

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 6월 9일 (09.06.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/089055 A1

- (51) 국제특허분류:
B01D 69/00 (2006.01) *B01D 71/02* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/012901
- (22) 국제출원일: 2015년 11월 30일 (30.11.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2014-0169586 2014년 12월 1일 (01.12.2014) KR
- (71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145 고려대학교 (안암동 5가), Seoul (KR).
- (72) 발명자: 한창수 (HAN, Chang Soo); 01721 서울시 노원구 중계로 184 중계라이프아파트 107동 1202호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 이동건 (LEE, Dong Gun); 06106 서울시 강남구 논현로 120길 7 (논현동, 원일빌딩 4층 402호), Seoul (KR).

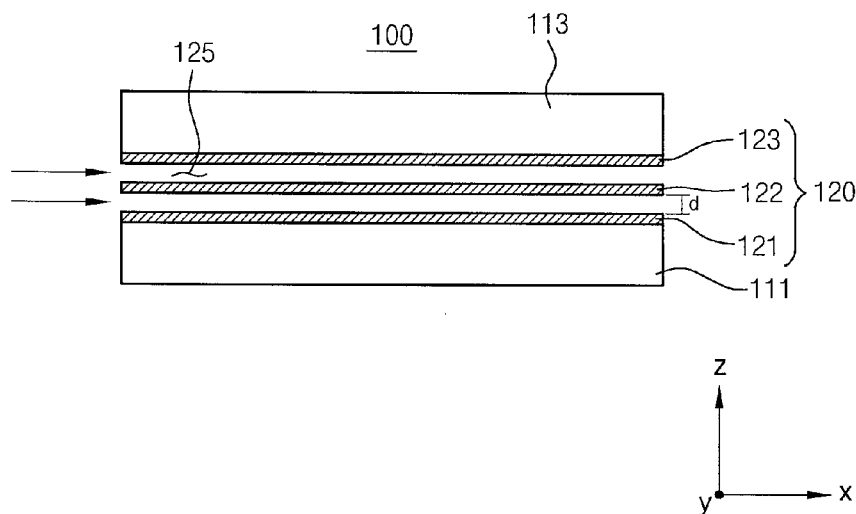
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: NANO SEPARATION MEMBRANE STRUCTURE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 발명의 명칭 : 나노 분리막 구조물 및 이의 제조 방법



(57) Abstract: A nano separation membrane structure comprises a layered structure, which has channels formed in a first direction between a plurality of laminated monolayers such that a part of a fluid can selectively flow in/out via the channels; and a support body that supports the other parts of the channels than inflow/outflow portions such that the flow can flow. Therefore, excellent permeability and selectivity, with regard to the fluid, can be secured.

(57) 요약서: 나노 분리막 구조물은 복수의 단일층들이 적층된 사이에 제 1 방향으로 채널이 형성되어 유체 중 일부가 상기 채널을 통하여 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된 층상 구조체 및 유체가 흐를 수 있도록 채널의 유출입부를 제외한 부분을 지지하는 지지체를 포함한다. 따라서, 유체에 대하여 우수한 투과도 및 선택도가 확보될 수 있다.



WO 2016/089055 A1

명세서

발명의 명칭: 나노 분리막 구조물 및 이의 제조 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 나노 분리막 구조물 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기체 또는 액체와 같은 유체 중의 일부를 필터링할 수 있는 나노 분리막 구조물 및 상기 나노 분리막 구조물의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 이산화탄소나 기타 유해한 가스를 분리하는 기체 분리막이나 특정한 이온 및 불순물을 분리하는 액체 분리막 등 다양한 크기가 형태의 분리막을 널리 사용하고 있다. 또한 바닷물을 정제하기 위해서 매우 작은 크기의 기공을 갖는 막을 이용하여 역삼투 방식으로 분리막이 사용하고 있다. 이러한 분리막에 있어서 우수한 염제거율, 높은 투수율 및 낮은 가동 에너지를 갖는 분리막이 요구되고 있다. 하지만, 투과도와 선택도는 서로 양립(trade off) 관계를 가지고 있으며, 기존의 폴리머 기반의 분리막은 기계적 강도가 약한 단점이 있다.
- [3] 최근 그래핀 또는 그래핀 옥사이드와 같은 새로운 나노 물질들을 이용하는 분리막에 대한 연구가 진행되고 있다. 그래핀의 경우에는 일종의 실링(sealing)막으로서 기체나 유체의 투과를 막는 투과 방지막으로서 기능한다. 상기 그래핀으로 이루어진 분리막의 경우 상기 그래핀이 이루는 2차원 평면에 대하여 수직인 수직 방향으로 들어오는 물질에 대해 높은 방어력을 가지고 있다. 한편, 그래핀 옥사이드의 경우에는 적층된 형태로 제조되어 특정한 크기의 기체나 물 분자에 대해 2차원 평면에 수직인 방향으로도 우수한 투과율을 보여주는 특성을 보여준다.
- [4] 또한 상기의 그래핀 또는 그래핀 옥사이드는 폴리머와 같은 매트릭스(Matrix)에 분산되어 분리효율을 향상시키는 분리막으로 제조되어 활용되기도 한다. 예를 들면, 그래핀 옥사이드와 한쪽 성분의 이온을 가지는 물질들을 섞어서 복합체의 형태로 만드는 연구가 이루어지고 있으며, 이러한 것들을 이용하여 특정 이온을 선택적으로 투과시키는 결과를 제시하기도 하였다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명의 일 목적은 개선된 투과도 및 우수한 선택도를 갖는 나노 분리막 구조물을 제공하는 것이다.
- [6] 본 발명의 다른 목적은 개선된 투과도 및 우수한 선택도를 갖는 나노 분리막 구조물의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [7] 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물은 복수의 단일층들이 적층된

사이에 제1 방향으로 채널이 형성되어 유체 중 일부가 상기 채널을 통하여 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된 층상 구조체 및 상기 유체가 흐를 수 있도록 상기 채널의 유입부 및 유출부를 제외한 부분을 지지하는 지지체를 포함한다. 상기 층상 구조체는 그래핀, 그래핀 옥사이드, 환원된 그래핀 옥사이드 및 그라파이트를 포함하는 탄소층상구조물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 상기 층상 구조체는 MoS_2 , WS_2 , h-BN과 같은 탄소 이외의 원자로 이루어질 수 있으며, 상기의 이들의 혼합물로 사용될 수도 있다.

- [8] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체를 이루는 각 단일층들은 2차원 평면 구조를 가질 수 있다.
- [9] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체는 그 일부에 부착된 하이드록실기, 아민기 및 수산화기가 이루는 기능기 군에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 하지만, 용도에 따라 기능기의 종류에 제한되지 않고 다양한 종류의 기능기가 사용될 수 있다.
- [10] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 단일층들 사이에 형성된 채널은 0.1 nm 내지 2.0 nm 의 범위의 크기를 가질 수 있다.
- [11] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체의 양측 단부들은 상기 유체가 유출입할 수 있도록 상기 채널의 유입구 및 유출구에 해당할 수 있다.
- [12] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 나노 분리막 구조물은 상기 유체는 상기 제1방향에 대하여 45도 이하의 각도로 상기 채널로 유입될 수 있도록 위치할 수 있다.
- [13] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 분리막 구조물은 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 단일층들 사이에 형성된 스페이서를 더 포함할 수 있다. 상기 스페이서는 물리적으로 크기가 고정된 나노입자(C_{60} , 금속나노입자 등) 또는 화학적인 방법인 인터칼레이션(intercalation)을 이용한 화합물을 포함할 수 있다. 이때 단일층들의 사이에 부가적으로 스페이서가 화학적 또는 물리적 방법으로 부가됨으로써 상기 단일층들 사이의 간격을 1 nm 내지 10 nm 범위 내로 조절될 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 분리막 구조물은 상기 채널로 유체가 유출입할 때, 상기 유체가 상기 층상 구조물의 채널을 통해서 선택적으로 흐를 수 있다.
- [15] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체는 그래핀 옥사이드로 이루어지고, 상기 층상 구조체를 이루는 단일층들 사이의 층간 간격이 1.2 nm 이하일 수 있다.
- [16] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 지지체는 상부 및 하부에 각각 상기 유입부 및 유출부를 구비하고, 상기 유입부 및 상기 유출부는 상호 평면적으로 중첩되지 않도록 구비될 수 있다.
- [17] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체는 링 형상을 가지며, 상기 유입부 및 상기 유출부는 상기 층상 구조체의 내주연 및 외주연에 각각 구비될

수 있다.

- [18] 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법에 있어서, 제1 지지체를 준비한다. 상기 제1 지지체 상에, 복수의 단일층들 사이에 제1 방향으로 채널이 형성되어 유체 중 일부가 상기 채널을 통하여 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된 층상 구조체가 형성된다.
- [19] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 층상 구조체는 그래핀, 그래핀 옥사이드, 환원된 그래핀 옥사이드 및 그라파이트를 포함하는 탄소층상구조물 중에서 선택된 적어도 하나를 이용하여 형성될 수 있다.
- [20] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 층상 구조체에 하이드록실기, 아민기 및 수산화기가 이루는 기능기 군에서 선택된 적어도 하나가 부착할 수 있다.
- [21] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 단일층들 사이에 형성된 스페이서를 형성하는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다. 상기 스페이서를 형성하기 위하여, 스프레이 코팅 공정을 통하여 상기 단일층들 사이에 나노 크기의 입자가 추가적으로 형성될 수 있다.
- [22] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 층상 구조체에 대하여 열처리 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.
- [23] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 층상 구조체에 대하여 상기 제1방향에 대하여 수직한 제2 방향으로 압력을 가하는 가압 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.
- [24] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 층상 구조체를 형성하기 위하여, 상기 제1 지지체 상에 복수의 그래핀 단일층들 각각을 전사하고, 상기 단일층들을 전체적으로 덮도록 제2 지지체를 형성한다. 이후, 상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시키는 공정이 수행될 수 있다.
- [25] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 층상 구조체를 형성하기 위하여, 상기 제1 지지체 상에 그래핀 옥사이드 분말이 포함된 용액을 공급한 후, 상기 용액을 건조시켜, 상기 지지체 상에 그래핀 옥사이드 단일층들을 형성한다. 상기 단일층을 전체적으로 덮도록 제2 지지체를 형성하고, 상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시키는 공정이 수행될 수 있다.
- [26] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체를 형성하기 위하여, 상기 층상 구조체를 기판 상에 형성하고, 상기 층상 구조체 상부에 상기 제1 지지체를 형성한다. 상기 기판을 상기 층상 구조체로부터 분리시킨 후, 상기 층상 구조체 중 노출된 부분을 덮도록 제2 지지체를 형성한다. 이후, 상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시키는 공정이 수행될 수 있다.
- [27] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1 지지체 및 상기 층상 구조체에 대하여 롤링 공정을 수행함으로써 스피럴 구조를 형성할 수 있다.

발명의 효과

- [28] 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물은 층상 구조체에 포함된

단일층들 사이에 형성된 채널을 통하여 유체가 흐를 수 있도록 구비되고 상기 채널의 크기가 용이하게 조절됨에 따라 기체 또는 액체와 같은 유체에 대한 투과도를 향상시키면서 선택도가 조절될 수 있는 효과가 있다. 이로써 상기 나노 분리막 구조물은 기체 또는 액체 상태의 유체에 포함된 물질이 선택적으로 필터링되면서 우수한 투과도를 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [29] 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 단면도들이다.
- [30] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 단면도이다.
- [31] 도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 단면도이다.
- [32] 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 도면들이다.
- [33] 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 도면들이다.
- [34] 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [35] 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [36] 도 9는 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [37] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.
- [38] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [39] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게

다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[40] 여기서, 층간 거리는 채널에 해당하며 단일층의 두께를 포함하지 않은 그 사이의 간격으로 정의된다. 하지만, 정확한 측정이 어려운 원자 두께의 층상구조 소재의 경우에는 일부 단일층의 두께가 층간간격에 포함될 수도 있다.

[41] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[42] 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물은 복수의 단일층들이 적층된 사이에 제1 방향으로 채널이 형성되어 유체 중 일부가 상기 채널을 통하여 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된 층상 구조체 및 상기 유체가 흐를 수 있도록 상기 채널의 유출입부를 제외한 부분을 지지하는 지지체를 포함한다. 상기 층상 구조체는 그래핀, 그래핀 옥사이드, 환원된 그래핀 옥사이드 및 그라파이트를 포함하는 탄소층상구조물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 상기 층상 구조체는 MoS_2 , WS_2 , h-BN과 같은 탄소 이외의 원자로 이루어질 수 있으며, 상기의 이들의 혼합물로 사용될 수도 있다.

발명의 실시를 위한 형태

[43] 나노 분리막 구조물

[44] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 단면도이다. 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 측면도이다.

[45] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물(100)은 지지체(110) 및 상기 지지체(110) 상에 형성된 층상 구조체(120)를 포함한다.

[46] 상기 지지체(110)는 상기 층상 구조체(120)를 지지한다. 예를 들면, 상기 지지체(110)의 상면에 상기 층상 구조체(120)가 형성됨에 따라 상기 지지체(110)가 상기 층상 구조체(120)를 지지할 수 있다. 또한, 상기 지지체(110)는 상기 층상 구조체(120)에 형성된 유입구 및 유출구를 제외한 나머지 부분을 감싸는 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 상기 지지체(110)는 제1 지지체(111) 및 제2 지지체(113)를 포함할 수 있다. 제1 지지체(111) 및 제2

지지체(113)는 일체로 형성될 수 있으며, 이와 다르게, 각각 형성되어 결합될 수도 있다.

- [47] 상기 제2 지지체(113)는 상기 제1 방향에 따른 층상 구조체(120)의 양 단부를 제외하고 상기 층상 구조체(120)를 전체적으로 덮도록 구비된다. 즉, 상기 제2 지지체(113)는 상기 층상 구조체(120)의 상부 및 상기 제1 방향(X방향)에 대하여 수평 방향으로 수직인 제2 방향(Y방향)의 양 측부를 덮도록 구비될 수 있다.
- [48] 따라서, 상기 채널(125)의 유입구 및 유출구가 개방된 상태에서 상기 제2 지지체(113)가 상기 층상 구조체(120)를 덮음으로써 상기 층상 구조체(120)가 보다 안정적인 강도를 가질 수 있다. 나아가 상기 제1 및 제2 지지체들(111, 113)은 상기 유체의 흐름을 저지함으로써 상기 유체가 상기 제1 방향(X방향)을 따라 상기 채널(125)을 통하여만 선택적으로 흐를 수 있도록 함으로써 상기 유체에 대한 선택적 투과도가 증대될 수 있다.
- [49] 상기 지지체(110)는 폴리머, 금속, 세라믹 등으로 이루어질 수 있다. 즉, 상기 지지체(110)는 기체나 액체와 같은 유체에 대해 상대적으로 낮은 투과도를 갖는 물질을 사용할 수 있다.
- [50] 예를 들면, 상기 지지체(110)가 폴리머로 이루어진 경우, 금속 또는 세라믹으로 이루어진 경우와 비교할 때 기체나 액체에 대해 높은 투과율을 가진다. 하지만, 상기 폴리머로 이루어진 지지체(110)는 경제성이 있으며 나아가 상기 층상 구조체(120)와 비교할 때 상대적으로 매우 낮은 투과율을 가지므로 그 적용이 가능하다. 즉, 상기 지지체(110)는 상기 층상 구조체(120)보다 유체에 대하여 낮은 투과율을 가진다.
- [51] 또한, 상기 폴리머로 이루어진 지지체(110)는 그 제작이 용이한 장점이 있다. 상기 폴리머의 예로는, 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리카보네이트(PC), 폴리테트라플루오르에틸렌(PTE), 폴리아미드(PI), 폴리우레탄(polyurethane) 등을 들 수 있다.
- [52] 상기 층상 구조체(120)는 상기 지지체(110) 상에 형성된다. 상기 층상 구조체(120)는 상기 지지체(110) 상에 복수의 단일층들(121, 122, 123)이 적층된 스택 구조를 갖는다. 상기 단일층들(121, 122, 123) 각각은 2차원 평면 구조를 갖는다. 또한, 상기 단일층들(121, 122, 123) 사이의 층간 간격(d)이 형성된다. 상기 층간 간격(d)은 분자들 간에 반데르발스 힘에 의하여 유지될 수 있다.
- [53] 상기 층상 구조체(120)를 이루는 단일층들(121, 122, 123) 각각은 유체가 흐른 유입구에서 유출구까지 연속적으로 연결될 구조를 가질 수 있다. 이로써 상기 제1 방향으로 연속적으로 형성된 채널(125)이 형성될 수 있다.
- [54] 상기 단일층들(121, 122, 123)을 이루는 물질은 그래핀, 그래파이트, 그래핀 옥사이드, 환원된 그래핀 옥사이드(reduced graphene oxide)등을 들 수 있다.
- [55] 상기 나노 분리막 구조물에 유입되는 기체가 수소, 이산화탄소, 질소, 메탄 등을 포함할 경우, 상기 층간 거리(d)를 적절히 조절함으로써 상기 기체에 포함된 분자들의 크기에 따라 상기 기체가 선택적으로 투과시킬 수 있다.

- [56] 상기 단일층들(121, 122, 123)을 이루는 물질이 그래파이트를 층상물질로 사용할 경우에는 그래파이트를 구성하는 단위자층인 그래핀으로 이루어진 단일층들 사이의 층간 간격(d)이 약 0.34 nm에 해당되며, 이때 그래핀으로 이루어진 단일층 하나의 두께가 포함될 수 있다.
- [57] 이와 다르게, 상기 단일층들(121, 122, 123)을 이루는 물질이 환원된 그래핀 옥사이드의 경우에는 상기 층간 간격(d)이 0.1 nm 내지 2.0 nm 의 범위로 조절될 수 있다. 상대적으로 층간 간격(d)이 감소함으로써 선택성이 향상될 수 있다.
- [58] 보다 상세하게는, 그래핀 옥사이드로 이루어진 상기 단일층들(121, 122, 123)의 층간 거리(d)가 1.2 nm 이하일 때 물 분자의 이송에 대한 투과성 및 선택성이 우수하며, 0.45 nm이상의 크기를 가지는 이온에 대해 선택적 컷오프(cutoff) 특성을 가진다. 결과적으로, 상기 층간 거리(d)가 1.2 nm 이하로 조절되는 것이 바람직하다. (이때, 상기 층간 거리(d)는 그래핀 옥사이드로 이루어진 단일층 하나의 두께를 포함할 수도 있다.)
- [59] 또한 그래핀 옥사이드로 이루어진 단일층들(121, 122, 123)는 물을 투과시키는 데에 있어서 다른 이온에 비해 우수한 투과성을 보이고 있다. 따라서 그래핀 옥사이드의 층상 구조체(120)의 층간 간격(d)이 조절되고 상기 물이 투과하는 방향이 층상 구조체(120)에 포함된 단일층들(121, 122, 123) 사이에 형성된 채널(125)과 수평하게 될 경우, 대부분의 물이 단일층들(121, 122, 123) 사이에 형성된 채널(125)을 통하여 흐르면서 높은 선택성을 갖도록 투과될 수 있으며 이때 물속에 해리된 이온을 제거할 수 있다.
- [60] 또한 물 속에 용해된 CO₂와 같은 분자들은 물과 함께 그래핀 옥사이드로 이루어진 단일층들(121, 122, 123) 사이에 형성된 채널(125)을 통하여 잘 흐르므로 높은 선택도로 투과할 수 있을 것이다.
- [61] 한편, 친수성을 가지는 그래핀 옥사이드나 소수성을 가지는 그래핀으로 단일층들(121, 122, 123)을 형성할 경우, 상기 층상 구조체(120)가 상기 기체에 대하여 서로 다른 친화도를 가짐에 따라 상기 기체에 대한 투과도에서도 차이가 생길 수도 있다. 따라서 이러한 층상 구조체(120)에 포함된 상기 단일층(121, 122, 123)을 이루는 물질의 물리적 특성을 조절함으로써 원하는 특정 기체 또는 특정 액체를 선택적으로 투과시킬 수 있다.
- [62] 예를 들면, 그래핀은 매우 소수성 특성을 가지고 있어서 대부분 물분자가 상기 그래핀으로 이루어진 단일층들(121, 122, 123) 사이의 채널(125) 내로 유입이 어려울 수 있다. 하지만, 상기 채널 내로 물분자가 유입될 경우, 그래핀 표면의 매끄러움과 소수성 특성, 나노 크기의 간격으로 인해 매우 빠른 속도로 물이 흘러갈 수 있는 장점이 있다.
- [63] 특히, 다른 이온들은 물 분자보다 작은 크기를 가지지만 수화된 이온반지름(hydrate radius)에 있어서 상기 물 분자보다 더 큰 크기를 가지므로, 전기적으로 대전되어 있는 특성을 가진다. 따라서, 다른 이온들은 그래핀으로 이루어진 단일층들(121, 122, 123) 사이에 형성된 채널(125) 안에서의 유동이

어려워 물분자만이 선택적으로 투과될 수 있다.

- [64] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 단일층들(121, 122, 123)을 이루는 물질은 단일층들 사이의 층간 간격(d)이 2 nm 이하로 제조할 수 있는 다양한 물질들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 2차원 평면 구조를 이루는 단일층들(121, 122, 123)은 헥사고널 보론 나이트라이드(h-BN), 이황화몰리브덴(MoS₂), 이황화텅스텐(WS₂) 등을 들 수 있다. 또한, 2차원 층상구조체로서 층상구조물의 두께가 10nm를 넘지 않는 다른 물질이 적용될 수 있다.
- [65] 상기 층상 구조체(120)는 상기 지지체(110) 상에 단일층들을 스택하여 형성될 수 있다. 이와 다르게 상기 층상 구조체(120)는 다층의 그래핀으로 제조된 것을 상기 지지체(110) 상에 부착할 수도 있다. 한편, 그라파이트로부터 일부 층을 박리해서 제조될 수도 있다.
- [66] 상기 층상 구조체(120)를 이루는 상기 단일층들(121, 122, 123) 사이에 제1 방향으로 채널(125)이 형성된다. 따라서, 유체 중 일부가 상기 채널(125)을 통하여 상기 제1 방향으로 흘러서 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된다. 이로써 상기 층상 구조체(120)는 상대적으로 낮은 유체 저항(fluid resistance)을 가짐으로써 개선된 유체 흐름성(flowability)을 가질 수 있다.
- [67] 반면에 상기 단일층들(121, 122, 123)이 이루는 평면에 대하여 수직인 방향인 제2 방향(Z방향으로 도시됨)으로 유체가 유입될 경우, 상기 단일층들(121, 122, 123) 내부에 형성될 수 있는 그레인 바운더리 또는 크랙과 같은 결함을 통하여 유체가 흐른다. 이 경우, 유동 방향이 수직 방향(Z방향) 및 수평 방향(X방향 또는 Y방향)으로 지속적으로 변경됨에 따라 전체적인 유동 저항 및 유동 경로가 증가하는 문제가 있다.
- [68] 상기 층상 구조체(120)를 이루는 상기 단일층들(121, 122, 123) 사이에 형성된 채널(125)은 0.1 nm 내지 2.0 nm 의 범위의 간격(단일층들 간의 층간 거리와 동일함, d)을 가질 수 있다. 이로써 상기 간격(d)보다 큰 물질은 상기 채널(125)을 통과하지 못하며 상기 간격보다 작은 물질이 선택적으로 상기 채널(125)을 통과할 수 있다.
- [69] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체(120)는 카르복실기(carboxyl groups), 하이드록실기(hydroxyl groups), 아민기(amine groups) 또는 수산화기(hydroxide groups)와 같은 기능기를 포함할 수 있다. 즉, 단일층들(121, 122, 123) 각각의 표면이나 끝단에 기능기를 부착하여 이온을 필터링 할 수 있다. 결과적으로 상기 층상 구조체(120)는 친수성 또는 소수성과 같은 이온 선택성을 가질 수 있음으로써, 상기 유체에 대한 선택도를 증대시킬 수 있다.
- [70] 특히, 유입구에 인접하게 기능기가 상기 층상 구조체(120)에 부착될 경우, 특정 기체 또는 액체와 유체에 대한 선택적 친화성으로 인하여 상기 기능기는 일종의 게이트 키퍼(gate keeper)로서 기능할 수 있다.
- [71] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유체는 상기 제1방향에 대하여 45도 이하의 각도로 상기 채널(125)로 유입될 수 있도록 위치한다. 따라서, 상기

유체가 상기 지지체(110)에 대하여 접촉 면적을 감소시킴으로써 상기 나노 분리막 구조물(100)이 낮은 유체 저항을 가질 수 있다.

- [72] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 방향에 따라 상기 층상 구조체(120)의 양측 단부들은 상기 유체가 유출입할 수 있도록 상기 채널(125)의 유입구 및 유출구에 해당할 수 있다. 이로써 유체 중 일부가 상기 채널(125)에 형성된 상기 유입구 및 유출구를 통하여 상기 제1 방향으로 흘러서 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된다. 이로써 층상 구조체(120)는 상대적으로 낮은 유체 저항(fluid resistance)을 가짐으로써 개선된 유체 흐름성(flowability)을 가질 수 있다.
- [73] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 단면도이다.
- [74] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물은 지지체(110), 상기 지지체(110) 상에 형성된 복수의 단일층들(121, 122, 123)로 이루어진 층상 구조체(120) 및 스페이서(130)를 포함한다.
- [75] 상기 스페이서(130)는 상기 단일층들(121, 122, 123) 사이에 개재된다. 이로써, 상기 스페이서(130)는 상기 채널(125)의 크기, 즉 층간 간격(d)를 조절할 수 있다. 즉, 상기 스페이서(130)의 크기에 따라 상기 채널(125)의 크기가 변경될 수 있다. 이로써 상기 유체에 포함된 분자들의 크기를 고려하여 상기 채널(125)의 크기를 조절할 수 있다.
- [76] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스페이서(130)는 물리적인 고형의 물질로서 C60(buckyball), 금, 은 나노입자 및 화학적 처리방법에 의한 분자구조물의 인터칼레이션(intercalation)에 의하여 삽입될 수 있다. 상기 스페이서(130)의 예로는 포타슘을 포함할 수 있다. 상기 인터칼레이션으로 형성된 스페이서(130)는 상기 단일층들(121, 122, 123) 사이의 반데르발스 겹을 팽창시킴으로써 상기 단일층들(121, 122, 123) 사이의 층간 거리(d)가 증가할 수 있다. 결과적으로 상기 층간 거리(d)가 조절됨에 따라 상기 유체에 포함된 물질을 그 분자 크기에 따라 선택적으로 투과시킬 수 있다.
- [77] 나아가 상기 스페이서(130)는 유입되는 유체의 흐름에 대해 특정한 친화성을 부여할 수 있어서 유동의 흐름을 개선할 수도 있다.
- [78] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 단면도이다.
- [79] 도 4를 참조하면, 상기 단일층을 이루는 물질이 플레이크 형상을 가질 수 있다. 상기 플레이크 형상을 갖는 물질이 제1 방향 및 수직 방향으로 적층될 수 있다. 이로써 상기 층상 구조체(120)를 이루는 단일층들(121, 122, 123) 각각은 유체가 흐른 유입구에서 유출구까지 단속적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 그래핀이나 그래핀 옥사이드의 경우에 플레이크 형태의 물질이 상기 제1 지지체 표면에 적층할 경우에는 단일 평면에서 단속적으로 연결될 수 있다.
- [80] 상기 층상 구조체를 이루는 단일층들(121, 122, 123)이 그래핀으로 이루어질 경우, 상기 그래핀으로 이루어진 단일층들(121, 122, 123) 간의 층간 거리(d)는 약

0.34nm 내지 약 2.0 nm 의 범위 내에서 조절될 수 있다.

[81] 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 도면들이다.

[82] 도 5를 참조하면, 상기 지지체는 상부 및 하부에 각각 상기 유입부 및 유출부를 구비한다. 이때, 상기 유입부 및 상기 유출부는 상호 평면적으로 중첩되지 않도록 구비될 수 있다.

[83] 즉, 일반적으로 층상 구조물은 멤브레인 형태로 제작할 경우 멤브레인을 이루는 평면에 대하여 수직인 방향으로 유체가 유입될 수 있다. 따라서 이러한 유체가 정확히 층상 구조물에 수평한 제1 방향으로 유동이 이루어지는 지에 대해 명확한 검증을 하기가 어렵다.

[84] 따라서, 상기 지지체가 그 상부에 유입부를 구비함으로써, 층상 구조물의 상부에 유체가 유입될 수 있다. 한편, 상기 지지체가 그 하부에 유출부를 구비함으로써, 층상 구조물의 하부로부터 유체가 유출될 수 있다. 나아가, 상기 유입부 및 유출부가 평면적으로 상호 비중첩됨으로써, 유체가 층상 구조물 내의 채널을 통해 제1 방향으로 이동하도록 유도할 수 있다.

[85] 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물을 설명하기 위한 도면들이다.

[86] 도 6을 참조하면, 상기 층상 구조체는 링 형상을 가질 수 있다. 즉, 상기 층상 구조체가 도우넛 형태로 띠 모양을 가질 수 있다. 이 경우, 유체가 그 내부로 유입되거나 그 내부로부터 유출될 수 있는 상기 유입부 및 상기 유출부는 상기 층상 구조체의 내주연 및 외주연에 각각 구비될 수 있다. 물론 유체의 방향이 반대가 될 수 있음은 자명하다.

[87] 이로써 링 형상을 갖는 층상 구조체에 형성된 채널의 길이가 감소될 수 있다. 특히 링 형상을 갖는 층상 구조체가 튜브 형상을 갖는 다른 부재에 용이하게 결합될 수 있다. 또한 나사 체결 방식을 이용하여 적절한 기계적 압력을 층상 구조체에 인가하여 채널의 높이를 조절함으로써, 층상 구조체를 이용한 유체의 분리 효율이 용이하게 조절될 수 있다.

[88] 나노 분리막 구조물의 제조 방법

[89] 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[90] 도 7 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법에 있어서, 제1 지지체(111)를 준비한다(S110).

[91] 상기 제1 지지체(111)는 폴리머, 금속, 세라믹 또는 이들의 혼합물 등으로 이루어질 수 있다. 즉, 상기 제1 지지체(111)는 기체나 액체와 같은 유체에 대해 상대적으로 낮은 투과도를 갖는 물질을 사용할 수 있다.

[92] 예를 들면, 상기 제1 지지체(111)가 폴리머로 이루어진 경우, 금속 또는 세라믹으로 이루어진 경우와 비교할 때 기체나 액체에 대해 다소 높은 투과율을

가진다. 하지만, 상기 폴리머로 이루어진 제1 지지체(111)가 상기 층상 구조체(120)와 비교할 때 매우 낮은 투과율을 가지므로 그 적용이 가능하다. 즉, 상기 제1 지지체(111)는 상기 층상 구조체(120)보다 유체에 대하여 낮은 투과율을 가진다. 상기 폴리머의 예로는, 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리카보네이트(PC), 폴리테트라플루오르에틸렌(PTE), 폴리아미드(PI), 폴리우레탄(polyurethane) 등을 들 수 있다.

- [93] 이어서, 상기 제1 지지체(111) 상에 상기 층상 구조체(120)를 형성된다(S120). 상기 층상 구조체(120)는 상기 제1 지지체(111) 상에 복수의 단일층들이 적층된 스택 구조를 갖는다. 상기 단일층은 2차원 평면 구조를 갖는다.
- [94] 상기 층상 구조체(120)를 형성하기 위하여, 상기 제1 지지체(111) 상에 복수의 단일층들을 순차적으로 스택하여 형성될 수 있다. 이와 다르게 상기 층상 구조체(120)는 다층의 그래핀으로 제조된 것을 상기 제1 지지체(111)상에 부착할 수도 있다. 한편, 그래파이트로부터 일부 층을 박리해서 제조될 수도 있다.
- [95] 상기 그래핀으로 이루어진 단일층은 액상법, 화학적 기상증착법, 폴리머법 등의 다양한 방법으로 제조할 수 있다.
- [96] 한편, 상기 단일층을 이루는 물질은 그래핀, 그래파이트, 그래핀 옥사이드, 환원된 그래핀 옥사이드(reduced graphene oxide)등을 들 수 있다. 이와 다르게, 상기 2차원 평면 구조를 이루는 단일층은 헥사고날 보론 나이트라이드(h-BN), 이황화몰리브덴(MoS₂), 이황화텅스텐(WS₂) 등을 들 수 있다.
- [97] 이로써, 상기 층상 구조체(120)를 이루는 상기 단일층들 사이에 제1 방향으로 채널이 형성된다. 따라서, 유체 중 일부가 상기 채널을 통하여 상기 제1 방향으로 흘러서 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된다. 이로써 층상 구조체(120)는 상대적으로 낮은 유체 저항(fluid resistance)을 가짐으로써 개선된 유체 흐름성(flowablity)을 가질 수 있다.
- [98] 상기 층상 구조체(120)를 이루는 상기 단일층들 사이에 형성된 채널은 0.1 nm 내지 2.0 nm 의 범위의 간격(단일층들 간의 층간 거리, d)을 가질 수 있다. 이로써 상기 간격(d)보다 큰 물질은 상기 채널을 통과하지 못하며 상기 간격보다 작은 물질이 선택적으로 상기 채널을 통과할 수 있다.
- [99] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 층상 구조체(120)를 이루는 각각의 단일층들 표면에는 카르복실기(carboxyl groups), 하이드록실기(hydroxyl groups), 아민기(amine groups), 에폭시(epoxy)기 또는 수산화기(hydroxide groups)와 같은 기능기를 부착할 수 있다. 이로써 상기 층상 구조체는 친수성 또는 소수성을 가질 수 있음으로써, 상기 유체에 대한 선택도를 증대시킬 수 있다.
- [100] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 단일층들 사이에 형성된 스페이서가 추가적으로 형성될 수 있다.
- [101] 예를 들면, 상기 단일층들 사이에 분자의 인터칼레이션(intercalation)과 같은 화학 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.

- [102] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 층상 구조체(120)에 대하여 열처리 공정이 추가적으로 수행될 수 있다. 이로써 상기 열처리 공정을 통하여 상기 채널의 크기가 감소할 수 있다.
- [103] 예를 들면, 스프레이코팅 방식으로 그래핀 옥사이드로 이루어진 층상 구조체(120)를 형성하는 경우 초기의 단일층들 사이의 층간 간격이 상대적으로 넓게 형성될 수 있다. 이 경우 상기 층상 구조체(120)에 대하여 열을 가하는 열처리 공정을 거치게 되면 공정 온도에 따라 단일층들 사이의 층간 간격이 감소할 수 있다.
- [104] 나아가, 상대적으로 높은 온도나 하이드라진(hydrazine)과 같은 특정한 처리 공정을 거치면 환원된 그래핀 옥사이드가 형성될 수 있다. 이 경우, 상기 층간 간격은 그라파이트로 이루어진 단일층들 사이의 층간 간격에 해당하는 간격으로 추가적으로 감소될 수 있다.
- [105] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 층상 구조체(120)에 대하여 상기 제1방향에 대하여 수직인 제2 방향으로 압력을 가하는 가압 공정이 추가적으로 수행될 수 있다. 이로써 상기 채널의 크기가 감소될 수 있다.
- [106] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 방향의 양 단부들을 제외한 상기 단일층들을 전체적으로 덮도록 제2 지지체(113)가 형성될 수 있다(S130). 상기 제2 지지체(113)를 형성하는 방법에 대하여 아래와 같이 상술하기로 한다.
- [107] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 지지체 상에 복수의 그래핀 단일층들 각각을 전사시킨다. 예를 들면, 구리 포일 상에 메탄과 같은 탄소 소스를 공급하여 상기 구리 포일 상에 그래핀 단일층을 형성한다. 이후, 상기 그래핀 단일층을 상기 제1 지지체 상에 전사시킨다. 이런 공정을 복수회 수행하에 따라 상기 제1 지지체 상에 복수의 단일층들이 적층된 층상 구조체(120)를 형성한다.
- [108] 이후, 상기 단일층들을 전체적으로 덮도록 코팅막(103)을 형성한다. 상기 코팅막(103)은 액상 고분자 수지를 상기 층상 구조체(120) 상에 공급하여 이후 상기 액상 고분자 수지를 경화시킴으로써 형성될 수 있다.
- [109] 이어서, 상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시켜 제2 지지체(113)가 형성된다. 이로써 상기 유체가 흐를 수 있도록 하는 유입구 및 유출구를 포함하는 채널이 형성된다. 상기 채널을 통하여 상기 제1 방향으로 유체가 흐를 수 있다.
- [110] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 지지체(111) 상에 그래핀 옥사이드 분말이 포함된 용액을 도포한다. 이후, 상기 용액을 건조시켜, 상기 지지체 상에 그래핀 옥사이드 단일층들을 형성한다. 이때 상기 용액 속에 포함된 용매가 제거된다.
- [111] 이후, 상기 단일층을 전체적으로 덮도록 코팅막(103)을 형성한다. 상기 코팅막(103)은 액상 고분자 수지를 상기 층상 구조체 상에 공급하여 이후 상기 액상 고분자 수지를 경화시킴으로써 형성될 수 있다.

- [112] 이어서, 상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시킨 제2 지지체(113)가 형성된다. 이로써 상기 유체의 유입구 및 유출구를 포함하는 채널이 형성된다. 상기 채널을 통하여 상기 제1 방향으로 유체가 흐를 수 있다.
- [113] 도시되어 있지 않지만, 상기 층상 구조체를 기판 상에 형성한다. 이후, 상기 층상 구조체 상부에 상기 제1 지지체를 형성한다. 상기 제1 지지체는 액상 고분자 수지를 상기 층상 구조체 상에 공급하여 이후 상기 액상 고분자 수지를 경화시킴으로써 형성될 수 있다. 이후, 상기 기판을 상기 층상 구조체로부터 분리시킨다. 이로써 상기 제1 지지체 상에 상기 층상 구조체가 형성된다. 이때 상기 기판과 접한 상기 층상 구조체의 일부가 노출된다. 이후, 상기 층상 구조체 중 노출된 부분을 덮도록 코팅막을 형성한다. 상기 코팅막은 액상 고분자 수지를 상기 층상 구조체 상에 공급하여 이후 상기 액상 고분자 수지를 경화시킴으로써 형성될 수 있다.
- [114] 이어서, 상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시켜 제2 지지체를 형성한다. 이로써 상기 유체가 흐르는 유입구 및 유출구를 포함하는 채널이 형성된다. 상기 채널을 통하여 상기 제1 방향으로 유체가 흐를 수 있다.
- [115] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 지지체 또는 층상 구조체가(120) 자체적으로 함몰되어 상기 채널을 이루는 유입구나 유출구가 막히는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, 산처리 공정 또는 플라즈마 처리 공정을 통하여 상기 채널이 함몰된 부분을 식각하여 상기 유체의 흐를 수 있는 채널의 간격을 확보할 수 있다.
- [116] 도 9는 본 발명의 실시예들에 따른 나노 분리막 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [117] 도 9를 참조하면, 제1 지지체(111) 상에 층상 구조체(120)를 배치한 후, 상기 제1 지지체(111) 및 상기 층상 구조체(120)를 감는 롤링 공정이 수행된다. 이로써, 층상 구조체(120)가 스피럴(spiral)구조를 가질 수 있다.
- [118] 상기 제1 지지체(111)와 상기 층상 구조체(120)의 사이의 공간이 발생할 경우, 상기 공간을 매립하는 충전재가 형성될 수 있다. 상기 충전재의 예로는 폴리머가 이용될 수 있다.
- [119] 이어서, 상기 층상 구조체(120)의 제1 방향의 양 단부를 노출시킨다. 이로써 상기 층상 구조체(120)에는 상기 제1 방향으로 유체가 흐를 수 있는 유입구 및 유출구를 갖는 채널이 형성될 수 있다.

산업상 이용가능성

- [120] 상술한 나노 분리막 구조물 및 이의 제조 방법에 관한 기술은 수질 정화용 필터, 선택적 이온 투과성 필터, 해수 담수화 필터와 같은 액체 필터링 장치에 적용될 수 있다. 나아가, 이산화탄소, 산소, 수소 등과 같은 기체를 필터링하는 기체 필터링 장치 등에도 본 기술은 적용될 수 있다.
- [121] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및

영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 복수의 단일층들이 적층된 사이에 제1 방향으로 채널이 형성되어 유체 중 일부가 상기 채널을 통하여 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된 층상 구조체; 및
상기 유체가 흐를 수 있도록 상기 채널의 유입부 및 유출부 제외한 부분을 지지하는 지지체를 포함하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 층상 구조체는 그래핀, 그래핀 옥사이드, 환원된 그래핀 옥사이드 및 그라파이트를 포함하는 탄소 층상 구조물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 층상 구조체를 이루는 각 단일층들은 2차원 평면 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 층상 구조체는 그 일부에 부착되며, 하이드록실기, 아민기 및 수산화기가 이루는 기능기 군에서 선택된 적어도 하나의 기능기를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 단일층들 사이에 형성된 채널은 0.1 nm 내지 2.0 nm 의 범위의 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 층상 구조체의 양측 단부들은 상기 유체가 유출입할 수 있도록 상기 채널의 유입구 및 유출구에 해당하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 7] 제1항에 있어서, 상기 유체가 상기 제1방향에 대하여 45도 이하의 각도로 상기 채널로 유입될 수 있도록 위치한 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 8] 제1항에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 단일층들 사이에 형성된 스페이서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 9] 제6항에 있어서, 상기 스페이서는 인터칼레이션(intercalation)을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 10] 제1항에 있어서, 상기 채널로 유체가 유출입할 때, 상기 유체가 상기 층상 구조물의 채널을 통해서 선택적으로 흐르는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 11] 제1항에 있어서, 상기 층상 구조체는 MoS_x, WS_x, h-BN과 같은 이차원형태의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 12] 제1항에 있어서, 상기 층상 구조체는 그래핀 옥사이드로 이루어지고, 상기 층상 구조체를 이루는 단일층들 사이의 층간 간격이 1.2 nm 이하인 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 13] 제1항에 있어서, 상기 지지체는 상부 및 하부에 각각 상기 유입부 및 유출부를 구비하고, 상기 유입부 및 상기 유출부는 상호 평면적으로

- 중첩되지 않도록 구비되는 것을 특징으로 나노 분리막 구조물.
- [청구항 14] 제1항에 있어서, 상기 층상 구조체는 링 형상을 가지며, 상기 유입부 및 상기 유출부는 상기 층상 구조체의 내주연 및 외주연에 각각 구비되는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물.
- [청구항 15] 제1 지지체를 준비하는 단계; 및
상기 제1 지지체 상에, 복수의 단일층들 사이에 제1 방향으로 채널이 형성되어 유체 중 일부가 상기 채널을 통하여 선택적으로 유출입할 수 있도록 구비된 층상 구조체를 형성하는 단계를 포함하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.
- [청구항 16] 제15항에 있어서, 상기 층상 구조체는 그래핀, 그래핀 옥사이드, 환원된 그래핀 옥사이드 및 그라파이트를 포함하는 탄소층상구조물 중에서 선택된 적어도 하나를 이용하여 형성된 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.
- [청구항 17] 제15항에 있어서, 상기 층상 구조체에 하이드록실기, 아민기 및 수산화기가 이루는 기능기 군에서 선택된 적어도 하나를 부착하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.
- [청구항 18] 제15항에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 단일층들 사이에 형성된 스페이서를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.
- [청구항 19] 제18항에 있어서, 상기 스페이서는 상기 단일층들 사이에 인터칼레이션(intercalation)을 통해 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.
- [청구항 20] 제15항에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 층상 구조체에 대하여 열처리 공정을 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.
- [청구항 21] 제15항에 있어서, 상기 채널의 크기를 조절하기 위하여 상기 층상 구조체에 대하여 상기 제1방향에 대하여 수직인 제2 방향으로 압력을 가하는 단계를 더포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물 구조물의 제조 방법.
- [청구항 22] 제15항에 있어서, 상기 층상 구조체를 형성하는 단계는,
상기 제1 지지체 상에 복수의 그래핀 단일층들 각각을 전사하는 단계;
상기 단일층들을 전체적으로 덮도록 제2 지지체를 형성하는 단계; 및
상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.
- [청구항 23] 제15항에 있어서, 상기 층상 구조체를 형성하는 단계는,
상기 제1 지지체 상에 그래핀 옥사이드 분말이 포함된 용액을 도포하는 단계;
상기 용액을 건조시켜, 상기 지지체 상에 그래핀 옥사이드 단일층들을

형성하는 단계;

상기 단일층을 전체적으로 덮도록 제2 지지체를 형성하는 단계; 및
상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시키는 단계를
포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리막 구조물의 제조 방법.

[청구항 24] 제15항에 있어서, 상기 층상 구조체를 형성하는 단계는,

상기 층상 구조체를 기판 상에 형성하는 단계;

상기 층상 구조체 상부에 상기 제1 지지체를 형성하는 단계; 및

상기 기판을 상기 층상 구조체로부터 분리시키는 단계를 포함하고,

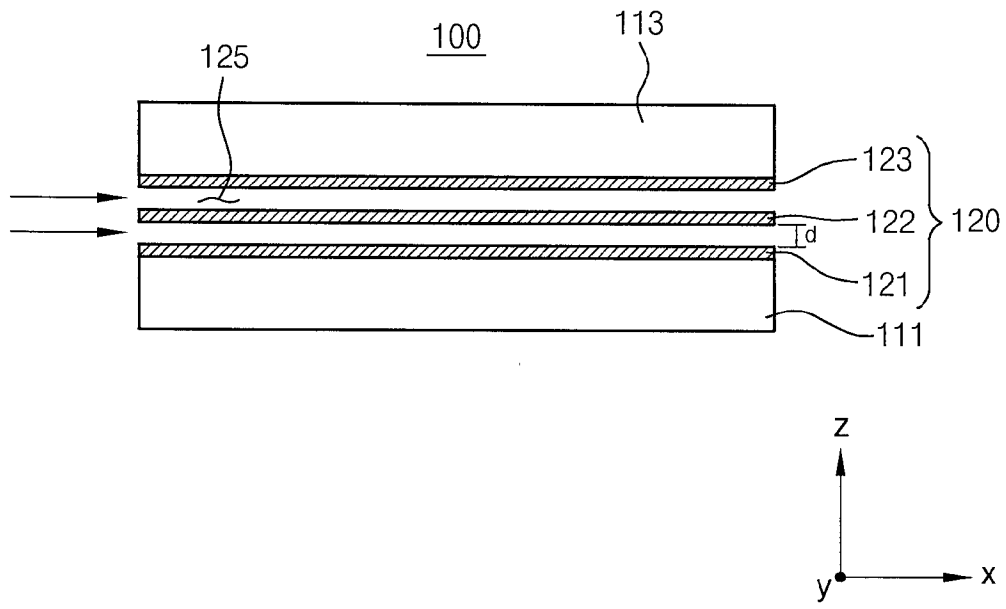
상기 층상 구조체 중 노출된 부분을 덮도록 제2 지지체를 형성하는 단계;

및

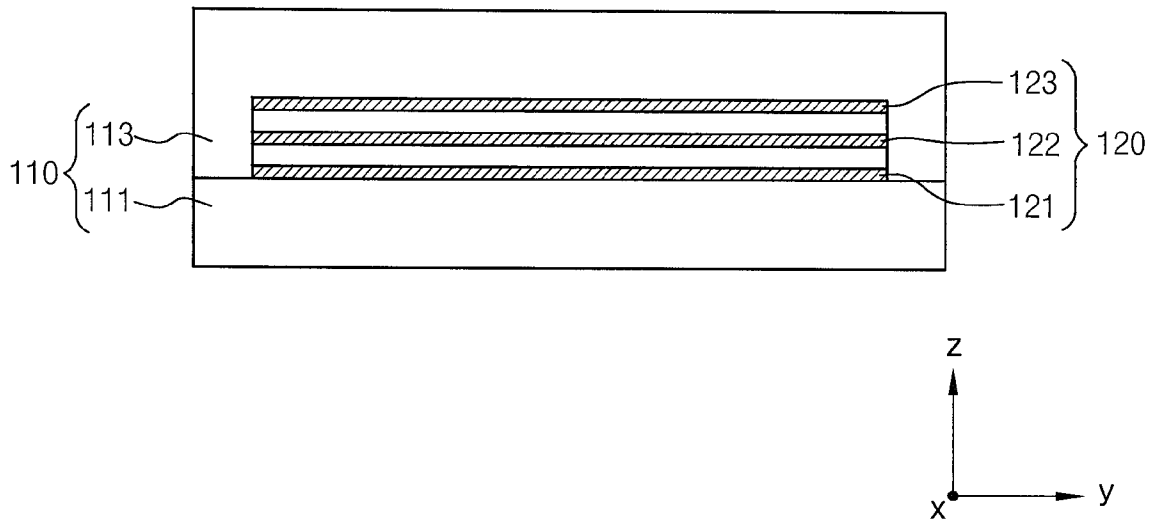
상기 단일층들의 상기 제1 방향으로의 양 단부들을 노출시키는 단계를 더
포함하는 것을 특징으로 하는 나노 분리 구조물의 제조 방법.

[청구항 25] 제15항에 있어서, 상기 제1 지지체 및 상기 층상 구조체에 대하여 롤링
공정을 수행함으로써 스피럴 구조를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을
특징으로 하는 나노 분리 구조물의 제조 방법.

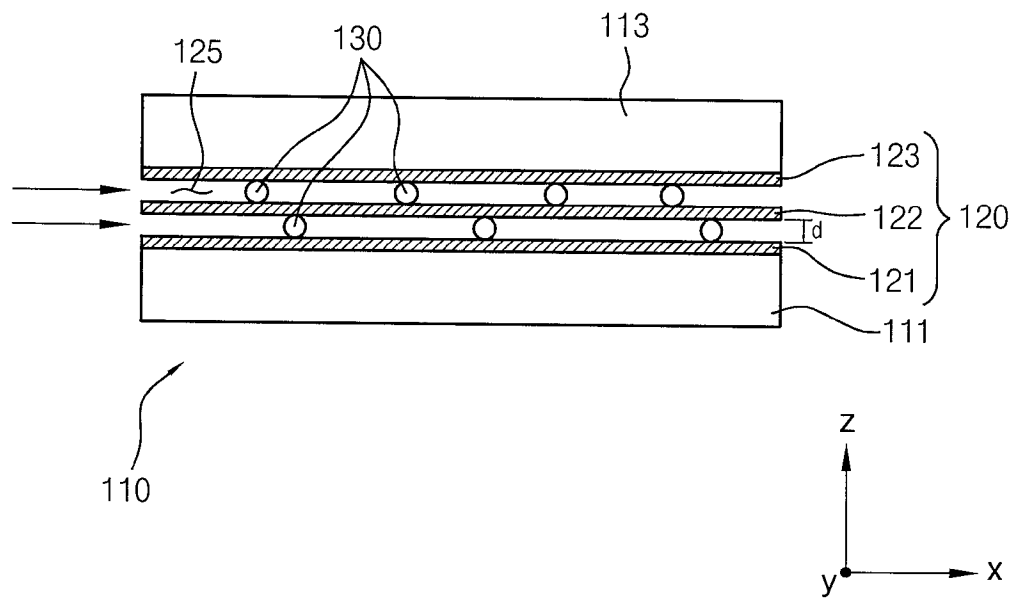
[도1]



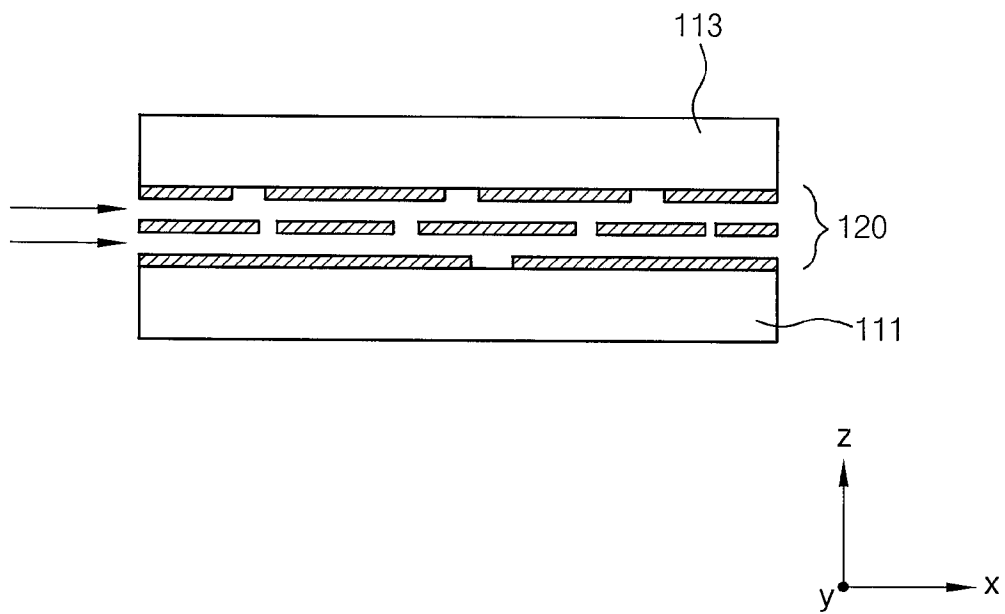
[도2]



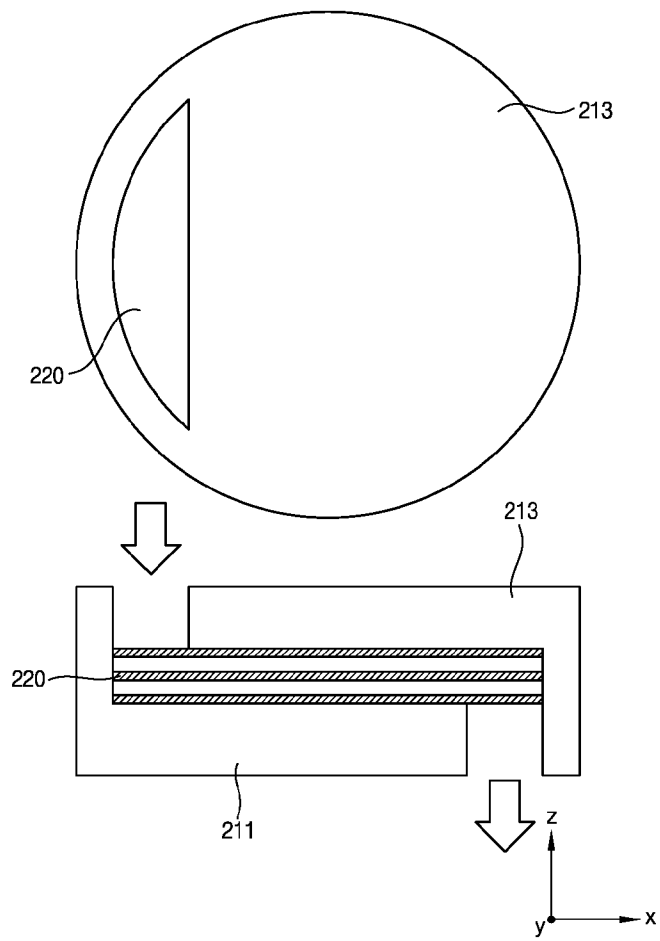
[도3]



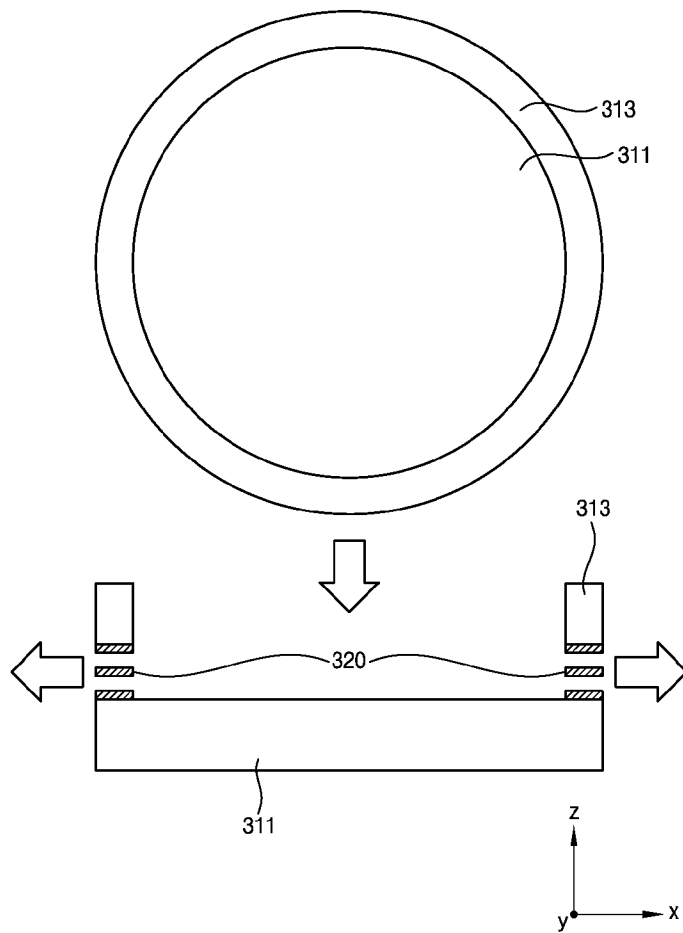
[도4]



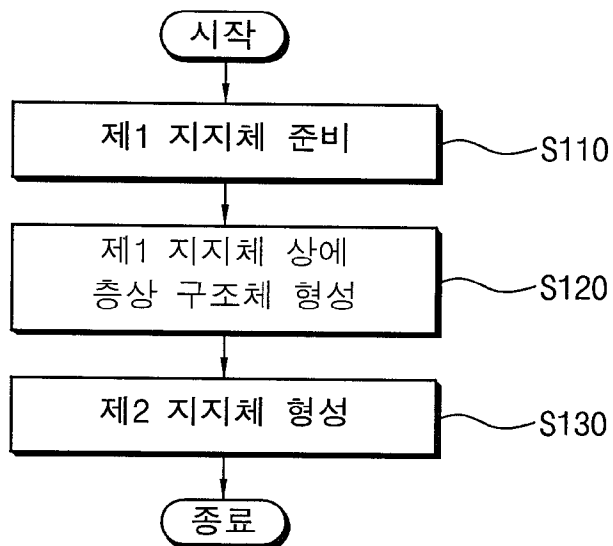
[도5]



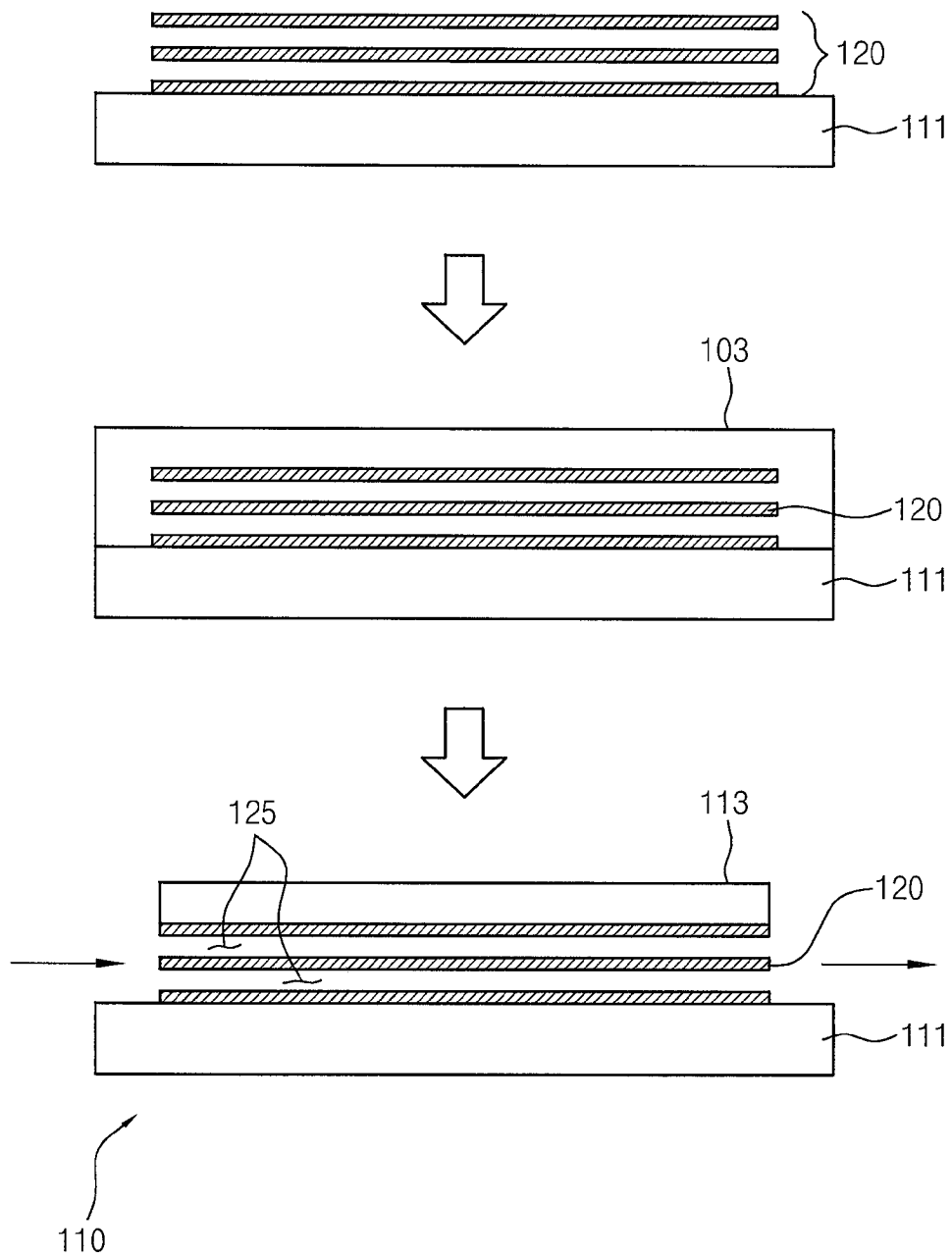
[도6]



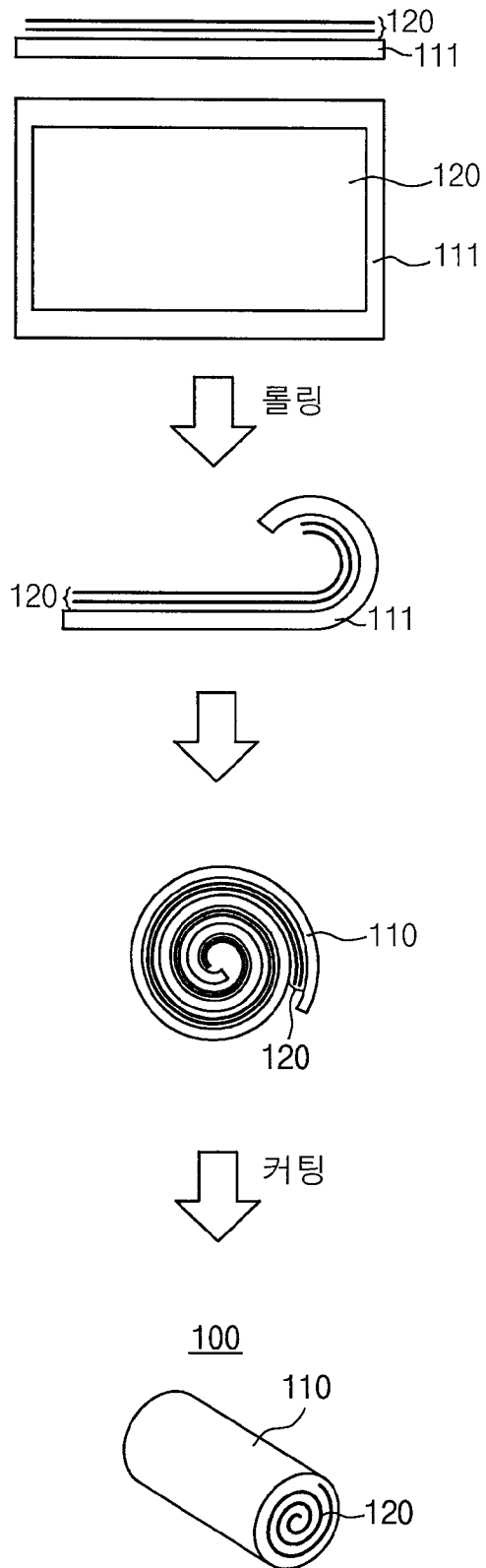
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/012901**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B01D 69/00(2006.01)i, B01D 71/02(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D 69/00; H01L 21/20; B01D 69/10; B01D 69/12; B01D 65/00; H01L 21/02; B01D 69/02; B01D 71/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: layered structure, support, nano separation membrane

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2012-0115821 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 19 October 2012 See claims 1, 3; paragraphs [0015], [0019], [0043]-[0046]; and figures 3, 5.	1,2,3,5-7,10,15,16
Y		4,11,17
A		8,9,12-14,18-25
Y	KR 10-1421974 B1 (IUCF-HYU (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)) 24 July 2014 See abstract; claims 1, 5.	4,17
Y	KR 10-2014-0105230 A (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 01 September 2014 See abstract; claims 1, 4.	11
A	KR 10-2012-0050925 A (ENTEGRIS, INC.) 21 May 2012 See abstract; claims 1, 8.	1-25
A	KR 10-2014-0105132 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 01 September 2014 See abstract; claims 1, 16.	1-25



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 MARCH 2016 (08.03.2016)

Date of mailing of the international search report

08 MARCH 2016 (08.03.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/012901

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2012-0115821 A	19/10/2012	EP 2511002 A1 EP 2511002 B1 US 2012-0255899 A1	17/10/2012 14/05/2014 11/10/2012
KR 10-1421974 B1	24/07/2014	WO 2014-171599 A1	23/10/2014
KR 10-2014-0105230 A	01/09/2014	KR 10-1447693 B1	06/10/2014
KR 10-2012-0050925 A	21/05/2012	CN 102395420 A CN 102395420 B EP 2419203 A1 JP 05671004 B2 JP 2012-523320 A US 2012-0061314 A1 WO 2010-120668 A1	28/03/2012 16/07/2014 22/02/2012 18/02/2015 04/10/2012 15/03/2012 21/10/2010
KR 10-2014-0105132 A	01/09/2014	KR 10-2013-0049616 A US 2013-0112613 A1 US 2014-0048477 A1 US 8695811 B2	14/05/2013 09/05/2013 20/02/2014 15/04/2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B01D 69/00(2006.01)i, B01D 71/02(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B01D 69/00; H01L 21/20; B01D 69/10; B01D 69/12; B01D 65/00; H01L 21/02; B01D 69/02; B01D 71/02

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 층상 구조체, 지지체, 나노 분리막

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2012-0115821 A (삼성전자주식회사 등) 2012.10.19 청구항 1, 3; 단락 [0015], [0019], [0043]-[0046]; 및 도면 3, 5 참조.	1, 2, 3, 5-7, 10, 15, 16
Y		4, 11, 17
A		8, 9, 12-14, 18-25
Y	KR 10-1421974 B1 (한양대학교 산학협력단) 2014.07.24 요약; 청구항 1, 5 참조.	4, 17
Y	KR 10-2014-0105230 A (고려대학교 산학협력단) 2014.09.01 요약; 청구항 1, 4 참조.	11
A	KR 10-2012-0050925 A (엔테그리스, 아이엔씨.) 2012.05.21 요약; 청구항 1, 8 참조.	1-25
A	KR 10-2014-0105132 A (삼성전자주식회사 등) 2014.09.01 요약; 청구항 1, 16 참조.	1-25

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 03월 08일 (08.03.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 03월 08일 (08.03.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

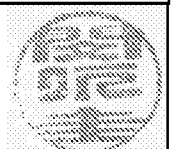
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

민인규

전화번호 +82-42-481-3326



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2012-0115821 A	2012/10/19	EP 2511002 A1 EP 2511002 B1 US 2012-0255899 A1	2012/10/17 2014/05/14 2012/10/11
KR 10-1421974 B1	2014/07/24	WO 2014-171599 A1	2014/10/23
KR 10-2014-0105230 A	2014/09/01	KR 10-1447693 B1	2014/10/06
KR 10-2012-0050925 A	2012/05/21	CN 102395420 A CN 102395420 B EP 2419203 A1 JP 05671004 B2 JP 2012-523320 A US 2012-0061314 A1 WO 2010-120668 A1	2012/03/28 2014/07/16 2012/02/22 2015/02/18 2012/10/04 2012/03/15 2010/10/21
KR 10-2014-0105132 A	2014/09/01	KR 10-2013-0049616 A US 2013-0112613 A1 US 2014-0048477 A1 US 8695811 B2	2013/05/14 2013/05/09 2014/02/20 2014/04/15