



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

(45) 공고일자 2023년06월21일  
(11) 등록번호 10-2546143  
(24) 등록일자 2023년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 27/447 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G01N 27/44786 (2013.01)  
B01L 3/50273 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0162664

(22) 출원일자 2020년11월27일

심사청구일자 2020년11월27일

(65) 공개번호 10-2022-0074314

(43) 공개일자 2022년06월03일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020180126396 A

C M Yousuff 등, micromachines, 2017, 8권, 15호, 페이지 1-15.\*

C. W Shields IV 등, Lab Chip, 2015, 15권, 페이지 1230-1249.\*

KR1020090055734 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

광주과학기술원

광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)

(72) 발명자

양성

광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원 기계공학부

운영란

광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원 의생명공학과

정택언

광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원 기계공학부

(74) 대리인

특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 9 항

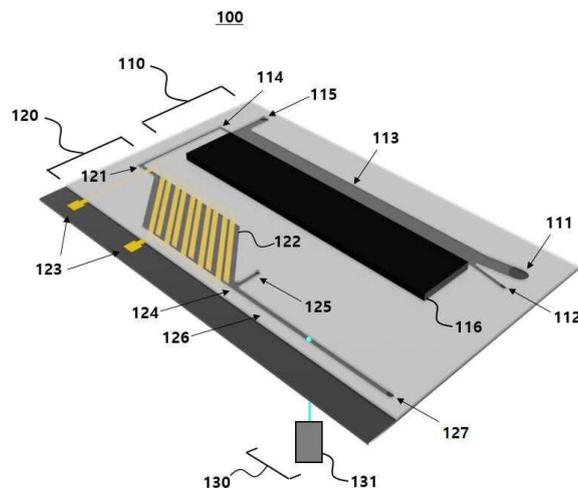
심사관 : 정아영

(54) 발명의 명칭 **다중 미생물 검출 시스템**

(57) 요약

본 발명은 다중 미생물 검출 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 유전영동 힘을 이용한 다중 미생물 검출 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 신속하고 정확한 다중 미생물 검출 장치에 대한 것으로, 미생물과 형광자성입자를 합성 후 자기영동을 이용하여 높은 처리량으로 미생물을 농축하고, 유전영동 힘을 이용하여 자성입자와 복합체(자성입자가 결합된 미생물)를 분리한 후 미생물 복합체만 검출부로 이동시켜 형광자성입자가 결합된 미생물 복합체가 상기 검출부를 지날 때 형광자성입자 종류에 따라 특정 파장대의 형광신호가 발생하며 이를 측정 및 분석함으로써 미생물 종류에 따른 농도를 측정할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- G01N 27/44721 (2013.01)
- G01N 27/44743 (2013.01)
- B01L 2200/0668 (2013.01)
- B01L 2300/0861 (2013.01)
- B01L 2400/0424 (2013.01)
- B01L 2400/043 (2013.01)
- B01L 2400/049 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711105128
과제번호	2016M3A7B4910556
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노·소재원천기술개발사업
연구과제명	식품샘플 전처리 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	광주과학기술원
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

자력(magnetic force)을 발생시키는 자성 부재를 포함하고, 자력을 이용하여 자성입자-미생물 복합체를 농축하는 농축부;

상기 자력과 유전영동 힘(dielectrophoresis force, DEP force)을 이용하여, 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 분리하는 분리부; 및

자성입자-미생물 복합체를 자성입자의 형광신호를 통해 검출하는 검출부를 포함하며,

상기 농축부와 상기 분리부는 상기 자성 부재를 사이에 두고 소정의 간격으로 평행하게 배치되는 것이며,

상기 농축부와 상기 분리부는 유체의 흐름이 서로 반대 방향으로 설정되는 것을 특징으로 하는,

다중 미생물 검출 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 농축부는 자성입자 및 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 샘플 용액을 주입하는 제1주입부;

쉬스 용액(sheath fluid)을 주입하는 제2주입부;

상기 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 이동시키는 농축 채널;

상기 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 상기 분리부로 전달하는 제1배출부 및

상기 샘플 용액을 배출하는 제2배출부를 포함하는 다중 미생물 검출 시스템.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 농축 채널은 자성 부재와 평행하게 위치하고, 자성입자-미생물 복합체는 상기 자력에 의하여 농축 채널의 일 측면을 따라 이동하는 다중 미생물 검출 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 분리부는 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 주입하는 제3주입부;

자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 이동시키는 분리 채널;

분리된 자성입자를 배출하는 제3배출부 및 분리된 자성입자-미생물 복합체를 검출채널로 전달하는 제4배출부를 포함하는 다중 미생물 검출 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 분리 채널의 일단은 상기 제3주입부와 결합되고,  
 상기 분리 채널의 타단은 상기 제3배출부 및 제4배출부와 결합되고,  
 상기 분리 채널의 너비(width)는 일단에서부터 증가하다가 타단으로 다시 감소하는 다중 미생물 검출 시스템.

**청구항 6**

제4항에 있어서,  
 상기 분리 채널은 사각형의 형상으로 일측면이 자성 부재와 평행하게 배치되고, 상기 제3주입부는 상기 자성 부재와 가까운 일측면의 단부에 결합하고, 상기 제3배출부 및 제4배출부는 제3주입부에서 대각선의 위치에 결합하는 다중 미생물 검출 시스템.

**청구항 7**

제4항에 있어서,  
 상기 제3배출부 및 제4배출부는 상기 분리 채널의 타단에서 수직으로 위치하는 다중 미생물 검출 시스템.

**청구항 8**

제4항에 있어서,  
 상기 분리 채널의 하부에는 패턴화된 전극을 더 포함하는 다중 미생물 검출 시스템.

**청구항 9**

제8항에 있어서,  
 상기 전극은 분리 채널에서 자성입자-미생물 복합체의 주입 방향과 소정의 각도를 이루면서 패턴화된 다중 미생물 검출 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 다중 미생물 검출 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 유전영동 힘을 이용한 다중 미생물 검출 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 유전영동은 1951년 Pohl에 의해 정의되었다. 유전영동은 불균일한 전기장에 입자가 놓였을 때, 입자에 유도된 쌍극자에 의해 입자에 방향성 있는 힘이 가해지는 현상을 말한다. 힘의 세기는 입자와 매질의 전기적 특성 (electrical property)과 유전특성(dielectric property), 교류 전기장의 주파수 등에 따라 달라지며, 이를 이용하여 입자의 움직임을 제어할 수 있다. 유전영동 기술은 편극이 가능한 입자 모두에 적용 가능하기 때문에, 세포를 포함한 다양한 생물 입자의 이동, 분리, 포집 등에 활용될 수 있다.

[0003] 미생물을 검출하기 위해 사용되는 종래의 절차는 전형적으로 시료를 배양하는 단계를 수반한다. 이 경우, 표적 미생물은 이러한 표적 미생물에 특이적인 배양 배지(culture medium)에서 배양될 수 있다. 이러한 가장 보편적으로 이용되는 배양법의 경우 24시간 이상 미생물 배양이 요구되어 시간이 오래 걸린다는 문제점이 있다.

[0004] 또한, 면역 크로마토그래피, RT-PCR 역시 검출 시간이 오래 걸리며, 소량의 샘플을 이용하여 미생물의 농도가 낮은 경우 정확한 검출이 어렵고, 오류 결과를 나타낼 가능성이 높다는 문제점이 있다.

[0005] 따라서 정확한 검출을 위해서는 미생물 농도 증가를 위한 전처리 과정이 필요하지만 농축 기능과 통합된 센서는 매우 제한적이며, 기존 통합 센서의 경우 처리 속도가 매우 낮은 문제가 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-208468호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 유전영동 힘을 이용한 다중 미생물 검출 시스템을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 미생물 입자와 결합된 자성 입자에 대응하는 유전영동 힘을 이용하여 미생물 입자를 검출하기 위한 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0009] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 상기한 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 미생물 검출 장치는, 자력(magnetic force)을 발생시키는 자성 부재를 포함하고, 자력을 이용하여 자성입자-미생물 복합체를 농축하는 농축부; 상기 자력과 유전영동 힘(dielectrophoresis force, DEP force)을 이용하여, 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 분리하는 분리부; 및 자성입자-미생물 복합체를 자성입자의 형광신호를 통해 검출하는 검출부를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 농축부는 자성입자 및 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 샘플 용액을 주입하는 제1주입부; 쉬스 용액(sheath fluid)을 주입하는 제2주입부; 상기 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 이동시키는 농축 채널; 상기 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 상기 분리부로 전달하는 제1배출부 및 상기 샘플 용액을 배출하는 제2배출부를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 농축 채널은 자성 부재와 평행하게 위치하고, 자성입자-미생물 복합체는 상기 자력에 의하여 농축 채널의 일 측면을 따라 이동할 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 분리부는 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 주입하는 제3주입부; 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 이동시키는 분리 채널; 분리된 자성입자를 배출하는 제3배출부 및 분리된 자성입자-미생물 복합체를 검출채널로 전달하는 제4배출부를 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 분리 채널의 일단은 상기 제3주입부와 결합되고, 상기 분리 채널의 타단은 상기 제3배출부 및 제4배출부와 결합되고, 상기 분리 채널의 너비(width)는 일단에서부터 증가하다가 타단으로 다시 감소할 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 분리 채널은 사각형의 형상으로 일측면이 자성 부재와 평행하게 배치되고, 상기 제3주입부는 상기 자성 부재와 가까운 일측면의 단부에 결합하고, 상기 제3배출부 및 제4배출부는 제3주입부에서 대각선의 위치에 결합될 수 있다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 제3배출부 및 제4배출부는 상기 분리 채널의 타단에서 수직으로 위치할 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 분리 채널의 하부에는 패턴화된 전극을 더 포함할 수 있으며, 상기 전극은 분리 채널에서 자성입자-미생물 복합체의 주입 방향과 소정의 각도, 바람직하게는 90도 이내의 각도를 이루면서 패턴화될 수 있다.

**발명의 효과**

[0018] 본 발명은 신속하고 정확한 다중 미생물 검출 장치에 대한 것으로, 미생물과 형광자성입자를 합성 후 자기영동을 이용하여 높은 처리량으로 미생물을 농축하고, 유전영동 힘을 이용하여 자성입자와 복합체(자성입자가 결합된 미생물)를 분리한 후 미생물 복합체만 검출부로 이동시켜 형광자성입자가 결합된 미생물 복합체가 상기 검출부를 지날 때 형광자성입자 종류에 따라 특정 파장대의 형광신호가 발생하며 이를 측정 및 분석함으로써 미생물 종류에 따른 농도를 측정할 수 있다.

[0019] 본 발명의 효과들은 상술된 효과들로 제한되지 않으며, 본 발명의 기술적 특징들에 의하여 기대되는 잠정적인 효과들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 미생물 검출 시스템을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 자성입자-미생물 복합체의 합성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분리 채널의 확대도(A) 및 단면도(B)를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 검출부와 함께 그 실시 형태를 개략적으로 나타낸 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0021] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고, 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세히 설명하고자 한다.

[0022] 청구범위에 개시된 발명의 다양한 특징들은 도면 및 상세한 설명을 고려하여 더 잘 이해될 수 있을 것이다. 명세서에 개시된 장치, 방법, 제법 및 다양한 실시예들은 예시를 위해서 제공되는 것이다. 개시된 구조 및 기능상의 특징들은 통상의 기술자로 하여금 다양한 실시예들을 구체적으로 실시할 수 있도록 하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 개시된 용어 및 문장들은 개시된 발명의 다양한 특징들을 이해하기 쉽게 설명하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.

[0023] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0024] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 미생물 검출 시스템을 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 미생물 검출 시스템을 도시한 도면이다.

[0027] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 미생물 검출 시스템은 자력(magnetic force)을 발생시키는 자성 부재(116)를 포함하고, 자력을 이용하여 자성입자-미생물 복합체를 농축하는 농축부(110); 상기 자력과 유전영동 힘(dielectrophoresis force, DEP force)을 이용하여, 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 분리하는 분리부(120); 및 자성입자-미생물 복합체를 자성입자의 형광신호를 통해 검출하는 검출부(130)를 포함할 수 있다. 상기 구성요소는 판 형상의 플레이트 상면에 배치될 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 미생물 검출 시스템은 상기 구성 요소가 배치될 수 있는 케이스를 더 포함할 수 있고, 검출된 미생물의 종류 및 농도 중 적어도 하나에 대한 정보를 시각적 및/또는 청각적으로 표시할 수 있는 출력부를 더 구비할 수 있다. 이러한 출력부는 스피커, 디스플레이장치 또는 이들의 조합으로 구성될 수 있다. 디스플레이장치는 액정 디스플레이(liquid crystal display: LCD), 박막 트랜지스터 액정 디스플레이(thin film transistor liquid crystal display: TFT LCD), 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode: OLED), 플렉서블 디스플레이(flexible display), 3차원 디스플레이(3D display), 또는 전자잉크 디스플레이(e-ink display)를 포함할 수 있으며, 상기 출력부는 제어부로부터 정보를 수신하여 표시할 수 있다.

[0029]

[0030] 본 발명의 다중 미생물 검출 시스템에서 상기 농축부(110)는 자성입자와 결합된 미생물 복합체를 농축하고, 농축된 자성입자-미생물 복합체를 상기 분리부(120)로 전달할 수 있다.

[0031] 일 실시예에서, 미생물 입자에 결합된 자성 입자는 형광 자성 입자일 수 있으며, 본 발명의 다중 미생물 검출 시스템은 특정 미생물에 결합된 형광 자성 입자의 형광 신호를 분석하여 여러 종류의 미생물을 동시에 검출할 수 있다.

- [0032] 도 2는 본 발명의 자성입자-미생물 복합체의 합성 방법을 도시한다.
- [0033] 본 발명에서는 형광신호를 나타내는 자성입자를 미생물과 합성하여 활용하며, 상기 자성입자는 여러 종류( $M_1$ ,  $M_2$ , ... $M_n$ )가 이용될 수 있으며, 각 자성 입자는 서로 다른 파장대의 형광신호를 나타낸다. 따라서 미생물의 종류에 따라 서로 다른 파장대를 나타내는 자성입자가 결합되며 형광신호의 측정/분석을 통해 여러 종의 미생물을 동시에 검출할 수 있다.
- [0034] 구체적으로 상기 형광자성입자는 특정 파장에서 발색하는 형광 염료(fluorescent dye) 및 Protein A를 포함하고 있다. 형광자성입자의 표면은 공유 결합(covalent bond)에 의하여 Protein A가 고정화되어 있다. 입자 표면의 Protein A는 항체와 높은 특이성 및 강한 친화성을 갖는다. Protein A에 결합된 항체는 특정 미생물과 결합하여 형광 자성 입자-미생물 복합체를 형성한다.
- [0035] 일 실시예에서, 농축부(110)는 제1주입부(111), 제2주입부(112), 농축 채널(113), 제1배출부(114), 제2배출부(115) 및 자성 부재(116)를 포함할 수 있다.
- [0036] 상기 제1주입부(111) 및 제2주입부(112)는 상기 농축 채널의(113)의 일단부에 결합되고, 제1배출부(114) 및 제2배출부(115)는 상기 농축 채널의(113)의 타단부에 결합될 수 있다.
- [0037] 상기 제1주입부(111)는 자성 입자와 미생물이 결합된 복합체를 포함하는 샘플 용액을 주입할 수 있으며, 제2주입부(112)는 쉬스 유체(sheath fluid)를 주입할 수 있다.
- [0038] 상기 주입된 샘플 용액 및 쉬스 유체는 상기 농축 채널(113)의 입구에서 혼합되고 따라서 상기 농축 채널(113)은 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 유체를 배출구(114 및 115)로 이동시킬 수 있다.
- [0039] 상기 제1배출부(114)는 상기 농축 채널(113)을 이동한 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 분리부(120)로 전달할 수 있으며, 제2배출부(115)는 자성입자-미생물 복합체를 제외한 샘플 용액을 시스템의 외부로 배출할 수 있다.
- [0040] 자성 부재(116)는 상기 농축 채널(113) 일측면에 평행하게 배치되고, 미생물 입자와 결합된 자성 입자에 자력(magnetic force)을 발생시킬 수 있다. 이에 따라, 자성 입자와 결합된 미생물 복합체는 자성 입자에 작용하는 자력에 의해 농축 채널(113)의 일 측면을 따라 이동할 수 있다.
- [0041] 도 1에서와 같이 상기 자성 부재(116)는 직육면체의 형상일 수 있지만, 그 형상은 발명을 실시하는 자에 의하여 용이하게 선택될 수 있다. 상기 자성 부재(116) 및 상기 농축 채널(113)의 길이는 동일한 것이 바람직하며, 농축부(110)와 분리부(120)는 상기 자성 부재(116)를 사이에 두고 소정의 간격으로 평행하게 배치되고, 유체의 흐름은 서로 반대 방향으로 설정된다. 상기 간격은 자성 부재(116)의 자기력이 영향을 미칠 수 있는 거리인 것이 바람직하다.
- [0042] 일 실시예에서, 농축부(110)는 폴리에틸렌 튜브(polyethylene tube)와 소프트 리소그래피(soft-lithography)를 이용한 PDMS(polydimethylsiloxane) 채널로 제조될 수 있다.
- [0043] 분리부(120)는 농축부(110)로부터 전달된 미생물 복합체에 작용하는 자력 및 이에 대응하는 유전영동 힘(dielectrophoresis force, DEP force)을 이용하여 미생물 복합체를 형성하지 못한 자성 입자와 자성입자-미생물 복합체를 분리할 수 있다.
- [0044] 일 실시예에서, 분리부(120)는 제3주입부(121), 분리 채널(122), 전극부(123) 및 제3배출부(124)를 포함할 수 있으며, 상기 분리부(120)는 분리된 자성입자-미생물 복합체를 검출채널로 전달하는 제4배출부(125)를 더 포함할 수 있다.
- [0045] 제3주입부(121)는 제1배출부(115)를 통하여 농축부(110)로부터 전달된 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액을 주입할 수 있다.
- [0046] 제3주입부(121)와 제1배출부(115)는 자성 부재(116)를 사이에 두고 양 측면에 평행하게 위치하고, 동일한 재질의 연결 튜브에 의하여 연결되며, 유체의 흐름 방향은 서로 반대 방향으로 구현된다. 구체적으로 상기 연결 튜브도 폴리에틸렌 튜브(polyethylene tube)와 소프트 리소그래피(soft-lithography)를 이용한 PDMS(polydimethylsiloxane) 채널로 제조될 수 있다.
- [0047] 즉 상기 연결 튜브는 자성 부재(116)의 외면 둘레를 감싸며 설치될 수 있고, 제1배출부(115)로 배출된 자성입자-미생물 복합체를 포함하는 쉬스 용액은 상기 연결 튜브를 따라서 배출 방향과 반대의 방향으로 제3주입부(12

1)에 주입된다.

- [0048] 상기 제1주입부(111)에서 주입된 샘플 용액에는 자성입자-미생물 복합체뿐만 아니라 미생물과 복합체를 형성하지 못한 자성입자도 포함하고 있다.
- [0049] 농축부(110)에서는 자성 부재(116)에 의한 자력만 형성되므로 상기 미생물과 복합체를 형성하지 못한 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 분리할 수 없으나, 분리부(120)에서는 전극부(123)에 의하여 유전영동 힘을 추가로 형성시킴으로써 미생물과 복합체를 형성하지 못한 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 분리할 수 있다.
- [0050] 분리 채널(122)은 쉬스 용액과 함께 미생물과 복합체를 형성하지 못한 자성입자와 자성입자-미생물 복합체를 이동시킬 수 있다.
- [0051] 분리 채널(122)의 일단은 제3주입부(121)와 결합되고, 분리 채널(122)의 타단은 상기 제3배출부(124) 및 제4배출부(125)와 결합될 수 있다. 이 경우, 상기 분리 채널(122)의 너비(width)는 분리 채널(122)의 일단에서부터 증가하다가 타단으로 다시 감소할 수 있다. 즉 상기 분리 채널(122)은 제3주입부(121)에서 분리 채널(122)의 중간부로 갈수록 너비가 증가하고, 중간부 이후에서 상기 제3배출부(124) 및 제4배출부(125)까지 너비가 감소한다.
- [0052] 일 실시예에서, 분리부(120)는 폴리에틸렌 튜브(polyethylene tube)와 소프트 리소그래피(soft-lithography)를 이용한 PDMS(polydimethylsiloxane) 채널로 제조될 수 있다.
- [0053] 도 1을 참고하면, 본 발명의 실시예에서 상기 분리 채널(122)은 사각형, 더욱 바람직하게는 평행사변형의 형상으로 일측면이 자성 부재와 평행하게 배치되고, 상기 제3주입부(121)는 상기 자성 부재와 가까운 분리 채널(122) 일측면의 단부에 결합하고, 상기 제3배출부(124) 및 제4배출부(125)는 제3주입부(121)에서 분리 채널(122)의 대각선 위치에 결합된다.
- [0054] 상기 농축 채널(113) 및 분리 채널(122)은 자성 부재(116)를 사이에 두고 평행하게 양 측면에 위치할 수 있다.
- [0055] 상기 제4배출부(125)는 검출 채널(126)로 연장되고 상기 분리 채널(122)에서 분리된 자성입자-미생물 복합체는 상기 검출 채널(126)을 따라서 검출부(130)로 이동하게 된다.
- [0056] 도 3은 분리 채널(122)의 확대도와 단면도를 도시한다.
- [0057] 상기 농축부(110)에 의하여 농축된 샘플에는 복합체(형광자성입자+미생물)뿐만 아니라 미생물과 복합체를 형성하지 못한 형광자성입자가 함께 존재할 수 있다. 이러한 복합체를 형성하지 못한 형광자성입자는 샘플 내 미생물 농도를 광학적으로 검출시 측정 오류를 발생시킬 수 있으므로, 검출부로 샘플을 이동시키기 이전에 복합체를 형성하지 못한 형광자성입자를 분리하는 과정이 요구된다.
- [0058] 도 3A를 참조하면, 상기 분리 채널(122)의 하부에는 패턴화된 전극이 형성되고, 상기 전극은 다중 미생물 검출 시스템의 플레이트 상에 백금, 금, 크롬과 같은 박막 전도체로 MEMS 공정을 이용하여 형성할 수 있다.
- [0059] 상기 분리 채널(122)의 패턴화된 전극은 자성입자-미생물 복합체의 주입 방향과 소정의 각도(90도 이내)를 이루면서 패턴화될 수 있고, 바람직하게는, 자성 부재와 평행하지 않은 분리 채널(122)의 변과 평행하게 분리 채널(122)의 하부에 패턴화될 수 있다.
- [0060] 전극부(123)는 교류(alternating current, AC) 신호를 발생시켜 상기 패턴화된 전극에 인가되고, 교류 신호의 주파수에 따라 자성입자-미생물 복합체에 대응하는 유전영동 힘을 발생시키고 이를 이용하여 형광자성입자와 복합체를 분리할 수 있다.
- [0061] 분리 채널(122)에서 미생물과 복합체를 형성하지 못한 형광자성입자에는 유전영동 힘이 발생하지 않고, 자성 부재에 의한 자력만 작용하게 되고, 이로 인해 형광자성입자는 자성 부재(116)에 인접한 분리 채널(122)의 벽면을 따라 이동한 후 제4배출부(125)로 분리 배출된다. 상기 제4배출부(125)는 검출 채널(126)에 대하여 자성 부재(116)가 존재하는 방향으로 수직으로 형성되고, 따라서 자성입자는 자성 부재(116)와 평행하게 위치하는 분리 채널(122)의 일측면을 따라 이동하여 상기 제4배출부(125)로 이동한다.
- [0062] 도 3B를 참고하면, 형광자성입자와 결합된 미생물 복합체는 유전영동 힘에 의하여 전극을 따라 센서 방향으로 이동하고 제3배출부(124)로 배출된다. 상기 전극에 인가되는 AC신호의 주파수 조건을 이용하여 상기 복합체만 선택적으로 분리 및 이동시킬 수 있다.
- [0063] 도 3B는 본 발명의 일 실시예에 따른 유전영동 힘을 도시한 도면이다.

[0064] 이 경우, 예를 들어, 미생물 복합체와 결합된 자성 입자에 작용하는 자력은 하기 <수학식 1>과 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 1**

[0065] 
$$\vec{F}_{Mag} = 2\pi\mu_m K(\mu_m, \mu_p) a^3 \nabla |\vec{H}_{ext}(\vec{r}_0)|^2$$

[0066] 여기서,  $\vec{F}_{Mag}$  는 자력,  $\mu_m$  는 매질 투자율(medium permeability),  $K(\mu_m, \mu_p)$  는 CM 인자,  $\mu_p$  는 입자 투자율 (particles permeability),  $a$  는 입자 반경(particles radius),  $\vec{H}_{ext}$  는 자기장(magnetic field),  $\vec{r}_0$  는 위치 벡터(position vector)를 나타낸다.

[0067] 분리 채널(122)의 너비는 점차 넓어지는 구조로 설계되어 분리 채널(122)를 통해 이동하는 유체 속도가 점차 감소할 수 있다.

[0068] 이 경우, 유속 감소를 위한 분리 채널(122)에서, 미생물 입자에 작용하는 힘은 항력과 유전영동 힘을 포함할 수 있다. 여기서, 항력은 유속에 비례하여 증가하며, 항력이 높은 경우, 유전영동 힘에 의하여 미생물 입자가 분리 되지 못하고 유체를 따라 흘러갈 수 있다.

[0069] 따라서, 유전영동 힘을 이용하여 미생물 입자를 분리하기 위하여 항력 감소가 필요할 수 있다. 이 경우, 본 발명에 따른 분리 채널(122)은 해당 채널의 너비를 점차 증가시켜 유체 속도를 감소시키고 이를 통해 항력을 감소시킬 수 있다.

[0070] 예를 들어, 분리 채널(122)의 너비 구조에 따른 항력과 유전영동 힘 각각은 하기 <수학식 2>와 <수학식 3>과 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 2**

[0071] 
$$\vec{F}_d = 6\pi\eta a \vec{U}$$

[0072] 여기서,  $\vec{F}_d$  는 항력,  $\eta$  는 매질의 점도(viscosity of medium),  $a$  는 입자 반경(particles radius),  $\vec{U}$  는 유체 플로우의 속도(velocity of fluid flow)를 나타낸다.

**수학식 3**

[0073] 
$$F_{DEP} = 2\pi\epsilon_m r^3 \text{Re}[K(\omega)] \cdot \nabla |\underline{E}(r)|^2$$

[0074] 여기서,  $F_{DEP}$  는 유전영동 힘,  $\epsilon_m$  는 매질의 유전율(permittivity of medium),  $r$  는 입자들의 반경(radius of the particles),  $K(\omega)$  는 CM 인자,  $\underline{E}(r)$  는 전기장(electric field)을 나타낸다.

[0075] 감소된 항력과 유전영동 힘에 의하여 자성입자-미생물 복합체는 분리 채널(122)의 하부에 패턴화된 전극의 예지(edge) 부분으로 끌어당겨 지면서 전극의 예지(edge)를 따라 이동하게 된다.

[0076] 상기 분리 채널(122)은 배출부(124 및 125)로 갈수록 다시 너비가 감소하는데 이러한 분리 채널(122)의 감소하는 너비에 의하여 유속이 다시 증가하고, 따라서 감소된 항력이 다시 증가하게 되고, 증가한 항력은 전극의 예지(edge) 부분으로 끌어당겨 졌던 자성입자-미생물 복합체를 상기 배출부(124 및 125)로 전달할 수 있다.

[0077] 상기 분리 채널(122)에서 분리된 자성입자-미생물 복합체는 제3배출부(124)로 이동하고, 제3배출부(124)로부터 연장된 검출 채널(126)로 이동한다.

[0078] 상기 검출 채널(126)의 말단에는 제5배출부(127)가 위치하고, 상기 검출 채널(126) 및 제5배출부(127) 사이에는

자성입자-미생물 복합체의 광학적 검출을 위한 검출부(130)가 위치한다. 따라서 상기 분리 채널(122)에서 분리된 자성입자-미생물 복합체는 상기 검출 채널(126)을 이동하며, 검출부(130)를 지나 제5배출부(127)를 통하여 외부로 배출된다.

- [0079] 일 실시예에서, 상기 검출 채널(126)은 폴리에틸렌 튜브(polyethylene tube)와 소프트 리소그래피(soft-lithography)를 이용한 PDMS(polydimethylsiloxane) 채널로 제조될 수 있다.
- [0080] 도 4를 참조하면, 상기 검출부(130)는 형광자성입자의 형광 표지자를 여기(excitation) 시키기 위한 광원(131) 및 방출된 빛을 검출하기 위한 광검출기(132)를 포함할 수 있다. 구체적으로 상기 광원은 LED(Light-Emitting Diode)와 같은 광원이다.
- [0081] 상기 검출 채널(126)과 검출부(130)는 서로 교차되어 배치되고, 상기 광원(131)은 검출 채널(126)의 하부에 위치하고, 검출 채널(126) 내의 자성입자-미생물 복합체에 의하여 방출된 광을 검출할 수 있는 광검출기(132)는 검출 채널(126)의 상부에 위치한다.
- [0082] 각각의 미생물은 종류에 따라 서로 다른 방출(emission) 과장대를 나타내는 형광 표지자와 결합되며 방출(emission)된 빛을 정확하게 검출하기 위하여 각 광검출기(132)는 특정 광학 신호를 검출하기 위한 필터와 함께 구성될 수 있다. 이 광학 신호는 형광, 광 흡광도, 화학 발광, 광학 산란(예를 들어, 레일리 산란, 미산란 및 라만 산란), 이미징, 투과율, 입자 크기, 입자 수, 혼탁도 및 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0083] 따라서 자성입자-미생물 복합체가 검출 채널(126)을 이동하면서 검출부(130)를 통과하게 되는 경우 미생물의 종류에 따라 각각 다른 신호가 발생하게 되고, 광검출기(132)는 상기 다른 신호를 검출함으로써 미생물의 종류 및 농도를 측정할 수 있다.
- [0084] 도 4의 하단의 그래프는, 본 발명의 일 실시예에 따른 광검출기(132)를 통한 자성입자-미생물 복합체의 검출을 도시한 도면이다.
- [0085] 자성입자-미생물 복합체로부터 방출된 서로 다른 파장은 광검출기(132)로 검출하기 이전에 광학 필터에 의하여 분리될 수 있으며, 상기 광학 필터에 의하여 분리된 서로 다른 광신호는 대응하는 복수의 광검출기(132)에 의하여 검출될 수 있다.
- [0086] 따라서 각 광검출기(132)에서 측정된 신호를 분석하여 미생물 종류와 함께 각 미생물의 개별적인 농도의 측정이 가능하며, 이를 통하여 샘플 내에 존재하는 다양한 미생물에 대한 동시 검출이 가능하다.
- [0087] 상기 검출부(130)의 구성은 당해 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 용이하게 선택될 수 있다.
- [0088] 다중 미생물 검출 시스템은 제어부(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [0089] 일 실시예에서, 제어부는 적어도 하나의 프로세서 또는 마이크로(micro) 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부일 수 있다. 제어부는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 미생물 검출 시스템(100)의 동작을 제어할 수 있다.
- [0090] 제어부는 신호발생기를 포함하고 있으며, 유전영동 힘을 통해 미생물 거동을 제어하고 광검출기로부터 발생하는 전기적 신호를 분석하며, 측정된 신호결과에서 미생물에 의해 발생하는 피크(peak)를 계수함으로써 샘플 내 미생물 농도를 측정하고 이를 디스플레이에 표시할 수 있다.
- [0091] 농도에 따른 검정곡선(calibration curve)과 검출된 전기적 신호를 이용하여 샘플 내 미생물 농도를 측정하고 이를 디스플레이에 표시할 수 있다.
- [0092] 상기 제어부는 미생물 검출 시스템의 각 구성요소에 필요한 전력을 공급할 수 있고, DC 신호 발생기 및 AC 신호 발생기를 포함할 수 있다.
- [0093] 상기 AC 신호 발생기는 AC 신호를 분리 채널(122)의 전극부(123)에 인가하여 유전영동 힘을 이용하여 미생물 복합체를 분리할 수 있다.
- [0095] 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 통상의 기술자라면 본 발명의 본질적인 특성이 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능할 것이다.
- [0096] 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라, 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

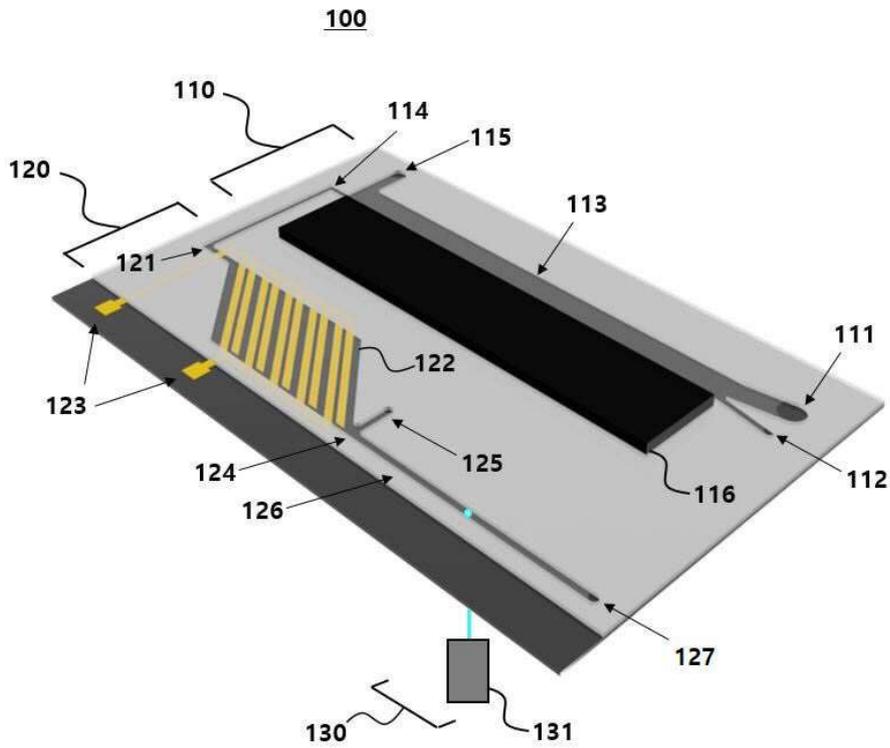
[0097] 본 발명의 보호범위는 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

**부호의 설명**

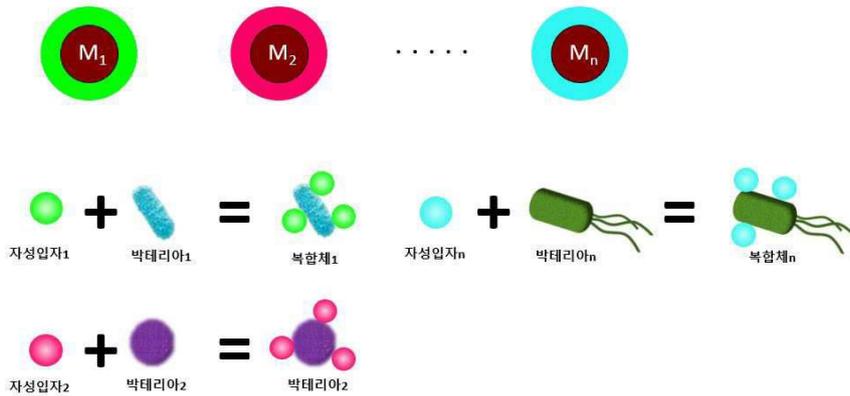
- [0099] 100: 다중 미생물 검출 시스템  
 110: 농축부  
 111: 제1주입부  
 112: 제2주입부  
 113: 농축 채널  
 114: 제1배출부  
 115: 제2배출부  
 116: 자성 부재  
 120: 분리부  
 121: 제3주입부  
 122: 분리 채널  
 123: 전극부  
 124: 제3배출부  
 125: 제4배출부  
 126: 검출 채널  
 127: 제5배출부  
 130: 검출부  
 131: 광원  
 132: 광검출기

도면

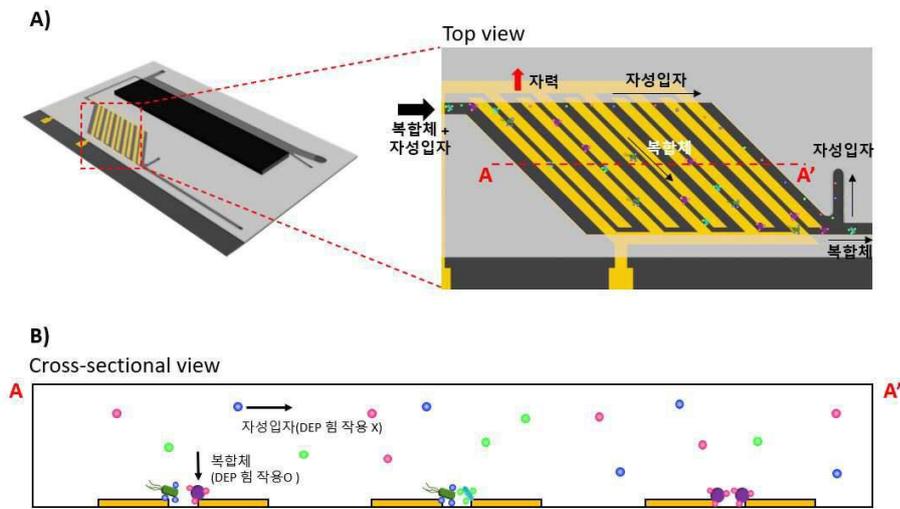
도면1



도면2



도면3



도면4

