

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 41/08 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년05월22일 10-0581257 2006년05월11일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2003-7011450	(65) 공개번호	10-2003-0085538
(22) 출원일자	2003년09월01일	(43) 공개일자	2003년11월05일
번역문 제출일자	2003년09월01일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2002/013040	(87) 국제공개번호	WO 2003/052840
국제출원일자	2002년12월12일	국제공개일자	2003년06월26일

(30) 우선권주장	JP-P-2001-00384313	2001년12월18일	일본(JP)
	JP-P-2001-00384314	2001년12월18일	일본(JP)
	JP-P-2002-00138793	2002년05월14일	일본(JP)

(73) 특허권자                    마쓰시다덴기산교 가부시키키가이샤  
                                  일본국 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1006반지

(72) 발명자                     후지이에이지  
                                  일본국오사카후히라카타시타구치야마2-12-3-910

도리이히데오  
일본국오사카후히가시오사카시니시코노이케초1-9-18

다카야마료이치  
일본국오사카후수이타시후지가오카초8-33

도모자와아츠시  
일본국오사카후오사카시수미노에쿠코하마니시1-9-25

무라타야키코  
일본국오사카후오사카시니시쿠키타호리에3-11-5-1301

히라사와타쿠  
일본국쿄토후나가오카쿄시텐진4-12-3

(74) 대리인                    특허법인 원전

심사관 : 조기덕

(54) 압전소자, 잉크젯헤드, 각속도센서 및 이들의 제조방법,그리고 잉크젯방식 기록장치

요약

압전소자에 있어서, 기관(11) 상에 밀착층(12)을 형성하며, 이 밀착층(12) 상에 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층(14)을 형성하고, 이 제 1 전극층(14) 상에 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향된 배향제어층(15)을 형성한다. 이 배향제어층(15)에서의 제 1 전극층(14) 쪽 표면 근방부를, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층(14)에서의 배향제어층(15) 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층(14)으로부터 반대쪽을 향해 커지는 구조로 한다. 그리고 이 배향제어층(15) 상에, (001)면으로 우선배향된 압전체층(16)을 형성한다.

**대표도**

도 1

**색인어**

잉크젯 헤드, 기록 매체, 압전체층, 배향제어층, 진동층

**명세서**

**기술분야**

본 발명은 전기기계 변환기능을 갖는 압전소자, 이 압전소자를 이용한 잉크젯 헤드, 각속도센서 및 이들의 제조방법, 그리고 상기 잉크젯 헤드를 인자(印字)수단으로서 구비하는 잉크젯식 기록장치에 관한 기술분야에 속한다.

**배경기술**

일반적으로 압전재료는, 기계적에너지를 전기적에너지로 변환하거나, 혹은 전기적에너지를 기계적에너지로 변환하는 재료이다. 이 압전재료의 대표적인 것으로, 페로브스카이트형 결정구조의 티탄산지르콘산납(Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>)(이하 PZT로 칭함)이 있다. 이 PZT에서 가장 큰 압전변위가 얻어지는 방향은, 정방정계의 경우에 <001>방향(c축 방향)이며, 능면체정계의 경우에는 <111>방향이다. 그러나 대다수의 압전재료는, 결정입자의 집합체로 이루어지는 다결정체이므로, 각 결정입자의 결정축은 그 향하는 방향이 제멋대로 이다. 따라서 자발분극(Ps)도 무질서하게 배열된다.

그런데 최근 전자기기의 소형화에 따라, 압전재료를 이용한 압전소자에 대해서도 소형화가 강하게 요구받게 되어가고 있다. 그리고 이 요구를 만족시키기 위해 압전소자를, 종래부터 많이 사용되어 온 소결체에 비해 체적을 현저히 작게 할 수 있는 박막 형태로 사용하고 있으며, 이와 같은 압전소자에 대한 박막화 연구개발이 활발해지고 있다. 예를 들어 정방정계 PZT의 경우 자발분극(Ps)은 c축 방향을 향하므로, 박막화시켜도 높은 압전특성을 실현하기 위해서는 PZT박막을 구성하는 결정의 c축을 기관표면에 대해 수직방향으로 맞출 필요가 있다. 이를 실현하기 위해 종래에는, 스퍼터링법을 이용하여 결정방위 (100)면이 표면에 나오도록 잘라 낸 NaCl형 결정구조의 산화마그네슘(MgO)으로 이루어지는 단결정 기관을 이용하여, 그 기관 상에 하부전극으로서 (100)면으로 배향된 Pt전극박막을 형성하고, 이 Pt전극 상에, 그 표면에 대해 수직방향으로 c축 배향된 PZT박막을 600~700℃의 온도로 형성했다(예를 들어, 아메리카 물리학회가 1989년 2월 15일 발행한 Journal of Applied Physics 제 65 권 제 4 호 p.1666-1670, 일본특허공개평 10-209517호 공보 참조). 이 경우 PZT박막을 형성하기 전에, PZT박막의 바탕층으로서 지르코늄(Zr)이 존재하지 않는 PbTiO<sub>3</sub>나 (Pb, La)TiO<sub>3</sub>로 이루어지는 막 두께 0.1μm의 압전체층을, (100)면에 배향된 Pt전극 상에 형성해두고, 그 위에 막 두께 2.5μm의 PZT박막을 스퍼터링법으로 형성하면, PZT박막 형성 초기에 Zr산화물로 이루어지는 결정성이 낮은 층이 형성되기 어려워져 보다 높은 결정성의 PZT박막이 얻어진다. 즉 (001)면 배향도(α(001))가 거의 100%인 PZT박막이 얻어진다.

여기서 α(001)은,

$$\alpha(001) = I(001) / \sum I(hkl)$$

로 정의된다. ∑I(hkl)은 X선 회절법에 있어서 Cu-Kα선을 이용했을 때의 2θ가 10~70°에서의 페로브스카이트형 결정구조인 PZT 각 결정면으로부터의 회절피크 강도의 총합이다. 여기서 (002)면 및 (200)면은 (001)면 및 (100)면과 등가면이므로 ∑I(hkl)에는 포함되지 않는다.

그러나 상기 방법에서는, 바탕기판으로서 MgO 단결정 기판을 이용하므로 압전소자가 고가가 돼버려, 이 압전소자를 이용한 잉크젯 헤드도 고가로 돼버린다는 문제가 있다. 또 기판재료도 MgO 단결정의 1 종류로 제한돼버린다는 결점이 있다.

그래서 실리콘 등의 저가 기판 상에 PZT 등의 페로브스카이트형 압전재료의 (001)면 또는 (100)면 결정배향막을 형성하는 방법으로서, 여러 가지 방법이 연구되고 있다. 예를 들어 일본특허 제 3021930호 공보에는, (111)면에 배향된 Pt전극 상에, PZT 또는 란탄(La)을 함유한 PZT의 전구체용액을 도포하고, 이 전구체용액을 결정화시키기 전에 먼저 450~550℃로 열 분해시키며, 그 후 550~800℃로 가열처리하여 결정화시킴(졸·겔법)으로써, PZT막의 (100)면 우선배향막이 생성 가능함이 개시되었다.

또 일본특허공개 2001-88294호 공보에는, 이리듐(Ir) 하부전극 상에 매우 얇은 티탄층을 형성함으로써, 그 위에 형성할 PZT막의 결정배향성을 제어할 수 있음이 개시되었다. 이 방법은, 실리콘 등의 기판 상에 산화지르코늄을 주성분으로 하는 바탕층을 형성하고, 이 바탕층 상에 이리듐을 함유하는 하부전극을 형성하며, 이 하부전극 상에 매우 얇은 티탄층을 적층시키고, 이 티탄층 상에 압전특성을 갖는 강유전체를 구성하는, 금속원소 및 산소원소를 함유하는 비정질 압전체 전구체박막을 형성하여, 이 비정질 박막을 고온에서 열처리하는 방법으로 결정화시키는 방법(졸·겔법)에 의해, 페로브스카이트형 압전체 박막으로 변화시키는 제조방법이다. 이 제조방법에서는 티탄층의 막 두께에 의해 PZT 등 압전체박막의 결정배향성 제어가 가능하며, 티탄층 막 두께를 2~10nm로 하면 (100)면 배향막이 얻어진다.

또한 일본특허공개평 11-191646호 공보에는, 졸·겔법을 이용하여 압전체박막을 형성할 때, (111)면 배향의 Pt전극 상에 4~6nm의 티탄층을 형성하고, 이 티탄층의 티탄이 산화된 산화티탄을 핵으로 함으로써 (100)면 배향의 PZT막을 얻을 수 있음이 개시되었다.

그러나 상기한 어느 방법에서도, 고가의 MgO 단결정 기판을 이용하지 않는 방법으로서 우수하기는 하나, 졸·겔법에 의해 압전체박막을 형성하므로, MgO 단결정기판 상에 압전체박막을 형성하는 경우와 같이, 막형성 시에 결정배향된 결정성 양호한 막을 얻기는 어렵다. 때문에 우선 비정질 압전체박막을 형성하고, 이 압전체박막을 포함하는 적층막을 기판 채로 열처리함으로써, 결정축이 상응하는 방향으로 우선배향되도록 하고 있다.

또 졸·겔법에서는, 압전소자를 양산하면 유기물을 제거하는 탈지공정에서, 비정질 압전체 전구체박막에 체적변화에 의한 균열이 생기기 쉬우며, 또한 비정질 압전체 전구체박막을 고온 가열시켜 결정화시키는 공정에서도 결정변화에 의해 균열이나 하부전극과의 막 박리가 발생하기 쉽다.

그래서 졸·겔법에 있어서의 이들 과제를 해결하는 방법으로서, 일본특허공개 2000-252544호 공보나 일본특허공개평 10-81016호 공보에는, 하부전극에 티탄이나 산화티탄을 첨가하는 것이 효과적임이 개시되었다. 특히 일본특허공개평 10-81016호 공보에서는, 스퍼터링법을 이용할 경우에도 (100)면 배향의 PZT막을 얻을 수 있음이 개시되었다. 단 하부전극 상에 직접 페로브스카이트형 PZT막을 얻을 수는 없으며, 처음에 200℃ 이하의 저온에서 비정질 또는 파이로크로아이트(pyrochroite)형 결정구조의 PZT막을 형성하고, 그 후 산소 분위기 중의 500~700℃의 고온에서 열처리함으로써 결정 변화시키고 있으며, 졸·겔법과 마찬가지로, 고온 가열하여 결정화시키는 공정에서의 결정화로써 균열이나 하부전극과의 박리가 발생하기 쉽다는 결점이 있다. 또 상기 졸·겔법이나 스퍼터링법으로 형성한 PZT막의 (001)면 배향도 또는 (100)면 배향도는, 모든 방법에 있어서 85% 이하이다.

또한 졸·겔법에 있어서는, 1 회의 공정(전구체용액의 도포 및 그 후의 열처리)에서 형성되는 PZT막의 막 두께가 고작 100nm 정도이므로, 압전소자에 필요한 1 $\mu$ m 이상의 막 두께를 얻기 위해서는 상기 공정을 10 회 이상 되풀이해야 할 필요가 있으며, 그렇다 하면 수율이 낮아져버린다는 문제가 있다.

한편, 상기 일본특허공개 2001-88294호 공보에 의하면, 비정질박막을 일단 형성하고, 열처리 등 후처리에 의해 결정성박막으로 변화시켜 합성하는 방법인 졸·겔법(MOD법도 포함) 이외의 방법, 즉 열처리에 의한 결정화공정 없이 직접 결정성박막을 형성하는 성막법, 예를 들어 스퍼터링법, 레이저 삭마(laser ablation)법, CVD법에 의해, 매우 얇은 티탄층을 표면에 형성한 이리듐 바탕전극 상으로의 PZT배향 제어를 시도했지만, 졸·겔법 이외에서는 배향막을 얻을 수 없었다고 개시되어 있다. 그 이유는 졸·겔법에서는, 하부전극 쪽으로부터 상부전극 쪽에 걸쳐 서서히 PZT막이 결정화가 진행됨에 반해, CVD법이나 스퍼터링법 등에서는 PZT막의 결정화가 불균일하게 진행되어 결정화에 규칙성이 없음이 배향제어를 어렵게 하기 때문일 것으로 보았다.

또 (111)면 배향 Pt전극층 상에, 두께 12nm 이하의 산화티탄층을 형성하고, 직접 스퍼터링법에 의해 페로브스카이트형 결정구조의 티탄산납 막이나 PZT막을 형성한 경우, 모든 막이 (111)면 배향성을 나타내어 (100)면 또는 (001)면 배향막은 얻을 수 없다(아메리카 물리학회가 1998년 4월 1일 발행한 Journal of Applied Physics 제 83권 제 7호 p.3835-3841 참조).

본 발명은 이러한 점에 감안하여 이루어진 것으로 그 목적으로 하는 바는, 저원가이며, 압전특성이 우수한 고 신뢰성의 압전소자가 얻어지도록 하는 것이다.

(발명의 개시)

상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에서는, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 전극층을 구성해두고, 이 전극층 상에 배향제어층을 형성하며, 이 배향제어층 상에 압전체층을 형성하도록 함과 동시에, 이 배향제어층을 형성할 때, 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로, 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면에 우선 배향시키도록 하고, 이 배향제어층에 의해 압전체층을 (001)면에 우선 배향시키도록 한다.

구체적으로는, 제 1 발명에서, 기판 상에 형성된 제 1 전극층과 이 제 1 전극층 상에 형성된 배향제어층과, 이 배향제어층 상에 형성된 압전체층과, 이 압전체층 상에 형성된 제 2 전극층을 구비하는 압전소자를 대상으로 한다.

그리고 상기 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지며, 상기 배향제어층은 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면에 우선 배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고, 상기 압전체층은 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선 배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며, 상기 배향제어층에 있어서 적어도 제 1 전극층 쪽의 표면 근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층에서 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽으로부터 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것으로 한다.

상기 구성에 의해 제 1 전극층인 귀금속막에, 티탄 또는 산화티탄을 첨가함으로써, 기판과 제 1 전극층과의 밀착성을 향상시킬 수 있어, 압전소자 제조 시의 막 박리를 방지할 수 있음과 동시에, 이 제 1 전극층 상에 배향제어층을 스퍼터링법 등으로 형성하면, 제 1 전극층이 (111)면 배향이라도 배향제어층이 (100)면 또는 (001)면(입방정계의 경우 (100)면과 (001)면은 동일함)으로 배향하기 쉬워진다. 즉 제 1 전극층 표면부에는 티탄 또는 산화티탄이 섬 모양(島狀)으로 점점이 존재하며, 배향제어층은 이 섬 모양으로 존재하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 그 위쪽에 결정성장하고, 이로써 티탄 또는 산화티탄 상에서 (100)면 또는 (001)면으로 배향하기 쉬워진다. 또 상기 티탄 또는 산화티탄은 제 1 전극층에 함유돼 있으므로, 제 1 전극층 표면으로부터는 거의 돌출되지 않으며(돌출됐다 하더라도 그 돌출량은 2nm보다 작아진다), 이 점에서도 배향제어층은 (100)면 또는 (001)면으로 배향하기 쉬워진다. 한편 제 1 전극층은 실리콘 등의 기판을 이용할 경우에는 통상, (111)면 배향이며, 때문에 배향제어층에서 제 1 전극층 표면부의 티탄 또는 산화티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽 영역에서는, (100)면 및 (001)면 이외의 면 배향(예를 들어 (111)면 배향)으로 되거나 비정질로 되거나 한다. 그러나 이와 같은 (100)면이나 (001)면 배향으로 되지 않은 영역은, 배향제어층에서 제 1 전극층 쪽의 표면 근방부(당해 표면에서 고작 20nm 정도까지의 범위)에 밖에 존재하지 않는다. 즉 상기 티탄 또는 산화티탄 상의 (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 그 결정성장에 따라 넓어지기 때문에, 층 두께방향과 수직인 단면에서 이 영역의 면적이 제 1 전극층 쪽에서 그 반대쪽(압전체층 쪽)을 향해 커짐으로써, (100)면이나 (001)면 배향이 아닌 영역은 작아져, 배향제어층 두께가 20nm 정도로 된 단계에서는 거의 전체가 (100)면 또는 (001)면 배향 영역으로 된다. 이렇게 형성된 배향제어층 상에 압전체층을 형성한다면, 이 배향제어층에 의해 압전체층은 (001)면 배향(능면체정계의 경우에는 (100)면과 (001)면이 동일하므로 이 능면체정계의 (100)면 배향을 포함)이 된다. 이와 같은 배향제어층을 형성함으로써 압전체층에는, 압전특성이 양호한 압전재료를 사용하면서 배향제어층에는 결정성이나 배향성을 보다 향상시킬 수 있는 재료를 사용할 수 있으며, 그 결과 압전체층의 (001)면 배향도를 90% 이상으로 할 수 있게 된다. 여기서 배향제어층에 있어서 (100)면이나 (001)면으로 배향되지 않은 영역은 제 1 전극층의 표면 근방부만이 아닌, 압전체층 쪽 표면에 존재해도 된다. 이와 같은 경우라도, 배향제어층의 막 두께가 0.01 $\mu$ m 이상이라면, 압전체층 쪽 표면의 대부분은 (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 되어, 압전체층의 (001)면 배향도를 90% 이상으로 할 수 있다.

따라서 저가 실리콘 등의 기판 상에, 졸·겔법 이외의, 열처리에 의한 결정화공정 없이 직접 결정성 박막을 형성하는 성막법(스퍼터링법이나 CVD법 등)이라도 배향성이 양호한 압전체층이 얻어지며, 이로써 압전특성의 차이를 낮게 억제할 수 있음과 동시에, 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 즉 이 압전소자는, 이 압전체층의 막 표면에 대해 수직방향으로 전계를 인가시켜 이용하므로, 특히 정방정계 페로브스카이트형 PZT막에서는 (001)면 배향에 의해 전계방향이 <001>분극축 방향과 평행

해져 커다란 압전특성이 얻어진다. 또 전계인가에 의한 분극회전이 일어나지 않으므로, 압전특성의 차이를 낮게 억제할 수 있음과 동시에, 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 한편, 능면체정계 페로브스카이트형 PZT막에 있어서는, 분극축이 <111>방향이기 때문에, (100)면 배향에 의해 전계방향과 분극축 방향 사이에 약 54°의 각도가 생기는 하지만, (100)면 배향성을 향상시킴으로써, 전계인가에 대해 분극은 항상 일정 각도를 유지할 수 있으므로, 이 경우도 전계인가에 의한 분극 회전이 일어나지 않으며, 이로써 압전특성의 차이를 낮게 억제할 수 있음과 동시에, 신뢰성을 향상시킬 수 있다(예를 들어 무배향 PZT막의 경우에는 분극이 여러 방향을 향하기 때문에, 전계를 인가하면 전계와 평행방향으로 분극축을 향하고자 하므로, 압전특성이 전압의존성을 가져 편차가 커지거나, 경시변화가 일어나 신뢰성에 문제가 생기거나 한다).

또 고가의 MgO 단결정 기판을 이용하지 않아도, 양호한 배향성을 갖는 압전체층이 쉽게 얻어지므로, 저가의 유리기판, 금속기판, 세라믹기판, Si기판 등을 이용함으로써 제조원가를 저감할 수 있다.

그리고 압전체층의 막 두께가 1 $\mu$ m 이상이라도, 졸-겔법과 같이 동일 공정을 몇 번씩 되풀이 할 필요가 없이, 압전체층을 스퍼터링법 등으로 용이하게 형성할 수 있어 수율 저하를 억제할 수 있다.

제 2 발명에서는 상기 제 1 발명에 있어서, 배향제어층은 지르코늄 함유량이 0 이상 20mol% 이하이며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉인 티탄산란탄지르콘산납, 또는 이 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간의 적어도 한쪽을 첨가한 것으로 이루지는 것으로 한다.

이와 같은 티탄산란탄지르콘산납(PLZT; 지르코늄 함유량이 0일 경우의 티탄산란탄납(PLT)을 포함)을 배향제어층에 이용하면, 배향제어층이 (100)면 또는 (001)면으로 더 한층 배향하기 쉬워지며, 나아가 압전체층의 배향성을 향상시킬 수 있다. 더욱이 이와 같이 지르코늄 함유량을 20mol% 이하로 하면, 결정성장 초기에 Zr산화물로 된 결정성 낮은 층이 형성되기 어려우며, 또 납 함유량을 화학양론조성과 비교해 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉으로 함으로써, 배향제어층의 결정성 저하를 확실하게 억제할 수 있고, 이로써 내전압을 향상시킬 수 있다. 따라서 압전체층의 결정성이나 배향성을 확실하게 향상시킬 수 있어 압전소자의 전압특성을 더 한층 향상시킬 수 있다.

제 3 발명은, 상기 제 2 발명에 있어서 티탄산란탄지르콘산납의 란탄 함유량이 0을 초과하고 25mol% 이하인 것으로 한다.

제 4 발명은, 상기 제 2 발명에 있어서 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가할 경우의 총 첨가량은 0을 초과하고 10mol% 이하인 것으로 한다.

이들 제 3 또는 제 4 발명에 의해 배향제어층의 결정성 저하를 보다 효과적으로 억제할 수 있다.

제 5 발명은, 상기 제 1 발명에 있어서 제 1 전극층은, 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속으로 이루어지며, 이 귀금속에 함유된 티탄 또는 산화티탄 함유량이 0을 초과하고 30mol% 이하인 것으로 한다.

이로써 압전소자의 각 막을 스퍼터링법 등으로 형성할 경우의 온도에 충분히 견딜 수 있음과 동시에, 전극으로서 적절한 재료로 할 수 있다. 또 티탄 또는 산화티탄의 함유량은 30mol%를 초과하면 배향제어층(나아가 압전체층)의 결정성 및 배향성이 저하되므로, 이와 같이 30mol% 이하로 하는 것이 좋다.

제 6 발명은, 상기 제 1 발명에 있어서 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄의 이 표면으로부터의 돌출량이 2nm보다 작은 것으로 한다.

즉 티탄 또는 산화티탄은 제 1 전극층에 함유된 것이며, 제 1 전극층 위쪽에 적극적으로 형성한 것이 아니므로, 제 1 전극층에서 배향제어층 쪽 표면으로부터 돌출하는 일은 거의 없으며, 돌출한다 하더라도 그 돌출량은 2nm보다 작아진다. 이로써 상술한 바와 같이 배향제어층이 (100)면 또는 (001)면으로 배향하기 쉬워진다.

제 7 발명은 상기 제 1 발명에 있어서, 압전체층은 티탄산지르콘산납을 주성분으로 하는 압전재료로 이루어진 것으로 한다.

이와 같이 함으로써, 압전특성이 양호한 압전재료로 할 수 있어 고성능 압전소자가 얻어진다.

제 8 발명은 상기 제 1 발명에 있어서, 기판과 제 1 전극층 사이에, 이 기판과 제 1 전극층과의 밀착성을 높이는 밀착층이 형성된 것으로 한다.

이로써 기관과 제 1 전극층과의 밀착성을 더욱 향상시킬 수 있어 압전소자 제조 시의 막 박리를 확실하게 방지할 수 있다.

제 9 발명은, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 이루어지는 압전소자와, 이 압전소자의 제 2 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실부재를 구비하며, 상기 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 상기 압력실 내 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯 헤드의 발명이다.

그리고 이 발명에서는, 상기 압전소자의 제 1 전극층이 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고, 상기 배향제어층은 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며, 상기 압전체층은 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고, 상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽으로부터 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것으로 한다.

이 발명으로써 기관 상에, 제 1 전극층, 배향제어층, 압전체층, 제 2 전극층 및 진동층을 스퍼터링법 등으로 순차 형성하고, 이 진동층에 압력실 부재를 접합시킨 후 상기 기관을 제거하도록 하면, 상기 제 1 발명과 마찬가지로 구성의 압전소자를 구비한 잉크젯 헤드가 얻어지며, 이 압전소자의 압전체층 (001)면 배향도를 90% 이상으로 할 수 있다. 따라서 잉크 토출성능의 차이가 적고 내구성에 뛰어난 잉크젯 헤드를 얻을 수 있다.

제 10 발명에서는, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 이루어지는 압전소자와, 이 압전소자의 제 1 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실부재를 구비하며, 상기 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 상기 압력실 내 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯 헤드를 대상으로 한다.

그리고 상기 압전소자의 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고, 상기 배향제어층은 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며, 상기 압전체층은 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고, 상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽으로부터 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것으로 한다.

이로써 압력실 부재를 기관으로 하고 그 위에, 진동층, 제 1 전극층, 배향제어층, 압전체층 및 제 2 전극층을 스퍼터링법 등으로 순차 형성하면, 상기 제 9 발명과 마찬가지로 작용효과를 갖는 잉크젯 헤드가 얻어진다.

제 11 발명은, 고정부와, 이 고정부로부터 소정 방향으로 연장되는 적어도 한 쌍의 진동부를 갖는 기관을 구비하며, 이 기관의 적어도 각 진동부 상에, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층 및 제 2 전극층이 차례로 적층되고, 이 각 진동부 상에서의 제 2 전극층이, 당해 진동부를 진동부 폭 방향으로 진동시키기 위한 적어도 1 개의 구동전극과, 당해 진동부의 두께방향 변형을 검출하기 위한 적어도 1 개의 검출전극으로 패터닝된 각속도센서의 발명이다.

그리고 상기 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고, 상기 배향제어층은, 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며, 상기 압전체층은, 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고, 상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽에서 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것으로 한다.

이 발명에 의해, 제 2 전극층의 구동전극 및 제 1 전극층 사이에 전압을 인가함으로써, 기관의 각 진동부를 진동부 폭 방향으로 진동시키고 이 진동 시에 코리올리의 힘(전향력)에 의해 진동부가 두께방향으로 변형되면, 제 2 전극층의 검출전극 및 제 1 전극층 사이에 전압이 발생하고, 이 전압의 크기(코리올리 힘)로써 각속도를 검출할 수 있다. 그리고 이와 같이 각속도를 검출하는 부분(진동부)이, 상기 제 1 발명과 마찬가지로 구성의 압전소자로 구성되게 되므로, 종래의 수정을 이용한 각속도센서보다 압전상수를 40 배 정도로 크게 할 수 있어, 매우 소형화가 가능하다. 또 공업적으로 양산해도 특성의 재현성이 양호하고 편차가 적어, 내전압 및 신뢰성이 양호한 각속도센서가 얻어진다.

제 12의 발명은 상기 제 11 발명에 있어서, 배향제어층은, 지르코늄 함유량이 0 이상 20mol% 이하이며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉인 티탄산란탄지르콘산납, 또는 이 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가한 것으로 이루어진 것으로 한다. 이로써 상기 제 2 발명과 마찬가지로 작용효과가 얻어진다.

제 13 발명은 상기 제 12 발명에 있어서, 티탄산란탄지르콘산납의 란탄 함유량이 0을 초과하고 25mol% 이하인 것으로 한다. 이렇게 함으로써 상기 제 3 발명과 마찬가지로 작용효과가 얻어진다.

제 14 발명은 상기 제 12 발명에 있어서, 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가할 경우의 총 첨가량은, 0을 초과하고 10mol% 이하인 것으로 한다. 이로써 상기 제 4 발명과 마찬가지로 작용효과를 얻을 수 있다.

제 15 발명은 상기 제 11 발명에 있어서, 제 1 전극층은, 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속으로 이루어지며, 이 귀금속에 함유된 티탄 또는 산화티탄 함유량이 0을 초과하고 30mol% 이하인 것으로 한다. 이로써 상기 제 5 발명과 마찬가지로 작용효과를 얻을 수 있다.

제 16 발명은 상기 제 11 발명에 있어서, 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄의, 이 표면으로부터의 돌출량이 2nm보다 작은 것으로 한다. 이로써 상기 제 6 발명과 마찬가지로 작용효과를 얻을 수 있다.

제 17 발명은 상기 제 11 발명에 있어서, 압전체층은, 티탄산지르콘산납을 주성분으로 하는 압전체료로 이루어진 것으로 한다. 이로써 상기 제 7 발명과 마찬가지로 작용효과를 얻을 수 있다.

제 18 발명은 상기 제 11 발명에 있어서, 기판과 제 1 전극층 사이에 이 기판과 제 1 전극층의 밀착성을 높이는 밀착층이 형성된 것으로 한다. 이로써 상기 제 8 발명과 마찬가지로 작용효과를 얻을 수 있다.

제 19 발명은, 기판 상에 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 배향제어층 상에 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정을 포함하는 압전소자의 제조방법의 발명이다.

그리고 이 발명에서, 상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하고 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향시키는 공정이며, 상기 압전체층을 형성하는 공정은, 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향시키는 공정인 것으로 한다.

이 발명에 의해 상기 제 1 발명과 마찬가지로 작용효과를 갖는 압전소자를 용이하게 제조할 수 있다.

제 20 발명은, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자를 구비하며, 이 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 압력실 내의 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯 헤드 제조방법의 발명이다.

그리고 이 발명에서는, 기판 상에 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 배향제어층 상에 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정과, 상기 제 2 전극층 상에 진동층을 형성하는 공정과, 상기 진동층의 제 2 전극층과는 반대쪽 면에, 압력실을 형성하기 위한 압력실 부재를 접합하는 공정과, 상기 접합공정 후에 상기 기판을 제거하는 공정을 포함하며, 상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하여 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향시키는 공정이며, 상기 압전체층을 형성하는 공정은 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향시키는 공정인 것으로 한다.

이로써 상기 제 9 발명과 마찬가지로 작용효과를 갖는 잉크젯 헤드를 용이하게 제조할 수 있다.

제 21 발명에서는 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자를 구비하며, 이 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 압력실 내의 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯 헤드의 제조방법을 대상으로 한다.

그리고 압력실을 형성하기 위한 압력실 기관 상에 진동층을 형성하는 공정과, 상기 진동층 상에 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 배향제어층 상에 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정과, 상기 압력실 기관에 압력실을 형성하는 공정을 포함하며, 상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하여 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 시키는 공정이며, 상기 압전체층을 형성하는 공정은 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향 시키는 공정인 것으로 한다.

이로써 상기 제 10 발명과 마찬가지로 작용효과를 갖는 잉크젯 헤드를 용이하게 제조할 수 있다.

제 22 발명은, 고정부와, 이 고정부로부터 소정 방향으로 연장되는 적어도 한 쌍의 진동부를 갖는 기관을 구비하며, 이 기관의 적어도 각 진동부 상에, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층 및 제 2 전극층이 차례로 적층되고, 이 각 진동부 상에서의 제 2 전극층이, 당해 진동부를 진동부 폭 방향으로 진동시키기 위한 적어도 1 개의 구동전극과, 당해 진동부의 두께방향 변형을 검출하기 위한 적어도 1 개의 검출전극으로 패터닝된 각속도센서 제조방법의 발명이다.

그리고 기관 상에, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 배향제어층 상에 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정과, 상기 제 2 전극층을 패터닝하여 상기 구동전극 및 검출전극을 형성하는 공정과, 상기 압전체층, 배향제어층 및 제 1 전극층을 패터닝하는 공정과, 상기 기관을 패터닝하여 상기 고정부 및 진동부를 형성하는 공정을 포함하며, 상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하여 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 시키는 공정이며, 상기 압전체층을 형성하는 공정은 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향 시키는 공정인 것으로 한다.

이로써 상기 제 11 발명과 마찬가지로 작용효과를 갖는 각속도센서를 용이하게 제조할 수 있다.

제 23 발명은, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자와, 이 압전소자의 제 2 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실 부재를 구비하며 또 기록매체에 대해 상대이동 가능하게 구성된 잉크젯 헤드를 구비하고, 이 잉크젯 헤드가 기록매체에 대해 상대이동 할 때에, 이 잉크젯 헤드에서의 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜, 상기 압력실 내의 잉크를 이 압력실로 연통되는 노즐구멍으로부터 상기 기록매체에 토출시켜 기록을 행하도록 구성된 잉크젯식 기록장치의 발명이다.

그리고 이 발명에서는 상기 잉크젯 헤드 압전소자의 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고, 상기 배향제어층은, 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며, 상기 압전체층은, 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고, 상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽에서 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것으로 한다.

제 24 발명에서는, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자와, 이 압전소자의 제 1 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실 부재를 구비하며 또 기록매체에 대해 상대이동 가능하게 구성된 잉크젯 헤드를 구비하고, 이 잉크젯 헤드가 기록매체에 대해 상대이동 할 때에, 이 잉크젯 헤드에서의 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜, 상기 압력실 내의 잉크를 이 압력실로 연통되는 노즐구멍으로부터 상기 기록매체에 토출시켜 기록을 행하도록 구성된 잉크젯식 기록장치를 대상으로 한다.

그리고 상기 잉크젯 헤드 압전소자의 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지며, 상기 배향제어층은 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며, 상기 압전체층은 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고, 상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽에서 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것으로 한다.

이들 제 23 및 제 24 발명에 의해 인자성능 및 내구성이 매우 양호한 기록장치를 용이하게 얻을 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시형태에 관한 압전소자를 나타내는 단면도이다.

도 2는 상기 압전소자의 배향제어층 구조를 모식적으로 나타내는 확대단면도이다.

도 3은 본 발명의 실시형태에 관한 잉크젯 헤드의 전체구성을 나타내는 사시도이다.

도 4는 상기 잉크젯 헤드에서의 압력실 부재 및 액추에이터부의 주요부를 나타내는 분해사시도이다.

도 5는 상기 잉크젯 헤드에서의 압력실 부재 및 액추에이터부의 주요부를 나타내는 단면도이다.

도 6은 상기 잉크젯 헤드의 제조방법에 있어서의 적층공정, 압력실용 개구부의 형성공정 및 접착제 부착공정을 나타내는 도이다.

도 7은 상기 잉크젯 헤드의 제조방법에 있어서의, 성막 후 기관과 압력실 부재의 접착공정 및 종벽(縱壁) 형성공정을 나타내는 도이다.

도 8은 상기 잉크젯 헤드의 제조방법에 있어서의, 기관(성막용) 및 밀착층 제거공정 그리고 제 1 전극층의 개별화 공정을 나타내는 도이다.

도 9는 상기 잉크젯 헤드의 제조방법에 있어서의, 배향제어층 및 압전체층의 개별화공정 그리고 기관(압력실 부재용) 절단공정을 나타내는 도이다.

도 10은 상기 잉크젯 헤드의 제조방법에 있어서의, 잉크유로부재 및 노즐판 생성공정, 잉크유로부재와 노즐판의 접착공정, 압력실부재와 잉크유로부재의 접착공정 및 완성된 잉크젯 헤드를 나타내는 도이다.

도 11은 상기 잉크젯 헤드의 제조방법에 있어서, 성막된 Si기관과 압력실 부재용 Si기관의 접착상태를 나타내는 평면도이다.

도 12는 본 발명의 실시형태에 관한 다른 잉크젯 헤드에서의 압력실부재 및 액추에이터부의 주요부를 나타내는 단면도이다.

도 13은 상기 다른 잉크젯 헤드 제조방법에 있어서의 적층공정 및 압력실 형성공정을 나타내는 도이다.

도 14는 본 발명의 실시형태에 관한 잉크젯식 기록장치를 나타내는 개략사시도이다.

도 15는 본 발명의 실시형태에 관한 각속도센서를 나타내는 개략사시도이다.

도 16은 도 15의 XVI-XVI선 단면도이다.

도 17은 상기 각속도센서의 제조방법을 나타내는 도이다.

도 18은 상기 각속도센서의 제조방법에 있어서, 제 2 전극층을 패터닝한 상태를 나타내는 평면도이다.

도 19는 수정을 이용한 종래의 각속도센서를 나타내는 개략사시도이다.

도 20은 도 19의 XX-XX선 단면도이다.

(발명을 실시하기 위한 최선의 형태)

(제 1 실시형태)

도 1은 본 발명의 실시형태에 관한 압전소자를 나타내며, 도 1에서 11은, 두께 0.3mm의 지름 4인치 실리콘(Si)웨이퍼로 이루어지는 기판이고, 이 기판(11) 상에 두께 0.02 $\mu\text{m}$ 이며 티탄(Ti)으로 이루어지는 밀착층(12)이 형성된다. 여기서 상기 기판(11)은 실리콘에 한정되는 것이 아니며, 유리기판이나, 금속기판, 세라믹기판 등이라도 된다.

상기 밀착층(12) 상에는, 두께 0.22 $\mu\text{m}$ 이며 2.1mol%의 Ti을 첨가한 백금(Pt)으로 이루어지는 제 1 전극층(14)이 형성된다. 이 제 1 전극층(14)은 (111)면 배향이다.

상기 제 1 전극층(14)상에는 란탄(La) 함유량이 12mol%이며, 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 8mol% 과잉인 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 결정구조를 갖는 PLT로 이루어지는 배향제어층(15)이 형성된다. 이 배향제어층(15)은 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 되어 이루어지며, 그 막 두께는 0.03 $\mu\text{m}$ 이다.

상기 배향제어층(15) 상에는 두께가 3 $\mu\text{m}$ 이며 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 결정구조를 갖는 PZT로 이루어지는 압전체층(16)이 형성된다. 이 압전체층(16)은 (001)면으로 우선배향 되어 이루어진다. 상기 PZT의 조성은, 정방 결정과 능면체결정의 경계(morphotropic phase boundary) 부근의 조성(Zr/Ti= 53/47)이다. 여기서 압전체층(16)의 Zr/Ti조성은 Zr/Ti= 53/47에 한정되지 않으며, Zr/Ti= 30/70~70/30이면 된다. 또 압전체층(16)의 구성재료는, PZT에 Sr, Nb, Al 등의 첨가물을 함유한 것 등과 같이, PZT를 주성분으로 하는 압전재료이면 되며, PMN이나 PZN이라도 된다. 또한 막 두께는 0.5~5.0 $\mu\text{m}$ 의 범위이면 된다.

상기 압전체층(16) 상에는 두께가 0.2 $\mu\text{m}$ 이며 Pt로 이루어지는 제 2 전극층(17)이 형성된다. 여기서 제 2 전극층(17) 재료는 백금에 한정됨 없이 도전성 재료이면 되며, 막 두께는 0.1~0.4 $\mu\text{m}$ 의 범위이면 된다.

그리고 이 압전소자는, 상기 기판(11) 상에, 밀착층(12), 제 1 전극층(14), 배향제어층(15), 압전체층(16) 및 제 2 전극층(17)을 스퍼터링법으로 순차 성막 적층시킨 것이다. 또 성막법은 스퍼터링법에 한정되지 않으며, 열처리에 의한 결정화 공정 없이 직접 결정성 박막을 형성하는 방법(예를 들어 CVD법 등)이면 된다. 또한 밀착층(12) 및 제 2 전극층(17)의 성막법은, 졸·겔법 등이라도 된다.

상기 밀착층(12)은, 상기 기판(11)과 제 1 전극층(14)의 밀착성을 높이기 위한 것이며, Ti에 한정되지 않고 탄탈, 철, 코발트, 니켈 혹은 크롬 또는 이들(Ti을 포함)의 화합물로 구성해도 된다. 또 막 두께는 0.005~1 $\mu\text{m}$ 의 범위이면 된다. 이 밀착층(12)은 반드시 필요한 것은 아니며, 기판(11) 상에 제 1 전극층(14)을 직접 형성하도록 해도 제 1 전극층(14)에 티탄이 함유되어 있으므로, 기판(11)과 제 1 전극층(14)의 밀착성은 매우 양호해진다.

상기 제 1 전극층(14)은, 전극으로서의 역할을 갖는 것뿐만 아니라, 티탄을 첨가함으로써 상기 배향제어층(15)을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 시키는 역할도 맡으므로, 이 티탄 대신 산화티탄을 첨가해도 된다. 이 티탄 또는 산화티탄의 첨가량은, 0을 초과하고 30mol% 이하인 것이 바람직하다. 또 제 1 전극층(14) 재료는, 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속이면 되고, 막 두께는 0.05~2 $\mu\text{m}$ 의 범위이면 된다. 여기서 제 1 전극층(14)의 배향제어층(15) 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄은 제 1 전극층(14)에 함유된 것이며, 제 1 전극층(14) 위쪽에 적극적으로 형성한 것이 아니므로, 상기 배향제어층(15) 쪽 표면에서 돌출하는 일은 거의 없으며, 돌출한다 하더라도 그 돌출량은 2nm보다 작다.

상기 배향제어층(15)은, 상기 압전체층(16)의 결정성 및 (001)면 배향성을 향상시키는 것이기 때문에, La을 함유하고 또 Zr을 함유하지 않으며, 납 함유량이 화학양론조성보다 과잉인 PLT이다. 여기서 압전체층(16)의 결정성 및 배향성을 향상시키는 관점에서, 란탄 함유량은 0을 초과하고 25mol% 이하이면 되고, 납 함유량은 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉이면 된다. 또 배향제어층(15)을 구성하는 재료는 상기 PLT에 한정됨 없이, 이 PLT에 지르코늄을 함유한 PLZT라도 되고, 이

들 PLT나 PLZT에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가한 것이라도 된다. 상기 지르코늄 함유량은 20mol% 이하인 것이 바람직하며, 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가할 경우, 그 총 첨가량은 0을 초과하고 10mol% 이하(어느 한쪽의 첨가량이 0이라도 된다)인 것이 바람직하다. 또한 배향제어층(15)의 막 두께는 0.01~0.2 $\mu$ m의 범위이면 된다.

그리고 배향제어층(15)에서의 제 1 전극층(14) 쪽 표면 근방부는, 도 2에 나타낸 바와 같이, (100)면 또는 (001)면 배향의 영역(15a)이, 제 1 전극층(14)에서의 배향제어층(15) 쪽 표면부에 위치하는 티탄(제 1 전극층(14)에 산화티탄을 함유한 경우에는 산화티탄이지만, 티탄을 함유한 경우에도 산화되어 산화티탄으로 될 경우가 있다) 상에 존재하며 층 두께방향과 수직인 단면의 상기 영역(15a) 면적이 제 1 전극층(14) 쪽에서 압전체층(16) 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는다. 한편 제 1 전극층(14)이 (111)배향이기 때문에, 배향제어층(15)에서 제 1 전극층(14) 표면부에서의 티탄 또는 산화티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽 영역(15b)에서는, (100)면이나 (001)면에는 배향되지 않고, 여기서는 (111)면 배향이 된다(제 1 전극층(14) 재료에 따라서는 (111)면 이외의 배향이 되거나 비정질로 되거나 한다). 이와 같은 (100)면이나 (001)면 배향이 아닌 영역(15b)은, 배향제어층(15)의 제 1 전극층(14) 쪽 표면으로부터 최대 20nm 정도까지의 범위에밖에 존재하지 않으며, 배향제어층(15)의 막 두께가 0.02 $\mu$ m 이상이라면, 배향제어층(15)의 압전체층(16) 쪽 표면의 거의 전체가 (100)면 또는 (001)면 배향의 영역(15a)이 된다.

상기 압전체층(16)은, 상기 배향제어층(15)에 의해 (001)면으로 우선배향된 것이며, 그 (001)면 배향도( $\alpha$ )는 90% 이상이다.

여기서 배향제어층(15)의 압전체층(16) 쪽 표면 모두가 상기 영역(15a)일 필요는 없으며, 막 두께가 매우 얇기 때문에 (100)면 및 (001)면으로 배향되지 않은 영역(15b)이 부분적으로 존재해도 된다. 이와 같은 경우라도 배향제어층(15)의 막 두께가 0.01 $\mu$ m 이상이라면, 압전체층(16) 쪽 표면의 대부분은 (100)면 또는 (001)면 배향의 영역이 되어 압전체층(16)의 (001)면 배향도를 90% 이상으로 할 수 있다.

다음으로 상기 압전소자의 제조방법을 설명하기로 한다.

즉 Si기판(11) 상에, 밀착층(12), 제 1 전극층(14), 배향제어층(15), 압전체층(16) 및 제 2 전극층(17)을 스퍼터링법으로 순차 성막한다.

상기 밀착층(12)은, Ti타겟을 이용하여, 기판(11)을 400 $^{\circ}$ C로 가열하면서 100W의 고주파전력을 인가하고, 1Pa의 아르곤 가스 중에서 1 분간 형성함으로써 얻어진다.

상기 제 1 전극층(14)은, 다윈 스퍼터링장치를 사용하고, Ti타겟 및 Pt타겟을 이용하여, 기판(11)을 400 $^{\circ}$ C로 가열하면서 1Pa의 아르곤가스 중에서 85W 및 200W의 고주파전력으로 12 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 얻어진 제 1 전극층(14)에서의 밀착층(12)과는 반대쪽 표면부에, 티탄이 섬 모양으로 점점이 산재한다.

여기서 상기 제 1 전극층(14)을 스퍼터링법으로 형성할 때 사용하는 가스는, 상기와 같이 아르곤가스만이라도 되며, 아르곤과 산소의 혼합가스라도 된다. 아르곤가스만을 사용할 경우에는 제 1 전극층(14) 표면부의 티탄은 산화되지 않지만, 아르곤과 산소의 혼합가스를 사용할 경우에는 이 티탄이 산화되어 산화티탄이 된다. 특히 아르곤과 산소의 혼합가스를 이용할 경우에는, 기판(11) 온도를 650 $^{\circ}$ C 이하로 설정하는 것이 바람직하다. 이는 기판(11) 온도가 650 $^{\circ}$ C보다 높으면, 티탄뿐만 아니라 귀금속 표면도 약간 산화되어 그 위쪽에 형성되는 배향제어층(15)의 결정성이나 배향성에 악영향을 미칠 가능성이 있기 때문이다.

상기 배향제어층(15)은, 티탄을 14mol% 함유하는 PLT에 산화납(PbO)을 12mol% 과잉 첨가시켜 조합한 소결타겟을 이용하여, 기판(11) 온도 600 $^{\circ}$ C이고, 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.8Pa, 고주파 전력 300W의 조건에서 12 분간 형성함으로써 얻어진다.

여기서 상기 배향제어층(15)을 스퍼터링법으로 형성할 때 사용하는 아르곤과 산소의 혼합가스에 있어서의 산소분압은 0%를 초과하고 10% 이하인 것이 바람직하다. 이는 산소가 전혀 존재하지 않는 상태에서는 배향제어층(15)의 결정성이 저하되는 한편, 산소분압이 10%를 초과하면 (100)면 또는 (001)면의 배향성이 저하되기 때문이다. 또 진공도는 0.05Pa 이상 5Pa 이하인 것이 바람직하다. 이는 진공도가 0.05Pa보다 작으면 배향제어층(15)의 결정성이 불균일해지는 한편, 5Pa을 초과하면 (100)면 또는 (001)면의 배향성이 저하되기 때문이다.

또한 상기 배향제어층(15)을 스퍼터링법으로 형성할 때의 기판(11) 온도는 450℃ 이상 750℃ 이하인 것이 바람직하다. 이는 기판(11) 온도가 450℃보다 낮으면, 배향제어층(15)의 결정성이 저하됨과 동시에 파이로크로아이트가 생성되기 쉬워지는 한편, 750℃보다 높으면 성막 시에, 막 중에 함유되는 Pb가 증발함으로써 부족해져 결정성이 저하되기 때문이다.

보다 바람직하게는, 상기 산소분압을 0.5% 이상 10% 이하로 하고, 또 진공도를 0.1Pa 이상 2Pa 이하로 함과 동시에, 기판(11) 온도를 500℃ 이상 650℃ 이하로 하는 것이다.

상기와 같이 배향제어층(15)을 형성하면 이 배향제어층(15)은, 제 1 전극층(14)에서의 배향제어층(15) 쪽 표면부에 점점 산재하는 티탄을 핵으로 하여 결정성장하고, 이로써 티탄 상에서 (100)면 또는 (001)면으로 배향하기 쉬워진다. 또 이 티탄이, 상기와 같이 제 1 전극층(14) 표면으로부터는 거의 돌출되지 않으므로(돌출한다 하더라도 그 돌출량은 2nm보다 작다), 배향제어층(15)은 (100)면 또는 (001)면으로 더 한층 배향되기 쉬워진다. 한편, 제 1 전극층(14)은 (111)면 배향으로 되었으므로, 배향제어층(15)에서 제 1 전극층(14) 표면부의 티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽 영역에서는 (100)면이나 (001)면 배향으로 되지 않는다(여기서는 (111)면 배향). 이 영역은 상기 결정 성장에 따라 작아지는 한편, (100)면 또는 (001)면 배향의 영역은 확대된다. 그 결과 배향제어층(15)에서의 제 1 전극층(14) 쪽 표면 근방부는 상술한 바와 같이, 제 1 전극층(14)에서의 배향제어층(15) 쪽 표면부에 위치하는 티탄 상에 존재하는 (100)면 또는 (001)면 배향의 영역(15a)과, 제 1 전극층(14) 표면부의 티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽에 존재하며 또 (100)면 또는 (001)면 배향이 아닌 영역(15b)을 갖게 되어, 이 (100)면 또는 (001)면 배향의 영역(15a)은 제 1 전극층(14) 쪽으로부터 그 반대쪽(압전체층(16) 쪽)을 향해 넓어지고, 배향제어층(15)의 압전체층(16) 쪽 표면에서는, 거의 전체가 (100)면 또는 (001)면 배향의 영역(15a)이 된다. 그리고 지르코늄 함유량을 20mol% 이하로 하고, 탄산 함유량이 0을 초과하고 25mol% 이하로 하면, 배향제어층(15)의 결정성이나 배향성이 매우 향상된다. 특히 지르코늄 함유량이 적을수록, 결정성장 초기에 지르코늄산화물로 이루어지는 결정성 낮은 층이 형성되기 어려워져, 결정성 저하가 확실하게 억제된다.

상기 압전체층(16)은, PZT(Zr/Ti=53/47) 소결체타겟을 이용하며, 기판(11) 온도 610℃이고, 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.3Pa, 고주파전력 250W의 조건에서 3 시간 형성함으로써 얻어진다.

여기서 상기 압전체층(16)을 스퍼터링법으로 형성할 때 사용하는 아르곤과 산소의 혼합가스에 있어서의 산소분압은 0%를 초과하고 30% 이하인 것이 바람직하다. 이는 산소가 전혀 존재하지 않는 상태에서는 압전체층(16)의 결정성이 저하되는 한편, 산소분압이 30%를 초과하면 (001)면 배향도가 저하되기 때문이다. 또 진공도는 0.1Pa 이상 1Pa 이하인 것이 바람직하다. 이는 진공도가 0.1Pa보다 작으면 압전체층(16)의 결정성 및 압전특성이 불균일해지는 한편, 1Pa를 초과하면 (001)면 배향도가 저하되기 때문이다.

또한 상기 압전체층(16)을 스퍼터링법으로 형성할 때의 기판(11) 온도는 450℃ 이상 750℃ 이하인 것이 바람직하다. 이는 기판(11) 온도가 450℃보다 낮으면, 압전체층(16)의 결정성이 저하됨과 동시에 파이로크로아이트가 생성되기 쉬워지는 한편, 750℃보다 높으면 성막 시에, 막 중에 함유되는 Pb가 증발함으로써 부족해져 결정성이 저하되기 때문이다.

보다 바람직하게는, 상기 산소분압을 1% 이상 10% 이하로 하고, 또 진공도를 0.15Pa 이상 0.8Pa 이하로 함과 동시에, 기판(11) 온도를 525℃ 이상 625℃ 이하로 하는 것이다.

상기와 같이 압전체층(16)을 형성하면, 이 압전체층(16)은 상기 배향제어층(15)의 압전체층(16) 쪽 표면이 (100)면 또는 (001)면 배향이기에 때문에, (001)면 배향이 되며(여기서는 Zr/Ti=53/47이므로 능면체정계가 되고, 이 능면체정계의 경우, (100)면과 (001)면은 동일하므로, 이 능면체정계의 (100)면 배향을 포함함), 이 (001)면 배향도(능면체정계의 (100)면 배향도)가 90% 이상이 된다. 또 배향제어층(15)의 결정성이 양호하므로, 이 압전체층(16)의 결정성도 양호해진다.

상기 제 2 전극층(17)은, 백금타겟을 이용하여, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 10 분간 형성함으로써 얻어진다.

따라서 본 실시예의 압전소자에서는, 고가의 MgO 단결정 기판을 이용하지 않아도, 저가의 실리콘기판(11) 상에 스퍼터링법으로 성막함으로써, 결정성 및 배향성이 양호한 압전체층(16)을 얻을 수 있어, 제조원가를 저감하면서 압전소자의 압전 특성 차이를 낮게 억제할 수 있음과 동시에, 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또 지르코늄산화물로 이루어지는 결정성 낮은 층이 형성되기 어려우므로, 압전소자의 내전압을 향상시킬 수 있다.

다음으로 구체적으로 실시한 실시예에 대하여 설명한다. 여기서 이하 각 실시예 1~5에 있어서, 기관 상에, 밀착층, 제 1 전극층, 배향제어층, 압전체층 및 제 2 전극층을 차례로 형성하는 구성은, 상기 실시형태와 마찬가지로이다(단 제 5 실시예에서는 밀착층을 형성하지 않는다).

#### (제 1 실시예)

이 제 1 실시예의 압전소자는, 각 막 재료, 막 두께, 제조방법 등이 상기 실시형태에서 설명한 것과 동일한 것으로 한다. 이 제 1 실시예의 압전소자 각 막에는, 균열이나 막 박리는 보이지 않았다.

그리고 제 2 전극층을 형성하기 전의 압전체층의 결정배향성이나 막 조성을 조사했다. 즉 X선 회절법에 의한 해석으로, 압전체층은 (100)면 배향 능면체정계 페로브스카이트형 결정구조를 나타내며, (100)면 배향도는  $\alpha=97\%$ 이다. 또 PZT막 조성은, X선 마이크로분석기에 의한 조성분석을 실시한 결과, 타겟조성과 동일하며 Zr/Ti비는 53/47이다.

이어서 배향제어층을 형성하기 전의 제 1 전극층의 결정배향성 및 막 조성을 조사했다. 즉 X선 회절법으로 해석을 실시한 결과, Pt막은 (111)면 배향을 나타냈다. 또 X선 광전자분광(XPS)으로 표면에서 5nm 깊이에서의 조성분석을 실시한 결과, Ti량은 2.1mol%였다.

계속해서, 압전체층을 형성하기 전의 배향제어층의 결정배향성 및 막 조성을 조사했다. 이 배향제어층의 PLT막은 (100)면 배향 페로브스카이트형 결정구조를 나타냈다. 또 배향제어층의 제 1 전극층 쪽에는 (111)면 배향된 부분이 보였다. 이 (111)면 배향된 부분은, 제 1 전극층 표면부의 티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽에 존재하는 것으로 생각된다. 그리고 X선 마이크로분석기에 의한 조성분석을 실시한 결과, 란탄이 12mol% 함유되고, 납이 8mol% 과잉 함유되었다.

다음에, 제 2 전극층을 형성하기 전 상태의 것을 이용하여, 다이싱으로 15mm×2mm로 절취한 캔틸레버를 100 개 제작하고, 0.2 $\mu$ m 두께의 제 2 전극층을 스퍼터링법으로 형성하여, 압전상수 d31의 측정을 실시했다(압전상수 d31의 측정방법에 대해서는 예를 들어 일특개 2001-21052호 공보 참조). 이 100 개의 캔틸레버의 압전상수 평균값은 -127pC/N이며, 편차는  $\sigma=4.2\%$ 였다.

이어서, 상기 압전소자의 제 2 전극층을, 1mm 각이며 0.2 $\mu$ m 두께의 Pt막으로 하고, 스퍼터링법에 의해 메탈마스크를 이용하여 10mm 간격으로 65 개 형성하고, 각각의 제 2 전극층과 제 1 전극층 사이에 전압을 인가하여 내전압을 측정했다. 여기서, 내전압값은 전압인가에 따른 전류값이 1 $\mu$ A가 되는 값으로 한다. 그 결과 내전압값의 평균은 118V이며 편차는  $\sigma=4.2\%$ 였다.

#### (제 2 실시예)

이 제 2 실시예에서는, 기관을 0.25mm 두께의 직경 4인치 스텐레스강(SUS304)으로 하고, 밀착층에는 막 두께 0.01 $\mu$ m의 탄탈(Ta)막을, 제 1 전극층에는 막 두께 0.25 $\mu$ m이고 산화티탄을 8mol% 함유하는 백금막을, 배향제어층에는 막 두께 0.03 $\mu$ m이고 17mol%의 란탄을 함유하며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 6mol% 과잉인 PLT막(3mol%의 마그네슘을 첨가한 것)을, 압전체층에는 막 두께 2.7 $\mu$ m인 PZT막(Zr/Ti=40/60)을, 제 2 전극층에는 막 두께 0.1 $\mu$ m의 Pt막을 각각 이용한다.

상기 밀착층은 Ta타겟을 이용하여, 기관을 500 $^{\circ}$ C로 가열하면서 100W의 고주파전력을 인가하고, 1Pa의 아르곤가스 중에서 1 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 제 1 전극층은 다윈 스퍼터링장치를 사용하여, Ti타겟 및 Pt타겟을 이용하여, 기관을 400 $^{\circ}$ C로 가열하면서 1Pa의 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=15:1)에서 120W 및 200W의 고주파전력으로 12 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 배향제어층은, 20mol%의 란탄을 함유하는 PLT에, 3mol%의 마그네슘을 첨가하고 또 산화납(PbO)을 10mol% 과잉 첨가시켜 조합한 소결타겟을 이용하여, 기관온도 600 $^{\circ}$ C에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.8Pa, 고주파전력 300W의 조건으로 15 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 압전체층은, PZT(Zr/Ti= 40/60) 소결체타겟을 이용하며, 기판온도 600℃에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>= 19:1)에서, 진공도 0.3Pa, 고주파전력 250W의 조건으로 3 시간 형성함으로써 얻는다.

상기 제 2 전극층은 Pt타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 형성함으로써 얻는다.

이 제 2 실시예의 압전소자 각 막에도 균열이나 막 박리는 보이지 않았다.

그리고 제 2 전극층을 형성하기 전 압전체층의 결정배향성이나 막 조성을, 상기 제 1 실시예와 마찬가지로 방법으로 조사한 바, 압전체층은 (001)면 배향 정방정계 페로브스카이트형 결정구조를 나타내며, (001)면 배향도는 α= 96%였다. 또 PZT 막 조성은 타겟조성과 마찬가지로 Zr/Ti= 40/60였다.

이어서, 배향제어층을 형성하기 전 제 1 전극층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, Pt막은 (111)면 배향을 나타냈다. 또 산화티탄량은 8mol%였다.

계속해서 압전체층을 형성하기 전 배향제어층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, PLT막은 (001)면 배향 페로브스카이트형 결정구조를 나타냈다. 여기서 배향제어층의 제 1 전극층 쪽에는 (111)면 배향으로 된 부분이 보였다. 이 (111)면 배향된 부분은, 제 1 전극층 표면부의 산화티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽에 존재하는 것으로 생각된다. 또 마그네슘이 3mol%, 란탄이 17mol% 함유되며, Pb이 6mol% 과잉 함유됐다.

다음에 상기 제 1 실시예와 마찬가지로 제 2 전극층을 형성하기 전 상태의 것을 이용하여, 다이싱으로 15mm×2mm로 절취한 캔틸레버를 100 개 제작하고, 0.1μm 두께의 제 2 전극층을 스퍼터링법으로 형성하여 압전상수(d31) 측정을 실시한 바, 100 개의 캔틸레버의 압전상수 평균값은 -129pC/N이며 편차는 σ= 2.9%였다.

이어서, 상기 압전소자의 제 2 전극층을, 1mm 각이며 0.1μm 두께의 백금막으로 하고 스퍼터링법에 의해 메탈마스크를 이용하여 10mm 간격으로 65 개 형성하고, 각각의 제 2 전극층과 제 1 전극층 사이에 전압을 인가하여 내전압을 측정할 바, 내전압 값의 평균은 118V이고, 편차는 σ= 4.8%였다.

(제 3 실시예)

이 제 3 실시예에서는, 기판을, 0.5mm 두께의 바륨붕규산유리(100mm각 크기)로 하고, 밀착층에는 막 두께 0.005μm의 니켈(Ni)막을, 제 1 전극층에는 막 두께 0.15μm이고 티탄을 18mol% 함유하는 이리듐(Ir)막을, 배향제어층에는 막 두께 0.02μm이고 8mol%의 란탄을 함유하며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 16mol% 과잉인 PLT막(1mol%의 망간을 첨가한 것)을, 압전체층에는 막 두께 2.6μm인 PZT막(Zr/Ti= 60/40)을, 제 2 전극층에는 막 두께 0.01μm의 Pt막을 각각 이용한다.

상기 밀착층은 Ni타겟을 이용하여, 기판을 300℃로 가열하면서 200W의 고주파전력을 인가하고, 1Pa의 아르곤가스 중에서 1 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 제 1 전극층은 다윈 스퍼터링장치를 사용하여, Ti타겟 및 Ir타겟을 이용하여, 기판을 600℃로 가열하면서 1Pa의 아르곤가스 중에서 160W 및 200W의 고주파전력으로 10 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 배향제어층은, 12mol%의 란탄을 함유하는 PLT에, 2mol%의 망간을 첨가하고 또 산화납(PbO)을 22mol% 과잉 첨가시켜 조합(調合)한 소결타겟을 이용하며, 기판온도 580℃에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>= 19:1)에서, 진공도 0.8Pa, 고주파전력 300W의 조건으로 15 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 압전체층은, PZT(Zr/Ti= 60/40) 소결체타겟을 이용하며, 기판온도 580℃에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>= 19:1)에서, 진공도 0.3Pa, 고주파전력 260W의 조건으로 3 시간 형성함으로써 얻는다.

상기 제 2 전극층은 Pt타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 형성함으로써 얻는다.

이 제 3 실시예의 압전소자 각 막에도 균열이나 막 박리는 보이지 않았다.

그리고 제 2 전극층을 형성하기 전 압전체층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, 압전체층은 (100)면 배향 능면체정계 페로브스카이트형 결정구조를 나타내며, (100)면 배향도는  $\alpha=95\%$ 였다. 또 PZT막 조성은 타겟조성과 마찬가지로 Zr/Ti = 60/40였다.

이어서, 배향제어층을 형성하기 전 제 1 전극층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, Ir막은 (111)면 배향을 나타냈다. 또 티탄량은 18mol%였다.

다음으로 압전체층을 형성하기 전 배향제어층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, PLT막은 (100)면 배향 페로브스카이트형 결정구조를 나타냈다. 여기서 배향제어층의 제 1 전극층 쪽에는 비정질이 된 부분이 보였다. 이 비정질로 된 부분은, 제 1 전극층 표면부의 티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽에 존재하는 것으로 생각된다. 또 망간이 1mol%, 란탄이 8mol% 함유되며, Pb이 16mol% 과잉 함유됐다.

다음에 제 2 전극층을 형성하기 전 상태의 것을 이용하여, 다이싱으로 15mm × 2mm로 절취한 캔틸레버를 100 개 제작하고, 0.01 $\mu$ m 두께의 제 2 전극층을 스퍼터링법으로 형성하여 압전상수(d31) 측정을 실시한 바, 100 개의 캔틸레버의 압전상수 평균값은 -122pC/N이며 편차는  $\sigma=3.6\%$ 였다.

이어서, 상기 압전소자의 제 2 전극층을, 1mm 각이며 0.01 $\mu$ m 두께의 백금막으로 하고 스퍼터링법에 의해 메탈마스크를 이용하여 10mm 간격으로 65 개 형성하고, 각각의 제 2 전극층과 제 1 전극층 사이에 전압을 인가하여 내전압을 측정한다. 내전압 값의 평균은 115V이고, 편차는  $\sigma=5.2\%$ 였다.

(제 4 실시예)

이 제 4 실시예에서는 기판을, 0.5mm 두께이고 직경 4 인치의 실리콘웨이퍼로 하고, 밀착층에는 막 두께 0.01 $\mu$ m의 티탄막을, 제 1 전극층에는 막 두께 0.25 $\mu$ m이고 산화티탄을 5mol% 함유하는 이리듐(Ir)막을, 배향제어층에는 막 두께 0.05 $\mu$ m이고 10mol%의 란탄을 함유하며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 10mol% 과잉인 PLT막을, 압전체층에는 막 두께 3.2 $\mu$ m인 PZT막(Zr/Ti= 52/48)을, 제 2 전극층에는 막 두께 0.01 $\mu$ m의 Pt막을 각각 이용한다.

상기 밀착층은 Ti타겟을 이용하여, 기판을 500℃로 가열하면서 100W의 고주파전력을 인가하고, 1Pa의 아르곤가스 중에서 1 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 제 1 전극층은 다윈 스퍼터링장치를 사용하여, Ti타겟 및 Ir타겟을 이용하여, 기판을 400℃로 가열하면서 1Pa의 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>= 10:1)에서 90W 및 200W의 고주파전력으로 12 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 배향제어층은, 10mol%의 란탄을 함유하는 PLT에, 산화납(PbO)을 14mol% 과잉 첨가시켜 조합(調合)한 소결타겟을 이용하며, 기판온도 600℃에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>= 15:1)에서, 진공도 0.84Pa, 고주파전력 300W의 조건으로 20 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 압전체층은, PZT(Zr/Ti= 52/48) 소결체타겟을 이용하며, 기판온도 620℃에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>= 19:1)에서, 진공도 0.4Pa, 고주파전력 270W의 조건으로 3 시간 형성함으로써 얻는다.

상기 제 2 전극층은 Pt타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 형성함으로써 얻는다.

이 제 4 실시예의 압전소자 각 막에도 균열이나 막 박리는 보이지 않았다.

그리고 제 2 전극층을 형성하기 전 압전체층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, 압전체층은 (100)면 배향 능면체정계 페로브스카이트형 결정구조를 나타내며, (100)면 배향도는  $\alpha=99\%$ 였다. 또 PZT막 조성은 타겟조성과 마찬가지로 Zr/Ti = 52/48였다.

이어서, 배향제어층을 형성하기 전 제 1 전극층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, Ir막은 (111)면 배향을 나타냈다. 또 산화티탄량은 5mol%였다.

다음으로 압전체층을 형성하기 전 배향제어층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, PLT막은 (100)면 배향 페로브스카이트형 결정구조를 나타냈다. 여기서 배향제어층의 제 1 전극층 쪽에는 비정질로 된 부분이 보였다. 이 비정질로 된 부분은, 제 1 전극층 표면부의 산화티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽에 존재하는 것으로 생각된다. 또 란탄이 10mol% 함유되고, 납이 10mol% 과잉 함유됐다.

다음에 제 2 전극층을 형성하기 전 상태의 것을 이용하여, 다이싱으로 15mm×2mm로 절취한 캔틸레버를 100 개 제작하고, 0.01 $\mu$ m 두께의 제 2 전극층을 스퍼터링법으로 형성하여 압전상수(d31) 측정을 실시한 바, 100 개의 캔틸레버의 압전상수 평균값은 -141pC/N이며 편차는  $\sigma=2.4\%$ 였다.

이어서, 상기 압전소자의 제 2 전극층을, 1mm 각이며 0.01 $\mu$ m 두께의 백금막으로 하고 스퍼터링법에 의해 메탈마스크를 이용하여 10mm 간격으로 65 개 형성하고, 각각의 제 2 전극층과 제 1 전극층 사이에 전압을 인가하여 내전압을 측정할 때, 내전압 값의 평균은 122V이고, 편차는  $\sigma=4.1\%$ 였다.

#### (제 5 실시예)

이 제 5 실시예에서는 기관을, 0.3mm 두께이고 직경 4 인치의 실리콘웨이퍼로 하고, 밀착층 없이, 기관에 제 1 전극층을 직접 형성함과 동시에, 이 제 1 전극층에는 막 두께 0.22 $\mu$ m이며 티탄을 2.1mol% 함유하는 백금막을, 배향제어층에는 막 두께 0.03 $\mu$ m이고 12mol%의 란탄과 15mol%의 지르코늄을 함유하며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 18mol% 과잉인 PLZT막(3mol%의 마그네슘을 첨가한 것)을, 압전체층에는 막 두께 3 $\mu$ m인 PZT막(Zr/Ti=53/47)을, 제 2 전극층에는 막 두께 0.2 $\mu$ m의 Pt막을 각각 이용한다.

상기 제 1 전극층은 다윈 스퍼터링장치를 사용하여, Ti타겟 및 Pt타겟을 이용하여, 기관을 400 $^{\circ}$ C로 가열하면서 1Pa의 아르곤가스 중에서 85W 및 200W의 고주파전력으로 12 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 배향제어층은, 14mol%의 란탄과 15mol%의 지르코늄을 함유하는 PLZT에, 3mol%의 마그네슘을 첨가하고 또 산화납(PbO)을 24mol% 과잉 첨가시켜 조합한 소결타겟을 이용하며, 기관온도 600 $^{\circ}$ C에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.8Pa, 고주파전력 300W의 조건으로 12 분간 형성함으로써 얻는다.

상기 압전체층은, PZT(Zr/Ti=53/47) 소결체타겟을 이용하며, 기관온도 610 $^{\circ}$ C에서, 아르곤과 산소와의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.3Pa, 고주파전력 250W의 조건으로 3 시간 형성함으로써 얻는다.

상기 제 2 전극층은 Pt타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 형성함으로써 얻는다.

이 제 5 실시예의 압전소자 각 막에도 균열이나 막 박리는 보이지 않았다.

그리고 제 2 전극층을 형성하기 전 압전체층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, 압전체층은 (100)면 배향 능면체정계 페로브스카이트형 결정구조를 나타내며, (100)면 배향도는  $\alpha=98\%$ 였다. 또 PZT막 조성은 타겟조성과 마찬가지로 Zr/Ti 비는 53/47이었다.

이어서, 배향제어층을 형성하기 전 제 1 전극층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, Pt막은 (111)면 배향을 나타냈다. 또 티탄량은 2.1mol%였다.

다음으로 압전체층을 형성하기 전 배향제어층의 결정배향성이나 막 조성을 조사한 바, PLT막은 (100)면 배향 페로브스카이트형 결정구조를 나타냈다. 여기서 배향제어층의 제 1 전극층 쪽에는 (111)면 배향된 부분이 보였다. 이 (111)면 배향된 부분은, 제 1 전극층 표면부의 티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽에 존재하는 것으로 생각된다. 또 마그네슘이 3mol% 함유되고, 란탄이 12mol% 함유되며, 납이 18mol% 과잉 함유됐다.

다음에 제 2 전극층을 형성하기 전 상태의 것을 이용하여, 다이싱으로 15mm×2mm로 절취한 캔틸레버를 100 개 제작하고, 0.2 $\mu$ m 두께의 제 2 전극층을 스퍼터링법으로 형성하여 압전상수(d31) 측정을 실시한 바, 100 개의 캔틸레버의 압전상수 평균값은 -130pC/N이며 편차는  $\sigma=4.12\%$ 였다.

이어서, 상기 압전소자의 제 2 전극층을, 1mm 각이며 0.2 $\mu$ m 두께의 백금막으로 하며, 스퍼터링법에 의해 메탈마스크를 이용하여 10mm 간격으로 65 개 형성하고, 각각의 제 2 전극층과 제 1 전극층 사이에 전압을 인가하여 내전압을 측정할 바, 내전압 값의 평균은 120V이고, 편차는  $\sigma=4.0\%$ 였다.

(비교예)

이 비교예의 압전소자는, 상기 제 1 실시예의 압전소자에 대해 배향제어층을 형성하지 않는 점만이 다른 것이며, 기판 상에 밀착층, 제 1 전극층, 압전체층 및 제 2 전극층을 차례로 형성한 구성이다.

이 비교예의 압전소자에 있어서의 압전체층은 (100)면 배향 능면체정계 페로브스카이트형 결정구조를 나타내며, (100)면 배향도는  $\alpha=31\%$ 였다.

또한 상기 제 1 실시예와 마찬가지로 하여 압전상수( $d_{31}$ ) 측정을 실시한 바, 압전상수 평균값은  $-72\text{pC/N}$ 이며 편차는  $\sigma=11.5\%$ 였다.

그리고, 상기 제 1 실시예와 마찬가지로 하여 내전압을 측정할 바, 내전압 값의 평균은 65V이고, 편차는  $\sigma=14.5\%$ 였다.

따라서 상기 제 1 실시예와 같은 배향제어층을 형성하는 것만으로, 압전체층의 결정성이나 배향성을 향상시킬 수 있어, 압전소자의 압전특성이나 내전압을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

(제 6 실시예)

이 제 6 실시예의 압전소자는, 상기 제 1 실시예와 배향제어층의 재료만이 다르다(배향제어층의 스퍼터링 조건도 제 1 실시예와 동일). 즉 이 배향제어층은 란탄을 함유하지 않는 티탄산납(PT)으로 이루어지며, 그 납 함유량은 화학양론조성과 비교해 과잉은 아니다.

이 제 6 실시예의 압전소자에 있어서 압전체층은 (100)면 배향 능면체정계 페로브스카이트형 결정구조를 나타내며, (100)면 배향도는  $\alpha=41\%$ 였다. 또한 압전상수 평균값은  $-82\text{pC/N}$ 이며 편차는  $\sigma=9.2\%$ 였다. 그리고, 내전압 값의 평균은 82V 이고, 편차는  $\sigma=12.1\%$ 였다.

따라서 이와 같은 배향제어층이라도, 상기 비교예의 압전소자에 비하면 압전체층의 배향성이 향상되어, 압전상수나 내전압을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

또 상기 제 1 실시예와 비교하여 알 수 있는 바와 같이, 배향제어층에 란탄을 함유하고, 납 과잉으로 하면 압전체층의 배향성을 극단적으로 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

(제 2 실시형태)

도 3은 본 발명의 실시형태에 관한 잉크젯 헤드의 전체구성을 나타내며, 도 4는 그 주요부 구성을 나타낸다. 도 3 및 도 4에 있어서, A는 압력실부재이며, 이 압력실부재(A)에는, 그 두께방향(상하방향)으로 관통하는 압력실 개구부(101)가 형성된다. B는, 상기 압력실 개구부(101)의 상단 개구를 피복하도록 배치된 액추에이터부이며, C는 압력실 개구부(101)의 하단 개구를 피복하도록 배치된 잉크유로부재이다. 상기 압력실부재(A)의 압력실 개구부(101)는, 그 상하에 각각 위치하는 상기 액추에이터부(B) 및 잉크유로부재(C)로 폐색됨으로써 압력실(102)이 된다.

상기 액추에이터부(B)는, 상기 각 압력실(102)의 거의 직상에 위치하는 제 1 전극층(103)(개별전극)을 구비하며, 이들 압력실(102) 및 제 1 전극층(103)은, 도 3에서 알 수 있는 바와 같이 지그재그 모양으로 어긋난 다수 배열이다.

상기 잉크유로부재(C)는, 잉크공급 방향으로 나열되는 압력실(102) 사이에서 공용되는 공통액실(105)과, 이 공통액실(105)의 잉크를 상기 압력실(102)에 공급하기 위한 공급구(106)와, 압력실(102) 내의 잉크를 토출시키기 위한 잉크유로(107)를 구비한다.

D는 노즐판이며, 이 노즐판(D)에는, 상기 잉크유로(107)에 연통되는 노즐구멍(108)이 형성된다. 또 E는 IC칩이며, 이 IC칩으로부터 상기 각 개별 전극(103)에 대해 본딩와이어(BW)를 통해 전압을 각각 공급하도록 구성된다.

다음에 상기 액추에이터부(B)의 구성을 도 5에 기초하여 설명한다. 이 도 5는 도 3에 나타난 잉크공급 방향과는 직교하는 방향의 단면도이다. 도 5에서는 상기 직교방향으로 나열되는 4 개의 압력실(102)을 갖는 압력실부재(A)가 참조적으로 도시된다. 이 액추에이터부(B)는, 상기와 같이 각 압력실(102)의 거의 바로 위에 각각 위치하는 제 1 전극(103)과, 이 각 제 1 전극(103) 상(도 5에서는 아래쪽)에 형성된 배향제어층(104)과, 이 배향제어층(104) 상(도 5에서는 아래쪽)에 형성된 압전체층(110)과, 이 압전체층(110) 상(도 5에서는 아래쪽)에 형성되며, 전체 압전체층(110)에 공통인 제 2 전극층(112) (공통전극)과, 이 제 2 전극층(112) 상(도 5에서는 아래쪽)에 형성되며, 상기 압전체층(110)의 압전효과에 의해 층 두께방향으로 변위되어 진동하는 진동층(111)과, 이 진동층(111) 상(도 5에서는 아래쪽)에 형성되며 각 압력실(102) 상호를 구획하는 구획벽(102a) 상방에 위치하는 중간층(113)(중벽)을 구비하고, 상기 제 1 전극층(103), 배향제어층(104), 압전체층(110) 및 제 2 전극층(112)은, 이들이 차례로 적층되어 이루어지는 압전소자를 구성하게 된다. 또 진동층(111)은 이 압전소자의 제 2 전극층(112) 쪽 면에 형성되게 된다.

여기서, 도 5 중, 114는 압력실부재(A)와 액추에이터부(B)를 접촉시키는 접촉제이며, 상기 각 중간층(113)은 이 접촉제(114)를 이용한 접촉 시에, 그 일부 접촉제(114)가 구획벽(102a) 바깥쪽으로 빠져나왔을 경우에도, 이 접촉제(114)가 진동층(111)에 부착되지 않고 진동층(111)이 소기에 맞게 변위 및 진동을 일으키도록, 압력실(102) 상면과 진동층(111) 하면의 거리를 넓히는 역할을 갖는다. 이와 같이 액추에이터부(B)의 진동층(111)에서의 제 2 전극층(112)과는 반대쪽 면에 중간층(113)을 개재하고 압력실부재(A)를 접촉시키는 것이 바람직하지만, 진동층(111)의 제 2 전극층(112)과 반대쪽 면에 직접 압력실부재(A)를 접촉시키도록 해도 된다.

상기 제 1 전극층(103), 배향제어층(104), 압전체층(110) 및 제 2 전극층(112)의 각 구성재료는, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 제 1 전극층(14), 배향제어층(15), 압전체층(16) 및 제 2 전극층(17)과 각각 마찬가지로(구성원소의 함유량이 다른 것도 있다). 또 배향제어층(104) 및 압전체층(110)의 구조도, 배향제어층(15) 및 압전체층(16)과 각각 마찬가지로, 배향제어층(104)의 제 1 전극층(103) 쪽 표면 근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향의 영역이 제 1 전극층(103)의 배향제어층(104) 쪽 표면부에 위치하는 티탄 상에 존재하며 층 두께방향과 수직인 단면의 상기 영역 면적이 제 1 전극층(103) 쪽에서 압전체층(110) 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는다.

다음으로, 도 3의 IC칩(E)을 제외한 잉크젯 헤드, 즉 도 4에 나타내는 상기 압력실부재(A), 액추에이터부(B), 잉크유로부재(C) 및 노즐판(D)으로 구성되는 잉크젯 헤드의 제조방법을 도 6~도 10에 기초하여 설명한다.

도 6의 (a)에 나타내는 바와 같이, 기판(120) 상에, 차례로 밀착층(121), 제 1 전극층(103), 배향제어층(104), 압전체층(110), 제 2 전극층(112), 진동층(111), 상기 중간층(113)을 스퍼터링법으로 성막, 적층시킨다. 여기서 상기 밀착층(121)은, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 밀착층(12)과 마찬가지로, 기판(120)과 제 1 전극층(103)의 밀착성을 높이기 위해 기판(120)과 제 1 전극층(103) 사이에 형성한다(반드시 밀착층(121)을 형성할 필요는 없다). 이 밀착층(121)은 후술하는 바와 같이, 기판(120)과 마찬가지로 제거한다. 또 진동층(111)의 재료에는 크롬을, 중간층(113)에는 티탄을 각각 사용한다.

상기 기판(120)에는, 18mm각으로 절단한 Si기판을 사용한다. 이 기판(120)은 Si에 한정되는 것이 아니며, 유리기판이나 금속기판, 세라믹기판이라도 된다. 또 기판크기도 18mm각에 한정되는 것이 아니며, Si기판이라면 직경 2~10인치의 웨이퍼라도 된다.

상기 밀착층(121)은, 티탄타겟을 이용하여, 기판(120)을 400℃로 가열하면서 100W의 고주파전력을 인가하고, 1Pa의 아르곤가스 중에서 1분간 형성함으로써 얻어진다. 이 밀착층(121)의 막 두께는 0.02 $\mu$ m이다. 여기서 밀착층(121) 재료는 티탄에 한정되지 않으며, 탄탈, 철, 코발트, 니켈 혹은 크롬 또는 이들(티탄을 포함)의 화합물이라도 된다. 또 막 두께는 0.005~0.2 $\mu$ m 범위라면 된다.

상기 제 1 전극층(103)은, 다원 스퍼터링장치를 사용하여, 티탄타겟 및 백금타겟을 이용하고, 기판(120)을 600℃로 가열하면서 1Pa의 아르곤가스 중에서 85W 및 200W의 고주파전력으로 12분간 형성함으로써 얻어진다. 이 제 1 전극층(103)의 막 두께는 0.2 $\mu$ m이며, (111)면 배향한다. 또 티탄 함유량은 2.5mol%이다. 이 제 1 전극층(103)도 상기 제 1 실시형태의 제 1 전극층(14)과 마찬가지로, 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속에, 티탄 또는 산화티탄을 첨가한 것(첨가량은 0을 초과하고 30mol% 이하인 것이 바람직하다)이면 되며, 막 두께는 0.05~2 $\mu$ m의 범위이면 된다.

상기 배향제어층(104)은, 란탄을 10mol% 함유하는 PLT에 산화납(PbO)을 15mol% 과잉 첨가시켜 조합(調合)한 소결타겟을 이용하며, 기판(120) 온도 600℃이고, 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.8Pa, 고주파전력 300W의 조건으로 12 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 얻어진 티탄산란탄납막은, 란탄을 10mol% 함유하며 납을 화학조성양론 조성보다 10% 과잉 함유하는 페로브스카이트형 결정구조이고, 제 1 전극층(103)에서 배향제어층(104) 쪽 표면부에 위치하는 티탄 상에서 (100)면 또는 (001)면으로 배향하며, 이 (100)면 또는 (001)면 배향 영역은 제 1 전극층(103) 쪽에서 그 반대쪽(압전체층(110) 쪽)을 향해 확대된다. 한편, 배향제어층(104)에서 제 1 전극층(103) 표면부의 티탄 또는 산화티탄이 존재하지 않는 부분의 위쪽 영역은, (100)면이나 (001)면 배향으로는 되지 않지만, 이 영역은 압전체층(110) 쪽을 향해 작아진다. 그리고 여기서는, 배향제어층(104)의 막 두께가 0.02 $\mu$ m가 되므로, 압전체층(110) 쪽 표면은 거의 전체가 (100)면 또는 (001)면으로 배향된 영역이 된다.

여기서, 상기 제 1 실시형태에서의 배향제어층(15)과 마찬가지로, 상기 배향제어층(104)의 란탄 함유율은 0을 초과하고 25mol% 이하이면 되며, 납의 함유율은 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉이면 된다. 또 배향제어층(104)을 구성하는 재료도, PLT에 지르코늄을 함유시킨 PLZT(지르코늄 함유량은 20mol% 이하인 것이 바람직하다)라도 되며, PLT나 PLZT에 마그네슘 및 망간의 적어도 한쪽을 첨가한 것(마그네슘 및 망간 첨가량은 0을 초과하고 10mol% 이하인 것이 바람직하다)이면 된다. 또 배향제어층(104)의 막 두께는 0.01~0.2 $\mu$ m 범위이면 된다.

상기 압전체층(110)은, PZT(Zr/Ti=52/48) 소결체타겟을 이용하고, 기판(120) 온도 580℃에서 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=15:1)에서, 진공도 0.3Pa, 고주파전력 250W의 조건으로 3 시간 형성함으로써 얻어진다. 이 얻어진 PZT막은, 능면체정계 페로브스카이트형 결정구조이며 (100)면 배향이다. 또 압전체층(110)의 막 두께는 3.1 $\mu$ m이다. 여기서 이 압전체층(110)의 Zr/Ti조성은 Zr/Ti=30/70~70/30이면 되고, 막 두께는 1~5 $\mu$ m의 범위이면 된다. 또 압전체층(110)의 구성재료는, PZT에 Sr, Nb, Al 등의 첨가물을 함유한 것 등과 같이, PZT를 주성분으로 하는 압전재료이면 되며, PMN이나 PZN이라도 된다.

상기 제 2 전극층(112)은, 백금타겟을 이용하여, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 10 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 제 2 전극층(112) 막 두께는 0.2 $\mu$ m이다. 여기서 제 2 전극층(112) 재료는 백금에 한정되지 않으며, 도전성재료이면 되고 막 두께는 0.1~0.4 $\mu$ m의 범위이면 된다.

상기 진동층(111)은 크롬타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 6 시간 형성함으로써 얻어진다. 이 진동층(111)의 막 두께는 3 $\mu$ m이다. 또 진동층(111) 재료는 크롬에 한정되지 않으며, 니켈, 알루미늄, 탄탈, 텅스텐, 실리콘 또는 이들의 산화물 혹은 질화물(예를 들어 이산화실리콘, 산화알루미늄, 산화지르코늄, 질화실리콘) 등이라도 된다. 또 진동층(111)의 막 두께는 2~5 $\mu$ m이면 된다.

상기 중간층(113)은, 티탄타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 5 시간 형성함으로써 얻어진다. 이 중간층(113)의 막 두께는 5 $\mu$ m이다. 이 중간층(113) 재료는 티탄에 한정되지 않으며, 크롬 등의 도전성 금속이면 된다. 또 중간층(113)의 막 두께는 3~10 $\mu$ m이면 된다.

한편, 도 6의 (b)에 나타내는 바와 같이, 압력실부재(A)를 형성한다. 이 압력실부재(A)는, 상기 실리콘기판(120)보다 큰 크기, 예를 들어 4 인치 웨이퍼의 실리콘기판(130)(도 11 참조)을 사용하여 형성된다. 구체적으로는, 우선 실리콘기판(130)(압력실부재용)에 대해 복수의 압력실용 개구부(101)를 패터닝한다. 이 패터닝은 도 6의 (b)에서 알 수 있는 바와 같이, 4 개의 압력실용 개구부(101)를 1 조로 하며, 각 조를 구획하는 구획벽(102b)은 각 조 내의 압력실용 개구부(101)를 구획하는 구획벽(102a) 폭의 약 2 배 폭인 두꺼운 폭으로 설정된다. 그 후 상기 패터닝된 실리콘기판(130)을 화학적 에칭 또는 드라이에칭 등으로 가공하여, 각 조에서 4 개의 압력실용 개구부(101)를 형성하고, 압력실부재(A)를 얻는다.

그 후는, 상기 성막 후의 실리콘기판(120)(성막용)과 상기 압력실부재(A)를 접착체로 접착한다. 이 접착체 형성은 전착(電着)에 의한다. 즉 먼저 도 6의 (c)에 나타내는 바와 같이, 압력실부재(A) 쪽 접착면으로서, 압력실 구획벽(102a, 102b) 상면에 접착제(114)를 전착에 의해 부착시킨다. 구체적으로는, 도시하지 않지만 상기 구획벽(102a, 102b) 상면에, 바탕전극막으로서 광이 투과할 정도로 얇은 수 백Å의 니켈박막을 스퍼터링법으로 형성하고, 그 후 상기 니켈박막 상에 패터닝된 접착수지(114)를 형성한다. 이 때 전착액으로는 아크릴수지계 수분산액에 0~50중량부의 순물을 첨가하여 잘 각반 혼합한 용액을 사용한다. 니켈박막의 막 두께를 광이 투과할 정도로 얇게 설정하는 것은, 실리콘기판(130)(압력실부재용)에 접착수지가 완전히 부착된 것을 눈으로 쉽게 확인할 수 있도록 하기 위한 것이다. 전착조건은 실험에 의하면, 액온 약 25℃, 직류전압 30V, 통전시간 60초가 적합하며, 이 조건하에서 약 3~10 $\mu$ m의 아크릴수지를 실리콘기판(130)(압력실부재용)의 니켈박막 상에 전착 수지 형성한다.

그리고 도 7의 (a)에 나타내는 바와 같이, 상기 적층된 Si기판(120)(성막용)과 압력실부재(A)를, 상기 전착된 접착제(114)를 이용하여 접착한다. 이 접착은, 기판(120)(성막용)에 성막된 중간층(113)을 기판 쪽 접착면으로 하여 실시한다. 또 Si기판(120)(성막용)은 18mm 크기이며, 압력실부재(A)를 형성하는 Si기판(130)은 4 인치 크기로 크기 때문에, 도 11에 나타내는 바와 같이 복수(도 11에서는 14 개)의 Si기판(120)(성막용)을 1 개의 압력실부재(A)(Si기판(130))에 접착시킨다. 이 접착은 도 7의 (a)에 나타내는 바와 같이 각 Si기판(120)(성막용)의 중심이 압력실부재(A) 두께 폭의 구획벽(102b) 중심에 위치하도록 위치결정된 상태에서 이루어진다. 이 접착 후, 압력실부재(A)를 Si기판(120)(성막용) 쪽으로 눌러 밀착시켜 양자의 접착을 액밀성 높게 한다. 또 상기 접착시킨 Si기판(120)(성막용) 및 압력실부재(A)를 가열로에서 서서히 승온시켜 상기 접착제(114)를 완전히 경화시킨다. 이어서 플라즈마처리를 실시하여 상기 접착제(114) 중 빠져나온 단편을 제거한다.

여기서 도 7의 (a)에서는 성막 후의 Si기판(120)(성막용)과 압력실부재(A)를 접착하지만, 압력실 개구부(101)를 형성하지 않은 단계의 Si기판(130)(압력실부재용)을 상기 성막 후의 Si기판(120)(성막용)과 접착시켜도 된다.

그 후는 도 7의 (b)에 나타내는 바와 같이 압력실부재(A)의 각 구획벽(102a, 102b)을 마스크로 중간층(113)을 에칭하여 소정 형상으로 형성한다(상기 각 구획벽(102a, 102b)에 연속되는 형상(종벽)으로 한다). 이어서 도 8의 (a)에 나타내는 바와 같이 Si기판(120)(성막용) 및 밀착층(121)을 에칭으로 제거한다.

이어서 도 8의 (b)에 나타내는 바와 같이 상기 압력실부재(A) 상에 위치하는 제 1 전극층(103)에 대하여, 포토리소그래피 기술로 에칭 하여 각 압력실(102)별로 개별화한다. 그리고 도 9의 (a)에 나타내는 바와 같이, 포토리소그래피 기술을 이용하여 배향제어층(104)과 압전체층(110)을 에칭하여 제 1 전극층(103)과 마찬가지로 개별화한다. 이들 에칭 후의 제 1 전극층(103), 배향제어층(104) 및 압전체층(110)은 압력실(102) 각각의 위쪽에 위치하고, 또 제 1 전극층(103), 배향제어층(104) 및 압전체층(110)의 폭 방향 중심이, 대응하는 압력실(102)의 폭 방향 중심에 대해 고정밀도로 일치하도록 형성된다. 이와 같이 제 1 전극층(103), 배향제어층(104) 및 압전체층(110)을 각 압력실(102)별로 개별화한 후, 도 9의 (b)에 나타낸 바와 같이 실리콘기판(130)(압력실부재용)을 각 두께 폭의 구획벽(102b) 부분에서 절단하여, 4 개의 압력실(102)을 갖는 압력실부재(A)와 그 상면에 고정 부착된 4 조의 액추에이터부(B)가 완성된다.

이어서 도 10의 (a)에 나타낸 바와 같이, 잉크유로부재(C)에 공통액실(105), 공급구(106) 및 잉크유로(107)를 형성함과 동시에, 노즐판(D)에 노즐구멍(108)을 형성한다. 계속해서 도 10의 (b)에 나타내는 바와 같이, 상기 잉크유로부재(C)와 노즐판(D)을 접착제(109)를 이용하여 접착한다.

그 후, 도 10의 (c)에 나타내는 바와 같이, 압력실부재(A)의 하단면 또는 잉크유로부재(C)의 상단면에 접착제(도시 생략)를 전사하고, 압력실부재(A)와 잉크유로부재(C)의 얼라인먼트 조정을 하여, 이 양자를 상기 접착제로 접착한다. 이상으로 써 도 10의 (d)에 나타내는 바와 같이, 압력실부재(A), 액추에이터부(B), 잉크유로부재(C) 및 노즐판(D)을 구비하는 잉크젯 헤드가 완성된다.

상기와 같이 하여 얻어진 잉크젯 헤드의 제 1 및 제 2 전극층(103, 112)간에 소정 전압을 인가하면, 압전체층(110)의 압전 효과에 의해 진동층(111)에서의 각 압력실(102)에 대응하는 부분이 층 두께방향으로 변위되어, 압력실(102) 내의 잉크가 이 압력실(102)로 연통하는 노즐구멍(108)으로부터 토출되게 된다. 그리고 상기 전압인가 시 진동층(111)에서의 각 압력실(102)에 대응하는 부분의 층 두께방향 변위량을 측정할 바, 그 변위량의 편차는  $\sigma=1.8\%$ 였다. 또 주파수가 20kHz인 20V의 교류전압을 10 일간 계속 인가했지만, 잉크의 토출불량은 전혀 없으며, 토출성능 저하도 보이지 않았다.

한편, 상기 본 발명의 잉크젯 헤드에 대해 배향제어층(104)을 형성하지 않는 점만이 다른 잉크젯 헤드를 제작하고, 이 잉크젯 헤드의 제 1 및 제 2 전극층(103, 112)간에 소정 전압을 인가하여, 진동층(111)에서의 각 압력실(102)에 대응하는 부분의 층 두께방향 변위량을 측정할 바, 그 변위량의 편차는  $\sigma=7.2\%$ 였다. 또 주파수가 20kHz인 20V의 교류전압을 10 일간 계속 인가한 바, 전 압력실(102) 중 약 30%의 압력실(102)에 대응하는 부분에서 잉크토출 불량이 발생했다. 이는 잉크막힘 등이 아닌 점에서, 액추에이터부(B)(압전소자)의 내구성이 낮다고 생각할 수 있다.

따라서 본 실시형태의 잉크젯 헤드는, 잉크토출성능의 편차가 적고 내구성이 뛰어난 것임을 알 수 있다.

### (제 3 실시형태)

도 12는, 본 발명의 실시형태에 관한 다른 잉크젯 헤드의 주요부를 나타내며, 상기 제 2 실시형태의 잉크젯 헤드와 같이 기판을 성막용과 압력실부재용으로 별개 사용하지 않고, 성막용과 압력실부재용을 겸용하도록 한 것이다.

구체적으로는, 압력실(402)이 에칭가공에 의해 형성된 압력실 기관(401)(압력실부재) 상에, 진동층(403), 밀착층(404), 제 1 전극층(406)(공통전극), 배향제어층(407), 압전체층(408), 및 제 2 전극층(409)(개별전극)이 차례로 적층된다. 상기 제 1 전극층(406), 배향제어층(407), 압전체층(408), 및 제 2 전극층(409)은, 이들이 차례로 적층되어 이루어지는 압전소자를 구성하게 된다. 또 진동층(403)은, 이 압전소자의 제 1 전극층(406) 쪽 면에 밀착층(404)을 개재하고 형성되게 된다. 이 밀착층(404)은, 진동층(403)과 제 1 전극층(406)의 밀착성을 높이는 것이며, 상기 제 2 실시형태에서의 밀착층(121)과 같지 않아도 된다. 상기 밀착층(404), 제 1 전극층(406), 배향제어층(407), 압전체층(408) 및 제 2 전극층(409)의 각 구성재료는, 상기 제 2 실시형태에서 설명한 밀착층(121), 제 1 전극층(103), 배향제어층(104), 압전체층(110) 및 제 2 전극층(112)과 각각 마찬가지로이다. 또 배향제어층(407) 및 압전체층(408)의 구조도, 배향제어층(104) 및 압전체층(110)과 각각 마찬가지로이며, 배향제어층(407)에서의 제 1 전극층(406) 쪽 표면 근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향의 영역이 제 1 전극층(406)에서의 배향제어층(407) 쪽 표면에 위치하는 티탄 상에 존재하며 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층(406) 쪽에서 압전체층(408) 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는다.

상기 압력실기관(401)은 직경 4 인치이고 두께 200 $\mu\text{m}$ 의 Si기관을 이용한다. 이 실시형태에서도, 실리콘에 한정되는 것이 아니며 유리기관이나 금속기관, 세라믹기관이라도 된다.

상기 진동층(403)은, 이 실시형태에서는 막 두께가 2.8 $\mu\text{m}$ 이며 이산화실리콘으로 이루어진다. 또 이 진동층(403) 재료는 이산화실리콘에 한정되지 않으며, 상기 제 2 실시형태에서 설명한 재료(니켈이나 크롬 등의 단체 또는 그 산화물 혹은 질화물)라도 된다. 또한 진동층(111)의 막 두께는 0.5~10 $\mu\text{m}$ 이면 된다.

다음으로 상기 잉크젯 헤드의 제조방법에 대하여 도 13을 참조하면서 설명한다.

즉 먼저, 도 13의 (a)에 나타내는 바와 같이, 압력실(402)이 형성되지 않은 압력실기관(401)에, 진동층(403), 밀착층(404), 제 1 전극층(406), 배향제어층(407), 압전체층(408), 및 제 2 전극층(409)을 스퍼터링법으로 순차 형성한다.

상기 진동층(403)은, 이산화실리콘 소결체의 타겟을 이용하며, 압력실기관(401)의 가열은 하지 않고 실온에서, 300W의 고주파전력을 인가하고, 0.4Pa의 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=5:25)에서, 8 시간 형성함으로써 얻어진다. 여기서 이 진동층(403)의 성막법으로는, 스퍼터링법에 한정되지 않으며, 열CVD법, 플라즈마CVD법, 졸·겔법 등이라도 되고, 압력실기관(401)의 열산화처리로 형성하는 방법이라도 된다.

상기 밀착층(404)은, 티탄타겟을 이용하며, 압력실기관(401)을 400 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열하면서, 100W의 고주파전력을 인가하고, 1Pa의 아르곤가스 중에서 1 분간 가열함으로써 얻어진다. 이 밀착층(404)의 막 두께는 0.03 $\mu\text{m}$ 이다. 여기서 밀착층(404) 재료는 티탄에 한정되지 않으며, 탄탈, 철, 코발트, 니켈 혹은 크롬 또는 이들(Ti를 포함)의 화합물이라도 된다. 또 막 두께는 0.005~0.1 $\mu\text{m}$  범위이면 된다.

상기 제 1 전극층(406)은 다원 스퍼터링장치를 사용하며, 티탄타겟 및 백금타겟을 이용하고, 압력실기관(401)을 600 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열하면서, 1Pa의 아르곤가스 중에서 85W 및 200W의 고주파전력으로, 12 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 제 1 전극층(406)의 막 두께는 0.2 $\mu\text{m}$ 이며, (111)면으로 배향한다. 또 티탄 함유량은 2.5mol%이다. 이 제 1 전극층(406)도, 상기 제 1 실시형태에서의 제 1 전극층(14)과 마찬가지로 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속에, 티탄 또는 산화티탄을 첨가한 것(첨가량은 0을 초과하고 30mol% 이하인 것이 바람직하다)이면 되며, 막 두께는 0.05~2 $\mu\text{m}$  범위이면 된다.

상기 배향제어층(407)은, 란탄을 10mol% 함유하는 PLT에 산화납(PbO)을 15mol% 과잉 첨가하여 조합(調合)한 소결타겟을 이용하며, 압력실기관(401) 온도 620 $^{\circ}\text{C}$ 이고, 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서 진공도 0.8Pa, 고주파전력 300W 조건으로 12 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 얻어진 티탄산란탄납막은, 상기 제 2 실시형태의 배향제어층(104)과 마찬가지로이다.

여기서 상기 제 1 실시형태의 배향제어층(15)과 마찬가지로, 상기 배향제어층(407)의 란탄함유량은 0을 초과하고 25mol% 이하이면 되며, 납 함유량은 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉이면 된다. 또 배향제어층(407)을 구성하는 재료도, PLT에 지르코늄을 함유시킨 PLZT(지르코늄 함유량은 20mol% 이하인 것이 바람직하다)라도 되며, PLT나 PLZT에, 마그네슘 및 망간의 적어도 한쪽을 첨가한 것(마그네슘 및 망간의 첨가량은 0을 초과하고 10mol% 이하인 것이 바람직하다)이라도 된다. 또한 배향제어층(104)의 막 두께는 0.01~0.2 $\mu\text{m}$  범위이면 된다.

상기 압전체층(408)은, PZT(Zr/Ti=52/48) 소결체 타겟을 이용하며, 압력실기판(401) 온도 580℃이고, 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=15:1)에서, 진공도 0.3Pa, 고주파전력 250W 조건으로 3 시간 형성함으로써 얻어진다. 이 얻어진 PZT막은, 상기 제 2 실시형태에서의 압전체층(110)과 마찬가지로이다. 그리고 압전체층(408)의 Zr/Ti조성은, Zr/Ti=30/70~70/30이면 되며, 막 두께는 1~5μm 범위이면 된다. 또 압전체층(408) 구성재료는, PZT에 Sr, Nb, Al 등의 첨가물을 함유한 것 등과 같이, PZT를 주성분으로 하는 압전재료이면 되며, PMN이나 PZN이라도 된다.

상기 제 2 전극층(409)은 백금타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중 200W의 고주파전력으로 10 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 제 2 전극층(409)의 막 두께는 0.2μm이다. 그리고 제 2 전극층(409) 재료는 백금에 한정되지 않고 도전성 재료이면 되며, 막 두께는 0.1~0.4μm 범위이면 된다.

이어서, 상기 제 2 전극층(409) 상에 레지스트를 스펀코팅으로 도포하고, 압력실(402)이 형성되어야 할 위치에 맞추어 노광 현상을 실시하여 패터닝 한다. 그리고 제 2 전극층(409), 압전체층(408) 및 배향제어층(407)을 에칭하여 개별화한다. 이 에칭은 아르곤과 불소 원소를 함유하는 유기가스와의 혼합가스를 이용한 드라이에칭으로 실시한다.

계속해서 도 13의 (b)에 나타내는 바와 같이, 압력실기판(401)에 압력실(402)을 형성한다. 이 압력실(402) 형성은, 6불화 유황가스, 불소원소를 함유하는 유기가스 또는 이들의 혼합가스를 사용한 이방성 드라이에칭으로 실시한다. 즉 압력실기판(401)의 상기 각 막을 형성한 면과는 반대 쪽 면의 측벽(413)이 될 부분에 에칭마스크를 형성하고, 이방성 드라이에칭으로 압력실(402)을 형성한다.

그리고 미리 노즐구멍(410)을 형성한 노즐판(412)을, 접착제를 사용하여 압력실기판(401)의 상기 각 막을 형성한 면과는 반대쪽 면에 접합함으로써, 잉크젯 헤드(400)가 완성된다. 상기 노즐구멍(410)은, 리소그래피법, 레이저가공법, 방전가공법 등으로, 노즐판(412)의 소정 위치에 개구한다. 그리고 노즐판(412)을 압력실기판(401)에 접합할 때는, 각 노즐구멍(410)이 압력실(402)에 대응하여 배치되도록 위치조정을 한다.

상기와 같이 하여 얻어진 잉크젯 헤드의 제 1 및 제 2 전극층(406, 409)간에 소정 전압을 인가하여, 진동층(403)에서의 각 압력실(402)에 대응하는 부분의 층 두께방향의 변위량을 측정할 때, 그 변위량의 편차는  $\sigma=1.8\%$ 였다. 또 주파수가 20kHz인 20V의 교류전압을 10 일간 계속 인가했지만, 잉크의 토출불량은 전혀 없으며, 토출성능 저하도 보이지 않았다.

한편, 상기 본 발명의 잉크젯 헤드에 대해 배향제어층(407)을 형성하지 않는 점만이 다른 잉크젯 헤드를 제작하고, 이 잉크젯 헤드의 제 1 및 제 2 전극층(406, 409)간에 소정 전압을 인가하여, 진동층(403)에서의 각 압력실(402)에 대응하는 부분의 층 두께방향 변위량을 측정할 때, 그 변위량의 편차는  $\sigma=5.8\%$ 였다. 또 주파수가 20kHz인 20V의 교류전압을 10 일간 계속 인가한 바, 전 압력실(402) 중 약 25%의 압력실(402)에 대응하는 부분에서 잉크토출 불량이 발생했다. 이는 잉크막힘 등이 아닌 점에서, 액추에이터부(압전소자)의 내구성이 낮다고 생각할 수 있다.

따라서 본 실시형태의 잉크젯 헤드는, 상기 제 2 실시형태의 잉크젯 헤드와 마찬가지로, 잉크토출성능의 편차가 적고 내구성이 뛰어난 것임을 알 수 있다.

#### (제 4 실시형태)

도 14는 본 발명의 실시형태에 관한 잉크젯식 기록장치(27)를 나타내며, 이 잉크젯식 기록장치(27)는, 상기 제 2 실시형태 또는 제 3 실시형태에서 설명한 것과 마찬가지로의 잉크젯 헤드(28)를 구비한다. 이 잉크젯 헤드(28)에서 압력실(상기 제 2 실시형태에서의 압력실(102)이나 제 3 실시형태에서의 압력실(402))로 연통되도록 형성된 노즐구멍(상기 제 2 실시형태에서의 노즐구멍(108)이나 제 3 실시형태에서의 노즐구멍(410))으로부터 이 압력실 내의 잉크를 기록매체(29)(기록지 등)로 토출시켜 기록을 행하도록 구성된다.

상기 잉크젯헤드(28)는, 주 주사방향(X)으로 연장되는 캐리지 축(30)에 구성된 캐리지(31)에 탑재되며, 이 캐리지(31)가 캐리지 축(30)을 따라 왕복 운동함에 따라 주 주사방향(X)으로 왕복 운동하도록 구성된다. 이로써 캐리지(31)는, 잉크젯헤드(28)와 기록매체(29)를 주 주사방향(X)으로 상대 이동시키는 상대이동수단을 구성하게 된다.

또 이 잉크젯식 기록장치(27)는, 상기 기록매체(29)를 잉크젯 헤드(28)의 주 주사방향(X)(폭 방향)과 거의 수직방향의 부주사방향(Y)으로 이동시키는 복수의 롤러(32)를 구비한다. 이로써 복수의 롤러(32)는, 잉크젯 헤드(28)와 기록매체(29)를 부주사방향(Y)으로 상대 이동시키는 상대이동수단을 구성하게 된다. 여기서 도 14 중 Z는 상하방향이다.

그리고 잉크젯 헤드(28)가 캐리지(31)에 의해 주 주사방향(X)으로 이동했을 때, 잉크젯 헤드(28)의 노즐구멍으로부터 잉크를 기록매체(29)로 토출시켜 이 1 주사의 기록이 종료되면, 상기 롤러(32)에 의해 기록매체(29)를 소정량 이동시켜 다음 1 주사 기록을 실행한다.

따라서 이 잉크젯식 기록장치(27)는, 상기 제 2 또는 제 3 실시형태와 마찬가지로의 잉크젯 헤드(28)를 구비하므로, 양호한 인자성능 및 내구성을 갖는다.

(제 5 실시형태)

도 15 및 도 16은, 본 발명의 실시형태에 관한 각속도센서를 나타내며, 이 각속도센서는, 음차형(音叉型)으로서 차량에 탑재되는 내비게이션장치 등에 적합하게 이용되는 것이다.

상기 각속도센서는, 두께 0.3mm의 실리콘웨이퍼로 이루어지는 기관(500)을 구비한다(유리기관이나 금속기관, 세라믹기관이라도 된다). 이 기관(500)은 고정부(500a)와 이 고정부(500a)로부터 소정 방향(검출할 각속도의 회전중심축이 연장되는 방향; 본 실시형태에서는 도 15에 나타내는 y방향)으로 연장되는 한 쌍의 진동부(500b)를 구비한다. 이들 고정부(500a) 및 한 쌍의 진동부(500b)는, 기관(500)의 두께방향(도 15에 나타내는 z방향)에서 보아 음차형상을 이루며, 한 쌍의 진동부(500b)는 음차의 아암부에 상당하고, 진동부(500b) 폭 방향으로 나열된 상태에서 서로 평행하게 연장된다.

상기 기관(500)의 각 진동부(500b) 및 고정부(500a)의 진동부 쪽 부분 위에는, 제 1 전극층(503)과 배향제어층(504)과 압전체층(505)과 제 2 전극층(506)이 차례로 적층된다. 여기서 이 각속도센서에 있어서도, 상기 기관(500)과 제 1 전극층(503) 사이에, 상기 제 1 실시형태의 압전소자와 마찬가지로 밀착층을 형성하는 것이 바람직하다.

상기 제 1 전극층(503), 배향제어층(504), 압전체층(505) 및 제 2 전극층(506)의 각 구성재료 및 두께는, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 제 1 전극층(14), 배향제어층(15), 압전체층(16) 및 제 2 전극층(17)과 각각 마찬가지로이다. 또 배향제어층(504) 및 압전체층(505)의 구조도 배향제어층(15) 및 압전체층(16)과 각각 마찬가지로이며, 배향제어층(504)에서의 제 1 전극층(503) 쪽 표면 근방부는 (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층(503)에서의 배향제어층(504) 쪽 표면부에 위치하는 티탄 상에 존재하고 층 두께방향과 수직인 단면의 상기 영역 면적이 제 1 전극층(503) 쪽에서 압전체층(505) 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는다.

상기 제 2 전극층(506)은, 상기 각 진동부(500b) 상에서, 당해 진동부(500b)를 진동부(500b)의 폭 방향(도 15에 나타내는 x방향)으로 진동시키기 위한 2 개의 구동전극(507)과, 당해 진동부(500b) 두께 방향(z방향)의 변형(휨)을 검출하기 위한 1 개의 검출전극(508)으로 패터닝 된다.

상기 2 개의 구동전극(507)은, 당해 진동부(500b)의 폭 방향(x방향) 양단부 상에서, 진동부(500b)의 길이방향(y방향) 전체에 걸쳐 형성되며, 각 구동전극(507)의 고정부(500a) 쪽 단부는, 고정부(500a) 상에 위치하여 접속단자(507a)를 구성한다. 여기서 각 진동부(500b)의 폭 방향 일단부 상에 1 개의 구동전극(507)을 형성하는 것만이라도 된다.

한편 상기 검출전극(508)은, 당해 진동부(500b)의 폭 방향 중앙부 상에서, 진동부(500b)의 길이방향 전체에 걸쳐 형성되며, 상기 구동전극(507)과 마찬가지로 검출전극(508)의 고정부(500a) 쪽 단부는, 고정부(500a) 상에 위치하여 접속단자(508a)를 구성한다. 여기서 각 진동부(500b) 상에서 복수의 검출전극(508)을 형성해도 된다.

그리고 상기 제 1 전극층(503)은, 고정부(500a) 상에서 한 쌍의 진동부(500b) 사이의 중앙위치에 있어서, 진동부(500b)와는 반대쪽으로 돌출하는 접속단자(503a)를 구비한다.

상기 각 진동부(500b) 상의 상기 제 1 전극층(503)과 2 개의 구동전극(507) 사이에는, 당해 진동부(500b)가 그 폭 방향으로 진동하도록, 진동부(500b)의 고유진동과 공진하는 주파수의 전압이 인가되도록 구성된다. 즉 제 1 전극층(503)에는, 접지전압이 인가되는 한편, 2 개의 구동전극(507)에는 음양이 서로 반대인 전압이 인가되고, 이로써 각 진동부(500b)의 폭 방향 일단부 쪽이 신장될 때는 타단부 쪽이 수축되어, 이 진동부(500b)가 그 타단부 쪽으로 변형된다. 한편 각 진동부(500b)의 폭 방향 일단부 쪽이 수축될 때는 타단부 쪽이 신장되어 진동부(500b)가 그 일단부 쪽으로 변형된다. 이 동작을 교대로 반복함으로써 진동부(500b)가 그 폭 방향으로 진동한다. 여기서, 각 진동부(500b) 상의 2 개의 구동전극(507) 중 어느 한쪽에 전압을 인가하는 것만으로도, 당해 진동부(500b)를 그 폭 방향으로 진동시키기가 가능하다. 그리고 한 쌍의 진동부(500b)는, 각 진동부(500b)의 폭 방향에서 서로 반대방향으로 변형하며, 한 쌍의 진동부(500b) 사이의 중앙에 있으며 이 진동부(500b)의 길이방향으로 연장되는 중앙선(L)에 대해 대칭으로 진동하도록 구성된다.

상기 구성의 각속도센서에 있어서, 한 쌍의 진동부(500b)를 그 폭 방향(x방향)으로 상기 중앙선(L)에 대해 대칭으로 진동시킬 때, 그 중앙선(L) 둘레에 각속도( $\omega$ )가 가해지면, 2 개의 진동부(500b)는 코리올리의 힘에 의해 두께방향(z방향)으로 휘어져 변형되며(한 쌍의 진동부(500b)는 서로 반대방향으로 같은 양으로 휘어짐), 이로써 압전체층(505)에도 힘이 발생하여, 제 1 전극층(503)과 검출전극(508) 사이에는 코리올리 힘의 크기에 대응하는 전압이 발생한다. 이 전압의 크기(코리올리 힘)로써 각속도( $\omega$ )를 검출할 수 있다.

즉 코리올리 힘( $F_c$ )은, 각 진동부(500b)의 폭 방향 속도를  $v$ , 각 진동부(500b)의 질량을  $m$ 이라 하면,

$$F_c = 2mv\omega$$

가 되므로, 코리올리 힘( $F_c$ )으로부터 각속도( $\omega$ )의 값을 알 수 있다.

다음으로, 각속도센서의 제조방법에 대하여 도 17 및 도 18에 기초하여 설명한다.

즉 도 17의 (a)에 나타내는 바와 같이, 두께 0.3mm의 지름 4 인치 실리콘웨이퍼(평면도는 도 18 참조)로 이루어지는 기판(500)을 준비하고, 도 17의 (b)에 나타내는 바와 같이, 이 기판(500) 상에 2.1mol%의 티탄을 첨가한 이리듐(Ir)으로 이루어지는 두께 0.22 $\mu$ m의 제 1 전극층(503)을 스퍼터링법으로 형성한다. 이 제 1 전극층(503)은, 기판(500)을 400 $^{\circ}$ C로 가열하면서 다윈 스퍼터링장치를 사용하고, 티탄타겟 및 이리듐타겟을 이용하며, 1Pa 아르곤가스 중에서 85W 및 200W의 고주파전력으로 12 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 제 1 전극층(503) 표면부에는 티탄이 섬 모양으로 점점이 산재함과 동시에, 티탄의 이 표면으로부터의 돌출량은 2nm보다 작다.

이어서 도 17의 (c)에 나타내는 바와 같이 상기 제 1 전극층(503) 상에, 두께 0.03 $\mu$ m의 배향제어층(504)을 스퍼터링법으로 형성한다. 이 배향제어층(504)은, 란탄을 14mol% 함유하는 PLT에 산화납(PbO)을 12mol% 과잉 첨가시켜 조합(調合)한 소결타겟을 이용하며, 기판(500)을 온도 600 $^{\circ}$ C로 가열하면서 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.8Pa, 고주파전력 300W의 조건으로 12 분간 형성함으로써 얻어진다. 이 제조방법에 의하면 상기 제 1 실시형태에서 설명한 바와 같이, 배향제어층(504)의 제 1 전극층(503) 쪽 표면근방은, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 티탄 상에 존재하고 또 층 두께방향과 수직인 단면의 상기 영역 면적이 제 1 전극층(503) 쪽에서 위쪽을 향해 커진다.

다음으로, 도 17의 (d)에 나타내는 바와 같이, 상기 배향제어층(504) 상에 두께 3 $\mu$ m의 압전체층(505)을 스퍼터링법으로 형성한다. 이 압전체층(505)은, 기판(500)을 610 $^{\circ}$ C로 가열하면서 PZT(Zr/Ti=53/47) 소결체타겟을 이용하며, 아르곤과 산소의 혼합분위기 중(가스체적비 Ar:O<sub>2</sub>=19:1)에서, 진공도 0.3Pa, 고주파전력 250W의 조건으로 3 시간 형성함으로써 얻어진다. 이 압전체층(505)은 능면체정계이며, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 바와 같이, (001)면 배향도가 90% 이상이 된다.

계속해서, 도 17의 (e)에 나타내는 바와 같이, 상기 압전체층(505) 상에 두께 0.2 $\mu$ m의 제 2 전극층(506)을 스퍼터링법으로 형성한다. 이 제 2 전극층(506)은 백금타겟을 이용하며, 실온에서 1Pa의 아르곤가스 중에서 200W의 고주파전력으로 10 분간 형성함으로써 얻어진다.

이어서 도 17의 (f) 및 도 18에 나타내는 바와 같이, 상기 제 2 전극층(506)을 패터닝하여 구동전극(507) 및 검출전극(508)을 형성한다. 즉 제 2 전극층(506) 상에 감광수지를 도포하고, 이 감광수지에 구동전극(507) 및 검출전극(508) 패턴을 노광시킨 후, 노광하지 않은 부분의 감광수지를 제거하고, 이 감광수지를 제거한 부분의 제 2 전극층(506)을 에칭으로 제거하며, 이어 구동전극(507) 및 검출전극(508) 상의 감광수지를 제거한다.

상기 제 2 전극층(506)의 패터닝 후, 마찬가지로 공정으로 압전체층(505), 배향제어층(504) 및 제 1 전극층(503)을 패터닝함과 동시에, 상기 기판(500)을 패터닝하여 고정부(500a) 및 진동부(500b)를 형성한다. 이렇게 하여 상기의 각속도센서가 완성된다.

또한, 상기 각 층의 성막법은 스퍼터링에 한정되지 않으며, 열처리에 의한 결정화공정 없이, 직접 결정성 박막을 형성하는 성막법(예를 들어 CVD법 등)이면 된다.

여기서 도 19 및 도 20을 참조하면서 종래의 각속도센서에 대하여 설명한다.

이 종래의 각속도센서는, 두께 0.3mm의 수정으로 이루어지는 압전체(600)를 구비하며, 이 압전체(600)가 본 실시형태에 관한 각속도센서의 기관(500)과 마찬가지로, 고정부(600a)와 이 고정부(600a)로부터 그 한쪽(도 19에 나타내는 y방향)으로 서로 평행하게 연장되는 한 쌍의 진동부(600b)를 구비한다. 그리고 상기 각 진동부(600b)의 두께방향(도 19에 나타내는 z방향)에 대향하는 양 면에는, 당해 진동부(600b)를 그 폭 방향(도 19에 나타내는 x방향)으로 진동시키기 위한 구동전극(603)이 각각 1 개씩 형성되며, 각 진동부(600b)의 양쪽 면에는, 당해 진동부(600b)의 두께방향 변형을 검출하기 위한 검출전극(607)이 각각 1 개씩 형성된다.

또 상기 종래의 각속도센서에 있어서, 각 진동부(600b)에서 2 개의 구동전극(603) 사이에, 당해 진동부(600b)의 고유진동과 공진하는 주파수의 전압을 인가시켜, 본 실시형태에 관한 각속도센서와 마찬가지로, 한 쌍의 진동부(600b)를 그 폭 방향(x방향)으로 이 한 쌍의 진동부(600b) 사이의 중앙에 있는 중앙선(L)에 대해 대칭으로 진동시킨다. 이 때 그 중앙선(L) 둘레에 각속도( $\omega$ )가 가해지면, 한 쌍의 진동부(600b)는 코리올리의 힘에 의해 두께방향(z방향)으로 휘어져 변형되고, 각 진동부(600b)에서 2 개의 검출전극(607) 사이에 코리올리 힘의 크기에 대응하는 전압이 발생하며, 이 전압의 크기(코리올리 힘)로써 각속도( $\omega$ )를 검출할 수 있다.

상기 종래의 각속도센서에서는, 수정으로 이루어지는 압전체(600)를 이용하므로 그 압전상수는  $-3pC/N$ 으로 매우 낮으며, 더욱이 고정부(600a) 및 진동부(600b)는 기계가공에 의해 형성하기 때문에 소형화가 어려워, 크기정밀도가 낮다는 문제가 있다.

이에 반해 본 실시형태에 관한 각속도센서에서는, 각속도를 검출하는 부분(진동부(500b))이, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로 구성의 압전소자로 구성되게 되므로, 상기 종래의 각속도센서에 비해 압전상수를 40 배 정도로 크게 할 수 있어 대단한 소형화를 도모할 수 있다. 또 박막형성기술을 이용하여 미세가공을 실행할 수 있어 크기정밀도를 극단적으로 향상시킬 수 있다. 또한 공업적으로 양산해도 특성의 재현성이 양호하고 편차가 적어, 내전압 및 신뢰성이 우수하다.

여기서 본 실시형태의 각속도센서에 있어서도, 상기 제 1 실시형태에서의 압전소자와 마찬가지로, 배향제어층(504)은 지르코늄 함유량이 0 이상 20mol% 이하이며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉인 티탄산란탄지르콘산납, 또는 이 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가한 것으로 이루어지는 것이 바람직하다. 이 티탄산란탄지르콘산납의 란탄 함유량은, 0을 초과하고 25mol% 이하인 것이 바람직하며, 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가할 경우의 총 첨가량은, 0을 초과하고 10mol% 이하인 것이 바람직하다.

또 제 1 전극층(503)은, 티탄 또는 산화티탄을 함유함과 동시에 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속으로 이루어지며, 그 귀금속에 함유된 티탄 또는 산화티탄의 함유량은 0을 초과하고 30mol% 이하인 것이 바람직하다.

또한 압전체층(505)은, PZT를 주성분으로 하는 압전재료(PZT만으로 된 압전재료도 포함)로 구성하는 것이 바람직하다.

그리고 본 실시형태의 각속도센서에 있어서, 기관(500)에 한 쌍의 진동부(500b)를 1 조만 형성했지만, 복수 조 형성하여 여러 방향으로 연장되는 복수축 회전의 각속도를 검출하도록 해도 된다.

또 본 실시형태의 각속도센서에 있어서, 기관(500)의 각 진동부(500b) 및 고정부(500a)의 진동부 쪽 부분 상에, 제 1 전극층(503)과 배향제어층(504)과 압전체층(505)과 제 2 전극층(506)을 차례로 적층시켰지만, 이들 각 층을 적층시키는 개소는, 각 진동부(500b) 위만이더라도 된다.

더불어 상기 실시형태에서는, 본 발명의 압전소자를 잉크젯 헤드(잉크젯식 기록장치) 및 각속도센서에 적용하지만, 이 외에도 박막컨덴서, 불휘발성 메모리소자의 전하축적 커패시터, 각종 액추에이터, 적외선센서, 초음파센서, 압력센서, 가속도센서, 유량센서, 쇼크센서, 압전변압기, 압전전화소자, 압전스피커, 압전마이크로폰, 압전필터, 압전익편, 음차발전자, 지연선 등에도 적용 가능하다. 특히, 디스크장치(컴퓨터의 기억장치 등으로서 이용되는 것)에서의 회전구동되는 디스크에 대해 정보의 기록 또는 재생을 실행하는 헤드가 기관 상에 형성된 헤드지지기구에 있어서, 이 기관 상에 형성된 박막 압전체소자에 의해, 기관을 변형시켜 이 헤드를 변위시키는 디스크장치용 박막 압전체 액추에이터(예를 들어 일본특허공개 2001-332041호 공보 참조)에 적합하다. 즉 상기 박막 압전체소자는, 상기 실시형태에서 설명한 것과 마찬가지로 구성의 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 이루어지며, 이 제 2 전극층이 상기 기관에 접합된 것이다.

**산업상 이용 가능성**

본 발명의 압전소자는, 잉크젯식 기록장치의 잉크젯 헤드에 있어서의 잉크 토출용 액추에이터 등 각종 액추에이터나, 음차형 각속도센서 등의 각종 센서에 유용하며, 저원가이고, 압전특성이 우수하며 고 신뢰성의 압전소자가 얻어지는 점에서 산업상의 이용 가능성이 높다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

기관 상에 형성된 제 1 전극층과 이 제 1 전극층 상에 형성된 배향제어층과, 이 배향제어층 상에 형성된 압전체층과, 이 압전체층 상에 형성된 제 2 전극층을 구비하는 압전소자로서,

상기 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지며,

상기 배향제어층은 입방정계 또는 정방정계의, (100)면 또는 (001)면에 우선 배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고,

상기 압전체층은 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선 배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며,

상기 배향제어층에 있어서 적어도 제 1 전극층 쪽의 표면 근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층에서 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽으로부터 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 압전소자.

**청구항 2.**

제 1 항에 있어서,

배향제어층은 지르코늄 함유량이 0 이상 20mol% 이하이며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉인 티탄산란탄지르콘산납, 또는 이 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간의 적어도 한쪽을 첨가한 것으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 압전소자.

**청구항 3.**

제 2 항에 있어서,

티탄산란탄지르콘산납의 란탄 함유량이 0을 초과하고 25mol% 이하인 것을 특징으로 하는 압전소자.

**청구항 4.**

제 2 항에 있어서,

티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가할 경우의 총 첨가량은 0을 초과하고 10mol% 이하인 것을 특징으로 하는 압전소자.

**청구항 5.**

제 1 항에 있어서,

제 1 전극층은, 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속으로 이루어지며, 이 귀금속에 함유된 티탄 또는 산화티탄 함유량이 0을 초과하고 30mol% 이하인 것을 특징으로 하는 압전소자.

### 청구항 6.

제 1 항에 있어서,

제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄의 이 표면으로부터의 돌출량이 0을 초과하고 2nm보다 작은 것을 특징으로 하는 압전소자.

### 청구항 7.

제 1 항에 있어서,

압전체층은 티탄산지르콘산납을 주성분으로 하는 압전재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 압전소자.

### 청구항 8.

제 1 항에 있어서,

기판과 제 1 전극층 사이에, 이 기판과 제 1 전극층과의 밀착성을 높이는 밀착층이 형성되는 것을 특징으로 하는 압전소자.

### 청구항 9.

제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 이루어지는 압전소자와, 이 압전소자의 제 2 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실부재를 구비하며, 상기 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 상기 압력실 내 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯헤드로서,

상기 압전소자의 제 1 전극층이 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고,

상기 배향제어층은 입방정계 또 정방정계의 (100)면 또는 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며,

상기 압전체층은, 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고,

상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽으로부터 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 잉크젯헤드.

### 청구항 10.

제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 이루어지는 압전소자와, 이 압전소자의 제 1 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실부재를 구비하며, 상기 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 상기 압력실 내 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯헤드로서,

상기 압전소자의 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고,

상기 배향제어층은 입방정계 또는 정방정계의, (100)면 또는 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며,

상기 압전체층은 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고,

상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽으로부터 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 잉크젯헤드.

### 청구항 11.

고정부와, 이 고정부로부터 소정 방향으로 연장되는 적어도 한 쌍의 진동부를 갖는 기관을 구비하며, 이 기관의 적어도 각 진동부 상에, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층 및 제 2 전극층이 차례로 적층되고, 이 각 진동부 상에서의 제 2 전극층이, 당해 진동부를 진동부 폭 방향으로 진동시키기 위한 적어도 1 개의 구동전극과, 당해 진동부의 두께방향 변형을 검출하기 위한 적어도 1 개의 검출전극으로 패터닝된 각속도센서로서,

상기 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고,

상기 배향제어층은, 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며,

상기 압전체층은, 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고,

상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽에서 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 12.

제 11 항에 있어서,

배향제어층은, 지르코늄 함유량이 0 이상 20mol% 이하이며 또 납 함유량이 화학양론조성과 비교해 0을 초과하고 30mol% 이하 과잉인 티탄산란탄지르콘산납, 또는 이 티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가한 것으로 이루어진 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 13.

제 12 항에 있어서,

티탄산란탄지르콘산납의 란탄 함유량이 0을 초과하고 25mol% 이하인 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 14.

제 12 항 있어서,

티탄산란탄지르콘산납에 마그네슘 및 망간 중 적어도 한쪽을 첨가할 경우의 총 첨가량은, 0을 초과하고 10mol% 이하인 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 15.

제 11 항에 있어서,

제 1 전극층은, 백금, 이리듐, 팔라듐 및 루테튬 군에서 선택된 적어도 1 종의 귀금속으로 이루어지며, 이 귀금속에 함유된 티탄 또는 산화티탄 함유량이 0을 초과하고 30mol% 이하인 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 16.

제 11 항에 있어서,

제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄의, 이 표면으로부터의 돌출량이 0을 초과하고 2nm보다 작은 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 17.

제 11 항에 있어서,

압전체층은, 티탄산지르콘산납을 주성분으로 하는 압전재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 18.

제 11 항에 있어서,

기관과 제 1 전극층 사이에 이 기관과 제 1 전극층의 밀착성을 높이는 밀착층이 형성되는 것을 특징으로 하는 각속도센서.

### 청구항 19.

기관 상에, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 배향제어층 상에, 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과, 상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정을 포함하는 압전소자의 제조방법으로서,

상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하고 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 시키는 공정이며,

상기 압전체층을 형성하는 공정은, 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향 시키는 공정인 것을 특징으로 하는 압전소자의 제조방법.

### 청구항 20.

제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자를 구비하며, 이 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 압력실 내의 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯헤드의 제조방법으로서,

기관 상에, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 배향제어층 상에, 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정과,

상기 제 2 전극층 상에 진동층을 형성하는 공정과,

상기 진동층의 제 2 전극층과는 반대쪽 면에, 압력실을 형성하기 위한 압력실 부재를 접합하는 공정과,

상기 접합공정 후에 상기 기관을 제거하는 공정을 포함하고,

상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하여 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 시키는 공정이며,

상기 압전체층을 형성하는 공정은 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향 시키는 공정인 것을 특징으로 하는 잉크젯헤드의 제조방법.

## 청구항 21.

제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자를 구비하며, 이 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜 압력실 내의 잉크를 토출시키도록 구성된 잉크젯헤드의 제조방법으로서,

압력실을 형성하기 위한 압력실 기관 상에 진동층을 형성하는 공정과,

상기 진동층 상에 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 배향제어층 상에 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정과,

상기 압력실 기관에 압력실을 형성하는 공정을 포함하고,

상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하여 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 시키는 공정이며,

상기 압전체층을 형성하는 공정은 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향 시키는 공정인 것을 특징으로 하는 잉크젯헤드의 제조방법.

## 청구항 22.

고정부와, 이 고정부로부터 소정 방향으로 연장되는 적어도 한 쌍의 진동부를 갖는 기관을 구비하며, 이 기관의 적어도 각 진동부 상에, 제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층 및 제 2 전극층이 차례로 적층되고, 이 각 진동부 상에서의 제 2 전극층이, 당해 진동부를 진동부 폭 방향으로 진동시키기 위한 적어도 1 개의 구동전극과, 당해 진동부의 두께방향 변형을 검출하기 위한 적어도 1 개의 검출전극으로 패터닝된 각속도센서의 제조방법으로서,

기관 상에, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지는 제 1 전극층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 제 1 전극층 상에, 입방정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 배향제어층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 배향제어층 상에 능면체정계 또는 정방정계의 페로브스카이트형 산화물로 이루어지는 압전체층을 스퍼터링법으로 형성하는 공정과,

상기 압전체층 상에 제 2 전극층을 형성하는 공정과,

상기 제 2 전극층을 패터닝하여 상기 구동전극 및 검출전극을 형성하는 공정과,

상기 압전체층, 배향제어층 및 제 1 전극층을 패터닝하는 공정과,

상기 기관을 패터닝하여 상기 고정부 및 진동부를 형성하는 공정을 포함하고,

상기 배향제어층을 형성하는 공정은, 상기 제 1 전극층에서의 배향제어층 쪽 표면에 위치하는 티탄 또는 산화티탄을 핵으로 하여 그 위쪽에 결정성장 시킴으로써, 이 배향제어층을 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향 시키는 공정이며,

상기 압전체층을 형성하는 공정은 상기 배향제어층에 의해 이 압전체층을 (001)면으로 우선배향 시키는 공정인 것을 특징으로 하는 각속도센서의 제조방법.

## 청구항 23.

제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자와, 이 압전소자의 제 2 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실 부재를 구비하며 또 기록매체에 대해 상대이동 가능하게 구성된 잉크젯헤드를 구비하고, 이 잉크젯헤드가 기록매체에 대해 상대이동 할 때에, 이 잉크젯헤드에서의 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜, 상기 압력실 내의 잉크를 이 압력실로 연통되는 노즐구멍으로부터 상기 기록매체에 토출시켜 기록을 행하도록 구성된 잉크젯식 기록장치로서,

상기 잉크젯헤드 압전소자의 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지고,

상기 배향제어층은, 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며,

상기 압전체층은, 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고,

상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽에서 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 잉크젯식 기록장치.

**청구항 24.**

제 1 전극층과 배향제어층과 압전체층과 제 2 전극층이 차례로 적층되어 구성되는 압전소자와, 이 압전소자의 제 1 전극층 쪽 면에 형성된 진동층과, 이 진동층의 압전소자와는 반대쪽 면에 접합되고, 잉크를 수용하는 압력실을 갖는 압력실 부재를 구비하며 또 기록매체에 대해 상대이동 가능하게 구성된 잉크젯헤드를 구비하고, 이 잉크젯헤드가 기록매체에 대해 상대이동 할 때에, 이 잉크젯헤드에서의 압전소자 압전체층의 압전효과에 의해 상기 진동층을 층 두께방향으로 변위시켜, 상기 압력실 내의 잉크를 이 압력실로 연통되는 노즐구멍으로부터 상기 기록매체에 토출시켜 기록을 행하도록 구성된 잉크젯식 기록장치로서,

상기 잉크젯헤드 압전소자의 제 1 전극층은, 티탄 또는 산화티탄을 함유하는 귀금속으로 이루어지며,

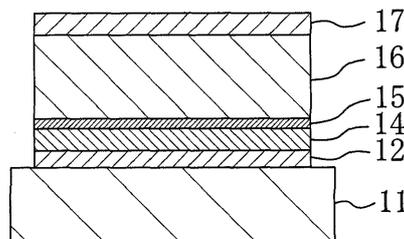
상기 배향제어층은 입방정계 또는 정방정계의 (100)면 또는 (001)면으로 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지며,

상기 압전체층은 능면체정계 또는 정방정계의 (001)면에 우선배향된 페로브스카이트형 산화물로 이루어지고,

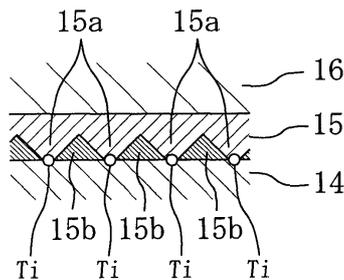
상기 배향제어층의 적어도 제 1 전극층 쪽 표면근방부는, (100)면 또는 (001)면 배향 영역이 제 1 전극층의 배향제어층 쪽 표면부에 위치하는 티탄 또는 산화티탄 상에 존재하면서 층 두께방향과 수직인 단면에서의 상기 영역 면적이 제 1 전극층 쪽에서 압전체층 쪽을 향해 커지는 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 잉크젯식 기록장치.

**도면**

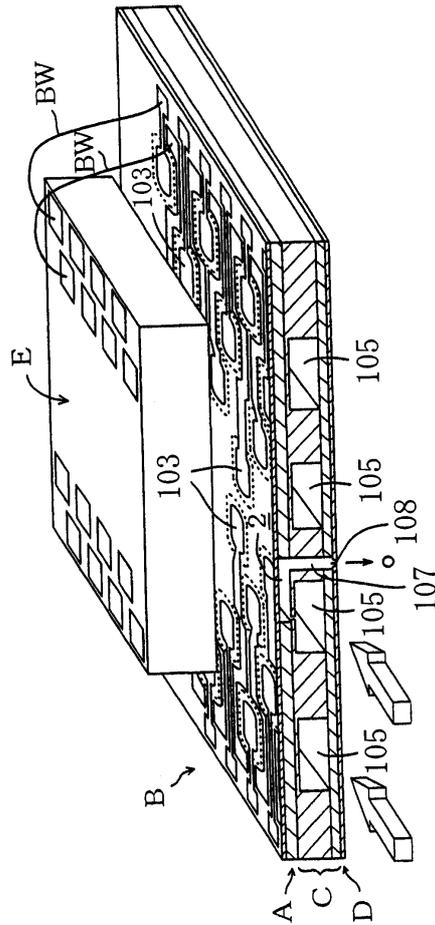
도면1



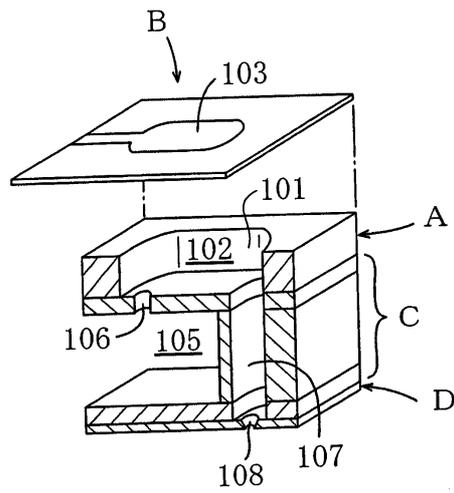
도면2



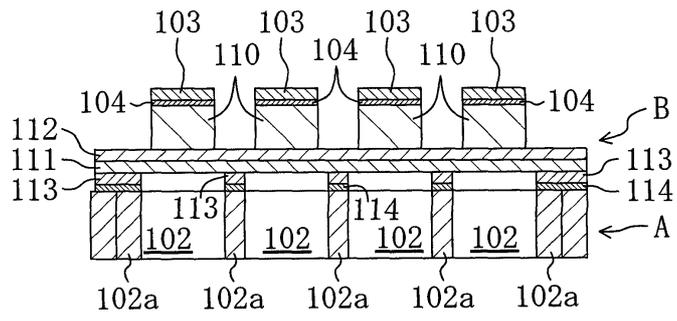
도면3



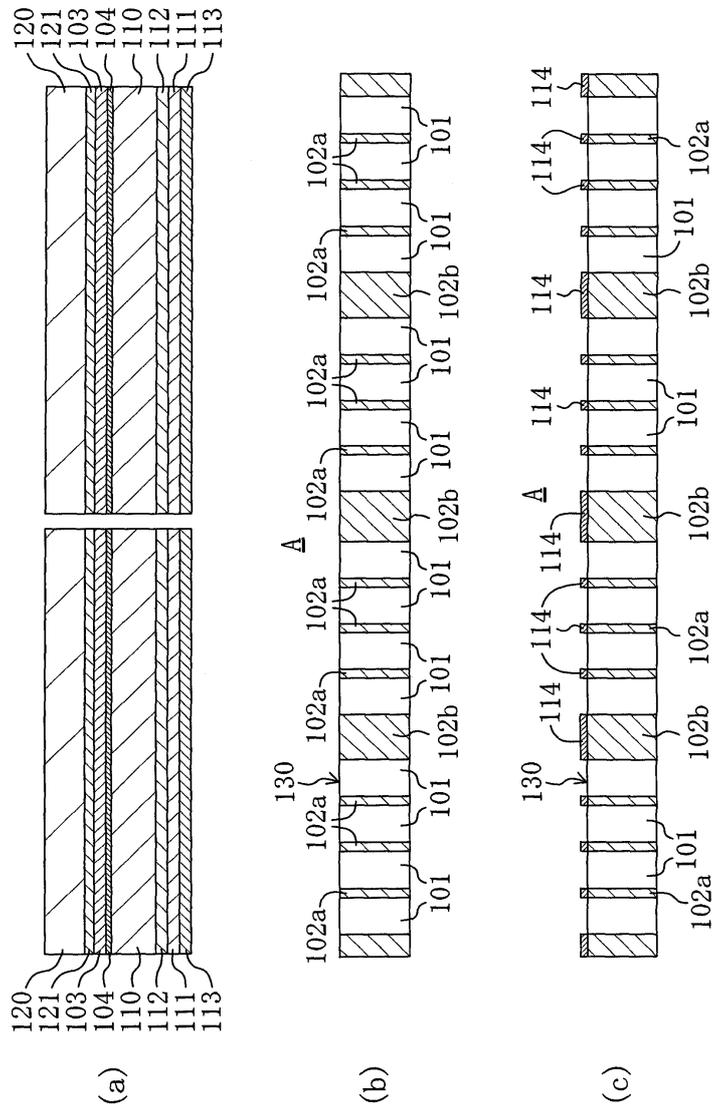
도면4



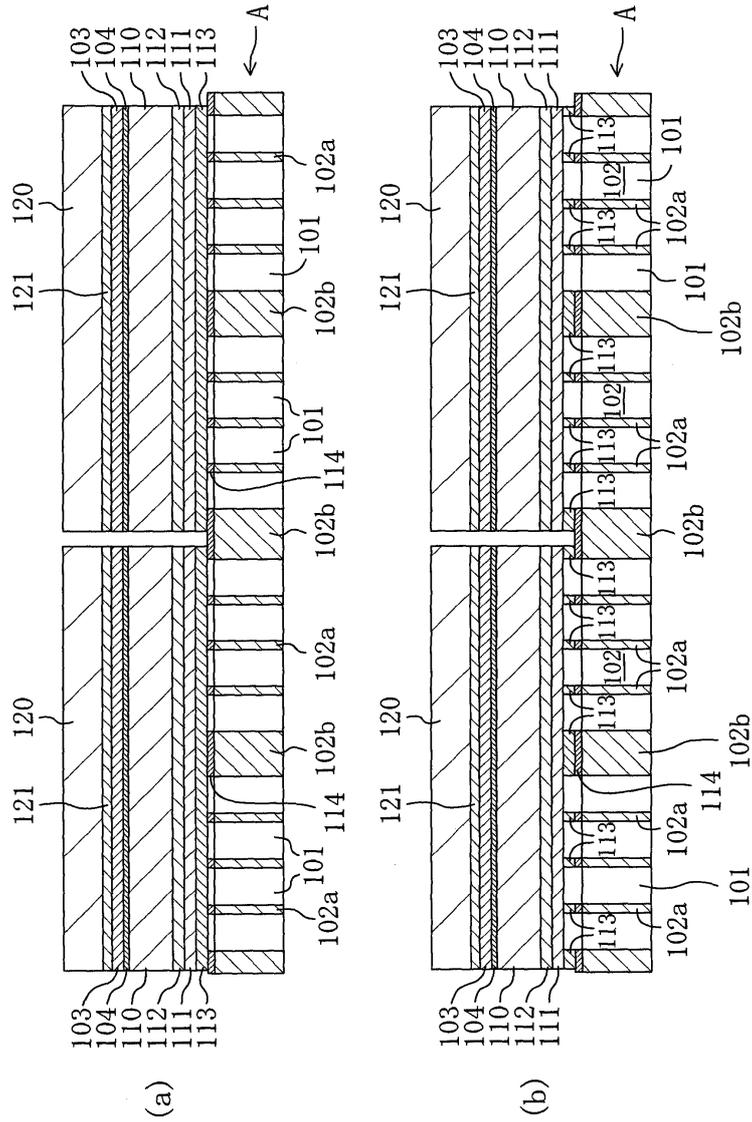
도면5



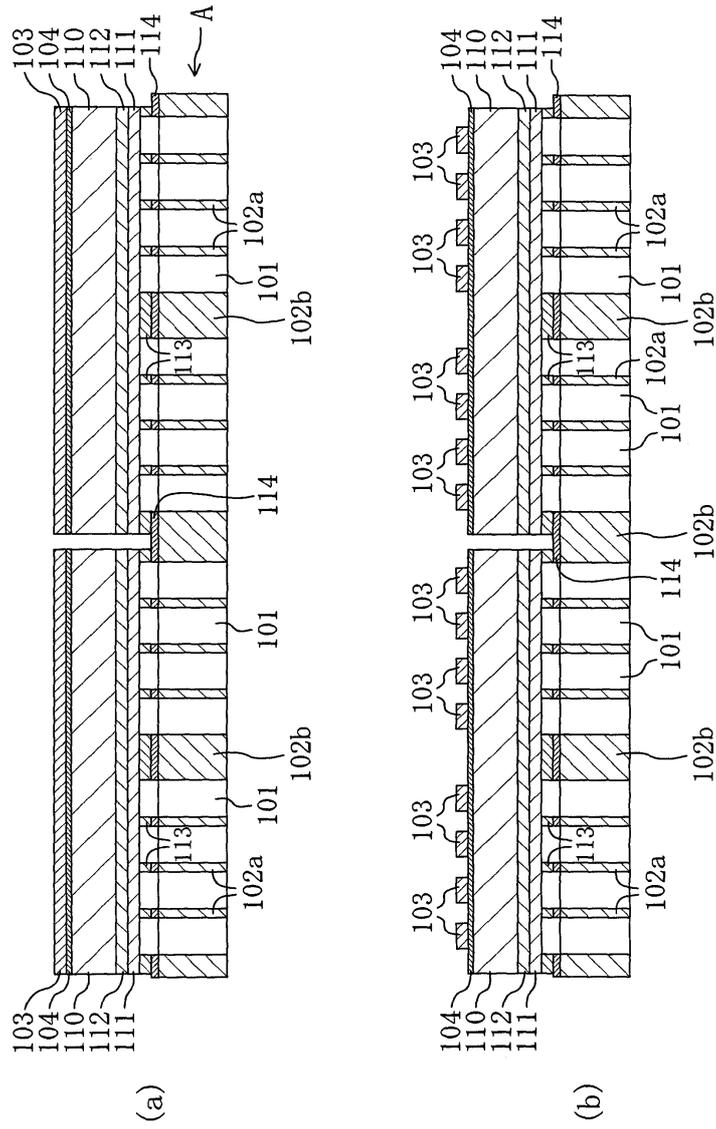
도면6



도면7

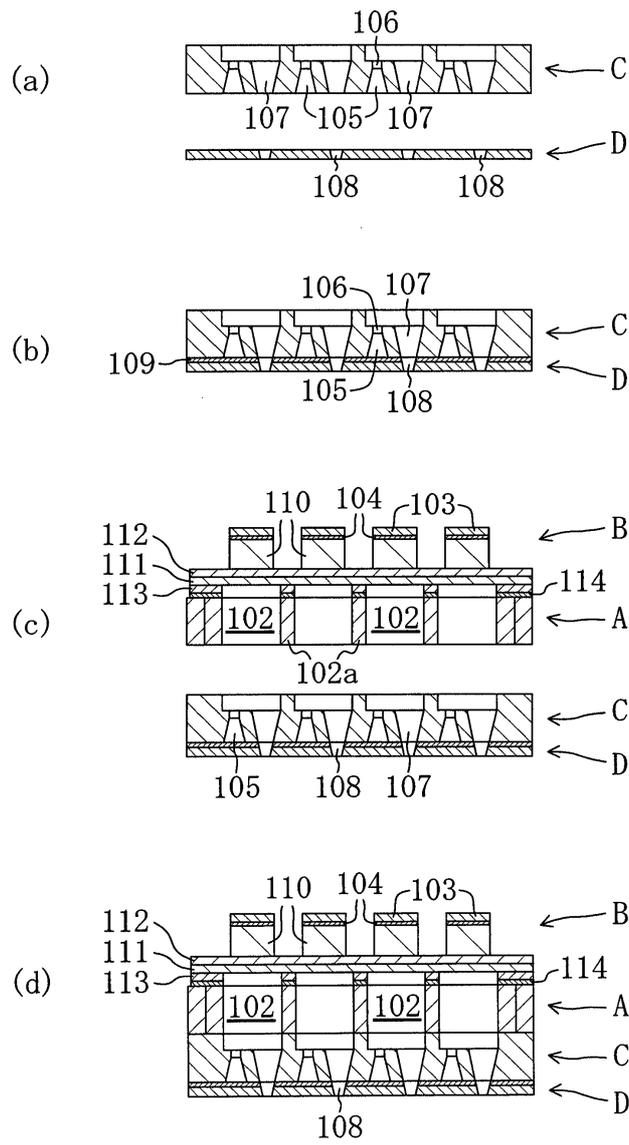


도면8

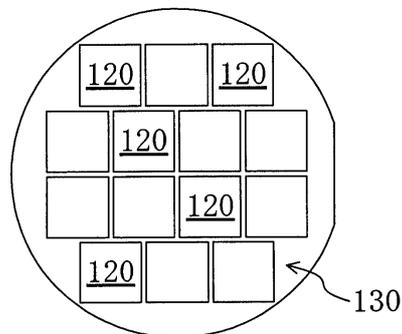




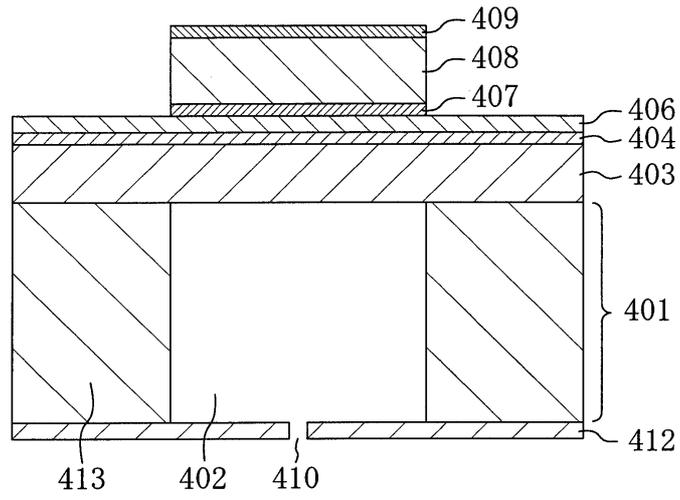
도면10



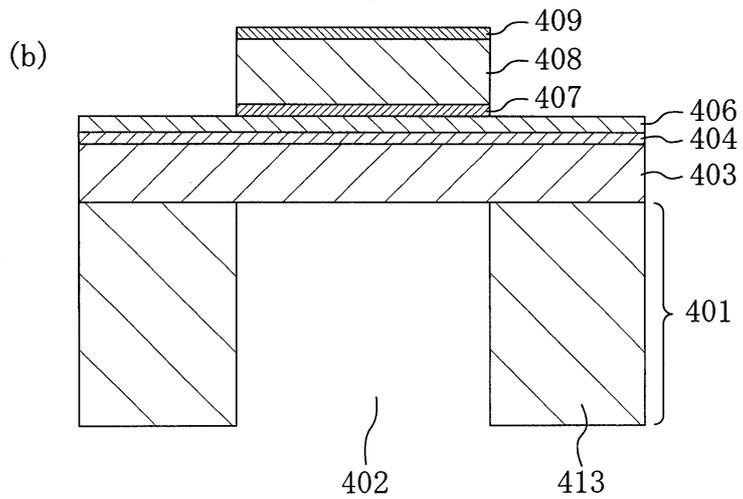
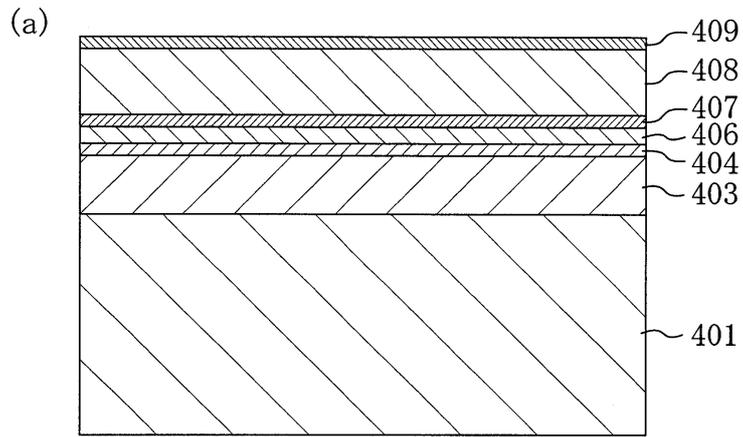
도면11



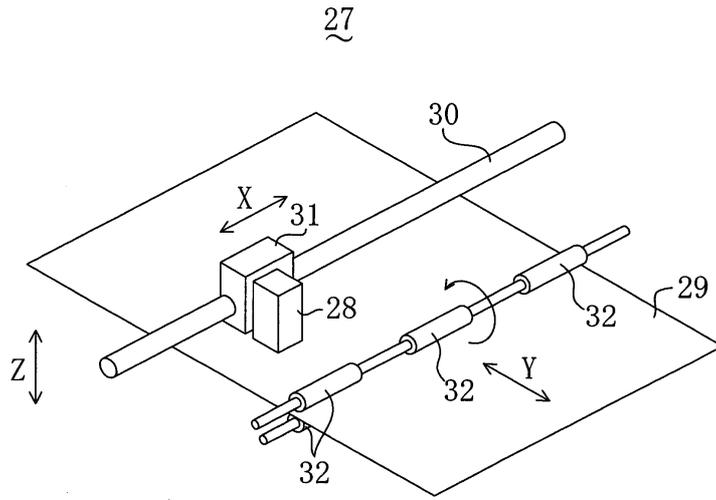
도면12



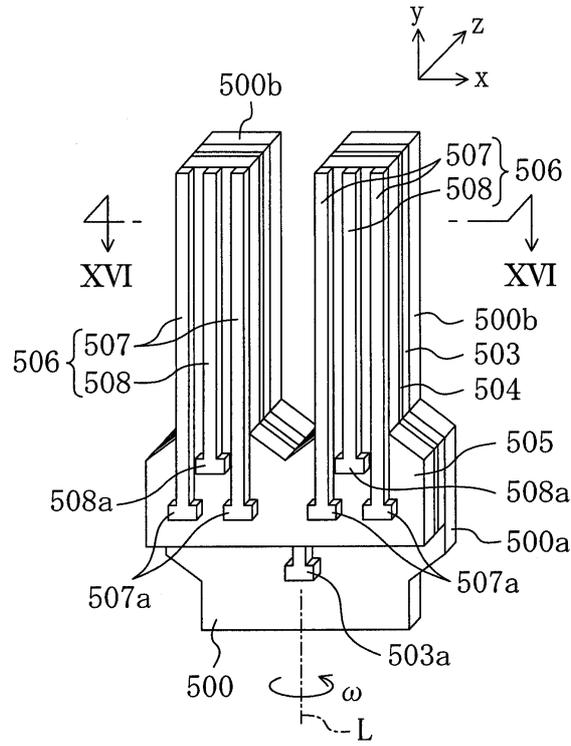
도면13



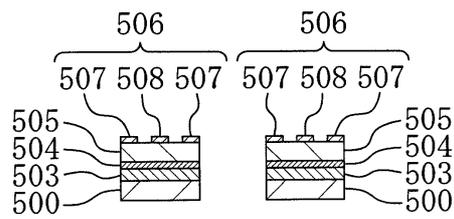
도면14



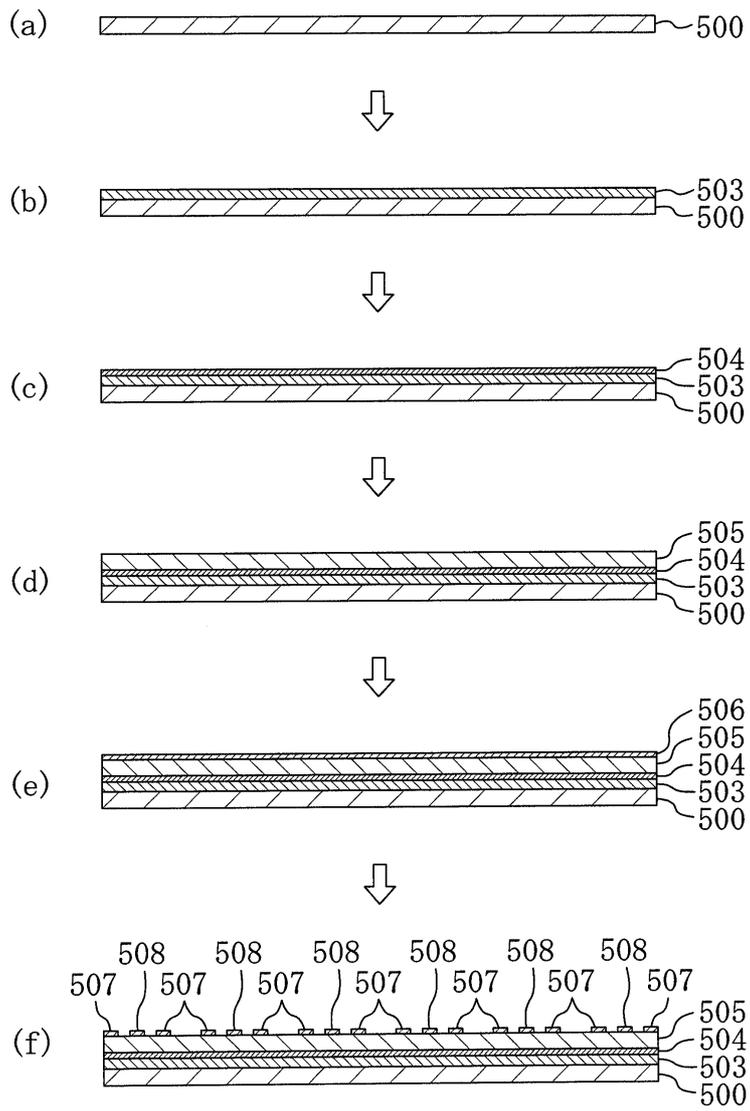
도면15



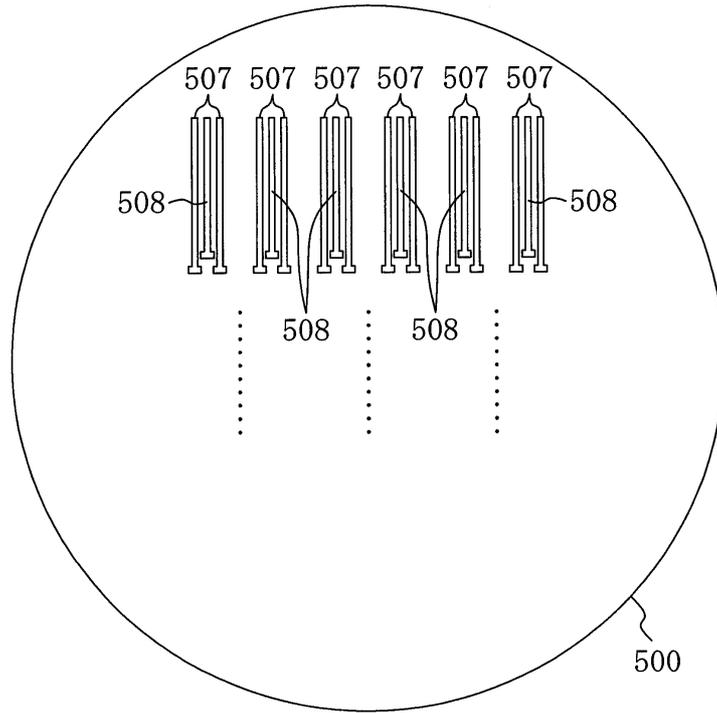
도면16



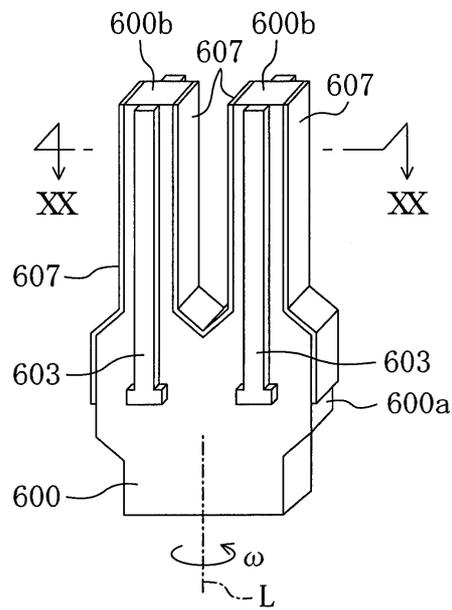
도면17



도면18



도면19



도면20

