



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0020359
(43) 공개일자 2016년02월23일

- (51) 국제특허분류(Int. C1.)
H02N 2/04 (2006.01) *B25J 13/02* (2006.01)
B25J 17/00 (2006.01) *H01L 41/047* (2006.01)
H02N 2/00 (2006.01) *H02N 2/06* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02N 2/04 (2013.01)
B25J 13/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-0109843
- (22) 출원일자 2015년08월04일
 심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
 JP-P-2014-164631 2014년08월13일 일본(JP)
- (71) 출원인
 세이코 엡슨 가부시키가이샤
 일본 도쿄도 신주쿠 니시신주쿠 2초메 4-1
- (72) 발명자
 이와자키 토모히사
 392-8502 일본국 나가노肯 스와시 오와 3쵸메 3반 5고 세이코 엡슨 가부시키가이샤 나이
 고니시 아키오
 392-8502 일본국 나가노肯 스와시 오와 3쵸메 3반 5고 세이코 엡슨 가부시키가이샤 나이
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 이철

전체 청구항 수 : 총 15 항

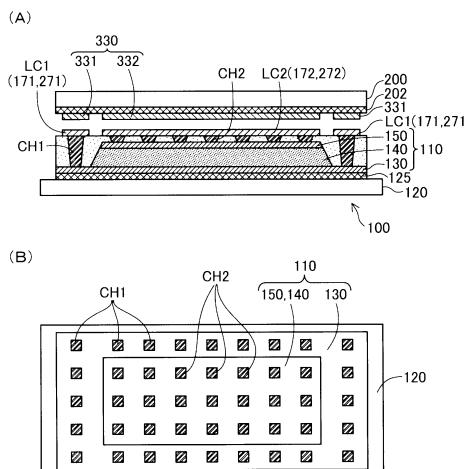
(54) 발명의 명칭 압전 구동 장치, 로봇 및, 그들의 구동 방법

(57) 요 약

(과제) 압전 소자의 전극에 와이어 형상의 도선을 납땜하는 배선 구조에서는, 도선을 위한 스페이스가 필요하고, 또한, 배선 작업 중에 단선(disconnection)되기 쉽다.

(해결 수단) 압전 구동 장치는, 진동판과, 기판과, 상기 기판 상에 형성된 압전 소자를 갖는 압전 진동체를 구비한다. 압전 소자는 제1 전극과 제2 전극과 압전체를 갖고, 기판 상에 제1 전극과 압전체와 제2 전극이 이 순서로 적층되어 있다. 기판과 진동판이 압전 소자를 사이에 끼우도록, 압전 진동체가 진동판 상에 설치되어 있다. 진동판에는, 제1 전극에 대응하는 제1 배선과 제2 전극에 대응하는 제2 배선을 포함하는 배선 패턴이 형성되어 있고, 제1 전극과 제1 배선이 제1 적층 도전부를 통하여 접속되고, 제2 전극과 상기 제2 배선이 제2 적층 도전부를 통하여 접속되어 있다.

대 표 도 - 도12



(52) CPC특허분류

B25J 17/00 (2013.01)

H01L 41/047 (2013.01)

H02N 2/001 (2013.01)

H02N 2/0075 (2013.01)

H02N 2/06 (2013.01)

(72) 발명자

가지노 키이치

392-8502 일본국 나가노肯 스와시 오와 3쵸메 3반
5고 세이코 앱순 가부시키가이샤 나이

가미조 케이치

392-8502 일본국 나가노肯 스와시 오와 3쵸메 3반
5고 세이코 앱순 가부시키가이샤 나이

미야자와 오사무

392-8502 일본국 나가노肯 스와시 오와 3쵸메 3반
5고 세이코 앱순 가부시키가이샤 나이

아라카와 유타카

392-8502 일본국 나가노肯 스와시 오와 3쵸메 3반
5고 세이코 앱순 가부시키가이샤 나이

야마다 다이스케

392-8502 일본국 나가노肯 스와시 오와 3쵸메 3반
5고 세이코 앱순 가부시키가이샤 나이

명세서

청구범위

청구항 1

진동판과,

기판과, 상기 기판과 상기 진동판과의 사이에 설치된 압전체와, 상기 압전체와 상기 기판과의 사이에 형성된 제1 전극과, 상기 압전체와 상기 진동판과의 사이에 형성된 제2 전극을 갖는 압전 진동체를 구비하고,

상기 진동판에는, 상기 제1 전극 또는 상기 제2 전극 중 적어도 한쪽과 전기적으로 접속하는 배선 패턴이 형성되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 배선 패턴은, 상기 제1 전극과 전기적으로 접속하는 제1 배선과, 상기 제2 전극과 전기적으로 접속하는 제2 배선을 포함하는 압전 구동 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제1 배선은, 제1 적층 도전부를 통하여 전기적으로 접속되고, 상기 제2 전극과 상기 제2 배선은, 제2 적층 도전부를 통하여 전기적으로 접속되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 배선 패턴과의 사이에 형성된 적어도 1층의 도전 패턴을 포함하고,

상기 제1 적층 도전부와 상기 제2 적층 도전부가 각 층의 도전 패턴에 형성되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 적어도 1층의 도전 패턴 중에서, 적층 방향에 있어서 상기 기판으로부터 가장 떨어진 위치에 있는 도전 패턴은, 상기 진동판의 상기 배선 패턴과 면접촉에 의해 전기적으로 접속되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 적어도 1층의 도전 패턴 중에서, 적층 방향에 있어서 상기 제2 전극에 가장 가까운 위치에 있는 도전 패턴과, 상기 제2 전극과의 사이에는 절연층이 형성되어 있고,

상기 제2 전극에 가장 가까운 위치에 있는 도전 패턴과 상기 제2 전극이, 상기 절연층에 형성된 복수의 콘택트홀을 통하여 전기적으로 접속되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 7

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 1층의 도전 패턴은, 제1 도전 패턴과, 제2 도전 패턴과, 상기 제1 도전 패턴과 상기 제2 도전 패턴과의 사이에 형성된 절연층을 포함하고,

상기 제1 도전 패턴 내의 상기 제1 적층 도전부와 상기 제2 도전 패턴 내의 상기 제1 적층 도전부가 상기 절연

층에 형성된 복수의 콘택트 홀을 통하여 전기적으로 접속되어 있고,

상기 제1 도전 패턴 내의 상기 제2 적층 도전부와 상기 제2 도전 패턴 내의 상기 제2 적층 도전부가 상기 절연 층에 형성된 복수의 콘택트 홀을 통하여 전기적으로 접속되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 진동판은, 상기 압전 진동체가 올려 놓여져 있지 않은 표면 부분을 포함하고,

상기 배선 패턴은, 상기 압전 진동체가 올려 놓여져 있지 않은 표면 부분에까지 연장되어 형성되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압전체의 두께는 $0.05\mu\text{m}$ 이상 $20\mu\text{m}$ 이하인 압전 구동 장치.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 진동판은 도전성 부재로 형성되어 있고,

상기 배선 패턴의 일부는, 상기 진동판의 측면에 걸쳐 형성되어 상기 진동판과 전기적으로 접속되어 있는, 압전 구동 장치.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압전 진동체는, 상기 제1 전극과 상기 압전체와 상기 제2 전극으로 구성되는 압전 소자를 복수 구비하고,

동시에 구동되는 1개 이상의 압전 소자를 1조의 압전 소자 그룹으로 한 경우에, 상기 복수의 압전 소자는 N조(N은 2 이상의 정수)의 압전 소자 그룹으로 구분되어 있고,

각 조의 압전 소자 그룹은, 당해 압전 소자 그룹이 2개 이상의 압전 소자를 포함하는 경우에는 당해 2개 이상의 압전 소자의 상기 제2 전극끼리가 접속 배선을 통하여 직접 접속되어 있고,

상기 N조의 압전 소자 그룹의 상기 제2 전극에 각각 대응하여, N개의 상기 제2 배선과 N개의 상기 제2 적층 도전부가 서로 절연된 상태로 설치되어 있는 압전 구동 장치.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 진동판에 설치되고, 피구동체와 접촉 가능한 돌기부를 구비하고 있는 압전 구동 장치.

청구항 13

복수의 링크부와

상기 복수의 링크부를 접속하는 관절부와,

상기 복수의 링크부를 상기 관절부에서 회전 운동시키는 제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 기재된 압전 구동 장치를 구비하는 로봇.

청구항 14

제13항에 기재된 로봇의 구동 방법으로서,

상기 압전 구동 장치의 구동 회로는, 교류 전압 또는 교류 전압에 오프셋 전압을 더한 전압을 구동 전압으로서 상기 제1 전극과 상기 제2 전극의 사이에 인가함으로써, 상기 복수의 링크부를 상기 관절부에서 회전 운동시키

는 로봇의 구동 방법.

청구항 15

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 기재된 전압 구동 장치의 구동 방법으로서,

교류 전압 또는 교류 전압에 오프셋 전압을 더한 전압을 구동 전압으로서 상기 제1 전극과 상기 제2 전극의 사이에 인가하는 압전 구동 장치의 구동 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 압전 구동 장치 및, 압전 구동 장치를 구비하는 로봇 등의 각종의 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래부터, 압전 소자를 이용한 압전 액추에이터(압전 구동 장치)가 알려져 있다(예를 들면 특허문현 1 등). 이 압전 구동 장치의 기본적인 구성은, 보강판의 2개의 면의 각각의 위에, 4개의 압전 소자가 2행 2열로 배치된 구성이며, 합계로 8개의 압전 소자가 보강판의 양측에 형성되어 있다. 개개의 압전 소자는, 압전체를 각각 2매의 전극으로 사이에 끼운 유닛이고, 보강판은, 압전 소자의 한쪽의 전극으로서도 이용된다. 보강판의 일단(一端)에는, 피구동체로서의 로터에 접하여 로터를 회전시키기 위한 돌기부가 형성되어 있다. 4개의 압전 소자 중 대각으로 배치된 2개의 압전 소자에 교류 전압을 인가하면, 이 2개의 압전 소자가 신축 운동을 행하고, 이에 따라서 보강판의 돌기부가 왕복 운동 또는 타원 운동을 행한다. 그리고, 이 보강판의 돌기부의 왕복 운동 또는 타원 운동에 따라서, 피구동체로서의 로터가 소정의 회전 방향으로 회전한다. 또한, 교류 전압을 인가하는 2개의 압전 소자를 다른 2개의 압전 소자로 전환함으로써, 로터를 반대 방향으로 회전시킬 수 있다.

[0003] 종래는, 압전 구동 장치에 이용되는 압전체로서, 소위 별크 형상의 압전체가 사용되고 있다. 본 명세서에 있어서, 「별크 형상의 압전체」란, 두께가 $100\mu\text{m}$ 이상의 압전체를 의미한다. 별크 형상의 압전체가 이용되고 있는 이유는, 압전 구동 장치로부터 피구동체에 부여하는 힘을 충분히 크게 하기 위해, 압전체의 두께를 크게 하고 싶기 때문이다.

선행기술문헌

특허문현

[0004] (특허문현 0001) 일본공개특허공보 2004-320979호

(특허문현 0002) 일본공개특허공보 평8-111991호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그런데, 압전 구동 장치를 작은 공간(예를 들면 로봇의 관절 내)에 수용하여 이용하는 경우, 종래의 압전체를 이용한 압전 구동 장치에서는 배선 스페이스가 부족할 가능성이 있기 때문에, 압전체를 $100\mu\text{m}$ 미만의 두께까지 얇게 하고 싶다는 욕망이 있었다. 그러나, 종래는, 두께가 작은 압전체에 적절한 압전 구동 장치의 구조에 대해서는 충분히 검토가 이루어지고 있지 않았다.

[0006] 또한, 종래는, 구동 회로와 압전 소자와의 사이의 배선은, 압전 소자의 전극에 와이어 형상의 도선을 납땜함으로써 행하고 있었다(특허문현 1, 2). 이 때문에, 도선을 위한 스페이스가 필요하고, 또한, 배선 작업 중에 단선(disconnection)되기 쉽다는 과제가 있었다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 전술한 과제 중 적어도 일부를 해결하기 위해 이루어진 것으로, 이하의 형태 또는 적용예로서 실현하는 것이 가능하다.

- [0008] (1) 본 발명의 일 형태에 의하면, 진동판과 압전 진동체를 구비하는 압전 구동 장치가 제공된다. 상기 압전 진동체는, 기판과, 상기 기판과 상기 진동판과의 사이에 설치된 압전체와, 상기 압전체와 상기 기판과의 사이에 형성된 제1 전극과, 상기 압전체와 상기 진동판과의 사이에 형성된 제2 전극을 갖는다. 상기 진동판에는, 상기 제1 전극 또는 상기 제2 전극 중 적어도 한쪽과 전기적으로 접속하는 배선 패턴이 형성되어 있다.
- [0009] 이 압전 구동 장치에 의하면, 진동판에 형성된 배선 패턴이 제1 전극과 제2 전극 중 적어도 한쪽과 전기적으로 접속되어 있기 때문에, 도선이나 땜납을 이용하여 제1 전극이나 제2 전극을 구동 회로에 접속하는 경우에 비해 배선용의 스페이스를 작게 억제할 수 있고, 또한, 단선의 가능성을 저감할 수 있다.
- [0010] (2) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 배선 패턴은, 상기 제1 전극과 전기적으로 접속하는 제1 배선과, 상기 제2 전극과 전기적으로 접속하는 제2 배선을 포함하는 것으로 해도 좋다.
- [0011] 이 구성에 의하면, 진동판의 배선 패턴의 제1 배선과 제2 배선이 제1 전극과 제2 전극에 접속되어 있기 때문에, 배선용의 스페이스를 작게 억제할 수 있고, 또한, 단선의 가능성을 저감할 수 있다.
- [0012] (3) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 제1 전극과 상기 제1 배선은, 제1 적층 도전부를 통하여 전기적으로 접속되고, 상기 제2 전극과 상기 제2 배선은, 제2 적층 도전부를 통하여 전기적으로 접속되어 있는 것으로 해도 좋다.
- [0013] 이 구성에 의하면, 진동판의 배선 패턴의 제1 배선과 제2 배선이, 제1 적층 도전부와 제2 적층 도전부를 통하여 제1 전극과 제2 전극에 각각 접속되어 있기 때문에, 도선이나 땜납을 이용하는 경우에 비해 배선용의 스페이스를 작게 억제할 수 있고, 또한, 단선의 가능성을 저감할 수 있다.
- [0014] (4) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 제1 전극과 상기 배선 패턴과의 사이에 형성된 적어도 1층의 도전 패턴을 포함하고, 상기 제1 적층 도전부와 상기 제2 적층 도전부가 각 층의 도전 패턴에 형성되어 있는 것으로 해도 좋다.
- [0015] 이 구성에 의하면, 1층 이상의 도전 패턴을 통하여, 압전 소자의 제1 전극 및 제2 전극과, 진동판의 배선 패턴을 용이하게 접속하는 것이 가능하다.
- [0016] (5) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 적어도 1층의 도전 패턴 중에서, 적층 방향에 있어서 상기 기판으로부터 가장 떨어진 위치에 있는 도전 패턴은, 상기 진동판의 상기 배선 패턴과 면접촉에 의해 전기적으로 접속되어 있는 것으로 해도 좋다.
- [0017] 이 구성에 의하면, 기판으로부터 가장 떨어진 위치에 있는 도전 패턴이, 진동판의 배선 패턴과 면접촉에 의해 전기적으로 접속되어 있기 때문에, 양자를 확실하고 용이하게 접속할 수 있다.
- [0018] (6) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 적어도 1층의 도전 패턴 중에서, 적층 방향에 있어서 상기 제2 전극에 가장 가까운 위치에 있는 도전 패턴과, 상기 제2 전극과의 사이에는 절연층이 형성되어 있고, 상기 제2 전극에 가장 가까운 위치에 있는 도전 패턴과 상기 제2 전극이, 상기 절연층에 형성된 복수의 콘택트 홀을 통하여 전기적으로 접속되어 있는 것으로 해도 좋다.
- [0019] 이 구성에 의하면, 도전 패턴과 제2 전극을 복수의 콘택트 홀에서 접속하기 때문에, 양자의 사이의 시트 저항(기생 저항)을 저감하는 것이 가능하다.
- [0020] (7) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 적어도 1층의 도전 패턴은, 제1 도전 패턴과, 제2 도전 패턴과, 상기 제1 도전 패턴과 상기 제2 도전 패턴과의 사이에 형성된 절연층을 포함하고, 상기 제1 도전 패턴 내의 상기 제1 적층 도전부와 상기 제2 도전 패턴 내의 상기 제1 적층 도전부가 상기 절연층에 형성된 복수의 콘택트 홀을 통하여 전기적으로 접속되어 있고, 상기 제1 도전 패턴 내의 상기 제2 적층 도전부와 상기 제2 도전 패턴 내의 상기 제2 적층 도전부가 상기 절연층에 형성된 복수의 콘택트 홀을 통하여 전기적으로 접속되어 있는 것으로 해도 좋다.
- [0021] 이 구성에 의하면, 도전 패턴끼리를 복수의 콘택트 홀에서 전기적으로 접속하기 때문에, 양자의 사이의 시트 저항(기생 저항)을 저감하는 것이 가능하다.
- [0022] (8) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 진동판은, 상기 압전 진동체가 올려 놓여져 있지 않은 표면 부분을 포함하고, 상기 배선 패턴은, 상기 압전 진동체가 올려 놓여져 있지 않은 표면 부분에까지 연장되어 형성되어 있는 것으로 해도 좋다.

- [0023] 이 구성에 의하면, 압전 소자의 전극과 구동 회로와의 접속을 용이하게 행하는 것이 가능하다.
- [0024] (9) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 압전체의 두께는 $0.05\mu\text{m}$ 이상 $20\mu\text{m}$ 이하인 것으로 해도 좋다.
- [0025] 이 구성에서는, 도전 패턴이 복수의 콘택트 훌에서 접속되어 있고 시트 저항(기생 저항)이 저감되어 있기 때문에, 두께가 $0.05\mu\text{m}$ 이상 $20\mu\text{m}$ 이하의 박막의 압전체를 사용한 경우에도, 압전체에 인가하는 전압을 높여도 손실이 적어, 효율을 높이는 것이 가능하다.
- [0026] (10) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 진동판은 도전성 부재로 형성되어 있고,
- [0027] 상기 배선 패턴의 일부는, 상기 진동판의 측면에 걸쳐 형성되어 상기 진동판과 전기적으로 접속되어 있는 것으로 해도 좋다.
- [0028] 이 구성에 의하면, 압전 소자의 전극과 진동판을 용이하게 전기적으로 접속 가능하다.
- [0029] (11) 상기 압전 구동 장치에 있어서, 상기 압전 진동체는, 상기 제1 전극과 상기 압전체와 상기 제2 전극으로 구성되는 압전 소자를 복수 구비하고,
- [0030] 동시에 구동되는 1개 이상의 압전 소자를 1조의 압전 소자 그룹으로 한 경우에, 상기 복수의 압전 소자는 N조(N은 2 이상의 정수)의 압전 소자 그룹으로 구분되어 있고,
- [0031] 각 조의 압전 소자 그룹은, 당해 압전 소자 그룹이 2개 이상의 압전 소자를 포함하는 경우에는 당해 2 이상의 압전 소자의 상기 제2 전극끼리가 접속 배선을 통하여 직접 접속되어 있고,
- [0032] 상기 N조의 압전 소자 그룹의 상기 제2 전극에 각각 대응하여, N개의 상기 제2 배선과 N개의 상기 제2 적층 도전부가 서로 절연된 상태로 설치되어 있는 것으로 해도 좋다.
- [0033] 이 구성에 의하면, N조의 압전 소자 그룹의 제2 전극을, N개의 제2 적층 도전부를 이용하여 진동판의 N개의 제2 배선에 용이하게 접속 가능하다.
- [0034] (12) 상기 압전 구동 장치는, 상기 진동판에 설치되고, 피구동체와 접촉 가능한 돌기부를 구비하고 있는 것으로 해도 좋다.
- [0035] 이 구성에 의하면, 돌기부를 이용하여 피구동체를 동작시킬 수 있다.
- [0036] 본 발명은, 여러 가지의 형태로 실현하는 것이 가능하고, 예를 들면, 압전 구동 장치 외, 압전 구동 장치의 구동 방법, 압전 구동 장치의 제조 방법, 압전 구동 장치를 탑재하는 로봇 등의 각종의 장치 및 그의 구동 방법 등, 여러 가지 형태로 실현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 제1 실시 형태의 압전 구동 장치의 개략 구성을 나타내는 평면도 및 단면도이다.

도 2는 진동판의 평면도이다.

도 3은 압전 구동 장치와 구동 회로의 전기적 접속 상태를 나타내는 설명도이다.

도 4는 압전 구동 장치의 동작의 예를 나타내는 설명도이다.

도 5는 압전 진동체의 단면도이다.

도 6은 압전 구동 장치의 제조 플로우 차트이다.

도 7은 도 6의 스텝 S100에 있어서의 압전 진동체의 제조 프로세스를 나타내는 설명도이다.

도 8은 도 7에 이어지는 프로세스를 나타내는 설명도이다.

도 9는 각종의 배선층이나 절연층의 일 예를 나타내는 평면도이다.

도 10은 진동판 상에 형성되는 배선 패턴의 일 예를 나타내는 평면도이다.

도 11은 진동판 상에 형성되는 배선 패턴의 다른 예를 나타내는 평면도이다.

도 12는 압전 구동 장치의 적층 배선 구조의 개략도이다.

도 13은 압전 소자와 구동 회로의 등가 회로를 나타내는 회로도이다.

도 14는 다른 적층 배선 구조를 나타내는 개략도이다.

도 15는 다른 실시 형태의 압전 구동 장치의 평면도이다.

도 16은 압전 구동 장치를 이용한 로봇의 일 예를 나타내는 설명도이다.

도 17은 로봇의 손목 부분의 설명도이다.

도 18은 압전 구동 장치를 이용한 송액(送液) 펌프의 일 예를 나타내는 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] (발명을 실시하기 위한 형태)

· 제1 실시 형태 :

도 1(A)는, 본 발명의 제1 실시 형태에 있어서의 압전 구동 장치(10)의 개략 구성을 나타내는 평면도이고, 도 1(B)는 그 B-B 단면도이다. 압전 구동 장치(10)는, 진동판(200)과, 진동판(200)의 양면(제1면(211)과 제2면(212))에 각각 배치된 2개의 압전 진동체(100)를 구비한다. 압전 진동체(100)는, 기판(120)과, 기판(120)의 위에 형성된 제1 전극(130)과, 제1 전극(130)의 위에 형성된 압전체(140)와, 압전체(140)의 위에 형성된 제2 전극(150)을 구비하고 있다. 제1 전극(130)과, 제2 전극(150)은, 압전체(140)를 협지하여 압전 소자를 구성한다. 2개의 압전 진동체(100)는, 진동판(200)을 중심으로 하여 대칭으로 배치되어 있다. 또한, 이 실시 형태에서는, 기판(120)과 진동판(200)이 압전 소자(130, 140, 150)를 사이에 끼우도록, 압전 진동체(100)가 진동판(200) 상에 설치되어 있다. 2개의 압전 진동체(100)는 동일한 구성을 갖고 있기 때문에, 이하에서는 특별히 언급하지 않는 한, 진동판(200)의 하측에 있는 압전 진동체(100)의 구성을 설명한다.

압전 진동체(100)의 기판(120)은, 제1 전극(130)과 압전체(140)와 제2 전극(150)을 성막 프로세스로 형성하기 위한 기판으로서 사용된다. 또한, 기판(120)은 기계적인 진동을 행하는 진동판으로서의 기능도 갖는다. 기판(120)은, 예를 들면, Si, Al₂O₃, ZrO₂ 등으로 형성할 수 있다. Si 제의 기판(120)으로서, 예를 들면 반도체 제조용의 Si 웨이퍼를 이용하는 것이 가능하다. 이 실시 형태에 있어서, 기판(120)의 평면 형상은 장방형이다. 기판(120)의 두께는, 예를 들면 10 μ m 이상 100 μ m 이하의 범위로 하는 것이 바람직하다. 기판(120)의 두께를 10 μ m 이상으로 하면, 기판(120) 상의 성막 처리시에 기판(120)을 비교적 용이하게 취급할 수 있다. 또한, 기판(120)의 두께를 100 μ m 이하로 하면, 박막으로 형성된 압전체(140)의 신축에 따라서, 기판(120)을 용이하게 진동시킬 수 있다.

제1 전극(130)은, 기판(120) 상에 형성된 1개의 연속적인 도전체층으로서 형성되어 있다. 한편, 제2 전극(150)은, 도 1(A)에 나타내는 바와 같이, 5개의 도전체층(150a~150e) (「제2 전극(150a~150e)」이라고도 함)으로 구분되어 있다. 중앙에 있는 제2 전극(150e)은, 기판(120)의 폭방향의 중앙에 있어서, 기판(120)의 길이 방향의 거의 전체에 걸쳐 장방형 형상으로 형성되어 있다. 다른 4개의 제2 전극(150a, 150b, 150c, 150d)은, 동일한 평면 형상을 갖고 있고, 기판(120)의 네 모퉁이의 위치에 형성되어 있다. 도 1의 예에서는, 제1 전극(130)과 제2 전극(150)은, 모두 장방형의 평면 형상을 갖고 있다. 제1 전극(130)이나 제2 전극(150)은, 예를 들면 스퍼터링에 의해 형성되는 박막이다. 제1 전극(130)이나 제2 전극(150)의 재료로서는, 예를 들면 Al(알루미늄)이나, Ni(니켈), Au(금), Pt(백금), Ir(아리듐) 등의 도전성이 높은 임의의 재료를 이용 가능하다. 또한, 제1 전극(130)을 1개의 연속적인 도전체층으로 하는 대신에, 제2 전극(150a~150e)과 실질적으로 동일한 평면 형상을 갖는 5개의 도전체층으로 구분해도 좋다. 또한, 제2 전극(150a~150e)의 사이의 전기적 접속을 위한 배선(또는 배선층 및 절연층)과, 제1 전극(130) 및 제2 전극(150a~150e)과 구동 회로와의 사이의 전기적 접속을 위한 배선(또는 배선층 및 절연층)은, 도 1에서는 도시가 생략되어 있다.

압전체(140)는, 제2 전극(150a~150e)과 실질적으로 동일한 평면 형상을 갖는 5개의 압전체층으로서 형성되어 있다. 이 대신에, 압전체(140)를, 제1 전극(130)과 실질적으로 동일한 평면 형상을 갖는 1개의 연속적인 압전체층으로서 형성해도 좋다. 제1 전극(130)과 압전체(140)와 제2 전극(150a~150e)과의 적층 구조에 의해, 5개의 압전 소자(110a~110e)(도 1(A))가 구성된다.

압전체(140)는, 예를 들면 콜-겔법이나 스퍼터링법에 의해 형성되는 박막이다. 압전체(140)의 재료로서는, ABO₃형의 페로브스카이트 구조를 취하는 세라믹스 등, 압전 효과를 나타내는 임의의 재료가 이용 가능하다. ABO₃형의 페로브스카이트 구조를 취하는 세라믹스로서는, 예를 들면 티탄산 지르콘산연(PZT), 티탄산 바륨, 티

탄산연, 니오브산 칼륨, 니오브산 리튬, 탄탈산 리튬, 텉스텐산 나트륨, 산화 아연, 티탄산 바륨스트론튬(BST), 탄탈산 스트론튬 비스무스(SBT), 메타니오브산연, 아연 니오브산연, 스칸듐니오브산연 등을 이용하는 것이 가능하다. 또한 세라믹 이외의 압전 효과를 나타내는 재료, 예를 들면 폴리불화 비닐리덴, 수정 등을 이용하는 것도 가능하다. 압전체(140)의 두께는, 예를 들면 50mm(0.05mm) 이상 20μm 이하의 범위로 하는 것이 바람직하다. 이 범위의 두께를 갖는 압전체(140)의 박막은, 성막 프로세스를 이용하여 용이하게 형성할 수 있다. 압전체(140)의 두께를 0.05μm 이상으로 하면, 압전체(140)의 신축에 따라서 충분히 큰 힘을 발생할 수 있다. 또한, 압전체(140)의 두께를 20μm 이하로 하면, 압전 구동 장치(10)를 충분히 소형화할 수 있다.

[0045] 도 2는, 진동판(200)의 평면도이다. 진동판(200)은, 장방형 형상의 진동체부(210)와, 진동체부(210)의 좌우의 장변으로부터 각각 3개씩 연장되는 접속부(220)를 갖고 있고, 또한, 좌우의 3개의 접속부(220)에 각각 접속된 2개의 부착부(230)를 갖고 있다. 또한, 도 2에서는, 도시의 편의상, 진동체부(210)에 해칭을 붙이고 있다. 부착부(230)는, 나사(240)에 의해 다른 부재에 압전 구동 장치(10)를 부착하기 위해 이용된다. 진동판(200)은, 예를 들면, 스테인리스강, 알루미늄, 알루미늄 합금, 티탄, 티탄 합금, 구리, 구리 합금, 철-니켈 합금 등의 금속 재료로 형성하는 것이 가능하다.

[0046] 진동체부(210)의 상면(제1면(211)) 및 하면(제2면(212))에는, 압전 진동체(100)(도 1)가 각각 접착제를 이용하여 접착된다. 진동체부(210)의 길이(L)와 폭(W)의 비는, L:W= 약 7:2로 하는 것이 바람직하다. 이 비는, 진동체부(210)가 그 평면을 따라서 좌우로 굴곡하는 초음파 진동(후술)을 행하기 위해 바람직한 값이다. 진동체부(210)의 길이(L)는, 예를 들면 3.5mm 이상 30mm 이하의 범위로 할 수 있고, 폭(W)은, 예를 들면 1mm 이상 8mm 이하의 범위로 할 수 있다. 또한, 진동체부(210)가 초음파 진동을 행하기 위해, 길이(L)는 50mm 이하로 하는 것이 바람직하다. 진동체부(210)의 두께(진동판(200)의 두께)는, 예를 들면 50μm 이상 700μm 이하의 범위로 할 수 있다. 진동체부(210)의 두께를 50μm 이상으로 하면, 압전 진동체(100)를 지지하기 위해 충분히 강성을 갖는 것이 된다. 또한, 진동체부(210)의 두께를 700μm 이하로 하면, 압전 진동체(100)의 변형에 따라서 충분히 큰 변형이 발생할 수 있다.

[0047] 진동판(200)의 한쪽의 단변에는, 돌기부(20)(「접촉부」 또는 「작용부」라고도 함)가 형성되어 있다. 돌기부(20)는, 피구동체와 접촉하여, 피구동체에 힘을 부여하기 위한 부재이다. 돌기부(20)는, 세라믹스(예를 들면 Al_2O_3) 등의 내구성이 있는 재료로 형성하는 것이 바람직하다.

[0048] 도 3은, 압전 구동 장치(10)와 구동 회로(300)의 전기적 접속 상태를 나타내는 설명도이다. 5개의 제2 전극(150a~150e) 중에서, 대각에 있는 한 쌍의 제2 전극(150a, 150d)이 배선(151)을 통하여 서로 전기적으로 접속되고, 다른 대각의 한 쌍의 제2 전극(150b, 150c)도 배선(152)을 통하여 서로 전기적으로 접속되어 있다. 이들 배선(151, 152)은 성막 처리에 의해 형성해도 좋고, 혹은, 와이어 형상의 배선에 의해 실현해도 좋다. 도 3의 우측에 있는 3개의 제2 전극(150b, 150e, 150d)과, 제1 전극(130)(도 1)은, 배선(310, 312, 314, 320)을 통하여 구동 회로(300)에 전기적으로 접속되어 있다. 구동 회로(300)는, 한 쌍의 제2 전극(150a, 150d)과 제1 전극(130)과의 사이에 주기적으로 변화하는 교류 전압 또는 맥류 전압을 인가함으로써, 압전 구동 장치(10)를 초음파 진동시켜, 돌기부(20)에 접촉하는 로터(피구동체)를 소정의 회전 방향으로 회전시키는 것이 가능하다. 여기에서, 「맥류 전압」이란, 교류 전압에 DC 오프셋을 부가한 전압을 의미하고, 그 전압(전계)의 방향은, 한쪽의 전극으로부터 다른 한쪽의 전극을 향하는 일 방향이다. 또한, 다른 한 쌍의 제2 전극(150b, 150c)과 제1 전극(130)과의 사이에 교류 전압 또는 맥류 전압을 인가함으로써, 돌기부(20)에 접촉하는 로터를 반대 방향으로 회전시키는 것이 가능하다. 이러한 전압의 인가는, 진동판(200)의 양면에 설치된 2개의 압전 진동체(100)에 동시에 행해진다. 또한, 도 3에 나타낸 배선(151, 152, 310, 312, 314, 320)을 구성하는 배선(또는 배선층 및 절연층)은, 도 1에서는 도시가 생략되어 있다.

[0049] 도 3에 나타낸 실시 형태에서는, 5개의 압전 소자(110a~110e)가 이하의 3조의 압전 소자 그룹으로 구분되어 있다.

[0050] (1) 제1 압전 소자 그룹(PG1) : 압전 소자(110a, 110d)

[0051] (2) 제2 압전 소자 그룹(PG2) : 압전 소자(110b, 110c)

[0052] (3) 제3 압전 소자 그룹(PG3) : 압전 소자(110e)

[0053] 각 압전 소자 그룹에 포함되는 압전 소자(110)는, 항상 동시에 구동된다. 또한, 제1 압전 소자 그룹(PG1)은, 2개의 압전 소자(110a, 110d)를 포함하기 때문에, 이들 압전 소자(110a, 110d)의 제2 전극(150a, 150d)끼리가 접속 배선(151)을 통하여 직접 접속되어 있다. 제2 압전 소자 그룹(PG2)도 동일하다. 또한, 다른 실시 형태로

서, 3개 이상의 압전 소자(110)로 1조의 압전 소자 그룹을 구성하는 것도 가능하고, 일반적으로는, 복수의 압전 소자를 N조(N은 2 이상의 정수)의 압전 소자 그룹으로 구분하는 것이 가능하다. 이 경우에도, 동일한 압전 소자 그룹에 2개 이상의 압전 소자(110)가 포함되는 경우에는, 그들 제2 전극(150)끼리가 접속 배선을 통하여 직접 접속된다. 여기에서, 「접속 배선을 통하여 직접 접속된다」라는 의미는, 접속 배선의 도중에 수동 소자(저항, 코일, 콘덴서 등)나 능동 소자를 포함하지 않는 것을 의미한다. 또한, 본 실시 형태에서는, 제1 전극(130)으로서, 5개의 압전 소자(110a~110e)에 공통되는 1개의 도전층이 사용되고 있지만, 제1 전극(130)이 개개의 압전 소자마다 분리되어 있는 경우에는, 동일한 압전 소자 그룹에 속하는 2개 이상의 압전 소자의 제1 전극끼리도 접속 배선을 통하여 직접 접속되는 것이 바람직하다.

[0054] 도 4는, 압전 구동 장치(10)의 동작의 예를 나타내는 설명도이다. 압전 구동 장치(10)의 돌기부(20)는, 페구동 체로서의 로터(50)의 외주에 접촉하고 있다. 도 4(A)에 나타내는 예에서는, 구동 회로(300)(도 3)는, 한 쌍의 제2 전극(150a, 150d)과 제1 전극(130)과의 사이에 교류 전압 또는 맥류 전압을 인가하고 있고, 압전 소자(110a, 110d)는 도 4의 화살표 x의 방향으로 신축한다. 이에 따라서, 압전 구동 장치(10)의 진동체부(210)가 진동체부(210)의 평면 내에서 굴곡하여 사행(蛇行) 형상(S자 형상)으로 변형하고, 돌기부(20)의 선단(先端)이 화살표 y의 방향으로 왕복 운동하거나, 또는, 타원 운동한다. 그 결과, 로터(50)는, 그 중심(51)에 대하여 소정의 방향 z(도 4에서는 시계 방향)로 회전한다. 도 2에서 설명한 진동판(200)의 3개의 접속부(220)(도 2)는, 이러한 진동체부(210)의 진동의 절(마디)의 위치에 형성되어 있다. 또한, 구동 회로(300)가, 다른 한 쌍의 제2 전극(150b, 150c)과 제1 전극(130)과의 사이에 교류 전압 또는 맥류 전압을 인가하는 경우에는, 로터(50)는 반대 방향으로 회전한다. 또한, 중앙의 제2 전극(150e)에, 한 쌍의 제2 전극(150a, 150d)(또는 다른 한 쌍의 제2 전극(150b, 150c))과 동일한 전압을 인가하면, 압전 구동 장치(10)가 길이 방향으로 신축하기 때문에, 돌기부(20)로부터 로터(50)에 부여하는 힘을 보다 크게 하는 것이 가능하다. 또한, 압전 구동 장치(10)(또는 압전 진동체(100))의 이러한 동작에 대해서는, 상기 선행 기술 문헌 1(일본공개특허공보 2004-320979호, 또는, 대응하는 미국특허 제7224102호)에 기재되어 있으며, 그 개시 내용은 참조에 의해 조입된다.

[0055] 도 4(B)는, 도 4(A)와 같이 압전 구동 장치(10)가 그 면내 방향으로 진동할 때에, 그 두께 방향으로도 만곡하는 모양을 나타내고 있다. 이러한 두께 방향의 만곡은, 압전 구동 장치(10)의 표면에 휨(왜곡)을 발생시키는 점에서 바람직하지 않다. 그러나, 본 실시 형태의 압전 구동 장치(10)에서는, 기판(120)과 진동판(200)이 압전 소자(130, 140, 150)를 사이에 끼우도록 압전 진동체(100)가 진동판(200) 상에 설치되어 있기 때문에, 이러한 바람직하지 않은 휨(왜곡)을 기판(120)에 의해 억제할 수 있다. 도 4(C)는, 도 4(B)와는 반대로, 기판(120)이 진동판(200)과 접하도록 압전 진동체(100)가 진동판(200) 상에 설치되어 있는 예이다. 도 4(C)의 적층 구조에서는, 제2 전극(150)의 표면에 있어서 바람직하지 않은 휨(왜곡)이 과도하게 커질 가능성이 있다. 따라서, 도 4(B)에 나타내는 바와 같이, 기판(120)과 진동판(200)이 압전 소자(130, 140, 150)를 사이에 끼우도록, 압전 진동체(100)를 진동판(200) 상에 설치하는 것이 바람직하다. 이렇게 하면, 압전 구동 장치(10)의 고장이나 손상의 가능성을 저감하는 것이 가능하다. 특히, 기판(120)을 실리콘제로 하면, 휨(왜곡)에 대하여 손상되기 어렵기 때문에 바람직하다.

[0056] 도 5는, 도 1(B)에 나타낸 압전 진동체(100)의 단면 구조의 일 예를 더욱 상세하게 나타낸 단면도이다. 압전 진동체(100)는, 기판(120)과, 절연층(125)과, 제1 전극(130)과, 압전체(140)와, 제2 전극(150)과, 절연층(160)과, 적층 도전부(172)를 구비한다. 또한, 도 5에서는, 복수의 제2 전극(150)과, 복수의 적층 도전부(172)에 대해서는, 첨자 「c」 또는 「d」를 부기(附記)하여 구별하고 있다. 또한, 도 5에서는, 도 3에 나타낸 배선(151, 152)은 도시가 생략되어 있다. 본 명세서에 있어서, 「적층 도전부」라는 어구는, 증착(vapor deposition)이나, 스퍼터링, 이온 플레이팅, 도금 등의 성막 프로세스(적층 프로세스)에 의해 형성된 도전체를 의미한다.

[0057] 절연층(125)은, 기판(120) 상에 형성되어 있고, 기판(120)과, 제1 전극(130)과의 사이를 절연한다. 제1 전극(130)은, 절연층(125)의 위에 형성되어 있다. 압전체(140)는, 제1 전극(130)의 위에 형성되어 있다. 제2 전극(150)은, 압전체(140)의 위에 형성되어 있다. 절연층(160)은, 제2 전극(150)의 위에 형성되어 있다. 또한, 제1 전극(130)은, 평면에서 보아, 압전체(140)와 겹치지 않는 부분(도 5에서는, 압전체(140)의 좌우에 비어져 나온 부분)을 갖는 것이 바람직하다. 이 이유는, 제1 전극(130)을, 진동판(200)에 형성된 배선 패턴(후술)과 접속하기 쉽게 하기 위해서이다. 적층 도전부(172)는 제1 전극(130)과 접속되어 있다. 절연층(160)은, 적층 도전부(172)가 제2 전극(150)과 접촉할 수 있도록, 그 일부에 개구(콘택트 홀)를 갖고 있다. 또한, 절연층(160)에는 다수의 콘택트 홀을 형성하는 것이 바람직하다. 이 점에 대해서는 추가로 후술한다.

[0058] 도 6은, 압전 구동 장치(10)의 제조 플로우 차트를 나타내는 설명도이다. 스텝 S100에서는, 기판(120) 상에 압

전 소자(110)를 형성함으로써, 압전 진동체(100)를 형성한다. 이때, 기판(120)으로서는, 예를 들면 Si 웨이퍼를 이용할 수 있다. 1매의 Si 웨이퍼 상에는, 압전 진동체(100)를 복수개 형성하는 것이 가능하다. 또한 Si는 기계적 품질 계수(Q_m)의 값이 10만 정도로 크기 때문에, 압전 진동체(100)나, 압전 구동 장치(10)의 기계적 품질 계수(Q_m)를 크게 할 수 있다. 스텝 S200에서는, 압전 진동체(100)가 형성된 기판(120)을 다이싱하여, 개개의 압전 진동체(100)로 분할한다. 또한, 기판(120)을 다이싱하기 전에 기판(120)의 이면을 연마하여, 기판(120)을 소망하는 두께로 해도 좋다. 스텝 S300에서는, 2개의 압전 진동체(100)를 진동판(200)의 양면에 접착제로 접착한다. 스텝 S400에서는, 압전 진동체(100)의 배선층과 구동 회로를 배선으로 접속한다.

[0059] 도 7은, 도 6의 스텝 S100에 있어서의 압전 진동체(100)의 제조 프로세스를 나타내는 설명도이다. 도 7에서는, 기판(120) 상에, 도 5의 오른쪽 절반의 상부에 나타낸 압전 소자(110d)를 형성하는 프로세스를 나타내고 있다. 스텝 S110에서는, 기판(120)을 준비하고, 기판(120)의 표면에 절연층(125)을 형성한다. 절연층(125)으로서는, 예를 들면, 기판(120)의 표면을 열산화하여 형성되는 SiO_2 층을 이용할 수 있다. 그 외에, 절연층으로서 알루미나(Al_2O_3), 아크릴이나 폴리이미드 등의 유기 재료를 이용할 수 있다. 또한, 기판(120)이 절연체인 경우에는, 절연층(125)을 형성하는 공정은 생략 가능하다.

[0060] 스텝 S120에서는, 절연층(125)의 위에 제1 전극(130)을 형성한다. 제1 전극(130)은, 예를 들면, 스퍼터링에 의해 형성할 수 있다.

[0061] 스텝 S130에서는, 제1 전극(130)의 위에 압전체(140)를 형성한다. 구체적으로는, 예를 들면 졸-겔법을 이용하여 압전체(140)를 형성하는 것이 가능하다. 즉, 압전체 재료의 졸겔 용액을 기판(120)(제1 전극(130))의 위에 적하하고, 기판(120)을 고속 회전시킴으로써, 제1 전극(130)의 위에 졸겔 용액의 박막을 형성한다. 그 후, 200 ~ 300°C의 온도에서 가소(calcine)하여 제1 전극(130)의 위에 압전체 재료의 제1층을 형성한다. 그 후, 졸겔 용액의 적하, 고속 회전, 가소의 사이클을 복수회 반복함으로써, 제1 전극(130)의 위에 소망하는 두께까지 압전체층을 형성한다. 또한, 1사이클로 형성되는 압전체의 일층의 두께는, 졸겔 용액의 접도나, 기판(120)의 회전 속도에도 의존하지만, 약 50nm ~ 150nm의 두께가 된다. 소망하는 두께까지 압전체층을 형성한 후, 600°C ~ 1000°C의 온도로 소결함으로써, 압전체(140)를 형성한다. 소결 후의 압전체(140)의 두께를, 50nm(0.05μm) 이상 20μm 이하로 하면, 소형의 압전 구동 장치(10)를 실현할 수 있다. 또한 압전체(140)의 두께를 0.05μm 이상으로 하면, 압전체(140)의 신축에 따라서 충분히 큰 힘을 발생할 수 있다. 또한, 압전체(140)의 두께를 20μm 이하로 하면, 압전체(140)에 인가하는 전압을 600V 이하로 해도 충분히 큰 힘을 발생할 수 있다. 그 결과, 압전 구동 장치(10)를 구동하기 위한 구동 회로(300)를 염가의 소자로 구성할 수 있다. 또한, 압전체의 두께를 8μm 이상으로 해도 좋은데, 이 경우, 압전 소자에서 발생하는 힘을 크게 할 수 있다. 또한, 가소나 소결의 온도, 시간은, 일 예이며, 압전체 재료에 의해, 적절히 선택된다.

[0062] 졸-겔법을 이용하여 압전체 재료의 박막을 형성한 후에 소결한 경우에는, 원료 분말을 혼합하여 소결하는 종래의 소결법과 비교하여, (a) 박막을 형성하기 쉽고, (b) 격자 방향을 일치시켜 결정화하기 쉽고, (c) 압전체의 내압을 향상할 수 있다는 메리트가 있다.

[0063] 스텝 S140에서는, 압전체(140)의 위에 제2 전극(150)을 형성한다. 제2 전극(150)의 형성은, 제1 전극과 동일하게, 스퍼터링에 의해 행할 수 있다.

[0064] 스텝 S150에서는, 제2 전극(150)과 압전체(140)를 패터닝한다. 본 실시 형태에서는, 아르곤 이온 빔을 이용한 이온 밀링에 의해, 제2 전극(150)과 압전체(140)의 패터닝을 행하고 있다. 또한, 이온 밀링의 시간을 제어함으로써, 제2 전극(150)과 압전체(140)만을 패터닝하여, 제1 전극(130)을 패터닝하지 않는 것이 가능하다. 또한, 이온 밀링을 이용하여 패터닝을 행하는 대신에, 다른 임의의 패터닝 방법(예를 들면, 염소계의 가스를 이용한 드라이 에칭)에 의해 패터닝을 행해도 좋다.

[0065] 스텝 S160에서는, 제1 전극(130)과 제2 전극(150)의 위에 절연층(160)을 형성한다. 절연층(160)으로서는, 인함유 실리콘 산화막(PSG막), 봉소 · 인 함유 실리콘 산화막(BPSG막), NSG막(봉소나 인 등의 불순물을 포함하지 않는 실리콘 산화막), 질화 규소막(Si_3N_4 막) 등을 이용하는 것이 가능하다. 절연층(160)은, 예를 들면 CVD법에 의해 형성할 수 있다. 절연층(160)의 형성 후에는, 제2 전극(150)의 접속용의 복수의 콘택트 홀(160c)을 형성하기 위한 패터닝을 행한다.

[0066] 스텝 S170에서는, 도전체층을 형성하고, 패터닝을 행한다. 이 도전체층은, 예를 들면 알루미늄으로 형성할 수 있으며, 스퍼터링에 의해 형성된다. 그 후, 도전체층을 패터닝함으로써, 제2 전극(150)에 접속된 제2 적층 도

전부(172)를 형성한다.

[0067] 도 8은, 도 7의 공정에 이어지는 프로세스를 나타내는 설명도이다. 도 8(A)에서는, 도 7(H)의 적층 구조의 위에 절연층(260)을 형성하고, 패터닝함으로써 복수의 콘택트 홀(260c)을 형성한다. 도 8(B)에서는, 적층 구조의 전체 면에 제2 적층 도전부(272)를 스퍼터링 등에 의해 형성한다. 도 7(A)~도 8(B)의 공정에 의해, 압전 소자(130, 140, 150)의 위에, 제2 전극(150)에 접속된 제2 적층 도전부(172, 272)가 형성된 압전 진동체(100)가 완성된다. 또한, 제1 전극(130)에 관해서도, 제1 전극(130)에 접속된 1층 이상의 제1 적층 도전부가 형성되지만, 도 7 및 도 8에서는 도시가 생략되어 있다.

[0068] 도 8(C)는, 도 6의 스텝 S300에 있어서, 진동판(200)에 압전 진동체(100)를 접착하는 프로세스를 나타내고 있다. 도 8(C)에 앞서, 진동판(200)의 표면에 절연층(202)이 형성되고, 절연층(202)의 위에 배선(332)을 포함하는 배선 패턴이 형성된다. 절연층(202)은, 예를 들면, 폴리이미드 등의 절연성 수지를 도포함으로써 형성 가능하다. 도 8(C)에서는, 도 7(A)~도 8(C)의 프로세스에 의해 작성된 압전 진동체(100)를, 접착제를 이용하여 진동판(200)에 접착한다. 이때, 압전 진동체(100)의 기판(120)과, 진동판(200)과의 사이에, 압전 소자(130, 140, 150)가 사이에 끼워지도록 압전 진동체(100)가 진동판(200) 상에 설치된다. 또한, 도 8(C)에서는, 진동판(200)의 하면에 접착되는 다른 하나의 압전 진동체(100)의 도시는 생략되어 있다.

[0069] 도 9(A)~도 9(E)는, 도 8(C)에 나타낸 각종의 배선층이나 절연층의 일 예를 나타내는 평면도이다. 이들은 적층순으로 나열되어 있고, 가장 하층의 도 9(E)로부터 가장 상층의 도 9(A)의 순으로 각 층을 설명한다. 도 9(E)는, 제2 전극(150)을 포함하는 도전층 패턴을 나타내고 있다. 이 도전층 패턴은, 5개의 압전 소자(110a~110e)(도 3)를 위한 5개의 제2 전극(150a~150e)을 포함하고, 또한, 그들의 외주를 둘러싸는 제1 적층 도전부(150g)를 갖고 있다. 이 제1 적층 도전부(150g)는, 제1 전극(130)에 접속되어 있다. 또한, 5개의 제2 전극(150a~150e)과 제1 적층 도전부(150g)와의 사이는 이간되어 있고, 절연층에 의해 서로 절연되어 있지만, 도 9(E)에서는 절연층의 도시를 생략하고 있다. 전술한 도 7 및 도 8에서는, 이 제1 적층 도전부(150g)의 도시는 생략되어 있다. 또한, 이하에서 설명하는 도 9(A)~도 9(D)의 각 층에 존재하는 제1 전극(130)용의 각종의 패턴도, 도 7과 도 8에서는 도시가 생략되어 있다.

[0070] 도 9(D)는, 제2 전극(150)의 도전층 패턴의 위에 형성되는 절연층(160)을 나타내고 있다. 파선은, 도 9(E)의 5개의 제2 전극(150a~150e)의 윤곽을 참고를 위해 나타낸 것이다. 도 7(G)에서도 설명한 바와 같이, 절연층(160)에는 다수의 콘택트 홀(160c)이 형성된다. 보다 구체적으로 말하면, 콘택트 홀(160c)은, 5개의 제2 전극(150a~150e)에 상당하는 5개의 영역의 각각에 있어서, 각 영역의 전체에 걸쳐 거의 균일하게 형성되어 있다. 또한, 제1 전극(130)용의 제1 적층 도전부(150g)에 상당하는 영역에 있어서도, 다수의 콘택트 홀(160c)이 형성되어 있다. 제1 적층 도전부(150g)는, 기판(120)의 4번의 전체를 따라 형성되어 있고, 콘택트 홀(160c)은, 그 중의 3개의 번에 상당하는 영역에 있어서 다수 형성되어 있다.

[0071] 도 9(C)는, 절연층(160)의 위에 형성되는 도전 패턴(170)을 나타내고 있다. 이 도전 패턴(170)은, 적층 방향에 있어서 제2 전극(150)에 가장 가까운 위치에 있는 도전 패턴이다. 이 도전 패턴(170)은, 제1 전극(130)에 접속되는 1개의 제1 적층 도전부(171)와, 5개의 제2 전극(150a~150e)에 접속되는 5개의 제2 적층 도전부(172a~172e)를 포함하고 있다. 제1 적층 도전부(171)는, 절연층(160)의 복수의 콘택트 홀(160c)과 하층측의 제1 적층 도전부(150g)(도 9(E))를 통하여 제1 전극(130)에 접속되어 있다. 또한, 5개의 제2 적층 도전부(172a~172e)는, 절연층(160)의 복수의 콘택트 홀(160c)을 통하여 제2 전극(150a~150e)에 각각 접속되어 있다.

[0072] 도 9(B)는, 도전 패턴(170)의 위에 형성되는 절연층(260)을 나타내고 있다. 파선은, 도 9(A)에 나타내는 제2 적층 도전부의 윤곽을 참고를 위해 나타낸 것이다. 도 8(A)에서도 설명한 바와 같이, 절연층(260)에는 다수의 콘택트 홀(260c)이 형성된다.

[0073] 도 9(A)는, 압전 진동체(100)의 최상부에 형성되는 도전 패턴(270)을 나타내고 있다. 이 도전 패턴(270)은, 적층 방향에 있어서 기판(120)으로부터 가장 떨어진 위치에 있는 도전 패턴(270)이다. 이 도전 패턴(270)은, 제1 전극(130)에 접속되는 제1 적층 도전부(271)와, 도 3에서 설명한 3조의 압전 소자 그룹(PG1, PG2, PG3)에 대응하는 3조의 제2 전극(150a+150d), (150b+150c), 150e에 접속되는 3개의 제2 적층 도전부(272ad, 272bc, 272e)를 포함하고 있다.

[0074] 제1 압전 소자 그룹(PG1)을 위한 제2 적층 도전부(272ad)는, 도 9(B)의 절연층(260)의 복수의 콘택트 홀(260c)을 통하여 도 9(C)의 2개의 제2 적층 도전부(172a, 172d)에 접속되어 있고, 또한, 도 9(D)의 절연층(160)의 복

수의 콘택트 홀(160c)을 통하여 2개의 제2 전극(150a, 150d)에 접속되어 있다. 이 제2 적층 도전부(272ad)는, 도 9(C)의 2개의 제2 적층 도전부(172a, 172d)에 접속하기 위해, 도 9(C)의 제2 적층 도전부(172a)에 대응하는 영역으로부터, 인접하는 다른 2개의 제2 적층 도전부(172e, 172c)에 대응하는 영역을 순차적으로 지나 제2 적층 도전부(172d)에 대응하는 영역으로까지 연장되어 있다. 이 제2 적층 도전부(272ad) 중에서, 제2 적층 도전부(272ad)가 전기적으로 접속되지 않는 제2 적층 도전부(172e, 172c)의 위를 통과하는 영역은, 도 3에 나타낸 접속 배선(151)에 상당한다. 도 9(B)의 절연층(260)에 있어서는, 제2 적층 도전부(272ad)에 대응하는 영역(파선으로 나타냄) 중에서, 제2 적층 도전부(272ad)에 접속되는 적층 도전부(172a, 172d)에 상당하는 부분에만 콘택트 홀(260c)이 형성되어 있다. 이 결과, 제2 적층 도전부(272ad)를, 그 하층측의 2개의 제2 적층 도전부(172a, 172d)에 접속하고, 하층측의 다른 적층 도전부(171, 172b, 172c, 172e)에 접속하지 않는 바와 같은 접속 구조를 형성할 수 있다. 이러한 제1 압전 소자 그룹(PG1)용의 제2 적층 도전부(272ad)에 관련된 접속 구조는, 제2 압전 소자 그룹(PG2)용의 제2 적층 도전부(272bc)에 대해서도 거의 동일하다. 또한, 이들 2개의 제2 적층 도전부(272ad, 272bc)는 서로 교차하지 않고, 서로 이간하여 절연되어 있다.

[0075] 제3 압전 소자 그룹(PG3)용의 제2 적층 도전부(272e)는, 도 9(B)의 절연층(260)의 복수의 콘택트 홀(260c)을 통하여 도 9(C)의 제2 적층 도전부(172e)에 접속되어 있고, 또한, 도 9(D)의 절연층(160)의 복수의 콘택트 홀(160c)을 통하여 제2 전극(150e)에 접속되어 있다. 이 제2 적층 도전부(272e)도, 다른 2개의 제2 적층 도전부(272ad, 272bc)와 교차하고 있지 않고, 서로 이간하여 절연되어 있다. 이와 같이, 본 실시 형태에서는, 3조의 압전 소자 그룹(PG1, PG2, PG3)에 대응하여, 3개의 제2 적층 도전부(272ad, 272bc, 272e)가 서로 절연된 상태에서 형성되어 있다. 이 결과, 3조의 압전 소자 그룹(PG1, PG2, PG3)을 별개로 구동하는 것이 가능하다. 또한, 일반적으로, 복수의 압전 소자(110)가 N조(N은 2 이상의 정수)의 압전 소자 그룹으로 구분되는 경우에는, 그들 제2 적층 도전부를 서로 절연된 상태로 형성하는 것이 바람직하다.

[0076] 제1 전극(130)용의 제1 적층 도전부(271)는, 도 9(B)의 절연층(260)의 복수의 콘택트 홀(260c)을 통하여 도 9(C)의 제1 적층 도전부(171)에 접속되어 있고, 또한, 도 9(D)의 절연층(160)의 복수의 콘택트 홀(160c)을 통하여 도 9(E)의 제1 적층 도전부(150g)에 접속되고, 이 제1 적층 도전부(150g)를 통하여 제1 전극(130)에 접속되어 있다.

[0077] 도 10은, 진동판(200) 상에 형성되는 배선 패턴(330)의 일 예를 나타내는 설명도이다. 배선 패턴(330)은, 도 9(A)에 나타낸 제1 적층 도전부(271)와 접속되는 제1 배선(331)과, 제2 적층 도전부(272ad, 272bc, 272e)와 접속되는 제2 배선(332ad, 332bc, 332e)을 포함하고 있다. 이들 4종류의 배선(331, 332ad, 332bc, 332e)은, 도 9(A)의 4종류의 적층 도전부(271, 272ad, 272bc, 272e)에 면접촉한 상태로 접속된다. 압전 진동체(100)를 진동판(200)에 접착하는 경우(도 8(C))에는, 도 10의 좌우가 반전된 상태로 도 9(A)의 도전 패턴(270)과 접촉한다.

[0078] 또한, 일반적으로, 복수의 압전 소자(110)가 N조(N은 2 이상의 정수)의 압전 소자 그룹으로 구분되는 경우에는, 압전 진동체(100)측의 최상층에 N개의 제2 적층 도전부를 서로 절연한 상태로 형성하고, 한편, 진동판(200)의 배선 패턴(330)에는 대응하는 N개의 제2 배선을 서로 절연한 상태로 형성하는 것이 바람직하다. 이렇게 하면, 진동판(200)과 압전 진동체(100)를 면접촉한 상태로 접합함으로써, 배선 접속을 용이하게 행하는 것이 가능하다.

[0079] 진동판(200) 상의 배선 패턴(330) 중, 3조의 압전 소자 그룹(PG1~PG3)용의 3개의 제2 배선(332ad, 332bc, 332e)은, 진동판(200)의 일방측(도 10(A)의 상측)에 있는 접속부(220)를 통하여 부착부(230)의 위치까지 연장되어 있다. 이것은, 이 부착부(230)의 위치에 있어서, 제2 배선(332ad, 332bc, 332e)을 구동 회로(300)(도 3)와 접속하기 위해서이다. 제1 전극(130)용의 제1 배선(331)은, 진동판(200)의 다른 한쪽측(도 10(A)의 하측)에 있는 접속부(220)를 통하여 부착부(230)의 위치까지 연장되어 있다. 이것은, 이 부착부(230)의 위치에 있어서, 제1 배선(331)을 구동 회로(300)와 접속하기 위함이다. 또한, 이들 배선(331, 332ad, 332bc, 332e)은, 도 3에 나타낸 배선(320, 314, 310, 312)에 각각 접속된다. 이와 같이, 진동판(200) 상의 배선 패턴(330)(331, 332ad, 332bc, 332e)은, 압전 진동체(100)가 올려 놓여져 있지 않은 표면 부분에까지 연장되어 형성되어 있는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 압전 소자(110)의 전극(130, 150)과 구동 회로(300)와의 접속을 용이하게 행하는 것이 가능하다.

[0080] 이와 같이, 진동판(200)에 형성된 배선(331, 332ad, 332bc, 332e)은, 압전 진동체(100)의 최상부에 있는 적층 도전부(271, 272ad, 272bc, 272e)와 면접촉한 상태로 전기적으로 접속된다. 따라서, 도선과 땜납을 이용하여 전기적 접속을 행하는 경우에 비해, 작업 중의 단선의 가능성을 저감하는 것이 가능하다. 또한, 도선을 이용하

는 데에 비해 공간 절약을 실현할 수 있다. 또한, 진동판(200)과 압전 진동체(100)의 사이의 배선 접속 작업은 양자의 표면끼리를 맞추기만 하면 되기 때문에, 배선의 단시간화가 가능하고, 작업이 용이하기 때문에 작업자에 의한 불균일을 막는 것이 가능하다. 또한, 압전 소자(110)의 전극(130, 150)이 압전 소자(110)와 진동판(200)의 사이에 끼워지는 형태가 되어, 외측 표면에 전극(130, 150)이 나오지 않기 때문에, 불량 삭감이나, 내구성 향상의 효과도 있다.

[0081] 도 10(B)는, 도 10(A)의 B-B 단면을 나타내고 있다. 진동판(200) 상의 배선 패턴(330) 중에서, 제1 전극(130)용의 제1 배선(331)은 진동판(200)의 측면까지 연장되어 있다. 본 실시 형태에서는, 진동판(200)은, 금속 재료 등의 도전성 부재로 형성되어 있다. 따라서, 제1 배선(331)은, 진동판(200)의 측면에 있어서 진동판(200)과 전기적으로 접속된다. 이 결과, 압전 소자(110)의 제1 전극(130)과 진동판(200)을 용이하게 전기적으로 접속 가능하다. 단, 제1 배선(331)을, 진동판(200)의 측면까지 연장되지 않도록 형성해도 좋다.

[0082] 도 11은, 진동판(200) 상에 형성되는 배선 패턴(330)의 다른 예를 나타내는 설명도이다. 여기에서는, 도 10의 배선 패턴(330)의 위에 추가로 절연층(340)이 형성되어 있고, 절연층(340)의 복수의 개구(340w)가 형성되어 있다. 도 11(B)에 나타내는 바와 같이, 개구(340w)로부터는 배선(331, 332ad, 332bc, 332e)의 일부가 노출되어 있다. 개구(340w)로부터 노출된 331, 332ad, 332bc, 332e의 부분은, 패드로서 기능하고, 압전 진동체(100)의 최상부에 있는 적층 도전부(271, 272ad, 272bc, 272e)와 면접촉한 상태로 전기적으로 접속된다. 이와 같이, 배선 패턴(330)을 절연층(340)으로 덮음과 함께, 패드로서 필요한 배선 부분만을 절연층(340)으로부터 노출해도 좋다. 이렇게 하면, 배선 패턴(330)의 형상의 자유도가 높아지기 때문에, 보다 용이하게 배선 패턴(330)을 형성하는 것이 가능하다. 또한, 절연층(340)의 개구(340w)로부터 배선(331, 332ad, 332bc, 332e)의 일부를 노출시키는 대신에, 개구(340w) 내에 땜납 페이스트나 땜납 알갱이를 충전해도 좋다. 이 경우에는, 진동판(200)에 압전 진동체(100)를 올려 놓은 후에 땜납의 리플로우를 행함으로써 배선 접속을 실행할 수 있다.

[0083] 도 12는, 압전 구동 장치(10)의 적층 배선 구조의 개략도이다. 여기에서는, 도 8(C), 도 9 및 도 10에서 설명한 적층 배선 구조와의 대응 관계도 나타낸다. 또한, 도 12에서는, 도시의 편의상, 기판(120) 상에 1개의 압전 소자(110)만을 그리고 있고, 도 12(A)에서는 압전 진동체(100)와 진동판(200)을 이간한 상태를 그리고 있다. 진동판(200)의 표면에는 절연층(202)이 형성되고, 절연층(202)의 위에는 배선(331, 332)을 포함하는 배선 패턴(330)이 형성되어 있다. 배선(332)은, 도 10에 나타낸 3개의 제2 배선(332ad, 332bc, 332e)을 대표하고 있다. 압전 소자(110)의 제1 전극(130)은, 콘택트 홀(CH1)을 통하여 제1 적층 도전부(LC1)에 접속되어 있다. 제1 적층 도전부(LC1)는, 도 9에 나타낸 2층분의 제1 적층 도전부(171, 271)를 대표하고 있다. 압전 소자(110)의 제2 전극(150)은, 콘택트 홀(CH2)을 통하여 제2 적층 도전부(LC2)에 접속되어 있다. 제2 적층 도전부(LC2)는, 도 9에 나타낸 2층분의 제2 적층 도전부(172, 272)를 대표하고 있다. 또한, 콘택트 홀(CH1, CH2)은, 도 9에 나타낸 2개의 절연층(160, 260)의 콘택트 홀(160c, 260c)을 대표하고 있다.

[0084] 도 12(B)는, 도 12(A)의 평면도를 나타내고 있다. 제1 전극(130)용의 콘택트 홀(CH1)은, 제1 전극(130)의 주연(周緣)의 전체 둘레를 따라 균일하게 다수 형성되어 있다. 또한, 제2 전극(150)용의 콘택트 홀(CH2)은, 제2 전극(150)의 전역에 걸쳐 균일하게 다수 형성되어 있다. 이 개략도에 나타내는 바와 같이, 다수의 콘택트 홀(CH1, CH2)을 형성하면, 이하에 설명하는 바와 같이, 기생 저항을 저감하여, 압전 소자(110)의 양단에 가해지는 전압을 과도하게 저하시키는 일이 없다는 효과를 갖는다.

[0085] 도 13은, 압전 소자(110)와 구동 회로(300)의 등가 회로를 나타내는 회로도이다. 압전 소자(110)는, 제1 전극(130)의 기생 저항(R1)과, 압전체(140)의 정전 용량(C)과, 제2 전극(150)의 기생 저항(R2)의 직렬 접속과 등가이다. 구동 회로(300)부터는 교류 전압 또는 맥류 전압이 구동 전압(Vd)으로서 압전 소자(110)에 공급된다. 이때, 압전 소자(110)에 가해지는 전압(Vc)은, $Vd / (1 + j \omega (R1 + R2))$ 가 된다. 도 12에 나타낸 바와 같이, 다수의 콘택트 홀(CH1, CH2)을 이용하여 전극(130, 150)을 적층 도전부(LC1, LC2)에 접속하면, 제1 전극(130)의 기생 저항(R1)이나 제2 전극(150)의 기생 저항(R2)을 저감할 수 있기 때문에, 압전 소자(110)에 가해지는 전압(Vc)을 크게 할 수 있어, 압전 소자(110)를 보다 효율적으로 구동할 수 있다. 또한, 콘택트 홀(CH1, CH2)의 면적은 큰 것이 바람직한 한편, 콘택트 홀(CH1, CH2)을 위해 압전 소자(110)의 면적을 줄이지 않는 것이 바람직하다. 이들 2가지의 요망을 만족시키기 위해, 도 12(B)에 나타내는 평면에서 볼 때에는, 제2 전극(150)의 영역의 전체에 걸쳐 다수의 콘택트 홀(CH2)을 형성하고, 또한, 제1 전극(130)에 대해서는, 제2 전극(150)의 외주에 상당하는 영역의 전체에 걸쳐 다수의 콘택트 홀(CH1)을 형성하고 있다. 이를 위해서는, 제1 전극(130)의 형상으로서, 제2 전극(150)의 외주 전체를 포함함과 함께 제2 전극(150)보다도 외측에 존재하는 프레임 형상 영역을 갖도록 형성하는 것이 바람직하다.

[0086] 도 14는, 도 12의 변형예를 나타내고 있다. 여기에서는, 도 12에 나타낸 제1 전극용의 복수의 콘택트 홀(CH1)을 서로 연결하여 1개의 큰 콘택트 홀(CH1a)을 형성하고 있다. 제2 전극용의 복수의 콘택트 홀(CH2)도 동일하게, 서로 연결하여 1개의 큰 콘택트 홀(CH2a)을 형성하고 있다. 이러한 구성에 의해서도, 도 12의 적층 배선 구조와 동일한 효과를 얻는 것이 가능하다.

[0087] 또한, 도 12 및 도 14의 개략도에서도 나타낸 바와 같이, 제1 적층 도전부(LC1) 및 제2 적층 도전부(LC2)는, 적어도 1층의 도전 패턴으로서 형성하는 것이 가능하다. 단, 도 8(C) 및 도 9에서 설명한 바와 같이, 제1 적층 도전부(LC1) 및 제2 적층 도전부(LC2)를, 2층 이상의 도전 패턴(도 9의 170, 270)을 이용하여 실현해도 좋다. 이 경우에는, 각 층의 도전 패턴(도 9의 170, 270)에, 제1 적층 도전부(LC1)(도 9의 171, 271)와 제2 적층 도전부(LC2)(도 9의 172, 272)가 형성되어 있는 것이 바람직하다. 2층 이상의 도전 패턴을 이용하도록 하면, 1층 만의 도전 패턴을 이용하는 경우에 비해, 배선 접속 구조의 자유도가 증가하기 때문에, 바람직한 배선 접속 구조를 보다 용이하게 구성하는 것이 가능하다. 또한, 2층 이상의 도전 패턴을 형성하는 경우에는, 인접하는 2개의 층의 도전 패턴의 사이에 절연층을 형성하는 것이 바람직하다.

[0088] 이상과 같이, 제1 실시 형태의 압전 구동 장치(10)에 의하면, 진동판(200)의 배선 패턴(330)의 제1 배선(331)과 제2 배선(332)이, 제1 전극(130)과 제2 전극(150)에 접속되어 있기 때문에, 도선과 땜납을 이용하여 진동판(200)의 배선 패턴(330)과 제1 전극(130) 및 제2 전극(150)을 접속하는 경우에 비해 배선용의 스페이스를 작게 억제할 수 있고, 또한, 단선의 가능성을 저감하는 것이 가능하다. 또한, 제1 배선(331)과 제2 배선(332)은, 제1 적층 도전부(LC1)(171, 271)와 제2 적층 도전부(LC2)(172, 272)를 통하여 제1 전극(130)과 제2 전극(150)에 접속되어 있기 때문에, 배선용의 스페이스의 저감 효과와 단선의 가능성의 저감 효과가 현저하다. 또한, 기판(120)과 진동판(200)이 압전 소자(110)를 사이에 끼우도록, 압전 진동체(100)가 진동판(200) 상에 설치되어 있기 때문에, 이러한 바람직하지 않은 휨(왜곡)을 기판에 의해 억제할 수 있다. 이 결과, 압전 구동 장치(10)의 고장이나 손상의 가능성을 저감하는 것이 가능하다.

[0089] · 압전 구동 장치의 다른 실시 형태:

[0090] 도 15(A)는, 본 발명의 또 다른 실시 형태로서의 압전 구동 장치(10b)의 평면도이고, 제1 실시 형태의 도 1(A)에 대응하는 도면이다. 도 15(A)~도 15(C)에서는, 도시의 편의상, 진동판(200)의 접속부(220)나 부착부(230)는 도시가 생략되어 있다. 도 15(A)의 압전 구동 장치(10b)에서는, 한 쌍의 제2 전극(150b, 150c)이 생략되어 있다. 이 압전 구동 장치(10b)도, 도 4(A)에 나타내는 바와 같은 하나의 방향 z로 로터(50)를 회전시키는 것이 가능하다. 또한, 도 15(A)의 3개의 제2 전극(150a, 150e, 150d)에는 동일한 전압이 인가되기 때문에, 이들 3개의 제2 전극(150a, 150e, 150d)을, 연속하는 1개의 전극층으로서 형성해도 좋다.

[0091] 도 15(B)는, 본 발명의 또 다른 실시 형태로서의 압전 구동 장치(10c)의 평면도이다. 이 압전 구동 장치(10c)에서는, 도 1(A)의 중앙의 제2 전극(150e)이 생략되어 있고, 다른 4개의 제2 전극(150a, 150b, 150c, 150d)이 도 1(A)보다도 큰 면적으로 형성되어 있다. 이 압전 구동 장치(10c)도, 제1 실시 형태와 거의 동일한 효과를 달성할 수 있다.

[0092] 도 15(C)는, 본 발명의 또 다른 실시 형태로서의 압전 구동 장치(10d)의 평면도이다. 이 압전 구동 장치(10d)에서는, 도 1(A)의 4개의 제2 전극(150a, 150b, 150c, 150d)이 생략되어 있고, 1개의 제2 전극(150e)이 큰 면적으로 형성되어 있다. 이 압전 구동 장치(10d)는, 길이 방향으로 신축할 뿐이지만, 돌기부(20)로부터 괴구동체(도시 생략)에 대하여 큰 힘을 부여하는 것이 가능하다.

[0093] 도 1 및 도 15(A)~도 15(C)로부터 이해되는 바와 같이, 압전 진동체(100)의 제2 전극(150)으로서는, 적어도 1개의 전극층을 형성할 수 있다. 단, 도 1 및 도 15(A), 도 15(B)에 나타내는 실시 형태와 같이, 장방형의 압전 진동체(100)의 대각의 위치에 제2 전극(150)을 형성하도록 하면, 압전 진동체(100) 및 진동판(200)을, 그 평면 내에서 굴곡하는 사행 형상으로 변형시키는 것이 가능한 점에서 바람직하다.

[0094] · 압전 구동 장치를 이용한 장치의 실시 형태:

[0095] 전술한 압전 구동 장치(10)는, 공진을 이용함으로써 괴구동체에 대하여 큰 힘을 부여할 수 있는 것으로, 각종의 장치에 적용 가능하다. 압전 구동 장치(10)는, 예를 들면, 로봇(전자 부품 반송 장치(IC 헨들러)도 포함함), 투약용 펌프, 시계의 캘린더 이송 장치, 인쇄 장치(예를 들면 종이 이송 기구. 단, 헤드에 이용되는 압전 구동 장치에서는, 진동판을 공진시키지 않기 때문에, 헤드에는 적용 불가함) 등의 각종의 기기에 있어서의 구동 장치로서 이용할 수 있다. 이하, 대표적인 실시 형태에 대해서 설명한다.

[0096] 도 16은, 전술한 압전 구동 장치(10)를 이용한 로봇(2050)의 일 예를 나타내는 설명도이다. 로봇(2050)은, 복수개의 링크부(2012)(「링크 부재」라고도 함)와, 그들 링크부(2012)의 사이를 회전 운동 또는 굴곡 가능한 상태로 접속하는 복수의 관절부(2020)를 구비한 아암(2010)(「완부(腕部)」라고도 함)을 갖고 있다. 각각의 관절부(2020)에는, 전술한 압전 구동 장치(10)가 내장되어 있고, 압전 구동 장치(10)를 이용하여 관절부(2020)를 임의의 각도만큼 회전 운동 또는 굴곡시키는 것이 가능하다. 아암(2010)의 선단에는, 로봇 핸드(2000)가 접속되어 있다. 로봇 핸드(2000)는, 한 쌍의 파지부(2003)를 구비하고 있다. 로봇 핸드(2000)에도 압전 구동 장치(10)가 내장되어 있고, 압전 구동 장치(10)를 이용하여 파지부(2003)를 개폐하여 물건을 파지하는 것이 가능하다. 또한, 로봇 핸드(2000)와 아암(2010)과의 사이에도 압전 구동 장치(10)가 설치되어 있고, 압전 구동 장치(10)를 이용하여 로봇 핸드(2000)를 아암(2010)에 대하여 회전시키는 것도 가능하다.

[0097] 도 17은, 도 16에 나타낸 로봇(2050)의 손목 부분의 설명도이다. 손목의 관절부(2020)는, 손목 회전 운동부(2022)를 협지하고 있고, 손목 회전 운동부(2022)에 손목의 링크부(2012)가, 손목 회전 운동부(2022)의 중심축(0) 주위에 회전 운동 가능하게 부착되어 있다. 손목 회전 운동부(2022)는, 압전 구동 장치(10)를 구비하고 있고, 압전 구동 장치(10)는, 손목의 링크부(2012) 및 로봇 핸드(2000)를 중심축(0) 주위에 회전 운동시킨다. 로봇 핸드(2000)에는, 복수의 파지부(2003)가 세워 설치되어 있다. 파지부(2003)의 기단부(base end part)는 로봇 핸드(2000) 내에서 이동 가능하게 되어 있고, 이 파지부(2003)의 근원의 부분에 압전 구동 장치(10)가 탑재되어 있다. 이 때문에, 압전 구동 장치(10)를 동작시킴으로써, 파지부(2003)를 이동시켜 대상물을 파지할 수 있다.

[0098] 또한 로봇으로서는, 단완(single arm)의 로봇에 한하지 않고, 팔의 수가 2 이상의 다완(two or more arm) 로봇에도 압전 구동 장치(10)를 적용 가능하다. 여기에서, 손목의 관절부(2020)나 로봇 핸드(2000)의 내부에는, 압전 구동 장치(10) 외에, 역각 센서(force sensor)나 자이로 센서 등의 각종 장치에 전력을 공급하는 전력선이나, 신호를 전달하는 신호선 등이 포함되어, 매우 많은 배선이 필요해진다. 따라서, 관절부(2020)나 로봇 핸드(2000)의 내부에 배선을 배치하는 것은 매우 곤란했다. 그러나, 전술한 실시 형태의 압전 구동 장치(10)는, 통상의 전동 모터나, 종래의 압전 구동 장치보다도 구동 전류를 작게 할 수 있기 때문에, 관절부(2020)(특히, 아암(2010)의 선단의 관절부)나 로봇 핸드(2000)와 같은 작은 공간에서도 배선을 배치하는 것이 가능해진다.

[0099] 도 18은, 전술한 압전 구동 장치(10)를 이용한 송액 펌프(2200)의 일 예를 나타내는 설명도이다. 송액 펌프(2200)는, 케이스(2230) 내에, 리저버(2211)와, 투브(2212)와, 압전 구동 장치(10)와, 로터(2222)와, 감속 전달 기구(2223)와, 캠(2202)과, 복수의 평거(2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219)가 설치되어 있다. 리저버(2211)는, 수송 대상인 액체를 수용하기 위한 수용부이다. 투브(2212)는, 리저버(2211)로부터 송출되는 액체를 수송하기 위한 관이다. 압전 구동 장치(10)의 돌기부(20)는, 로터(2222)의 측면으로 밀어붙인 상태로 형성되어 있고, 압전 구동 장치(10)가 로터(2222)를 회전 구동한다. 로터(2222)의 회전력은 감속 전달 기구(2223)를 통하여 캠(2202)에 전달된다. 평거(2213 내지 2219)는 투브(2212)를 폐색시키기 위한 부재이다. 캠(2202)이 회전하면, 캠(2202)의 돌기부(2202A)에 의해 평거(2213 내지 2219)가 차례로 방사 방향 외측으로 눌린다. 평거(2213 내지 2219)는, 수송 방향 상류측(리저버(2211)측)으로부터 차례로 투브(2212)를 폐색한다. 이에 따라, 투브(2212) 내의 액체가 차례로 하류측에 수송된다. 이렇게 하면, 매우 근소한 양을 정밀도 좋게 송액 가능하고, 게다가 소형인 송액 펌프(2200)를 실현할 수 있다. 또한, 각 부재의 배치는 도시된 것으로는 한정되지 않는다. 또한, 평거 등의 부재를 구비하지 않고, 로터(2222)에 형성된 볼 등이 투브(2212)를 폐색하는 구성이라도 좋다. 상기와 같은 송액 펌프(2200)는, 인슐린 등의 약액을 인체에 투여하는 투약 장치 등에 활용할 수 있다. 여기에서, 전술한 실시 형태의 압전 구동 장치(10)를 이용함으로써, 종래의 압전 구동 장치보다도 구동 전류가 작아지기 때문에, 투약 장치의 소비 전력을 억제할 수 있다. 따라서, 투약 장치를 전지 구동하는 경우는, 특히 유효하다.

[0100] · 변형예:

[0101] 또한, 본 발명은 상기의 실시예나 실시 형태에 한정되는 것이 아니라, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에 있어서 여러 가지의 실시 형태에 있어서 실시하는 것이 가능하고, 예를 들면 다음과 같은 변형도 가능하다.

[0102] · 변형예 1:

[0103] 상기 실시 형태에서는, 진동판(200)의 양면에 각각 1개의 압전 진동체(100)를 설치하고 있었지만, 압전 진동체(100)의 한쪽을 생략하는 것도 가능하다. 단, 진동판(200)의 양면에 각각 압전 진동체(100)를 설치하도록

하면, 진동판(200)을 그 평면 내에서 굴곡한 사행 형상으로 변형시키는 것이 보다 용이한 점에서 바람직하다.

[0104] · 변형 예 2:

[0105] 상기 실시 형태에서 설명한 단면 구조나 배선 접속 구조는, 단순한 일 예이며, 다른 단면 구조나 배선 접속 구조를 채용하는 것이 가능하다. 예를 들면, 배선 접속 구조의 종류나 층의 수는, 전술한 실시 형태 이외의 임의의 것을 적절히 채용 가능하다. 또한, 진동판(200)에 형성되는 배선 패턴은, 압전 소자(110)의 제1 전극(130)에 전기적으로 접속되는 제1 배선과 제2 전극(150)에 전기적으로 접속되는 제2 배선의 양쪽이 형성되어 있을 필요는 없고, 제1 전극(130)과 제2 전극(150) 중 한쪽에 전기적으로 접속되는 배선만이 형성되어 있어도 좋다. 이 경우에는, 제1 전극(130)과 제2 전극(150) 중 다른 한쪽은, 진동판(200)에 형성된 배선 패턴 이외의 임의의 전기적 접속 배선을 통하여 구동 회로에 접속하는 것이 가능하다.

[0106] 이상, 몇 개의 실시예에 기초하여 본 발명의 실시 형태에 대해서 설명해 왔지만, 상기한 발명의 실시의 형태는, 본 발명의 이해를 용이하게 하기 위한 것으로, 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 본 발명은, 그 취지 그리고 특히 청구의 범위를 일탈하는 일 없이, 변경, 개량될 수 있음과 함께, 본 발명에는 그 등가물이 포함되는 것은 물론이다.

부호의 설명

[0107] 10, 10b, 10c, 10d : 압전 구동 장치

20 : 돌기부

50 : 로터

51 : 중심

100 : 압전 진동체

110, 110a~110e : 압전 소자

120 : 기판

125 : 절연층

130 : 제1 전극

140 : 압전체

150, 150a~150e : 제2 전극

150g : 제1 적층 도전부

151, 152 : 접속 배선

160 : 절연층

160c : 콘택트 홀

170 : 도전 패턴

171 : 제1 적층 도전부

172, 172a~172e : 제2 적층 도전부

200 : 진동판

202 : 절연층

210 : 진동체부

211 : 제1면

212 : 제2면

220 : 접속부

230 : 부착부
240 : 나사
260 : 절연층
260c : 콘택트 홀
270 : 도전 패턴
271 : 제1 적층 도전부
272, 272ad, 272bc, 272e : 제2 적층 도전부
300 : 구동 회로
310, 312, 314 : 배선
320 : 배선
330 : 배선 패턴
331 : 제1 배선
332, 332ad, 332bc, 332e : 제2 배선
340 : 절연층
340w : 개구
2000 : 로봇 핸드
2003 : 파지부
2010 : 아암
2012 : 링크부
2020 : 관절부
2050 : 로봇
2200 : 송액 펌프
2202 : 캡
2202A : 돌기부
2211 : 리저버
2212 : 튜브
2213 : 핑거
2222 : 로터
2223 : 감속 전달 기구
2230 : 케이스
CH1a : 콘택트 홀
CH2a : 콘택트 홀
LC1 : 제1 적층 도전부
LC2 : 제2 적층 도전부
HC1, HC2 : 콘택트 홀
PG1 : 제1 압전 소자 그룹

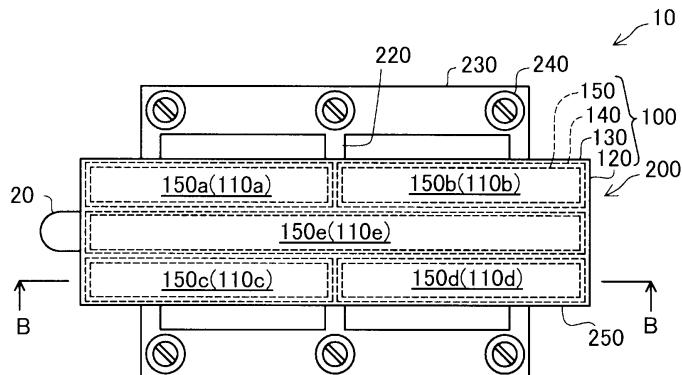
PG2 : 제2 압전 소자 그룹

PG3 : 제3 압전 소자 그룹

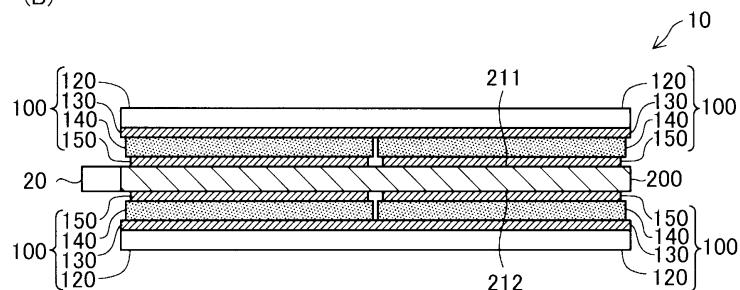
도면

도면1

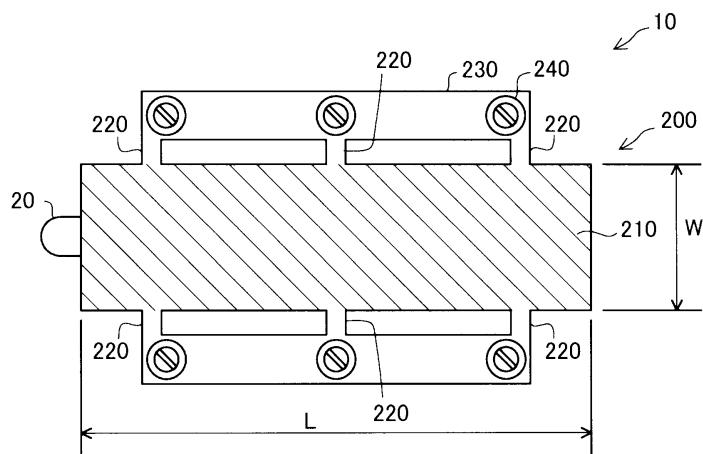
(A)



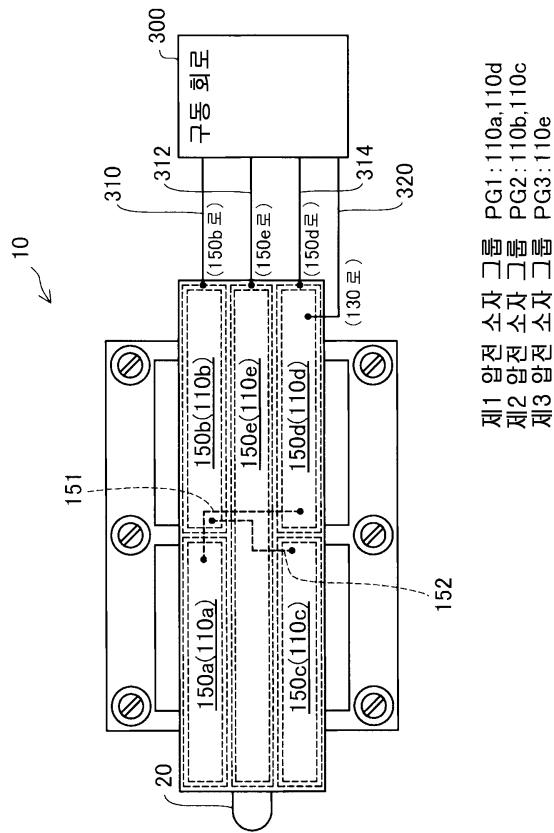
(B)



도면2



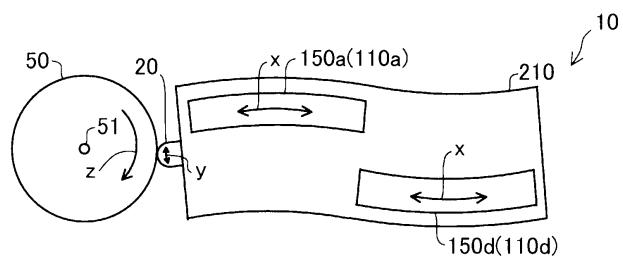
도면3



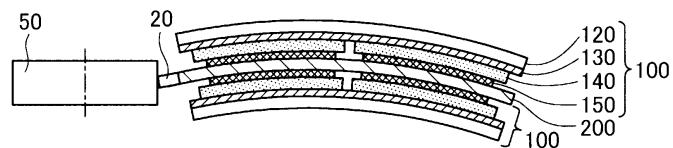
제1 암전 소자 그룹 PG1: 110a, 110d
 제2 암전 소자 그룹 PG2: 110b, 110c
 제3 암전 소자 그룹 PG3: 110e

도면4

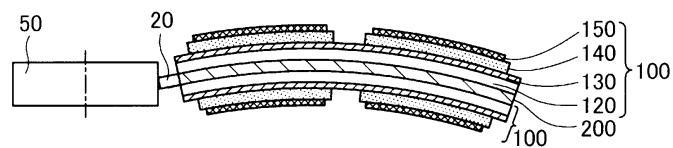
(A)



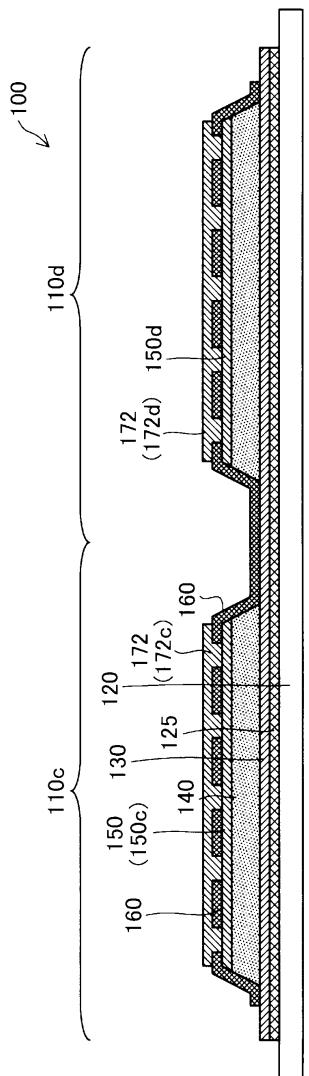
(B)



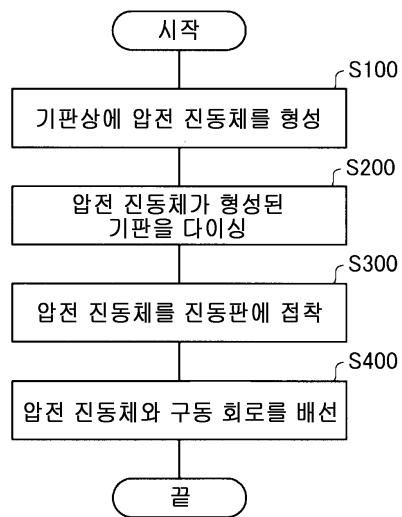
(C)



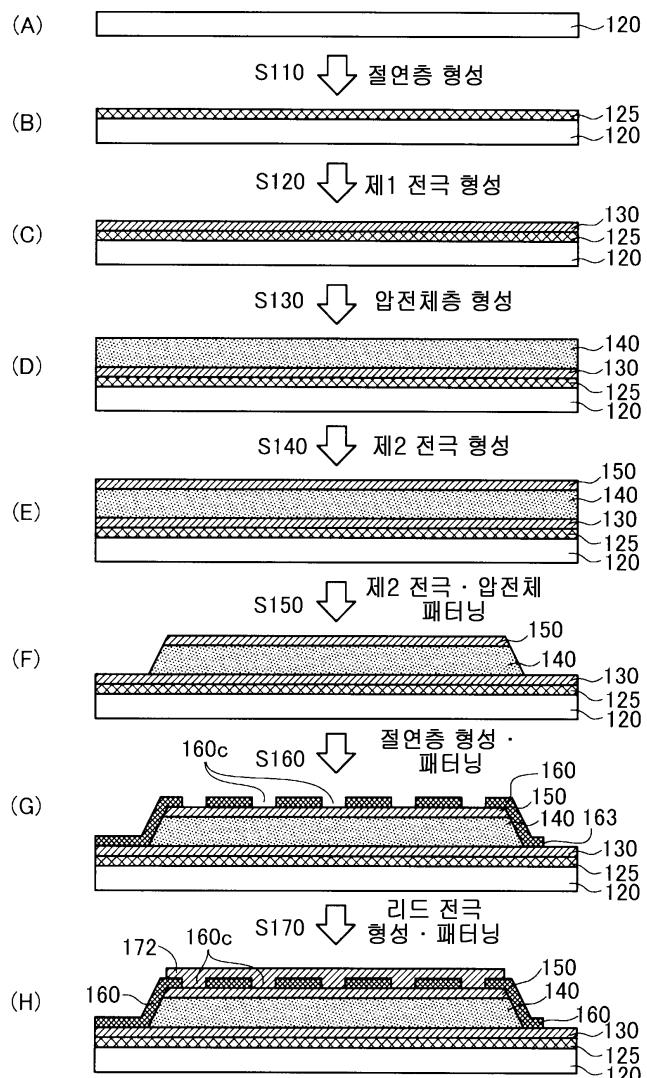
도면5



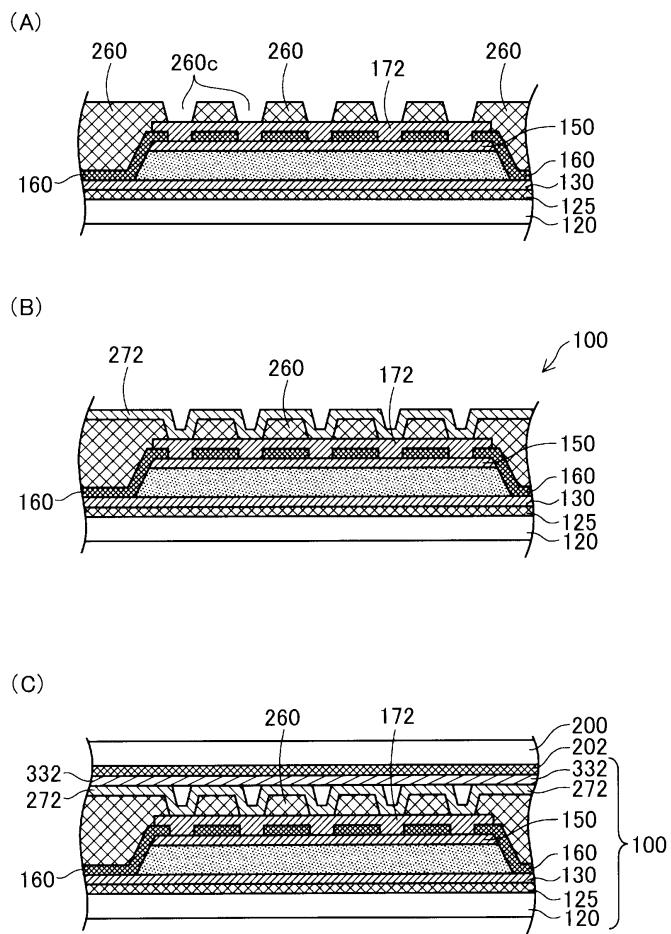
도면6



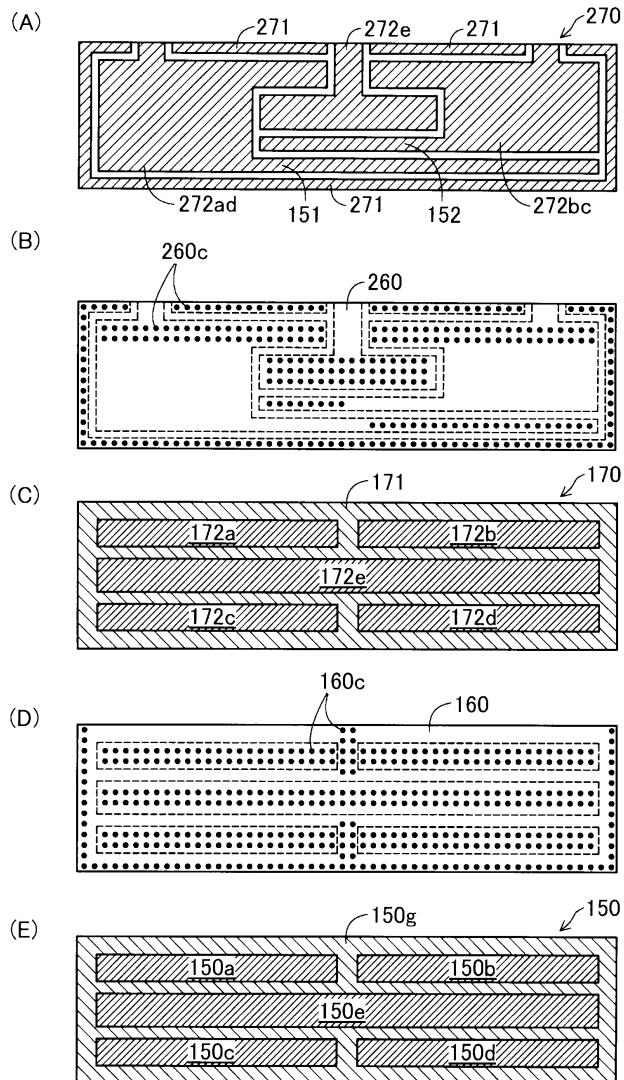
도면7



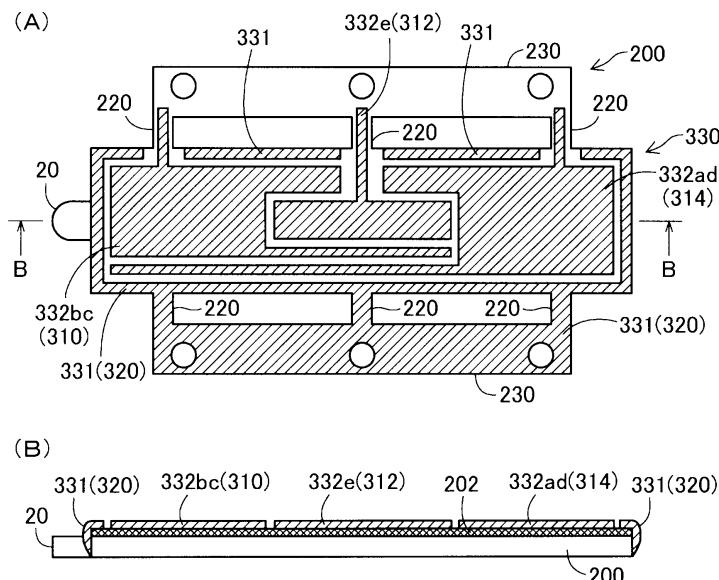
도면8



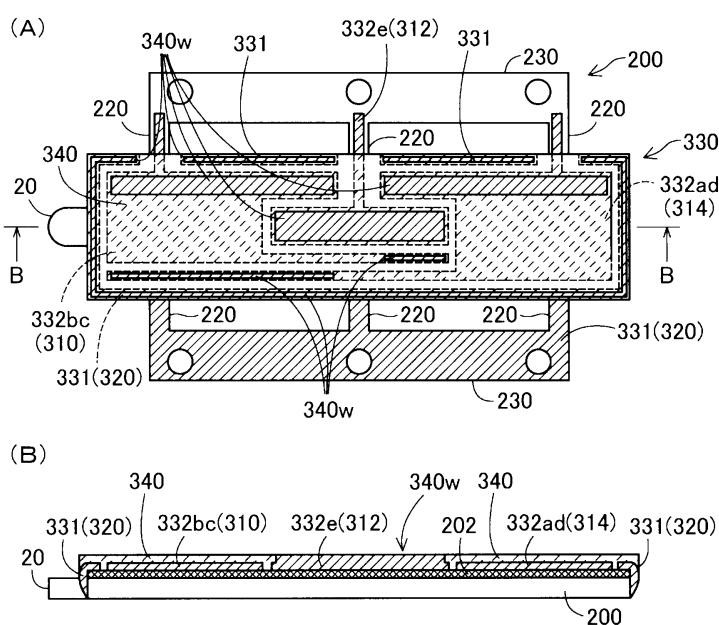
도면9



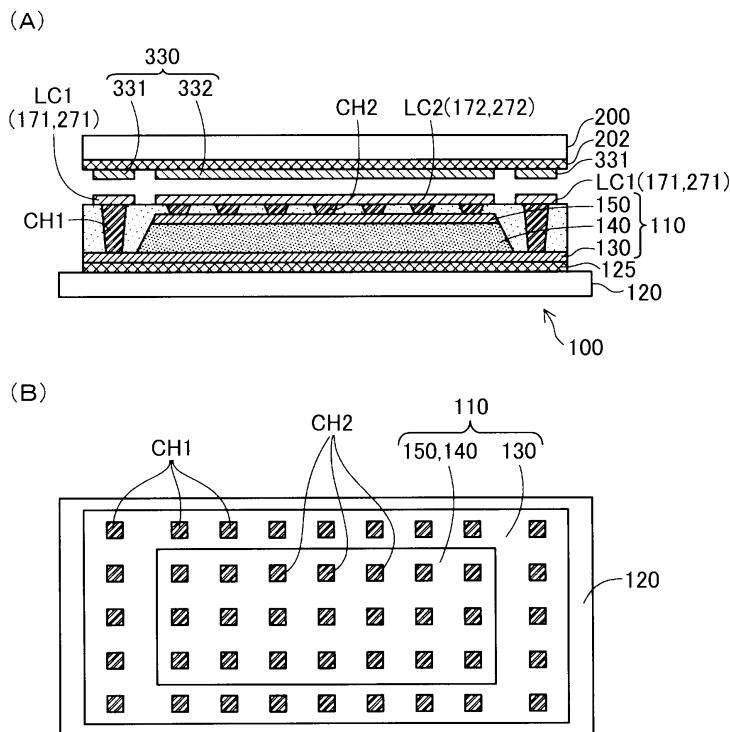
도면10



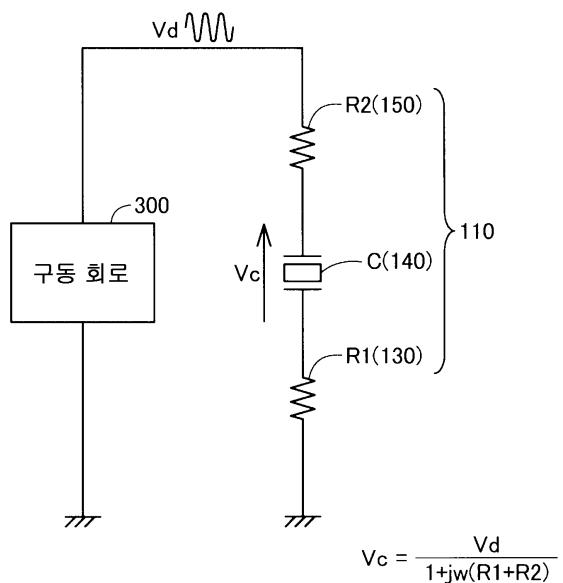
도면11



도면12

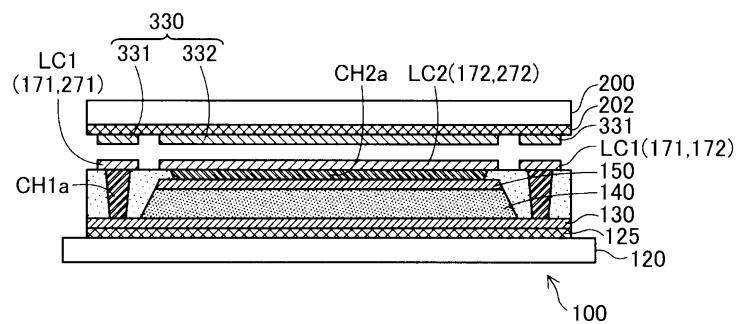


도면13

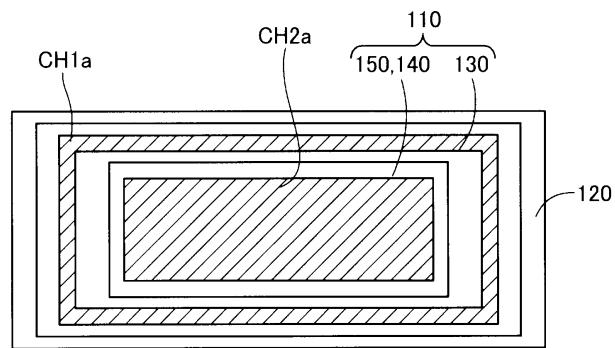


도면14

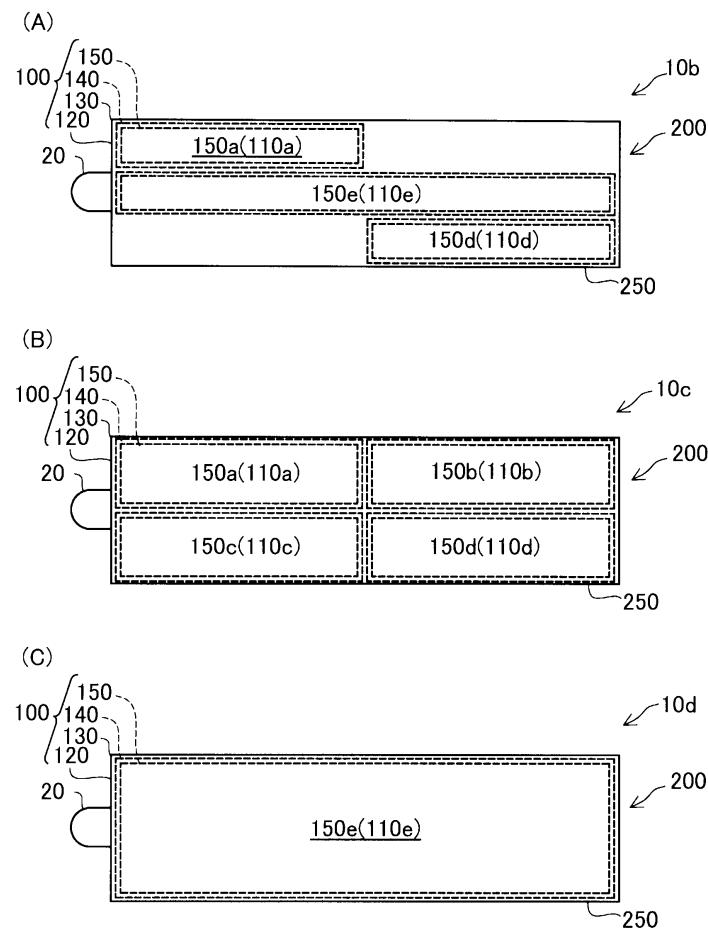
(A)



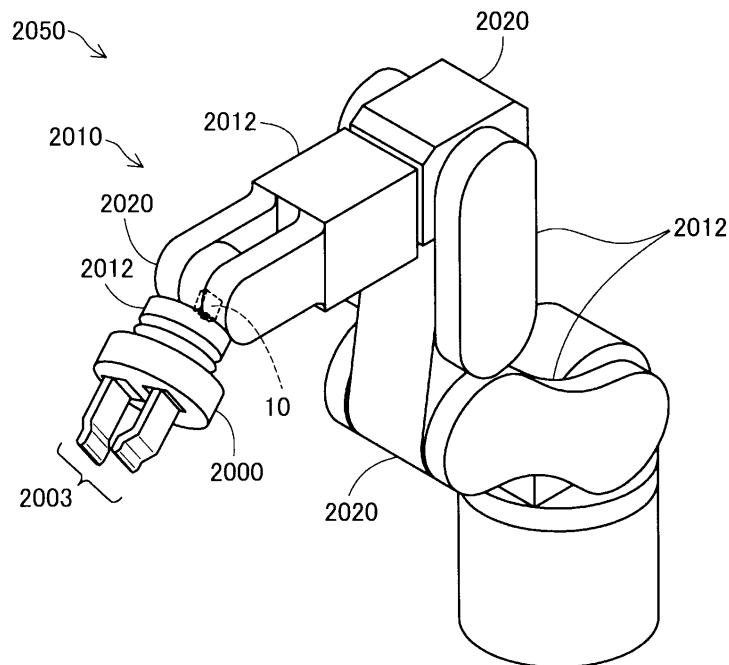
(B)



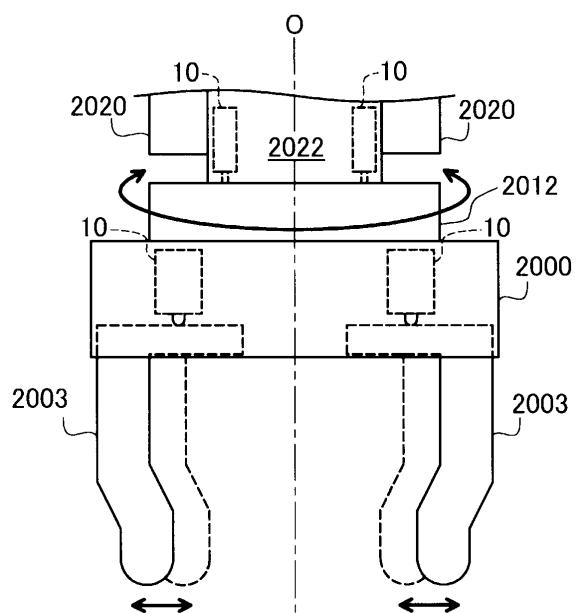
도면15



도면16



도면17



도면18

