

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2019년 1월 24일 (24.01.2019) **WIPO | PCT**



(10) 국제공개번호
WO 2019/017747 A1

(51) 국제특허분류:
C02F 9/00 (2006.01) *C02F 1/44* (2006.01)
C02F 1/463 (2006.01) *C02F 103/08* (2006.01)
B01D 35/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2018/008287

(22) 국제출원일: 2018년 7월 23일 (23.07.2018)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2017-0092702 2017년 7월 21일 (21.07.2017) KR

(71) 출원인: 주식회사 아모그린텍 (AMOGREENTECH CO., LTD.) [KR/KR]; 10014 경기도 김포시 통진읍 김포대로1950번길 91, Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: 이진 (LEE, Jin); 21664 인천시 남동구 소래역로 94, 1101동 904호, Incheon (KR).

(74) 대리인: 특허법인 이룸리온 (ERUUM & LEEON INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06575 서울시 서초구 사평대로 108, 3층 (반포동), 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, 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.

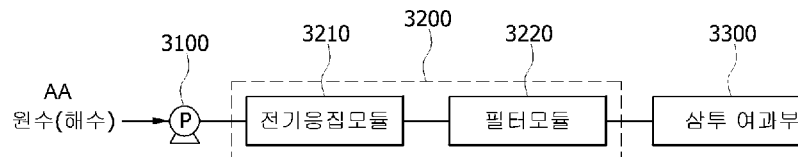
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, 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 제21조(3))

(54) Title: SEAWATER DESALINATION APPARATUS

(54) 발명의 명칭: 해수담수화 장치



3210 ... Electrocoagulation module
3220 ... Filter module
3300 ... Osmotic filtration part
AA ... Feed water (seawater)

(57) Abstract: A seawater desalination apparatus is provided. The seawater desalination apparatus according to one embodiment of the present invention is implemented by comprising: a pretreatment part comprising an electrocoagulation module for electrocoagulating suspended matter contained in inflowing seawater, and a filter module for filtering out aggregate contained in the electrocoagulation water having flowed in from the electrocoagulation module; and an osmotic filtration part comprising an osmotic membrane module for desalinating the pretreated water having flowed in from the pretreatment part. According to the present invention, foreign matter contained in seawater or brackish water, which is feed water, are effectively coagulated, and then the coagulated impurities are treated at a high speed and are discharged at a high flow rate, thereby enabling desalination flow rate to decrease and the durability of osmosis facilities for desalination to be remarkably improved. In addition, the present invention is eco-friendly since foreign matter can be removed without an additional chemical additive during treatment of seawater or brackish water, facilitates a backwash process for removing the foreign matter collected by pretreatment, has an extended use cycle due to high durability, and is very economical with respect to operations.

[다음 쪽 계속]

(57) 요약서: 해수담수화 장치가 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 해수담수화 장치는 유입된 해수에 포함된 현탁 물질을 전기응집 시키는 전기응집모듈과, 상기 전기응집모듈로부터 유입된 전기응집수에 포함된 응집체를 여과시키는 필터모듈을 포함하는 전처리부 및 상기 전처리부에서 유입된 전처리수를 담수화하는 삼투막 모듈을 구비하는 삼투 여과부를 포함하여 구현된다. 이에 의하면, 원수인 해수나 기수에 포함된 이물질을 효과적으로 응집시킨 뒤 응집된 이물질을 빠른속도로 처리하여 높은 유량으로 배출시킴으로써, 담수화되는 유량을 증가시키고 담수화를 위한 삼투 설비에 대한 내구성을 현저히 향상시킬 수 있다. 또한, 해수나 기수의 전처리 과정에서 별도의 화학첨가제 없이 이물질을 제거할 수 있음에 따라서 친환경적이고, 전처리에 따라 수거된 이물질의 제거를 위한 역세척 공정이 용이하며, 이에 대한 내구성이 커 연장된 사용주기를 가지고, 운영에 있어서 매우 경제적이다.

명세서

발명의 명칭: 해수담수화 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 해수담수화 장치에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 원수인 해수에 대한 전처리 효율을 향상시켜 담수화를 위한 삼투모듈의 손상을 감소시키고, 전처리 속도가 매우 빠름에 따라서 담수량을 현저히 증가시킬 수 있는 해수담수화 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 해수담수화란 생활용수나 공업용수로 직접 사용이 어려운 바닷물로부터 염분을 포함한 용해 물질을 제거하여 순도 높은 음용수, 생활용수, 공업용수 등을 얻어내는 일련의 수처리 과정을 말한다. 즉, 해수담수화는 염분을 포함하고 있는 해수에서 염분을 제거하여 담수를 얻는 것을 말한다.
- [3] 이러한 해수담수화 방법으로는 크게 물의 증발 현상을 이용하는 증발법, 막의 차별성과 선택적 통과 능력을 이용하는 막여과법 등이 있으며, 막여과법은 세부적으로 역삼투법(reverse osmosis)과 전기투석법(electrodialysis)으로 구분된다.
- [4] 해수담수화 방법 중 특히 역삼투(RO, Reverse Osmosis) 방식은 2005년까지는 전체 담수화 시장 중 48%정도를 차지하였으나 에너지 비용 상승 등의 문제로 기존의 증발법을 대체하여 2020년에는 70% 이상으로 비율이 증가할 것으로 예상되고 있다. 상기 역삼투 방식은 해수나 기수에 함유되어 있는 성분을 고분자 분리막(역삼투막)을 이용하여 생산수(또는 처리수)와 농축수로 분리시키며, 생산수는 성분농도를 희석하여 용수 및 음용수로 활용하고 농축수는 다시 바다로 배출하게 된다. 상기 역삼투 방식에 사용되는 역삼투막은 역삼투가 일어나도록 해수의 삼투압인 약 $25\text{kg}/\text{cm}^2$ 를 초과하여 가해지는 고압을 견딜 수 있는 내압성을 비롯하여, 염을 제거할 수 있을 정도로 매우 미세한 기공구조를 요한다. 최근에는 해수담수화를 위하여 삼투방식을 이용하되, 정삼투 방식을 통해서도 해수담수화의 시도들이 계속되고 있다.
- [5] 한편, 원수인 해수에는 대형 협잡물을 비롯하여, 크기가 작은 조류, 부유물질 등의 이물질이 다량 포함되어 있는데, 해수가 이러한 이물질을 포함한 상태로 삼투공정을 수행할 경우 역삼투막 또는 정삼투막과 같은 삼투막의 내구성이 크게 저하되며, 파울링 현상의 심화에 따른 잦은 압력보정을 요함에 따라서 이물질이 역삼투공정에 투입되는 것이 최대로 방지되어야 한다.
- [6] 이를 위해 취수된 해수를 전처리를 통해 대형협잡물이나 이물질을 제거한 상태로 삼투공정에 투입하는 것이 바람직하고, 이에 전처리 설비로 중공사막과 같은 필터여재를 구비시킨 막여과 방식이 많이 이용되었다. 그러나 이를 통해서는 유량이 충분하지 못해 전처리에 소요되는 시간이 연장되거나

수득되는 담수량이 매우 적은 문제가 있다. 또한, 막에 흡착된 각종 이물질들을 제거하기 위한 역세척 효율이 낮고, 역세척을 충분히 수행할 수 있는 내구성이 담보되지 못한 문제가 있었다.

- [7] 이에 전처리 공정에서 충분한 유량이 수득되는 동시에 이물질의 제거율도 우수하고, 별도의 화학물질의 처리가 불필요함에 따라서 친환경적으로 해수를 담수화 시킬 수 있는 해수담수화 장치에 대한 개발이 시급한 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명은 상기와 같은 점을 감안하여 안출한 것으로, 원수인 해수나 기수에 포함된 이물질을 효과적으로 응집시킨 뒤 응집된 이물질을 빠른속도로 처리하여 높은 유량으로 배출시킴으로써, 담수화되는 유량을 증가시키고 담수화를 위한 삼투 설비에 대한 내구성을 현저히 향상시킬 수 있는 해수 담수화 장치용 전처리 설비 및 이를 구비한 해수 담수화 장치를 제공하는데 목적이 있다.
- [9] 또한, 본 발명은 해수나 기수의 전처리 과정에서 별도의 화학첨가제 없이 이물질을 제거할 수 있음에 따라서 친환경적이고, 전처리에 따라 수거된 이물질의 제거를 위한 역세척 공정이 용이하며, 이에 대한 내구성이 커 연장된 사용주기를 가지고, 운영에 있어서 매우 경제적인 해수 담수화 장치용 전처리 설비 및 이를 구비한 해수 담수화 장치를 제공하는데 다른 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [10] 상술한 과제를 해결하기 위하여 본 발명은 유입된 해수에 포함된 이물질을 전기응집 시키는 전기응집모듈과, 상기 전기응집모듈로부터 유입된 전기응집수에 포함된 응집체를 여과시키는 필터모듈을 포함하는 전처리부; 및 상기 전처리부에서 유입된 전처리수를 담수화하는 삼투막 모듈을 구비하는 삼투 여과부;를 포함하는 해수담수화 장치를 제공한다.
- [11] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 전기응집모듈은 희생전극에서 발생하는 양이온을 통하여 해수에 포함된 이물질을 전기응집 시키며, 유입된 해수의 처리용량이 1m³/h 이상일 수 있다.
- [12] 또한, 상기 필터모듈은 필터여재를 구비한 필터유닛을 다수로 구비하고, 상기 필터여재는 상기 전기응집모듈로부터 유입된 전기응집수에 대하여 여과유속이 50 LMH 이상이며, 입경이 0.2 μ m 이상인 응집체에 대한 여과효율이 99% 이상일 수 있다.
- [13] 또한, 상기 필터여재는 제1지지체 양면에 각각 순서대로 적층된 제2지지체, 및 나노섬유웹을 구비한 평막이며, 상기 나노섬유웹에서 여과된 여과액이 상기 제1지지체 방향으로 흐르는 유로가 형성된 것일 수 있다.
- [14] 또한, 상기 제1지지체 및 제2지지체는 각각 독립적으로 부직포, 직물 및 편물 중 어느 하나 이상일 수 있고, 보다 바람직하게는 부직포일 수 있다.

- [15] 또한, 상기 나노섬유웹의 평량은 30g/m^2 이하이고, 상기 제1지지체의 평량은 250g/m^2 이상이며, 두께는 상기 필터여재 전체 두께의 90% 이상일 수 있다.
- [16] 또한, 상기 제1지지체의 평량은 $250 \sim 800\text{g/m}^2$ 일 수 있고, 보다 바람직하게는 $350 \sim 600\text{g/m}^2$ 일 수 있다. 또한, 상기 제1지지체의 두께는 $2 \sim 8\text{mm}$ 일 수 있고, 보다 바람직하게는 $2 \sim 5\text{mm}$ 일 수 있으며, 보다 더 바람직하게는 $3 \sim 5\text{mm}$ 일 수 있다.
- [17] 또한, 상기 제2지지체의 평량은 $35 \sim 100\text{g/m}^2$ 이며, 두께는 $150 \sim 250\mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [18] 또한, 상기 나노섬유웹은 섬유형성성분으로 불소계화합물을 포함하며, 상기 불소계화합물은 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)계, 테트라플루오로에틸렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(PFA)계, 테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌 공중합체(FEP)계, 테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(EPE)계, 테트라플루오로에틸렌-에틸렌 공중합체(ETFE)계, 폴리클로로트리플루오로에틸렌(PCTFE)계, 클로로트리플루오로에틸렌-에틸렌 공중합체(ECTFE)계 및 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF)계로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 화합물을 포함할 수 있다.
- [19] 또한, 상기 나노섬유웹은 평균공경이 $0.1 \sim 5\mu\text{m}$ 이고, 기공도가 60 ~ 90%일 수 있다.
- [20] 또한, 상기 나노섬유웹을 형성하는 나노섬유는 평균직경이 $0.05 \sim 1\mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [21] 또한, 상기 나노섬유웹이 평량은 $0.05 \sim 20\text{g/m}^2$ 일 수 있다.
- [22] 또한, 상기 제2지지체는, 지지성분 및 저융점 성분을 포함하여 상기 저융점 성분의 적어도 일부가 외부면에 노출되도록 배치된 제2복합섬유를 구비하고, 상기 제2복합섬유의 저융점 성분이 나노섬유웹에 융착되어 제2지지체와 나노섬유웹이 접합될 수 있다.
- [23] 또한, 상기 필터여재의 제1지지체는 지지성분 및 저융점 성분을 포함하여 상기 저융점 성분의 적어도 일부가 외부면에 노출되도록 배치된 제1복합섬유를 구비하고, 상기 제1복합섬유의 저융점 성분 및 제2복합섬유의 저융점 성분 간 융착으로 제1지지체 및 제2지지체가 접합될 수 있다.
- [24] 상기 필터유닛은 상기 필터여재의 테두리를 지지하는 지지프레임을 더 포함하여 형성된 평판형 필터유닛이며, 상기 지지프레임은 상기 필터여재에서 여과된 여과액이 외부로 유출되도록 하는 유로를 구비할 수 있다.
- [25] 또한, 상기 전기응집모듈은, 상부가 개방된 내부공간을 갖는 하우징; 및 상기 내부공간에 배치되고, 외부에서 공급되는 원수에 포함된 이물질을 응집시키기 위한 희생전극과 파워전극을 포함하는 전극유닛;을 포함하고, 상기 내부공간은 상기 원수가 유입되는 제1챔버, 상기 제1챔버의 상부측에 배치되어 상기 전극부가 배치되는 제2챔버 및 상기 제2챔버에서 전기응집 반응이 완료된 전기응집수가 일시저장 되는 제3챔버를 포함할 수 있다.

- [26] 또한, 본 발명은 유입된 해수에 포함된 이물질을 전기응집 시키는 전기응집모듈; 및 상기 전기응집모듈로부터 유입된 전기응집수에 포함된 응집체를 여과시키는 필터모듈;을 포함하는 해수 담수화 장치용 전처리 설비를 제공한다.

발명의 효과

- [27] 본 발명에 의하면, 원수인 해수나 기수에 포함된 이물질을 효과적으로 응집시킨 뒤 응집된 이물질을 빠른속도로 처리하여 높은 유량으로 배출시킴으로써, 담수화되는 유량을 증가시키고 담수화를 위한 삼투설비에 대한 내구성을 현저히 향상시킬 수 있다. 또한, 해수나 기수의 전처리 과정에서 별도의 화학첨가제 없이 이물질을 제거할 수 있음에 따라서 친환경적이고, 전처리에 따라 수거된 이물질의 제거를 위한 역세척 공정이 용이하며, 이에 대한 내구성이 커 연장된 사용주기를 가지고, 운영에 있어서 매우 경제적이다.

도면의 간단한 설명

- [28] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 해수 담수화 장치 모식도,
 [29] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 포함되는 전기응집모듈을 나타낸 개략도,
 [30] 도 3은 도 2의 주요구성을 나타낸 도면,
 [31] 도 4는 도 3에서 하우징의 내부구성을 나타낸 부분절개도,
 [32] 도 5는 도 3의 단면도,
 [33] 도 6은 도 3에 산기관이 포함된 경우를 나타낸 개략도,
 [34] 도 7은 도 6의 단면도,
 [35] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 포함되는 전기응집모듈에 적용되는 유입관을 나타낸 개략도,
 [36] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 포함되는 전기응집모듈에 적용되는 산기관을 나타낸 개략도,
 [37] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 포함되는 전기응집모듈에 주요구성을 나타낸 도면,
 [38] 도 11은 도 10의 분리도,
 [39] 도 12는 도 10에 적용되는 전극케이스를 나타낸 저면도,
 [40] 도 13a 및 도 13b는 본 발명의 일 실시예에 포함되는 필터모듈에 구비될 수 있는 평판형 필터유닛의 도면으로써, 도 13a는 필터유닛의 사시도, 도 13b는 도 13a의 X-X' 경계선의 단면도를 기준으로 한 여과흐름을 나타낸 모식도,
 [41] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 포함되는 필터모듈에 구비된 필터여재의 단면도,
 [42] 도 16는 본 발명의 일 실시예에 포함되는 필터여재에 적용되는 나노섬유웹의 표면 전자현미경 사진,
 [43] 도 17은 역세척 공정으로 필터여재 내부에서 층분리가 된 후 세척액이 필터여재의 내부에 갇혀 부풀어 오른 필터여재의 사진,

- [44] 도 18은 필터여재의 일례로써, 제1지지체와 나노섬유웹을 직접 합지시키는 것을 나타낸 모식도,
- [45] 도 19a 및 도 19b는 본 발명이 일실시예에 포함되는 필터여재를 합지시키는 모식도로써, 도 19a는 나노섬유웹과 제2지지체를 합지시키는 것을 나타낸 도면이고, 도 19b는 합지된 나노섬유웹과 제2지지체를 제1지지체 양면에 배치시켜 합지시키는 것을 나타낸 도면,
- [46] 도 20 내지 도 23는 본 발명의 일 실시예에 포함되는 필터유닛에 구비되는 다른 필터여재의 단면도, 그리고
- [47] 도 24은 본 발명의 일 실시예에 포함되는 삼투 여과부에 구비되는 삼투유닛의 부분분해사시도, 그리고
- [48] 도 25는 도 24에 따른 삼투유닛에서 외부 하우징을 제거한 내부 구성품을 분해한 분해사시도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [49] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 부가한다.
- [50] 본 발명의 일 실시예에 의한 해수담수화 장치는 도 1에 도시된 것과 같이 취수된 해수에 포함된 이물질 등을 여과하는 전처리부(3200) 및 해수에 포함된 염분 등을 제거하는 삼투여과부(3300)를 포함하며, 취수된 해수를 전처리부(3200)로 공급하는 공급펌프(3100)를 더 포함할 수 있다. 또한, 도 1에 도시되지 않았으나 해수나 기수를 취수하는 취수펌프, 취수된 해수가 저장되는 원수저류조, 전처리부(3200)에서 전처리된 전기응집수가 저장되는 저류조, 삼투여과부(3300)에서 생산된 생산수가 후처리 되는 후처리 시설이나 후처리된 정수가 저장되는 정수조 등 공지된 해수담수화 장치에 구비되는 설비를 더 구비할 수 있다.
- [51] 상기 전처리부(3200)는 원수인 해수나 기수에 포함된 조류 등의 미생물, 이온이 결합하여 생성된 염, 콜로이드성 물질 등 각종 현탁물질을 제거하여 삼투여과부에 유입되는 수질을 일정 수준 이상으로 높여서 삼투 여과부에 걸리는 여과부담을 경감하고, 삼투 여과부의 내구성을 현저히 향상시키는 역할을 담당한다.
- [52] 이를 위하여 상기 전처리부(3200)는 유입된 해수에 포함된 현탁물질을 전기응집 시키는 전기응집모듈(3210)과, 상기 전기응집모듈(3210)로부터 유입된 전기응집수에 포함된 응집체를 여과시키는 필터모듈(3220)을 포함한다.
- [53] 상기 전기응집모듈(3210)은 원수인 해수나 기수에 포함된 현탁물질 중 전하를

면 이물질들 그와 반대되는 전하를 가진 이온을 통해 응집시켜 응집체를 형성시키거나 전기화학적으로 생성된 응집체에 이물질들을 흡착시키는, 이물질의 전기응집공정을 수행한다.

- [54] 상기 전기응집모듈(3210)은 이와 같은 공정을 수행하는 것으로 공지된 전기응집장치의 경우 제한 없이 채용될 수 있다. 다만, 바람직하게는 상기 전기응집모듈(3210)은 대용량의 원수를 단시간 내 처리할 수 있도록 유입된 원수의 처리용량이 1m³/h 이상인 것이 바람직하다.
- [55] 상기 전기응집모듈(3210)은 일예로, 유입되는 원수를 수용하고, 이물질의 전기응집반응을 수행할 수 있도록 소정의 빈 내부공간을 갖는 하우징, 및 양이온을 발생시키기 위한 희생전극을 포함하는 전극유닛을 포함할 수 있다.
- [56] 상기 하우징의 크기, 외벽의 두께, 내부공간의 부피/구조 등은 처리하고자 하는 원수의 용량, 원수내 포함된 이물질의 종류/함량, 전기응집 반응된 이물질의 처리방법 등을 고려하여 공지된 전기응집장치를 채용하거나 목적에 따라서 적절히 변경할 수 있음에 따라서 본 발명은 이에 대해 특별히 한정하지 않는다.
- [57] 또한, 상기 전극유닛은 이물질과 직접 전기응집반응을 일으키거나 간접적으로 전기응집반응을 매개하는 양이온을 발생시킬 수 있는 희생전극을 포함하며, 상기 희생전극이 양이온을 발생시킬 수 있게 하는 파워전극을 더 포함할 수 있고, 상기 희생전극 및 파워전극 각각은 원수의 처리용량, 처리속도를 고려하여 적절한 형태, 크기, 중량 및 개수로 구비될 수 있다.
- [58] 상기 희생전극은 인가되는 전원에 의해 양이온을 발생시킬 수 있는 제질인 경우 제한 없이 사용할 수 있으며, 이에 대한 비제한적인 예로써, 알루미늄, 철, 리튬, 아연 및 니켈 등으로 이루어진 금속 또는 이들의 합금일 수 있다. 또한, 상기 파워전극은 외부에서 인가되는 전원에도 불용성인 제질이 바람직하며, 일예로 스테인리스 스틸일 수 있다.
- [59] 상기 전극유닛의 희생전극에 소정의 전압을 인가하면, 희생전극이 용해되어 금속 이온이 원수로 용출되며, 금속이온은 원수에 포함된 반대전하의 이물질과 응집하거나 금속이온이 고상의 응집체인 금속수산화물로 형성된 후 상기 금속수산화물에 이물질이 흡착됨으로써 이물질이 전기응집될 수 있다.
- [60] 상기 전기응집모듈(3210)은 이러한 전기응집반응이 효율적으로 이루어지고, 응집된 이물질을 보다 용이하게 제거할 수 있도록 하기와 같은 구조를 가질 수 있다.
- [61] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기응집모듈(100,100',200)은 도 2 내지 도 12에 도시된 바와 같이 하우징(110,210) 및 전극유닛(120)을 포함할 수 있다.
- [62] 상기 하우징(110,210)은 외부로부터 공급되는 원수를 일시적으로 저장하기 위한 공간을 제공하기 위한 것이다. 이를 위해, 상부가 개방된 내부공간을 갖는 함체 형상일 수 있다. 즉, 상기 하우징(110,210)은 외부로부터 유입된 원수에 포함된 이물질들이 전기응집반응을 통해 응집된 후, 원수가 별도의 처리공간 측으로 이송될 수 있도록 원수의 체류공간인 내부공간이 형성될 수 있다.

- [63] 이를 위해, 상기 내부공간은 원수가 유입되는 제1챔버(111)와, 상기 전극유닛(120)이 배치되는 제2챔버(112) 및 상기 제2챔버(112)에서 전기응집 반응이 완료된 처리수가 일시저장되는 제3챔버(113)를 포함할 수 있다.
- [64] 이때, 상기 전극유닛(120)이 배치되는 제2챔버(112)는 상기 제1챔버(111)의 상부측에 형성될 수 있고, 상기 제3챔버(113)는 상기 제1챔버(111)의 측부에 나란하게 형성될 수 있으며, 서로 나란하게 배열되는 제2챔버(112) 및 제3챔버(113)는 상기 내부공간에 소정의 높이로 돌출 형성되는 격벽(114)을 매개로 서로 구획될 수 있다.
- [65] 이에 따라, 상기 제1챔버(111)는 외부로부터 공급된 원수가 전기응집 반응이 수행되는 제2챔버(112) 측으로 이동하기 전 체류하는 버퍼공간의 역할을 수행함으로써 균등한 수위를 유지하면서 상기 제2챔버(112) 측으로 이동할 수 있다. 이로 인해, 상기 제2챔버(112) 측으로 유입되는 원수는 상기 전극유닛(120)을 구성하는 희생전극(122) 및 파워전극(121)에 균일한 면적으로 접촉함으로써 전체적인 처리 속도를 높일 수 있다.
- [66] 여기서, 상기 제1챔버(111) 측에는 소정의 길이를 갖추고 복수 개의 분사공(131)이 길이방향을 따라 형성된 중공형의 유입관(130)이 배치됨으로써 외부로부터 공급되는 원수가 상기 분사공(131)을 통해 제1챔버(111) 측으로 분출될 수 있으며(도 4 및 도 8 참조), 상기 유입관(130)은 상기 전극유닛(120)을 구성하는 복수 개의 전극의 배열방향과 평행한 방향으로 배치될 수 있다. 더불어, 상기 제1챔버(111)의 바닥면에는 드레인을 외부로 배출할 수 있도록 드레인배관(119)과 연결되는 드레인배출공(118)이 형성될 수 있다.
- [67] 이와 같이, 본 발명에 따른 전기응집모듈(100,100',200)은 상기 유입관(130)의 분사공(131)을 통해 상기 제1챔버(111) 측으로 분사된 원수가 제1챔버(111)를 완전히 채운 후 서서히 수위가 상승하여 상기 전극유닛(120)이 배치된 제2챔버(112) 측으로 유입되고, 균등한 수위를 유지하면서 상기 제2챔버(112) 측으로 유입된 원수는 상기 전극유닛(120)을 통하여 응집반응이 완료된 후 제2챔버(112)로부터 상기 격벽(114)의 상부단을 넘어 제3챔버(113) 측으로 유입될 수 있다.
- [68] 이때, 상기 격벽(114)은 상기 제3챔버(113)의 벽면을 구성하는 일면이 경사면으로 형성될 수 있다. 일례로, 상기 경사면은 상기 격벽(114)의 상부단으로부터 하부측으로 갈수록 상기 제3챔버(113) 측으로 하향경사지게 형성될 수 있다(도 2 내지 도 4 참조). 이에 따라, 상기 격벽(114)의 상부단을 통해 오버플로우 되는 처리수는 상기 경사면을 따라 상기 제3챔버(113)측으로 원활하게 이동될 수 있다.
- [69] 또한, 상기 제3챔버(113)의 바닥면에는 적어도 하나의 배출공(118)이 형성될 수 있다. 이와 같은 배출공(118)은 별도의 배관(40)을 통해 전기응집 반응을 통해 응집된 이물질들을 처리하기 위한 후처리장치와 연결됨으로써 처리수가 상기 후처리장치 측으로 이송될 수 있다.

- [70] 한편, 상기 하우징(110,210)은 전원 인가시 상기 제2챔버(112) 측에 배치되는 전극유닛(120)과의 쇼트를 방지할 수 있도록 절연체 또는 부도체로 이루어질 수 있다. 일례로, 상기 하우징(110,210)은 플라스틱, 콘크리트, 합판 등과 같은 재질로 이루어질 수 있으나, 이에 한정하는 것은 아니며 공지의 절연체 또는 부도체가 모두 사용될 수 있음을 밝혀둔다.
- [71] 더불어, 상기 하우징(110,210)의 외면에는 내약품성, 내부식성 및 전기 전열성 중 적어도 어느 하나의 성질을 갖는 코팅층이 도포됨으로써 원수에 포함된 중금속 등에 의해 하우징(110,210)이 손상되는 것을 미연에 방지할 수 있다.
- [72] 이와 같은 하우징(110,210)은 별도의 지지프레임(160)을 통해 고정될 수 있으며, 상기 지지프레임(160)을 포함하는 경우 후술하는 제어부(140) 역시 상기 지지프레임(160)의 일측에 고정될 수 있다.
- [73] 상기 전극유닛(120)은 소정의 면적을 갖는 판상의 전극이 복수 개로 구비될 수 있으며, 상기 복수 개의 전극판은 상기 제2챔버(112)의 내부에 소정의 간격을 두고 이격 배치될 수 있다. 일례로, 상기 복수 개의 전극판은 외부로부터 공급되는 전원이 인가되는 한 쌍의 파워전극(121)과, 상기 한 쌍의 파워전극(121) 사이에 소정의 간격을 두고 일면이 서로 대면하도록 서로 평행하게 이격 배치되는 복수 개의 희생전극(122)을 포함할 수 있다.
- [74] 상기 한 쌍의 파워전극(121)은 외부로부터 공급되는 전원이 원활하게 인가될 수 있도록 상기 희생전극(122) 보다 상대적으로 더 긴 길이를 갖도록 형성됨으로써 상기 제2챔버(112) 측에 배치시 상기 제2챔버(112)에 저장된 원수에 완전히 잠기지 않고 원수의 표면으로부터 적어도 일부의 길이가 외부로 노출될 수 있다(도 3 참조). 반면, 상기 한 쌍의 파워전극(121) 사이에 배치되는 복수 개의 희생전극(122)은 상기 제2챔버(112)에 저장된 원수에 의해 완전히 잠기도록 배치됨으로써 전체 면적이 원수와 접촉되어 반응면적을 최대화 할 수 있다.
- [75] 한편, 상기 전극유닛(120)을 구성하는 희생전극(122) 및 파워전극(121)은 상기 하우징(110)에 직접 고정될 수도 있고, 별도의 부재 측에 고정된 후 상기 제2챔버(112) 측에 상기 별도의 부재가 결합되는 방식일 수도 있다.
- [76] 일례로, 상기 전극유닛(120)은 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이 상기 하우징(110)의 내벽에 직접 고정될 수 있다. 즉, 상기 제2챔버(112)를 규정하는 하우징(110)의 내벽, 더욱 자세하게는 서로 대면하는 격벽(114)의 내면과 하우징(110)의 내측면에는 높이방향을 따라 복수 개의 끼움홈(115)이 인입형성될 수 있으며, 상기 복수 개의 끼움홈(115)은 전극유닛(120)에 구비된 파워전극(121) 및 희생전극(122)에과 대응되는 개수로 형성될 수 있다.
- [77] 여기서, 상기 끼움홈(115)은 상부단이 개방되고 하부단이 밀폐됨으로써 상기 전극유닛(120)의 하부단의 삽입깊이가 제한될 수 있다.
- [78] 이에 따라, 상기 끼움홈(115)에 상기 전극유닛(120)을 각각 삽입함으로써 서로 이웃하는 각각의 전극은 소정의 간격을 두고 일면이 서로 대면한 상태로

평행하게 배치될 수 있다.

- [79] 다른 예로써, 도 10 내지 도 12에 도시된 바와 같이 상기 전극유닛(120)은 전극케이스(116)에 고정된 후 상기 전극케이스(116)가 하우징(210)의 제2챔버(112) 측에 결합되는 방식을 통해 고정될 수도 있다.
- [80] 이때, 상기 전극케이스(116)는 서로 대면하는 내벽에 높이방향을 따라 복수 개의 끼움홈(117)이 인입형성될 수 있으며, 상,하부가 개방된 함체형상일 수 있다. 이에 따라, 상기 전극유닛(120)이 각각의 끼움홈(117)에 삽입된 상태에서 상기 전극케이스(116)를 제2챔버(112) 측에 삽입하게 되면 개방된 하부를 통해 제1챔버(111)로부터 상승하는 원수가 원활하게 유입될 수 있다.
- [81] 여기서, 상기 전극케이스(116)는 전원 인가시 상기 끼움홈(117)에 삽입되는 상기 전극유닛(120)과의 쇼트를 방지할 수 있도록 절연체 또는 부도체로 이루어질 수 있다. 일례로, 상기 전극케이스(116)는 플라스틱, 콘크리트, 합판 등과 같은 재질로 이루어질 수 있으나, 이에 한정하는 것은 아니며 공지의 절연체 또는 부도체가 모두 사용될 수 있음을 밝혀둔다. 더불어, 상기 전극케이스(116)의 외면에는 내약품성, 내부식성 및 전기전열성 중 적어도 어느 하나의 성질을 갖는 코팅층이 도포됨으로써 원수에 포함된 중금속 등에 의해 전극케이스(116)가 손상되는 것을 미연에 방지할 수도 있다.
- [82] 또 다른 예로써, 도 13a 및 도 13b에 도시된 것과 같이 전기응집모듈(200')의 전극유닛은(120') 수용부재(123)의 외측에 서로 마주하도록 배치되어 외부로부터 공급되는 전원이 인가되는 한 쌍의 전극판인 파워전극(121')과, 상술한 희생전극(122)으로써 전극판 대신에 도전성 덩어리(122')가 상기 수용부재(123)의 내부에 수용될 수 있다. 희생전극(122)으로써 판상의 전극판 대신에 구비되는 도전성 덩어리(122')에서 용출되는 금속양이온이 전하를 띤 이물질과 전기적으로 중화되어 응집반응이 일어나는 동시에 산화, 환원반응이 일어남으로써 이물질이 제거될 수 있다. 이와 같은 전기응집 원리는 상술한 설명을 포함하여 공지의 내용이므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [83] 도 1 내지 도 12에서 예시한 타입의 전극유닛(120)의 경우 서로 마주보는 파워전극(121)인 전극판 사이에 복수의 희생전극(122)을 이격 배치하는 형태인데, 전원이 인가되는 파워전극과의 상대적인 거리에 따라 전력소모량의 차이가 발생하고, 전력량의 소모가 다소 커서 생산비용을 증가될 우려가 있다. 이에 반하여 도 13a 및 도 13b와 같이 희생전극을 다수의 도전성 덩어리(122')로 구비시킬 경우 전력량의 소모를 현저히 감소시키면서도 동등 수준 이상의 전기응집 효율을 발현할 수 있는 이점이 있다. 나아가, 해수담수화에 더 적합할 수 있다.
- [84] 구체적으로 상기 도전성 덩어리(122')는 수용부재(123)에 수용될 수 있으며, 상기 수용부재(123)의 외측에는 파워전극(121')인 한 쌍의 전극판이 서로 마주하도록 배치될 수 있다. 또한, 상기 수용부재(123)는 제1챔버(111)로부터 상기 수용부재의 수용공간 측으로 원수를 유입시키기 위한 적어도 하나의

제1통과공(123b)과, 상기 제1통과공(123b)을 통해 유입된 원수를 마주보는 두 전극판(121') 측으로 이동시키기 위한 적어도 하나의 제2통과공(123a)이 각각 관통형성될 수 있다.

[85] 일례로, 상기 수용부재(123)는 상부가 개방된 함체형상으로 구비될 수 있으며, 상기 제1통과공(123b)이 바닥면에 형성될 수 있고, 상기 제2통과공(123a)이 상기 파워전극(121')과 마주하는 측부에 관통형성될 수 있다.

[86] 이에 따라, 상기 제1통과공(123b)을 통해 수용부재(123)의 내부로 유입된 원수는 상기 수용부재(123)에 채워진 도전성 덩어리(122')들의 표면을 둘러쌀 수 있으며, 상기 제2통과공(123a)을 통해 파워전극(121')과도 접촉될 수 있다.

[87] 이로 인해, 상기 파워전극(121') 측에 전원이 인가되면 상기 수용부재(123)에 채워진 복수 개의 도전성 덩어리(122')는 원수를 매개로 일정전압이 인가됨으로써 상술한 전기응집반응이 일어날 수 있다.

[88] 도 13a 및 도 13b는 상기 수용부재(123) 및 파워전극(121')이 전극케이스(116')를 통해 상기 하우징(110)에 인입될 수 있도록 도시하였으나, 이와 다르게 전극케이스가 수용부재의 기능을 겸하도록 설계의 변경이 가능하다. 구체적으로 전극케이스의 하부면이 개방되지 않는 형상을 갖도록 하여 내부 공간에 도전성 덩어리(122')를 수용할 수 있도록 하되, 상기 내부공간으로 원수가 유입되도록 상기 하부면에 다수의 홀이 관통 형성된 제1통과공을 구비시킬 수 있다. 또한, 전극케이스 양측에 서로 마주보도록 구비된 한 쌍의 파워전극(121')과 내부에 수용된 상기 도전성 덩어리(122')가 직접 접촉하여 도통되지 않도록 파워전극(121')을 도전성 덩어리(122')와 격리시키는 두 개의 분리판을 서로 마주보도록 전극케이스의 내부공간에 구비시키되, 전극케이스 내부 공간에 유입된 원수가 분리판을 통과하여 두 전극판 측을 향해 유입될 수 있도록 분리판에 다수의 홀이 관통 형성된 제2통과공을 구비시킬 수 있다. 또한, 상기 분리판은 파워전극(121')과 도전성 덩어리(122') 간을 전기적으로 절연시키기 위해 절연체 또는 부도체일 수 있다. 한편, 전극케이스를 구비하지 않고, 하우징에 끼움홈 등을 구비시켜 직접 파워전극(121')이 서로 마주보도록 인입시키고, 그 사이 공간에 상술한 수용부재(123) 및 수용부재(123) 내부공간에 수용된 도전성 덩어리(122')를 배치시킬 수도 있다.

[89] 한편, 상기 도전성 덩어리(122')는 원수와의 접촉면적을 늘릴 수 있도록 적어도 하나의 통공이 관통형성될 수 있다. 일례로, 상기 도전성 덩어리(122')는 중공관의 형태일 수도 있고 복수 개의 통공이 관통형성된 다공성 형태일 수도 있다. 이를 통해, 상기 도전성 덩어리(122')를 동일한 사이즈로 형성하더라도 통공이 형성되지 않은 도전성 덩어리들에 비하여 원수와의 접촉면적을 더욱 늘릴 수 있음으로써 사용되는 도전성 덩어리(122')의 전체개수를 줄이면서도 동등한 처리효율을 얻을 수 있다.

[90] 한편, 상기 수용부재(123)는 전원인가시 상기 파워전극(121')과의 전기적인 쇼트를 방지할 수 있도록 절연체 또는 부도체로 이루어질 수 있다. 일례로, 상기

수용부재(123)는 플라스틱, 콘크리트, 합판 등과 같은 재질로 이루어질 수 있으나, 이에 한정하는 것은 아니며 공지의 절연체 또는 부도체가 모두 사용될 수 있음을 밝혀둔다. 더불어, 상기 수용부재(123)의 외면에는 내약품성, 내부식성 및 전기전열성 중 적어도 어느 하나의 성질을 갖는 코팅층이 도포됨으로써 원수에 포함된 중금속 등에 의해 수용부재(123)가 손상되는 것을 미연에 방지할 수도 있다.

[91] 또한, 상기 수용부재(123)에 채워지는 도전성 덩어리(122')와 파워 전극(121') 사이의 간격은 전기적인 쇼트를 방지하면서도 원활한 전원이 인가될 수 있도록 적절한 간격을 가질 수 있다. 일례로, 도전성 덩어리(122')와 파워 전극(121') 중 어느 일 전극판 사이의 간격은 1~10mm일 수 있으며, 상기 수용부재(123) 중 상기 제2통과공(123a)이 형성된 부분의 두께가 1~10mm일 수 있다.

[92] 또한, 상기 수용부재(123)에 채워지는 복수 개의 도전성 덩어리(122')의 개수는 처리하고자 하는 원수의 처리용량에 따라 적절하게 변경될 수 있음을 밝혀둔다. 더불어, 상기 파워전극(121')에 인가되는 전류량은 상기 수용부재(123)에 채워져 원수와 접촉되는 도전성 덩어리(122')의 전체 표면적과의 상관관계에 따라 적절하게 변경될 수 있음을 밝혀둔다. 또한, 파워전극(121')의 역할을 수행하는 전극판의 개수는 다수 개로 구비될 수 있으며, 배치위치 역시 적절하게 변경될 수 있음을 밝혀둔다.

[93] 한편, 본 발명에 따른 전기응집모듈(100')은 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이 원수가 유입되는 제1챔버(111) 측에 미세버블을 발생시키기 위한 산기관(150)이 배치될 수 있다. 즉, 상기 산기관(150)은 상기 제2챔버(112)의 하부측에 형성되는 제1챔버(111) 측에 배치됨으로써 외부로부터 공급되는 공기를 분출하는 과정에서 발생하는 미세버블이 상기 제2챔버(112) 측에 배치되는 전극유닛(120) 각각의 전극판 사이로 통과할 수 있도록 한다. 이를 통해, 전기응집 반응시 발생하는 고분자 수산화물 복합체(flocs)와 같은 응집체가 전극유닛(120)에 둘러붙어 각각의 이들이 오염되는 것을 방지함으로써 원활한 응집반응이 일어날 수 있도록 하며, 전극유닛(120)의 사용시간을 늘려줄 수 있음으로써 유지보수비용을 줄일 수 있다.

[94] 이를 위해, 상기 산기관(150)은 소정의 길이를 갖추고 길이방향을 따라 복수 개의 토출공(151)이 관통형성된 중공관일 수 있으며(도 9 참조), 상기 산기관(150)은 상기 제1챔버(111)에 배치되는 유입관(130)과 평행한 방향으로 배치될 수 있다.

[95] 여기서, 상기 산기관(150)은 상기 유입관(130)과 동일한 높이에 배치될 수도 있고, 상기 유입관(130)의 상부 또는 하부측에 배치될 수도 있음을 밝혀둔다.

[96] 이때, 상기 산기관(150)은 상기 토출공(151)을 통해 배출되는 미세버블이 10 μ m 이하의 크기를 갖도록 상기 토출공(151)을 덮는 다공성기재(152)를 포함할 수 있으며(도 9 참조), 상기 다공성기재(152)는 평균 공경이 5 μ m 이하의 크기를 갖는 미세 기공이 형성될 수 있다.

- [97] 이는, 상기 토출공(151)을 통해 배출되는 미세버블의 크기가 $10\mu\text{m}$ 를 초과하게 되면 전원인가시 전기응집반응을 위하여 전극유닛(120)에서 발생하는 금속 이온의 활성화를 방해하여 원활한 이온발생을 저하시키기 때문이다.
- [98] 따라서, 본 발명에서는 미세기공을 갖는 다공성기재(152)를 통해 버블이 배출되는 토출공(151)을 덮어줌으로써 $10\mu\text{m}$ 이하의 미세버블이 발생하도록 함으로써 전극유닛(120)에서 금속이온이 원활하게 발생할 수 있도록 한다.
- [99] 여기서, 상기 다공성기재(152)는 상기 산기관(150)의 외면을 전체적으로 덮도록 구비될 수도 있고, 상기 토출공(151)과 대응되는 영역에만 부분적으로 구비될 수도 있음을 밝혀둔다.
- [100] 한편, 본 발명에 따른 전기응집모듈(100,100',200,200')은 전원의 공급 및 차단, 한 쌍의 파워전극(121,121')에 인가되는 전원의 크기나 전류밀도 등과 같은 전반적인 동작을 제어하기 위한 제어부(140)를 포함할 수 있다.
- [101] 이때, 상기 제어부(140)는 상기 한 쌍의 파워전극(121,121')에 인가되는 전원의 극성을 주기적으로 변환할 수도 있다. 이를 통해, 전기응집 반응시 파워전극(121,121')의 양면에 인가되는 극성이 주기적으로 변경됨으로써 양면이 골고루 사용될 수 있도록 한다. 이에 따라, 파워전극(121)의 양면이 골고루 사용될 수 있음으로써 파워전극(121)의 교체주기를 늘릴 수 있다.
- [102] 상술한 전기응집모듈(3210,100,100',200,200')을 통과한 원수인 전기응집수는 필터모듈(3220)로 유입되며, 필터모듈(3220)을 통해 전기응집된 응집체 포함하는 각종 현탁물질이 걸러질 수 있다.
- [103] 이를 위해 상기 필터모듈(3220)은 도 14a 및 도 14b에 도시된 것과 같이, 필터여재(1000)를 구비한 평판형 필터유닛(2000)을 다수로 구비할 수 있다. 이때, 다수개의 평판형 필터유닛(2000)이 외부케이스에 소정의 간격으로 이격하여 고정되는 단위블록을 형성할 수 있고, 상기 단위블록을 적어도 하나 포함하여 필터모듈(3220)을 구현할 수 있다.
- [104] 상기 평판형 필터유닛(2000)은 상기 필터여재(1000)의 테두리를 지지하는 지지프레임(1100)을 더 포함하며, 상기 지지프레임(1100)의 어느 일영역에는 필터여재(1000)의 외부와 내부 간 압력차를 구배시킬 수 있는 흡입구(1110)가 구비될 수 있다. 또한, 상기 지지프레임(1100)에는 필터여재(1000)를 통해 여과된 여과액이 외부로 유출될 수 있도록 하는 유로(E)가 형성될 수 있다.
- [105] 구체적으로 필터유닛(2000)은 상기 흡입구(1110)를 통해 높은 압력의 흡입력을 가할 경우 도 14b와 같이 필터여재(1000)의 외부에 배치되는 전기응집된 응집체를 포함한 전기응집수(P)가 필터여재(1000)의 내부를 향하게 되고, 필터여재(1000)를 통과하며 여과된 여과액(Q_1)은 필터여재(1000) 내부에 형성된 유로를 따라 흐른 뒤 지지프레임(1100)에 구비된 유로(E)로 유입되고, 유입된 여과액(Q_2)은 상기 흡입구(1110)를 통해 외부로 유출될 수 있다.
- [106] 상기 평판형 필터유닛(2000) 전기응집된 응집체 및 기타 이물질을 여과시킬 수 있는 필터여재(1000)를 구비한다. 상기 필터여재(1000)는 수처리 분야에서

사용되는 공지된 필터여재인 경우 제한 없이 채용할 수 있다. 다만, 상술한 전기응집모듈(3210)의 처리용량 $1\text{m}^3/\text{h}$ 이상을 고려하여 수처리 속도가 빠른 필터여재를 선정함이 중요하다. 만일 처리용량이 $1\text{m}^3/\text{h}$ 이상인 전기응집모듈에서 빠른 속도 및/또는 많은 양으로 유입되는 원수에 대한 여과속도가 느릴 경우 필터모듈(3220)에 높은 배압이 걸림에 따라서 여과효율 및 장치의 내구성에 문제가 발생할 수 있고, 이를 방지하고자 필터여재를 통과하는 원수의 처리속도를 높일 경우 원수 내 포함된 전기응집된 이물질의 여과효율이 저하될 수 있는 문제가 있다.

[107] 이에 따라 상기 필터모듈(3220)에 구비되는 필터여재(1000)는 유입된 전기응집수에 포함된 응집체에 대하여 여과유속이 50LMH 이상일 수 있고, 이를 통해 여과부에 걸리는 배압증가를 최소화함과 동시에 전기응집모듈(3210)의 처리용량에 맞춰 원수를 빠르게 삼투 여과부(3300)로 공급할 수 있으며, 전기응집모듈(3210)로부터 유입된 원수에 포함된 응집된 이물질을 효과적으로 제거할 수 있는 이점이 있다. 더욱이 상기 필터모듈은 필터여재(1000)를 구비한 필터유닛을 다수로 구비하고, 상기 필터여재(1000)는 상기 전기응집모듈(3210)로부터 유입된 전기응집수에 대하여 여과유속이 50LMH 이상이며, 입경이 $0.2\mu\text{m}$ 이상인 응집체에 대한 여과효율이 99% 이상임에 따라서 유입된 전기응집수를 빠르게 처리할 수 있고, 응집체에 대한 여과효율이 매우 뛰어나다.

[108] 위와 같은 물성을 갖는 필터여재(1000)의 경우 본 발명에 포함되는 전처리부(3200)의 필터모듈(3220)에 제한 없이 채용될 수 있으나, 보다 향상된 역세척 효율 및 높은 기계적 강도에 따른 내구성 측면에서 도 15에 도시된 것과 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 필터여재(1000)는 제1지지체(330) 양면 각각에 순서대로 적층된 제2지지체(321,322), 및 나노섬유웹(311,312)을 구비하고, 상기 나노섬유웹(311,312)에서 여과된 여과액이 상기 제1지지체(130) 방향으로 흐르는 여과경로를 갖는 여재일 수 있다.

[109] 본 발명의 일 실시예에 의한 필터모듈에 구비된 필터여재(1000)는 도 15에 도시된 것과 같이, 적어도 5층 구조를 가지며, 두께가 상이한 2종의 지지체(321/322,330)를 구비한다. 이때, 상기 필터여재(1000)는 보다 바람직하게는 나노섬유웹(311,312)의 평량은 $30\text{g}/\text{m}^2$ 이하이고, 상기 제1지지체(330)의 평량은 $250\text{g}/\text{m}^2$ 이상이며, 두께는 상기 필터여재(1000) 전체 두께의 90% 이상일 수 있다. 본 발명에 따른 필터여재(1000)를 이루는 각 층에 대해 설명하기에 앞서서 제1지지체(330)의 두께가 필터여재(1000) 전체 두께의 90% 이상이 되도록 두꺼워야 하는 이유와 필터여재(1000) 내에 제1지지체 이외에 제2지지체를 구비해야 하는 이유에 대해 먼저 설명한다.

[110] 필터여재를 이용해서 전기응집수의 수처리 공정이 반복될수록 전기응집수에 포함된 응집체 등의 이물질이 필터여재에 들러붙어 부착층을 형성하거나 필터여재 내부에 박혀 유로를 막고 여과기능을 저하시키는데, 이와 같은 문제가

발생할 때마다 필터여재를 교체할 경우 해수담수화에 소요되는 비용이 증가하는 문제가 있다. 이에 따라 필터여재의 사용주기를 연장시키기 위해 주기적으로 필터여재에 물리적 자극을 가하여 필터여재에 들러붙거나 내부에 박힌 이물질을 제거하는 세척공정을 수행할 필요가 있고, 이를 역세척이라고 한다. 통상적으로 역세척은 필터여재의 여과방향에 반대되는 방향으로 세척수를 강하게 흘려주거나 공기를 불어넣는 방식으로 필터여재에 부착되거나 박힌 이물질을 제거하는데, 세척수 및/또는 공기를 필터여재에 공급하고 동시에 이물질을 제거하기 위해서는 여과공정에서 필터여재에 가해지는 압력보다 더 높은 압력으로 세척수나 공기를 공급할 필요가 있다.

[111] 이에 따라서 필터여재가 역세척 능력을 보유하기 위해서는 가해지는 높은 압력에도 필터여재가 변형되거나 손상되지 않을 정도의 기계적 강도를 갖는 것이 중요하며, 기계적 강도의 보완을 위한 지지체가 통상적으로 필터여재에 구비된다. 지지체의 기계적 강도에 영향을 미칠 수 있는 인자로는 지지체의 구조, 일예로 상기 지지체가 부직포인 경우 부직포를 형성하는 섬유의 직경, 섬유장, 섬유간 결합방식, 두께, 평량일 수 있고, 두께가 두껍거나 평량이 클수록 지지체의 기계적 강도는 증가할 수 있다. 따라서 역세척에 강한 필터여재를 설계하기 위한 일예로 두께가 두꺼운 부직포를 사용하거나 두께가 다소 얇더라도 평량이 매우 큰 부직포를 지지체로 사용할 수 있다.

[112] 한편, 지지체는 필터여재의 여과액의 흐름에 영향을 미치지 않도록 큰 공경을 갖는 것이 좋다. 기계적 강도의 보완을 위해 구비된 지지체로 인한 유량 저하는 필터여재의 주요 물성을 저하시키는 것임에 따라서 매우 바람직하지 못하다. 일예로, 얇은 두께임에도 충분한 기계적 강도가 발현되는 부직포를 지지체로 사용할 경우 부직포의 평량이 매우 큼에 따라서 부직포 내 기공의 직경, 기공도가 현저히 작을 수밖에 없고, 필터여재의 여과액 흐름에 영향을 미침에 따라서 목적하는 수준의 유량을 확보하지 못하는 문제가 있다.

[113] 이에 따라서 본 발명에 따른 필터여재(1000)는 충분한 유로를 확보하면서 필터여재(1000)의 기계적 강도를 담보하기 위해, 평량이 30g/m^2 이하인 나노섬유웹(311,312)과, 필터여재(1000) 전체 두께의 90% 이상의 두께를 갖는 제1지지체(330)를 구비하는 것이 좋다. 평량이 30g/m^2 이하인 나노섬유웹을 구비한 필터여재(1000)에서 상기 제1지지체(330)의 두께는 필터여재(1000) 전체 두께의 90% 이상을 차지할 수 있고, 보다 바람직하게는 필터여재(1000) 전체 두께의 95% 이상, 보다 더 바람직하게는 95 ~ 98%일 수 있다. 만일 제1지지체가 필터여재(1000) 전체두께의 90% 미만일 경우 평량이 30g/m^2 이하인 나노섬유웹을 구비한 필터여재(1000)가 충분한 기계적 강도를 보유하지 못해 역세척을 수행하기 어려워져 필터여재(1000)의 교체주기가 짧아질 수 있다. 다만, 제1지지체의 두께가 필터여재(1000) 전체 두께의 90% 이상을 만족하는 경우에도 제1지지체의 평량이 작은 경우에는 충분한 기계적 강도를 가지지 못하는 문제가 있다. 이에 상기 제1지지체의 평량은 250g/m^2 이상을 만족할 수

있다. 만일 제1지지체의 평량이 250g/m^2 미만일 경우 역세척을 위한 기계적 강도를 발현할 수 없어서 여재의 손상과 이로 인한 내구성이 감소될 수 있고, 섬유간 접촉되는 비표면적의 감소로 나노섬유웹과의 부착력도 현저히 감소할 수 있다.

- [114] 또한, 제1지지체가 필터여재(1000) 전체두께의 90% 미만이면서 역세척에 충분히 견딜 수 있을 정도의 기계적 강도를 확보한다는 것은 제1지지체로 인한 전기응집수의 흐름방해, 유량감소가 발생할 수 있음을 의미하고, 이 경우 처리용량이 $1\text{m}^3/\text{h}$ 이상인 전기응집모듈에서 빠른 속도 및/또는 많은 양으로 유입되는 원수에 대한 필터여재(1000)의 느린 여과속도로 인해 필터모듈(3220)에 높은 배압이 걸리고, 이로 인해 여과효율 및 장치의 내구성에 문제가 발생할 수 있다. 이에 바람직하게는 상기 제1지지체(330)는 평량이 800g/m^2 이하일 수 있고, 만일 제1지지체(330)의 평량이 800g/m^2 를 초과할 경우 두께가 필터 전체 두께의 90% 미만이어도 기계적 강도를 확보할 수 있어도 유량의 현저한 감소 우려가 있다.
- [115] 다만, 여재로써 기능하는 나노섬유웹(311,312)과 상기 제1지지체(330)의 결합력이 약할 경우 기계적 강도가 매우 뛰어나더라도 역세척에 따른 필터여재(1000)의 내구성이 저하될 수 있다. 즉, 역세척 과정에서 가해지는 높은 압력은 필터여재(1000)를 형성하는 각 층간의 계면분리를 가속화시킬 수 있고, 이 경우 도 17에 도시된 것과 같이 역세척 공정에서 분리막의 배부름 현상이 발생할 수 있으며, 분리막으로써 기능이 현저히 저하 또는 완전 상실할 수 있는 문제가 있다.
- [116] 따라서, 두께를 현저히 증가시킨 제1지지체와 여재로써의 나노섬유웹 간에 일정 수준 이상의 부착력을 갖는 것은 역세척시 가해지는 높은 압력과, 잦은 역세척에도 충분한 내구성을 발휘하는 필터여재를 구현하는데 있어서 매우 중요한 의미를 갖는다.
- [117] 통상적으로 지지체와 나노섬유웹을 부착시키는 방법은 별도의 접착물질을 이용하거나 지지체에 구비된 저융점 성분을 나노섬유웹에 융착시켜 두 층을 접합시킬 수 있다. 그러나 별도의 접착물질을 통해 두 층을 접합시킬 경우 피처리수에 의해 접착물질이 용해될 우려가 있고, 이로 인한 여과액의 오염 문제, 수투과도 저하 문제도 있을 수 있다. 만일 접착물질이 부분적으로 용해된 필터여재를 역세척할 경우 필터여재의 배부름 현상이나 심할 경우 나노섬유웹이 박리되어 필터여재로의 기능을 완전히 상실할 수 있다.
- [118] 이에 따라 바람직하게는 나노섬유웹과 지지체가 융착(A)을 통해 접합되는 방식을 채용할 수 있고, 도 18과 같이 적층된 지지체(1) 및 나노섬유웹(2)의 양방에서 열 및/또는 압력을 가해 이들을 접합시킬 수 있다. 다만, 열 및/또는 압력을 가해 이들을 접합시킬 때 고려해야 할 점은 가해지는 열, 압력으로 인해 여재로써 기능하는 나노섬유웹(2)이 물리, 화학적으로 변형되는 것을 최소화해야 하며, 만일 열접합 과정에서 나노웹이 물리, 화학적으로 변형될 경우

초도에 설계한 필터여재의 유량, 여과율 등의 물성이 변경될 수 있는 문제가 있다.

- [119] 한편, 나노섬유웹(2)의 물리/화학적 변형이 없도록 부착공정에서 열 및/또는 압력 조건을 선택할 때 고려되어야 하는 점은 나노섬유웹, 지지체의 재질적 특성, 일예로 융점, 열전도율, 열용량 등일 수 있다. 통상적으로 융점 이상의 온도 또는 융점 이상의 온도와 압력을 동시에 가하여 지지체의 저융점성분을 나노섬유웹에 용착시키거나 융점보다 다소 낮더라도 높은 압력을 가해 지지체의 저융점성분을 나노섬유웹에 용착시킬 수 있다.
- [120] 그러나 지지체나 나노섬유웹을 형성하는 재질은 고분자화합물으로써, 이와 같은 고분자화합물은 열전도율이 작고, 열용량이 매우 크기 때문에, 도 18과 같이 양방에 소정의 열(H_1, H_2)을 가하더라도 열(H_1, H_2)이 나노섬유웹(1)과 지지체(2) 사이의 계면에 도달하여 지지체(2)에 구비된 저융점성분의 온도를 융점까지 상승시키기 위해서는 오랜 시간 동안 지속적으로 열이 가해져야 한다. 더욱이 도 18과 같이 지지체(1)의 두께가 매우 두꺼울 경우 하방에서 전달되는 열(H_2)이 나노섬유웹(2)과 지지체(1)의 계면부근까지 전달되고 해당 부근의 지지체에 구비된 저융점성분의 온도를 융점까지 상승시키는 데에는 더욱 오랜 시간이 소요될 수 있고, 시간의 단축을 위해 더 큰 열을 하방에서 가해줄 필요가 있다. 그러나 너무 큰 열을 하방에서 가할 경우 제1지지체 하부에서 저융점 성분의 용융이 먼저 일어날 수 있고, 지지체의 형상, 구조가 변경될 수 있는 문제가 있다.
- [121] 다른 방법으로 상방에서 가해지는 열(H_1)을 더 크게 하여 지지체(1)의 두께에 따른 난점을 해결해볼 수 있으나, 이 경우 나노섬유웹(2)의 물리/화학적 변형이 초래될 수 있고, 초도에 설계한 필터여재의 물성을 온전히 발현하지 못할 수 있는 문제가 있다.
- [122] 또한, 지지체(1)의 두께가 매우 두꺼울 경우 지지체(1)를 구성하는 섬유의 직경이 매우 클 수 있고, 이로 인해 지지체(1)와 나노섬유웹(2)의 합지시 서로 간에 맞닿는 면적이 적어 부착력이 저하될 수밖에 없으며 이로 인해 역세척 시 쉽게 박리되거나 나노섬유웹(2)이 부풀어 오를 우려가 매우 높다.
- [123] 이에 따라서, 본 발명의 일실시예에 의한 필터여재(1000)는 제1지지체(330)와 나노섬유웹(311, 312)를 직접 대면시키지 않고, 그 보다 두께가 얇은 제2지지체(321, 322)를 개재시키며, 이를 통해 층간 부착공정을 보다 안정적이고 용이하게 수행할 수 있으며, 각 층 간의 계면에서 현저히 우수한 결합력을 발현하고, 역세척 등으로 인해 높은 외력이 가해져도 층간 분리, 박리 문제를 최소화할 수 있다.
- [124] 이를 도 19a를 통해 설명하면, 필터여재의 전체 두께에 대해 10% 미만을 차지하는 제2지지체(3)는 나노섬유웹(2)과의 두께 차이가 나노섬유웹(2)과 제1지지체(1)간의 두께 차이에 비해 현저히 적어짐에 따라서 나노섬유웹(2)/제2지지체(3)의 적층체 상방, 하방에서 가해지는 열(H_1, H_2)이 이들 간 계면에 도달하여 용착부(B)를 형성하기가 도 3에 비해 용이하다. 또한,

가해주는 열의 양과 시간을 조절하기가 도 18에 비해 용이함에 따라서 나노섬유웹(2)의 물리/화학적 변형 방지에 유리함에 따라서 도 18a와 같이 제2지지체(3)에 나노섬유웹(2)이 결합된 경우 초도에 설계된 나노섬유웹(2)의 물성 변화 없이 지지체상에 우수한 접착력으로 나노섬유를 결합시킬 수 있는 이점이 있다.

- [125] 한편, 제2지지체(321,322)가 제1지지체(330), 나노섬유웹(311,312) 각각과 우수한 부착력을 동시에 발현하기 위하여 바람직하게는 상기 제2지지체(321,322)의 평량은 나노섬유웹(311,312)의 평량에 대해 1.5 ~ 6배이며, 제1지지체의 평량(330)은 제2지지체(321,322) 평량에 대해 8 ~ 16.5배일 수 있다. 만일 제2지지체 평량이 제1지지체/나노섬유 각각의 평량 중 어느 하나라도 위의 범위를 만족하지 못하도록 구비될 경우 부착력 감소로 역세척 시 박리우려가 높고, 역세척 효율이 저하될 우려가 있으며, 및/또는 유량이 현저히 감소될 수 있다.
- [126] 상술한 필터여재(1000)의 각 구성에 대해 구체적으로 설명하면, 상기 제1지지체(330)는 필터여재(1000)를 지지하고 큰 유로를 형성하여 여과과정 또는 역세척공정을 보다 원활히 수행하는 기능을 담당한다. 구체적으로 여과과정에서 필터여재의 밖보다 내부가 낮은 압력이 되도록 압력구배가 형성될 경우 필터여재는 압착될 수 있는데, 이 경우 여과액이 필터여재 내부에서 흐를 수 있는 유로가 현저히 줄어들거나 차단됨에 따라서 필터여재에 더 큰 차압이 걸리는 동시에 유량이 현저히 저하될 수 있는 문제가 있다. 또한, 역세척 과정에서 필터여재의 내부에서 외부 양방향으로 향해 팽창시키는 외력이 가해질 수 있는데 기계적 강도가 낮을 경우 가해지는 외력으로 인해 필터여재가 손상되는 문제가 있을 수 있다.
- [127] 제1지지체(330)는 여과과정 및/또는 역세척과정에서 발생하는 위와 같은 문제들을 방지하기 위해 구비되며, 수처리 분야에서 사용되며, 기계적 강도가 담보되는 공지된 다공성 부재일 수 있고, 일례로 상기 제1지지체는 부직포, 직물 또는 원단일 수 있다.
- [128] 상기 직물은 직물에 포함되는 섬유가 종횡의 방향성이 있는 것을 의미하며, 구체적인 조직은 평직, 능직 등일 수 있으며, 경사와 위사의 밀도는 특별히 한정하지 않는다. 또한, 상기 편물은 공지의 니트조직일 수 있으며, 위편물, 경편물 등일 수 있고, 일례로 원사가 경편성된 트리코트(Tricot)일 수 있다. 또한, 도 15와 같이 제1지지체(330)는 섬유(330a)에 종횡의 방향성이 없는 부직포일 수 있고, 케미컬본딩 부직포, 써멀본딩 부직포, 에어레이 부직포 등의 건식부직포나 습식부직포, 스판레스 부직포, 니들펀칭 부직포 또는 멜트블로운와 같은 다양한 방법으로 제조되는 공지된 부직포를 사용할 수 있다.
- [129] 상기 제1지지체(330)는 충분한 기계적 강도를 발현하기 위하여 상술한 것과 같이 필터여재 전체 두께의 90% 이상의 두께를 차지하도록 구비될 수 있다. 일례로, 상기 제1지지체(130)의 2 ~ 8mm일 수 있고, 보다 바람직하게는 2 ~ 5mm,

보다 더 바람직하게는 3 ~ 5mm일 수 있다. 두께가 2mm 미만일 경우 잦은 역세척에 견딜 수 있는 충분한 기계적 강도를 발현하지 못할 수 있다. 또한, 두께가 8mm를 초과할 경우 필터여재가 후술하는 필터유닛으로 구현된 후 복수개의 필터유닛을 한정된 공간의 필터모듈로 구현할 때, 모듈의 단위 부피당 필터여재의 집적도가 감소할 수 있다.

- [130] 바람직하게는 상기 제1지지체는(330)는 상술한 것과 같은 두께 조건을 만족하는 동시에 평량이 $250 \sim 800\text{g/m}^2$ 일 수 있고, 보다 바람직하게는 $350 \sim 600\text{g/m}^2$ 일 수 있다. 만일 평량이 250g/m^2 인 경우 충분한 기계적 강도를 발현하기 어려울 수 있고, 제2지지체와의 부착력이 감소하는 문제점이 있으며, 만일 평량이 800g/m^2 를 초과할 경우 충분한 유로를 형성하지 못해 유량이 감소하며, 차압 증가로 인한 원활한 역세척이 어려운 문제가 있을 수 있다.
- [131] 또한, 상기 제1지지체(330)가 부직포와 같이 섬유로 형성된 경우 상기 섬유의 평균직경은 $5 \sim 50\mu\text{m}$ 일 수 있고, 보다 바람직하게는 $20 \sim 50\mu\text{m}$ 일 수 있으며, 보다 더 바람직하게는 $25 \sim 40\mu\text{m}$ 일 수 있고, 이를 통해 후술하는 제2지지체(121,122)를 구성하는 섬유의 직경을 고려했을 때, 제1지지체와 제2지지체의 합지 시 맞닿는 면적의 증가 및 이를 통한 상승된 부착력을 발현할 수 있는 이점이 있다. 일례로 상기 섬유의 직경은 $35\mu\text{m}$ 일 수 있다. 또한, 상기 제1지지체(330)는 평균공경이 $20 \sim 200\mu\text{m}$, 바람직하게는 $30 \sim 180\mu\text{m}$ 일 수 있고, 일례로 상기 제1지지체(330)는 평균공경이 $100\mu\text{m}$ 일 수 있으며, 기공도는 $50 \sim 90\%$, 바람직하게는 $55 \sim 85\%$ 일 수 있고, 일례로 상기 제1지지체(330)는 기공도가 70% 일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니며, 여과공정 및/또는 역세척 공정에서 후술한 나노섬유웹(311,312)을 지지하여 목적하는 수준의 기계적 강도를 발현시킴과 동시에 높은 압력에도 유로를 원활히 형성시킬 수 있을 정도의 기공도 및 공경크기이면 제한이 없다.
- [132] 상기 제1지지체(330)는 필터여재 지지체로 사용되는 재질인 경우 그 재질에 있어서 제한은 없다. 이에 대한 비제한적인 예로써, 폴리에스테르계, 폴리우레탄계, 폴리올레핀계 및 폴리아미드계로 이루어진 군에서 선택되는 합성고분자 성분; 또는 셀룰로오스계를 포함하는 천연 고분자성분이 사용될 수 있다. 다만, 제1지지체가 브리틀한 물성이 강할 경우 제1지지체와 제2지지체를 합지시키는 공정에서 목적하는 수준의 결합력을 기대하기 어려울 수 있는데, 이는 제1지지체가 필름과 같이 표면이 매끄러운 상태가 아니라 다공성을 형성하면서 표면이 거시적으로 울퉁불퉁한 형상일 수 있고, 부직포와 같이 섬유들로 형성된 표면은 섬유들의 배치, 섬유의 섬도 등에 따라서 표면이 매끄럽지 못하며, 위치별로도 그 정도가 상이할 수 있기 때문이다. 만일 합지되는 두 층간 계면에 밀착되지 않은 부분이 존재한 채로 나머지 부분들이 접합될 경우 밀착되지 않은 부분으로 인해 층간 분리가 시작될 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 두 층의 양방에서 압력을 가해 두 층의 밀착 정도를 높인 상태에서 합지공정을 수행할 필요가 있는데, 만일 브리틀한 물성이 강한 지지체의 경우 압력이 가해져도 두 층간 계면의 밀착성을 높이는데 한계가 있고,

더 큰 압력을 가할 경우 지지체가 파손될 수도 있어서 제1지지체의 재질은 유연성이 좋고, 신율이 높은 재질이 적합할 수 있으며, 바람직하게는 제2지지체(321,322)와 우수한 밀착성을 가질 수 있도록 제1지지체(330)는 폴리올레핀계 재질일 수 있다.

- [133] 한편, 상기 제1지지체(330)는 별도의 접착제나 접착층 없이도 제2지지체(321,322)와의 결속되기 위하여 저융점 성분을 포함할 수 있다. 상기 제1지지체(330)가 부직포와 같은 원단일 경우 저융점 성분을 포함하는 제1복합섬유(330a)로 제조된 것일 수 있다. 상기 제1복합섬유(330a)는 지지성분 및 저융점 성분을 포함하여 상기 저융점 성분의 적어도 일부가 외부면에 노출되도록 배치된 것일 수 있다. 일례로, 지지성분이 코어부를 형성하고, 저융점 성분이 상기 코어부를 둘러싸는 시스부를 형성한 시스-코어형 복합섬유나, 지지성분의 일측에 저융점 성분이 배치되는 사이드-바이-사이드 복합섬유일 수 있다. 상기 저융점 성분 및 지지 성분은 상술한 것과 같이 지지체의 유연성 및 신율 측면에서 바람직하게는 폴리올레핀계일 수 있고, 일례로 지지성분은 폴리프로필렌, 저융점 성분은 폴리에틸렌일 수 있다. 상기 저융점 성분의 용점은 $60 \sim 180^{\circ}\text{C}$, 보다 바람직하게는 $100 \sim 140^{\circ}\text{C}$ 일 수 있고, 이를 통해 나노섬유웹, 제2지지체의 손상 없이 우수한 강도로 부착력을 발현할 수 있는 등 본 발명의 목적 달성에 유리하다.
- [134] 다음으로, 상술한 제1지지체(330)의 양면에 배치되는 제2지지체(321,322)에 대하여 설명한다. 상기 제2지지체(321,322)는 후술한 나노섬유웹(311,312)을 지지하고, 필터여재에 구비되는 각 층의 접합력을 증가시키는 기능을 담당한다.
- [135] 상기 제2지지체(321,322)는 통상적으로 필터여재의 지지체 역할을 수행하는 것이라면 특별한 제한은 없으나, 그 형상에 있어서는 바람직하게는 직물, 편물 또는 부직포일 수 있다. 상기 직물은 직물에 포함되는 섬유가 종횡의 방향성이 있는 것을 의미하며, 구체적인 조직은 평직, 능직 등일 수 있으며, 경사와 위사의 밀도는 특별히 한정하지 않는다. 또한, 상기 편물은 공지의 니트조직일 수 있으며, 위편물, 경편물 등일 수 있으나 이에 대해서는 특별히 한정하지 않는다. 또한, 상기 부직포는 포함되는 섬유에 종횡의 방향성이 없는 것을 의미하고, 케미컬본딩 부직포, 써멀본딩 부직포, 에어레이 부직포 등의 건식부직포나 습식부직포, 스판레스 부직포, 니들펀칭 부직포 또는 멜트블로운와 같은 공지된 방법으로 제조된 부직포를 사용할 수 있다.
- [136] 상기 제2지지체(323,322)는 일례로 부직포일 수 있는데, 이때 상기 제2지지체(321,322)를 형성하는 섬유는 평균직경이 $5 \sim 30\mu\text{m}$, 보다 바람직하게는 $10 \sim 25\mu\text{m}$ 일 수 있고, 이를 통해 상술한 제1지지체(130)를 구성하는 섬유의 직경과 나노섬유웹(311,312)을 구성하는 섬유의 직경을 함께 고려했을 때, 제1지지체와 제2지지체의 합지 시 맞닿는 면적과 제2지지체와 나노섬유웹의 합지 시 맞닿는 면적의 증가 및 이를 통한 상승된 부착력을 발현할 수 있는 이점이 있다. 또한, 상기 제2지지체(321,322)의 두께는 $100 \sim 400\mu\text{m}$ 일 수 있고,

보다 바람직하게는 150 ~ 400 μm 일 수 있으며, 보다 더 바람직하게는 150 ~ 250 μm 일 수 있고, 일예로 200 μm 일 수 있다. 만일 상기 제2지지체의 두께가 100 μm 미만일 경우 역세척 시 충분한 기계적 강도를 담보하기 어려울 수 있고, 특히 제1지지체 및/또는 나노섬유웹과 부착력이 저하될 우려가 있다. 또는 평량이 너무 커져 수투과도가 저하되고, 역세척 시 박리가 발생할 우려가 있다. 또한, 만일 두께가 400 μm 를 초과하는 경우 나노섬유웹과 합지 시에 열접합이 용이하지 않을 수 있고, 이로 인해 역세척시 박리가 발생할 우려가 있다.

[137] 또한, 상기 제2지지체(321,322)는 평균공경이 20 ~ 100 μm 일 수 있으며, 기공도는 50 ~ 90%일 수 있다. 다만, 이에 제한되는 것은 아니며, 후술하는 나노섬유웹(311,322)을 지지하여 목적하는 수준의 기계적 강도를 발현시킴과 동시에 나노섬유웹(311,322)을 통해 유입되는 여과액의 흐름을 저해시키지 않을 정도의 기공도, 및 공경크기이면 제한이 없다.

[138] 또한, 상기 제2지지체(321,322)의 평량은 35 ~ 100 g/m^2 , 보다 바람직하게는 35 ~ 75 g/m^2 일 수 있고, 일예로, 40 g/m^2 일 수 있다. 만일 평량이 35 g/m^2 미만일 경우 후술하는 나노섬유웹(311,312)와 형성하는 계면에 분포하는 제2지지체를 형성하는 섬유의 양이 적을 수 있고, 이에 따라서 나노섬유웹과 접하는 제2지지체의 유효접착면적의 감소로 목적하는 수준의 결합력을 발현할 수 없을 수 있다. 또한, 나노섬유웹을 지지할 수 있을 충분한 기계적 강도를 발현하지 못할 수 있고, 제1지지체와의 부착력이 감소하는 문제점이 있을 수 있다. 또한, 만일 평량이 100 g/m^2 을 초과할 경우 목적하는 수준의 유량을 확보하기 어려울 수 있고, 차압이 증가하여 원활한 역세척이 어려운 문제가 있을 수 있다.

[139] 상기 제2지지체(321,322)는 필터여재의 지지체로 사용되는 재질인 경우 그 재질에 있어서 제한은 없다. 이에 대한 비제한적인 예로써, 폴리에스테르계, 폴리우레탄계, 폴리올레핀계 및 폴리아미드계로 이루어진 군에서 선택되는 합성고분자 성분; 또는 셀룰로오스계를 포함하는 천연 고분자성분이 사용될 수 있다.

[140] 다만, 상기 제2지지체(321,322)는 후술하는 나노섬유웹(311,312) 및 상술한 제1지지체(130)와의 밀착력 향상을 위해 폴리올레핀계 고분자성분일 수 있다. 또한, 상기 제2지지체(321,322)가 부직포와 같은 원단일 경우 저융점 성분을 포함하는 제2복합섬유(321a)로 제조된 것일 수 있다. 상기 제2복합섬유(321a)는 지지성분 및 저융점 성분을 포함하여 상기 저융점 성분의 적어도 일부가 외부면에 노출되도록 배치된 것일 수 있다. 일예로, 지지성분이 코어부를 형성하고, 저융점 성분이 상기 코어부를 둘러싸는 시스부를 형성한 시스-코어형 복합섬유나, 지지성분의 일측에 저융점 성분이 배치되는 사이드-바이-사이드 복합섬유일 수 있다. 상기 저융점 성분 및 지지 성분은 상술한 것과 같이 지지체의 유연성 및 신율 측면에서 바람직하게는 폴리올레핀계일 수 있고, 일예로 지지성분은 폴리프로필렌, 저융점 성분은 폴리에틸렌일 수 있다. 상기 저융점 성분의 융점은 60 ~ 180°C, 보다 바람직하게는 100 ~ 140°C일 수 있고,

이를 통해 나노섬유웹의 손상 없이 우수한 강도로 부착력을 발현할 수 있는 등 본 발명의 목적 달성에 유리하다.

- [141] 만일 상술한 제1지지체(330)가 상기 제2지지체(321,322)와 더욱 향상된 결합력을 발현하기 위하여 저융점 성분을 포함하는 제1복합섬유(330a)로 구현될 경우 제1지지체(330) 및 제2지지체(321) 간 계면에 제1복합섬유(330a)의 저융점 성분 및 제2복합섬유(321a)의 저융점 성분들의 융착으로 인한 더욱 견고한 융착부를 형성할 수 있다. 이때, 상기 제1복합섬유(330a) 및 제2복합섬유(321a)는 상용성 측면에서 동종의 재질일 수 있다.
- [142] 다음으로, 상술한 제2지지체(321,322)의 상부에 배치되는 나노섬유웹(311,312)에 대해 설명한다. 상기 나노섬유웹(311,312)은 한 가닥 또는 여러가닥의 나노섬유가 랜덤하게 3차원적으로 적층되어 형성된 3차원 네트워크 구조일 수 있다(도 16 참조).
- [143] 상기 나노섬유웹을 형성하는 나노섬유는 공지된 섬유형성성분으로 형성된 것일 수 있다. 다만 바람직하게는 우수한 내화학성 및 내열성을 발현하기 위해 불소계 화합물을 섬유형성성분으로 포함할 수 있고, 이를 통해 원수가 해수일지라도 필터여재의 물성 변화 없이 목적하는 수준으로 여과효율/유량을 확보 및 오랜 사용주기를 가질 수 있는 이점이 있다. 상기 불소계 화합물은 나노섬유로 제조될 수 있는 공지된 불소계 화합물의 경우 제한 없이 사용될 수 있으며, 일례로, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)계, 테트라플루오로에틸렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(PFA)계, 테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌 공중합체(FEP)계, 테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(EPE)계, 테트라플루오로에틸렌-에틸렌 공중합체(ETFE)계, 폴리클로로트리플루오로에틸렌(PCTFE)계, 클로로트리플루오로에틸렌-에틸렌 공중합체(ECTFE)계 및 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF)계로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 화합물을 포함할 수 있고, 보다 바람직하게는 제조 단가가 낮고 전기방사를 통하여 나노섬유의 대량생산이 용이하며, 기계적 강도 및 내화학성이 우수한 측면에서 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF)일 수 있다. 이때, 상기 나노섬유가 섬유형성성분으로 PVDF를 포함할 경우 상기 PVDF의 중량평균분자량은 10,000 ~ 1,000,000일 수 있고, 바람직하게는 300,000 ~ 600,000일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [144] 또한, 상기 나노섬유는 평균직경이 0.05 ~ 1 μ m, 보다 바람직하게는 50 ~ 450nm일 수 있고, 일례로 250nm일 수 있다. 만일 상기 나노섬유의 평균직경이 50nm 미만이면 기공도 및 투과도가 저하될 수 있고, 평균직경이 1 μ m를 초과하면 여과효율이 저하되고 인장강도가 저하될 수 있다. 또한, 상기 나노섬유는 종횡비가 1,000 ~ 100,000일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 일례로, 상기 나노섬유웹(311,312)에 구비된 나노섬유는 직경이 0.1 ~ 0.2 μ m인 제1나노섬유군, 직경이 0.2 ~ 0.3 μ m인 제2나노섬유군 및 직경이 0.3 ~ 0.4 μ m인 제3나노섬유군을

나노섬유웹(311) 전체 중량에 대하여 각각 25 ~ 45 중량%, 40 ~ 60 중량%, 5 ~ 15 중량%로 포함할 수 있고, 이를 통해 보다 제2지지체와의 부착력 향상, 자체의 기계적 강도 증가 등으로 역세척에 따른 기계적 강도를 더욱 향상시킬 수 있고, 여과효율, 우수한 유량의 수득 등 본 발명의 목적을 달성하기에 보다 유리할 수 있다. 일례로 직경이 0.1 ~ 0.2 μm 인 제1나노섬유군, 직경이 0.2 ~ 0.3 μm 인 제2나노섬유군 및 직경이 0.3 ~ 0.4 μm 인 제3나노섬유군은 각각 35 중량%, 53 중량%, 12 중량%로 포함할 수 있다.

[145] 상술한 나노섬유웹(311,312)의 두께는 0.5 ~ 200 μm 로 형성될 수 있고, 보다 바람직하게는 10 ~ 50 μm 일 수 있으며, 일례로 20 μm 일 수 있다. 만일 두께가 0.5 μm 미만일 경우 기계적 강도 저하로 역세척을 건디기 어려워 손상발생 우려가 매우 크거나, 공경이 매우 작아져 유량이 현저히 감소할 우려가 있다. 또한, 만일 두께가 200 μm 를 초과할 경우 유량감소, 역세척에 따른 부풀음이나 박리가 발생될 우려가 있다. 상기 나노섬유웹(311,312)의 기공도는 40 ~ 90%이고, 보다 바람직하게는 60 ~ 90%일 수 있다. 또한, 평균공경은 0.1 ~ 5 μm 일 수 있으며, 보다 바람직하게는 0.1 ~ 3 μm 일 수 있고, 일례로, 0.25 μm 일 수 있다. 만일 상기 나노섬유웹의 평균공경이 0.1 μm 미만이면 피여과액에 대한 수투과도가 저하될 수 있고, 평균공경이 5 μm 를 초과하면 오염 물질에 대한 여과효율이 좋지 않을 수 있다.

[146] 또한, 상기 나노섬유웹(311,312)은 한층 이상으로 필터여재(1000)에 구비될 수도 있고, 이때 각 나노섬유웹의 기공도, 공경, 평량 및/또는 두께 등은 상이할 수 있다.

[147] 한편, 상기 나노섬유웹(311,312)을 형성하는 나노섬유는 친수성을 높이기 위해 개질된 것일 수 있고, 일례로, 친수성 코팅층이 나노섬유의 외부면 적어도 일부에 더 구비될 수 있다. 만일 나노섬유가 상술한 것과 같이 불소계 화합물을 포함할 경우 상기 불소계 화합물은 소수성이 매우 강해 피여과액이 친수성 용액일 경우 유량이 좋지 못한 문제가 있다. 이를 위해 상기 소수성의 나노섬유 표면에 친수성 코팅층을 더 구비시킬 수 있으며, 상기 친수성 코팅층은 공지된 것일 수 있고, 일례로 히드록시기를 구비하는 친수성고분자를 포함하여 형성되거나 상기 친수성고분자가 가교제를 통해 가교되어 형성될 수 있다. 일례로, 상기 친수성고분자는 폴리비닐알코올(Polyvinyl alcohol,PVA), 에틸렌비닐알코올(Ethylenevinyl alcohol,EVOH), 알긴산 나트륨(Sodium alginate) 등의 단독 또는 혼합 형태일 수 있으며, 가장 바람직하게는 폴리비닐알코올(PVA)일 수 있다. 또한, 상기 가교제는 상기 친수성고분자가 구비하는 히드록시기와 축합반응 등을 통하여 가교될 수 있는 관능기를 구비한 공지된 가교제의 경우 제한 없이 사용할 수 있다. 일례로, 상기 관능기는 히드록시기, 카르복시기 등일 수 있다.

[148] 한편, 상기 친수성코팅층은 나노섬유의 외부면 일부 또는 전부에 형성될 수 있다. 이때, 상기 친수성 코팅층은 나노섬유웹 단위면적(m^2)당 0.1 ~ 2g

포함되도록 나노섬유를 피복될 수 있다.

- [149] 친수성 코팅층을 구비하도록 개질된 나노섬유웹(311,312)쪽 표면의 젖음각은 30° 이하일 수 있고, 보다 바람직하게는 20° 이하, 보다 더 바람직하게는 12° 이하, 더욱 바람직하게는 5° 이하일 수 있으며, 이를 통해 제질상 소수성인 나노섬유로 구현된 섬유웹임에도 불구하고 향상된 유량을 확보할 수 있는 이점이 있다.
- [150] 상술한 필터여재(1000)는 후술하는 제조방법으로 제조될 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [151] 상기 필터여재(1000)는 (1) 나노섬유웹 및 제2지지체를 합지하는 단계; 및 (2) 상기 제2지지체가 제1지지체와 맞닿도록 제1지지체의 양면에 각각 상기 합지된 나노섬유웹 및 제2지지체를 배치시켜 합지시키는 단계;를 포함하여 제조될 수 있다.
- [152] 먼저, (1) 단계로써, 나노섬유웹 및 제2지지체를 합지하는 단계를 수행할 수 있다.
- [153] 상기 나노섬유웹은 나노섬유를 구비하여 3차원 네트워크 형상의 섬유웹을 형성시키는 방법의 경우 제한 없이 사용될 수 있다. 바람직하게는 상기 나노섬유웹은 불소계 화합물을 포함하는 방사용액을 제2지지체 상에 전기방사하여 나노섬유웹을 형성할 수 있다.
- [154] 상기 방사용액은 섬유형성성분으로써, 일례로 불소계 화합물과, 용매를 포함할 수 있다. 상기 불소계 화합물은 방사용액에 5 ~ 30 중량%, 바람직하게는 8 ~ 20 중량%로 포함됨이 좋고, 만일 불소계 화합물이 5 중량% 미만일 경우 섬유로 형성되기 어려우며, 방사 시 섬유상으로 방사되지 않고 액적상태로 분사되어 필름상을 형성하거나 방사가 이루어지더라도 비드가 많이 형성되고 용매의 휘발이 잘 이루어지지 않아 후술하는 캘린더링 공정에서 기공이 막히는 현상이 발생할 수 있다. 또한, 만일 불소계 화합물이 30 중량% 초과할 경우 점도가 상승하여 용액 표면에서 고화가 일어나 장시간 방사가 곤란하며, 섬유직경이 증가하여 마이크로미터 이하 크기의 섬유상을 만들 수 없을 수 있다.
- [155] 상기 용매는 섬유형성성분인 불소계 화합물을 용해시키면서 침전물을 생성시키지 않고 후술하는 나노섬유의 방사성에 영향을 미치지 않는 용매의 경우 제한 없이 사용될 수 있으나 바람직하게는 γ -부티로락톤, 사이클로헥사논, 3-헥사논, 3-헵타논, 3-옥타논, N-메틸피롤리돈, 디메틸아세트아미드, 아세톤 디메틸설폭사이드, 디메틸포름아마이드로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 일례로 상기 용매는 디메틸아세트아미드와 아세톤의 혼합용매일 수 있다.
- [156] 상기 제조된 방사용액은 공지된 전기방사 장치 및 방법을 통해 나노섬유를 제조될 수 있다. 일례로, 상기 전기방사 장치는 방사 노즐이 1개인 단일 방사팩을 구비한 전기방사 장치를 사용하거나 양산성을 위하여 단일 방사팩 복수개로 구비하거나 노즐이 복수개인 방사팩을 구비한 전기방사 장치를 사용해도 무방하다. 또한 전기방사 방식에 있어서 건식방사 또는 외부응고조를 구비하는

습식방사를 이용할 수 있고 방식에 따른 제한은 없다.

- [157] 상기 전기방사장치에 교반시킨 방사용액을 투입시켜 콜렉터, 일예로 종이 상에 전기방사시킬 경우 나노섬유로 형성된 나노섬유웹을 수득할 수 있다. 상기 전기방사를 위한 구체적 조건은 일예로써, 방사팩의 노즐에 구비되는 에어분사노즐은 에어 분사의 에어압은 0.01 ~ 0.2MPa 범위로 설정될 수 있다. 만약 에어압이 0.01MPa 미만인 경우 포집, 집적에 기여를 하지 못하며, 0.2MPa를 초과하는 경우 방사노즐의 콘을 굳게 하여 니들을 막는 현상이 발생하여 방사 트러블이 발생할 수 있다. 또한, 상기 방사용액을 방사할 때, 노즐 당 방사용액의 주입속도는 10 ~ 30 μ l/min일 수 있다. 또한, 상기 노즐의 팁과 콜렉터까지의 거리는 10 ~ 30cm일 수 있다. 다만, 이에 제한되는 것은 아니며 목적에 따라 변경하여 실시할 수 있다.
- [158] 또는, 상술한 제2지지체 상에 나노섬유를 직접 전기방사 시킴으로써 나노섬유웹을 제2지지체상에 직접 형성시킬 수 있다. 상기 제2지지체 상에 축적/수집된 나노섬유는 3차원 네트워크 구조를 가지며, 목적하는 분리막의 수투과도, 여과효율을 발현하기에 적합한 기공율, 공경, 평량 등을 보유하기 위해 열 및/또는 압력이 축적/수집된 나노섬유에 더 가해짐으로써 3차원 네트워크 구조를 가지는 나노섬유웹으로 구현될 수 있다. 상기 열 및/또는 압력을 가하는 구체적인 방법은 공지의 방법을 채택할 수 있으며, 이에 대한 비제한적이 예로써 통상의 캘린더링 공정을 사용할 수 있고 이때 가해지는 열의 온도는 70 ~ 190°C일 수 있다. 또한, 캘린더링 공정을 수행할 경우 이를 몇 차로 나누어 복수 회 실시할 수도 있고, 예를 들어 1차 캘린더링을 통해 나노섬유에 잔존하는 용매와 수분을 일부 또는 전부 제거하기 위한 건조과정을 수행 후 기공조절 및 강도 향상을 위해 2차 캘린더링을 실시할 수 있다. 이때, 각 캘린더링 공정에서 가해지는 열 및/또는 압력의 정도는 동일하거나 상이할 수 있다.
- [159] 한편, 제2지지체가 저융점 복합섬유로 구현된 것일 경우 상기 캘린더링 공정을 통하여 나노섬유웹과 제2지지체의 열융착을 통한 결속을 동시에 진행시킬 수 있다.
- [160] 또한, 제2지지체 및 나노섬유웹을 결속시키기 위해 별도의 핫멜트 파우더나 핫멜트 웹을 더 개재시킬 수도 있다. 이때 가해지는 열은 60 ~ 190°C일 수 있으며, 압력은 0.1 ~ 10kgf/cm²로 가할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 그러나 결속을 위하여 별도 더해지는 핫멜트 파우더와 같은 성분들은 흠(Hum)을 생성시키거나 지지체간, 지지체와 나노섬유간 합지공정에서 용융되어 기공을 폐쇄시키는 경우가 빈번히 발생하여 초도 설계된 필터여재의 유량을 달성할 수 없을 수 있다. 또한, 수처리과정에서 용해될 수 있어서 환경적으로 부정적 문제를 야기시킬 수 있어서 바람직하게는 포함시키지 않고 제2지지체 및 나노섬유웹을 결속시키는 것이 좋다.
- [161] 이후 나노섬유웹에 처리된 친수성 코팅층 형성조성물을 열처리 하여 친수성

코팅층을 형성시키는 단계;를 수행할 수 있다. 상기 열처리를 통해 친수성 코팅층 형성조성물 중 용매의 건조 공정이 동시에 이루어질 수 있다. 상기 열처리는 건조기에서 수행될 수 있으며, 이때 가해지는 열은 온도가 80 ~ 160°C일 수 있고, 처리시간은 1 분 ~ 60분일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[162] 다음으로 (2) 단계로써, 합지된 제2지지체 및 나노섬유웹에서 상기 제2지지체가 제1지지체와 맞닿도록 제1지지체의 양면에 각각 상기 합지된 나노섬유웹 및 제2지지체를 배치시켜 합지시키는 단계를 수행한다.

[163] 상기 (2) 단계는 2-1) 제1지지체의 양면에 상술한 (1) 단계에서 합지된 제2지지체 및 나노섬유웹을 적층시키는 단계; 및 2-1) 열 및 압력 중 어느 하나 이상을 가하여 제1지지체 및 제2지지체를 융착시키는 단계;를 포함하여 수행될 수 있다.

[164] 상기 2-2) 단계에서의 열 및/또는 압력을 가하는 구체적인 방법은 공지된 방법을 채택할 수 있으며, 이에 대한 비제한적이 예로써 통상의 캘린더링 공정을 사용할 수 있고 이때 가해지는 열의 온도는 70 ~ 190°C일 수 있다. 또한, 캘린더링 공정을 수행할 경우 이를 몇 차로 나누어 복수 회 실시할 수도 있고, 예를 들어 1차 캘린더링 후 2차 캘린더링을 실시할 수도 있다. 이때, 각 캘린더링 공정에서 가해지는 열 및/또는 압력의 정도는 동일하거나 상이할 수 있다. 상기 2-2) 단계를 통하여 제2지지체와 제1지지체간에 열융착을 통한 결속이 일어날 수 있으며 별도의 접착제나 접착층을 생략할 수 있는 이점이 있다.

[165] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 포함되는 필터모듈(3220)은 보다 더욱 향상된 수처리속도를 달성하기 위하여 필터여재로써, 도 20과 같이 제1지지체(430)의 양면에 나노섬유웹(411,412)이 구비된 필터여재(1001)를 구비할 수 있고, 이때, 상기 제1지지체(430)는 유로를 증가시키고 수투과 저항을 최소화하기 위하여 나노섬유웹(411,412)에 각각 대향하는 면을 관통하는 다수개의 홀(Q)을 구비할 수 있다. 제1지지체(430)에 구비된 홀(Q)은 나노섬유웹(411,412)을 통과한 여과액에 대해 더 큰 유로를 제공함으로써 여과되는 원수의 유동저항을 크게 감소시키고, 필터여재의 내부에 걸리는 압력 또한 저하할 수 있다. 따라서 더 큰 여과압력 및/또는 역세척 압력이 필터여재에 가해지는 경우에도 필터여재 내부에 걸리는 압력은 상대적으로 더욱 줄어들 수 있고, 나노섬유웹 비롯한 필터여재의 손상이 최소화되며, 형상이 보다 잘 유지될 수 있고, 전기응집모듈에서 빠른속도 및/또는 대용량으로 유입되는 원수에 맞춰 보다 빠르게 전기응집된 이물질질을 제거하기에 용이할 수 있다.

[166] 또는, 상술한 도 15와 같은 필터여재(1000)의 기계적강도, 역세척효율을 발현하면서도 보다 향상된 유량을 얻을 수 있도록 도 21과 같이 필터여재(1002)의 제1지지체(430)는 제2지지체(421,422)에 대향하는 면을 관통하는 다수개의 홀(Q)을 구비할 수 있다.

[167] 또한, 도 22 및 도 23에 도시된 것과 같이 필터여재(1003,1004)는

1지지체(530)는 제2지지체(521,522)에 대향하는 면을 관통하는 다수개의 제1홀(Q) 및 상기 제1홀(Q)이 관통된 방향과 동일한 방향으로 제2지지체(521,522)를 관통하는 다수개의 제2홀(P)을 구비함을 통하여 더욱 향상된 유량을 수득할 수 있다. 이때, 제2홀(P)의 직경(p)은 제1홀(Q)의 직경(q)과 같거나 작을 수 있다. 또한, 제2홀(P)은 도 22와 같이 제1홀(Q)과 연통되도록 위치할 수 있고, 또는 도 23과 같이 제1홀(Q)과 연통되지 않도록 위치될 수 있으며, 이는 목적하는 유량, 제1지지체(530) 및 제2지지체(521,522)의 접합강도 등을 고려하여 적절히 변경될 수 있다.

- [168] 또한, 상술한 홀(P,Q)의 직경, 횡단면의 모양, 홀간 간격 등은 목적에 따라변경하여 실시할 수 있음에 따라서 본 발명에서 특별히 한정하지 않는다.
- [169] 한편, 상기 전기응집모듈(3210,100,100',200)과 필터모듈(3220) 사이에는 상기 전기응집모듈(3210,100,100',200)에서 처리된 전기응집수가 일시 저장되는 저류조, 전기응집수를 상기 필터모듈(3220)로 공급하는 공급펌프, 기타 제어장치를 더 구비할 수 있다.
- [170] 다음으로, 상술한 전처리부(3200)에서 유입된 전처리수를 처리하는 삼투 여과부(3300)에 대해 설명한다.
- [171] 상기 삼투 여과부(3300)는 유입된 전처리수를 담수화하는 삼투막 모듈을 포함하며, 상기 삼투막 모듈은 역삼투막 모듈 또는 정삼투막 모듈일 수 있다. 또한, 삼투방식에 따라서 상기 삼투막 모듈이 역삼투막 모듈인 경우 원수인 해수나 기수의 삼투압보다 높은 압력을 모듈에 가해주기 위한 고압펌프를 더 구비할 수 있다.
- [172] 상기 삼투 모듈은 공지된 역삼투막 또는 정삼투막을 포함하여 공지된 형상으로 단위유닛을 형성한 삼투유닛을 다수개 구비할 수 있다. 상기 삼투유닛에 대한 일례로써 도 24 및 도 25를 참조하여 설명하면, 상기 삼투유닛(700)은 다공성 투과수 유출관(720)을 중심으로 복수개의 삼투막(730)이 나권형으로 권취되어 포함될 수 있다.
- [173] 상기 다공성 투과수 유출관(720)은 통상적으로 역삼투막 또는 정삼투막에 사용되는 유출관의 경우 제한 없이 사용될 수 있다. 상기 다공성 투과수 유출관(720)은 삼투 공정을 통해 염분이 제거된 처리수가 유출될 수 있는 복수개의 홀(721)을 포함하며, 바람직하게는 그 직경은 4인치 내지 8인치일 수 있고, 길이는 30 내지 50 인치일 수 있다. 다만, 상기 기재에 한정되는 것은 아니며, 다공성 투과수 유출관(720)의 직경, 길이는 목적에 따라 달라질 수 있다.
- [174] 또한, 상기 삼투막(730)은 제1삼투막(731), 제2삼투막(732) 및 상기 제1/2삼투막(731,732) 사이에 개재되는 스페이서(733)를 포함할 수 있다. 상기 제1삼투막(731) 및 제2삼투막(732)은 공지된 역삼투막 또는 정삼투막일 수 있고, 일례로, 지지체, 상기 지지체상에 형성된 고분자지지체 및 상기 고분자지지체상에 형성된 선택적 분리층으로 구성될 수 있다.
- [175] 상기 지지체는 막의 지지부재의 기능을 담당하며, 통상적으로 막의 지지체

역할을 수행하는 것이라면 특별한 제한은 없으며, 바람직하게는 직물 또는 부직포일 수 있다. 상기 직물은 직물을 형성하는 섬유가 종횡의 방향성이 있는 것을 의미하며, 구체적인 조직은 평직, 능직 등일 수 있으며, 경사와 위사의 밀도는 특별히 한정하지 않는다. 상기 지지체의 소재는 바람직하게는 폴리에스테르, 폴리프로필렌, 나일론 및 폴리에틸렌으로 이루어진 군에서 선택되는 합성섬유; 또는 셀룰로오스계를 포함하는 천연섬유가 사용될 수 있다. 상기 지지체가 부직포층일 경우 소재의 기공율 및 친수성도 등에 따라 막의 물성을 조절할 수 있다. 상기 지지체가 부직포일 경우 평균기공의 직경이 1 내지 $600\mu\text{m}$ 일 수 있으며, 바람직하게는 5 내지 $300\mu\text{m}$ 를 만족할 때, 역삼투막에 요구되는 유체의 원활한 유입 및 수투과성을 높일 수 있다. 다만, 상기 기공의 직경에 제한되는 것은 아니다. 부직포가 사용될 경우 두께는 20 내지 $150\mu\text{m}$ 가 바람직하며, 이때, $20\mu\text{m}$ 미만이면 전체 막의 강도와 지지역할에 미흡하고, $150\mu\text{m}$ 를 초과하면 유량 저하의 원인이 될 수 있다.

[176] 다음으로 지지체 상에 형성된 고분자 지지체에 대해 설명한다. 고분자 지지체는 역삼투막을 형성할 수 있는 것이라면 특별한 제한은 없으나, 기계적 강도를 고려하기 위해 중량 평균 분자량이 65,000 내지 150,000 범위인 것을 사용하는 것이 바람직하며, 바람직한 일례로는 폴리스ulfon 또는 폴리에테르sulfon을 포함하는 폴리스ulfon계 고분자, 폴리아미드계 고분자, 폴리아미드계 고분자, 폴리에스테르계 고분자, 폴리프로필렌 등의 올레핀계 고분자, 폴리벤조이미다졸 고분자, 폴리비닐리덴플루오라이드 또는 폴리아크릴로니트릴 등의 단독 또는 혼합 형태일 수 있다. 상기 고분자 지지체의 두께는 30 내지 $300\mu\text{m}$ 일 수 있으며, $30\mu\text{m}$ 미만일 경우 압밀화에 의한 유량 저하 및 내구성의 문제가 있을 수 있으며, $300\mu\text{m}$ 를 초과할 경우 유로가 길어짐에 따른 유량 저하의 문제가 있을 수 있다. 또한, 고분자 지지체의 공경은 1 내지 500nm 인 것이 바람직하다. 공경이 500nm 를 초과하면, 선택적 분리층의 박막 형성 후 상기 박막이 고분자 지지층의 공경 내로 함몰되어, 요구되는 평탄한 시트 구조를 달성하기 어려울 수 있다.

[177] 다음으로 상기 고분자지지체의 일면에 형성된 선택적 분리층은 통상적으로 역삼투막에 사용될 수 있는 선택적 분리층이라면 제한 없이 사용할 수 있으나, 바람직하게는 폴리아미드계, 폴리피페라진계, 폴리페닐렌 디아민계, 폴리클로로 페닐렌 디아민계, 폴리벤지딘계로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 보다 더 바람직하게는 폴리아미드계 물질을 포함하여 형성된 것일 수 있다. 상기 선택적 분리층의 두께는 0.1 내지 $1\mu\text{m}$ 일 수 있는데, $0.1\mu\text{m}$ 미만일 경우 염 제거 능력이 저하되어 분리층으로서의 역할을 할 수 없고, $1\mu\text{m}$ 를 초과할 경우 분리층의 두께가 지나치게 두꺼워서 유량이 저하되는 문제가 있을 수 있다.

[178] 상기 삼투막(730)은 제1삼투막(731) 및 제2삼투막(732)의 선택적 분리층이 외부로 향하고, 각각의 지지체가 서로 맞닿도록 삼투유닛(700)에 구비될 수

있는데, 이때, 충분한 유로 확보를 위하여 상기 제1삼투막(731) 및 제2삼투막(732) 사이에는 스페이서(733)가 구비될 수 있다. 상기 스페이서(733)는 삼투막(730) 내 유로 생성 및 유로의 양을 증가시켜 담수화 대상이 되는 원수의 유입을 향상시키는 동시에 유로를 따라 균일한 여과 플럭스를 생성할 수 있게 한다. 또한, 유로를 따라 난류를 촉진함에 따라 삼투막 면에서의 유속을 향상시켜 삼투작용이 더 원활이 이루어질 수 있도록 하여 고유량의 담수를 수득할 수 있게 한다. 상기 스페이서는 메쉬 또는 트리코트일 수 있으며, 바람직하게는 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리-4-메틸펜텐, 프로필렌- α -올레핀과의 결정성 공중합체, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리아미드 및 폴리카보네이트로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상의 수지이거나 폴리에틸렌테레프탈레이트 수지에 나일론 또는 폴리프로필렌이 공중합된 개질된 폴리에스테르(LMP: Low Melting Polyethylene Terephthalate)로 형성된 것일 수 있다. 또한, 상기 스페이서의 두께는 0.01 ~ 1mm일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[179] 상술한 삼투막(730)은 복수개로 다공성 투과수 유출관(720)에 나권형으로 권취될 수 있는데, 복수의 삼투막(730) 사이에 원활한 유로 형성을 위하여 스페이서(740)를 포함할 수 있고, 일예로 메쉬시트일 수 있다.

[180] 상기 스페이서를 개재하여 다공성 투과수 유출관(720)에 권취된 삼투막(730)은 이를 내부에 수용할 수 있는 외부 하우징(710)에 구비되어 삼투유닛(700)으로 구현될 수 있고, 상기 삼투유닛(700)이 다수개 장착되어 삼투 모듈을 형성할 수 있다.

[181] 한편, 상술한 삼투유닛은 평막의 삼투막을 기준으로 설명했으나 상기 삼투막은 중공사막일 수 있고, 공지된 역삼투 또는 정삼투 중공사막으로 구현된 삼투유닛일 수 있다.

[182] 상술한 삼투 모듈을 포함하는 삼투 여과부(3300)를 거친 처리수는 살균, 기타 타겟물질의 여과를 위한 공지된 후처리 설비를 더 거칠 수 있으며, 후처리 설비를 거친 여과수는 저장조에 저장된 후 음용수, 공업용수, 농업용수 등에 이용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

[183] 하기의 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하기로 하지만, 하기 실시예가 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니며, 이는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것으로 해석되어야 할 것이다.

[184] <실시예1>

[185] 전처리부로서 전기응집모듈 및 필터모듈을 준비했다. 상기 전기응집모듈은 도 13a 및 도 13b와 같이 서로 대향하는 파워전극 사이에 알루미늄 재질의 도전성 덩어리를 300개 배치시켰고, 도전성 물질과 파워전극 중 일 전극사이의 거리는 최대거리가 10mm가 되도록 하여 처리용량 1m³/h인 전기응집모듈을 준비했다.

또한, 필터모듈은 하기와 같이 준비된 필터여재를 도 14a 및 도 14b와 같이 평막의 필터유닛으로 구현했고, 구현된 필터유닛 20개를 필터모듈에 장착하였다. 이후 상기 전기응집모듈에서 처리된 전기응집수를 필터모듈 내부로 유입되도록 하였고, 필터모듈에서 처리된 여과수는 삼투여과부로 유입되도록 연결했다. 상기 삼투여과부는 공지된 역삼투모듈을 구비시켜 공지된 설계에 따라 구성하였으며, 이를 통해 하기 표 1과 같은 해수담수화 장치를 구현했다.

[186] * 준비예 - 필터여재

[187] 먼저, 방사용액을 제조하기 위하여 섬유행성성분으로 폴리비닐리덴플루오라이드(Arkema사, Kynar761) 12g을 디메틸아세트아마이드와 아세톤의 중량비를 70:30으로 혼합한 혼합용매 88g에 80°C의 온도로 6시간 동안 마그네틱바를 사용하여 용해시켜 혼합용액을 제조했다. 상기 방사용액을 전기방사장치의 용액탱크에 투입하고, 15 μ l/min/hole의 속도로 토출하였다. 이때 방사 구간의 온도는 30°C, 습도는 50%를 유지하고, 콜렉터와 방사노즐팁 간 거리를 20cm하고, 상기 콜렉터 상부에 제2지지체로써 용점이 약 120°C인 폴리에틸렌을 초부로 하고, 폴리프로필렌을 심부로 하는 평균직경이 20 μ m인 저융점 제2복합섬유로 형성된, 두께 약 200 μ m, 평량 40g/m²의 부직포(주남양부직포, CCP40)를 배치시킨 후 고전압 발생기를 사용하여 방사 노즐 팩(Spin Nozzle Pack)에 40kV의 전압을 부여함과 동시에 방사 팩 노즐 당 0.03MPa의 에어압력을 부여하여 제2지지체의 일면에 평균직경이 250nm인 PVDF 나노섬유로 형성된 나노섬유웹이 구비된 적층체를 제조하였다. 제조된 나노섬유웹은 직경이 0.1 ~ 0.2 μ m인 제1나노섬유균, 직경이 0.2 ~ 0.3 μ m인 제2나노섬유균 및 직경이 0.3 ~ 0.4 μ m인 제3나노섬유균을 각각 35중량%, 53중량%, 12중량%로 포함하여 평균직경이 250nm인 나노섬유로 형성되었고, 평량이 10g/m²이고, 두께 13 μ m, 평균공경이 0.3 μ m, 기공도가 약 75%이었다.

[188] 다음으로 상기 적층체의 나노섬유웹에 잔존하는 용매, 수분을 건조시키고, 제2지지체와 나노섬유웹을 열융착시키기 위해 140°C 이상의 온도 및 1kgf/cm²로 열과 압력을 가해 캘린더링 공정을 실시하였다. 제조된 적층체는 도 6과 같이 제2지지체와 나노섬유웹은 열융착 되어 결속되었고, 나노섬유웹은 도 5a 및 5b와 같이 3차원 네트워크 구조로 구현되었다.

[189] 이후 하기의 준비예에서 준비된 친수성 코팅층 형성조성물에 상기 제조된 적층체를 침지시킨 후 건조기에서 110°C의 온도로 5분간 건조시켜 친수성 코팅층을 나노섬유웹의 나노섬유 표면에 구비시켰다.

[190] 이후, 제조된 적층체에서 제2지지체가 대면되도록 제1지지체의 양면에 적층체를 배치시켰다. 이때 상기 제1지지체는 두께가 5mm이며, 용점이 약 120°C인 폴리에틸렌을 초부로 하고, 폴리프로필렌을 심부로 하는 직경이 약 30 μ m인 저융점 제2복합섬유로 형성된 평량이 450g/m²인 부직포(남양부직포,

NP450)를 사용하였다. 이후 140°C의 열 및 1kgf/cm²의 압력을 가해 필터여재를 제조하였다

[191]

[192] <비교예 1>

[193] 실시예1과 동일하게 실시하되, 전처리부를 구비시키지 않고, 삼투여과부만으로 하기 표 1과 같은 해수담수화 장치를 구현했다.

[194]

[195] <비교예 2>

[196] 실시예1과 동일하게 실시하되, 전처리부에서 전기응집모듈 없이 필터모듈만으로 전처리부를 구성하여 하기 표 1과 같은 해수담수화 장치를 구현했다.

[197]

[198] <실험예1>

[199] 실시예1, 비교예1 및 비교예2에 따른 해수담수화 장치의 전처리부에 1m³/h의 유량으로 해수를 유입시켜 동일조건으로 해수담수화 장치를 가동시켰으며, 장치의 가동 중 삼투모듈의 역삼투막의 교체 주기의 도래 시점을 평가하였다. 평가결과, 비교예1에서의 역삼투막의 교체 주기 도래 시간을 100으로 기준하여 나머지 실시예 및 비교예2에서의 역삼투막 교체 주기 도래시간을 상대적인 백분율로 나타내었다. 이때 교체 주기는 해수담수화 장치의 초기 30시간의 가동시간 동안 수득된 담수화 유량을 기준으로, 수득 유량보다 30% 가량 유량이 감소한 시점을 교체 주기로 설정하여 평가했다.

[200] [표1]

	실시예1	비교예1	비교예2
전처리부	전기응집모듈+필터모듈	없음	필터모듈
역삼투막 역세척 도래시기(%)	560	100	240

[201] 표 1을 통해 확인할 수 있듯이, 삼투 여과부 전에 전처리부로 전기응집모듈과 필터모듈을 모두 구비한 실시예1의 경우 삼투 여과부의 역삼투막의 교체 시기를 현저히 연장시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

[202] <실시예 2 ~ 16>

[203] 실시예1과 동일하게 실시하여 제조하되, 필터여재를 하기와 표 2 또는 표 3과 같이 제1지지체의 두께/평량, 제2지지체의 두께/평량, 나노섬웹의 평량을 변경하여 하기 표 2 또는 표 3과 같은 필터여재를 제조하였고, 이를 이용해 해수담수화 장치를 구현하였다.

[204] 이때, 실시예 12의 경우 실시예1과 제1지지체, 제2지지체와 각각 유사한 스펙의

지지체를 사용하되, 초부가 용점이 142°C인 저융점 폴리에스테르 코폴리머이고 심부가 PET인 복합섬유로 형성된 제1지지체와 제2지지체로 변경하고, 합지시 온도를 각각 160°C로 변경하여 필터여재를 구현하였다.

[205] <실험예 2>

[206] 실시예에서 제조된 각각의 필터여재를 채용한 해수 담수화 시스템에 대해서 하기의 물성을 평가하여 하기 표 2 및 표 3에 나타내었다.

[207] 1. 초기 수투과도 측정

[208] 필터모듈에 운전압력을 50kPa로 가하여 1개의 필터유닛에 대한 면적 0.5m² 당 수투과도와 여과효율을 측정하였다. 이때 초기 수투과도는 실시예 1의 필터여재로 구현된 필터유닛의 수투과도를 100으로 기준하여 나머지 실시예에 따른 필터여재로 구현된 필터유닛의 수투과도를 상대적인 백분율로 계산하였다.

[209] 2. 역세척 내구성 평가

[210] 필터모듈에서 1개의 필터유닛을 분리한 뒤 분리된 필터유닛을 물에 침지 후 운전압력을 50kPa로 가하여 면적 0.5m² 당 2분 동안 400LMH의 물을 가압하는 조건으로 역세척을 수행한 후, 역세척 과정에서 부풀음 등 외관이상 발생 하는 경우 ○, 이상이 없는 경우 ×로 하여 역세척 내구성을 평가하였다.

[211] 이때, 50kPa 운전조건으로 운전 시에 외관이상 발생하지 않은 필터유닛에 한하여 통상적인 역세척 조건을 상회하는 가압조건인 운전압력을 125kPa로 압력을 높여 역세척을 수행한 뒤 외관이상을 동일하게 평가하였다.

[212] 또한, 운전압력을 125kPa로 역세척을 수행 시에 외관이상 발생하지 않은 경우에 한해서 해당 필터유닛에 대해 초기 수투과도 측정 방법과 동일하게 실시하여 역세척 후 수투과도를 측정했다. 이때, 수투과도는 각 시편의 초기 수투과도(A)에 대한 역세척 후 수투과도(B)에 대한 하기 수식 1에 따른 변동율로 계산했다. 변동율이 클수록 역세척에 따른 나노섬유웹의 손상이나, 외관이상으로 보이지 않는 층간 박리가 발생한 것으로 볼 수 있다.

[213] 변동율(%) = {(B - A) × 100} ÷ A

[214] [표2]

		실시 예1	실시 예2	실시 예3	실시 예4	실시 예5	실시 예6	실시 예7	실시 예8
나노섬 유웹	평균(g/m ²)	10	20	29	25	10	10	10	10
	두께(μ m)	15	25	40	40	15	15	15	15
제2지 지체	평균(g/m ²)	40	40	40	40	59	62	40	40
	두께(μ m)	200	200	200	200	250	250	200	200
제1지 지체	평균(g/m ²)	450	450	450	450	450	450	330	650
	두께(μ m)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
필터여재 전체두께(μ m)		5215	5225	5240	5240	5265	5265	5215	5215
필터여재 전체두께 중 제1지지체 두께비율(%)		95.9	95.7	95.4	95.0	95.0	95.9	95.9	95.9
나노섬유웹 평균기준 제2지지체 평균 배율		4	2	1.38	1.60	5.9	6.2	4	4
제2지지체 평균기준제1지지 체 평균 배율		11.25	11.25	11.25	10.23	7.63	7.26	8.25	16.25
초기 수투과도(%)		100	92	82	88	96	91	100	86

역세척 내구성	이상유무(@50kPa)	×	×	×	×	×	×	×	×
	이상유무(@125kPa)	×	×	×	×	×	×	×	×
	수투과도 변동율(%)	6.8	8.1	21.5	13.6	13.1	28.9	12.2	7.6

[215] [표3]

		실시 예9	실시 예10	실시 예11	실시 예12	실시 예13	실시 예14	실시 예15	실시예 16
나노섬 유웹	평균(g/m ²)	10	10	10	10	10	10	10	32
	두께(μm)	15	15	15	15	15	15	15	40
제2지 지체	평균(g/m ²)	40	40	40	41	40	40	0	40
	두께(μm)	200	200	200	200	230	230	0	200
제1지 지체	평균(g/m ²)	680	450	270	430	270	230	270	450
	두께(μm)	5000	3400	2200	5000	2000	2500	2200	5000
필터여재 전체두께(μm)		5215	3615	2415	5215	2245	2745	2215	5240
필터여재 전체두께 중 제1지지체 두께비율(%)		95.9	94.1	91.1	95.9	89.2	91.1	99.4	95.4
나노섬유웹 평균기준 제2지지체 평균 배율		4	4	4	4.1	4	4	0	1.25
제2지지체 평균기준제1지지 체 평균 배율		17	11.25	6.75	10.49	6.75	5.75	-	11.25
초기 수투과도(%)		84	87	80	100	79	87	94	76

역세척 내구성	이상유무(@50kPa)	×	×	×	×	×	○	○	×
	이상유무(@125kPa)	×	×	×	×	○	미수 행	미수 행	○
	수투과도 변동율(%))	12.1	13.6	14.0	14.6	미측 정	미측 정	미측 정	미측 정

[216] 표 2 및 표 3에서 확인할 수 있듯이,

[217] 나노섬유웹의 평량이 30g/m^2 을 초과하는 실시예 16의 필터여재에 있어서 50kPa의 압력으로 역세척 수행 시 외관이상은 없었으나, 역세척 압력이 125kPa인 경우에는 나노섬유웹이 부분적으로 박리되어 도 17과 같은 부풀음 현상이 발생하였다. 이에 반하여 나노섬유웹이 평량이 30g/m^2 이하인 실시예 1 내지 3의 경우 125kPa의 압력으로 역세척 시 이상이 발생하지 않음을 확인할 수 있다.

[218] 또한, 제1지지체의 두께가 전체 필터여재 두께의 90% 미만인 실시예 13의 경우 50kPa의 압력으로 역세척을 수행 시 역세척에 따른 외관의 이상은 없었으나, 압력을 125kPa로 높였을 때 외관이상이 발생했다. 이에 반하여 동일 조건이면서 제1지지체의 두께가 필터여재의 전체 두께에 대비하여 90% 이상인 실시예 11의 경우 압력을 125kPa로 높여서 역세척을 수행했음에도 불구하고 외관이상이 발생하지 않은 것을 확인할 수 있다.

[219] 또한, 제1지지체의 평량이 250g/m^2 미만인 실시예 14의 경우 제1지지체의 두께가 필터여재의 전체 두께에 대비하여 90% 이상임에도 불구하고 50kPa의 역세척 압력에도 외관이상이 발생했으며, 역세척에 따른 기계적 강도저하로 비교예1보다도 역세척에 따른 내구성이 현저히 저하됨을 확인할 수 있다.

[220] 또한, 제2지지체를 불포함한 실시예 15의 경우 50kPa의 압력으로 역세척 수행 시에도 외관이상이 발생한 것을 확인할 수 있다. 이는 제2지지체 없이 실시예 11과 같이 역세척에 따른 압력을 견딜 수 있는 제1지지체를 구비했음에도 불구하고 제1지지체와 나노섬유웹 간 부착력 약화에 따른 결과로 예상된다.

[221] 이에 반하여, 제1지지체의 평량이 250g/m^2 이상인 실시예 11의 경우 125kPa의 가혹 운전조건에도 외관이상이 발생하지 않은 것을 확인할 수 있다.

[222] 한편, 실시예 중에서도 제2지지체의 평량이 나노섬유웹을 기준하여 1.5 ~ 6배의 범위내 속하지 못하는 실시예 3과 실시예 6의 경우 상기 범위 안에 근접한 실시예 4와 5에 대비하여 수투과도 변동율이 현저히 높았음을 확인할 수 있다.

[223] 또한, 제1지지체의 평량이 제2지지체를 기준하여 8 ~ 16.5배의 범위에 속하지 않는 실시예 6, 실시예 9 중 실시예 6의 경우 실시예 7에 대비하여 수투과도 변동율이 현저히 컸고, 실시예 9는 실시예 8에 대비하여 수투과도 변동율이 증가했고, 초기수투과도가 현저히 저하된 것을 확인할 수 있다.

- [224] 또한, 제1지지체의 두께가 필터여재 전체 두께 대비 90% 이상인 경우에도 제1지지체의 두께가 필터여재 전체 두께 대비 95% 이상인 실시예 1이 실시예 10보다 역세척에 따른 손상이 현저히 낮다는 것을 확인할 수 있다.
- [225] 또한, 제1지지체와 제2지지체가 폴리오레핀계가 아닌 폴리에스테르계 저융점 복합섬유로 형성된 것을 사용한 실시예12의 경우 역세척 압력이 125kPa일 때, 역세척 후 내구성이 저하되었고, 이는 지지체의 브리틀한 물성으로 인해 부착력이 폴리오레핀계인 실시예1보다 저하되었기 때문으로 예상되었다.
- [226] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

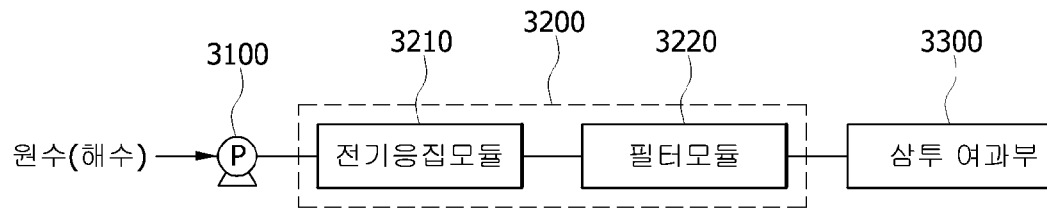
청구범위

- [청구항 1] 유입된 해수에 포함된 현탁물질을 전기응집시키는 전기응집모듈과, 상기 전기응집모듈로부터 유입된 전기응집수에 포함된 응집체를 여과시키는 필터모듈을 포함하는 전처리부; 및
상기 전처리부에서 유입된 전처리수를 담수화하는 삼투막 모듈을 구비하는 삼투 여과부;를 포함하는 해수담수화 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 전기응집모듈은 희생전극에서 발생하는 양이온을 통하여 해수에 포함된 이물질을 전기응집시키며, 유입된 해수의 처리용량이 $1\text{m}^3/\text{h}$ 이상인 것을 특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 필터모듈은 필터여재를 구비한 필터유닛을 적어도 하나로 구비하고, 상기 필터여재는 상기 전기응집모듈로부터 유입된 전기응집수에 대하여 여과유속이 50 LMH 이상이며, 입경이 $0.2\mu\text{m}$ 이상인 응집체에 대한 여과효율이 99% 이상인 것을 특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,
상기 필터여재는 제1지지체 양면 각각에 순서대로 적층된 제2지지체, 및 나노섬유웹을 구비하고, 상기 나노섬유웹에서 여과된 여과액이 상기 제1지지체 방향으로 흐르는 유로가 형성된 것을 특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
상기 제1지지체의 평량은 $250 \sim 800\text{g}/\text{m}^2$ 이고, 두께는 $2 \sim 8\text{mm}$ 인 것을 특징으로 하는 수처리 장치.
- [청구항 6] 제4항에 있어서,
상기 제2지지체의 평량은 $35 \sim 100\text{g}/\text{m}^2$ 이며, 두께는 $150 \sim 250\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 7] 제4항에 있어서,
상기 나노섬유웹은 섬유형성성분으로 불소계화합물을 포함하며,
상기 불소계화합물은 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)계,
테트라플루오로에틸렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(PFA)계,
테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌 공중합체(FEP)계,
테트라플루오로에틸렌-헥사플루오로프로필렌-퍼플루오로알킬 비닐 에테르 공중합체(EPE)계, 테트라플루오로에틸렌-에틸렌 공중합체(ETFE)계, 폴리클로로트리플루오로에틸렌(PCTFE)계,
클로로트리플루오로에틸렌-에틸렌 공중합체(ECTFE)계 및
폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF)계로 이루어진 군에서 선택된 어느

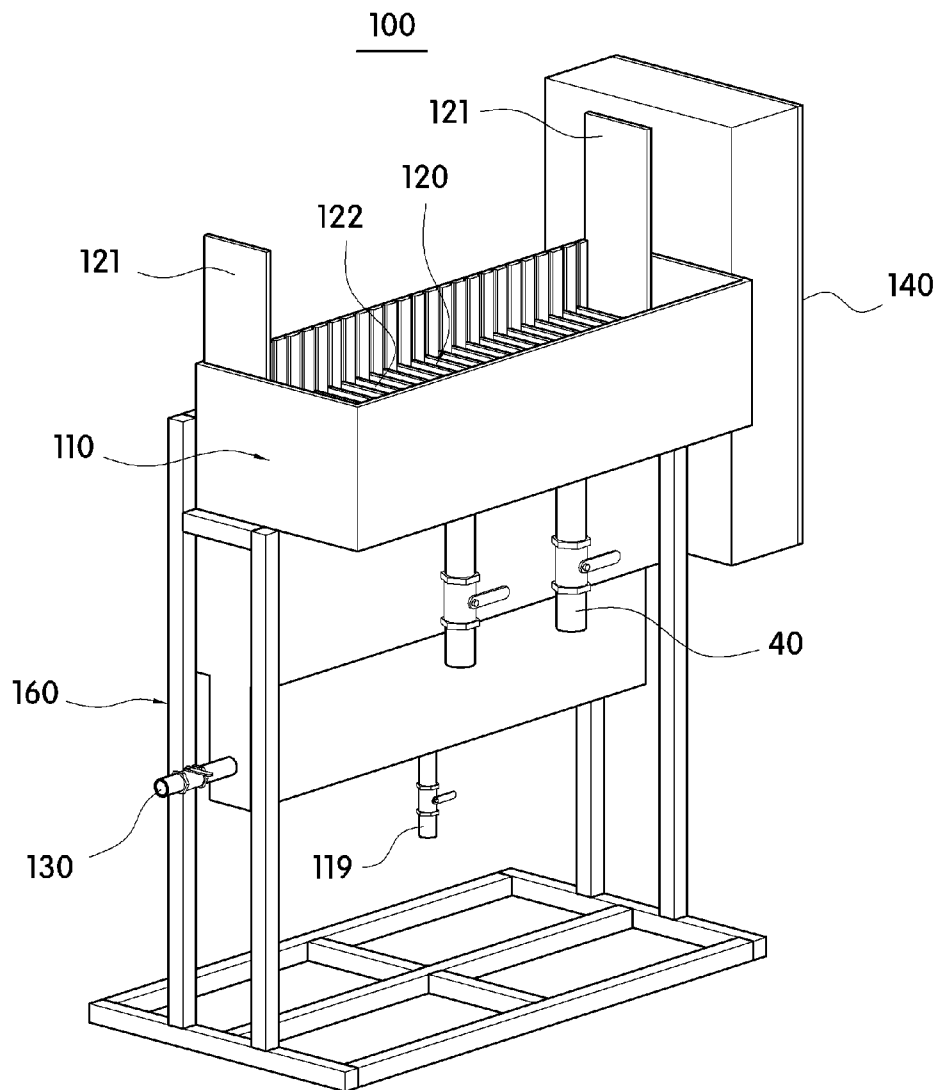
- 하나 이상의 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 8] 제4항에 있어서,
상기 나노섬유웹은 평균공경이 $0.1 \sim 5\mu\text{m}$ 이고, 기공도가 60 ~ 90%인 것을
특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 9] 제4항에 있어서,
상기 나노섬유웹을 형성하는 나노섬유는 평균직경이 $0.05 \sim 1\mu\text{m}$ 인 것을
특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 10] 제4항에 있어서,
상기 나노섬유웹의 평량은 $30\text{g}/\text{m}^2$ 이하이고, 상기 제1지지체의 평량은
 $250\text{g}/\text{m}^2$ 이상이며, 두께는 상기 필터여재 전체 두께의 90% 이상인 것을
특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 11] 제4항에 있어서,
상기 제2지지체의 평량은 나노섬유웹의 평량에 대해 1.5 ~ 6배이며,
제1지지체의 평량은 제2지지체 평량에 대해 8 ~ 16.5배인 것을 특징으로
하는 해수담수화 장치.
- [청구항 12] 제4항에 있어서,
상기 제2지지체는 지지성분 및 저용점 성분을 포함하여 상기 저용점
성분의 적어도 일부가 외부면에 노출되도록 배치된 제2복합섬유를
구비하고, 상기 제2복합섬유의 저용점 성분이 나노섬유웹에 용착되며,
상기 제1지지체는 지지성분 및 저용점 성분을 포함하여 상기 저용점
성분의 적어도 일부가 외부면에 노출되도록 배치된 제1복합섬유를
구비하고, 상기 제1복합섬유의 저용점 성분 및 제2복합섬유의 저용점
성분 간 용착으로 제1지지체 및 제2지지체가 접합된 것을 특징으로 하는
해수담수화 장치.
- [청구항 13] 제3항에 있어서,
상기 필터유닛은 상기 필터여재의 테두리를 지지하는 지지프레임을 더
포함하여 형성된 평판형 필터유닛이며,
상기 지지프레임은 상기 필터여재에서 여과된 여과액이 외부로
유출되도록 하는 유로를 구비하는 것을 특징으로 하는 해수담수화 장치.
- [청구항 14] 제1항에 있어서, 상기 전기응집모듈은,
상부가 개방된 내부공간을 갖는 하우징; 및
상기 내부공간에 배치되고, 외부에서 공급되는 해수에 포함된 이물질을
응집시키기 위한 희생전극 및 파워전극을 포함하는 전극유닛;를
포함하고,
상기 내부공간은 상기 해수가 유입되는 제1챔버, 상기 제1챔버의
상부측에 배치되어 상기 전극부가 배치되는 제2챔버 및 상기
제2챔버에서 전기응집 반응이 완료된 전기응집수가 일시저장 되는
제3챔버를 포함하는 것을 특징으로 하는 해수담수화 장치.

- [청구항 15] 유입된 해수에 포함된 이물질을 전기응집 시키는 전기응집모듈; 및
상기 전기응집모듈로부터 유입된 전기응집수에 포함된 응집체를
여과시키는 필터모듈;을 포함하는 해수 담수화 장치용 전처리 설비.

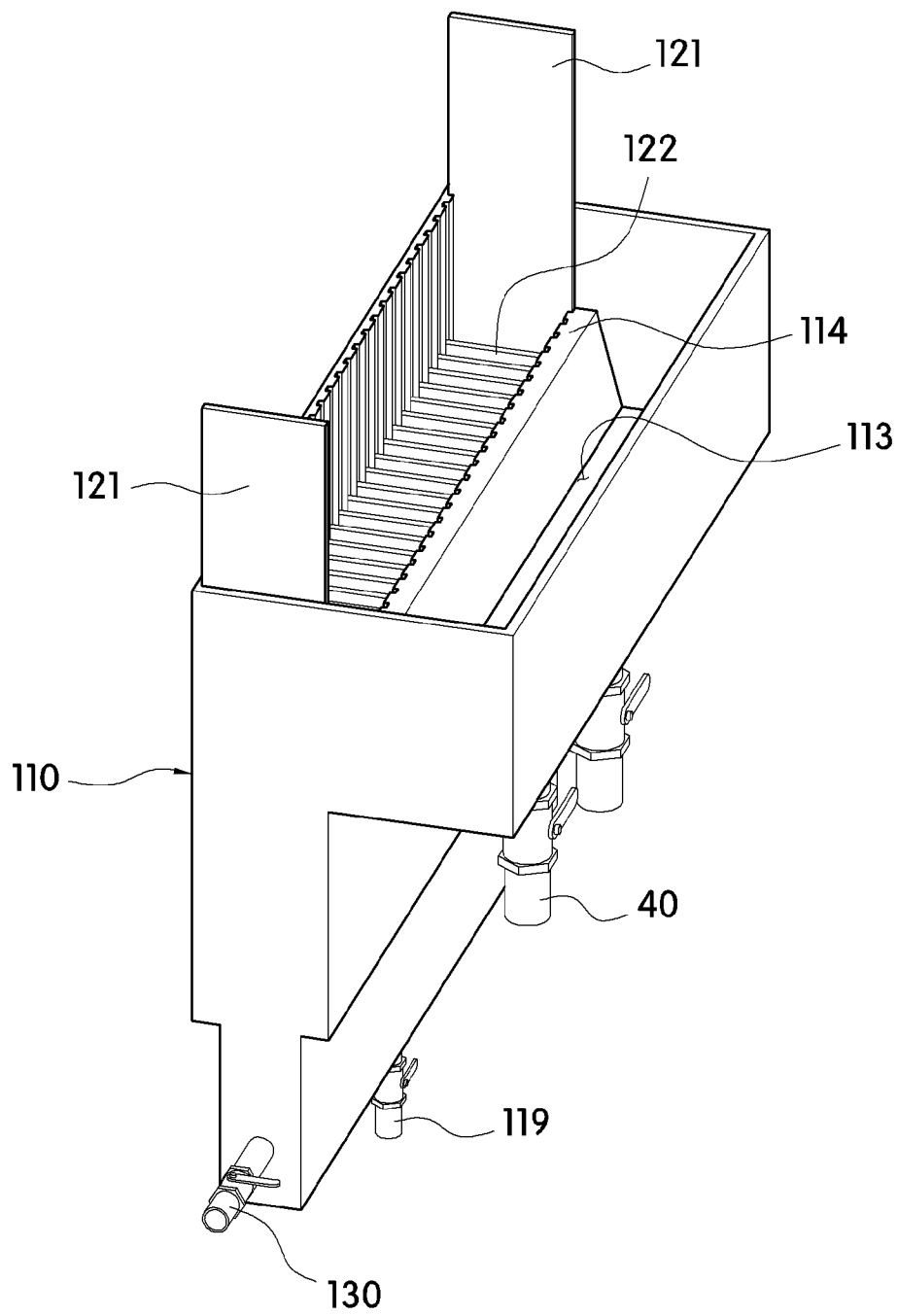
[도1]



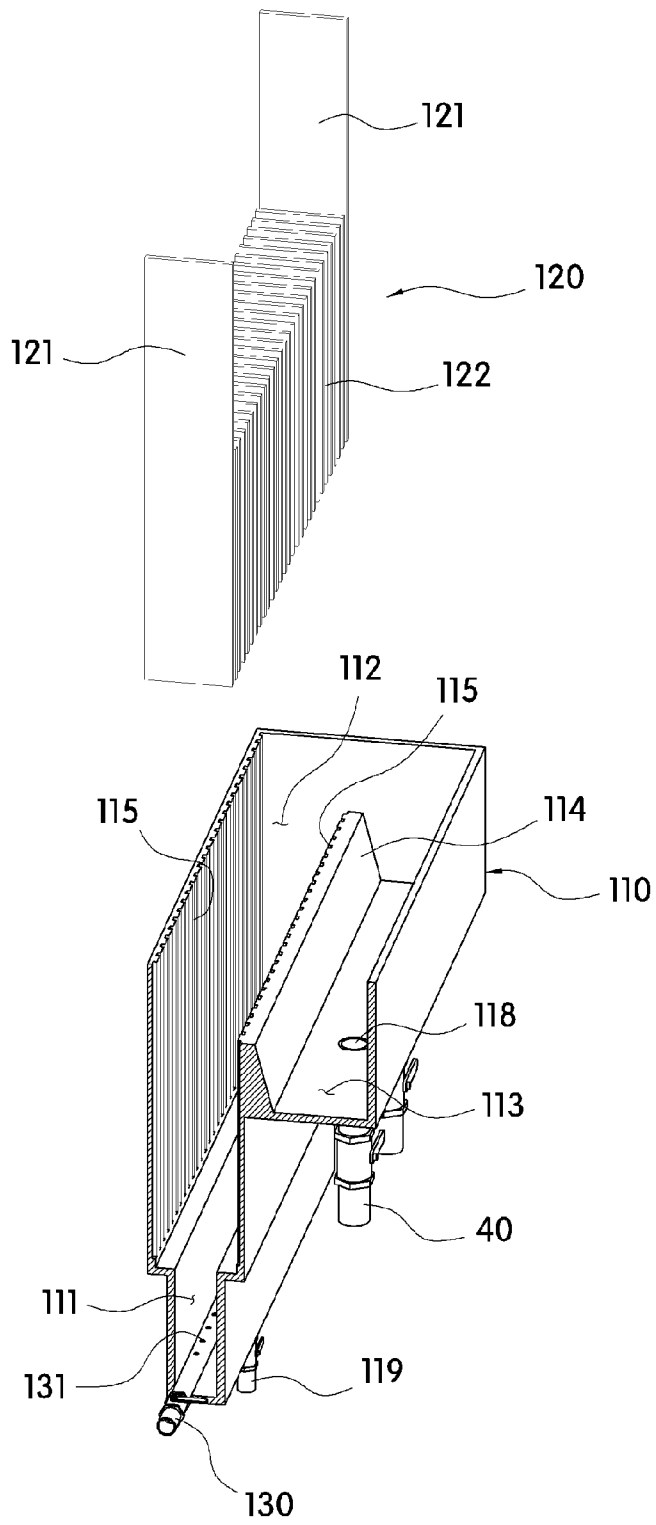
[도2]



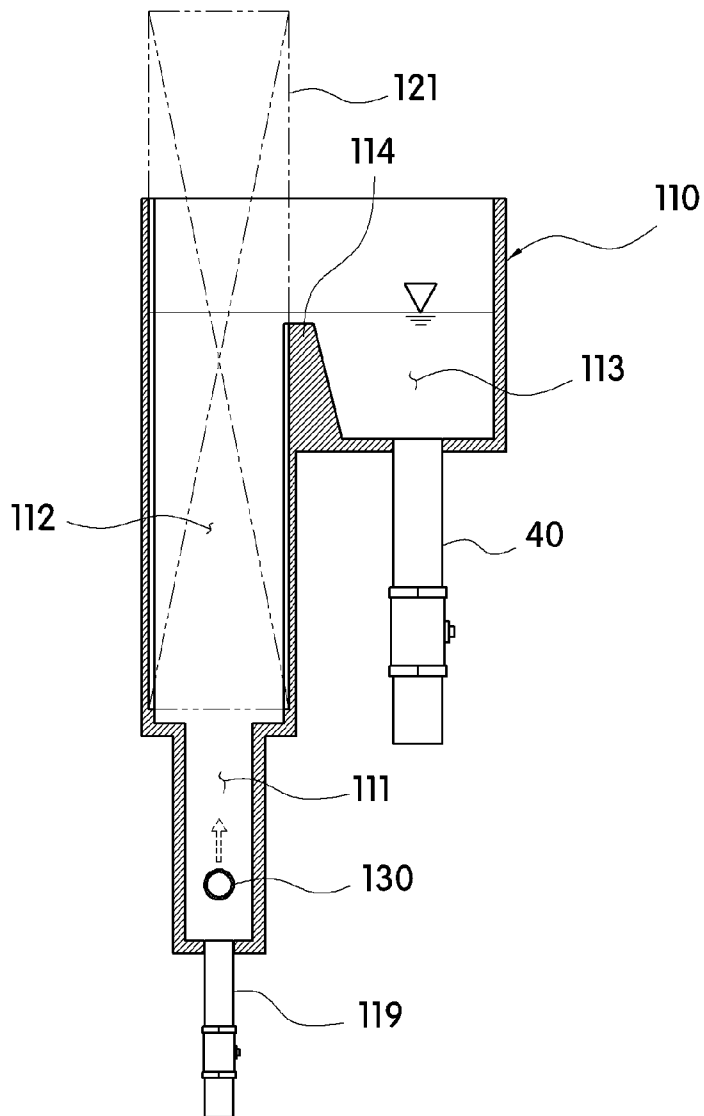
[도3]



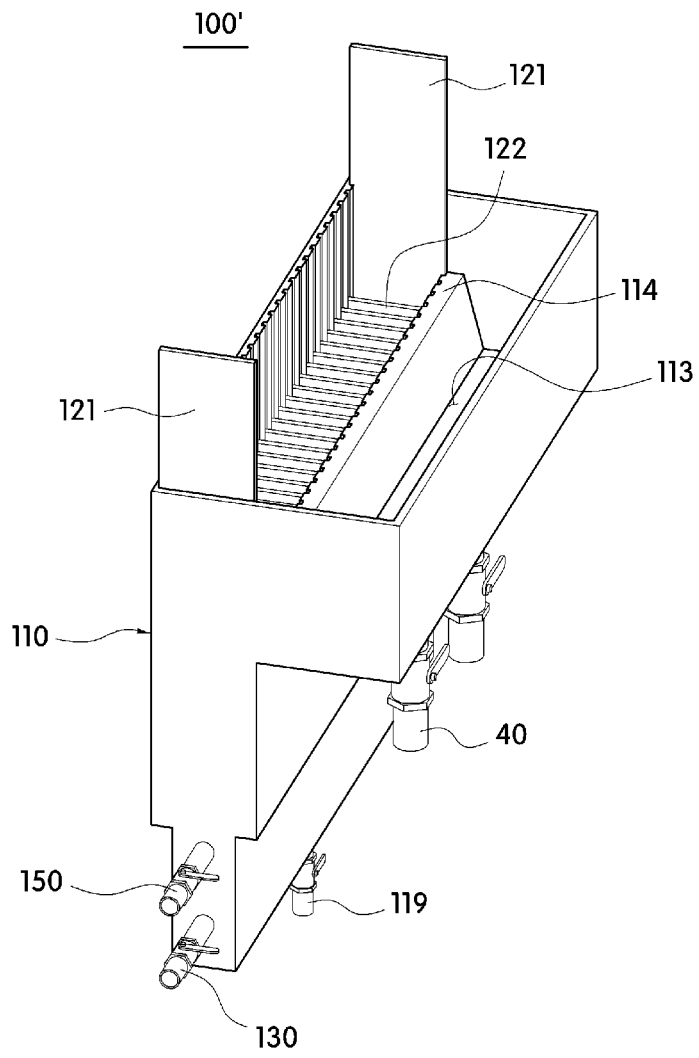
[도4]



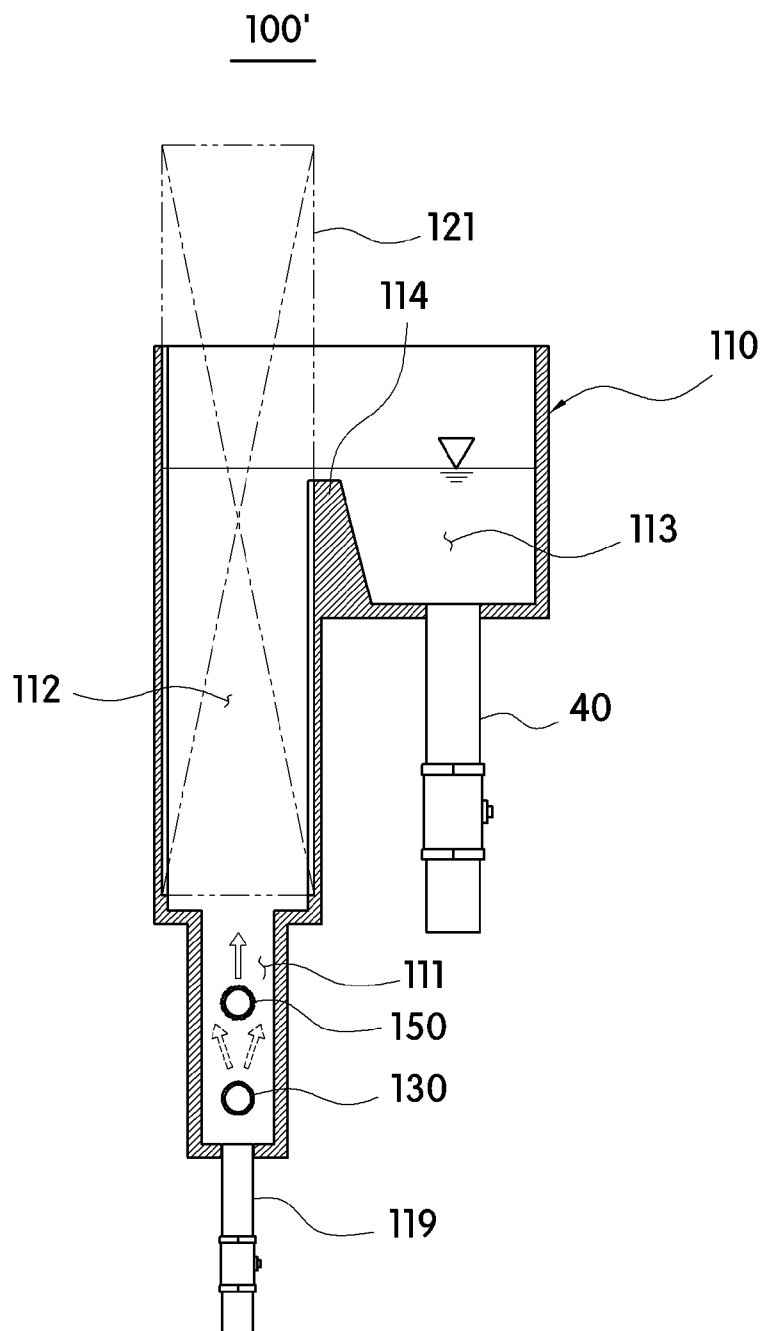
[도5]



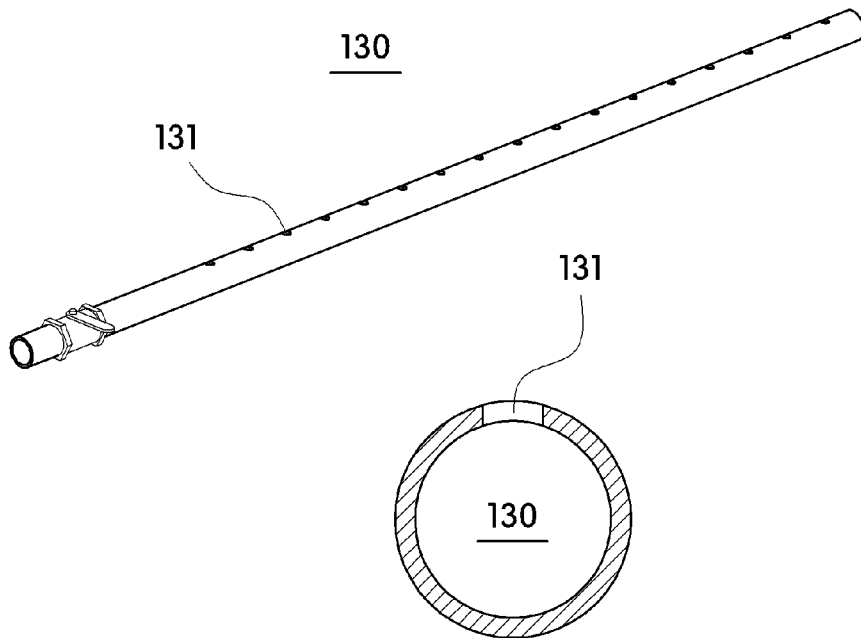
[도6]



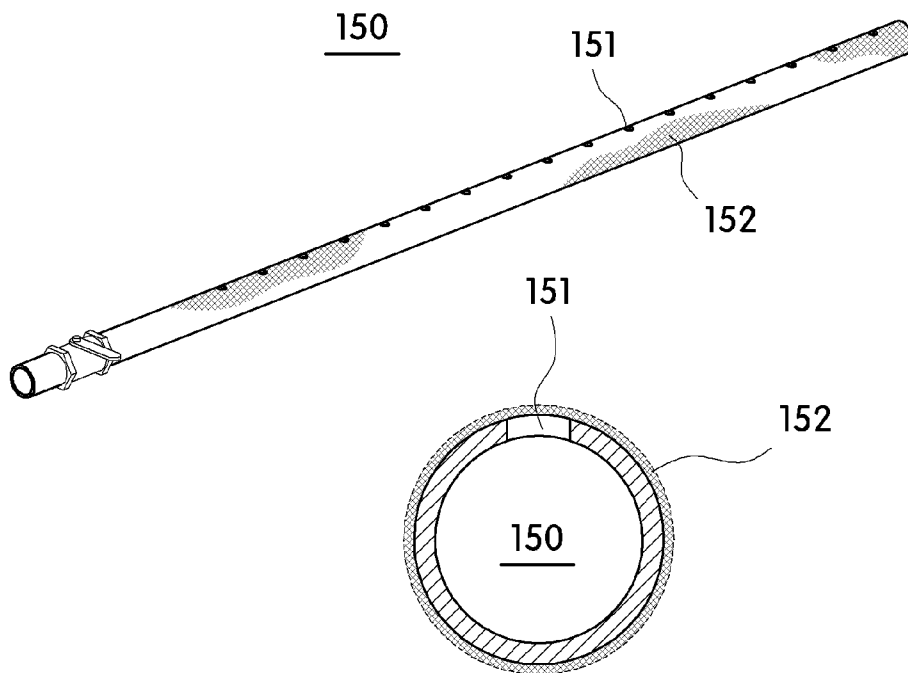
[도7]



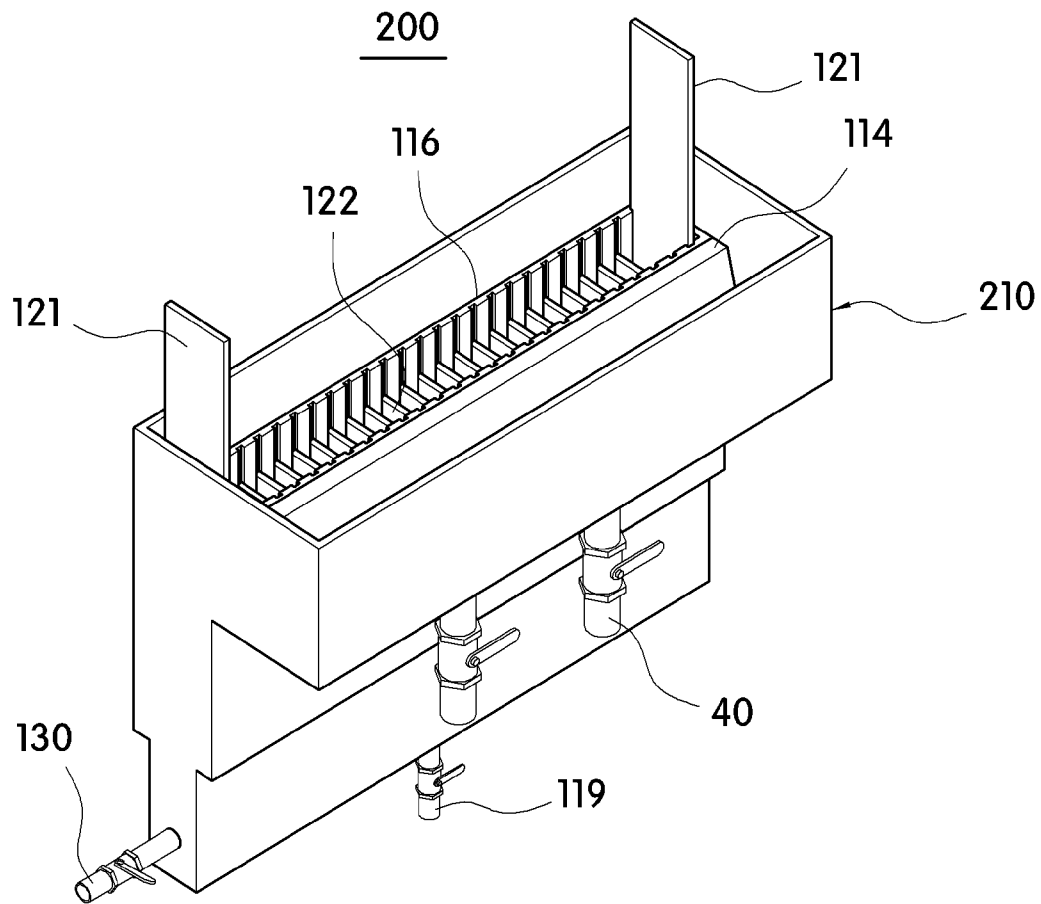
[도8]



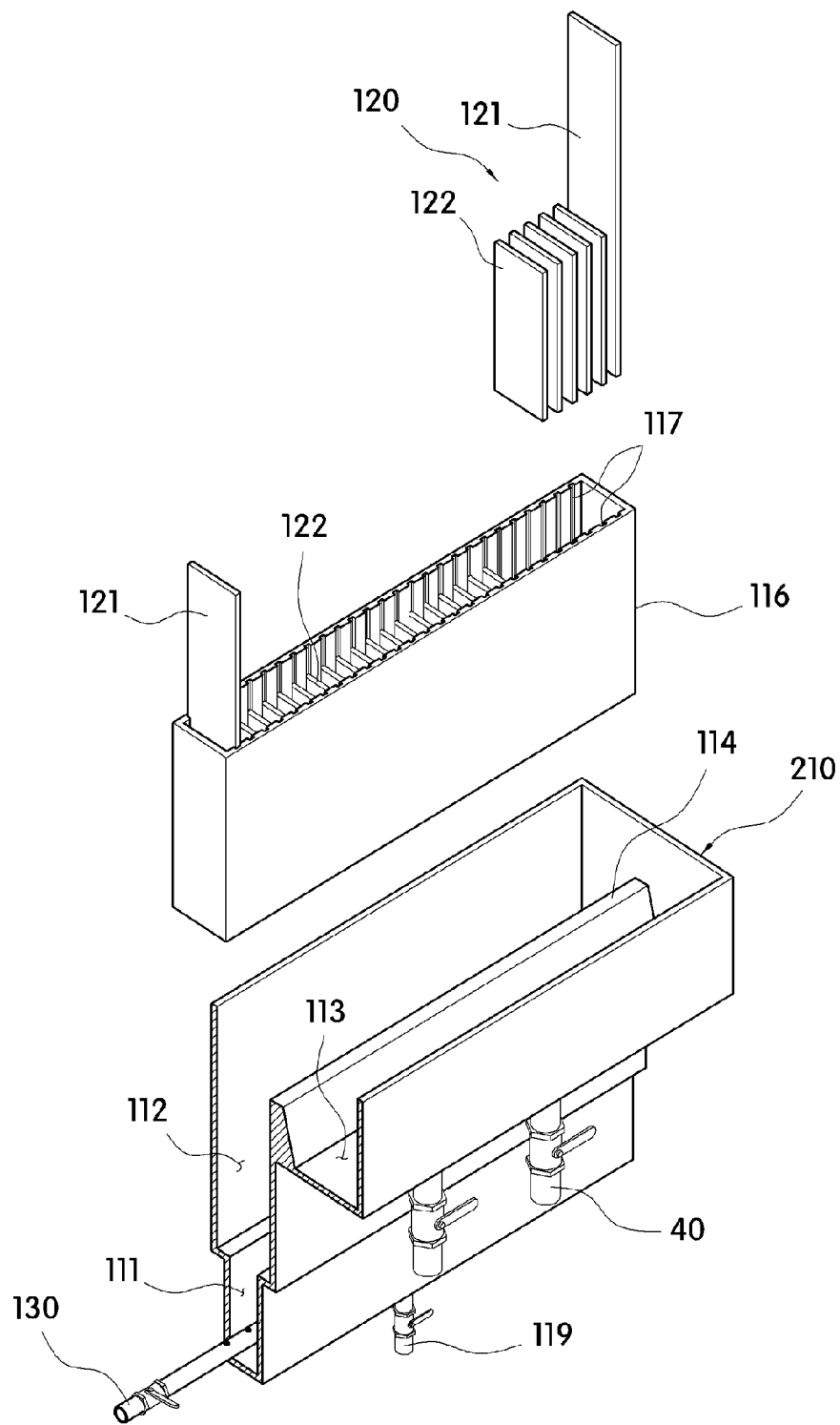
[도9]



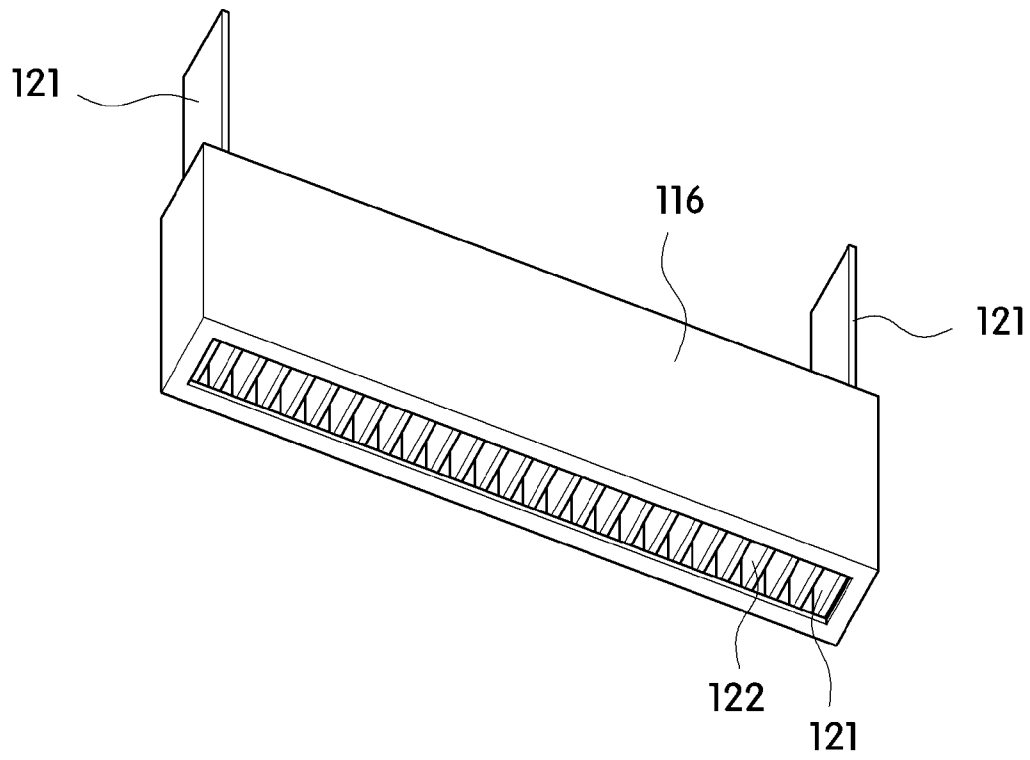
[도10]



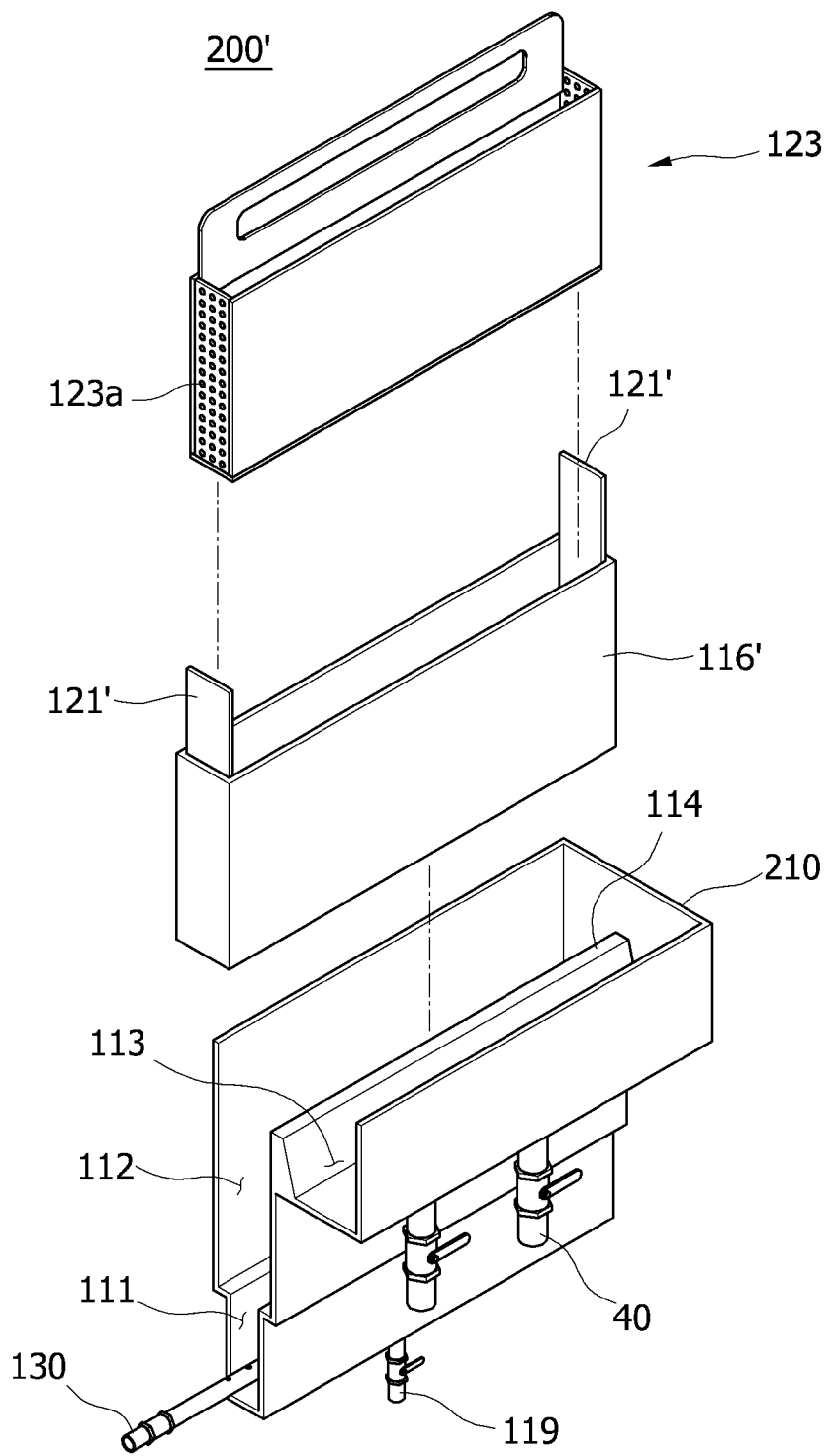
[도11]



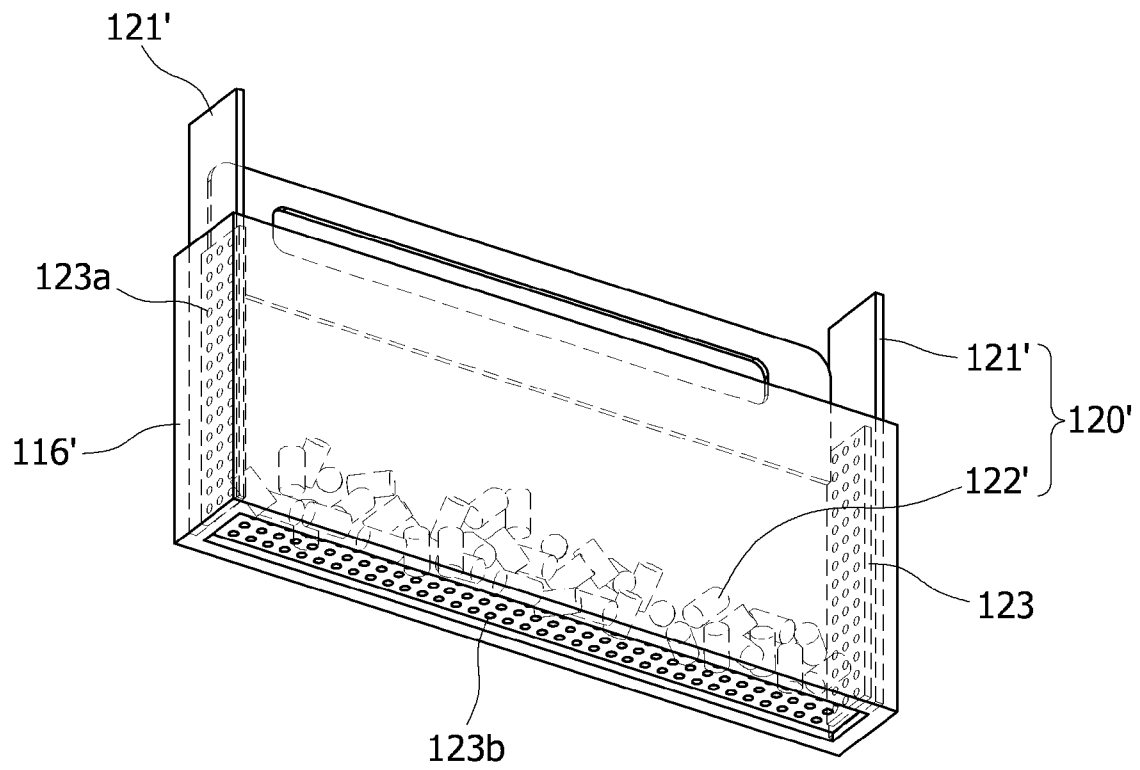
[도12]



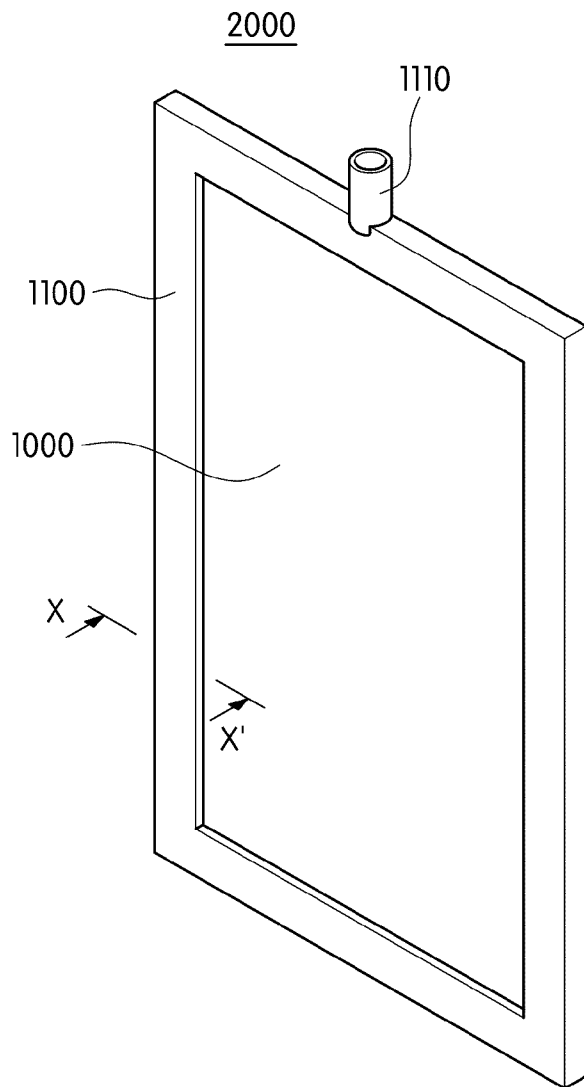
[도 13a]



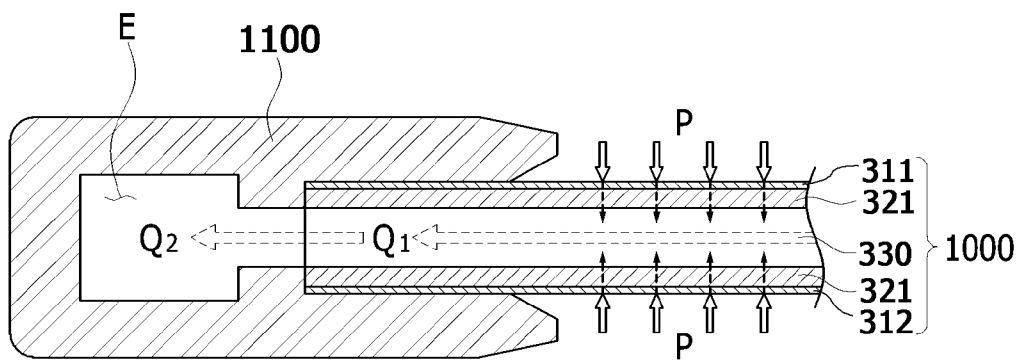
[도 13b]



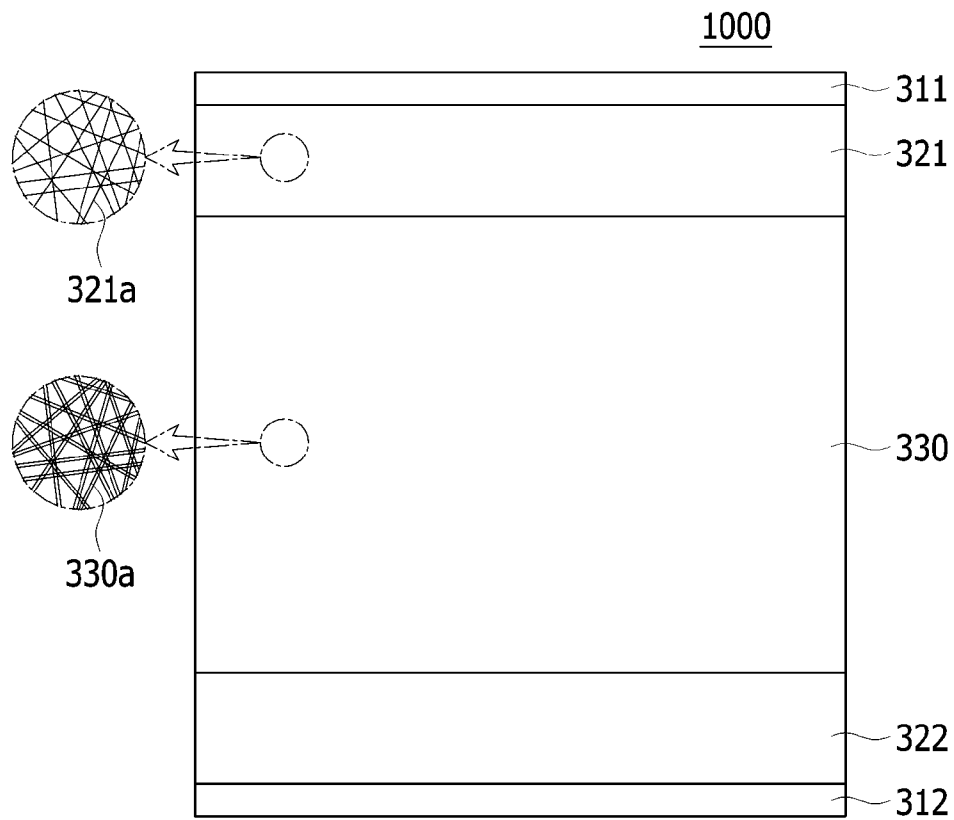
[도 14a]



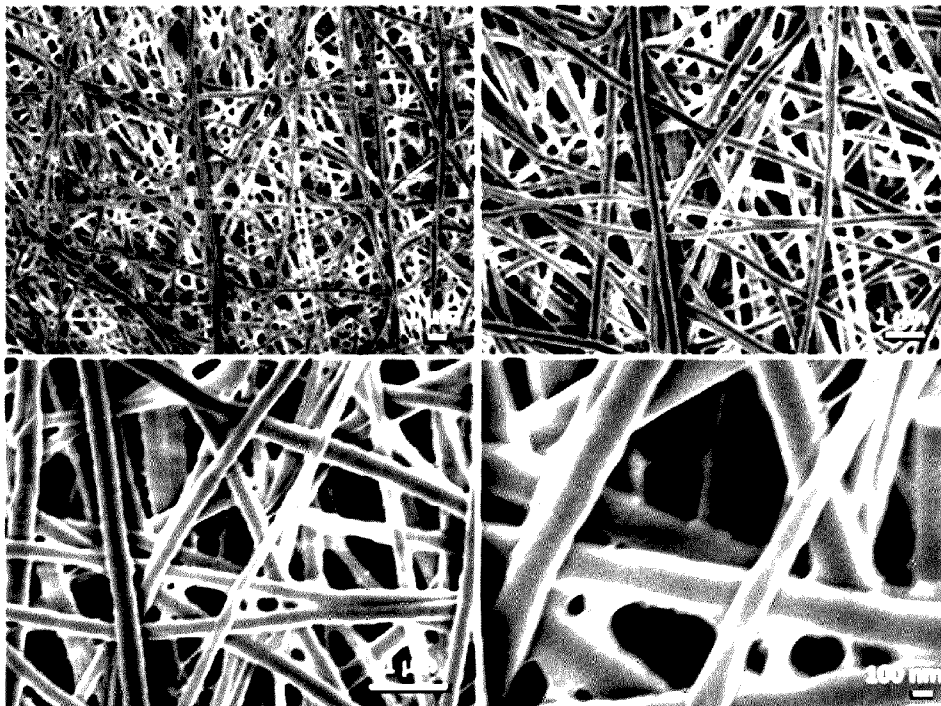
[도 14b]



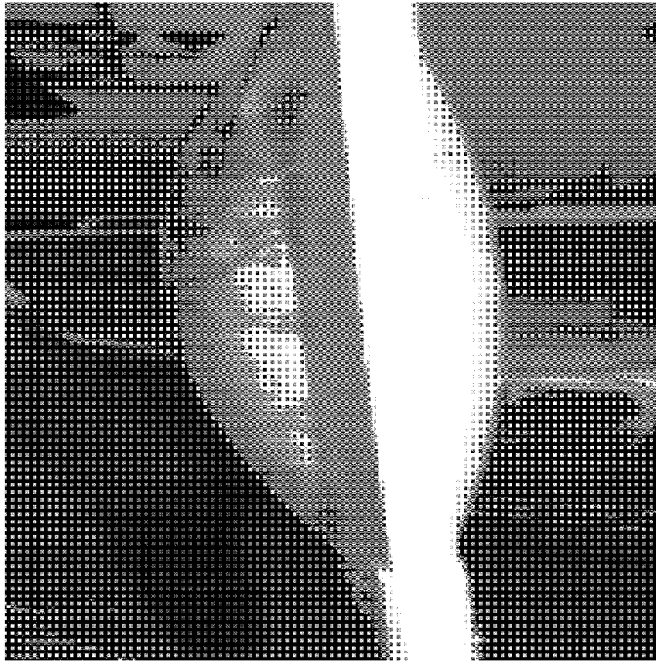
[도15]



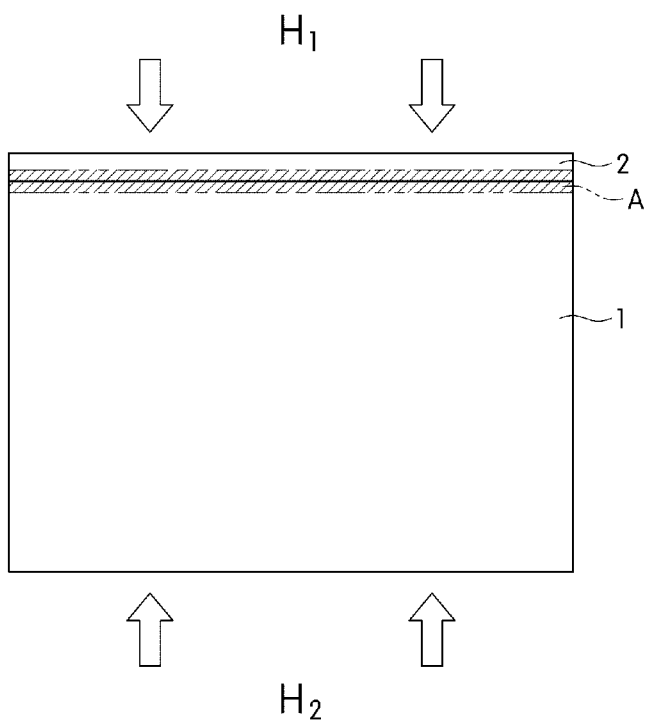
[도16]



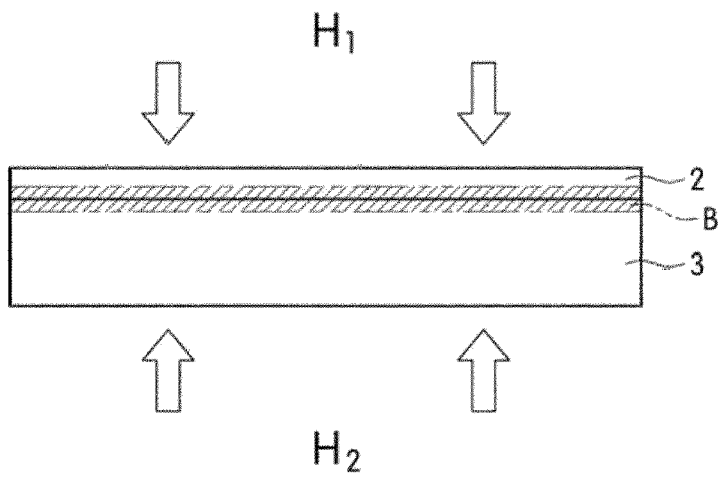
[도17]



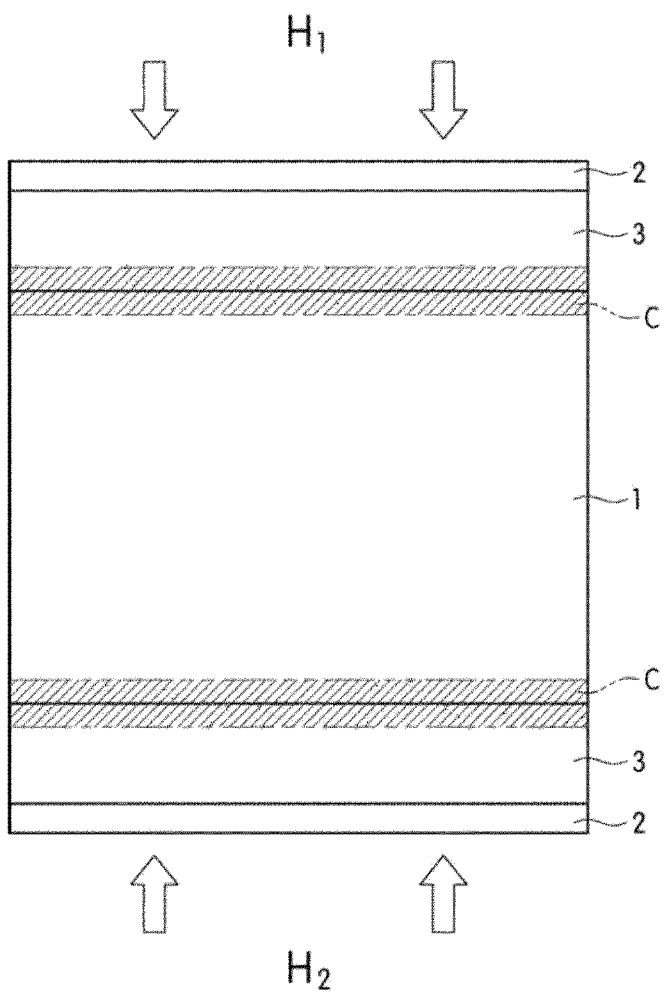
[도18]



[도 19a]

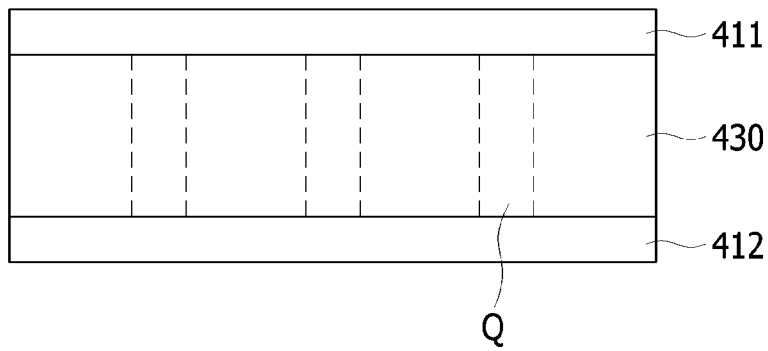


[도 19b]



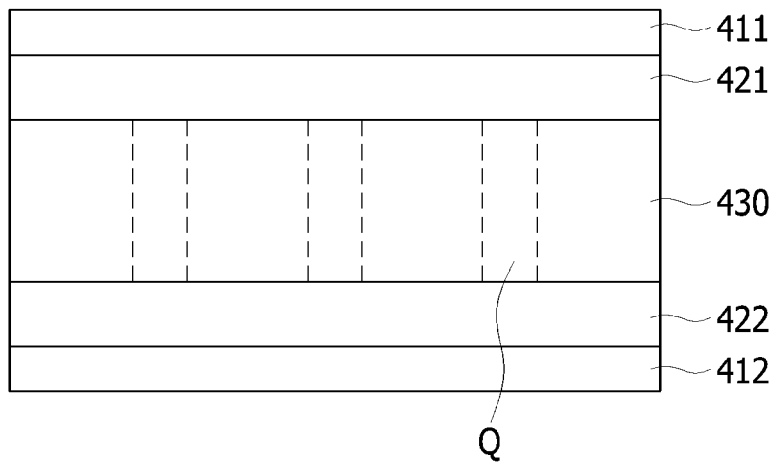
[도20]

1001

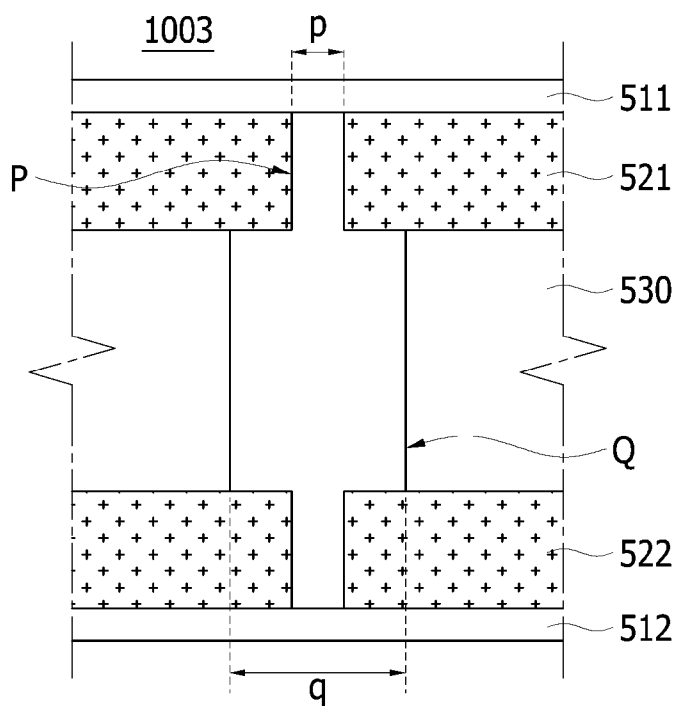


[도21]

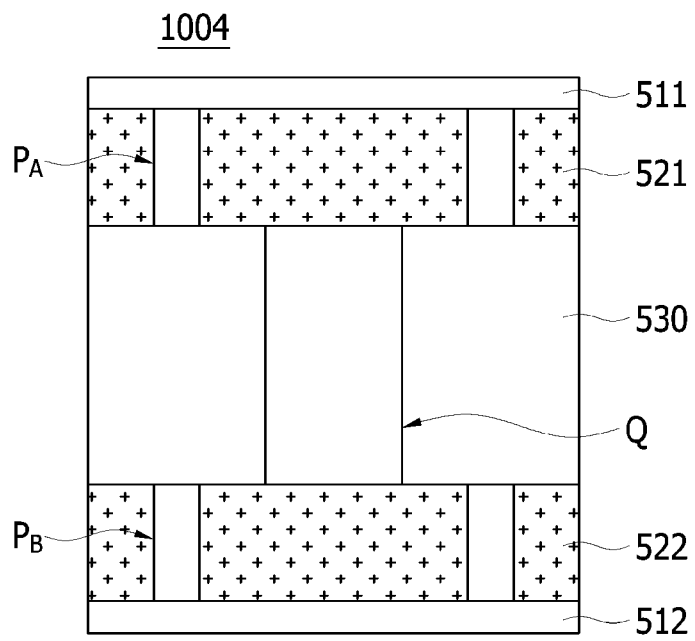
1002



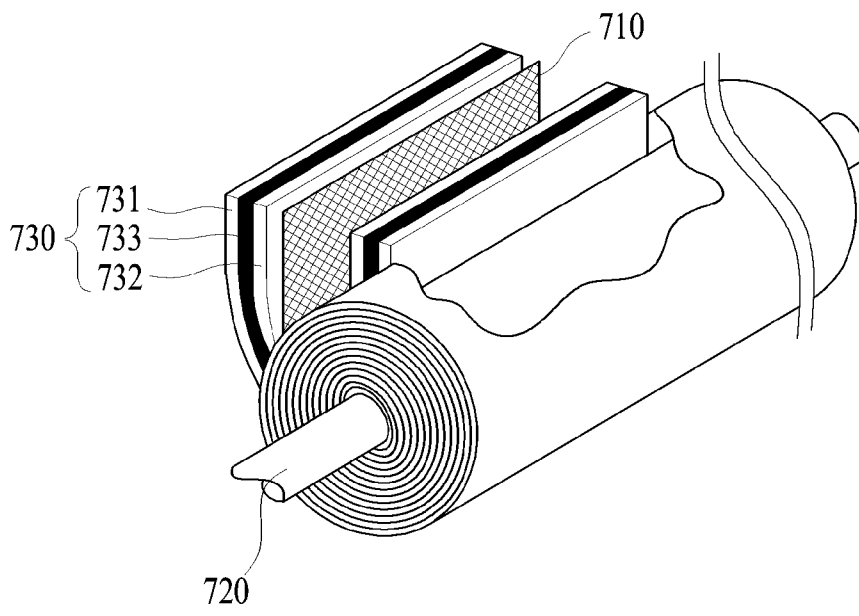
[도22]



[도23]



[도25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/008287

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 9/00(2006.01)i, C02F 1/463(2006.01)i, B01D 35/02(2006.01)i, C02F 1/44(2006.01)i, C02F 103/08(2006.01)n

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)

C02F 9/00; B01D 39/16; B01D 61/14; B01D 61/18; B01D 63/08; B01D 69/10; B01D 69/12; C02F 1/469; C02F 1/463; B01D 35/02; C02F 1/44; C02F 103/08

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: sea water desalination unit, suspended material, electric aggregation module, filter module, osmosis membrane module, flow velocity, efficiency, basis weight, particle diameter, nano fiber web, support body

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2004-0000058 A (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) 03 January 2004 See pages 2, 3, claims 1-4 and figures 1-5.	1-15
Y	KR 10-2010-0028011 A (SUMITOMO ELECTRIC FINE POLYMER, INC.) 11 March 2010 See paragraphs [0028]-[0037], [0161]-[0220], claims 1-13 and figures 1-10.	1-15
Y	KR 10-2011-0120202 A (SUMITOMO ELECTRIC FINE POLYMER, INC.) 03 November 2011 See paragraphs [0017]-[0095], [0103]-[0194], claims 1-6 and figures 1-5.	4-12
Y	US 2014-0014573 A1 (HOSOYA, Takayoshi et al.) 16 January 2014 See paragraphs [0045]-[0079], claims 1-9 and figure 1.	5,6,10,11
Y	KR 10-2015-0017298 A (AMOGREENTECH CO., LTD.) 16 February 2015 See paragraphs [0104]-[0113], claims 1-10 and figure 1.	12



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

23 OCTOBER 2018 (23.10.2018)

Date of mailing of the international search report

24 OCTOBER 2018 (24.10.2018)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2018/008287

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2004-0000058 A	03/01/2004	KR 10-0501417 B1	18/07/2005
KR 10-2010-0028011 A	11/03/2010	AU 2008-272189 A1	08/01/2009
		CA 2662925 A1	08/01/2009
		CN 101541406 A	23/09/2009
		CN 101541406 B	10/10/2012
		EP 2060314 A1	20/05/2009
		JP 5369278 B2	18/12/2013
		MY 157952 A	30/08/2016
		SG 182176 A1	30/07/2012
		TW 200906477 A	16/02/2009
		TW 1450758 B	01/09/2014
		US 2010-0096317 A1	22/04/2010
		WO 2009-004962 A1	08/01/2009
KR 10-2011-0120202 A	03/11/2011	CN 102006925 A	06/04/2011
		CN 102006925 B	08/10/2014
		EP 2397217 A1	21/12/2011
		TW 201034743 A	01/10/2010
		US 2011-0052900 A1	03/03/2011
		WO 2010-092938 A1	19/08/2010
US 2014-0014573 A1	16/01/2014	AU 2012-233422 A1	17/10/2013
		AU 2012-233422 A1	04/10/2012
		AU 2012-233422 B2	01/06/2017
		CN 103458987 A	18/12/2013
		CN 103458987 B	03/06/2015
		EP 2692405 A1	05/02/2014
		JP 5876871 B2	02/03/2016
		SG 193579 A1	30/10/2013
		US 2017-0203245 A1	20/07/2017
		WO 2012-133631 A1	04/10/2012
KR 10-2015-0017298 A	16/02/2015	CN 105408010 A	16/03/2016
		CN 105408010 B	22/05/2018
		KR 10-2015-0145735 A	30/12/2015
		US 2016-0136584 A1	19/05/2016
		WO 2015-020337 A1	12/02/2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

C02F 9/00(2006.01)i, C02F 1/463(2006.01)i, B01D 35/02(2006.01)i, C02F 1/44(2006.01)i, C02F 103/08(2006.01)n

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C02F 9/00; B01D 39/16; B01D 61/14; B01D 61/18; B01D 63/08; B01D 69/10; B01D 69/12; C02F 1/469; C02F 1/463; B01D 35/02; C02F 1/44; C02F 103/08

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: 해수담수화 장치, 현탁물질, 전기응집모듈, 필터모듈, 삼투막 모듈, 유속, 효율, 평량, 입경, 나노섬유웹, 지지체

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2004-0000058 A (한국전력공사) 2004.01.03 페이지 2, 3, 청구항 1-4 및 도면 1-5 참조.	1-15
Y	KR 10-2010-0028011 A (스미토모덴코파인폴리머 가부시키키가이샤) 2010.03.11 단락 [0028]-[0037], [0161]-[0220], 청구항 1-13 및 도면 1-10 참조.	1-15
Y	KR 10-2011-0120202 A (스미토모덴코파인폴리머 가부시키키가이샤) 2011.11.03 단락 [0017]-[0095], [0103]-[0194], 청구항 1-6 및 도면 1-5 참조.	4-12
Y	US 2014-0014573 A1 (TAKAYOSHI HOSOYA 등) 2014.01.16 단락 [0045]-[0079], 청구항 1-9 및 도면 1 참조.	5, 6, 10, 11
Y	KR 10-2015-0017298 A (주식회사 야모그린텍) 2015.02.16 단락 [0104]-[0113], 청구항 1-10 및 도면 1 참조.	12

☐ 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

2018년 10월 23일 (23.10.2018)

국제조사보고서 발송일

2018년 10월 24일 (24.10.2018)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



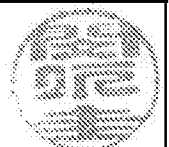
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

민인규

전화번호 +82-42-481-3326



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2004-0000058 A	2004/01/03	KR 10-0501417 B1	2005/07/18
KR 10-2010-0028011 A	2010/03/11	AU 2008-272189 A1	2009/01/08
		CA 2662925 A1	2009/01/08
		CN 101541406 A	2009/09/23
		CN 101541406 B	2012/10/10
		EP 2060314 A1	2009/05/20
		JP 5369278 B2	2013/12/18
		MY 157952 A	2016/08/30
		SG 182176 A1	2012/07/30
		TW 200906477 A	2009/02/16
		TW 1450758 B	2014/09/01
		US 2010-0096317 A1	2010/04/22
		WO 2009-004962 A1	2009/01/08
KR 10-2011-0120202 A	2011/11/03	CN 102006925 A	2011/04/06
		CN 102006925 B	2014/10/08
		EP 2397217 A1	2011/12/21
		TW 201034743 A	2010/10/01
		US 2011-0052900 A1	2011/03/03
		WO 2010-092938 A1	2010/08/19
US 2014-0014573 A1	2014/01/16	AU 2012-233422 A1	2013/10/17
		AU 2012-233422 A1	2012/10/04
		AU 2012-233422 B2	2017/06/01
		CN 103458987 A	2013/12/18
		CN 103458987 B	2015/06/03
		EP 2692405 A1	2014/02/05
		JP 5876871 B2	2016/03/02
		SG 193579 A1	2013/10/30
		US 2017-0203245 A1	2017/07/20
		WO 2012-133631 A1	2012/10/04
KR 10-2015-0017298 A	2015/02/16	CN 105408010 A	2016/03/16
		CN 105408010 B	2018/05/22
		KR 10-2015-0145735 A	2015/12/30
		US 2016-0136584 A1	2016/05/19
		WO 2015-020337 A1	2015/02/12