



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월10일
 (11) 등록번호 10-1987560
 (24) 등록일자 2019년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F04B 19/00 (2006.01) *F04D 13/06* (2006.01)
 (52) CPC특허분류
F04B 19/006 (2013.01)
F04D 13/06 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0173376
 (22) 출원일자 2017년12월15일
 심사청구일자 2017년12월15일
 (56) 선행기술조사문헌
 US20160319806 A1*
 KR1020100111097 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
 (72) 발명자
신세현
 서울시 서초구 방배로 270, 바동406호 (방배동, 신삼호아파트)
김진성
 경기도 김포시 양도로 46 (풍무동 양도마을서해아파트 211동) 211동 1302호
나원휘
 서울특별시 광진구 광나루로56길 29, 14동 401호 (구의동, 현대프라임아파트) 14동 401호
 (74) 대리인
특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 12 항

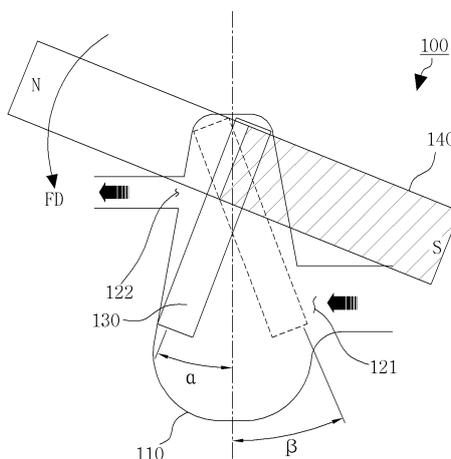
심사관 : 이성수

(54) 발명의 명칭 **내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프**

(57) 요약

본 발명은 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프에 관한 것으로, 세로 방향으로의 폭이 가로 방향으로의 폭보다 긴 형상의 펌핑 챔버와, 상기 펌핑 챔버의 상기 가로 방향 양측에 각각 형성된 입구 및 출구와, 상기 펌핑 챔버 내에서 전자 운동 가능하게 설치되는 회전 바와, 상기 펌핑 챔버 외부에서 자력에 의해 상기 회전 바를 전자 운동시키는 자장 인가부를 포함하며; 상기 자장 인가부는 상기 회전 바의 전자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도가 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전하도록 상기 회전 바에 자력을 인가하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 펌핑 챔버의 구조, 내부의 회전 바, 그리고 외부의 자석 부재의 회전만으로 펌핑 구조를 구현함으로써, 간단하면서도 저렴하고, 작은 사이즈로 신뢰성을 보장하면서도, 랩-온-칩 기술에 쉽게 적용할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프에 있어서,
 세로 방향으로의 폭이 가로 방향으로의 폭보다 긴 형상의 펌핑 챔버와,
 상기 펌핑 챔버의 상기 가로 방향 양측에 각각 형성된 입구 및 출구와,
 상기 펌핑 챔버 내에서 진자 운동 가능하게 설치되는 회전 바와,
 상기 펌핑 챔버 외부에서 자력에 의해 상기 회전 바를 진자 운동시키는 자장 인가부를 포함하며;
 상기 자장 인가부는 상기 회전 바의 진자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도가 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전하도록 상기 회전 바에 자력을 인가하는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 자장 인가부는 상기 펌핑 챔버의 외부에서 회전 가능하게 설치되는 막대 형상의 자석 부재를 포함하며;
 상기 회전 바는 상기 자석 부재의 S극과 N극 중 어느 하나를 따라 정방향으로 회전하다가 상기 펌핑 챔버의 내벽에 걸린 상태에서, 상기 자석 부재의 지속적인 회전에 따라 S극과 N극 중 다른 하나가 접근함에 따라 발생하는 자기장의 변화에 의해 역방향으로 회전하되 상기 정방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전하여 상기 역방향 측에 형성된 상기 출구 측으로 유체를 펌핑하는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 자석 부재의 회전축은 상기 회전 바의 진자 운동의 축과 일치하거나, 상기 세로 방향 외측에 위치하는 것을 특징으로 하는 미세 유동 펌프.

청구항 4

제2항에 있어서,
 상기 회전 바는 자성을 갖거나 상기 자장 인가부에 의해 자화 가능한 재질로 마련되는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 5

제2항에 있어서,
 상기 회전 바는 상기 가로 방향으로의 폭보다 길게 형성된 막대 형상을 가지며;
 상기 회전 바의 진자 운동의 축은 상기 세로 방향으로 편심되도록 상기 펌핑 챔버 내부 또는 외부에 형성되는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 회전 바의 상기 진자 운동의 축은 상기 펌핑 챔버 내부의 상기 세로 방향 일측이 근접하게 형성되며;
 상기 펌핑 챔버의 상기 가로 방향으로의 폭은 상기 세로 방향의 일측으로부터 타측으로 갈수록 넓어지는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 출구의 상기 세로 방향에서의 위치는 상기 입구보다 상기 회전 바의 상기 진자 운동의 축에 근접하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 출구 및 상기 입구는 상기 세로 방향으로 상호 동일하거나 상호 상이한 위치에 형성되는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 출구의 폭은 상기 입구의 폭보다 좁게 형성되는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 출구 측으로의 유체의 펌핑은 상기 회전 바의 진자 운동의 정역 방향 간의 회전 속도 간의 편차에 의해 발생하는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 자장 인가부는 전류의 방향에 따라 극이 가변되는 전자석을 포함하고;

상기 회전 바는 S극과 N극 중 어느 하나의 자성을 갖는 영구 자석 재질로 마련되며;

상기 전자석은 일측으로부터 타측으로의 극의 변화가 반대 방향으로의 극의 변화보다 빠르게 변화하여 상기 회전 바의 진자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도를 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전시키는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 자장 인가부는 상기 회전 바의 진자 운동 양측에서 각각 자력을 교대로 인가하여 상기 회전 바를 진자 운동하게 하는 제1 전자석 및 제2 전자석을 포함하며;

상기 제1 전자석의 자력이 상기 제2 전자석의 자력보다 크게 형성되어 상기 회전 바의 진자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도가 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 형성되는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 내부의 회전 바를 외부의 자석 부재가 회전시킴에 있어 급격한 자기장의 변화에 따라 펌핑이 가능한 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 랩-온-칩(LOC : Lap-on-a-chip) 기술은 상당한 발전이 이루어진 상태이며, 생체의학, 미세 화학 및 정밀

의료 분야를 포함하는 다양한 분야에서 사용되고 있다. 미세 유동 펌프의 소형화와 상업화가 성공적으로 이루어졌다 하더라도, 복잡한 채널 구조, 유체학적 유동, 그리고 입출력 펌프에서는 아직 미숙한 실정이다.

- [0003] 이와 같은 문제점의 주요 원인은 램-온-칩 기술에 있어 여전히 사용되고 있는 외부 펌핑 구조로부터 야기된다. 따라서, 혁신적인 미세 유동 펌핑의 필요성이 이슈화되고 있으며, 간단하면서도 저렴하고, 작은 사이즈로 신뢰성을 보장하면서도, 램-온-칩 기술에 쉽게 적용할 수 있는 마이크로 펌프의 개발에 대한 요구가 여전히 높다.
- [0004] 근래에 다양한 마이크로 펌프 기술과 작동 원리가 제안되어 왔으며, 설치 위치에 따라 내부 펌프와 외부 펌프로 분류되거나, 펌핑 방식에 따라 기계적 또는 비기계적, 수동 또는 능동 펌프로 분류되고 있다. 이러한 펌핑 기술 중 전기습윤(Electro-wetting) 기술은 상용화된 제품으로 바이러스 진단 시스템에 성공적으로 적용된 바 있다. 또한, 외부 동력을 사용하지 않는 수동 모세관 펌프(Passive capillary pump)가 소개된 바 있다.
- [0005] 체크 밸브가 장착된 왕복동 펌프가 공압 및 압전 다이어프램과 같은 작동 메커니즘으로 제안되어 왔다. 일반적으로 왕복동 펌프는 상용 제품으로 알려진 패시브 체크 밸브와 함께 압전 다이어프램을 기반으로 하고 있다.
- [0006] 한편, Yuan 등의 논문 "Bubble-based micropump for electrically conducting liquids (Journal of Micromechanics and Microengineering, Volume 11, Number 3)"에서는 두 개의 큰 유체 챔버에 비대칭적 위치의 마이크로 채널 내부에서 기포가 반복적으로 팽창하고 붕괴하는 형태로 구동되는 관성력 기반의 마이크로 펌프가 제안되었다. 이는 두 저장조 사이의 마이크로 채널에서 기포 발생의 비대칭적 위치로 인해 유체 흐름에서 편향된 흐름 관성이 발생하여 순 흐름이 발생하는 원리를 기반으로 한 것으로, 최근에는 기포 구동 마이크로 펌프에 잉크젯 기술이 추가로 적용되어 HP사가 마이크로 펌프를 개발하기도 하였다.
- [0007] 상기와 같은 기존의 펌프는 다양한 구동 방식으로 내부에 설치되는 마이크로 펌프들이나, 상기 펌프들은 상술한 요구들 즉, 간단하면서도 저렴하고, 작은 사이즈로 신뢰성을 보장하면서도, 램-온-칩 기술에 쉽게 적용할 수 있어야 한다는 요구를 충분히 충족시키지 못하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 간단하면서도 저렴하고, 작은 사이즈로 신뢰성을 보장하면서도, 램-온-칩 기술에 쉽게 적용할 수 있는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적은 본 발명에 따라, 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프에 있어서, 세로 방향으로의 폭이 가로 방향으로의 폭보다 긴 형상의 펌핑 챔버와, 상기 펌핑 챔버의 상기 가로 방향 양측에 각각 형성된 입구 및 출구와, 상기 펌핑 챔버 내에서 진자 운동 가능하게 설치되는 회전 바와, 상기 펌핑 챔버 외부에서 자력에 의해 상기 회전 바를 진자 운동시키는 자장 인가부를 포함하며; 상기 자장 인가부는 상기 회전 바의 진자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도가 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전하도록 상기 회전 바에 자력을 인가하는 것을 특징으로 하는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프에 의해서 달성된다.
- [0010] 여기서, 상기 자장 인가부는 상기 펌핑 챔버의 외부에서 회전 가능하게 설치되는 막대 형상의 자석 부재를 포함하며; 상기 회전 바는 상기 자석 부재의 S극과 N극 중 어느 하나를 따라 정방향으로 회전하다가 상기 펌핑 챔버의 내벽에 걸린 상태에서, 상기 자석 부재의 지속적인 회전에 따라 S극과 N극 중 다른 하나가 접근함에 따라 발생하는 자기장의 변화에 의해 역방향으로 회전하되 상기 정방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전하여 상기 역방향 측에 형성된 상기 출구 측으로 유체를 펌핑할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 자석 부재의 회전축은 상기 회전 바의 진자 운동의 축과 일치하거나, 상기 세로 방향 외측에 위치할 수 있다.
- [0012] 그리고, 상기 회전 바는 자성을 갖거나 상기 자장 인가부에 의해 자화 가능한 재질로 마련될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 회전 바는 상기 가로 방향으로의 폭보다 길게 형성된 막대 형상을 가지며; 상기 회전 바의 진자 운동의 축은 상기 세로 방향으로 편심되도록 상기 펌핑 챔버 내부 또는 외부에 형성될 수 있다.
- [0014] 그리고, 상기 회전 바의 상기 진자 운동의 축은 상기 펌핑 챔버 내부의 상기 세로 방향 일측이 근접하게 형성되

며; 상기 펌핑 챔버의 상기 가로 방향으로의 폭은 상기 세로 방향의 일측으로부터 타측으로 갈수록 넓어질 수 있다.

- [0015] 그리고, 상기 출구의 상기 세로 방향에서의 위치는 상기 입구보다 상기 회전 바의 상기 진자 운동의 축에 근접하도록 형성될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 출구 및 상기 입구는 상기 세로 방향으로 상호 동일하거나 상호 상이한 위치에 형성될 수 있다.
- [0017] 그리고, 상기 출구의 폭은 상기 입구의 폭보다 좁게 형성될 수 있다.
- [0018] 그리고, 상기 출구 측으로의 유체의 펌핑은 상기 회전 바의 진자 운동의 정역 방향 간의 회전 속도 간의 편차에 의해 발생할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 자장 인가부는 전류의 방향에 따라 극이 가변되는 전자석을 포함하고; 상기 회전 바는 S극과 N극 중 어느 하나의 자성을 갖는 영구 자석 재질로 마련되며; 상기 전자석은 일측으로부터 타측으로의 극의 변화가 반대 방향으로의 극의 변화보다 빠르게 변화하여 상기 회전 바의 진자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도를 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전시킬 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 자장 인가부는 상기 회전 바의 진자 운동 양측에서 각각 자력을 교대로 인가하여 상기 회전 바를 진자 운동하게 하는 제1 전자석 및 제2 전자석을 포함하며; 상기 제1 전자석의 자력이 상기 제2 전자석의 자력보다 크게 형성되어 상기 회전 바의 진자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도가 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따르면, 내부의 회전 바를 외부의 자석 부재가 회전시킴에 있어 펌핑 챔버의 구조에 따라 회전 바가 진자 운동을 하고, 급격한 자기장의 변화에 따라 역방향으로의 회전이 정방향으로의 회전보다 빨라 관성의 차이로 인한 펌핑이 가능한 내부 펌핑 구조를 갖는 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프가 제공된다.
- [0022] 또한, 펌핑 챔버의 구조, 내부의 회전 바, 그리고 외부의 자석 부재의 회전만으로 펌핑 구조를 구현함으로써, 간단하면서도 저렴하고, 작은 사이즈로 신뢰성을 보장하면서도, 랩-온-칩 기술에 쉽게 적용할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명에 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프의 구조를 나타낸 도면이고, 도 2 및 도 3은 본 발명에 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프의 작동 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명에 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프의 작동 원리를 설명하기 위한 도면이고, 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유도 시스템의 실험 결과를 설명하기 위한 도면이고, 도 7은 본 발명의 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프의 입구 및 출구의 다양한 위치를 설명하기 위한 도면이고, 도 8 및 도 9는 본 발명에 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프의 자장 인가부의 다른 예들을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명한다.
- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프(100)의 구조를 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)은 펌핑 챔버(110), 입구(121), 출구(122), 회전 바(130) 및 자장 인가부(140)를 포함한다.
- [0026] 펌핑 챔버(110)는 세로 방향으로의 폭이 가로 방향으로의 폭보다 긴 형상을 갖는다. 본 발명에서는 펌핑 챔버(110)가, 도 1에 도시된 바와 같이, 세로 방향에서의 일측으로부터 타측으로 갈수록 가로 방향의 폭이 넓어지는 형상, 예컨대 파이(Pie) 형상을 갖는 것을 예로 한다.

- [0027] 입구(121) 및 출구(122)는 펌핑 챔버(110)의 가로 방향 양측에 각각 형성되는 것을 예로 한다. 도 1에서는 도면을 기준으로 우측에 입구(121)가 형성되고 좌측에 출구(122)가 형성되는 것을 예로 한다.
- [0028] 여기서, 입구(121) 및 출구(122)는, 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)가 미세 유체 시스템(1)에 적용되는 경우 미세 유체 시스템(1)의 미세 채널(3)에 연결되어 페루프를 형성하는 것을 예로 하는데, 미세 채널(3)이 페루프를 형성하는 것은 일 예이며, 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 적용 분야에 따라 개방된 채널을 형성하는 것도 가능하다.
- [0029] 회전 바(130)는 펌핑 챔버(110) 내부에 설치되는데, 펌핑 챔버(110) 내부에서 진자 운동 가능하게 설치된다. 본 발명에서는, 회전 바(130)가 펌핑 챔버(110)의 가로 방향으로의 폭보다 길게 형성되어 펌핑 챔버(110) 내에서 진자 운동 가능하게 설치된다.
- [0030] 보다 구체적으로 설명하면, 회전 바(130)는 축을 중심으로 회전 가능하게 설치되는데, 그 길이가 펌핑 챔버(110)의 가로 방향으로의 폭보다 길게 형성되어 일측 방향으로 회전할 때, 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이, 펌핑 챔버(110)의 내벽에 걸리는 상태가 된다. 마찬가지로, 회전 바(130)가 반대 방향으로 회전할 때에도, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이 반대측의 내벽에 걸리게 된다. 따라서, 회전 바(130)는 펌핑 챔버(110) 내부에서 정역 방향으로 일정 각도 범위($\alpha+\beta$) 내에서 진자 운동이 가능한 상태가 된다.
- [0031] 자장 인가부(140)은 펌핑 챔버(110)의 외부에서 자력에 의해 회전 바(130)를 진자 운동시킨다. 본 발명의 실시예에서는 자장 인가부(140)가 펌핑 챔버(110)의 외부에서 회전 가능하게 설치되는 막대 형상의 자석 부재로, S극과 N극을 갖는 자석 부재인 것을 일 예로 하며, 이하에서는 자장 인가부(140)가 자석 부재인 것을 예로 하여 설명한다.
- [0032] 또한, 본 발명에서는 회전 바(130)가 자성을 갖거나 자장 인가부(140), 즉 자석 부재에 의해 자화 가능한 재질로 마련되는 것을 예로 한다. 이를 통해 자장 인가부(140)의 회전 방향, 예컨대 정방향으로의 회전에 따라 회전 바(130)가 정방향으로 회전하다가 자기장의 변화에 따라 자장 인가부(140)의 회전 방향과 반대 방향, 즉 역방향으로 회전하는 진자 운동을 하게 되는 바, 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.
- [0033] 여기서, 본 발명의 실시예에서는 회전 바(130)의 진자 운동의 축은 세로 방향으로 편심되도록 설치되는데, 펌핑 챔버(110) 내부에 위치하거나 펌핑 챔버(110)의 외측에 위치하는 축을 중심으로 진자운동을 할 수 있다. 이는 자장 인가부(140), 즉 자석 부재의 회전축의 위치에 따라 변할 수 있다.
- [0034] 여기서, 자장 인가부(140)의 회전축은 진자 운동의 축과 일치하거나 세로 방향 외측에 위치하는 것을 예로 한다. 바람직하게는 도 1에 도시된 도면을 기준으로, 진자 운동의 축보다 위측에 배치되되 펌핑 챔버(110) 내측 또는 외측에 위치하는 것을 예로 한다.
- [0035] 그리고, 본 발명의 실시예에서는 출구(122)의 세로 방향에서의 위치가 입구(121)보다 회전 바(130)의 진자 운동의 축에 근접하게 형성되는 것을 예로 한다. 즉, 입구(121)는 회전 바(130)의 진자 운동의 반경 방향 외측에 위치하고, 출구(122)는 회전 바(130)의 진자 운동의 반경 방향 외측에 위치하는 것을 일 예로 하고 있다. 그리고, 본 발명의 실시예에서는 출구(122)의 폭이 입구(121)의 폭보다 좁게 형성되는 것을 예로 하는데, 본 발명에서는 입구(121)의 폭이 출구(122)의 폭보다 2배 크게 형성되는 것을 예로 하였다.
- [0036] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 작동 과정을 도 2를 참조하여 설명한다.
- [0037] 먼저, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 회전 바(130)의 하부 끝단이 펌핑 챔버(110)의 좌측 내벽에 접한 상태로 가정한 상태에서 자장 인가부(140)가 정방향으로 회전하게 되면, 회전 바(130)는 자장 인가부(140)의 S극 또는 N극을 따라 정방향으로 회전하게 된다. 본 발명에서는 S극이 먼저 회전 바(130) 측으로 접근하여 회전 바(130)가 S극을 따라 정방향으로 회전하는 것을 예로 한다.
- [0038] S극을 따라 회전하던 회전 바(130)는 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이, 펌핑 챔버(110)의 우측 벽에 걸린 상태로 멈추게 되는데, 자장 인가부(140)는 회전 바(130)가 멈추는 것과 무관하게 계속 정방향으로 회전하게 된다.
- [0039] 이와 같은 자장 인가부(140)의 지속적인 회전에 따라 자장 인가부(140)의 N극이 회전 바(130) 측으로 접근하게 되고, 이 때 회전 바(130)에 작용하는 자기장이 변하게 되고, 이러한 자기장의 변화에 의해 회전 바(130)가 자장 인가부(140)의 N극 방향, 즉 역방향으로 회전하게 되어 진자 운동이 발생하게 된다.
- [0040] 이 때, 자장 인가부(140)의 회전에 따라 회전 바(130)에 대해 인가되는 자기장은 급속하게 변화하게 되어, 회전 바(130)의 역방향으로의 회전 속도(V_b)는 정방향으로의 회전 속도(V_f)보다 빠르게 회전하게 된다. 그리고, 회전

바(130)의 회전에 따라 유체에 발생하는 관성 또한 정방향일때보다 역방향일 때 크게 작용하여, 역방향으로의 회전 속도(V_b)와 정방향으로의 회전 속도(V_f) 간의 차이, 즉 각 방향에서의 발생하는 관성의 차이 만큼 역방향 측에 형성된 출구(122) 측으로 유체가 펌핑 가능하게 된다. 도 2를 참조하여 설명하면, 회전 바(130)가 역방향으로 회전할 때의 유체의 유동 거리가 L_b 라 하고, 회전 바(130)가 정방향으로 회전할 때의 유체의 유동 거리를 L_f 라 하면, 회전 바(130)가 1회 진자 운동을 할 때 유체의 유동 거리는 $L_{b-f} = L_b - L_f$ 가 된다.

- [0041] 도 3은 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 작동 방법을 설명하기 위해, 유체의 유동을 가시화한 실험 결과이다. 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, 회전 바(130)가 빠른 회전 속도로 역방향으로 회전하기 전에 출구(122) 측에 유체 파티클이 위치하고 있다. 그런 다음, 회전 바(130)가 역방향으로 빠르게 회전함에 따라 발생하는 관성에 의해, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 출구(122)로부터 멀어지는 쪽으로 L_b 만큼 이동하게 된다. 그리고, 회전 바(130)가 다시 정방향으로 회전하게 되면, 도 3의 (c)에 도시된 바와 같이, 유체 파티클이 출구(122) 측으로 L_f 만큼 이동하게 되어, 1회의 진자 운동에 따라 유체가 $L_{b-f} = L_b - L_f$ 만큼 유동하는 것을 확인할 수 있다.
- [0042] 이하에서는 도 4를 참조하여 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 작동 원리를 보다 구체적으로 설명한다.
- [0043] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 펌핑 메커니즘에 의한 순수 유속은 회전 바(130)의 진자 운동에 따른 역방향 및 정방향 간의 회전 속도의 차이, 즉 각속도의 차이에 의해 발생한다. 도 4는 자장 인가부(140)가 정방향으로 회전함에 따라 펌핑 챔버(110) 내에서 회전 바(130)에 인가되는 자기장의 변화를 나타내고 있다. 도 4의 실선은 회전하는 자장 인가부(140)의 S극의 변화를 나타낸 것으로, 회전에 따라 사인파 형태를 나타내게 된다.
- [0044] 이 때, 펌핑 챔버(110) 내에서 내벽에 걸리는 회전 바(130)는 회전하는 자장 인가부(140)를 따라 계속 회전하지 못하고 소정의 회전 범위, 즉 상술한 $\alpha + \beta$ 범위 내에서 진자 운동을 하게 된다. 만약, 펌핑 챔버(110)의 가로 방향으로의 폭(세로 방향도 동일)이 충분히 넓고, 회전 바(130)의 중심이 펌핑 챔버(110) 내의 중심에 위치한다고 가정하면, 회전 바(130)는 자속 부재의 회전을 따라 계속 회전하게 될 것이다.
- [0045] 다시 도 4를 참조하여 설명하면, 회전하는 자장 인가부(140)의 S극이 0° 를 통과하는 동안, 회전 바(130)의 N극의 세기는 0° 에서 일정 각도, 즉 도 4에서 15° 까지의 회전 바(130)의 회전 각도 내에서 최대 플래토(Plateau)를 형성한다. 여기서, 15° 는 펌핑 챔버(110)의 형상, 회전 바(130)의 길이 등에 사양에 따라 달라질 수 있음은 물론이며, 이후에서 설명할 각도는 일 예로 설명하는 것이다.
- [0046] 그리고, 회전 바(130)의 N극의 세기는 펌핑 챔버(110)의 내벽에 걸린 이후로 자장 인가부(140)가 105도까지 회전할 때까지 점차적으로 감소한다. 그리고 자장 인가부(140)가 계속 회전함에 따라, 자장 인가부(140)의 N극이 회전 바(130)에 점점 가까워지는데, 이 때 자장 인가부(140)의 N극에 가까워지는 회전 바(130)의 극성이 갑자기 N극에서 S극으로 바뀌게 되며, 동시에 S극으로 전환된 회전 바(130)는 접근하는 자장 인가부(140)의 N극으로 빠르게 회전하게 된다.
- [0047] 이러한 역방향으로의 회전 바(130)의 회전은 매우 짧은 시간 내에서 매우 작은 각도 범위(105도~ 107.5도) 내에서 발생한다. 이와 같은 회전은 회전하는 자장 인가부(140)와 반대 방향으로의 회전, 즉 역방향으로의 회전이다.
- [0048] 그리고, 회전 바(130)는 자석의 N극이 접근하는 동안 잠시 멈춘 상태에서, 168도에서 180도까지의 각도 내에서 회전하는 자장 인가부(140)와 함께 회전하고, 195도를 넘어서 멈춘다. 그리고, 그 이후의 변화는 극성만이 바뀐 상태에서 상술한 바와 같이 동일한 동작하게 되어, 자장 인가부(140)의 1회의 회전에 따라 회전 바(130)가 2회의 진자 운동, 즉 2회의 펌핑 운동을 하게 된다.
- [0049] 이하에서는 도 5 및 도 6을 참조하여 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 실험 결과에 대해 설명한다. 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 실험은 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 미세 유동 펌프(100)가 페루프 형태의 미세 유동 시스템(1)에 적용되는 것을 예로 한다.
- [0050] 미세 유동 시스템(1)의 마이크로 칩(5) 내에 형성되는데, 상술한 바와 같이, 미세 채널(3)이 미세 유동 펌프(100)의 입구(121) 및 출구(122)를 연결하는 페루프를 형성하여, 유체가 순환하는 구조를 갖는 것을 예로 한다. 이와 같은 페루프는 중합효소 연쇄반응, 즉 PCR(Polymerase chain reaction)에 적용 가능하다.
- [0051] 미세 채널(3)의 치수는 폭 $700\mu\text{m}$, 높이 $180\mu\text{m}$ 로 구성하였다. 그리고, 상술한 바와 같이, 입구(121)의 채널 폭

은 1400 μ m로 구성하여 출구(122) 및 미세 채널(3)의 폭보다 크게 구성되는 것을 예로 한다. 마이크로 칩의 크기는 28mm \times 28mm이고, 전체 내부 체적은 15 μ l이다.

- [0052] 자장 인가부(140)의 회전에 따라 회전 바(130)가 진자 운동을 하게 되면, 미세 채널(3) 내에 주입된 염료 또한 순환한다. 본 실험에서는 자장 인가부(140)의 회전 속도를 3000rpm으로 설정하였다. 실험 결과, 도 5의 (c)에 도시된 바와 같이, 10초 내에 순환이 완료되는 것을 확인하였다. 또한, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 투입된 염료가 포물선 형태의 속도장에 투입되어 긴 꼬리를 갖는 확산 현상이 관찰되었는데, 이러한 확산 현상은 주로 층류 속도로 구동된 대류 확산에 기인하며, 이는 층류 유동 미세 유동에서 관찰된다.
- [0053] 또한, 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 펌핑 성능의 실험을 위해 자장 인가부(140)의 회전 속도에 따른 유속을 분석하였으며, 실험 결과는 도 6에 도시된 바와 같다. 최소 유속은 300rpm에서 50 μ l/min의 유속을 얻었으며, 모터의 회전 속도가 증가함에 따라, 즉 자장 인가부(140)의 회전 속도가 증가함에 따라 유속이 증가함을 확인할 수 있었으며, 모터 속도가 2500rpm일 때 플래토 값(Plateau value) 210 μ l/min에 도달하였다.
- [0054] 그리고, 도 6에 도시된 바와 같이, 성능 커브는 선형적이지 않고 제곱근 형태의 커브를 나타내는 것으로 확인되었다. 이와 같은 비선형 성능 커브는 관성 펌프의 특성과 관련된 것으로 분석된다. 모터 속도가 증가함에 따라, 정역 방향 간의 관성 차이가 감소하고, 따라서 관성 효과가 모터 속도가 증가함에 따라 저해된다.
- [0055] 도 7은 본 발명에 따른 내부 펌핑 구조를 갖는 미세 유동 펌프(100)의 펌핑 챔버(110)의 다른 예들을 설명하기 위한 도면이다. 도 7에 도시된 실시예들은 입구(121) 및 출구(122)의 위치가 변한 것이다.
- [0056] 도 7의 (a) 및 도 7의 (b)는 입구(121) 및 출구(122)가 서로 방향에서 동일한 위치에 위치한 것으로, 도 7의 (a)는 회전 바(130)의 진자 운동의 반경 방향 내측, 즉 진자 운동의 축에 가까운 위치에 형성된 예이고, 도 7의 (b)는 회전 바(130)의 진자 운동의 반경 방향 외측, 즉 진자 운동의 축에서 먼 위치에 형성된 예이다. 그리고, 도 7의 (c)는 도 1에 도시된 실시예와 상반되게 입구(121)가 상부 측에 위치하고 출구(122)가 하부 측에 위치한 예를 나타낸 도면이다.
- [0057] 도 5에 도시된 실험 예에서와 동일한 실험 조건 하에서 모터의 회전 속도만을 150rpm으로 하여 실험한 결과, 도 1에 도시된 실시예에서는 19초에 순환이 완료되었고, 도 7의 (a), (b) 및 (c)에 도시된 실시예에서는 각각 40초, 56초 및 180초가 소요되었다.
- [0058] 비록 도 7의 (a), (b) 및 (c)에 도시된 실시예가 도 1에 도시된 실시예보다 펌핑 성능이 낮더라도 일정한 모터의 회전 속도를 이용하여 상대적으로 느린 순환이 필요한 미세 유동 펌프(100)으로의 적용도 가능할 것이다.
- [0059] 이하에서는, 도 8 및 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 자장 인가부의 다른 예들에 대해 설명한다. 여기서, 도 8 및 도 9에 도시된 미세 유동 펌프(100)의 구성 요소는 전술한 실시예에 대응하는 바, 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0060] 먼저, 도 8을 참조하여 설명하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자장 인가부는 전류의 방향에 따라 극이 가변되는 전자석(140a)을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 설명하면, 전자석(140a)은, 도 8에 도시된 바와 같이, 내부의 철심(141a)과 철심(141a)에 권취된 코일(142a)을 포함한다. 여기서, 코일(140a)에 전류가 흐르게 되면, 전류의 방향에 따라 철심(141a)의 양측에 형성되는 극성이 바뀌게 된다.
- [0061] 여기서, 회전 바(130)를 S극과 N극 중 어느 하나의 자성을 갖는 영구 자석 재질로 마련하고, 전자석(140a)의 극성이 교대로 바뀌도록 전류의 흐름 방향을 바꾸게 되면, 회전 바(130)가 펌핑 챔버(110)의 내부에서 진자 운동을 하게 된다.
- [0062] 이 때, 전자석(140a)의 극성 변화에 있어, 일측으로부터 타측으로의 극의 변화가 반대 방향으로의 극의 변화보다 빠르게 변화하도록 전류를 인가하게 되면 회전 바(130)의 진자 운동 중 어느 일 방향으로의 회전 속도가 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 회전하게 됨으로써, 상술한 바와 같이 유체의 펌핑이 가능하게 된다.
- [0063] 도 9는 본 발명에 따른 미세 유동 펌프(100)의 자장 인가부의 다른 예로, 자장 인가부가 제1 전자석(140b1)과 제2 전자석(140b2)을 포함하는 것을 예로 한다.
- [0064] 제1 전자석(140b1)과 제2 전자석(140b2)은 회전 바(130)의 진자 운동 양측에 각각 배치되어, 자력을 교대로 인가함으로써 회전 바(130)가 진자 운동을 가능하게 한다. 여기서, 회전 바(130)는 자성을 갖거나 제1 전자석(140b1) 및 제2 전자석(140b2)에 의해 자성을 갖는 재질로 마련된다.
- [0065] 상기와 같은 구성에 따라, 제1 전자석(140b1)과 제2 전자석(140b2)에 교대로 전류가 흐르게 되면, 회전 바(13

0)는 제1 전자석(140b1)과 제2 전자석(140b2) 방향으로 교대로 이동하여 진자 운동을 하게 되는데, 이 때 제1 전자석(140b1)의 자력이 제2 전자석(140b2)의 자력보다 크게 형성되면, 회전 바(130)의 진자 운동 중 어느 일방향으로의 회전 속도가 다른 방향으로의 회전 속도보다 빠르게 형성되어, 전술한 실시예들에서와 같이 유체의 펌핑이 가능하게 된다.

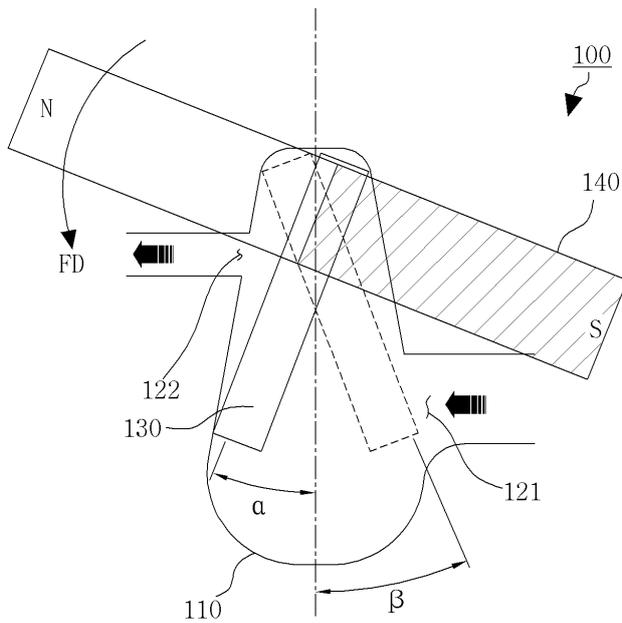
[0066] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

부호의 설명

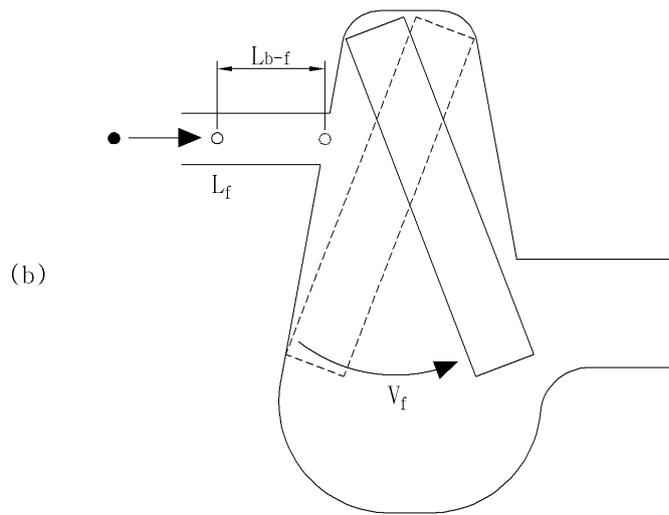
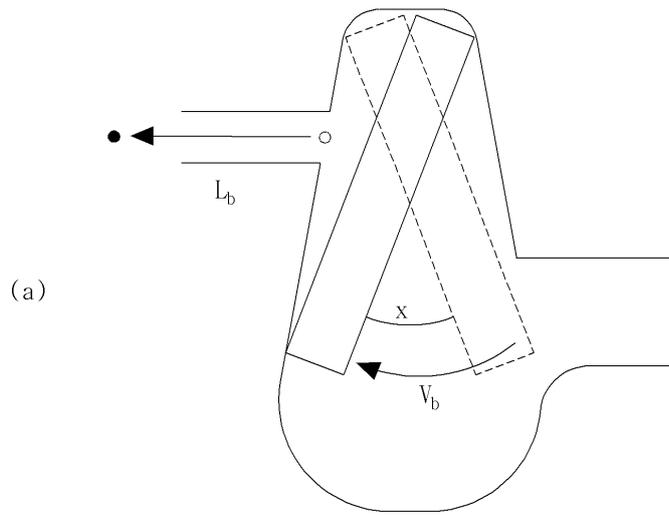
- [0067]
- | | | | |
|-----|-------------|-----|----------|
| 1 | : 미세 유체 시스템 | 3 | : 미세 채널 |
| 5 | : 마이크로 칩 | | |
| 100 | : 미세 유동 펌프 | 110 | : 펌핑 챔버 |
| 121 | : 입구 | 122 | : 출구 |
| 130 | : 회전 바 | 140 | : 자장 인가부 |

도면

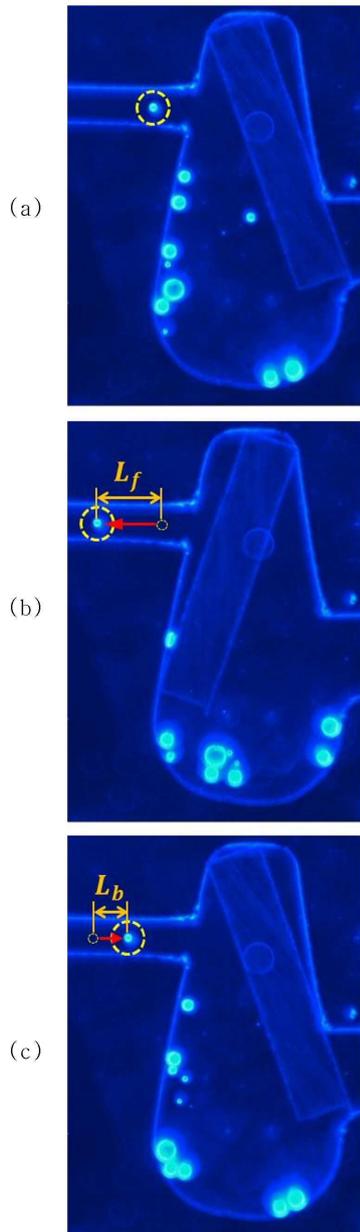
도면1



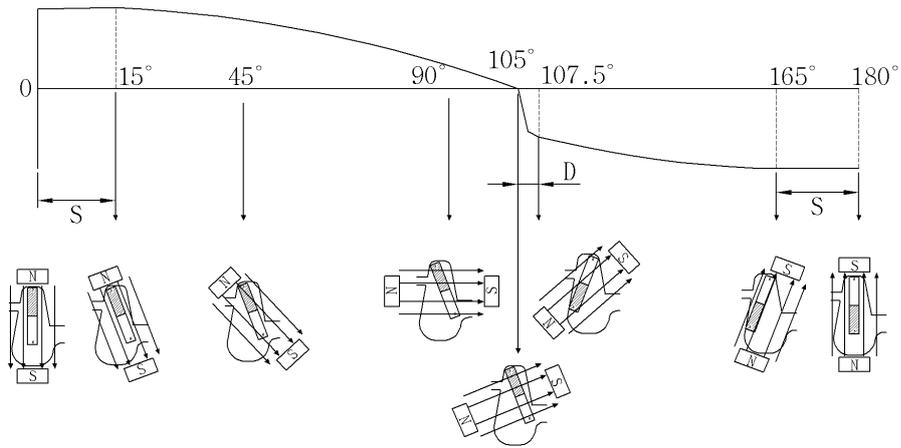
도면2



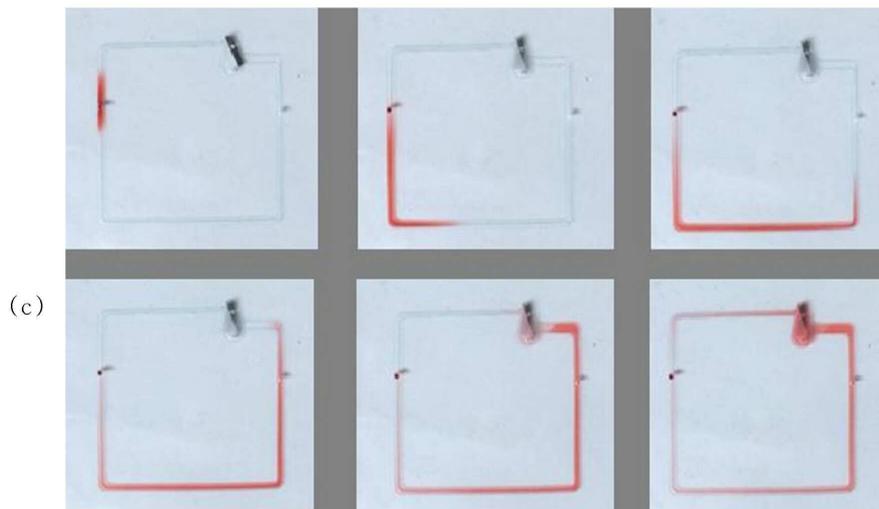
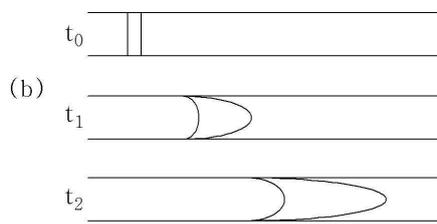
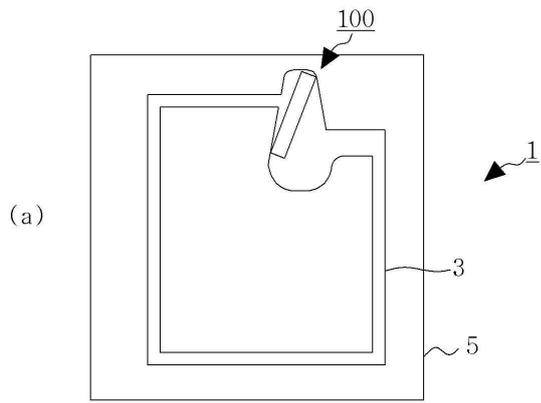
도면3



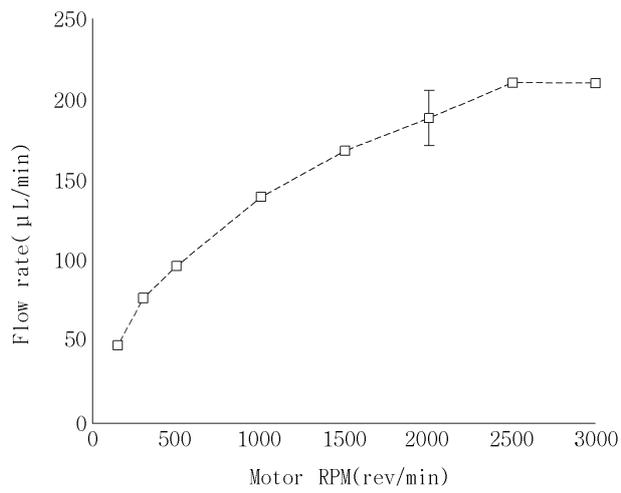
도면4



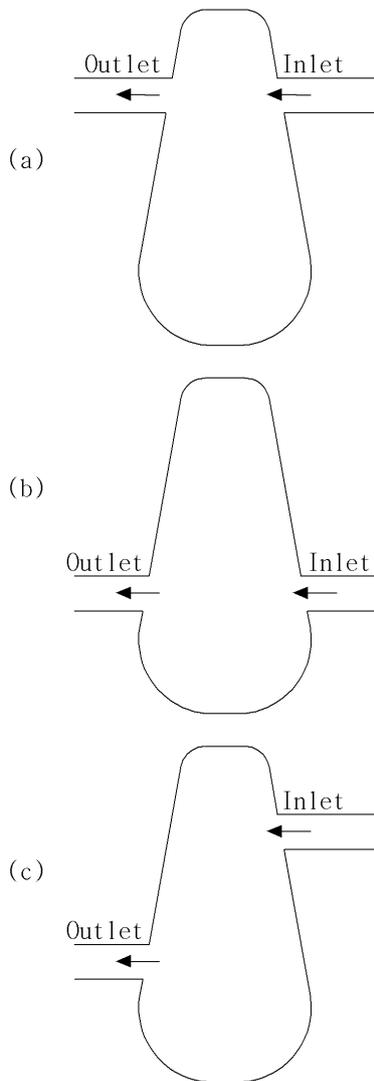
도면5



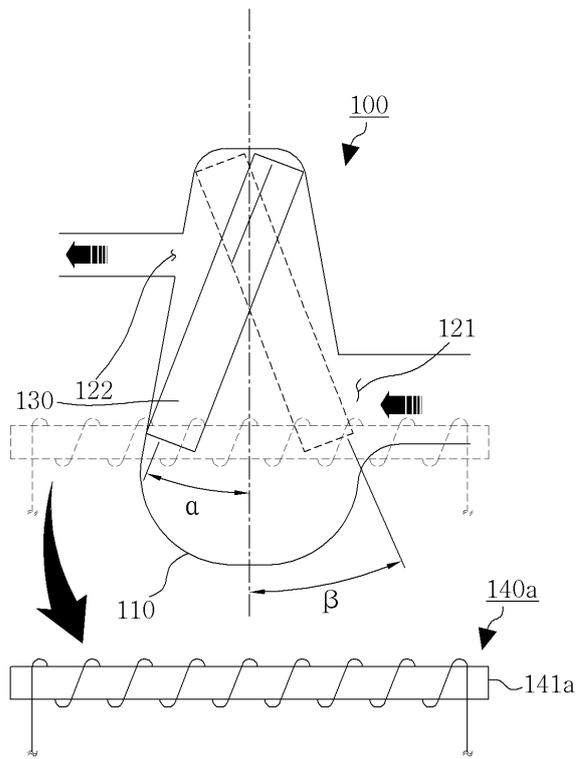
도면6



도면7



도면8



도면9

