

## (19) 대한민국특허청(KR)

### (12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <i>B06B 1/06</i> (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년11월10일 10-0643825 2006년11월01일	
(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2004-0103936 2004년12월10일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0056891 2005년06월16일
(30) 우선권주장	JP-P-2003-00411167	2003년12월10일	일본(JP)
(73) 특허권자	캐논 가부시끼가이샤 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고		
(72) 발명자	이후꾸도시히로 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내		
	마쓰다다까노리 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내		
	후꾸이 데쓰로오 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내		
(74) 대리인	장수길 주성민 구영창		
(56) 선행기술조사문현 JP07106658 A JP2003060252 A * 심사관에 의하여 인용된 문현		JP10286953 A JP2003309303 A	

심사관 : 명대근

---

### (54) 유전체 박막 소자, 압전 액추에이터 및 액체 토출 헤드와 그 제조 방법

---

#### 요약

액체 토출 헤드의 압전 액추에이터용으로 사용되는 결정성 유전체 박막 소자(10, 20)를 구성하는 압전 박막(13, 23)에는, 가열에 의한 결정화 단계에서 격자 부정합으로 인해 응력이 발생한다. 이 사실을 감안하여, 응력을 흡수하는 쌍정 구조를 갖는 중간층(12, 22)을 기판(11, 21) 사이에 개재시킴으로써, 압전 박막(13, 23)의 압전 특성의 열화 및 막 박리가 방지된다. 중간층(12)은 쌍정 구조 박막을 갖는 제1 중간층(12a)과 하부 전극인 제2 중간층(12b)을 갖는 다층 구조이며, 기판(21) 또한 하부 전극으로서 작용하기 때문에, 상기 중간층(22)은 쌍정 구조 박막을 포함하는 단층 구조를 갖는다.

**대표도**

도 1a

**색인어**

중간층, 단결정, 단일배향, 진동판, 쌍정 구조, 압전 박막, 압력 챔버, 전극, 유동 경로 기판, 토출 포트

**명세서****도면의 간단한 설명**

도1a 및 1b는 제1 실시예 및 그 수정예에 따른 유전체 박막 소자의 막 구조를 도시하는 도면.

도2a 및 2b는 제2 실시예의 액체 토출 헤드의 도시도로서, 도2a는 그 개략 단면도이고, 도2b는 그 부분 평면도.

도3은 예1의 막 구조를 도시하는 도면.

도4는 예1의 XRD(X선 회절) 차트.

도5는 예1의 PT의 XRD 로킹 커브를 도시하는 차트.

도6은 예2의 막 구조를 도시하는 도면.

도7은 예2의 XRD 차트.

**[도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명]**

10, 20, 30: 유전체 박막 소자

11, 21, 31: 기판

12, 22, 32: 중간층

13, 23, 33: 압전 박막

40: 본체

41: 토출 포트

42: 압력 챔버

43: 액체 공급 챔버

**발명의 상세한 설명****발명의 목적****발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 유전체 박막을 사용하는 압전 액추에이터용 유전체 박막 소자, 압전 액추에이터, 및 액체 토출 헤드와, 그 제조 방법에 관한 것이다. 본 발명의 유전체 박막 소자는 액체 토출 헤드용으로 사용되는 압전 액추에이터뿐 아니라 각종 센서, 비휘발성 메모리, 및 DRAM용 캐不死시터 절연막에 적용될 수 있다.

최근에 주의를 끌고 있는 박막 재료는  $\text{ABO}_3$  식(formula)으로 구성되는 페로브스카이트(perovskite) 구조를 갖는 유전체 재료이다.  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 로 표시되는 상기 재료는 우수한 강유전(强誘電; ferroelectric) 특성, 초전기(焦電氣; pyroelectric) 특성, 압전 특성 및 유전(誘電; dielectric) 특성을 갖기 때문에, 상기 특징들을 이용하여 액체 토출 헤드, 마이크, 음향 보디(예를 들면, 스피커), 각종 변환기 센서, 비휘발성 메모리, DRAM용 캐패시터 절연막에 대한 적용이 기대된다.

이들 재료의 특성을 개선시키거나 그 통합을 달성하기 위해서는, 박막의 형성이 극히 중요하다. 예를 들면, 압전 박막의 사용에 의한 압전 액추에이터의 추가적인 소형화(downsizing) 및 고기능화(high-functioning)는 마이크로기계, 마이크로센서 및 액체 토출 헤드에 대한 적용을 발전시키며, 다양한 분야에서 소형화 및 정확한 취급이 달성될 수 있을 것으로 예상되는 바, 이는 불가능할 것으로 생각되었던 것이다.

압전 구동 소자를 사용하는 압전 액추에이터를 구비한 액체 토출 기록 장치의 경우에는, 압전 구동 소자를 구비한 진동판이, 잉크 챔버와 같은 액체 공급 챔버에 연결되는 압력 챔버, 및 이 압력 챔버에 연결되는 토출 포트(노즐)를 구비하는 유동 경로 기판에 대해, 압력 챔버와 대면하는 상태로 결합된다. 그러한 구조에서, 압전 구동 소자에 소정의 전압을 가하여 압전 구동 소자를 팽창 및 수축시킴으로써, 압력 챔버내의 잉크와 같은 액체를 가압하기 위한 가요성 진동이 유도되고 토출 포트로부터 액적(droplet)이 토출된다.

오늘날, 칼라 잉크젯 기록 장치가 널리 사용되고 있지만, 인쇄 능력의 향상, 특히 고해상도 및 고속 인쇄가 요구되고 있고, 고해상도 및 고속 인쇄는 마이크로프로세싱된 액체 토출 헤드인 다중 노즐 헤드 구조를 사용함으로써 시도되었다. 액체 토출 헤드의 초소형 제조를 위해서는, 액체 토출을 위한 압전 구동 소자의 소형화가 필요하다.

종래에는, 절삭 및 연삭과 같은 기술에 기초한 소결에 의해 얻어지는 압전체의 마이크로-프로파일링(micro-profiling)에 의해 제조된 압전 막이, 그러한 콤팩트한 압전 구동 소자용으로 사용되었다. 이와는 별도로, 압전체를 박막으로서 적층하고 반도체용으로 사용되는 포토리소그래피 처리 기술을 사용함으로써 고정밀성, 마이크로 압전 구동 소자를 발전시키기 위한 연구가 이루어져 왔다. 또한, 상기 소자의 고기능화를 감안하여, 압전체는 단결정(single crystal) 또는 단일배향(single oriented) 유전체 박막이며, 헤테로에피택셜(heteroepitaxial) 성장 기술의 발전이 연장되는 것이 바람직하다.

유전체 박막의 헤테로에피택셜 성장 기술에서는, 기판과 유전체 박막을 구비하는 베이스 층들 사이의 격자 상수의 부정합(misfit)을 감소시키는 것이 중요하다. 격자 부정합을 감소시키기 위해 기판과 유전체 박막 사이에 중간층을 삽입하는 방법이 일반적이며 널리 알려져 있다.

한편, 높은 단일배향 정도를 갖는 유전체 박막을 형성하는 기술은 기판과 유전체 박막이 에피택셜(epitaxial) 관계를 전혀 갖지 않음에도 불구하고 연구되어 왔다. 예를 들면, 일본 특허출원 공개평 제07-300397호에 개시되어 있듯이, 기판과 유전체 박막의 선팽창 계수 차이를 이용하여 고도로 배향된 압전 박막을 얻기 위한 방법이 제안되었다.

그러나, 상기 종래의 에피택셜 막 형성 기술과, 일본 특허출원 공개평 제07-300397호에 의해 개시된 기판과 유전체 박막의 열팽창 계수 차이를 이용한 막 형성 방법에서는, 격자 부정합 또는 열팽창 계수의 차이로 인한 응력이 유전체 박막에 발생하여 막의 박리(peeling)를 초래하며, 따라서 대면적 유전체 박막 소자의 구축이 방지되었다.

막의 박리가 초래되지 않는 경우에도, 유전체 박막에 발생하는 응력은 FeRAM의 피로 특성과 같은 유전체 박막 특성의 열화로 이어지며, 따라서 유전체 박막 소자의 형성이 저지되었다.

특히, 최근에 집중 연구되고 유전체 박막이 변위를 겪는 잉크젯 기록 장치 및 마이크로기기용으로 사용되는 액체 토출 헤드와 같은 압전 액추에이터는 대략  $0.5\mu\text{m}$  내지  $500\mu\text{m}$ 의 큰 막 두께를 가지며 압전 변위를 갖기 때문에, 기판 또는 중간층으로부터의 유전체 박막 박리 문제가 본질적이다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 종래 기술의 상기 문제점들을 감안하여 이루어진 것이며, 기판이나 베이스층 사이에 쌍정 구조의 중간층을 배치하고, 유전체 박막에 발생되는 응력을 완화시켜 응력에 의한 막의 박리와 유전체 박막, 압전 액추에이터 및 액체 토출 헤드의 특성 저하를 방지함으로써, 단결정 또는 단일배향 압전 박막과 같은 대면적 유전체 박막의 구조를 가능하게 하는 유전체 박막 소자, 및 그 제조 방법의 제공을 목적으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 유전체 박막 소자는 기판 상에 형성되는 중간층과, 이 중간층 상에 형성되는 단결정 또는 단일배향 유전체 박막을 포함하며, 중간층은 쌍정 구조를 갖는다.

본 발명의 압전 액추에이터는, 진동판과, 진동판 상에 형성되는 중간층 및 중간층 상에 형성되는 단결정 또는 단일배향 압전 박막을 포함하고, 중간층은 쌍정 구조를 갖는다.

상기 압전 박막은 아연 압전 박막이며, 중간층은  $PbTiO_3$  또는  $SrRuO_3$ 의 박막을 갖는 것이 바람직하다.

본 발명의 액체 토출 헤드는 압전 구동력에 의해 압력 챔버 내의 액체를 가압하여 토출 포트를 통해 토출하며, 압력 챔버를 구비하는 유동 경로 기판, 상기 유동 경로 기판 상에 배치되는 진동판, 상기 진동판 상에 형성되는 중간층, 상기 중간층 상에 형성되는 단결정 또는 단일배향 압전 박막, 및 상기 압전 박막에 전류를 공급하기 위한 전극을 포함하고, 상기 중간층은 쌍정 구조를 갖는다.

상기 중간층은 정방정(正方晶:tetragonal) 박막을 가지며, (001)이 주 성장 평면인 것이 바람직하다.

상기 중간층은 사방정(斜方晶:orthorhombic) 박막을 가지며, (001)이 주 성장 평면인 것이 바람직하다.

상기 중간층의 쌍정면은 (101) 또는 (011)인 것이 바람직하다.

쌍정 구조 박막은 1 내지 200nm의 막 두께를 갖는 것이 바람직하다.

본 발명의 액체 토출 헤드 제조 방법은, 압전 구동력에 의해 압력 챔버 내의 액체를 가압하여 토출 포트를 통해 토출하는 액체 토출 헤드의 제조 방법이며, 이 방법은, 압력 챔버가 형성되는 유동 경로 기판상에 진동판을 형성하는 단계와, 진동판 상에 중간층을 형성하는 단계와, 중간층을 가열하여 쌍정 구조를 갖는 박막을 형성하는 단계와, 쌍정 구조를 갖는 박막 상에 단결정 또는 단일배향 압전 박막을 형성하는 단계와, 및 압전 박막에 전류를 공급하기 위한 전극을 형성하는 단계를 포함한다.

또한, 본 발명의 액체 토출 헤드 제조 방법은, 압전 구동력에 의해 압력 챔버 내의 액체를 가압하여 토출 포트를 통해 토출하는 액체 토출 헤드의 제조 방법이며, 이 방법은, 압력 챔버가 형성되는 유동 경로 기판상에 진동판을 형성하는 단계와, 중간 전사 부재 상에 중간층을 형성하는 단계와, 중간층을 가열하여 쌍정 구조를 갖는 박막을 형성하는 단계, 쌍정 구조를 갖는 박막 상에 단결정 또는 단일배향 압전 박막을 형성하는 단계, 중간 전사 부재 상에 있는 중간층과 압전 박막을 유동 경로 기판의 진동판 상에 전사하는 단계, 및 압전 박막에 전류를 공급하기 위한 전극을 형성하는 단계를 포함한다.

액체 토출 헤드의 중간 전사 부재인 기판 또는 진동판 상에는 압전 재료와 같은 유전체 박막이 쌍정-구조 중간층을 통해서 에피택셜하게 성장된다. 유전체 박막에 압전 특성을 부여하기 위한 단결정화 또는 다른 처리를 수행할 때 격자 부정합에 의해 막에 발생하는 응력이 중간층의 쌍정 구조에 의해 흡수되기 때문에, 응력에 의한 막 박리 또는 압전 특성의 저하가 방지될 수 있다. 이에 따르면, 우수한 압전 특성을 갖는 대면적 압전 박막의 구조가 달성될 수 있고, 압전 액추에이터를 구비한 액체 토출 헤드의 저비용 및 고기능화가 촉진될 수 있다.

### 발명의 구성 및 작용

도1a에 도시되어 있듯이, 압전 구동 소자인 유전체 박막 소자(10)가, 기판(11)과, 상기 기판(11)상에 적층되는 다층 구조를 갖는 중간층(12), 및 그 위에 형성되는 압전 박막(13)에 의해 형성된다.

압전 박막(13)은 0.5 내지 500  $\mu m$ 의 두께를 갖는 단결정 또는 고배향(hightly orientated) 유전체 박막이고, 중간층(12)은 쌍정 구조를 갖는 박막이며 압전 박막(13)의 아래에 위치하는 제1 중간층(12a)과 그 아래의 제2 중간층(12b)을 갖는다.

기판(11)은  $SrTiO_3$ ,  $(La,Sr)TiO_3$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SrRuO_3$ ,  $RuO$ ,  $Pt$ ,  $Si$ 의 단결정 기판, 특히 결정평면 (100)이 기판 평면이고 일반적으로 탁월한 강유전체 특성을 나타내는  $Pb(Zr,Ti)O_3$  와 같은 납 압전 박막과 유사한 격자 상수를 갖는  $SrTiO_3$ ,  $(La,Sr)TiO_3$ ,  $MgO$ 의 단결정 기판인 것이 바람직하다. 또한 단결정이 아닌 유리 기판 또는 스테인레스 스틸 기판이 사용될 수도 있다.

기판(11)과 제1 중간층(12a) 사이에는, 도면에 도시되지 않은 상부 전극과 함께 하부 전극으로서 작용하는 전극 수단인 제2 중간층(12b)이 개재되지만, 제3 중간층 이상을 갖는 다층 구조 적층체가 개재될 수도 있다. 제2 중간층(12b)의 재료는 기판(11) 또는 기판(11)과 제2 중간층(12b) 사이에 배치되는 하층막과의 격자 부정합이 작은 것이 바람직하다.

보다 바람직하게, 제2 중간층(12b)은 백금, 팔라듐, 이리듐, 루테늄, 그 산화물, 또는 전도성을 나타내고 그 성장평면이 (100), (010) 또는 (001)인  $(\text{La}, \text{Sr})\text{TiO}_3$  및  $\text{SrRuO}_3$ 와 같은 페로브스카이트 산화물로 구성되는 그룹에서 선택된 재료의 단결정 또는 단일 배향 막이다.

제1 중간층(12a)에 대해서는 쌍정 구조를 갖는  $\text{PT}(\text{PbTiO}_3)$ 와 같은 정방정 페로브스카이트 산화물 또는  $\text{SRO}(\text{SrRuO}_3)$ 와 같은 사방정 페로브스카이트 산화물이 바람직하며, 그 성장 평면이 (001)이고 (101) 또는 (011)상에 쌍정면을 갖는 단결정 또는 단일배향 막이 보다 바람직하다. 제1 중간층(12a)의 쌍정 구조는 단결정 또는 단일배향 압전 박막(13)을 형성할 때 막에 생성되는 응력을 완화시키며, 응력으로 인한 막 박리(film peeling), 및 압전 박막(13)의 특성 저하가 방지되고, 대면적 유전체 박막 소자(10)의 구축이 용이하다.

도1a에 도시된 유전체 박막 소자(10)는 전극 사이에 유전체 박막이 샌드위치된 막 구조를 갖는 압전 액추에이터의 주요 부분을 구성하며, 유전체 박막은 압전 특성을 나타내는 압전 박막(13)이다. 이 소자에서, 기판(11) 상에는 제1 중간층(12a)과 하부 전극인 제2 중간층(12b)을 갖는 중간층(12)이 배치되며, 제1 중간층(12a) 상에는 단결정 또는 단일배향 압전 박막(13)이 형성되고, 압전 박막(13) 상에는 도면에 도시되지 않은 상부 전극이 형성된다.

이러한 구조 대신에, 쌍정 구조 박막의 단일층 구조를 갖는 중간층(22)과 압전 박막(23)이, 하부 전극으로서 작용하도록 전도성을 갖고 도1a에 도시된 제2 중간층으로서도 작용하는 기판(21)상에 적층되는 막 구조를 갖는, 도1b에 도시된 유전체 박막 소자(20)가 사용될 수도 있다.

도1a와 1b에서, 유전체 박막인 압전 박막의  $a$ -축의 길이가  $a_d$ 로 표시되고, 쌍정 구조 박막으로 만들어진 단결정 중간층 또는 제1 중간층의  $a$ -축의 길이가  $a_1$ 으로 표시되며,  $c$ -축의 길이가  $c_1$ 으로 표시될 때, 각각의 결정 축은  $a_1 < a_d < c_1$ 의 관계를 유지하는 것이 바람직하다. 쌍정 구조를 갖는 단층 중간층 또는 제1 중간층의  $a$ -축의 길이가  $a_1$ 으로 표시되고,  $c$ -축의 길이가  $c_1$ 으로 표시되며, 기판 또는 제2 중간층의  $a$ -축의 길이가  $a_2$ 로 표시될 때, 각각의 결정 축은  $a_1 < a_2 < c_1$ 의 관계를 유지하는 것이 보다 바람직하다. 이를 관계를 충족함으로써, 압전 박막에 발생하는 응력이 더 완화될 수 있고 압전 박막의 특성 저하 또는 막 분리가 더 개선될 수 있으며 더 큰 면적의 유전체 박막 소자가 달성될 수 있다.

예를 들면, 쌍정 구조를 갖는 제1 중간층에 대해  $\text{PbTiO}_3$ 가 사용되면, (001)이 성장 평면인  $\text{SrTiO}_3$ ,  $(\text{La}, \text{Sr})\text{TiO}_3$  또는 Pt의 단결정 또는 단일배향 제2 중간층이 바람직하다. 그 이유는 별크 세라믹의 문헌 값(literature value)을 참조할 때, 제2 중간층의  $a$ -축 길이  $a_2$ 가  $\text{SrTiO}_3$ 의 경우에  $a_2 = 3.905$  (JCPDS-350734)이고 Pt의 경우에  $a_2 = 3.923$  (JCPDS-040802)이며, 정방정  $\text{PbTiO}_3$  (JCPDS-060452)의  $a$ -축의 길이의 문헌 값이  $a_1 = 3.899$ 이고  $c$ -축의 길이가  $c_1 = 4.153$ 이고, 이는 상기  $a_1 < a_2 < c_1$ 의 관계를 만족시키기 때문이다.

압전 박막에 대해서는, (001)이 성장 평면인 납 페로브스카이트 구조를 갖는 단결정 또는 단일배향 유전체 박막이 바람직하다. 예를 들면, 도1a의 (압전 박막/제1 중간층/제2 중간층/기판)의 막 구조를 갖는 압전 구동 소자로서는  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3/\text{PbTiO}_3/\text{Pt}/\text{MgO}$ 의 적층 구조가 바람직하며, 도1b의 (압전 박막/중간층/기판)의 막 구조를 갖는 압전 구동 소자로서는  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3/\text{PbTiO}_3/(\text{La}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ 의 적층 구조가 바람직하다. 이는 정방정  $\text{Pb}(\text{Ti}_{0.48}, \text{Zr}_{0.52})\text{O}_3$  (JCPDS-330784)의 별크 세라믹의 문헌 값에 관하여,  $a$ -축의 길이가  $a_d = 4.036$ 이며, 이것이 상기  $a_1 < a_d < c_1$ 의 관계를 만족시키기 때문이다. 압전 박막은 무연(non-lead)  $\text{BiTiO}_3$  또는  $\text{BaTiO}_3$  강유전체 박막 또는  $\text{SrTiO}_3$  유전체 박막일 수 있다.

단결정 또는 단일배향 압전 박막에 대해서는, 후술하는  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 로 표시되는 납 유전체 박막이 선택될 수 있다. 그 예로는  $\text{PZT}(\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3)$ ,  $\text{PMN}(\text{Pb}(\text{Mg}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3)$ ,  $\text{PNN}(\text{Pb}(\text{Nb}_x\text{Ni}_{1-x})\text{O}_3)$ ,  $\text{PSN}(\text{Pb}(\text{Sc}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3)$ ,  $\text{PZN}(\text{Pb}(\text{Zn}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3)$ ,  $\text{PMN-PT}\{(1-y)(\text{Pb}(\text{Mg}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3)-y(\text{PbTiO}_3)\}$ ,  $\text{PSN-PT}\{(1-y)(\text{Pb}(\text{Sc}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3)-y(\text{PbTiO}_3)\}$  및  $\text{PZN-PT}\{(1-y)(\text{Pb}(\text{Zn}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3)-y(\text{PbTiO}_3)\}$ 가 포함된다.

여기에서, x 및 y는 1이하 0이상의 숫자이다. PMN의 경우에, 예를 들면 x는 0.2 내지 0.5 이고, PSN의 경우에 x는 바람직하게는 0.4 내지 0.7이며, PMN-PT에서의 y는 0.2 내지 0.4, PSN-PT에서의 y는 0.35 내지 0.5, PZN-PT에서의 y는 0.03 내지 0.35인 것이 바람직하다. 또한, 상기 주 성분에 La와 같은 원소가 미량 첨가된(doped), La-첨가 PZT: PLZT{ $(Pb,La)(Zr,Ti)O_3$ }와 같은 조성물이 사용될 수 있다.

단결정 또는 단일배향 박막은 X선 회절에서의  $2\theta/\theta$ 측정에 따라 90% 이상, 바람직하게는 99% 이상의 막 배향 정도를 갖는 막을 지칭한다. 90% 미만의 배향 정도는, 유전체 박막의 유전 특성, 초전기 특성, 압전 특성 및 강유전 특성이 현저히 저하되기 때문에 바람직하지 않다.

또한, 단결정 또는 단일배향 압전 박막, 제1 중간층, 및 제2 중간층의 제조 방법에 있어서, 단결정화는 기판을 가열하는 동안 스퍼터링 방법에 의해 막형성함으로써 이루어질 수 있다. 예를 들면, 스퍼터링 방법에 의해 PZT 막이 형성될 때는, RF 마그네트론 스퍼터링 방법이 바람직하다. RF 마그네트론 스퍼터링 방법에서의 막형성 조건에는, 500°C 이상 700°C 이하의 막형성 동안의 기판 온도, 20/1 이상 50/1 이하의 아르곤/산소 분위기 하에서의 아르곤/산소 비율, 0.2 Pa 이상 0.5 Pa 이하의 가스 압력, 0.5 W/cm<sup>2</sup> 이상 1.2 W/cm<sup>2</sup> 이하의 RF 입력 파워, 및 65°C/min 이상의 막형성후 기판 냉각속도가 포함된다. 보다 바람직한 조건에는, 30/1 이상 50/1 이하의 막형성 동안의 아르곤/산소 비율, 0.2 Pa 이상 0.3 Pa 이하의 가스 압력, 0.5 W/cm<sup>2</sup> 이상 0.8 W/cm<sup>2</sup> 이하의 RF 입력 파워, 및 30°C/min 이상의 막형성후 기판 냉각속도가 포함된다. 특히, La와 같은 도핑제가 첨가되는 시스템에서, 기판 온도는 더 낮아질 수 있고 RF 입력 파워는 더 높이 설정될 수 있다. 기판을 가열할 때는, 적외선 가열 방법 또는 저항 가열 방법이 사용될 수 있다.

특히, 쌍정 구조를 갖는 박막을 포함하는 중간층(제1 중간층)에서, 쌍정 구조는, 막형성에서의 가열 스퍼터링 또는 어닐링과 같은 후속 가열 단계 동안에 온도를 십도 정도 변화시킴으로써 열처리에 의해 쉽게 형성된다. 대안적으로, 유사한 쌍정 구조를 갖는 중간층이, MOCVD, 콜-겔 방법, MBE, PLD 방법 또는 열수합성(熱水合成; hydrothermal synthesis) 방법에 의해 얻어질 수 있다.

본 실시예에 따른 유전체 박막 소자는, 압전 박막이 단일배향 결정이거나 단결정이기 때문에 높은 압전 특성을 갖는 고밀도 압전 액추에이터를 제공한다. 또한, 압전 액추에이터에 발생하는 응력이 중간층의 쌍정 구조에 의해 완화될 수 있기 때문에, 대면적 유전체 박막 소자의 구조가 가능해지고, 따라서 대면적 압전 액추에이터의 구조가 가능하다.

또한, 본 실시예의 압전 액추에이터에서, 기판(11)이 도1a에 도시된 구조에서 전도성을 나타내지 않는 경우, 제2 중간층(12b)은 전도성을 갖는 전극일 필요가 있다. 제2 중간층(12b)이 전도성을 나타내지 않는 경우, 기판(11)은 전도성을 가질 필요가 있고 전극으로서 기능한다.

전도성을 나타내는 층이 압전 박막 하에 형성되지 않을 때, 예를 들면 도1b에서의 기판(21)이 전도성을 갖지 않을 때, 기판(21)은 중간 전사 부재로서 사용될 수 있다. 즉, 중간 전사 부재 상에 중간층(22)이 배치되고, 중간층(22) 상에는 단결정 또는 단일배향 압전 박막(23)이 배치되며, 액체 토출 헤드의 진동판과 같은 구조체에는 도면에 도시되지 않은 전극이 압전 박막(23)에 형성된 압전 막 적층체가 접합되고, 이후 기판(21)을 포함하는 중간 전사 부재가 제거된다.

이 경우, 액체 토출 헤드 상의 압전 액추에이터의 층 구조에는 중간 전사 부재인 기판(21)이 존재하지 않는다. 이런 식으로, 기판(21)을 중간 전사 부재로서 사용하는 압전 액추에이터의 층 구조에는, 중간층(22), 압전 박막(23), 및 그 위의 제1 전극이 포함되며, 추가로 중간 전사 부재가 제거된 중간층(22)의 노출된 표면 상의 제2 전극이 포함된다.

전술했듯이, 중간 전사 부재를 사용하는 압전 액추에이터는 또한 압전 박막이 단일배향 결정 또는 단결정이기 때문에 높은 압전 특성을 갖는 고밀도 압전 액추에이터를 달성할 수 있다. 또한, 중간 전사 부재 상에 형성된 압전 박막의 응력이 중간 층의 쌍정 구조에 의해 완화될 수 있기 때문에, 대면적 압전 박막의 구조가 가능해지며, 따라서 대면적 압전 액추에이터의 구조가 가능하다.

도2a 및 도2b는, 압전 구동 소자인 유전체 박막 소자(30)에 의해 구동되는 진동판인 기판(31)을 갖는 압전 액추에이터와 함께 장착된, 제2 실시예에 따른 액체 토출 헤드를 도시한다. 유전체 박막 소자(30)는, 쌍정 구조를 갖는 박막인 제1 중간층(32a)과, 하부 전극인 제2 중간층(32b)으로 구성되는 중간층(32), 유전체 박막인 압전 박막(33), 및 상부 전극(34)을 포함하는 압전 구동 소자를 구성한다. 상기 기판(31)은, 노즐인 토출 포트(41)와, 토출 포트(41)에 연결되는 압력 챔버(42), 및 액체 공급 챔버(43)를 갖는 Si 기판과 같은 유동 경로 기판을 포함하는 본체(40)상에, 압력 챔버(42)의 개방부를 폐쇄하기 위한 진동판으로서 형성된다.

액체 토출 헤드의 압전 진동부에 대해서는, 진동판으로서도 작용하는 기판(31) 상에 상기 압전 구동 소자를 갖는 압전 액추에이터가 사용된다. 상기 압전 박막(33)과 상부 전극(34)은 도2b에 도시된 바와 같이 압력 챔버(42) 형상에 따른 패터닝에 의해 분할된다. 본체(40) 상의 토출 포트(41)는 노즐 형상을 가지며, 압력 챔버(42)내의 압력은 액체 공급 챔버(43)로부터 공급되는 잉크와 같은 액체를 토출 포트(41)로부터 토출하기 위한 압전 진동부의 변위로 인해 요동된다.

압전 박막(33) 및 상부 전극(34)의 분할은 각 압력 챔버(42)에 대응하거나 대응하지 않을 수 있다. 또한, 분할된 압전 박막(33) 사이에는, 압전 박막(33)의 팽창 및 수축을 방지하지 않는 낮은 강성을 갖는 수지가 존재할 수 있다. 압력 챔버(42)의 형상은 사각형, 원형 및 타원형으로 구성되는 그룹에서 선택될 수 있다. 사이드-슈터(side-shooter)의 경우에, 압력 챔버(42)의 단면은 노즐 방향으로 좁혀질 수 있다.

진동판을 구성하는 기판(31)은 예를 들면,  $\text{SiO}_2$  막(31a), Si(100) 막(31b) 또는 MgO(100) 막(31c)을 구비하며, 제2 중간층(32b)은 Pt(100) 막이다.

본 실시예의 액체 토출 헤드의 층 구조의 특징에 1 내지 16이 후술된다. 각 예의 층 구조는 상부 전극//압전 박막//제1 중간층//하부 전극(제2 중간층)//진동판//기판(본체)으로 나타난다. 적어도 압전 박막, 하부 전극, 및 진동판이 에피택셜 성장에 의해 형성되며, 제1 중간층의 쌍정 구조로 인해서 하부 전극, 진동판, 및 기판(본체)을 포함하는 적층체와 압전 박막 사이에 발생하는 응력이 완화될 수 있다. 쌍정 구조를 갖는 중간층 또는 제1 중간층이 언더라인 표시된다. 또한, 도1b에 도시되어 있듯이, 하나의 층이 하부 전극, 진동판, 및 기판(본체)의 기능을 동시에 만족시키는 구조가 또한 사용될 수 있다.

예1 Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//MgO(100)//Si(100)

예2 Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//STO(100)//Si(100)

예3 Au//PZT(001)/PT(001)//LSTO(100)//Si(100)/ $\text{SiO}_2$ /Si(100)

예4 Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)// $\text{Al}_2\text{O}_3$ (100)//Si(100)

예5 Pt//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//YSZ(100)/Zr//Si(100)

예6 Ag/PZT(001)/BT(001)//Pt(100)// $\text{LaAlO}_3$ (100)//Si(100)

예7 Au//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//YSZ(111)/ $\text{SiO}_2$ //Si(111)

예8 Ir//PZT(001)/PT(001)//Ir(100)// $\text{SiO}_2$ //Si(100)

예9 Au//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//YSZ(100)/ $\text{SiO}_2$ //Si(100)

예10 Au//PZT(001)/SRO(001)//Si(100)

예11 Pt//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//MgO(111)//Si(100)

예12  $\text{IrO}_2$ //PZT(001)/BT//SRO(001)//Si(100)

예13 Au//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//MgO(100)

예14 Au//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//STO(100)

예15 Pt//PZT(001)/PT(001)//LSTO(100)

예16 Au//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)// $\text{Al}_2\text{O}_3$ (100)

상기 특정 예에서, PZT는 압전 박막으로서 예시되었지만, PMN, PZN, PSN, PNN, PMN-PT, PSN-PT 및 PZN-PT와 같은 납 압전 박막을 구비하는 수정된 층 구조가 사용될 수도 있다. 또한, La와 같은 원소가 상기 주 성분에 미량 첨가된 La-첨가 PZT: PLZT((Pb,La)(Zr,Ti)O<sub>3</sub>)와 같은 조성물 또한 사용될 수 있다. 여기에서, BT는 (BaTiO<sub>3</sub>)의 약어이며, YSZ는 산화이트륨이 첨가된 안정화된 지르코니아(yttria added stabilized zirconia)의 약어이다.

본 실시예의 수정된 케이스로서, 중간층//압전 박막//기판 상의 중간 전사 부재인 전극(하부 전극)의 층 구조가 액체 토출 헤드의 본체에 전사되는 구조 또한 사용될 수 있다. 이 경우에, 액체 토출 헤드는 토출 포트에 연결되는 압력 챔버와, 이 압력 챔버의 개방부를 폐쇄시키도록 형성된 압전 진동부를 갖는 본체를 가지며, 중간 전사 부재의 구조적 본체의 전극 표면과, 압전 진동부의 진동판이 접합되고 이후 중간 전사 부재가 제거됨에 따라, 중간 전사 부재는 압전 진동부에 존재하지 않는다.

이 경우에서의 압전 진동부의 층 구조는, 상기 중간층에 추가적으로, 압전 박막과 제1 전극(하부 전극)을 구비하며, 중간 전사 부재가 제거되는 표면 상에는 제2 전극(상부 전극)을 구비한다. 또한, 적어도 압전 박막, 중간층, 및 상부 전극이 분할되고, 본체의 토출 포트는 노즐 형상을 갖는다. 압력 챔버의 압력은 압전 진동부의 변위로 인해 요동하고, 액체 공급 챔버로부터 공급되는 잉크와 같은 액체는 토출 포트로부터 토출된다.

압전 박막과 전극들의 분할은 각각의 압력 챔버에 대응하거나 대응하지 않을 수 있다. 또한, 분할된 압전 박막 사이에는 압전 박막의 팽창 및 수축을 방지하지 않는 낮은 강성을 갖는 수지가 존재할 수 있다. 압력 챔버의 형상은 사각형, 원형, 타원형으로 구성되는 그룹 중에서 선택될 수 있다. 사이트-슈터의 경우에, 압력 챔버의 단면은 노즐 방향으로 좁아질 수 있다.

상기 압전 액추에이터에 있어서, 압전 박막의 압전 변위는 압전 박막에 가해지는 유효 전계에 종속되며, 따라서 쌍정 구조를 갖는 제1 중간층(중간층)의 막 두께는 3nm 이상 200nm 이하로 작은 것이 바람직하다. 200nm 초과의 막 두께는, 압전 박막에 가해지는 유효 전계가 감소하고 압전 박막의 압전 변위가 작아지기 때문에 바람직하지 않다. 3nm 미만의 막 두께는, 제1 중간층(중간층)의 쌍정 구조가 형성될 수 없기 때문에 바람직하지 않다.

본 실시예에 따르면, 압전 액추에이터의 압전 박막이 단일배향 결정 또는 단결정이기 때문에, 고주파에 대응하는 고밀도 및 고 토출 능력이 달성될 수 있다. 또한, 중간층이 쌍정 구조를 갖기 때문에, 압전 진동부에 발생하는 응력이 완화될 수 있고, 막 박리가 방지되며, 큰 사이즈의 액체 토출 헤드가 달성될 수 있다.

### 예 1

도3에 도시된 본 예의 유전체 박막 소자(압전 구동 소자)의 막 구조에서는, MgO(001)의 기판(단결정 기판) 상에 0.2μm의 Pt(001)가, 전극으로도 작용하는 제2 중간층으로서, 500°C 이상에서 가열되면서 스퍼터링에 의해 에피택셜하게 성장되고, 그 위에 0.2μm의 PT(001)가 제1 중간층으로서 500°C 이상에서 에피택셜하게 성장되며, 이후 2μm의 PZT가 압전 박막으로서 에피택셜하게 성장되었다. 모든 막 형성 단계에서, 기판은 막 형성 후 30°C/min 이상으로 급속히 냉각되었다. 막 형성에서의 PZT의 조성은 Pb(Zr<sub>0.47</sub>, Ti<sub>0.53</sub>)O<sub>3</sub>였다. 또한, 제1 중간층인 PT(001)의 기판 가열 온도는 막 형성 중에 605°C였는 바, 이는 쌍정 구조 박막을 형성하기 위해 ±25°C의 범위 내에서 의도적으로 변경되었다. 그렇게 얻어진 유전체 박막 소자의 단결정성의 XRD(X-ray diffraction: X선 회절)에 따른 측정의 결과가 도4에 도시되어 있다. 이 X선 회절 패턴으로부터, PZT의 배향이 (001)에서 99% 이상인 것으로 확인되었다.

PZT의 전자 회절은 기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자빔을 도입함으로써 이루어졌으며, 그 결과 PZT는 그 막 성장 평면이 (001)인 단결정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 또한, PT의 전자 회절은 기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자빔을 도입함으로써 이루어졌으며, 그 결과 PT는 그 막 성장 평면이 (001)인 쌍정 구조를 갖는 것으로 확인되었다.

또한, PT의 로킹 커브(rocking curve) 측정(ω스캔)은, 2θ축이 PT의 a-축에 대응하는 면 간격으로 고정된 XRD에 의해 이루어졌다. 그 결과는 도5에 도시된다. 이 X선 회절 패턴으로부터, PT가 (101)이 쌍정면인 쌍정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 쌍정 구조는 또한 (200)에 형성된 PT의 단면 TEM 암시야(dark field) 이미지에 의해서도 확인될 수 있다.

또한, XRD 측정에 따라서, 제2 중간층인 Pt, 제1 중간층인 PT, 및 압전 박막 PZT의 격자 상수들이 평가되었다. 그 결과, PZT의 a-축의 길이  $a_d=4.04$ , PT의 a-축의 길이  $a_1=3.90$ , 및 PT의 c-축의 길이  $c_1=4.16$ 은  $a_1 < a_d < c_1$ 의 관계를 가지며,

PT의 a-축의 길이  $a_1=3.90$ , PT의 c-축의 길이  $c_1=4.16$ , 및 Pt의 a-축의 길이  $a_2=3.93$ 은  $a_1 < a_2 < c_1$ 의 관계를 갖는 것으로 밝혀졌다. 또한, PZT의 a-축의 길이  $a_d=4.04$ 는, Zr/Ti=52/48 (JCPDS-330784)의 벌크 세라믹의 문헌 값인  $a=4.036$ 에 상응하며, 이는 에피택셜 막의 경우에도 응력이 완화되었음을 입증한다.

#### 예2

도6에 도시된 본 예의 유전체 박막 소자(압전 구동 소자)의 막 구조에서는, 하부 전극으로도 기능하는  $(\text{La}, \text{Sr})\text{TiO}_3(001)$ 의 기판(단결정 기판) 상에  $0.1\mu\text{m}$ 의 PT(001)가 중간층으로서,  $500^\circ\text{C}$  이상에서 에피택셜하게 성장되고, 이후  $3\mu\text{m}$ 의 PZT가 압전 박막으로서 에피택셜하게 성장되었다. 모든 막 형성 단계에서, 기판은 막 형성 후  $30^\circ\text{C}/\text{min}$  이상으로 급속히 냉각되었다. 막 형성에서의 PZT의 조성은  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.47}, \text{Ti}_{0.53})\text{O}_3$  였다. 또한, 제1 중간층인 PT(001)의 기판 가열 온도는 막 형성 중에  $605^\circ\text{C}$  였는 바, 이는 쌍정 구조 박막을 형성하기 위해  $\pm 25^\circ\text{C}$ 의 범위 내에서 의도적으로 변경되었다. 그렇게 얻어진 유전체 박막 소자의 단결정성의 XRD에 따른 측정의 결과가 도7에 도시되어 있다. 이 X선 회절 패턴으로부터, PZT의 배향이 (001)에서 100%에 가까운 것으로 확인되었다.

PZT의 전자 회절은 기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자빔을 도입함으로써 이루어졌으며, 그 결과 PZT는 그 막 성장 평면이 (001)인 단결정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 또한,  $\text{PbTiO}_3$ 의 전자 회절은 기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자빔을 도입함으로써 이루어졌으며, 그 결과 PT는 그 막 성장 평면이 (001)인 쌍정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 마찬가지로, PT의 로킹 커브 측정(ω스캔) 및 (200)에 형성된 단면 TEM 암시야 이미지로부터, 예1에서와 같이, PT는 막 성장 평면 (001)을 갖고 또한 (101)이 쌍정면인 쌍정 구조를 갖는 것으로 확인되었다.

이렇게 얻어진 압전 구동 소자의 압전 박막은 크로스컷(cross cut) 테스트에 따라 접착 테스트를 받았는 바, 박리가 전혀 관찰되지 않았고 접착은 예1에서와 같이 우수한 것으로 증명되었다. PZT의 a-축이 XRD에 의해 측정될 때,  $a_d$ 는 4.04였고, 이는 Zr/Ti=52/48 (JCPDS-330784)의 벌크 세라믹의 문헌 값에 상응하며, 이는 응력이 완화되었음을 입증한다.

#### 예3

도2에 도시된 액체 토출 헤드의 구조에서는, 진동판이 될  $\text{MgO}(100)$ 과  $\text{Si}(100)$  상에, B-첨가 단결정  $\text{Si}(100)/\text{SiO}_2/\text{Si}$  구조(각 막 두께:  $2.5\mu\text{m}/1\mu\text{m}/250\mu\text{m}$ )를 사용하여  $0.3\mu\text{m}$ 의 두께로 형성되었다. 또한, 그 위에  $0.2\mu\text{m}$ 의 Pt(001)이 하부 전극인 제2 중간층으로서 에피택셜하게 성장되었으며, 그 위에  $0.1\mu\text{m}$ 의 Pt(001)이 제1 중간층으로서 성장되었고, 이후  $2\mu\text{m}$ 의 PZT가 압전 박막으로서 성장되었다. 모든 막 형성 단계에서, 기판은 막 형성 후 급속히 냉각되었다. 막 형성에서의 PZT의 조성은  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.47}, \text{Ti}_{0.53})\text{O}_3$  였다.

제1 중간층인 PT(001)의 기판 가열 온도는 막 형성 중에  $605^\circ\text{C}$  였는 바, 이는 막을 형성하기 위해  $\pm 5^\circ\text{C}$ 의 범위 내에서 의도적으로 변경되었다. 제1 중간층에서의 쌍정 구조를 갖는 유전체 박막이 이렇게 해서 형성되었으며, 상부 전극 상에는 Au가 페이스트 코팅되었다.

Si층은 압력 챔버를 형성하도록  $\text{SF}_6$  와  $\text{C}_4\text{F}_8$ 을 사용하여 플라즈마 에칭을 받게 된다. 이후, 압력 챔버의 일부를 구성하는 Si기판과, 토출 포트를 갖는 노즐 판이 접합되었다. 압력 챔버는  $60\mu\text{m}$ 의 폭과  $2.2\text{mm}$ 의 깊이를 가지며, 압력 챔버의 격벽(partition)은  $24\mu\text{m}$ 의 폭을 가졌다.

이 액체 토출 헤드를 사용하여  $1\text{ kHz}$ 의 구동 주파수와  $0\text{V}/30\text{V}$ 의 구동 전압에서 잉크 내구성 테스트가 이루어졌다. 그 결과, 모든 노즐(토출 포트)에서  $10^7$ 의 토출 회수까지 잉크 토출이 이루어졌으며, 이는 내구성 테스트후 유전체 박막 소자의 막 박리가 전혀 발견되지 않았음을 입증하였다.

#### 예4

제1 중간층 PT(001)의 막 두께가 각각  $1\text{nm}$ ,  $10\text{nm}$ ,  $100\text{nm}$ ,  $200\text{nm}$ ,  $300\text{nm}$ 라는 것을 제외하고는 예3과 동일한 구조를 갖는 다수의 액체 토출 헤드가 준비되었다. 이들 액체 토출 헤드를 사용하여  $10\text{ kHz}$ 의 구동 주파수와  $5\text{V}/20\text{V}$ 의 구동 전압에서 잉크 토출 테스트가 이루어졌다. 토출 회수는 각각의 경우에  $10^7$ 였으며, 내구성 테스트가 동시에 이루어졌다. 그 결과가 표1에 도시되어 있다. PT(001)의 막 두께가 각각  $10\text{nm}$ ,  $100\text{nm}$ ,  $200\text{nm}$ 인 액체 토출 헤드에 대한 테스트에서, 잉

크 토출은 모든 노즐에서 이루어졌으며 유전체 박막 소자의 막 박리는 내구성 테스트후 발견되지 않았다. 한편, PT(001)의 막 두께가 300nm인 액체 토출 헤드는 일부 노즐에서의 토출 파워 부족으로 인해 잉크 토출에 실패하였다. 또한, PT(001)의 막 두께가 1nm인 액체 토출 헤드에서는, 유전체 박막 소자의 막 박리로 인한 잉크 토출 실패가 다수의 노즐에서 관측되었으며, 이는 내구성 테스트후 유전체 박막 소자의 막 박리가 일어났음을 입증한다.

표1

PT(001)막두께 (nm)	1	10	100	200	300
토출 테스트	o	o	o	o	x
내구성 테스트	x	o	o	o	o

(비교예1)

예1의 비교예로서, 제1 중간층이 쌍정 구조를 갖지 않는 것을 제외하고는 도1a에 도시된 예1의 구조와 동일한 구조를 갖는 유전체 박막 소자가 준비되었다. 제1 중간층인 PT(001)의 기판 가열 온도는 막 형성 동안에 630°C였으며, 막 형성을 위해 ±2°C의 범위 내에서 고정되었다. 그렇게 얻어진 유전체 박막 소자의 결정성이 XRD에 의해 측정되었으며, PZT가 (001)로 바람직하게 배향된 것이 확인되었다.

기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자 빔을 도입하는 것에 의한 PZT의 전자 회절의 결과로서, PZT는 그 막 성장 평면이 (001)인 단결정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 또한, 기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자 빔을 도입 함으로써 PT의 전자 회절이 이루어졌으며, 그 결과 PT 역시 그 막 성장 평면이 (001)인 단결정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 또한, PZT의 a-축이 XRD에 의해 측정되었을 때,  $a_d$ 는 4.01 이었으며, Zr/Ti=52/48 (JCPDS-330784)의 벌크 세라믹의 문헌 값인  $a=4.036$  보다 작은 바, 이는 가압에 의한 응력이 발생하였음을 입증한다.

이렇게 얻어진 압전 박막 소자의 압전 박막은 크로스컷 테스트에 따라 접착 테스트를 받았다. 기판의 면적은  $1\text{cm}^2$ ,  $4\text{cm}^2$ ,  $9\text{cm}^2$ ,  $16\text{cm}^2$ ,  $25\text{cm}^2$ 였으며, 소자들, 즉 제1 중간층 PT가 쌍정 구조를 갖는 예1의 유전체 박막 소자와, 제1 중간층 PT가 쌍정 구조를 갖지 않는 비교예1의 유전체 박막 소자의 접착이 비교되었다. 그 결과가 표2에 도시되어 있다. 예1의 유전체 박막 소자에서, 압전 박막은 모든 기판 크기에서 막 박리가 전무했으며 접착은 우수했다. 한편, 비교예1의 유전체 박막에서는, 기판 면적이 클수록, 박리는 많아지고 접착은 약해졌다.

표2

기판 면적( $\text{cm}^2$ )	1	4	9	16	25
쌍정 구조를 가짐	박리 전무				
쌍정 구조를 갖지 않음	10% 박리	20% 박리	30% 박리	40% 박리	50% 박리

(비교예2)

예2의 비교예로서, 중간층이 쌍정 구조를 갖지 않는 것을 제외하고는 예2의 구조와 동일한 구조를 갖는 유전체 박막 소자가 준비되었다. 비교예1에서와 같이, 중간층인 PT(001)의 기판 가열 온도는 막 형성 동안에 630°C였으며, 막 형성을 위해 ±2°C의 범위 내에서 고정되었다. 그렇게 얻어진 유전체 박막 소자의 단결정성이 XRD에 의해 측정되었으며, PZT가 예2에서와 같이 (001)로 바람직하게 배향된 것이 확인되었다.

기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자 빔을 도입하는 것에 의한 PZT의 전자 회절의 결과로서, PZT는 그 막 성장 평면이 (001)인 단결정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 또한, 기판 법선축에 대해 수직한 (010)으로부터 전자 빔을 도입 함으로써 PT의 전자 회절이 이루어졌으며, 그 결과 비교예1에서와 같이 PT 역시 그 막 성장 평면이 (001)인 단결정 구조를 갖는 것으로 확인되었다. 또한, PZT의 a-축이 XRD에 의해 측정되었을 때,  $a_d$ 는 4.01 이었으며, Zr/Ti=52/48 (JCPDS-330784)의 벌크 세라믹의 문헌 값보다 작은 바, 이는 가압에 의한 응력이 발생하였음을 입증한다.

이렇게 얻어진 압전 박막 소자의 압전 박막은 크로스컷 테스트에 따라 접착 테스트를 받았다. 기판의 면적은  $1\text{cm}^2$ ,  $4\text{cm}^2$ ,  $9\text{cm}^2$ ,  $16\text{cm}^2$ ,  $25\text{cm}^2$ 였으며, 두 소자, 즉 중간층 PT가 쌍정 구조를 갖는 예2의 유전체 박막 소자와, 중간층 PT가 쌍정 구

조를 갖지 않는 비교예2의 유전체 박막 소자의 접착이 비교되었다. 그 결과가 표3에 도시되어 있다. 예2의 유전체 박막 소자에서, 압전 박막은 모든 기판 크기에서 막 박리가 전무했으며 접착은 우수했다. 한편, 비교예2의 유전체 박막에서는, 기판 면적이 클수록, 박리는 많아지고 접착은 약해졌다.

표3

기판 면적( $\text{cm}^2$ )	1	4	9	16	25
쌍정 구조를 가짐	박리 전무				
쌍정 구조를 갖지않음	20% 박리	30% 박리	40% 박리	50% 박리	60% 박리

(비)교예3)

예3의 비교예로서, 제1 중간층이 쌍정 구조를 갖지 않는 것을 제외하고는 예3의 구조와 동일한 구조를 갖는 액체 토출 헤드가 준비되었다. 제1 중간층인 PT(001)의 기판 가열 온도는 막 형성 동안에 630°C였으며, 막 형성을 위해 ±2°C의 범위내에서 고정되었다.

이 액체 토출 헤드를 사용하여 1 kHz의 구동 주파수와 0V/30V의 구동 전압에서 잉크 내구성 테스트가 이루어졌다. 그 결과, 유전체 박막 소자의 막 박리로 인한 잉크 토출 실패가 다수의 노즐에서  $10^7$ 의 토출 회수까지 관측되었으며, 이는 내구성 테스트후 유전체 박막 소자의 막 박리가 일어났음을 입증한다.

### 발명의 효과

본 발명에 따르면, 기판이나 베이스층 사이에 쌍정 구조의 중간층을 배치하고, 유전체 박막에 발생되는 응력을 완화시켜 응력에 의한 막의 박리와 유전체 박막, 압전 액추에이터 및 액체 토출 헤드의 특성 저하를 방지함으로써, 단결정 또는 단일 배향 압전 박막과 같은 대면적 유전체 박막의 구조가 가능하다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

유전체 박막 소자이며,

기판 상에 형성되는 중간층과,

상기 중간층 상에 형성되는 단결정 또는 단일배향 유전체 박막을 포함하고,

상기 중간층은 쌍정 구조를 갖는 유전체 박막 소자.

#### 청구항 2.

압전 액추에이터이며,

진동판과,

상기 진동판 상에 형성되는 중간층과,

상기 중간층 상에 형성되는 단결정 또는 단일배향 압전 박막을 포함하고,

상기 중간층은 쌍정 구조를 갖는 압전 액추에이터.

### 청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 압전 박막은 납(lead) 압전 박막이며, 상기 중간층은  $PbTiO_3$  또는  $SrRuO_3$ 의 박막을 갖는 압전 액추에 이터.

### 청구항 4.

압전 구동력에 의해 압력 챔버 내의 액체를 가압하여 토출 포트를 통해 토출시키는 액체 토출 헤드이며,

압력 챔버가 구비된 유동 경로 기판과,

상기 유동 경로 기판 상에 배치된 진동판과,

상기 진동판 상에 형성된 중간층과,

상기 중간층 상에 형성된 단결정 또는 단일배향 압전 박막과,

상기 압전 박막에 전류를 공급하기 위한 전극을 포함하고,

상기 중간층은 쌍정 구조를 갖는 액체 토출 헤드.

### 청구항 5.

제4항에 있어서, 상기 중간층은 정방정 박막을 가지며, (001)이 주 성장 평면인 액체 토출 헤드.

### 청구항 6.

제4항에 있어서, 상기 중간층은 사방정 박막을 가지며, (001)이 주 성장 평면인 액체 토출 헤드.

### 청구항 7.

제4항에 있어서, 상기 중간층은  $PbTiO_3$  또는  $SrRuO_3$ 의 박막을 갖는 액체 토출 헤드.

### 청구항 8.

삭제

### 청구항 9.

제4항에 있어서, 쌍정 구조를 갖는 박막은 3 내지 200 nm의 막 두께를 갖는 액체 토출 헤드.

### 청구항 10.

압전 구동력에 의해 압력 챔버 내의 액체를 가압하여 토출 포트를 통해 액체를 토출시키는 액체 토출 헤드의 제조 방법이며,

압력 챔버가 형성되는 유동 경로 기판 상에 진동판을 형성하는 단계와,

상기 진동판상에 쌍정 구조를 갖는 박막의 중간층을 가열하여 형성하는 단계와,

쌍정 구조를 갖는 박막 상에 단결정 또는 단일배향 압전 박막을 형성하는 단계와,

상기 압전 박막에 전류를 공급하기 위한 전극을 형성하는 단계를 포함하는 액체 토출 헤드 제조 방법.

### 청구항 11.

압전 구동력에 의해 압력 챔버 내의 액체를 가압하여 토출 포트를 통해 액체를 토출시키는 액체 토출 헤드의 제조 방법이 며,

압력 챔버가 형성되는 유동 경로 기판상에 진동판을 형성하는 단계와,

중간 전사 부재상에 쌍정 구조를 사용하는 박막의 중간층을 가열하여 형성하는 단계,

쌍정 구조를 갖는 박막 상에 단결정 또는 단일배향 압전 박막을 형성하는 단계와,

상기 중간 전사 부재 상에 있는 중간층과 압전 박막을 유동 경로 기판의 진동판 상에 전사하는 단계와,

상기 압전 박막에 전류를 공급하기 위한 전극을 형성하는 단계를 포함하는 액체 토출 헤드 제조 방법.

### 청구항 12.

제4항 내지 제7항 또는 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 중간층의 쌍정면은 (101) 또는 (011)인 액체 토출 헤드.

### 청구항 13.

제2항에 있어서, 상기 중간층은 제1 중간층과, 상기 제1 중간층과 상기 기판의 사이에 형성된 제2 중간층을 가지고, 상기 제1 중간층은 쌍정 구조를 가지는 압전 액추에이터.

### 청구항 14.

제2항에 있어서, 유전체 박막인 압전체 박막의 a축의 길이를  $a_d$ , 쌍정 구조를 갖는 중간층의 a 축의 길이를  $a_1$ , C축의 길이를  $c_1$ 이라 할 때,  $a_1 < a_d < c_1$ 의 관계를 충족하는 압전 액추에이터.

### 청구항 15.

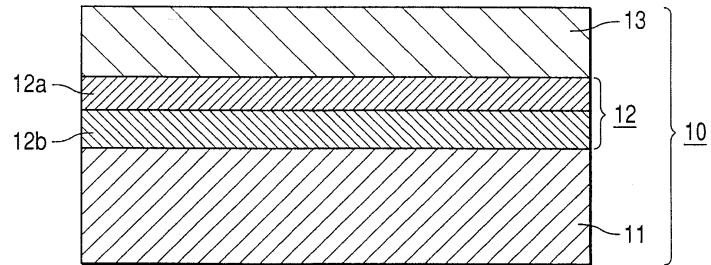
제14항에 있어서, 상기 기판 또는 제2 중간층의 a축의 길이를  $a_2$ 라 할 때,  $a_1 < a_2 < c_1$ 의 관계를 충족하는 압전 액추에이터.

### 청구항 16.

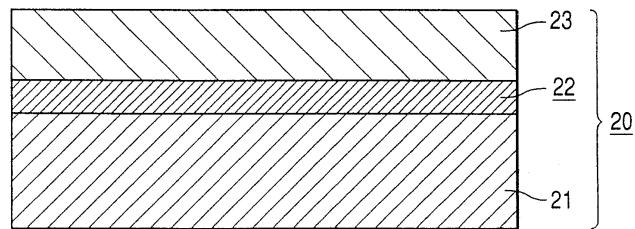
제10항 또는 제11항에 있어서, 상기 중간층은 스퍼터 방법에 있어서, 에피택셜 성장으로 형성되는 것을 특징으로 하는 액체 토출 헤드 제조 방법.

도면

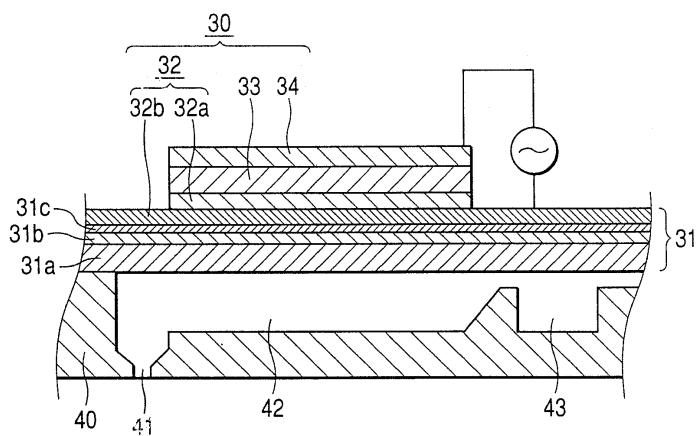
도면1a



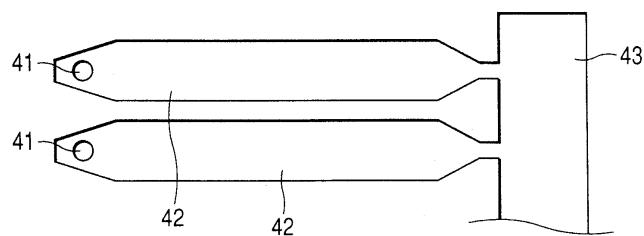
도면1b



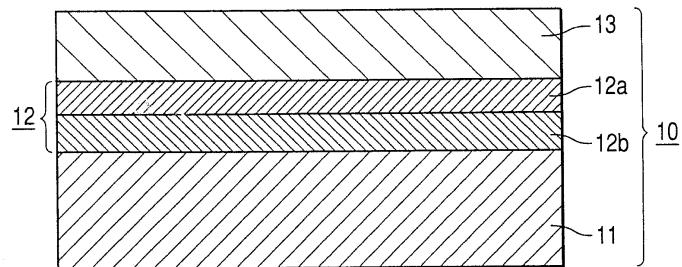
도면2a



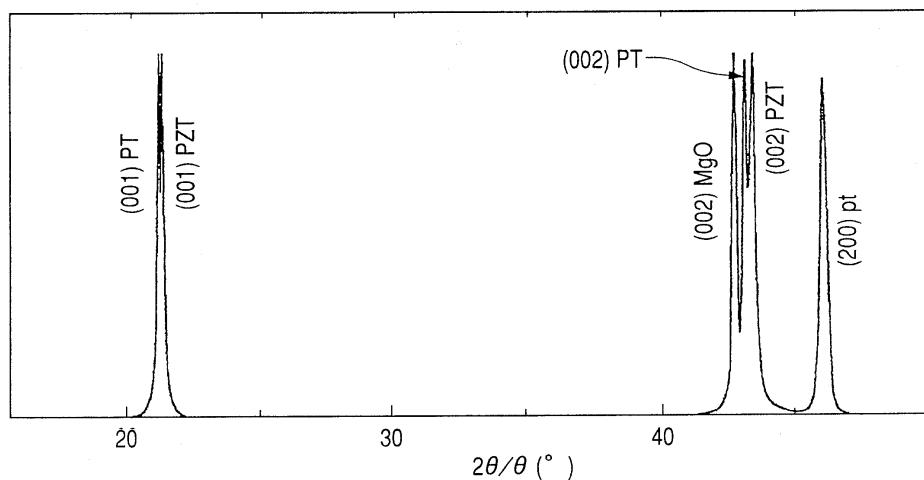
도면2b



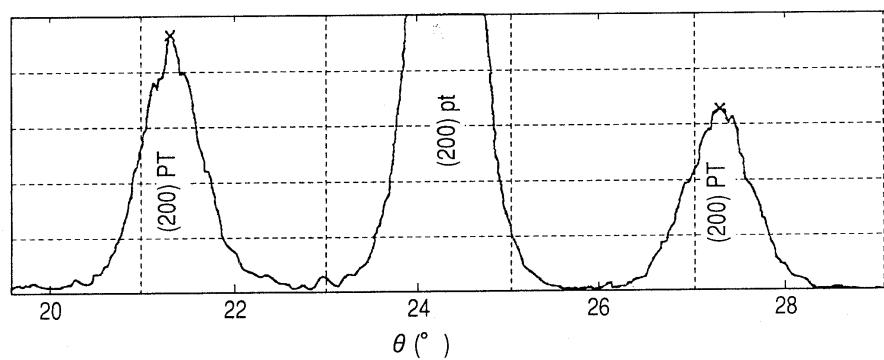
도면3



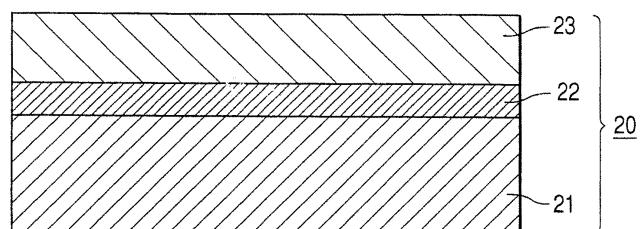
도면4



도면5



도면6



도면7

