



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. B41J 2/16 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년05월08일 10-0715406 2007년04월30일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2002-0007658	(65) 공개번호	10-2002-0066226
(22) 출원일자	2002년02월09일	(43) 공개일자	2002년08월14일
심사청구일자	2002년02월09일		

(30) 우선권주장 JP-P-2001-00033823 2001년02월09일 일본(JP)

(73) 특허권자 캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

와사 기요따까
일본 나라깁 나라시 지요가오까 2쵸메 7-27

(72) 발명자 운노아끼라
일본가나가와깁가마꾸라시우에끼66-1-401

요네하라다까오
일본가나가와깁아쯔기시누루미즈2235-2

후꾸이테쯔로
일본가나가와깁요꼬하마시아오바꾸다나쵸25-9

마쯔다다까노리
일본가나가와깁요꼬하마시아오바꾸신이시까와1-14-2-202

와사 기요따까
일본 나라깁 나라시 지요가오까 2쵸메 7-27

(74) 대리인 장수길
주성민
구영창

(56) 선행기술조사문헌
JP02219654 A JP08112896 A *
JP10286953 A JP12037877 A *
KR1020000016488 A *
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 정홍영

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 압전 구조체, 액체 토출 헤드 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 압전 구조체는 진동판과, 압전막을 포함하고, 진동판은 단결정 재료층, 다결정 재료층, 단결정 재료를 구성하는 소자와는 상이한 소자를 첨가한 단결정 재료층, 또는 다결정 재료를 구성하는 소자와는 상이한 소자를 첨가한 다결정 재료층, 및 전술된 층을 개재한 산화물층을 포함하며, 압전막은 단일 배향 결정 또는 단결정 구조체를 구비한다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

진동판과,

압전막을 포함하고,

상기 진동판은 단결정 재료의 층 또는 상기 단결정 재료를 구성하는 성분과는 다른 성분을 포함하는 단결정 재료의 층, 및 상기 층을 협지하는 산화물층들을 포함하고,

상기 압전막은 단일 배향 결정 또는 단결정 구조를 갖는 압전 구조체.

청구항 2.

제1항에 있어서, 진동판의 막 두께(D1)와 산화물층의 막 두께(d1, d2)는 $d1 + d2 \leq D1$ 을 만족시키는 것을 특징으로 하는 압전 구조체.

청구항 3.

제2항에 있어서, 압전막의 막 두께(D2)는 $d1 + d2 + D1 \leq 5 \times D2$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 압전 구조체.

청구항 4.

제1항에 있어서, 압전막의 조성은 PZT, PMN, PNN, PSN, PMN-PT, PNN-PT, PSN-PT, PZN-PT 중 어느 하나이고, 단일 층 구조체 또는 상이한 조성의 층상 구조체를 구비하는 것을 특징으로 하는 압전 구조체.

청구항 5.

제1항에 있어서, 산화물층은 SiO₂, YSZ, Al₂O₃, LaAlO₃, Ir₂O₃, MgO, SRO, STO 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 압전 구조체.

청구항 6.

진동판과 압전막을 구비한 압전 구조체의 제조 방법이며,
 실리콘층 상에 단결정 실리콘층을 갖고 그 사이에 산화물층이 위치된 실리콘 기판을 제공하는 단계와,
 상기 단결정 실리콘층 상에 제2 산화물층을 형성하는 단계와,
 상기 제2 산화물층 상에 단일 배향 결정 또는 단결정 구조의 압전막을 형성하는 단계와,
 상기 압전막 상에 상부 전극을 형성하는 단계를 포함하는 압전 구조체의 제조 방법.

청구항 7.

액체 토출구와,
 액체 토출구와 유체 연통하는 압력실을 갖는 구조립체 기관부와,
 상기 압력실에 의해 제공되는 압전 구조체를 포함하고,
 상기 압전 구조체는,
 진동판과,
 압전막을 포함하고,
 상기 진동판은 단결정 재료의 층 또는 상기 단결정 재료를 구성하는 성분과는 다른 성분을 포함하는 단결정 재료의 층, 및
 상기 층을 협지하는 산화물층들을 포함하고,
 상기 압전막은 단일 배향 결정 또는 단결정 구조를 갖는 액체 토출 헤드.

청구항 8.

청구항 8은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제7항에 있어서, 진동판의 막 두께(D1)와 산화물층의 막 두께(d1, d2)는 $d1 + d2 \leq D1$ 을 만족시키는 것을 특징으로 하는 액체 토출 헤드.

청구항 9.

청구항 9은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제8항에 있어서, 압전막의 막 두께(D2)는 $d1 + d2 + D1 \leq 5 \times D2$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 액체 토출 헤드.

청구항 10.

청구항 10은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제7항에 있어서, 압전막의 조성은 PZT, PMN, PNN, PSN, PMN-PT, PNN-PT, PSN-PT, PZN-PT 중 어느 하나이고, 단일 층 구조체 또는 상이한 조성의 층상 구조체를 구비하는 것을 특징으로 하는 액체 토출 헤드.

청구항 11.

청구항 11은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제7항에 있어서, 산화물층은 SiO₂, YSZ, Al₂O₃, LaAlO₃, Ir₂O₃, MgO, SRO, STO 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 액체 토출 헤드.

청구항 12.

액체 토출구와, 액체 토출구와 유체 연통하는 압력실을 갖는 주조립체 기관부와, 상기 압력실에 의해 제공되는 압전 구조체를 포함하는 액체 토출 헤드의 제조 방법이며,

실리콘층 상에 단결정 실리콘층을 갖고 그 사이에 산화물층이 위치된 실리콘 기관을 제공하는 단계와,

상기 단결정 실리콘층 상에 제2 산화물층을 형성하는 단계와,

상기 제2 산화물층 상에 단일 배향 결정 또는 단결정 구조의 압전막을 형성하는 단계와,

상기 압전막을 다수의 부분으로 분리시키는 단계와,

상기 압전막 상에 상부 전극을 형성하는 단계와,

상기 압력실을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 압전 구조체, 액체 토출 헤드 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

최근에, 액체 토출 기록 장치를 이용한 프린터는 고도의 인쇄 성능, 용이한 조작성, 저렴한 비용등으로 인해 퍼스널 컴퓨터 등의 인쇄 장치로서 널리 이용된다. 액체 토출 기록 장치는 열 에너지에 의해 잉크와 같은 액체 내에 기포가 발생되고 액적이 그 결과로서 생기는 압력파에 의해 토출되는 형태와, 액적이 정전력에 의해 흡입 및 토출되는 형태와, 압력파가 압전 소자와 같은 진동 소자에 의해 생성되는 형태등이 있다.

압전 소자를 이용한 액체 토출 장치내에, 액체 공급 챔버와 유체 연통하는 압력실과, 압력실과 유체 연통하는 액체 토출구와, 압력실에 연결된 압전 소자의 진동관이 제공된다. 그러한 구성으로 인해, 소정 전압이 압전 소자를 수축시키고 팽창시키도록 압전 소자에 인가되어, 진동을 생성시킨다. 이는 압력실 내의 액체를 압축하고 액체 토출구를 통해 액적을 토출시킨다. 최근에, 액체 토출 장치가 널리 이용되고, 인쇄 성능의 향상, 특히 고해상도, 고속 인쇄 및/또는 길이가 긴 액체 토출 헤드가 요구된다. 그러한 요구를 충족시키기 위해, 고밀도 노즐을 갖는 다중 노즐 헤드 구조체를 이용하여 고해상도 및 고속 액체 토출 헤드가 시도된다. 밀도를 증가시키기 위해, 액체를 토출시키기 위한 압전 소자를 소형화하는 것이 요구된다. 특히 액체 토출 헤드가 긴 경우에 고정밀도와 함께 저렴한 비용의 몇몇 관점으로부터 반도체 막 성형 공정을 통해 제작이 완료되는 것이 바람직하다.

그러나, 압전막은 PbO, ZrO₂ 및 TiO₂ 분말을 시트로 성형하고, 그후 그것을 구워 단단하게 함으로써 제작되고, 따라서 10 μm 이하의 막과 같은 얇은 압전막을 제조하는 것은 어려운 일이다. 이로 인해, 압전막의 미세 처리는 어려운 일이며, 이로 인해 압전 소자의 소형화가 어렵게 된다. 압전막이 분말을 구워 단단하게 함으로써 제조되는 경우에, 결정체의 입자 경계의 영향은 무시할 수 없으며, 따라서 양호한 압전기 특성이 제공될 수 없다. 그 결과, 분말을 구워 단단하게 함으로써 제조된 압전막은 두께가 10 μm 이하로 되면, 잉크와 같은 액체를 토출하기 위한 만족스런 압전기 성능을 나타내지 못한다. 이러한 이유로 인해, 액체 토출을 위한 필요한 특성을 갖는 소형의 액체 토출 헤드를 얻지 못해왔다.

분말 시트는 진동판 및/또는 세라믹의 구조 부재등 상에서 동시에 구워 단단하게 된다. 이로 인해, 고밀도 세라믹을 의도하고자 할 때, 재료의 수축으로 인한 치수 변화는 무시할 수 없게 된다. 이는 크기에 제한을 두게 되고, 많은 액체 토출구(노즐)을 배치하는 것을 어렵게 한다.

일본 특허 공개 소11-348285호의 공보는 스퍼터링 방법을 채용한 반도체 공정을 통해 미세 제작을 이용한 액체 토출 헤드의 제작 방법 및 구조체를 제안하고 있다. 이러한 공보에서, 플라티늄의 배향막 성형은 단결정 MgO 상에서 수행되고, Zr층을 포함하지 않는 페로브스카이트(perovskite)의 층과 PZT층은 증상화된다.

그러나, 그 시스템에 있어서, 다음과 같은 문제점이 발생하게 된다.

- (1) 단일 배향 결정 또는 단결정 PZT가 높은 생산성으로 안정적으로 제조되지 못하며,
- (2) 배향 PZT층은 값 비싼 단결정 MgO등의 단결정 기판 상에서만 단지 제공될 수 있어, 그 공정은 매우 많은 비용이 들게 된다. 또한, MgO의 단결정 기판의 크기에 제한이 있게 되어, 면적이 큰 기판의 제조가 어렵게 된다.
- (3) 이러한 공보에 개시된 방법을 이용하여, 집착제등에 의해 압력실(액체실)을 구성하는 부재와 압전 부재 사이의 연결부 또는 압전 부재의 인접부에 접속이 일어나게 된다. 미세 기계 가공의 구역에서, 응력등의 반복에 대한 신뢰성은 충분하지 않게 된다.
- (4) 상기 공보에 개시된 방법에서의 진동판은 액체 토출 헤드에서의 잉크와 같은 액체에 직접 접촉하게 되고, 또한 제조 공정에서 산, 알칼리 또는 또 다른 화학 작용제에 접촉하게 되어, 신뢰성있는 액체 토출 소자를 제조할 수 없게 된다. 또한, 제조 공정은 복잡해지고, 액체 토출 헤드는 비용이 많이 들게 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 주목적은 압전 소자를 구성하는 압전막, 진동판 등이 박막으로 제조됨에 따라 반도체 공정에서 통상 이용되는 미세 가공이 가능하게 되고, 압전 구조체가 높은 내구성과 높은 압전 특성을 가지며, 긴 사이즈와 고밀도의 액체 토출구를 갖춘 액체 토출 헤드 및 그 제조 방법을 제공하기 위한 것이다.

발명의 구성

본 발명의 태양에 따라, 진동판, 압전막을 포함하는 압전 구조체가 제공되며, 상기 진동판은 단결정 재료의 층 또는 상기 단결정 재료를 구성하는 성분과는 다른 성분을 포함하는 단결정 재료의 층, 및 전술된 층을 협지하는 산화물층들을 포함하며, 상기 압전막은 단일 배향 결정 또는 단결정 구조를 갖는 압전 구조체를 구비한다.

본 발명의 또 다른 태양에 따라, 진동판, 압전막을 구비한 압전 구조체를 제조하기 위한 제조 방법이 제공되며, 상기 방법은 산화물층이 그 사이에 개재된 실리콘층 상에 단결정 실리콘층을 구비한 실리콘 기판 상에 제2 산화물층을 성형하는 단계와, 제2 산화물층 상에 단일 배향 결정의 압전막 또는 단결정 구조체를 성형하는 단계와, 압전막 상에 상부 전극을 성형하는 단계를 포함한다.

본 발명의 또 다른 태양에 따라, 액체 토출구와, 상기 액체 토출구와 유체 연통하는 압력실과 개구를 구비한 구조체 기판부와, 개구를 막도록 연결된 압전 구조체를 포함하는 액체 토출 헤드가 제공되며, 상기 압전 구조체는 진동판과 압전막을 포함하고, 상기 진동판은 단결정 재료층, 다결정 재료층, 단결정 재료를 구성하는 소자와는 상이한 소자를 첨가한 단결정 재료층, 또는 다결정 재료를 구성하는 소자와는 상이한 소자를 첨가한 다결정 재료층, 및 전술된 층을 개재한 산화물층들을 포함하며, 상기 압전막은 단일 배향 결정 또는 단결정 구조체를 구비한다.

본 발명의 또 다른 태양에 따라, 액체 토출구와, 상기 액체 토출구와 유체 연통하는 압력실과 개구를 구비한 구조체 기판부와, 개구를 막도록 연결된 압전 구조체를 포함하는 액체 토출 헤드의 제조 방법이 제공되며, 상기 제조 방법은 산화물층이 그 사이에 개재된 실리콘층 상에 단결정 실리콘층을 구비한 실리콘 기판 상에 제2 산화물층을 성형하는 단계와, 제2 산화물층 상에 단일 배향 결정의 압전막 또는 단결정 구조체를 성형하는 단계를 포함한다.

본 발명에 따라, 압전 구조체를 구성하고 단결정 또는 다결정 구조체를 구비한 진동판은 산화물 재료에 의해 개재되어, 기계적 변위의 반복으로 인해 미세 크랙이 생성되더라도, 진동판 자체의 강도는 유지되고, 압전막에 대한 접착성은 저하되지 않아, 내구성이 있는 장치가 제공될 수 있다.

또한, 큰 압전 상수를 갖는 단결정 또는 단일 배향 결정의 압전막이 실리콘 기판 상에 형성될 수 있어, 균일한 결정 배향을 갖는 막이 기판 상에 연속적으로 형성될 수 있게 되어, 고주파수 특성, 내구성 및 전기 왜곡(electrostrictive)/ 압전 특성이 우수한 압전 구조체가 제조될 수 있다.

그러한 압전 구조체를 합체함으로써, 높은 내구성, 고밀도, 고주파수와 함께 큰 토출력을 갖고, 각각의 액체 토출구의 성능이 균일한 장치가 제공될 수 있다. 또한, 압전 부재 및 진동판 등을 박막으로 제조함으로써, 반도체 공정에 이용되는 미세 제작이 이용 가능하다. 또한, 높은 치료 가능성, 전기 왜곡/ 압전 특성, 길이가 길고 안정된 신뢰성을 갖는 액체 토출 헤드가 제공될 수 있다.

첨부 도면과 관련된 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명하기로 한다.

도1에서, 도1의(a)는 본 발명의 실시예에 따른 액체 토출 헤드의 사시도이고, 도1의(b)는 도1의(a)의 선A-A를 따라 취한 단면도이다. 도2는 본 발명의 실시예에 따른 액체 토출 헤드에 이용 가능한 압전 구조체의 부분 단면도이다.

도1에 도시된 대로, 이러한 실시예에서의 액체 토출 기록 헤드(1)는 다수의 액체 토출구(노즐)(2)와, 다수의 압력실(액체실)(3)과, 각각의 압력실(3)에 마련된 압전 구조체(10)를 포함한다. 액체 토출구(2)는 소정 간격으로 오리피스판(5) 내에 형성된다. 압력실(3)은 액체 토출구(2)에 대응하는 주조립체 기판부(액체실 기판)(6) 내에 형성된다. 압력실(3)은 액체 유로(6a)를 통해 각각의 액체 토출구(2)에 연결된다. 이러한 실시예에서, 액체 토출구(2)는 기부측 상에 마련되고, 측방향측 상에 마련될 수도 있다. 주조립체 기판부(6)의 상부측 상에 개구(6b)가 각각의 압력실(3)에 대응하여 형성되고, 압전 구조체(10)는 주조립체 기판부(6)의 상부측 상의 개구(6b)를 막도록 위치된다. 압전 구조체(10)는 진동판(11)과 압전 소자(12)를 포함한다.

도2에 도시된 대로, 이러한 실시예의 압전 구조체(10)를 구성하는 진동판(11)은 제1 산화물층(13)과 제2 산화물층(14)에 의해 개재되고 단결정 재료 또는 다결정 재료를 포함한다. 압전 구조체(10)를 구성하는 압전 소자(12)의 압전막(15)은 단일 배향 결정 또는 단결정 재료로 제조된다. 그 상부 및 기부측 상에 Au, Pt 등의 전극(16, 17)이 형성된다. 압전 소자(12)는 압전막(15)과 전극(16, 17)에 의해 구성된다.

이러한 방식으로 압전 구조체(10)를 구성함으로써, 단결정 다결정 구조체의 진동판(11)은 산화물(13, 14)에 의해 개재되고, 따라서 반복적인 기계적 변위에 의한 미세 크랙의 발생에도 불구하고 진동판 자체는 손상되지 않고, 압전막에 대한 접착성은 저하되지 않는다. 따라서, 내구성이 커지게 된다.

진동판(11)과, 그 사이에 진동판(11)이 개재된, 압전막(15)으로부터 먼 측면에서의 제1 산화물층(13)과 압전막(15)측에서의 제2 산화물층(14)에 대해, 막 두께는 $d1 + d2 \leq D1$ 을 만족시키도록 선택되고, 여기에서 $D1$ 은 진동판(11)의 막 두께이고, $d1$ 은 제1 산화물층(13)의 막 두께이고, $d2$ 는 제2 산화물층(14)의 막 두께이다. 이것이 만족될 때, 내구성은 압전 구조체(10) 및 액체 토출 헤드(1)에서 더욱 향상된다.

더 구체적으로, 진동판(11)의 막 두께(막 두께 $D1$), 제1 산화물층(13)(막 두께 $d1$), 제2 산화물층(14)(막 두께 $d2$)는 $d1 = 5\text{nm} - 5\mu\text{m}$ 이며, 바람직하게는 $10\text{nm} - 3\mu\text{m}$ 이다. 막 두께 $d2$ 는 $5\text{nm} - 3\mu\text{m}$ 이며, 바람직하게는 $10\text{nm} - 1\mu\text{m}$ 이다. 막 두께 $D1$ 는 $100\text{nm} - 10\mu\text{m}$ 이며, 바람직하게는 $500\text{nm} - 5\mu\text{m}$ 이다. 진동판(11)의 막 두께 $D1$ 이 $10\mu\text{m}$ 를 초과하게 되면, 액체 토출 헤드에 대해 변위도는 불충분하게 되어, 고밀도의 노즐 배치에 대해서는 바람직하지 못하다.

이러한 압전 구조체의 실시예에서, $d1 + d2 + D1 \leq 5 \times D2$ 가 만족되는 것이 바람직하며, 여기에서 $D2$ 는 압전막(15)의 막 두께이다. $d1 + d2 + D1 \leq 5 \times D2$ 가 만족될 때, 압전 구조체에서의 변위도는 충분히 커지게 된다. 압전막(15)의 규정 막 두께 $D2$ 는 $500\text{nm} - 10\mu\text{m}$ 이며, 바람직하게는 $1\mu\text{m} - 5\mu\text{m}$ 이다.

진동판(11)의 재료는 Si이며, 바람직하게는 단결정 Si이다. 진동판(11)에는 B와 같은 소자가 첨가될 수 있다. 진동판(11)에 이용되는 Si의 격자(grating) 상수는 단일 배향 결정 또는 단결정의 압전막(15)을 제공하는 데 이용될 수 있다.

상부 상에 형성된 제1 산화물층(13)의 재료는 SiO₂, YSZ, (이트륨-안정된 지르코니아), MgO등일 수 있고, 제2 산화물층(14)의 재료는 SiO₂, YSZ, Al₂O₃, LaAlO₃, Ir₂O₃, MgO, SRO(SrRuO₃), STO(SrTiO₃)등일 수 있다. SiO₂이외의 산화물로 사용을 하게 될 때, 재료는 결정 배향 (111) 또는 (100)을 갖게 된다. 산화물층이 SiO₂와 또 다른 산화물의 조합일 때, 또 다른 산화물의 소량의 금속 성분이 진동판의 바람직한 진동 특성등을 제공하도록 포함될 수 있다. 함량은 10at%이하이고, 바람직하게는 5at%이하이다.

이러한 실시예에 따른 압전 구조체(10)에 이용되는 압전막(15)의 재료는 일 예로 PZT[Pb(Zr_xTi_{1-x})O₃], PMN[Pb(Mg_xNb_{1-x})O₃], PNN[Pb(Nb_xNi_{1-x})O₃], PSN[Pb(Sc_xNb_{1-x})O₃], PZN[Pb(Zn_xNb_{1-x})O₃], PMN-PT{(1-y)[Pb(Nb_{1-x})O₃]-y[PbTiO₃]}, PSN-PT{(1-y)[Pb(Sc_xNb_{1-x})O₃]-y[PbTiO₃]}, PZN-PT{(1-y)[Pb(Zn_xNb_{1-x})O₃]-y[PbTiO₃]}. 여기에서, x와 y는 1이하이고 0이상이다. 일 예로, PMN의 경우에, x는 0.2 내지 0.5인 것이 바람직하고, PSN의 경우에, x는 0.4 내지 0.7인 것이 바람직하고, PMN-PT의 경우에, y는 0.2 내지 0.4인 것이 바람직하고, PSN-PT의 경우에, y는 0.35 내지 0.5인 것이 바람직하고, PZN-PT의 경우에, y는 0.03 내지 0.35인 것이 바람직하다.

이러한 실시예에서, 이들 재료들은 단일 배향 결정 또는 단결정막으로 형성될 수 있고, 따라서 성능이 뛰어나게 된다. 일 예로, 스퍼터링 막 성형 방법을 통한 단결정 구조체를 구비한 압전막의 제공 방법으로서, 30°C/min 이상의 비율로 막 성형 온도로부터의 급속 냉각이 있다. 또 다른 방법이 이용 가능하다.

압전막은 단일 조성의 또 다른 구조체를 구비할 수 있거나, 또는 두 개 이상의 조성의 층상 구조체일 수 있다. 결정 구조체 제어의 펄스의 경우에, 막 성형은 상이한 재료 조성의 고정층의 막 성형 후에 실행될 수 있다. 일 예로, PZT 단결정 막 성형의 경우에, Zr 요소는 초기 단계에서 들어가는 경향이 있고, 따라서 그 막 성형은 PbTiO₃의 고정층의 막 성형 후에 실행되는 것이 바람직하다. 그것은 주 요소 내에 소량의 소자를 첨가한 조성일 수 있다. 단일 배향 결정 또는 단결정은 XRD(x-레이 회절 장치)($\theta-2\theta$ (평면을 벗어난) 측정)에 의해 결정될 때 80%이상의, 바람직하게는 85%이상의, 더 바람직하게는 95%이상의 막의 우선 순위 배향도를 갖는다.

PMN-PT 또는 PZN-PT의 단결정 압전막이 압전 소자로서 이용되는 예는 TSSG 방법(최고속 용해 증대 방법)을 통해 제조된 벌크 상태의 결정 부재가 절단되고 그후 기관(진동판)에 연결된 미국 특허 제5804907호에 개시되어 있다. 이러한 방법은 미세 제작에 적절하지 못하고, 10 μ m 이하의 압전막의 막 두께를 제공할 수 없게 된다. 또한, 번거롭고 시간 소모적인 벌크 상태의 결정 배향을 따라 절단하는 것이 필요하며, 결정 배향의 오정렬의 가능성이 있게 된다.

본 실시예에 따르면, 연속 정렬된 결정 배향을 갖는 막은 기관 상에 형성될 수 있고, 따라서 그러한 문제가 발생하지 않게 된다. 액체 토출 헤드의 경우에, 토출 성능의 변화는 작고, 접촉 강도는 크다. 또한, 막은 단일 배향 결정 또는 단결정의 압전막이고, 따라서 내구성과 압전 특성이 양호하다.

이러한 실시예에 따른 압전 구조체의 특정 층 구조체에 대해 설명하기로 한다. 층 구조체의 디스플레이는 "상부 전극(17)//압전막(15)//하부 전극(16)//제2 산화물층(14)//진동판(11)//제1 산화물층(13)"이다(도면부호는 도2에 도시된 바와 같음).

예1 :

Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//MgO(100)//Si(100)//SiO₂

이러한 층 구조체를 갖는 진동판은 Si(100)이고, 진동판을 개재한 산화물층은 MgO(100)와 SiO₂이다. 다음은 다른 예들이다.

예2 :

Au//PZT(001)/PT(001)//PT(100)//YSZ(111)/SiO₂//Si(111)//SiO₂

예3 :

Au//PZT(111)/PT(111)//PT(111)//YSZ(100)/SiO₂//Si(100)//SiO₂

예4 :

Pt//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//YSZ(100)/Zr//Si(100)//SiO₂

예5 :

Pt//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//MgO(111)//Si(100)//SiO₂

예6 :

Au//PZT(001)//SRO(001)//Si(100)//SiO₂

예7 :

Al//PZT(111)//SRO(111)//Si(111)//SiO₂

예8 :

Au//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//YSZ(100)/SiO₂//Si(100)//YSZ(100)

예9 :

Pt//PZT(001)//SRO(001)//Si(100)//YSZ(100)

예10 :

Au//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//MgO(100)//Si(100)//YSZ(100)

예11 :

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

예12 :

Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//Al₂O₃(100)//Si(100)//SiO₂

예13 :

Ag//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//LaAlO₃(100)//Si(100)//SiO₂

예6, 7 및 9에서, SRO는 디렉터(director) 전도성을 갖고, 또한 제2 산화물층(14) 및 하부 전극(16)으로서 기능한다. 선행 예에서, 압전막은 PZT/PT용 PZT의 층상 구조체로 이루어진다. 구조체는 PMN, PZN, PSN, PNN, PMN-PT, PSN-PT, PZN-PT의 층상 구조체로 대체될 수 있다.

일 예로, 다음의 예가 대안으로 이용될 수 있다.

Au//PMN(001)//Pt(100)//MgO(100)//Si(100)//SiO₂;

Pt//PMN-PT(001)//Pt(100)//MgO(100)/SiO₂//Si(100)//SiO₂;

Al//PMN-PT(001)//PT(001)//Pt(100)//YSZ(111)/SiO₂//Si(111)//SiO₂.

층 구조체에서 괄호로 나타낸 결정 배향은 전술된 대로 80%이상의, 바람직하게는 85%이상의, 더 바람직하게는 95%이상의 우선 순위 배향을 갖는 결정 배향을 나타낸다.

제2 산화물층(14)에 대해, Si 산화물막인 SiO₂ 또는 또 다른 산화물(YSZ, MgO, Ir₂O₃)이 제조 공정에 따라 선택될 수 있다. 일례로, YSZ의 막 성형 중에 금속 타겟을 이용하여 YSZ막을 성형함으로써 SiO₂의 생성을 억제할 수 있다. Si층 상에 Zr등과 같은 금속의 박막 성형에 의해, SiO₂의 생성이 방지될 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 압전 구조체와 액체 토출 헤드의 제조 방법에 대해 설명하기로 한다.

본 실시예에 따른 진동판 및 압전막을 구비한 압전 구조체의 제조 방법은 (1) 실리콘층 상에 단결정 실리콘층을 구비하고 그 사이에 산화물층이 개재된 실리콘 기판 상에, 제2 산화물층을 형성하는 단계와, (2) 제2 산화물층 상에 단일 배향 결정 또는 단결정 구조의 압전막을 형성하는 단계와, (3) 압전막 상에 상부 전극을 형성하는 단계를 포함한다.

액체 토출구와, 상기 액체 토출구와 유체 연통하는 압력실과 개구를 구비한 주조립체 기판부와, 개구를 막도록 연결된 압전 구조체를 포함하는 본 발명에 따른 액체 토출 헤드의 다른 제조 방법은, 단계 (1) 내지 (3)에 더하여, (4) 압전막을 다수의 부분으로 분리시키는 단계와, (5) 상부 전극을 압전막 상에 형성하는 단계와, (6) 상기 압력실을 형성하는 단계를 포함한다.

이들 단계의 각각에 대해 설명하기로 한다. 단계 (1)에서, 실리콘층 위에 단결정 실리콘층을 구비하고 그 사이에 산화물층이 개재된 실리콘 기판은 SOI(실리콘-온-절연체) 기판일 수 있고, 또는 단결정 산화물의 막이 실리콘 기판 상에 형성될 수 있고, 단결정 실리콘층의 막은 그 위에 형성될 수 있다. SOI 기판의 경우에, 상기 실리콘층 상의 산화물층은 일례로 SiO₂이고, 단결정 산화물은 일례로 YSZ(100), YSZ(111), MgO(100), MgO(111), STO(100), STO(111)등이다. 상기 산화물층의 막 두께(d1)는 5nm - 5 μ m이며, 바람직하게는 10nm - 3 μ m이다. 이들 산화물층은 압력실을 형성하는 단계 (5)에서 에칭 정지층으로서 적절하다.

단결정 실리콘 상에 형성된 제2 산화물층은 단계 (2) 및 단계 (3)에 앞서 형성되는 것이 바람직하다. 제2 산화물층은 일례로 SiO₂, YSZ(100), YSZ(111), SRO(001), SRO(111), MgO(100), MgO(111), Ir₂O₃(100), Ir₂O₃(111), Al₂O₃(100), Al₂O₃(111), LaAlO₃(100), LaAlO₃(111), STO(100), STO(111)등일 수 있다. 그들의 막 두께(d2)는 5nm - 3 μ m이며, 바람직하게는 10nm - 1 μ m이다.

전술된 층 구조체에서, 제2 산화물층은 예1에서 MgO이고, 예2에서 YSZ 및 SiO₂이다. SiO₂는 완충막인 YSZ 막 성형 중에 산화 반응에 의해 제조될 수 있고, 또는 막 성형 후에 열처리에 의해 제조될 수 있다. 제2 산화물층이 SiO₂를 포함할 때, 다른 산화물층(완충막)의 소량의 금속이 SiO₂ 내에 포함되는 것이 바람직하고, 그 방법은 또 다른 산화물층의 막 성형 방법으로서 산화물 타겟을 이용한 스퍼터링 방법인 것이 바람직하다. SiO₂층의 막 두께는 성형된 YSZ막의 최대 온도로부터의 온도 하강 공정, 그 온도 유지 기간, 재열처리 상태 및 그 온도 유지 기간을 선택함으로써 제어될 수 있다. 일례로, SiO₂층의 막 두께는 수증기 환경에서 유지되는 스퍼터링 막 성형 온도에 의해 증가될 수 있다. YSZ과 Si 간의 경계부에서 SiO₂층의 생성은 금속 Zr 타겟을 이용한 금속층을 우선 성형하고 그후 YSZ의 막을 성형함으로써 방지될 수 있다. 재료 및 성능에 따라 SiO₂층이 성형되는지의 여부가 선택될 수 있다.

단계 (2)에서, 단일 층 구조체 또는 층상 구조체를 구비한 압전막은 PZT, PMN, PZN, PSN, PNN, PMN-PT, PSN-PT, PZN-PT등과 같은 임의의 조성을 이용하여 성형된다. 압전막은 단일 배향 결정 또는 단결정 구조체를 구비하는 것이 바람직하다.

단계 (3)에서 압전막 상에서 상부 전극의 성형은 스퍼터링법, 증착법, 도포법 등을 통해 수행될 수 있다. 전극 재료는 Au, Pt, Cr, Al, Cu, Ir, Ni과 같은 금속 재료이거나, SRO, ITO와 같은 전기 전도성 산화물일 수 있다. 상부 전극은 압전막 상의 강성 전극 또는 빗 형태의 전극일 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 압전 구조체의 제조 방법에서, 큰 압전 상수를 갖는 단일 배향 결정 또는 단결정 압전막이 실리콘 기판 상에 형성될 수 있으므로, 접속 강도와 내구성이 큰 진동판이 제조될 수 있다. 따라서, 고주파수 특성, 내구성 및 전기 왜곡/ 압전 특성을 갖는 압전 구조체가 제조될 수 있다.

액체 토출 헤드의 제조 방법에서, 단계 (4)에서의 압전막의 분리 단계는 단계 (2)에 의해 제조된 압전막의 패터닝 단계이다. 패터닝은 액체 토출구(노즐) 및 압력실에 대응하여 분리된다. 패터닝 방법은 습윤 에칭 타입, 드라이 에칭 타입, 기계적 절단 타입등일 수 있다. 습윤 에칭 및 드라이 에칭 타입의 경우에, 보호막 성형은 패터닝을 위한 레지스트 처리로 실리콘 기판의 보호를 위해 실행될 수 있다. 또한, 낮은 강도를 갖고 압전막의 팽창 및 수축을 방해하지 않는 수지 재료등이 분리된 압전막 사이에 채워질 수 있다.

압력실을 형성하기 위한 단계 (5)는 반대편 측면에 실리콘층의 처리 단계 및/또는 형성된 압력실부를 구비한 분리 기판을 실리콘 기판에 연결하는 단계를 포함한다. 실리콘층의 처리 단계는 습윤 에칭, 드라이 에칭, 기계적 공정(샌드블라스트공정등)을 통해 실행될 수 있다. 압력실부를 구비한 상기 분리 기판용 기판은 실리콘 기판, SUS 기판, 중합체 재료 기판등으로 될 수 있다. 실리콘 기판, SUS 기판등을 사용하는 경우에 연결 방법은 양극 산화 연결 방법, 활성 금속 납땜 방법 또는 접착 재료를 이용한 방법일 수 있다. 중합체 재료가 이용될 때, 레지스트 재료를 이용한 에칭 공정이 유용하다. 달리, 예비 처리된 기판이 유용하다. 압력실의 형상은 직사각형, 원형, 타원형등일 수 있다. 또한, 사이드 슈터(side shooter)의 경우에, 압력실의 단면 형상은 노즐을 향해 줄어들 수 있다.

액체 토출구를 성형하는 단계 (6)은 액체 토출구가 각각의 압력실부에 대응하여 그 내부에 형성되는 오리피스관을 연결하는 단계, 또는 레지스트 재료등으로부터 액체 토출구를 성형하는 단계를 포함할 수 있다. 달리, 중합체 기판이 층상화된 후에, 액체 토출구는 레이저 기계 가공에 의해 압력실에 대응하여 형성될 수 있다. 레지스트 재료를 이용하여 액체 토출구를 성형하는 경우에, 성형 작업은 단계 (5)와 동시에 수행될 수 있다. 단계 (4), (5), (6)의 순서는 제한되지 않으며, 압전막의 분리 단계 (4)가 마지막으로 실행될 수 있다.

본 발명의 이러한 실시예의 액체 토출 헤드의 제조 방법에 따르면, 진술된 압전 구조체의 경우와 마찬가지로, 압전막은 단일 배향 결정 또는 단결정 구조체를 구비하고, 따라서 그 결과로서 생기는 진동판은 큰 접속 강도와 내구성을 갖고, 따라서 고밀도, 큰 토출력 및 고주파수 인쇄에 대한 적응성을 갖는 액체 토출 헤드를 제공할 수 있게 된다.

특정 예에 대해 설명하기로 한다.

(예 1)

일예에 대해 도3을 참고로 하여 설명하기로 한다. 도3은 본 발명의 실시예에 따른 압전 구조체의 제조 방법을 통해 제조된 압전 구조체의 부분 단면도이다. 0.3 μm 의 두께를 갖는 YSZ(100)막(24)은 625 μm 의 두께를 갖는 실리콘층(28), 0.2 μm 의 두께를 갖는 SiO₂층(23), 3 μm 의 두께를 갖는 단결정 Si(100)층(21)에 의해 구성된 SOI 기판을 이용하여 스퍼터링 막 성형을 통해 800 $^{\circ}\text{C}$ 하에서 단결정 Si층 상에서 성형된다. 그후에, 하부 전극 Pt(111)(26)는 0.5 μm 의 두께로 성형되고, PT(111), PZT(111)의 압전막(22)은 600 $^{\circ}\text{C}$ 하에서 성형된다. PZT의 조성은 Pb(Zr_{0.53}Ti_{0.47})O₃이었다. 압전막(22)의 총 막 두께는 3.5 μm 였다. 모든 막 성형 단계에서, 막의 단일 결정 특성을 조절하기 위해, 막 성형 후의 냉각 공정에서의 온도 상승 속도는 40 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이었다. 상기 단계에 의해 0.02 μm 의 두께를 갖는 SiO₂층(24a)이 YSZ(100)막(24)과 Si(100)층(21) 사이의 경계 부에서 제2 산화물층으로서 형성되었다. SiO₂층(24a)의 막 두께는 800 $^{\circ}\text{C}$ 하에서 성형되는 경우에 0.2 μm 였고, 그후 수증기 내에 100분 동안 유지되었다. SiO₂에서의 Y와 Zr 금속의 함량은 4.6at%였다. 압전막(22)의 단일 결정 특성은 XRD(x선 회절 장치)에 의한 확인 결과로서 99%이상의 배향을 갖게 되었다.

Au로 된 상부 전극(27)은 압전막(22) 상에 증착되었다. 그후에, 실리콘층(28)은 TMAH(트리메틸암모늄 수산화물)을 이용한 습윤 에칭에 의해 제1 산화물층(23)에서 100 μm 의 폭과 2mm의 길이를 갖는 직사각형 형상으로 에칭되었다.

전술된 단계에서 제조된 (도3의) 압전 구조체로부터, 상부 및 하부 전극(26, 27)이 꺼내지고, 35kHz의 구동 주파수와 +5V/-5V의 구동 전압에서 변위가 측정되었으며 중앙부에서 0.26 μm 였다. 0.1 μm 두께의 제2 산화물층(24)을 갖는 구조체의 경우에, 0.25 μm 의 바람직한 변위가 측정되었다.

압전막이 43%의 배향 특성을 갖는 다결정 부재였다는 것을 제외하고 동일한 구조체를 갖는 압전 구조체가 제조되었고, 그 변위는 0.04 μm 였다. 그 변화는 현저하였고, 내구성은 작았다.

(예 2)

단결정 Si층이 결정 배향(111)을 갖는 기판을 이용하여, 전술된 층 구조체에서의 예2의 구조체를 제조하도록 스퍼터링 막 성형이 수행되었다. PZT의 결정 배향(001)을 이용함으로써 내구성이 더욱 향상되었다. 실시예 1과 마찬가지로 에칭 공정 후에 측정된 변위는 바람직하게 0.25 μm 내지 0.28 μm 였다.

(예 3)

본 예에 따른 액체 토출 헤드의 제조 방법에 대해 도4를 참고로 하여 설명하기로 한다. 도4는 본 발명의 실시예에 따른 제조 방법을 통해 제조된 액체 토출 헤드의 부분 단면도이다.

MgO(100)층(34)은, 붕소(B)가 첨가된 단결정 Si(100)/SiO₂/Si 구조체(막 두께가 2.5 μm /1 μm /250 μm)의 기판(39)을 이용하여, 붕소(B)가 첨가된 단결정 Si(100)(31) 상에서 0.3 μm 의 두께로 성형되었다. 또한, 0.4 μm 두께의 Pt(100)과 PMN(001)의 압전막(32)은 2.3 μm 의 두께로 성형되었다. PMN의 조성은 Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃에 의해 조절되었다. 0.05 μm 의 두께의 SiO₂층(34a)은 MgO(34)와 Si(100)(31) 사이의 경계부에서 성형되는 것이 TEM 관측을 통해 확인되었다. 상부 전극(37) 상에 Au가 페이스트되었다. Si층(38)은 압력실(41)을 형성하도록 C4F8을 이용하여 플라즈마 에칭 공정을 거치게 된다. 그후에, Si 중간 기판(42)과 압력실을 구성하는 오리피스판(43)은 이러한 실시예의 액체 토출 헤드를 제공하도록 연결되어 있다.

도4는 이러한 예의 방법을 통해 제조된 액체 토출 헤드를 도시한 것이며, 도면에서 B가 첨가된 단결정 Si의 진동판은 도면 부호 31에 의해, PMN의 압전막은 32에 의해, 제1 산화물층은 33에 의해, 제2 산화물층은 34와 34a에 의해, 하부 전극은 36에 의해, 상부 전극은 37에 의해 나타낸다. 압력실(41)이 그 내부에 형성되어 있는 Si층은 도면부호 38에 의해, 중간 기판은 도면부호 42에 의해, 액체 토출구(44)가 그 내부에 형성되어 있는 오리피스판은 도면부호 43에 의해 나타낸다. 압력실(41)은 60 μm 의 폭과, 2.2mm의 깊이와, 24 μm 의 인접 압력실(41) 간의 격벽 폭을 갖는다.

액체 토출 헤드를 이용하여, 잉크 토출 검사가 수행되었다. 초당 최대 토출 속도는 +7V/-7V의 구동 전압과 함께 35kHz의 구동 주파수에서 확인되었다. 액적의 크기는 조절 가능하게 3pl 내지 26pl이었다. 10⁹ 변위를 반복한 내구성 시험이 수행되었고, 변위 감소는 5% 이하였다.

두 개의 액체 토출 헤드는 10 μm 및 11 μm 인 단결정 실리콘층의 막 두께를 제외하고는 동일 구조로 제조되었다. 10 μm 두께의 Si층을 갖는 액체 토출 헤드에서의 변위는 2.5 μm 두께의 Si층을 갖는 액체 토출 헤드 보다 10% 만큼 더 작지만, 고정성(10cps)의 액적을 토출할 수 있었다. 11 μm 를 이용한 액체 토출 헤드의 경우에, 변위 감소는 17%였지만, 마찬가지로 고정성의 액적을 토출할 수 있었다. 그러나, 내구성은 10 μm 를 이용한 액체 토출 헤드 보다 약간 더 작았다.

(예 4)

실시예 3에서의 압전막은 PSN-PT(001)의 압전막을 이용하여 수정되었다(다른 구조는 동일하다). PSN-PT의 조성은 0.55[Pb(Sc_{1/2}Nb_{1/2})O₃] -0.45[PbTiO₃]로 되도록 제안되었다. 압력실의 폭등과 같은 치수는 실시예 3과 동일하였다. 잉크는 동일 구동 상태로 14.3m/sec의 속도로 토출될 수 있음이 확인되었다. 또한, 압력실의 폭이 40 μm 로 변경되고 압력실의 길이는 2.5mm로 변경될 때, 잉크는 실용적인 10m/sec 이상의 속도로 토출될 수 있었다.

(예 5)

실시예 4에서의 압전막은 다른 구조의 변경 없이 PZN-PT(001)로 변경되었고, 액체 토출 헤드가 제조되었다. PZN-PT의 조성은 $0.90\{\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\} - 0.10[\text{PbTiO}_3]$ 였다. 압력실의 폭이 $60\mu\text{m}$ 인 잉크의 토출 속도는 바람직하게 $14.1\text{m}/\text{sec}$ 였다. 액적의 양은 매우 안정되어 있다.

본 발명은 본 명세서에 개시된 구조를 참고로 하여 설명되어 있지만, 기재된 세부 내용에 한정되지 않고 본 출원은 이하의 청구 범위의 범주 또는 개량의 목적 내에 있는 그러한 수정 또는 변경을 포함하게 된다.

발명의 효과

본 발명에 따라 압전막, 압전 소자를 구성하는 진동판등이 반도체 공정에서 대개 이용되는 미세 제작에 의해 박막으로 제작되고, 압전 구조체가 대형의 고밀도의 액체 토출구를 갖추고 높은 내구성과 높은 압전 특성을 갖는 액체 토출 헤드 및 그 제조 방법을 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

도1은 본 발명의 실시예에 따른 액체 토출 헤드의 사시도(도1의(a)) 및 선A-A를 따라 취한 단면도.

도2는 본 발명의 실시예에 따른 액체 토출 헤드에 이용 가능한 압전 구조체의 부분 단면도.

도3은 본 발명의 실시예에 따른 제작 방법을 기초로 하여 제작된 압전 구조체의 부분 단면도.

도4는 본 발명의 실시예에 따른 제작 방법을 기초로 하여 제작된 액체 토출 헤드의 부분 단면도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

2 : 액체 토출구

3 : 압력실

5 : 오리피스관

6 : 구조립체 기관부

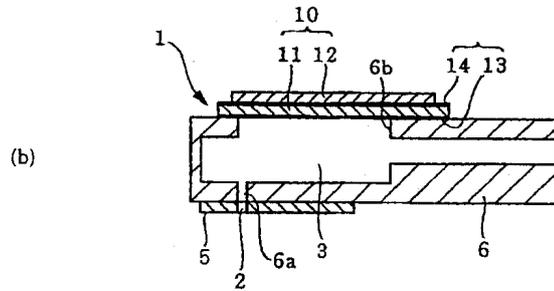
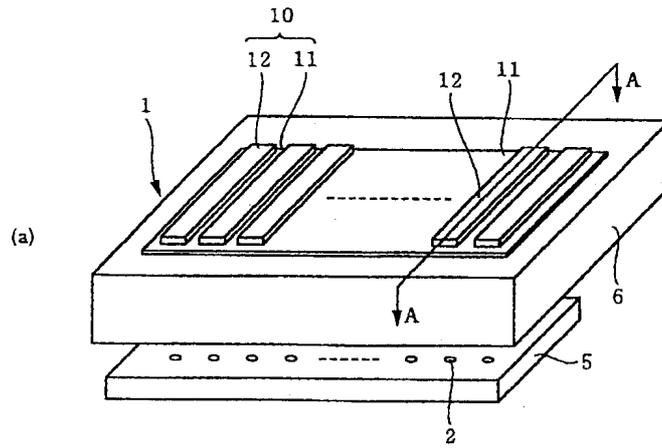
11 : 진동판

12 : 압전 소자

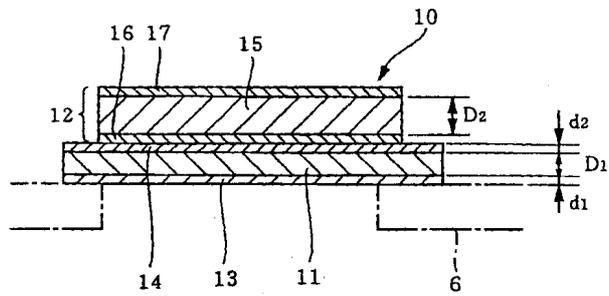
15 : 압전막

도면

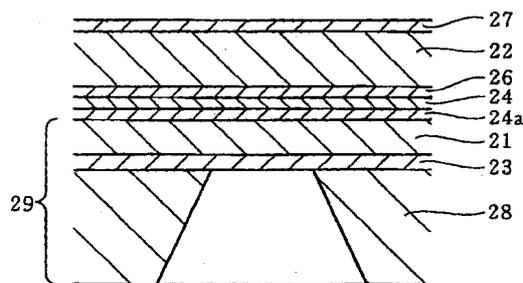
도면1



도면2



도면3



도면4

