



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0133458  
(43) 공개일자 2021년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02F 1/13 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G02F 1/1303 (2013.01)  
G02F 1/1316 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2020-0052079

(22) 출원일자 2020년04월29일  
심사청구일자 2020년04월29일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

이형석

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 A581

강병준

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 N104

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 플러스

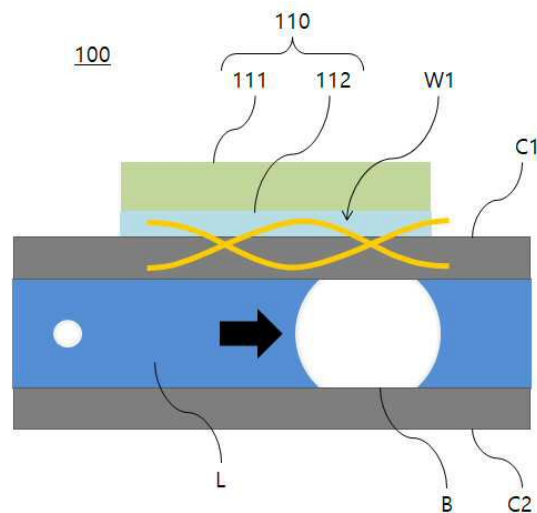
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 음향파를 이용한 버블 제거 장치 및 이를 이용한 버블 제거 방법

### (57) 요약

본 발명은 액체를 사용하는 디스플레이 패널이나 반도체 제조 공정 중 기판 상의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 음향파를 이용하여 기판 상의 버블을 포집하고, 이를 원하는 곳으로 이동시켜 버블을 제거하는 음향파를 이용한 버블 제거 장치 및 이를 이용한 버블 제거 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**강돈영**

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 N104

**류찬열**

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 N104

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기관의 일면에 도포되는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서,  
상기 버블 제거 장치는,  
상기 기관의 타면에 구비되며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며,  
상기 음향파 발생 장치는,  
동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하고, 상기 정상음향장의 배(antinode)에 상기 버블을 포집하고, 상기 정상음향장의 위상 변위 또는 상기 음향파 발생 장치의 이동을 통해 상기 배의 위치를 조절함으로써 상기 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 2

기관의 일면에 도포되는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서,  
상기 버블 제거 장치는,  
상기 기관의 타면에 구비되며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며,  
상기 음향파 발생 장치는,  
상기 기관의 일측 방향으로 인가되는 지향성 음향파를 통해 상기 버블을 상기 용액의 외측으로 버블을 이송시켜 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 3

한 쌍의 기관 사이에 도포되는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서,  
상기 버블 제거 장치는,  
상기 기관 중 어느 하나의 외면 또는 상기 한 쌍의 기관 각각의 외면에 구비되며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며,  
상기 음향파 발생 장치는,  
동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하고, 상기 정상음향장의 배(antinode)에 상기 버블을 포집하고, 상기 정상음향장의 위상 변위 또는 상기 음향파 발생 장치의 이동을 통해 상기 배의 위치를 조절함으로써 상기 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 4

제 3항에 있어서,  
상기 특정 위치는,  
상기 한 쌍의 기관의 둘레부인 것을 특징으로 하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 5

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 음향파 발생 장치는,  
음향파를 상기 용액에 인가하는 음향파 발생부; 및  
상기 기관과 상기 음향파 발생부를 음향 커플링하기 위한 음향파 전달부를 포함하며,  
상기 음향파 전달부는, 폴리머 재질 또는 액체인 것을 특징으로 하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 6

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 버블 제거 장치는,  
상기 용액 상의 버블의 위치, 크기 또는 속도를 감지하는 버블 감지부;  
상기 음향파 발생 장치를 견인하여 상기 음향파 발생 장치를 상기 기관 상의 특정 위치에 이송하기 위한 이송부;  
상기 음향파 발생 장치, 버블 감지부 및 이송부를 제어하기 위한 제어부;  
를 더 포함하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 7

관의 내부에 수용 또는 내부를 유동하는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서,  
상기 버블 제거 장치는,  
상기 관의 외면에 원주 방향을 따라 상기 관을 감싸도록 유연한 재질로 이루어지며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며,  
상기 음향파 발생 장치는,  
동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하고, 상기 정상음향장의 배(antinode)에 상기 버블을 포집하고, 상기 정상음향장의 위상 변위를 통해 상기 배의 위치를 조절함으로써 상기 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 8

제 7항에 있어서,  
상기 특정 위치는,  
상기 관의 반경 방향 외측인 것을 특징으로 하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 9

제 7항 또는 제 8항에 있어서,  
상기 음향파 발생 장치는,

상기 관의 길이 방향을 따라 복수 개가 이격 배치되는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 10

제 7항에 있어서,

상기 버블 제거 장치는,

상기 관과 연통되는 리저버;

상기 관과 상기 리저버를 연결하는 연결유로; 를 포함하며,

상기 음향파 발생장치는,

정상음향파를 통해 상기 용액 속의 버블을 상기 관의 반경방향 외측으로 이송시켜 상기 연결유로로 유도하고 연결유로를 통해 유도된 버블이 상기 리저버에 저장되는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 연결유로는,

상기 리저버 측으로 갈수록 상방으로 기울어지게 형성된, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 관은,

일측에 주입구가 형성되고, 타측에 노즐이 형성된 디스펜서이고,

상기 음향파 발생 장치는, 상기 주입구와 노즐 사이에 정상음향파가 인가되도록 구성된, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 13

제 1항 또는 제 3항 또는 제 7항에 있어서,

상기 음향파 발생 장치는,

복수의 이격부가 형성되도록 배치되는 한 쌍의 전극을 포함하며,

상기 이격부의 이격거리가 서로 다르게 배치되어 서로 다른 파장을 갖는 복수의 음향파를 상기 용액에 인가하는 것을 특징으로 하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

#### 청구항 14

제 1항 또는 제 3항 또는 제 7항에 있어서,

상기 음향파 발생 장치는,

10MHz~ 10GHz 사이의 주파수를 갖는 음향파를 상기 용액에 인가하는 것을 특징으로 하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

### 청구항 15

제 1항 또는 제 3항 또는 제 7항에 있어서,

상기 음향파 발생 장치는,

100nm~ 200  $\mu$ m 의 지름을 갖는 버블을 제거하는 것을 특징으로 하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치.

### 청구항 16

제 1항 또는 제 3항 또는 제 7항의 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법에 있어서,

음향파 발생 장치를 통해 동일한 과장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하는 단계;

상기 정상음향장을 용액에 인가하여 상기 정상음향장의 배(antinode)에 버블을 포집하는 단계; 및

상기 정상음향장의 위상 변위 또는 상기 음향파 발생 장치의 이동을 통해 상기 배를 이동시켜 포집된 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는 단계;

를 포함하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법.

### 청구항 17

제 6항의 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법에 있어서,

음향파 발생 장치를 통해 동일한 과장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하는 단계;

상기 정상음향장을 용액에 인가하여 상기 정상음향장의 배(antinode)에 버블을 포집하는 단계; 및

이송부를 통해 상기 음향파 발생 장치를 이동시켜 포집된 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는 단계;

를 포함하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법.

### 청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 버블 제거 방법은,

상기 정상음향장을 형성하는 단계 이전에

버블 감지부를 통해 용액 속의 버블의 위치를 감지하는 단계; 및

상기 이송부를 통해 상기 음향파 발생 장치를 상기 버블에 근접 이동시키는 단계;

를 더 포함하는, 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 액체를 사용하는 디스플레이 패널이나 반도체 제조 공정 중 기판 상의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 음향파를 이용하여 기판 상의 버블을 포집하고, 이를 원하는 곳으로 이동시켜 버블을 제거하는 음향파를 이용한 버블 제거 장치 및 이를 이용한 버블 제거 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0001]

[0002] 액체를 사용하는 디스플레이 패널 일예로 LCD 기관 제조 공정 중 발생하는 기관 내부의 버블은 디스플레이 패널의 품질을 저하시키는 치명적인 요인이다. LCD 기관 제조 공정 중 기관 상에 액정 주입 시 진공 상태에서 주입하더라도 확률적으로 버블이 박막 트랜지스터(TFT)와 컬러필터 사이에 존재할 수 있다. 기존의 공정에서는 버블이 발생한 기관은 불량으로 간주하여 분해 후 재조립하거나 폐기해야 한다. 이에 따라 LCD의 제조단가를 높이고 수율을 낮추게 된다. 디스플레이 패널 뿐만 아니라, 반도체 제조 공정 도중 발생하는 버블은 공정의 정밀도 저하 및 생산 수율 저하를 유발하여 반도체 칩의 기능이 저하되거나 제품의 가격을 상승시킨다. 따라서 기존에는 반도체 공정 도중 발생하는 버블을 제거하기 위한 다양한 기술들이 활용되고 있다.

[0003] 대표적으로 초음파나, 필터를 이용한 버블 제거 방식이 주로 사용이 된다. 종래의 초음파를 이용한 버블 제거 방식의 경우 액정 용액 상에 1Mhz 이하의 주파수를 갖는 초음파를 인가하여 버블의 팽창 및 폭발을 유도함에 따라 액정 용액 상의 버블을 제거하게 된다. 이 방식의 경우 용액 이송에 저항 등과 같은 영향을 미치지 않고 버블의 제거가 가능한 장점이 있지만, 미세크기(지름 수십 마이크로미터 이하)의 버블을 제거할 수 없고, 버블 폭발에 따른 충격파에 의해 기관 상의 미세 구조물(패턴)이나, 감광제 등이 손상되는 단점이 있다. 또한, 필터를 이용한 버블 제거 방식의 경우 액정 용액을 이송하는 시스템 내부에 필터를 삽입하여 버블을 제거하게 되며, 구성이 단순하여 기존 공정 시스템에 적용이 용이한 장점이 있으나, 필터가 저항으로 작용하여 용액 이송에 필요한 압력이 증가하고, 주기적인 필터 교체로 인해 유지 보수비용이 증가하는 단점이 있다.

[0004] 따라서 기존 버블 제거 기술들의 단점을 개선한 새로운 버블 제거 기술의 개발이 요구되고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 본 발명의 목적은, 음향파를 통해 버블을 포집하고, 원하는 곳으로 이송하여 버블을 기관으로부터 분리시키는 음향파를 이용한 버블 제거 장치 및 이를 이용한 버블 제거 방법에 관한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치는, 기관의 일면에 도포되는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서, 상기 버블 제거 장치는, 상기 기관의 타면에 구비되며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며, 상기 음향파 발생 장치는, 동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하고, 상기 정상음향장의 배(antinode)에 상기 버블을 포집하고, 상기 정상음향장의 위상 변위 또는 상기 음향파 발생 장치의 이동을 통해 상기 배의 위치를 조절함으로써 상기 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거한다.

[0007] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치는, 기관의 일면에 도포되는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서, 상기 버블 제거 장치는, 상기 기관의 타면에 구비되며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며, 상기 음향파 발생 장치는, 상기 기관의 일측 방향으로 인가되는 지향성 음향파를 통해 상기 버블을 상기 용액의 외측으로 버블을 이송시켜 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거한다.

[0008] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치는, 한 쌍의 기관 사이에 도포되는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서, 상기 버블 제거 장치는, 상기 기관 중 어느 하나의 외면 또는 상기 한 쌍의 기관 각각의 외면에 구비되며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며, 상기 음향파 발생 장치는, 동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하고, 상기 정상음향장의 배(antinode)에 상기 버블을 포집하고, 상기 정상음향장의 위상 변위 또는 상기 음향파 발생 장치의 이동을 통해 상기 배의 위치를 조절함으로써 상기 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거한다.

[0009] 이때, 상기 특정 위치는, 상기 한 쌍의 기관의 둘레부인 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 음향파 발생 장치는, 음향파를 상기 용액에 인가하는 음향파 발생부; 및 상기 기관과 상기 음향파 발생부를 음향 커플링하기 위한 음향파 전달부를 포함하며, 상기 음향파 전달부는, 폴리머 재질 또는 액체인 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 버블 제거 장치는, 상기 용액 상의 버블의 위치, 크기 또는 속도를 감지하는 버블 감지부; 상기 음

향과 발생 장치를 견인하여 상기 음향파 발생 장치를 상기 기관 상의 특정 위치에 이송하기 위한 이송부; 및 상기 음향파 발생 장치, 버블 감지부 및 이송부를 제어하기 위한 제어부; 를 더 포함한다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치는, 관의 내부에 수용 또는 내부를 유동하는 용액 속의 버블을 제거하기 위한 버블 제거 장치에 있어서, 상기 버블 제거 장치는, 상기 관의 외면에 원주 방향을 따라 상기 관을 감싸도록 유연한 재질로 이루어지며, 상기 용액으로 음향파를 인가하는 음향파 발생 장치를 포함하며, 상기 음향파 발생 장치는, 동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하고, 상기 정상음향장의 배(antinode)에 상기 버블을 포집하고, 상기 정상음향장의 위상 변위를 통해 상기 배의 위치를 조절함으로써 상기 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거한다.

[0013] 이때, 상기 특정 위치는, 상기 관의 반경 방향 외측인 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 음향파 발생 장치는, 상기 관의 길이 방향을 따라 복수 개가 이격 배치된다.

[0015] 또한, 상기 버블 제거 장치는, 상기 관과 연통되는 리저버; 상기 관과 상기 리저버를 연결하는 연결유로; 를 포함하며, 상기 음향파 발생장치는, 정상음향파를 통해 상기 용액 속의 버블을 상기 관의 반경방향 외측으로 이송시켜 상기 연결유로로 유도하고 연결유로를 통해 유도된 버블이 상기 리저버에 저장된다.

[0016] 또한, 상기 연결유로는, 상기 리저버 측으로 갈수록 상방으로 기울어지게 형성된다.

[0017] 또한, 상기 관은, 일측에 주입구가 형성되고, 타측에 노즐이 형성된 디스펜서이고, 상기 음향파 발생 장치는, 상기 주입구와 노즐 사이에 정상음향파가 인가되도록 구성된다.

[0018] 또한, 상기 음향파 발생 장치는, 복수의 이격부가 형성되도록 배치되는 한 쌍의 전극을 포함하며, 상기 이격부의 이격거리가 서로 다르게 배치되어 서로 다른 파장을 갖는 복수의 음향파를 상기 용액에 인가하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 음향파 발생 장치는, 10MHz~ 10GHz 사이의 주파수를 갖는 음향파를 상기 용액에 인가하며, 100nm~ 200  $\mu$ m 의 지름을 갖는 버블을 제거하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명의 일 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법은, 음향파 발생 장치를 통해 동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하는 단계; 상기 정상음향장을 용액에 인가하여 상기 정상음향장의 배(antinode)에 버블을 포집하는 단계; 및 상기 정상음향장의 위상 변위 또는 상기 음향파 발생 장치의 이동을 통해 상기 배를 이동시켜 포집된 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는 단계; 를 포함한다.

[0021] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법은, 음향파 발생 장치를 통해 동일한 파장의 한 쌍의 음향파를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시켜 정상음향장을 형성하는 단계; 상기 정상음향장을 용액에 인가하여 상기 정상음향장의 배(antinode)에 버블을 포집하는 단계; 및 이송부를 통해 상기 음향파 발생 장치를 이동시켜 포집된 버블을 특정 위치로 이송하여 상기 용액으로부터 상기 버블을 제거하는 단계; 를 포함한다.

[0022] 또한, 상기 버블 제거 방법은, 상기 정상음향장을 형성하는 단계 이전에 버블 감지부를 통해 용액 속의 버블의 위치를 감지하는 단계; 및 상기 이송부를 통해 상기 음향파 발생 장치를 상기 버블에 근접 이동시키는 단계; 를 더 포함한다.

### 발명의 효과

[0023] 상기와 같은 구성에 의한 본 발명의 음향파를 이용한 버블 제거 장치 및 이를 이용한 버블 제거 방법은, 음향파를 이용하되 버블을 팽창 및 폭발 시키지 않고, 이송하여 기관으로부터 분리시키기 때문에 버블의 폭발로 인한 기관의 손상을 방지하여 공정의 정밀도 및 생산성이 향상되는 효과가 있다.

[0024] 또한, 음향파를 이용하여 버블을 제거하기 때문에 액정 용액 이송 시 버블 제거 장치가 저항으로 작용하지 않아 용액 이송에 필요한 압력을 낮출 수 있는 효과가 있다.

[0025] 또한, 음향파 발생 장치에서 발생한 음향파가 기관을 통해서 유체에 전달되기 때문에 음향파 장치가 유체와 닿지 않아 부식성 액체와 같은 용액에 적용하더라도 음향파 장치의 손상을 방지할 수 있어 유지 보수 비용을 줄일 수 있다.



- [0026] 또한, 음향파는 액체의 물성과 무관하게 액체에서 종파 형태로 전달이 될 수 있기 때문에, 디스플레이 및 반도체 공정 도중에 사용되는 다양한 종류 액체에 모두 적용이 가능한 효과가 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 10MHz ~ 10GHz 의 주파수 음향파를 이용하기 때문에 100nm ~ 200  $\mu$ m 의 지름을 갖는 버블을 이송하여 제거하는 것이 가능하여 미세 버블에 의한 공정 정밀도 저하 등을 예방할 수 있는 효과가 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 기존에 사용되는 다양한 공정 장치와의 결합이 용이하여 기존의 공정 장치를 활용할 수 있고, 이에 따른 버블 제거 비용의 최소화가 가능한 효과가 있다.
- [0029] 아울러 본 발명은 가변적인 음향파 발생이 가능하여 버블을 제거하고자 하는 대상에 최적화된 음향파를 발생시키기 때문에 버블을 최적의 조건에서 제거할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 음향파를 이용한 버블의 포집 원리를 나타낸 개념도
- 도 2는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치의 개략도
- 도 3은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치의 개략도
- 도 4는 본 발명의 제3 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치의 개략도
- 도 5는 본 발명의 제4 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치의 개략도
- 도 6 내지 도 8은 본 발명의 제4 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치를 이용한 버블 제거 방법을 도시한 개략도
- 도 9는 본 발명의 제5 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치의 개략도
- 도 10은 본 발명의 제6 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치의 개략도
- 도 11은 본 발명의 제7 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치의 개략도
- 도 12는 본 발명의 일 실시 예에 따른 음향파 발생부의 개략도
- 도 13은 본 발명의 음향파 발생부에 따른 버블의 이동을 나타낸 개념도

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명의 일 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치 및 이를 이용한 버블 제거 방법은, 음향파 발생 장치를 용액이 도포된 기판 또는 용액이 이송되고 있는 관과 음향 커플링(acoustic coupling) 시킨 후 용액에 음향파를 인가하여 용액 내부에 존재하는 버블을 기판 외부 혹은 버블 제거가 용이한 특정 위치로 이동시킴으로써 버블을 용액 상에서 제거할 수 있도록 구성된다.
- [0032] 버블을 이동시키기 위해서는 위상 변조 정상음향파 (phase-modulated standing acoustic wave) 또는 지향성 음향파를 활용할 수 있다. 위와 같은 음향파 발생을 위해서는 표면탄성과 장치, 압전 장치, 미세-가공된 음향파 발생 장치 배열(micro-fabricated ultrasound transducer array) 등을 활용할 수 있다.
- [0033] 버블 제거 대상이 한 쌍의 평판 사이, 단일 평판 또는, 곡면 판 위에 도포된 용액인 경우 평판 형태로 제작된 음향파 장치를 활용할 수 있다. 또한 관과 같이 곡면으로 둘러싸인 내부에 수용된 용액 속의 버블을 제거하기 위해서는 굽힘 상태에서도 음향파 발생이 가능한 유연한 음향파 장치를 활용할 수 있다.
- [0034] 또한, 기판 혹은 관과 음향파 장치를 음향 커플링 시키기 위해서는 장치와 대상 사이에 음향 커플링 재료를 활용할 수 있다. 또한, 음향파 장치의 이송이 필요한 경우에는 액체 재료를 활용할 수 있다. 액체 재료를 사용하는 경우에는 기름과 같이 증발이 적은 액체를 사용하거나, 주기적 또는 연속적으로 액체를 주입해줄 수 있는 주입수단을 구비할 수 있다.
- [0035] 도 1에는 음향파를 이용한 버블의 포집 원리를 나타낸 개념도가 도시되어 있다.
- [0036] 도시된 바와 같이 채널(20) 내부를 유동하는 용액(L) 속의 버블(B)을 이송하기 위해서는, 채널(20)의 일측 또는 타측 또는 양측에 음향파 발생 장치(10)(10a)를 배치한 후 음향파 발생 장치(10)(10a)를 통해 정상음향파(W)를 발생시켜 버블(B)을 용액(L) 상의 특정 위치에 고정(포집)한 후, 정상음향파(W)의 위상을 제어하여 버블(B)을

제거가 용이한 위치로 이송시킬 수 있다.

[0037] 이때, 정상음향파(W)를 발생시키기 위해서는 동일한 파장의 음향파(W1)(W2)를 서로 반대 방향으로 발생시킨 다음 중첩시킬 수 있다. 음향파 발생 장치(10)(10a)로 표면탄성과 장치를 사용하는 경우에는 장치의 양 쪽 전극에서 발생하는 표면탄성과가 중첩되어 정상표면탄성과가 발생하게 되고, 정상표면탄성과가 표면탄성과 기관의 위에 배치된 유체에 전달되면 정상음향장(F)이 발생하게 된다. 음향파 발생 장치(10)(10a)로 2개 이상의 압전 장치를 활용하여 물에 압력파를 인가하는 경우에는 물속에서 압력파가 중첩이 되어 정상음향장(F)이 발생하게 된다. 이때, 정상음향장의 압력 진폭이 가장 큰 곳을 배(antinode)(an)라고 하고, 진폭이 가장 작은 곳을 마디(node)(n)라고 한다. 이때, 아래 수식 1에 의해 결정되는 음향 대비계수(acoustic contrast factor)( $\Phi$ )가 양수인 유체 속 입자들은 정상음향장의 마디(n)로, 음향 대비 계수( $\Phi$ )가 음수인 입자들은 정상음향장의 배(an)로 이동하게 된다.

### 수학식 1

$$\Phi = \frac{5\rho_p - 2\rho_m}{2\rho_p + \rho_m} - \frac{\beta_p}{\beta_m} \varphi$$

[0039] (여기서,  $\rho_p$  : 입자의 밀도,  $\rho_m$  : 유체의 밀도,  $\beta_p$  : 입자의 압축률,  $\beta_m$  : 유체의 압축률)

[0040] 이때, 물과 같은 일반적인 유체 내에서 버블의 음향대비계수( $\Phi$ )는 음수이기 때문에, 버블은 정상음향장(F)의 배(an)로 이동하게 된다.

[0041] 본 발명에서 제안하는 것과 같이 위상 변조 정상음향파를 이용하여 버블(B)을 이동시키는 경우에는 버블을 최적으로 이송시키는 조건을 이론식을 통해 계산하는 것이 가능하다. 정상음향장에 입자에 미치는 힘인 음향방사력(acoustic radiation force)( $F_{rad}$ )은 아래 수식 2와 같다.

### 수학식 2

$$F_{rad} = F_0 \sin(2kx - \phi)$$

$$F_0 = \frac{\pi \rho |A|^2 k R}{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}}, b = 6\pi R \mu, k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

[0043] 이때,

[0044] (여기서,  $R$  : 버블의 반지름,  $\mu$  : 유체의 점성,  $\phi$  : 음향파의 위상,  $\omega_0$  : 버블의 공진주파수,  $\omega$  : 음향 주파수,  $|A|$  : 속도퍼텐셜의 복소진폭,  $\lambda$  : 음향파의 파장)

[0045] 또한, 입자의 이동 시 유체에 의한 항력(drag force)( $F_{drag}$ )은 아래 수식 3과 같다.

### 수학식 3

$$F_{drag} = 6\pi R \mu \frac{dx}{dt}$$

[0047] 이때, 레이놀즈수가 작은 경우, 가속도 항은 무시할 수 있으므로, 입자의 운동방정식은 음향방사력( $F_{rad}$ )과 항

력( $F_{drag}$ )이 같다고 볼 수 있으므로, 아래 수식 4와 같이 기술될 수 있다.

#### 수학식 4

$$b \frac{dx}{dt} = F_0 \sin(2kx - \phi)$$

이때, 음향파의 위상을 연속적으로 변화시켜 주는 경우, 위상은  $\dot{\phi}t$  만큼 변화게 된다. 위와 같은 상황에서 입자가 최대 힘을 받아서 선형적으로 움직일 수 있다는 가정을 도입하게 되면, 입자의 운동 방정식은 아래와 같은 무차원화 식(수식 5)으로 변형될 수 있다.

#### 수학식 5

$$\frac{dX^*}{dT^*} = \sin(R^* X^* - T^*)$$

$$X^* = \frac{b\phi}{F_0} x, T^* = \dot{\phi}t, R^* = \frac{2kF_0}{b\dot{\phi}}$$

(여기서,  $X^*$ : 무차원화된 변위,  $T^*$ : 무차원화된 시간,  $R^*$ : 무차원화된 입자의 반지름)

이때, 무차원화된 입자의 반지름( $R^*$ )이 1일 때, 해당 입자가 최대 힘을 받아서 움직일 수 있는 것을 뜻하므

로, 이때가 최적의 위상변조율 값이 될 수 있다. 즉,  $\dot{\phi}_{optimal} = \frac{2kF_0}{b}$  이기 때문에, 최적인 위상변조율

$$R^* = \frac{2kF_0}{b\dot{\phi}_{optimal}} = 1$$

( )은 아래 수식 6과 같다.

#### 수학식 6

$$\dot{\phi}_{optimal} = \frac{2kF_0}{b}$$

따라서 위 수식 6을 통해 버블의 반지름에 따른 최적의 위상변조율 산출이 가능하여 버블 이송 효율을 높일 수 있다. 즉, 위상변조를 통한 배(antinode)의 이동 속도가 너무 빠른 경우 배에 포집된 버블이 이송 시 배에서 이탈되는 경우가 발생할 수 있기 때문에 배의 이동 속도를 최적화하여 버블을 안전하게 이송이 가능하도록 한다.

이하, 상기와 같은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치(100~700)에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

- 실시 예 1 정상음향파 단수 형

도 2에는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 음향파를 이용한 버블 제거 장치(100, 이하 "버블 제거 장치")의 개략도가 도시되어 있다.

도시된 바와 같이 본 발명의 제1 실시 예에 따른 버블 제거 장치(100)는, 한 쌍의 기관(C1)(C2) 사이에 수용된 용액(L) 상의 버블(B)을 제거하기 위해 구성된다. 이를 위해 버블 제거 장치(100)는 한 쌍의 기관(C1)(C2) 중 어느 하나의 기관(C1)의 외면에 구비되는 음향파 발생 장치(110)를 포함한다.

- [0060] 음향파 발생 장치(110)는, 정상음향파(W1)를 용액(L)에 인가하는 음향파 발생부(111)와, 기관(C1)과, 음향파 발생부(111)를 음향 커플링하기 위한 음향파 전달부(112)로 구성된다. 음향파 전달부(112)는 PDMS와 같은 폴리머 재질 또는 기름/물과 같은 액체 재료로 구성될 수 있다.
- [0061] 위와 같은 구성의 버블 제거 장치(100)는, 음향파 발생부(111)를 통해 정상음향파(W1)를 용액(L)에 인가하여 정상음향파(W1)의 배(antinode)를 통해 용액(L) 상의 버블(B)을 포집하게 된다. 다음으로 정상음향파(W1)의 위상을 변위시켜, 버블(B)을 특정 위치로 이동 시킨 후 버블(B)을 용액(L)으로부터 분리하여 버블(B)을 제거한다. 상기 특정 위치는 한 쌍의 기관(C1)(C2)의 둘레부나 모서리부일 수 있다.
- [0062] - 실시 예 2 정상음향파 복수 형
- [0063] 도 3에는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 버블 제거 장치(200)의 개략도가 도시되어 있다.
- [0064] 도시된 바와 같이 본 발명의 제2 실시 예에 따른 버블 제거 장치(200)는, 한 쌍의 기관(C1)(C2) 사이에 수용된 용액(L) 상의 버블(B)을 제거하기 위해 구성되며,
- [0065] 한 쌍의 기관(C1)(C2) 중 어느 하나의 기관(C1)의 외면에 구비되는 제1 음향파 발생 장치(210)와 다른 하나의 기관(C2)의 외면에 구비되는 제2 음향파 발생 장치(220)를 포함한다.
- [0066] 제1 음향파 발생 장치(210)는, 제1 정상음향파(W1)를 용액(L)에 인가하는 제1 음향파 발생부(211)와, 기관(C1)과, 제1 음향파 발생부(211)를 음향 커플링하기 위한 제1 음향파 전달부(212)로 구성된다. 또한, 제2 음향파 발생 장치(220)는, 제2 정상음향파(W2)를 용액(L)에 인가하는 제2 음향파 발생부(221)와, 기관(C2)과, 제2 음향파 발생부(221)를 음향 커플링하기 위한 제2 음향파 전달부(222)로 구성된다.
- [0067] 위와 같은 구성의 버블 제거 장치(200)는, 제1 및 제2 음향파 발생부(211)(221)를 통해 제1 및 제2 정상음향파(W1)(W2)를 용액(L)에 인가하여 버블(B)을 용액(L)으로부터 분리하여 버블(B)을 제거하기 때문에 상술된 실시 예 1에 비해 버블 제거 속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다.
- [0068] - 실시 예 3 지향성 음향파 형
- [0069] 도 4에는 본 발명의 제3 실시 예에 따른 버블 제거 장치(300)의 개략도가 도시되어 있다.
- [0070] 도시된 바와 같이 본 발명의 제3 실시 예에 따른 버블 제거 장치(300)는, 단수의 기관(C)의 일면 또는 타면에 도포되는 용액(L) 상의 버블(B)을 제거하기 위해 구성된다. 이를 위해 버블 제거 장치(300)는 기관(C) 상의 용액(L)이 도포되지 않은 측의 외면에 구비되는 음향파 발생 장치(310)를 포함한다.
- [0071] 음향파 발생 장치(310)는, 단일 방향으로 인가되는 지향성 음향파(W3)를 용액(L)에 인가하는 음향파 발생부(311)와, 기관(C)과, 음향파 발생부(311)를 음향 커플링하기 위한 음향파 전달부(312)로 구성된다. 음향파 전달부(312)는 PDMS와 같은 폴리머 재질 또는 기름/물과 같은 액체 재료로 구성될 수 있다.
- [0072] 위와 같은 구성의 버블 제거 장치(300)는, 음향파 발생부(311)를 통해 지향성 음향파(W3)를 용액(L) 상의 기관(C) 대향 측으로 인가하여 용액(L) 상의 버블(B)을 포집하고, 버블(B)을 용액(L)의 외측 측 기관(C)에 도포된 측의 대향 측으로 이송하여 버블(B)을 용액(L)으로부터 분리하여 버블(B)을 제거한다.
- [0073] 위와 같은 실시 예의 버블 제거 장치(300)는 지향성 음향파를 통해 버블(B)을 용액(L) 외측으로 이송하는 구성만으로 버블(B)의 제거가 가능하기 때문에 정밀한 위상제어가 필요하지 않아 상술된 실시 예들에 비해 구성이 단순하고 제어가 용이한 장점이 있다.
- [0074] - 실시 예 4 음향파 발생 장치 이송 형
- [0075] 도 5에는 본 발명의 제4 실시 예에 따른 버블 제거 장치(400)의 개략도가 도시되어 있다.
- [0076] 도시된 바와 같이 본 발명의 제4 실시 예에 따른 버블 제거 장치(400)는, 한 쌍의 기관(C1)(C2) 사이에 수용된 용액(L) 상의 버블(B)을 제거하기 위해 구성된다. 이를 위해 버블 제거 장치(400)는 한 쌍의 기관(C1)(C2) 중 어느 하나의 기관(C1)의 외면에 구비되는 음향파 발생 장치(410)와, 용액(L) 상의 버블(B)을 감지하기 위한 버블 감지부(420)와, 음향파 발생 장치(410)를 견인하여 음향파 발생 장치(410)를 이송하기 위한 이송부(430)와, 위 음향파 발생 장치(410), 버블 감지부(420) 및 이송부(430)와 통신 연결되어 이들을 제어하기 위한 제어부(450)를 포함하여 구성된다.
- [0077] 음향파 발생 장치(410)는, 정상음향파를 용액(L)에 인가하는 음향파 발생부와, 기관(C1)과, 음향파 발생부를 음

향 커플링하기 위한 음향파 전달부로 구성된다.

- [0078] 버블 감지부(420)는 용액(L) 상의 버블(B)을 감지하기 위한 구성으로 버블(B)의 위치, 크기 및 속도를 분석하기 위한 머신 비전일 수 있다. 버블 감지부(420)를 통해 버블(B)을 감지함에 따라 음향파 발생 장치(410)의 이동 경로의 최적화가 가능해진다.
- [0079] 이송부(430)는, 음향파 발생 장치(410)를 기관(C1)상에서 평면 방향으로 이동시키기 위한 구성으로 일례로, 음향파 발생 장치(410)를 견인하여 직접 이동시키기 위한 로봇암 또는 음향파 발생 장치(410)가 설치되어 모터에 의해 음향파 발생 장치(410)를 이동시키는 모터 스테이지일 수 있다.
- [0080] 제어부(450)는 음향파 발생 장치(410)의 정상음향파 인가 제어, 버블 감지부(420)를 통한 버블 정보의 분석, 이송부(430)의 제어를 위해 구성되며, 통상의 제어부의 구성이 적용될 수 있다.
- [0081] 위와 같은 구성의 본 발명의 제4 실시 예에 따른 버블 제거 장치(400)를 이용한 버블 제거 방법에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0082] 도 6 내지 도 8에는, 본 발명의 제4 실시 예에 따른 버블 제거 장치(400)를 이용한 버블 제거 방법을 도시한 개략도가 도시되어 있다.
- [0083] 먼저 도 6에 도시된 바와 같이 버블 감지부(420)를 이용하여 버블(B)의 이미지 획득을 통해 버블의 크기, 위치 및 속도를 분석하여 버블 제거를 위한 최적의 장치 이동 경로를 도출하는, 버블 분석 단계를 수행한다.
- [0084] 다음으로 도 7에 도시된 바와 같이 이송부(430)를 통해 음향파 발생 장치(410)를 버블(B)이 인접한 기관(C1) 상에 위치시킨 후 정상음향파(W1)를 인가하여 버블(B)을 포집하고, 정상음향파(W1)의 위상 제어를 통해 버블(B)의 미세 위치를 제어하는 버블 포집 단계를 수행한다.
- [0085] 다음으로 도 8에 도시된 바와 같이 이송부(430)를 통해 음향파 발생 장치(410)를 버블제거가 용이한 위치로 이동시켜 음향파 발생 장치(400)를 통해 포집된 버블(B)을 버블제거가 용이한 위치로 이동시키는 버블 이송 단계를 수행한다. 이때 버블(B)은 기관(C1)의 모서리와 같은 기관(C1)의 돌레부일 수 있다.
- [0086] 상술된 본원의 제4 실시 예에 따른 버블 제거 장치(400)는 음향파 발생 장치(400)를 통해 포집된 버블(B)을 이송부(420)를 통해 이송시키기 때문에 위상 제어를 이용한 버블 이송에 비해 광범위한 버블의 위치 제어가 가능한 장점이 있다.
- [0087] 또한 버블 감지부(420)를 이용하여 용액 속 버블의 크기 및 위치 등을 분석하고, 경로 최적화 알고리즘을 활용하여 음향파 장치의 이동 경로를 최적화하여 버블의 제거 속도를 최대화할 수 있다.
- [0088] 또한, 버블의 단거리 이동 시에는 버블에 인가되는 음향파의 위상 제어를 통해 버블의 위치를 미세 조정하고, 장거리 이동 시에는 음향파 인가를 통해 버블을 포집한 상태에서 이송부(450)를 통해 음향파 장치를 이송함으로써 버블을 제거할 수 있다.
- [0089] - 실시 예 5 유연 형
- [0090] 도 9a에는 본 발명의 제5 실시 예에 따른 버블 제거 장치(500)의 개략도가 도시되어 있고, 도 9b에는 본 발명의 제5 실시 예에 따른 버블 제거 장치(500)의 단면도가 도시되어 있다.
- [0091] 도시된 바와 같이 본 발명의 제5 실시 예에 따른 버블 제거 장치(500)는, 관형 기관(C3)의 내부에 수용된 용액 상의 버블(B)을 제거하기 위해 구성된다. 이를 위해 버블 제거 장치(500)는 관형 기관(C3)의 외면에 구비되며, 관형 기관(C3)의 원주 방향을 따라 관형 기관(C3)을 감싸도록 구성된 음향파 발생 장치(510)를 포함한다. 이때 음향파 발생 장치(510)는 굴곡진 면을 감싸도록 구성되기 때문에 플렉서블한 재질로 구성될 수 있다. 또한, 음향파 발생 장치(510)는, 정상음향파(W1)를 용액에 인가하는 음향파 발생부(511)와, 기관(C3)과, 음향파 발생부(511)를 음향 커플링하기 위한 음향파 전달부(512)로 구성된다.
- [0092] 위와 같은 구성의 버블 제거 장치(500)는, 음향파 발생부(511)를 통해 정상음향파(W1)를 용액에 인가하여 정상음향파(W1)의 배(antinode)를 통해 용액 상의 버블(B)을 포집하게 된다. 다음으로 정상음향파(W1)의 위상을 변위시켜, 버블(B)을 특정 위치로 이동 시킨 후 버블(B)을 용액(L)으로부터 분리하여 버블(B)을 제거한다. 상기 특정 위치는 기관(C3)의 단부일 수 있다.
- [0093] - 실시 예 6 멀티 유연 형
- [0094] 도 10a에는 본 발명의 제6 실시 예에 따른 버블 제거 장치(600)의 개략도가 도시되어 있고, 도 10b에는 본 발명



의 제6 실시 예에 따른 버블 제거 장치(600)의 단면도가 도시되어 있다.

[0095] 도시된 바와 같이 본 발명의 제6 실시 예에 따른 버블 제거 장치(600)는, 관형 기관(C3)의 내부에 수용된 용액 상의 버블(B)을 제거하기 위해 구성된다. 이를 위해 버블 제거 장치(600)는 관형 기관(C3)의 외면에 구비되며, 관형 기관(C3)의 원주 방향을 따라 관형 기관(C3)을 감싸도록 구성된 음향파 발생 장치(610)를 포함한다. 이때 음향파 발생 장치(610-1, 2, 3, 4)는 관형 기관(C3)의 길이 방향을 따라 복수 개가 이격 배치될 수 있다.

[0096] 위와 같은 구성의 버블 제거 장치(600)는, 정상음향파(W1)를 통해 버블(B)을 포집하고 이동시키게 되며, 관형 기관(C3)의 길이 방향을 따라 여러 위치에서 각각의 정상음향파(W1-1, 2, 3, 4)를 인가함에 따라 관형 기관(C3) 내부를 따라 고속으로 유동하는 층류 또는 난류의 유체 내에서 관형 기관(C3)의 반경 방향으로 버블(B)의 이동을 유도할 수 있는 장점이 있다.

[0097] 상술한 실시 예 5 및 6과 같이 곡면으로 둘러싸인 액체 속 버블을 제거하기 위해서 음향파를 유체 이동 방향의 수직 방향(관형 기관의 반경방향)으로 인가할 수 있다. 특히, 고속으로 액체가 흐르는 경우에는 음향파 장치를 곡면의 여러 위치에 배치함으로써 음향파를 인가하는 영역을 확장함으로써 버블을 관형 기관 상의 원하는 위치로 이동시킬 수 있다.

[0098] - 실시 예 7 디스펜서 형

[0099] 도 11에는 본 발명의 제7 실시 예에 따른 버블 제거 장치(700)의 단면도가 도시되어 있다. 도시된 바와 같이 버블 제거 장치(700)는 복수의 디스펜서(D1)(D2)와 연통되는 리저버(750)를 포함하며, 디스펜서(D1)(D2)와 리저버(750)를 연결하는 연결유로(751)를 더 포함한다. 또한, 음향파 발생 장치(미도시)를 통해 디스펜서(D1)(D2)의 주입구와 노즐(N) 사이에 정상음향파(W1)가 인가되도록 하여 정상음향파(W1)를 통해 용액(L) 속의 버블(B)을 연결유로(751)로 유도하고 연결유로(751)를 통해 유도된 버블(B)이 리저버(750)에 저장되도록 구성된다.

[0100] 따라서 디스펜서(D1)(D2)를 통해 노즐(N)로 토출되는 용액 상의 버블을 제거하게 된다.

[0101] - 음향파 발생부의 실시 예

[0102] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 버블 제거 장치는 서로 다른 크기의 버블을 동일한 속도로 동시에 이송할 수 있으며, 이를 위한 위상 변조 시 버블의 이동 속도는 아래 수식 7과 같이 도출된다.

### 수학식 7

$$v = \frac{\phi}{2\pi} \times \frac{\lambda}{2} = \frac{2\pi^2 \rho |A|^2}{3\mu\lambda(1 - \frac{w_0^2}{\omega^2})}$$

[0103]

[0104] 위 수식 7에 따르면 버블의 이송 속도( $v$ )는 버블의 크기, 음향파 세기, 음향파 주파수 등에 의해 결정된다. 따라서 대형 버블에는 낮은 주파수-낮은 위상 변조율의 음향파를 인가하고, 소형 버블에는 높은 주파수-높은 위상 변조율의 음향파를 인가하게 되면 대형 버블과 소형 버블 모두 동일한 속도로 이동시키는 것이 가능하다. 이를 통해 다양한 사이즈를 갖는 복수의 버블을 균일한 속도로 이송하는 것이 가능하기 때문에 리저버와 같은 버블 제거를 위한 추가 구조물 설계를 용이하게 할 수 있는 효과가 있다.

[0105] 이를 위해 다수의 주파수로 음향파를 발생시키기 위해서는 불균등한 간격의 전극이 배열된 표면탄성과 기관 혹은 다수 주파수 발생이 가능한 초음파 발생장치를 구성할 수 있다.

[0106] 도 12a 에는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 음향파 발생부(111)의 개략도가 도시되어 있고, 도 12b 에는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 음향파 발생부(115)가 개략도가 도시되어 있다. 또한, 도 13a 에는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 음향파 발생부(111)를 통한 버블의 이송을 나타낸 개념도가 도시되어 있고, 도 13b 에는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 음향파 발생부(115)를 통한 버블의 이송을 나타낸 개념도가 도시되어 있다.

[0107] 도시된 바와 같이 본 발명의 제1 실시 예에 따른 음향파 발생부(111)는 제1 전극(111a)(111b)과 제2 전극(111c)(111d)을 포함할 수 있다. 제1 전극은, 음향파 인가 방향을 길이 방향으로 하는 제1 몸체(111a)와, 제1 몸체(111a)에서 제2 전극 방향으로 연장 형성되 복수 개가 제1 몸체(111a)의 길이 방향을 따라 이격 배치되는

제1 가지(111b)를 포함한다. 제2 전극은, 음향파 인가 방향을 길이 방향으로 하는 제2 몸체(111c)와, 제2 몸체(111c)에서 제1 전극 방향으로 연장 형성되되 복수 개가 제2 몸체(111c)의 길이 방향을 따라 이격 배치되는 제2 가지(111d)를 포함한다.

[0108] 제1 및 제2 가지(111b)(111d)는 서로 엇갈리게 이격 배치되어 다수의 제1 이격부를 형성하며, 상기 제1 이격부의 간격을 조절함으로써 음향파 발생부(111)에서 발생되는 음향파의 파장 또는 주파수를 조절할 수 있게 된다. 제1 실시 예에 따른 음향파 발생부(111)는 복수의 이격부 각각의 거리(G1)가 균일하게 배치될 수 있다. 이 경우 복수의 파장 음향파는 모두 동일한 파장을 갖게 되며, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 음향파 발생부(111)를 통해 정상음향파를 인가하여 버블을 이동시킬 경우 도 13a에 도시된 바와 같이 낮은 공명진동수를 갖는 대형 버블의 경우 이송속도가 빠르고, 높은 공명진동수를 갖는 소형 버블의 경우 이송속도가 느려, 복수의 버블 이송 속도차가 발생하게 된다.

[0109] 이를 개선하기 위해 본 발명의 제2 실시 예에 따른 음향파 발생부(115)는 제3 전극(115a)(115b)과 제4 전극(115c)(115d)을 포함할 수 있다. 제3 전극은, 음향파 인가 방향을 길이 방향으로 하는 제3 몸체(115a)와, 제3 몸체(115a)에서 제4 전극 방향으로 연장 형성되되 복수 개가 제3 몸체(115a)의 길이 방향을 따라 이격 배치되는 제3 가지(115b)를 포함한다. 제4 전극은, 음향파 인가 방향을 길이 방향으로 하는 제4 몸체(115c)와, 제4 몸체(115c)에서 제3 전극 방향으로 연장 형성되되 복수 개가 제4 몸체(115c)의 길이 방향을 따라 이격 배치되는 제4 가지(115d)를 포함한다.

[0110] 제3 및 제4 가지(115b)(115d)는 서로 엇갈리게 이격 배치되어 다수의 제2 이격부를 형성하며, 상기 제2 이격부의 간격을 조절함으로써 음향파 발생부(115)에서 발생되는 음향파의 파장 또는 주파수를 조절할 수 있게 된다. 제2 실시 예에 따른 음향파 발생부(115)는 복수의 이격부 각각의 거리(G2)가 서로 다르게 배치될 수 있다. 이 경우 복수의 파장 음향파는 각각 서로 다른 파장을 갖는 멀티 파장 음향파가 된다. 본 발명의 제2 실시 예에 따른 음향파 발생부(115)를 통해 정상음향파를 인가하여 버블을 이동시킬 경우 도 13b에 도시된 바와 같이 각각의 버블 크기에 최적화 된 파장을 갖는 정상음향파의 인가가 가능하여 낮은 공명진동수를 갖는 대형 버블의 경우 낮은 주파수의 낮은 위상 변조율을 갖는 정상음향파를 통해 이송시키고, 높은 공명진동수를 갖는 소형 버블의 경우 높은 주파수의 높은 위상 변조율을 갖는 정상음향파를 통해 이송시켜 버블의 크기에 상관없이 모두 동일한 속도로 이송이 가능한 장점이 있다.

[0111] 한편, 음향파 발생 장치로, 표면탄성과 장치를 활용하는 경우에는 압전소자 위에 특정한 형태로 배열된 전극을 패터닝 하여 장치를 제작한다. 압전소자의 재료로는 리튬나이오베이트(LiNbO<sub>3</sub>), 알루미늄나이트라이드(AlN), 리튬탄탈라이트(LiTO<sub>3</sub>) 등을 활용할 수 있다. 압전소자 위에 알루미늄, 금과 같은 재료를 포토리쓰그래피(photolithography) 방식을 이용하여 증착함으로써 전극을 패터닝할 수 있다. 이때, 전극은 등 간격으로 배열된 직사각형 혹은 여러 간격이 혼합되어 배열된 직사각형으로 구성될 수 있다.

[0112] 또한, 음향파 발생 장치로, 유연한(Flexible) 재질을 활용하는 경우에는 굽힘이 발생해서 소성 변형이 발생하지 않는 연성 재료 위에 압전 특성을 지니는 물질을 코팅하고, 압전 물질 위에 포토리쓰그래피(photolithography) 방식을 이용하여 알루미늄, 금과 같은 재료를 증착함으로써 전극을 패터닝한다. 이때, 표면탄성과 장치와 마찬가지로 전극은 등 간격으로 배열된 직사각형 혹은 여러 간격이 혼합되어 배열된 직사각형으로 구성될 수 있다. 연성 재료로는 폴리이미드, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET)와 같은 플라스틱 소재를 활용할 수 있다. 압전물질로는 산화 아연(ZnO), 알루미늄나이트라이드(AlN), 리튬나이오베이트(LiNbO<sub>3</sub>) 등을 활용할 수 있다.

[0113] 상술된 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 버블 제거 장치는 30~ 200℃ 사이에서 활용이 가능하다. 또한 버블 제거 장치를 활용하기 위한 음향파의 주파수는 1MHz~ 10GHz 사이일 수 있다. 또한, 버블 제거 장치는 점도 0.1~50000 mPa·s 범위 내의 용액에 적용이 가능하다. 또한, 관내에 용액 속 버블을 제거하기 위해서는 관 내 유동의 방향으로부터 0.1~ 179° 사이의 각도로 음향파를 인가할 수 있다. 제안하는 장치를 이용하면 최대 유속 속도 1μm/s~ 100 m/s 사이의 유동 내에서 버블을 제거할 수 있다. 이때, 버블의 이동 속도 증가를 위해 관에 여러 개의 음향파 장치를 부착할 수 있다.

[0114] 본 발명의 상기한 실시 예에 한정하여 기술적 사상을 해석해서는 안 된다. 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구 범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당업자의 수준에서 다양한 변형 실시가 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경은 당업자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 된다.

## 부호의 설명

[0115] 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 : 버블 제거 장치

L : 용액 B : 버블

W, W1, W2 : 정상음향파 F : 정상음향장

W3 : 지향성 음향파

an : 배 n : 마디

C, C1, C2, C3 : 기관

10, 10a, 110, 210, 310, 410, 510, 610 : 음향파 발생 장치

20 : 채널

111, 115, 311, 511 : 음향파 발생부

111a, 115a : 제1 전극 111b, 115b : 제2 전극

112, 312, 512 : 음향파 전달부

211 : 제1 음향파 발생부 212 : 제1 음향파 전달부

221 : 제2 음향파 발생부 222 : 제2 음향파 전달부

420 : 버블 감지부 430 : 이송부

450 : 제어부

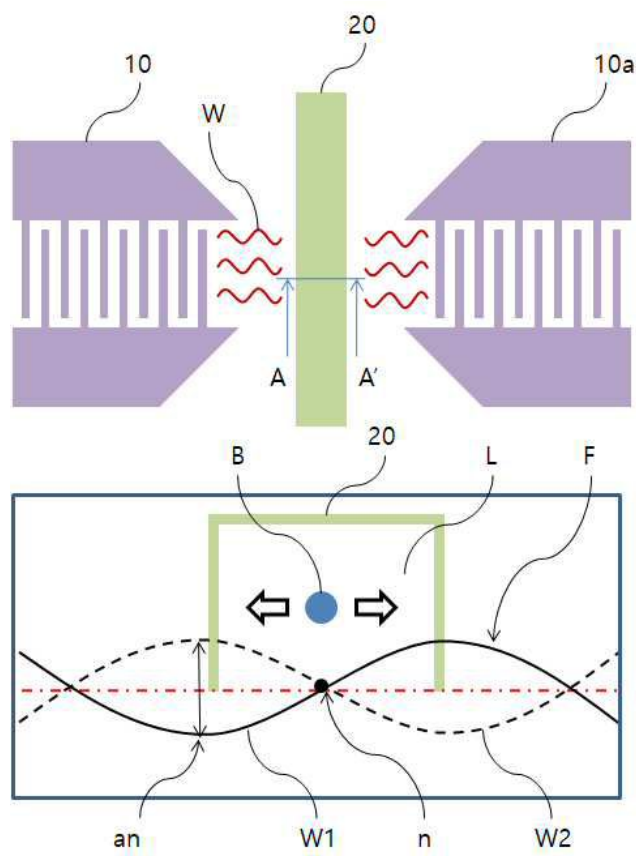
750 : 리저버 751 : 연결유로

N : 노즐

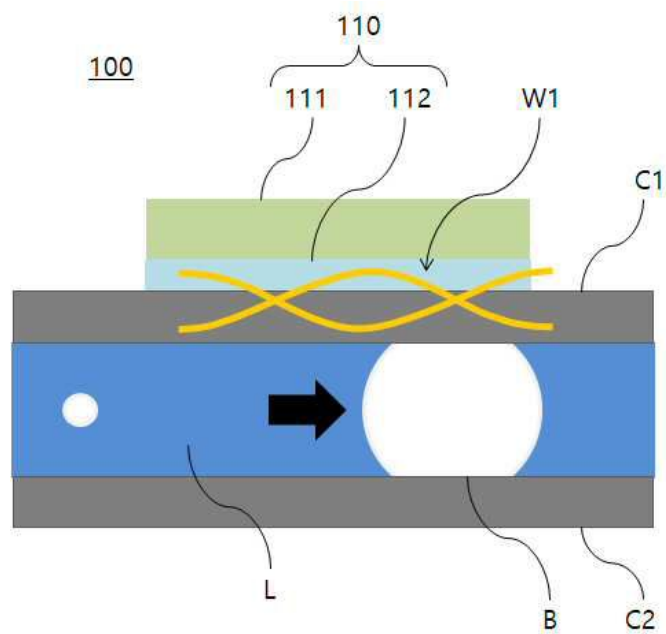


도면

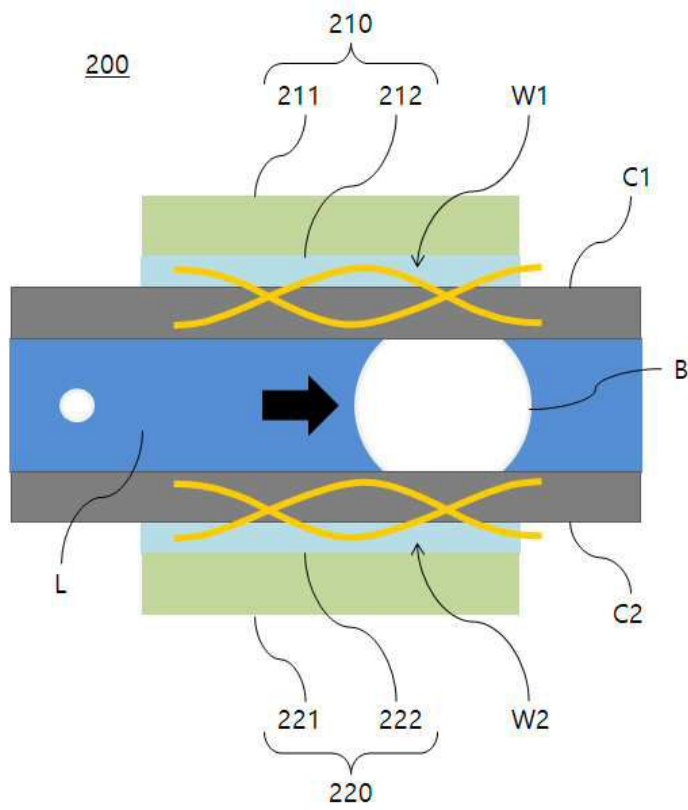
도면1



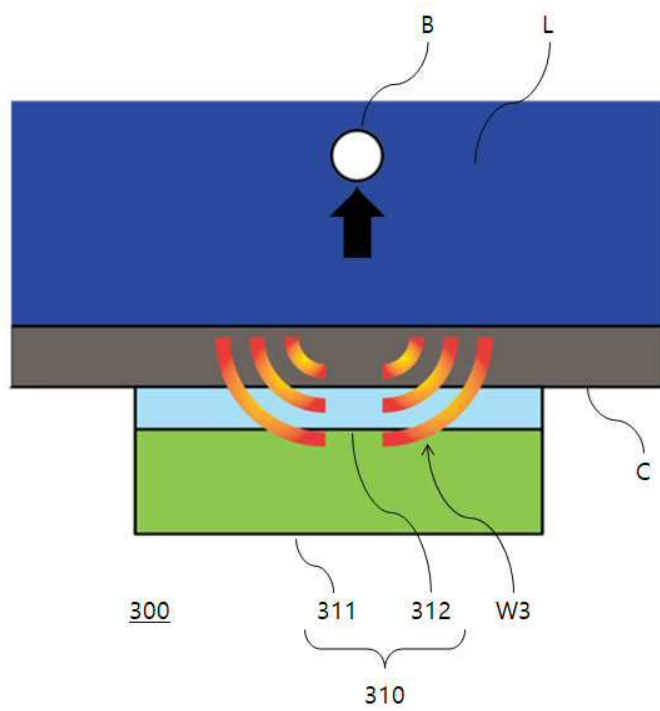
도면2



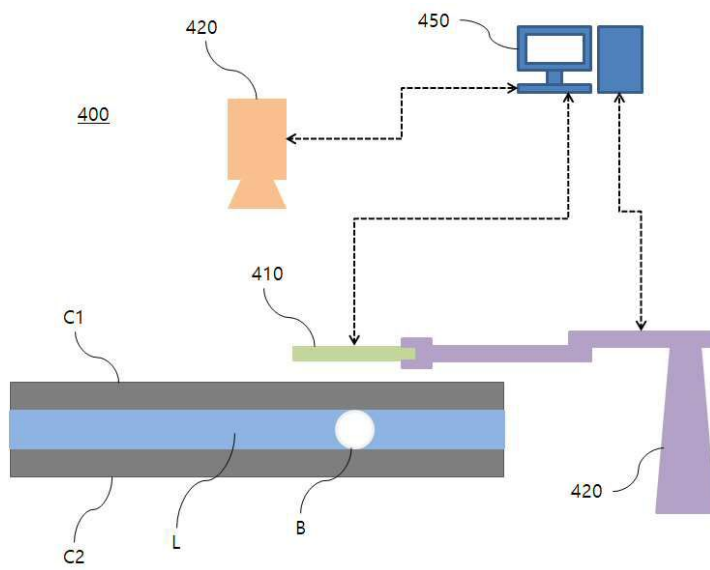
도면3



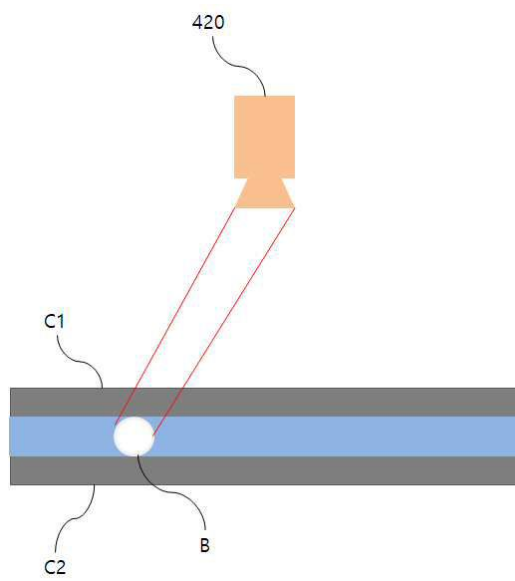
도면4



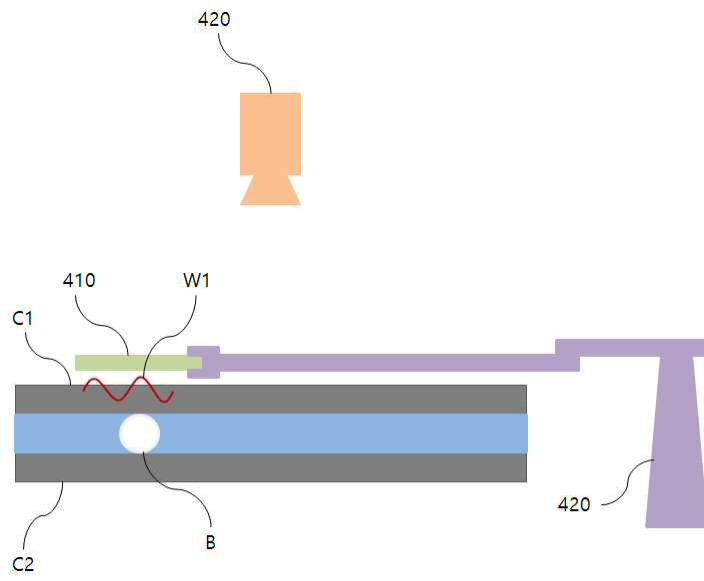
도면5



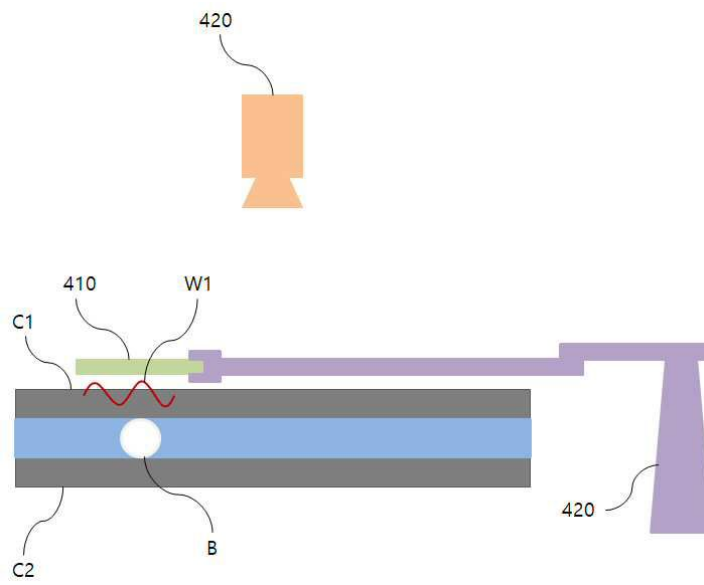
도면6



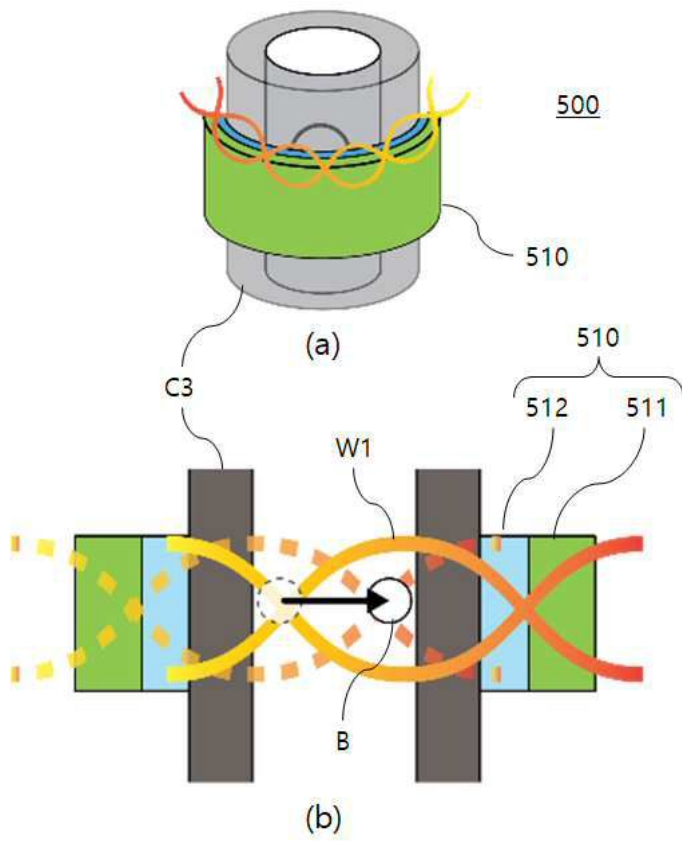
도면7



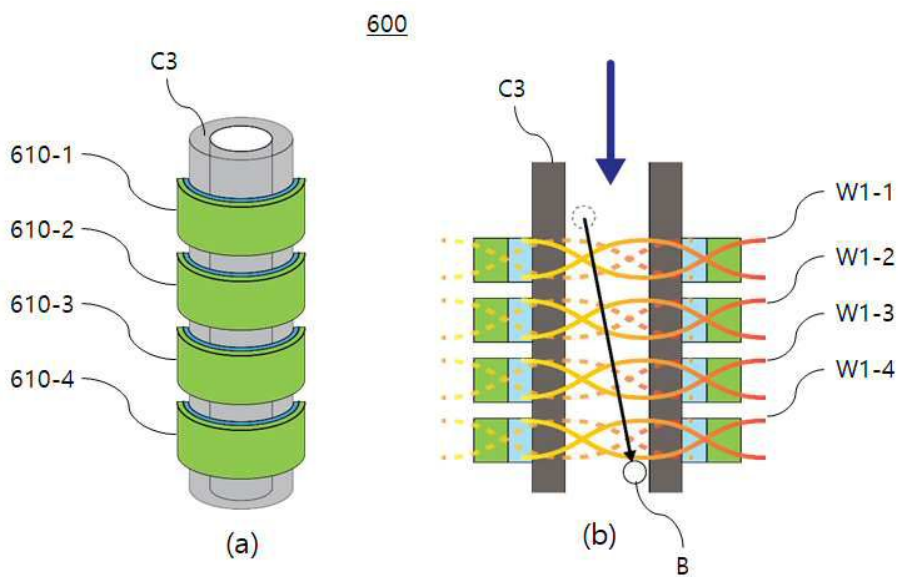
도면8



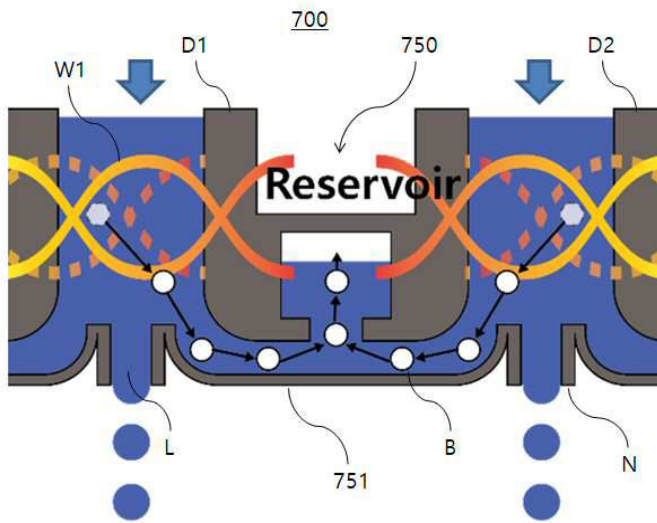
도면9



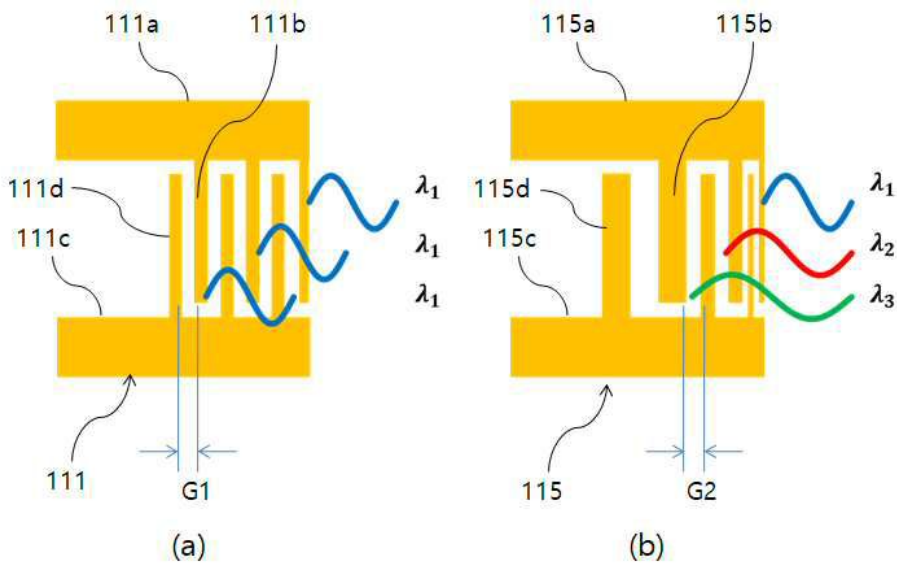
도면10



도면11



도면12



도면13

