



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0103691  
(43) 공개일자 2015년09월11일

- (51) 국제특허분류(Int. C1.)  
*C02F 1/44* (2006.01) *B01D 61/02* (2006.01)  
*B01D 67/00* (2006.01) *B01D 69/02* (2006.01)  
*B01D 71/02* (2006.01) *C02F 103/08* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*C02F 1/44* (2013.01)  
*B01D 61/02* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7019766
- (22) 출원일자(국제) 2013년12월13일  
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2015년07월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/074942
- (87) 국제공개번호 WO 2014/099649  
 국제공개일자 2014년06월26일
- (30) 우선권주장  
 13/719,579 2012년12월19일 미국(US)

(71) 출원인  
**록히드 마틴 코포레이션**  
 미국 메릴랜드 베데스다 롤릿지 드라이브 6801(우 : 20817)

(72) 발명자  
**스테이스 제이알., 존 비.**  
 미국, 워싱턴 20587, 뉴 호프, 스트리트 로드 485  
**로즌윙클, 알란**  
 미국, 뉴저지 08033, 해든필드, 레이크 스트리트 286  
 (뒷면에 계속)

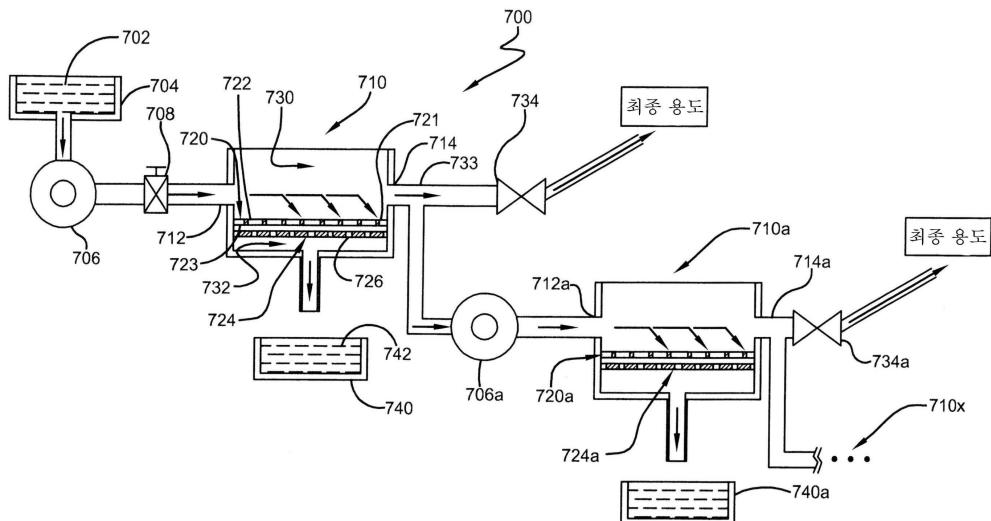
(74) 대리인  
**남호현**

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 천공된 그래핀의 탈이온화 또는 탈염화

**(57) 요 약**

분리 장치 및 이와 관련된 방법은 가압된 원천이 주입구로부터 배출구로 그래핀의 적어도 하나의 시트와 대체로 평행한 경로를 따라 매체로 향하는 직교류 구성 내에서 제공된다. 상기 매체는 다수의 천공된 구멍을 통해 흐르는 반면, 매체의 나머지 부분과 매체 내의 허용되지 않는 성분은 배출구로 배출된다.

**대 표 도 - 도8**

(52) CPC특허분류  
*B01D 61/027* (2013.01)  
*B01D 67/006* (2013.01)  
*B01D 69/02* (2013.01)  
*B01D 71/021* (2013.01)  
*C02F 1/442* (2013.01)  
*C02F 2103/08* (2013.01)  
*C02F 2303/16* (2013.01)  
*C02F 2305/08* (2013.01)

(72) 발명자

**머큐리오, 조나단**

미국, 뉴저지 08048, 럼버튼, 플래미시 웨이 20

**배드워스, 피터 브이.**

미국, 캘리포니 95033, 로스 게토스, 코만치 트레일  
일 17724

---

**플레밍, 손 피.**

미국, 뉴저지 08048, 럼버튼 브룩 레인 9

**웨스트맨, 아론 엘.**

미국, 뉴욕 13029, 브래베톤, 퍼니시 라인 트레일  
6376

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

매체(medium)의 통과를 허용하고 매체 내의 선택된 성분의 통과를 허용하지 않도록 선택된 다수의 천공된 구멍이 있는 적어도 하나의 그래핀의 1차 시트를 제공하는 것;

1차 챔버 내에서 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 1차 시트를 제공하고, 상기 1차 챔버는 1차 주입구, 1차 배출구 및 1차 저유로를 가지는 것; 그리고

상기 1차 주입구로부터 상기 1차 배출구로 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 1차 시트에 상당히 평행한 경로로 흐르게 하기 위하여 매체를 가압하고, 상기 매체는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 1차 시트의 1차 면에 흐름으로써, 매체의 일부분은 상기 다수의 천공된 구멍을 통해 그래핀 시트의 적어도 하나의 상기 1차 시트의 2차 면으로 흐르는 반면, 상기 매체의 남은 일부분 및 상기 매체에서 허용되지 않는 선택된 성분은 상기 1차 배출구로 배출되는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 매체로부터 성분을 분리하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

나트륨과 염소의 탈이온화 목적을 위하여, 0.6 내지 1.2 나노미터 범위의 상기 다수의 다공성 구멍을 제공하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 방법은 이온, 미립자, 분해물질, 가스 및 탄화수소로 이루어진 군에서 선택된 선택 성분을 선택적으로 불허할 수 있는 크기의 상기 다수의 천공된 구멍을 제공하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 1차 시트의 일면에 유로의 반대방향으로 지지막을 제공하고, 상기 지지막은 폴리테트라플루오르에틸렌, 천공된 폴리카보네이트 필름 및 소결된 다공성 금속으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 1차 배출구가 2차 분리 장치와 연결되는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 배출구로부터 수집된 상기 매체의 통과를 허용하고 상기 매체 내의 선택된 성분의 통과를 불허하는 것을

선택하는 다수의 천공된 구멍이 있는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 2차 시트가 있는 상기 2차 장치를 제공하는 것;

2차 챔버 내에 있는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 2차 시트를 제공하고, 상기 2차 챔버는 대응하는 주입구, 배출구 및 저유로를 가지는 것; 그리고

그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 2차 시트와 상당히 평행한 상기 2차 주입구에서 상기 2차 배출구의 경로로 흘러 상기 1차 배출구로부터 상기 2차 주입구를 통해 수집된 매체를 가압하고, 상기 매체는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 2차 시트의 1차 면 위로 흐름으로써, 상기 매체의 일부가 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 2차 시트의 2차 면에 흐르는 반면, 상기 매체의 나머지 부분과 불허된 상기 매체 내의 선택된 성분은 2차 배출구를 통해 밖으로 흐르게 하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### **청구항 7**

주입구, 배출구 및 저유로를 갖는 적어도 하나의 챔버;

매체의 통과를 허용하고 매체 내의 선택된 성분의 통과를 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 그래핀의 적어도 하나의 시트, 상기 그래핀의 적어도 하나의 시트는 적어도 하나의 상기 챔버 내에 위치함; 그리고

적어도 하나의 챔버에 연결된 상기 매체의 가압된 원천, 상기 가압된 원천은 상기 주입구로부터 상기 배출구로 그래핀의 적어도 하나의 시트와 상당히 평행한 경로를 따르는 상기 매체로 향하고, 상기 매체는 상기 적어도 하나의 시트의 1차 면 위를 흐름으로써, 상기 다수의 천공된 구멍을 통해 상기 매체의 일부가 적어도 하나의 그래핀 시트의 2차 면을 흐르는 반면, 매체의 나머지 부분과 불허된 상기 매체 내의 선택된 성분은 배출구로 배출되는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 분리 장치.

#### **청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 다수의 천공된 구멍의 크기는 0.6 내지 1.2 나노미터의 범위인 것을 특징으로 하는 장치.

#### **청구항 9**

제8항에 있어서,

상기 유로의 반대면에 있는 그래핀의 적어도 하나의 시트의 일면에 있는 지지막을 더 포함하고, 상기 지지막은 폴리테트라플루오르에틸렌, 천공된 폴리카보네이트 필름 및 소결된 다공성 금속으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 장치.

#### **청구항 10**

제7항에 있어서,

추가된 상기 챔버는 상기 적어도 하나의 챔버의 배출구에 연속적으로 연결되는 것을 더 포함하고, 상기 추가 챔버는 적어도 하나의 챔버보다 더 작은 지름의 구멍을 갖는 적어도 대응하는 하나의 그래핀 시트를 이용함으로써, 상기 매체로부터 특정한 성분을 점진적으로 제거하는 것을 특징으로 하는 장치.

#### **청구항 11**

제7항에 있어서,

상기 추가 챔버는 적어도 하나의 상기 챔버의 배출구에 연속적으로 연결되는 것을 더 포함하고, 상기 추가 챔버는 보다 선택적인 이온 배제(ion exclusion)를 이용하는 추가 챔버 내의 대응하는 적어도 하나의 그래핀 시트를

이용함으로써, 적어도 하나의 챔버의 배출구와 연결된 추가 가압된 원천으로부터 점진적으로 낮은 압력을 허용하는 것을 특징으로 하는 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 담수의 수원은 점점 더 부족해짐에 따라, 많은 국가들이 소금으로 오염된 물, 특히 바닷물을 깨끗한 식수로 전환할 수 있는 해결책을 찾고 있다.

### 배경 기술

[0002] 물을 탈염화하기 위한 종래 기술은 네 가지 범주로 나뉜다. 즉, 증류, 이온 공정(ionic processes), 막 공정(membrane processes) 및 결정화(crystallization)이다. 이러한 기술들의 가장 효과적이고 가장 유용한 것은 다단 플래시 증류(MSF), 다중 효용 증발(MEE) 및 역삼투(RO)이다. 에너지와 자본비용은 둘 다 중요하며, 비용은 이러한 모든 공정의 중요한 요인이다. RO와 MSF/MEE 기술은 완전히 개발되었다. 현재, 최고의 탈염화 해결책은 물의 간단한 증발로 설정된 이론적인 최소 에너지 한도의 2 내지 4배인 3 내지 7 kjoules/kg 범위를 요구한다. 증류 탈염화 방법은 다단 플래시 증류, 다중 효용 증발, 증기 압축, 태양 가습 및 지열 탈염화를 포함한다. 이러한 방법은 탈염화를 수행하기 위하여 물의 상태를 바꾸는 일반적인 접근방법을 공유한다. 이러한 접근방법은 염수 용액을 기화하기 위하여 가열-전환 및/또는 진공 압력을 사용한다. 이러한 수증기는 담수로 응축되고 수집된다.

[0003] 이온 공정은 용액 내에서의 이온의 화학적 및 전기적 상호작용에 초점을 맞춘 탈염화 방법이다. 이온 공정 탈염화 방법의 실시에는 이온 교환, 전기투석(Electro-dialysis) 및 축전식 탈염화(capacitive deionization)를 포함한다. 이온 교환은 고체 고분자(solid polymeric) 또는 무기질 이온 교환기(mineral ion exchangers)를 염류 용액에 적용한다. 상기 이온 교환기는 원하는 이온을 용액 내에 묶어둠으로써, 쉽게 여과될 수 있도록 한다. 전기투석은 담수와 염수 용액(brine solution)의 교차 채널을 만들기 위하여 양이온과 음이온 선택적 막과 전위를 사용하는 공정이다. 축전식 탈염화(Capacitive deionization)는 용액에서 물 분자를 통과시키는 반면 대전된 이온을 당기고, 상기 이온을 포집하기 위하여 전위를 사용한다.

[0004] 막 탈염화 공정(Membrane desalination processes)은 여과와 압력을 이용하여 용액에서 이온들을 제거한다. 역삼투는 염류 용액(saline solution)에 이온 용액의 삼투압을 극복할 수 있는 압력을 적용하는 폭넓게 사용되는 탈염화 기술이다. 상기 압력은 다공성 막을 통해 이온이 포집되어 고농도의 염수 용액을 만드는 동안 물 분자를 담수 구역으로 밀어낸다. 담수를 포획하기 위하여 삼투압을 극복하기 위해 필요한 압력과 같이, 압력은 이러한 방법들의 강력한 비용 요인이 된다.

[0005] 결정화 탈염화(crystallization desalination)는 이온을 포함하지 않는 결정을 우선적으로 형성하는 현상에 근거를 둔다. 얼음으로써 또는 메틸 수화물(methyl hydrate)로서, 결정화된 물의 형성에 의해, 순수(pure water)는 용해된 이온으로부터 분리될 수 있다. 간단한 냉동의 경우, 물은 어는점 이하로 냉각됨으로써, 얼음이 형성된다. 상기 얼음은 녹아서 순수를 형성한다. 메틸 수화물 결정화는 메탄 수화물을 형성하기 위하여 소금물 용액에 침투한 메탄 가스를 사용하여 진행된다. 이러한 진행은 물의 어는 점보다 낮은 온도에서 일어난다. 분리가 가능한 상기 메틸 수화물이 증가하고, 메탄과 탈염화된 물로 분해되기 위하여 가열된다. 상기 탈염화된 물이 수집되고, 메탄은 재사용된다.

[0006] 탈염화를 위한 증발과 응축은 일반적으로 에너지 효율이 고려되지만, 집중된 열원을 필요로 한다. 큰 규모로 수행할 경우, 탈염화를 위한 증발과 응축은 일반적으로 발전소와 같은 위치에 있고, 지리적인 분포와 규모가 제한되는 경향이 있다.

[0007] 축전식 탈염화(Capacitive deionization)는 아마도 넓게 사용되지 않는다. 왜냐하면, 상기 축전식 탈염화는 축전식 전극(capacitive electrodes)이 제거된 염에 의해 오염되고 빈번한 점검이 요구되는 경향이 있기 때문이다. 필요한 전압은 플레이트의 간격과 유속에 의존하는 경향이 있고, 전압은 위험할 수 있다.

[0008] 역삼투(RO) 필터는 물의 정화에 널리 사용된다. 상기 역삼투 필터는 통상적으로 셀룰로오스 아세테이트(cellulose acetate) 또는 폴리이미드(polyimide) 박막 합성물로 만들어지며, 보통 200 미크론을 초과하는 두께인 다공성막 또는 반투막이다. 이러한 물질은 친수성이다. 편리한 조작과 막의 지지(support)를 위해 상기 막은

종종 튜브와 같은 형태의 나권형(spiral-wound)이다. 상기 막은 임의의 크기의 구멍 분포를 나타낸다. 그 중에서 가장 큰 크기의 구멍은 물 분자의 통과를 허락하고, 물에 용해된 염과 같은 이온의 통과를 허락하지 않거나 차단하도록 충분히 작다. 통상적인 역삼투막의 1 밀리미터의 두께에도 불구하고, 역삼투막 고유의 임의 구조는 길고 둑글게 정의하거나 상기 막을 통해 흐르는 물의 구불구불한 경로로 정의한다. 그리고 이러한 경로의 길이는 1 밀리미터보다 더 길 것이다. 상기 경로의 길이 및 임의 형태는 이온의 표면에서 물 분자를 떼어내기 위하여, 그런 후 삼투압에 대항하여 막을 통과하는 물 분자를 이동 위하여 상당한 압력을 요구한다. 그러므로, 상기 삼투압 필터는 에너지 비효율적인 경향이 있다.

[0009] 도 1은 역삼투막(10)의 단면의 개념을 보여주는 도면이다. 도 1에서, 역삼투막(10)은 상류 이온 수용액(16)이 접하는 상류 표면(12)과 하류 표면(14)으로 정의된다. 상기 상류 표면 방향에 나타나는 상기 이온으로 + 전하를 갖는 나트륨(Na)과 - 전하를 갖는 염소가 선택되는 것으로 도시된다. 상기 나트륨은 용매화한 네 개의 물 분자(H<sub>2</sub>O)와 관련이 있다고 도시된다. 각각의 물 분자는 하나의 산소 원자와 두 개의 수소(H) 원자를 포함한다. 역삼투막(10)에서 물이 흐르기 위한 경로(20) 중 하나는 상류 표면(12)의 구멍(20u)으로부터 하류 표면(14)의 구멍(20d)까지 연결된 것으로서 도 1에 도시되어 있다. 경로(20)는 복잡하게 도시되어 있지만, 도면에서 20번으로 도시되는 일반적인 경로의 실제 구불구불한 자연의 모습을 그대로 보여주는 것은 불가능하다. 또한, 상기 경로는 다중 상류 구멍과 다중 하류 구멍이 상호 연결되는 것으로 예상된다. 상기 역삼투막(10)을 관통하는 상기 경로(20)는 회선상(回旋狀)은 아니지만, 구멍의 일부가 피할 수 없는 잔해들에 의해 차단될 때, 상기 경로는 변할 수 있다.

[0010] 다른 대안으로 물의 탈염화, 탈이온화 또는 유체 분리가 바람직하다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0011] 상기에 비추어, 본 발명의 첫 번째 관점은 천공된 그래핀의 탈이온화 또는 탈염화를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 관점은 매체에서 구성요소를 분리하는 방법을 제공하기 위한 것이다. 상기 방법은 매체를 통과시키고 매체에서 선택된 구성요소를 통과시키지 않을 수 있도록 선택된 복수의 천공된 구멍이 있는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 주 시트(sheet)를 제공하고, 주 주입구(inlet)와 주 배출구(outlet) 및 주 저유로(lower flow path)를 갖는 주 챔버 내의 그래핀의 적어도 하나의 주 시트를 제공하고, 그리고 주 주입구에서 주 배출구로 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 주 시트와 상당히 평행한 경로로 흐르도록 매체를 가압하는 것, 주 배출구로 나가는 매체 흐름 내에서 매체의 나머지 부분과 허용되지 않은 선택된 구성요소가 남아있는 동안 매체의 일부분은 복수의 천공된 구멍을 통하여 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 주 시트의 2차 면으로 흐르도록 하기 위하여, 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 주 시트의 1차 면 위를 흐르는 상기 매체를 포함한다.

[0013] 본원발명의 또 다른 관점은 분리 장치를 제공하는 것으로, 상기 분리 장치는 주입구, 배출구 및 저유로를 포함하는 적어도 하나의 챔버, 매체를 통과시키고, 매체 내의 선택된 구성요소를 통과시키지 않는 크기의 구멍을 갖는 천공된 그래핀의 적어도 하나의 시트, 적어도 하나의 챔버 내에 위치한 그래핀의 적어도 하나의 시트와 그리고 주입구를 갖는 적어도 하나의 챔버에 연결되는 매체의 가압된 소스, 주입구에서 배출구로 그래핀의 적어도 하나의 시트에 대해 상당한 평행한 경로를 따라 매체를 향한 상기 가압된 소스, 배출구로 나가는 매체 흐름 내에서 매체의 나머지 부분과 허용되지 않은 선택된 구성요소가 남아있는 동안 매체의 일부분은 복수의 천공된 구멍을 통하여 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 시트의 1차 면으로 흐르도록 하기 위하여, 그래핀의 적어도 하나의 시트의 1차 면 위를 흐르는 상기 매체를 포함한다.

## 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 종래 역삼투(OS) 필터막의 단면 개념을 나타내는 도면이다.

도 2는 천공된 그래핀 시트를 사용한 본 발명에 따른 워터 필터의 개념을 나타내는 도면이다.

도 3은 도 2의 구성에 사용되는 천공된 그래핀 시트의 복수의 구멍 중 하나의 모양을 보여주는 평면도이다.

도 4는 지름이 0.6 나노미터인 천공 또는 구멍 및 천공 사이의 치수를 보여주는 천공된 그래핀 시트의 평면도이

다.

도 5는 도 2의 천공된 그래핀 시트와 함께 사용되는 보조 시트를 나타내는 평면도이다.

도 6은 농축된 이온의 분리를 위하여 다중 천공된 그래핀 시트를 사용하는 본 발명에 따른 물의 탈이온화 필터의 개념을 보여주는 도면이다.

도 7은 나선형으로 감기고 실린더로 둘러 쌓인 천공된 그래핀 시트가 있는 도 6의 구성과 관련된 배관을 나타내는 단순화한 다이어그램이다.

도 8은 본 발명에 따른 분리 장치를 나타낸 개념도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 도 2는 본 발명의 실시예 또는 본 발명에 따른 기본적인 탈염화, 탈염 또는 탈이온화 장치(200)를 나타내는 개념도이다. 도 2에서, 채널(210)은 이온 함유 물을 지지 캠버(214)에 고정된 필터막(212)으로 수송한다. 상기 이온 함유 물은 예를 들어, 해수 또는 염수(brackish water)가 될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 필터막(212)은 잘 알려진 방법인 나선형으로 감길 수 있다. 이온 함유 물이 도 2의 채널(210)을 통과할 수 있는 흐름의 추진력 또는 압력은 탱크(216)에 의한 중력 또는 펌프(218)에 의해 제공될 수 있다. 밸브(236, 238)는 이온 함유 물의 소스를 선택할 수 있다. 장치 또는 구성(200)에서, 필터막(212)은 천공된 그래핀 시트이다. 그래핀은 도 3에 도시된 바와 같이, 시트(310)로 정의되기 위하여 서로 결합하고, 탄소의 단일 원자 레이어 두께의 레이어이다. 단일 그래핀 시트 두께는 약 0.2 내지 0.3 나노미터(nm)이다. 다중 그래핀 시트는 큰 두께를 갖고 이에 상응하게 큰 강도를 갖게 형성될 수 있다. 다중 그래핀 시트는 시트가 성장 또는 형성됨으로써, 다중 레이어를 제공될 수 있다. 또는 다중 그래핀 시트는 적층 또는 단일 시트 위에 또 다른 시트를 위치함으로써, 달성될 수 있다. 여기에 공개된 모든 실시예에 그래핀의 단일 시트 또는 다중 그래핀 시트가 사용될 수 있다. 시험 결과는 그래핀의 다중 레이어는 스스로의 접착력의 결과로서 온전함(integrity)과 기능(function)을 유지한다는 것을 나타냈다. 이것은 시트의 강도를 향상시키고 일부의 경우 유동 성능(flow performance)을 향상시킨다. 도 3의 그래핀 시트(310)의 탄소 원자는 탄소 원자의 별집격자를 형성할 수 있는 여섯 개의 탄소 원자로 구성되는 육각형 고리 구조(벤젠 고리)의 반복되는 패턴으로 정의한다. 구멍 사이(308)는 시트 내에서 각각 여섯 개의 탄소 원자의 고리 구조에 의해 형성되고, 이 구멍 사이는 1 나노미터 미만이다. 실제로, 속력된 장인들은 구멍 사이(308)의 가장 긴 거리도 약 0.23 나노미터인 것이 믿어진다고 인정할 것이다. 그러므로, 구멍(308)의 치수와 구성 그리고 그래핀의 전자 성질(nature)은 구멍이 없을 경우 그래핀의 두께를 가로지르는 어떠한 문자의 이동도 하지 못하게 한다. 이러한 수치는 물 또는 이온의 통과를 허락하기에 너무 작다. 도 2의 천공된 그래핀 시트(212)를 형성하기 위하여, 도 3에 도시된 바와 같이 하나 또는 그 이상의 구멍이 만들어진다. 일반적으로 또는 명목상으로 대표적인 등근 구멍(312)은 그래핀 시트(310)를 통해서 정의된다. 구멍(312)은 약 0.6 나노미터의 공칭지름(nominal diameter)을 갖는다. 상기 0.6 나노미터 치수는 보통 염 또는 염수로 표현될 수 있는 가장 작은 이온인 나트륨 이온을 차단하기 위하여 선택된다. 일반적으로 구멍(312)의 등근 형태는 구멍의 가장자리가 부분적으로는 그래핀 시트(310)의 육각형 탄소 고리 구조에 의해 정의된다는 사실에 의해 영향을 받는다.

[0016] 구멍(312)은 선택적인 산화에 의해 만들어질 수 있다는 것은 선택된 기간 동안 산화제에 노출을 의미한다. 구멍(312)은 또한 레이저로 뚫릴 수 있다고 믿어진다. Nano Lett. 2008, Vol.8, no.7, pg 1965-1970에 기재된 바와 같이, 가장 간단한 천공 전략은 상승된 온도에서 아르곤에 히석된 산소와 함께 그래핀 필름을 취급하는 것이다. 여기에 기재된 바와 같이, 500°C에서 2시간 동안 1 기압(atm)의 아르곤에서 350 mTorr의 산소의 사용으로 20 내지 180 nm 범위의 구멍(apertures) 또는 홀(holes)이 그래핀에 에칭되었다. 상기 논문은 홀의 개수는 그래핀 시트의 결합과 관련이 있고, 홀의 크기는 체류 시간(residence time)과 관련이 있다는 것을 합리적으로 제시한다. 이것은 단일 시트 또는 다중 시트를 포함하는 그래핀 구조 내에서 바람직한 구멍을 만들기 위하여 선호되는 방법이 될 것이라 믿어진다. 상기 구조는 그래핀 나노 판상체(nanoplatelets) 및 그래핀 나노 리본(nanoribbons)이 될 것이다. 그러므로, 바람직한 범위 내의 구멍은 더 짧은 산화 시간에 의해 형성될 수 있다.

[0017] 또 다른 관련된 방법은 Kim 등의 “Fabrication and Characterization of Large Area, Semiconducting Nanoperforated Graphene Materials,” Nano Letters 2010 Vol. 10, No. 4, 2010년 3월 1일, 1125-1131 페이지에 기재된 바와 같이 반응성 이온 에칭을 사용한 패턴화를 위해 적절한 마스크를 형성하는 자기 조립 고분자(self assembling polymer)를 사용한다. P(S-blockMMA) 블록공중합체는 재현상(redeveloping) 시 반응성 이온 에칭(RIE)에 대해 비아(vias)를 형성하는 PMMA 컬럼의 배열을 형성한다. 구멍의 패턴은 매우 조밀하다. 구멍의 개수 및 크기는 PMMA 블록의 분자량 및 P(S-MMA) 내의 PMMA의 무게 분율에 의해 조절된다. 두 방법은 천공된

래핀 시트 또는 시트를 제조할 수 있는 잠재력을 갖는다.

[0018] 언급한 바와 같이, 도 3의 상기 그래핀 시트(310)는 두께를 가지지만 단일 원자이다. 그러므로, 상기 시트는 유연한 경향이 있다. 그래핀 시트의 유연성은 시트(212)에 대한 지지 구조의 적용에 의해 또는 하나 이상의 그래핀 시트의 제공에 의해 개선될 수 있다. 도 2에서, 천공된 그래핀 시트(212)의 지지 시트로서 나타낼 수 있는 배면구조는 도면부호 220으로 나타낼 수 있다. 실시예에서 배면구조(220)는 때로는 폴리테트라플루오르에탄(polytetrafluoroethylene)으로 알려진 천공된 폴리테트라플루오르에틸렌(polytetrafluoroethylene)의 시트이다. 상기 구조(220)는 다공성 폴리카보네이트 필름, 나노구조화된 카본, 다른 적절한 고분자 재료 또는 소결된 다공성 금속일 수 있다. 지지 시트의 두께는 예를 들어 100 마이크론 내지 1 밀리미터(mm)일 수 있다.

[0019] 도 2의 장치 또는 구성에 있어서, 경로(210)를 통해 천공된 막(212)에 적용되는 이온 함유 물이 탱크(216)으로부터 중력에 의해 제공될 수 있다는 것이 주목되어야 한다. 이 때문에 장치(200)의 측면 중 하나를 강조한다. 즉, 역삼투막과 달리, 천공된 막(212)을 형성하는 천공된 그래핀 시트(312)는 소수성이고, 관통된 구멍(도 3의 312)을 통해 통과하는 물은 습기에 기인한 인력에 의해 방해 받지 않는다. 또한, 언급한 바와 같이, 그래핀 시트(310) 내의 구멍(312)을 통과하는 이동 경로의 길이는 약 0.2 내지 0.3 nm인 시트의 두께와 동일하다. 이 길이는 역삼투막을 통해 연장되는 임의의 경로의 길이보다 훨씬 짧다. 결과적으로, 액체의 흐름을 제공하기 위해 매우 작은 압력이 요구되거나, 반대로, 주어진 압력에서 천공된 그래핀 시트(310) 내의 흐름은 매우 크게 된다. 즉, 순차적으로, 이온의 분리를 위한 저 에너지 장치로 변환된다. 물이 삼투압에 대항하여 막을 통과하도록 역삼투막에 요구되는 압력이 막의 가열을 초래하는 마찰 요소를 포함한다는 것은 통상의 기술자에게 자명하다. 따라서, 역삼투막에 적용되는 압력의 일부는 삼투압을 극복하는 방향으로 가지 않지만, 그 대신 열로 전환된다. 시뮬레이션 결과는 천공된 그래핀 시트가 요구되는 압력을 크게 줄여준다는 것을 보여준다. 그래핀의 화학적 및 생물학적 종립성에 기인한 전처리의 감소 및 시간 경과에 따른 오염물의 감소에 의한 에너지 절약은 상당한 절약을 야기할 것이다. 언급한 바와 같이, 도 2 (또는 동일하게 도 3의 그래핀 시트(310))의 그래핀 시트(212) 내에서 상기 구멍(312) 또는 두 실시예 내에서 다중 그래핀 시트는 원수(source water) 내에서 가장 작은 이온의 통과를 허용하지 않도록 치수화 되는 것이 예측된다. 따라서, 가장 작은 이온과 동일한 크기 또는 더 큰 크기의 이온은 다공성 그래핀 시트(212)를 통과하지 못할 것이고, 이러한 이온은 그래핀 시트 지지 챔버(214)의 상류 측면(226)에 축적될 것이다. 이러한 상류 “챔버(226)” 내에서 이온의 축적은 “슬러지”로 지칭되고, 결국 다공성 그래핀 시트(212)를 통과하는 물의 흐름을 감소시킬 것이므로, 탈이온화를 비효율적으로 만드는 경향이 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 추가 경로(230)는 슬러지의 제거 또는 배출을 허용하는 배출밸브(232)와 함께 제공된다. 그러므로, 도 2의 장치 작동(operation) 또는 구성은 “배치(batch)” 모드 내에 있을 수 있다. 배치의 첫 번째 모드는 흐름을 방지하기 위해 잠긴 배출밸브(232)가 있는 경로(210)를 통과하는 이온 함유 물의 흐름과 함께 발생한다. 상기 이온 함유 물은 지지 챔버(214)의 상류 측면(226)을 채운다. 상기 물 분자는 도 2의 다공성 그래핀 시트(212)를 통해 그리고 지지 챔버(214)의 하류 측면(227)에 대한 배면구조(220)를 통해 흐를 수 있다. 그러므로, 탈이온화된 물은 일정 시간 동안 하류 부분(227)에 축적되고, 경로(222)를 통해 탱크(224)로 도시된 수용 용기로 빠져나갈 수 있다. 결국, 지지 챔버의 상류 측면 부분(226)에서 이온의 축적 또는 농축은 다공성 그래핀 시트(212)를 통과하는 물의 흐름을 저감시키는 경향이 있을 것이다. 상류 챔버 또는 측면(226)에 농축된 이온/물 혼합체가 축적되는 것을 제거하기 위하여 또는 상류 부분(226)이 탱크(216) 또는 펌프(218)로부터 이온 함유 물로 다시 채워지는 동안, 농축된 이온/물 혼합체가 제거될 수 있도록 밸브(232)가 열린다. 그 후 밸브(232)는 닫히고 또 다른 여과 사이클이 시작된다. 이 결과 탈이온화된 물의 생산과 커네이너(224) 내에 탈이온화된 물의 축적이 야기된다. 도 4는 도 3과 같은 천공이 많이 있는 그래핀 시트를 보여준다. 도 4의 시트는 [셋, 넷 또는 다섯] 개의 구멍으로 정의된다. 이론상으로, 유속은 구멍의 밀도에 비례할 것이다. 구멍의 밀도가 증가함에 따라, 구멍을 통과하는 흐름은 주어진 압력에서 흐름에 반대의 영향을 줄 수 있는 “난류”가 될 수 있다. 또한, 구멍의 밀도가 증가함에 따라, 근복적인 그래핀 시트의 강도가 국지적으로 감소할 수 있다. 이러한 강도의 감소는 어떤 조건 하에서 막의 파단을 유발할 수 있다. 구멍 간 중심 간격(center-to-center spacing)은 50 나노미터의 값에서 0.6 나노미터의 구멍이 거의 최적화 된다고 믿어진다. 도 5는 도 2의 그래핀 시트와 함께 사용되거나 다중 그래핀 시트가 사용될 수 있는 배면시트의 구조의 모습을 단순화한 것이다.

[0020] 도 5에서, 배면시트(220)는 폴리테트라플루오르에탄으로 알려진 폴리테트라플루오르에틸렌(520)으로부터 만들어지고, 사각형의 격자로 배열되고 교차점이 접착되거나 융화된다. 상기 배면시트(220)는 천공된 폴리카보네이트 필름, 나노구조화된 탄소, 적절한 다른 고분자 재료 또는 소결된 다공성 금속일 수 있다. 천공된 그래핀 시트와 같이, 배면시트의 치수는 최대 유량을 고려하고, 충분한 강도에 상응하도록 가능한 커야 한다. 동일한 방향으로 배향된 서로 근접한 필라멘트(520) 사이의 간격은 명목상으로 100 nm가 될 수 있고, 상기 필라멘트는 40 nm의 공칭지름을 가질 수 있다. 상기 그래핀 시트의 인장강도는 우수하고, 배면시트 내의 상대적으로

지지되지 않는 큰 구역은 현재 문제가 되지 않는다.

[0021] 도 6은 또 다른 실시예 또는 본 발명의 또 다른 관점에 따른 탈이온화 또는 담수화 장치(600)를 보여주는 개념이며, 상기 장치 내에는 다르게 천공된 그래핀 시트를 사용한 다중 레이어가 사용되었다. 도 6에서, 도 2와 대응하는 요소들은 참조된 글자와 숫자(alphanumerics)에 의해 지정된다. 도 6의 각 “레이어”는 그래핀의 단일 시트 또는 그래핀의 다중 시트일 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 도 6의 지지 챔버(614) 내에서, 상류의 천공된 그래핀 시트(612a) 및 하류의 천공된 그래핀 시트(612b) 각각은 챔버를 세 볼륨(volumes) 또는 부분으로 나눌 수 있다. 즉, 상류 부분 또는 챔버(626a), 하류 부분 또는 챔버(626b) 및 중앙 부분 또는 챔버(629)로 나눌 수 있다. 각각의 천공된 그래핀 시트(612a 및 612b)는 배면시트와 관련이 있다. 보다 구체적으로, 천공된 그래핀 시트(612a) 뒤에 시트(620a)가 있고, 천공된 그래핀 시트(612b) 뒤에 시트(620b)가 있다. 천공된 그래핀 시트(612a 및 612b)의 상기 구멍은 서로 다르다. 보다 구체적으로, 상류 그래핀 시트(612a)는 염소 이온의 흐름을 불허 또는 불가하게 하고 나트륨 이온을 함유하는 물의 흐름을 가능하게 하는 것이 선택되는 구멍(612ac)에 의해 천공되고, 이러한 구멍은 공칭 직경이 0.9 나노미터이다. 그러므로, 0.9 나노미터보다 더 큰 유효 지름(effective diameter)을 갖는 염소 이온은 천공된 그래핀 시트(612a)를 통과하지 못하고, 상류 부분 또는 챔버(626a)에 잔류한다. 나트륨 이온을 함유하는 물은 천공된 구멍(612a)를 통해 중앙 챔버(629)로 흐를 수 있다. 하류 천공된 그래핀 시트(612b)는 나트륨 이온의 흐름을 불허 또는 불가능하게 하고 물 분자의 흐름을 가능하게 하는 것이 선택될 수 있는 구멍(652bs)에 의해 천공되고, 이러한 구멍은 공칭 직경이 0.9 나노미터이다. 그러므로, 0.9 나노미터보다 더 큰 유효 지름(effective diameter)을 갖는 염소 이온은 천공된 그래핀 시트(612a)의 구멍(612ac)을 통과할 수 없지만, 나트륨 이온을 함유한 물은 천공된 그래핀 시트(612a)를 통해 중앙 챔버(629)로 흐를 수 있다. 나트륨 이온은 하류에 천공된 그래핀 시트(612b)를 통과할 수 없고, 중앙 부분 또는 챔버(629) 내에 남거나 축적된다. 적어도 염소 또는 나트륨 이온이 없는 물 분자(H<sub>2</sub>O)는 천공된 그래핀 시트(612b)의 구멍(652bs)을 통해 중앙 부분 또는 챔버(629)에서부터 하류 부분 또는 챔버(626b)로 흐르고, 여기서 탈이온화된 물은 경로(222) 및 집수조(224)를 통해 수집될 수 있다.

[0022] 도 2의 탈이온화 구성(200)의 경우와 같이, 도 6의 장치 또는 구성(600)은 탈이온화가 작동하는 동안 이온을 축적 또는 농축시킨다. 도 2의 장치 또는 구성과 달리, 탈이온화 장치(600)는 적어도 부분적으로 독립된 이온의 농도를 생산한다. 보다 구체적으로, 염소 이온과 나트륨 이온이 함유된 물의 흐름으로 장치(600)의 상류 부분 또는 챔버(626a)는 주로 염소 이온으로 구성된 슬러지 농도를 증가시키고, 중앙 부분 또는 챔버(629)는 주로 나트륨 이온의 농도를 증가시킨다. 이렇게 농축된 이온은 각각 퍼징 연결부(630a 및 630b) 및 이의 퍼지 밸브(632a 및 632b)의 선택적 제어를 통해 개별적으로 추출될 수 있다. 보다 구체적으로, 밸브(632a)는 농축된 염소 이온이 상류 부분 또는 챔버(626a)에서 탱크(634a)로 표현되는 집수조로 흐를 수 있도록 열릴 수 있고, 밸브(632b)는 농축된 나트륨 이온이 중앙 부분 또는 챔버(629)에서 탱크(634b)로 표현되는 수집주로 흐를 수 있도록 열릴 수 있다. 이상적으로, 중앙 챔버(629)에 나트륨 이온이 많은 슬러지의 플러싱을 위해 천공된 그래핀 시트(612a)를 통한 물의 흐름을 제공하도록, 천공된 그래핀 시트(612a)에 약간의 압력이 유지되도록 하기 위해, 퍼지 밸브(632a)는 중앙 부분 또는 탱크(629)의 퍼징이 시작되기 전에 닫힌다. 퍼지 밸브(632a 및 632b)는 탈이온화 공정 전에 닫힌다. 나트륨의 경우 고체 형태로 또는 염소의 경우 가스 형태로 변환하는 것으로 볼 때, 배출되고 수집된 농축된 이온은 경제적 가치를 가진다. 바닷물은 베릴륨 염의 많은 양을 함유하고, 이러한 염은 우선적으로 농축된다면, 촉매로서 제약 산업에 있어서 가치를 가진다는 것을 주목해야 한다.

[0023] 또한, 도 6에 도시된 직교류(cross-flow) 밸브(654a 및 654b)는 유로(658)와 상류 부분 또는 챔버(626a)와 중앙 부분 또는 챔버(626b) 사이를 각각 연결한다. 이온으로 채워진 여과되지 않은 물(201)은 열린 밸브(652)에 의해서 유로(658)로 지나갈 수 있거나, 또는 탈이온화된 물(202)은 펌프(660)의 작동에 의해 탱크(224)로부터 제공될 수 있다. 펌프(660)에서, 탈이온화된 물은 경로(658)와 연결된 제크 밸브(656)를 통해 흐른다. 챔버로부터 슬러지를 제거하는데 도움을 주기 위하여, 직교류(cross-flow) 밸브(654a 및 654b)는 각각 퍼지 밸브(632a 및 632b)와 동시에 열리고 닫힌다.

[0024] 도 7은 본 발명의 관점에 따른 탈이온화 또는 이온 분리 구성이 단순화된 모습을 보여준다. 도 6의 요소에 대응하는 도 7의 요소는 참조된 글자와 숫자(alphanumerics)에 의해 지정된다. 도 7에서, 상기 천공된 그래핀 시트(612a 및 612b)는 실린더 형태로 감기거나 나권형(spiral-wound)이 되고, 역삼투막 분야에서 공지된 바와 같이, 도면부호 712a와 712b로 표시되는 하우징(housings)에 각각 삽입된다. 또 다른 실시예와 같이, 상기 그래핀 시트(612a 및 612b)는 그래핀의 단일 시트 또는 그래핀의 다중 시트일 수 있다. 그리고, 이전의 실시예와 같이, 다중 시트는 전체 강도(collective strength)와 유동 성능(flow performance)을 향상시킨다. 당업자는 염소 및 나트륨 이온과 다른 이온은 선택적으로 천공된 그래핀 시트에 의해 물에서 제거된 수 있다는 것을 이해할 것이

다.

[0025] 도 8은 본 발명의 관점에 따른 직교류(cross-flow) 분리 장치의 단순화된 모습을 보여준다. 도면부호 700으로 지정된 상기 분리 장치는 탈이온화, 탈염화를 하도록 구성되어 있거나 또는 반대로 가스, 미립자, 용질, 분자 및 탄화수소 또는 매체(medium)로부터 또 다른 나노 크기의 또는 마이크로 크기의 구성성분과 같은 선택된 성분을 분리하도록 구성되어 있다. 본 실시예에서, 여과되지 않은거나 여과 전의 매체(medium)(702)는 적절한 크기의 용기(704)로 제공된다. 상기 매체(medium)는 서로로부터 분리되는 성분을 포함하는 액체 또는 가스 또는 이들의 혼합을 구성할 수 있다. 상기 여과되지 않은 매체(702)는 중력 또는 반대로 밸브(708)을 가질 수도 있고 갖지 않을 수도 있는 도관(conduit) 또는 파이프(pipe)를 따라 나아가게 하는 높은 압력 펌프(706)에 의해 이동한다. 만약 상기 밸브(708)가 제공되고 열린 상태라면, 상기 여과되지 않은 매체는 도면부호 710으로 지정된 직교류 챔버로 들어간다. 상기 챔버는 일단에 직교류 주입구(712)와 타단에 직교류 배출구(714)를 제공한다. 챔버(710) 내에서 주입구 및 배출구보다 상대적으로 낮은 위치에서 위치하는 것은 그래핀막(720)이다.

[0026] 이전의 실시예와 같이, 상기 그래핀막(720)은 단일 시트이거나 다중 시트이고, 매체의 선택된 부분의 통과를 허용하는 반면 매체의 다른 부분의 통과를 허용하지 않기위한 적절한 크기의 천공된 구멍(721) 다수를 갖는다. 일반적으로, 가스의 분리를 위한 천공 구멍 지름은 0.2 내지 0.6 nm의 범위이고, 염의 분리를 위한 천공 구멍의 지름은 0.6 내지 2 nm이고, 탄화수소 분자의 분리를 위한 천공 구멍 지름은 10 내지 100 nm이다. 이전의 실시예와 같이, 상기 그래핀막(720)은 탄소 원자가 서로 부착되어 시트를 규정하는 단일 원자 막 두께(single-atomic-layer-thick)의 레이어이다. 상기 단일 그래핀 시트의 두께는 대략 0.2 내지 0.3. 나노미터(nm)이다. 상기 그래핀막은 매체의 가압 흐름에 노출되는 첫 번째 면 또는 상단면(722) 및 상기 상단면(722)의 반대면에 있는 2차 면 또는 하단면(723)을 갖는다. 이전 실시예에서 설명된 그래핀 시트의 모든 특성 및 속성은 본 실시예에 제공된다. 그러나, 본 실시예에서 제공된 매체의 여과 또는 분리를 적절히 하기 위하여 구멍은 0.6 나노미터의 유효지름 내지 1.2 나노미터의 유효지름의 범위를 가질 수 있다. 다시 말해서, 구멍의 일부는 0.6 나노미터의 지름을 가질 수 있고, 일부는 0.9 나노미터의 지름을 가질 수 있고 나머지는 1.2 나노미터의 지름을 가질 수 있다. 다른 크기를 갖는 구멍의 어떠한 조합과 비율이 사용될 수 있다. 탈염화 또는 탈이온화한 물의 경우 상기와 같은 구멍의 범위는 나트륨 이온과 염소 이온의 대부분을 통과시키지 않는 반면, 물 분자를 통과시키기에 충분한 것으로 믿어진다. 또 다른 실시예에서, 직교류 기하학 장치(geometry apparatus)의 경우, 가스 분리를 위한 천공된 구멍의 지름의 범위는 0.2 내지 0.6 nm이고, 염의 분리를 위한 천공된 구멍의 지름의 범위는 0.6 내지 2 nm이고, 탄화수소 분자의 분리를 위한 구멍의 지름의 범위는 10 내지 100 nm이다. 0.2 nm 내지 100 nm 사이에 선택된 다른 범위는 허용되지 않는 매체의 구성 및 성분에 따라 사용될 수 있다. 더구나, 0.2 nm 내지 100 nm 범위의 지름 내에서 특정 범위가 사용될 수 있다.

[0027] 일 실시예에서, 배면 시트 또는 지지막(724)과 같은 구조는 그래핀막을 지지하기 위하여 그래핀막(722) 아래에 위치하는 경향이 있다. 다시 말해서, 상기 지지막(724)은 막(720)의 표면(723)에 인접하여 위치한다. 배면막(backing membrane)은 구멍(721)보다 상당히 큰 구멍(726)으로 천공되어 있다. 상기 지지막(724)은 때때로 폴리테트라플루오르에탄(polytetrafluoroethylene)으로 알려진 폴리테트라플루오르에틸렌(polytetrafluoroethylene)으로 구성될 수 있다. 지지막(724)에 대한 다른 재료는 천공된 폴리카보네이트 필름, 나노구조화된 탄소, 적절한 다른 고분자 재료 또는 소결된 다공성 금속일 수 있다. 상부 유로(730)는 그래핀막(720)이 삽입되고 챔버(710) 내에 위치하여 형성된다. 상기 상부 유로는 막에 대하여 주입구(712)에서 배출구(714)로 상당히 평행한 방향으로 흐를 수 있도록 하는 가압 흐름을 가능하게 한다. 결과적으로, 매체는 접선 방향으로 막을 가로질러 흐르고, 매체의 일부는 여러 구멍(721)을 통과하여 진행하기 위해 크기가 변경되고, 지지막(724)을 통과할 경우 그래핀막 아래에 있는 하부 유로(732)로 들어간다. 구멍을 통과하지 않는 이러한 구성성분은 밸브(734)가 제공되는 도관(733)을 따라 배출구(714)를 통해 나간다. 밸브를 통해, 상기 여과되지 못한 매체(통과하지 못한 성분)는 특정한 최종 용도로 향한다. 예를 들어, 만약 물이 매체라면, 수집된 나트륨과 염소 이온은 갈바닉 배터리 또는 다른 응용에서와 같이 에너지 재생 용도를 위해 쓰인다. 상기 하부 유로에서 수집된 정제된 매체는 정제된 물질 또는 매체(742)를 담는 집수조(740)로 향한다.

[0028] 이전에 설명한 바로부터 구멍을 통과하지 못한 물질은 수집되고 제거되기 위해 배출구 방향으로 향하는 동안, 막에 상당히 평행한 방향의 매체의 가압 흐름, 다시 말해서 접선 방향은 매체가 구멍을 통과하는 것을 허용한다는 것이 인정될 것이다. 막의 이러한 “세척”은 고결(caking) 또는 막을 통과하지 못하는 다른 바람직하지 않은 물질의 축적을 예방한다. 이것은 막을 통과하는 또는 정제된 물질(742)이 수집조(740)에 수집되는 것을 도와 준다고 믿어진다.

[0029] 일 실시예에서, 장치(700)는 하류 직교류 챔버(710)를 많이 포함하고, 각 챔버 및 이와 관련된 구성요소는 알파

벳 접미사로 제공된다. 따라서, 상기 챔버 배출구(714)를 통해 흐르는 막을 통과하지 못한 유체 물질은 상기 유체를 챔버(710)과 실질적으로 동일하게 구성되는 챔버(710a)로 향하게 하는 2차 압력 펌프(706a)로 향한다. 결과적으로, 이전에 막을 통과하지 못하는 구성요소와 매체는 수집조(740a)에 수집될 수 있도록 더 정제되는 반면, 막을 통과하지 못하는 물질은 다른 최종 용도를 위해 막을 통과하지 못한 물질을 수집하는 벨브(734a)가 연결된 배출구를 통해 수집된다. 예를 들어, 선택된 특정 크기의 이온, 분해물질(analytes) 또는 미립자를 제거하기 위하여 1차 챔버(710)와 이와 관련된 그래핀 시트는 매체에 처음 노출되고, 1차 그래핀 시트는 더 작은 구멍의 지름 및 분포를 갖는 2차 챔버(710a) 및 이와 관련된 그래핀 시트보다 더 큰 구멍의 지름 및 분포를 갖는다. 만약, 추가적인 챔버들(710b-x)이 제공된다면, 상기 챔버들은 이에 대응하는 그래핀 시트에 더 작은 구멍의 크기를 제공할 것이다. 다시 말해서, 직교류 챔버(710) 단계는 1차 챔버에서 이온에 대해 덜 선택적이고 하류 챔버에서 이온에 대해 더 선택적이 되도록 배열될 수 있다. 결과적으로, 매체에 대한 바람직한 여과의 수준을 수득하기 위해 증가하는 각 단계에서 훨씬 적은 작업 또는 펌핑력(pumping force)이 필요하다고 믿어진다. 상기 장치는 증가하는 염 제거 단계마다 더욱 향상된 여과에 더욱 적은 에너지를 제공한다는 점이 장점이다.

[0030] 원하지 않는 이온(201)을 수송하는 물을 탈이온화하는 방법은 물 분자를 통과시키고, 원하지 않는 이온 중 선택된 하나(예를 들어, Na)를 통과시키지 않도록 선택된 (도면부호 312와 같은) 복수의 구멍으로 그래핀의 시트(310)를 천공하는 단계를 포함함으로써, 천공된 그래핀(212)를 형성한다. 대안으로써, 이렇게 천공된 그래핀 시트는 제공될 수 있다. 원하지 않는 이온을 옮기는 수송하는 물(201)은 가압(216, 218)됨으로써, 가압된 물을 생성한다. 천공된 그래핀 시트의 2차 면(212d)으로 이온 보다 우선적으로 물 분자를 흘리게 하기 위하여, 상기 가압된 물은 천공된 그래핀(212)의 1차 표면(212u)에 적용된다. 상기 물 분자(202)는 그래핀 시트의 2차 면(212d)에서 수집된다. 이 방법의 하나의 유형에서, 이온들 중 선택된 하나는 염소이고, 상기 염소 이온의 통과를 불허하기 위한 구멍의 지름은 명목상으로 0.9 나노미터이고, 상기 구멍들은 명목상으로 15 나노미터의 간격으로 떨어져 있다. 이 방법의 또 다른 유형에서, 이온들 중 선택된 하나는 나트륨이고, 상기 나트륨 이온의 통과를 불허하기 위한 구멍의 지름은 명목상으로 0.6 나노미터이고, 상기 구멍들은 명목상으로 15 나노미터의 간격으로 떨어져 있다. 상기 방법은 폴리테트라플루오르에틸렌 격자무늬(520)일 수 있는 배면시트(220)가 있는 천공된 그래핀(212)의 시트를 강화하는 단계를 포함한다.

[0031] 원하지 않는 이온을 수송하는 물(201)을 탈이온화 하기 위한 방법은 원하지 않는 이온(예를 들어, 염소) 중 선택된 첫 번째 하나가 막을 통과하지 못하도록 그리고 원하지 않는 이온(예를 들어, 나트륨) 중 선택된 두 번째 하나를 함유하는 물 분자가 막을 통과하도록 선택된 다수의 구멍(312)이 있는 그래핀의 1차 시트(612a)를 천공하는 단계를 포함함으로써, 천공된 그래핀의 1차 시트(612a)를 형성한다. 그래핀의 2차 시트(612b)는 물 분자를 통과시키고 원하지 않는 이온 중 선택된 두 번째 하나를 통과시키지 않는 다수의 구멍으로 천공됨으로써, 천공된 그래핀(612b)의 2차 시트를 형성하고, 천공된 그래핀의 1차 시트(612a)의 구멍보다 지름이 작은 구멍을 갖는다. 다공성 그래핀의 상기 1차 시트(612a)와 2차 시트(612b)는 나란히 놓임으로써, 천공된 그래핀의 1차 시트(612a)에 의해 정의된 1차 면, 천공된 그래핀의 2차 시트(612a)에 의해 정의된 2차 면 및 액체 사이의 흐름을 위한 경로(629)가 있는 병치된 시트(juxtaposed sheet)를 형성한다. 원하지 않는 이온을 수송하는 물은 병치된 시트의 1차 면(612a)에 적용됨으로써, 상기 병치된 시트의 1차 면(612a)과 병치된 시트의 2차 면에 대한 경로(629)를 통해 이온 보다 우선적으로 물 분자가 흐름으로써, 명목상으로 탈이온화된 물을 생산한다. 상기 명목상 탈이온화된 물 분자는 병치된 시트의 2차 면(612b)으로부터 수집된다.

[0032] 물의 탈이온화 장치는 물 분자의 흐름을 허용하고 특정 타입(예를 들어, 나트륨)의 이온의 흐름을 불허하는 치수의 구멍(312)으로 천공된 그래핀 시트(212)를 포함한다. 특정 타입의 이온을 함유한 물의 원천은 제공된다. 구멍(212)이 있는 천공된 그래핀 시트를 통해 특정 타입의 이온을 함유한 물의 흐름을 위하여 경로(210, 226, 227)가 제공된다. 이러한 탈이온화 장치의 특정 실시예에서, 퍼지 장치(220, 232)는 구멍(212)이 있는 천공된 그래핀 시트에서 멀리 떨어져 흐를 수 있도록 우회하는 흐름을 위한 경로에 연결된다.

[0033] 분리기(600)은 물 분자의 흐름을 허용하고 첫 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하기 위한 치수의 구멍으로 천공된 1차 그래핀 시트(612a), 그리고 물 분자의 흐름을 허용하고 두 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하기 위한 치수의 구멍으로 천공된 2차 그래핀 시트(612b)를 포함하되, 두 번째 타입의 이온(Na)는 첫 번째 타입의 이온(C1)보다 크기가 작다. 첫 번째와 두 번째 타입의 이온을 함유하는 물의 원천(210, 216, 218)은 제공된다. 첫 번째와 두 번째 타입의 이온을 함유하는 물(201)의 흐름을 인가하기 위한 경로(210, 626a)는 첫 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하기 위한 치수의 구멍으로 천공된 1차 그래핀 시트(612a)에 제공된다. 결과적으로, (a) 첫 번째 타입의 이온(C1)은 첫 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 1차 그래핀 시트의 상류 면(626a)에 축적되고, (b) 두 번째 타입의 이온(Na)을 포함하는 물은 첫 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하는 치

수의 구멍으로 천공된 1차 그래핀 시트를 통해 첫 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 1차 그래핀 시트의 하류 면(629)으로 흐른다. 상기 분리기(600)는 첫 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 그래핀 시트(612b)의 상류 면에 대한 두 번째 타입의 이온을 포함하는 물의 흐름을 인가하기 위한 경로(629)를 더 포함한다. 결과적으로, (a) 두 번째 타입의 이온은 두 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 2차 그래핀 시트(612b)의 상류 면(629)에 축적되고, (b) 첫 번째와 두 번째 타입의 이온을 포함하는 물은 두 번째 타입의 이온의 흐름을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 2차 그래핀 시트(612b)를 통해 흐른다. 수집장치(222, 224)는 첫 번째와 두 번째 타입의 이온(202)이 없는 물을 받도록 연결되어 있다. 상기 수집장치(630a, 632a, 634a; 630b, 632b, 634b)는 축적된 이온을 개별적으로 수집하는 것이 제공될 수 있다.

[0034]

원하지 않는 이온을 수송하는 유체를 탈이온화하는 방법은 유체의 통과를 허용하고 적어도 하나의 원하지 않는 이온을 불허하는 것이 선택되는 다수의 천공된 구멍이 있는 그래핀의 적어도 하나의 시트를 제공하는 단계, 상기 그래핀의 적어도 하나의 시트를 실린더 형태로 형성하는 단계, 상기 실린더 형태를 하우징(housing)에 삽입하는 단계, 원하지 않는 이온을 수송하는 유체를 가압함으로써, 상기 하우징(housing)을 통해 흐르는 가압 유체를 형성하는 단계, 유체가 적어도 하나의 다공성 그래핀 시트의 실린더 형태인 2차 면으로 이온보다 우선하여 흐르게 하기 위하여 상기 가압된 유체를 실린더 형태인 상기 천공된 그래핀의 1차 표면에 인가하는 단계 및 적어도 하나의 상기 그래핀 시트의 2차 면에서 유체를 수집하는 단계를 포함한다. 상기 방법에서 적어도 하나의 이온은 염소이고, 염소 이온의 통과를 불허하는 구멍은 명목적으로 0.9 나노미터이고 상기 구멍들은 명목적으로 15 나노미터의 간격을 두고 떨어져 있다. 상기 방법에서, 적어도 하나의 이온은 나트륨이고, 나트륨 이온의 통과를 불허하는 구멍은 명목적으로 0.6 나노미터이고 상기 구멍들은 명목적으로 15 나노미터의 간격을 두고 떨어져 있다. 상기 방법은 또한 유체의 통과를 허용하고 또 다른 하나 또는 그 이상의 원하지 않는 이온의 통과를 불허하는 것이 선택되는 다수의 천공된 구멍이 있는 적어도 하나의 그래핀 시트의 두 번째 세트(set)를 제공하고, 적어도 하나의 그래핀 시트의 두 번째 세트를 두 번째 실린더 형태로 형성하는 단계, 상기 실린더 형태를 두 번째 하우징(housing)에 삽입하는 단계, 상기 하우징으로부터 원하지 않는 이온을 수송하는 유체를 가압함으로써, 상기 두 번째 하우징(housing)을 통해 흐르는 가압 유체를 형성하는 단계 및 유체가 상기 적어도 하나의 다공성 그래핀 시트의 상기 두 번째 실린더 형태인 두 번째 세트의 2차 면으로 이온보다 우선하여 흐르게 하기 위하여 상기 가압된 유체를 두 번째 실린더 형태인 상기 적어도 하나의 천공된 그래핀 시트의 두 번째 세트의 1차 표면에 인가하는 단계를 포함한다. 상기 방법에서 원하지 않는 염소 이온의 통과를 불허하기 위한 그래핀의 적어도 하나의 시트의 천공된 구멍은 명목적으로 0.9 나노미터이고, 원하지 않는 나트륨 이온의 통과를 불허하기 위한 상기 적어도 하나의 그래핀 세트의 두 번째 세트의 천공된 구멍은 명목적으로 0.6 나노미터이다. 상기 방법은 또한 두 번째 하우징보다 이온 배제(ion exclusion)에 대해 덜 선택적인 첫 번째 하우징을 제공한다.

[0035]

유체의 탈이온화 장치는 유체의 흐름을 허용하고 적어도 하나의 특정한 타입의 이온의 흐름을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 적어도 하나의 그래핀 시트의 실린더 형태, 특정한 이온을 함유하는 유체의 원천 및 구멍으로 천공된 적어도 하나의 그래핀 시트의 실린더 형태를 통해 적어도 하나의 특정한 타입의 이온을 함유한 유체의 흐름을 위한 경로를 포함한다. 상기 탈이온화 장치는 유체의 흐름을 허용하고 또 다른 특정 타입의 이온의 흐름을 불허하는 수치의 구멍으로 천공된 적어도 하나의 그래핀 시트를 더 포함하되, 두 번째 실린더 형태는 유체의 흐름을 위한 경로다. 적어도 하나의 그래핀 시트의 실릴더 형태는 롤(rolled)이거나 나권형(spiral-wound)이다. 상기 탈이온화 장치는 각 실린더 형태(cylindrical form) 및 상기 실린더 형태(cylindrical forms)에 의해 수집조로 흐르는 것이 불허된 농축된 이온의 유체의 흐름을 허용하기 위한 경로와 관련된 퍼지 벨브를 더 포함한다.

[0036]

유체 탈이온화 장치는 또한 유체의 흐름을 허용하고 유체의 흐름에 포함된 적어도 하나의 이온의 특정한 타입을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 적어도 하나의 그래핀 시트, 적어도 하나의 그래핀 시트를 함유하고 적어도 하나의 그래핀 시트를 받아들이는 상류 부분을 갖는 지지챔버, 적어도 하나의 특정한 이온의 타입이 있는 유체의 원천, 구멍으로 천공된 적어도 하나의 그래핀 시트를 통해 적어도 하나의 이온의 특정한 타입을 함유한 유체가 흐르기 위한 경로 및 상기 퍼지밸브는 적어도 하나의 그래핀 시트에 의해 허용되지 않는 적어도 하나의 특정한 이온의 타입을 수집하기 위하여 열린 위치에 위치하고, 상류 부분과 관련된 퍼지밸브를 포함한다. 상기 유체 탈이온화 장치는 구멍으로 천공된 적어도 하나의 그래핀 시트를 뒷받침하는 다공성 매체를 포함한다. 상기 매체는 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene), 폴리테트라플루오로에탄(polytetrafluoroethane), 폴리카보네이트(polycarbonate), 나노구조의 카본 또는 소결된 다공성 금속으로 구성된 군에서 선택된다. 상기 탈이온화 장치는 유체의 흐름을 허용하고 유체의 흐름에 포함되는 이온의 또 다른 특정한 타입을 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 적어도 하나의 2차 그래핀 시트를 제공한다. 적어도 하나의 그래핀 시트와 적어도 하나의 2차

그래핀 시트 사이에 중간 챔버를 형성하기 위하여 상기 지지챔버는 적어도 하나의 2차 그래핀 시트를 함유하고, 하류 챔버는 적어도 하나의 2차 그래핀 시트 아래에 있고 이러한 하류 챔버는 그래핀 시트에 의해 불허된 특정한 이온의 탑입이 없는 유체의 흐름을 수집한다. 상기 유체 이온화 장치는 2차 퍼지 벨브를 갖고, 상기 2차 퍼지 벨브는 중간 챔버와 관련이 있고 열린 위치에 놓일 때, 적어도 하나의 2차 그래핀 시트에 의해 불허된 또 다른 특정한 이온의 탑입을 수집한다. 상기 탈이온화 장치는 상류 부분과 관련이 있는 직교류 벨브를 더 포함한다. 지지 챔버로부터 불허된 이온의 탑입의 배출을 도와주기 위하여, 상기 퍼지 벨브와 직교류 벨브는 동시에 열리고 닫힌다.

[0037]

매체로부터 구성요소를 분리하는 방법은 매체의 통과를 허용하고 선택된 매체 내의 선택된 구성성분의 통과를 불허하는 것이 선택되는 다수의 천공된 구멍이 있는 적어도 하나의 그래핀 레이어의 1차 시트(primary sheet)를 제공하는 단계를 포함하고, 1차 챔버 내에서 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 1차 시트(primary sheet)를 제공한다. 상기 1차 챔버는 1차 주입구, 1차 배출구 및 1차 저유로를 포함한다. 1차 주입구에서 1차 배출구로 그래핀 적어도 하나의 레이어의 1차 시트와 상당히 평행한 경로로 흐르게 하기 위하여 매체를 가압함으로써 상기 방법은 계속된다. 상기 매체는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 1차 시트의 1차 면에 흐름으로써, 매체의 일부분은 다수의 천공된 구멍을 통해 적어도 하나의 그래핀 시트의 상기 1차 시트의 2차 면으로 흐르는 반면, 상기 매체의 남은 일부분 및 상기 매체에서 허용되지 않는 선택된 성분은 1차 배출구로 흐른다. 상기 방법은 나트륨과 염소의 탈이온화의 목적을 위하여 0.6 내지 1.2 나노미터 범위 내의 다수의 천공된 구멍을 제공함으로써 계속된다. 상기 방법은 이온, 미립자, 분해물질, 가스 및 탄화수소로 이루어진 군에서 선택되는 성분을 선택적으로 불허하는 크기의 다수의 천공된 구멍을 제공한다. 상기 방법은 또한 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 1차 시트의 일면에 유로의 반대방향으로 지지막을 제공한다. 상기 지지막 폴리테트라플루오르에틸렌, 천공된 폴리카보네이트 필름 및 소결된 다공성 금속으로 이루어진 군에서 선택된다. 상기 방법은 1차 배출구를 2차 분리 장치로 연결하고, 수집된 매체의 통과를 허용하고 매체 내의 선택된 성분의 통과를 불허하는 다수의 다공성 구멍이 있는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 2차 시트가 있는 2차 장치를 제공하고, 2차 챔버 내에 있는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 2차 시트를 제공하고, 상기 2차 챔버는 대응하는 주입구, 배출구 및 저유로를 갖고, 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 2차 시트와 상당히 평행한 상기 2차 주입구에서 상기 2차 배출구의 경로로 흘러 상기 1차 배출구로부터 상기 2차 주입구를 통해 수집된 매체를 가압하고, 상기 매체는 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 상기 2차 시트의 1차 면 위로 흐름으로써, 상기 매체의 일부가 그래핀의 적어도 하나의 레이어의 2차 시트의 2차 면에 흐르는 반면, 상기 매체의 나머지 부분과 불허된 상기 매체 내의 선택된 성분은 2차 배출구를 통해 밖으로 흐른다.

[0038]

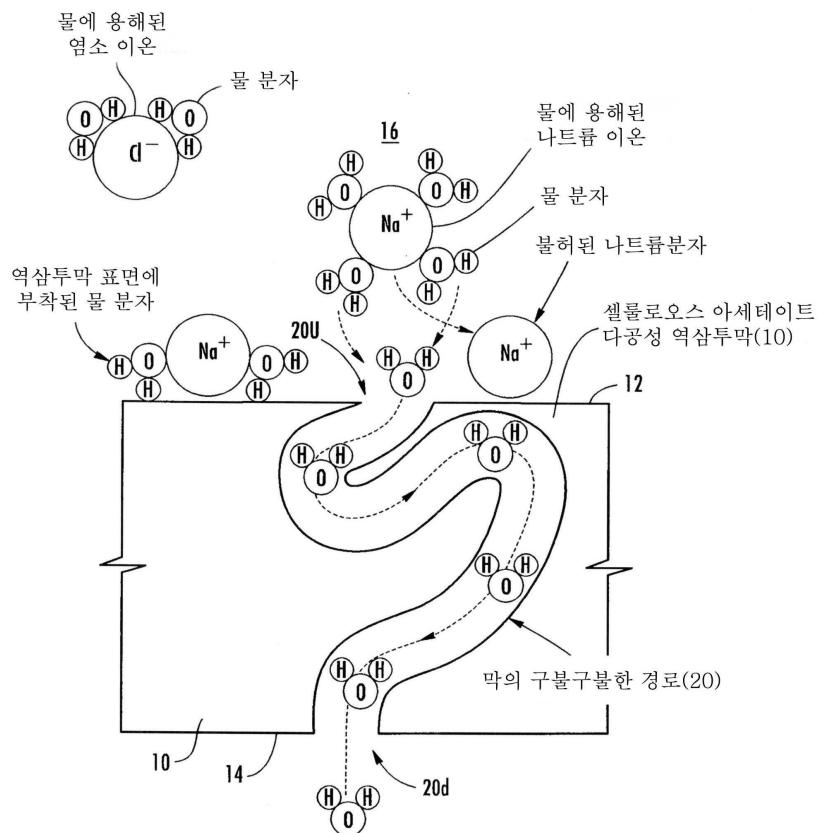
분리 장치는 주입구, 배출구 및 저유로를 갖는 적어도 하나의 챔버를 포함하고, 매체의 통과를 허용하고 매체 내의 선택된 성분의 통과를 불허하는 치수의 구멍으로 천공된 그래핀의 적어도 하나의 시트를 포함하고, 적어도 하나의 챔버 내에 위치하는 그래핀의 적어도 하나의 시트를 포함하고, 주입구를 갖는 적어도 하나의 챔버에 연결된 매체의 가압된 원천을 포함하고, 상기 가압된 원천은 주입구에서 배출구로 적어도 하나의 그래핀 시트와 대체로 평행한 경로를 따라 매체를 향하고, 매체의 나머지 일부와 매체 내에 선택되어 불허된 성분은 배출구를 통해 배출되는 반면, 상기 매체가 적어도 하나의 그래핀 시트의 1차 면 위에서 흐름으로써, 다수의 다공성 구멍을 통해 매체의 일부는 적어도 하나의 그래핀 시트의 2차 면으로 흐르는 것을 포함한다. 상기 장치는 0.6 내지 1.2 나노미터 범위의 크기의 다수의 다공성 구멍을 더 포함한다. 지지막은 적어도 하나의 그래핀 시트의 유로 반대 면에 제공될 수 있다. 상기 지지막은 폴리테트라플루오르에틸렌, 천공된 폴리카보네이트 필름 및 소결된 다공성 금속으로 구성된 군에서 선택된다. 상기 장치는 적어도 하나의 챔버의 배출구에 연속적으로 연결된 추가 챔버를 포함할 수 있다. 상기 추가 챔버는 이전 챔버보다 더 작은 지름의 구멍을 갖는 적어도 하나의 대응하는 그래핀 시트를 이용함으로써, 매체로부터 특정 성분을 점진적으로 제거한다. 상기 장치는 적어도 하나의 챔버의 배출구에 연속적으로 연결된 추가 챔버를 포함할 수 있다. 상기 추가 챔버는 보다 선택적인 이온 배제(ion exclusion)를 이용하는 추가 챔버 내에 대응하는 적어도 하나의 그래핀 시트를 이용함으로써, 이전 챔버의 배출구와 연결된 추가 가압된 원천으로부터 점진적으로 낮은 압력을 허용한다.

[0039]

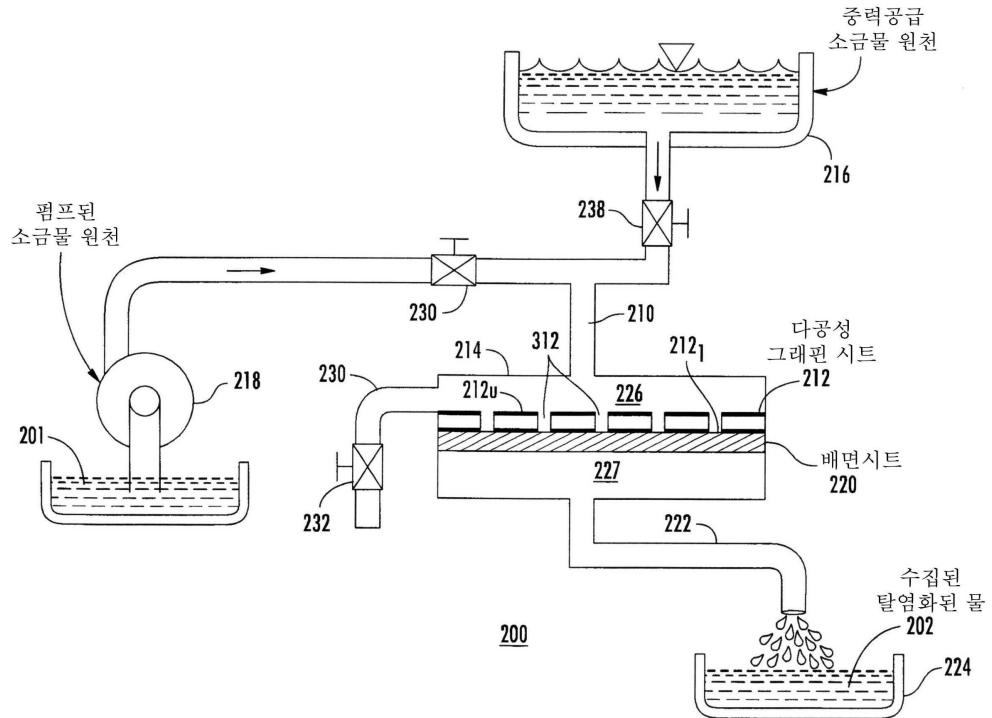
그러므로, 본 발명의 목적은 구조에 의해 만족되었고 사용 방법은 위에 기재했다는 것을 알 수 있다. 특허법에 따라 오직 최선의 방법과 선호되는 실시예만을 상세히 기재하고 설명하였다. 이것에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니라고 이해될 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 범위와 한계의 기준은 다음의 청구항에 의해 만들어질 것이다.

## 도면

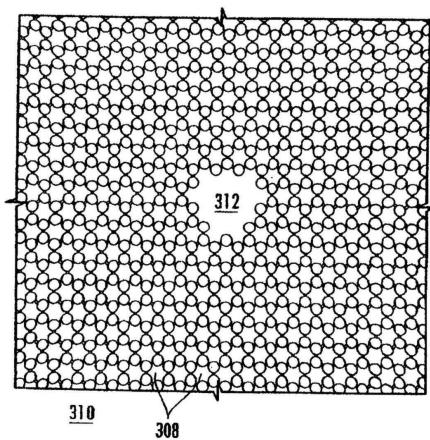
### 도면1



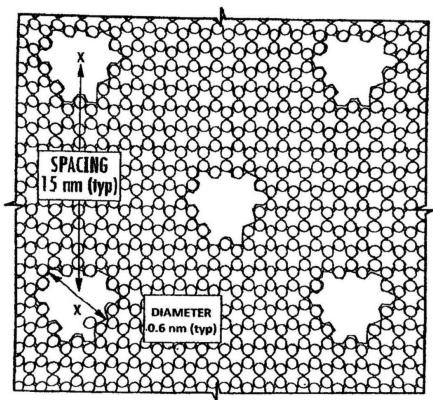
## 도면2



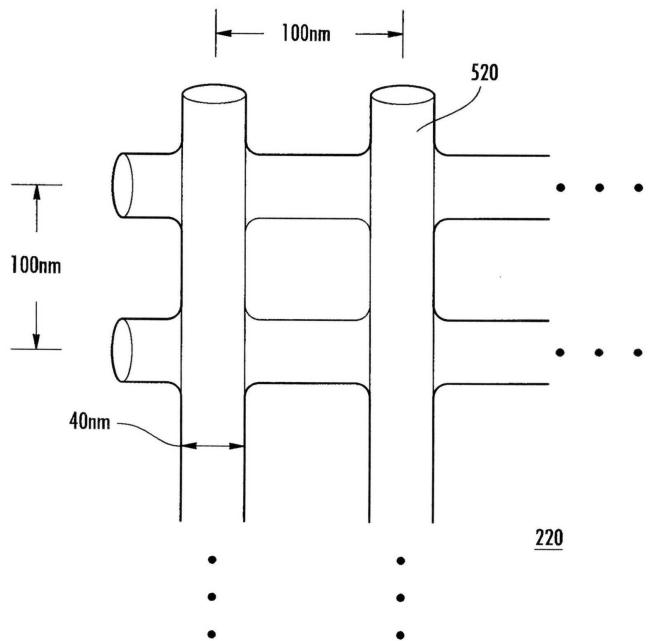
## 도면3



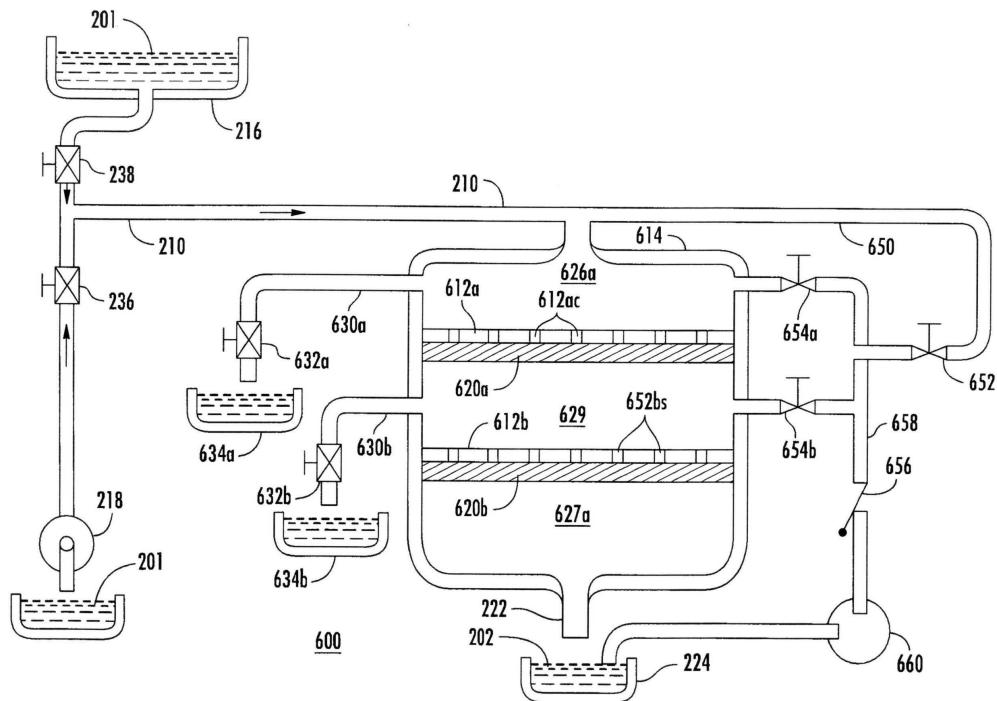
도면4



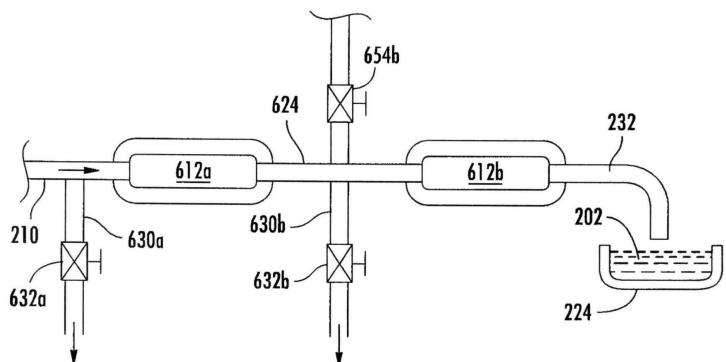
도면5



## 도면6



## 도면7



## 도면8

