



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0062789
(43) 공개일자 2024년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 69/12 (2006.01) B01D 67/00 (2006.01)
B01D 71/02 (2006.01) C02F 1/44 (2006.01)
C02F 103/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 69/12 (2022.08)
B01D 67/0093 (2022.08)
(21) 출원번호 10-2022-0144697
(22) 출원일자 2022년11월02일
심사청구일자 2022년11월02일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
박찬혁
서울특별시 은평구 진관4로 100 (진관동, 은평뉴타운상립마을) 613동 402호
김소연
경기도 고양시 일산동구 강송로 33, 105동 1106호 (백석동, 일산 요진 와이시티)
이유진
서울특별시 서대문구 수색로2길 39(남가좌동, DM C금호리첸시아)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

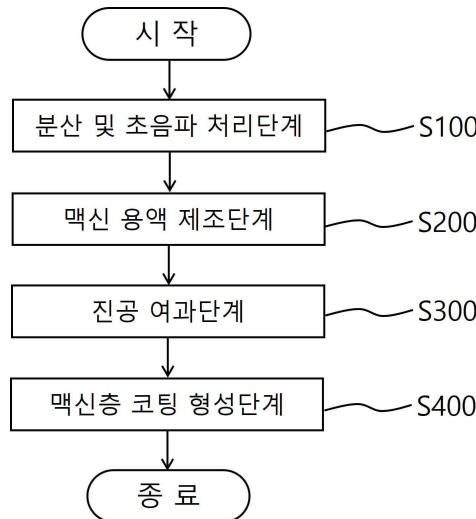
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은, 하이드록실기(Hydroxy group)를 가지는 세라믹 멤브레인(Ceramic Membrane); 및 상기 세라믹 멤브레인의 표면에 나노시트 형태로 코팅되는 맥신층(MXene layer);을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 67/0095 (2013.01)
B01D 71/02 (2022.08)
C02F 1/44 (2013.01)
B01D 2325/0283 (2022.08)
B01D 2325/22 (2013.01)
B01D 2325/30 (2013.01)
C02F 2103/346 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711159635
과제번호	2020M3H4A3106359
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원천기술개발사업(통합)-나노·미래소재원천기술개발사업-소재혁신선도 프로젝트(위 탁)
연구과제명	고위험 폐수처리 성능 최적화를 위한 나노여과급 세라믹 필터 및 공정 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국재료연구원
연구기간	2020.08.24 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

하이드록실기(Hydroxy group)를 가지는 세라믹 멤브레인(Ceramic Membrane); 및
상기 세라믹 멤브레인의 표면에 나노시트 형태로 코팅되는 맥신층(MXene layer);을 포함하는 것을 특징으로 하는
고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 0.1mg 내지 1.0mg의 맥신층이 코팅 형성되는 것을 특징으로 하는
고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 기공 크기는 850 내지 2300Da인 것을 특징으로 하는
고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인.

청구항 4

맥신(MXene) 파우더를 증류수에 분산시켜 초음파 처리하는 제1단계;
상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 원심분리를 진행시켜 상등액을 획득한 후, 맥신 용액을 제조하는 제2단계;
상기 제2단계를 통해 제조된 맥신 용액을 세라믹 멤브레인에 진공 여과 장치를 이용하여 진공 여과를 진행하는 제3단계; 및
상기 제3단계를 통해 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 건조시켜 축합반응에 의해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성되는 제4단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는
고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
상기 제1단계에서는 맥신 파우더를 증류수에 분산시켜 1 내지 2시간 동안에 초음파 처리를 진행하는 것을 특징으로 하는
고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

제2단계에서는 상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 약 3200 내지 3800rpm의 속도로 50분 내지 70분 동안 원심분리를 진행하는 것을 특징으로 하는

고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 제2단계에서는 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 0.1 내지 1.0mg의 맥신이 코팅 형성되도록 상등액의 획득량을 조절하는 것을 특징으로 하는

고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 제4단계에서는 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 95 내지 105°C 의 온도에서 1시간 30분 내지 2시간 30분 동안 건조시키는 것을 특징으로 하는

고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로, 현대 산업이 점차 고도화되면서 난분해성 및 독성을 띠는 오염물질을 포함하는 산업 폐수의 처리가 중요한 문제로 대두되고 있으며, 일례로 반도체 폐수 처리에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 이러한 반도체 폐수의 난분해성 및 독성 등과 같은 특성을 고려하였을 때, 기존에 널리 적용되었던 화학적 및 생물학적 공정에 비해 멤브레인(membrane)에 의한 물리학적 처리가 더 바람직하다.

[0005] 또한, 반도체 폐수와 같은 극한환경에 멤브레인을 적용하기 위해서는, 멤브레인의 안정성을 높여 수명을 연장시킬 필요로써 장기적 관점에서 경제성을 확보하는 것이 필수적이다.

[0006] 이와 관련하여, 종래에는 공개특허공보 10-2022-0083902호(공고일자 2022.06.21.) “중간층 구조를 포함하는 박막 복합 분리막의 제조방법 및 이의 응용” (이하에서는, 종래기술 1이라 함.)이 개시된 바 있다.

[0007] 종래기술 1은 중간층 구조를 포함하는 고성능의 박막 복합 분리막의 제조방법에 관한 것으로, 자세하게는 1차원 나노 물질인 탄소 나노튜브(carbon nanotube, CNT) 및 2차원 나노 물질인 맥신(MXene)을 혼합하여 다공성 지지체 표면에 코팅한 뒤, 계면증합을 이용하여 활성층을 형성하는 단계를 포함하고, 수투과성 및 염선택성을 향상시킬 수 있는 역삼투, 정삼투, 나노여과용 박막 복합 분리막의 제조방법 및 이의 응용에 관한 것이었다.

[0008] 또한, 종래에는 공개특허공보 10-2021-0135158호(공고일자 2021.11.12.) “맥신이 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 복합 발전기” (이하에서는, 종래기술 2라 함.)가 개시된 바 있다.

[0009] 종래기술 2는 MXene층이 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 전기 에너지 생성 장치는 단순히 적은 양의 극성 용액을 에너지 생성 장치에 적용해주면 전기 이중층 원리에 의해 전기에너지를 생성할 수 있기 때문에, 에너지 발

생 장치의 손상없이 지속적으로 전압차를 만들 수 있다. 또한 발생하는 전기 에너지가 직류의 형태로 발생하기 때문에 추가적인 정류회로 없이 전자기기에 직접 전력을 공급할 수 있는 기술이었다.

[0010] 또한, 종개기술 2는 MXene층 표면에 극성 용액이 흡착될 때 형성되는 전기 이중층에서 생성되는 전압 차를 활용하여, 직류(DC) 형태의 전기 에너지를 발생시키는 복합 발전기 및 그 제조방법을 제공하는 것이다. 이렇게 만들어진 복합 발전기는 고효율의 높은 전력이 직접적으로 공급이 가능하며, 전자기기에 전력을 공급하거나 이차전지 및 슈퍼캐패시터에 생성된 에너지를 저장하여 그 활용 범위를 넓힐 수 있고, 고효율의 발전이 가능한 MXene층이 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 복합 발전기의 제조방법을 제공하는 기술이었다.

[0011] 하지만, 최근에는 고분자 멤브레인을 세라믹 멤브레인으로 대체하고 있는 추세이며, 이러한 세라믹 멤브레인은 높은 화학적/열적/기계적 안정성과 낮은 운전 압력, 긴 수명, 세균 저항성 및 세정의 간편함 등의 특징이 있으며, 더 나아가 2차원의 나노물질을 세라믹 멤브레인 표면에 도입함으로써 제거 성능을 향상시킬 수 있게 되었다.

[0012] 이러한 2차원의 나노물질로는 최근 들어 그래핀으로부터 유도된 나노물질이 각광받고 있으나, 이들은 고분자 물질로서 수중 및 극한환경에서 불안정성을 보이는 것이 보고된 바 있다.

[0013] 반면, 맥신(MXene, Ti_2C_3)은 높은 화학적 및 열적 안정성을 보이므로 (Kanit Hantanasirisakul et al. 2016) 이를 이용하여 세라믹 멤브레인의 표면을 개질하면 극한환경에서의 안정성을 유지하면서 멤브레인의 여과 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0014] 따라서, 맥신을 이용하여 세라믹 멤브레인의 표면을 개질하여 제조되는 맥신(MXene) 세라믹 멤브레인의 연구 개발의 필요성이 높아지고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 공개특허공보 10-2022-0083902호(공고일자 2022.06.21.)
(특허문헌 0002) 공개특허공보 10-2021-0135158호(공고일자 2021.11.12.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해 창작된 것으로서, 본 발명의 목적은 높은 화학적 및 열적 안정성이 우수하며, 세라믹 멤브레인의 표면을 개질함으로써 극한환경에서의 안정성을 유지하면서 멤브레인의 여과 성능을 더욱 향상시킬 수 있는 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인 및 이의 제조방법을 제공하는데 있다.

[0018] 다만, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은, 하이드록실기(Hydroxy group)를 가지는 세라믹 멤브레인(Ceramic Membrane); 및 상기 세라믹 멤브레인의 표면에 나노시트 형태로 코팅되는 맥신층(MXene layer);을 포함한다.

[0021] 상기 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은 세라믹 멤브레인의 표면 $1cm^2$ 당 0.1mg 내지 1.0mg의 맥신층이 코팅 형성될 수 있다.

[0022] 상기 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 기공 크기는 850 내지 2300Da일 수 있다.

- [0023] 본 발명의 다른 태양의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법은, 맥신(Mxene) 파우더를 증류수에 분산시켜 초음파 처리하는 제1단계; 상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 원심분리를 진행시켜 상등액을 획득한 후, 맥신 용액을 제조하는 제2단계; 상기 제2단계를 통해 제조된 맥신 용액을 세라믹 멤브레인에 진공 여과 장치를 이용하여 진공 여과를 진행하는 제3단계; 및 상기 제3단계를 통해 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 건조시켜 축합반응에 의해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성되는 제4단계;를 포함한다.
- [0024] 본 발명의 다른 태양의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법에 있어서, 상기 제1단계에서는 맥신 파우더를 증류수에 분산시켜 1 내지 2시간 동안에 초음파 처리를 진행할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 태양의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법에 있어서, 제2단계에서는 상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 약 3200 내지 3800rpm의 속도로 50분 내지 70분 동안 원심분리를 진행할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 태양의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법에 있어서, 상기 제2단계에서는 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 0.1 내지 1.0mg의 맥신이 코팅 형성되도록 상등액의 획득량을 조절할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 태양의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법에 있어서, 상기 제4단계에서는 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 95 내지 105°C 의 온도에서 1시간 30분 내지 2시간 30분 동안 건조시킬 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명은 높은 화학적 및 열적 안정성이 우수하며, 세라믹 멤브레인의 표면을 개질함으로써 극한환경에서의 안정성을 유지하면서 멤브레인의 여과 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0030] 본 발명은 반도체 폐수와 같은 극한환경에서 안정성을 유지하는 동시에 일정 수준 이상의 투수성과 오염물질 제거 성능이 매우 뛰어나다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도1은 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법을 도시한 흐름도이다.
- 도2는 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법의 축합반응을 통해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성되는 작용을 나타낸 것이다.
- 도3은 맥신과 세라믹 멤브레인의 표면 전하 분석 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도4는 분획분자량(Molecular Weight Cut-off, MWCO) 분석 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도5는 본 발명의 초음파 처리 시간에 따른 맥신 시트의 크기 분석 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도6은 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 맥신층 양에 따른 기공 크기 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명에 관한 설명은 구조적 내지 기능적 설명을 위한 실시예에 불과하므로, 본 발명의 권리범위는 본문에 설명된 실시예에 의하여 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 된다. 즉, 실시예는 다양한 변경이 가능하고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 본 발명의 권리범위는 기술적 사상을 실현할 수 있는 균등물들을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 발명에서 제시된 목적 또는 효과는 특정 실시예가 이를 전부 포함하여야 한다거나 그러한 효과만을 포함하여야 한다는 의미는 아니므로, 본 발명의 권리범위는 이에 의하여 제한되는 것으로 이해되어서는 아니 될 것이다.

- [0034] 본 발명에서 서술되는 용어의 의미는 다음과 같이 이해되어야 할 것이다.
- [0035] "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결될 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 한편, 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0036] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설치된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0037] 여기서 사용되는 모든 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명에서 명백하게 정의하지 않는 한 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미를 지니는 것으로 해석될 수 없다.
- [0039] 도1은 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법을 도시한 흐름도이다.
- [0040] 도2는 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법의 축합반응을 통해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성되는 작용을 나타낸 것이다.
- [0041] 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법은, 맥신(Mxene) 파우더를 증류수에 분산시켜 초음파 처리하는 제1단계; 상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 원심분리를 진행시켜 상등액을 획득한 후, 맥신 용액을 제조하는 제2단계; 상기 제2단계를 통해 제조된 맥신 용액을 세라믹 멤브레인에 진공 여과 장치를 이용하여 진공 여과를 진행하는 제3단계; 및 상기 제3단계를 통해 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 건조시켜 축합반응에 의해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성되는 제4단계;를 포함한다.
- [0043] 이하에서는 도1을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 제조방법에 대해 상세하게 설명하도록 한다.
- [0044] 제1단계(S100)에서는 맥신(Mxene) 파우더를 증류수에 분산시켜 초음파 처리하는 과정이 이루어진다.
- [0045] 구체적으로, 제1단계(S100)에서는 맥신 파우더를 증류수에 분산시켜 1 내지 2시간 동안에 초음파 처리를 수행하는 과정이 이루어질 수 있다. 여기서, 맥신이 분산된 증류수를 초음파분산기를 이용하여 초음파 처리를 진행할 수 있다. 또한, 맥신 파우더를 증류수에 분산시켜 초음파분산기를 통해 1시간 30분 동안 초음파 처리를 진행하는 것이 바람직하다.
- [0046] 제2단계(S200)는 상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 원심분리를 진행시켜 상등액을 획득한 후, 맥신 용액을 제조하는 과정이 이루어진다.
- [0047] 구체적으로, 제2단계(S200)에서는 상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 약 3200 내지 3800rpm의 속도로 50분 내지 70분 동안 원심분리를 진행할 수 있다. 바람직하게는 상기 제1단계를 통해 초음파 처리된 맥신 증류수를 원심분리기를 이용하여 약 3500rpm의 속도로 60분 동안 원심분리를 진행할 수 있다. 이러한 원심분리 과정에서 상등액을 획득할 수 있게 된다.
- [0048] 여기서, 제2단계(S200)에서는 상등액 내 고형물(TS)이 상등액 15ml당 약 1.3mg의 맥신이 포함되도록 상기 제1단계에서 맥신 파우더의 양을 조절하는 것이 바람직하다. 즉, 상등액의 회득량을 조절하여 세라믹 멤브레인의 표면 개질에 사용되는 맥신의 양을 조절할 수 있다.
- [0049] 그리고, 제2단계(S200)에서는 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 0.1 내지 1.0mg의 맥신이 코팅 형성되도록 상등액

의 획득량을 조절하여 표면개질을 진행하는 것이 바람직하다.

- [0050] 제3단계(S300)는 상기 제2단계(S200)를 통해 제조된 맥신 용액을 세라믹 멤브레인에 진공 여과 장치를 이용하여 진공 여과를 진행하는 과정이 이루어진다.
- [0051] 마지막으로, 제4단계(S400)에서는 상기 제3단계를 통해 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 건조시켜 축합반응에 의해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성되는 과정이 이루어진다.
- [0052] 구체적으로, 제4단계(S400)에서는 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 95 내지 105℃의 온도에서 1시간 30분 내지 2시간 30분 동안 건조 공정을 진행하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0053] 또한, 제4단계(S400)에서는 세라믹 멤브레인에 진공 여과된 맥신 용액을 100℃의 온도에서 2시간 동안 건조 공정을 진행하는 것이 바람직하다.
- [0054] 한편, 제4단계(S400)에서는 도2를 참조하면, 건조 공정이 진행되면서 맥신의 축합반응이 일어나기 때문에 세라믹 멤브레인의 표면에 약 2nm 두께의 맥신층이 코팅 형성되는 과정이 이루어지는 것이다.
- [0056] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은, 하이드록실기(Hydroxy group)를 가지는 세라믹 멤브레인(Ceramic Membrane); 및 상기 세라믹 멤브레인의 표면에 나노시트 형태로 코팅되는 맥신층(Mxene layer);을 포함한다.
- [0057] 또한, 상기 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 0.1mg 내지 1.0mg의 맥신층이 코팅 형성될 수 있다.
- [0058] 그리고, 상기 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 기공 크기는 850 내지 2300Da일 수 있다.

[0060] <실시예 1>

- [0061] 맥신(MXene, Ti_2C_3) 시트 파우더 60mg을 증류수에 분산시켜 1시간 30분 동안 초음파 처리 후, 원심분리기를 이용하여 3500rpm의 속도에서 1시간 동안 원심분리를 진행한 후의 상등액을 얻어 맥신 용액 제조하였다.
- [0062] 여기서, 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 0.1mg의 맥신층이 코팅 형성되도록 상등액의 획득량을 조절하여 표면개질을 진행하였다.
- [0063] 이와 같이 제조된 맥신 용액을 세라믹 멤브레인에 진공 여과 장치를 이용하여 진공 여과를 진행한 후, 100℃의 온도에서 2시간 동안 건조시켜 축합반응에 의해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성됨으로써 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인을 제조하였다.

[0065] <실시예 2>

- [0066] 맥신(MXene, Ti_2C_3) 시트 파우더 60mg을 증류수에 분산시켜 1시간 30분 동안 초음파 처리 후, 원심분리기를 이용하여 3500rpm의 속도에서 1시간 동안 원심분리를 진행한 후의 상등액을 얻어 맥신 용액 제조하였다.
- [0067] 여기서, 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 0.5mg의 맥신층이 코팅 형성되도록 상등액의 획득량을 조절하여 표면개질을 진행하였다.
- [0068] 이와 같이 제조된 맥신 용액을 세라믹 멤브레인에 진공 여과 장치를 이용하여 진공 여과를 진행한 후, 100℃의 온도에서 2시간 동안 건조시켜 축합반응에 의해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성됨으로써 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인을 제조하였다.

[0070] <실시예 3>

- [0071] 맥신(MXene, Ti_2C_3) 시트 파우더 60mg을 증류수에 분산시켜 1시간 30분 동안 초음파 처리 후, 원심분리기를 이용

하여 3500rpm의 속도에서 1시간 동안 원심분리를 진행한 후의 상등액을 얻어 맥신 용액 제조하였다.

[0072] 여기서, 세라믹 멤브레인의 표면 1cm^2 당 1mg의 맥신층이 코팅 형성되도록 상등액의 획득량을 조절하여 표면개질을 진행하였다.

[0073] 이와 같이 제조된 맥신 용액을 세라믹 멤브레인에 진공 여과 장치를 이용하여 진공 여과를 진행한 후, 100°C 의 온도에서 2시간 동안 건조시켜 축합반응에 의해 세라믹 멤브레인의 표면에 맥신층이 코팅 형성됨으로써 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인을 제조하였다.

[0075] **<실험예 1> 맥신과 세라믹 멤브레인의 표면 전하 분석**

[0076] 도3은 맥신과 세라믹 멤브레인의 표면 전하 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

[0077] 본 실험예 1에서는 맥신과 세라믹 멤브레인의 표면 전하를 분석하였고, 그 결과를 도3의 그래프를 통해 나타내었다.

[0078] 도3을 참조하면, 나노물질인 맥신은 기존의 세라믹 멤브레인의 표면 전하에 비해 더 강한 음전하를 띠는 것을 알 수 있었다. 따라서, 세라믹 멤브레인 표면에 맥신을 코팅함으로써 세라믹 멤브레인의 표면 전하가 기존에 비해 더 강한 음전하를 갖도록 유도 가능한 것을 알 수 있었다. 이는 세라믹 멤브레인 표면과 같은 음의 전하를 가지는 음이온이 전하 반발력에 의해 더 쉽게 제거될 수 있음을 의미한다.

[0080] **<실험예 2> 분획분자량 분석**

[0081] 도4는 분획분자량(Molecular Weight Cut-off, MWCO) 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

[0082] 본 실험예 2에서는 분획분자량 분석을 통해 대상 멤브레인에 의하여 tracer 분자가 90%의 제거율로 제거되는 분자량 분석하였으며, 그 결과를 도4에 나타내었다.

[0083] 도4를 참조하면, 폴리에틸렌글리콜 (Polyethylene glycol, PEG) 또는 폴리에틸렌옥사이드 (Polyethylene oxide, PEO)를 tracer 물질로 사용하였음. PEG/PEO 분자는 전하를 띠지 않으므로 그 제거가 오직 크기 배제에 의해서만 일어나므로 MWCO 측정에 적합한 것을 알 수 있었다.

[0084] 또한, 표면 개질 전 약 6000Da으로 측정된 세라믹 멤브레인은 표면에 맥신층이 코팅 형성됨에 따라 표면개질 이후 약 850Da까지 감소하는 것을 알 수 있었다.

[0085] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은 세라믹 멤브레인은 표면에 맥신층이 코팅 형성됨에 따라 표면개질이 이루어져 MWCO 기준 850Da까지 감소함으로써 나노여과급의 기공크기를 달성한 것을 확인할 수 있었다.

[0087] **<실험예 3> 초음파 처리 시간에 따른 맥신 시트의 크기 분석**

[0088] 도5는 본 발명의 초음파 처리 시간에 따른 맥신 시트의 크기 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

[0089] 본 실험예 3에서는 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인 제조방법의 제1단계(S100)에서 초음파 처리 시간을 달리하여 맥신 시트의 크기를 분석하였고, 그 결과를 도5에 나타내었다.

[0090] 도5를 참조하면, 맥신 시트의 크기는 초음파 처리와 같은 물리적 방법에 의해 달라지는 것을 알 수 있었다.

[0091] 또한, 본 발명의 제1단계(S100)에서 초음파 시간 조절에 따라, 사용하는 세라믹 멤브레인의 기존 기공 크기를 고려하여 적절한 사이즈의 맥신 시트를 제조하여 표면 개질에 활용 가능하다는 것을 알 수 있었다.

[0092] 이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인은 제1단계(S100)에서 맥신 시트 파우더를 1시간 내지 2시간 동안 초음파 처리를 진행할 경우, 세라믹 멤브레인의 표면개질 물질로서 적합한 나노사이즈의 시트 크기를 가지는 것을 알 수 있었고, 1시간 30분 동안 초음파 처리를 진행하는 것이 가장 바람직한 것을 알 수 있었다.

[0094] <실험예 4> 세라믹 멤브레인의 표면 맥신층의 양에 따른 기공 크기 분석

[0095] 도6은 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 맥신층 양에 따른 기공 크기 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

[0096] 본 실험예 4에서는 본 발명의 실시예에 따른 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 맥신층 양에 따른 기공 크기 분석을 진행하였고, 그 결과를 도6에 나타내었다.

[0097] 실시예 1 내지 3에 따라 각각 세라믹 멤브레인 1cm²당 0.1mg, 0.5mg, 1.0mg의 맥신층이 코팅 형성되도록 상등액의 부피를 조절하여 표면개질을 진행하였다.

[0098] 도6을 참조하면, 본 발명의 고안정성 맥신 세라믹 멤브레인의 기공 크기는 0.1mg 맥신 코팅 시 2300Da(실시예 1), 0.5mg 맥신 코팅 시 1050Da(실시예2), 1.0mg 맥신 코팅 시 850Da(실시예3)인 것을 알 수 있었다. 즉, 본 발명의 고안정성의 맥신 세라믹 멤브레인의 기공 크기는 맥신층의 양에 따라 세라믹 멤브레인의 기공 크기를 다양하게 조절 가능하다는 것을 알 수 있었다.

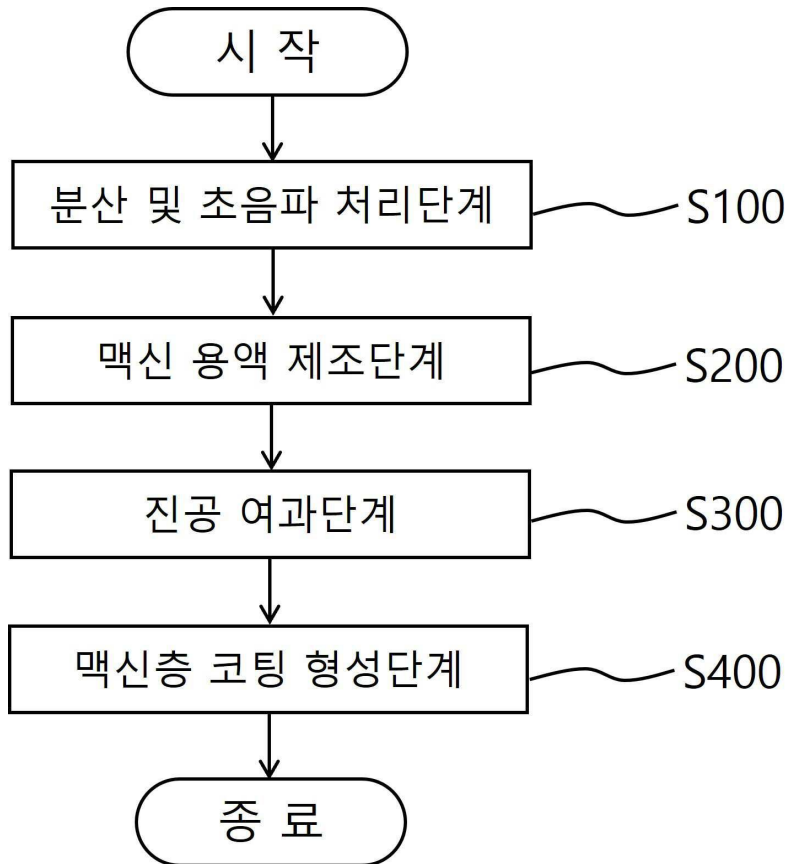
[0100] 상술한 바와 같이, 본 발명에 대한 구체적인 설명은 실시예에 의해서 이루어졌지만, 상술한 실시예는 본 발명의 바람직한 예를 들어 설명하였을 뿐이기 때문에, 본 발명이 상기의 실시예에만 국한되는 것으로 이해되어져서는 아니 되며, 본 발명의 권리범위는 후술하는 청구범위 및 그 등가개념으로 이해되어져야 할 것이다.

부호의 설명

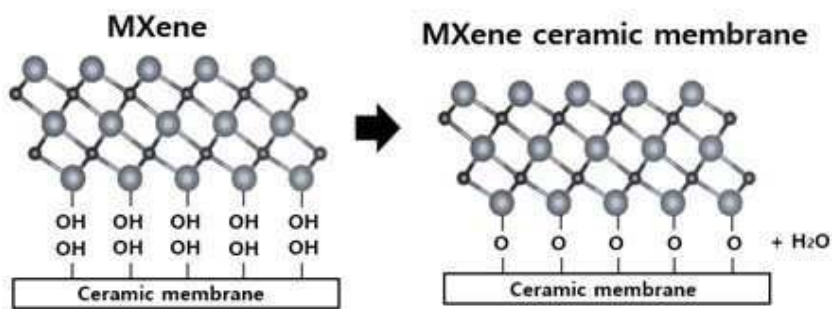
- [0102] S100 : 제1단계
S200 : 제2단계
S300 : 제3단계
S400 : 제4단계

도면

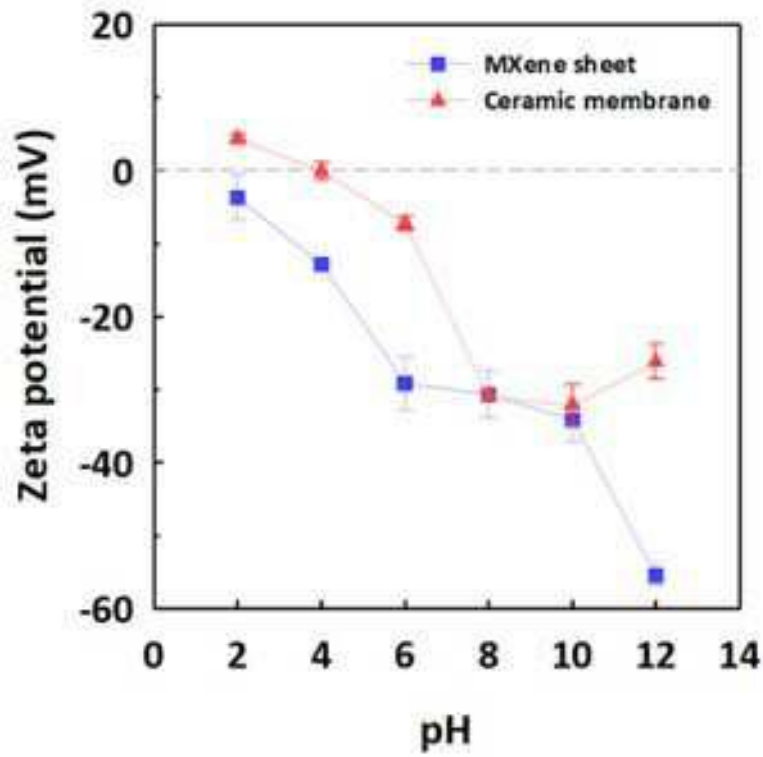
도면1



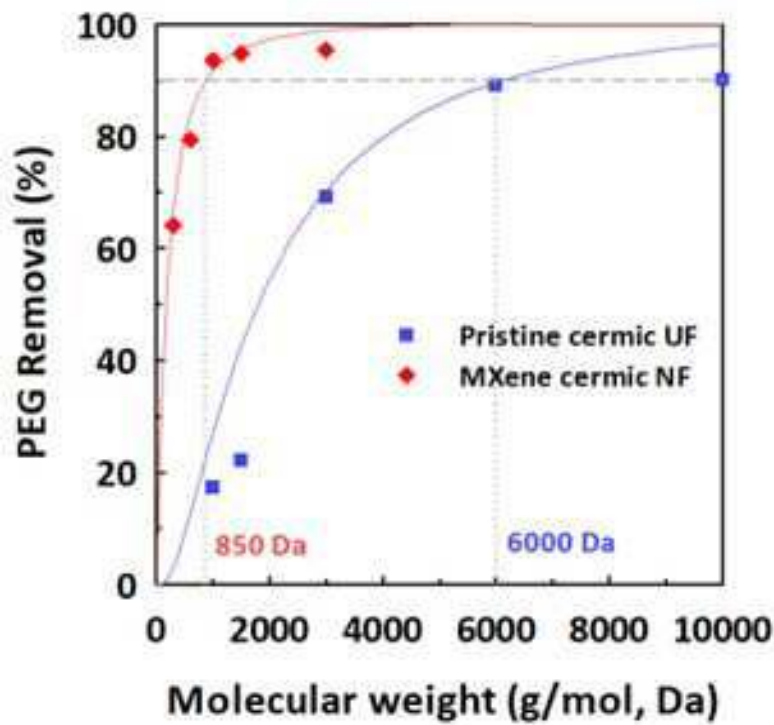
도면2



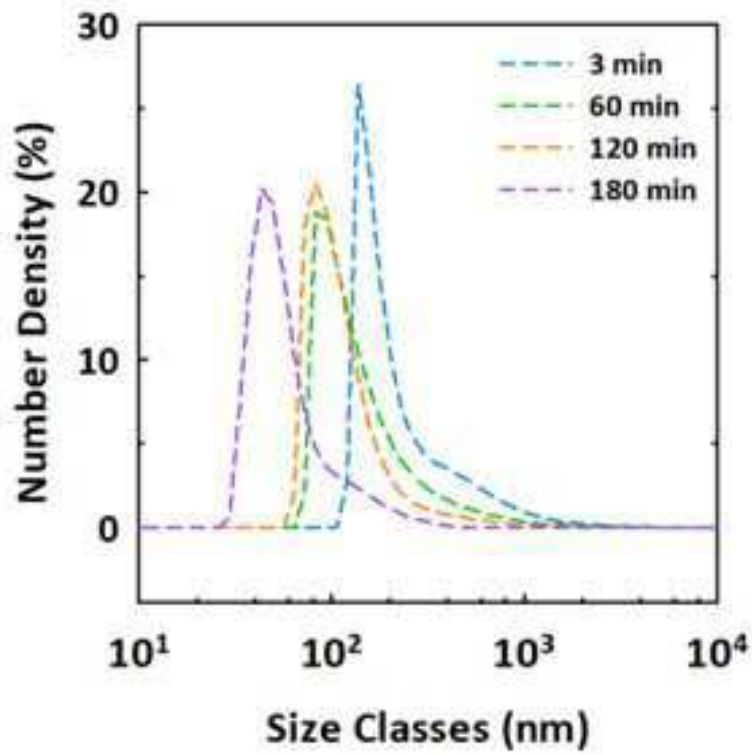
도면3



도면4



도면5



도면6

