



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0137731

(43) 공개일자 2015년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F04B 43/00 (2006.01) F04B 35/04 (2006.01)

F04B 43/04 (2006.01) F16K 31/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0066123

(22) 출원일자 2014년05월30일

심사청구일자 2014년05월30일

(71) 출원인

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)

(72) 발명자

박종규

경상남도 창원시 성산구 외동반림로 219 현대 산
업아파트 105동 504호

나영민

경상남도 김해시 진영읍 진영로 88-18 대건아파트
101동 701호

이현석

경상남도 김해시 가야로451번길 9 가야롯데캐슬
103동 103호

(74) 대리인

특허법인가산

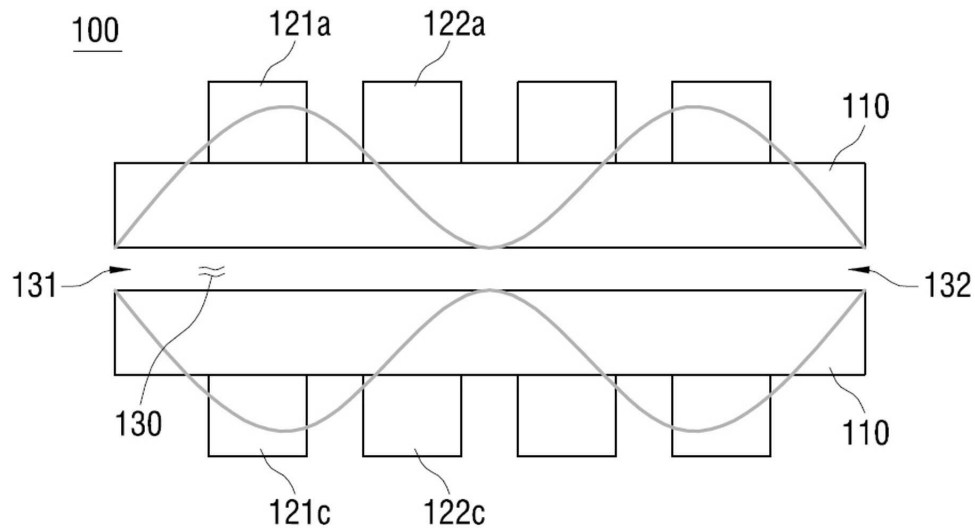
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 압전 펌프

(57) 요약

본 발명은 유체가 유입되는 유체 유입구 및 유체가 배출되는 유체 배출구를 포함하는 탄성 챔버부; 및 상기 탄성 챔버부의 외면에 배치되는 압전체부를 포함하며, 상기 탄성 챔버부는 직육면체 형상 또는 원통형 형상인 것을 특징으로 하는 압전 펌프에 관한 것으로, 역류를 방지하는 체크밸브를 사용하지 않음으로 구성을 단순화시켜 제작이 용이하고, 펌프의 내구성과 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도3a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0030058

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 메카트로닉스 융합 부품 소재 연구센터

연구과제명 기능성 소자/시스템 설계 및 제어기술 [ERC : 3-2 세부]

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교 산학협력단

연구기간 2011.09.07 ~ 2018.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

유체가 유입되는 유체 유입구 및 유체가 배출되는 유체 배출구를 포함하는 탄성 챔버부; 및
상기 탄성 챔버부의 외면에 배치되는 압전체부를 포함하며,
상기 탄성 챔버부는 직육면체 형상 또는 원통형 형상인 것을 특징으로 하는 압전 펌프.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 탄성 챔버부는 상기 유체 유입구 및 상기 유체 배출구와 연속적으로 형성되는 관로를 더 포함하는 압전 펌프.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 탄성 챔버부가 직육면체 형상인 경우, 상기 압전체부는 상기 탄성 챔버부의 제1면에 배치되는 제1압전체부, 제2면에 배치되는 제2압전체부, 제3면에 배치되는 제3압전체부 및 제4면에 배치되는 제4압전체부를 포함하는 압전 펌프.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 탄성 챔버부가 원통형 형상인 경우, 상기 압전체부는 원통형 형상인 상기 탄성 챔버부의 외면을 따라 배치되는 링 형상인 것을 특징으로 하는 압전 펌프.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 유체 유입구를 개폐하는 제1개폐부 및 상기 유체 배출구를 개폐하는 제2개폐부를 더 포함하며,
상기 제1개폐부는 제1고정부 및 상기 제1고정부의 형상 변화에 따라 개폐되는 제1셔터부를 포함하고,
상기 제2개폐부는 제2고정부 및 상기 제2고정부의 형상 변화에 따라 개폐되는 제2셔터부를 포함하는 압전 펌프.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 압전펌프에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 체크밸브를 사용하지 않는 단순한 구조의 압전 펌프에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 의료, 고분자 화학 분야에 적용되는 MEMS 기술의 발전에 따라 마이크로 유체 이송시스템 연구와 수요가 증가하고 있다. 이러한 마이크로 유체 이송시스템의 핵심요소인 마이크로 펌프는 사용 목적에 따라 정량의 미세 유체와 더불어 기체화된 연료의 공급 및 시료의 분석, 전달 등을 제어하게 된다.

[0003] 그러나 기존의 모터구동 펌프의 경우 소형화, 소비 전력 등의 한계로 인하여 성능 및 크기의 제약을 가진다.

[0004] 이에 주변 환경에 특성이 크게 변하지 않고, 마이크로 단위의 소형화가 가능하며, 빠른 반응성 및 전력 소모가

적은 장점을 가진 압전 펌프의 활용분야가 늘어가는 추세이다.

- [0005] 이러한 분야에 적용되는 압전 구동 방식은 압전소자에 전계를 가하면 기계적인 변위를 발생시키는 역압전효과를 이용한 것으로, 탄성체와 압전체의 결합방식에 따라 유니모프, 바이모프, 적층형 등이 있다.
- [0006] 펌프 막과 밸브의 작동을 기반으로한 첫 마이크로 펌프는 1970년대 중반에 시작되었다.
- [0007] 이후로 마이크로 펌프는 많은 관심을 끌었고, 마이크로 단위의 유체 현상과 마이크로유체 장치의 개발이 중요 목표가 되었다.
- [0008] 지난 십여년간 마이크로 펌프의 수많은 다른 작동 이론 모델과 원리가 제안되었다. 그 중 하나가 물질에 기계적 응력을 가할 때 전기분극이 생성되거나, 물질에 전계를 인가할 때 기계적변형을 생성시키는 압전효과를 이용하는 압전펌프이다.
- [0009] 종래 압전펌프는 본체, 유입구와 유출구, 컨트롤러, 체크밸브 및 구동부를 포함하여 구성된다.
- [0010] 상기 본체는 압전펌프의 외형을 형성하며, 내부에는 유체를 수용하는 공간이 형성되어 있다. 그리고 상기 유입구와 유출구는 상기 본체에 연결되어 상기 유체를 내부공간 내로 유입 및 유출시킬 수 있다.
- [0011] 상기 체크밸브는 유입구 및 유출구에 각각 구비되어, 유체의 역류를 방지한다. 즉, 유입구 측에서는 유체가 본체 방향으로만 흘러들어가게 하고, 유출구 측에서는 본체에서 나가는 방향으로만 유체가 흐르도록 제어한다.
- [0012] 상기 구동부는 진동판과 그 배면에 구비된 압전소자로 구성되며, 상기 컨트롤러에 의해 제어되어 펌핑 작용을 행하는 구성요소로서 상하 방향으로 진동하면서 상기 본체 내부 공간에 압력차를 발생시켜 유체가 유입구에서 유출구로 흐르도록 한다.
- [0013] 즉, 일반적으로 사용되는 체크 밸브식의 압전펌프는 유체의 역류현상을 능동 밸브를 사용하여 차단한다.
- [0014] 이는 챔버와 챔버 사이에서 액츄에이터의 동작에 따라 압력이 변화하여 반복적으로 열리고 닫히는 방식에서 채택되고 있지만, 유체의 흐름, 반복 동작 등의 요인으로 발생하는 피로 및 마모로 인해 펌프 전체의 효율을 떨어뜨리는 요인이 된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0015] (특허문헌 0001) 한국공개특허 10-2010-42361

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 체크밸브를 사용하지 않는 단순한 구조의 압전 펌프를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0017] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 상기 지적된 문제점을 해결하기 위해서 본 발명은 유체가 유입되는 유체 유입구 및 유체가 배출되는 유체 배출구를 포함하는 탄성 챔버부; 및 상기 탄성 챔버부의 외면에 배치되는 압전체부를 포함하며, 상기 탄성 챔버부는 직육면체 형상 또는 원통형 형상인 것을 특징으로 하는 압전 펌프를 제공한다.
- [0019] 또한, 본 발명은 상기 탄성 챔버부는 상기 유체 유입구 및 상기 유체 배출구와 연속적으로 형성되는 관로를 더 포함하는 압전 펌프를 제공한다.
- [0020] 또한, 본 발명은 상기 탄성 챔버부가 직육면체 형상인 경우, 상기 압전체부는 상기 탄성 챔버부의 제1면에 배치되는 제1압전체부, 제2면에 배치되는 제2압전체부, 제3면에 배치되는 제3압전체부 및 제4면에 배치되는 제4압전

체부를 포함하는 압전 펌프를 제공한다.

[0021] 또한, 본 발명은 상기 탄성 챔버부가 원통형 형상인 경우, 상기 압전체부는 원통형 형상인 상기 탄성 챔버부의 외면을 따라 배치되는 링 형상인 것을 특징으로 하는 압전 펌프를 제공한다.

[0022] 또한, 본 발명은 상기 유체 유입구를 개폐하는 제1개폐부 및 상기 유체 배출구를 개폐하는 제2개폐부를 더 포함하며, 상기 제1개폐부는 제1고정부 및 상기 제1고정부의 형상 변화에 따라 개폐되는 제1서터부를 포함하고, 상기 제2개폐부는 제2고정부 및 상기 제2고정부의 형상 변화에 따라 개폐되는 제2서터부를 포함하는 압전 펌프를 제공한다.

발명의 효과

[0023] 상기한 바와 같은 본 발명에 따르면, 역류를 방지하는 체크밸브를 사용하지 않음으로 구성을 단순화시켜 제작이 용이하고, 펌프의 내구성과 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명에 의하면, 전원 차단시 자기 차단(self-locking)기능이 있어 별도의 차단밸브가 요구되지 않아 구성이 단순하고 펌프의 내구성과 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명에 의하면, 본체 내부 공간을 요구하지 않으므로 소형화가 가능하다.

[0026] 또한, 본 발명에 의하면, 손쉽게 전압인가의 교체로 유체의 펌핑 방향을 전환할 수 있어 양방향으로 사용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 두 개의 압전평판이 이격되어 구성되는 압전체에서의 진행과 생성을 나타낸다.

도 2a는 압전모터의 원리를 보여주는 개념도이고, 도 2b는 압전펌프의 연동운동에 의한 유체 운반원리를 보여주는 개념도이다.

도 3a는 본 발명의 제1실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 단면도이고, 도 3b는 본 발명의 제1실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 사시도이다.

도 3c 및 도 3d는 정재과의 합성이 진행과가 되는 과정을 설명하기 위한 모식도이다.

도 4는 유한요소해석 프로그램인 Comsol Multiphysics를 사용한 연계 해석 절차를 나타내고 있다.

도 5는 각 구동에 따른 해석 모델의 형상을 도시한 도면이다.

도 6은 진행과에 의한 탄성체의 움직임을 도시하는 도면이다.

도 7은 도 6에 따른 유체의 유동방향을 도시한 도면이다..

도 8은 각 압전체의 바닥면을 고정된 후 3가지 형상과 챔버 높이변화에 따른 유량특성을 도시한 그래프이다.

도 9는 각 압전체의 바닥면을 비 고정된 후 3가지 형상과 챔버 높이변화에 따른 유량특성을 도시한 그래프이다.

도 10은 3가지 형상에 따른 배압과 챔버 높이변화의 유량특성을 도시한 그래프이다.

도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 사시도이다.

도 12a는 본 발명의 제3실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 단면도이고, 도 12b는 본 발명의 제3실시예에 따른 압전펌프의 개폐부를 도시한 개략적인 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0029] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을

포함한다.

- [0030] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [0031] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0032] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0033] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성 요소와 다른 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)" 또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0035] 도 1은 두 개의 압전평판이 이격되어 구성되는 압전체에서의 진행파 생성을 나타낸다.
- [0036] 도 1을 참조하여 진행파 생성을 계속 설명하면, 동일한 주파수의 교류 신호로 각각 구동되는 두 개의 압전평판(11, 12)은 각각의 두께방향으로 같이 분극시킨 구간(세그먼트)들 중의 하나가 정재파의 1/2 파장 간격으로 위치하도록 배열한다.
- [0037] 상기 배열을 갖는 두 개의 압전평판은 정재파의 1/4 파장 간격만큼 이격시켜 배열한다. 두 개의 세그먼트는 한 파장(full-wave)의 길이이기 때문에, 압전평판의 하나(11)가 사인파로 인가되는 동안 다른 평판(12)을 코사인파로 구동하면 1/2 구간의 오프셋은 다른 정재파에서 다른 위상의 1/4의 파장이 변형되는 한 요소의 정재파를 일으킨다.
- [0038] 따라서 동시에 위상에서 벗어나는 1/4의 파장을 일으킨다.
- [0039] 이런 신호들의 결과로써 상기 이격된 간격으로 공간적으로 1/4 파장 벗어나고, 또 사인파와 코사인파 차이에 의한 위상에서 1/4 파장 벗어난 동일주파수에서, 두 개의 정재파의 결합은 진행파를 생성한다. 상술한 진행파의 발생이 압전펌프를 구동하는 압전 모터의 기본 동작을 제공하게 된다.
- [0040] 이하에서는, 상기 진행파를 이용한 압전모터 및 압전펌프의 기본 구조를 설명하기로 한다.
- [0041] 도 2a는 압전모터의 원리를 보여주는 개념도이고, 도 2b는 압전펌프의 연동운동에 의한 유체 운반원리를 보여주는 개념도이다.
- [0042] 먼저, 도 2a를 참조하여 압전모터의 동작을 설명하면, 진행파는 탄성평판(고정자)(26)을 통해 움직이기 때문에 회전자(25) 표면의 모든 지점은 타원형의 경로로 이동하게 된다.
- [0043] 회전자가 확실하게 고정자를 누르기 때문에 타원형의 운동은 회전자(25)에 토크를 전달하여 도시된 바와 같이 보여주듯이, 진행파와 반대 방향으로 추진한다. 압전모터의 동작은 회전자(25)와 고정자(26) 사이의 경계면의 마찰에 의존하게 되는데, 이와 같은 모터의 동작이 액체나 가스를 전달할 수 있는 압전 펌프의 동작에 기본을 제공한다.
- [0044] 다음으로, 도 2b를 참조하여 압전모터를 응용한 압전펌프의 원리를 설명하면, 진행파의 정현파 곡선 공간(30)

사이에, 양쪽 탄성체 표면에 생긴 진동 진행파들의 마루부분은 서로 접촉되고 골부분은 서로 떨어져서 여러 개의 공간이 형성(32)됨을 볼 수 있다.

- [0045] 따라서 상기 공간들(32)은 연동운동으로 진행파의 방향으로 액체나 가스의 전달을 위한 기초를 제공한다. 상기 압전펌프는 물리적으로 회전자(rotor) 없이 서로 마주보는 면을 가진 두 개의 고정자(탄성진동판)(31)로 구성된다. 따라서 압전펌프의 이동 공간(32)은 두 배로 증가한다. 진행파(30)는 경계면에서 동시에 생성되고, 액체나 가스를 충분히 채우기 위해 지속적인 여러 공간(32)을 형성한다.
- [0046] 따라서 연동작용은 실질적으로 움직이는 부분과 관련되지 않으며, 유체나 가스는 진행파 방향을 따른다. 이러한 압전 펌프의 가장 큰 특징은 역류를 막는 체크밸브나, 전체적 흐름을 막는 밸브가 필요하지 않다는 것이다. 이 유는 압전 펌프의 연동은 압착효과처럼 중요한 역할을 할 수 있는 단단히 닫힌 공간을 만들기 때문이다. 압전 펌프의 전압이 꺼짐으로써 두 탄성체(고정자) 사이의 경계표면에는 변위가없이 서로 밀착되어 유체의 흐름을 멈추기 때문에 기존의 밸브가 완전히 동작이 멈춘 것처럼 자기 차단(selflocking) 현상이 발생한다.
- [0047] 이하에서는 상술한 바와 같은 진행파의 원리가 적용된 본 발명에 따른 압전 펌프를 설명하기로 한다.
- [0048] 도 3a는 본 발명의 제1실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 단면도이고, 도 3b는 본 발명의 제1실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 사시도이다.
- [0049] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 본 발명의 제1실시예에 따른 압전펌프(100)는 유체가 유입되는 유체 유입구(131) 및 유체가 배출되는 유체 배출구(132)를 포함하는 탄성 챔버부(110), 상기 탄성 챔버부(110)의 외면에 배치되는 압전체부(121, 122)를 포함한다.
- [0050] 이때, 상기 탄성 챔버부(110)는 상기 유체 유입구(131)와 상기 유체 배출구(132)와 연속적으로 형성되는 관로(131)를 포함한다.
- [0051] 본 발명의 제1실시예에서, 상기 탄성 챔버부(110)는 직육면체 형상일 수 있다.
- [0052] 계속해서, 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 상기 압전체부는 직육면체 형상인 상기 탄성 챔버부(110)의 제1면에 배치되는 제1압전체부(121a, 122a), 제2면에 배치되는 제2압전체부(121b, 122b), 제3면에 배치되는 제3압전체부(121c, 122c) 및 제4면에 배치되는 제4압전체부(121d, 122d)를 포함할 수 있다.
- [0053] 이때, 도면에서는 제1압전체부 내지 제2압전체부 각각이, 각 면에 4개씩 배치되어 있는 것으로 도시하고 있으나, 본 발명에서 이들 각 면에 배치된 압전체부의 개수를 제한하는 것은 아니다.
- [0054] 한편, 각 면에 배치된 각각의 압전체부, 예를 들면, 제1압전체부(121a, 122a)는 2개의 압전체부가 하나의 압전체를 이룰 수 있으며, 전원부(미도시)에서 각각 사인파와 코사인파를 인가할 수 있다.
- [0055] 이 경우, 상기 제1압전체부(121a, 122a)는 압전모터의 고정자(stator) 역할을 수행하여, 상술한 진행파를 발생시킨다.
- [0056] 상기 진행파는 상기 탄성 챔버부(110)에 연동운동을 발생시키고, 이 연동운동에 의하여 발생한 공간이 펌핑 작용을 하게 된다.
- [0057] 상기에서 설명한 본 발명에 따른 압전 펌프의 효과를 설명하면 다음과 같다.
- [0058] 첫째, 본 발명에 의하면, 역류를 방지하는 체크밸브를 사용하지 않음으로 구성을 단순화시켜 제작이 용이하고, 펌프의 내구성과 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0059] 둘째, 본 발명에 의하면, 전원 차단시 자기 차단(self-locking)기능이 있어 별도의 차단밸브가 요구되지 않아 구성이 단순하고 펌프의 내구성과 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0060] 셋째, 본 발명에 의하면, 본체 내부 공간을 요구하지 않으므로 소형화가 가능하다.
- [0061] 넷째, 본 발명에 의하면, 손쉽게 전압인가의 교체로 유체의 펌핑 방향을 전환할 수 있어 양방향으로 사용이 가능하다.
- [0062] 이하에서는 본 발명에 따른 압전 펌프의 동작원리를 설명하기로 한다.
- [0063] 본 발명에 따른 압전 펌프는 압전체부에 사인파와 코사인파를 인가해 시간적, 공간적 위상차가 90도 다른 두 정재파를 합성해 진행파를 생성시켜 유체를 이동하게 하는 방식이다.

[0064] 즉, 도 3a에 도시된 바와 같이, 탄성 챔버부의 굴곡면이 상하대칭으로 이루어져, 여기서 발생하는 180도 위상차의 진행파로 인한 챔버부의 수축 및 확장이 이루어짐에 의하여, 유체를 이동하게 하는 방식이다.

[0065] 본 발명에 따른 압전 펌프의 동작은 압전의 진행과 여진 방법과 그 조건에 관한 식에 따라 공간적으로 파장/4만큼 위상차를 가지는 네 개의 압전체부에 전극 인가 방향을 조건식에 따라서 배치시킬 수 있다.

[0066] 이후 주기/4의 위상차가 나는 교류전압을 인가하면 두 정재파의 합성과인 진행파가 만들어진다. 이러한 진행파에 의해 생성되는 굴곡면에 180도 대칭되는 진행파를 서로 마주보게 하면, 계면 사이에 존재하는 마이크로 챔버가 진행하게 되고 유체 이동에 적용할 수 있다.

[0067] 다음은 정재파의 합성이 진행파가 되는 과정을 수식적으로 표현한 것이다.

[0068] 도 3c 및 도 3d는 정재파의 합성이 진행파가 되는 과정을 설명하기 위한 모식도이다.

[0069] PZT의에 각 압전 세라믹에 의한 굴곡 진동파는 다음의 수학적 식 (1) 및 수학적 식 (2)로 나타낼 수 있다.

[0070]
$$A\sin(wt-kx)+A\sin(wt+kx)$$
 수학적 식 (1)

[0071]
$$B\sin(wt-k(x+a)+\varphi)+B\sin(wt+k(x+a)+\varphi)$$
 수학적 식 (2)

[0072] 여기서 a만큼 후에 만들어진 위상차각을 다음의 수학적 식 (3)으로 하면,

[0073]
$$-ka+\varphi=\varphi_1 \quad ka+\varphi=\varphi_2$$
 수학적 식 (3)

[0074] 상기 수학적 식 (2)는 다음의 수학적 식 (4)로 정리될 수 있다.

[0075]
$$B\sin(wt-kx+\varphi_1)+B\sin(wt+kx+\varphi_2)$$
 수학적 식 (4)

[0076] 또한, 수학적 식 (1)과 수학적 식 (4)의 합성식은 다음의 수학적 식 (5)로 표현될 수 있다.

[0077]
$$\begin{aligned} &A\sin(wt-kx)+A\sin(wt+kx) \\ &+B\sin(wt-kx+m\pi)+B\sin(wt-kx+n\pi) \\ &=(A+B)\sin(wt-kx)+(A-B)\sin(wt+kx) \end{aligned}$$
 수학적 식 (5)

[0078] 최종적으로 정리하면 A=B이므로 다음의 수학적 식 (6)이 된다.

[0079]
$$2A\sin(wt-kx)$$
 수학적 식 (6)

[0080] 이러한 진행파를 만들어내기 위해서는 세라믹의 배치 및 극성의 설정이 이루어져야 한다.

[0081] 이는 도 3c에서와 같이 사용하는 압전의 개수, 파장의 길이, 압전체의 길이, 압전과 압전 사이의 거리 등을 설정하고, 도 3d에서와 같이 서로 90도 위상차를 가진 sin, cos의 구동 여진으로 생성된다.

[0082] 도 3d에서 (-)부호의 여진은 접착 압전 세라믹의 극성을 반전시킴으로써 실현된다.

[0083] 이런 형식은 두 개의 정재파를 여진하기 위해 두 개의 진동원을 필요로 하기 때문에 효율이 50% 이하로 높지 않지만 위상차와 유체의 출입방향을 쉽게 바꿀 수 있다는 장점이 있다.

[0084] 본 발명에 따른 압전 펌프는 부드러운 진행파의 형성 및 위장의 연동운동 형태로 설계를 하였다.

[0085] 또한 다물리 모델로서 압전체와 탄성체의 변형이 유체에 전달되는 방식으로, 압전체에 교류전압을 인가하게 되면 분극 방향에 따라 인장 및 수축 변형이 반복적으로 발생된다.

[0086] 이에 탄성체 굴곡면에서 생성된 진행파가 챔버의 볼륨량을 시간에 따라 변화시키면 유체의 위치 및 속도변화에 의한 편향유동이 형성된다.

[0087] 즉, 교류전압의 진폭이 압전의 변형률에 영향을 주고, 그에 따른 탄성체의 변형이 챔버 안 유속의 변화에 영향

을 줌으로서, 결과적으로 챔버의 부피 및 유량의 변화율의 상관관계를 형성한다.

[0088] 도 4는 유한요소해석 프로그램인 Comsol Multiphysics를 사용한 연계 해석 절차를 나타내고 있다.

[0089] 도 4를 참조하면, 먼저 압전체에서 발생된 압전 변위량을 탄성체와 유체에 커플링 하였다. 이는 구조물의 변위에 다른 속도 변화 값을 관내 유체의 속도와 상호작용을 수행하기 위한 것으로 각 모듈은 유체와 구조물간의 경계면에서 운동량을 주고받게 된다.

[0090] 또한 시간에 따른 동적 해석을 진행하여 매 시간 간격으로 해가 수렴 될 때까지 반복 계산하는 동안, 압전체에서의 물리적 해를 도출하여 탄성체와 유체로 전달한 후 최종적인 유체의 유량을 산출하였다.

[0091] 그리고 유체와 구조물간의 경계면은 no-slip으로 설정하여 압전체에서 발생된 진행파에 의한 속도에 의해서만 유체를 이동 하였다.

[0092] 표 1은 해석에 사용된 압전 소자 PZT-4의 물성치를 나타내고, 유체는 물, 탄성체는 SBR(Styrene Butadiene Rubber)을 사용하였다.

표 1

Material	Property	Value
PZT-4 ⁽⁵⁾	Density [kg/m^3]	7500
	Elastic stiffness [N/m^2]	$c_{11} = 1.39 \times 10^{11}$ $c_{12} = 7.78 \times 10^{10}$ $c_{13} = 7.43 \times 10^{10}$ $c_{33} = 1.15 \times 10^{11}$ $c_{44} = 3.06 \times 10^{10}$ $c_{66} = 2.56 \times 10^{10}$
	Piezo electric Constants [C/m^2]	$e_{31} = -5.2$ $e_{33} = 15.1$ $e_{15} = 12.7$
	permittivity Constants [F/m]	$\epsilon_{11} = 6.74 \times 10^{-9}$ $\epsilon_{33} = 5.87 \times 10^{-9}$
SBR	Density [kg/m^3]	1043
	Young's modulus [GPa]	0.1
	Poisson's ratio	0.499
Chamber (water)	Density [kg/m^3]	997.0479
	Speed of sound [m/s]	1480 (@ 25°C)

[0093]

[0094] 본 해석 모델에서 펌프 양 끝에 위치한 챔버들은 실제 실험 모델과의 유사 조건 재현 및 양 입출구 부분의 유체를 안정화하는 동시에 그 흐름을 확인하는 역할을 할 수 있다.

[0095] 도 5는 각 구동에 따른 해석 모델의 형상을 도시한 도면이고, 도 6은 진행파에 의한 탄성체의 움직임을 도시하는 도면이며, 도 7은 도 6에 따른 유체의 유동방향을 도시한 도면이다.

[0096] 표 2는 진행파 여진 조건식에 따른 압전 마이크로 펌프의 크기를 나타낸다.

표 2

	Width [mm]	Length [mm]	Height [mm]
PZT	10	3.14	2
Chamber	10	25	0.1~1.3
SBR	10	25	2

[0097]

[0098] 압전체에 인가하는 전원의 각 주파수는 160Hz, 구동전압은 sin, cos 두 정재파를 각각 100V로 적용하였고, 챔버의 입출구(탄성 챔버부의 유체 유입구 및 유체 배출구)의 경우 양방향성을 가진 대기 상태로 가정하고 1atm을 초기압력으로 가정하였다.

[0099] 또한 설계 변수는 각 압전체 바닥면을 고정, 비고정으로 나누고 구동방식에 따라 2상(c_4), 3상(c_3), 2상 그룹 구동(c_g)을 적용시키는 실험조건을 설정하여 그에 따른 유량 및 압력특성을 살펴보았다.

[0100] 도 8은 각 압전체의 바닥면을 고정한 후 3가지 형상과 챔버 높이변화에 따른 유량특성을 도시한 그래프이다.

[0101] 2상의 경우 평균변위는 8.32이며, 챔버의 높이가 0.1에서 최대 227의 유량을 나타내었으며, 3상의 경우 평균변위는 8.96이며, 챔버의 크기가 0.1에서 최대 267의 유량을 나타내었다. 또한, 2상 그룹의 경우 평균변위는 3.4이며, 챔버의 크기가 0.1에서 148의 유량을 나타내었다.

[0102] 최대유량의 경우 3상 그룹의 0.1의 경우가 가장 우수한 유량 특성을 보였고, 지속적인 유량의 경우 2상이 상대적으로 우수한 유량특성을 보인다.

[0103] 도 9는 각 압전체의 바닥면을 비 고정한 후 3가지 형상과 챔버 높이변화에 따른 유량특성을 도시한 그래프이다.

[0104] 2상의 경우 평균변위는 8.03이며, 챔버의 크기가 0.1에서 최대 139의 유량을 나타내었으며, 3상의 경우 평균변위는 5.1이며, 챔버의 크기가 0.1에서 최대 77.4의 유량을 나타내었다. 2상 그룹의 경우 평균 변위는 3.97이며, 챔버의 크기가 1에서 4.26의 유량을 보였다.

[0105] 최대유량의 경우 2상 구동의 0.1의 경우가 가장 우수한 유량 특성을 보였고, 지속적인 유량의 경우 3상이 상대적으로 우수한 유량특성을 보인다.

[0106] 도 10은 3가지 형상에 따른 배압과 챔버 높이변화의 유량특성을 도시한 그래프이다.

[0107] 2상 경우 0.1에서 최대 6.13Pa, 3상의 경우 챔버의 크기가 0.1mm에서 7.75Pa의 유량을 나타내었으며, 2상 그룹의 경우 0.1mm에서 8.5Pa의 최대 압력을 보였다.

[0108] 본 발명에서는 의료, 고분자 화학 분야에 적용되는 마이크로 유체 이송시스템의 핵심요소인 마이크로 압전 펌프의 정량의 미세 유체 및 기체의 전달 제어 방법을 제안하였고, 또한, 다물리 시뮬레이션을 통하여 마이크로 압전펌프의 활용 및 응용 가능성을 검증하였다.

[0109] 시뮬레이션 결과, 전체 압전체를 고정하지 않았을 조건보다 압전체 바닥을 고정 하였을 때의 유량이 전반적으로 높았다. 이는 압전체의 변위량을 극대화하여 유체와 탄성체의 경계면의 변위량 등이 증가하였기 때문으로 분석되었다. 또한 상단 고정방식에서 2상 3상의 경우 평균 변위량은 유사하였으나 배압에서의 차이로 인해 유량차이가 나타났다.

[0110] 구동방식에 있어서는 평균유량에서 우수한 구동방식인 3상과 최대유량의 특성이 높은 4상을 적용분야에 맞게 상을 달리하여 활용될 수 있음을 보였다.

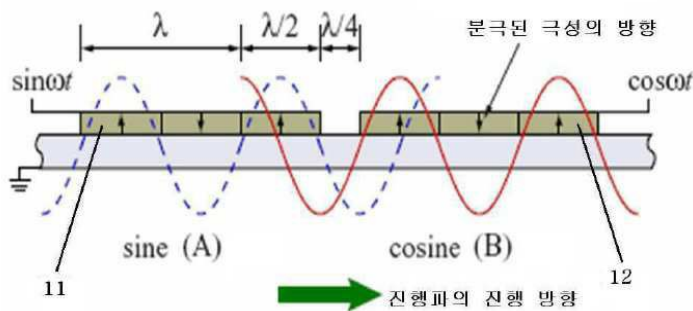
- [0111] 도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 사시도이다. 본 발명의 제2실시예에 따른 압전펌프는 후술하는 바를 제외하고는 상술한 제1실시예와 동일할 수 있다.
- [0112] 도 11을 참조하면, 본 발명의 제2실시예에 따른 압전 펌프(200)는 유체가 유입되는 유체 유입구(231) 및 유체가 배출되는 유체 배출구(232)를 포함하는 탄성 챔버부(210), 상기 탄성 챔버부(210)의 외면에 배치되는 압전체부(221, 222)를 포함한다.
- [0113] 이때, 상기 탄성 챔버부(210)는 상기 유체 유입구(231)와 상기 유체 배출구(232)와 연속적으로 형성되는 관로(231)를 포함한다.
- [0114] 본 발명의 제2실시예에서, 상기 탄성 챔버부(210)는 원통형 형상일 수 있다.
- [0115] 계속해서, 도 11을 참조하면, 상기 압전체부는 원통형 형상인 상기 탄성 챔버부(210)의 외면을 따라 배치되는 링 형상일 수 있다.
- [0116] 즉, 본 발명의 제1실시예에서는 압전체부가 직육면체 형상인 탄성 챔버부의 각 4면에 배치되는 것을 설명하였으나, 본 발명의 제2실시예에서는 원통형 형상인 탄성 챔버부의 외면을 따라, 연속적으로 배치되는 링 형상으로 배치될 수 있다.
- [0117] 이때, 도면에서는 압전체부가 4개가 배치되어 있는 것으로 도시하고 있으나, 본 발명에서 이들 압전체부의 개수를 제한하는 것은 아니다.
- [0118] 한편, 배치된 각각의 압전체부 중 2개의 압전체부가 하나의 압전체를 이룰 수 있으며, 전원부(미도시)에서 각각 사인파와 코사인파를 인가할 수 있다.
- [0119] 이 경우, 상기 압전체부(221, 222)는 압전모터의 고정자(stator) 역할을 수행하여, 상술한 진행파를 발생시킨다.
- [0120] 상기 진행파는 상기 탄성 챔버부(210)에 연동운동을 발생시키고, 이 연동운동에 의하여 발생한 공간이 펌핑 작용을 하게 된다.
- [0121] 도 12a는 본 발명의 제3실시예에 따른 압전펌프를 도시한 개략적인 단면도이고, 도 12b는 본 발명의 제3실시예에 따른 압전펌프의 개폐부를 도시한 개략적인 도면이다. 본 발명의 제3실시예에 따른 압전펌프는 후술할 바를 제외하고는 상술한 제1실시예 또는 제2실시예와 동일할 수 있다.
- [0122] 먼저, 도 12a를 참조하면, 본 발명의 제3실시예에 따른 압전펌프(300)는 유체가 유입되는 유체 유입구(331) 및 유체가 배출되는 유체 배출구(332)를 포함하는 탄성 챔버부(310), 상기 탄성 챔버부(310)의 외면에 배치되는 압전체부(321, 322)를 포함한다.
- [0123] 이때, 상기 탄성 챔버부(310)는 상기 유체 유입구(331)와 상기 유체 배출구(332)와 연속적으로 형성되는 관로(331)를 포함한다.
- [0124] 본 발명의 제3실시예에서, 상기 탄성 챔버부(310)는 직육면체 형상일 수 있으며, 또한, 상술한 도 11에서와 같이 원통 형상일 수 있다.
- [0125] 계속해서, 도 12a를 참조하면, 상기 압전체부는 직육면체 형상인 상기 탄성 챔버부(310)의 제1면에 배치되는 제1압전체부(321a, 322a), 제2면에 배치되는 제2압전체부(미도시), 제3면에 배치되는 제3압전체부(321c, 322c) 및 제4면에 배치되는 제4압전체부(미도시)를 포함할 수 있다. 이는 제1실시예와 동일하므로, 이하 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0126] 한편, 상술한 바와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 탄성 챔버부는 원통 형상일 수 있으며, 이 경우, 상기 압전체부는 원통형 형상인 상기 탄성 챔버부(310)의 외면을 따라 배치되는 링 형상일 수 있다. 이는 제2실시예와 동일하므로, 이하 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0127] 계속해서, 도 12a를 참조하면, 본 발명의 제3실시예에 따른 압전 펌프는 상기 유체 유입구(331)를 개폐하는 제1개폐부(340) 및 상기 유체 배출구(332)를 개폐하는 제2개폐부(350)를 포함할 수 있다.
- [0128] 즉, 상기 제1개폐부(340)의 개폐에 따라, 상기 유체 유입구(331)로 유체가 유입되는 것을 제어할 수 있고, 상기 제2개폐부(350)의 개폐에 따라, 상기 유체 배출구(332)로 유체가 배출되는 것을 제어할 수 있다.
- [0129] 도 12b는 본 발명의 제3실시예에 따른 압전펌프의 개폐부를 도시한 개략적인 도면으로, 제1개폐부를 일예로 도

시하고 있다.

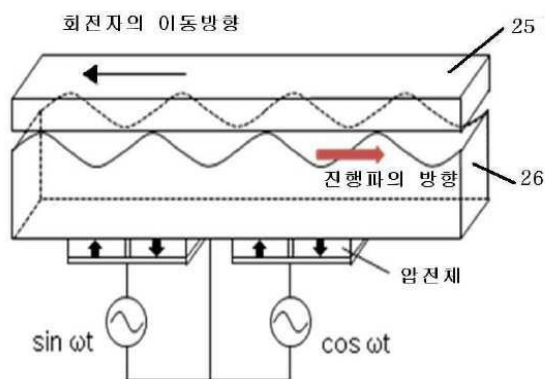
- [0130] 도 12b를 참조하면, 상기 제1개폐부는 고정부(341) 및 상기 고정부(341)의 형상 변화에 따라 개폐되는 셔터부(342)를 포함할 수 있다.
- [0131] 즉, 상기 고정부(341)는 상기 탄성 챔버부(410)의 일측 끝단에 고정되어, 상기 탄성 챔버부(410)의 변형에 의해, 상기 고정부(341)의 형상도 변형이 가해지게 된다.
- [0132] 이러한 고정부(342)의 변형에 의하여, 상기 셔터부(342)의 형상에도 변형이 가해지면서, 도 12b에 도시된 바와 같이, 상기 유체 유입구(331)를 개폐할 수 있다.
- [0133] 한편, 도 12b에서는 제1개폐부만을 도시하고 있으나, 이는 제2개폐부도 동일하며, 이와 같은 구성에 의해, 상기 유체 배출구(332)를 개폐할 수 있다.
- [0134] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

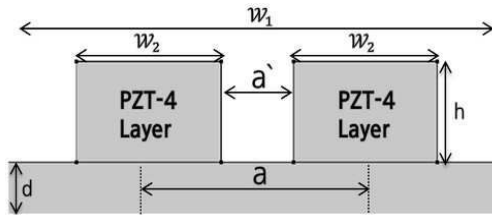
도면1



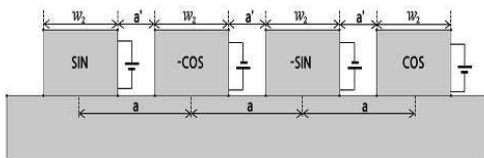
도면2a



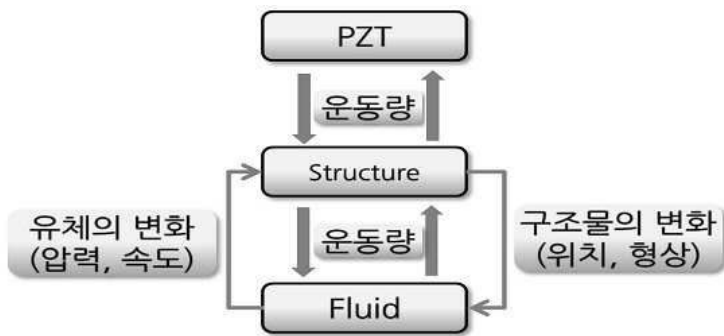
도면3c



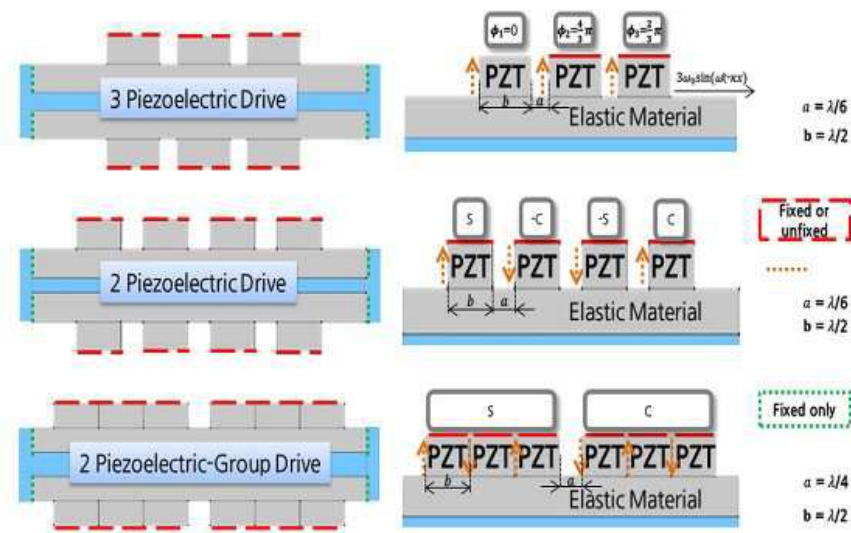
도면3d



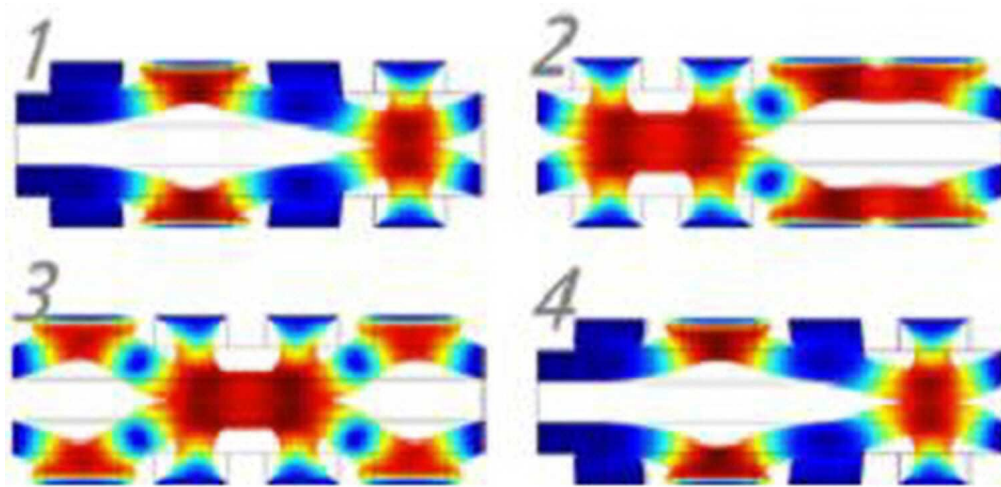
도면4



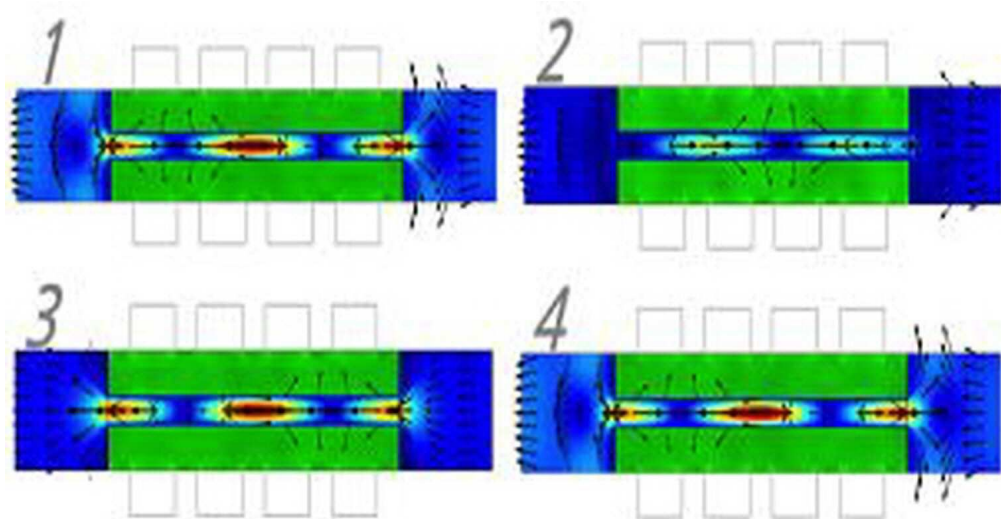
도면5



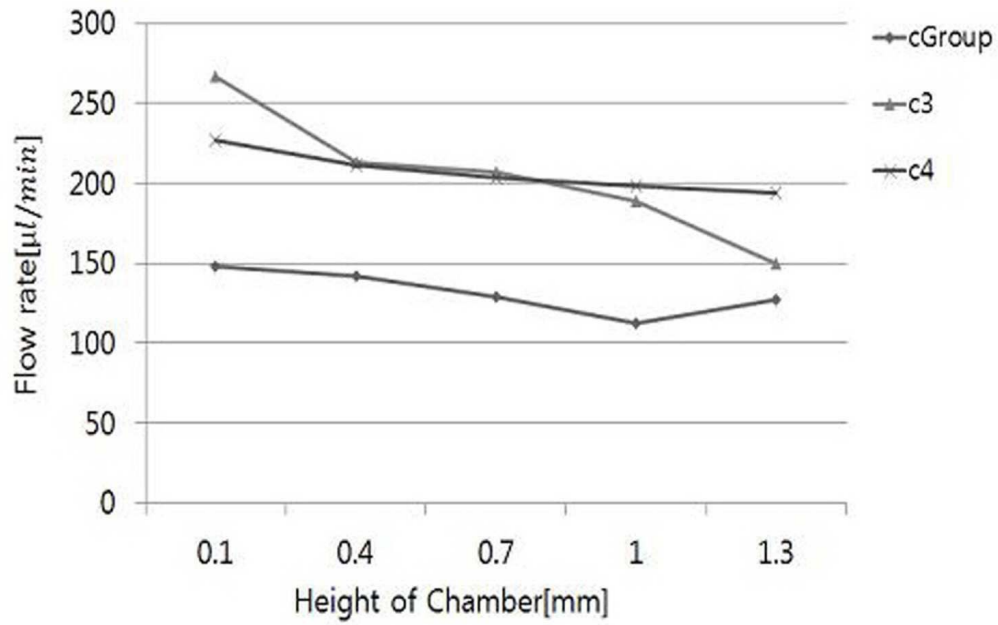
도면6



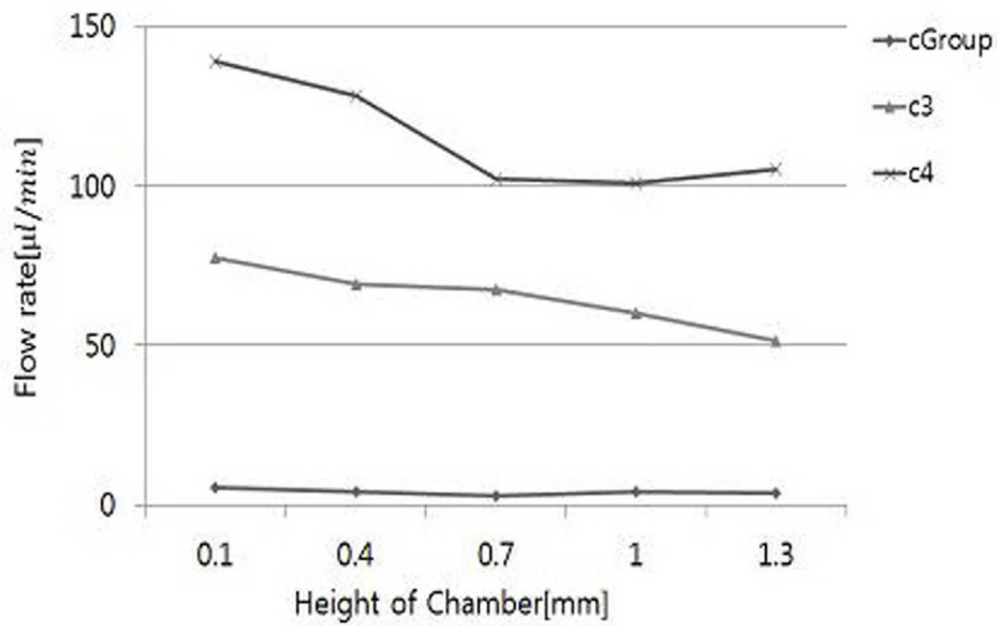
도면7



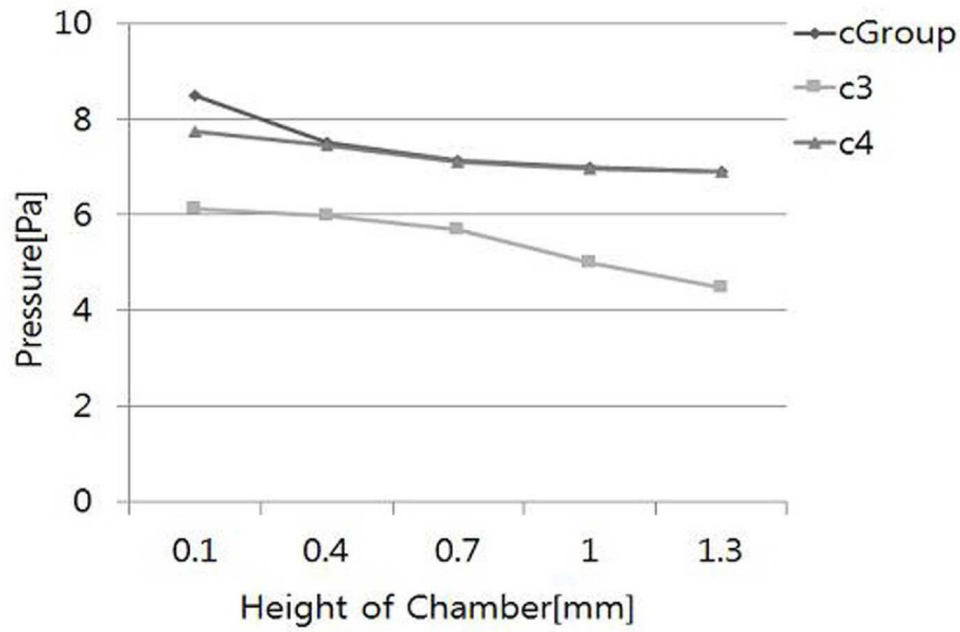
도면8



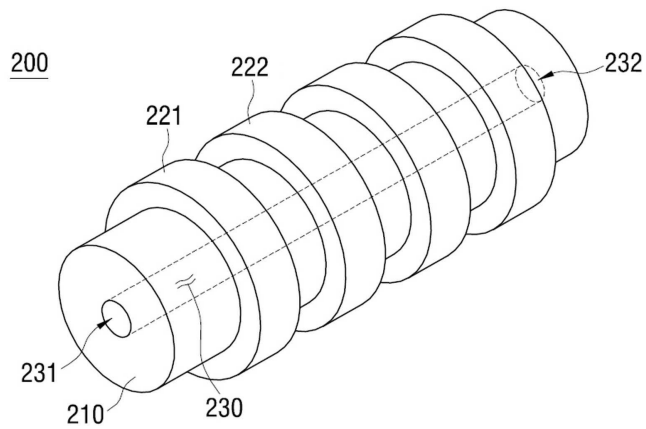
도면9



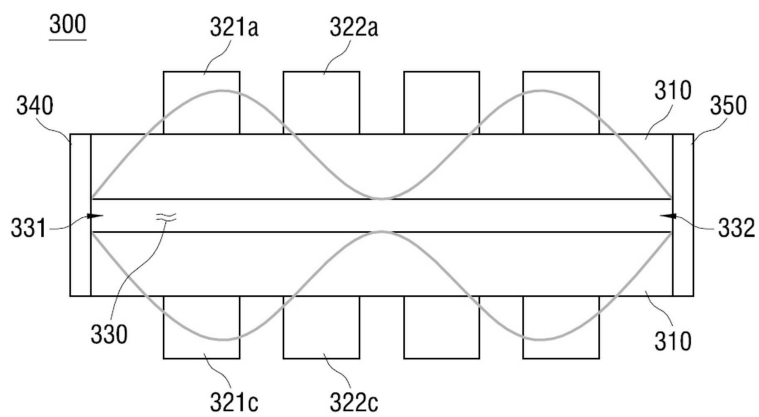
도면10



도면11



도면12a



도면12b

