



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0041019
(43) 공개일자 2024년03월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/0234 (2016.01) H01M 8/0245 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H01M 8/0234 (2013.01)
H01M 8/0245 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0120050
(22) 출원일자 2022년09월22일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
기아 주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
노승탁
경기도 용인시 기흥구 동백죽전대로 507, 105동 1701호
이지한
경기도 성남시 분당구 판교대장로7길 57, 203동 1802호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 신세기

전체 청구항 수 : 총 17 항

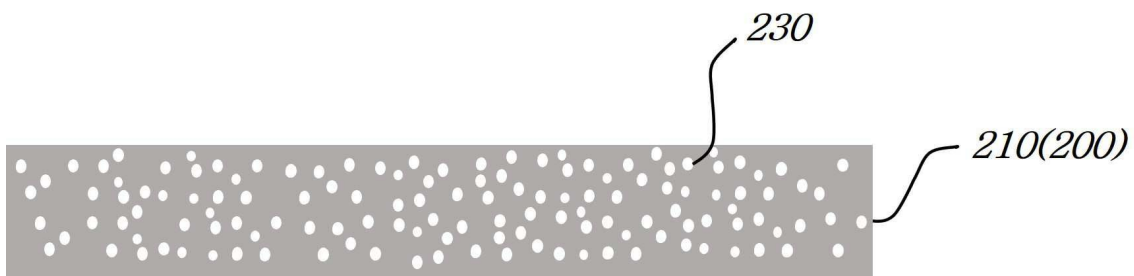
(54) 발명의 명칭 연료전지용 기체확산층의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 기체확산층

(57) 요약

본 발명은 한지에 탄소나노튜브를 담지시켜서 전기전도성을 향상시킬 수 있는 연료전지용 기체확산층의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 기체확산층에 관한 것이다.

본 발명의 일 실시형태에 따른 연료전지용 기체확산층 제조방법은 연료전지의 단위 셀을 구성하는 기체확산층을 제조하는 방법으로서, 한지를 이용하여 담지체를 준비하는 담지체 준비단계와; 탄소물질을 용매에 분산시킨 분산액을 준비하는 분산액 준비단계와; 상기 담지체에 상기 분산액을 도포하는 도포단계와; 분산액이 도포된 담지체를 열처리하여 담지체에 탄소물질을 고정시키는 열처리단계를 포함한다.

대표도 - 도2a



(72) 발명자

이인석

경기도 용인시 수지구 신수로 767, B동 2640호

박재만

경기도 용인시 수지구 상현로 2, 4703동 1502호

최원중

인천광역시 연수구 원인재로 180, 201동 1403호

김충희

인천광역시 미추홀구 재념이길61번길 17, 101호

김성황

서울특별시 은평구 증산서길 106-14, 502호

이중훈

인천광역시 연수구 독배로 58, 207동 907호

박수진

서울특별시 강남구 역삼로 315-1, 503동 2103호

이슬이

인천광역시 부평구 동수천로 118, 708동 904호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415179096

과제번호 20012121

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원(KEIT)

연구사업명 친환경자동차분야(전기자동차, 수소자동차) 기술개발사업

연구과제명 수소전기차용 연료전지 스택 고도화 기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 현대자동차(주)환경기술연구소

연구기간 2020.05.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

연료전지의 단위 셀을 구성하는 기체확산층을 제조하는 방법으로서,
한지를 이용하여 담지체를 준비하는 담지체 준비단계와;
탄소물질을 용매에 분산시킨 분산액을 준비하는 분산액 준비단계와;
상기 담지체에 상기 분산액을 도포하는 도포단계와;
분산액이 도포된 담지체를 열처리하여 담지체에 탄소물질을 고정시키는 열처리단계를 포함하는 연료전지용 기체 확산층 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 담지체 준비단계에서,
상기 한지는 평량이 10 ~ 200 g/m²이고, 두께는 10 ~ 200 μ m인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층 제조 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 담지체 준비단계에서,
상기 한지는 기공도가 50 ~ 90%인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층 제조방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
상기 분산액 준비단계에서,
상기 탄소물질은 탄소나노튜브 또는 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층 제조방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,
상기 혼합물질은 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)이 1:1 ~ 10:1의 중량비율로 혼합된 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층 제조방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 분산액 준비단계에서,

상기 분산액에는 바인더가 혼합되지 않는 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층 제조방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 열처리단계에서,

상기 열처리 온도는 800 ~ 900℃인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층 제조방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 열처리단계 이전에,

분산액이 도포된 담지체를 건조시키는 건조단계를 더 포함하는 연료전지용 기체확산층 제조방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 건조단계는,

분산액이 도포된 담지체를 자연상태로 7 ~ 9시간 유지하면서 건조시키는 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층 제조방법.

청구항 10

연료전지의 단위 셀을 구성하는 기체확산층으로서,

한지로 형성되는 담지체의 내부에 탄소물질이 담지되어 고정된 기재층을 포함하는 연료전지용 기체확산층.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 기재층을 형성하는 한지의 평량은 10 ~ 200 g/m²이고,

상기 기재층의 두께는 10 ~ 200 μ m인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 기재층의 기공도는 50 ~ 90%인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층.

청구항 13

청구항 10에 있어서,

상기 탄소물질은 탄소나노튜브 또는 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질인 것을 특징으로

로 하는 연료전지용 기체확산층.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 탄소물질이 탄소나노튜브이면,

상기 기체확산층의 전기전도도는 9.00×10^1 S/cm 이상인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 탄소물질이 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질이면,

상기 기체확산층 표면의 물방울 접촉각은 117° 이상인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층.

청구항 16

청구항 10에 있어서,

상기 기재층의 표면에 탄소물질이 고정되어 형성되는 탄소물질층을 더 포함하는 연료전지용 기체확산층.

청구항 17

청구항 10에 있어서,

상기 탄소물질층의 두께는 $50\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 하는 연료전지용 기체확산층.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연료전지용 기체확산층의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 기체확산층에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 한지에 탄소나노튜브를 담지시켜서 전기전도성을 향상시킬 수 있는 연료전지용 기체확산층의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 기체확산층에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 연료전지는 연료가 가지고 있는 화학 에너지를 스택 내에서 전기 화학적으로 반응시켜 전기 에너지로 변환하는 일종의 발전장치로서, 산업용, 가정용 및 차량의 구동 전력을 공급할 뿐만 아니라 휴대용 장치와 같은 소형 전자 제품의 전력공급에 사용될 수 있으며, 최근 고효율의 청정 에너지원으로 점차 그 사용영역이 확대되고 있다.

[0004] 도 1은 일반적인 연료전지의 단위셀을 보여주는 도면이다.

[0005] 도 1에서 알 수 있듯이, 일반적인 연료전지의 단위셀은 가장 안쪽에 막전극 집합체(10, MEA: Membrane-Electrode Assembly)가 위치하는데, 이 막전극 집합체는 수소 양이온(Proton)을 이동시켜 줄 수 있는 고분자 전해질막(11)과, 이 전해질막 양면에 수소와 산소가 반응할 수 있도록 도포된 촉매층, 즉 애노드 전극층(12: anode) 및 캐소드 전극층(13: cathode)으로 구성되어 있다.

[0006] 또한, 상기 막전극 집합체(10)의 바깥 부분, 즉 애노드 전극층(12) 및 캐소드 전극층(13)이 위치한 바깥 부분에

는 기체확산층(20, GDL: Gas Diffusion Layer)이 적층되고, 상기 기체확산층(20)의 바깥 쪽에는 연료를 공급하고 반응에 의해 발생된 물을 배출하도록 유로(Flow Field)가 형성된 분리판(30)이 위치한다.

[0007] 이때 기체확산층(20)은 막전극 집합체(10)의 고분자 전해질막(11)으로 수소와 산소를 고르게 공급하는 역할 및 촉매층(12, 13)에서 반응된 전자를 분리판(30)으로 이동시키는 전기전도체로의 역할 등 고분자 전해질 막 연료 전지에서 매우 중요한 역할을 수행하므로, 우수한 전기전도성을 보유해야 한다.

[0008] 이에 따라, 최근 고온에서 탄화 열처리되어 전기전도도가 우수하며 전기저항이 낮은 탄소섬유가 가스 확산층 소재로 주목받고 있다.

[0009] 예를 들어 기체확산층(20)은 탄소섬유로 이루어지는 기재(21)에 미세기공층(Micro Porous Layer; MPL, 22)을 형성하여 이루어진다.

[0010] 이때, 기재(21)는 탄소섬유에 PTFE(polytetrafluoroethylene) 등의 소수성 물질(Hydrophobic Agent)을 함침하여 구성되는데, 예를 들어 탄소섬유로는 탄소섬유 천(Cloth), 탄소섬유 펠트(Felt) 및 탄소섬유 종이(Paper)형 등이 사용될 수 있다.

[0011] 또한, 미세기공층(22)는 카본 블랙(Carbon Black), 아세틸렌 블랙 카본(Acetylene Black Carbon), 블랙 펄 카본(Black Pearls Carbon) 등의 탄소 분말과, PTFE(polytetrafluoroethylene) 등의 소수성 물질(Hydrophobic Agent)을 바인더로 혼합한 슬러리를 제조한 후, 용도에 따라 기재(21)의 일면 또는 양면에 준비된 슬러리를 도포하여 형성할 수 있다.

[0012] 그러나, 슬러리를 이용하여 기재에 도포하여 기체확산층을 제조하기 위해서는 기재상에 슬러리를 균일하게 분산시켜야 하지만, 아직 분산기술이 부족하여 수용액상에서 균일하게 분산되어야 하나 아직 분사기술이 고도화되지 못하여 기체확산층의 전기전도도 및 전기저항을 동시에 만족시키지 못하고 있는 실정이다.

[0013] 그리고, 탄소 분말과 PTFE 바인더가 혼합된 슬러리를 기재에 도포하여 미세기공층을 형성하기 위해서는 대략 2200℃ 정도의 초고온에서 기재와 슬러리를 소결시키는 공정을 필수적으로 실시하여야 한다. 이에 따라 기체확산층을 제조하기 위하여 초고온 소결 공정을 실시하기 위한 설비를 갖춰야 하는 문제도 있었다.

[0015] 상기의 배경기술로서 설명된 내용은 본 발명에 대한 배경을 이해하기 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0017] (특허문헌 0001) 일본등록특허공보 제6131696호 (2017.04.28)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 한지에 탄소나노튜브를 담지시켜서 종래의 탄소섬유를 사용하는 기체확산층보다 우수한 전기전도성을 갖는 연료전지용 기체확산층의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 기체확산층을 제공한다.

[0020] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 본 발명의 기재로부터 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있는 것으로 보아야 할 것이다.

과제의 해결 수단

- [0022] 본 발명의 일 실시형태에 따른 연료전지용 기체확산층 제조방법은 연료전지의 단위 셀을 구성하는 기체확산층을 제조하는 방법으로서, 한지를 이용하여 담지체를 준비하는 담지체 준비단계와; 탄소물질을 용매에 분산시킨 분산액을 준비하는 분산액 준비단계와; 상기 담지체에 상기 분산액을 도포하는 도포단계와; 분산액이 도포된 담지체를 열처리하여 담지체에 탄소물질을 고정시키는 열처리단계를 포함한다.
- [0023] 상기 담지체 준비단계에서, 상기 한지는 평량이 10 ~ 200 g/m²이고, 두께는 10 ~ 200 μ m인 것을 특징으로 한다.
- [0024] 상기 담지체 준비단계에서, 상기 한지는 기공도가 50 ~ 90%인 것을 특징으로 한다.
- [0025] 상기 분산액 준비단계에서, 상기 탄소물질은 탄소나노튜브 또는 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질인 것을 특징으로 한다.
- [0026] 상기 혼합물질은 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)이 1:1 ~ 10:1의 중량비율로 혼합된 것을 특징으로 한다.
- [0027] 상기 분산액 준비단계에서, 상기 분산액에는 바인더가 혼합되지 않는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 상기 열처리단계에서, 상기 열처리 온도는 800 ~ 900℃인 것을 특징으로 한다.
- [0029] 상기 열처리단계 이전에, 분산액이 도포된 담지체를 건조시키는 건조단계를 더 포함한다.
- [0030] 상기 건조단계는, 분산액이 도포된 담지체를 자연상태로 7 ~ 9시간 유지하면서 건조시키는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 한편, 본 발명의 일 실시형태에 따른 연료전지용 기체확산층은 연료전지의 단위 셀을 구성하는 기체확산층으로서, 한지로 형성되는 담지체의 내부에 탄소물질이 담지되어 고정된 기체층을 포함한다.
- [0033] 상기 기체층을 형성하는 한지의 평량은 10 ~ 200 g/m²이고, 상기 기체층의 두께는 10 ~ 200 μ m인 것을 특징으로 한다.
- [0034] 상기 기체층의 기공도는 50 ~ 90%인 것을 특징으로 한다.
- [0035] 상기 탄소물질은 탄소나노튜브 또는 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질인 것을 특징으로 한다.
- [0036] 상기 탄소물질이 탄소나노튜브인 경우에, 상기 기체확산층의 전기전도도는 9.00×10^{-1} S/cm 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0037] 상기 탄소물질이 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질인 경우에, 상기 기체확산층 표면의 물방울 접촉각은 117° 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0038] 상기 기체층의 표면에 탄소물질이 고정되어 형성되는 탄소물질층을 더 포함한다.
- [0039] 상기 탄소물질층의 두께는 50 μ m 이하인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0041] 본 발명의 실시예에 따르면, 한지를 사용하여 기체확산층을 구성하는 기체층을 형성하고, 기체층에 탄소나노튜브(CNT)와 같은 탄소물질을 담지시킴으로써 기계적 강도를 우수하게 유지하면서 전기전도성을 향상시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있다.
- [0042] 또한, 한지는 구조적으로 등방성 섬유구조를 갖고 기공도가 우수하기 때문에 탄소나노튜브(CNT)와 같은 탄소물질이 바인더 없이 한지에 담지되어 고정될 수 있기 때문에 별도로 초고온의 소결공정을 삭제할 수 있고, 기체확산층의 두께를 얇게 유지하면서 전기적특성을 우수하게 유지할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0044] 도 1은 일반적인 연료전지의 단위셀을 보여주는 도면이고,
 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층을 보여주는 도면이며,
 도 2b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층을 보여주는 도면이고,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층의 기체층을 형성하는 한지의 SEM 사진이며,
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층의 SEM 사진이고,
 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층에서 탄소물질로 탄소나노튜브(CNT)가 사용된 경우의 표면 접촉각을 보여주는 사진이고,
 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층에서 탄소물질로 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)가 사용된 경우의 표면 접촉각을 보여주는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0045] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0046] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0047] 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0048] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0049] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0050] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0051] 본 명세서에서, "포함한다" 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.
- [0053] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층을 보여주는 도면이다.
- [0054] 도면에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층(200)은 한지로 형성되는 담지체의 내부에 탄소물질(230)이 담지되어 고정된 기체층(210)을 포함한다.
- [0055] 기체층(210)은 한지를 담지체로 사용하여 형성된다.
- [0056] 한지는 탁섬유, 마닐라섬유, 아바카섬유 또는 천연펄프로 이루어진 군에서 1종 또는 2종 이상의 혼합물로 제조되는 종이다.
- [0057] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층의 기체층을 형성하는 한지의 SEM 사진으로서, 도 3에서 알 수 있듯이 한지는 등방성 섬유구조를 갖도록 섬유가닥이 얹혀 만들어진 종이다.
- [0058] 이러한 한지는 등방성 섬유구조로 인해 이방성 섬유구조를 갖는 직물대비 전방향에서의 기계적강도가 우수하며,

기공도는 50 ~ 90% 정도의 우수한 기공구조를 갖는다.

- [0059] 이때 한지의 평량이 10 ~ 200 g/m²이고, 두께는 10 ~ 200 μ m인 것이 바람직하다.
- [0060] 만약, 한지의 평량이 10g/m² 보다 낮은 경우에는 낮은 기계적물성으로 기체확산층을 제조하는 과정 중 한지가 찢어지는 문제가 발생할 수 있고, 특히, 영성한 섬유구조로 인해 탄소물질(230)이 원하는 수준으로 담지되지 않아 전기전도도를 원하는 수준으로 얻을 수 없는 문제가 발생된다.
- [0061] 그리고, 한지의 평량이 200 g/m² 보다 높은 경우에는 오히려 섬유구조가 너무 조밀해져서 탄소물질(230)이 원하는 수준으로 담지되지 않는 문제가 발생될 수 있고, 이에 따라 전기전도도를 원하는 수준으로 얻을 수 없는 문제가 발생된다.
- [0062] 한편, 한지의 두께는 한지의 평량에 따라 결정되는데, 한지의 기공도를 50 ~ 90% 수준으로 유지하기 위하여 평량을 10 ~ 200 g/m² 수준으로 유지하면, 한지의 두께는 10 ~ 200 μ m 수준으로 제조된다.
- [0063] 그리고, 한지로 형성되는 담지체에 담지되는 탄소물질(230)은 기체확산층이 전기전도성을 발현하기 위하여 담지되는 물질로서, 본 실시예에서는 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)를 단독으로 사용하거나 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0064] 탄소나노튜브는 한지의 등방성 섬유구조로 인해 별도의 바인더 없이도 한지에 담지되어 고정될 수 있다.(free standing 가능)
- [0065] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층의 SEM 사진으로서, 도 4에서 알 수 있듯이, 별도의 바인더 없이도 한지로 형성된 담지체에 탄소나노튜브(CNT)가 균일하게 분산되어 고정된 것을 확인할 수 있다.
- [0066] 반면에, 일반적인 기체확산층에는 탄소물질(230)로 카본블랙(carbon black)이 사용되는데, 카본블랙과 같은 탄소물질(230)은 기재층(210)에 담지되거나 코팅되기 위하여 PTFE와 같은 폴리머 바인더(polymer binder)가 필수적으로 사용되어야 한다. 하지만, 폴리머 바인더를 사용하여 탄소물질(230)을 기재층(210)에 고정시키는 경우에는 폴리머 바인더가 전기전도도를 저하시키는 문제가 발생된다. 또한, 담지체의 기공에 폴리머 바인더가 고정되면서 담지체의 기공도도 함께 저하되는 문제가 발생된다.
- [0067] 따라서, 본 실시예에서는 탄소물질(230)로 카본블랙을 제외시키는 것이 바람직하다.
- [0068] 한편, 탄소물질(230)로는 탄소나노튜브(CNT)를 단독으로 사용하는 것이 우수한 전기전도도 유지하는 측면에 유리하지만, 기체확산층의 경우에는 생성수를 원활하게 유동시켜 배출시키기 위하여 소수성을 향상시킬 수 있는 물질인 환원된 그래핀 산화물(rGO)을 소정 비율로 탄소나노튜브(CNT)와 혼합한 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질을 탄소물질(230)로 사용할 수 있다.
- [0069] 예를 들어 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)를 단독으로 사용하여 기체확산층을 형성하는 경우에는 기체확산층의 전기전도도를 9.00×10^{-1} S/cm 이상으로 유지할 수 있다.
- [0070] 반면에, 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질을 사용하여 기체확산층을 형성하는 경우에는 기체확산층의 전기전도도가 탄소나노튜브(CNT)를 단독으로 사용한 기체확산층보다 낮아지지만, 상대적으로 기체확산층의 소수성을 향상시킬 수 있다.
- [0071] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층에서 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)가 사용된 경우의 표면 접촉각을 보여주는 사진이고, 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층에서 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)가 사용된 경우의 표면 접촉각을 보여주는 사진이다.
- [0072] 도 5a에서 알 수 있듯이, 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)를 사용한 경우에는 기체확산층의 표면에서 물방울 표면 접촉각이 101.3° 이지만, 도 5b에서 알 수 있듯이, 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)를 함께 사용하는 경우에는 기체확산층의 표면에서 물방울 표면 접촉각이 117.2° 인 것을 확인할 수 있었다.
- [0073] 따라서, 기체확산층의 전기전도도 측면만 고려한다면 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)를 단독으로 사용하는 것이 바람직하고, 기체확산층의 전기전도도와 표면의 소수성을 고려한다면, 탄소물질(230)로 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)를 함께 사용하는 것이 바람직하다.
- [0074] 이때 탄소물질(230)로 탄소물질(230)로 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)를 함께 사용하는 경우

에는 전기전도도와 표면의 소수성을 고려하여 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합비율을 설정하는 것이 바람직하다.

[0075] 이때 상대적으로 탄소나노튜브(CNT)의 혼합비율이 많아지면 전기전도도가 높아지지만 소수성이 낮아지고, 상대적으로 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합비율이 많아지면 전기전도도가 낮아지지만 소수성이 높아진다.

[0076] 따라서, 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합비율은 우수한 전기전도도와 우수한 소수성의 발현을 위하여 1:1 ~ 10:1의 중량비율을 유지하는 것이 바람직하다.

[0078] 한편, 전술된 실시예에서는 한지로 형성된 담지체의 내부에 탄소물질(230)을 담지하는 것을 예로 하여 설명하였지만, 탄소물질(230)은 담지체의 내부에만 담지되는 것에 한정되지 않고, 담지체의 표면에 탄소물질(230)이 코팅되는 것과 같이 고정될 수 있다.

[0079] 도 2b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층을 보여주는 도면이다.

[0080] 도 2b에 도시된 바와 같이 본 발명의 다른 실시예에 따른 연료전지용 기체확산층은 한지로 형성되는 담지체의 내부에 탄소물질(230)이 담지되어 고정된 기재층(210)과, 기재층(210)의 표면에 탄소물질(230)이 고정되어 형성되는 탄소물질층(220)을 포함한다.

[0081] 이때 탄소물질층(220)은 탄소물질(230)이 기재층(210)의 표면에 고정되어 형성되는 것으로서, 본 실시예에서는 별도의 바인더를 사용하지 않기 때문에 탄소물질층(220)이 기재층(210)에 견고하게 고정된 상태를 유지하기 위하여 탄소물질층(220)의 두께는 50 μ m 이하인 것이 바람직하다.

[0082] 만약 탄소물질층(220)의 두께가 50 μ m를 초과하게 되면, 탄소물질(230)이 기재층(210)의 표면으로 고정되지 않고 박리되는 현상이 발생할 수 있다.

[0084] 다음으로, 상기와 같이 구성되는 기체확산층을 제조하는 방법에 대하여 설명한다.

[0085] 본 발명의 일 실시예에 따른 기체확산층의 제조방법은 연료전지의 단위 셀을 구성하는 기체확산층을 제조하는 방법으로서, 한지를 이용하여 담지체를 준비하는 담지체 준비단계와; 탄소물질을 용매에 분산시킨 분산액을 준비하는 분산액 준비단계와; 상기 담지체에 상기 분산액을 도포하는 도포단계와; 분산액이 도포된 담지체를 열처리하여 담지체에 탄소물질을 고정시키는 열처리단계를 포함한다.

[0086] 그리고, 열처리단계 이전에는 분산액이 도포된 담지체를 건조시키는 건조단계를 더 포함할 수 있다.

[0087] 담지체 준비단계는 한지를 이용하여 담지체를 준비하는 단계이다.

[0088] 이때 사용되는 한지는 기공도를 50 ~ 90%로 유지하기 위하여 평량이 10 ~ 200 g/m²이고, 두께가 10 ~ 200 μ m인 것을 사용한다.

[0089] 분산액 준비단계는 탄소물질을 용매에 분산시킨 분산액을 준비하는 단계로서, 탄소물질로는 탄소나노튜브(CNT)를 단독으로 사용하거나 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)의 혼합물질을 사용한다.

[0090] 그래서 용매인 증류수에 탄소나노튜브(CNT)를 단독으로 분산시키거나 탄소나노튜브(CNT)와 환원된 그래핀 산화물(rGO)을 소정의 비율로 함께 분산시킨다. 이때 용매에는 탄소물질의 균일한 분산을 위하여 계면활성제, 예를 들어 SDBS를 함께 혼합시킬 수 있다.

[0091] 그리고, 도포단계는 담지체에 분산액을 도포하는 단계로서, 분산액이 담지체에 충분히 도포되어 분산액이 담지체의 내부로 충분히 담지되도록 한다.

[0092] 그리고, 건조단계는 분산액이 도포된 담지체를 건조시키는 단계로서, 건조단계에서 분산액에서 용매를 증발시켜서 탄소물질만 담지체에 담지되도록 한다.

[0093] 이를 위하여 건조단계는 별도의 조건없이 자연상태에서 용매가 충분히 증발되도록 한다. 예를 들어 건조단계는 자연상태에서 분산액이 담지된 담지체를 7 ~ 9시간 정도 유지시켜 용매가 증발되도록 한다.

[0094] 열처리단계는 분산액이 도포된 담지체를 열처리하여 담지체에 탄소물질을 고정시키는 단계로서, 탄소물질이 담지체에 고정될 수 있도록 적절한 온도를 유지시킨다.

- [0095] 예를 들어 열처리단계에서 열처리 온도는 800 ~ 900℃를 유지하면서 1 ~ 2 시간 정도 열처리한다.
- [0096] 그래서, 담지체인 한지의 손상을 방지하면서 담지체에 탄소물질이 견고하게 고정될 수 있도록 한다.
- [0097] 만약, 열처리 온도가 800℃보다 낮은 경우에는 탄소물질이 담지체에 견고하게 고정되지 않아 전기전도도를 원하는 수준으로 얻을 수 없는 문제가 발생된다.
- [0098] 그리고, 열처리 온도가 900℃보다 높은 경우에는 담지체가 손상되거나 변경되는 문제가 발생할 수 있다.
- [0100] 다음으로 비교예와 실시예를 통하여 본 발명을 설명한다
- [0101] 먼저, 열처리 단계에서 열처리 온도에 따라 전기적특성을 알아보는 실험을 하였다.
- [0102] 실험을 위하여 담지체로 평량 17g/m² 한지를 준비하였다.
- [0103] 그리고, 탄소물질로 탄소나노튜브(CNT) 1mg 및 계면활성제로써 SDBS 1mg을 증류수 1ml에 넣고 교반기를 이용하여 교반속도는 50 내지 1000rpm 교반시간은 30분 내지 180분간 교반한뒤 30분간 초음파분산기로 분산하여 분산액을 준비하였다.
- [0104] 이후 준비된 분산액을 준비된 담지체에 닥터블레이드를 사용하여 10mm/s 속도로 1회당 2ml 용량으로 15회 도포하고, 세척한 뒤 건조하였다.
- [0105] 이후 열처리를 위해 퍼니스를 통해 수소 및 아르곤을 포함한 혼합 환원기체 분위기에서 열처리하였다.
- [0106] 이때 각각 실시예 및 비교예는 하기의 표 1와 같이 열처리 조건을 조정하면서 열처리 단계를 실시하였고, 이렇게 획득한 기체확산층에 대하여 저항, 면저항, 비저항 및 전기전도도를 측정하여 표 2에 나타내었다.

표 1

[0107]

샘플명	한지 평량 (g/m ²)	분산액 농도 (mg/ml)	코팅속도 (mm/s)	건조시간 (시간)	열처리온도 (℃)	열처리시간 (시간)
비교예 1	17	1	10	8	300	2
비교예 2	17	1	10	8	400	2
비교예 3	17	1	10	8	500	2
비교예 4	17	1	10	8	600	2
비교예 5	17	1	10	8	700	2
실시예 1	17	1	10	8	800	2
실시예 2	17	1	10	8	900	2
비교예 6	17	1	10	8	0	2

표 2

[0109]

샘플명	저항 (Ω)	면저항 (Ω/□)	비저항 (Ω · cm)	전기전도도 S/cm
비교예 1	0.83*10 ⁰	3.80*10 ⁰	3.29*10 ⁻²	3.31*10 ¹
비교예 2	0.91*10 ⁰	4.09*10 ⁰	3.02*10 ⁻²	3.72*10 ¹
비교예 3	0.84*10 ⁰	3.94*10 ⁰	2.73*10 ⁻²	3.94*10 ¹
비교예 4	6.15*10 ⁻¹	2.94*10 ⁰	2.25*10 ⁻²	4.45*10 ¹
비교예 5	6.03*10 ⁻¹	2.79*10 ⁰	2.32*10 ⁻²	4.58*10 ¹
실시예 1	1.97*10 ⁻¹	7.88*10 ⁻¹	1.03*10 ⁻²	9.25*10 ¹
실시예 2	2.02*10 ⁻¹	7.65*10 ⁻¹	1.0*10 ⁻²	9.96*10 ¹
비교예 6	2.94*10 ⁻¹	1.32*10 ⁰	2.21*10 ⁻²	5.03*10 ¹

[0110] 상기 표 1 및 표 2에서 알 수 있듯이, 열처리를 실시하지 않은 비교예 6의 경우 면저항이 상대적으로 너무 낮은 것을 확인할 수 있었고, 열처리 온도가 본 실시예에서 제시한 범위보다 낮은 비교예 1 내지 비교예 5의 경우에는 실시예 1 및 실시예 2에 비하여 비저항은 높으면서 전기전도도가 낮은 것을 확인할 수 있었다.

[0111] 특히, 비교예 1 내지 비교예 3은 저항이 실시예 1 및 실시예 2에 비하여 상당히 낮은 것을 확인할 수 있었다.

[0113] 한편, 종래의 일반적인 기체확산층과 상기의 실시예 1 및 실시예 2를 비교하기 위하여 기재층으로 카본페이퍼를 사용하고, 탄소물질로 카본블랙을 사용하면서 바인더로 사용하여 제조된 기체확산층에 대하여 저항, 면저항, 비저항 및 전기전도도를 측정하였고 그 결과를 하기의 표 3에 나타내었다.

표 3

샘플명	저항 (Ω)	면저항 ($\Omega/\square$)	비저항 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	전기전도도 S/cm
종래예	2.93×10^0	1.27×10^0	2.01×10^{-2}	5.05×10^1
실시예 1	1.97×10^{-1}	7.88×10^{-1}	1.03×10^{-2}	9.25×10^1
실시예 2	2.02×10^{-1}	7.65×10^{-1}	1.0×10^{-2}	9.96×10^1

[0115] 표 3에서 알 수 있듯이, 실시예 1 및 실시예 2는 종래예에 비하여 저항과 비저항은 낮아지고, 면저항과 전기전도도는 높아진 것을 확인할 수 있었다.

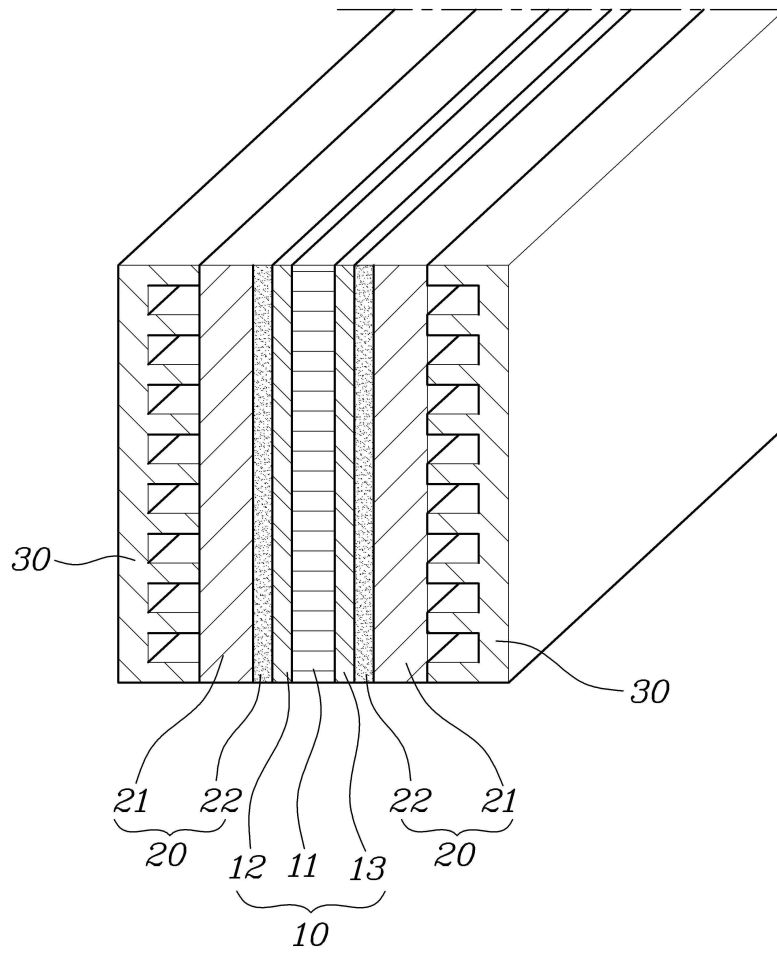
[0117] 본 발명을 첨부 도면과 전술된 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 그에 한정되지 않으며, 후술되는 특허청구범위에 의해 한정된다. 따라서, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 후술되는 특허청구범위의 기술적 사상에서 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 변형 및 수정할 수 있다.

부호의 설명

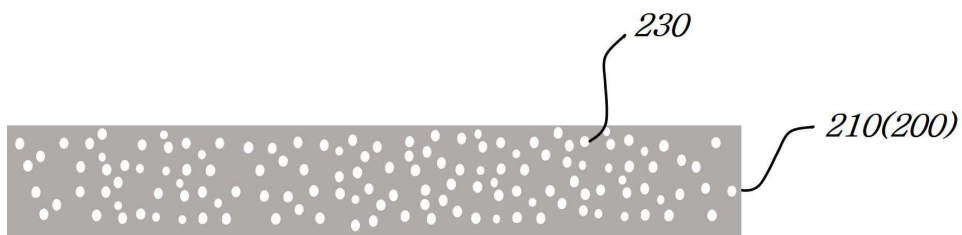
[0119] 10: 전극막 집합체(MEA) 11: 고분자 전해질막
12: 애노드 전극층 13: 캐소드 전극층
20: 기체확산층(GDL) 21: 기재
22: 미세기공층 30: 분리판
200: 기체확산층 210: 기재층
220: 탄소물질층 230: 탄소물질

도면

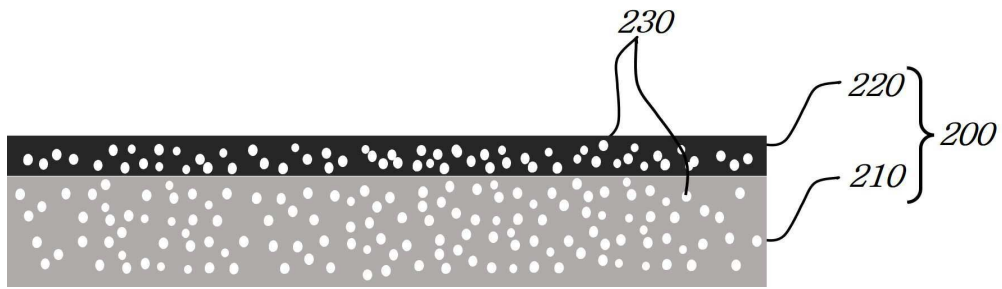
도면1



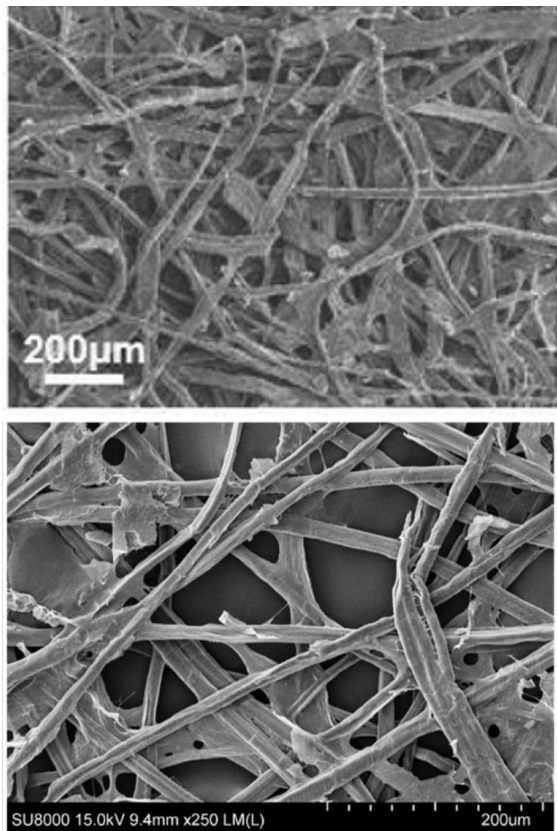
도면2a



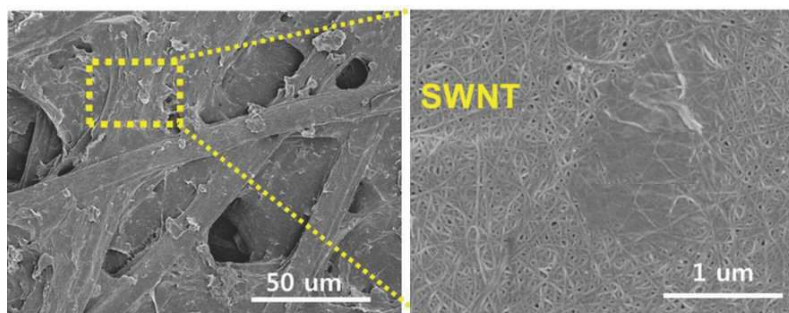
도면2b



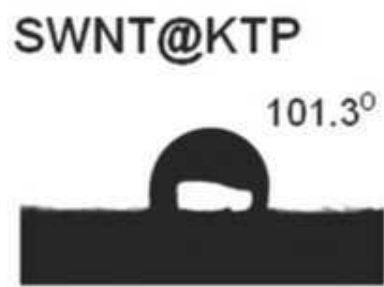
도면3



도면4



도면5a



도면5b

