



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0035176
(43) 공개일자 2018년04월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F04B 19/00 (2006.01) A61M 5/142 (2006.01)
A61M 5/145 (2006.01) F04B 43/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F04B 19/00 (2013.01)
A61M 5/14276 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0125954
(22) 출원일자 2017년09월28일
심사청구일자 2017년09월28일
(30) 우선권주장
1020160124775 2016년09월28일 대한민국(KR)

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
신운섭
서울특별시 마포구 신수로 15, 104동 901호 (현석동, 강변힐스테이트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

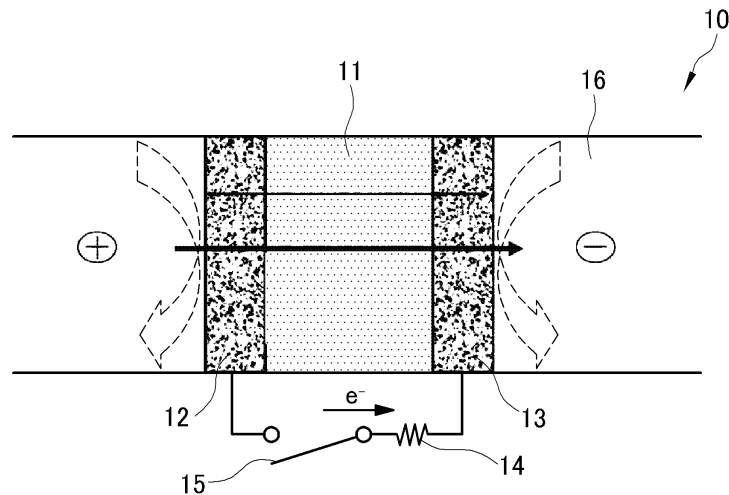
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 무전원 자가구동 전기삼투펌프

(57) 요약

본 발명은 무전원 자가구동 전기삼투펌프에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 전기삼투펌프는 유체가 이동하는 유체경로부; 유체경로부에 구비되며, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질로 형성된 멤브레인(membrane); 멤브레인의 일측에 구비되어, 제1 전극물질을 포함하는 환원전극; 멤브레인의 타측에 구비되어, 제1 전극물질의 전위값보다 낮은 전위값을 갖는 제2 전극물질을 포함하는 산화전극; 및 산화전극 및 환원전극 간의 연결회로에 구비되어, 유체의 이동 속도를 결정하는 하나 이상의 저항(resistance)을 포함한다. 유체는 산화전극 및 환원전극의 전기화학반응에 의해 이동된다.

대 표 도 - 도2a



(52) CPC특허분류

F04B 43/04 (2013.01)

A61M 2005/14513 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1465019112

부처명 보건복지부

연구관리전문기관 한국보건산업진흥원

연구사업명 미래융합의료기기개발

연구과제명 체내 이식형 약물펌프시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

무전원 자가구동 전기삼투펌프에 있어서,

유체가 이동하는 유체경로부;

상기 유체경로부에 구비되며, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질로 형성된 멤브레인(membrane);

상기 멤브레인의 일측에 구비되어, 제1 전극물질을 포함하는 환원전극;

상기 멤브레인의 타측에 구비되어, 상기 제1 전극물질의 전위값보다 낮은 전위값을 갖는 제2 전극물질을 포함하는 산화전극;

상기 산화전극 및 상기 환원전극 간의 연결회로에 구비되어, 상기 유체의 이동 속도를 결정하는 하나 이상의 저항(resistance); 및

상기 유체는

상기 산화전극 및 상기 환원전극의 전기화학반응에 의해 이동되는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 저항은

상기 멤브레인의 저항값과 타겟하는 유속을 기초로 크기가 가변되는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 연결회로에 구비되어, 상기 산화전극 및 상기 환원전극과 각 저항 간의 연결을 허용하거나 차단하는 하나 이상의 스위치(switch)를 더 포함하는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

복수의 저항을 포함하며,

상기 복수의 저항은 상기 환원전극 및 상기 산화전극에 병렬연결되는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 복수의 저항 각각의 일측에는 스위치가 구비되는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 환원전극 및 상기 산화전극에 걸리는 저항의 크기는

상기 각 저항에 대응되는 스위치가 온(on) 및 오프(off) 됨에 따라 가변되는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 산화전극은 다공성 탄소로 형성된 양극이며, 상기 제2 전극물질이 코팅된 것인 무전원 자가구동 전기삼투 펌프.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 환원전극은 다공성 탄소로 형성된 음극이며, 상기 제1 전극물질이 코팅된 것인 무전원 자가구동 전기삼투 펌프.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제1 전극물질은 산화은(Ag₂O), 산화망간(MnO₂) 및 산화납(PbO₂) 중 적어도 하나를 포함하는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제2 전극물질은 아연(Zn), 산화아연(ZnO), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al) 및 납(Pb) 중 적어도 하나를 포함하는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 11

무전원 자가구동 전기삼투펌프에 있어서,

유체가 이동하는 유체경로부;

상기 유체경로부에 구비되며, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질로 형성된 멤브레인(membrane);

상기 멤브레인의 일측에 구비되어, 제1 전극물질을 포함하는 환원전극; 및

상기 멤브레인의 타측에 구비되어, 상기 제1 전극물질의 전위값보다 낮은 전위값을 갖는 제2 전극물질을 포함하는 산화전극을 포함하되,

상기 유체는

상기 산화전극 및 상기 환원전극의 전기화학반응에 의해 이동되는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 무전원 자가구동 전기삼투펌프는

상기 산화전극 및 상기 환원전극 간의 연결회로에 구비되어, 상기 유체의 이동 속도를 결정하기 위한 하나 이상의 저항(resistance) 및 하나 이상의 스위치(switch)를 더 포함하는 것인 무전원 자가구동 전기삼투펌프.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기삼투펌프에 관한 것으로서, 보다 구체적으로, 외부 전원의 공급 없이 작동 가능한 전기삼투펌프에 관한 것이다.

배경 기술

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

단에 가해진 전압에 비례하여 유속의 증가도 가져올 수 있다.

[0003] 종래에는 전극 물질로 안정된 백금을 많이 사용하였는데, 백금 전극을 사용하는 경우, 전압이 인가되었을 시에 물의 전기분해로 인한 산소, 수소 등과 같은 가스 발생으로 인한 안정성 문제가 있었다. 이를 해결하기 위해, 최근에 가스 발생 없이 안정적으로 전기삼투펌프가 구동될 수 있는 전극 물질로 은(Ag) 산화은(Ag_2O), $\text{MnO}(\text{OH})$ 및 폴리아닐린(polyaniline, PANI) 등이 사용되기 시작했다. 이때, 전극의 기본구조는 카본 페이퍼(carbon paper) 등과 같은 다공성 전극에 전술한 물질을 전착 등에 의해 코팅시킨 구조이다. 이 경우, 전극에 코팅된 물질들의 산화환원 반응을 통해 유체를 이동시켜 전기삼투펌프의 펌핑력을 발생시킨다.

[0004] 도 1a는 종래의 은(Ag) 및 산화은(Ag_2O) 전극을 활용한 전기삼투펌프를 도시하며, 도 1b는 도 1a의 종래의 전기삼투펌프에서의 전압에 따른 유속 변화를 도시한다. 도 1b를 참조하면, 종래의 은(Ag) 및 산화은(Ag_2O) 전극을 양단의 전극으로 활용하는 종래의 전기삼투펌프는 전압에 비례하여 유속이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 종래의 전기삼투펌프는 인가 전압에 비례하여 유속이 증가되며 전압이 인가되지 않은 경우 유체의 흐름은 일어나지 않는다. 즉, 외부에서 전압이 인가될 경우에만 전기삼투펌프의 구동이 가능하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여, 일부 실시예는 외부의 전원 공급 없이, 자가 구동되는 전기삼투펌프를 제공하는 데에 그 목적이 있다. 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 구동 전기삼투펌프는 유체가 이동하는 유체경로부; 유체경로부에 구비되며, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질로 형성된 멤브레인(membrane); 멤브레인의 일측에 구비되어, 제1 전극물질을 포함하는 환원전극; 멤브레인의 타측에 구비되어, 제1 전극물질의 전위값보다 낮은 전위값을 갖는 제2 전극물질을 포함하는 산화전극; 및 산화전극 및 환원전극 간의 연결회로에 구비되어, 유체의 이동 속도를 결정하는 하나 이상의 저항(resistance)을 포함한다. 유체는 산화전극 및 환원전극의 전기화학반응에 의해 이동된다.

발명의 효과

[0007] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 자발적인 전기화학반응을 통해 유체를 이동시킴으로써 외부의 전원 공급 없이 구동될 수 있는 전기삼투펌프를 구현할 수 있으며, 전원을 공급하기 위한 구성을 필요로 하지 않음으로써 초소형 전기삼투펌프를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1a는 종래의 은(Ag) 및 산화은(Ag_2O) 전극을 활용한 전기삼투펌프를 도시하며, 도 1b는 도 1a의 종래의 전기삼투펌프에서의 전압에 따른 유속 변화를 도시한다.

도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프의 구성을 도시한다.

도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프의 양 전극에 두 개의 저항이 병렬적으로 연결되고, 각 저항의 일측에 스위치가 구비된 일례를 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제작한 무전원 구동 전기삼투펌프를 도시한 도면이다.

도 4는 도 3의 전기삼투펌프에 10k Ω 및 50k Ω 및 100k Ω 의 저항을 각각 연결한 이후의 전압 변화를 도시한 도면이다.

도 5는 도 3의 전기삼투펌프에 10k Ω 및 50k Ω 및 100k Ω 의 저항을 각각 연결한 이후의 유체의 속도 변화를 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프의 지속력을 확인하기 위한 실험 결과를 도시

한다.

도 7 및 도 8은 도 3의 전기삼투펌프에서 환원전극과 저항을 달리하여 유체를 이동시킨 결과를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0010] 본 발명 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0011] 본 발명 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.
- [0012] 본 발명 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. 본 발명 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, 본 발명의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본 발명 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0013] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)의 구성을 도시한다.
- [0014] 도 2a를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)는 멤브레인(11), 산화전극(12), 환원전극(13), 하나 이상의 저항(resistance, 14) 및 유체경로부(16)를 포함한다. 또한, 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)는 하나 이상의 스위치(switch)(15)를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 멤브레인(11)은 유체가 이동하는 유체경로부(16)에 구비되어, 유체의 이동을 허용하도록 다공성 재질 또는 구조로 형성된다. 예시적으로, 멤브레인(11)은 약 0.1 μm 내지 약 5 μm 크기의 입상물의 형태를 가지는 실리카(silica), 유리(glass) 등을 이용하여 제조될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 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. 또한, 멤브레인(11)은 유체뿐만 아니라 이온의 이동도 허용할 수 있다.
- [0016] 환원전극(13)은 멤브레인(11)의 일측에 구비되며, 산화전극(12)은 멤브레인(11)의 타측에 구비된다. 이때, 산화전극(12) 및 환원전극(13)은 유체의 이동을 허용하는 다공성 물질로 형성될 수 있다. 예시적으로, 산화전극(12) 및 환원전극(13)은 다공성 탄소(porous carbon)로 형성될 수 있다. 다공성 탄소는, 비한정적인 예로서, 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT), 그래핀(graphene), 탄소 나노입자(carbon nanoparticle), 풀러렌(fullerene), 흑연(graphite) 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 산화전극(12)은 다공성 탄소로 형성된 양극(porous carbon anode)일 수 있으며, 환원전극(13)은 다공성 탄소로 형성된 음극(porous carbon cathode)일 수 있다.
- [0017] 이때, 산화전극(12) 및 환원전극(13)은 1차 전지에 사용되는 물질이 도금(plating) 등의 방법으로 코팅될 수 있다. 예시적으로, 산화전극(12)에는 환원전극(13)의 전극물질의 전위값보다 낮은 전위값을 갖는 물질이 코팅된다. 먼저, 환원전극(13)에 코팅되는 물질은, 비한정적인 예로서, 은(Ag)/산화은(Ag₂O), 망간(Mn)/산화망간(MnO₂) 및 납(Pb)/산화납(PbO₂) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 산화전극(12)에 도금되는 물질은, 상기한 물질보다 전위값이 낮은 아연(Zn) 및 산화아연(ZnO) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 즉, 산화전극(12)은 환원전극(13)에 비하여 전위값이 낮은 전극물질(예컨대, 표준전극전위가 음의 방향에 포함되는 전극물질)로 형성됨으로써, 양쪽전극(12, 13)에서는 1차 전지에서와 같은 자발적인 전기화학반응(즉, 전극반응)이 발생할 수 있다. 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)는 이러한 자발적인 전기화학반응을 기초로, 유체경로부(16)를 따라 유체 및/또는 이온을 이동시킨다. 한편, 산화전극(12) 및 환원전극(13)은 멤브레인(11)의 양측에 각각 배치됨으로써, 산화전극(12) 및 환원전극(13)은 멤브레인(11)에 의해 일정한 간격을 유지할 수 있다.

- [0018] 이와 같이, 산화전극(12) 및 환원전극(13)은 서로 다른 전위값을 갖는 물질로 형성됨으로써, 1차 전지와 같은 자발적인 전기화학반응을 발생시키는 한편, 다공성 탄소로 형성됨으로써 안정적으로 유체를 이동시킬 수 있다.
- [0019] 저항(14)은 산화전극(12) 및 환원전극(13)에 각각이 연결된 연결회로에 구비되어, 유체의 이동 속도를 결정한다. 저항(14)은 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)가 기 설정된 유속 및/또는 사용자가 임의로 선택하는 속도로 유체를 이동시키기 위해 구비될 수 있다. 이때, 양쪽 전극(12, 13)에 걸리는 저항(14)의 크기는 멤브레인(11)의 저항값과 타겟하는 유체의 속도 등을 기초로 제조 단계에서 설정될 수 있으며, 타겟하는 유체의 속도가 변경됨에 따라 가변될 수도 있다. 또한, 저항(14)은 연결회로에 구비된 스위치(15)의 상태에 따라 양 전극(12, 13)에 연결이 허용되거나 차단될 수 있다.
- [0020] 스위치(15)는 연결회로에 구비되어, 저항(14)과 양 전극(12, 13) 간의 연결을 허용하거나 차단한다.
- [0021] 한편, 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)가 복수의 저항을 포함하는 경우, 복수의 저항은 양 전극(12, 13)에 병렬적으로 연결될 수 있다. 이때, 각 저항의 일측에는 해당 저항을 양 전극(12, 13)으로 연결하거나 차단할 수 있는 복수의 스위치가 구비되어 있을 수 있다. 따라서, 양 전극(12, 13)에 걸리는 저항의 크기는 각 저항에 대응되는 스위치가 온(on) 및 오프(off) 됨에 따라 가변될 수 있다.
- [0022] 도 2b는 양 전극(12, 13)에 두 개의 저항(14a, 14b)이 병렬적으로 연결되고, 각 저항(14a, 14b)의 일측에 스위치(15a, 15b)가 구비된 일례를 도시한다. 두 개의 스위치(15a, 15b)는 독립적으로 온 및 오프됨으로써, 양 전극(12, 13)에 걸리는 저항은 제1 저항(14a)의 저항값, 제2 저항(14b)의 저항값 또는 두 개의 저항(14a, 14b)의 저항값의 합으로 가변될 수 있다.
- [0023] 한편, 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)는 디스크(원판) 형태 또는 원형 고리의 형태로 형성될 수 있으며, 하나의 원형 튜브의 형태로 결합되어 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)는 양쪽 전극(12, 13)으로 전원을 공급하기 위한 배터리 등을 구비하지 않음으로써 초소형으로 구현될 수 있다.
- [0024] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따라 제작한 무전원 구동 전기삼투펌프의 적용한 예들을 설명한다.
- [0025] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제작한 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10a)를 도시한 도면이다. 도 3에서는 실리콘으로 형성된 디스크 멤브레인을 사용하였으며, 이 때 디스크 멤브레인은 8mm의 지름, 2mm의 두께 및 50%의 다공성 바디를 갖는다. 한편, 도 3에서는 스위치를 대신하여, 전기삼투펌프에 저항(resistor)을 직접 연결하거나 연결하지 않는 방법으로 산화전극 및 환원전극의 전기화학반응에 의한 전압 및 유속 결과를 측정하였다.
- [0026] 이때, 산화전극에는 아연(Zn) 및 산화아연(ZnO)이 각각 0.96C, 0.22C 도금되었으며, 환원전극에는 은(Ag)과 산화은(Ag₂O)이 각각 1.3C 도금되었다. 이때, 아연(Zn) 및 산화아연(ZnO)으로 형성된 산화전극의 전기화학반응(즉, 전극반응)은 아래의 반응식1과 같이 나타나며, 전위값(E₀)은 -0.76 V이다.
- [0027] <반응식 1>
- $$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn(s)} \quad E^0 = -0.76 \text{ V}$$
- [0028]
- [0029] 또한, 은 및 산화은으로 형성된 환원전극의 전기화학반응은 아래의 반응식2와 같이 나타나며, 전위값(E₀)은 +0.410 V이다.
- [0030] <반응식2>
- $$\text{Ag}_2\text{O(s)} + 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ag(s)}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \quad E^0 = +0.410 \text{ V}$$
- [0031]
- [0032] 따라서, 도 3의 전기삼투펌프(10a)의 기전력은 약 1.17V (즉, (+0.41 - (-0.76))의 결과값)이다. 그러나 전기화학반응에 대한 과전압과 유체의 저항으로 인해 실질적인 기전력은 상기 값보다 작아질 수 있다.
- [0033] 도 4는 도 3의 전기삼투펌프(10a)에 10kΩ, 50kΩ 및 100kΩ의 저항을 각각 연결한 이후의 전압 변화를 도시한 도면이며, 도 5는 도 3의 전기삼투펌프(10a)에 10kΩ 및 50kΩ 및 100kΩ의 저항을 각각 연결한 이후의 유체의 속도(유속) 변화를 도시한 도면이다.
- [0034] 도 4를 참조하면, 산화전극 및 환원전극의 전압은 10kΩ의 저항에서 약 0.4V에 근접하고, 50kΩ의 저항에서 약 1.0V에 근접하며, 100kΩ의 저항에서 약 1.2V에 근접한다. 즉, 저항의 크기가 커질수록 전압의 크기는 증가하여

도 3의 전기삼투펌프(10a)의 기전력에 가까워지는 것을 확인할 수 있다.

[0035] 또한, 도 5를 참조하면, 유속은 10kΩ의 저항(긴 점선으로 도시됨)에서 약 8 μL/min에서 약 2 μL/min로 급격하게 감소하였으며, 50kΩ의 저항(짧은 점선으로 도시됨)에서 약 4 μL/min에서 약 2 μL/min로 감소하였으며, 100kΩ의 저항(라인으로 도시됨)에서 약 2 μL/min가 유지되었다. 즉, 저항의 크기가 커질수록 전압의 크기는 증가하나, 상대적으로 전류는 작아져 유속이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그리고, 저항이 커질수록 초기부터 안정적으로 일정 크기의 유속이 지속되는 것을 확인할 수 있다.

[0036] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프의 지속력을 확인하기 위한 실험 결과를 도시한다. 도 6에서는 도 3의 전기삼투펌프(10a)에 100kΩ의 저항을 연결한 이후 약 11 시간 동안의 유속 변화를 관찰하였다. 도 6의 그래프를 참조하면, 약 10 시간 동안 약 2 μL/min의 유속이 안정적으로 유지되었으며, 총 1.3 mL의 유체가 펌핑되었음을 확인할 수 있다.

[0037] 도 7 및 도 8은 도 3의 전기삼투펌프에서 환원전극과 저항을 달리하여 유체를 이동시킨 결과를 도시한다.

[0038] 도 7에서는 산화망간(MnO₂)이 0.26C 도금된 환원전극을 사용하였다. 이에 따라, 산화망간을 포함하는 환원전극의 전기화학반응은 아래의 반응식3과 같이 나타나며, 전위값(E₀)은 +0.610 V이다.

[0039] <반응식3>



[0040]

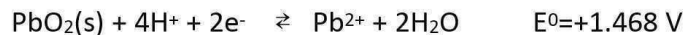
[0041] 도 7의 전기삼투펌프(10b)의 기전력은 약 1.38 V (즉, (+0.61 - (-0.76))의 결과값)이다. 그러나 전기화학반응에 대한 과전압과 유체의 저항으로 인해 실질적인 기전력은 상기 값보다 낮아질 수 있다.

[0042] 한편, 도 7의 전기삼투펌프(10b)의 양 전극에는 10kΩ의 저항을 연결하였다.

[0043] 도 7을 참조하면, 시간이 흐름에 따라 유속은 약 7 μL/min에서 2 μL/min로 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 도 3의 전기삼투펌프(10a)에 10kΩ의 저항을 연결한 경우와 달리 초기 유속이 약 7 μL/min에 다다른 것을 확인할 수 있으며, 약 1시간 동안 총 200 μL 정도의 유체를 이동시켰음을 확인할 수 있다.

[0044] 도 8에서는 산화납(PbO₂)이 1.5C 도금된 환원전극을 사용하였다. 이에 따라, 산화납을 포함하는 환원전극의 전기화학반응은 아래의 반응식4와 같이 나타나며, 전위값(E₀)은 +1.468 V이다.

[0045] <반응식4>



[0046]

[0047] 도 8의 전기삼투펌프(10c)의 기전력은 약 2.23 V (즉, (+1.468 - (-0.76))의 결과값)이다. 그러나 전기화학반응에 대한 과전압과 유체의 저항으로 인해 실질적인 기전력은 상기 값보다 낮아질 수 있다.

[0048] 한편, 도 8의 전기삼투펌프(10c)의 양 전극에는 200kΩ의 저항을 연결하였다.

[0049] 도 8을 참조하면, 유속은 약 2.5 μL/min에서 약 0.5 μL/min로 감소하나, 이러한 유속 변화는 약 70 시간에 걸쳐 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 8의 전기삼투펌프(10c)는 총 5.5 mL의 유체를 이동시켰다. 즉, 도 8의 전기삼투펌프(10c)를 통해, 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프(10)가 오랜 기간 동안 안정적인 전압으로 지속 구동될 수 있음을 확인할 수 있다.

[0050] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프는 양 전극의 자발적인 전기화학반응을 유도함으로써, 산화전극 및 환원전극의 자체에서 전압을 유지할 수 있으므로, 외부 전력을 공급 받지 않고 유체를 이동시킬 수 있다. 나아가, 본 발명의 일 실시예에 따른 무전원 자가구동 전기삼투펌프는 양 전극에 걸리는 저항의 크기를 조정함으로써, 유체의 이동 속도 및 유체의 이동량을 조정할 수 있다.

[0051] 진술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 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.

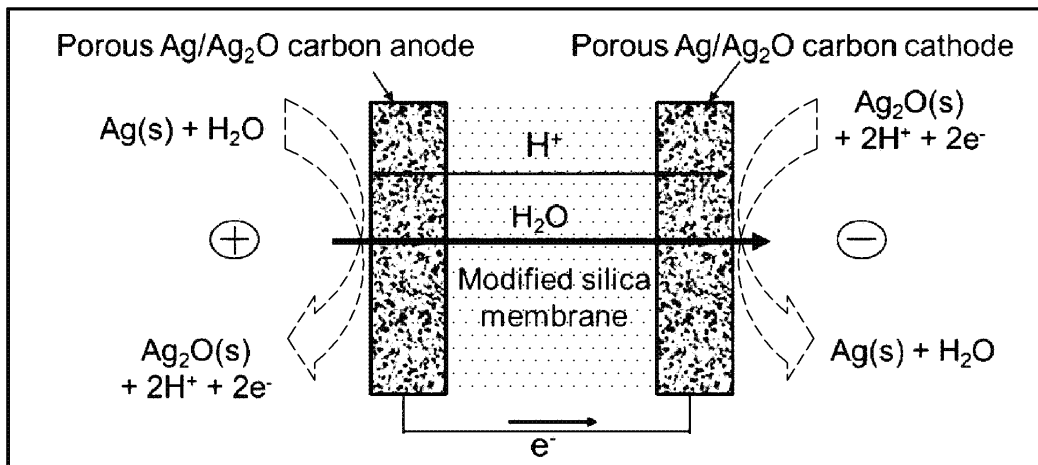
[0052] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

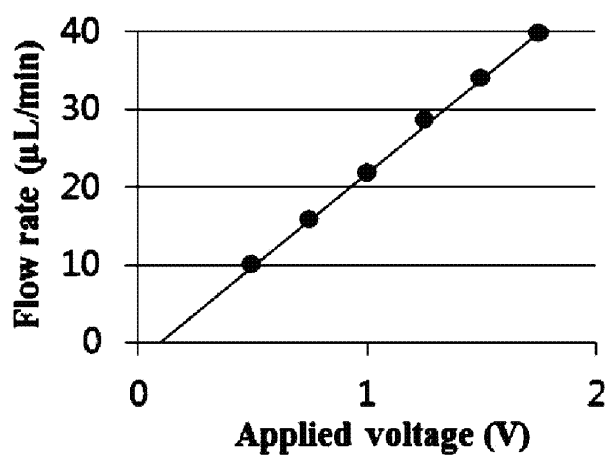
[0053] 11: 멤브레인
12: 산화전극
13: 환원전극
14: 저항(resistance)
15: 스위치
16: 유체경로부

도면

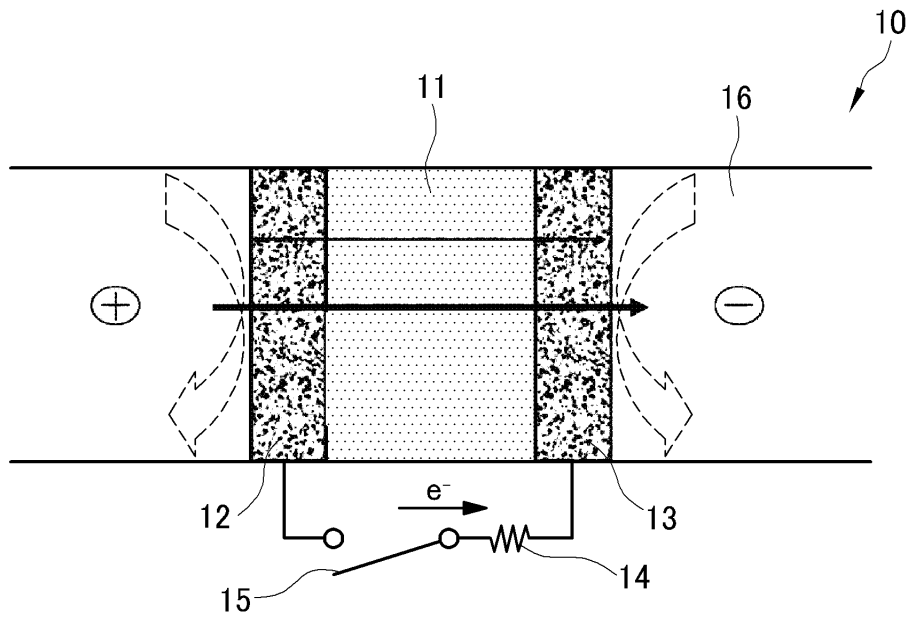
도면1a



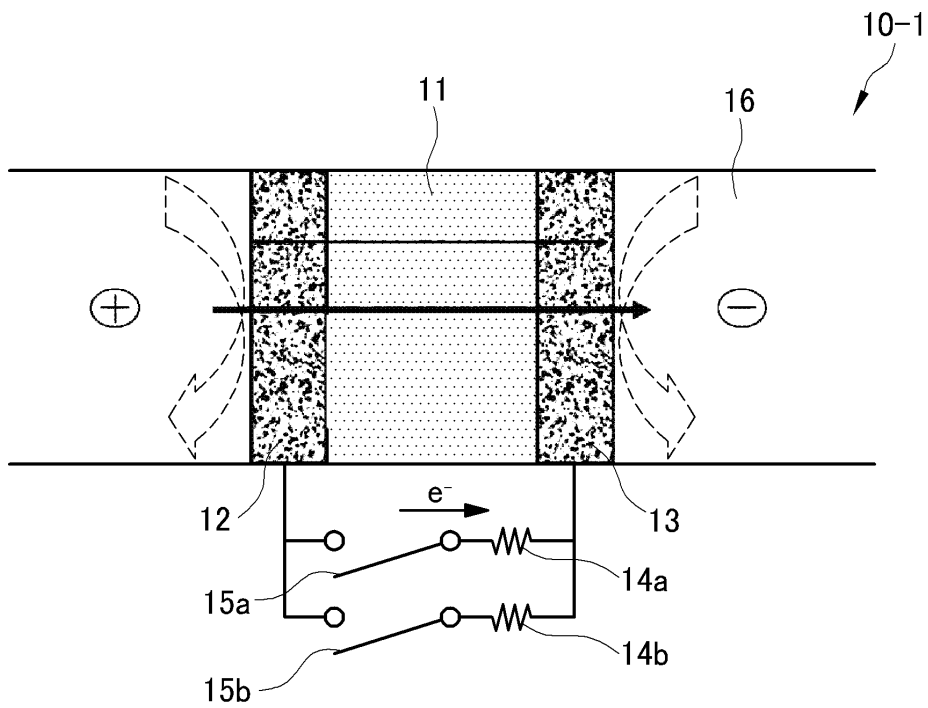
도면1b



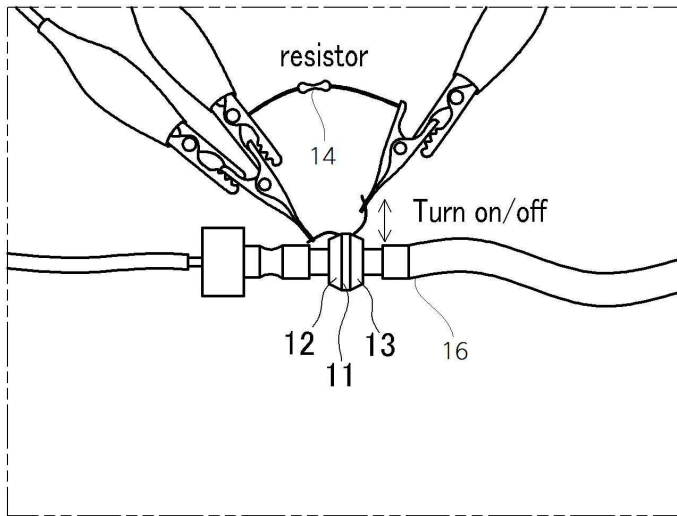
도면2a



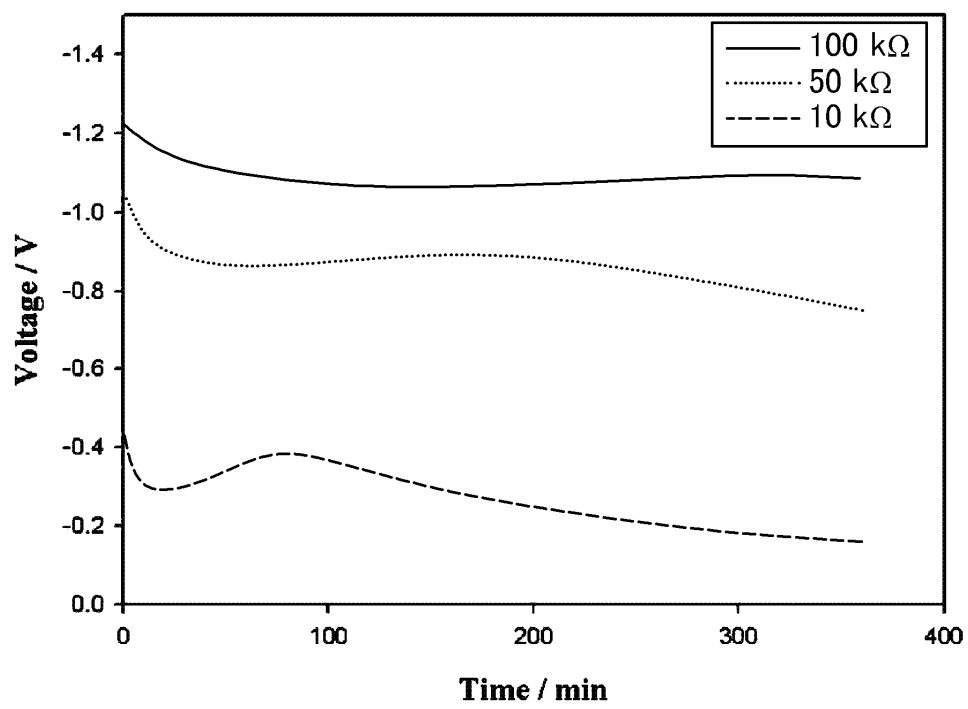
도면2b



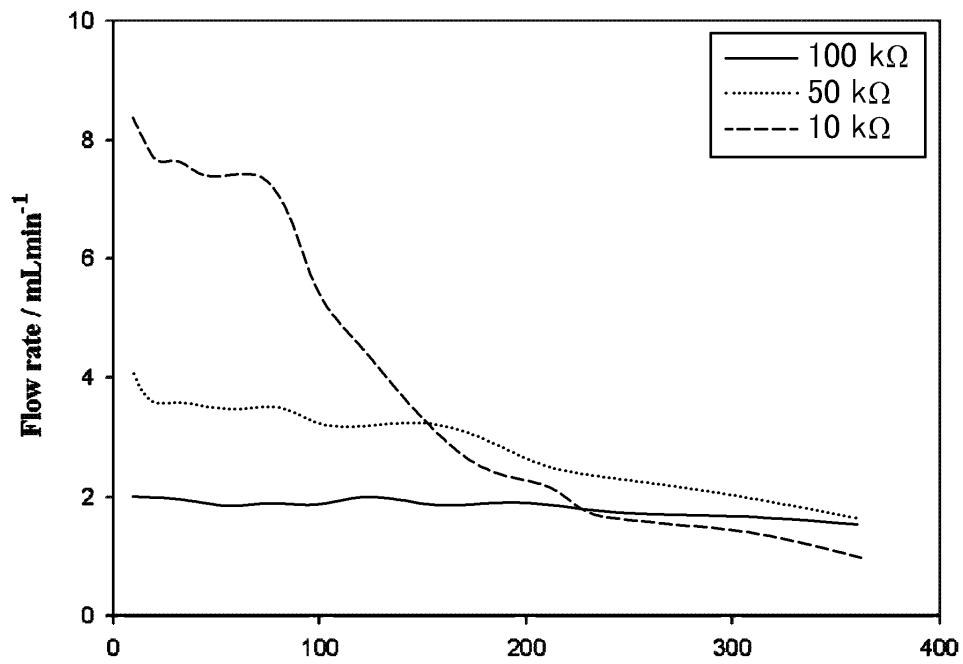
도면3



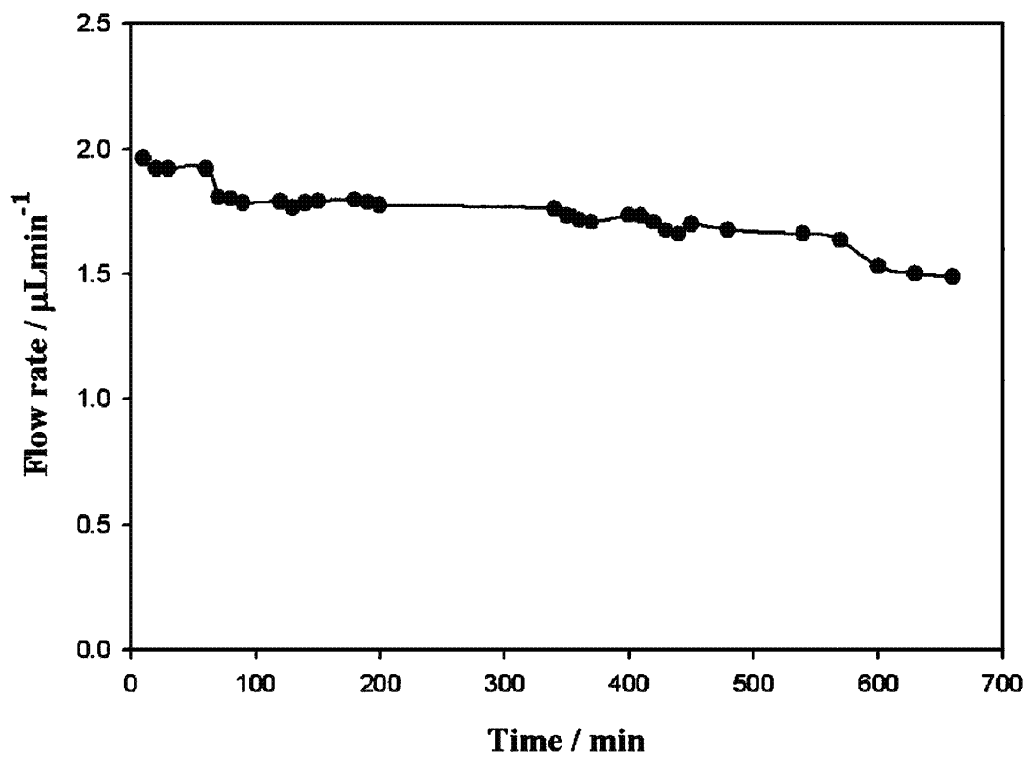
도면4



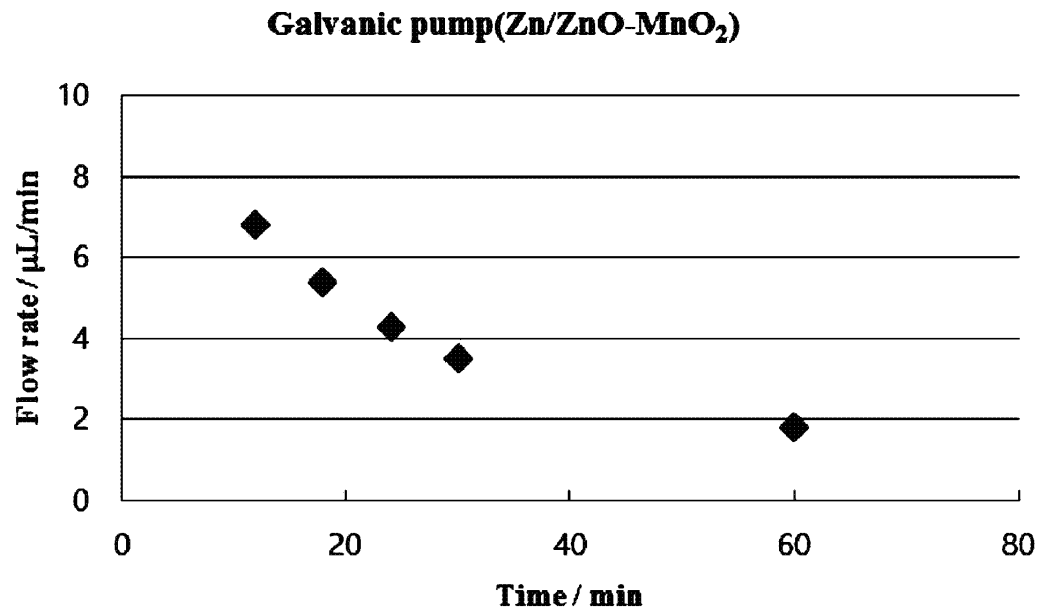
도면5



도면6



도면7



도면8

