(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0116088
(43) 공개일자 2015년10월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12Q 1/16 (2006.01) *C12N 1/12* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0040517
(22) 출원일자 2014년04월04일
심사청구일자 2014년04월04일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
박정열
서울 성동구 독서당로62길 43, 10동 1003호 (응봉동, 대림아파트)
이승엽
서울 서초구 방배중앙로7길 56, 103호 (방배동, 청구빌라)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
지현조

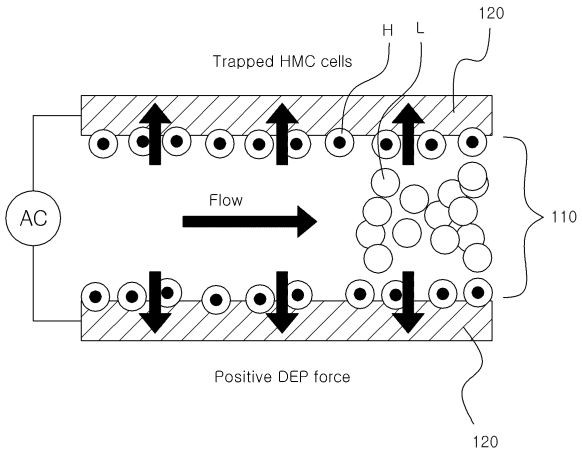
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **유전영동을 이용하여 방사성 물질 제거에 탁월한 미세조류 샘플을 스크리닝하는 방법**

(57) 요 약

유전영동을 이용하여 방사성 물질 제거에 탁월한 미세조류 샘플을 스크리닝하는 방법은, 미세조류의 제1 샘플군을 제공하는 단계, 제1 샘플군을 방사성 물질에 노출시키는 단계, 제1 미세채널 내에서 제1 조건에 따른 제1 유전영동 환경을 형성하는 단계, 제1 유전영동 환경에 친화적인 제2 샘플군을 제외한 나머지 미세조류를 제1 미세채널에서 제거하는 단계, 제1 유전영동 환경을 제거하는 단계, 및 제1 미세채널로부터 제2 샘플군을 획득하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

정광환

경기 성남시 분당구 양현로 192, 1021동 102호 (이매동, 이매촌아파트)

최은표

서울 강남구 삼성로 150, 209동 1406호 (대치동, 미도아파트)

이건아

인천 부평구 경원대로1344번길 8, 104동 1005호 (부평동, 부평두산위브아파트)

왕콩

서울 마포구 백범로 35, 기계공학과 (신수동, 서강대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711002511
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	원자력기술개발사업
연구과제명	대규모 방사성 오염의 생물학적 처리를 위한 친환경 융합 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	서강대학교 산학협력단
연구기간	2013.12.01 ~ 2014.11.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

유전영동을 이용하여 방사성 물질 제거에 탁월한 미세조류 샘플을 스크리닝하는 방법에 있어서,

미세조류의 제1 샘플군을 제공하는 단계;

상기 제1 샘플군을 방사성 물질에 노출시키는 단계;

제1 미세채널 내에서 제1 조건에 따른 제1 유전영동 환경을 형성하는 단계;

상기 제1 유전영동 환경에 친화적인 제2 샘플군을 제외한 나머지 미세조류를 상기 제1 미세채널에서 제거하는 단계;

상기 제1 유전영동 환경을 제거하는 단계; 및

상기 제1 미세채널로부터 상기 제2 샘플군을 획득하는 단계;를 포함하는 미세조류 스크리닝 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 샘플군을 배양하는 단계;

배양된 상기 제2 샘플군을 방사성 물질에 노출시키는 단계;

제2 미세채널 내에서 상기 제1 조건보다 열악한 제2 조건에 따른 제2 유전영동 환경을 형성하는 단계;

상기 제2 유전영동 환경에 친화적인 제3 샘플군을 제외한 나머지 미세조류를 상기 제2 미세채널에서 제거하는 단계;

상기 제2 유전영동 환경을 제거하는 단계; 및

상기 제2 미세채널로부터 상기 제3 샘플군을 획득하는 단계;를 더 포함하는 미세조류 스크리닝 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 미세채널 및 상기 제2 미세채널은 동일 또는 다른 것을 특징으로 하는 미세조류 스크리닝 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 미세채널에는 교류 전원이 공급되는 미세전극 패턴 및 상기 미세전극 패턴을 코팅하는 유전체막이 형성된 것을 특징으로 하는 미세조류 스크리닝 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 미세채널과 연결된 2개 이상의 공급라인이 제공되며, 상기 제1 유전영동 환경을 형성하기 전에 상기 제1 샘플군이 일 공급라인에서 상기 제1 미세채널로 공급된 후, 상기 제1 유전영동 환경을 제거한 후에 타 공급라인에서 상기 제1 미세채널로 미세조류를 포함하지 않은 매질이 상기 제1 미세채널로 공급되는 것을 특징으로 하는 미세조류 스크리닝 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 방사성 물질을 제거하는 기술에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 미세조류(microalgae)를 이용하여 방사성 물질을 제거하되 방사성 물질에 대한 탁월한 제거 능력을 가지는 미세조류를 선별하고 개량하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 바다 또는 강에 유입된 대량의 방사성 물질을 제거하기 위해서, 환경 친화적이면서 대량으로 방사성 물질을 제거할 수 있는 방법의 개발이 시급하다. 이러한 이유로 방사성 물질 제거를 위한 수많은 기술 및 연구들, 예를 들어 저기장 처리방법(electrokinetic decontamination)이나 물리화학적 수처리방법(physic-chemical water treatment)과 같은 연구들이 있어 왔다.

[0003] 참고로 전기장 처리방법과 관련하여 Pazos M.외의 Evaluation of Electrokinetic Technique for Industrial Waste Decontamination (*Separation Science and Technology, 44, 2304, (2009)*)이 발표된 바 있으며, 물리화학적 수처리방법과 관련하여 Kurniawan, T.A. 외의 Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals (*Chemical Engineering Journal, 118, 83 (2006)*)이 발표된 바 있다.

[0004] 하지만, 이러한 방법들은 방사성 물질 줄 일부를 제거할 수는 있지만, 대량의 방사성 물질을 낮은 효율로 제거하고 있으며, 친환경적이 처리방법이나 대량 처리에는 아직 미흡한 부분이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 미세조류를 이용하여 친환경적이면서 대량으로 처리할 수 있는 방사성 물질을 제거하되, 미세조류에 따라 환경에 대한 적응력(environmental adaptability), 방사성 물질에 대한 내성(tolerance against radioactive nuclides) 및 방사성 물질의 제거능력이 다르다는 점을 착안하여, 방사성 물질에 특화된 미세조류를 스크리닝하는 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 예시적인 일 실시 예에 따르면, 유전영동을 이용하여 방사성 물질 제거에 탁월한 미세조류 샘플을 스크리닝하는 방법은, 미세조류의 제1 샘플군을 제공하는 단계, 제1 샘플군을 방사성 물질에 노출시키는 단계, 제1 미세채널 내에서 제1 조건에 따른 제1 유전영동 환경을 형성하는 단계, 제1 유전영동 환경에 친화적인 제2 샘플군을 제외한 나머지 미세조류를 제1 미세채널에서 제거하는 단계, 제1 유전영동 환경을 제거하는 단계, 및 제1 미세채널로부터 제2 샘플군을 획득하는 단계를 포함한다.

[0007] 미세조류(microalgae)는 유전적 특성 및 기타 다양성으로 인해 방사성 물질의 제거능력이 동일하지 않을 수 있다. 본 발명은 미세조류를 변형하거나 특별 표지를 사용하지 않더라도 방사성 물질의 제거에 탁월한 미세조류를 스크리닝할 수 있으며, 스크리닝된 미세조류를 추가로 배양함으로써 방사성 물질 제거에 우월한 특징을 가진 미세조류를 선별할 수 있다.

[0008] 이러한 과정에서 인위적인 유전자 변형을 필요로 하지 않으며, 외부의 영향을 최소로 하여 여러 종류의 미세조류에서 유전적인 관점에서 상대적으로 우월한 미세조류를 선별할 수가 있다.

[0009] 본 발명의 스크리닝 과정은 1회에서도 가능하지만, 바람직하게는 2회 이상 반복하면서 수행될 수 있다. 구체적으로, 이전 스크리닝 과정에서 획득된 제2 샘플군이 획득되면 이를 배양하는 단계, 배양된 제2 샘플군을 방사성 물질에 노출시키는 단계, 제2 미세채널 내에서 제2 조건에 따른 제2 유전영동 환경을 형성하는 단계, 제2 유전영동 환경에 친화적인 제3 샘플군을 제외한 나머지 미세조류를 제2 미세채널에서 제거하는 단계, 제2 유전영동 환경을 제거하는 단계, 및 제2 미세채널로부터 제3 샘플군을 획득하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 여기서, 이전 스크리닝에 비해서 더욱 방사성 물질 제거에 우월한 미세조류를 스크리닝하기 위한 것으로서, 제2 조건은 이전의 제1 조건에 비해 열악할 수가 있다. 예를 들어, 교류 전압이 상대적으로 낮던지, 전극 간의 거리가 더 멀던지, 전극에 흡차된 미세조류를 탈착시키는 미세채널 내 미소유체의 속력을 증가시키던지 아니면 교류 전압의 주파수를 조정하는 등의 조건을 조절할 수가 있다.

[0011] 물론, 그 이후에도 수회의 스크리닝 과정이 지속적으로 반복되어 최종적으로 방사성 물질 제거에 가장 우수한

특징의 미세조류를 선별할 수가 있으며, 이전 및 이후의 미세채널도 동일한 채널을 이용하던가 아니면 다른 치수의 채널을 이용할 수가 있다.

[0012] 제1 미세채널에는 교류 전원이 공급되는 미세전극 패턴 및 상기 미세전극 패턴을 코팅하는 유전체막이 형성되어 제공될 수 있으며, 제1 미세채널 또는 제2 미세채널과 2개 이상의 공급라인이 연결되어 제공될 수 있다. 여기서, 유전영동 환경을 형성하기 전에 샘플군을 포함한 용액이 일 공급라인에서 제1 미세채널로 공급될 수 있으며, 유전영동 환경을 제거한 후에 타 공급라인에서 제1 미세채널로 미세조류를 포함하지 않은 용액이 공급되어 선택되지 않은 미세조류를 제거하던가 선택된 샘플군을 외부로 유출하는 목적으로 사용될 수가 있다.

[0013] 본 명세서에서 '친화적'의 의미는 유전영동에 의해서 미세채널 내에 특정 미세조류가 반응하거나 일시적으로 고정됨을 의미하며, 선별하고자 하는 미세조류에 따라 또는 선별 단계에 따라 상대적인 개념으로 이해될 수가 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 미세조류 스크리닝 방법은 친환경적이면서 대량으로 처리할 수 있는 방법으로 방사성 물질을 제거하되, 미세조류에 따라 환경에 대한 적응력(environmental adaptability), 방사성 물질에 대한 내성(tolerance against radioactive nuclides) 및 방사성 물질의 제거능력이 다르다는 점을 착안하여, 방사성 물질에 가장 특화된 미세조류를 스크리닝하고 배양할 수 있도록 할 수가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1 내지 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 미세조류 스크리닝 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 7은 미세채널에 유전영동을 위한 전극 및 유전체벽을 형성하는 과정을 설명하기 위한 단면도이다.

도 8은 도 7의 과정을 통해서 생성될 수 있는 전극을 설명하기 위한 평면도이며, 도 9는 중금속을 고농도로 함유하고 있는 미세조류의 변화를 설명하기 위한 사진이며, 도 10은 중금속을 저농도로 함유하고 있는 미세조류의 변화를 설명하기 위한 사진이다.

도 11 내지 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따라 미세조류를 스크리닝하는 방법을 설명하기 위한 사시도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.

[0017] 도 1 내지 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 미세조류 스크리닝 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

[0018] 도 1을 참조하면, 미세채널(110)의 상하로 전극(120)이 제공되어 있으며, 미세채널(110)에는 미세조류(H,L)의 제1 샘플군이 분포되어 있다. 도면에서 전극(120)에는 전원이 인가되어 있지 않아 유전영동의 영향이 없다.

[0019] 여기서 미세조류(H,L)는 스트론튬(Sr), 세슘(Cs)과 같은 중금속에 노출되었으며, 미세조류(H,L) 중 일부(H)는 많은 양의 중금속을 흡수한 상태(HMC)에 있을 것이며, 다른 일부(L)는 상대적으로 적은 양의 중금속을 흡수한 상태(LMC)에 있다고 할 수 있다. 이러한 특성의 차이는 유전적 특성에 일부 기인할 수 있다고 가정할 수 있다.

[0020] 여기서 미세조류(H,L)는 클로렐라(Chlorella Vulgaris)가 선택될 수 있고, 이들 미세조류는 질산스크론튬($Sr(NO_3)_2$)이 1mM 정도 녹아 있는 3mM 농도의 탄산나트륨($NaHCO_3$) 용액에서 배양될 수 있다.

[0021] 도 2를 참조하면, 전극(120)으로 25MHz에서 100kHz의 10V 교류전원이 인가되면, 약 1MHz 이상의 주파수에서 스트론튬을 고농도로 함유하는 미세조류가 전극의 엣지에 집중될 수 있다.

[0022] 도 3을 참조하면, 미세채널(110) 내에서 미세조류가 없는 유체를 흘려 전극(120)에 잡혀있지 않은 미세조류, 즉 스트론튬을 저농도로 함유하는 미세조류는 제거될 수 있다. 그 결과, 도 4에서와 같이 미세채널(110) 내에는 잡혀있는 미세조류만 잔류하게 된다.

[0023] 도 5를 참조하면, 유전영동 환경을 제거함으로써 잡혀 있던 미세조류를 전극으로부터 해방시킬 수 있다. 이에

따라 미세채널(110) 내에서 미세조류는 제2 샘플군으로서 외부로 유출되며, 도 6과 같이, 별도로 수집될 수 있다.

[0024] 이후 제2 샘플군의 미세조류는 일정 기간의 배양기간을 통해서 배양될 수 있으며, 도 1 내지 도 6의 과정을 통해서, 배양된 제2 샘플군으로부터 제3 샘플군을 분리할 수 있다.

[0025] 이러한 과정을 반복함으로써, 중금속 흡수 또는 제거에 탁월한 능력을 가진 미세조류를 선별할 수 있으며, 이렇게 선별된 미세조류를 배양하여 이후 방사성 물질을 제거하거나 기타 중금속을 제거할 수 있는 미세조류로 사용할 수가 있다.

[0026] 상기와 같이 반복되는 선별과정에서, 이후에 유전영동 환경을 형성하기 위한 제2 조건은 이전의 제1 조건에 비해 열악하도록 조정되는 것이 바람직하다. 조건을 열악하게 하기 위해서 교류 전압이 상대적으로 낮던지, 전극에 흡착된 미세조류를 탈착시키는 미세채널 내 미소유체의 속력을 증가시키던지 아니면 교류 전압의 주파수를 조정하는 등의 조건을 조절할 수가 있다.

[0027] 도 7은 미세채널에 유전영동을 위한 전극 및 유전체벽을 형성하는 과정을 설명하기 위한 단면도이다.

[0028] 도 7을 참조하면, 유리 기판(150) 상에 크롬/금을 이용한 도전막(160)을 형성한다(a). 그리고, 도전막(160) 상에 사진식각을 위한 마스크 패턴을 형성한 후(b), 마스크 패턴을 이용하여 도전막을 패터닝함으로써 전극(120)을 형성할 수 있다(c). 그 다음 유리 기판(150) 및 전극(120) 상에 질화물을 이용한 유전체벽(170)을 형성할 수 있다(d).

[0029] 도 8은 도 7의 과정을 통해서 생성될 수 있는 전극을 설명하기 위한 평면도이며, 도 9는 중금속을 고농도로 함유하고 있는 미세조류의 변화를 설명하기 위한 사진이며, 도 10은 중금속을 저농도로 함유하고 있는 미세조류의 변화를 설명하기 위한 사진이다.

[0030] 도 8을 참조하면, 전극(120)은 일정한 폭을 왕복하며 지그재그 형상으로 형성되어 있다. 도 9에서와 같이, 중금속을 고농도로 형성하는 경우 전극에 전원이 인가되면서 양 유전영동힘(positive dielectrophoretic force)에 의해 전극(black area)의 엣지에 집중되는 것을 알 수 있으며, 도 10에서는 중금속을 저농도로 형성하는 경우이며, 전극에 전원이 인가되어도 전극으로 미세조류가 집중되지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0031] 도 11 내지 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따라 미세조류를 스크리닝하는 방법을 설명하기 위한 사시도들이다.

[0032] 도 11을 참조하면, PDMS를 이용하여 Y-자형의 미세채널(210)이 형성되어 있으며, 미세채널(210)의 각 단부에 다른 공급라인이 연결될 수 있다. 우선 공급라인 중 하나로부터 제1 샘플군의 미세조류가 공급될 수 있다. 미세채널(210)의 저면에는 전극(220)이 제공되어 있으며, 전원을 통해서 전극으로 교류전원이 인가될 수 있다.

[0033] 미세채널(210) 내에서 미세조류(H,L)의 제1 샘플군은 고르게 분포되어 있다. 전극(220)에는 전원이 인가되어 있지 않아 유전영동의 영향이 없다.

[0034] 여기의 미세조류(H,L)도 스트론튬(Sr), 세슘(Cs)과 같은 중금속에 노출되었으며, 미세조류(H,L) 중 일부는 많은 양의 중금속을 흡수한 상태(HMC)에 있을 것이며, 다른 일부는 상대적으로 적은 양의 중금속을 흡수한 상태(LMC)에 있다고 할 수 있다.

[0035] 도 12를 참조하면, 전극(220)으로 교류전원이 인가되면, 중금속을 고농도로 함유하는 미세조류가 전극(220)의 엣지에 집중될 수 있다. 이때 저농도로 함유하고 있는 미세조류는 미세채널(210) 내부에서 부유하고 있을 수 있다.

[0036] 도 13을 참조하면, 다른 공급라인에서 미세조류를 포함하지 않는 용액이 유입될 수 있다. 용액이 유입에 따라 부유하고 있는 중금속 저농도 미세조류는 제거될 수 있다

[0037] 도 14를 참조하면, 상기 저농도 미세조류를 제거한 후 전극(220)으로 제공되는 전원을 차단할 수 있다. 이와 같이 유전영동 환경이 제거되면 전극(220)에 잡혀 있던 고농도 미세조류는 전극(220)으로부터 분리될 수 있으며, 추가로 유입되는 용액에 의해서 미세채널(210) 밖으로 이동할 수 있다.

[0038] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

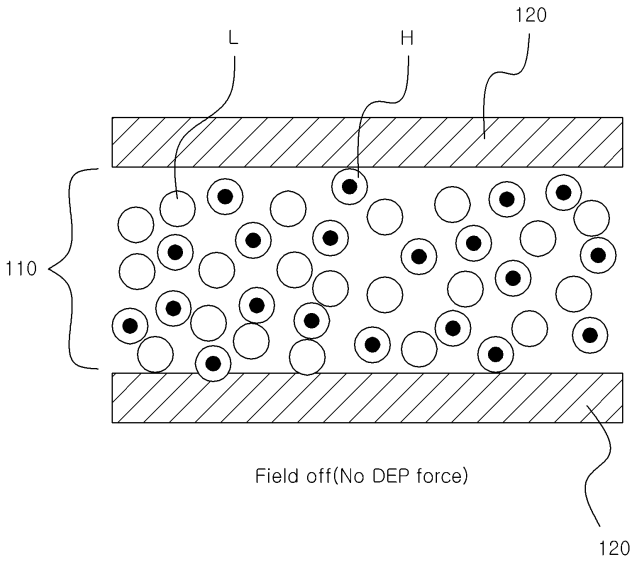
부호의 설명

[0039] 110, 210 : 미세채널 120, 220 : 전극

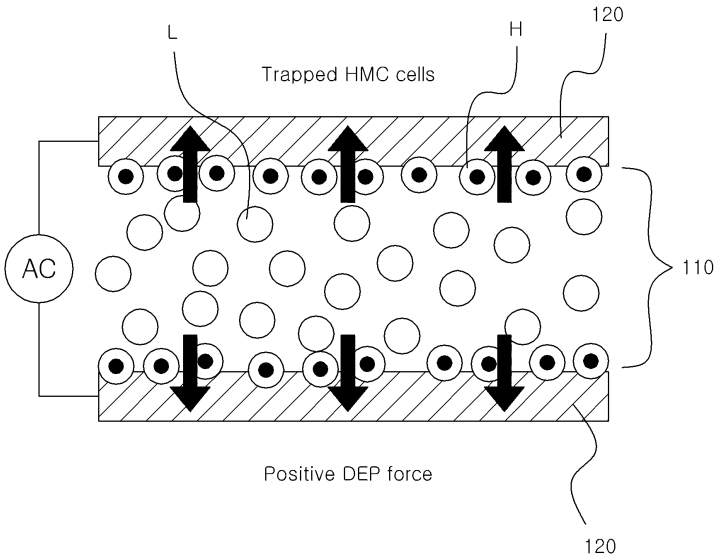
H : 중금속 고농도 미세조류 L : 중금속 저농도 미세조류

도면

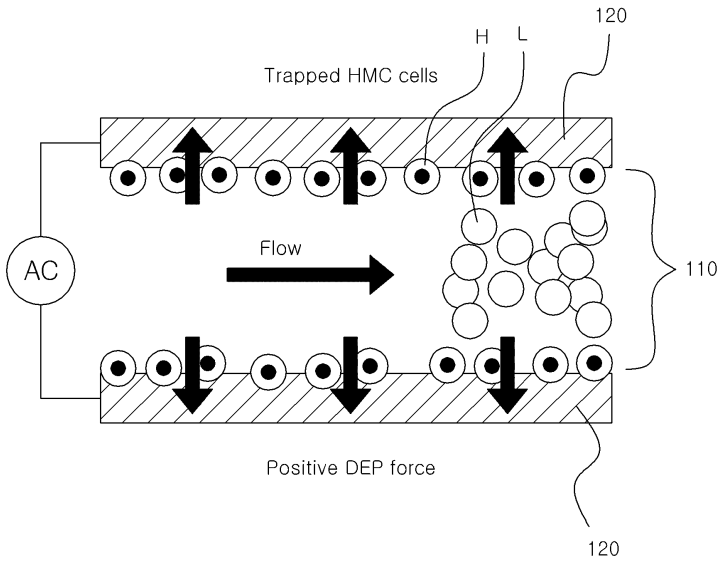
도면1



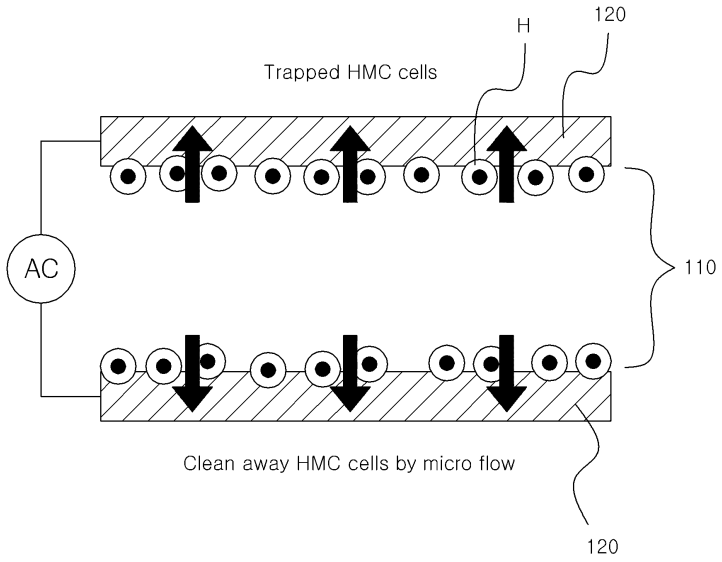
도면2



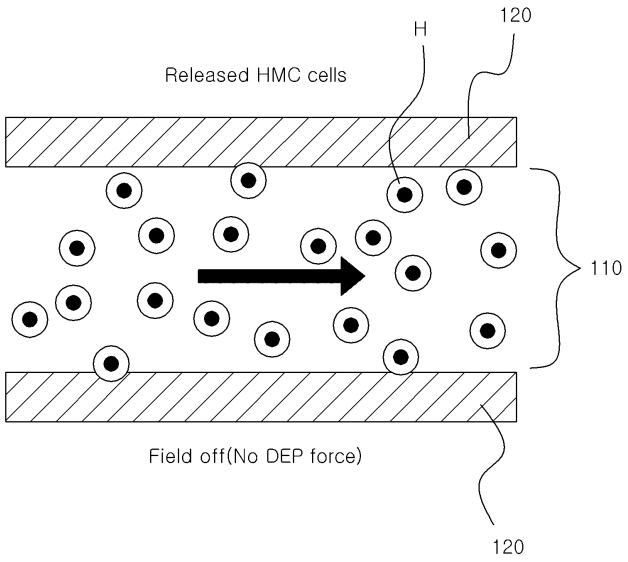
도면3


H
L
120
Trapped HMC cells
AC
Flow
110
Positive DEP force
120

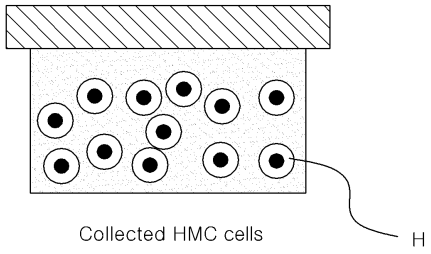
도면4


H
120
Trapped HMC cells
AC
110
Clean away HMC cells by micro flow
120

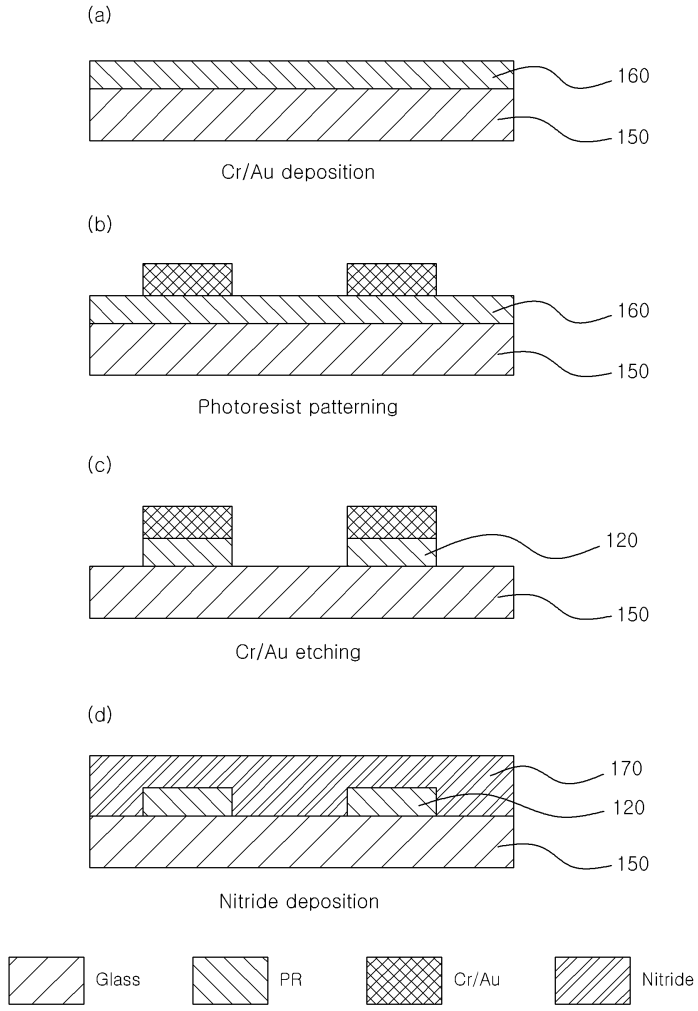
도면5


H
120
Released HMC cells
110
Field off(No DEP force)
120

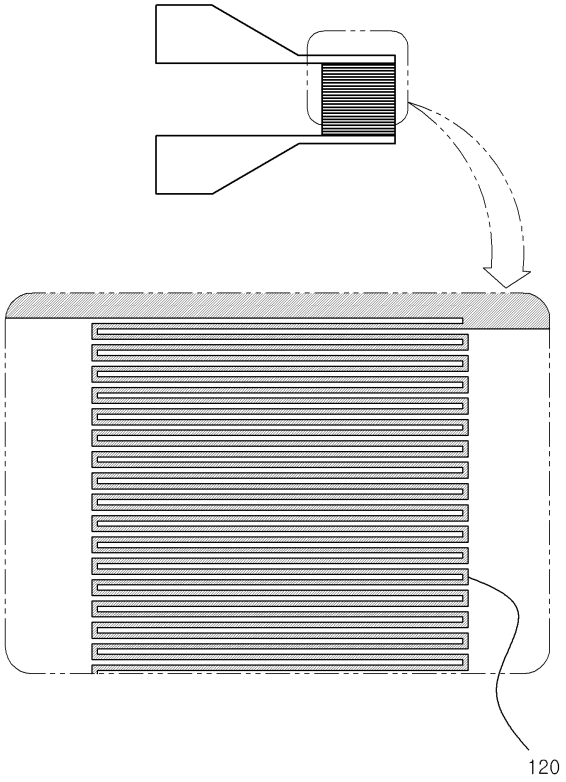
도면6


Collected HMC cells
H

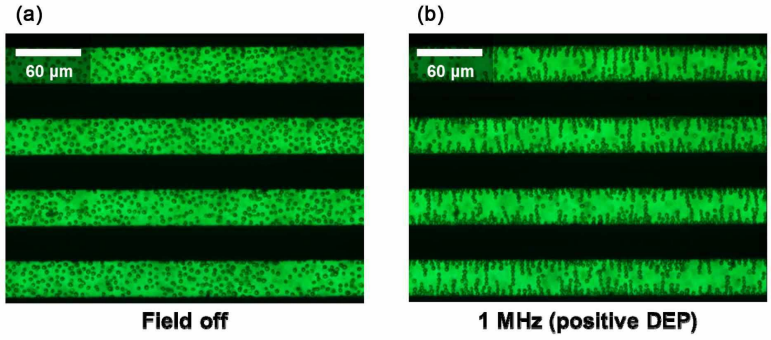
도면7


(a)
160
150
Cr/Au deposition
(b)
160
150
Photoresist patterning
(c)
120
150
Cr/Au etching
(d)
170
120
150
Nitride deposition
Glass
PR
Cr/Au
Nitride

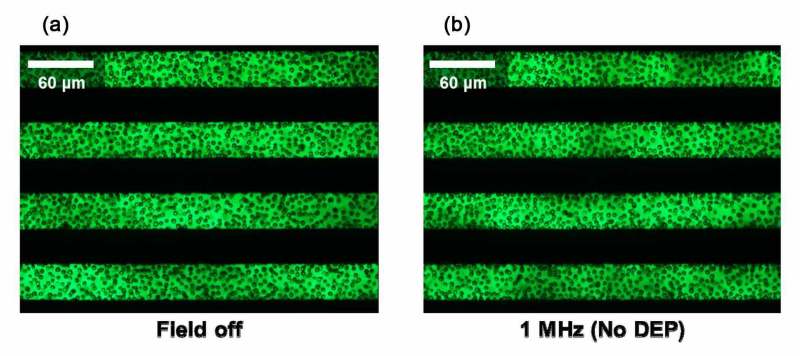
도면8



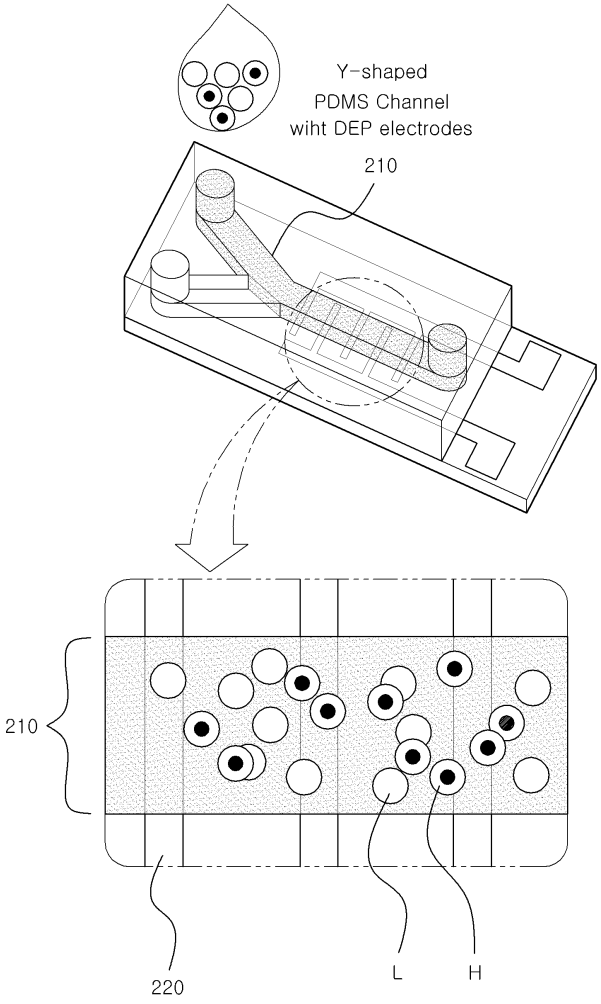
도면9



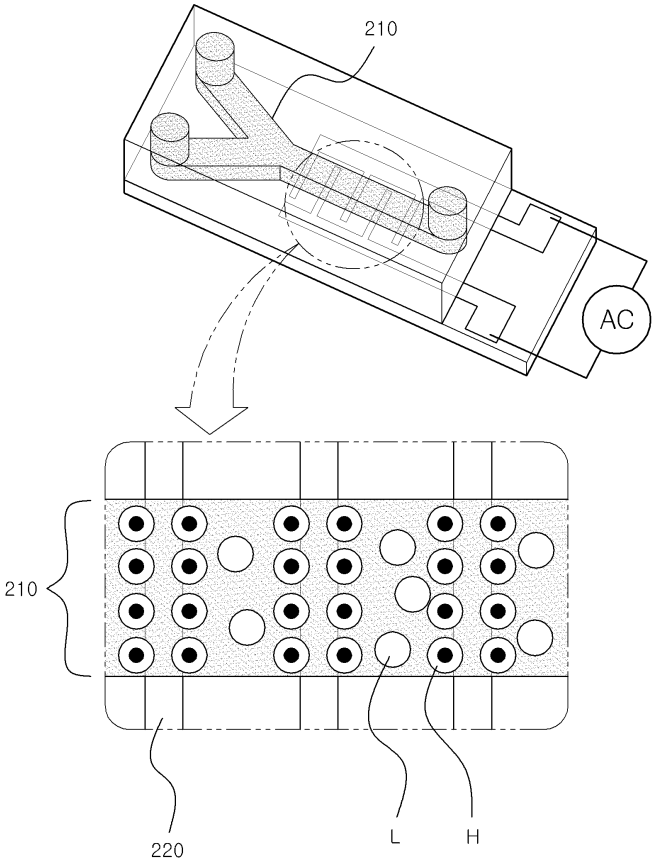
도면10


(a)
60 μm
Field off
(b)
60 μm
1 MHz (No DEP)

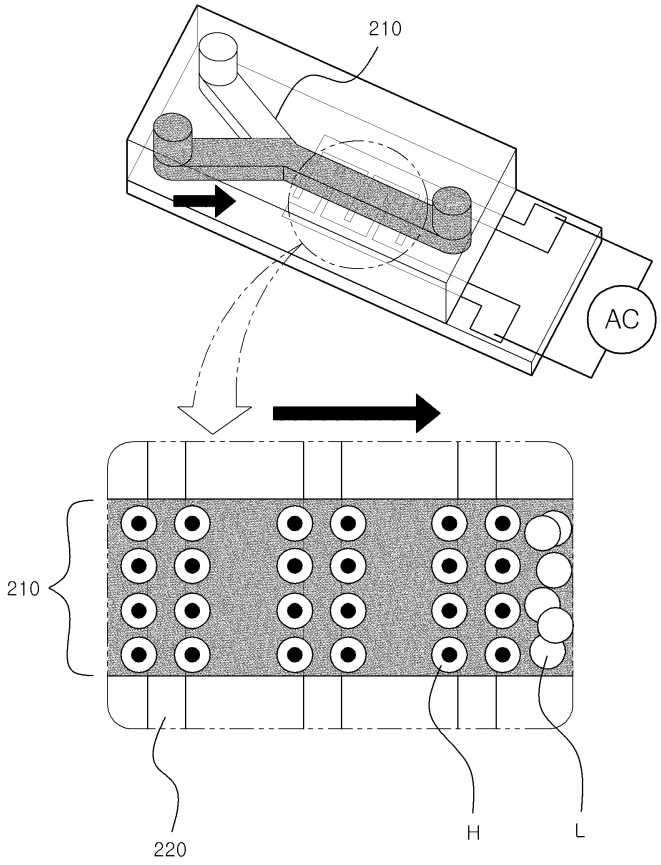
도면11


Y-shaped
PDMS Channel
wiht DEP electrodes
210
210
220
L
H

도면12



도면13



도면14

