(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월13일
(11) 등록번호 10-1726919
(24) 등록일자 2017년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 41/187 (2006.01) *B06B 1/06* (2006.01)
B41J 2/14 (2006.01) *C04B 35/468* (2006.01)
H01L 41/047 (2006.01) *H01L 41/09* (2006.01)
H02N 2/10 (2006.01) *H02N 2/16* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0087393
(22) 출원일자 2014년07월11일
심사청구일자 2015년07월10일
(65) 공개번호 10-2015-0008000
(43) 공개일자 2015년01월21일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-146307 2013년07월12일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
EP02749550 A2
US20090128989 A1
US20090207551 A1
US20100220427 A1

(73) 특허권자
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고
(72) 발명자
무라카미 슌스케
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
마츠다 다카노리
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 이중희

전체 청구항 수 : 총 18 항 심사관 : 노영철

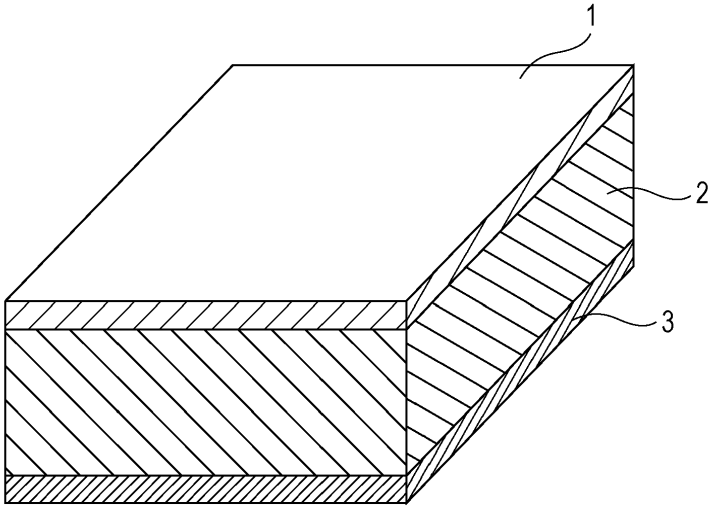
(54) 발명의 명칭 **압전 재료, 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 헤드, 액체 토출 디바이스, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 디바이스, 먼지 제거 디바이스, 촬상 디바이스, 및 전자 장치**

(57) 요 약

본 발명은, 장치 구동 온도 범위(-30℃ 내지 50℃)에서 만족스러운 압전 상수 및 기계적 품질 계수를 갖는 비-납 압전 재료를 제공한다. 본 발명의 압전 재료는 하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물을 함유하는 주성분, Mn으로 구성된 제1 부성분, 및 Bi 또는 Bi 및 Li로 구성된 제2 부성분을 포함한다. Mn의 함량은

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.040 중량부 이상 0.500 중량부 이하이다. Bi의 함량은 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.042 중량부 이상 0.850 중량부 이하이고, Li의 함량은 0.028 중량부 이하(0 중량부 포함)이다.

<화학식 1>

$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$

(여기서, $0.030 \leq x < 0.090$, $0.030 \leq y \leq 0.080$, 및 $0.9860 \leq a \leq 1.0200$임)

(72) 발명자

오시마 가나코

일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

하야시 줌페이

일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

와타나베 다카유키

일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

다나카 히데노리

일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

사이토 히로시

일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

명 세 서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물을 함유하고, Mn으로 구성된 제1 부성분, 및 Bi 또는 Bi 및 Li로 구성된 제2 부성분을 포함하며,

Mn의 함량은 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.040 중량부 이상 0.500 중량부 이하이고,

Bi의 함량은 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.042 중량부 이상 0.850 중량부 이하이며,

Li의 함량은 0.028 중량부 이하(0 중량부 포함)인, 압전 재료.

<화학식 1>

$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$

(여기서, $0.030 \leq x < 0.090$, $0.030 \leq y \leq 0.080$, 및 $0.9860 \leq a \leq 1.0200$임)

청구항 2

제1항에 있어서,

Mg로 구성된 제3 부성분을 더 포함하며,

상기 제3 부성분의 함량은 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.10 중량부 이하(0 중량부는 제외)인, 압전 재료.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

Si 및 B 중 하나 이상으로 구성된 제4 부성분을 더 포함하며,

상기 제4 부성분의 함량은 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.001 중량부 이상 4.000 중량부 이하인, 압전 재료.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 압전 재료를 구성하는 결정 입자는 500 ㎚ 이상 10 ㎛ 이하의 평균 원 상당 직경을 갖는, 압전 재료.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 압전 재료는 93% 이상 100% 이하의 상대 밀도를 갖는, 압전 재료.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 압전 재료는 1 ㎑의 주파수에서 0.006 이하의 유전 손실을 갖는, 압전 재료.

청구항 7

제1 전극,

압전 재료부, 및

제2 전극을 적어도 포함하며,

상기 압전 재료부를 구성하는 압전 재료는 제1항에 따른 압전 재료인, 압전 소자.

청구항 8

교호 라미네이팅된 압전 재료층 및, 각각 내부 전극을 포함하는 전극 층을 포함하며,

상기 압전 재료층은 제1항에 따른 압전 재료로 제조되는, 적층 압전 소자.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 내부 전극은, Pd의 함량 M2에 대한 Ag의 함량 M1의 중량비 M1/M2가 $0.25 \leq M1/M2 \leq 4.0$이 되도록 Ag 및 Pd를 함유하는, 적층 압전 소자.

청구항 10

제8항에 있어서,

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

청구항 11

제7항에 따른 압전 소자 또는 제8항에 따른 적층 압전 소자를 포함하는 진동 유닛을 구비한 액체 챔버와, 상기 액체 챔버와 연통하는 토출구를 적어도 포함하는, 액체 토출 헤드.

청구항 12

기록 매체를 반송하기 위한 반송 유닛 및 제11항에 따른 액체 토출 헤드를 포함하는, 액체 토출 디바이스.

청구항 13

제7항에 따른 압전 소자 또는 제8항에 따른 적층 압전 소자를 포함하는 진동체와, 상기 진동체와 접촉되는 이동체를 적어도 포함하는, 초음파 모터.

청구항 14

구동 유닛 내에 제13항에 따른 초음파 모터를 포함하는, 광학 장치.

청구항 15

제7항에 따른 압전 소자 또는 제8항에 따른 적층 압전 소자를 구비한 진동판을 포함하는 진동체를 포함하는, 진동 디바이스.

청구항 16

제15항에 따른 진동 디바이스를 구비한 진동 유닛을 포함하는, 먼지 제거 디바이스.

청구항 17

제16항에 따른 먼지 제거 디바이스 및 촬상 소자 유닛을 적어도 포함하며,

상기 먼지 제거 디바이스의 진동판은 상기 촬상 소자 유닛의 수광면측에 배치되는, 촬상 디바이스.

청구항 18

제7항에 따른 압전 소자 또는 제8항에 따른 적층 압전 소자를 포함하는 압전 음향 부품을 포함하는, 전자 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 압전 재료, 특히 비-납(lead-free) 압전 재료에 관한 것이다. 본 발명은 또한, 압전 재료를 포함하는 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 헤드, 액체 토출 디바이스, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 디바이스, 먼지 제거 디바이스, 촬상 디바이스, 및 전자 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 압전 재료는 일반적으로 티타늄산지르코늄산납(이하에서, "PZT"로서 언급됨)과 같은 ABO_3 페로브스카이트형 금속 산화물이다. 그러나, PZT는 A 사이트(site) 원소로서 납을 함유하기 때문에, 그의 환경에 대한 영향이 논란이 된다. 따라서, 비-납 페로브스카이트형 금속 산화물의 압전 재료가 요구되고 있다

[0003] 티타늄산바륨이 비-납 페로브스카이트형 금속 산화물의 압전 재료로서 공지되어 있다. 추가로, 특징 개선을 위해, 기본 조성물이 티타늄산바륨인 재료가 개발되었다.

[0004] 일본 특허 공개 제2009-215111호에는, 티타늄산바륨의 A 사이트의 일부를 Ca로, 또한 B 사이트의 일부를 Zr로 치환함으로써 티타늄산바륨의 실온에서의 압전 상수가 향상된 압전 재료가 개시되어 있다. 일본 특허 공개 제2010-120835호에는, 티타늄산바륨의 A 사이트의 일부를 Ca로 치환함으로써 얻어진 재료에 Mn, Fe, 또는 Cu를 첨가함으로써 티타늄산바륨의 실온에서의 기계적 품질 계수가 향상된 압전 재료가 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그러나, 공지된 기술의 압전 재료는, 장치 구동 온도 범위(-30℃ 내지 50℃)의 고온 영역에서는 압전 상수가 낮으며, 저온 영역에서는 기계적 품질 계수가 낮다는 문제를 갖는다. 본 발명은 상기 언급된 문제를 해결하기 위해 이루어진 것이며, 장치 구동 온도 범위에서 만족스러운 압전 상수 및 기계적 품질 계수를 갖는 비-납 압전 재료를 제공한다.

[0006] 본 발명은 또한, 상기 압전 재료를 포함하는 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 디바이스, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 디바이스, 먼지 제거 디바이스, 촬상 디바이스, 및 전자 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 압전 재료는, 하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물을 함유하는 주성분, Mn으로 구성된 제1 부성분, 및 Bi 또는 Bi 및 Li로 구성된 제2 부성분을 포함하며, 여기서 Mn의 함량은 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.040 중량부 이상 0.500 중량부 이하이고; Bi의 함량은 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.042 중량부 이상 0.850 중량부 이하이고, Li의 함량은 0.028 중량부 이하(0 중량부 포함)이다.

[0008] <화학식 1>

[0009] $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$

[0010] (여기서, $0.030 \leq x < 0.090$, $0.030 \leq y \leq 0.080$, 및 $0.9860 \leq a \leq 1.0200$임)

[0011] 본 발명에 따른 압전 소자는 제1 전극, 압전 재료부, 및 제2 전극을 적어도 포함한다. 압전 재료부를 구성하는 압전 재료는 본 발명의 압전 재료이다.

[0012] 본 발명에 따른 적층 압전 소자는, 교호 라미네이팅된 압전 재료층 및, 각각 내부 전극을 포함하는 전극 층으로 구성된다. 압전 재료층은 본 발명의 압전 재료로 제조된다.

[0013] 본 발명에 따른 액체 토출 헤드는 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동 유닛을 포함하는 액체 챔버 및 액체 챔버와 연통하는 토출구를 적어도 포함한다.

[0014] 본 발명에 따른 액체 토출 디바이스는 기록 매체를 반송하기 위한 반송 유닛 및 본 발명의 액체 토출 헤드를 포함한다.

[0015] 본 발명에 따른 초음파 모터는 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동체 및 진동체와 접촉

되는 이동체를 적어도 포함한다.

[0016] 본 발명에 따른 광학 장치는 구동 유닛 내에 본 발명의 초음파 모터를 포함한다.

[0017] 본 발명에 따른 진동 디바이스는 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 구비한 진동판을 포함하는 진동체를 포함한다.

[0018] 본 발명에 따른 먼지 제거 디바이스는 본 발명의 진동 디바이스를 구비한 진동 유닛을 포함한다.

[0019] 본 발명에 따른 촬상 디바이스는 본 발명의 먼지 제거 디바이스 및 촬상 소자 유닛을 적어도 포함한다. 먼지 제거 디바이스의 진동판은 촬상 소자 유닛의 수광면측에 배치된다.

[0020] 본 발명의 전자 장치는 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 압전 음향 부품을 포함한다.

[0021] 본 발명의 추가적인 특징은 첨부된 도면을 참조하여 하기의 예시적인 실시형태의 설명으로부터 명백해질 것이다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 장치 구동 온도 범위(-30℃ 내지 50℃)에서 만족스러운 압전 상수 및 기계적 품질 계수를 갖는 비-납 압전 재료를 제공할 수 있다. 본 발명은 특히 탁월한 기계적 품질 계수를 갖는 압전 재료를 제공할 수 있다.

[0023] 본 발명은 또한, 상기 압전 재료를 포함하는 압전 소자, 적층 압전 소자, 액체 토출 헤드, 액체 토출 디바이스, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 디바이스, 먼지 제거 디바이스, 촬상 디바이스, 및 전자 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 압전 소자의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 2a 및 도 2b는 본 발명의 적층 압전 소자의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 액체 토출 헤드의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 4는 본 발명의 액체 토출 디바이스의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 5는 본 발명의 액체 토출 디바이스의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명의 초음파 모터의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 7a 및 도 7b는 본 발명의 광학 장치의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 8은 본 발명의 광학 장치의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 9a 및 도 9b는 본 발명의 진동 디바이스가 먼지 제거 디바이스로서 사용되는 경우의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 10a 내지 도 10c는 본 발명의 먼지 제거 디바이스에서의 압전 소자의 구성을 나타내는 개략도이다.

도 11의 (a) 및 (b)는 본 발명의 먼지 제거 디바이스의 진동 원리를 나타내는 개략도이다.

도 12는 본 발명의 촬상 디바이스의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 13은 본 발명의 촬상 디바이스의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 14는 본 발명의 전자 장치의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 15는 본 발명의 실시예 7에서의 압전 소자의 비유전율의 온도 의존성을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이제, 본 발명의 실시형태를 설명할 것이다.

[0026] 본 발명에 따른 압전 재료는, 하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물을 함유하는 주성분, Mn으로 구성된 제1 부성분, 및 Bi 또는 Bi 및 Li로 구성된 제2 부성분을 포함하며, 여기서 Mn의 함량은 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.040 중량부 이상 0.500 중량부 이하이고; 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로, Bi의 함량은 0.042 중량부 이상 0.850 중량부 이하이고, Li의 함량은

0.028 중량부 이하(0 중량부 포함)이다.

[0027] <화학식 1>

[0028] $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$

[0029] (여기서, $0.030 \leq x < 0.090$, $0.030 \leq y \leq 0.080$, 및 $0.9860 \leq a \leq 1.0200$임)

[0030] (페로브스카이트형 금속 산화물)

[0031] 본 발명에서, 페로브스카이트형 금속 산화물은, 문헌 [Iwanami Dictionary of Physics and Chemistry, 5th Edition (Iwanami Shoten, Published on Feb. 20, 1998)]에 기재된 바와 같은, 이상적으로 입방정 구조인, 페로브스카이트 구조를 갖는 금속 산화물을 지칭한다. 페로브스카이트 구조를 갖는 금속 산화물은 일반적으로 화학식: ABO_3으로 표시된다. 페로브스카이트형 금속 산화물에서, 원소 A 및 B는 각각 이온 형태로 A 사이트 및 B 사이트라 불리는 특정 단위 격자 위치를 점유한다. 예를 들어, 입방정 단위 격자에서, 원소 A는 입방체의 정점에 위치하고, 원소 B는 입방체의 체심 위치에 위치한다. 원소 O는 산소 음이온으로서 면심을 점유한다.

[0032] 화학식 1로 표시되는 금속 산화물에서, A 사이트에 위치하는 금속 원소는 Ba 및 Ca이고, B 사이트에 위치하는 금속 원소는 Ti 및 Zr이다. 그러나, Ba 및 Ca 원자의 일부가 B 사이트에 위치할 수 있다. 유사하게, Ti 및 Zr 원자의 일부가 A 사이트에 위치할 수 있다.

[0033] 화학식 1에서 B 사이트 상의 원소와 원소 O의 몰비는 기본적으로 1 : 3이지만, 페로브스카이트 구조가 금속 산화물의 주요 상인 한, 몰비는 약간 변할 수 있다. 이러한 경우도 본 발명의 범위 내에 포함된다.

[0034] 금속 산화물의 페로브스카이트 구조는 X선 회절 또는 전자 빔 회절 등의 구조 분석에 의해 확인할 수 있다.

[0035] (압전 재료의 주성분)

[0036] 본 발명의 압전 재료에서, 화학식 1에서 "a"는 B 사이트의 Ti 및 Zr의 몰량에 대한 A 사이트의 Ba 및 Ca의 몰량의 비율을 나타내며, 이는 $0.9860 \leq a \leq 1.0200$의 범위이다. "a" 값이 0.9860 미만이면, 압전 재료를 구성하는 결정 입자가 비정상적으로 성장하여 물질의 기계적 강도가 감소하는 경향이 있다. 반면, "a"의 값이 1.0200 초과이면, 입자 성장에 필요한 온도가 지나치게 높고, 이는 통상적 소성 로에서의 소결을 불가능하게 한다. 본원에서, "소결이 불가능하다"는 것은 충분한 밀도가 얻어지지 않는다는 것을 또는 압전 재료에 다수의 기공 또는 결함이 형성된다는 것을 나타낸다.

[0037] 화학식 1에서, B 사이트의 Zr의 몰비를 나타내는 "y"는 $0.030 \leq y \leq 0.080$의 범위이다. 0.080 초과의 "y" 값은 퀴리(Curie) 온도를 감소시켜 불충분한 고온 내구성을 초래하고, 0.030 미만의 "y" 값은 장치 구동 온도 범위 내에서 불충분한 압전 특성을 제공한다.

[0038] 화학식 1에서, A 사이트의 Ca의 몰비를 나타내는 "x"는 $0.030 \leq x < 0.090$의 범위이다. 0.090 이상의 "x" 값은 장치 구동 온도 범위 내에서 불충분한 압전 특성을 제공하며, 0.030 미만의 "x" 값은 장치 구동 온도 범위 내에서 불충분한 기계적 품질 계수를 제공한다.

[0039] 명세서 전반에 걸쳐, 용어 "퀴리 온도(Tc)"는, 물질의 강유전성이 상실되는 온도를 지칭한다. 일반적으로, 압전 재료의 압전 특성 또한 Tc 이상의 온도에서 상실된다. Tc는 온도를 변화시키면서 강유전성이 상실되는 온도를 직접 측정함으로써 결정될 수 있거나, 또는 온도를 변화시키면서 작은 AC 전계를 이용하여 비유전율을 측정함으로써 결정되는 최대 비유전율을 나타내는 온도로부터 결정될 수 있다.

[0040] 본 발명에 따른 압전 재료의 조성은 임의의 방법에 의해 측정될 수 있다. 방법의 예는, X선 형광 분석, ICP 발광 분광 분석, 및 원자 흡광 분석을 포함한다. 임의의 이들 방법에 의해 압전 재료에 함유된 각각의 원소의 중량비 및 조성비를 계산할 수 있다.

[0041] (압전 재료의 제1 부성분)

[0042] 제1 부성분은 Mn으로 구성된다. Mn의 함량은 페로브스카이트형 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.040 중량부 이상 0.500 중량부 이하이다.

[0043] 본원에서, 부성분의 "금속 환산으로"의 함량은, 예를 들어, X선 형광 분석(XRF), ICP 발광 분광 분석, 또는 원자 흡광 분석에 의해 압전 재료를 측정하고, 각각의 금속의 측정 함량으로부터 화학식 1로 표시되는 금속 산화물을 구성하는 각각의 원소를 원소의 산화물로 환산함으로써 결정되는, 100으로 가정되는 금속 산화물의 총 중

량에 대한 부성분의 중량의 비율로 나타내어진다.

[0044] 상기 언급된 범위 내의 Mn을 함유하는 본 발명의 압전 재료는 전체 장치 구동 온도 범위에서 압전 상수의 열화 없이 향상된 기계적 품질 계수를 가질 수 있다. 본원에서, 기계적 품질 계수는, 압전 재료를 진동자로서 평가할 때 진동에 기인하는 탄성 손실을 나타낸다. 기계적 품질 계수의 값은 임피던스 측정에서 공진 곡선의 예리함으로서 나타난다. 즉, 기계적 품질 계수는 진동자의 공진의 예리함을 나타낸다. 보다 높은 기계적 품질 계수는 진동에 의한 에너지 손실이 보다 적음을 의미한다. 높은 절연성 및 높은 기계적 품질 계수는, 전압 인가에 의해 압전 소자가 구동될 때, 압전 재료를 포함하는 압전 소자의 장기간 신뢰성을 보장한다.

[0045] Mn의 함량이 0.040 중량부 미만이면, 기계적 품질 계수가 장치 구동 온도 범위 내의 온도에서 400 미만으로 감소된다. 낮은 기계적 품질 계수는, 공진 장치로서의 압전 재료 및 한 쌍의 전극을 포함하는 압전 소자의 구동을 위한 전기 소비를 증가시킨다. 기계적 품질 계수는 바람직하게는 400 이상, 더욱 바람직하게는 500 이상, 또한 가장 바람직하게는 600 이상이다. 이 범위에서는, 실제 장치의 구동에서 전기 소비의 유의한 증가가 나타나지 않는다. 반면, 0.500 중량부 초과의 Mn 함량은 압전 재료의 절연성을 감소시킨다. 예를 들어, 압전 재료는 1 ㎑의 주파수에서 0.006 초과의 유전 손실 또는 1 GΩ·㎝ 미만의 저항률을 가질 수 있다. 유전 손실은 임피던스 분석기에 의해 측정될 수 있다. 0.006 이하의 유전 손실은 압전 재료를 소자로서 사용하고 소자에 높은 전압을 인가하는 경우에도 안정한 거동을 가능하게 한다. 1 GΩ·㎝ 이상의 저항률을 갖는 압전 재료는 분극될 수 있고, 압전 소자로서 구동될 수 있다. 저항률은 더욱 바람직하게는 50 GΩ·㎝ 이상이다.

[0046] Mn은 단지 B 사이트에만 존재할 수 있다. Mn의 원자가는 4+일 수 있다. 일반적으로, Mn의 원자가는 4+, 2+, 또는 3+일 수 있다. 결정이 전도 전자를 함유하는 경우(예를 들어, 결정이 산소 결함을 갖는 경우 또는 공여체 원소가 A 사이트를 점유하는 경우), 4+에서 3+ 또는 2+로의 Mn의 원자가 감소는 전도 전자를 트랩핑하여 절연 저항을 향상시킨다. 추가로, 이온 반경의 관점에서, 4+의 원자가를 갖는 Mn은 쉽게 Ti를 치환할 수 있고, 이는 B 사이트의 주성분이다.

[0047] 반면, Mn의 원자가가 4+ 미만, 예컨대 2+이면, Mn은 수용체로서 작용한다. Mn이 수용체로서 페로브스카이트 구조 결정 중에 존재하는 경우에는, 결정 중에 홀(hole)이 생성되거나, 또는 결정 중에 산소 빈 자리(oxygen vacancy)가 형성된다.

[0048] 대부분의 Mn 원자가 2+ 또는 3+의 원자가를 갖는 경우, 단지 산소 빈 자리의 도입에 의해 홀이 완전히 보상되지 않고, 이는 절연 저항을 감소시킨다. 따라서, 대부분의 Mn 원자가 4+의 원자가를 가져야 한다. 그러나, 4+ 미만의 원자가를 갖는 상당히 소량의 Mn 원자가, 페로브스카이트 구조의 B 사이트에서 수용체로서 존재할 수 있고, 이는 산소 빈 자리를 형성할 수 있다. 2+ 또는 3+의 원자가를 갖는 Mn 및 산소 빈 자리는 결함 쌍극자를 형성하고, 이는 압전 재료의 기계적 품질 계수를 향상시킬 수 있다.

[0049] (압전 재료의 제2 부성분)

[0050] 제2 부성분은 Bi 또는 Bi 및 Li로 구성된다. 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로, Bi의 함량은 0.042 중량부 이상 0.850 중량부 이하이고, Li의 함량은 0.028 중량부 이하(0 중량부 포함)이다.

[0051] 상기 언급된 범위 내의 Bi 또는 Bi 및 Li를 함유하는 본 발명의 압전 재료는, 특히 저온에서, 압전 상수의 열화 없이 매우 향상된 기계적 품질 계수를 가질 수 있다. 대부분의 3가 Bi 원자는 A 사이트에 위치하고, 일부 Bi 원자는 B 사이트에 또는 결정 입자 경계에 위치하는 것으로 여겨진다. A 사이트에 위치한 Bi는, 결정이 사방정 구조를 갖는 경우에도 충분한 기계적 품질 계수를 제공할 수 있다. 결정이 정방정 구조를 갖는 경우, B 사이트에 위치한 Bi는 Ti 또는 Zr의 원자가(주로 4가)와 상이한 원자가를 갖는다. 그 결과, 결함 쌍극자가 도입되어 내부 전계의 생성을 가능하게 한다. 따라서, 사방정 및 정방정 구조 둘 다에서 충분한 기계적 품질 계수가 얻어질 수 있다. 즉, 본 발명의 압전 재료는 적절한 양의 Bi를 함유하고, 따라서 장치 구동 온도 범위 내에서 충분한 기계적 품질 계수를 가질 수 있다. 0.042 중량부 미만의 Bi 함량은 저온(예를 들어, -30℃)에서 400 미만의 기계적 품질 계수를 제공하고, 따라서 바람직하지 않다.

[0052] 반면, 0.850 중량부 초과의 Bi 함량은 불충분한 압전 특성을 제공하고, 따라서 바람직하지 않다. 장치 구동 온도 범위(-30℃ 내지 50℃) 내에서의 보다 높은 기계적 품질 계수 및 압전 상수의 달성 관점에서, Bi의 함량은 더욱 바람직하게는 0.100 중량부 이상 0.850 중량부 이하, 또한 가장 바람직하게는 0.100 중량부 이상 0.480 중량부 이하이다. 0.028 중량부 초과의 Li 함량은 불충분한 압전 특성을 제공하고, 따라서 바람직하지 않다. Li의 함량이 0.028 중량부 이하이면, 압전 특성이 열화되지 않고, Li를 함유하지 않는 경우에 비해 더 저온에서 소결이 수행될 수 있다.

[0053] Bi는 금속 Bi로 제한되지 않고, Bi 성분이 압전 재료 내에 함유되는 한, Bi의 형태는 임의의 형태일 수 있다. 예를 들어, Bi는 A 사이트 또는 B 사이트에서 고용화될 수 있거나, 또는 결정 입자 경계(이하에서, 입자 경계로서 언급됨) 내에 함유될 수 있다. Bi 성분은 금속, 이온, 산화물, 금속 염, 또는 착체(complex) 등의 형태로 압전 재료 내에 함유될 수 있다.

[0054] Li는 금속 Li로 제한되지 않고, Li 성분이 압전 재료 내에 함유되는 한, Li의 형태는 임의의 형태일 수 있다. 예를 들어, Li는 A 사이트 또는 B 사이트에서 고용화될 수 있거나, 또는 입자 경계 내에 함유될 수 있다. Li 성분은 금속, 이온, 산화물, 금속 염, 또는 착체 등의 형태로 압전 재료 내에 함유될 수 있다.

[0055] (압전 재료의 제3 부성분)

[0056] 본 발명에 따른 압전 재료는 Mg로 구성된 제3 부성분을 함유할 수 있고, 제3 부성분의 함량은 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 바람직하게는 0.10 중량부 이하(0 중량부는 제외)이다. 상기 언급된 범위 내의 Mg를 함유하는 압전 재료는 기계적 품질 계수를 향상시킬 수 있다.

[0057] Mg의 함량이 0.10 중량부 초과이면, 장치 구동 온도 범위 내의 일부 온도에서 기계적 품질 계수가 400 미만으로 감소한다. 낮은 기계적 품질 계수는, 공진 장치로서의 압전 재료 및 한 쌍의 전극을 포함하는 압전 소자의 구동을 위한 전기 소비를 증가시킨다. 기계적 품질 계수는 더욱 바람직하게는 500 이상이고, 가장 바람직하게는 600 이상이다. 보다 높은 기계적 품질 계수의 달성 관점에서, Mg의 함량은 바람직하게는 0.05 중량부 이하이다.

[0058] Mg 성분이 압전 재료 내에 함유되는 한, Mg의 형태는 금속 Mg로 제한되지 않는다. 예를 들어, Mg는 A 사이트 또는 B 사이트에서 고용화될 수 있거나, 또는 입자 경계 내에 함유될 수 있다. Mg 성분은 금속, 이온, 산화물, 금속 염, 또는 착체 등의 형태로 압전 재료 내에 함유될 수 있다.

[0059] (압전 재료의 제4 부성분)

[0060] 본 발명에 따른 압전 재료는 Si 및 B 중 적어도 하나를 함유하는 제4 부성분을 함유할 수 있고, 제4 부성분의 함량은 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 바람직하게는 0.001 중량부 이상 4.000 중량부 이하, 더욱 바람직하게는 0.003 중량부 이상 2.000 중량부 이하이다.

[0061] 제4 부성분은 Si 및 B 중 적어도 하나를 함유한다. B 및 Si는 압전 재료의 입자 경계에서 편석된다. 그 결과, 입자 경계에서 유동하는 누출 전류가 감소하여 저항률을 증가시킨다. 0.001 중량부 이상의 함량으로 제4 부성분을 함유하는 압전 재료는 높은 저항률을 가져 절연성을 향상시킨다. 4.000 중량부 이상의 함량으로 제4 부성분을 함유하는 압전 재료는 유전율을 감소시켜, 압전 특성의 감소를 초래하고, 따라서 바람직하지 않다. Si의 함량은 페로브스카이트형 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 더욱 바람직하게는 0.003 중량부 이상 1.000 중량부 이하이다. B의 함량은 더욱 바람직하게는 0.001 중량부 이상 1.000 중량부 이하이다.

[0062] 적층 압전 소자에서, 전극 사이에 배치된 압전 재료는 박형이고, 따라서 높은 전계에 대해 내구성을 가질 것이 요구된다. 본 발명에 따른 압전 재료는 특히 탁월한 절연성을 갖고, 따라서 이러한 적층 압전 소자에 적합하게 적용될 수 있다.

[0063] 본 발명에 따른 압전 재료는, 시판되는 Ti 원료 중에 불가피한 성분으로서 함유된 양에 필적하는 양의 Nb, 및 시판되는 Zr 원료 중에 불가피한 성분으로서 함유된 양에 필적하는 양의 Hf를 함유할 수 있다.

[0064] 본 발명에 따른 압전 재료는 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물, 제1 부성분, 제2 부성분, 제3 부성분, 및 제4 부성분을, 이들의 총합이 98.5 mol% 이상이 되도록 함유할 수 있다. 압전 재료는 주성분으로서 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트형 금속 산화물을 90 mol% 이상, 더욱 바람직하게는 95 mol% 이상의 양으로 함유할 수 있다.

[0065] (결정 입자의 입경 및 원 상당 직경(equivalent circle diameter))

[0066] 본 발명에 따른 압전 재료에서, 압전 재료를 구성하는 결정 입자는 0.5 ㎛ 이상 10 ㎛ 이하의 평균 원 상당 직경을 가질 수 있다. 평균 원 상당 직경은 다수의 결정 입자의 원 상당 직경의 평균값을 지칭한다. 결정 입자의 평균 원 상당 직경이 상기 범위 내에 있는 경우, 본 발명의 압전 재료는 만족스러운 압전 특성 및 기계적 강도를 가질 수 있다. 0.5 ㎛ 미만의 평균 원 상당 직경은 불충분한 압전 특성을 제공할 수 있으며, 10 ㎛ 초과의 평균 원 상당 직경은 기계적 강도를 감소시킬 수 있다. 평균 원 상당 직경은 0.5 ㎛ 이상 4.5 ㎛ 이하의 범

위일 수 있다.

[0067] 본 발명에서, 용어 "원 상당 직경"은, 통상적으로 현미경 관찰에서 이용되는 "원 면적 상당 직경"을 나타내고, 이는 결정 입자의 투영 면적과 동일한 면적을 갖는 진원(perfect circle)의 직경을 나타낸다. 본 발명에서, 원 상당 직경은 임의의 방법에 의해 측정될 수 있다. 예를 들어, 원 상당 직경은 편광 현미경 또는 주사형 전자 현미경으로 촬영된 압전 재료 표면의 사진 화상의 화상 처리에 의해 측정할 수 있다. 최적 배율은 피전사체(object)의 입경에 따라 달라지기 때문에, 광학 현미경 또는 전자 현미경을 직경에 따라 적절히 사용할 수 있다. 원 상당 직경은 재료의 표면 대신에 연마면 또는 단면의 화상으로부터 측정할 수 있다.

[0068] (상대 밀도)

[0069] 본 발명의 압전 재료는 93% 이상 100% 이하의 상대 밀도를 가질 수 있다.

[0070] 상대 밀도는 압전 재료의 격자 상수 및 압전 재료의 구성 원소의 원자량으로부터 계산된 이론 밀도에 대한 실측 밀도의 비율이다. 격자 상수는, 예를 들어, X선 회절 분석에 의해 측정될 수 있다. 밀도는, 예를 들어, 아르키메데스(Archimedes) 방법에 의해 측정될 수 있다.

[0071] 93% 미만의 상대 밀도는 불충분한 압전 특성 또는 기계적 품질 계수를 제공할 수 있거나, 또는 기계적 강도를 감소시킬 수 있다.

[0072] 본 발명의 압전 재료는 95% 이상 100% 이하, 또한 더욱 바람직하게는 97% 이상 100% 이하의 상대 밀도를 가질 수 있다.

[0073] (압전 재료의 제조 방법)

[0074] 본 발명에 따른 압전 재료는 임의의 방법에 의해 제조될 수 있다. 이제, 전형적인 방법을 설명할 것이다.

[0075] (압전 재료에 대한 원료)

[0076] 압전 재료는, 예를 들어, 구성 원소를 함유하는 산화물, 탄산염, 질산염, 또는 옥살산염의 고체 분말로부터 성형체(green compact)를 형성하고, 성형체를 상압 하에 소결시키는 것에 의한 통상적 방법에 의해 제조될 수 있다. 원료는 Ba 화합물, Ca 화합물, Ti 화합물, Zr 화합물, Mn 화합물, Bi 화합물, Li 화합물, Mg 화합물, 또는 B 화합물 및 Si 화합물과 같은 금속 화합물로 구성된다.

[0077] Ba 화합물의 사용 가능한 예는, 산화바륨, 탄산바륨, 옥살산바륨, 아세트산바륨, 질산바륨, 티타늄산바륨, 지르코늄산바륨, 티타늄산지르코늄산바륨, 및 지르코늄산티타늄산바륨을 포함한다. 이들 Ba 화합물로서, 시판되는 고순도 화합물(예를 들어, 순도 99.99% 이상)이 사용될 수 있다.

[0078] Ca 화합물의 사용 가능한 예는, 산화칼슘, 탄산칼슘, 옥살산칼슘, 아세트산칼슘, 티타늄산칼슘, 지르코늄산칼슘, 및 티타늄산칼슘을 포함한다. 이들 Ca 화합물로서, 시판되는 고순도 화합물(예를 들어, 순도 99.99% 이상)이 사용될 수 있다.

[0079] Ti 화합물의 사용 가능한 예는, 산화티타늄, 티타늄산바륨, 티타늄산지르코늄산바륨, 및 티타늄산칼슘을 포함한다. 이들 Ti 화합물이 바륨 및 칼슘 등의 알칼리 토금속을 함유하는 경우, 시판되는 고순도 화합물(예를 들어, 순도 99.99% 이상)이 사용될 수 있다.

[0080] Zr 화합물의 사용 가능한 예는, 산화지르코늄, 지르코늄산바륨, 티타늄산지르코늄산바륨, 및 지르코늄산칼슘을 포함한다. 이들 Zr 화합물이 바륨 및 칼슘 등의 알칼리 토금속을 함유하는 경우, 시판되는 고순도 화합물(예를 들어, 순도 99.99% 이상)이 사용될 수 있다.

[0081] Mn 화합물의 사용 가능한 예는, 탄산망간, 산화망간, 이산화망간, 아세트산망간, 및 사산화삼망간을 포함한다.

[0082] Bi 화합물의 사용 가능한 예는, 산화비스무트 및 비스무트산리튬을 포함한다.

[0083] Li 화합물의 사용 가능한 예는, 탄산리튬 및 비스무트산리튬을 포함한다.

[0084] Mg 화합물의 사용 가능한 예는, 탄산마그네슘, 산화마그네슘, 수산화마그네슘, 과산화마그네슘, 및 염화마그네슘을 포함한다.

[0085] Si 화합물의 사용 가능한 예는, 이산화규소를 포함한다.

[0086] B 화합물의 사용 가능한 예는, 산화붕소를 포함한다.

[0087] 본 발명에 따른 압전 재료에서, B 사이트의 Ti 및 Zr의 몰량에 대한 A 사이트의 Ba 및 Ca의 몰량의 비율을 나타내는 "a"는 임의의 원료를 사용하여 조정할 수 있다. 임의의 Ba 화합물, Ca 화합물, Ti 화합물, 및 Zr 화합물을 사용하여 "a"를 조정함으로써 동일한 효과가 얻어질 수 있다.

[0088] (조립(granulated) 분말 및 성형체)

[0089] 성형체는 고체 분말의 성형에 의해 제조된 고체이다. 성형 방법의 예는, 1축 가압, 냉간 정수압, 열간 정수압, 캐스트, 및 압출을 포함한다. 성형체는 조립 분말로부터 제조될 수 있다. 조립 분말로부터 형성된 성형체의 소결은, 소결 성형체의 결정 입자의 크기 분포가 쉽게 균일화될 수 있다는 이점을 갖는다. 소결 성형체의 절연성 향상 관점에서, 성형체는 Si 및 B 중 적어도 하나를 함유하는 제4 부성분을 함유할 수 있다.

[0090] 압전 재료의 원료 분말은 임의의 방법에 의해 조립될 수 있다. 보다 균일한 입경을 갖는 조립 분말의 제공 관점에서 분무 건조가 이용될 수 있다.

[0091] 조립에 사용될 수 있는 바인더의 예는, 폴리비닐 알코올(PVA), 폴리비닐 부틸랄(PVB), 및 아크릴 수지를 포함한다. 조립에 사용되는 바인더의 양은, 성형체의 밀도 증가 관점에서, 압전 재료에 대한 원료 분말 100 중량부를 기준으로 하여 바람직하게는 1 내지 10 중량부, 또한 더욱 바람직하게는 2 내지 5 중량부이다.

[0092] (소결)

[0093] 성형체는 임의의 방법에 의해 소결될 수 있다.

[0094] 소결의 예는, 전기 로에서의 소결, 기체 로에서의 소결, 전기 가열, 마이크로파 소결, 밀리파 소결, 및 열간 등방압 가압(HIP)을 포함한다. 전기 로 및 기체 로는 연속 로 또는 배치 로일 수 있다.

[0095] 소결은 임의의 온도에서 수행될 수 있고, 각각의 화합물의 반응을 가능하게 하고 결정 성장을 위해 충분한 온도가 이용될 수 있다. 0.5 내지 10 ㎛의 범위 내의 입경 조절 관점에서, 소결 온도는 바람직하게는 1100℃ 이상 1400℃ 이하, 또한 더욱 바람직하게는 1100℃ 이상 1350℃ 이하이다. 이러한 온도 범위에서 소결된 압전 재료는 만족스러운 압전 성능을 나타낸다. 소결에 의해 제조된 압전 재료의 특성을 안정하게 재현시키기 위해서는, 소결을 2 내지 48시간 동안 상기 언급된 범위 내의 일정한 온도에서 수행한다. 2단계 소결 등의 소결이 이용될 수 있지만, 생산성의 관점에서 급속한 온도 변화를 포함하지 않는 방법이 이용될 수 있다.

[0096] 소결에 의해 제조된 압전 재료를 연마시키고, 이어서 1000℃ 이상의 온도에서 열-처리할 수 있다. 기계적 연마는 압전 재료 내에 잔류 응력을 생성시키지만, 1000℃ 이상에서의 열 처리는 잔류 응력을 경감시켜 압전 재료의 압전 특성을 더욱 향상시킨다. 열 처리는 또한, 입자 경계에서 석출된 탄산바륨 등의 원료 분말을 제거하는 효과를 갖는다. 열 처리는 임의의 기간, 예를 들어, 1시간 이상 동안 수행될 수 있다.

[0097] (압전 소자)

[0098] 도 1은 본 발명의 압전 소자의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다. 본 발명에 따른 압전 소자는 적어도 제1 전극(1), 압전 재료부(2), 및 제2 전극(3)을 포함한다. 압전 재료부(2)를 구성하는 압전 재료는 본 발명의 압전 재료이다.

[0099] 본 발명에 따른 압전 재료를 적어도 제1 전극 및 제2 전극을 갖는 압전 소자로 제조함으로써 그의 압전 특성에 대해 평가할 수 있다. 제1 및 제2 전극은 각각 약 5 ㎚ 내지 10 ㎛의 두께를 갖는 도전층이다. 각각의 전극은 압전 소자에 통상적으로 사용되는 임의의 재료로 제조될 수 있다. 재료의 예는, Ti, Pt, Ta, Ir, Sr, In, Sn, Au, Al, Fe, Cr, Ni, Pd, Ag, 및 Cu 등의 금속; 및 이들의 화합물을 포함한다.

[0100] 제1 및 제2 전극은 각각 임의의 이들 재료로 제조될 수 있거나, 또는 각각 2종 이상의 이들 재료로 제조된 적층체일 수 있다. 제1 및 제2 전극은 상이한 재료로 제조될 수 있다.

[0101] 제1 및 제2 전극은 임의의 방법에 의해 제조될 수 있고, 예를 들어, 금속 페이스트의 베이킹, 스퍼터링, 또는 증착에 의해 형성될 수 있다. 제1 및 제2 전극은 각각 원하는 형상으로 패터닝될 수 있다.

[0102] (분극 처리)

[0103] 압전 소자에서, 분극축은 동일한 방향으로 정렬될 수 있다. 동일한 방향으로 정렬된 분극축은 압전 소자의 압전 상수를 증가시킨다.

[0104] 압전 소자는 임의의 방법에 의해 분극될 수 있다. 분극 처리는 대기 중에서 또는 실리콘 오일 중에서 수행될

수 있다. 분극 온도는 60℃ 내지 150℃일 수 있다. 최적 분극 조건은 소자를 구성하는 압전 재료의 조성에 따라 약간 달라진다. 분극 처리를 위해 인가되는 전계는 800 V/㎜ 내지 2.0 kV/㎜일 수 있다.

[0105] (압전 상수 및 기계적 품질 계수의 측정)

[0106] 압전 소자의 압전 상수 및 기계적 품질 계수는, 시판되는 임피던스 분석기에 의해 측정된 공진 주파수 및 반(反)공진 주파수로부터 일본 전자 정보 기술 산업 협회 규격(JEITA EM-4501)에 기초한 계산에 의해 결정할 수 있다. 이하에서, 이 방법은 공진-반공진 방법으로서 언급된다.

[0107] (적층 압전 소자)

[0108] 이제, 본 발명의 적층 압전 소자를 설명할 것이다.

[0109] 본 발명에 따른 적층 압전 소자는 교호 라미네이팅된 압전 재료층 및 각각 내부 전극을 포함하는 전극 층으로 구성된다. 압전 재료층은 본 발명의 압전 재료로 제조된다.

[0110] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 적층 압전 소자의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다. 본 발명에 따른 적층 압전 소자는 교호 라미네이팅된 압전 재료층(54) 및 내부 전극(55)을 포함하는 전극 층으로 구성된다. 압전 재료층(54)은 본 발명의 압전 재료로 제조된다. 전극은 내부 전극(55)에 추가로 외부 전극, 예컨대 제1 전극(51) 및 제2 전극(53)을 포함할 수 있다.

[0111] 도 2a는, 제1 전극(51)과 제2 전극(53) 사이에 교호 적층된 2개의 압전 재료층(54) 및 1개의 내부 전극(55)으로 구성된 라미네이트 구조가 배치되어 있는, 본 발명의 적층 압전 소자의 구성을 나타낸다. 압전 재료층 및 내부 전극의 수는 제한되지 않고, 도 2b에 나타낸 바와 같이 증가될 수 있다. 도 2b에 나타낸 적층 압전 소자는, 제1 전극(501)과 제2 전극(503) 사이에 배치된 교호 라미네이팅된 9개의 압전 재료층(504) 및 8개의 내부 전극(505(505a 또는 505b))으로 구성된 라미네이트 구조를 포함한다. 적층 압전 소자는 교호 배치된 내부 전극의 단락을 위한 외부 전극(506a) 및 외부 전극(506b)을 포함한다.

[0112] 내부 전극(55, 505) 및 외부 전극(506a, 506b)의 크기 및 형상은 압전 재료층(54, 504)의 크기 및 형상과 반드시 동일하지는 않고, 2개 이상의 단편으로 분할될 수 있다.

[0113] 내부 전극(55, 505), 외부 전극(506a, 506b), 제1 전극(51, 501), 및 제2 전극(53, 503)은 각각 약 5 ㎚ 내지 10 ㎛의 두께를 갖는 도전층이고, 이들은 압전 소자에 통상적으로 사용되는 임의의 재료로 제조될 수 있다. 재료의 예는, Ti, Pt, Ta, Ir, Sr, In, Sn, Au, Al, Fe, Cr, Ni, Pd, Ag, 및 Cu 등의 금속; 및 이들의 화합물을 포함한다. 내부 전극(55, 505) 및 외부 전극(506a, 506b)은 각각 임의의 1종의 이들 재료 또는 2종 이상의 이들 재료의 혼합물 또는 합금으로 제조될 수 있거나, 또는 각각 2종 이상의 이들 재료로 제조된 적층체일 수 있다. 이들 전극은 서로 상이한 재료로 제조될 수 있다.

[0114] 내부 전극(55 및 505)은 각각, Pd의 함량 M2에 대한 Ag의 함량 M1의 중량비 M1/M2가 바람직하게는 $0.25 \leq M1/M2 \leq 4.0$, 또한 더욱 바람직하게는 $0.3 \leq M1/M2 \leq 3.0$이 되도록 Ag 및 Pd를 함유한다. 0.25 미만의 중량비 M1/M2는 불리하게 내부 전극의 소결 온도를 상승시키며, 4.0 초과의 중량비 M1/M2는 바람직하지 않게 섬 형상의 내부 전극을 형성하여 표면을 불균일하게 한다.

[0115] 저가의 전극 재료의 관점에서, 내부 전극(55, 505)은 Ni 및 Cu 중 적어도 하나를 함유할 수 있다. Ni 및 Cu 중 적어도 하나를 함유하는 내부 전극(55, 505)의 경우, 본 발명의 적층 압전 소자는 환원 분위기에서 소성될 수 있다.

[0116] 도 2b에 나타낸 바와 같이, 내부 전극(505)을 포함하는 다수의 전극은 구동 전압의 위상 조정을 위해 서로 단락될 수 있다. 예를 들어, 내부 전극(505a) 및 제1 전극(501)은 외부 전극(506a)과 단락될 수 있다. 내부 전극(505b) 및 제2 전극(503)은 외부 전극(506b)과 단락될 수 있다. 내부 전극(505a) 및 내부 전극(505b)은 교호 배치될 수 있다. 전극 사이의 단락 형태는 특별히 제한되지 않는다. 단락을 위한 전극 또는 배선은 적층 압전 소자의 측면에 배치될 수 있다. 다르게는, 압전 재료층(504)을 통과하도록 형성된 관통홀 내부에 배치된 도전 재료로 전극을 단락시킬 수 있다.

[0117] (액체 토출 헤드)

[0118] 이제, 본 발명의 액체 토출 헤드를 설명할 것이다.

[0119] 본 발명에 따른 액체 토출 헤드는 적어도, 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동 유닛이 제공된 액체

챔버 및 액체 챔버와 연통하는 토출구를 포함한다.

[0120] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 액체 토출 헤드의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다. 도 3a 및 도 3b에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 액체 토출 헤드는 본 발명의 압전 소자(101)를 포함한다. 압전 소자(101)는 적어도 제1 전극(1011), 압전 재료(1012), 및 제2 전극(1013)을 포함한다. 압전 재료(1012)는 도 3b에 나타낸 바와 같이 선택적으로 패터닝된다.

[0121] 도 3b는 액체 토출 헤드의 개략도이다. 액체 토출 헤드는 토출구(105), 개별 액체 챔버(102), 개별 액체 챔버(102)를 상응하는 토출구(105)에 연결시키는 연통 홀(106), 액체 챔버 격벽(104), 공통 액체 챔버(107), 진동판(103), 및 압전 소자(101)를 포함한다. 도 3b에 나타낸 압전 소자(101)는 각각 직사각형 형상을 갖지만, 타원형, 원형, 또는 평행사변형 형상 등의 임의의 형상을 가질 수 있다. 일반적으로, 압전 재료(1012)는 개별 액체 챔버(102)의 형상을 따르는 형상을 갖는다.

[0122] 본 발명의 액체 토출 헤드의 압전 소자(101) 부근을 도 3a를 참조로 하여 상세히 설명할 것이다. 도 3a는 도 3b에 나타낸 압전 소자의 폭 방향 단면도이다. 압전 소자(101)의 단면은 직사각형이지만, 사다리꼴 또는 역 사다리꼴일 수 있다.

[0123] 도면에서, 제1 전극(1011)은 하부 전극으로서 사용되고, 제2 전극(1013)은 상부 전극으로서 사용된다. 제1 전극(1011) 및 제2 전극(1013)의 배열은 이것으로 제한되지 않는다. 예를 들어, 제1 전극(1011)은 하부 전극 또는 상부 전극으로서 사용될 수 있다. 마찬가지로, 제2 전극(1013)은 상부 전극 또는 하부 전극으로서 사용될 수 있다. 추가로, 완충 층(108)이 진동판(103)과 하부 전극 사이에 배치될 수 있다. 이들 명칭의 차이는 장치의 제조 방법의 차이에 기인하며, 본 발명의 효과는 임의의 이들 경우에 달성될 수 있다.

[0124] 액체 토출 헤드에서, 진동판(103)은 압전 재료(1012)의 신축에 의해 상하로 진동되고, 개별 액체 챔버(102) 내의 액체에 압력을 인가한다. 그 결과, 토출구(105)로부터 액체가 토출된다. 본 발명의 액체 토출 헤드는 프린터에 사용될 수 있거나, 또는 전자 장치의 제조에 적용될 수 있다.

[0125] 진동판(103)은 1.0 ㎛ 이상 15 ㎛ 이하, 바람직하게는 1.5 ㎛ 이상 8 ㎛ 이하의 두께를 가질 수 있다. 진동판은 임의의 재료로 제조될 수 있다. 예를 들어, 진동판은 Si로 제조될 수 있고, 진동판의 Si는 붕소 또는 인으로 도핑될 수 있다. 추가로, 진동판 상의 완충 층 및 전극 층이 진동판의 일부일 수 있다. 완충 층(108)은 5 ㎚ 이상 300 ㎚ 이하, 바람직하게는 10 ㎚ 이상 200 ㎚ 이하의 두께를 가질 수 있다. 토출구(105)는 원 상당 직경으로서 5 ㎛ 이상 40 ㎛ 이하의 크기를 갖는다. 토출구(105)의 형상은 원 또는 별, 정사각형 또는 삼각형 형상일 수 있다.

[0126] (액체 토출 디바이스)

[0127] 이제, 본 발명의 액체 토출 디바이스를 설명할 것이다. 본 발명의 액체 토출 디바이스는 피전사체-보유 지지부 및 액체 토출 헤드를 포함한다.

[0128] 도 4 및 도 5에 나타낸 잉크-젯 기록 장치는 본 발명의 액체 토출 디바이스의 일례이다. 도 5는, 외장부(882 내지 885 및 887)가 제거된 상태의, 도 4에 나타낸 액체 토출 디바이스(잉크-젯 기록 장치)(881)를 나타낸다. 잉크-젯 기록 장치(881)는, 피전사체로서의 기록지를 장치 본체 (896)로 자동 공급하기 위한 자동 공급기(897)를 포함한다. 잉크-젯 기록 장치(881)는 추가로, 자동 공급기(897)로부터 공급된 기록지를 소정의 기록 위치로 반송하고, 이어서 기록 위치로부터 기록지를 배출구(898)로 반송하기 위한, 피전사체-보유 지지부인 반송 유닛(899); 기록 위치로 반송된 기록지 상에 기록을 수행하기 위한 기록부(891); 및 기록부(891)에 대한 회복 처리를 수행하기 위한 회복부(890)를 포함한다. 기록부(891)에는, 본 발명의 액체 토출 헤드를 수납하여, 레일 상에서 왕복 운동으로 이동하는 캐리지(892)가 제공된다.

[0129] 이러한 잉크-젯 기록 장치에서, 캐리지(892)는 컴퓨터로부터 전달된 전기 신호에 따라 레일 상에서 슬라이딩되고, 압전 재료가 삽입 배치되어 있는 전극에 구동 전압을 인가함으로써 압전 재료가 변위된다. 압전 재료의 변위는, 도 3b에 나타낸 진동판(103)을 통해 개별 액체 챔버(102)에 압력을 인가함으로써, 토출구(105)로부터 잉크를 토출시켜 인쇄를 수행한다.

[0130] 본 발명의 액체 토출 디바이스에서는, 액체가 높은 속도로 균일하게 토출될 수 있고, 장치의 크기가 감소될 수 있다.

[0131] 상술한 예는 프린터이지만, 본 발명의 액체 토출 디바이스는 팩스기, 다기능 주변기기, 또는 복사기 등의 잉크-젯 기록 장치를 포함한 인쇄 장치 뿐만 아니라 산업용 액체 토출 디바이스 및 피전사체 묘화(drawing) 장치로서

사용될 수 있다.

[0132] 추가로, 사용자는 용도에 따라 원하는 피전사체를 선택할 수 있다. 액체 토출 헤드가 보유 지지부로서의 스테이지 상에 배치된 피전사체에 대하여 상대적으로 이동하는 구성이 채용될 수 있다.

[0133] (초음파 모터)

[0134] 이제, 본 발명의 초음파 모터를 설명할 것이다. 본 발명에 따른 초음파 모터는 적어도, 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 진동체 및 진동체와 접촉되는 이동체를 포함한다.

[0135] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 초음파 모터의 구성의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다. 도 6a는 본 발명의 압전 소자가 단일판인 초음파 모터를 나타낸다. 초음파 모터는 진동자(201), 스프링(도시되지 않음)에 의해 인가된 압력에 의해 진동자(201)의 슬라이딩면과 접촉하는 회전자(202), 및 회전자(202)와 일체형으로 배치된 출력 샤프트(203)를 포함한다. 진동자(201)는 탄성 금속 링(2011), 본 발명의 압전 소자(2012), 및 압전 소자(2012)를 탄성 링(2011)에 접합시키기 위한 유기 접착제(예를 들어, 에폭시 또는 시아노아크릴레이트 접착제)(2013)으로 구성된다. 본 발명의 압전 소자(2012)는 제1 전극 및 제2 전극(둘 다 도시되지 않음), 및 이들 사이에 배치된 압전 재료로 구성된다.

[0136] 본 발명의 압전 소자에, π/2의 홀수배만큼 위상이 상이한 교번 전압이 인가되면, 진동자(201)에서 굴곡 진행파가 생성되고, 진동자(201)의 슬라이딩면 상의 각 점이 타원 운동으로 이동한다. 진동자(201)의 슬라이딩면에 압착된 회전자(202)는, 진동자(201)로부터 마찰력을 받아, 굴곡 진행파와 반대 방향으로 회전한다. 구동되는 피전사체(도시되지 않음)는 출력 샤프트(203)에 연결되어 회전자(202)의 회전력에 의해 구동된다. 전압이 인가된 압전 재료는 압전 횡효과에 의해 신축된다. 탄성재, 예컨대 금속이 압전 소자와 접촉되는 경우, 탄성재는 압전 재료의 신축에 의해 굽어진다. 여기에 기재된 초음파 모터는 상기 원리를 이용한 것이다.

[0137] 도 6b는 라미네이트 구조를 갖는 압전 소자를 포함하는 초음파 모터의 일례를 나타낸다. 진동자(204)는 관형 금속 탄성체(2041) 및 탄성체 사이에 배치된 적층 압전 소자(2042)로 구성된다. 적층 압전 소자(2042)는 다수의 라미네이팅된(적층된) 압전 재료(도시되지 않음)로 구성되고, 이는 라미네이팅된 압전 재료의 외부 표면 상에 형성된 제1 전극 및 제2 전극, 및 라미네이팅된 압전 재료 사이의 내부 전극을 포함한다. 금속 탄성체(2041)는 볼트에 의해 서로 연결되어 이들 사이에 압전 소자(2042)를 고정시켜 진동자(204)를 형성한다.

[0138] 적층 압전 소자(2042)에 위상이 상이한 교번 전압을 인가하면, 진동자(204)는 서로 직교하는 2가지 진동을 발생시킨다. 2가지 진동은 조합되어 진동자(204)의 단부의 구동을 위한 원 진동을 생성시킨다. 진동자(204)는 상부에 원형 홈이 제공되어 구동을 위한 진동 변위를 증가시킨다. 가압 스프링(206)에 의해 회전자(205)가 진동자(204)와 압접되어 구동을 위한 마찰력을 생성시킨다. 회전자(205)는 베어링에 의해 회전가능하게 지지된다.

[0139] (광학 장치)

[0140] 이제, 본 발명의 광학 장치를 설명할 것이다. 본 발명의 광학 장치는 그의 구동 유닛 내에 초음파 모터를 포함한다.

[0141] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 광학 장치의 일 실시형태로서의 일안 리플렉스 카메라의 교환가능 렌즈 배럴의 주요 단면도이다. 도 8은, 본 발명의 광학 장치의 일 실시형태로서의 일안 리플렉스 카메라의 교환가능 렌즈 배럴의 분해 사시도이다. 고정 배럴(712), 직진 안내 배럴(713), 및 전군 렌즈 배럴(714)이 카메라와 탈착가능한 마운트(711)에 고정되어 있다. 이들 배럴은 교환가능 렌즈 배럴의 고정 부재이다.

[0142] 직진 안내 배럴(713)에는 광축 방향으로 포커스 렌즈(702)에 대한 직진 안내홈(713a)이 제공된다. 축방향 나사(718)에 의해, 직경 방향으로 외부로 돌출되어 있는 캠 롤러(717a 및 717b)가 포커스 렌즈(702)를 보유 지지하는 후군 렌즈 배럴(716)에 고정된다. 캠 롤러(717a)는 직진 안내홈(713a) 내에 끼워맞춤된다.

[0143] 캠 링(715)은 직진 안내 배럴(713)의 내주 내에 회전가능하게 끼워맞춤된다. 캠 링(715)에 고정된 롤러(719)가 직진 안내 배럴(713)의 원주 홈(713b) 내에 끼워맞춤됨으로써, 광축 방향으로 직진 안내 배럴(713)과 캠 링(715) 사이의 상대적 변위가 규제된다. 캠 링(715)에는 포커스 렌즈(702)를 위한 캠 홈(715a)이 제공되고, 캠 롤러(717b)가 또한 캠 홈(715a) 내에 끼워맞춤된다.

[0144] 고정 배럴(712)의 외주측에는 회전 전달 링(720)이 배치되고, 이는 고정 배럴(712)에 대해 고정 위치에서 회전가능하도록 볼 레이스(727)에 의해 보유 지지된다. 회전 전달 링(720)은 회전 전달 링(720)으로부터 방사형으로 연장되는 샤프트(720f)를 갖고, 구동 롤러(722)는 샤프트(720f)에 의해 회전가능하게 보유 지지된다. 구동

롤러(722)의 대직경(large-diameter)부(722a)는 수동 포커스 링(724)의 마운트측 단면(724b)과 접촉된다. 구동 롤러(722)의 소직경(small-diameter)부(722b)는 연결 부재(729)와 접촉된다. 6개의 구동 롤러(722)가 회전 전달 링(720)의 외주 상에 등간격으로 배치되고, 각각의 구동 롤러는 상기에 기재된 바와 같이 배치된다.

[0145] 수동 포커스 링(724)의 내경부에는 저마찰 시트(와셔 부재)(733)가, 고정 배럴(712)의 마운트측 단면(712a)과 수동 포커스 링(724)의 전방측 단면(724a) 사이에서 보유 지지되도록 배치된다. 저마찰 시트(733)의 외경면은 링 형상을 갖고, 수동 포커스 링(724)의 내경부(724c) 내에 끼워맞춤되고, 수동 포커스 링(724)의 내경부(724c)는 추가로 고정 배럴(712)의 외경부(712b) 내에 끼워맞춤된다. 저마찰 시트(733)는, 수동 포커스 링(724)이 고정 배럴(712)에 대해 광축 주위로 상대적으로 회전하는 회전 링 메커니즘으로 마찰을 감소시킨다.

[0146] 렌즈의 전방으로 초음파 모터(725)를 가압하는 파형 와셔(726)의 힘에 의해 인가된 압력에 의해, 구동 롤러(722)의 대직경부(722a)와 수동 포커스 링의 마운트측 단면(724a)이 서로 접촉된다. 유사하게, 렌즈의 전방으로 초음파 모터(725)를 가압하는 파형 와셔(726)의 힘에 의해, 구동 롤러(722)의 소직경부(722b)와 연결 부재(729)가 서로 접촉된다. 파형 와셔(726)는, 고정 배럴(712)에 바요넷(bayonet)-연결된 와셔(732)에 의해 마운트 방향을 향한 이동시 규제된다. 파형 와셔(726)에 의해 생성된 스프링 힘(바이어스 힘)은 초음파 모터(725)로, 또한 추가로 롤러(722)로 전달되고, 따라서 또한 수동 포커스 링(724)에 의해 고정 배럴(712)의 마운트측 단면(712a)에 대한 가압력으로서 작용한다. 즉, 수동 포커스 링(724)은 저마찰 시트(733)를 통해 고정 배럴(712)의 마운트측 단면(712a)에 대해 가압되도록 도입된다.

[0147] 그 결과, 초음파 모터(725)가 제어기(도시되지 않음)에 의해 고정 배럴(712)에 대해 회전하도록 구동되면, 연결 부재(729)가 구동 롤러(722)의 소직경부(722b)와 마찰 접촉하기 때문에, 구동 롤러(722)가 샤프트(720f) 주위로 회전한다. 구동 롤러(722)가 샤프트(720f) 주위로 회전하면, 회전 전달 링(720)이 광축 주위로 회전한다(오토포커스 동작).

[0148] 광축 주위의 회전력이 수동 조작 입력 유닛(도시되지 않음)으로부터 수동 포커스 링(724)에 인가되면, 수동 포커스 링(724)의 마운트측 단면(724b)이 구동 롤러(722)의 대직경부(722a)와 압접된다. 그 결과, 마찰력에 의해 구동 롤러(722)가 샤프트(720f) 주위로 회전한다. 구동 롤러(722)의 대직경부(722a)가 샤프트(720f) 주위로 회전하면, 회전 전달 링(720)이 광축 주위로 회전한다. 이 경우, 회전자(725c)와 고정자(725b)의 마찰 유지력이 초음파 모터(725)가 회전되지 않도록 막는다(수동 포커스 동작).

[0149] 회전 전달 링(720)에는, 서로 대향하는 위치의 2개의 포커스 키(728)가 제공된다. 포커스 키(728)는 캠 링(715)의 단부에 형성된 노치(715b) 내에 끼워맞춤된다. 그 결과, 오토포커스 동작 또는 수동 포커스 동작에 의한 광축 주위로의 회전 전달 링(720)의 회전은, 포커스 키(728)를 통해 캠 링(715)에 전달되어 캠 링을 광축 주위로 회전시킨다. 그 결과, 캠 롤러(717a) 및 직진 안내홈(713a)에 의해 회전 규제된 후군 렌즈 배럴(716)이, 캠 롤러(717b)에 의해 캠 링(715)의 캠 홈(715a)을 따라 이동한다. 따라서, 포커스 렌즈(702)가 구동되어 포커스 동작이 수행된다.

[0150] 여기서는, 본 발명의 광학 장치의 일례로서 일안 리플렉스 카메라의 교환 렌즈 배럴을 설명하였다. 본 발명은, 카메라의 유형에 관계없이, 컴팩트 카메라, 전자 스틸 카메라, 또는 카메라 장착 휴대용 단말기 등의, 구동 유닛 내에 초음파 모터를 갖는 임의의 광학 장치에 적용될 수 있다.

[0151] (진동 디바이스 및 먼지 제거 디바이스)

[0152] 예를 들어, 입자, 분말 또는 액적의 반송 또는 제거를 위한 진동 디바이스는 전자 장치에서 폭넓게 사용된다.

[0153] 이제, 본 발명의 진동 디바이스의 일례로서 본 발명의 압전 소자를 포함하는 먼지 제거 디바이스를 설명할 것이다. 본 발명에 따른 진동 디바이스는 적어도, 압전 소자 또는 적층 압전 소자가 제공된 진동판을 갖는 진동체를 포함한다.

[0154] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 먼지 제거 디바이스의 일 실시형태를 나타내는 개략도이다. 먼지 제거 디바이스(310)는 평판형 압전 소자(330) 및 진동판(320)으로 구성된다. 압전 소자(330)는 본 발명의 적층 압전 소자일 수 있다. 진동판(320)은 임의의 재료로 제조될 수 있다. 먼지 제거 디바이스(310)가 광학 기기에 사용되는 경우에는, 진동판(320)으로서 투명 재료 또는 광-반사성 재료가 사용될 수 있다.

[0155] 도 10a 내지 도 10c는 도 9a 및 도 9b에 나타낸 압전 소자(330)의 구성을 나타내는 개략도이다. 도 10a 및 도 10c는 압전 소자(330)의 전면 및 배면의 구조를 나타내고, 도 10b는 측면의 구조를 나타낸다. 도 9a 및 도 9b(도 10a 내지 도 10c)에 나타낸 바와 같이, 압전 소자(330)는 압전 재료(331), 제1 전극(332), 및 제2 전극

(333)으로 구성되고, 제1 전극(332) 및 제2 전극(333)은 각각 서로 대향하도록 평판형 압전 재료(331)의 표면 상에 배열된다. 도 9a 및 도 9b에 나타낸 압전 소자에서와 같이, 압전 소자(330)는 본 발명의 적층 압전 소자일 수 있다. 이러한 경우, 압전 재료(331)는 교호 배열된 압전 재료층 및 내부 전극을 갖는 구조를 갖고, 내부 전극은 제1 전극(332) 또는 제2 전극(333)과 교호 단락되어 각각의 압전 재료층에 대해 위상이 상이한 구동 파형을 제공한다. 도 10c에 나타낸 압전 소자(330)의 제1 전극(332)의 면은 제1 전극면(336)이고, 도 10a에 나타낸 압전 소자(330)의 제2 전극(333)의 면은 제2 전극면(337)이다.

[0156] 여기서, 본 발명에서의 전극면은 전극이 배치되어 있는 압전 소자의 면을 나타낸다. 예를 들어, 도 10a 내지 도 10c에 나타낸 바와 같이, 제1 전극(332)은 제2 전극면(337)을 둘러쌀 수 있다.

[0157] 도 9a 및 도 9b에 나타낸 바와 같이, 압전 소자(330)의 제1 전극면(336)은 진동판(320)의 판면에 고정된다. 압전 소자(330)의 구동에 의해, 압전 소자(330)와 진동판(320) 사이에 응력이 발생하여 진동판의 면외 진동을 생성시킨다. 본 발명의 먼지 제거 디바이스(310)는, 진동판(320)의 면외 진동에 의해, 진동판(320)의 표면에 부착된 먼지 등의 이물질을 제거하기 위한 장치이다. 용어 "면외 진동"은 광축 방향, 즉 진동판의 두께 방향으로 진동판을 변위시키는 탄성 진동을 지칭한다.

[0158] 도 11의 (a) 및 (b)는 본 발명의 먼지 제거 디바이스(310)의 진동 원리를 나타내는 개략도이다. 도 11의 (a)는, 한 쌍의 압전 소자(330)에 동일 위상의 교번 전압이 인가됨으로써 진동판(320)에서 면외 진동을 발생시키는 상태를 나타낸다. 한 쌍의 압전 소자(330)를 구성하는 압전 재료의 분극 방향은 압전 소자(330)의 두께 방향과 동일하다. 먼지 제거 디바이스(310)는 제7 진동 모드로 구동된다. 도 11의 (b)는, 한 쌍의 압전 소자(330)에 180° 의 위상차를 갖는 반대 위상 교번 전압이 인가됨으로써 진동판(320)에서 면외 진동을 발생시키는 상태를 나타낸다. 먼지 제거 디바이스(310)는 제6 진동 모드로 구동된다. 본 발명의 먼지 제거 디바이스(310)는, 적어도 2개의 진동 모드를 적절하게 이용함으로써 진동판의 표면에 부착된 먼지를 효과적으로 제거할 수 있다.

[0159] (촬상 디바이스)

[0160] 이제, 본 발명의 촬상 디바이스를 설명할 것이다. 본 발명의 촬상 디바이스는 적어도 먼지 제거 디바이스 및 촬상 소자 유닛을 포함하고, 촬상 소자 유닛의 수광면측 상에 먼지 제거 디바이스의 진동판을 갖는다. 도 12 및 도 13은 본 발명의 촬상 디바이스의 일 실시형태로서 디지털 일안 리플렉스 카메라를 나타내는 도이다.

[0161] 도 12는, 촬상 렌즈 유닛이 제거된 상태에서, 피전사체측으로부터 본 카메라 본체(601)의 전면 사시도이다. 도 13은, 본 발명의 먼지 제거 디바이스 및 촬상 유닛(400)의 주변 구조를 나타낸, 카메라 내부의 구조를 개략적으로 나타내는 분해 사시도이다.

[0162] 카메라 본체(601) 내에는, 촬상 렌즈를 통과한 촬상 광 빔이 유도되는 미러 박스(605)가 배치된다. 메인 미러(퀵 리턴 미러) (606)가 미러 박스(605) 내에 배치된다. 메인 미러(606)는, 메인 미러(606)가 촬상 광 빔을 펜타 루프 미러(도시되지 않음)의 방향으로 유도하기 위한 촬상 광축에 대해 45° 의 각도로 유지되는 상태 및 메인 미러(606)가 촬상 광 빔을 촬상 소자(도시되지 않음)의 방향으로 유도하기 위한 촬상 광 빔으로부터 후퇴된 위치에서 보유 지지되는 상태를 취할 수 있다.

[0163] 카메라 본체의 골격으로서 작용하는 본체 샤시(300)의 피사체측에는 미러 박스(605) 및 셔터 유닛(200)이 피전사체측으로부터 이 순서로 배치된다. 또한, 본체 샤시(300)의 촬영자측에는 촬상 유닛(400)이 배치된다. 촬상 유닛(400)은, 촬상 렌즈 유닛의 설치를 위한 기초로서 작용하는 마운트(602)의 고정면에, 촬상 소자의 촬상면이 고정면과 평행하게 이들 사이에 소정의 거리를 두고 있도록 설치된다.

[0164] 촬상 유닛(400)은 먼지 제거 디바이스의 진동 부재 및 촬상 소자 유닛으로 구성된다. 먼지 제거 디바이스의 진동 부재 및 촬상 소자 유닛의 수광면은 동일 축 상에 배치된다.

[0165] 여기서는, 본 발명의 촬상 디바이스의 일례로서 디지털 일안 리플렉스 카메라를 설명하였다. 촬상 디바이스는, 예를 들어, 미러 박스(605)를 갖지 않는 미러리스(mirror-less) 디지털 일안 카메라 등의 촬상 렌즈 교환식 카메라일 수 있다. 또한, 본 발명은, 특히 촬상 렌즈 유닛 교환식 비디오 카메라, 복사기, 팩스기, 및 스캐너 등의 촬상 디바이스, 또는 촬상 디바이스를 갖는 전기 전자 장치의 광학 부품의 표면에 부착되는 먼지 제거가 요구되는 임의의 장치에 적용될 수 있다.

[0166] (전자 장치)

[0167] 이제, 본 발명의 전자 장치를 설명할 것이다. 본 발명의 전자 장치는 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 갖는

압전 음향 부품을 포함한다. 압전 음향 부품의 예는, 스피커, 버저, 마이크, 및 표면 탄성파(SAW) 소자를 포함한다.

[0168] 도 14는, 본 발명의 전자 장치의 실시형태인 디지털 카메라 본체(931)의, 전방으로부터 본 전체 사시도이다. 광학 장치(901), 마이크(914), 섬광 발광 유닛(909), 및 보조 광 유닛(916)이 본체(931)의 전면에 배치된다. 마이크(914)는 본체 내부에 도입되어 있고, 따라서 파선으로 나타내었다. 외부로부터 소리를 수집하기 위해, 마이크(914)의 전방의 본체 내에는 홀이 제공된다.

[0169] 본체(931)의 상면에는, 전원 버튼(933), 스피커(912), 줌 레버(932), 및 포커스 동작을 수행하기 위한 릴리즈 버튼(908)이 배열된다. 스피커(912)는 본체(931) 내부에 도입되어 있고, 따라서 파선으로 나타내었다. 외부로의 음성 전달을 위해 본체 내에 스피커(912)의 전면에는 홀이 제공된다.

[0170] 본 발명의 압전 음향 부품은 마이크(914), 스피커(912), 및 표면 탄성파 소자 중 적어도 하나에 사용된다.

[0171] 여기서는, 본 발명의 전자 장치로서 디지털 카메라를 설명하였다. 본 발명은 또한, 음성 재생기, 녹음기, 휴대 전화, 및 정보 단말기 등의 각종 압전 음향 부품을 갖는 전자 장치에 적용될 수 있다.

[0172] 상기에 언급된 바와 같이, 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자는 액체 토출 헤드, 액체 토출 디바이스, 초음파 모터, 광학 장치, 진동 디바이스, 먼지 제거 디바이스, 촬상 디바이스, 및 전자 장치에 적합하게 적용될 수 있다. 이들은 특히 저온에서의 작업에 적합하다.

[0173] 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 노즐 밀도 및 토출 속도를 갖는 액체 토출 헤드를 제공할 수 있다.

[0174] 본 발명의 액체 토출 헤드를 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 토출 속도 및 토출 정밀도를 갖는 액체 토출 디바이스를 제공할 수 있다.

[0175] 본 발명의 압전 소자 및 적층 압전 소자를 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 구동력 및 내구성을 갖는 초음파 모터를 제공할 수 있다.

[0176] 본 발명의 초음파 모터를 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 내구성 및 작동 정밀도를 갖는 광학 장치를 제공할 수 있다.

[0177] 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 진동 능력 및 내구성을 갖는 진동 디바이스를 제공할 수 있다.

[0178] 본 발명의 진동 디바이스를 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 먼지 제거 효율 및 내구성을 갖는 먼지 제거 디바이스를 제공할 수 있다.

[0179] 본 발명의 먼지 제거 디바이스를 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 먼지 제거 기능을 갖는 촬상 디바이스를 제공할 수 있다.

[0180] 본 발명의 압전 소자 또는 적층 압전 소자를 포함하는 압전 음향 부품을 사용함으로써, 납을 함유하는 압전 소자를 사용하는 경우의 것들과 동등한 또는 그보다 높은 음향 발생능을 갖는 전자 장치를 제공할 수 있다.

[0181] 본 발명의 압전 재료는, 액체 토출 헤드 및 모터 뿐만 아니라 초음파 진동자, 압전 액튜에이터, 압전 센서, 및 강유전 메모리 등의 장치에 사용될 수 있다.

[0182] 실시예

[0183] 이제, 본 발명을 실시예에 의해 더욱 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 하기 실시예로 제한되지 않는다.

[0184] 본 발명의 압전 재료를 하기와 같이 제조하였다.

[0185] (압전 재료)

[0186] (실시예 1의 압전 재료)

[0187] x=0.080, y=0.070, 및 a=1.0022인 화학식 1: $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$, 즉, $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$으로 표시되는 조성에 상응하는 원료를 하기와 같이 칭량하였다.

[0188] 100 ㎚의 평균 입경 및 99.99% 이상의 순도를 갖는 티타늄산바륨 원료 분말, 300 ㎚의 평균 입경 및 99.99% 이상의 순도를 갖는 티타늄산칼슘 원료 분말, 및 300 ㎚의 평균 입경 및 99.99% 이상의 순도를 갖는 지르코늄산칼

슘 원료 분말을 고체-상 방법에 의해 제조하고, 조성 $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$를 제공하는 Ba, Ca, Ti, 및 Zr의 비율로 칭량하였다. B 사이트의 Ti 및 Zr의 몰량에 대한 A 사이트의 Ba 및 Ca의 몰량의 비율을 나타내는 "a"를 조정하기 위해, 탄산바륨 및 탄산칼슘을 사용하였다.

[0189] 제1 부성분의 Mn의 함량이 조성 $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$ 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.150 중량부가 되도록 이산화망간을 칭량하였다. 제2 부성분의 Bi의 함량이 주성분으로서의 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.260 중량부가 되도록 산화비스무트를 칭량하였다. 이산화규소 및 산화붕소를 제4 부성분으로서 Si 및 B의 함량이 각각 주성분으로서의 금속 산화물 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.033 중량부 및 0.017 중량부가 되도록 칭량하였다.

[0190] 이들 칭량 분말을 24시간 동안 볼 밀을 사용하여 건식 혼합에 의해 혼합하였다. 얻어진 혼합 분말에, 분무-건조기를 사용하여, 3 중량부의 PVA 바인더를 분무하여 혼합 분말 표면에 부착시켜 조립하였다.

[0191] 이어서, 금형을 생성된 조립 분말로 충전시키고, 가압 성형 기계를 사용하여 금형에 200 MPa의 성형 압력을 인가함으로써 조립 분말을 디스크형 성형체로 성형하였다. 성형체를 냉간 등방압 가압 성형 기계를 사용하여 추가로 가압할 수 있다. 또한 이러한 경우에도, 유사한 결과가 얻어졌다.

[0192] 생성된 성형체를 전기 로에 넣고, 1200℃의 최대 온도 T_{max}에서 4시간 동안 유지시키고, 총 24시간 동안 주변 온도에서 소결시켜 본 실시예의 압전 세라믹을 얻었다.

[0193] 압전 세라믹을 구성하는 결정 입자의 평균 원 상당 직경 및 상대 밀도를 평가하였고, 이는 각각 1.05 ㎛ 및 98.1%였다. 결정 입자는 주로 편광 현미경을 사용하여 관찰하였으나, 작은 입경을 갖는 결정 입자는 주사형 전자 현미경(SEM)을 사용하여 평가하였다. 평균 원 상당 직경은 편광 현미경 또는 주사형 전자 현미경으로 촬영된 화상의 화상 처리에 의해 계산하였다. 상대 밀도는 아르키메데스 방법에 의해 평가하였다.

[0194] 이어서, 세라믹을 0.5 ㎜의 두께로 분쇄하고, X선 회절에 의해 결정 구조를 평가하였다. 페로브스카이트 구조에 상응하는 피크만이 관찰되었다.

[0195] 생성된 세라믹의 조성은 ICP 발광 분광 분석에 의해 평가하였다. 그 결과, 압전 재료의 주성분이 화학식: $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$으로 표시되는 금속 산화물이라는 것, 또한 주성분으로서의 금속 산화물 100 중량부 중에 금속 환산으로 0.150 중량부의 Mn, 0.260 중량부의 Bi, 0.0001 중량부의 Mg, 0.033 중량부의 Si, 및 0.017 중량부의 B가 각각 함유되어 있는 것으로 나타났다.

[0196] 다시 결정 입자의 관찰을 수행하였고, 분쇄 전후 사이의 평균 원 상당 직경에는 유의한 차이가 없었다.

[0197] (실시예 2 내지 24의 압전 재료)

[0198] 실시예 1에서 사용된 원료에 추가로 탄산리튬 분말을 임의로 사용한 것을 제외하고는 실시예 1에서와 같이 실시예 2 내지 24의 압전 재료를 제조하였다. 먼저, Ba, Ca, Ti, 및 Zr의 비율이 표 1에 나타낸 바와 같이 되도록 각각의 원료 분말을 칭량하였다. B 사이트의 Ti 및 Zr의 몰량에 대한 A 사이트의 Ba 및 Ca의 몰량의 비율을 나타내는 "a"를 조정하기 위해, 탄산바륨 및 탄산칼슘을 사용하였다. 이어서, 화학식: $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$에 대하여 티타늄산바륨, 티타늄산칼슘, 지르코늄산칼슘, 탄산바륨, 및 탄산칼슘의 중량 합계(총량) 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로, 제1 부성분의 Mn의 함량, 제2 부성분의 Bi 및 Li의 함량, 및 제4 부성분의 Si 및 B의 함량의 비율이 표 1에 나타낸 바와 같이 되도록, 이산화망간, 산화비스무트, 탄산리튬, 이산화규소, 및 산화붕소를 칭량하였다.

[0199] 이들 칭량 분말을 24시간 동안 볼 밀을 사용하여 건식 혼합에 의해 혼합하였다. 생성된 혼합 분말에, 분무-건조기를 사용하여, 3 중량부의 PVA 바인더를 분무하여 혼합 분말 표면에 부착시켜 조립하였다. 실시예 17 내지 20에서는, 산화마그네슘을 금속 환산으로 각각 0.0049, 0.0099, 0.0499, 및 0.0999 중량부의 양으로 혼합하였다.

[0200] 이어서, 금형을 생성된 조립 분말로 충전시키고, 가압 성형 기계를 사용하여 금형에 200 MPa의 성형 압력을 인가함으로써 조립 분말을 디스크형 성형체로 성형하였다.

[0201] 생성된 성형체를 전기 로에 넣고, 표 1에 나타낸 최대 온도 T_{max}에서 4시간 동안 유지시키고, 총 24시간 동안 주변 온도에서 소결시켜 본 발명의 압전 세라믹을 얻었다.

[0202] 평균 원 상당 직경 및 상대 밀도를 실시예 1에서와 같이 평가하였다. 결과를 표 2에 나타내었다.

[0203] 각각의 압전 재료의 조성을 실시예 1에서와 같이 분석하였다. 그 결과, 모든 압전 재료에서, 소결 후 Ba, Ca, Ti, Zr, Mn, Bi, Li, Si, 및 B의 조성이 칭량 조성과 동일한 것으로 나타났다. 실시예 2 내지 16에서는, 화학식: $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$에 대하여 100 중량부를 기준으로 하여 Mg의 함량이 각각 0.0001 중량부이며, 실시예 17 내지 20에서는, Mg의 함량이 0.0050, 0.0100, 0.0500, 및 0.1000 중량부인 것으로 나타났다.

표 1

	주성분					A/B	제1 부성분	제2 부성분		제3 부성분		제4 부성분		합계	최대 온도 Tmax [°C]
	Ba	Ca	Ti	Zr			Mn	Bi	Li	Si		B			
	1-x	x	1-y	y		a	중량부	중량부	중량부	중량부		중량부		중량부	
실시예 1	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 2	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0017	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 3	0.920	0.080	0.950	0.050		1.0032	0.180	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 4	0.920	0.080	0.950	0.050		1.0060	0.240	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 5	0.920	0.080	0.950	0.050		1.0085	0.300	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 6	0.920	0.080	0.970	0.030		1.0105	0.300	0.170	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 7	0.930	0.070	0.970	0.030		1.0012	0.100	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 8	0.970	0.030	0.920	0.080		1.0077	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 9	0.970	0.030	0.970	0.030		1.0077	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 10	0.912	0.088	0.970	0.030		1.0062	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 11	0.912	0.088	0.920	0.080		1.0067	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 12	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.150	0.260	0	0		0		0	1340
실시예 13	0.912	0.088	0.970	0.030		1.0022	0.150	0.260	0	0		0		0	1340
실시예 14	0.970	0.030	0.970	0.030		1.0022	0.100	0.260	0	0		0		0	1340
실시예 15	0.920	0.080	0.930	0.070		0.9900	0.150	0.260	0.005	0.033		0.005		0.038	1200
실시예 16	0.912	0.088	0.970	0.030		1.0022	0.150	0.260	0.014	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 17	0.970	0.030	0.970	0.030		1.0180	0.150	0.260	0.028	0.033		0.024		0.057	1200
실시예 18	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.150	0.260	0	4.000		0		4.000	1180
실시예 19	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.150	0.260	0	0		4.000		4.000	1180
실시예 20	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.050	0.260	0	2.000		2.000		4.000	1180
실시예 21	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.040	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 22	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.480	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 23	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.150	0.050	0	0.033		0.017		0.050	1200
실시예 24	0.920	0.080	0.930	0.070		1.0022	0.150	0.810	0	0.033		0.017		0.050	1200
비교예 1	1.000	0	0.950	0.050		1.0042	0.150	0.082	0	0.033		0.017		0.050	1200
비교예 2	0.700	0.300	0.950	0.050		1.0042	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1250
비교예 3	0.920	0.080	1.000	0		1.0032	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1220
비교예 4	0.920	0.080	0.800	0.200		1.0032	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1220
비교예 5	0.920	0.080	0.950	0.050		0.9638	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1250
비교예 6	0.920	0.080	0.950	0.050		1.0462	0.150	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1250
비교예 7	0.920	0.080	0.950	0.050		0.9990	0	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
비교예 8	0.920	0.080	0.950	0.050		1.0406	1.000	0.260	0	0.033		0.017		0.050	1200
비교예 9	0.920	0.080	0.970	0.030		1.1237	0.300	0.015	0	0.033		0.017		0.050	1200
비교예 10	0.920	0.080	0.950	0.050		1.0022	0.150	1.700	0	0.033		0.017		0.050	1250
비교예 11	0.920	0.080	0.950	0.050		1.0062	0.150	0.260	0.3	0.033		0.017		0.050	1250
비교예 12	0.900	0.100	1.000	0		1.0060	0.144	0	0	0		0		0	1300
비교예 13	0.850	0.150	0.900	0.100		1.0022	0	0	0	0		0		0	1300

[0204]

표 2

	평균 원 상당 직경 [μm]	상대 밀도 [%]
실시예 1	1.05	98.1
실시예 2	3.10	97.1
실시예 3	0.87	97.4
실시예 4	2.56	96.8
실시예 5	2.83	97.6
실시예 6	3.50	97.5
실시예 7	2.42	97.0
실시예 8	3.58	98.0
실시예 9	3.28	97.8
실시예 10	0.95	96.1
실시예 11	0.90	95.9
실시예 12	6.72	99.1
실시예 13	6.54	98.5
실시예 14	6.02	98.9
실시예 15	1.03	95.0
실시예 16	0.98	96.0
실시예 17	3.30	97.3
실시예 18	0.91	96.5
실시예 19	0.83	96.9
실시예 20	0.95	96.3
실시예 21	1.01	94.5
실시예 22	1.45	97.7
실시예 23	0.97	95.3
실시예 24	1.12	96.4
비교예 1	1.20	93.4
비교예 2	1.40	93.6
비교예 3	0.93	93.4
비교예 4	1.30	94.0
비교예 5	40.02	95.3
비교예 6	0.32	88.6
비교예 7	0.76	94.0
비교예 8	6.40	93.5
비교예 9	0.88	94.0
비교예 10	5.10	92.2
비교예 11	3.20	91.6
비교예 12	5.30	91.0
비교예 13	3.60	90.2

[0205]

[0206] (비교예 1 내지 13의 금속 산화물 재료)

[0207] 표 1에 나타낸, 주성분, 제1 부성분, 제2 부성분, 제3 부성분, B 사이트에 대한 A 사이트의 몰비 "a", 및 소결 동안 최대 온도 T_{max}의 조건에 따라, 실시예 1에서와 같이 비교용 금속 산화물 재료를 제조하였다. 비교예 12에서는, Mg 중량이 금속 환산으로 0.4999 중량부가 되도록 산화마그네슘을 혼합하였다.

[0208] 평균 원 상당 직경 및 상대 밀도를 실시예 1에서와 같이 평가하였다. 결과를 표 2에 나타내었다.

[0209] 각각의 금속 산화물 재료의 조성을 실시예 1에서와 같이 분석하였다. 그 결과, 모든 금속 산화물 재료에서, 소결 후 Ba, Ca, Ti, Zr, Mn, Bi, Li, Si, 및 B의 조성이 칭량 조성과 동일한 것으로 나타났다. 비교예 1 내지 13에서는, 화학식: $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$에 대하여 100 중량부를 기준으로 하여 Mg의 함량이 각각 0.0001 중량부였다.

[0210] (압전 소자의 제조)

[0211] 본 발명의 압전 소자를 제조하였다.

[0212] (실시예 1 내지 24의 압전 소자)

[0213] 실시예 1 내지 24의 압전 재료를 사용하여 압전 소자를 제조하였다.

[0214] 400 ㎚의 두께를 갖는 금 전극을 DC 스퍼터링에 의해 디스크형 세라믹의 각각의 표면 상에 형성시켰다. 부수적으로, 각각의 전극과 세라믹 사이에 30 ㎚의 두께를 갖는 티타늄 접착제 층을 형성시켰다. 전극이 제공된 생성된 세라믹을 10 × 2.5 × 0.5 ㎜의 스트립형 압전 소자로 절단하였다.

[0215] 생성된 압전 소자를, 60℃ 내지 150℃의 표면 온도를 갖는 핫 플레이트 상에서 30분 동안 14 kV/㎜의 전계를 인

가하여 분극시켰다.

[0216] (비교예 1 내지 13의 압전 소자)

[0217] 비교예 1 내지 13에서 제조된 비교용 금속 산화물 재료를 사용하여 비교용 소자를 제조하고, 실시예 1 내지 24에서와 같이 분극 처리하였다.

[0218] (압전 소자의 특징 평가)

[0219] 실시예 1 내지 24의 압전 재료를 사용하여 제조된 압전 소자 및 비교예 1 내지 13의 금속 산화물 재료를 사용하여 제조된 비교용 소자를, 구동 분극 압전 소자의 온도 범위(-30℃ 내지 50℃) 내에서 압전 상수 d_{31} 및 기계적 품질 계수 Qm에 대해 평가하였다. 별도로, 시판되는 임피던스 분석기를 사용하여 1 ㎑의 주파수 및 10 V/㎝의 전계 강도로 AC 전계를 인가하여, 각 온도에서의 유전 손실을 측정하였다. 결과를 표 3에 나타내었다. 표에서 기호 "×"는, 비교용 부재가 매우 낮은 저항률을 갖고 충분히 분극될 수 없으며, 평가 항목에 대해 유의한 결과가 얻어지지 않았음을 나타낸다.

[0220] 항온조를 사용하여 주변 온도를 5℃ 증분으로 30℃로부터 50℃로 증가시키고, 이어서 5℃ 증분으로 50℃로부터 -30℃로 감소시키고, 추가로 5℃ 증분으로 -30℃로부터 30℃로 증가시켰다. 10분 이상 동안 각 온도를 유지하면서 항온조의 온도를 일정하게 유지한 후, 특징 평가를 수행하였다. 압전 상수 d_{31} 및 기계적 품질 계수 Qm을 공진-반공진 방법에 의해 측정하였다. -30℃ 내지 50℃의 온도 범위에서의 기계적 품질 계수 Qm의 최소값 및 압전 상수 d_{31}의 절대값 $|d_{31}|$의 최소값을 표 3에 나타내었다. 작은 압전 상수는 장치 구동을 위해 큰 전계를 필요로 하고, 따라서 장치 작동에 적합하지 않다. 압전 상수 $|d_{31}|$은 바람직하게는 50 [pm/V] 이상, 또한 더욱 바람직하게는 60 [pm/V] 이상이다.

[0221] 절연성 평가를 위해 저항률을 측정하였다. 실온(25℃)에서 분극되지 않은 압전 소자를 사용하여 저항률을 측정하였다. 각각의 압전 소자의 두 전극 사이에 10 V의 DC 전압을 인가한 후 20초에 누출 전류에 의해 저항률을 평가하였다. 결과를 표 3에 나타내었다. 1×10^9 Ω·㎝ 이상, 더욱 바람직하게는 50×10^9 Ω·㎝ 이상의 저항률은, 압전 재료 또는 압전 소자의 실제 사용을 위해 충분한 절연성을 의미한다. 표의 저항률 컬럼에서 [GΩ·㎝]은 [10^9Ω·㎝]을 나타낸다.

표 3

	-30℃에서의 Qm	-30℃ 내지 50℃ 범위에서의 Qm의 최소값	-30℃ 내지 50℃ 범위에서의 $\|d_{31}\|$의 최소값 [pm/V]	25℃에서의 저항률 [GΩ·cm]	-30℃ 내지 50℃ 범위에서의 유전 손실의 최대값
실시예 1	560	560	96.0	236	0.0053
실시예 2	555	552	97.1	242	0.0041
실시예 3	836	830	73.2	310	0.0035
실시예 4	807	807	67.5	152	0.0035
실시예 5	505	505	68.4	263	0.0044
실시예 6	506	500	60.9	15.0	0.0055
실시예 7	874	865	57.3	16.3	0.0045
실시예 8	703	700	63.0	18.0	0.0027
실시예 9	510	503	114	17.0	0.0025
실시예 10	487	485	104	207	0.0044
실시예 11	780	780	50.7	213	0.0042
실시예 12	980	978	126	98.0	0.0017
실시예 13	920	920	137	95.0	0.0020
실시예 14	890	890	133	87.0	0.0024
실시예 15	586	580	91.2	220	0.0049
실시예 16	501	500	101	205	0.0044
실시예 17	520	520	115	15.2	0.0059
실시예 18	480	478	58.1	22.5	0.0057
실시예 19	451	441	53.6	20.3	0.0059
실시예 20	463	459	54.5	21.0	0.0058
실시예 21	510	510	100	207	0.0056
실시예 22	620	612	85.0	245	0.0050
실시예 23	705	705	88.0	223	0.0058
실시예 24	497	497	102	183	0.0052
비교예 1	156	150	71.0	4.30	0.0065
비교예 2	250	250	32.5	6.30	0.0055
비교예 3	347	344	22.7	6.00	0.0050
비교예 4	182	180	68.0	3.00	0.0068
비교예 5	562	560	72.8	12.0	0.0048
비교예 6	×	×	×	0.21	×
비교예 7	230	220	85.2	1.50	0.0055
비교예 8	403	392	33.7	1.10	0.0100
비교예 9	102	102	66.3	8.00	0.0065
비교예 10	350	350	31.4	12.0	0.0061
비교예 11	302	300	33.7	10.0	0.0067
비교예 12	120	120	30.0	1.20	0.0065
비교예 13	70	72	85.0	1.26	0.0069

[0222]

[0223] (고온 내구성에 대한 압전 소자의 평가)

[0224] 실시예 2, 3, 7 및 8의 압전 소자 및 비교예 4 및 13의 비교용 소자를 85℃ 24시간 동안 고온 내구성 시험을 위해 항온조에 넣었다. 고온 내구성 시험 전후에 -30℃ 내지 50℃의 온도 범위 내에서의 압전 상수 d_{31}을 평가하고, 절대값 $|d_{31}|$의 최소값을 측정하였다. 고온 내구성 시험 전후의 최소값 $|d_{31}|$의 변화율을 표 4에 나타내었다.

[0225] (퀴리 온도에 대한 압전 소자의 평가)

[0226] 실시예 2, 3, 7 및 8의 압전 소자 및 비교예 4 및 13의 비교용 소자를 퀴리 온도 Tc에 대해 평가하였다. Tc는 온도를 변화시키면서 작은 AC 전계를 이용하여 측정된 최대 비유전율을 나타내는 온도로부터 측정하였다. 주변 온도를 항온조에서 5℃ 증분으로 20℃로부터 80℃로 증가시키고, 추가로 2℃ 증분으로 140℃로 증가시켰다. 각 온도를 10분 이상 동안 유지함으로써 항온조의 온도를 일정하게 유지한 후 평가를 수행하였다. 결과를 표 4에 나타내었다. 일례로, 주변 온도에 의한 실시예 7의 압전 소자의 비유전율 변화를 도 15에 나타내었다.

표 4

[0227]

	y	퀴리 온도 Tc [°C]	고온 내구성 시험 전의 $\|d_{31}\|$의 최소값 [pm/V]	고온 내구성 시험 후의 $\|d_{31}\|$의 최소값 [pm/V]	변화율 [%]
실시예 2	0.070	108	97.1	93.9	-3.3
실시예 3	0.050	116	73.2	71.6	-2.2
실시예 7	0.030	118	57.3	56.1	-2.1
실시예 8	0.080	104	63.0	60.7	-3.6
비교예 4	0.200	82	68.0	13.3	-80.5
비교예 13	0.100	85	110.0	37.7	-65.7

[0228] 이제, 표 3 및 표 4에 나타낸 결과를 설명할 것이다.

[0229] Ca 함량에 상응하는 x 값이 0.030 미만인 비교예 1에서는, 실시예 1 내지 24의 경우에 비해, 온도 감소에 따라 Qm 값이 감소하였고, 장치 구동 온도 범위 내에서 Qm의 최소값이 작았다(즉, 400 미만).

[0230] x 값이 0.090 초과인 비교예 2 및 12에서는, 장치 구동 온도 범위 내에서 $|d_{31}|$의 최소값이 각각 40 [pm/V] 미만이었고, 이는 실시예 1 내지 24의 경우에 비해 작은 값이었다.

[0231] y 값이 0.030 미만인 비교예 3에서는, 장치 구동 온도 범위 내에서 $|d_{31}|$의 최소값이 30 [pm/V] 미만이었고, 이는 실시예 1 내지 24의 경우에 비해 작은 값이었다.

[0232] Zr 함량에 상응하는 y 값이 0.080 초과인 비교예 4 및 13에서는, 고온 내구성 시험 전후의 $|d_{31}|$의 변화율이 실시예 2, 3, 7 및 8의 경우에 비해 -10%보다 훨씬 더 높았고, 고온 내구성이 불충분하였다. 이는, y 값이 0.080 초과인 것으로부터 초래된 낮은 퀴리 온도에 기인하는 것으로 여겨진다. y 값이 0.080 미만인 실시예 2, 3, 7 및 8에서는, 고온 내구성 시험 전후의 $|d_{31}|$의 변화율이 -5% 미만이었다. 따라서, 고온 내구성이 탁월하였다.

[0233] x 값이 0.030 이상 0.090 미만이고, y 값이 0.030 이상 0.080 미만인 실시예 1 내지 24에서는, 장치 구동 온도 범위 내에서 Qm의 최소값이 400 이상이고, $|d_{31}|$의 최소값이 50 [pm/V] 이상이었다. 따라서, 장치 구동 온도 범위 내에서 기계적 품질 계수 및 압전 상수가 만족스러웠다.

[0234] "a" 값이 0.9860 미만인 비교예 5에서는, 평균 원 상당 직경이 40.02 ㎛이었고, 이는 실시예 1 내지 24에 비해 큰 값이었고, 결정 입자가 비정상적으로 성장하였다. 소자의 기계적 강도를 장력 및 압축 시험기를 사용하여 3점 굽힘 시험(오리엔텍 컴퍼니 리미티드(Orientec Co., Ltd.) 제조, 상표명: 텐실론(Tensilon) RTC-1250A)에 의해 평가하였다. 그 결과, 비교예 5의 소자의 기계적 강도는 15 MPa이었고, 이는 실시예 1 내지 24의 압전 소자의 40 MPa 이상에 비해 현저히 낮은 것이었다.

[0235] "a" 값이 1.0200 초과인 비교예 6에서는, 실시예 1 내지 24의 경우에 비해 입자 성장이 극히 억제되었고, 상대 밀도가 낮았다. 그 결과, 비교예 6의 소자는 낮은 저항률을 가졌고, 충분히 분극될 수 없었다.

[0236] Mn의 함량이 0.040 중량부 미만인 비교예 7에서는, Qm의 최소값이 300 미만이었고, 이는 실시예 1 내지 24의 경우에 비해 낮았다. 그 결과, 공진 장치로서의 소자 구동을 위한 전기 소비가 높았다.

[0237] Mn의 함량이 0.500 중량부 초과인 비교예 8에서는, 유전 손실이 0.006 초과였고, 이는 실시예 1 내지 24의 경우에 비해 큰 것이었다.

[0238] Bi 함량이 0.042 중량부 미만인 비교예 9에서는, 장치 구동 온도 범위 내에서의 Qm의 최소값이 400보다 현저히 더 낮았고, 이는 실시예 1 내지 24의 경우에 비해 낮은 것이었다. 그 결과, -30℃에서의 공진 장치로서의 소자 구동을 위한 전기 소비가 높았다.

[0239] Bi 함량이 0.850 중량부 초과인 비교예 10에서는, $|d_{31}|$의 최소값이 50 [pm/V] 미만이었고, 이는 실시예 1 내지 24의 경우에 비해 낮은 것이었다.

[0240] Li의 함량이 0.028 중량부 초과인 비교예 11에서는, $|d_{31}|$의 최소값이 50 [pm/V] 미만이었고, 이는 실시예 1 내

지 24의 경우에 비해 낮은 것이었다.

[0241] (적층 압전 소자의 제조 및 평가)

[0242] 본 발명의 적층 압전 소자를 제조하였다.

[0243] (실시예 25)

[0244] x=0.080, y=0.070, 및 a=1.0022인 화학식 1: $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$, 즉, $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$으로 표시되는 조성에 상응하는 원료를 하기와 같이 칭량하였다.

[0245] 주성분 원료로서, 99.99% 이상의 순도를 갖는 티타늄산바륨 원료 분말, 99.99% 이상의 순도를 갖는 티타늄산칼슘 원료 분말, 및 99.99% 이상의 순도를 갖는 지르코늄산칼슘 원료 분말을, 조성 $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$을 제공하는 Ba, Ca, Ti, 및 Zr의 비율로 칭량하였다. B 사이트의 Ti 및 Zr의 몰량에 대한 A 사이트의 Ba 및 Ca의 몰량의 비율을 나타내는 "a"를 조정하기 위해, 탄산바륨 및 탄산칼슘을 사용하였다.

[0246] 제1 부성분의 Mn의 함량이 조성 $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$ 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.150 중량부가 되도록 이산화망간을 칭량하였다.

[0247] 제2 부성분의 Bi의 함량이 조성 $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$ 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.260 중량부가 되도록 산화비스무트를 칭량하였다.

[0248] 이산화규소 및 산화붕소를 제4 부성분으로서 Si 및 B의 함량이 각각 조성 $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$ 100 중량부를 기준으로 하여 금속 환산으로 0.033 중량부 및 0.017 중량부가 되도록 칭량하였다.

[0249] 이들 칭량 분말을 PVB와 혼합하였다. 생성된 혼합물을 닥터 블레이드 방법에 의해 50 ㎛의 두께를 갖는 그린 시트로 성형하였다.

[0250] 이어서, 내부 전극을 위한 도전 페이스트를 그린 시트 상에 인쇄하였다. 도전 페이스트로서는, Ag70%-Pd30% (Ag/Pd=2.33) 합금 페이스트를 사용하였다. 각각 도전 페이스트가 제공된 9개의 그린 시트를 라미네이팅하여 적층물을 얻었다. 적층물을 1200℃에서 4시간 동안 소성시켜 소결 성형체를 얻었다.

[0251] 생성된 소결 성형체의 압전 재료부의 조성을 ICP 발광 분광 분석에 의해 평가하였다. 그 결과, 화학식: $(Ba_{0.920}Ca_{0.080})_{1.0022}(Ti_{0.930}Zr_{0.070})O_3$으로 표시되는 금속 산화물이 주성분이고, 주성분 100 중량부를 기준으로 하여 0.150 중량부의 Mn 및 0.260 중량부의 Bi가 함유된 것으로 나타났다. 소결 후 Ba, Ca, Ti, Zr, Mn, Bi, Si, 및 B의 조성이 칭량 조성과 동일한 것으로 나타났다. 또한, 화학식: $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$에 대하여 100 중량부를 기준으로 하여 Mg의 함량이 0.0001 중량부인 것으로 나타났다.

[0252] 소결 성형체를 10 × 2.5 ㎜의 크기로 절단하였다. 측면을 분쇄하고, 내부 전극의 교호 단락을 위해 한 쌍의 외부 전극(제1 전극 및 제2 전극)을 Au 스퍼터링에 의해 형성시켜, 도 2b에 나타낸 적층 압전 소자를 제조하였다.

[0253] 적층 압전 소자는 9개의 압전 재료층 및 8개의 내부 전극 층으로 구성되었다. 생성된 적층 압전 소자의 내부 전극을 관찰하였고, 전극 재료로서의 Ag-Pd 및 압전 재료가 교호 형성된 것이 확인되었다.

[0254] 압전 특성 평가에 앞서, 적층 압전 소자 시료를 분극 처리하였다. 구체적으로, 시료를 핫 플레이트 상에서 100℃ 내지 150℃로 가열하고, 30분 동안 제1 전극과 제2 전극 사이에 14 kV/㎝의 전계를 인가하고, 전계를 인가하면서 온도를 실온으로 감소시켰다.

[0255] 생성된 적층 압전 소자의 압전 특성 평가에서는, 라미네이트 구조에서도 실시예 1의 세라믹의 경우와 동등한 절연성 및 압전 특성이 유지된 것으로 나타났다.

[0256] Ni 또는 Cu를 내부 전극으로서 사용한 것, 또한 저산소 분위기에서 소결을 수행한 것을 제외하고는 유사하게 제조된 적층 압전 소자는 동등한 압전 특성을 가질 수 있었다.

[0257] (비교예 14)

[0258] 조성이 비교예 11에서와 동일하고, 소성 온도가 1300℃이고, 내부 전극이 Ag95%-Pd5% (Ag/Pd=19) 합금으로 제조

된 것을 제외하고는, 실시예 25에서와 같이 적층 압전 소자를 제조하였다. 주사형 전자 현미경으로 내부 전극을 관찰하였다. 그 결과, 내부 전극이 용융되고, 섬 형상의 구성으로 산란되어 있는 것으로 나타났다. 그 결과, 내부 전극이 연결되지 않았기 때문에, 분극이 수행될 수 없었다. 따라서, 압전 특성을 평가할 수 없었다.

[0259] (비교예 15)

[0260] 내부 전극이 Ag5%-Pd95% (Ag/Pd=0.05) 합금으로 제조된 것을 제외하고는, 비교예 14에서와 같이 적층 압전 소자를 제조하였다. 주사형 전자 현미경으로 내부 전극을 관찰하였다. 전극 재료로서의 Ag-Pd는 충분히 소결되지 않았다. 그 결과, 내부 전극이 연결되지 않았기 때문에, 분극이 수행될 수 없었다. 따라서, 압전 특성을 평가할 수 없었다.

[0261] (실시예 26)

[0262] 실시예 1의 압전 재료를 포함하는 압전 소자를 사용하여 도 3a 및 도 3b에 나타낸 액체 토출 헤드를 제조하였다. 입력 전기 신호에 따른 잉크의 토출이 확인되었다. 0℃의 항온조에서 액체 토출 헤드를 구동시킴으로써 비-수성 잉크의 토출을 시도하였고, 실온에서보다 더 낮은 전압으로도 실온에서의 효율과 동일한 효율의 잉크 토출이 확인되었다.

[0263] (실시예 27)

[0264] 실시예 26의 액체 토출 헤드를 사용하여 도 4에 나타낸 액체 토출 디바이스를 제조하였다. 입력 전기 신호에 따른 잉크의 토출이 확인되었다. 0℃의 항온조에서 액체 토출 디바이스를 구동시킴으로써 비-수성 잉크의 토출을 시도하였고, 실온에서보다 더 낮은 전압으로도 실온에서의 효율과 동일한 효율의 기록 매체 상으로의 잉크 토출이 확인되었다.

[0265] (실시예 28)

[0266] 실시예 1의 압전 재료를 포함하는 압전 소자를 사용하여 도 6a에 나타낸 초음파 모터를 제조하였다. 교번 전압 인가에 따른 모터의 회전이 확인되었다.

[0267] 초음파 모터를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서보다 더 높은 효율의 모터 회전이 확인되었다.

[0268] (비교예 16)

[0269] 비교예 11의 금속 산화물 재료를 포함하는 비교용 소자를 사용하여 도 6a에 나타낸 초음파 모터를 제조하였다. 실온에서 교번 전압 인가에 따른 모터의 회전이 확인되었지만, -30℃의 항온조에서는 인가 전압을 증가시켜도 모터의 회전이 확인되지 않았다.

[0270] (실시예 29)

[0271] 실시예 28의 초음파 모터를 사용하여 도 7a 및 도 7b에 나타낸 광학 장치를 제조하였다. 교번 전압 인가에 따른 자동 포커스 동작이 확인되었다. 광학 장치를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서와 동등한 자동 포커스 동작이 확인되었다.

[0272] (실시예 30)

[0273] 실시예 1의 압전 재료를 포함하는 압전 소자를 사용하여 도 9a 및 도 9b에 나타낸 먼지 제거 디바이스를 제조하였다. 교번 전압 인가에 의해 분산 플라스틱 비드에 대해 만족스러운 먼지 제거 효율이 확인되었다. 먼지 제거 디바이스를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서보다 더 높은 먼지 제거 효율이 확인되었다.

[0274] (실시예 31)

[0275] 실시예 30의 먼지 제거 디바이스를 사용하여 도 12에 나타낸 촬상 디바이스를 제조하였다. 장치 작동시, 촬상 유닛의 표면 상의 먼지가 만족스럽게 제거되어 먼지 결함이 없는 화상을 제공하였다. 촬상 디바이스를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서와 동등한 화상이 얻어졌다.

[0276] (실시예 32)

[0277] 실시예 1의 압전 소자를 사용하여 도 14에 나타낸 전자 장치를 제조하였다. 교번 전압 인가에 따른 스피커 작동이 확인되었다. 전자 장치를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서와 동등한 스피커 작동이 달성되었다.

[0278] (실시예 33)

[0279] 실시예 25의 압전 소자를 사용하여 도 3a 및 도 3b에 나타낸 액체 토출 헤드를 제조하였다. 입력 전기 신호에 따른 잉크의 토출이 확인되었다. 0℃의 항온조에서 액체 토출 헤드를 구동시킴으로써 비-수성 잉크의 토출을 시도하였고, 실온에서보다 더 낮은 전압으로도 실온에서의 효율과 동일한 효율의 잉크 토출이 확인되었다.

[0280] (실시예 34)

[0281] 실시예 33의 액체 토출 헤드를 사용하여 도 4에 나타낸 액체 토출 디바이스를 제조하였다. 입력 전기 신호에 따른 잉크의 토출이 확인되었다. 0℃의 항온조에서 액체 토출 디바이스를 구동시킴으로써 비-수성 잉크의 토출을 시도하였고, 실온에서보다 더 낮은 전압으로도 실온에서의 효율과 동일한 효율의 기록 매체 상으로의 잉크 토출이 확인되었다.

[0282] (실시예 35)

[0283] 실시예 21의 압전 소자를 사용하여 도 6b에 나타낸 초음파 모터를 제조하였다. 교번 전압 인가에 따른 모터의 회전이 확인되었다. 초음파 모터를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서보다 더 높은 효율의 모터 회전이 확인되었다.

[0284] (실시예 36)

[0285] 실시예 28의 초음파 모터를 사용하여 도 7a 및 도 7b에 나타낸 광학 장치를 제조하였다. 교번 전압 인가에 따른 자동 포커스 동작이 확인되었다. 광학 장치를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서와 동등한 자동 포커스 동작이 확인되었다.

[0286] (실시예 37)

[0287] 실시예 25의 적층 압전 소자를 사용하여 도 9a 및 도 9b에 나타낸 먼지 제거 디바이스를 제조하였다. 교번 전압 인가에 의해 분산 플라스틱 비드에 대해 만족스러운 먼지 제거 효율이 확인되었다. 먼지 제거 디바이스를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서보다 더 높은 먼지 제거 효율이 확인되었다.

[0288] (실시예 38)

[0289] 실시예 37의 먼지 제거 디바이스를 사용하여 도 12에 나타낸 촬상 디바이스를 제조하였다. 장치 작동시, 촬상 유닛의 표면 상의 먼지가 만족스럽게 제거되어 먼지 결함이 없는 화상을 제공하였다. 촬상 디바이스를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서와 동등한 화상이 얻어졌다.

[0290] (실시예 39)

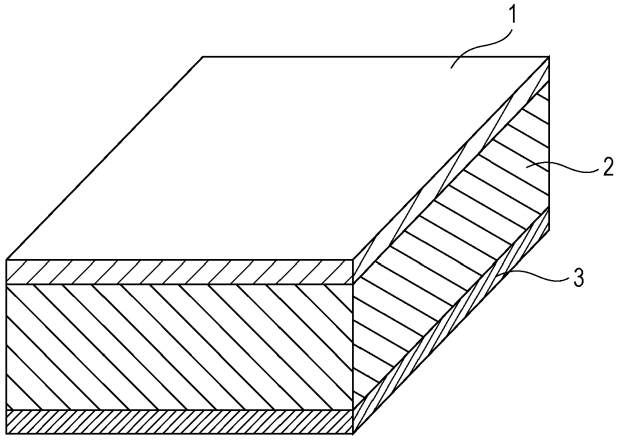
[0291] 실시예 25의 압전 소자를 사용하여 도 14에 나타낸 전자 장치를 제조하였다. 교번 전압 인가에 따른 스피커 작동이 확인되었다. 전자 장치를 -30℃의 항온조에서 구동시키는 경우, 실온에서와 동등한 스피커 작동이 달성되었다.

[0292] 본 발명의 압전 재료는 장치 구동 온도 범위(-30℃ 내지 50℃)에서 만족스러운 압전 상수 및 기계적 품질 계수를 갖는다. 압전 재료가 납을 함유하지 않기 때문에, 그의 환경에 대한 부하가 낮다. 따라서, 본 발명의 압전 재료는, 임의의 문제 없이, 다량의 압전 재료를 포함하는 각종 장치, 예컨대 액체 토출 헤드, 초음파 모터, 및 먼지 제거 디바이스에 사용될 수 있다.

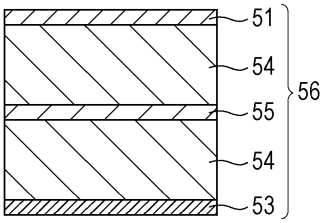
[0293] 본 발명을 예시적인 실시형태를 참조로 하여 설명하였지만, 본 발명이 개시된 예시적인 실시형태로 제한되지 않음을 이해하여야 한다. 하기 특허청구범위의 범주는 모든 이러한 변형 및 등가 구조 및 기능을 포괄하도록 가장 광범위한 해석에 따라야 한다.

도면

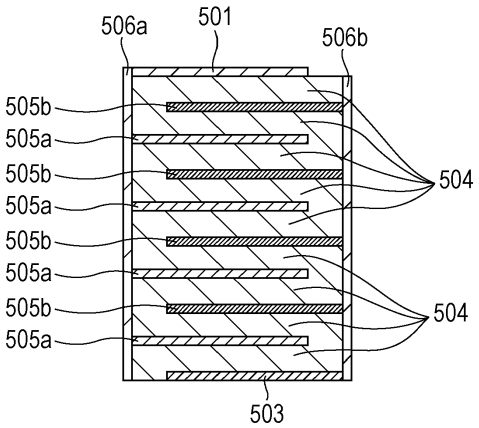
도면1



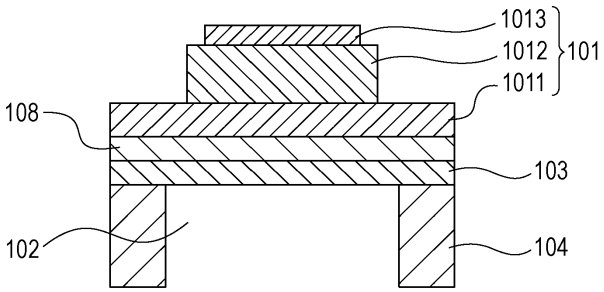
도면2a



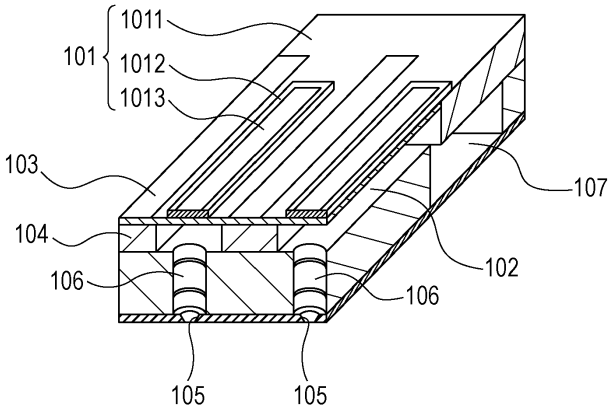
도면2b



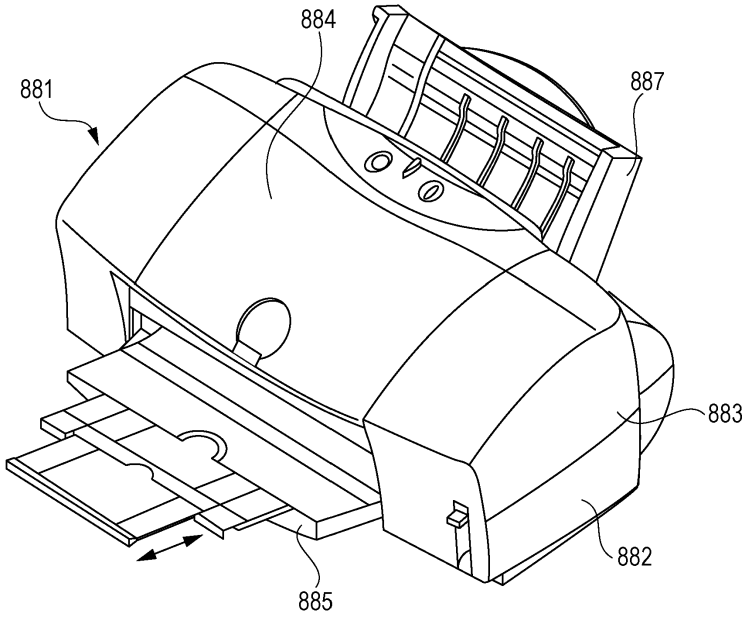
도면3a



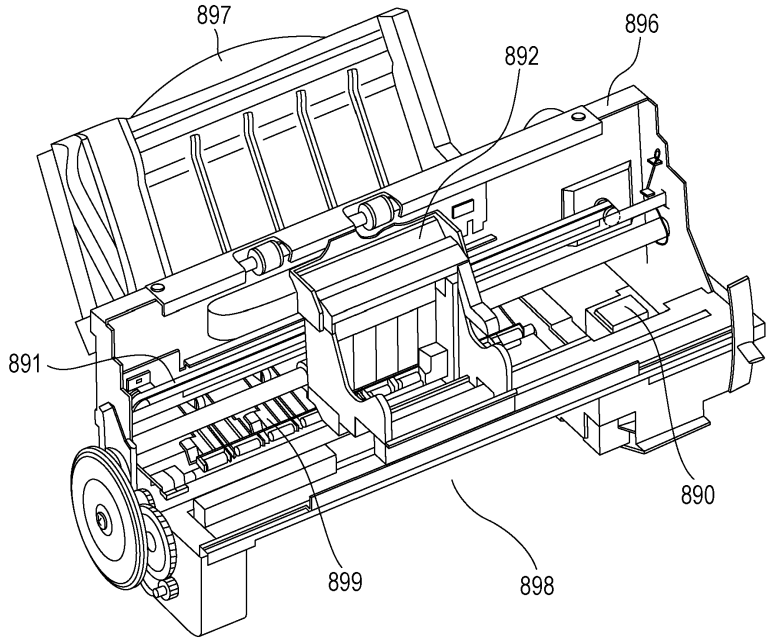
도면3b



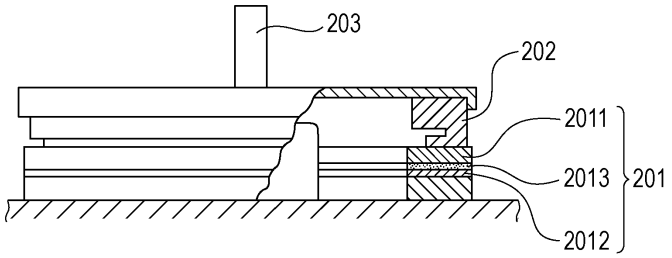
도면4



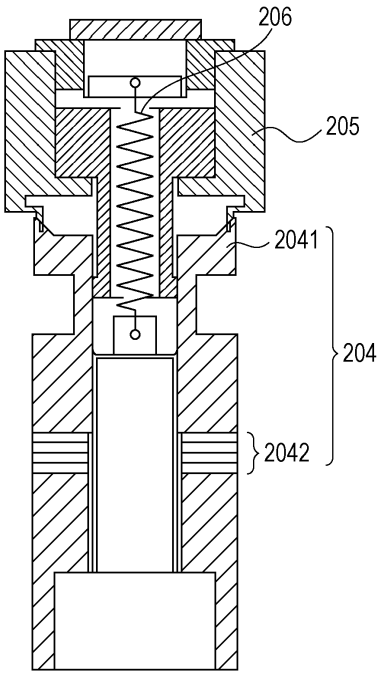
도면5



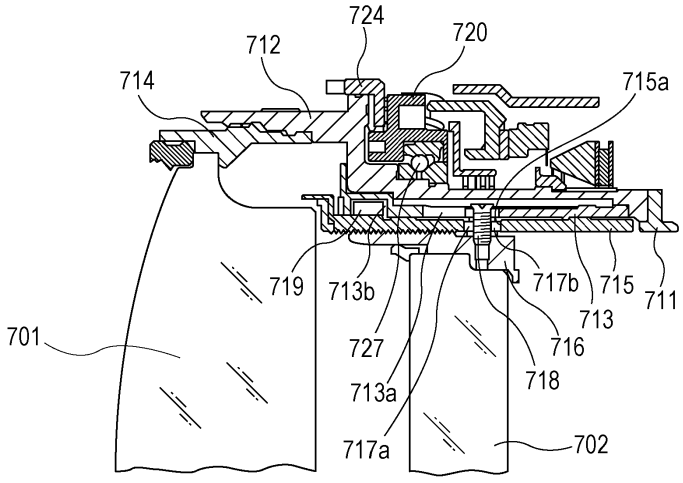
도면6a



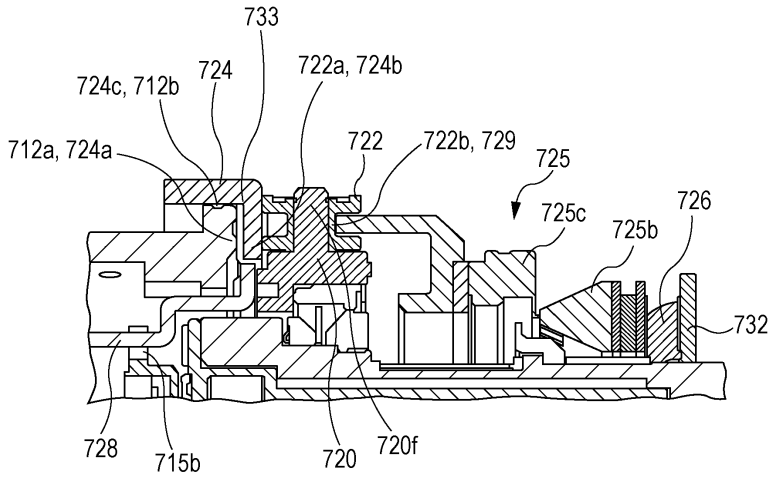
도면6b


206
205
2041
204
2042

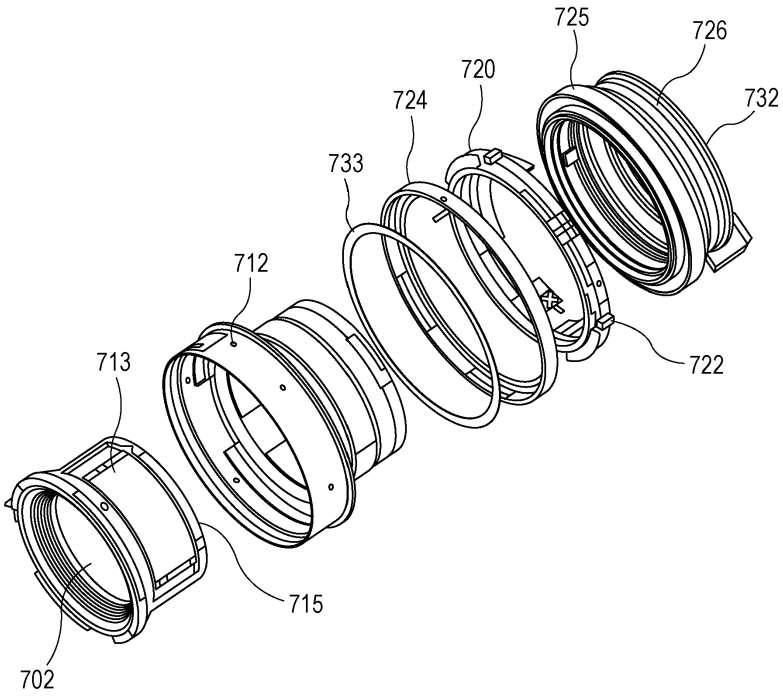
도면7a


724
712
720
714
715a
719
713b
717b
715
711
713
701
727
716
718
713a
717a
702

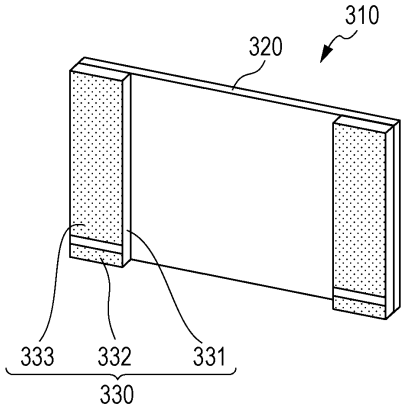
도면7b


733
724
722a, 724b
724c, 712b
712a, 724a
722
722b, 729
725
725c
725b
726
732
728
715b
720
720f

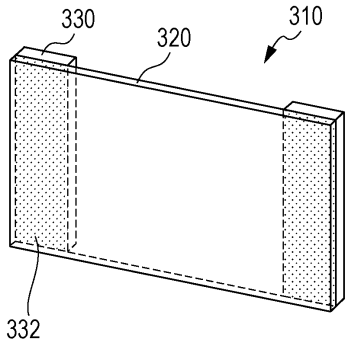
도면8


725
726
720
724
732
733
712
722
713
715
702

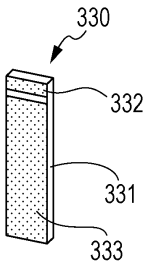
도면9a



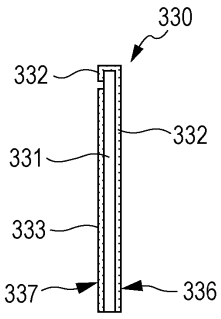
도면9b



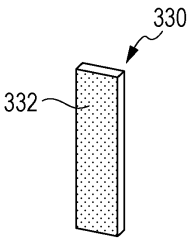
도면10a



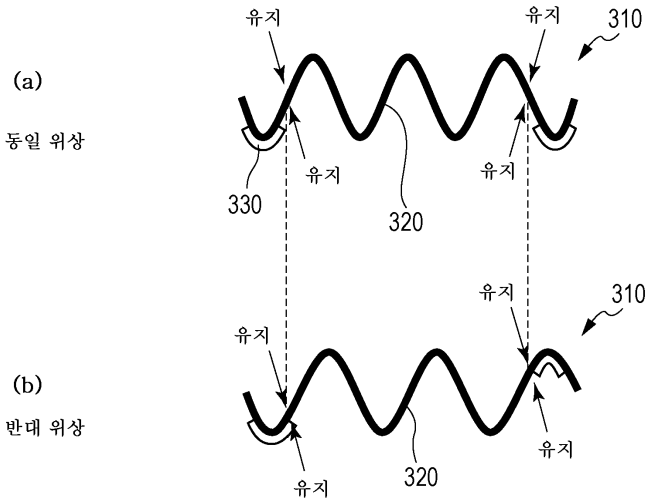
도면10b



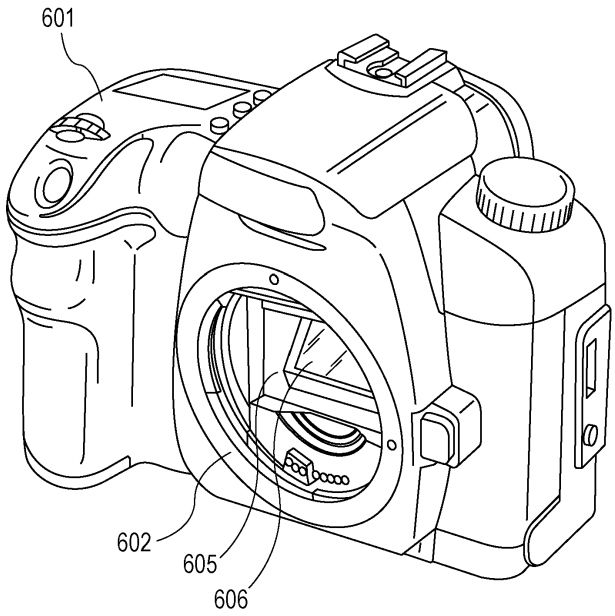
도면10c



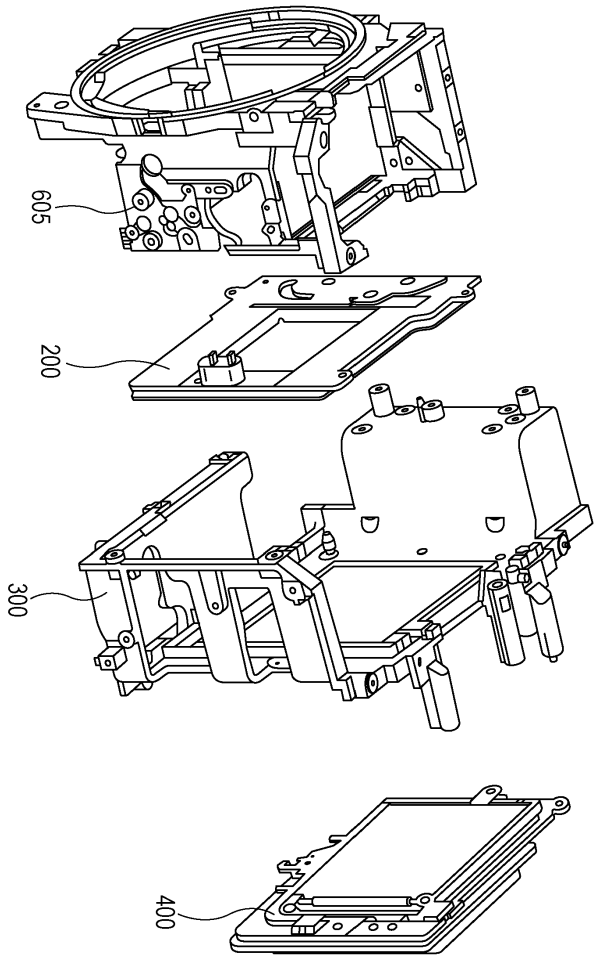
도면11



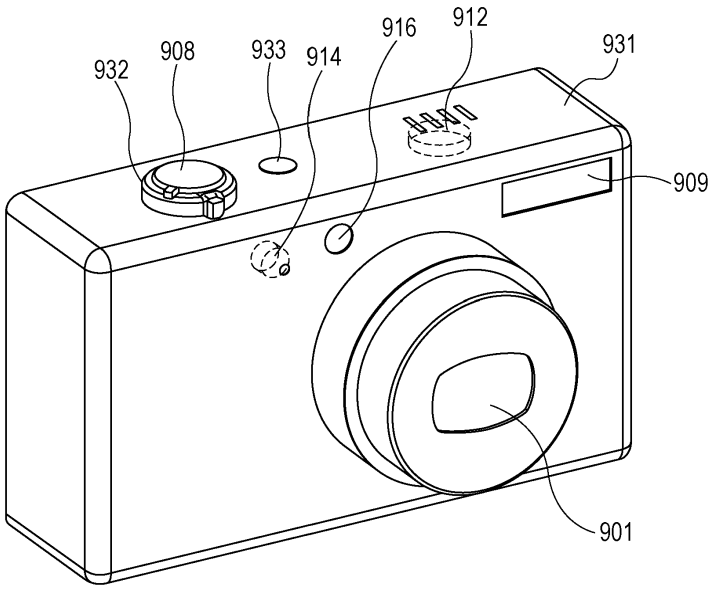
도면12



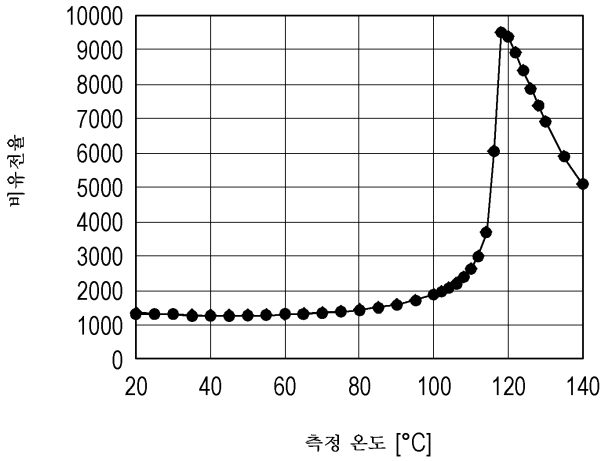
도면13



도면14



도면15


10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
비유전율
20
40
60
80
100
120
140
측정 온도 [°C]