



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0115845
(43) 공개일자 2015년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 41/187 (2006.01) B41J 2/14 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01) H01L 41/43 (2013.01)
H02N 2/10 (2006.01) H02N 2/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 41/1873 (2013.01)
B41J 2/14233 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7023498
(22) 출원일자(국제) 2014년01월24일
심사청구일자 2015년08월28일
(85) 번역문제출일자 2015년08월28일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/052188
(87) 국제공개번호 WO 2014/119705
국제공개일자 2014년08월07일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-014615 2013년01월29일 일본(JP)

(71) 출원인
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
(72) 발명자
무라카미 슌스케
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
와타나베 다카유키
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
우에다 미키
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
(74) 대리인
장수길, 이중희

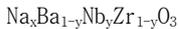
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 압전 재료, 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 헤드, 액체 토출 장치, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 장치, 먼지 제거 장치, 활상 장치 및 전자 기기

(57) 요약

쿼리 온도가 높고, 기계적 품질 계수가 높고, 장기간 구동에서 안정한 납- 및 칼륨-무함유 압전 재료 및 상기 납- 및 칼륨-무함유 압전 재료를 포함하는 압전 소자를 제공한다. 상기 화학식 1을 갖는 페로브스카이트형 금속 산화물을 함유하는 압전 재료 및 상기 압전 재료를 포함하는 압전 소자.

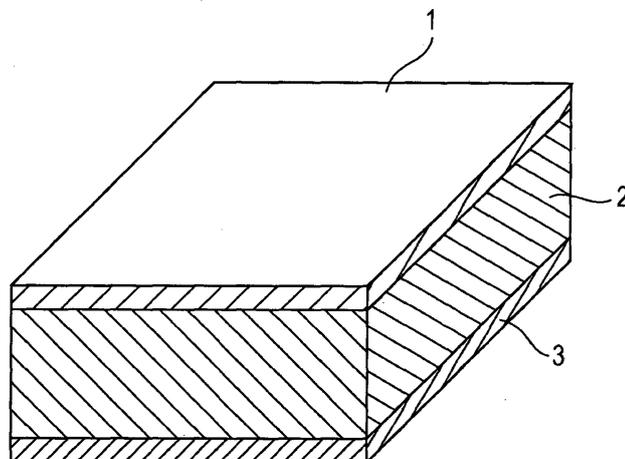
<화학식 1>



상기 화학식 중 x는 $0.85 \leq x \leq 0.96$ 을 충족시키고, y는 $0.90 \leq y \leq 0.96$ 을 충족시킨다.

압전 재료는 페로브스카이트형 금속 산화물 및 Cu를 포함할 수 있고, 상기 Cu의 함유량은 상기 페로브스카이트형 금속 산화물의 양의 2.00 mol% 이하에 상응한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 41/0973 (2013.01)

H01L 41/43 (2013.01)

H02N 2/106 (2013.01)

H02N 2/163 (2013.01)

C04B 2235/3255 (2013.01)

C04B 2235/3281 (2013.01)

C04B 2235/768 (2013.01)

C04B 2235/77 (2013.01)

C04B 2235/785 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

Cu 함유량을 가지며, 화학식 1을 갖는 페로브스카이트형 금속 산화물을 포함하며,
 상기 Cu의 함유량은 상기 페로브스카이트형 금속 산화물의 양의 2.00 mol% 이하에 상응하는, 압전 재료.

<화학식 1>



(상기 화학식 1 중 x는 $0.85 \leq x \leq 0.96$ 을 충족시키고, y는 $0.90 \leq y \leq 0.96$ 을 충족시킨다)

청구항 2

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 화학식 1에서 x가 y보다 작은, 압전 재료.

청구항 3

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 압전 재료의 큐리 온도는 140℃ 이상인, 압전 재료.

청구항 4

제1 전극; 압전 재료부; 및 제2 전극을 포함하며,
 상기 압전 재료부는 제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 따른 압전 재료를 포함하는, 압전 소자.

청구항 5

서로 위아래로 교대로 적층된 압전 재료 층과 전극 층을 포함하며,
 상기 전극 층은 내부 전극을 포함하고, 상기 압전 재료 층은 제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 따른 압전 재료를 함유하는, 적층 압전 소자.

청구항 6

제6항에 있어서,
 상기 내부 전극은 Ag 및 Pd를 함유하고, 상기 Ag의 중량 M1 대 상기 Pd의 중량 M2의 중량비 $M1/M2$ 는 $1.5 \leq M1/M2 \leq 9.0$ 범위인, 적층 압전 소자.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 내부 전극은 Ni 및 Cu 중 하나 이상을 함유하는, 적층 압전 소자.

청구항 8

액실; 및 상기 액실과 연통하는 토출구를 포함하며,
 상기 액실은 제5항에 따른 압전 소자 또는 제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 적층 압전 소자를 포함하는 진동부를 포함하는, 액체 토출 헤드.

청구항 9

피전사체를 수용하도록 구성된 스테이지; 및 제9항에 따른 액체 토출 헤드를 포함하는, 액체 토출 장치.

청구항 10

제5항에 따른 압전 소자 또는 제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 적층 압전 소자를 포함하는 진동체; 및 상기 진동체와 접촉하는 이동체를 포함하는, 초음파 모터.

청구항 11

제11항에 따른 초음파 모터를 포함하는 구동 유닛을 포함하는, 광학 장치.

청구항 12

진동판 상에 제5항에 따른 압전 소자 또는 제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 적층 압전 소자를 포함하는 진동체를 포함하는, 진동 장치.

청구항 13

제13항에 따른 진동 장치를 포함하는 진동부를 포함하는, 먼지 제거 장치.

청구항 14

제14항에 따른 먼지 제거 장치; 및 활상 소자 유닛을 포함하며, 상기 먼지 제거 장치의 진동판은 상기 활상 소자 유닛의 수광면 측에 설치되는, 활상 장치.

청구항 15

제5항에 따른 압전 소자 또는 제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 적층 압전 소자를 포함하는 압전 음향 부품을 포함하는, 전자 기기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 압전 재료, 및 보다 특히 납-무함유 압전 재료에 관한 것이다. 본 발명은 또한 각각 상기 압전 재료를 포함하는 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 헤드, 액체 토출 장치, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 장치, 먼지 제거 장치, 활상 장치 및 전자 기기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 티타늄산지르코늄산납은 대표적인 압전 재료이며, 액추에이터, 발진자, 센서 및 필터 등 다양한 압전 디바이스에서 사용되고 있다. 그러나, 납-함유 압전 디바이스가 폐기되어 산성비에 노출되면, 납 성분이 압전 재료로부터 토양으로 침출되어 생태계에 해를 끼칠 수 있다는 것이 지적되고 있다. 따라서, 납-무함유 압전 디바이스를 위한 납-무함유 압전 재료의 연구 개발이 활발히 행해지고 있다.

[0003] 비특허문헌 1에서는, 반강유전체인 니오븀산나트륨 중의 소량의 티타늄산바륨의 고용체에서 니오븀산나트륨이 강유전체로 전환되는 것을 개시하고 있다. 비특허문헌 1에 기재된 니오븀산나트륨계 재료는 납 및 칼륨을 함유하지 않는다. 칼륨은 난소결성 및 저내습성의 원인이 된다. 비특허문헌 1에 기재된 재료의 티타늄산바륨 농도는 5% 내지 20% 범위이고 1200℃ 내지 1280℃ 범위의 온도에서 소결된다. 비특허문헌 1에 기재된 니오븀산나트륨계 재료의 큐리 온도는, 대표적인 납-무함유 압전 재료인 티타늄산바륨의 큐리 온도 (120℃ 내지 130℃)보다도 높다. 예를 들어, (Na_{0.9}Ba_{0.1})(Nb_{0.9}Ti_{0.1})O₃의 큐리 온도가 230℃인 것을 개시하고 있다. 그러나, 상기 조성에서의 기계적 품질 계수는 140만점 낮았다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0004] (비특허문헌 0001) J. T. Zeng et al., Journal of the American Ceramic Society, 2006, vol. 89, pp.

2828-2832

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 종래의 니오븀산나트륨 압전 재료는 기계적 품질 계수가 낮고, 장기간 구동에서의 안정성이 낮다는 과제가 있었다. 기계적 품질 계수는 공진 구동과 관련된 것이다.

[0006] 본 발명은 이와 같은 과제를 해결하고, 쿼리 온도가 높고, 기계적 품질 계수가 높고, 장기간 구동에서 안정한 납- 및 칼륨-무함유 압전 재료를 제공한다. 또한 본 발명은 각각 상기 압전 재료를 포함하는 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 헤드, 액체 토출 장치, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 장치, 먼지 제거 장치, 활상 장치 및 전자 기기를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기재된 과제를 해결하는 본 발명의 일 양태에 따른 압전 재료는 하기 화학식 1을 갖는 페로브스카이트형 금속 산화물을 함유하는 압전 재료이다.

[0008] <화학식 1>



[0010] 상기 화학식 중 x는 $0.85 \leq x \leq 0.96$ 을 충족시키고, y는 $0.90 \leq y \leq 0.96$ 을 충족시킨다.

[0011] 본 발명의 일 양태에 따른 압전 소자는 제1 전극, 압전 재료부 및 제2 전극을 포함하며, 여기서 압전 재료부는 상기 기재된 압전 재료를 포함한다.

[0012] 본 발명의 일 양태에 따른 적층 압전 소자는 서로 위아래로 교대로 적층된 압전 재료 층과 전극 층을 포함한다. 전극 층은 내부 전극을 포함한다. 압전 재료 층은 상기 기재된 압전 재료를 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 양태에 따른 액체 토출 헤드는 액실 및 상기 액실과 연통하는 토출구를 포함한다. 액실은 상기 기재된 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동부를 포함한다.

[0014] 본 발명의 일 양태에 따른 액체 토출 장치는 피전사 매체를 위한 마운팅부 및 상기 기재된 액체 토출 헤드를 포함한다.

[0015] 본 발명의 일 양태에 따른 초음파 모터는 진동체 및 상기 진동체와 접촉하는 이동체를 포함한다. 진동체는 상기 기재된 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함한다.

[0016] 본 발명의 일 양태에 따른 광학 장치는 상기 기재된 초음파 모터를 포함하는 구동 유닛을 포함한다.

[0017] 본 발명의 일 양태에 따른 진동 장치는 상기 기재된 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동체를 포함한다.

[0018] 본 발명의 일 양태에 따른 먼지 제거 장치는 상기 기재된 진동 장치를 포함하는 진동부를 포함한다.

[0019] 본 발명의 일 양태에 따른 활상 장치는 먼지 제거 장치 및 활상 소자 유닛을 포함하며, 상기 먼지 제거 장치는 상기 활상 소자 유닛의 수광면 측에 진동체를 포함한다.

[0020] 본 발명의 일 양태에 따른 전자 기기는 상기 기재된 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 압전 음향 부품을 포함한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명은 쿼리 온도가 높고, 기계적 품질 계수가 높고, 장기간 구동에서 안정한 납- 및 칼륨-무함유 압전 재료를 제공한다. 본 발명은 또한 각각 상기 납-무함유 압전 재료를 포함하는 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 헤드, 액체 토출 장치, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 장치, 먼지 제거 장치, 활상 장치 및 전자 기기에 관한 것이다.

[0022] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는 납을 함유하지 않고 낮은 환경 부하를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자의 개략도이다.
- 도 2의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 압전 소자의 개략적인 단면도이다.
- 도 3의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 헤드의 개략도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 장치의 개략도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 장치의 개략도이다.
- 도 6의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 초음파 모터의 개략도이다.
- 도 7의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 광학 장치의 개략도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시형태에 따른 광학 장치의 개략도이다.
- 도 9의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 진동 장치를 포함하는 먼지 제거 장치의 개략도이다.
- 도 10의 (a) 내지 (c)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 먼지 제거 장치의 압전 소자의 개략도이다.
- 도 11의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 먼지 제거 장치의 진동 원리를 도시하는 개략도이다.
- 도 12는 본 발명의 일 실시형태에 따른 촬상 장치의 개략도이다.
- 도 13은 본 발명의 일 실시형태에 따른 촬상 장치의 개략도이다.
- 도 14는 본 발명의 일 실시형태에 따른 전자 기기의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 본 발명의 실시형태를 설명할 것이다.
- [0025] 본 발명은 NaNbO_3 및 BaZrO_3 를 기재로 하고 기계적 품질 계수가 높은 납-무함유 압전 재료를 제공하는 것이다. 그의 유전체 특성을 이용하여, 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는 커패시터, 메모리 및 센서 등의 다양한 분야에 사용할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는 하기 화학식 1을 갖는 페로브스카이트형 금속 산화물을 포함한다.
- [0027] <화학식 1>
- [0028] $\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y}\text{Nb}_y\text{Zr}_{1-y}\text{O}_3$
- [0029] 상기 화학식 중 x 는 $0.85 \leq x \leq 0.96$ 을 충족시키고, y 는 $0.90 \leq y \leq 0.96$ 을 충족시킨다.
- [0030] 본원에 사용되는 용어 "페로브스카이트형 금속 산화물"이란, 문헌 [Iwanami Rikagaku Jiten, 5th edition (Iwanami Shoten, published on February 20, 1998)]에 기재된 바와 같이, 이상적으로는 입방정 구조인 페로브스카이트형 구조를 갖는 금속 산화물을 지칭한다. 페로브스카이트형 구조를 갖는 금속 산화물은 일반적으로 화학식 ABO_3 로 표현된다. 페로브스카이트형 금속 산화물에서, 원소 A 및 B는 이온 형태로 각각 A 사이트 및 B 사이트라고 지칭되는 단위 격자의 특정한 위치를 차지한다. 입방정계의 단위 격자의 경우, 원소 A는 입방체의 정점을 차지하고, 원소 B는 입방체의 체심 위치를 차지한다. 원소 O는 산소 음이온으로서 입방체의 면심 위치를 차지한다.
- [0031] 상기 화학식 1을 갖는 페로브스카이트형 금속 산화물에서, A 사이트에서의 금속 원소는 Na 및 Ba이고, B 사이트에서의 금속 원소는 Nb 및 Zr이다. 일부의 Na 및 Ba가 B 사이트를 차지할 수 있다. 마찬가지로, 일부의 Nb 및 Zr이 A 사이트를 차지할 수 있다.
- [0032] 상기 화학식 1에서, B 사이트의 원소 대 원소 O의 몰비는 1:3이지만, 몰비의 약간의 변동 (예를 들어, 1.00:2.94 내지 1.00:3.06)이 본 발명 범위 내에 있으며, 단 금속 산화물은 주요 상으로서 페로브스카이트형 구조를 갖는다. 금속 산화물의 페로브스카이트형 구조는 X선 회절 또는 전자선 회절을 사용한 구조 분석에 의해

결정할 수 있다.

- [0033] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는 세라믹, 분말, 단결정, 막 또는 슬러리 등의 임의의 형태를 가질 수 있고, 세라믹일 수 있다. 본원에 사용되는 용어 "세라믹"은 결정립의 응집체 (또한 벌크라고도 지칭함), 즉 기본 성분으로서 금속 산화물을 함유하고 열 처리에 의해 소결된 다결정질 재료를 지칭한다. 용어 "세라믹"은 소결 후 가공된 세라믹을 또한 포함한다.
- [0034] 화학식 1에서, A 사이트에서의 Na의 양을 나타내는 값 x 는 $0.85 \leq x \leq 0.96$ 범위일 수 있다. 값 x 가 0.85보다 작으면, Nb와 Zr의 함에 대하여 Na가 결손되므로, 불순물 상 ($Ba_4Nb_2O_9$ 등)이 발생한다. 이러한 불순물 상이 풍부한 금속 산화물 시료의 저항률은 10^7 내지 $10^8 \Omega \cdot cm$ 범위로 낮고, 이는 분극되기 어렵다. 값 x 가 0.96을 초과하면 압전성이 저하된다. x 가 $0.85 \leq x \leq 0.96$, 바람직하게는 $0.90 \leq x \leq 0.95$ 를 충족시킬 때, 불순물 상은 거의 발생하지 않고, 압전 재료는 높은 기계적 품질 계수를 갖는다.
- [0035] 화학식 1에서, B 사이트에서의 Nb의 양을 나타내는 값 y 는 $0.90 \leq y \leq 0.96$ 범위일 수 있다. 값 y 가 0.90보다 작으면, 큐리 온도는 $140^\circ C$ 보다 낮아진다. 값 y 가 0.96을 초과하면, 페로브스카이트형 금속 산화물은 상유 전체가 되어 압전성을 갖지 않는다. 따라서, 값 y 가 $0.90 \leq y \leq 0.96$ 범위에 있을 때, $170^\circ C$ 이상의 큐리 온도 및 높은 기계적 품질 계수가 얻어진다.
- [0036] 값 y 가 $0.90 \leq y \leq 0.96$ 범위에 있을 때, 큐리 온도는 대략 $170^\circ C$ 내지 $300^\circ C$ 범위에 있고, 기계적 품질 계수는 400보다 크다. 값 y 가 $0.94 \leq y \leq 0.96$ 범위에 있을 때, 큐리 온도는 대략 $230^\circ C$ 내지 $300^\circ C$ 범위에 있고, 기계적 품질 계수는 600보다 크고, 항전계는 $30 kV/cm$ 보다 크고, 그 때문에 압전 재료는 장기간 구동에서 안정하다.
- [0037] 큐리 온도는 그 위에서는 압전 재료의 압전성이 소실되는 온도이다. 본원에 사용되는 용어 "큐리 온도"는 강유전상과 상유전상 사이의 상 전이 온도 근처에서 유전율이 가장 높은 온도를 지칭한다.
- [0038] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는, 그의 저항률, 기계적 품질 계수, 영률(Young's Modulus) 및 밀도를 증가시키기 위해, 페로브스카이트형 금속 산화물 및 Cu를 함유할 수 있다. 상기 Cu의 함유량은 상기 페로브스카이트형 금속 산화물의 양의 2.00 mol% 이하일 수 있다. Cu의 함유량이 페로브스카이트형 금속 산화물의 양의 2.00 mol% 초과에 상응하면, 불순물 상이 발생해서 압전성이 저하될 수 있다. mol%로 나타낸 Cu의 함유량은 금속 환산 Cu의 몰비이다. Cu는 페로브스카이트 구조의 A 사이트 (12 배위), B 사이트 (6 배위) 또는 둘 다에 존재할 수 있거나 세라믹의 입계에 존재할 수 있다.
- [0039] 니오븀산나트륨을 성분으로서 함유하는 결정을 소결하면, Na의 증발 또는 확산을 유발하여 소결 후의 시료 구성에 있어 Nb에 대하여 Na가 부족할 수 있다. 즉, A 사이트에 결함이 발생한다. 그러나, 과량의 Na 원료 분말을 칭량하면, 소결체의 절연성이 저하될 수 있다. 따라서, 첨가된 Cu의 일부가 A 사이트에 대한 결함을 보완할 수 있다. 소성 후의 구성에서 Nb에 대한 Na 결손이 5%를 초과하지 않도록 원료를 칭량할 수 있고, Cu를 원료에 첨가할 수 있다.
- [0040] Cu는 A 또는 B 사이트에 반드시 존재하지는 않고 입계에 존재할 수 있다. 그의 용점이 낮기 때문에, Cu는 액상 소결을 촉진시킨다. 따라서, Cu가 입계에 편석할 수 있다. 액상 소결이 촉진되면, 소결체 중의 세공 수가 감소하고, 소결체의 밀도가 높아진다. 세공 수가 감소하면, 기계적 품질 계수가 증가하거나, 영률이 증가한다. 시료 내에서의 Cu의 분포 및 결정 내의 점유 사이트는 전자 현미경, 에너지 분산형 X선 분광, X선 회절, 라만 산란, 또는 투과형 전자 현미경으로 결정할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는 상기 화학식 1에서 $x < y$ 를 충족시킬 수 있다. $x < y$ 의 조건 하에, Cu는 결정 격자 중에 도입되고, 저항률, 기계적 품질 계수, 영률 및 밀도는 증가된다. 출발 물질은 x 가 y 보다 작은 이러한 구성을 가질 수 있다. x 가 y 이상이면 시료의 절연성이 저하될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료의 제조를 용이하게 하거나 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료의 물성을 조정하기 위해, 바륨의 일부를 2가의 금속 원소로 치환할 수 있으며; 예를 들어 바륨의 20 mol% 이하를 스트론튬 또는 칼슘으로 치환할 수 있다. 마찬가지로, 니오븀의 일부를 5가의 금속 원소로 치환할 수 있으며; 예를 들어 니오븀의 20 mol% 이하를 탄탈륨 또는 바나듐으로 치환할 수 있다.
- [0043] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료의 소결체를 형성하기 위해, 그린 성형체를 제작할 필요가 있다. 그린 성형체는 원료 분말의 성형된 고형물이다. 원료 분말은 고순도일 수 있다. 성형체는 1축 가압가공, 냉간 정수압가공, 온간 정수압가공, 캐스팅, 또는 압출 성형에 의해 형성될 수 있다. 성형체는 조립 분말로부터 형성될

수 있다. 조립 분말로부터 형성된 성형체를 소결하면, 소결체의 입도 분포가 균일해지기 쉽다는 이점이 있다.

- [0044] 압전 재료의 원료 분말은 임의의 방법으로 조립할 수 있다. 분무 건조는 조립 분말의 입경을 보다 균일하게 할 수 있다. 조립에 사용하기 위한 결합제는 폴리(비닐 알콜) (PVA), 폴리(비닐 부티랄) (PVB), 또는 아크릴계 수지이다. 결합제의 양은, 성형체 밀도를 증가시키기 위해, 압전 재료의 원료 분말 100 중량부 당 바람직하게는 1 내지 10 중량부 범위, 보다 바람직하게는 2 내지 5 중량부이다.
- [0045] 성형체는 임의의 방법으로 소결할 수 있다. 소결 방법의 예는 전기로에 의한 소결, 가스조에 의한 소결, 통전 가열법, 마이크로파 소결법, 밀리미터파 소결법 및 열간 등방압 가압법 (HIP)을 포함한다. 전기로 또는 가스조에 의한 소결은 연속로 또는 배치로에서 실시될 수 있다.
- [0046] 소결 온도는 특별히 한정되지는 않고, 화합물이 반응하고 결정으로서 충분히 성장할 수 있도록 하는 온도일 수 있다. 소결 온도는 평균 입경이 10 내지 50 μm 범위이도록 바람직하게는 1100 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1400 $^{\circ}\text{C}$ 이하, 보다 바람직하게는 1150 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1300 $^{\circ}\text{C}$ 이하이다. 소결에 의해 얻어지는 압전 재료의 특성의 재현성 및 안정성을 보증하기 위해서는, 원하는 온도 범위 내의 일정한 온도에서 2시간 이상 48시간 이하 동안 소결을 실행할 수 있다. 또한, 2단계 소결을 실행할 수 있지만, 급격한 온도 변화가 없는 소결 방법이 생산성을 개선할 수 있다.
- [0047] 소결에 의해 얻어진 압전 재료를 연마하고, 이어서 큐리 온도 이상의 온도에서 열 처리할 수 있다. 큐리 온도 이상에서 압전 재료를 열 처리함으로써, 기계적 연마로부터 발생한 압전 재료의 잔류 응력이 완화되고 이에 의해 압전 재료의 압전 특성이 개선될 수 있다. 열 처리 시간은 1시간 이상일 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0048] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는 결정립 직경이 100 μm 를 초과하는 경우, 절단 가공 및 연마 가공 시에 강도가 불충분할 수 있다. 입경이 0.3 μm 미만이면 압전성이 저하된다. 따라서, 평균 입경은 바람직하게는 0.3 μm 이상 100 μm 이하, 보다 바람직하게는 0.5 μm 이상 60 μm 이하이다.
- [0049] 본원에 사용되는 용어 "입경"은 현미경 관찰에서 일반적으로 지칭되는 "투영 면적 원 상당 직경"을 지칭하며, 결정립의 투영 면적과 동일한 면적을 갖는 완전한 원의 직경을 지칭한다. 본 발명에서, 입경은 임의의 방법에 의해 측정할 수 있다. 예를 들어 입경은 압전 재료의 표면을 편광 현미경 또는 주사 전자 현미경으로 촬영하여 얻은 화상을 화상 처리하여 결정할 수 있다. 최적의 배율은 측정하고자 하는 입경에 의존하므로, 입경에 따라 광학 현미경 또는 전자 현미경을 선택할 수 있다. 재료 표면보다는 연마면 또는 단면의 화상으로부터 원 상당 직경을 결정할 수 있다.
- [0050] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료를 기관 상에 형성된 막으로서 이용할 때, 상기 압전 재료 막의 두께는 200 nm 이상 10 μm 이하, 보다 바람직하게는 300 nm 이상 3 μm 이하인 것이 바람직하다. 이는 압전 재료 막의 두께가 200 nm 이상 10 μm 이하이면 압전 소자가 충분한 전기기계 변환 기능을 갖기 때문이다.
- [0051] 상기 막은 임의의 방법, 예를 들어, 화학 용액 침착법 (CSD법), 졸겔법, 유기금속 화학 증착법 (MOCVD법), 스퍼터링법, 펄스 레이저 침착법 (PLD법), 수열합성법, 또는 에어로졸 침착법 (AD법)에 의해 형성될 수 있다. 막은 화학 용액 침착법 또는 스퍼터링법에 의해 형성될 수 있다. 막의 면적은 화학 용액 침착법 또는 스퍼터링법을 사용하여 용이하게 증가시킬 수 있다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료를 위해 사용되는 기관은 연마된 (001) 또는 (110) 절단면을 갖는 단결정 기관일 수 있다. 특정한 연마된 결정면을 갖는 이러한 단결정의 사용은 기관 표면 상에 형성된 압전 재료 막을 동일한 방향으로 강하게 배향시킬 수 있다.
- [0052] (압전 소자)
- [0053] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료를 사용하여 제조한 압전 소자를 설명할 것이다.
- [0054] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자의 개략도이다. 압전 소자는 제1 전극(1), 압전 재료부(2) 및 제2 전극(3)을 포함한다. 상기 압전 재료부(2)의 압전 재료는 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료이다.
- [0055] 압전 재료의 압전 특성은 적어도 제1 전극(1) 및 제2 전극(3)을 압전 재료부(2)에 부착시켜 압전 소자를 형성함으로써 평가할 수 있다. 상기 제1 전극(1) 및 제2 전극(3)은 각각 대략 5 nm 내지 10 μm 범위의 두께를 갖는 전기 전도성 층이다. 각각의 전극의 재료는 특별히 한정되지는 않고, 압전 소자에 통상 사용되는 임의의 재료일 수 있다. 이러한 재료의 예는 Ti, Pt, Ta, Ir, Sr, In, Sn, Au, Al, Fe, Cr, Ni, Pd, Ag 및 Cu 등의 금속 및 이들의 화합물을 포함한다.
- [0056] 상기 제1 전극(1) 및 제2 전극(3)은 각각 이들 물질 중 1종으로 제조될 수 있거나 이들 중 2종 이상으로 제조된

다층 막일 수 있다. 제1 전극(1)의 재료(들)는 제2 전극(3)의 재료(들)와 상이할 수 있다.

[0057] 상기 제1 전극(1) 및 제2 전극(3)은 임의의 방법에 의해, 예를 들어, 금속 페이스트를 베이킹하거나, 스퍼터링 공정 또는 증착법을 사용하여 제조될 수 있다. 제1 전극(1) 및 제2 전극(3)은 원하는 패턴을 가질 수 있다.

[0058] 상기 압전 소자는 일정 방향의 분극 축을 가질 수 있다. 일정 방향의 분극 축을 갖는 것은 압전 소자의 압전 상수를 증가시킬 수 있다.

[0059] 상기 압전 소자의 분극 방법은 특별히 한정되지는 않는다. 분극 처리는 주위 분위기에서 또는 오일 중에서 실행할 수 있다. 분극 온도는 60°C 내지 160°C 범위일 수 있다. 분극을 위한 최적 조건은 압전 소자의 압전 재료의 조성에 따라 변경될 수 있다. 분극 처리를 위한 전계는 그 재료의 항전계 이상일 수 있고, 보다 구체적으로 1 내지 5 kV/mm 범위일 수 있다.

[0060] 압전 소자의 압전 상수 및 기계적 품질 계수는, 상업적으로 입수가 가능한 임피던스 분석기를 사용해서 측정되는 공진 주파수 및 반공진 주파수로부터, 일본 전자 정보 기술 산업 협회 규격 (JEITA EM-4501)에 따라 계산할 수 있다. 이하, 이 방법을 공진-반공진법으로 지칭한다.

[0061] (적층 압전 소자)

[0062] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료를 사용하여 제조된 적층 압전 소자를 설명할 것이다.

[0063] 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 압전 소자는 서로 위아래로 교대로 적층된 압전 재료 층과 전극 층을 포함한다. 상기 전극 층은 내부 전극을 포함한다. 상기 압전 재료 층은 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료로 형성된다.

[0064] 도 2의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 압전 소자의 개략적인 단면도이다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 압전 소자는 압전 재료 층(54), 및 내부 전극(55)을 포함하는 전극을 포함한다. 적층 압전 소자는 서로 위아래로 교대로 적층된 압전 재료 층(54)과 층상 전극을 포함한다. 압전 재료 층(54)은 상기 기재된 압전 재료로 형성된다. 전극은 외부 전극, 예컨대 제1 전극(51) 및 제2 전극(53), 뿐만 아니라 내부 전극(55)을 포함할 수 있다.

[0065] 도 2의 (a)는 제1 전극(51)과 제2 전극(53) 사이에 층상체(56)를 포함하며, 여기서 상기 층상체는 2층의 압전 재료층(54)과 그 사이에 끼인 1층의 내부 전극(55)을 포함하는 것인 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 압전 소자를 도시한다. 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이, 압전 재료 층의 수 및 내부 전극의 수는 특별히 한정되지는 않고 증가시킬 수 있다. 도 2의 (b)에 도시된 적층 압전 소자는 제1 전극(501)과 제2 전극(503) 사이에 층상체를 포함한다. 층상체는 서로 위아래로 교대로 적층된 9층의 압전 재료층(504) 및 8층의 내부 전극(505)(505a 및 505b)을 포함한다. 적층 압전 소자는 내부 전극을 서로 접속시키기 위한 외부 전극(506a) 및 외부 전극(506b)을 추가로 포함한다.

[0066] 내부 전극(55 및 505) 및 외부 전극(506a 및 506b)의 크기 및 형상은 압전 재료 층(54 및 504)의 크기 및 형상과 상이할 수 있다. 각각의 내부 전극(55 및 505) 및 외부 전극(506a 및 506b)은 복수의 부분으로 구성될 수 있다.

[0067] 각각의 내부 전극(55 및 505), 외부 전극(506a 및 506b), 제1 전극(51 및 501) 및 제2 전극(53 및 503)은 대략 5 nm 내지 10 μm 범위의 두께를 갖는 전기 전도성 층이다. 각각의 전극 재료는 특별히 한정되지는 않고 압전 소자에 통상 사용되는 임의의 물질일 수 있다. 이러한 물질의 예는, Ti, Pt, Ta, Ir, Sr, In, Sn, Au, Al, Fe, Cr, Ni, Pd, Ag 및 Cu 등의 금속 및 이들의 화합물을 포함한다. 각각의 내부 전극(55 및 505) 및 외부 전극(506a 및 506b)은, 이들 재료 중 1종 또는 이들의 혼합물 또는 합금으로 제조될 수 있거나 이들 중 2종 이상으로 제조된 다층 막일 수 있다. 이들 전극은 상이한 재료로 제조될 수 있다. 내부 전극(55 및 505)은 저렴한 전극 재료인 Ni 및 Cu 중 적어도 하나를 함유할 수 있다. 내부 전극(55, 505)이 Ni 및 Cu 중 적어도 하나를 함유하는 경우, 적층 압전 소자는 환원 분위기에서 소성할 수 있다.

[0068] 적층 압전 소자의 내부 전극(55) 및 내부 전극(505)은 Ag 및 Pd를 함유할 수 있다. Ag의 중량 M1 대 Pd의 중량 M2의 중량비 M1/M2는 바람직하게는 $1.5 \leq M1/M2 \leq 9.0$, 보다 바람직하게는 $2.3 \leq M1/M2 \leq 4.0$ 범위이다. 상기 중량비 M1/M2가 1.5보다 작으면, 내부 전극(들)의 소결 온도가 높아지므로 바람직하지 않다. 상기 중량비 M1/M2가 9.0보다 크면, 내부 전극(들)이 섬 형상 및 불균일한 표면을 갖게되므로 또한 바람직하지 않다.

[0069] 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이, 내부 전극(505)을 포함하는 복수의 전극은, 구동 전압의 위상을 동조시키기 위

해 서로 접속시킬 수 있다. 예를 들어, 내부 전극(505a)은 제1 전극(501)에 외부 전극(506a)을 통해 접속시킬 수 있다. 내부 전극(505b)은 제2 전극(503)에 외부 전극(506b)을 통해 접속시킬 수 있다. 전극은 임의의 방법으로 접속시킬 수 있다. 예를 들어, 접속을 위한 전극 또는 전극 배선은 적층 압전 소자의 측면에 배치될 수 있다. 대안적으로, 압전 재료층(504)을 관통하는 스루홀을 형성할 수 있고, 스루홀의 내부를 전기 전도성 재료로 코팅하여 전극을 접속시킬 수 있다.

[0070]

(액체 토출 헤드)

[0071]

본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 헤드는 액실 및 상기 액실과 연통하는 토출구를 포함한다. 액실은 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동부를 포함한다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 헤드로부터 토출되는 액체는 임의의 유동체, 예를 들어, 물, 잉크 또는 연료 등의 수계 액체 또는 비수계 액체일 수 있다.

[0072]

도 3의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 헤드의 개략도이다. 도 3의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 액체 토출 헤드는 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자(101)를 포함한다. 압전 소자(101)는 제1 전극(1011), 압전 재료(1012) 및 제2 전극(1013)을 포함한다. 압전 재료(1012)는 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 패턴닝될 수 있다.

[0073]

도 3의 (b)는 액체 토출 헤드의 개략도이다. 액체 토출 헤드는 토출구(105), 개별 액실(102), 상기 개별 액실(102)을 토출구(105)에 연결하는 연통 구멍(106), 액실 격벽(104), 공통 액실(107), 진동판(103) 및 압전 소자(101)를 포함한다. 압전 소자(101)는 도 3의 (b)에서 직사각형이기는 하나, 압전 소자(101)는 또 다른 형상, 예컨대 타원형, 원형 또는 평행사변형을 가질 수 있다. 일반적으로, 압전 재료(1012)는 개별 액실(102)의 형상에 상응하는 형상을 갖는다.

[0074]

이하, 액체 토출 헤드의 압전 소자(101)를 도 3의 (a)를 참조하여 상세하게 설명할 것이다. 도 3의 (a)는 도 3의 (b)의 압전 소자의 폭 방향으로의 단면도이다. 압전 소자(101)는 도 3의 (a)에서 직사각형 단면을 가지나, 압전 소자(101)는 사다리꼴 또는 역사다리꼴 단면을 가질 수 있다.

[0075]

도 3의 (a)에서, 제1 전극(1011)은 하부 전극이며, 제2 전극(1013)은 상부 전극이다. 제1 전극(1011) 및 제2 전극(1013)은 상이하게 정렬될 수 있다. 예를 들어, 제1 전극(1011)은 하부 전극 또는 상부 전극일 수 있다. 마찬가지로, 제2 전극(1013)은 상부 전극 또는 하부 전극일 수 있다. 버퍼 층(108)은 진동판(103)과 하부 전극 사이에 배치될 수 있다. 이들 상이한 명칭은 디바이스의 제조 방법에서의 변동으로부터 초래되며, 각각의 경우는 본 발명의 이점을 갖는다.

[0076]

액체 토출 헤드에서, 진동판(103)은 압전 재료(1012)의 신축에 의해 상하로 굽어지고, 이로써 개별 액실(102) 내의 액체에 압력을 인가한다. 이는 액체를 토출구(105)로부터 토출되도록 한다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 헤드는 프린터에 및 전자 기기의 제조에 사용될 수 있다. 진동판(103)의 두께는 1.0 μm 이상 15 μm 이하이고, 바람직하게는 1.5 μm 이상 8 μm 이하이다. 진동판의 재료는 특별히 한정되지는 않고 Si일 수 있다. 진동판의 Si는 붕소 또는 인으로 도핑될 수 있다. 진동판 상의 버퍼 층 및 전극이 진동판을 구성할 수 있다. 버퍼 층(108)의 두께는 5 nm 이상 300 nm 이하이고, 바람직하게는 10 nm 이상 200 nm 이하이다. 토출구(105)는 5 μm 이상 40 μm 이하의 원 상당 직경을 갖는다. 토출구(105)는 원형, 별형, 정사각형 또는 삼각형일 수 있다.

[0077]

(액체 토출 장치)

[0078]

이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 장치를 설명할 것이다. 액체 토출 장치는 피전사체를 수용하도록 구성된 스테이지 및 액체 토출 헤드를 포함한다.

[0079]

액체 토출 장치는 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이 잉크젯 기록 장치일 수 있다. 도 5는 외장(882 내지 885 및 887)이 없는 도 4에 도시된 액체 토출 장치(잉크젯 기록 장치)(881)를 도시한다. 잉크젯 기록 장치(881)는 기록 매체로서 기록지를 장치의 본체(896)에 자동 공급하기 위한 자동 급송부(897)를 포함한다. 잉크젯 기록 장치(881)는 피전사체를 수용하도록 구성된 스테이지인, 기록지를 자동 급송부(897)로부터 소정의 기록 위치로 그리고 기록 위치로부터 배출구(898)로 반송하는 반송 유닛(899), 기록 위치에서 기록지로의 기록을 위한 기록 유닛(891), 및 기록 유닛(891)을 회복시키기 위한 회복 유닛(890)을 추가로 포함한다. 기록 유닛(891)은 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 헤드를 수납하기 위한 캐리지(892)를 포함한다. 캐리지(892)는 레일을 따라 이동한다.

- [0080] 이러한 잉크 젯 기록 장치에서, 캐리지(892)는 컴퓨터로부터 전달된 전기 신호에 반응하여 레일을 따라 이동한다. 압전 재료 상에 배치된 전극에 구동 전압 인가 시, 압전 재료가 변위된다. 변위 시, 압전 재료는 도 3의 (b)에 도시된 진동판(103)을 통하여 개별 액실(102)을 가압하여 토출구(105)로부터 잉크를 토출시켜 인자를 실시한다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 장치는 균일하게 고속으로 액체를 토출시킬 수 있으며, 크기가 감소될 수 있다.
- [0081] 상기 기재된 프린터 이외에도, 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 장치는 인쇄 장치, 예를 들어, 팩시밀리, 복합기, 및 복사기 등의 다른 잉크젯 기록 장치, 산업용 액체 토출 장치, 및 대상물에 대한 묘화 장치에 사용할 수 있다. 사용자는 각 적용분야를 위한 바람직한 피전사 매체를 선택할 수 있다. 액체 토출 헤드는 마운팅부로서 기능하는 스테이지 상에 배치된 피전사 매체에 대해 이동할 수 있다.
- [0082] (초음파 모터)
- [0083] 본 발명의 일 실시형태에 따른 초음파 모터는 진동체 및 상기 진동체와 접촉하는 이동체를 포함한다. 진동체는 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함한다.
- [0084] 도 6의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 초음파 모터의 개략도이다. 도 6의 (a)에 도시된 초음파 모터는 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자의 단일판을 포함한다. 초음파 모터는 진동자(201), 가압 스프링 (도시하지 않음)의 작용에 의한 진동자(201)의 슬라이딩면에 대하여 가압되는 로터(202), 및 로터(202)와 일체형으로 형성된 출력 축(203)을 포함한다.
- [0085] 진동자(201)는 금속 탄성체 고리(2011), 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자(2012), 및 압전 소자(2012)를 탄성체 고리(2011)에 결합시키는 유기계 접착제(2013) (예컨대 에폭시 또는 시아노아크릴레이트)를 포함한다.
- [0086] 도면에 도시되지는 않았지만, 압전 소자(2012)는 제1 전극과 제2 전극 사이에 압전 재료를 포함한다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자에 $\pi/2$ 의 홀수배만큼 위상이 상이한 2상 교류 전압의 인가 시, 진동자(201)에서 굴곡 진행과 발생하고, 진동자(201)의 슬라이딩면 상의 점이 타원 운동으로 이동한다. 진동자(201)의 슬라이딩면에 대해 가압되는 로터(202)는 진동자(201)로부터 마찰력을 받으며, 굴곡 진행과 방향의 반대 방향으로 회전한다.
- [0087] 출력 축(203)에 연결된 피구동체 (도시하지 않음)는 로터(202)의 회전력에 의해 구동된다. 압전 재료에 전압 인가 시, 압전 재료는 압전 횡효과로 인해 신축된다. 압전 소자에 연결된 탄성체, 예컨대 금속은 압전 재료의 신축에 따라 굽어진다. 본원에 기재된 초음파 모터는 이러한 원리를 사용한다.
- [0088] 도 6의 (b)는 적층 압전 소자를 포함하는 초음파 모터를 도시한다. 진동자(204)는 판상 금속 탄성체(2041) 내에 적층 압전 소자(2042)를 포함한다. 적층 압전 소자(2042)는 복수의 층상 압전 재료 (도시되지 않음)를 포함하고, 층상 압전 재료의 외부 표면 상의 제1 전극 및 제2 전극, 및 층상 압전 재료 내의 내부 전극을 포함한다. 금속 탄성체(2041)는 볼트로 체결되어 압전 소자(2042)에 고정되어 진동자(204)를 구성한다.
- [0089] 압전 소자(2042)에 위상이 상이한 교류 전압의 인가 시, 진동자(204)는 서로 직교하는 2개의 진동을 발생시킨다. 2개의 진동은 진동자(204)의 선단을 구동시키기 위한 원형 진동을 형성하도록 합성된다. 진동자(204)는 그의 상부에 환형 홈을 갖는다. 환형 홈은 구동을 위한 진동 변위를 증가시킨다. 로터(205)는 가압 스프링(206)의 작용에 의해 진동자(204)에 대해 가압되고, 구동을 위한 마찰력을 받는다. 로터(205)는 베어링에 의해 회전가능하게 지지된다.
- [0090] (광학 장치)
- [0091] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 광학 장치를 설명할 것이다. 광학 장치는 상기 기재된 초음파 모터를 포함하는 구동 유닛을 포함한다.
- [0092] 도 7의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 광학 장치인 일안 리플렉스 카메라의 교환 가능 렌즈 경통의 단면도이다. 도 8은 본 발명의 일 실시형태에 따른 광학 장치인 일안 리플렉스 카메라의 교환 가능 렌즈 경통의 분해 사시도이다. 고정 경통(712), 직진 안내 경통(713) 및 전방 렌즈군 경통(714)은 카메라의 탈착 마운트부(711)에 고정된다. 이들 부품은 교환 가능 렌즈 경통의 고정 부재이다.
- [0093] 직진 안내 경통(713)은 광학 축 방향으로 포커스 렌즈(702)를 위한 직진 안내 홈(713a)을 갖는다. 포커스 렌즈(702)는 후방 렌즈군 경통(716)에 의해 보유 지지된다. 방사상 방향으로 외측으로 돌출된 캠 롤러(717a 및 717b)는 스크류(718)에 의해 후방 렌즈군 경통(716)에 고정된다. 캠 롤러(717a)는 직진 안내 홈(713a) 내에 장

착된다.

- [0094] 캠 링(715)은 직진 안내 경통(713)의 내주부에 회전 가능하게 장착된다. 캠 링(715)에 고정된 롤러(719)는 직진 안내 경통(713)의 환형 홈(713b) 내에 장착되므로, 광학 축 방향으로 직진 안내 경통(713)과 캠 링(715) 사이의 상대적 이동이 제한된다. 캠 링(715)은 포커스 렌즈(702)를 위한 캠 홈(715a)을 갖는다. 또한 캠 롤러(717b)는 캠 홈(715a) 내에 장착된다.
- [0095] 회전 전달 고리(720)는 고정 경통(712)의 외주부에 대하여 일정한 위치에서 볼 레이스(727)에 의해 회전 가능한 방식으로 보유 지지된다. 구동 롤러(722)는 회전 전달 고리(720)로부터 방사상으로 연장된 축(720f)에 의해 회전 가능하게 보유 지지된다. 구동 롤러(722)의 대직경부(722a)는 수동 포커스 고리(724)의 마운트측 단부면(724b)과 접촉한다. 구동 롤러(722)의 소직경부(722b)는 접합부(729)와 접촉한다. 6개의 구동 롤러(722)는 규칙적인 간격으로 회전 전달 고리(720)의 외주부에 배치된다. 각각의 구동 롤러(722)는 상기 기재된 구조 관계를 충족시킨다.
- [0096] 저 마찰 시트 (와셔 부재)(733)는 수동 포커스 고리(724)의 내부에 배치된다. 이러한 저 마찰 시트(733)는 고정 경통(712)의 마운트측 단부면(712a)과 수동 포커스 고리(724)의 전면측 단부면(724a) 사이에 배치된다. 저 마찰 시트(733)는 수동 포커스 고리(724)의 내경부(724c)에 장착된 직경을 갖는 원형 외부면을 갖는다. 수동 포커스 고리(724)의 내경부(724c)는 고정 경통(712)의 외경부(712b)에 장착된다. 저 마찰 시트(733)는 수동 포커스 고리(724)가 고정 경통(712)에 대해 광학 축 주위에서 회전하는 회전 고리 메카니즘으로 마찰을 감소시킬 수 있다.
- [0097] 구동 롤러(722)의 대직경부(722a)는, 웨이브 와셔(726)가 렌즈의 전방으로 초음파 모터(725)를 가압하기 때문에, 수동 포커스 고리(724)의 마운트측 단부면(724b)에 대해 가압된다. 마찬가지로, 웨이브 와셔(726)는 렌즈의 전방으로 초음파 모터(725)를 가압하므로, 구동 롤러(722)의 소직경부(722b)는 접합부(729)에 대하여 가압된다.
- [0098] 웨이브 와셔(726)는 고정 경통(712)에 베이오넷 결합된 와셔(732)에 의해 마운트부 방향으로 이동되는 것을 방지한다. 웨이브 와셔(726)의 스프링 힘 (추진력)은 초음파 모터(725) 및 구동 롤러(722)에 전달되며, 추가로 고정 경통(712)의 마운트측 단부면(712a)에 대하여 수동 포커스 고리(724)를 가압한다. 환언하면, 수동 포커스 고리(724)는 저 마찰 시트(733)를 통해 고정 경통(712)의 마운트측 단부면(712a)에 대하여 가압된다.
- [0099] 따라서, 초음파 모터(725)가 고정 경통(712)에 대하여 제어 유닛 (도시하지 않음)에 의해 회전될 때, 접합부(729)는 구동 롤러(722)의 소직경부(722b)와 마찰 접촉되므로 구동 롤러(722)는 축(720f) 주위에서 회전한다. 축(720f) 주위에서의 구동 롤러(722)의 회전은 광학 축 주위에서의 회전 전달 고리(720)의 회전을 야기한다 (오토 포커싱).
- [0100] 수동 입력 유닛 (도시하지 않음)이 수동 포커스 고리(724)에 광학 축 주위에서의 회전력을 제공할 때, 수동 포커스 고리(724)의 마운트측 단부면(724b)은 구동 롤러(722)의 대직경부(722a)에 대하여 가압되므로, 구동 롤러(722)는 마찰력으로 인하여 축(720f) 주위에서 회전한다. 축(720f) 주위에서의 구동 롤러(722)의 대직경부(722a)의 회전은 광학 축 주위에서의 회전 전달 고리(720)의 회전을 야기한다. 그러나, 로터(725c) 및 고정자(725b) 사이의 마찰력으로 인하여 초음파 모터(725)는 회전하지 않는다 (수동 포커싱).
- [0101] 회전 전달 고리(720)에는 서로 대면하는 2개의 포커스 키(728)가 제공된다. 이들 포커스 키(728)는 캠 링(715)의 선단에 있는 노치부(715b)에 장착된다. 오토 포커싱 또는 수동 포커싱 시, 회전 전달 고리(720)는 광학 축 주위에서 회전하며, 회전력은 포커스 키(728)를 통하여 캠 링(715)에 전달된다. 캠 링(715)이 광학 축 주위를 회전하면, 캠 롤러(717b)가 캠 링(715)의 캠 홈(715a)를 따라 전방 또는 후방으로 직진 안내 홈(713a)에 의해 제한된 후방 렌즈군 경통(716) 및 캠 롤러(717a)를 이동시킨다. 이는 포커스 렌즈(702)를 구동시켜 포커싱을 가능케 한다.
- [0102] 본 발명의 일 실시형태에 따른 광학 장치를 일안 리플렉스 카메라의 교환 가능 렌즈 경통을 참조로 하여 설명하였지만, 광학 장치는, 구동 유닛 내에 초음파 모터를 포함하는 광학 장치, 예를 들어, 카메라, 예컨대 컴팩트 카메라, 전자 스틸 카메라, 및 카메라를 포함하는 개인용 정보 단말기에 적용될 수도 있다.
- [0103] (진동 장치 및 먼지 제거 장치)
- [0104] 입자, 분말 및 액적의 반송 또는 제거를 위한 진동 장치는 전자 기기에서 폭넓게 사용된다.
- [0105] 본 발명에 따른 진동 장치의 예로서, 이하 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자를 포함하는 먼지 제거 장치

를 설명할 것이다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 진동 장치는, 진동판 상에 배치된 상기 기재된 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동체를 포함한다. 먼지 제거 장치는 상기 기재된 진동 장치를 포함하는 진동 부를 포함한다.

- [0106] 도 9의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 먼지 제거 장치(310)의 개략도이다. 먼지 제거 장치(310)는 판상의 압전 소자(330) 및 진동판(320)을 포함한다. 압전 소자(330)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 압전 소자일 수 있다. 진동판(320)은 임의의 재료로 제조될 수 있다. 먼지 제거 장치(310)가 광학 디바이스에 사용되는 경우, 진동판(320)은 반투광성 또는 투광성 재료 또는 광반사성 재료로 제조될 수 있다.
- [0107] 도 10의 (a) 내지 (c)는 도 9의 (a) 및 (b)에 도시된 압전 소자(330)의 개략도이다. 도 10의 (a) 내지 (c)는 압전 소자(330)의 전면 및 배면을 도시한다. 도 10의 (b)는 압전 소자(330)의 측면도이다. 도 9의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 압전 소자(330)는 압전 재료(331), 제1 전극(332) 및 제2 전극(333)을 포함한다. 제1 전극(332) 및 제2 전극(333)은 압전 재료(331)의 대향측에 배치된다.
- [0108] 도 9의 (a) 및 (b)에서와 같이, 압전 소자(330)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 압전 소자일 수 있다. 이러한 경우, 압전 재료(331)는 서로 위아래로 교대로 적층된 압전 재료 층과 내부 전극을 포함한다. 내부 전극은 제1 전극(332) 및 제2 전극(333)에 교대로 접속되어 압전 재료가 상이한 위상의 구동 파형을 교대로 갖는 것을 가능케 한다.
- [0109] 도 10의 (c)에 도시된 바와 같이, 제1 전극(332)이 배치된 압전 소자(330)의 표면은 제1 전극면(336)으로 지칭한다. 도 10의 (a)에 도시된 바와 같이, 제2 전극(333)이 배치된 압전 소자(330)의 표면은 제2 전극면(337)으로 지칭된다.
- [0110] 본원에 사용되는 용어 "전극면"은 전극이 배치된 압전 소자의 표면을 지칭한다. 예를 들어 도 10의 (b)에 도시된 바와 같이, 제1 전극(332)은 모서리를 돌아서 제2 전극면(337)으로 연장될 수 있다.
- [0111] 도 9의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 압전 소자(330)의 제1 전극면(336)은 진동판(320)에 결합되어 있다. 압전 소자(330)의 작동은 압전 소자(330) 및 진동판(320) 사이에서 응력을 발생시켜 진동판(320) 상에 면의 진동을 야기한다. 먼지 제거 장치(310)는 면의 진동의 작용에 의해 진동판(320) 상의 이물질, 예컨대 먼지를 제거한다. 본원에 사용되는 용어 "면의 진동"은 진동판을 광학 축 방향 또는 진동판 두께 방향으로 변위시키는 탄성 진동을 지칭한다.
- [0112] 도 11의 (a) 및 (b)는 먼지 제거 장치(310)의 진동 원리를 도시하는 개략도이다. 도 11의 (a)에서, 좌우 한쌍의 압전 소자(330)에 동위상 교류 전압을 인가하여 진동판(320)의 면의 진동을 야기한다. 좌우 쌍의 압전 소자(330)를 구성하는 압전 재료의 분극 방향은 압전 소자(330)의 두께 방향과 동일하다. 먼지 제거 장치(310)는 7차 진동 모드로 구동된다.
- [0113] 도 11의 (b)에서, 역위상 교류 전압이 좌우 한쌍의 압전 소자(330)에 인가되어 진동판(320)의 면의 진동을 야기한다. 먼지 제거 장치(310)는 6차 진동 모드로 구동된다. 먼지 제거 장치(310)는 2개 이상의 진동 방식을 사용하여 진동판의 표면 상의 먼지를 효과적으로 제거할 수 있다.
- [0114] (활상 장치)
- [0115] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 활상 장치를 설명할 것이다.
- [0116] 본 발명의 일 실시형태에 따른 활상 장치는 본 발명의 일 실시형태에 따른 먼지 제거 장치 및 활상 소자 유닛을 포함하며, 상기 먼지 제거 장치는 상기 활상 소자 유닛의 수광면 상에 진동판을 포함하고, 상기 먼지 제거 장치는 상기 활상 소자 유닛의 수광면 측에 배치된다. 도 12 및 도 13은 본 발명의 일 실시형태에 따른 활상 장치인 디지털 일안-렌즈 리플렉스 카메라를 도시한다.
- [0117] 도 12는 피사체측에서 본 카메라 본체(601)의 정면 사시도이다. 촬영 렌즈 유닛은 제외시켰다. 도 13은 본 발명의 일 실시형태에 따른 먼지 제거 장치 및 활상 유닛(400)의 주변 구조를 도시하는, 카메라 내부의 분해 사시도이다.
- [0118] 카메라의 본체(601)는 촬영 렌즈를 통과하는 촬영 광선이 향하는 미러 박스(605)를 포함한다. 미러 박스(605)는 메인 미러(퀵 리턴 미러)(606)를 포함한다. 메인 미러(606)는 촬영 광선이 펜타 루프 미러(도시하지 않음)로 향하도록 광학 축과 45도의 각도를 이룰 수 있거나 또는 촬영 광선이 활상 소자(도시하지 않음)로 향하도록 촬영 광선을 피할 수 있다.

- [0119] 미러 박스(605) 및 셔터 유닛(200)은 카메라 본체(601)의 본체 새시(300)의 정면에 피사체측으로부터 이 순서대로 배치된다. 촬상 유닛(400)은 본체 새시(300)의 촬영자측에 배치한다. 촬상 유닛(400)은, 촬상 소자의 촬상면이 촬영 렌즈 유닛이 부착되는 마운트(602)의 표면에 대해 평행하게 그로부터 소정의 거리에 배치되도록 설치된다. 상기 촬상 유닛(400)은 먼지 제거 장치의 진동 부재 및 촬상 소자 유닛을 포함한다. 먼지 제거 장치의 진동 부재는 촬상 소자 유닛의 수광면과 동일 축 상에 배치된다.
- [0120] 디지털 일안-렌즈 리플렉스 카메라를 본 발명의 일 실시형태에 따른 촬상 장치로서 기재하기는 하였으나, 촬상 장치는 교환 가능 렌즈 카메라, 예컨대 미러 박스(605)가 없는 미러리스 디지털 교환 가능 렌즈 카메라일 수 있다. 촬상 장치, 예컨대 교환 가능 렌즈 비디오 카메라, 복사기, 팩시밀리 및 스캐너를 비롯한 다양한 촬상 장치 및 전기 및 전자 장치 중에서, 본 발명의 일 실시형태에 따른 촬상 장치는 특히 광학 부품의 표면에 부착된 먼지의 제거를 필요로 하는 장치에 적용될 수 있다.
- [0121] (전자 기기)
- [0122] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 전자 기기를 설명할 것이다. 본 발명의 일 실시형태에 따른 전자 기기는 상기 기재된 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 압전 음향 부품을 포함한다. 압전 음향 부품은 스피커, 버저, 마이크, 또는 표면 탄성과 (SAW) 소자일 수 있다.
- [0123] 도 14는 본 발명의 일 실시형태에 따른 전자 기기인 디지털 카메라 본체(931)의 전방 사시도이다. 광학 디바이스(901), 마이크(914), 전자 플래쉬 유닛(909) 및 보조 광 유닛(916)은 본체(931)의 정면에 배치된다. 마이크(914)는 본체 내에 배치되고, 파선으로 나타낸다. 마이크(914)의 정면에 외부로부터의 소리를 포착하기 위한 개구부가 배치된다.
- [0124] 본체(931)의 상면에는 전원 스위치(933), 스피커(912), 줌 레버(932) 및 포커싱을 위한 릴리즈 버튼(908)이 배치된다. 스피커(912)는 본체(931)내에 배치되며, 파선으로 나타낸다. 소리를 외부로 전달하기 위한 개구부는 스피커(912)의 정면에 배치된다.
- [0125] 압전 음향 부품은 마이크(914), 스피커(912), 및 표면 탄성과 소자 중 적어도 하나에 사용될 수 있다.
- [0126] 본 발명의 일 실시형태에 따른 전자 기기로서 디지털 카메라를 설명하였지만, 전자 기기는 음성 재생기, 음성 녹음기, 휴대 전화, 및 정보 단말기 등의 압전 음향 부품을 포함하는 전자 기기에 적용될 수도 있다.
- [0127] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료 및 적층 압전 소자는 액체 토출 헤드, 액체 토출 장치, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 장치, 먼지 제거 장치, 촬상 장치 및 전자 기기에 적합하다.
- [0128] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 사용함으로써 제조된 액체 토출 헤드는 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 액체 토출 헤드의 것과 동등 이상의 노즐 밀도 및 토출 속도를 가질 수 있다.
- [0129] 본 발명의 일 실시형태에 따른 액체 토출 헤드를 사용함으로써 제조된 액체 토출 장치는 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 액체 토출 장치의 것과 동등 이상의 토출 속도 및 토출 정밀도를 가질 수 있다.
- [0130] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 사용함으로써 제조된 초음파 모터는 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 초음파 모터의 것과 동등 이상의 구동력 및 내구성을 가질 수 있다.
- [0131] 본 발명의 일 실시형태에 따른 초음파 모터를 사용함으로써 제조된 광학 장치는 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 광학 장치의 것과 동등 이상의 내구성 및 동작 정밀도를 가질 수 있다.
- [0132] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 사용함으로써 제조된 진동 장치는 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 초음파 모터의 것과 동등 이상의 진동 능력 및 내구성을 가질 수 있다.
- [0133] 본 발명의 일 실시형태에 따른 진동 장치를 사용함으로써 제조된 먼지 제거 장치는 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 먼지 제거 장치의 것과 동등 이상의 먼지 제거 효율 및 내구성을 가질 수 있다.
- [0134] 본 발명의 일 실시형태에 따른 먼지 제거 장치를 사용함으로써 제조된 촬상 장치는 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 촬상 장치의 것과 동등 이상의 먼지 제거 기능을 가질 수 있다.
- [0135] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 압전 음향 부품은 납-함유 압전 소자를 사용함으로써 제조된 전자 기기의 것과 동등 이상의 발음성을 갖는 전자 기기를 제공하는데 사용될 수 있다.

[0136] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는, 초음파 트랜스듀서, 압전 액추에이터, 압전 센서, 및 강유전 메모리, 뿐만 아니라 액체 토출 헤드 및 모터에 사용할 수 있다.

[0137] **실시예**

[0138] 본 발명에 따른 압전 재료를 하기 실시예에서 보다 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 이들 실시예로 한정되지는 않는다.

[0139] 실시예 및 비교예에 따른 압전 재료 및 그 중간체를 하기 기재된 바와 같이 가공하고 시험하였다.

[0140] 압전 재료를 두께가 대략 0.5 mm가 되도록 연마하였다. 압전 재료의 밀도를 아르키메데스법에 의해 측정하였다. 결정화에 대한 기준은 이론 밀도가 95% 이상인 것이었다. 압전 재료의 결정상 및 격자 상수는 X선 회절에 의해 측정하였다.

[0141] **비교예 1**

[0142] 니오븀산나트륨 주성분 및 티타늄산바륨의 고용체 (NN-BT)로부터 비교용 금속 산화물 재료를 제작하였다. 원료로서 니오븀산나트륨 (NaNbO₃) 및 티타늄산바륨 (BaTiO₃) 분말을 사용하였다. 니오븀산나트륨 분말은 순도 99% 이상의 니오븀산나트륨 (NaNbO₃)을 함유하였고, 티타늄산바륨 분말은 순도 99% 이상의 티타늄산바륨 (BaTiO₃)을 함유하였다.

[0143] 목적 조성 Na_xBa_{1-z}Nb_zTi_{1-z}O₃ (z = x' = 0.88)을 수득하도록 원료를 칭량하고 혼합하였다. 혼합한 분말을 주위 분위기에서 1000°C 내지 1100°C 범위의 온도에서 2 내지 5시간 동안 하소하였다. 하소 분말을 분쇄하고, 결합제와 함께 조립하였다. 조립 분말을 금형 내에 충전하고, 압축함으로써 직경이 17 mm, 두께가 대략 1 mm인 성형체를 제작하였다. 성형체를 1280°C의 최대 온도에서 공기 중에서 2 내지 6시간 동안 소성함으로써 소결체를 얻었다. 소결체의 표면을 광학 현미경으로 관찰하였다. 소결체의 평균 입경은 0.5 μm 내지 60 μm였다.

[0144] X선 회절은 시료가 실질적으로 페로브스카이트 구조의 단일 상으로 구성되었음을 나타내었다. 소결체의 밀도는 이론 밀도의 95% 이상이였다. 소결체의 조성의 유도 결합 플라즈마 발광 분광 (ICP) 분석법은 나트륨 함유량이 목적 조성보다 대략 5% 더 적었음을 나타내었다. 바륨, 니오븀 및 티타늄 함유량은 목적 조성의 것과 같았다.

[0145] **실시예 1 내지 4**

[0146] 목적 조성 Na_xBa_{1-y}Nb_yZr_{1-y}O₃ (x' = y = 0.96 (실시예 1), 0.95 (실시예 2), 0.92 (실시예 3), 또는 0.90 (실시예 4))를 수득하도록 니오븀산나트륨 (NaNbO₃) 및 지르코늄산바륨 (BaZrO₃)의 분말을 칭량하고 혼합하였다.

[0147] 원료로서 니오븀산나트륨 (NaNbO₃) 및 지르코늄산바륨 (BaZrO₃) 분말을 사용하였다. 니오븀산나트륨 분말은 순도 99% 이상의 니오븀산나트륨 (NaNbO₃)을 함유하였고, 지르코늄산바륨 분말은 순도 99% 이상의 지르코늄산바륨 (BaZrO₃)을 함유하였다.

[0148] 혼합한 분말을 결합제와 함께 조립하였다. 조립 분말을 금형 내에 충전하고, 압축함으로써 직경이 17 mm, 두께가 대략 1 mm인 성형체를 제작하였다. 성형체를 1200°C 내지 1300°C 범위의 온도에서 공기 중에서 2 내지 6시간 동안 소성함으로써 소결체를 얻었다. 소결체의 표면을 광학 현미경으로 관찰하였다. 소결체의 평균 입경은 0.5 내지 50 μm 범위였다.

[0149] 소결된 압전 재료의 X선 회절은 시료가 실질적으로 페로브스카이트 구조의 단일 상으로 구성되었음을 나타내었다. 압전 재료의 밀도는 이론 밀도의 95% 이상이였다. 압전 재료의 조성의 ICP 분석법은 나트륨 함유량이 목적 조성보다 대략 1% 내지 5% 더 적었음을 나타내었다. 바륨, 니오븀 및 지르코늄 함유량은 목적 조성의 것과 같았다.

[0150] **실시예 5 내지 8**

[0151] 목적 조성 Na_xBa_{1-y}Nb_yZr_{1-y}O₃ (x' = y = 0.96 (실시예 5), 0.95 (실시예 6), 0.93 (실시예 7), 또는 0.90 (실시예 8))를 수득하도록 니오븀산나트륨 (NaNbO₃) 및 지르코늄산바륨 (BaZrO₃)의 분말을 칭량하고 혼합하였다. 상기 분말을 Cu 성분과 혼합하였다. Cu 성분의 양은 목적 조성 Na_xBa_{1-y}Nb_yZr_{1-y}O₃를 갖는 페로브스카이트형 금속 산화물의 양의 0.4 mol%에 상응하였다. 실시예 5 내지 8에서 0.4 mol%의 Cu 함유량은 화학식 1의 페로브스카이

트형 금속 산화물 mol (168 g) 당 CuO의 중량이 0.318 g (Cu 0.254 g)인 것을 의미한다.

[0152] 원료로서 니오븀산나트륨 (NaNbO₃) 및 지르코늄산바륨 (BaZrO₃) 분말을 사용하였다. 니오븀산나트륨 분말은 순도 99% 이상의 니오븀산나트륨 (NaNbO₃)을 함유하였고, 지르코늄산바륨 분말은 순도 99% 이상의 지르코늄산바륨 (BaZrO₃)을 함유하였고, Cu 성분은 순도 99.9%의 산화구리 (Cu(II)O)였다.

[0153] 혼합 분말을 결합제와 함께 조립하였다. 조립 분말을 금형 내에 충전하고, 압축함으로써 직경이 17 mm, 두께가 대략 1 mm인 성형체를 제작하였다. 성형체를 1200℃ 내지 1300℃ 범위의 온도에서 공기 중에서 2 내지 6시간 동안 소성함으로써 소결체를 얻었다. 소결체의 표면을 광학 현미경으로 관찰하였다. 소결체의 입경은 0.5 내지 50 μm 범위였다.

[0154] 소결된 압전 재료의 X선 회절은 시료가 실질적으로 페로브스카이트 구조의 단상으로 구성된 것을 나타내었다. 압전 재료의 밀도는 이론 밀도의 95% 이상이었다. 압전 재료의 조성의 ICP 분석법은 나트륨 함유량이 목적 조성보다 대략 1% 내지 5% 더 적었음을 나타내었다. 바륨, 니오븀, 지르코늄 및 구리 함유량은 목적 조성의 것과 같았다.

[0155] **비교예 2 및 3**

[0156] 원료 분말을 $x = y = 1.00$ (비교예 2) 또는 0.97 (비교예 3)이 되게 칭량한 것을 제외하곤, 실시예 5 내지 8에서와 동일한 방식으로 비교용 금속 산화물 재료를 제작하였다. 성형체를 1200℃ 내지 1300℃ 범위의 온도에서 공기 중에서 1 내지 6시간 동안 소성함으로써 소결체를 얻었다. 소결체의 표면을 광학 현미경으로 관찰하였다. 소결체의 입경은 0.5 내지 500 μm 범위였다. 소결체의 분극-전계 히스테리시스 루프는 비교예 2 및 3에 따른 소결체가 반강유전체임을 나타내었다. 분극 처리한 비교예 2 및 3에 따른 소결체는 압전성을 갖지 않고, 이용 가능한 기계적 품질 계수를 갖지 않았다. 분극-전계 히스테리시스 루프의 측정 조건은 10 내지 100 Hz 범위의 교류 전계 (삼각파) 주파수 및 ±50 kV/cm의 최대 전계 강도를 포함하였다.

[0157] **비교예 4**

[0158] 원료 분말을 $x = y = 0.88$ 이 되게 칭량한 것을 제외하곤, 실시예 5 내지 8에서와 동일한 방식으로 비교용 금속 산화물 재료를 제작하였다. 성형체를 1200℃ 내지 1300℃ 범위의 온도에서 공기 중에서 1 내지 6시간 동안 소성함으로써 소결체를 얻었다. 소결체의 표면을 광학 현미경으로 관찰하였다. 소결체의 입경은 0.1 내지 20 μm 범위였다. 소결체의 큐리 온도는 60℃만큼 낮아, 실용에 적합하지 않았다.

[0159] (평가)

[0160] 실시예 1 내지 8에 따른 압전 재료 표면을 연마하였다. 압전 재료를 400℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서 공기 중에서 1시간 동안 열 처리하여 그의 표면 상의 유기물 성분을 제거하였다. 각각의 압전 재료의 전면 및 이면에 DC 스퍼터링법에 의해 금전극을 형성하여 본 발명의 실시예에 따른 압전 소자를 제작하였다. 압전 소자의 10 mm×2.5 mm×0.5 mm 스트립을 사용하여 각종 특성을 평가하였다.

[0161] 비교예 1에 따른 금속 산화물 재료를 실시예 1 내지 8에서와 동일한 방식으로 가공하여 비교용 소자를 제작하였다. 비교용 소자의 각종 특성을 평가하였다.

[0162] 미-분극 소자를 사용하여 저항률을 측정하였다. 소자의 2개의 전극간에 직류 10 V의 바이어스를 인가하였다. 20초 후, 소자의 저항률을 누설 전류로부터 결정하였다. 저항률이 1 GΩ·cm 이상, 바람직하게는 100 GΩ·cm 이상이면, 압전 재료 및 압전 소자는 만족스러운 실용적 절연성을 갖는다.

[0163] 압전성의 평가에 앞서, 시료에 분극 처리를 행하였다. 보다 구체적으로는, 시료를 오일 조 중에서 100℃ 내지 150℃ 범위의 온도로 가열하였다. 해당 시료에 20 내지 30 kV/cm 범위의 전압을 30분 동안 인가하고, 전압을 유지하면서 시료를 실온으로 냉각시켰다.

[0164] 압전 소자의 스트립의 영률 (Y₁₁) 및 기계적 품질 계수 (Q_m)는 공진-반공진법을 사용하여 측정하였다.

[0165] 시료의 압전 상수 (d₃₃)는 베를린코트(Berlincourt) d₃₃ 미터로 측정하였다. 실시예 1 내지 8에 따른 압전 소자의 압전 상수 (d₃₃)는 40 내지 70 pC/N 범위였다.

[0166] 큐리 온도는 임피던스 분석기를 사용하여 측정하였다. 비유전율을 측정 주파수 1 kHz 및 교류 전압 500 mV에서 임피던스 분석기를 사용하여 측정하였다. 측정은 분극 처리 전에 행하였다. 비유전율의 온도 의존성을 실온에

서부터 측정하였다. 시료를 실온에서부터 -100℃까지 냉각시키고, 그 후 350℃까지 가열하면서 비유전율의 변화를 측정하였다. 최대 비유전율로부터 퀴리 온도 T_c를 산출하였다.

[0167] 표 1에, 비교예 1에 따른 금속 산화물 재료의 초기 조성비 및 소성 후의 조성비, 및 비교예 1에 따른 소자의 저항률, 퀴리 온도, 기계적 품질 계수 (Q_m) 및 영률 (Y₁₁)을 나열하였다.

[0168] 표 2에, 실시예 1 내지 8에 따른 압전 재료의 초기 조성비 및 소성 후의 조성비, 및 실시예 1 내지 8에 따른 압전 소자의 저항률, 퀴리 온도, 기계적 품질 계수 (Q_m) 및 영률 (Y₁₁)을 나열하였다.

[0169] 표 1 및 2에서, x'은 Na의 초기 조성비를 나타내고, x는 소성 후의 Na의 조성비를 나타낸다. 초기 Nb, Zr 및 Ba의 조성비인 y 및 1-y 및 Cu의 초기량은 소성에 의한 실질적인 변화가 없었다.

표 1

	Na _x Ba _{1-z} Nb _z Ti _{1-z} O ₃			Cu mol [%]	저항률 [GΩ·cm]	퀴리 온도 [°C]	기계적 품질 계수 [-]	영률 [GPa]
	x'	x	z					
비교예 1	0.88	0.84	0.88	0	5	195	277	127

[0170]

표 2

	Na _x Ba _{1-y} Nb _z Zr _{1-y} O ₃			Cu mol [%]	저항률 [GΩ·cm]	퀴리 온도 [°C]	기계적 품질 계수 [-]	영률 [GPa]
	x'	x	y					
실시예 1	0.96	0.95	0.96	0	38	295	760	131
실시예 2	0.95	0.94	0.95	0	40	225	785	134
실시예 3	0.92	0.90	0.92	0	55	220	412	120
실시예 4	0.90	0.88	0.90	0	6	165	325	113
실시예 5	0.96	0.95	0.96	0.40	402	300	871	144
실시예 6	0.95	0.94	0.95	0.40	414	230	910	147
실시예 7	0.93	0.92	0.93	0.40	625	225	466	131
실시예 8	0.90	0.88	0.90	0.40	91	170	361	123

[0171]

[0172] 표 1 및 표 2는 니오븀산나트륨 중 지르코늄산바륨의 고용체를 함유하는 본 발명의 실시예에 따른 압전 재료가, 비교예 1에 따른 니오븀산나트륨 중 티타늄산바륨의 고용체 NN-BT보다 저항률, 퀴리 온도, 기계적 품질 계수, 및 영률이 크다는 것을 나타낸다.

[0173] 실시예 1 내지 8에 따른 압전 소자 및 비교예 1에 따른 소자의 동적 특성을 측정하여 장기간 구동에서의 안정성을 평가하였다. 소자의 스트립에 공진 주파수로부터 충분히 떨어진 주파수 110 kHz에서 교류 전압 100 V를 100 시간 동안 인가한 후 압전 상수 d₃₃을 측정하였다. 전압 인가로 인한 압전 상수의 변화율은 비교예 1에 따른 소자에 있어 10% 이상의 저하 또는 실시예 1 내지 8에 따른 압전 소자에 있어 1% 이하의 저하였다. 따라서, 실시예 1 내지 8에 따른 압전 소자가 더 높은 장기간 구동에서의 안정성을 가졌다.

[0174] 실시예 9

[0175] 실시예 2에서와 동일한 방식으로, 원료 분말을 습식-블렌딩하고, 건조하고, 900℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서 하소하여 하소물을 얻었다. 이 원료를 유기 결합제와 혼합하고, 닥터 블레이드법에 의해 두께 50 μm의 그린 시트로 형성하였다.

[0176] 상기 그린 시트에 내부 전극용 도전 페이스트를 도포하였다. 도전 페이스트는 Ag 70% - Pd 30% 합금을 함유하였다. 도전 페이스트가 도포된 그린 시트를 9장 적층하고, 1140℃에서 소성하여 소결체를 얻었다. 소결체를 10 mm×2.5 mm 단편으로 절단하였다. 단편의 측면을 연마하였다. 내부 전극을 교대로 접속시키기 위한 한 쌍

의 외부 전극 (제1 전극 및 제2 전극)을 Au 스퍼터링에 의해 형성하였다. 이에 따라, 도 2의 (b)에 도시된 바와 같은 적층 압전 소자를 제작하였다.

[0177] 적층 압전 소자의 내부 전극의 관찰은 전극 재료 Ag-Pd 및 압전 재료층이 서로 위아래로 교대로 적층되어 있음을 나타내었다.

[0178] 압전성의 평가에 앞서, 시료에 분극 처리를 실시하였다. 보다 구체적으로는, 시료를 핫 플레이트 상에서 100℃ 내지 150℃ 범위의 온도로 가열하였다. 제1 전극과 제2 전극 사이에 30 kV/cm의 전압을 30분 동안 인가하면서, 시료를 실온으로 냉각시켰다.

[0179] 적층 압전 소자의 압전 특성의 평가는, 적층 압전 소자가 충분한 기계적 품질 계수를 갖고, 실시예 2에 따른 압전 소자와 유사한 만족스러운 압전 특성 및 장기간 구동에서의 안정성을 가짐을 나타내었다.

[0180] **실시예 10**

[0181] 니오븀산나트륨 및 지르코늄산바륨 분말을, Na, Nb, Ba 및 Zr의 함유량이 표 2의 실시예 2에 따른 조성의 것과 같도록 칭량하였다. 칭량한 원료 분말을 볼 밀에서 12시간 혼합하고, 900℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서 하소하여 하소물을 얻었다. 하소 분말을 3 중량부의 PVB 결합제와 혼합하였다. 이 혼합 분말을 닥터 블레이드법을 사용하여 두께 50 μm의 그린 시트로 형성하였다.

[0182] 상기 그린 시트에 내부 전극용 도전 페이스트를 도포하였다. 도전 페이스트는 Ni 페이스트였다. 도전 페이스트가 도포된 그린 시트를 9장 적층하고, 열 압착하였다.

[0183] 열 압착한 층상체를 판상로 중에서 소성하였다. 열 압착한 층상체를 주위 분위기에서 300℃까지의 온도로 소성하여 결합제를 제거한 후, 환원성 분위기 ($H_2:N_2 = 2:98$, 산소 농도 2×10^{-6} Pa)에서 1200℃에서 5시간 동안 유지하였다. 실온으로의 냉각 동안, 산소 농도는 1000℃ 이하의 온도에서 30 Pa로 증가하였다.

[0184] 얻어진 소결체를 10 mm × 2.5 mm 단편으로 절단하였다. 단편의 측면을 연마하였다. 내부 전극을 교대로 접속시키기 위한 한 쌍의 외부 전극 (제1 전극 및 제2 전극)을 Au 스퍼터링에 의해 형성하였다. 따라서, 도 2의 (b)에 도시된 바와 같은 적층 압전 소자를 제작하였다.

[0185] 적층 압전 소자의 내부 전극의 관찰은, 전극 재료 Ni 및 압전 재료 층이 서로 위아래로 교대로 적층되어 있음을 나타내었다. 30 kV/cm 전계를 분극 처리를 위해 오일 조 중에서 150℃에서 30분 동안 적층 압전 소자에 인가하였다. 적층 압전 소자의 압전 특성의 평가는, 적층 압전 소자가 충분한 기계적 품질 계수를 갖고, 실시예 2에 따른 압전 소자와 유사한 만족스러운 압전 특성 및 장기간 구동에서의 안정성을 가짐을 나타내었다.

[0186] **실시예 11**

[0187] 실시예 2에 따른 압전 소자를 사용하여, 도 3의 (a) 및 (b)에 도시된 액체 토출 헤드를 제작하였다. 전기 신호의 입력에 반응하여 잉크가 토출되었다.

[0188] **실시예 12**

[0189] 실시예 11에 따른 액체 토출 헤드를 사용하여, 도 4에 도시된 액체 토출 장치를 제작하였다. 전기 신호의 입력에 반응하여 잉크가 기록 매체 위로 토출되었다.

[0190] **실시예 13**

[0191] 실시예 2에 따른 압전 소자를 사용하여, 도 6의 (a)에 도시된 초음파 모터를 제작하였다. 교류 전압의 인가에 따라 모터가 회전하였다.

[0192] **실시예 14**

[0193] 실시예 13에 따른 초음파 모터를 사용하여, 도 7의 (a) 및 (b)에 도시된 광학 장치를 제작하였다. 교류 전압의 인가에 따른 오토 포커싱이 관찰되었다.

[0194] **실시예 15**

[0195] 실시예 2에 따른 압전 소자를 사용하여, 도 9의 (a) 및 (b)에 도시된 먼지 제거 장치를 제작하였다. 플라스틱 비드를 살포한 후, 교류 전압의 인가에 따른 만족스러운 먼지 제거 효율이 관찰되었다.

- [0196] **실시예 16**
- [0197] 실시예 15에 따른 먼지 제거 장치를 사용하여, 도 12에 도시된 활상 장치를 제작하였다. 활상 유닛의 표면 상의 먼지는 만족스럽게 제거되었고, 먼지 결함이 없는 화상이 얻어졌다.
- [0198] **실시예 17**
- [0199] 실시예 9에 따른 적층 압전 소자를 사용하여, 도 3의 (a) 및 (b)에 도시된 액체 토출 헤드를 제작하였다. 전기 신호의 입력에 반응하여 잉크가 토출되었다.
- [0200] **실시예 18**
- [0201] 실시예 17에 따른 액체 토출 헤드를 사용하여, 도 4에 도시된 액체 토출 장치를 제작하였다. 전기 신호의 입력에 반응하여 잉크가 기록 매체 위로 토출되었다.
- [0202] **실시예 19**
- [0203] 실시예 9에 따른 적층 압전 소자를 사용하여, 도 6의 (a)에 도시된 초음파 모터를 제작하였다. 교류 전압의 인가에 따라 모터가 회전하였다.
- [0204] **실시예 20**
- [0205] 실시예 19에 따른 초음파 모터를 사용하여, 도 7의 (a) 및 (b)에 도시된 광학 장치를 제작하였다. 교류 전압의 인가에 따른 오토 포커싱이 관찰되었다.
- [0206] **실시예 21**
- [0207] 실시예 9에 따른 적층 압전 소자를 사용하여, 도 9의 (a) 및 (b)에 도시된 먼지 제거 장치를 제작하였다. 플라스틱 비드를 살포한 후, 교류 전압의 인가에 따른 만족스러운 먼지 제거 효율이 관찰되었다.
- [0208] **실시예 22**
- [0209] 실시예 21에 따른 먼지 제거 장치를 사용하여, 도 12에 도시된 활상 장치를 제작하였다. 활상 유닛의 표면 상의 먼지는 만족스럽게 제거되었고, 먼지 결함이 없는 화상이 얻어졌다.
- [0210] **실시예 23**
- [0211] 실시예 9에 따른 적층 압전 소자를 사용하여, 도 14에 도시된 전자 디바이스를 제작하였다. 교류 전압의 인가에 따라 스피커가 작동하였다.
- [0212] 산업상 이용 가능성
- [0213] 본 발명을 예시적 실시형태를 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 개시된 예시적 실시형태에 한정되지는 않는 것으로 이해된다. 이어지는 청구범위의 범주는 이러한 모든 변형 및 등가의 구조 및 기능들을 포함하도록 가장 넓은 해석에 따른다.
- [0214] 본원은 그 전문이 본원에 참조로 포함되는 2013년 1월 29일자로 출원된 일본 특허 출원 제2013-014615호를 우선권 주장한다.
- [0215] 본 발명의 일 실시형태에 따른 압전 재료는 높은 환경 온도에서도 만족스러운 압전성을 갖는다. 압전 재료는 납을 함유하지 않고 환경에 대한 부하를 감소시킬 수 있다. 따라서, 납-무함유 압전 재료는, 액체 토출 헤드, 액체 토출 장치, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 장치, 먼지 제거 장치, 활상 장치 및 전자 기기 등의 대량의 압전 재료를 사용하여 제조되는 장치에 문제 없이 사용될 수 있다.

부호의 설명

- [0216] 1 제1 전극
- 2 압전 재료
- 3 제2 전극
- 101 압전 소자

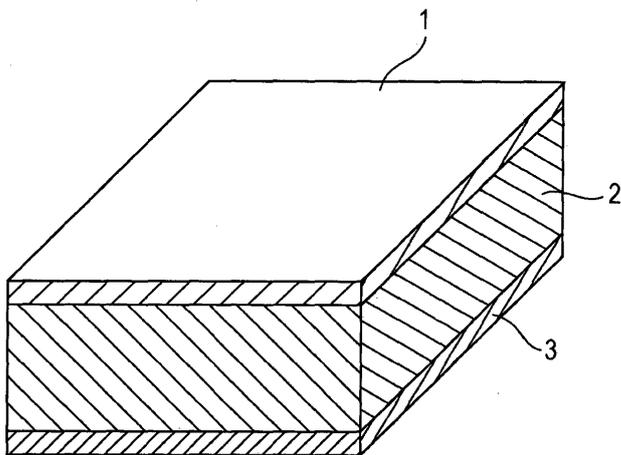
- 102 개별 액실
- 103 진동판
- 104 액실 격벽
- 105 토출구
- 106 연통 구멍
- 107 공통 액실
- 108 버퍼 층
- 1011 제1 전극
- 1012 압전 재료
- 1013 제2 전극
- 201 진동자
- 202 로터
- 203 출력 축
- 204 진동자
- 205 로터
- 206 스프링
- 2011 탄성체 고리
- 2012 압전 소자
- 2013 유기계 접착제
- 2041 금속 탄성체
- 2042 적층 압전 소자
- 310 먼지 제거 장치
- 320 진동판
- 330 압전 소자
- 331 압전 재료
- 332 제1 전극
- 333 제2 전극
- 336 제1 전극면
- 337 제2 전극면
- 51 제1 전극
- 53 제2 전극
- 54 압전 재료 층
- 55 내부 전극
- 56 층상체
- 501 제1 전극
- 503 제2 전극

- 504 압전 재료 층
- 505a 내부 전극
- 505b 내부 전극
- 506a 외부 전극
- 506b 외부 전극
- 601 카메라 본체
- 602 마운트부
- 605 미러 박스
- 606 메인 미러
- 200 셔터 유닛
- 300 본체 샤프트
- 400 촬상 유닛
- 701 전방 렌즈군
- 702 후방 렌즈군 (포커스 렌즈)
- 711 탈착 마운트부
- 712 고정 경통
- 713 직진 안내 경통
- 714 전방 렌즈군 경통
- 715 캠 링
- 716 후방 렌즈군 경통
- 717 캠 롤러
- 718 스크류
- 719 롤러
- 720 회전 전달 고리
- 722 구동 롤러
- 724 수동 포커스 고리
- 725 초음파 모터
- 726 웨이브 와셔
- 727 볼 레이스
- 728 포커스 키
- 729 접합부
- 732 와셔
- 733 저마찰 시트
- 881 액체 토출 장치
- 882 외장
- 883 외장

- 884 외장
- 885 외장
- 887 외장
- 890 회복부
- 891 기록부
- 892 캐리지
- 896 장치 본체
- 897 자동 급송부
- 898 배출구
- 899 반송 유닛
- 901 광학 디바이스
- 908 릴리즈 버튼
- 909 전자 플래쉬 유닛
- 912 스피커
- 914 마이크
- 916 보조광 유닛
- 931 본체
- 932 줌 레버
- 933 전원 스위치

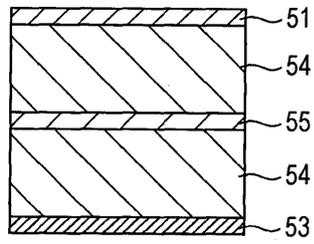
도면

도면1

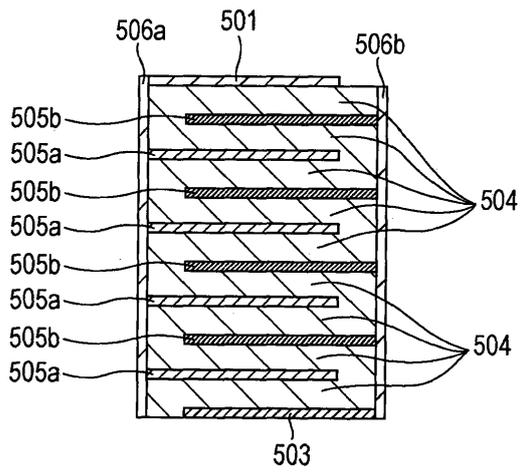


도면2

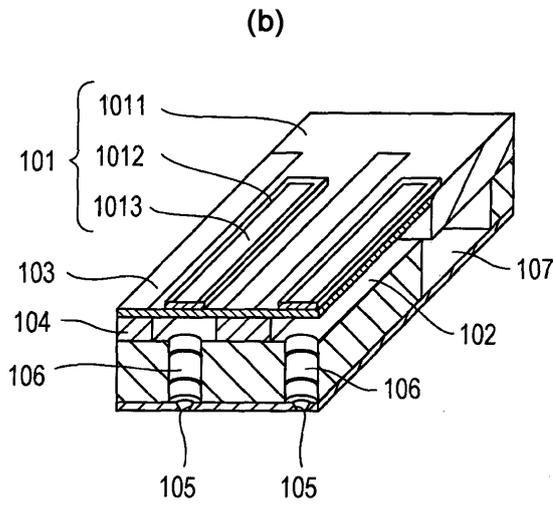
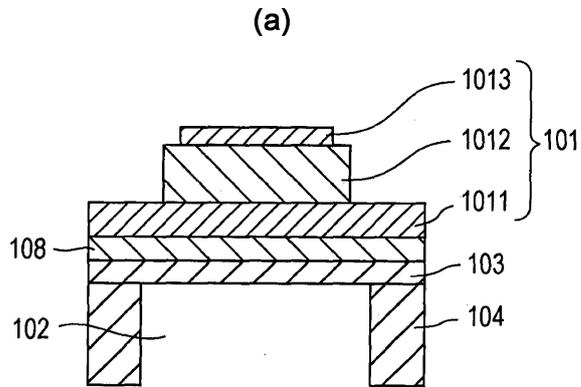
(a)



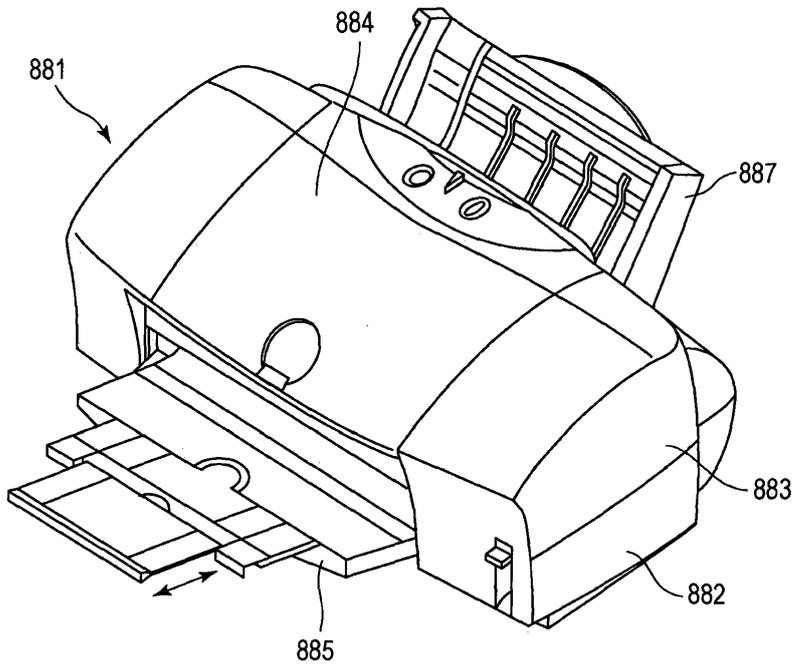
(b)



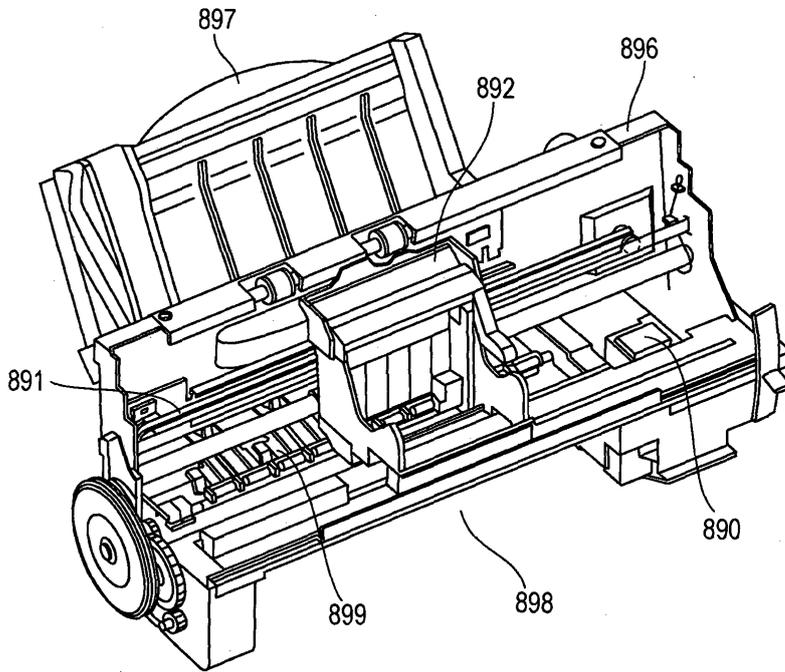
도면3



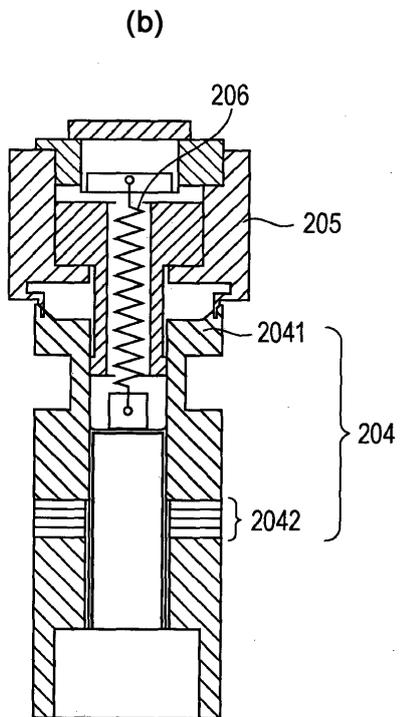
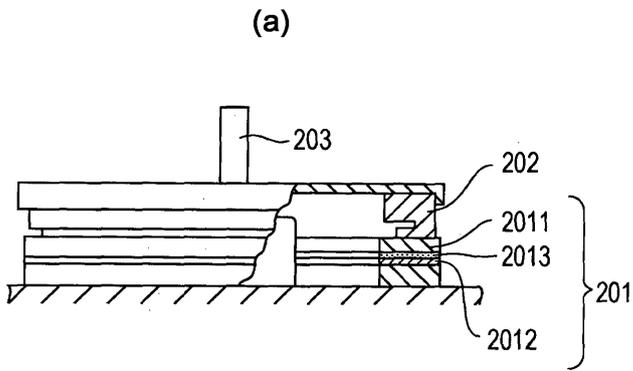
도면4



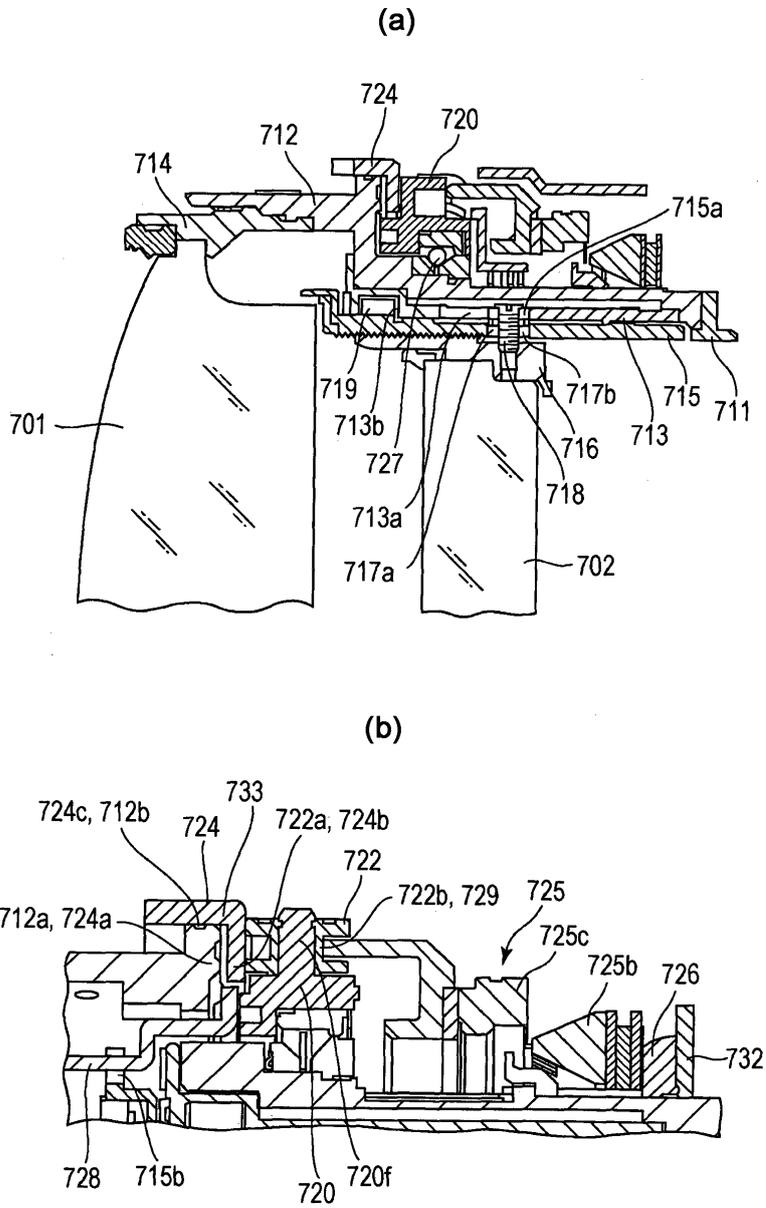
도면5



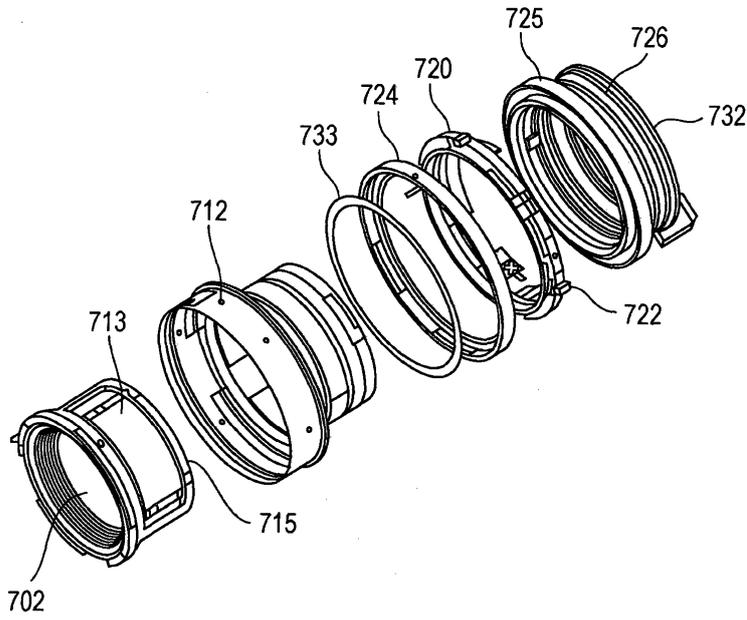
도면6



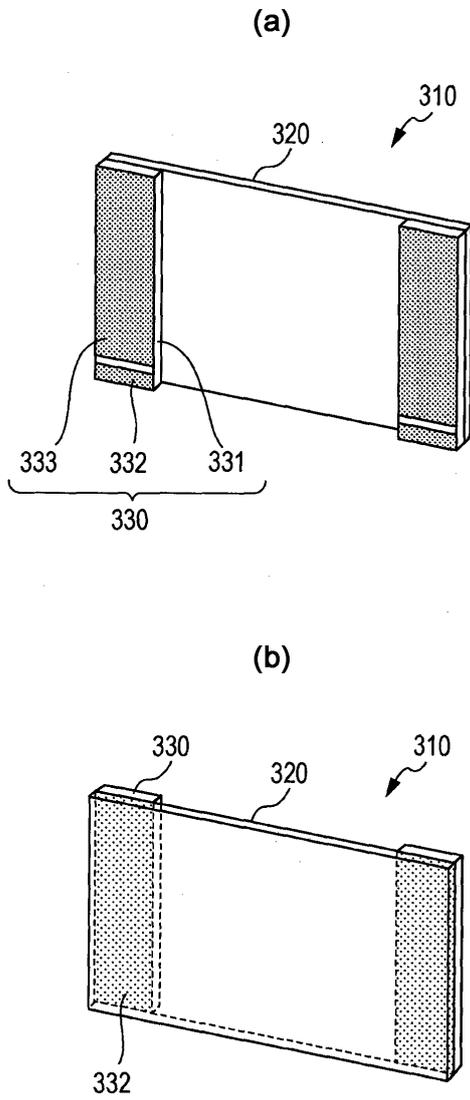
도면7



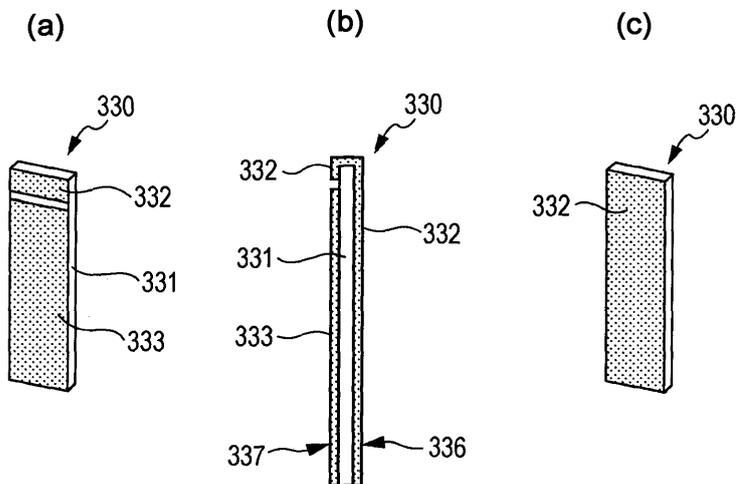
도면8



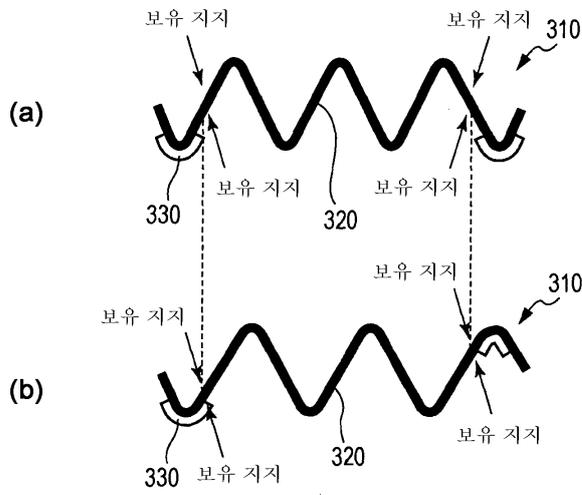
도면9



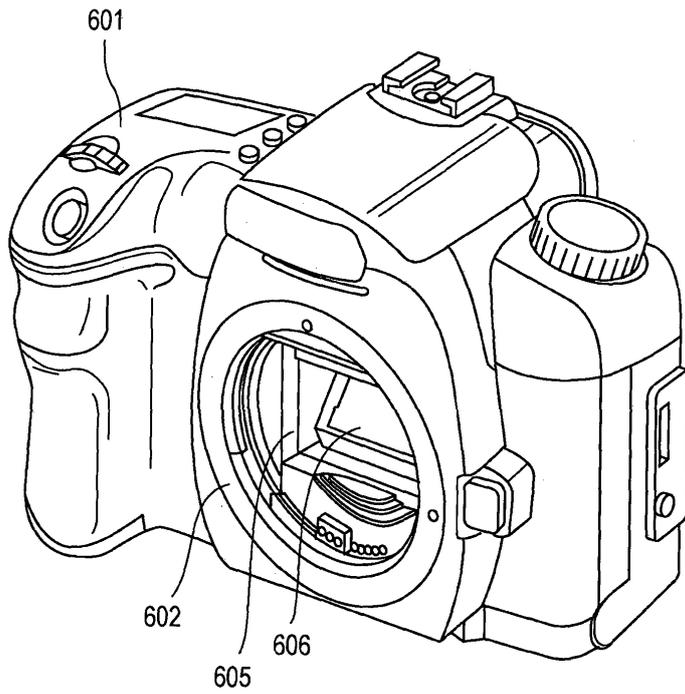
도면10



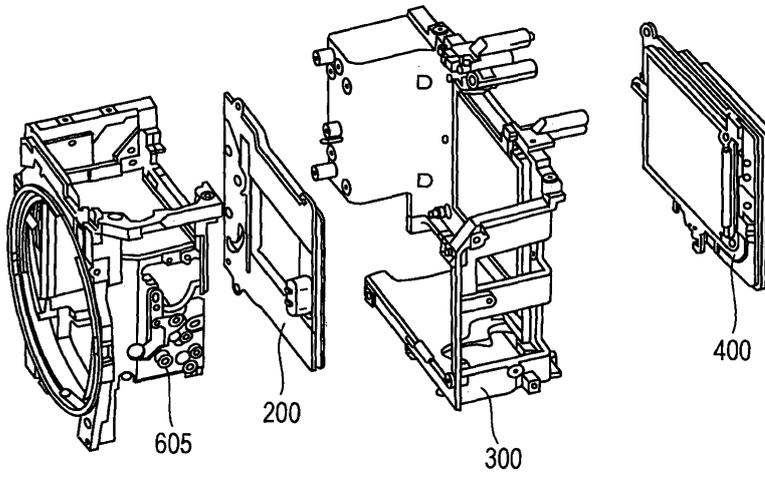
도면11



도면12



도면13



도면14

