



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년02월06일  
(11) 등록번호 10-1357670  
(24) 등록일자 2014년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B01D 69/12 (2006.01) B01D 61/02 (2006.01)  
B01D 71/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0048457  
(22) 출원일자 2013년04월30일  
심사청구일자 2013년04월30일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020130002837 A\*  
KR1020120031713 A  
JP2010527772 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국화학연구원  
대전광역시 유성구 가정로 141 (장동)  
(72) 발명자  
이평수  
부산 서구 대영로73번길 39, 3동 105호 (동대신동2가, 삼익아파트)  
박유인  
대전 유성구 가정로 43, 106동 1101호 (신성동, 삼성한울아파트)  
남승은  
대전 유성구 엑스포로123번길 65-38, 201동 401호 (도룡동, 스마트시티주상복합아파트)  
(74) 대리인  
이원희

전체 청구항 수 : 총 9 항

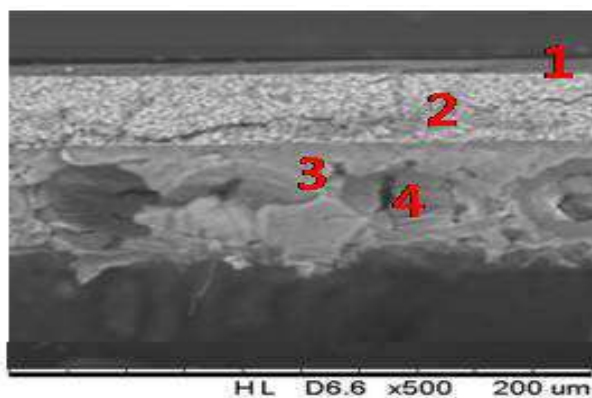
심사관 : 한승수

(54) 발명의 명칭 **유도물질 내재형 정삼투 분리막, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 정삼투 장치**

**(57) 요약**

본 발명의 목적은 유도물질 내재형 정삼투 분리막 및 이의 제조방법을 제공하는 데 있다. 이에, 본 발명은 다공성 지지체층; 상기 다공성 지지체 일면에 물리적 또는 화학적으로 고정되고 삼투압을 유발하는 유도물질을 포함하는 유도물질층; 및 상기 유도물질층 상에 코팅된 활성층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 제공한다. 또한, 본 발명은 삼투압을 유발하는 유도물질을 제조하여 다공성 지지체층의 일면에 상기 유도물질을 물리적 또는 화학적으로 고정시켜 유도물질층을 형성하는 단계(단계 1); 및 상기 유도물질층의 표면에 활성층을 코팅하는 단계(단계 2);를 포함하는 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법을 제공한다. 본 발명에 따르면, 삼투압을 발생시키는 유도물질이 막에 내장되어 있으므로, 종래의 방식과 같이 분리막을 투과한 투과용액이 유도물질과 혼합되지 않아 이를 분리해내기 위한 유도용액 재생장치를 설치하지 않을 수 있다. 따라서 공정상 경제성이 향상될 수 있는 효과가 있다.

**대표도** - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KK-1301-D0

부처명 산업기술연구회

연구사업명 기관고유사업

연구과제명 분리기술기반 non-CO2 자원회수 공정개발

기여율 1/1

주관기관 한국화학연구원

연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

다공성 지지체층;

상기 다공성 지지체 일면에 물리적 또는 화학적으로 고정되는, 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅한 입자 또는 고분자형 이온성 액체인 유도물질을 포함하는 유도물질층; 및

상기 유도물질층 상에 코팅된 활성층;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 다공성 지지체는 폴리설피온(PSf, polysulfon), 폴리에서설피온(PES, polyethersulfone), 폴리비닐리덴플로라이드(PVDF, polyvinyl), 폴리이미드(PI, polyimide), 폴리에서이미드(PEI, polyetherimide), 폴리프로필렌(PP, polypropylene) 및 폴리에틸렌(PE, polyethylene)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 삼투압을 유발하는 고분자는 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴산(PAA, polyacrylic acid), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmetacrylate), 폴리에틸렌이미드(polyethyleneimide), 셀룰로스 아세테이트(cellulose acetate), 셀룰로스 트리아세테이트(cellulose triacetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리에틸렌글리콜(polyethyleneglycol), 숄론화된 폴리설피온(polysulfone), 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide) 및 폴리비닐아세테이트(polyvinylacetate)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 또는 이들의 공중합체인 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 고분자형 이온성 액체는 이미다졸륨 그룹을 포함하는 유기 양이온; 또는 이미다졸륨 그룹을 포함하는 유기 또는 무기 음이온;인 고분자형 이온성 화합물인 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 활성층의 소재는 폴리아마이드(PA, polyamide), 셀룰로스 아세테이트(CA, cellulose acetate) 및 셀룰로스 트리아세테이트(CTA, cellulose triacetate)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막.

**청구항 7**

삼투압을 유발하는 유도물질을 제조하여 다공성 지지체층의 일면에 상기 유도물질을 물리적 또는 화학적으로 고정시켜 유도물질층을 형성하는 단계(단계 1); 및  
 상기 유도물질층의 표면에 활성층을 코팅하는 단계(단계 2);  
 를 포함하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,  
 상기 단계 1의 유도물질은 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅한 입자 또는 고분자형 이온성 액체인 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법.

**청구항 9**

유입수가 유입되는 유입구 및 유입수가 유출되는 유출구를 포함하는 유입수부, 유입수부와 일면에서 접하는 제 1 항의 유도물질 내재형 정삼투 분리막 및 상기 분리막의 타면과 접하는 투과부를 포함하되, 상기 유입수부는 상기 분리막의 활성층과 접하고, 상기 투과부는 상기 분리막의 다공성지지체층과 접하는 정삼투용 셀; 및  
 상기 투과부와 연결되고, 상기 분리막을 통해 투과되어 유입된 투과용액을 투과부로 유동시키기 위한 진공펌프;  
 를 포함하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 포함하는 정삼투 장치.

**청구항 10**

정삼투용 셀에 제 1 항에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 장착하되, 상기 분리막의 활성층은 정삼투용 셀의 유입수부와 접하고 상기 분리막의 다공성지지체층은 정삼투용 셀의 투과부와 접하도록 장착하는 단계(단계 1):  
 상기 정삼투용 셀의 유입수부에 유입수를 공급하여 정삼투를 수행하는 단계(단계 2); 및  
 상기 단계 2에서 정삼투되어 유입된 투과용액을 진공펌프를 이용하여 투과부로 유동시키는 단계(단계 3);  
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 정삼투 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 유도물질 내재형 정삼투 분리막, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 정삼투 장치에 관한 것이다.

**배경기술**

[0003] 현재 기존의 역삼투 분리막(RO, reverse osmosis membrane)을 이용한 해수담수화 공정에 비해 에너지 저감 효율이 높은 분리막에 대한 연구가 이루어지고 있다. 그 대표적인 연구가 정삼투 분리막(FO, forward osmosis membrane)에 대한 연구라 할 수 있다. 일례로 기존 역삼투 분리막 공정의 경우 2 - 4 kwh/ton의 에너지가 소비되었으나, 정삼투 분리막 공정의 경우 이론적으로 2 - 1.5 kwh/ton 정도로 에너지 소비량을 저감할 수 있는 것으로 나타난다.

- [0004] 정삼투 분리막의 수투과 메커니즘을 살펴보면, 기존의 역삼투 분리막과 유사한 분리막을 통해 정삼투가 수행된다. 즉, 반투막(semipermeable membrane)을 중심으로 일면은 해수와 같이 염 등을 포함한 처리하고자 하는 혼합수가 접하고 타면은 혼합수보다 화학적 포텐셜(chemical potential)이 높은 유도물질이 혼합되어 있는 유도용액이 접해 화학적 포텐셜의 차이에 의해 발생하는 삼투압에 의해 분리투과가 이루어진다.
- [0005] 이와 같은 정삼투 분리막 공정은 도 1에 나타난 바와 같이 기존의 역삼투 분리막과 같이 염을 배제할 수 있는 분리막을 중심으로 유입수부(Feed side;해수, 폐수 등을 포함한 처리하고자 하는 공급수)와 투과부(Permeate side;삼투압을 유발시킬 수 있는 유도물질(draw material)을 포함하는 유도용액(draw solution))가 있으며, 이와 함께 투과부에는 분리막을 통해 투과된 투과수와 유도용액(draw solution)을 분리하는 유도용액 재생장치로 구성되어 있다. 유도용액 재생장치는 투과수로부터 유도물질(draw material)를 분리, 회수 및 용해과정을 걸쳐 유도용액을 분리막의 투과부를 순환하도록 구성된다.
- [0006] 이하, 정삼투 분리막 공정을 각 구성요소별로 살펴보면 하기 제시된 바와 같다. 첫째로, 상기 정삼투 분리막 공정의 정삼투 분리막에 있어서, 기존의 역삼투막과 같이 폴리스ulfone( polysulfone) 등의 유리상고분자들을 이용하여 제조된 다공성 지지체(porous supporter) 위에 계면중합(interface polymerization)을 통해 폴리아미드(polyamide) 박막형태로 코팅한 TFC 막(thin film composite membrane) 형태로는 아직 상용화되지 않았다.
- [0007] 동시에, 현재 HTI사에서 정삼투막으로 상용화된 셀룰로스(cellulose)계 고분자막(CTA 막)이 있으며, HTI사의 CTA막은 평막(sheet membrane) 형태로 두 종류의 분리막을 시판하고 있고 편의상 일반적으로 카트리지 타입(cartridge type)과 파우치 타입(pouch type)으로 분류한다. 카트리지 타입의 분리막은 내부에 메시(mesh)가 내재되어 기계적 강도를 유지할 수 있도록 설계되어 있으며 분리막의 메시지를 중심으로 대칭구조라는 것이 특징이라 할 수 있다. 이와 달리 파우치 타입의 분리막은 조밀한 부직포 위에 CTA고분자를 캐스팅(casting)한 방법으로 제조된 비대칭구조의 분리막이 있다. 상기 HTI사의 정삼투 전용 분리막은 염배제율이 비교적 우수한 편이나 NaCl 0.6 mol. 기준의 유도용액에서 수투과도가 약 7 LMH로 매우 낮은 수투과도를 나타내고 있다. 따라서 현재 국내외적으로 정삼투 분리막 개발과 관련된 연구들이 매우 다양하게 수행되고 있다.
- [0008] 또한, 현재 유도용액, 화학적 포텐셜을 발생시킬 수 있는 유도물질에 대한 연구가 다각적으로 이루어지고 있으나 아직 정삼투 분리막 공정에 맞는 뚜렷한 유도물질은 개발되어 있지 않은 실정이다. 이에 화학적 포텐셜 즉, 삼투압의 발현이 높고, 물에 대한 용해도가 크며 분리회수 및 재용해 즉, 재생이 용이한 용질이 요구되고 있다.
- [0009] 현재 연구되고 있는 용질로는 크게 유기유도물질(organic draw solute)로 메틸이미다졸(methylimidazole) 유도체, 무기유도물질(inorganic draw solute)로 암모니아 바이카보네이트(ammonia bicarbonate) 및 입자유도용질(particle draw solute)로 iron(III) acetylacetonate[Fe(acac)<sub>3</sub>]에 TEG, 2-pyrrolidone 또는 PAA 등을 코팅한 자성나노입자(magnetic nanoparticle, MNP) 등이 있다.
- [0010] 이와 같은 다양한 유도물질의 연구에도 불구하고 현재 정삼투 분리막 공정을 구현함에 있어 매우 큰 기술적 장벽은 유도물질의 재사용에 관한 것이다. 즉, 투과부에서 투과수와 유도물질의 분리회수 공정이 매우 복잡하고 많은 에너지가 소모되고 있다는 점이 기술적 문제로 대두되고 있으며, 이를 해결할 수 있는 유도물질에 대한 연구가 수행되고 있다.
- [0011] 이때, 상기 유기유도물질의 경우 막증류(membrane distillation, MD) 방법 등을 이용하여 분리회수한 다음 다시 물에 용해시키는 과정을 거쳐야 하는데, 이때, 막증류 공정에서의 에너지가 많이 소비되며 또한 공정이 매우 복잡해지는 단점이 있다. 또한, 무기유도물질의 경우 막증류 및 역삼투 방법을 통해 위와 같은 재생 및 용해공정

이 이루어짐에 따라 이 역시 많은 에너지 소비와 복잡한 공정이 걸치게 된다는 문제점이 있다. 또한, 이러한 방법과 달리 보다 용이한 방법으로 입자유도물질을 이용하여 분리회수를 자성분리기(magnetic separator)를 이용하여 시도하는 것을 하고 있으나 공정의 특성상 매우 느리게 분리된다는 단점이 있다.

[0012] 이에, 본 발명의 발명자들은 정삼투용 분리막 및 이를 이용한 공정에 대하여 연구하던 중, 유도물질을 분리막 내에 내재시켜 분리막을 제조하면 유도물질의 분리회수 공정 없이도 정삼투를 수행할 수 있어 공정단계 및 공정상 에너지 효율이 향상된다는 것을 알게 되어 본 발명을 완성하였다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0013] 본 발명의 목적은 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 제공하는 데 있다.  
 [0014] 또한, 본 발명의 목적은 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법을 제공하는 데 있다.  
 [0015] 또한, 본 발명의 목적은 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 포함하는 정삼투 장치를 제공하는 데 있다.  
 [0016] 나아가, 본 발명의 목적은 상기 정삼투 장치를 이용한 정삼투 방법을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

[0017] 이를 위하여, 본 발명은  
 [0018] 다공성 지지체층;  
 [0019] 상기 다공성 지지체 일면에 물리적 또는 화학적으로 고정되고 삼투압을 유발하는 유도물질을 포함하는 유도물질층; 및  
 [0020] 상기 유도물질층 상에 코팅된 활성층;  
 [0021] 을 포함하는 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 제공한다.  
 [0022] 또한, 본 발명은  
 [0023] 삼투압을 유발하는 유도물질을 제조하여 다공성 지지체층의 일면에 상기 유도물질을 물리적 또는 화학적으로 고정시켜 유도물질층을 형성하는 단계(단계 1); 및  
 [0024] 상기 유도물질층의 표면에 활성층을 코팅하는 단계(단계 2);  
 [0025] 를 포함하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법을 제공한다.  
 [0026] 또한, 본 발명은  
 [0027] 유입수가 유입되는 유입구 및 유입수가 유출되는 유출구를 포함하는 유입수부, 유입수부와 일면에서 접하는 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막 및 상기 분리막의 타면과 접하는 투과부를 포함하되, 상기 유입수부는 상기 분리막의 활성층과 접하고, 상기 투과부는 상기 분리막의 다공성 지지체층과 접하는 정삼투용 셀; 및  
 [0028] 상기 투과부와 연결되고, 상기 분리막을 통해 투과되어 유입된 투과용액을 투과부로 유동시키기 위한 진공펌프;  
 [0029] 를 포함하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 포함하는 정삼투 장치를 제공한다.  
 [0030] 나아가, 본 발명은

- [0031] 정삼투용 셀에 상기 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 장착하되, 상기 분리막의 활성층은 정삼투용 셀의 유입수부와 접하고 상기 분리막의 다공성지지체층은 정삼투용 셀의 투과부와 접하도록 장착하는 단계(단계 1);
- [0032] 상기 정삼투용 셀의 유입수부에 유입수를 공급하여 정삼투를 수행하는 단계(단계 2); 및
- [0033] 상기 단계 2에서 정삼투되어 유입된 투과용액을 전공핍프를 이용하여 투과부로 유동시키는 단계(단계 3);
- [0034] 를 포함하는 것을 특징으로 하는 정삼투 방법을 제공한다.

**발명의 효과**

- [0035] 본 발명에 따르면, 삼투압을 발생시키는 유도물질이 막에 내장되어 있으므로, 종래의 방식과 같이 분리막을 투과한 투과용액이 유도물질과 혼합되지 않아 이를 분리해내기 위한 유도용액 재생장치를 설치할 필요가 없고, 따라서 공정상 경제성이 향상될 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0036] 도 1은 종래의 정삼투 분리막 공정을 나타낸 개략도이고;
- 도 2는 본 발명에 따른 유도물질 내재성 정삼투 분리막에 있어서, 유도물질로 삼투압을 유도하는 고분자를 코팅한 입자를 사용한 경우의 분리막의 단면을 나타낸 개략도이고;
- 도 3은 본 발명에 따른 유도물질 내재성 정삼투 분리막에 있어서, 유도물질로 고분자형 이온성 액체를 사용한 경우의 분리막의 단면을 나타낸 개략도이고;
- 도 4는 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 이미지이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0037] 본 발명은
- [0038] 다공성 지지체층;
- [0039] 상기 다공성 지지체 일면에 물리적 또는 화학적으로 고정되고 삼투압을 유발하는 유도물질을 포함하는 유도물질층; 및
- [0040] 상기 유도물질층 상에 코팅된 활성층;
- [0041] 을 포함하는 것을 특징으로 하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 제공한다.

[0042] 이하, 본 발명을 구성요소별로 상세히 설명한다.

[0043] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막은 다공성 지지체층을 포함한다. 상기 다공성 지지체층은 삼투압을 유발하는 유도물질층을 지지하고, 또한 다공성을 가짐으로써 삼투현상으로 투과된 물을 이동시킬 수 있는 통로를 제공한다. 이때, 상기 다공성 지지체층은 지상구조(finger like structure) 또는 스폰지구조(sponge like structure)일 수 있다.

[0044] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막에 있어서, 상기 다공성 지지체는 폴리설폰(PSf, polysulfon), 폴리에서설폰(PES, polyethersulfone), 폴리비닐리덴플로라이드(PVDF, polyvinyl), 폴리아미드(PI, polyimide), 폴리에서아미드(PEI, polyetherimide), 폴리프로필렌(PP, polypropylene) 및 폴리에틸렌(PE, polyethylene)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종으로 제조되는 것이 바람직하나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 다공성 지지체들은 상전이 등의 방법으로 다공성으로 용이하게 제조될 수 있고 물리화학적 특성이 우수하여 지지체로 사용될 수 있다.



- [0045] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막은 상기 다공성 지지체 일면에 물리적 또는 화학적으로 고정되고 삼투압을 유발하는 유도물질을 포함하는 유도물질층을 포함한다.
- [0046] 본 발명에 따른 정삼투 분리막은 상기 유도물질층을 포함함으로써 유입수의 정삼투를 발생시킬 수 있는 동력을 제공할 수 있다.
- [0047] 또한, 종래의 정삼투 분리막 공정에 따르면 반투막(semipermeable membrane)을 중심으로 한쪽면은 해수와 같이 염 등을 포함한 처리하고자 하는 혼합수가 접하고 그 반대쪽면은 혼합수보다 화학적 포텐셜(chemical potential)이 높은 유도물질이 혼합되어 있는 유도용액이 접해 화학적 포텐셜의 차이에 의해 발생하는 삼투압에 의해 분리투과가 이루어진다. 따라서, 투과부에는 분리막을 통해 투과된 투과수와 유도용액(draw solution)을 분리하는 유도용액 재생장치가 구성되어 있다. 상기 유도용액 재생장치는 투과수로부터 유도물질(draw solute)을 분리, 회수 및 용해과정을 걸쳐 분리막의 투과부를 순환하도록 구성된다.
- [0048] 그러나 본 발명에 따르면 삼투압을 발생시키는 유도물질이 막에 내장되어 있으므로, 종래의 방식과 같이 분리막을 투과한 투과용액이 유도물질과 혼합되지 않아 이를 분리해내기 위한 유도용액 재생장치를 설치할 필요가 없고, 따라서 공정상 경제성이 향상될 수 있는 효과가 있다.
- [0049] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막에 있어서, 상기 유도물질은 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅한 입자 또는 고분자형 이온성 액체인 것이 바람직하다. 상기 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅한 입자는 지상 구조(finger like structure) 또는 스폰지구조(sponge like structure)의 다공성 지지체층 상에 형성될 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 유도물질은 다공성 지지체층 쪽에서 진공펌프를 이용하여 투과된 물을 유동시키는 과정에서 물리적 힘에 의해 추출되지 않는 것이 바람직하다. 이에, 상기 유도물질을 물리적 점착, 화학적 점착 또는 화학결합을 통해 다공성 지지체에 물리적 또는 화학적으로 고정시키는 것이 바람직하다. 상기 고정 방법은 사용되는 유도물질의 종류에 따라 적절히 선택될 수 있다.
- [0051] 이때, 상기 분리막에 유도물질로서 삼투압을 유발하는 고분자만을 다공성 지지체층 상에 코팅할 경우, 상기 고분자가 치밀층을 이루어 분리막을 투과하여 유입되는 물의 이동에 저항을 제공할 수 있다. 따라서, 입자에 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅하고 이를 다공성 지지체 상에 형성시키면, 삼투압을 유발하면서도 입자 사이에 형성된 공간으로 인하여 유입되는 물의 이동에 저항이 발생하는 것을 저감시킬 수 있다.
- [0052] 상기 삼투압을 유발하는 고분자는 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴산(PAA, polyacrylic acid), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmetacrylate), 폴리에틸렌이미드(polyethyleneimide), 셀룰로스 아세테이트(cellulose acetate), 셀룰로스 트리아세테이트(cellulose triacetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리에틸렌글리콜(polyethyleneglycol), 숄폰화된 폴리술폰(polysulfone), 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide) 및 폴리비닐아세테이트(polyvinylacetate)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 또는 이들의 공중합체인 것이 바람직하나 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 상기 폴리아크릴로니트릴은 하이드록시기, 숄폰화기, 카르보닐기, 아세테이트기 및 에스테르기로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 친수성 관능기를 가지는 친수성 화합물과 공중합된 합성 고분자를 사용할 수 있다.
- [0053] 또한, 상기 입자는 자성나노입자일 수 있으나, 상기 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅하여 유도물질층으로 사용될 때 공간을 형성하여 유입수에 저항을 제공하지 않을 수 있는 입자라면 이에 특별히 한정되지 않는다.
- [0054] 한편, 상기 고분자형 이온성 액체는 다공성 지지체 상에 물리적 또는 화학적으로 고정되어 삼투압을 유발할 수 있다.
- [0055] 이때, 상기 고분자형 이온성 액체는 이미다졸륨 그룹을 포함하는 유기 양이온; 또는 이미다졸륨 그룹을 포함하



는 유기 또는 무기 음이온;인 고분자형 이온성 화합물인 것이 바람직하다.

- [0056] 상기 고분자형 이온성 액체는 양이온 및 음이온의 조합에 따라 다양한 물리적, 화학적 특성을 갖는 고분자형 이온성 액체의 구성이 가능하다. 이때, 이미다졸륨 그룹을 포함하는 고분자형 이온성 액체 양이온의 구체적인 예로는 폴리(1-비닐-3-알킬이미다졸륨), 폴리(1-비닐-2-알킬이미다졸륨), 폴리(1-알릴-3-알킬이미다졸륨), 폴리(1-알릴-2-알킬이미다졸륨), 폴리(1-(메트)아크릴로일록시-3-알킬이미다졸륨) 등이 있다. 이때, 상기 고분자형 이온성 액체 양이온에 있어서, 알킬은 수소 또는 C<sub>1</sub> 내지 C<sub>20</sub>의 직쇄, 측쇄, 고리형 탄화수소일 수 있으나 선택적으로 N, O, S, P 등의 헤테로 원자를 하나 이상 포함할 수 있다.
- [0057] 또한, 고분자형 이온성 액체 음이온으로는 CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>, CF<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>, CH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N<sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>C<sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N<sup>-</sup>, C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>COO<sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)(CF<sub>3</sub>CO)N<sup>-</sup> 등을 사용하는 것이 바람직하나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0058] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막은 상기 유도물질층 상에 코팅된 활성층을 포함한다.
- [0059] 상기 활성층은 유도물질 상에 박막형태로 코팅되어 유입수에서 염 등과 같은 불순물을 배제하고 순수물만 선택적으로 투과될 수 있는 치밀층이어야 한다. 상기 활성층은 정삼투 분리막 셀에 공급되는 유입수와 대면하도록 위치한다.
- [0060] 이때, 상기 활성층의 소재는 폴리아마이드(PA, polyamide), 셀룰로스 아세테이트(CA, cellulose acetate) 및 셀룰로스 트리아세테이트(CTA, cellulose triacetate)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하나, 물분자에 대한 선택적 투과성을 갖는다면 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0061] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막은 평막(sheet membrane) 또는 중공사막(hollow fiber membrane)의 형태일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0062] 또한, 본 발명은
- [0063] 삼투압을 유발하는 유도물질을 제조하여 다공성 지지체층의 일면에 상기 유도물질을 물리적 또는 화학적으로 고정시켜 유도물질층을 형성하는 단계(단계 1); 및
- [0064] 상기 유도물질층의 표면에 활성층을 코팅하는 단계(단계 2);
- [0065] 를 포함하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법을 제공한다.
- [0066] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.
- [0067] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법에 있어서, 상기 단계 1은 삼투압을 유발하는 유도물질을 제조하여 다공성 지지체층의 일면에 상기 유도물질을 물리적 또는 화학적으로 고정시켜 유도물질층을 형성하는 단계이다.
- [0068] 상기 다공성 지지체층은 삼투압을 발생시킬 수 있는 동력을 제공하는 유도물질층을 지지하는 기능을 하고, 다공성을 가짐으로써 삼투현상으로 투과된 물을 이동시킬 수 있는 통로를 제공한다. 이때, 상기 유도물질은 다공성 지지체층 쪽에서 진공펌프를 이용하여 투과된 물을 유동시키는 과정에서 물리적 힘에 의해 추출되지 않는 것이 바람직하다. 이에, 물리적 점착, 화학적 점착 및 화학결합을 통해 다공성 지지체에 물리적 또는 화학적으로 고정시키는 것이 바람직하다. 상기 고정 방법은 사용되는 유도물질의 종류에 따라 적절히 선택될 수 있다.

- [0069] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법에 있어서, 상기 단계 1의 유도물질은 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅한 입자 또는 고분자형 이온성 액체인 것이 바람직하다.
- [0070] 상기 분리막에 유도물질로서 삼투압을 유발하는 고분자만을 다공성 지지체층 상에 코팅할 경우, 상기 고분자가 치밀층을 이루어 분리막을 투과하여 유입되는 물의 이동에 저항을 제공할 수 있다. 따라서, 입자에 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅하고 이를 다공성 지지체 상에 형성시키면, 삼투압을 유발하면서도 입자 사이에 형성된 공간으로 인하여 유입되는 물의 이동에 저항이 발생하는 것을 저감시킬 수 있다.
- [0071] 이때, 상기 삼투압을 유발하는 고분자는 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴산(PAA, polyacrylic acid), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmetacrylate), 폴리에틸렌이미드(polyethyleneimide), 셀룰로스 아세테이트(cellulose acetate), 셀룰로스 트리아세테이트(cellulose triacetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리에틸렌글리콜(polyethyleneglycol), 술폰화된 폴리술폰(polysulfone), 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide) 및 폴리비닐아세테이트(polyvinylacetate)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 또는 이들의 공중합체인 것이 바람직하나 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 상기 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile)은 하이드록시기, 술폰화기, 카르보닐기, 아세테이트기 및 에스테르기로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 친수성 관능기를 가지는 친수성 화합물과 공중합된 합성고분자를 사용할 수 있다.
- [0072] 이때, 상기 입자는 자성나노입자일 수 있으나, 상기 삼투압을 유발하는 고분자를 코팅하여 유도물질층으로 사용될 때 공간을 형성하여 유입수에 저항을 제공하지 않을 수 있는 입자라면 이에 특별히 한정되지 않는다.
- [0073] 또한, 상기 고분자형 이온성 액체는 다공성 지지체 상에 물리적 또는 화학적으로 고정되어 형성되는 경우 고분자가 다공성 지지체층상에서 고분자 기질을 형성하고, 이에 포함된 고분자형 이온성 액체가 삼투압을 유발할 수 있다.
- [0074] 상기 고분자형 이온성 액체는이미다졸륨 그룹을 포함하는 유기 양이온; 또는 이미다졸륨 그룹을 포함하는 유기 또는 무기 음이온;인 고분자형 이온성 화합물인 것이 바람직하다.
- [0075] 상기 고분자형 이온성 액체는 양이온 및 음이온의 조합에 따라 다양한 물리적, 화학적 특성을 갖는 고분자형 이온성 액체의 구성이 가능하다. 이때, 이미다졸륨 그룹을 포함하는 고분자형 이온성 액체 양이온의 구체적인 예로는 폴리(1-비닐-3-알킬이미다졸륨), 폴리(1-비닐-2-알킬이미다졸륨), 폴리(1-알릴-3-알킬이미다졸륨), 폴리(1-알릴-2-알킬이미다졸륨), 폴리(1-(메트)아크릴로일록시-3-알킬이미다졸륨) 등이 있다. 이때, 상기 고분자형 이온성 액체 양이온에 있어서, 알킬은 수소 또는 C<sub>1</sub> 내지 C<sub>20</sub>의 직쇄, 측쇄, 고리형 탄화수소일 수 있으나 선택적으로 N, O, S, P 드의 헤테로 원자를 하나 이상 포함할 수 있다.
- [0076] 또한, 고분자형 이온성 액체 음이온으로는 CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>, CF<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>, CH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N<sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>C<sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N<sup>-</sup>, C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>COO<sup>-</sup>, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)(CF<sub>3</sub>CO)N<sup>-</sup> 등을 사용하는 것이 바람직하나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0077] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 제조방법에 있어서, 상기 단계 2는 상기 유도물질의 표면에 활성층을 코팅하는 단계이다.
- [0078] 상기 코팅은 친수성 고분자 물질을 박막 형태로 코팅할 수 있는 습식 코팅법으로 수행될 수 있고, 딥 코팅, 스퀴인 코팅, 스프레이 코팅 및 계면중합 등 공지된 바의 방법이 가능하며, 연속공정 또는 핸드코팅 등을 이용할 수 있다.
- [0079] 이때, 상기 활성층의 소재는 폴리아마이드(PA, polyamide), 셀룰로스 아세테이트(CA, cellulose acetate) 및 셀룰로스 트리아세테이트(CTA, cellulose triacetate)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하나 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0080] 또한, 본 발명은
- [0081] 유입수가 유입되는 유입구 및 유입수가 유출되는 유출구를 포함하는 유입수부, 유입수부와 일면에서 접하는 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막 및 상기 분리막의 타면과 접하는 투과부를 포함하되, 상기 유입수부는 상기 분리막의 활성층과 접하고, 상기 투과부는 상기 분리막의 다공성지지체층과 접하는 정삼투용 셀; 및
- [0082] 상기 투과부와 연결되고, 상기 분리막을 통해 투과되어 유입된 투과용액을 투과부로 유동시키기 위한 진공펌프;
- [0083] 를 포함하는 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 포함하는 정삼투 장치를 제공한다.
- [0084] 이하, 본 발명에 따른 정삼투 장치를 구성요소별로 상세히 설명한다.
- [0085] 본 발명에 따른 정삼투 장치는 유입수가 유입되는 유입구 및 유입수가 유출되는 유출구를 포함하는 유입수부, 유입수부와 일면에서 접하는 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막 및 상기 분리막의 타면과 접하는 투과부를 포함하되, 상기 유입수부는 상기 분리막의 활성층과 접하고, 상기 투과부는 상기 분리막의 다공성지지체층과 접하는 정삼투용 셀을 포함한다.
- [0086] 상기 정삼투용 셀에서 유입구를 통해 유입수가 공급될 수 있다. 일정량의 유입수가 유입수부로 공급되면, 유입수부와 일면에서 접하는 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막에서 삼투현상이 발생할 수 있다. 이는 상기 분리막에 유도물질이 내재되어 있어 삼투압을 발생시키므로, 유입수에 포함된 염 등의 불순물을 제외한 물분자만이 상기 분리막의 활성층으로 투과하는 현상이 발생한다. 상기 활성층을 통과한 물분자들은 유도물질층 및 다공성 지지체층을 통과하여 투과부로 이동할 수 있다.
- [0087] 본 발명에 따른 정삼투 장치는 상기 투과부와 연결되고, 상기 분리막을 통해 투과되어 유입된 투과용액을 투과부로 유동시키기 위한 진공펌프를 포함한다.
- [0088] 본 발명에 따른 분리막은 유도물질이 내재되어 삼투압을 유발시켜 유입수가 분리막을 투과할 수 있는 동력을 제공한다. 상기 분리막의 활성층을 투과한 후 유도물질층 및 다공성 지지체층에 머무르는 물분자들을 유동시키고, 이를 정삼투용 셀의 투과부로 이동시키기 위한 추가적인 동력을 제공하기 위하여 진공펌프를 연결할 수 있다. 또한, 스위핑 가스(sweeping gas)를 사용할 수 있다.
- [0089] 나아가, 본 발명은
- [0090] 정삼투용 셀에 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 장착하되, 상기 분리막의 활성층은 정삼투용 셀의 유입수부와 접하고 상기 분리막의 다공성지지체층은 정삼투용 셀의 투과부와 접하도록 장착하는 단계(단계 1):
- [0091] 상기 정삼투용 셀의 유입수부에 유입수를 공급하여 정삼투를 수행하는 단계(단계 2); 및
- [0092] 상기 단계 2에서 정삼투되어 유입된 투과용액을 진공펌프를 이용하여 투과부로 유동시키는 단계(단계 3);
- [0093] 를 포함하는 것을 특징으로 하는 정삼투 방법을 제공한다.
- [0094] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.
- [0095] 본 발명에 따른 정삼투 방법에 있어서, 상기 단계 1은 정삼투용 셀에 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 장착하되, 상기 분리막의 활성층은 정삼투용 셀의 유입수부와 접하고 상기 분리막의 다공성 지지체층은 정삼투용 셀의 투과부와 접하도록 장착하는 단계이다.
- [0096] 상기 분리막은 활성층이 유입수부와 대면하도록 배치됨으로써, 이후의 단계에서 유입수에 포함된 물분자들이 분리막의 활성층을 통해 투과하여 이동할 수 있다.

- [0097] 본 발명에 따른 정삼투 방법에 있어서, 상기 단계 2는 상기 정삼투용 셀의 유입수부에 유입수를 공급하여 정삼투를 수행하는 단계이다.
- [0098] 상기 정삼투용 셀에서 유입구를 통해 유입수가 공급될 수 있다. 일정량의 유입수가 유입수부로 공급되면, 유입수부와 일면에서 접하는 상기의 유도물질 내재형 정삼투 분리막에서 삼투현상이 발생할 수 있다. 이는 상기 분리막에 유도물질이 내재되어 있어 삼투압을 발생시키므로, 유입수에 포함된 염 등의 불순물을 제외한 물분자만이 상기 분리막의 활성층으로 투과한다. 상기 활성층을 통과한 물분자들은 유도물질층 및 다공성 지지체층을 통과하여 투과부로 이동할 수 있다.
- [0099] 본 발명에 따른 정삼투 방법에 있어서, 상기 단계 3은 상기 단계 2에서 정삼투되어 유입된 투과용액을 전공펌프를 이용하여 정삼투용 셀의 투과부로 유동시키는 단계이다.
- [0100] 본 발명에 따른 분리막에서 물분자들이 활성층을 투과한 후 유도물질층 및 다공성 지지체층에 머무르는 물분자들을 진공펌프를 이용하여 유동시키고, 또한 유도물질 이외에 삼투현상을 발생시키기 위한 추가적인 동력을 제공할 수 있다.
- [0101] 이하, 본 발명을 하기 실시예를 통해 더욱 상세하게 설명한다. 하기 실시예들은 본 발명을 더욱 상세하게 설명하기 위하여 예시되는 것일 뿐, 본 발명이 하기 실시예들에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0102] <실시예 1> 정삼투 분리막의 제조 1
- [0103] 단계 1: 폴리비닐리덴 플로라이드(PVDF, polyvinylidene fluoride)를 20 중량%, 용매인 노말메틸피롤리돈(n-Methyl Pyrrolidone)을 65 중량%, 기공형성제로 폴리에틸렌 글라이콜(polyethylene glycol)을 15 중량%의 조성으로 혼합하여 도포용액을 제조한 후 이를 유리판에 고정시킨 부직포(non-woven) 위에 도포(casting)하였다. 이때, 상기 도포용액은 부직포 기준으로 500  $\mu\text{m}$  두께로 설정한 닥터 블레이드(doctor blade)를 이용하여 도포되었다. 또한, 폴리에서설향(PES, polyethersulfone)을 10 중량%, 용매인 노말 메틸 피롤리돈(n-Methyl pyrrolidone)을 45 중량%, 철(III) 아세틸아세토네이트(iron(III) acetylacetonate) 표면에 폴리아크릴산을 코팅한 후 약 270 $^{\circ}\text{C}$ 에서 열처리하여 제조된 유도물질(입자크기 약 30 nm)을 45 중량%의 조성으로 혼합한 용액을 상기 도포용액 위에 부직포 기준으로 600  $\mu\text{m}$  두께로 설정한 닥터 블레이드(doctor blade)를 이용하여 도포(casting)한 후 비용매유도상전이(NIPS, Nonsolvent-Induced Phase Separation) 방법으로 부직포 위에 지상구조의 다공성 지지체와 그 위에 다공성의 유도물질층이 형성된 평막(flat membrane) 형태의 분리막을 제조하였다. 이때, 상기 비용매유도상전이 방법은 비용매인 초순수가 담겨있는 응고조(coagulation bath)에 침지시켜 수행되었다.
- [0104] 단계 2: 셀룰로즈 트리아세테이트(CTA, cellulose triacetate) 13 중량%, 1,4-다이옥산(1,4-dioxane)과 아세톤(acetone)의 혼합용매(3:1) 80 중량%, 메탄올(methanol) 4.5 중량%, 및 말산(malic acid) 2.5 중량%의 조성으로 혼합용액을 제조한 후 상기 단계 1에서 제조된 유도물질을 포함하는 평막형 다공성 지지체 위에 코팅하여 활성층을 형성함으로써 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 제조하였다.
- [0105] <실시예 2> 정삼투 분리막의 제조 2
- [0106] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 다공성 지지체를 제조한 다음 그 위에 폴리비닐알코올(PVA, polyvinylalcohol)을 10 중량%, 용매인 초순수물(Deionized water)을 45 중량% 및 철(III) 아세틸아세토네이트(iron(III) acetylacetonate) 표면에 폴리아크릴산을 코팅한 후 약 270 $^{\circ}\text{C}$ 에서 열처리하여 제조된 유도물질(입자크기 약 30 nm)을 45 중량%의 조성으로 혼합한 용액을 상기 다공성 지지체 위에 코팅한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 정삼투 분리막을 제조하였다.

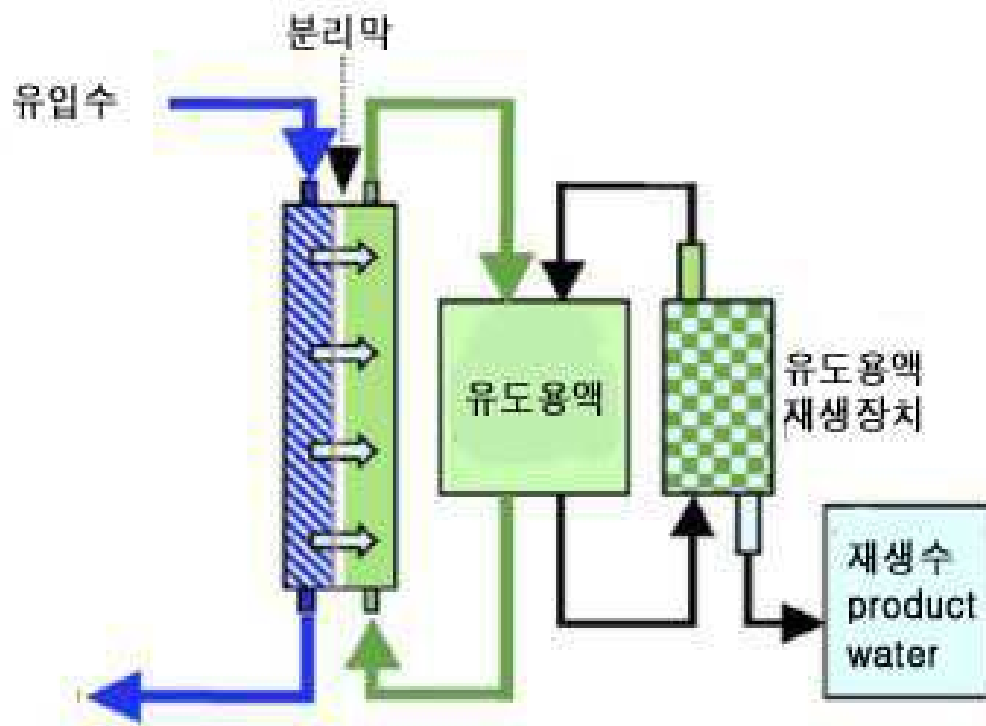
- [0107] <실시예 3> 정삼투 분리막의 제조 3
- [0108] 본 발명에 따른 실시예 1의 단계 1에서 폴리비닐리덴 플로라이드를 포함하는 다공성 지지체를 제조한 다음 그 위에 폴리(1-비닐-2-메틸이미다졸륨)을 도포하여 유도물질층이 형성된 평막(flat membrane) 형태의 분리막을 제조한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 정삼투 분리막을 제조하였다.
- [0109] <실시예 4> 정삼투 분리막 공정
- [0110] 단계 1: 정삼투용 셀에 상기 실시예 1에서 제조한 유도물질 내재형 정삼투 분리막을 장착하되, 상기 분리막의 활성층은 정삼투용 셀의 유입수부와 접하고 상기 분리막의 다공성 지지체층은 정삼투용 셀의 투과부와 접하도록 장착하였다.
- [0111] 단계 2: 상기 정삼투용 셀의 유입수부에 초순수를 50 ml/min의 유량으로 공급한 후 정삼투를 수행하였다.
- [0112] 단계 3: 상기 단계 2에서 정삼투되어 유입된 투과용액을 전공펌프를 이용하여 투과부로 유도시켜 투과된 초순수를  $5 \text{ l/m}^2\text{h}$  로 회수하였다.
- [0113] <실험예 1> 주사전자현미경
- [0114] 본 발명에 따른 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 미세구조에 대하여 알아보기 위하여 실시예 1에서 제조한 유도물질 내재형 정삼투 분리막의 단면을 주사전자현미경으로 관찰하였고, 그 결과를 도 4에 나타내었다.
- [0115] 도 4에 따르면, 다공성 지지체층에 기공이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있고, 상기 다공성 지지체층 상에 보다 얇은 두께로 유도물질층이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 유도물질층 상에 박막형태의 활성층이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 본 발명에 따라 제조된 정삼투 분리막이 다공성 지지체층; 유도물질층; 및 활성층으로 이루어진 구조를 가지는 것을 알 수 있다.

### 부호의 설명

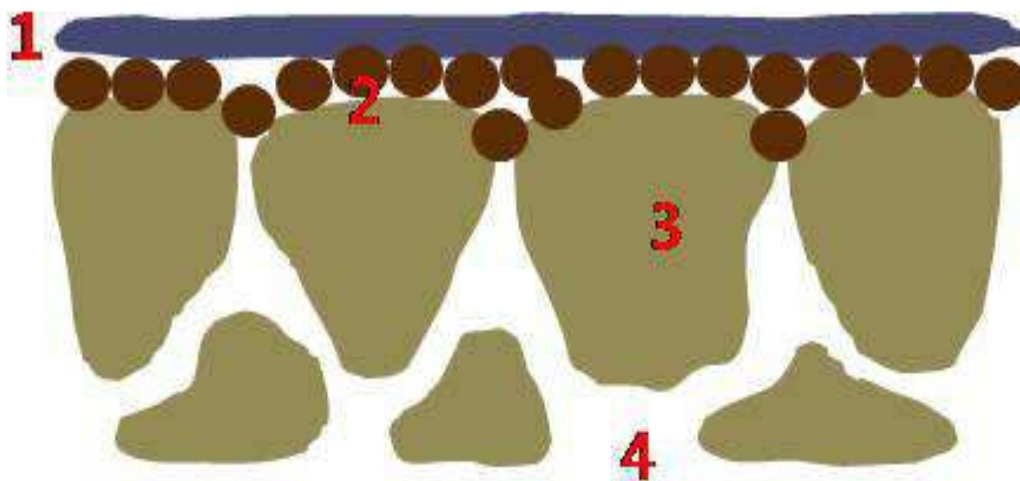
- [0116] 1: 활성층(active layer)  
 2: 유도물질층(draw material layer)  
 3: 다공성 지지체의 기질(matrix)  
 4: 다공성 지지체의 기공(pore)  
 5: 활성층(active layer)  
 6: 유도물질층(draw material layer)  
 7: 다공성 지지체의 기공(pore)

도면

도면1

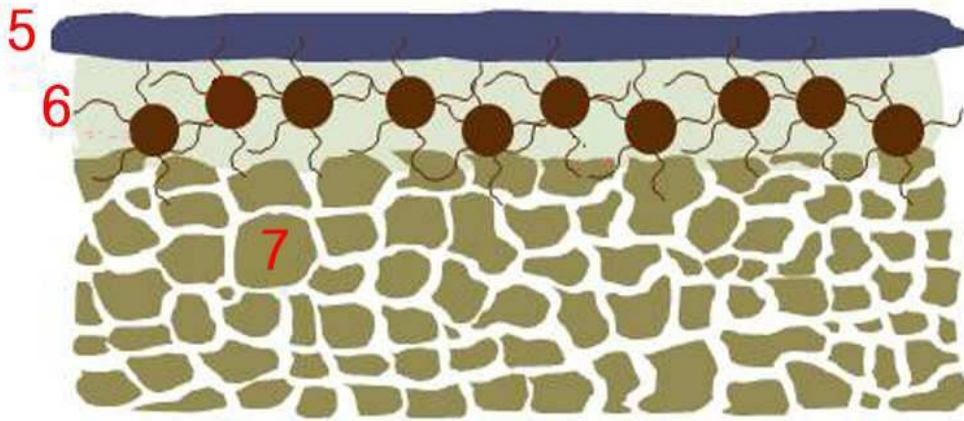


도면2





도면3



도면4

