



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년02월11일

(11) 등록번호 10-1488408

(24) 등록일자 2015년01월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F04B 19/00 (2006.01) *F04B 43/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0101641

(22) 출원일자 2013년08월27일

심사청구일자 2013년08월27일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020130075725 A*

KR1020090067149 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

신운섭

서울 마포구 독막로 266, 107동 1204호 (대흥동, 대흥동태영아파트)

주은화

서울 동대문구 외대역동로27길 61-1, (이문동)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 21 항

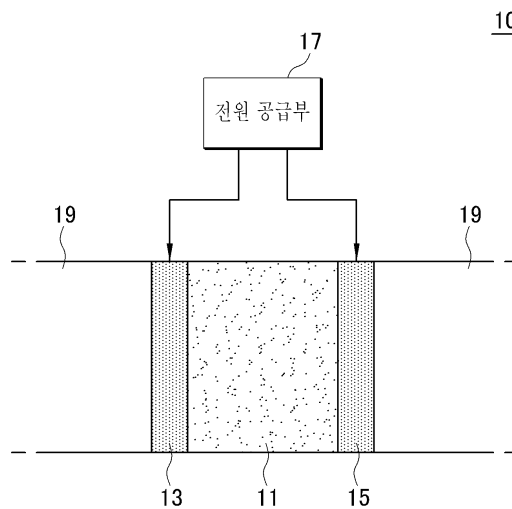
심사관 : 김은래

(54) 발명의 명칭 전기삼투펌프 및 이를 포함하는 유체 펌핑 시스템

(57) 요약

전기삼투펌프로서, 상기 전기삼투펌프는, 유체의 이동을 허용하는 멤브레인; 및 상기 멤브레인의 양측에 각각 마련되고, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질 또는 구조로 형성되는 제1 전극 및 제2 전극을 포함하되, 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극은 다공성 탄소로만 이루어지고, 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극의 전기화학 반응은 상기 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응을 통해 일어날 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 2013R1A2A2A01015116
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 재단법인 한국연구재단
 연구사업명 중견연구자지원사업
 연구과제명 전기삼투펌프의 전기화학적 접근
 기 여 율 1/1
 주관기관 서강대학교 산학협력단
 연구기간 2013.06.01 ~ 2016.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

전기삼투펌프에 있어서,

유체의 이동을 허용하는 멤브레인; 및

상기 멤브레인의 양측에 각각 마련되고, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질 또는 구조로 형성되는 제1 전극 및 제2 전극을 포함하되,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극은 산화반응에 의해 표면에 산화종이 존재하도록 산화처리된 다공성 탄소로만 이루어지고,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극의 전기화학 반응은 상기 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응을 통해 일어나는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 산화반응은 플라스마(plasma) 처리를 통해 발생하는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 산화반응은 산성용액을 이용한 처리를 통해 발생하는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 산성용액은 질산 및 황산 중 하나 이상이 포함된 것인, 전기삼투펌프.

청구항 6

제1항, 제3항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다공성 탄소는 가역적인 전기화학 반응을 일으키는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각에 전압의 극성을 교번하여 공급함으로써 정방향 및 역방향의 상기 전기화학 반응이 반복해서 일어나도록 하여, 상기 유체의 반복적인 왕복 이동에 의해 펌핑력을 발생시키는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

반복적인 정방향 및 역방향의 상기 전기화학 반응에 의해, 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각은 소모 및 재생이 반복되는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극에 전압의 극성을 교번하여 공급하는 전원 공급부를 더 포함하는, 전기삼투펌프.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 전원 공급부는,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각에 직류 전압을 공급하는 직류공급장치; 및

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각에 공급되는 상기 직류 전압의 극성을 설정된 시간마다 교번하여 전환시키는 전압방향 전환장치를 포함하는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 다공성 탄소의 전기화학 반응은 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극의 전하균형이 맞추어지는 방향으로 양이온이 이동됨으로써 일어나는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 양이온은 수소 이온(H^+)을 포함하는 것인, 전기삼투펌프.

청구항 13

유체 펌핑 시스템에 있어서,

제 1 항에 따른 전기삼투펌프; 및

상기 전기삼투펌프의 적어도 일단에 설치되어 상기 유체와 이송대상유체를 분리하는 격리재를 포함하는, 유체 펌핑 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 다공성 탄소는 가역적인 전기화학 반응을 일으키는 것인, 유체 펌핑 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 전기삼투펌프는,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각에 전압의 극성을 교번하여 공급함으로써 정방향 및 역방향의 상기 전기화학 반응이 반복해서 일어나도록 하여, 상기 유체의 반복적인 왕복 이동에 의해 펌핑력을 발생시키는 것인, 유체 펌핑 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

반복적인 정방향 및 역방향의 상기 전기화학 반응에 의해, 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각은 소모 및 재생이 반복되는 것인, 유체 펌핑 시스템.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 전기삼투펌프는, 상기 격리재를 통해 상기 이송대상유체에 흡입력과 배출력을 반복적으로 전달하여 상기 펌핑력을 발생시키는 것인, 유체 펌핑 시스템.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 전기삼투펌프로부터의 상기 펌핑력을 전달받아 상기 이송대상유체를 이송시키기 위한 경로를 제공하는 이송라인을 더 포함하는, 유체 펌핑 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 이송라인의 양단에 구비되어 상기 이송대상유체의 흐름을 허용하거나 제한하도록 개폐되는 제1 개폐부 및 제2 개폐부; 및

상기 제1 개폐부와 상기 제2 개폐부 사이의 상기 이송라인에서 분기되어 상기 전기삼투펌프와 연결되어, 상기 펌핑력을 상기 이송라인에 전달하는 펌핑라인을 더 포함하는, 유체 펌핑 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제1 개폐부 및 상기 제2 개폐부의 개폐는 상호 반대로 작용하도록 구비되는 것인, 유체 펌핑 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 이송대상유체에 상기 흡입력이 전달되면, 상기 제1 개폐부는 열리고, 상기 제2 개폐부는 닫히는 것인, 유체 펌핑 시스템.

청구항 22

제 20 항에 있어서,

상기 이송대상유체에 상기 배출력이 전달되면, 상기 제1 개폐부는 닫히고, 상기 제2 개폐부는 열리는 것인, 유체 펌핑 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본원은 전기삼투펌프 및 이를 포함하는 유체 펌핑 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다공성 탄소를 전극으로서 활용한 전기삼투펌프 및 이를 포함하는 유체 펌핑 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 전기삼투펌프는 모세관 혹은 다공성 막[다공성 멤브레인(membrane)]의 양단에 구비된 전극에 전압을 걸었을 때 생기는 전기삼투현상에 의해 유체가 이동하는 것을 이용한 펌프이다.

[0003] 종래에는 전극의 물질로 안정된 백금을 많이 사용하였는데, 최근에는 가스 발생 없이 안정적으로 전기삼투펌프가 구동될 수 있도록 전극의 물질로 은(Ag)/산화은(AgO), MnO(OH), 폴리아닐린(polyaniline) 등을 사용한다. 이 때, 전극의 기본구조는 카본 페이퍼(carbon paper)에 전술한 물질을 전착에 의해 코팅시킨 구조이다. 이를 통해, 종래에는 전극에 전착된 물질들의 산화환원 반응을 통해 유체를 이동시켜 펌핑력을 발생시켰다.

[0004] 이와 관련하여, 국제공개공보 W02011/112723(발명의 명칭: ELECTRO-OSMOTIC PUMPS, SYSTEMS, METHODS, AND COMPOSITIONS)에는 은(Ag)과 산화은(AgO)이 각각 전착된 전극을 포함하는 전기삼투펌프에 대하여 개시하고 있다.

[0005] 그러나, 이와 같은 종래의 전극은 카본 페이퍼에 다른 물질을 전착시키는 과정을 거쳐야 하므로, 번거롭다는 문

제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본원은 전극의 제조 시 번거로운 과정을 수행할 필요가 없어 간단하게 구현시킬 수 있는 전기삼투펌프 및 이를 포함하는 유체 펌핑 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 제 1 측면에 따른 전기삼투펌프는, 유체의 이동을 허용하는 멤브레인; 및 상기 멤브레인의 양측에 각각 마련되고, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질 또는 구조로 형성되는 제1 전극 및 제2 전극을 포함하되, 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극은 다공성 탄소로만 이루어지고, 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극의 전기화학 반응은 상기 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응을 통해 일어날 수 있다.

[0008] 한편, 본원의 제 2 측면에 따른 유체 펌핑 시스템은, 본원의 제 1 측면에 따른 전기삼투펌프; 및 상기 전기삼투펌프 적어도 일단에 설치되어 상기 유체와 이송대상유체를 분리하는 격리재를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 제1 전극 및 제2 전극이 다공성 탄소로만 이루어지고, 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응을 통해 펌핑력이 발생되도록 함으로써, 전극에 다른 물질을 전착시키는 과정을 거치지 않을 수 있으므로, 간단하게 전기삼투펌프를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프의 구성도이다.
 도 2는 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프의 작용을 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프의 가역적인 전극반응을 설명하기 위한 도면이다.
 도 4는 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프의 분해 사시도이다.
 도 5는 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프의 단면도이다.
 도 6은 본원의 일 실시예에 따른 유체 펌핑 시스템의 구성도이다.
 도 7은 구입한 카본 페이퍼를 어떠한 처리 없이 그대로 전극으로 사용한 전기삼투펌프의 전류응답 그래프이다.
 도 8은 카본 페이퍼를 플라즈마 처리하여 전극으로 사용한 전기삼투펌프의 전류응답 그래프이다.
 도 9의 (a) 및 (b)는 각각 카본 페이퍼를 황산과 질산 1:1 용액에서 처리하여 전극으로 사용한 전기삼투펌프의 전류응답을 나타낸 그래프와 유속을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0012] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0013] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “약”, “실질적으로” 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가

언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

- [0014] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 “이들의 조합”의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0015] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본원을 상세히 설명하기로 한다.
- [0016] 우선, 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프(10)(이하 '본 전기삼투펌프'라 함)에 대해 설명한다.
- [0017] 도 1은 본 전기삼투펌프(10)의 구성도이다.
- [0018] 전기삼투펌프(10)는 멤브레인(11), 멤브레인(11)의 양측에 각각 마련된 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)을 포함하며, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 전원 공급부(17)에 연결된다.
- [0019] 멤브레인(11)은 유체가 이동하여야 하는 유체경로부(19)에 설치되며, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질 또는 구조로 형성된다.
- [0020] 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 유체경로부(19) 상에서 멤브레인(11)의 양측에 각각 마련되며, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 다공성 탄소로만 이루어진 것일 수 있다. 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 멤브레인(11)에 의해 이들 사이의 간격이 일정하게 유지된다. 멤브레인(11)과 마찬가지로 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질 또는 구조로 형성된다.
- [0021] 전원 공급부(17)는 제1 전극(13)과 제2 전극(15)과 연결되어, 제1 전극(13)과 제2 전극(15)에 전기화학 반응이 일어날 수 있도록 전원을 공급하며, 제1 전극(13)과 제2 전극(15)의 전기화학 반응은 이온이 이동됨으로써 일어나게 된다.
- [0022] 전원 공급부(17)는 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 전압의 극성을 교번하여 공급할 수 있으며, 여기서, 전원 공급부(17)가 전압의 극성을 교번하여 공급한다는 의미는, 전류를 반대 방향으로 공급하는 의미를 포함할 수 있다.
- [0023] 이를 통해, 본 전기삼투펌프(10)는 유체의 이동을 통해 펌핑력을 발생시킴과 동시에, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 소모 및 재생이 반복적으로 일어날 수 있다.
- [0024] 예를 들어, 전원 공급부(17)는 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각에 직류 전압을 공급하는 직류공급장치(미도시)를 포함할 수 있다. 또한, 전원 공급부(17)는 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각에 공급되는 직류 전압의 극성을 설정된 시간마다 교번하여 전환시키는 전압방향 전환장치(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0025] 이를 통해, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각에 걸리는 전압을 지속적으로 설정된 시간마다 반대 극성으로 바꿔줄 수 있다.
- [0026] 유체경로부(19)는 멤브레인(11)과 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)을 사이에 두고 양측으로 이동하는 유체의 이동 경로를 제공한다.
- [0027] 여기서, 유체경로부(19)는 내측에 유체가 채워지는 용기 형태를 가질 수 있고, 일레로 실린더 형태를 가질 수 있으며, 이에 제한하지 않고, 다양한 형태를 가질 수 있다.
- [0028] 또한, 유체는 유체경로부(19) 뿐만 아니라, 다공성(porous)의 멤브레인(11)과 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에도 채워질 수 있다.
- [0029] 또한, 유체경로부(19)는 펌핑력의 전달을 위해 개구를 가질 수 있다. 예시적으로, 개구는 멤브레인(11)과 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 의해 양분되는 양측 공간 중 어느 일측 공간 또는 양측 공간 모두에 형성되어 유체의 이동에 의한 펌핑력을 외측으로 제공할 수 있다. 이를 테면, 유체경로부(19)에 형성된 개구는 후술하는 도 6에 도시된 유체 펌핑 시스템(1000)의 펌핑라인(70)과 연결될 수 있고, 이를 통해 펌핑력을 외측으로 제공할 수 있다.
- [0030] 도 2는 본 전기삼투펌프(10)의 작용을 설명하기 위한 도면이고, 도 3은 본 전기삼투펌프(10)의 가역적인 전극반응을 설명하기 위한 도면이다.
- [0031] 도 2 및 도 3을 참조하여, 본 전기삼투펌프(10)의 동작에 대해 설명한다.

- [0032] 전원 공급부(17)를 통해 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 전원을 공급하게 되면 제1 전극(13)과 제2 전극(15) 사이에 전압 차이가 발생하게 된다.
- [0033] 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 전압 차이에 의해, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 산화환원 반응이 일어나 전하균형이 깨지게 되는데, 이 때, 전극(13, 15) 내에서 쉽게 이동될 수 있는 이온이 이동됨으로써 전하균형을 맞추게 된다.
- [0034] 이 때, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 전압을 걸어주면, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 산화환원 반응이 일어나며 따라 이온이 이동되면서 유체가 이동될 수 있다.
- [0035] 멤브레인(11)은 유체뿐만 아니라, 이온의 이동도 허용하며, 유체와 이온은 전기삼투펌프(10)의 전극(13, 15)에 전원 공급부(17)를 연결하면, 멤브레인(11)의 일측에서 타측으로, 또는 타측에서 일측으로 이동될 수 있다. 이와 같이 유체와 이온이 멤브레인(11)을 통과하며 이동됨으로써 펌핑력을 발생시킨다.
- [0036] 예시적으로, 멤브레인(11)은 약 1 μm 내지 약 5 μm 크기의 입상물의 형태를 가지는 실리카(silica), 유리(glass) 등을 이용하여 제조될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0037] 또한, 예시적으로, 멤브레인(11)은 디스크 멤브레인일 수 있고, MEA(membrane electrode assembly)일 수도 있으며, 이외에도 다양한 형태의 다공성 재질이나 구조를 가지는 것일 수 있다.
- [0038] 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 전기화학 반응은, 예를 들어, 양이온이 이동됨으로써 일어날 수 있으며, 이 때 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 중 어느 하나는 전기화학 반응을 통해 양이온을 발생시키고, 다른 하나는 양이온을 소모할 수 있다.
- [0039] 멤브레인(11)의 재료로는 실리카, 유리 등이 많이 사용되는데, 이와 같은 재료로 이루어진 멤브레인(11)은 수용액 내에서 표면이 음전하를 띠게 된다. 이 때, 양이온은 음전하를 띠는 멤브레인(11)과 인력이 작용하여 멤브레인(11)을 쉽게 통과할 수 있으므로, 전극(13, 15)의 전기화학 반응 속도를 향상시킬 수 있다. 따라서, 유체의 이동이 원활해질 수 있으므로, 효과적이면서도 안정적인 전기삼투펌프(10)를 구현할 수 있다.
- [0040] 이 때, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 전기화학 반응 시 발생되고 소모되는 양이온은, 예를 들어, 1가 양이온일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0041] 예를 들어, 양이온은 수소 이온(H^+)을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0042] 다양한 양이온들 중 양성자인 H^+ 의 이온이동속도는 다른 양이온들에 비해 월등히 빠르다. 앞서 설명한 바와 같이, 전기삼투펌프(10)는 이온의 이동과 유체의 이동이 수반되기 때문에, 따라서, 전극반응 시 수소 이온이 이동되는 경우, 유체의 이동 속도가 빨라져 전기삼투펌프(10)의 성능을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0043] 예시적으로, 전기삼투펌프(10)는 유체로 수용액을 사용할 수 있다. 이를 통해, 전극반응 시, 수소 이온이 이동될 수 있다.
- [0044] 전기삼투펌프(10)는 일반적으로 전해질이 거의 없는 용액에서 더 좋은 펌핑 성능을 보이는데, 이 때는 물의 해리에 의해 생긴 양이온인 수소 이온이 전하균형을 맞추어 주도록 이동될 수 있다.
- [0045] 또는, 양이온은 사용되는 유체에 따라 Na^+ , K^+ 등과 같이 다양한 이온을 포함할 수 있다.
- [0046] 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 다공성 탄소로만 이루어진다. 이 때, 유체는 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응을 통해 이동된다.
- [0047] 다공성 탄소의 전기화학 반응은 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 전하균형이 맞추어지는 방향으로 양이온이 이동됨으로써 일어날 수 있다.
- [0048] 종래에는 전극의 물질로 안정된 백금을 많이 사용하였는데, 최근에는 가스 발생 없이 안정적으로 전기삼투펌프가 구동될 수 있도록 전극의 물질로 은(Ag)/산화은(AgO), $\text{MnO}(\text{OH})$, 폴리아닐린(polyaniline) 등을 사용한다. 이 때, 전극의 기본구조는 카본 페이퍼(carbon paper)에 전술한 물질을 전착에 의해 코팅시킨 구조이다. 이를 통해, 종래에는 전극에 전착된 물질들의 산화환원 반응을 통해 유체를 이동시켜 펌핑력을 발생시켰다. 그러나, 이와 같은 종래의 전극은 카본 페이퍼에 다른 물질을 전착시키는 과정을 거쳐야 하므로, 번거롭다는 문제점이 있었다.

- [0049] 반면, 본 전기삼투펌프(10)는 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)이 다공성 탄소로만 이루어지도록 하고, 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응을 통해 유체가 이동되도록 함으로써, 전극(13, 15)의 형성 시 다른 물질을 전착시키는 과정을 생략할 수 있다. 따라서, 보다 간단한 방법으로 전기삼투펌프(10)를 구현할 수 있다.
- [0050] 이 때, 다공성 탄소는 산화반응에 의해 표면에 산화종이 존재하도록 산화처리된 것일 수 있다.
- [0051] 이를 통해, 다공성 탄소의 표면에 형성된 다양한 산화종이 산화환원 반응에 참여할 수 있으므로, 전기삼투펌프(10)의 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0052] 예시적으로, 산화종은 카르복실기(carboxyl), 락톤(lactone), 페놀(phenol), 퀴논(quinone), 앤하이드라이드(anhydride) 등을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0053] 여기서, 다공성 탄소의 표면을 산화처리하는 방법은 화학적 방법, 물리적 방법 등과 같이 다양한 방법을 통해 수행될 수 있다.
- [0054] 예를 들어, 산화반응은 플라즈마(plasma) 처리를 통해 발생될 수 있다. 즉, 다공성 탄소는 플라즈마(plasma)를 통한 산화반응에 의해 표면에 산화종이 존재하도록 산화처리된 것일 수 있다.
- [0055] 예시적으로, 다공성 탄소의 플라즈마 산화처리는 산소 등과 같이 산화력이 있는 다양한 기체를 이용한 플라즈마 [예시적으로, 에어 플라즈마(air plasma)]를 통해 수행될 수 있다.
- [0056] 또한, 산화반응은 산성용액을 이용한 처리를 통해 발생될 수 있다. 즉, 다공성 탄소는 산성용액 내에서 산화반응에 의하여 표면에 산화종이 존재하도록 표면 처리된 것일 수 있다.
- [0057] 예시적으로, 산성용액은 질산 용액(HNO_3), 황산 용액(H_2SO_4), 또는 질산과 황산이 혼합된 용액일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0058] 이와 같은 산화종은, 다공성 탄소의 표면을 플라즈마 등으로 처리하는지의 여부, 산화시키는 산성용액의 조성, 산화시키는 온도 등에 의해 달라질 수 있다.
- [0059] 다시 말해, 산성용액의 농도, 혼합 비율, 반응온도, 반응시간 등에 따라, 펌프의 유속, 전류의 흐름 등이 달라질 수 있다. 이에 대한 내용은, 후술하는 실시예를 통해 자세히 설명하기로 한다.
- [0060] 도 3은 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프의 가역적인 전극반응을 설명하기 위한 도면이다.
- [0061] 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)을 이루는 다공성 탄소는 가역적인 전기화학 반응을 일으키는 것일 수 있다. 이를 통해, 제1 전극(13)과 제2 전극(15)은 각각 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있다.
- [0062] 예를 들어, 도 3의 (a)를 참조하면, 제1 전극(13)은 양이온을 발생시킬 수 있고, 제2 전극(15)은 양이온을 소모할 수 있다. 이와 반대로, 도 3의 (b)를 참조하면, 제2 전극(15)은 양이온을 발생시킬 수 있고, 제1 전극(13)은 양이온을 소모할 수 있다.
- [0063] 전기삼투펌프(10)의 가역적인 전극반응은 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각에 전압의 극성을 교번하여 공급함으로써 이루어질 수 있으며, 이와 같이 전기화학 반응이 정방향과 역방향으로 반복해서 일어나도록 하여, 유체의 반복적인 왕복 이동에 의해 지속적인 펌핑력을 발생시키는 것이 가능하다.
- [0064] 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 가역적인 전기화학 반응을 일으킬 수 있으므로, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 가하는 전압의 극성을 바꾸어 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 일어나는 반응을 반대로 하면, 유체의 흐름을 반대 방향으로 할 수 있다.
- [0065] 보다 구체적으로, 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, 제1 전극(13)에 (+) 전압을 공급하고, 제2 전극(15)에 (-) 전압을 공급하여, (+) 전극(즉, 제1 전극(13))에서 (-) 전극(즉, 제2 전극(15))으로 유체(예를 들어, 도 3의 H_2O)를 이동시킬 수 있고, 이를 교번시키면 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 제2 전극(15)에 (+) 전압을 공급하고, 제1 전극(13)에 (-) 전압을 공급하여, (+) 전극(즉, 제2 전극(15))에서 (-) 전극(즉, 제1 전극(13))으로 유체(예를 들어, 도 3의 H_2O)를 이동시킬 수 있다.
- [0066] 또한, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)이 가역적인 전극반응을 하는 전극물질을 활용한 경우, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 전압을 반대 극성으로 걸면, 전술한 바와 같이 유체 흐름을 바꿀 수 있을 뿐만 아니라, 전극반응이 역방향으로 일어나므로, 정방향으로 유체를 흘릴 때 정반응에 의해 소모된 전극활성물질을 원래의 상태로

되돌릴 수 있다.

- [0067] 즉, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 정방향으로 유체를 이동시키는 데에 사용된 전하량만큼 반대 방향의 전압 또는 전류를 걸어주게 되면, 정방향으로 이동된 유체의 양과 동일한 양의 유체를 반대 방향으로 이동시킬 수 있을 뿐 아니라, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 상태를 초기 상태로 돌이킬 수 있다.
- [0068] 따라서, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각이 소모된 만큼 다시 재생될 수 있으므로, 전극(13, 15)의 소모를 방지할 수 있어, 전기삼투펌프(10)의 수명을 늘릴 수 있다. 따라서, 본 전기삼투펌프(10)는 다량의 이송대상유체를 지속적으로 이동시킬 수 있다.
- [0069] 도 4는 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프(10)의 분해 사시도이고, 도 5는 도 4에 도시된 전기삼투펌프(10)의 단면도이다.
- [0070] 도 4 및 도 5를 참조하면, 멤브레인(11)은 원판 형태일 수 있다. 이 때, 멤브레인(11)의 외주면에는 유체의 유출이 방지될 수 있도록 코팅재, 차단시트, 접착시트 등이 접합될 수 있다.
- [0071] 또한, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)은 멤브레인(11)의 형상에 대응하도록 원판 형태를 가질 수 있으며, 이 때, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 외주면에도 유체의 유출이 방지될 수 있도록 코팅재, 차단시트, 접착시트 등이 접합될 수 있다.
- [0072] 유체경로부(19)는 제1 전극(13)에 접합되는 중공의 제1 캡(191)을 포함할 수 있다. 또한, 유체경로부(19)는 제2 전극에 접합되는 중공의 제2 캡(193)을 포함할 수 있다.
- [0073] 제1 캡(191) 및 제2 캡(193)의 양단 중, 전극(13, 15)이 위치하는 단부와 반대 방향에 위치한 단부에는 유체가 이동될 수 있는 튜브(195)가 연결될 수 있다.
- [0074] 여기서, 튜브(195)는, 예시적으로 실리콘 튜브 등일 수 있다.
- [0075] 또한 본 전기삼투펌프(10)는 제1 전극(13)의 외주면에 끼워지는 제1 콘택 스트립(131)을 포함할 수 있다. 또한, 본 전기삼투펌프(10)는 제2 전극(15)의 외주면에 끼워지는 제2 콘택 스트립(151)을 포함할 수 있다.
- [0076] 제1 콘택 스트립(131) 및 제2 콘택 스트립(151)은 전원 공급부(17)와 연결되어 각각 제1 전극(13)과 제2 전극(15)에 전압 또는 전류를 전달할 수 있다.
- [0077] 제1 콘택 스트립(131) 및 제2 콘택 스트립(151)은 도전성 재질로 이루어질 수 있다. 예시적으로, 제1 콘택 스트립(131) 및 제2 콘택 스트립(151)은 은(Ag) 또는 구리(Cu) 등을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0078] 예를 들어, 제1 콘택 스트립(131) 및 제2 콘택 스트립(151)은, 도 4에 도시된 바와 같이 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각의 외주면에 끼워질 수 있는 고리 형태일 수 있다.
- [0079] 한편, 본원의 일 실시예에 따른 유체 펌핑 시스템(1000)(이하 '본 유체 펌핑 시스템'이라 함)에 대해 설명한다. 다만, 앞서 살핀 본원의 일 실시예에 따른 전기삼투펌프(10)에서 설명한 구성과 동일 또는 유사한 구성에 대해서는 동일한 도면부호를 사용하고, 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.
- [0080] 도 6은 본 유체 펌핑 시스템(1000)의 구성도이다.
- [0081] 본 유체 펌핑 시스템(1000)은 본 전기삼투펌프(10)를 포함한다.
- [0082] 앞서 설명한 바와 같이, 본 전기삼투펌프(10)는 전극(13, 15)이 다공성 탄소로만 이루어짐으로써, 전극의 형성 시 다른 물질을 전착시키는 과정을 생략할 수 있으므로, 보다 간단한 방법으로 전기삼투펌프(10)를 구현할 수 있다.
- [0083] 본 유체 펌핑 시스템(1000)은 본 전기삼투펌프(10)로부터 발생하는 펌핑력을 통해 이송대상유체를 용기에서 다른 용기 또는 외부로 이송시킬 수 있다.
- [0084] 여기서, 이송대상유체는, 비제한적 예시로서 약물, 수용액, 유기용액을 비롯하여 다양한 유체를 포함하는 것일 수 있다.
- [0085] 본 유체 펌핑 시스템(1000)은 격리재(30)를 포함한다.
- [0086] 격리재(30)는 전기삼투펌프(10)의 적어도 일단에 설치되어 유체와 이송대상유체를 분리한다.

- [0087] 격리재(30)는 유체와 이송대상유체가 섞이는 것이 방지되도록 유체가 들어있는 공간과 이송대상유체가 들어있는 공간을 구획하면서, 유체의 이동에 의해 발생하는 펌핑력을 이송대상유체에 전달하는 역할을 한다.
- [0088] 이와 같은 격리재(30)는, 비제한적 예시로서, 오일 갭(oil gap)을 형성하도록 하는 오일, 탄성을 가진 얇은 막으로 이루어지는 고무나 금속판 등의 다이어프램, 고분자막, 슬라이더 등을 포함하는 것일 수 있다.
- [0089] 앞서 설명한 바와 같이, 다공성 탄소는 가역적인 전기화학 반응을 일으킬 수 있다. 이를 통해, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각에 전압의 극성을 교번하여 공급함으로써 전기화학 반응이 정방향과 역방향으로 반복해서 일어나도록 하여, 유체의 반복적인 왕복 이동에 의해 펌핑력을 발생시킬 수 있다.
- [0090] 예를 들어, 전기삼투펌프(10)는 격리재(30)를 통해 이송대상유체에 흡입력과 배출력을 반복적으로 전달할 수 있다. 이송대상유체에 흡입력이 전달되는 경우, 이송대상유체는 용기(60)로부터 이송라인(50)으로 유출될 수 있고, 이송대상유체에 배출력이 전달되는 경우, 이송대상유체는 이송라인(50)에서 외부로 유출될 수 있다. 즉, 전기삼투펌프(10)가 발생시키는 펌핑력은 흡입력 및 배출력일 수 있다.
- [0091] 또한, 앞서 설명한 바와 같이, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)이 가역적인 전기화학 반응을 하는 다공성 탄소로 이루어짐으로써, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 전압을 반대 극성으로 걸면, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15) 각각이 소모된 만큼 다시 재생될 수 있다. 따라서, 전기삼투펌프(10)의 수명을 늘릴 수 있어, 다량의 이송대상유체를 지속적으로 이송시킬 수 있다.
- [0092] 본 유체 펌핑 시스템(1000)은 전기삼투펌프(10)로부터의 펌핑력을 전달받아 이송대상유체를 이송시키기 위한 경로를 제공하는 이송라인(50)을 포함할 수 있다.
- [0093] 이송라인(50)은 일단이 용기(60)에 연결되고, 타단이 외부와 연결됨으로써, 이송대상유체가 이송되는 경로를 제공할 수 있다.
- [0094] 예시적으로, 이송라인(50)은 파이프나 호스 등일 수 있고, 이송대상유체의 특성에 따라 적절한 재질로 이루어질 수 있다.
- [0095] 본 유체 펌핑 시스템(1000)은 이송라인(50)의 양단에 구비되어 이송대상유체의 흐름을 허용하거나 제한하도록 개폐되는 제1 개폐부(20) 및 제2 개폐부(40)를 포함한다.
- [0096] 즉, 제1 개폐부(20) 및 제2 개폐부(40)는 각각 유체가 흐를 수 있도록 열리거나 유체가 흐르지 않도록 닫힐 수 있으며, 예시적으로 밸브, 보다 구체적으로는 일방향으로만 유체의 흐름을 허용하는 체크밸브(check valve)일 수 있다.
- [0097] 이 때, 제1 개폐부(20) 및 제2 개폐부(40)의 개폐는 상호 반대의 상태로서, 제1 개폐부(20) 및 제2 개폐부(40) 중 어느 하나가 열리면 다른 하나는 닫힐 수 있다.
- [0098] 예를 들어, 이송대상유체에 흡입력이 전달되면, 제1 개폐부(20)는 열리고, 제2 개폐부(40)는 닫힐 수 있다. 이와 반대로, 이송대상유체에 배출력이 전달되면 제1 개폐부(20)는 닫히고, 제2 개폐부(40)는 열릴 수 있다.
- [0099] 전기삼투펌프(10)의 유체가 ① 방향으로 이동되면, 격리재(30)가 ① 방향으로 이동된다. 이에 따라, 이송대상유체는 전기삼투펌프(10)를 향하는 방향으로 흡입력을 받게 된다. 이 때, 용기(60) 내에 존재하는 이송대상유체는 이송라인(50)으로 유출되어야 하지만, 외부로 이미 주입된 이송대상유체는 다시 이송라인(50)으로 역주입되는 것이 방지되어야 한다. 따라서, 이송대상유체에 흡입력이 전달되면, 제1 개폐부(20)는 열림으로써 용기(60)에서 이송라인(50)으로 이송대상유체가 이동되도록 할 수 있고(이송대상유체가 ㉠ 방향으로 이동), 제2 개폐부(40)는 닫힘으로써 외부에서 이송라인(50)으로 이송대상유체가 역주입되는 것을 방지할 수 있다.
- [0100] 전기삼투펌프(10)의 유체가 ① 방향으로 이동될 때의 전압과 반대 극성의 전압을 전극(13, 15)에 걸어주면, 유체가 ② 방향으로 이동되고, 격리재(30)가 유체에 의해 밀려 ② 방향으로 이동된다. 이에 따라, 이송대상유체는 전기삼투펌프(10)로부터 멀어지는 방향으로 배출력을 받게 된다. 이 때, 이송라인(50) 내에 존재하는 이송대상유체는 외부로 전달되어야 하지만, 다시 용기(60)로 역주입되는 것이 방지되어야 한다. 따라서, 이송대상유체에 배출력이 전달되면, 제2 개폐부(40)는 열림으로써 이송라인(50)에서 외부로 이송대상유체가 이동되도록 할 수 있고(이송대상유체가 ㉡ 방향으로 이동), 제1 개폐부(20)는 닫힘으로써 이송라인(50)에서 용기(60)로 이송대상유체가 역주입되는 것을 방지할 수 있다.
- [0101] 이 때, 제1 개폐부(20) 및 제2 개폐부(40)가 체크밸브인 경우, 이송라인(50) 내에 각 체크밸브를 반대 방향으로 설치함으로써, 전술한 바와 같이 이송대상유체가 원하는 방향으로만 유출되도록 하는 제1 개폐부(20) 및 제2 개

폐부(40)의 동작을 쉽게 구현할 수 있다.

- [0102] 이와 같이, 본 유체 펌핑 시스템(1000)은 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)의 양단에 걸리는 전압을 반복해서 교번 시킴으로써 이송대상유체에 흡입력과 배출력을 번갈아 가며 전달하되, 제1 개폐부(20) 및 제2 개폐부(40)를 통해 이송대상유체의 흐름을 허용하거나 제한함으로써, 이송대상유체를 지속적으로 이송시킬 수 있다.
- [0103] 본 유체 펌핑 시스템(1000)은 제1 개폐부(20)와 제2 개폐부(40) 사이의 이송라인(50)에서 분기되어 전기삼투펌프(10)와 연결되어, 펌핑력을 이송라인(50)에 전달하는 펌핑라인(70)을 포함할 수 있다.
- [0104] 펌핑라인(70)은 제1 개폐부(20)와 제2 개폐부(40) 사이의 이송라인(50)에서 분기되도록 구비됨으로써, 제1 개폐부(20) 측과 제2 개폐부(40) 측에 모두 펌핑력을 전달할 수 있다.
- [0105] 펌핑라인(70) 내에는 격리재(30)가 구비될 수 있다. 이를 통해, 전기삼투펌프(10)에 의해 발생하는 펌핑력을 이송대상유체에 전달할 수 있다.
- [0106] 본 유체 펌핑 시스템(1000)은, 유체의 이동에 의한 격리재(30)의 이동 시, 격리재(30)의 이동 거리를 제한하도록 구비되는 스톱퍼(80)를 포함할 수 있다.
- [0107] 예를 들어, 스톱퍼(80)는 전기삼투펌프(10)에 의해 발생하는 펌핑력으로 인해 격리재(30)가 펌핑라인(70)의 단부까지 이동되어 빠지는 것을 방지할 수 있다. 또한, 스톱퍼(80)는 격리재(30)가 이송대상유체로부터 미는 힘을 받아 전기삼투펌프(10)와 접촉되는 것을 방지할 수도 있다.
- [0108] 이 때, 스톱퍼(80)는 격리재(30)의 양측에 각각 설치될 수 있다.
- [0109] 전기삼투펌프(10)측에 인접하게 설치된 스톱퍼(80)는 격리재(30)가 전기삼투펌프(10)와 접촉되는 것을 방지할 수 있고, 이송라인(50)에 인접하게 설치된 스톱퍼(80)는 격리재(30)가 펌핑라인(70)의 단부를 통해 빠지는 것을 방지할 수 있다.
- [0110] 본 전기삼투펌프(10) 및 본 유체 펌핑 시스템(1000)은, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)이 다공성 탄소로만 이루어지도록 하고, 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응을 통해 펌핑력을 발생시킴으로써, 전극(13, 15)의 형성 시 다른 물질을 전착시키는 과정을 생략할 수 있다. 따라서, 보다 간단한 방법으로 전기삼투펌프(10)를 구현할 수 있다.
- [0111] 또한, 본 전기삼투펌프(10) 및 본 유체 펌핑 시스템(1000)은, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)이 플라스마 또는 산성용액 등을 통해 표면이 산화처리된 다공성 탄소로 이루어짐으로써, 보다 안정적이고 향상된 펌핑 성능을 가질 수 있다.
- [0112] 또한, 본 전기삼투펌프(10) 및 본 유체 펌핑 시스템(1000)은, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)이 가역적인 전기화학 반응을 할 수 있는 다공성 탄소로 이루어짐으로써, 제1 전극(13) 및 제2 전극(15)에 전압을 반대 극성으로 걸어 전극반응이 역방향으로 일어나도록 하여, 정방향으로 유체를 흘릴 때 소모된 전극활성물질을 원래의 상태로 되돌릴 수 있다. 따라서, 본 전기삼투펌프(10) 및 본 유체 펌핑 시스템(1000)은, 전극(13, 15)의 크기 및 구성을 그대로 유지하면서 가스 발생 없이 다량의 유체를 장시간 이동시킬 수 있으므로, 긴 수명과 높은 활용도를 가질 수 있다.
- [0113] 이하에서는, 다양한 실시예를 통해 본원에 의한 효과를 구체적으로 확인한다. 다만, 본원이 이하의 실시예에 의하여 제한되는 것은 아니다.
- [0114] [실시예 1]
- [0115] 멤브레인은 300 nm 크기의 실리카를 이용하여 만든 두께 2 mm, 지름 8 mm의 디스크 멤브레인을 사용하였고, 전극은 Spectracarb 사에서 구입한 2050A 카본 페이퍼(carbon paper)를 사용했는데, 이는 0.25 mm 두께에 0.5 g/cm³의 밀도를 가지고 있다.
- [0116] [실시예 2]
- [0117] 실시예 2는 실시예 1의 카본 페이퍼를 에어 플라스마(air plasma)로 10분 동안 산화시킨 것을 제외하고, 실시예 1과 동일한 조건으로 수행되었다.
- [0118] [실시예 3]
- [0119] 실시예 3은 실시예 1의 카본 페이퍼를 95 % 황산과 60 % 질산을 1:1로 포함한 용액 내에서 60 °C를 유지하며 6

시간 동안 산화시킨 것을 제외하고, 실시예 1과 동일한 조건으로 수행되었다.

[0120] [실시예 1, 2, 3에 대한 결과]

[0121] 실시예 1, 2, 3을 각각 포함하는 전기삼투펌프의 양단에 1.5 V의 전압을 1분마다 교번하여 걸어주면, 전류응답 그래프는 각각 도 7, 도 8, 도 9의 (a)와 같다.

[0122] 먼저, 도 7을 참조하면, 카본 페이퍼를 어떠한 처리없이 그대로 전극으로 사용한 전기삼투펌프의 경우, 50 μ A 이내의 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있고, 유체가 이동되었다. 따라서, 다공성 탄소만으로 이루어진 전극을 통해, 다공성 탄소 자체의 전기화학 반응으로 유체가 이동될 수 있음을 알 수 있다.

[0123] 다음으로, 도 8을 참조하면, 에어 플라스마로 표면 처리한 카본 페이퍼를 사용한 전기삼투펌프의 경우, 약 200 μ A의 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있고, 유속이 2 μ L/min였다. 즉, 다공성 탄소의 표면을 플라스마로 처리한 경우, 다공성 탄소를 그대로 사용한 경우에 비해 펌핑 성능이 향상됨을 알 수 있다.

[0124] 도 9를 참조하면, 60 % 질산과 95 % 황산을 부피비 1:1로 포함한 용액에서 60 $^{\circ}$ C로 6시간 산화시킨 카본 페이퍼를 사용한 전기삼투펌프의 경우, 약 400 μ A에 가까운 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있고(도 9의 (a)), 유속은 14 μ L/min임을 확인할 수 있다(도 9의 (b)). 즉, 표면을 산화반응시켜 산화종을 형성시킨 다공성 탄소로 이루어진 전극이 실시예 1, 2에 비해 뛰어난 펌프 성능을 가짐을 알 수 있다.

[0125] 한편, 실시예 3과 다른 조건으로, 질산/황산비, 온도, 가열시간 등을 바꾸며 카본 페이퍼를 산화시켰을 때의 펌프 유속 및 전류의 흐름을 비교한 결과는 아래의 표 1과 같다. 아래의 표 1에서, 60 % 질산과 95 % 황산을 사용하였다.

[0126] [표1]

샘플(sample)	황산:질산 (volume ratio)	반응온도 및 반응시간 (Rxn temperature and time)	유속(μ L/min) (Flow rate) At 1.5 V	전류(Current)	
				초기 (Initial) (μ A)	1분후 (μ A)
무처리 카본 페이퍼 (untreated CP)			2	118	8
산처리 카본 페이퍼 (Acid treated CP)	1:3	90 $^{\circ}$ C, 12h	3	44	7
산처리 카본 페이퍼 (Acid treated CP)	1:1	90 $^{\circ}$ C, 12h	15	197	94
산처리 카본 페이퍼 (Acid treated CP)	3:1	60 $^{\circ}$ C, 6h	15	170	114
산처리 카본 페이퍼 (Acid treated CP)	3:1	60 $^{\circ}$ C, 10h	15	260	190

[0127]

[0128] 표 1을 참조하면, 산처리된 카본 페이퍼가 무처리 카본 페이퍼에 비해 뛰어난 펌프 성능을 가짐을 알 수 있었다. 또한, 카본 페이퍼를 산화시키는 조건에 따라 펌프 유속과 전류의 흐름이 달라짐을 알 수 있었다. 즉, 카본 페이퍼를 다양한 조건에서 산화시켜, 전극으로서의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0129] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0130] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

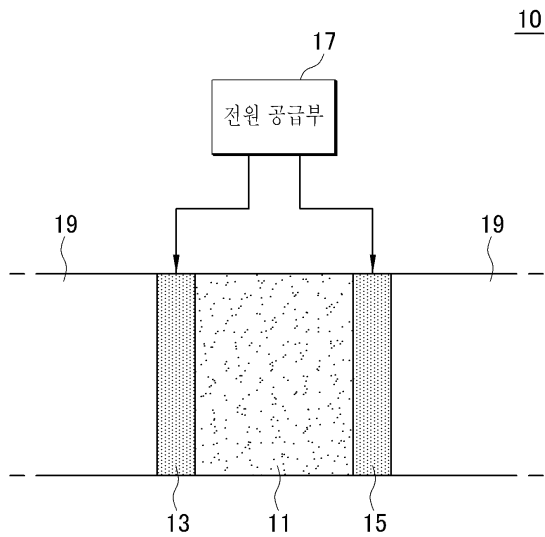
[0131] 10: 전기삼투펌프

11: 멤브레인

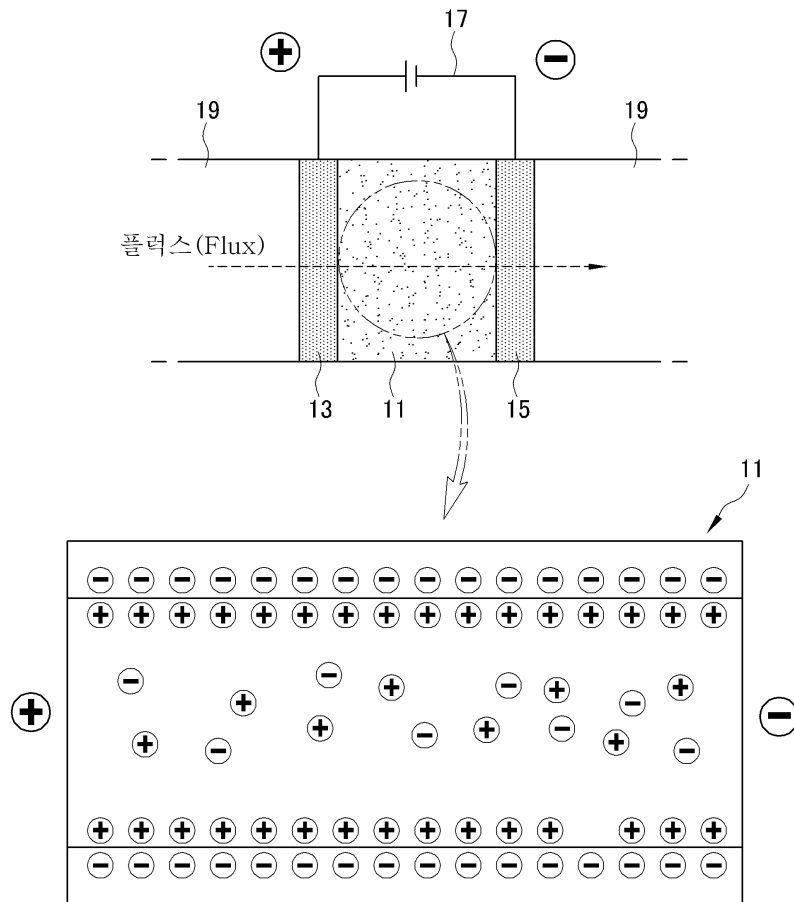
- | | |
|-----------------|----------------|
| 13: 제1 전극 | 15: 제2 전극 |
| 17: 전원 공급부 | 19: 유체경로부 |
| 191: 제1 캡 | 193: 제2 캡 |
| 131: 제1 컨택 스트립 | 151: 제2 컨택 스트립 |
| 1000: 유체 펌핑 시스템 | 30: 격리재 |
| 50: 이송라인 | 70: 펌핑라인 |
| 20: 제1 개폐부 | 40: 제2 개폐부 |
| 80: 스톱퍼 | 195: 튜브 |
| 60: 용기 | |

도면

도면1

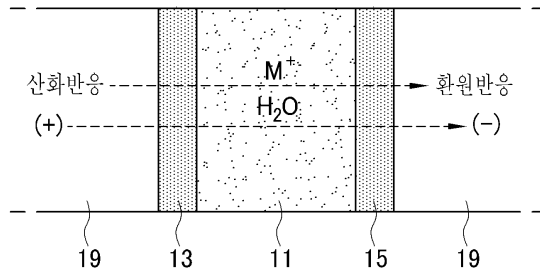


도면2

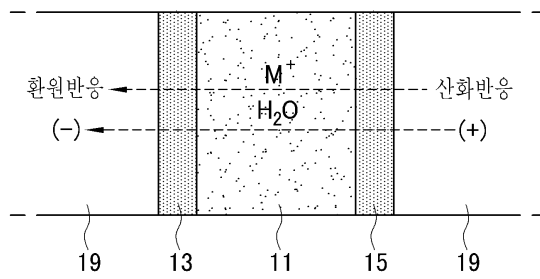


도면3

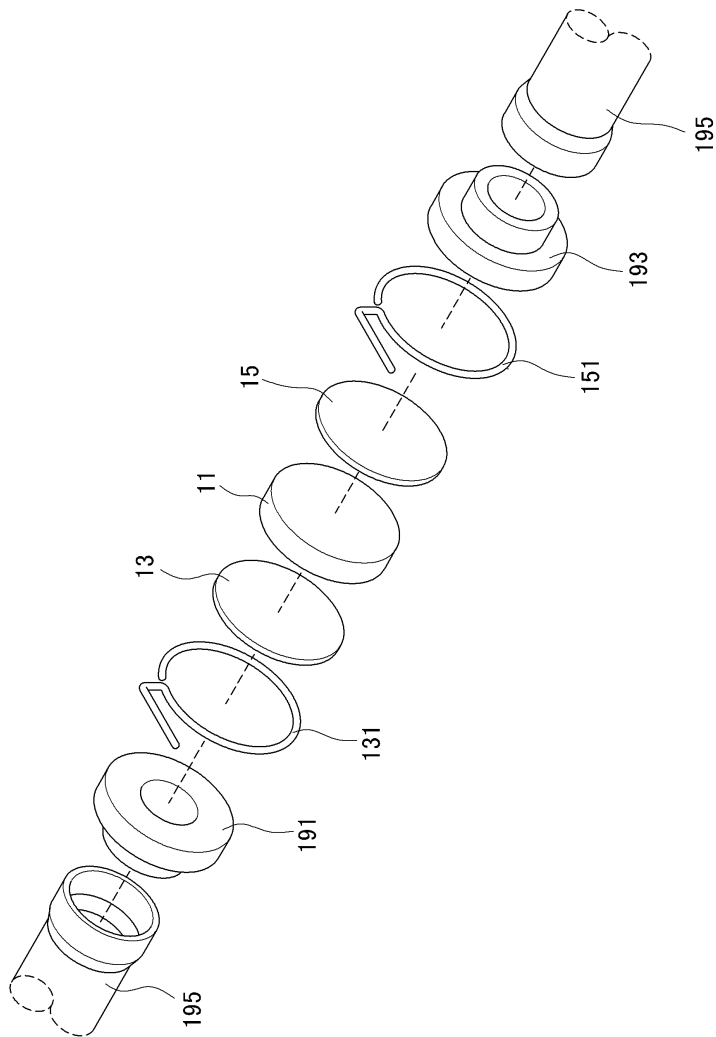
(a)



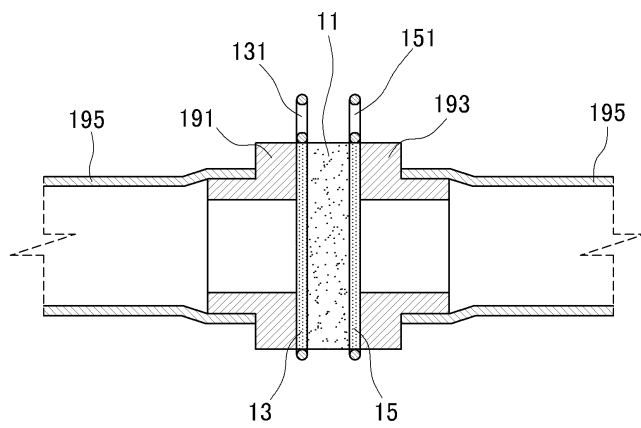
(b)



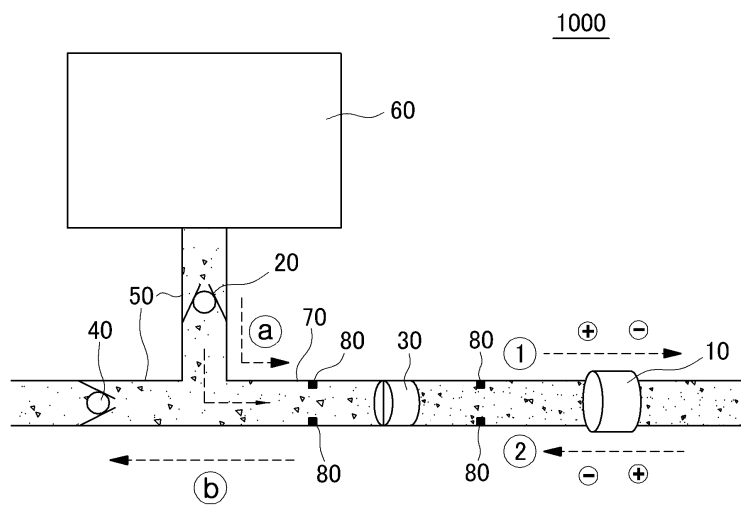
도면4



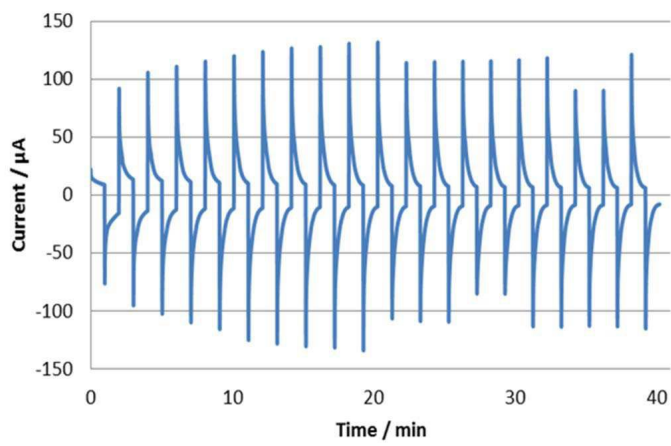
도면5



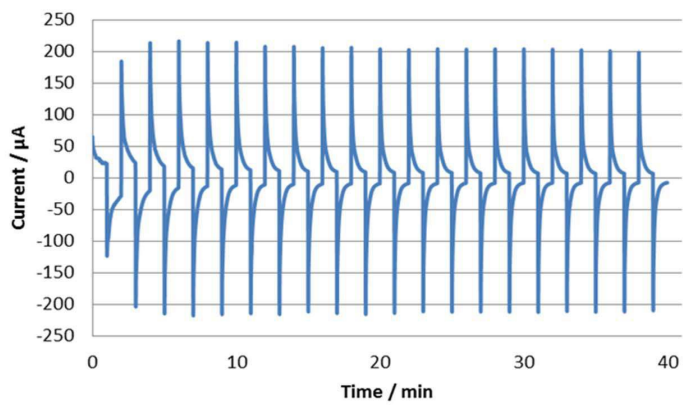
도면6



도면7

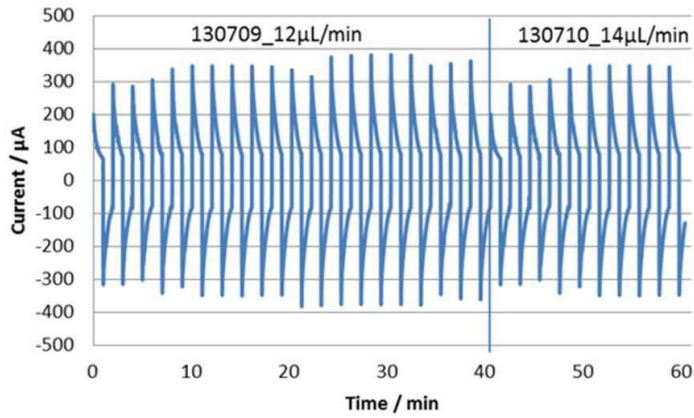


도면8

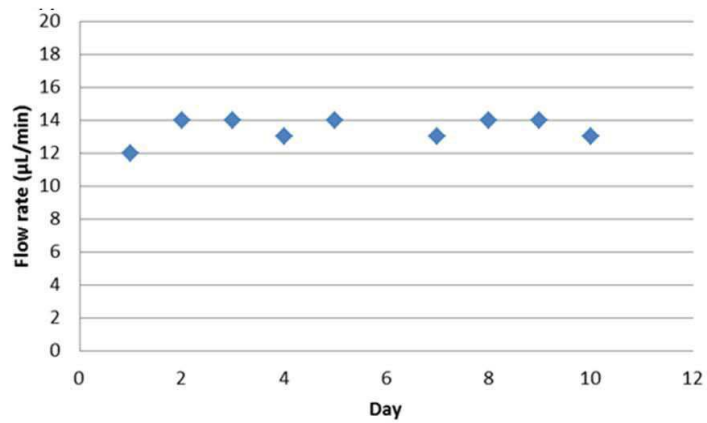


도면9

(a)



(b)



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항6

【변경전】

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 하나의 항에 있어서,

【변경후】

제1항, 제3항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,