(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0132544
(43) 공개일자 2018년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 69/00 (2006.01) *B01D 53/22* (2006.01)
B01D 53/26 (2006.01) *B01D 69/06* (2006.01)
B01D 69/08 (2006.01) *B01D 71/02* (2006.01)
B01D 71/06 (2006.01) *F24F 6/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 69/00 (2013.01)
B01D 53/228 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0063195
(22) 출원일자 2018년06월01일
심사청구일자 2018년06월01일
(30) 우선권주장
1020170069233 2017년06월02일 대한민국(KR)

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
윤경병
서울특별시 종로구 평창3길 26-6(평창동)
웅웬 탄
서울특별시 마포구 백범로 35, 나노물질연구소(신수동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

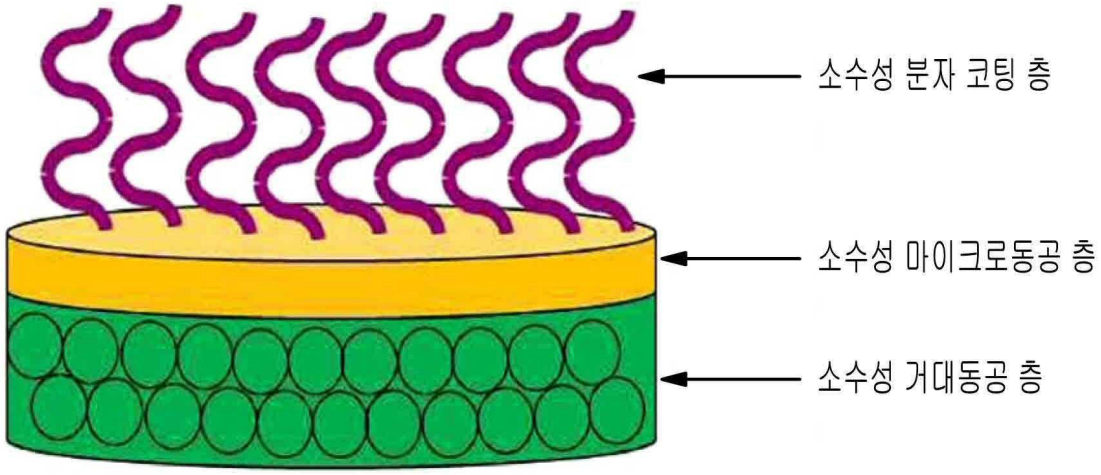
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **소수성 멤브레인 및 이를 포함하는 장치**

(57) 요 약

소수성 멤브레인 및 이를 포함하는 제습 장치, 가습 장치, 및 공기 중 수분 포집 장치에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
B01D 53/268 (2013.01)
B01D 69/06 (2013.01)
B01D 69/08 (2013.01)
B01D 71/02 (2013.01)
B01D 71/06 (2013.01)
F24F 6/00 (2018.01)
B01D 2325/38 (2013.01)
(72) 발명자
다타 슈보 지트
서울특별시 마포구 백범로 35, 나노물질연구소(신수동)
추타라트 쿰눈
서울특별시 마포구 백범로 35, 나노물질연구소(신수동)
응웬 칸
서울특별시 마포구 백범로 35, 나노물질연구소(신수동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2016M1A2A2947946
부처명 한국연구재단
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 기후변화대응기술개발사업
연구과제명 인공광합성 디바이스 제작
기 여 율 1/1
주관기관 서강대학교 산학협력단
연구기간 2016.09.30 ~ 2019.09.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

소수성 거대동공(macroporous) 층;

상기 소수성 거대동공 층 상에 형성된 소수성 마이크로동공(microporous) 층; 및

상기 소수성 마이크로동공 층 상에 형성된 소수성 분자 코팅층

을 포함하는, 소수성 멤브레인.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 소수성 거대동공 층은, 금속산화물 비드, 다공성 알루미나, 기공이 형성된 실리콘, 기공이 형성된 용융 실리카, 및 소수성 고분자로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인, 소수성 멤브레인.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 소수성 고분자는 폴리비닐리덴 플루오라이드(Polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리테트라플루오로에틸렌(Polytetrafluoroethylene, PTFE), 폴리설폰(Polysulfone), 폴리비닐 클로라이드(polyvinyl chloride, PVC), uPVC (unplasticized polyvinyl chloride), 및 cPVC (chlorinated polyvinyl chloride) 로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인, 소수성 멤브레인.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

판(plate) 형태 또는 중공사(hollow fiber) 형태를 가지는, 소수성 멤브레인.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 소수성 마이크로동공 층은, 분자체, 실리카 제올라이트, 알루미노실리케이트 제올라이트, 탈알루미늄실리케이트 제올라이트, 고-실리카 제올라이트(high-silica zeolite), 갈로실리케이트(gallosilicate), 탈갈륨 실리케이트, 보로실리케이트(borosilicate), 탈보론 실리케이트, 쿼시 올-실리케이트 제올라이트(Quasi All-Silica Zeolite), 전이금속 실리케이트, 부분 탈금속 금속실리케이트, 금속 유기 구조체(metal organic framework, MOF), 및 개질(modified) 또는 개질되지 않은 COF-1의 공유 유기 골격체(covalent organic framework, COF)계 분자체로 이루어진 군으로부터 선택되는 분자체를 포함하여 형성되는 것인, 소수성 멤브레인.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 소수성 분자 코팅층은, 탄소수 C_1-C_{30}의 선형 또는 분지형 탄화수소류, 탄소수 C_1-C_{30}의 선형 또는 분지형 부분 불소 치환된 탄화수소류, 탄소수 C_1-C_{30}의 선형 또는 분지형 과불화(perfluorinated) 탄소류, 아릴(aryl), 알킬 아릴(alkyl aryl), 아릴 알킬 탄화수소류, 부분 불소 치환된 아릴, 부분 불소 치환된 알킬 아릴(alkyl aryl), 부분 불소 치환된 아릴 알킬 탄화수소류, 과불화 아릴, 과불화 알킬 아릴(alkyl aryl), 및 과불화 아릴 알킬 탄화수소류로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 소수성 멤브레인.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 소수성 거대동공 층 및 상기 소수성 마이크로동공 층 사이에 소수성 메조동공 층을 추가 포함하는, 소수성 멤브레인.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 소수성 메조동공 층은, 규칙적인 메조동공(uniform mesoporous) 실리카 필름, 규칙적인 메조동공 금속산화물 필름, 규칙적인 메조동공 카본 필름, 및 금속산화물 나노입자들이 적층되어 형성된 메조동공 필름으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것인, 소수성 멤브레인.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 소수성 마이크로동공 층은 물 분자 클러스터 및 단일 물 분자의 통과를 차단하는 것인, 소수성 멤브레인.

청구항 10

하나 이상의 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 따른 소수성 멤브레인,

하나 이상의 습한 공기 유입구, 및

하나 이상의 건조 공기 유출구

를 포함하며,

상기 습한 공기 유입구는 상기 소수성 멤브레인을 사이에 두고 상기 건조 공기 유출구와 반대측에 배치되는 것인,

제습 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

물 유출구, 물 저장고, 냉각기, 및 먼지필터 중 하나 이상을 추가 포함하는 것인, 제습 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

두 개 이상의 상기 소수성 멤브레인을 포함하는, 제습 장치.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

외부의 습한 공기가 상기 제습 장치로 유입되어 상기 소수성 멤브레인을 통과 시 수분의 통과가 차단됨으로써, 건조 공기가 상기 소수성 멤브레인을 통과하여 목적 공간으로 유출되고, 차단된 수분을 함유한 더 습한 공기는 외부, 상기 물 유출구, 상기 물 저장고, 및 상기 냉각기 중 적어도 어느 하나로 유출되는 것인, 제습 장치.

청구항 14

하나 이상의 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 따른 소수성 멤브레인,

하나 이상의 외부 공기 유입구,

하나 이상의 습한 공기 유출구, 및

하나 이상의 건조 공기 유출구

를 포함하며,

상기 외부 공기 유입구는 상기 소수성 멤브레인을 사이에 두고 상기 건조 공기 유출구와 반대측에 배치되는 것인,

가습 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

외부 공기가 상기 가습 장치로 유입되어 상기 소수성 멤브레인을 통과 시 수분의 통과가 차단됨으로써, 건조 공기는 상기 소수성 멤브레인을 통과하여 외부로 유출되고, 차단된 수분을 함유한 습한 공기는 목적 공간으로 유출되는 것인, 가습 장치.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 가습 장치가 실내에 설치된 경우, 상기 건조 공기 유출구와 연결된 물 함유부를 추가 포함하는 것인, 가습 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 건조 공기가 상기 물 함유부를 통과하여 습한 공기를 형성하여 실내로 유출되는 것인, 가습 장치.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

두 개 이상의 상기 소수성 멤브레인을 포함하는 것인, 가습 장치.

청구항 19

전력 공급부에 의해 작동하는 하나 이상의 펌프,

하나 이상의 소수성 멤브레인 장치, 및

상기 소수성 멤브레인 장치와 연결된 물 저장 용기

를 포함하며,

상기 소수성 멤브레인 장치는 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 따른 소수성 멤브레인, 공기 유입구, 및 건조 공기 유출구를 포함하는 것인,

공기 중 수분 포집 장치.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 펌프는 외부 공기 유입 또는 상기 물 저장 용기의 물을 배출하기 위해 사용되는 것인, 공기 중 수분 포집 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본원은, 소수성 멤브레인 및 이를 포함하는 제습 장치, 가습 장치, 및 공기 중 수분 포집 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 산업의 고도화로 고순도, 고품질의 제품이 요구됨에 따라 분리막(membrane) 기술이 매우 중요한 분야로 인식되고 있다. 특히 환경분야에서는 맑은 물에 대한 욕구와 물 부족에 대한 인식이 증가함에 따라 이를 해결하기 위한 방안의 하나로 분리막을 이용한 기술이 크게 주목을 받고 있다. 분리막을 이용한 정수, 하수, 폐수, 담수화 등의 공정은 이미 보급이 급격히 확산되고 있으며, 분리막 자체에 대한 기술개발에서 벗어나 이를 응용제품에 활용하고 있으며 응용에 따른 분리막 성능 향상에 대한 제고와 함께 주변기술로의 개발확대가 이루어지고 있다.

[0003] 분리막이란 서로 다른 두 물질 사이에 존재하는 선택능을 가진 물질로서, 어떤 물질을 선택적으로 통과시키거나 배제시키는 역할을 하는 소재를 의미한다. 분리막의 구조나 재료, 그리고 분리막을 통과하는 물질의 상태나 이동원리 등의 제한은 없으며, 단지 두 물질 사이를 서로 격리시키고, 그 사이의 막을 통해 물질의 선택적 이동이 일어난다면 그 소재를 일반적으로 분리막이라 부를 수 있다.

[0004] 한편, 공기 중의 습도가 높게 되면 부패, 부식, 응결수 현상이 일어나고, 악취와 박테리아도 발생하게 되므로 가정, 병원, 습기에 취약한 전기, 통신 및 각종 전자 장비 등에는 이러한 습기를 제거하는 장치가 요구된다.

[0005] 종래의 제습장치는 주로 CFC와 같은 냉매가스를 이용한 냉동사이클로 구성된다. 환경적인 문제뿐만 아니라, 증발기, 응축기, 그리고 압축기 등 구조의 복잡성, 소음, 진동 및 전력소모가 매우 크고, 설치 공간을 많이 차지한다. 또한, 구동중에 발생하는 열은 제습장치의 수명을 단축한다. 따라서, 간단한 구조의 제습장치가 요구된다.

[0006] 대한민국 공개특허공보 제2013-0046346호는 제습장치의 열교환기 건조방법 및 이를 이용하는 제습장치에 대하여 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본원은, 소수성 멤브레인 및 이를 포함하는 제습 장치, 가습 장치, 및 공기 중 수분 포집 장치에 관한 것이다.

[0008] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본원의 제 1 측면은, 소수성 거대동공 층; 상기 소수성 거대동공 층 상에 형성된 소수성 마이크로동공 층; 및 상기 소수성 마이크로동공 층 상에 형성된 소수성 분자 코팅층을 포함하는, 소수성 멤브레인을 제공한다.

[0010] 본원의 제 2 측면은, 하나 이상의 제 1 측면에 따른 소수성 멤브레인, 하나 이상의 습한 공기 유입구, 및 하나 이상의 건조 공기 유출구를 포함하며, 상기 습한 공기 유입구는 상기 소수성 멤브레인을 사이에 두고 상기 건조 공기 유출구와 반대측에 배치되는 것인, 제습 장치를 제공한다.

[0011] 본원의 제 3 측면은, 하나 이상의 제 1 측면에 따른 소수성 멤브레인, 하나 이상의 외부 공기 유입구, 하나 이상의 습한 공기 유출구, 및 하나 이상의 건조 공기 유출구를 포함하며, 상기 외부 공기 유입구는 상기 소수성 멤브레인을 사이에 두고 상기 건조 공기 유출구와 반대측에 배치되는 것인, 가습 장치를 제공한다.

[0012] 본원의 제 4 측면은, 전력 공급부에 의해 작동하는 하나 이상의 펌프, 하나 이상의 소수성 멤브레인 장치, 및 상기 소수성 멤브레인 장치와 연결된 물 저장 용기를 포함하며, 상기 소수성 멤브레인 장치는 제 1 측면에 따른 소수성 멤브레인, 공기 유입구, 및 건조 공기 유출구를 포함하는 것인, 공기 중 수분 포집 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0013] 본원의 일 구현예에 따른 소수성 멤브레인은, 소수성 마이크로동공 층을 포함하며, 상기 소수성 마이크로동공 층은 덩치가 큰 물분자 클러스터는 물론 단일 물분자의 통과까지 효과적으로 차단할 수 있다. 이러한, 상기 소수성 마이크로동공 층은 또한 온도 및 시간의 변화에 영향을 받지 않으며, 멤브레인 전후간의 주어진 압력하에서 상기 소수성 마이크로동공 층을 통과하는 유체 속도가 일정하다.

[0014] 본원의 일 구현예에 따른 소수성 멤브레인은 소수성 거대동공 층, 상기 소수성 거대동공 층 상에 형성된 소수성 마이크로동공 층, 및 상기 소수성 마이크로동공 층 상에 형성된 소수성 분자 코팅층을 포함함으로써, 다층의 소수성 막을 형성함으로써, 수분이 멤브레인을 통과하지 못하도록 차단시키는 효과가 우수하다.

[0015] 본원의 일 구현예에 따른 소수성 멤브레인을 포함하는 제습 장치는 냉각응축 장치가 없이도 건조한 공기를 제조할 수 있으며, 상대습도가 0%인 건조 공기를 생성할 수 있다. 상기 제조된 상대습도가 0%인 건조 공기는 이산화탄소 흡착량을 상승시키는데 활용 가능하다. 또한, 냉각응축 장치를 이용하는 제습기보다 빠른 속도로 건조 공기를 제조할 수 있다.

[0016] 본원의 일 구현예에 따른 소수성 멤브레인을 포함하는 제습 장치는, 상기 소수성 멤브레인을 통과한 건조 공기가 농축되어 실내로 주입됨으로써 제습 효과를 발휘할 수 있다.

[0017] 본원의 일 구현예에 따른 소수성 멤브레인을 포함하는 가습 장치는, 상기 소수성 멤브레인을 통과하지 못한 습한 공기가 농축되어 실내로 주입됨으로써 가습 효과를 발휘할 수 있다.

[0018] 본원의 일 구현예에 따른 소수성 멤브레인을 포함하는 공기 중 수분 포집 장치는, 상기 소수성 멤브레인을 통과하지 못한 습기가 농축되어 물로 응집되는 것을 이용하여 습기를 물로 전환할 수 있다. 즉 공기 중 수분을 포집하여 물을 생성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1a 및 도 1b는, 본원의 일 구현예에 따른 소수성 멤브레인의 모식도이다.

도 2는, 본원의 일 실시예에 따른 소수성 멤브레인 사진 및 주사전자현미경 사진이다.

도 3a 내지 도 3c는, 본원의 일 실시예에 따른 소수성 멤브레인에 대하여, 각각 10℃, 25℃, 40℃에서, 소수성 마이크로동공 층에 대한 공급(feed) 상대습도 및 통과(permeate) 상대습도의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 4a 내지 도 4c는, 본원의 일 실시예에 따른 소수성 멤브레인에 대하여, 각각 10℃, 25℃, 및 40℃에서, 멤브

레인 전후 압력차 1.8 기압, 공기 유속 140 mL/min에서 소수성 멤브레인의 소수성 마이크로동공 층에 대한 공급(feed) 절대습도 및 통과(permeate) 절대습도의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 5는, 본원의 일 실시예에 따른 소수성 멤브레인에 대하여 공급(feed) 상대습도가 각각 30%, 50%, 75%, 및 95% 일 때 통과(permeate) 상대습도의 시간(7 일)에 따른 변화를 관찰한 그래프이다.

도 6a 내지 도 6d는, 본원의 일 구현예에 따른 실외에 설치된 제습 장치의 다양한 모식도이다.

도 7a 내지 도 7c는, 본원의 일 구현예에 따른 실내에 설치된 제습 장치의 다양한 모식도이다.

도 8a 내지 도 8c는, 본원의 일 구현예에 따른 가습 장치의 다양한 모식도이다.

도 9는, 본원의 일 구현예에 따른 공기 중 수분 포집 장치의 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0021] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0022] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0023] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 상대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0024] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용 오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.

[0025] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

[0026] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합(들)"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.

[0027] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는 A 및 B"를 의미한다.

[0028] 본원 명세서 전체에서, "알킬"은, 각각, 선형 또는 분지형의, 포화 또는 불포화 알킬기를 포함하는 것일 수 있으며, 예를 들어, 메틸, 에틸, 프로필, 부틸, 펜틸, 헥실, 또는 이들의 가능한 모든 이성질체를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0029] 본원 명세서 전체에서, "아릴"은, 예를 들어, 페닐, 치환 페닐 등과 같은 모노시클릭 뿐 아니라, 예를 들어, 나프틸, 페난트레닐 등과 같은 융합된 비시클릭과 같은 모노시클릭 또는 비시클릭 방향족 고리를 의미하며, 이에, 아릴기는 적어도 6 개의 원자를 갖는 적어도 1 개의 고리를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0030] 본원 명세서 전체에서, "막"은 "박막"을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0032] 이하, 본원의 구현예를 상세히 설명하였으나, 본원이 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0034] 본원의 제 1 측면은, 소수성 거대동공 층; 상기 소수성 거대동공 층 상에 형성된 소수성 마이크로동공 층; 및 상기 소수성 마이크로동공 층 상에 형성된 소수성 분자 코팅층을 포함하는, 소수성 멤브레인을 제공한다.

[0035] 도 1a는 본원의 일 구현예에 따른 상기 소수성 멤브레인의 모식도를 나타낸다.

[0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 거대동공 층은, 금속산화물 비드, 다공성 알루미나, 아노다이즈드 알루미나, 기공이 형성된 실리콘, 기공이 형성된 용융 실리카(fused silica), 및 소수성 고분자로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 금속산화물 비드는 실리카 비드, 이산화티탄 비드, 알루미나 비드, 지르코니아 비드, 몰리브데넘산화물 비드, 텅스텐산화물 비드 등이 있을 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 고분자는 폴리비닐리덴 플루오라이드(Polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리테트라플루오로에틸렌(Polytetrafluoroethylene, PTFE), 폴리설폰(Polysulfone), 폴리비닐 클로라이드(polyvinyl chloride, PVC), uPVC (unplasticized polyvinyl chloride), 및 cPVC (chlorinated polyvinyl chloride)로 이루어진 으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 멤브레인은, 판(plate) 형태 (원형 또는 각형 등) 또는 중공사(hollow fiber) 형태를 가지는 것으로서 거대 다공성 멤브레인일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0039] 상기 소수성 거대동공 층 또는 막(hydrophobic macroporous membrane)은 약 40여년 전부터 개발되어 왔으며 해수의 담수화의 한 방법인 멤브레인-증류(membrane distillation)라는 분야에 응용되는 목적으로 연구되어 왔다. 이 막을 이용한 멤브레인 증류방법은 현재 널리 사용되는 역삼투압막(reverse osmosis) 방법에 비해 에너지 효율이 좋은 것으로 알려져 있으나 아직 상용화되고 있지 않다. 이 막의 표면은 보통 초소수성(superhydrophobic)이며 이로 인해 해수의 염이 달라붙지 않으며 거대 기공의 벽도 소수성이라 물분자 클러스터들이 소수성 세공 기벽에 수소결합 등으로 달라붙지 않고 물분자 또는 물분자 클러스터들이 빠른 속도로 통과한다. 이 막의 한 쪽 편에는 약 50℃ 내지 약 80℃ 정도로 가열된 바닷물이 있으며 막의 다른 한쪽 편의 온도는 해수가 있는 쪽보다 낮아서 높은 온도의 해수에 있는 상대적으로 높은 압력의 수증기가 낮은 온도로 인해 수증기압이 상대적으로 낮은 곳으로 이동해 가는 원리를 이용한다. 즉 상기 소수성 거대동공 막은 해수로부터 염은 통과시키지 않고 물만 선택적으로 통과시키는 막이다 (예, *J. Membrane Sci.* 2014, 453, 435-462, *J. Membrane Sci.* 2017 *530*, 42-52, *J. Membrane Sci.* 2012, *415-416*, 850-863, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2014, *6*, 24232430, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2014, *6*, 1603516048.).

[0040] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 거대동공 층은, 동공 크기가 약 200 nm 내지 약 1000 nm 범위인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 소수성 거대동공 층의 동공 크기는 약 200 nm 내지 약 1000 nm, 약 200 nm 내지 약 800 nm, 약 200 nm 내지 약 600 nm, 약 200 nm 내지 약 400 nm, 약 400 nm 내지 약 1000 nm, 약 400 nm 내지 약 800 nm, 약 400 nm 내지 약 600 nm, 약 600 nm 내지 약 1000 nm, 약 600 nm 내지 약 800 nm, 또는 약 800 nm 내지 약 1000 nm 범위인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 다공성 알루미나는 양극 산화 알루미나(anodized alumina)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0042] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 마이크로동공 층은, 분자체, 실리카 제올라이트, 알루미노실리케이트 제올라이트, 탈알루미늄실리케이트 제올라이트, 고-실리카 제올라이트(high-silica zeolite), 갈로실리케이트(gallosilicate), 탈갈륨 실리케이트, 보로실리케이트(borosilicate), 탈보론 실리케이트, 쿼지 올-실리케이트 제올라이트(Quasi All-Silica Zeolite by Isomorphous Degermanation of ITQ-22), 전이금속 실리케이트, 금속 유기 구조체, 및 부분 탈금속 금속실리케이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 것일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.

[0043] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 분자체(molecular sieve)는, AlPO, MAPO, MeAPSO 등의 분자체; 또는 MIL-53, MIL-101(Cr), MIL-53(Al)-AM6, 소수성 Zn-계 금속 유기 구조체[$Zn_2(adb)_2(dabco)$], SNU-80, $[Ni_8(OH)_4(H_2O)_2(L)_6]_n$, Al(OH)(1,4-나프탈렌다이카르복실레이트) [Al(OH)(1,4-naphthalenedicarboxylate)], ZIF-8, ZIF-71, ZIF-90 Ni(bpb), Zn(bpb), oCB-MOF-1 등의 금속 유기 구조체(metal organic framework, MOF); 개질(modified) 또는 개질되지 않은 COF-1 등 공유 유기 구조체(covalent organic framework, COF)계 분자체를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0044] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 실리카 제올라이트(silica zeolite)는, 실리카라이트-1, 실리카라이트-2, 실리카베타, 실리카 ZSM-n (n = 5, 11, 12, 22, 23, 48), 실리카 UTD-1, 실리카 페리어라이트(ferrierite), 실리카 AFI (SSZ-24), 실리카 SSZ-73, 실리카 DD3R(Clathrasil Decadodecasil 3R), 또는 실리카 IFR을 포함하는 것

일 수 있으나, 이제 제한되지 않을 수 있다.

[0045] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고-실리카 제올라이트는, MCM-22, Nu-86, Nu-87, ZSM-18, ZSM-57, ZSM-58, 모더나이트(mordenite), 또는 MTW을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0046] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전이금속 실리케이트는, 마이크로포러스 타이타노실리케이트, 구리실리케이트, 바나도실리케이트, 또는 지르코노실리케이트를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0047] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 마이크로동공 층은, 동공 크기가 약 1 nm 이하인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 소수성 마이크로동공 층의 동공 크기는 약 0.001 nm 내지 약 1 nm, 약 0.005 nm 내지 약 1 nm, 약 0.01 nm 내지 약 1 nm, 약 0.05 nm 내지 약 1 nm, 약 0.1 nm 내지 약 1 nm, 약 0.5 nm 내지 약 1 nm, 약 0.001 nm 내지 약 0.5 nm, 또는 약 0.005 nm 내지 약 0.05 nm인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0048] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 마이크로동공 층은 물 분자 클러스터 및 단일 물 분자의 통과를 차단하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0049] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 분자 코팅층은, 탄소수 C_1-C_{30}의 선형 또는 분지형 탄화수소류 (예를 들어, C_1-C_{30}, C_1-C_{20}, C_1-C_{10}, C_5-C_{30}, C_{10}-C_{30}, C_5-C_{20}, 또는 C_{10}-C_{20} 탄소수의 선형 또는 분지형 포화 또는 불포화 탄화수소류), 탄소수 C_1-C_{30}의 선형 또는 분지형 부분 불소 치환된 탄화수소류 (예를 들어, C_1-C_{30}, C_1-C_{20}, C_1-C_{10}, C_5-C_{30}, C_{10}-C_{30}, C_5-C_{20}, 또는 C_{10}-C_{20} 탄소수의 선형 또는 분지형 부분 불소 치환된 포화 또는 불포화 탄화수소류), 탄소수 C_1-C_{30}의 선형 또는 분지형 과불화(perfluorinated) 탄소류 (예를 들어, C_1-C_{30}, C_1-C_{20}, C_1-C_{10}, C_5-C_{30}, C_{10}-C_{30}, C_5-C_{20}, 또는 C_{10}-C_{20} 탄소수의 선형 또는 분지형 부분 과불화 포화 또는 불포화 탄소류), 아릴(aryl), 알킬 아릴(alkyl aryl), 아릴 알킬 탄화수소류, 부분 불소 치환된 아릴, 부분 불소 치환된 알킬 아릴(alkyl aryl), 부분 불소 치환된 아릴 알킬 탄화수소류, 과불화 아릴, 과불화 알킬 아릴(alkyl aryl), 과불화 아릴 알킬 탄화수소류로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 소수성 분자 코팅층에 대하여 기재된 상기 알킬은 탄소수 C_1-C_{10}의 선형 또는 분지형 알킬기이고, 상기 탄화수소류는 C_1-C_{30}, C_1-C_{20}, C_1-C_{10}, C_5-C_{30}, C_{10}-C_{30}, C_5-C_{20}, 또는 C_{10}-C_{20} 탄소수의 선형 또는 분지형 포화 또는 불포화 탄화수소류일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0050] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 멤브레인은 상기 소수성 거대동공 층 및 상기 소수성 마이크로동공 층 사이에 소수성 메조동공 층을 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0051] 도 1b는 본원의 일 구현예에 따른 상기 소수성 메조동공 층을 추가 포함하는 소수성 멤브레인의 모식도를 나타낸다.

[0052] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 메조동공 층은, 규칙적인 메조동공(uniform mesoporous) 실리카 필름, 규칙적인 메조동공 금속 산화물 필름, 규칙적인 메조동공 카본 필름, 및 금속산화물 나노입자가 적층되어 형성된 메조동공 필름으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0053] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 규칙적인 메조동공 실리카는 MCM-41 또는 SBA-15을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0054] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 규칙적인 메조동공 금속산화물은 메조동공 이산화티탄을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0055] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속산화물 나노입자는 나노 실리카 입자, 나노 이산화티탄 입자 등을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0056] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 메조동공 층은, 동공 크기가 약 5 nm 내지 약 20 nm 범위인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 소수성 메조동공 층은, 동공 크기가 약 5 nm 내지 약 20 nm, 약 5 nm 내지 약 15 nm, 약 5 nm 내지 약 10 nm, 약 10 nm 내지 약 20 nm, 약 10 nm 내지 약 15 nm, 또는 약 15 nm 내지 약 20 nm 범위인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0057] 상기 소수성 메조동공 층 또는 막 (mesoporous hydrophobic membrane)은, 여러가지 막이 개발될 수 있으나 현

재 알려진 메조동공 막은 다중벽 탄소나노튜브 (MWCNT)를 수직으로 성장시켜 만든다. 상기 소수성 메조동공 막의 경우 덩치가 큰 물분자들로 형성된 클러스터의 통과는 효과적으로 차단하나 크기가 아주 작은 물 단분자는 잘 통과시킨다. 따라서 (1) 공기 중의 상대습도가 높아서 물분자 클러스터 크기가 증가하고 클러스터 분율이 증가하면 수증기의 투과도가 낮아져서 통과물(permeate)의 상대습도가 낮아지지만 (2) 공기 중의 상대습도가 낮아서 단일 크기가 작은 물분자 분율이 높아지면 통과물의 상대습도가 높아진다. 또한 (3) 공기 온도가 20℃ 정도로 높아서 클러스터를 이루고 있는 물 분자가 깨져서 단일 물분자 농도가 높아지면 통과물의 상대습도가 높아진다. 따라서 (4) 메조동공 소수막은 5℃ 이하의 온도에서 100% 정도의 상대습도를 갖는 공기로부터 상대습도가 아주 낮은 통과물을 수득하는데 활용될 수 있다. 또한, (5) 멤브레인을 통해 흐르는 습한 공기의 유속이 매우 낮을 때에만 상대습도가 아주 낮은 통과물을 수득하는데 효과적이다. (6) 시간이 경과하면 통과물의 상대습도가 증가하는 경향이 있다. 따라서 메조동공 소수막은 5℃ 이하의 낮은 온도에서 상대습도가 100%에 가까워질 때 아주 낮은 유속으로 습한 공기를 유입시킬 경우 짧은 시간 동안 건조한 공기를 방출할 수 있다 (*Nanoscale*, 2015, *7*, 14316-14323, *ACS Nano*, 2012, 6, 5980-5987 참조).

[0059] 본원의 제 2 측면은, 하나 이상의 제 1 측면에 따른 소수성 멤브레인, 하나 이상의 습한 공기 유입구, 및 하나 이상의 건조 공기 유출구를 포함하며, 상기 습한 공기 유입구는 상기 소수성 멤브레인을 사이에 두고 상기 건조 공기 유출구와 반대측에 배치되는 것인, 제습 장치를 제공한다.

[0060] 상기 본원의 제 1 측면의 소수성 멤브레인에 대한 내용의 중복 기재를 생략하였으나 본 측면에 대하여 모두 적용될 수 있다.

[0061] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제습 장치는, 실외 또는 실내에 설치되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0062] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제습 장치는 물 유출구, 물 저장고, 냉각기, 및 먼지필터 중 하나 이상을 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0063] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 물 유출구는 상기 소수성 멤브레인을 통과하지 못한 수분이 응축되어 물을 형성할 경우 형성된 물을 내보내기 위해 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0064] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 물 저장고는 상기 제습 장치가 실내에 설치된 경우 상기 소수성 멤브레인을 통과하지 못한 수분이 응축되어 물을 형성시 물을 저장하기 위해 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0065] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 냉각기는 상기 제습 장치가 실내에 설치된 경우 상기 소수성 멤브레인을 통과하지 못한 수분을 응축시켜 물로 저장하기 위해 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0066] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제습 장치는 종래 제습 장치와 연결되서 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0067] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제습 장치는 두 개 이상의 상기 소수성 멤브레인이 직렬 연결된 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0068] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제습 장치는, 외부의 습한 공기가 상기 제습 장치로 유입되어 상기 소수성 멤브레인을 통과 시 수분의 통과가 차단됨으로써, 건조 공기가 상기 소수성 멤브레인을 통과하여 목적 공간으로 유출되고, 차단된 수분을 함유한 더 습한 공기는 외부, 상기 물 유출구, 상기 물 저장고, 및/또는 상기 냉각기로 유출되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0069] 도 6a는, 본원의 일 구현예에 따른 하나의 소수성 멤브레인을 포함하는 제습 장치에 대한 모식도로서, 외부의 습한 공기를 건조시켜 발생한 건조한 공기를 건물, 자동차, 기차, 선박 등 실내로 유입하여 실내 공기를 건조하게 유지하는 제습 장치를 나타낸다.

[0070] 도 6b는, 본원의 일 구현예에 따른 두 개의 제습장치가 직렬로 연결되어 외부에 설치된 제습 장치를 나타낸다. 이는 외부의 습한 공기를 2회 연속 건조시켜 발생한 매우 건조한 공기(2차 건조한 공기)를 건물, 자동차, 기차, 선박 등 실내로 유입하여 실내 공기를 건조하게 유지하게 된다.

[0071] 도 6c는, 본원의 일 구현예에 따른 두 개의 제습장치가 각각 따로 외부에 설치된 제습 장치를 나타낸다. 첫 번째 장치를 사용하여 외부의 습한 공기를 건조시킨 후 건물, 자동차, 기차, 선박 등 실내로 유입시키고 (습기제

거 유입) 두 번째 장치를 사용하여 실내 공기 중 일부에서 습기를 제거한 건조한 공기를 다시 실내로 유입하는 (습기농축 배출) 실내공기 건조방식이다.

[0072] 도 6d는, 본원의 일 구현예에 따른 직렬로 연결된 제습장치들을 각각 따로 외부에 설치한 제습 장치를 나타낸다. 첫 번째 및 두 번째 장치를 직렬로 연결하여 사용하여 외부의 습한 공기를 매우 건조하게 건조시킨 후 건물, 자동차, 기차, 선박 등 실내로 유입시키고, 세 번째 및 네 번째 장치를 직렬로 연결하여 사용하여 실내 공기 중 일부에서 습기를 제거하고 매우 건조된 건조한 공기를 다시 실내로 유입하는 실내공기 건조방식이다.

[0073] 도 7a는, 본원의 일 구현예에 따른 실내에 설치된 제습장치로서, 제 1 소수성 멤브레인을 포함하는 제습 장치를 이용하여 제습된 공기를 실내로 배출시키고 포집된 물을 저장하였다가 제거하는 원리를 이용한다.

[0074] 도 7b는, 본원의 일 구현예에 따른 실내에 설치된 제습 장치로서, 상기 도 6a 장치와 같은 원리의 제습 장치이나 응축된 물을 냉각시켜 수증기압을 낮추어서 멤브레인을 통해 배출되는 공기의 습기를 더욱 낮추는 원리를 이용한다.

[0075] 도 7c는, 본원의 일 구현예에 따른 실내에 설치된 기존의 냉각방식을 이용한 제습장치에서 실내로 배출되는 건조된 공기를 본원이 개발한 소수성 멤브레인을 이용하여 배출되는 공기의 습기를 더욱 낮추는 원리를 이용하여 기존의 제습기에 부착하여 제습성능을 강화 하는데 이용한다.

[0077] 본원의 제 3 측면은, 하나 이상의 제 1 측면에 따른 소수성 멤브레인, 하나 이상의 외부 공기 유입구, 하나 이상의 습한 공기 유출구, 및 하나 이상의 건조 공기 유출구를 포함하며, 상기 외부 공기 유입구는 상기 소수성 멤브레인을 사이에 두고 상기 건조 공기 유출구와 반대측에 배치되는 것인, 가습 장치를 제공한다.

[0078] 상기 본원의 제 1 측면의 소수성 멤브레인에 대한 내용의 중복 기재를 생략하였으나 본 측면에 대하여 모두 적용될 수 있다.

[0079] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 가습 장치는, 실외 또는 실내에 설치되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0080] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 가습 장치가 실내에 설치된 경우, 상기 건조 공기 유출구와 연결된 물 함유부를 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 여기서, 상기 건조 공기가 상기 물 함유부를 통과하여 습한 공기를 형성하여 상기 습한 공기가 실내로 유출되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0081] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 가습 장치는 두 개 이상의 상기 소수성 멤브레인을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0082] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 습한 공기 유출구는 필요에 따라 ON/OFF 조절이 가능한 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0083] 도 8a는, 본원의 일 구현예에 따른 상기 가습 장치를 나타내는 모식도로서, 상기 가습 장치는 외부 공기가 상기 가습 장치로 유입되어 상기 소수성 멤브레인을 통과 시 수분의 통과가 차단됨으로써, 건조 공기가 상기 소수성 멤브레인을 통과하여 외부로 유출되고, 차단된 수분을 함유한 습한 공기는 목적 공간으로 유출되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0084] 도 8b는, 본원의 일 구현예에 따른 상기 가습 장치를 나타내는 모식도로서, 상기 가습 장치는 상기 도 7a의 장치와 같은 원리의 제습 장치가 부착되고 더불어 외부에서 유입된 만큼의 실내 공기가 외부로 배출될 때 상기 소수성 멤브레인을 통과시켜 외부로 배출되는 수분의 양을 극소화 시켜 실내 가습(습도 조절)을 좀 더 효과적으로 하는 원리를 이용하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0085] 도 8c는, 본원의 일 구현예에 따른 상기 가습 장치를 나타내는 모식도로서, 상기 가습 장치는 실내 공기가 상기 가습 장치로 유입되어 상기 소수성 멤브레인을 통과 시 수분의 통과가 차단됨으로써, 건조 공기가 상기 소수성 멤브레인을 통과하여 물 저장실로 유입되어 수분을 함유한 채 실내로 배출되어 실내 가습(습도 조절)을 좀 더 효과적으로 하는 원리를 이용하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0087] 본원의 제 4 측면은, 전력 공급부에 의해 작동하는 하나 이상의 펌프, 하나 이상의 소수성 멤브레인 장치, 및 상기 소수성 멤브레인 장치와 연결된 물 저장 용기를 포함하며, 상기 소수성 멤브레인 장치는 제 1 측면에 따른 소수성 멤브레인, 공기 유입구, 및 건조 공기 유출구를 포함하는 것인, 공기 중 수분 포집 장치를 제공한다.

[0088] 상기 본원의 제 1 측면의 소수성 멤브레인에 대한 내용의 중복 기재를 생략하였으나 본 측면에 대하여 모두 적용될 수 있다.

[0089] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 펌프는 외부 공기 유입 또는 상기 물 저장 용기의 물을 배출하기 위해 사용되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0090] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 소수성 멤브레인을 통과하지 못한 수분이 농축되어 물로서 형성되어 상기 물 저장 용기로 이동되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0091] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 공기 중 수분 포집 장치는 먼지 필터를 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0092] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 공기 중 수분 포집 장치는 유입된 외부 공기 속에 들어 있는 습기 중 약 70% 이상이 지속적으로 빠져나가지 못하여 축적되고 결국 농축되어 물이 되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0093] 도 9는, 본원의 일 구현예에 따른 공기 중 수분 포집 장치를 나타내는 모식도로서, 소수성 멤브레인을 이용하여 유입된 외부 공기 속에 들어 있는 습기 중 약 70% 이상이 지속적으로 빠져나가지 못하도록 하여 결국 축적되고 농축되어 물이 되는 현상을 이용하는 수분포집 장치이며, 이 장치에서 물 저장 용기를 지하에 두어, 낮에 지상의 온도가 지하보다 높을 때 수분 응축을 도와주어 공기로부터 수분 포집을 더욱 유리하게 하며 태양전지와 배터리를 이용하여 낮과 밤에 2개의 펌프를 작동할 수 있게 하는 장치를 나타낸다.

[0095] 이하, 실시예를 참조하여 본원을 좀더 자세히 설명하지만, 본원은 이에 제한되는 것은 아니다.

[0097] **[실시예 1]**

[0098] 도 2의 1.5 ㎜ 두께의 실리카라이트와 350 ㎚ + 550 ㎚ 실리카 비드로 형성된 직경 22 ㎜, 두께 3 ㎜의 소수성 마이크로 세공 멤브레인을 사용하여 멤브레인 양쪽에 가해진 압력이 1.8 기압(atm)일 때 단위 면적(cm^2) 당 55 mL/min의 유속를 가지는 조건에서 멤브레인 성능을 분석하였으며, 그 결과를 관찰하였다.

[0099] 구체적으로, 도 3a 내지 도 3c는, 상기 소수성 멤브레인에 대하여, 각각 10℃, 25℃, 40℃에서, 멤브레인 전후 압력차 1.8 기압, 공기 유속 140 mL/min에서 소수성 멤브레인의 소수성 마이크로동공 층에 대한 공급(feed) 상대습도 및 통과(permeate) 상대습도의 관계를 나타내는 그래프들로서 온도에 상관없이 기울기가 일정하며 주어진 공급 상대습도에 대해 온도에 상관없이 통과(permeate) 상대습도가 일정함을 나타내었다.

[0100] 도 4a 내지 도 4c는, 상기 소수성 멤브레인에 대하여, 각각 10℃, 25℃, 40℃에서, 멤브레인 전후 압력차 1.8 기압, 공기 유속 140 mL/min에서 소수성 멤브레인의 소수성 마이크로동공 층에 대한 공급(feed) 절대습도 및 통과(permeate) 절대습도의 관계를 나타내는 그래프들로서 온도에 상관없이 공급(feed) 절대습도가 정해지면 통과(permeate) 절대습도가 일정하다는 사실을 나타내었다.

[0101] 도 5는, 상기 소수성 멤브레인에 대하여, 공급(feed) 상대습도가 각각 30%, 50%, 75%, 95% 일 때 통과(permeate) 상대습도가 (좌측의 수치) 시간에 따라 적어도 측정한 7일동안 변함이 없음을 나타내었다.

[0102] 상기 결과를 정리하면, (1) 공급(Feed) 상대습도와 통과물(permeate) 상대습도는 직선적으로 비례하는 것으로 나타났다 (도 3a 내지 도 3c). 따라서 상기 멤브레인은 공급 상대습도가 낮을수록 통과물의 상대습도가 낮아졌다. 이러한 현상은 마이크로동공 소수막이 덩치가 큰 물분자 클러스터의 통과를 차단할 뿐만 아니라 단일 불분자의 통과까지 효과적으로 차단하고 있기 때문이다. 이러한 현상은 공급되는 공기의 상대습도가 높을 때에만 통과물의 상대습도가 낮아지는 현상과 대별된다.

[0103] 또한, (2) 온도가 10℃에서 40℃로 증가하여도 통과물의 상대습도는 변하지 않았다 (도 3a 내지 도 3c). 이는 소수성 메조동공막이 공기 중의 상대습도가 낮아서 단일 크기가 작은 물분자 분율이 높아지면 통과물의 상대습

도가 높아지는 현상과 반대이다.

[0104] (3) 공급(Feed) 절대습도와 통과물(permeate) 절대습도는 온도에 상관없이 직선적으로 비례하였다 (도 4a 내지 도 4c). 따라서 공급 절대습도가 낮을수록 통과물의 절대습도가 낮아진다.

[0105] (4) 시간이 일주일이 경과하여도 통과물의 상대습도는 일정하였다 (도 5).

[0107] **[실시예 2]**

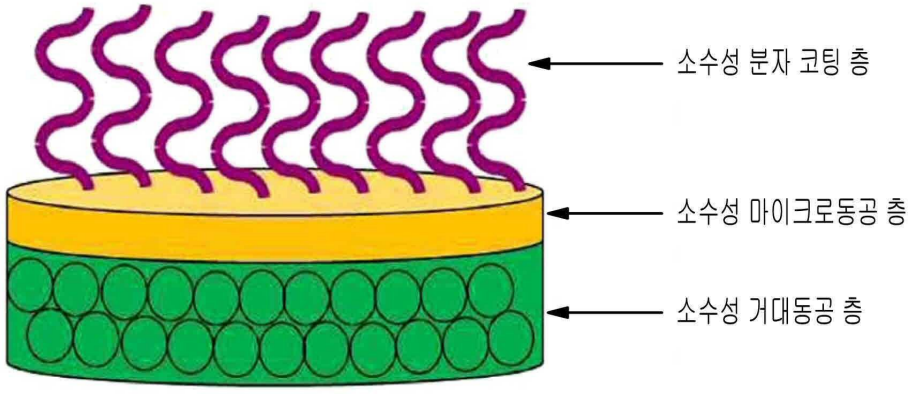
[0108] 거대다공성 실리카비드 기판에 3-아미노프로필 트리메톡시 실란(3-aminopropyl trimethoxy silane)을 코팅한 후 성장시킨 ZIF-8 마이크로동공 층을 넣고 그 위에 긴 알킬기를 코팅한 소수성 멤브레인을 가지고 상기 실험을 수행하였으며, 유사한 결과가 나왔다. 이는 종류에 상관없이 소수성 마이크로 동공을 가진 멤브레인을 이용하여 수분의 통과를 효과적으로 차단할 수 있음을 나타낸다.

[0110] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수도 있다.

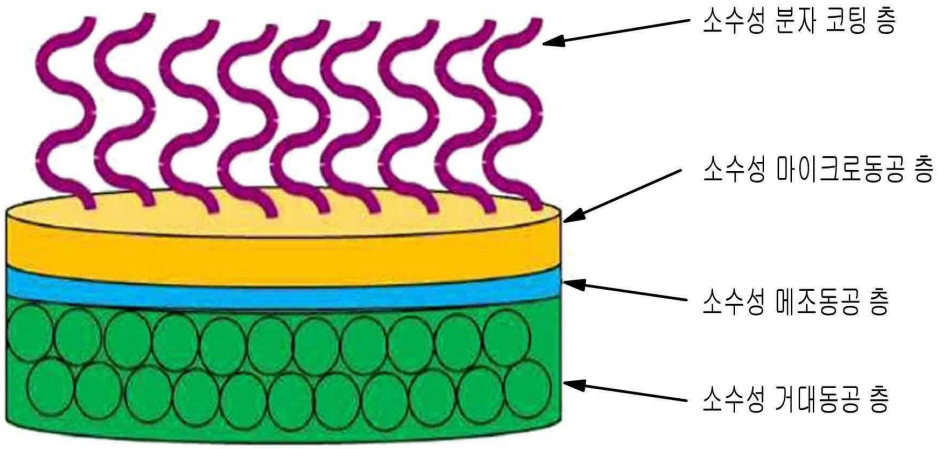
[0111] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위, 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

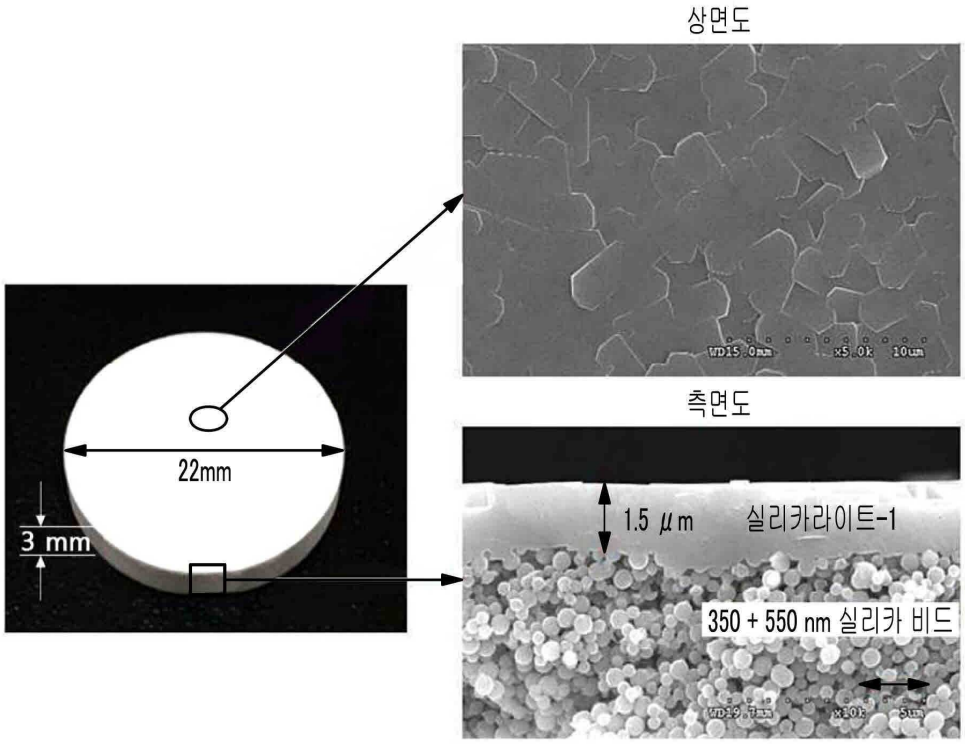
도면1a



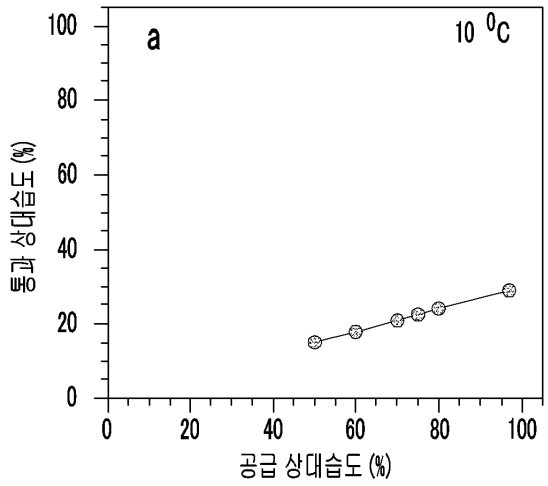
도면1b


소수성 분자 코팅 층
소수성 마이크로동공 층
소수성 메조동공 층
소수성 거대동공 층

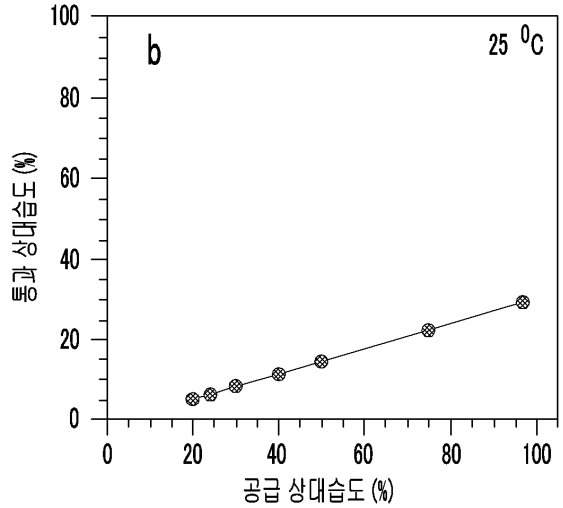
도면2


상면도
측면도
22mm
3 mm
1.5 μm
실리카라이트-1
350 + 550 nm 실리카 비드

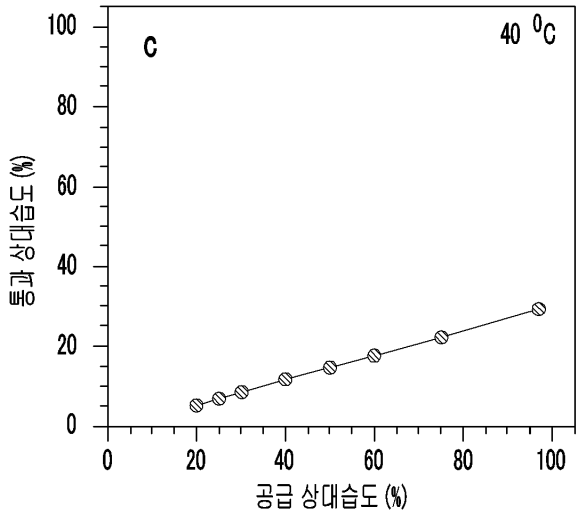
도면3a


a
10 °C
통과 상대습도 (%)
공급 상대습도 (%)
0
20
40
60
80
100

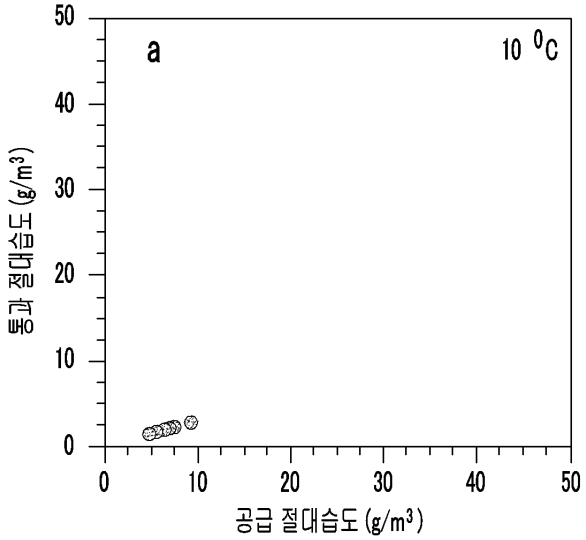
도면3b


b
25 °C
통과 상대습도 (%)
공급 상대습도 (%)
0
20
40
60
80
100

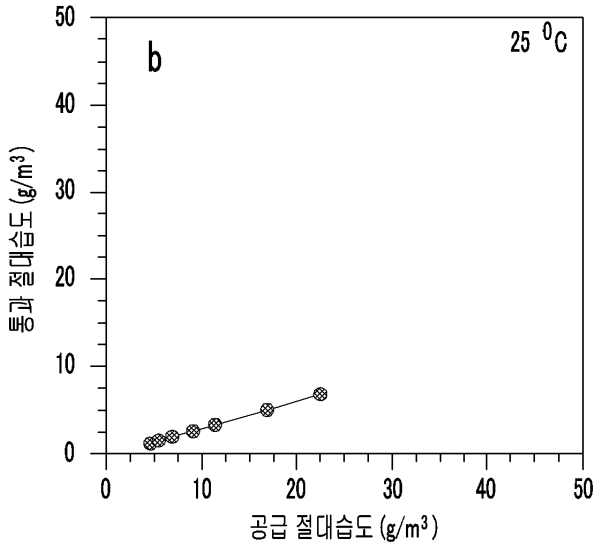
도면3c


c
40 °C
통과 상대습도 (%)
공급 상대습도 (%)
0
20
40
60
80
100

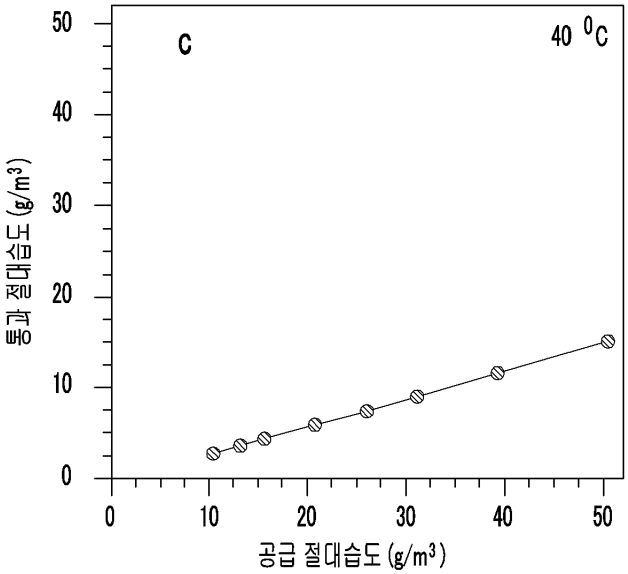
도면4a


a
10 °C
통과 절대습도 (g/m³)
공급 절대습도 (g/m³)
0
10
20
30
40
50

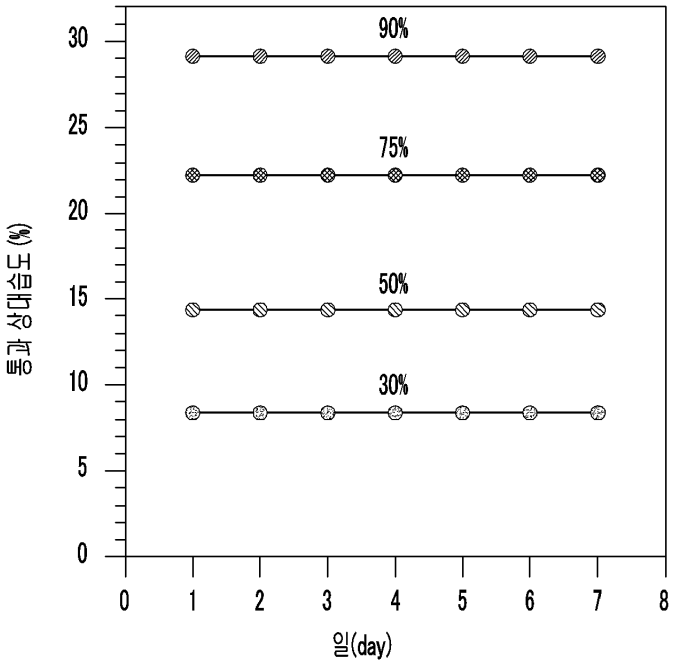
도면4b


b
25 °C
통과 절대습도 (g/m³)
공급 절대습도 (g/m³)
0
10
20
30
40
50

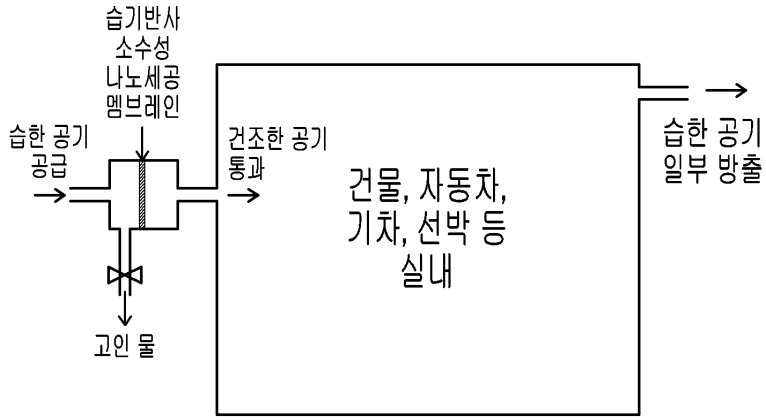
도면4c


c
40 °C
통과 절대습도 (g/m³)
공급 절대습도 (g/m³)
0
10
20
30
40
50

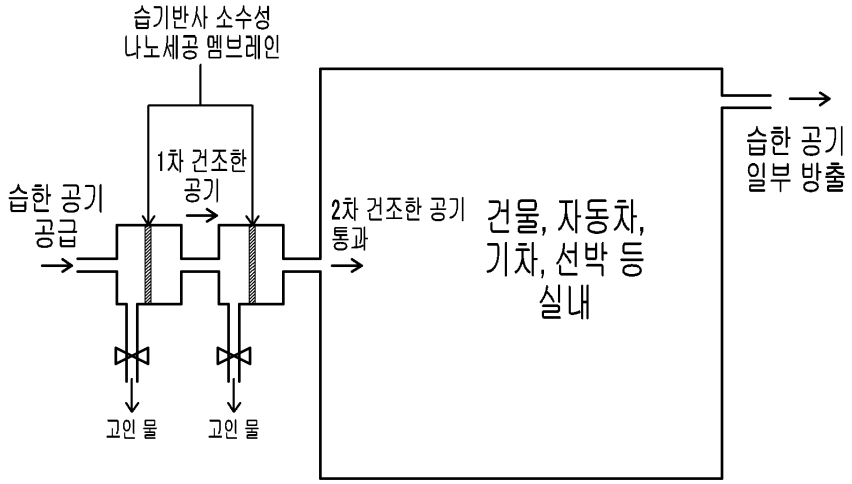
도면5


90%
75%
50%
30%
통과 상대습도 (%)
일(day)
0
5
10
15
20
25
30
0
1
2
3
4
5
6
7
8

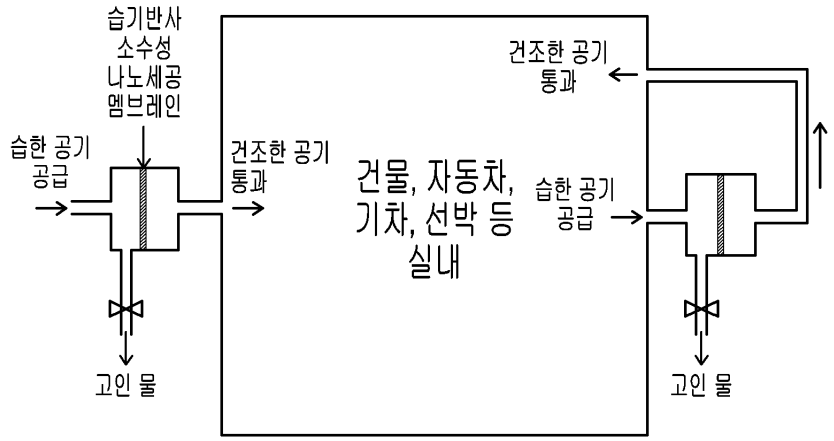
도면6a


습기반사
소수성
나노세공
멤브레인
습한 공기
공급
건조한 공기
통과
건물, 자동차,
기차, 선박 등
실내
습한 공기
일부 방출
고인 물

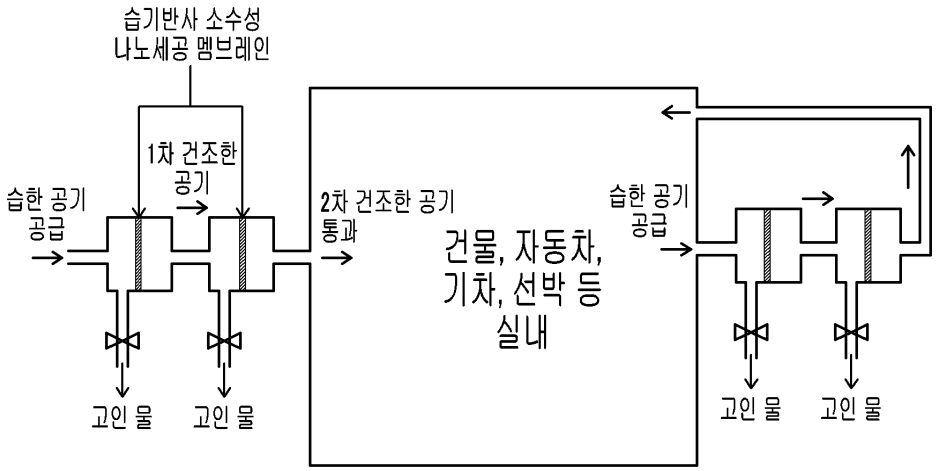
도면6b



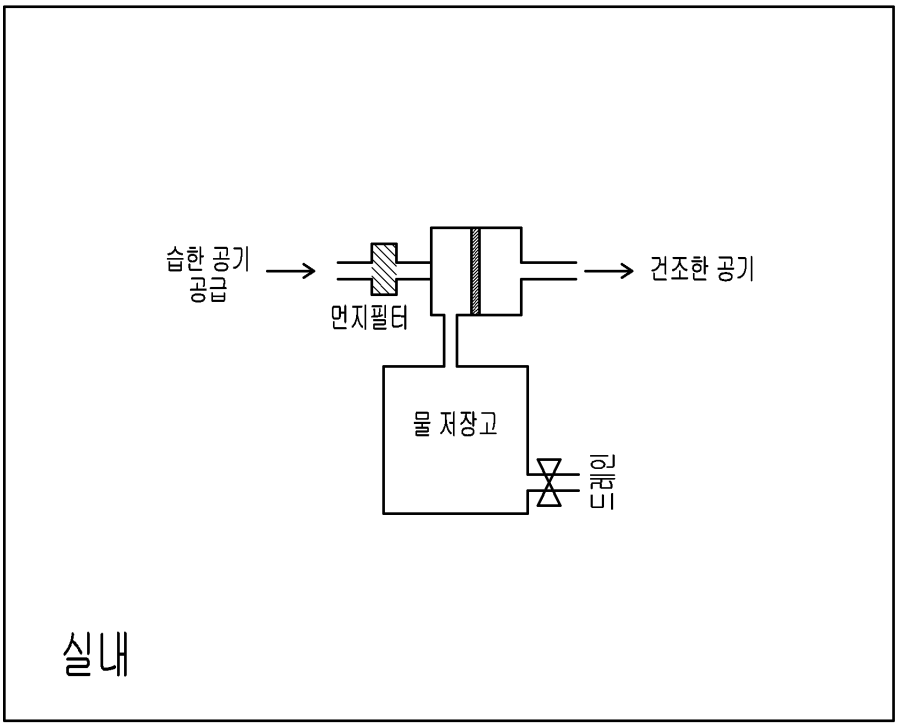
도면6c



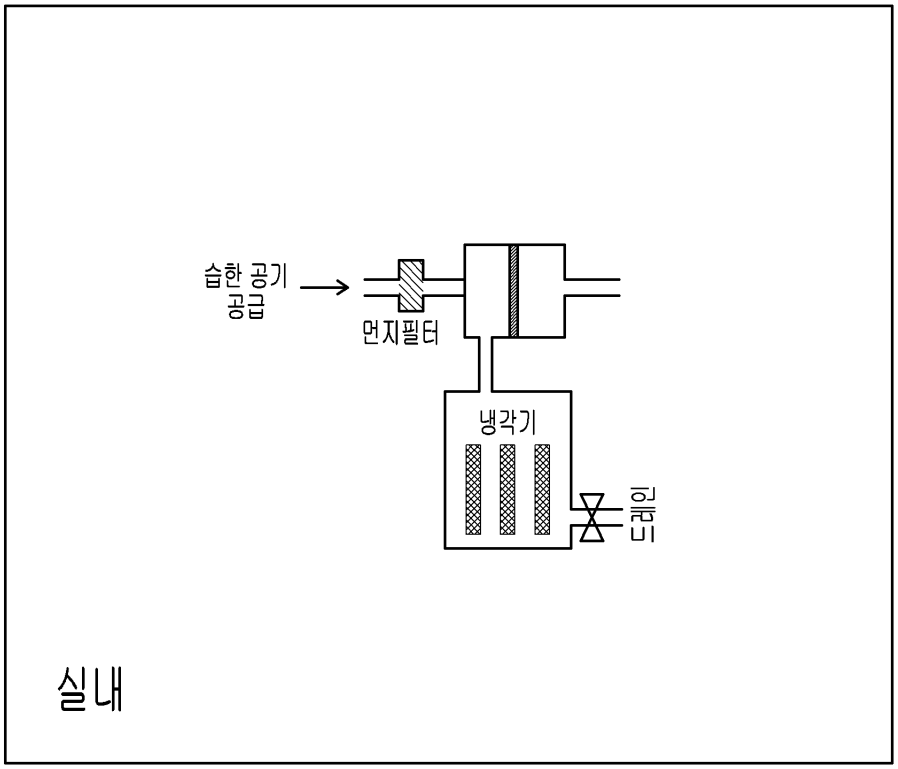
도면6d



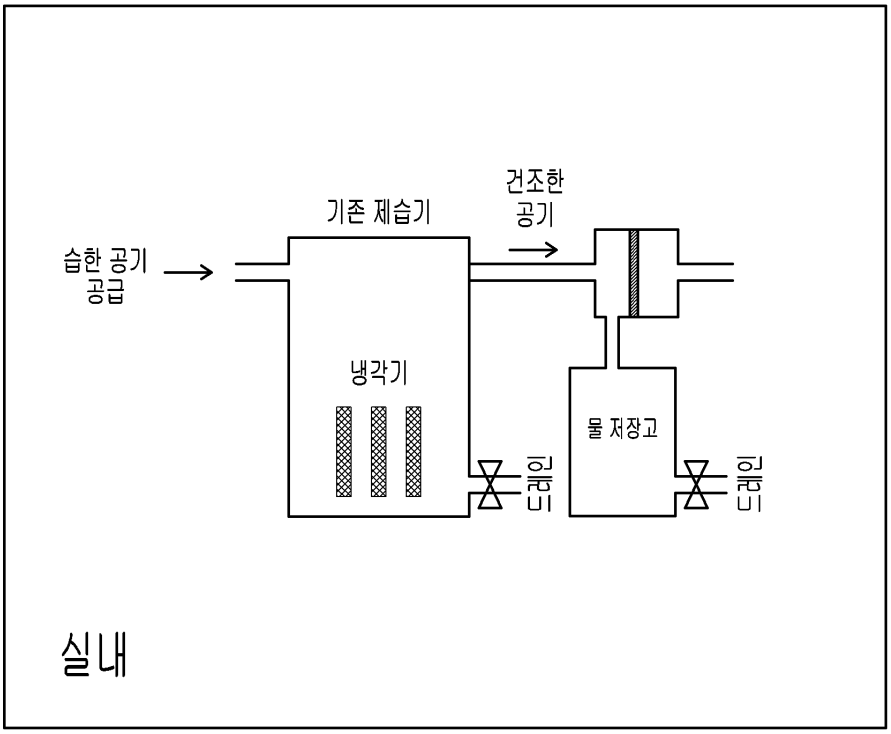
도면7a



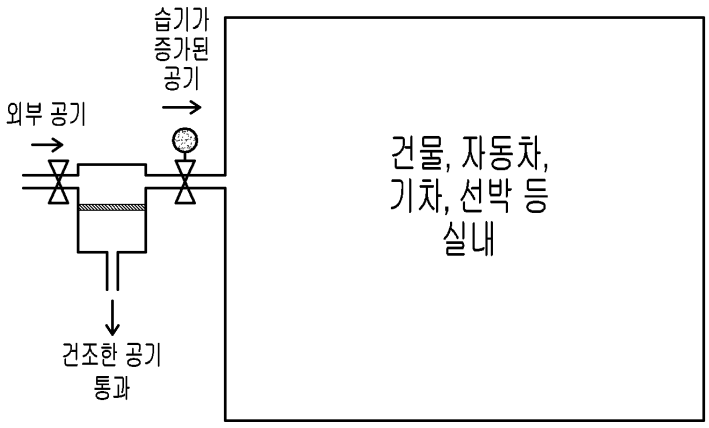
도면7b



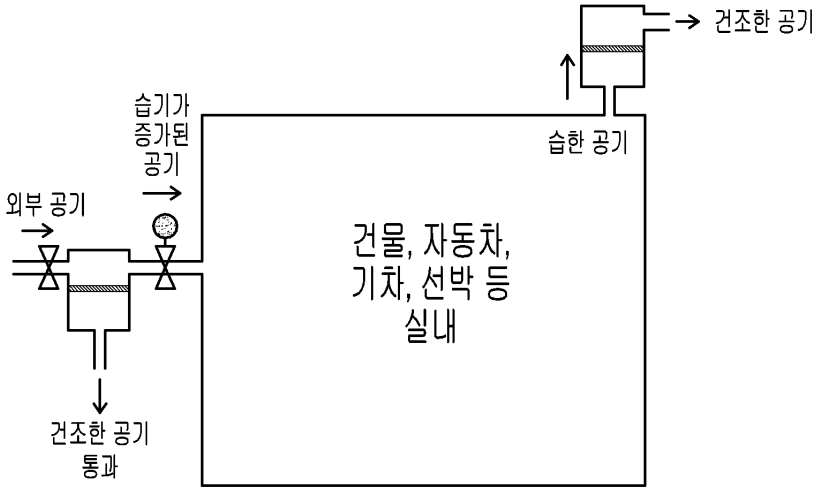
도면7c


기존 제습기
건조한
공기
습한 공기
공급
냉각기
물 저장고
배출
배출
실내

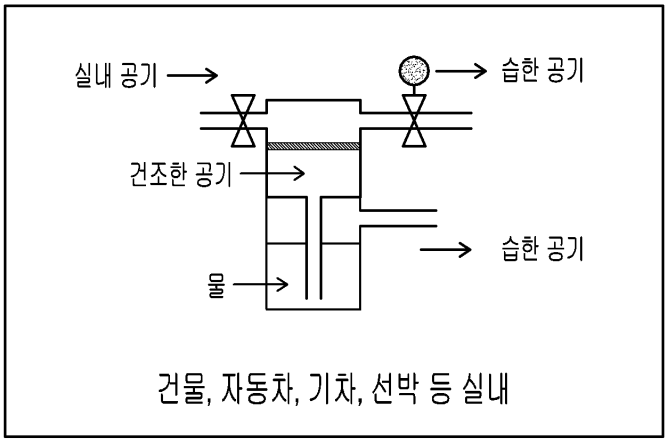
도면8a


습기가
증가된
공기
외부 공기
건물, 자동차,
기차, 선박 등
실내
건조한 공기
통과

도면8b


건조한 공기
습기가
증가된
공기
습한 공기
외부 공기
건물, 자동차,
기차, 선박 등
실내
건조한 공기
통과

도면8c


실내 공기
습한 공기
건조한 공기
습한 공기
물
건물, 자동차, 기차, 선박 등 실내

도면9

