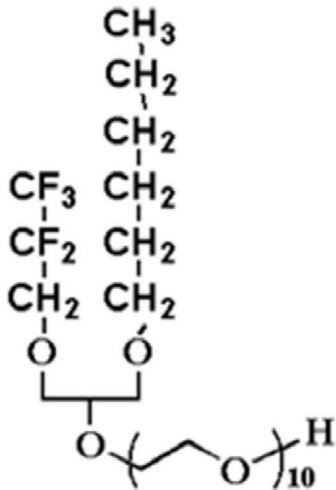
[0065] 상기 불소계 비이온 계면활성제는 아래의 화학식1 내지 3 중 적어도 어느 하나를 가질 수 있다. 아래의 불소계 비이온 계면활성제는 다른 계면활성제에 비하여 기포력이 적고 계면장력이 낮기 때문에 함침률을 높여 전해질막의 이온 전도도를 높일 수 있다. 보다 바람직하게는 상기 불소계 비이온 계면활성제는 화학식1의 것일 수 있다.

[0067] [화학식1]



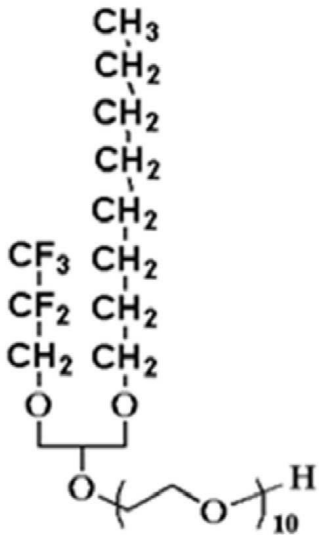
[0068]

[0070] [화학식2]



[0071]

[0073] [화학식3]



[0074]

[0075] 상기 이오노머 용액을 준비하는 단계에서, 상기 이오노머 용액에 첨가된 불소계 비이온 계면활성제의 함량은 상기 이오노머 용액 전체에 대하여 1 내지 2 wt%일 수 있다. 상기 불소계 비이온 계면활성제의 함량이 상기 범위를 벗어나는 경우에는 이온 전도도가 감소하게 된다.

[0077] 상기 다공성 지지체에 이오노머 용액을 공급하는 단계 이후에, 상기 다공성 지지체 상의 이오노머 용액을 건조하는 단계를 수행할 수 있다. 본 단계는 상온에 방치하여 자연 건조를 수행하거나, 오븐에 넣어 고온 건조를 수행할 수 있으며, 자연 건조 및 고온 건조를 순차적으로 진행할 수 있다.

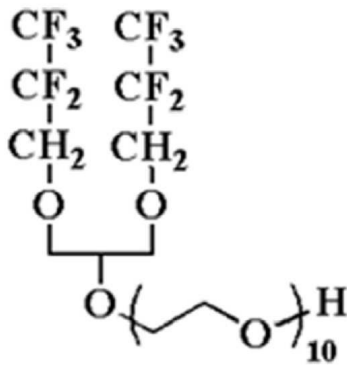
[0079] 위와 같이 제조한 후, 이오노머가 함침된 다공성 지지체의 불순물을 제거하고 안정화하기 위해 산 용액을 가하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 산 용액은 특별히 제한하지 않지만 황산 용액일 수 있다. 본 단계에서 이오노머의 설포산기의 하이드록시기를 수소이온으로 치환할 수 있으며, 계면활성제가 잔류하는 것을 방지할 수 있다.

[0081] 전해질막 및 연료전지

[0082] 본 발명의 실시 예를 따르는 전해질막은, 다공성 지지체; 및 상기 다공성 지지체의 공극 내에 배치된 이오노머를 포함하고, 상기 이오노머는 상기 다공성 지지체에 불소계 비이온 계면활성제를 포함하는 이오노머 용액을 공급하는 방법에 의해 생성된 것이다.

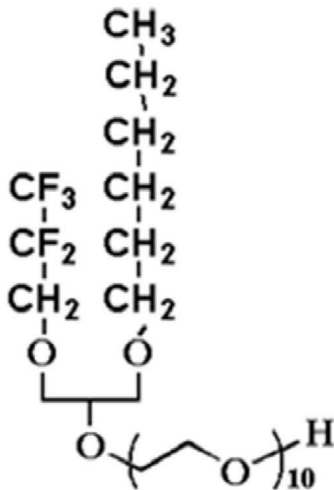
[0083] 상기 다공성 지지체, 이오노머, 불소계 비이온 계면활성제 등은 앞서 설명한 것과 동일한 것일 수 있다. 상기 다공성 지지체는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)일 수 있다. 상기 이오노머는 설폰화된 테트라플루오로에틸렌 기반 불소중합체일 수 있다. 상기 불소계 비이온 계면활성제는 아래의 화학식1 내지 3 중 적어도 어느 하나를 가질 수 있다.

[0084] [화학식1]



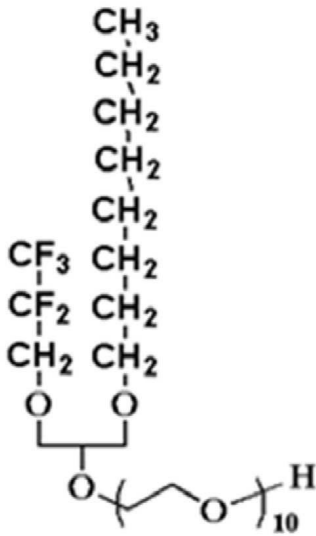
[0085]

[0086] [화학식2]



[0087]

[0088] [화학식3]



[0089]

[0091] 본 발명의 실시 예를 따르는 연료전지는, 음극; 양극; 및 상기 음극 및 양극 사이에 배치된 전해질막을 포함하고, 상기 전해질막은 다공성 지지체 및 상기 다공성 지지체의 공극 내에 배치된 이오노머를 포함하고, 상기 이오노머는 상기 다공성 지지체에 불소계 비이온 계면활성제를 포함하는 이오노머 용액을 공급하는 방법에 의해 생성된 것이다.

[0092] 음극 및 양극은 전기전도성을 갖는 재료로 이루어진 것이며, 상기 음극은 수소 등의 연료를 이온화하며, 상기 양극은 이온을 산화하는 기능을 수행한다. 상기 음극 및 양극은 본 기술분야에서 일반적으로 사용하는 것일 수 있으며 특별히 제한하지 않는다. 또한, 상기 연료전지는 케이스를 더 포함할 수 있으며, 상기 음극, 양극 및 전해질막은 상기 케이스 내부에 배치될 수 있다. 그 밖에 연료측 기체확산층, 연료측 촉매층, 공기측 기체확산층 및 공기측 촉매층을 더 포함할 수 있으며, 각각의 구성요소는 당해 기술분야에서 일반적으로 사용하는 것일 수 있다.

[0094] 제조 예: 전해질막의 제조

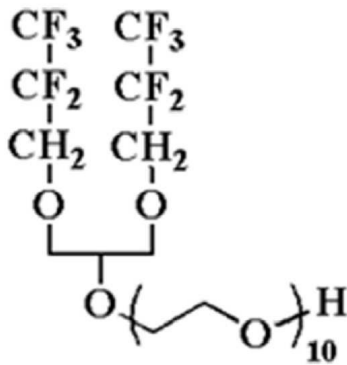
[0095] 다공성 지지체를 준비하기 위해 다음과 같은 방법을 수행하였다.

[0096] 25cm×38cm 유리판과 23cm×34cm의 이형 필름을 준비하고 각각의 접촉면을 에탄올로 닦아주었다. 상기 유리판에 에탄올을 뿌려 상기 이형 필름을 접촉한 후 이형 필름 내에 기공을 빼주어 고정하였다. 상기 이형 필름이 부착된 유리판 위에 에탄올을 뿌리고, 12cm×12cm의 PTFE 막을 세척한 후 배치하였다. 상기 PTFE 막을 이형 필름 위에 배치할 때 올리거나 주름을 펼 때 기공이 들어갈 수 있다. 상기 PTFE 막 안에 기공이 생성되면 에탄올이 건조된 후 구멍이 생기는 요인이 되므로 기공을 제거하였다. 다음으로 상기 PTFE 막을 80℃에서 고온 건조하여 에탄올을 제거하였다.

[0098] 이오노머 용액을 준비하기 위해 다음과 같은 방법을 수행하였다.

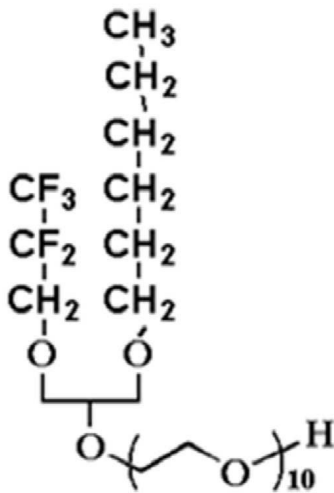
[0099] Nafion이 15% wt 함유된 Nafion 용액 10g을 준비하였다. 상기 Nafion 용액에 주사기를 사용하여 계면활성제를 첨가하였다. 이 때 첨가된 계면활성제는 불소계 비이온 계면활성제로서, 아래의 화학식1 내지 3을 갖는 물질이다.

[0101] [화학식1]



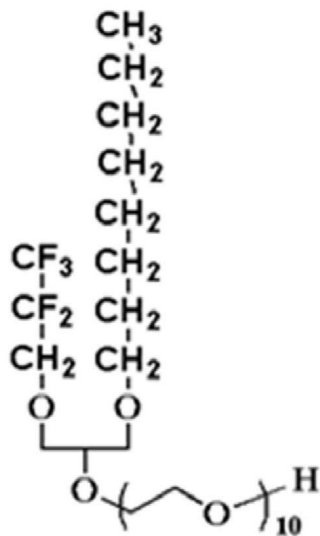
[0102]

[0103] [화학식2]



[0104]

[0105] [화학식3]



[0106]

[0107] 상기 계면활성제를 이오노머 용액 전체에 대하여 함량을 달리하여 첨가하였다. 화학식1의 계면활성제는 0.5, 1, 1.5, 2, 3 및 5 wt%가 되도록 첨가하였고, 화학식2 및 3의 계면활성제는 각각 1, 3 및 5 wt%가 되도록 첨가

하였다.

[0108] 다음으로 이오노머 용액에 자석 스핀 바를 넣고 12시간 교반 하였다.

[0110] 상기 다공성 지지체에 이오노머 용액을 함침하기 위해 아래와 같은 방법을 수행하였다.

[0111] 앞서 준비된 다공성 지지체를 바 코터(Bar cater)에 넣어 고정하고, 닥터 블레이드(Doctor blade)를 상기 다공성 지지체의 PTFE 막과 3 cm 이격하여 배치하였다. 앞서 제조한 이오노머 용액을 상기 PTFE 막 위에 4 mL를 떨어트렸다. 이 후 닥터 블레이드를 사용하여 코팅을 진행하였다. 다음으로, 상온에서 자연 건조 15분, 80℃에서 15분간 고온 건조하였다. 건조 후 상기 PTFE 막으로부터 이형 필름을 제거하고, 상기 PTFE 막의 코팅된 부분이 상기 이형 필름 상에 배치되도록 상기 PTFE 막을 뒤집어 부착하였다. 이 때, 증류수를 이용하여 고정하였으며, 상기 증류수를 자연 건조하였다. 다음으로 상기 PTFE 막의 코팅되지 않은 면에 이오노머 용액 코팅을 수행하였으며, 코팅방법은 앞서 설명한 것과 같았다.

[0113] 제조 예: 연료전지의 제조

[0114] 앞서 제조한 각각의 전해질막을 1cm×5cm로 잘라 과산화수소수 (농도)용액에 80℃ 1시간 동안 교반하였다. 다음으로, 상기 전해질막을 황산 용액에 80℃ 1시간 동안 교반하였다. 다음으로 상기 전해질막을 증류수로 80℃ 1시간 동안 교반하였다. 위와 같이 제조한 전해질막을 데칼법으로 제조한 전극 사이에 배치한 후 히팅프레스를 이용하여 가열/가압하였다. 이와 같이 제조된 MEA를 케이스, 집전체, 가스켓과 함께 조립하여 연료전지를 제조하였다.

[0116] 실험 예: 이온 전도도 측정

[0117] 비교 예로 Nafion™ 212, Nafion™ 211 및 I+PTFE 막을 사용하였다. I+PTFE 막은 이오노머에 계면활성제를 첨가하지 않은 상태에서 PTFE를 함침하여 제조한 것이다.

[0118] 실시 예로 앞서 제조한 전해질 막을 사용하였다. 앞서 제조한 각각의 전해질막을 1cm×5cm로 잘라 과산화수소수 (농도)용액에 80℃ 1시간 동안 교반하였다. 다음으로, 상기 전해질막을 황산 용액에 80℃ 1시간 동안 교반하였다. 다음으로 상기 전해질막을 증류수로 80℃ 1시간 동안 교반하였다.

[0119] 상기 Nafion™ 212, Nafion™ 211, I+PTFE 막 및 전처리된 전해질막들을 백금 전극 사이에 배치하여 이온 전도도를 측정하였다. 표 1은 실시 예 및 비교 예의 이온전도도 측정 결과를 기재한 것이다. 도 1 내지 도 3은 각각 화학식1 내지 3의 계면활성제로 제조한 전해질막(실시 예)과 비교 예의 이온 전도도 측정 결과를 도시한 것이다.

표 1

구분	막 종류	계면활성제 종류 / 함량(wt%)	이온 전도도 (mS/cm)
비교 예1	Nafion™ 212	-	88.657
비교 예2	Nafion™ 211	-	93.09
비교 예3	I+PTFE	-	40.45
실시 예1	PTFE+이오노머	화학식1 / 0.5	72.66
실시 예2	PTFE+이오노머	화학식1 / 1	82.2
실시 예3	PTFE+이오노머	화학식1 / 1.5	90.15
실시 예4	PTFE+이오노머	화학식1 / 2	81.11
실시 예5	PTFE+이오노머	화학식1 / 3	79.96
실시 예6	PTFE+이오노머	화학식1 / 5	73.5
실시 예7	PTFE+이오노머	화학식2 / 1	78
실시 예8	PTFE+이오노머	화학식2 / 3	62.14
실시 예9	PTFE+이오노머	화학식2 / 5	45.12
실시 예10	PTFE+이오노머	화학식3 / 1	78.78

실시 예 11	PTFE+이오노머	화학식3 / 3	50.12
실시 예 12	PTFE+이오노머	화학식3 / 5	46.55

[0122] 실시 예 중에서는 화학식1의 계면활성제를 첨가한 실시 예에서 다른 계면활성제를 첨가한 것에 비하여 높은 이온전도도를 나타냈다. 또한, 화학식1의 계면활성제를 첨가한 실시 예 중에서는 1 내지 2 wt% 범위에서 첨가한 실시 예 2 내지 4에서 높은 이온전도도를 보였으며, 특히 1.5 wt%를 첨가한 실시 예3은 NafionTM 212 및 NafionTM 211 수준의 이온전도도를 보였다.

[0124] 실험 예: FT-IR 측정

[0125] 전해질막을 산성 용액으로 처리하는 공정을 수행함에 따른 효과를 확인하기 위해 산성 용액으로 처리하지 않은 실시 예1 및 산성 용액으로 처리한 실시 예1의 전해질막의 FT-IR을 측정하였다. 산성 용액 처리는 실시 예1의 전해질막을 1cm×5cm로 잘라 과산화수소수 (농도)용액에 80℃ 1시간 동안 교반하고, 상기 전해질막을 황산 용액에 80℃ 1시간 동안 교반하고, 상기 전해질막을 증류수로 80℃ 1시간 동안 교반하여 수행하였다.

[0126] 도 4는 FT-IR 측정 결과를 도시한 것이다. 도 4를 참조하면, 산성 용액을 처리한 경우 3,000 cm⁻¹의 C-H peak가 사라졌고, 1,100 내지 1,200 cm⁻¹의 C-F peak의 세기가 감소되었는 바, 계면활성제가 감소하였음을 알 수 있다.

[0128] 실험 예: 전극접합체(MEA)의 성능평가

[0129] 실시 예3 및 비교 예2를 이용하여 제조한 연료전지를 이용하여 성능평가를 시행하였으며, 조건은 측정 시 조건은 온도 70℃, %RH 100%, Flow rate 0.7 내지 3.0이었다.

[0130] 전지 전압이 0.6 V에서의 전류밀도는 실시 예3이 1.14 A/cm², 비교 예2가 1.026 A/cm²로 측정되어, 실시 예3가 비교 예2에 비하여 0.114 A/cm²의 성능향상이 있는 것으로 판단된다. 또한, 전지 전압에 대한 전류밀도와 전력 밀도의 측정 결과는 도 5에 도시하였다.

[0132] 실험 예: 임피던스 측정

[0133] 실시 예3 및 비교 예2를 사용하여 제조한 연료전지의 임피던스를 측정하였다.

[0134] 측정결과는 도 6에 도시하였으며, 도 6(a)는 실시 예3, 도 6(b)는 비교 예2의 결과이다. 도 6을 참조하면 실시 예3의 임피던스가 비교 예2와 동등한 수준임을 알 수 있다.

[0136] 실험 예: 이오노머 침투성능 측정

[0137] PTFE 막에 계면활성제를 첨가하지 않은 Nafion 15% 용액을 함침하여 제조한 전해질막(비교 예3)과 실시 예3의 단면에 대하여 SEM 및 EDS 분석을 수행하였다.

[0138] 도 7은 실시 예3의 단면에 대한 SEM 분석 사진이고, 도 8은 비교 예3의 단면에 대한 SEM 분석 사진이다. 또한, 도 9는 실시 예3의 단면에 대한 EDS 분석 사진이고, 도 10은 비교 예3의 단면에 대한 EDS 분석 사진이다. 도 7 내지 도 10을 참고하면, 실시 예3의 경우 PTFE 막의 내부까지 이오노머가 침투한 것을 알 수 있으나, 비교 예3의 경우에는 이오노머가 PTFE 막의 내부까지 충분히 침투하지 못한 것을 알 수 있다.

[0140] 실험 예: 가속 스트레스 테스트(AST; Acceleration Stress Test)

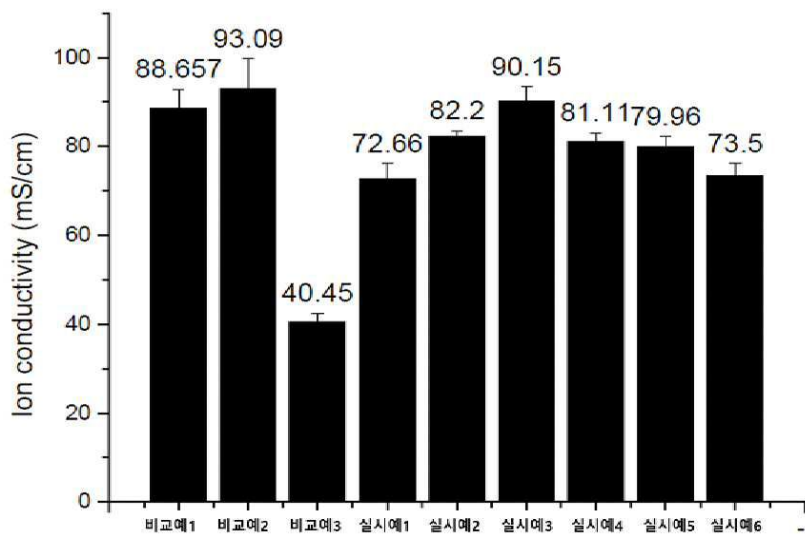
[0141] 실시 예3 및 비교 예2의 전해질막을 이용하여 가속 스트레스 테스트를 실시하였다. H₂ 1,000 ml/min 및 O₂ 1,000 ml/min, 압력 1.0 bar, 온도 90 ℃ 조건에서 100 % RH로 45 초간 가속하고 0% RH 조건으로 30 초간 건조를 반복하였다.

[0142] 도 11(a)는 비교 예2의 AST 결과이고, 도 11(b)는 실시 예3의 AST 결과이다. 도 11을 참조하면, 실시 예3에서 OCV가 급격히 감소하는 시간은 169,373 초였고, 비교 예2에서 OCV가 급격히 감소하는 시간은 91,191 초였다. 이를 통해 실시 예3의 가습-건조 내구성이 우수함을 알 수 있다.

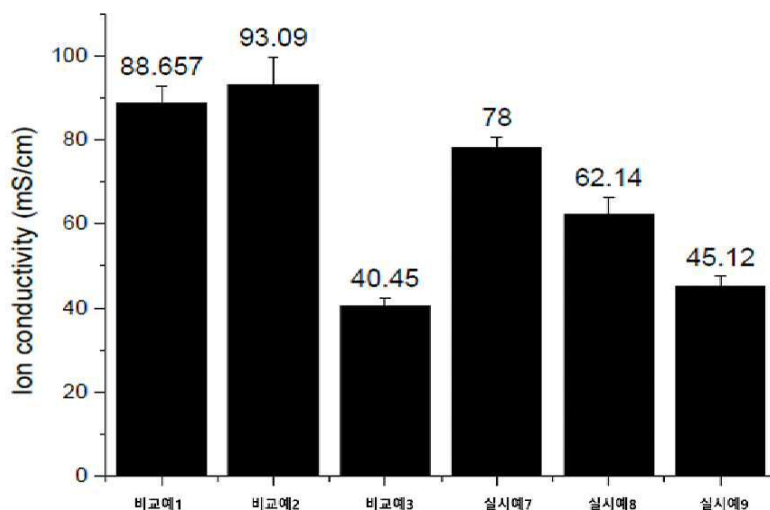
[0144] 본 발명은 상술한 실시 형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이다.

도면

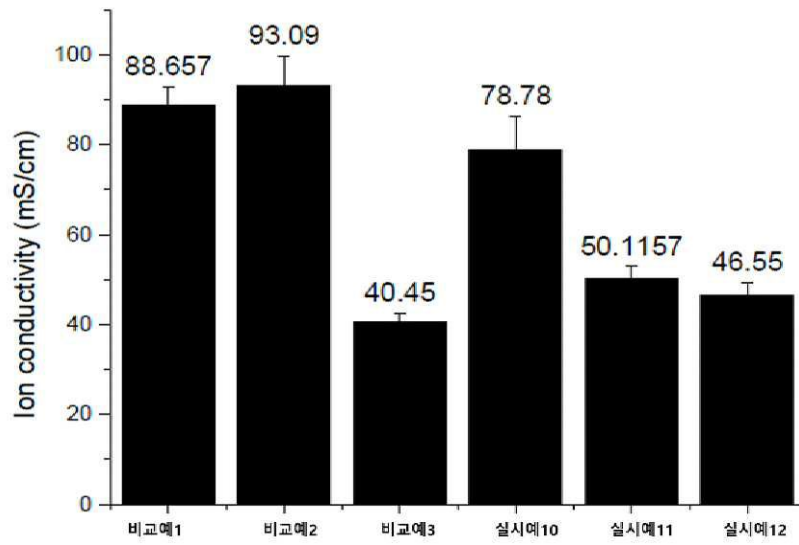
도면1



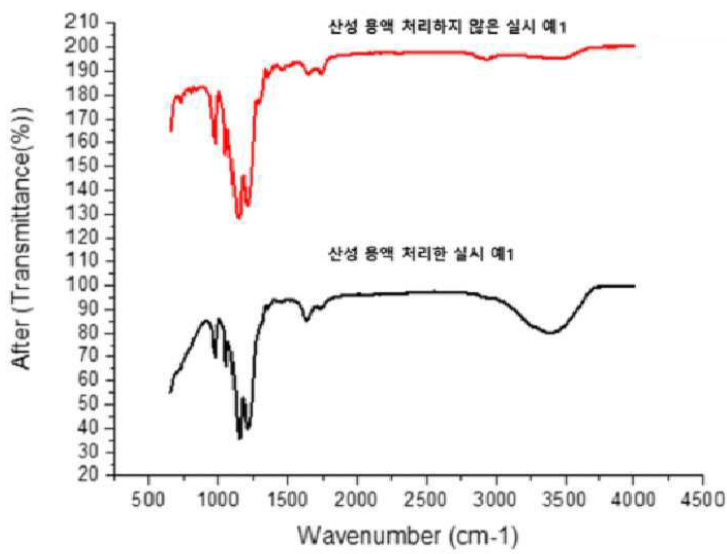
도면2



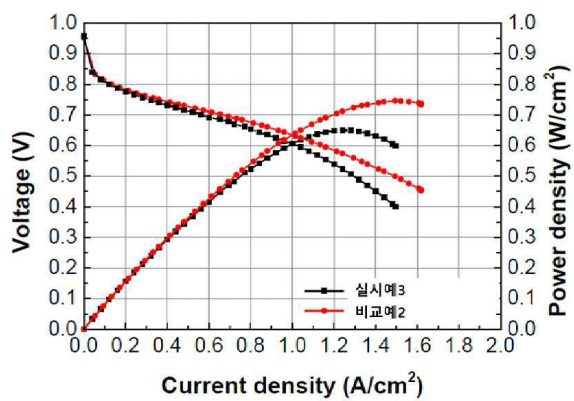
도면3



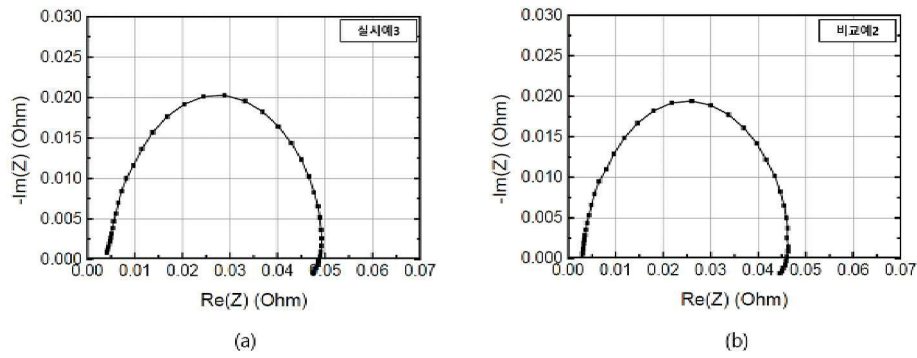
도면4



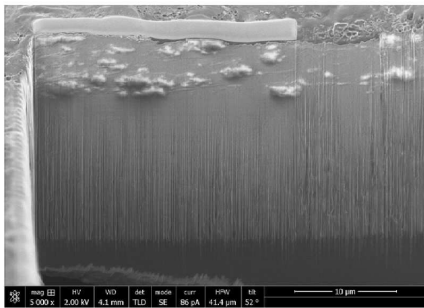
도면5



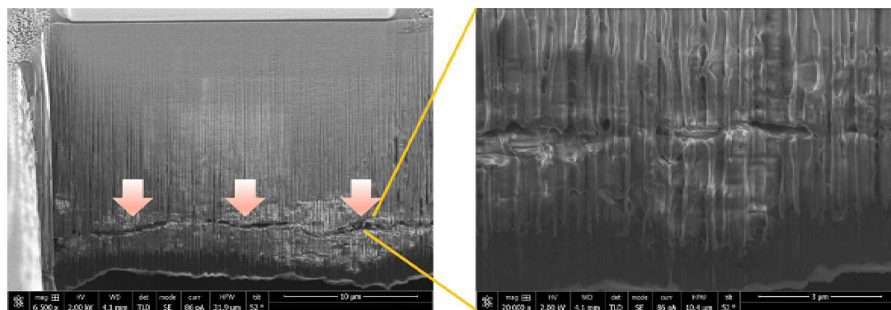
도면6



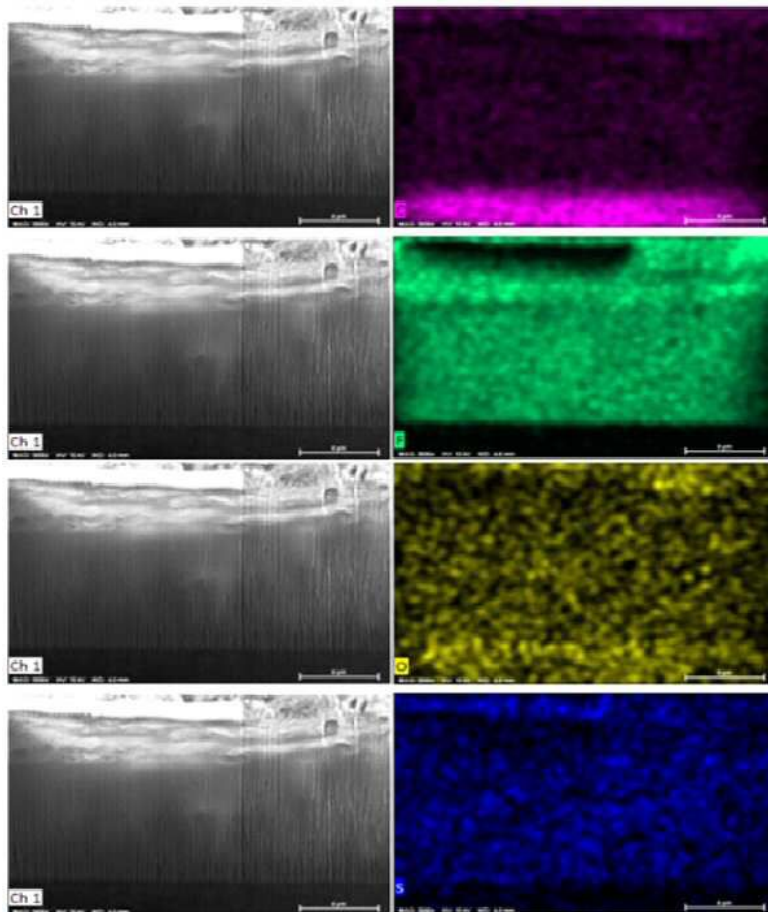
도면7



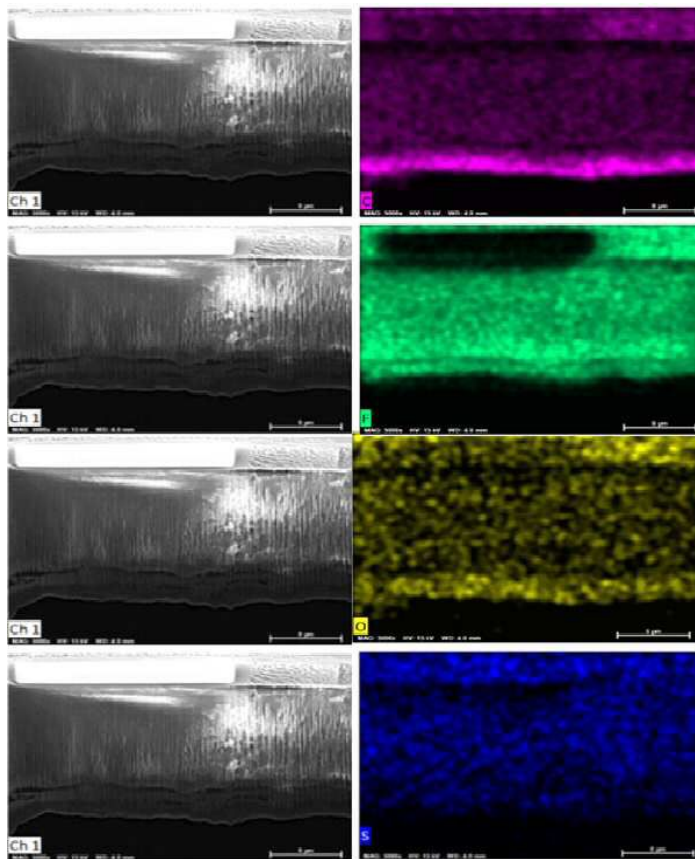
도면8



도면9



도면10



도면11

