



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0098343
 (43) 공개일자 2018년09월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 25/18 (2006.01) *C30B 29/22* (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 21/762* (2006.01)
H01L 41/047 (2006.01) *H01L 41/09* (2006.01)
H01L 41/312 (2013.01) *H01L 41/316* (2013.01)
H01L 41/319 (2013.01)
- (52) CPC특허분류
C30B 25/186 (2013.01)
C30B 29/22 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7021267
- (22) 출원일자(국제) 2016년12월21일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2018년07월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2016/082245
- (87) 국제공개번호 WO 2017/108994
 국제공개일자 2017년06월29일
- (30) 우선권주장
 1563055 2015년12월22일 프랑스(FR)
- (71) 출원인
 소이텍
 프랑스, 에프-38190 베른느, 슈망 데 프랑크, 뱁
 떼끄놀로지끄 데 풍텐느
- (72) 발명자
 기슬랑 브루노
 프랑스 38170 세씨네-파리세 뒤 조르쥬 메테르 58
 베투 장-마르크
 프랑스 38500 라 뷔스 루트 뒤 그로 부아 672
- (74) 대리인
 리엔목특허법인

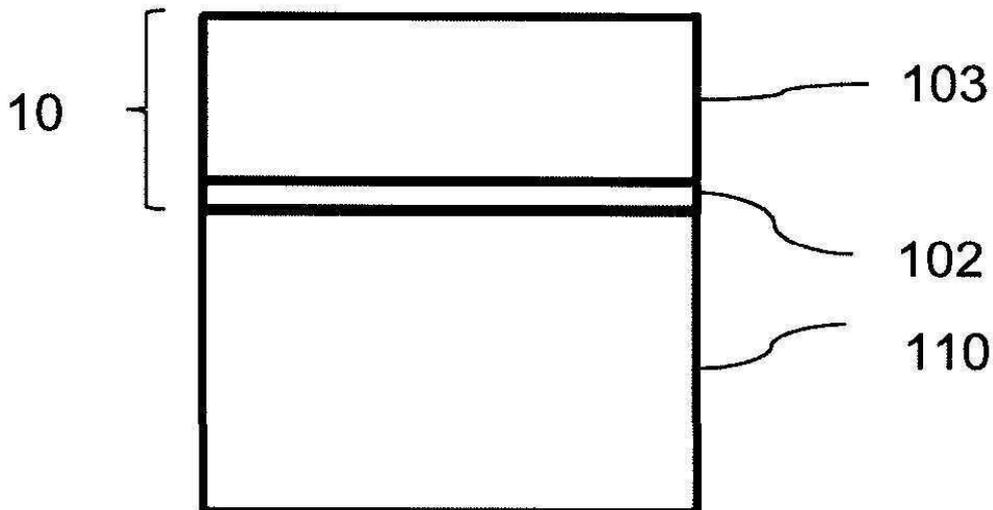
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 단결정층, 특히 압전층의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 단결정 층(10)의 제조 방법에 관한 것으로, 조성 ABO_3 의 압전 물질을 포함하는 도너 기관(100)을 제공하는 단계로서, 여기서 A는 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나의 원소로 구성되며, B는 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나의 원소로 구성되는, 상기 제공하는 단계; 리시버 기관(110)을 공급하는 단계; 상기 리시버 기관 상에 상기 (뒷면에 계속)

대표도 - 도3e



도너 기관을 결합시킴으로써 상기 리시버 기관(110) 상으로 상기 도너 기관(100)으로부터 "씨드층"이라 지칭되는 층(102)을 전사하는 단계로서, 상기 씨드층(102)은 결합 계면에 있게 하며, 상기 씨드층(102)까지 상기 도너 기관(100)의 박막화(thinning)가 이어지는, 상기 전사하는 단계; 상기 씨드층(102)의 압전 물질 ABO_3 상에 에피택시에 의해 조성 $A'B'O_3$ 의 단결정층(103)을 성장시키는 단계로서, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나로 구성되며, A'는 A와 다르거나 또는 B'는 B와 다른, 상기 성장시키는 단계;를 연속적으로 포함하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

H01L 21/02598 (2013.01)

H01L 21/76254 (2013.01)

H01L 41/047 (2013.01)

H01L 41/09 (2013.01)

H01L 41/312 (2013.01)

H01L 41/316 (2013.01)

H01L 41/319 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

단결정 층(10)의 제조 방법으로서,

- 조성 ABO_3 의 압전 물질을 포함하는 도너 기판(100)을 제공하는 단계로서, 여기서 A는 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나의 원소로 구성되며, B는 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나의 원소로 구성되는, 상기 제공하는 단계;
 - 리시버 기판(110)을 공급하는 단계;
 - 상기 리시버 기판 상에 상기 도너 기판을 결합시킴으로써 상기 리시버 기판(110) 상으로 상기 도너 기판(100)으로부터 "씨드층"이라 지칭되는 층(102)을 전사하는 단계로서, 상기 씨드층(102)은 결합 계면에 있게 하며, 상기 씨드층(102)까지 상기 도너 기판(100)의 박막화(thinning)가 이어지는, 상기 전사하는 단계;
 - 상기 씨드층(102)의 압전 물질 ABO_3 상에 에피택시에 의해 조성 $A'B'O_3$ 의 단결정층(103)을 성장시키는 단계로서, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나로 구성되며, A'는 A와 상이하거나 또는 B'는 B와 상이한, 상기 성장시키는 단계;
- 를 연속적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

A'는 A와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하며, 및/또는 B'는 B와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

B'가 B와 상이할 경우 A'는 A와 동일하며, 그리고 A'가 A와 상이할 경우 B'는 B와 동일한 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중의 어느 한 항에 있어서,

A는 단일 원소로 구성되며, 그리고 B도 단일 원소로 구성되는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 씨드층(102)을 전사하는 단계는,

- 상기 조성 ABO_3 의 압전 물질을 포함하며, 상기 씨드층이라 지칭되는 층을 제한하도록 상기 도너 기판(100)에 취성 영역(101)을 형성하는 단계;
- 상기 씨드층(102)이 결합 계면에 있도록, 상기 리시버 기판(110) 상에 상기 도너 기판(100)을 결합시키는 단계;
- 상기 씨드층(102)을 상기 리시버 기판(110) 상으로 전사하기 위해 상기 취성 영역(101)을 따라 상기 도너 기판(100)을 분리하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 에피택시의 단계 전에, 상기 리시버 기관(110) 상으로 전사된 상기 씨드층(102)의 두께의 일부가 제거되는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 씨드층(102)의 두께는 2 μm 미만이며, 바람직하게는 1 μm 미만인 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조 방법.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 리시버 기관은 반도체 물질로 이루어지며, 그리고 상기 씨드층과 상기 리시버 기관 사이에 중간 전하-트랩핑 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 9

단결정 층(10)의 제조 방법으로서,

- 조성 A'B'O₃의 압전 물질을 포함하는 도너 기관(100)을 제공하는 단계로서, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나 이상으로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나 이상으로 구성되는, 상기 제공하는 단계;
- 상기 압전 물질 A'B'O₃ 상에 에피택시에 의해 조성 A''B''O₃의 단결정층(103)을 성장시키는 단계로서, 여기서 A''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성되는, 상기 성장시키는 단계;
- 리시버 기관(110)을 공급하는 단계;
- 에피택셜 층(103)을 통하여 상기 리시버 기관(110) 상에 상기 도너 기관(100)을 결합시킴으로써 상기 리시버 기관(110) 상으로 조성 A'B'O₃의 상기 에피택셜 층(103)의 적어도 일부를 전사하는 단계로서, 조성 A'B'O₃의 상기 에피택셜 층(103)까지 상기 도너 기관(100)의 박막화가 이어지는, 상기 전사하는 단계를 연속적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

조성 A''B''O₃의 층(103)이 상기 리시버 기관 상으로 전사된 후에, 상기 조성 A'B'O₃의 물질 상에, 에피택시에 의해 조성 A'''B'''O₃의 단결정 층(104)을 성장시키는 단계를 포함하며, 여기서 A'''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B'''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성되는, 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

A'''는 A'와 상이하거나 또는 B'''는 B'와 상이한 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 12

청구항 9 내지 청구항 11 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 리시버 기관(110) 상으로 조성 A'B'O₃의 상기 에피택셜층(103)의 적어도 일부를 전사하는 단계는,

- 전사되어지는 층을 제한하기 위해, 상기 도너 기관(100) 내에 또는 조성 A''B''O₃의 상기 에피택셜층(103) 내에 취성 영역(101)을 형성하는 단계;
- 조성 A''B''O₃의 상기 에피택셜층(103)이 결합 계면에 있도록, 상기 리시버 기관(110) 상에 상기 도너 기관(100)을 결합시키는 단계;
- 상기 취성 영역(101)을 따라 상기 도너 기관(100) 또는 상기 에피택셜층(103)을 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,
 상기 취성 영역(101)은 상기 도너 기관(100) 내에 형성되며, 상기 전사하는 단계 후에, 전사된 상기 층(100',100)은 조성 A''B''O₃의 물질을 노출시키도록 박막화되는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 14

청구항 9 내지 청구항 13 중의 어느 한 항에 있어서,
 A''는 A'와 상이하거나 또는 B''는 B'와 상이한 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 15

청구항 9 내지 청구항 13 중의 어느 한 항에 있어서,
 A''는 A'와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하며, 및/또는 B''는 B'와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 16

청구항 9 내지 청구항 13 중의 어느 한 항에 있어서,
 B''가 B'와 상이할 경우 A''는 A'와 동일하며, 그리고 A''가 A'와 상이할 경우 B''는 B'와 동일한 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 17

청구항 9 내지 청구항 16 중의 어느 한 항에 있어서,
 A'는 단일 원소로 구성되며, 그리고 B'도 단일 원소로 구성되는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 18

청구항 5 또는 청구항 12에 있어서,
 상기 취성 영역(101)은 상기 도너 기관(100) 내에 이온 주입에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 19

청구항 1 내지 청구항 18 중의 어느 한 항에 있어서,
 에피택시 단계 후에, 조성 A''B''O₃의 단결정 층(103)의 두께는 0.2 내지 20 μm 인 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 20

청구항 1 내지 청구항 19 중의 어느 한 항에 있어서,
 상기 리시버 기관과 상기 도너 기관 사이의 계면에 적어도 하나의 전기적 절연층 및/또는 적어도 하나의 전기적 도전층이 형성되는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 21

청구항 1 내지 청구항 20 중의 어느 한 항에 있어서,

최종 기관(111) 상으로 상기 리시버 비관의 단결정 층(103,104)의 적어도 일부를 전사시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정 층의 제조방법.

청구항 22

마이크로일렉트로닉, 포토닉 또는 옵티컬 장치를 위한 기관으로서,

지지 기관(110),

상기 지지 기관 상에 조성 A''B''O₃의 단결정 층(103)으로서, 여기서 A''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성되며, A'' 및 B'' 중의 적어도 하나는 적어도 두개의 원소들로 구성되는, 상기 단결정 층(103),

그리고 상기 지지 기관(110)과 조성 A''B''O₃의 상기 층(103) 사이에 조성 A'B'O₃의 층(102)으로서, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나의 원소로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나의 원소로 구성되는, 상기 층(102),을 포함하는 것을 특징으로 하는 기관.

청구항 23

청구항 22에 있어서,

조성 A''B''O₃의 상기 층(103) 상에, 조성 A''''B''''O₃의 단결정 층(104)을 더 포함하며, 여기서 A''''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B''''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성되는 것을 특징으로 하는 기관.

청구항 24

단결정 압전층(10)의 표면에 전극들(12,13)을 퇴적하는 단계를 포함하는 표면 음향파 장치의 제조방법으로서, 청구항 1 내지 청구항 21 중의 어느 하나의 청구항에 따른 제조방법에 의하여 상기 압전층을 제조하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 표면 음향파 장치의 제조방법.

청구항 25

표면 음향파 장치로서,

청구항 1 내지 청구항 21 중의 어느 하나의 청구항에 따른 제조방법에 의해 얻어질 수 있는 단결정 압전층(10), 및

상기 단결정 압전층의 표면에 형성된 두개의 전극들(12,13)을 포함하는 것을 특징으로 하는 표면 음향파 장치.

청구항 26

단결정 압전층(10)의 두 개의 반대측 면들 상에 전극들(12,13)을 퇴적하는 단계를 포함하는 벌크 음향파 장치의 제조방법으로서, 청구항 1 내지 청구항 21 중의 어느 하나의 청구항에 따른 제조방법에 의하여 상기 압전층을 제조하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 벌크 음향파 장치의 제조방법.

청구항 27

벌크 음향파 장치로서,

청구항 1 내지 청구항 21 중의 어느 하나의 청구항에 따른 제조방법에 의해 얻어질 수 있는 단결정 압전층(10), 및

상기 단결정 압전층의 두 개의 반대측 면들에 형성된 두 개의 전극들(12,13)을 포함하는 것을 특징으로 하는 벌크 음향파 장치.

청구항 28

외부 응력에 의해 야기된 변형을 측정하기 위해 설계된 마이크로-센서로서, 청구항 1 내지 청구항 21 중의 어느 하나의 청구항에 따른 제조방법에 의해 얻어질 수 있는 단결정 압전층(10)을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로-센서.

청구항 29

연속적 또는 가변적 전기장의 인가를 통하여, 성분의 변형 또는 이동 부분의 이동을 야기하도록 설계된 마이크로-액츄에이터로서, 청구항 1 내지 청구항 21 중의 어느 하나의 청구항에 따른 제조방법에 의해 얻어질 수 있는 단결정 압전층(10)을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로-액츄에이터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 특히 마이크로전자, 광자, 광학 장치에 대한 응용을 위한, 단결정층, 특히 압전층을 제조하는 방법에 관한 것이다. 특히, 그러나 제한적이지는 않지만, 상기 장치는 표면 음향파 장치, 또는 무선 주파수 응용을 위한 벌크 음향파 장치일 수 있다.

배경 기술

[0002] 무선 주파수 필드에서 필터링에 사용되는 음향 구성요소들 중에 필터의 두 가지 주요 범주들은 아래와 같이 구분될 수 있다:

[0003] 첫째, 두문자로 SAW(Surface Acoustic Wave)로 알려진 표면 음향파 필터들;

[0004] 둘째, 두문자로 BAW(Bulk Acoustic Wave)로 알려진 벌크 음향파 필터들 및 공명기들.

[0005] 이러한 기술들에 대한 검토를 위해서, W. Steichen과 S. Ballandras의 논문, "필터링에 사용되는 음향 구성 요소들 - 상이한 기술들의 검토", Techniques de l'Ingenieur [Engineering Technology], E2000, 2008[1]이 참조가 될 수 있다.

[0006] 표면 음향파 필터들은 전형적으로 두꺼운 압전층(일반적으로 수백 μm 두께) 및 상기 압전층의 표면 상에 퇴적된 상호 맞물린 금속 빗들의 형태의 두 개의 전극들을 포함한다. 전극에 인가되는 전기적 신호는, 전형적으로 전압 변화는, 탄성파로 변환되고, 이것은 상기 압전층의 표면 상으로 전파된다. 이 탄성파의 전파는 파동의 주파수가 필터의 주파수 대역과 동일하면 촉진된다. 이 파동은 다른 전극에 도달하면 다시 한 번 전기 신호로 변환된다.

[0007] 그들의 부분에서, 벌크 음향파 필터들은 전형적으로 얇은 압전층(즉, 대체로 대략 $1\mu\text{m}$ 미만의 두께) 및 상기 얇은 층의 각각의 주 표면 상에 설치된 2개의 전극들을 포함한다. 전극에 인가되는 전기적 신호는, 전형적으로 전압 변화는 탄성파로 변환되어 압전층을 통해 전파된다. 이 탄성파의 전파는 파동의 주파수가 필터의 주파수 대역과 동일하면 촉진된다. 이 파동은 반대쪽 면의 전극에 도달하면 다시 한 번 전기 신호로 변환된다.

[0008] 표면 음향파 필터들의 경우, 압전층은 표면과의 어떠한 감쇠를 야기시키지 않기 위해 우수한 결정질이어야 한다. 이 경우 단결정층이 따라서 바람직할 것이다. 현재, 산업적으로 사용될 수 있는 적합한 재료들은 석영, LiNbO_3 또는 LiTaO_3 이다. 압전층은 상기 재료들 중 하나의 잉곳(ingot)을 절단함으로써 얻어지며, 여기서 상기 층의 두께에 요구되는 정확도는 상기 파동들이 본질적으로 그것의 표면상에서 전파되는 경우라면 중요하지 않다.

[0009] 벌크 음향파 필터들의 경우, 압전층은 정밀하게 제어된 방식으로 전체 층에 걸쳐 단단하고 균일한 두께를 가져야 한다. 반대로, 결정 품질은 필터의 성능에 대한 중요한 기준의 관점에서 이차적이기 때문에, 상기 층의 결정 품질에 관해서는 현재 절충들이 이루어지고 있으며, 그리고 다결정층은 오랫동안 수용 가능한 것으로 간주되어 왔다. 따라서, 압전층은 지지 기판(예를 들어, 실리콘 기판) 상에 퇴적됨으로써 형성된다. 현재 이러한 퇴적을 위해 산업적으로 사용되는 물질들은 AlN , ZnO 및 $\text{Pb}(\text{Zr}_x, \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (PZT)이다.

[0010] 따라서 재료들의 선택은 양쪽 기술들에서 매우 제한적이다.

[0011] 그러나 재료의 선택은 필터 제조업체의 사양에 따라 필터의 상이한 속성들 간의 절충의 결과이다. 특히, 압전 재료들의 전기기계 결합 계수는 주어진 적용 및 주어진 구성 요소 아키텍처에 사용해야 하는 재료의 선택에 대한 기준이다.

- [0012] 예를 들어, LiNbO_3 및 LiTaO_3 는 고도의 이방성 물질들이다. 상기 결합 계수는 결정 배향에 의존하기 때문에, 재료의 특정 배향의 선택은 재료의 선택을 위한 제1 자유도를 제공한다. 이것이 기관들이 예를 들어, X-컷, Y-컷, Z-컷, YZ-컷, 36° 회전된 Y 축, 42° 회전된 Y 축 등과 같이 다수의 결정 배향들과 함께 찾아질 수 있는 이유이다.
- [0013] 그러나, 특정한 결정 배향을 선택할 수 있다는 사실을 제외하고, 예를 들어, 랑가사이트(langasite) $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ 와 같이 이 목록에 몇 가지 다른 재료들이 미래에 추가 될지라도, 당업자는 필터의 특성을 최적화하기 위한 제한된 범위의 파라미터들만을 제공하면서, 표면 음향파 필터를 설계하기 위해 단지 석영, LiNbO_3 및 LiTaO_3 만을 가진다.
- [0014] 벌크 음향파 필터들 또는 표면 음향파 필터들의 치수를 더욱 자유롭게 하기 위해, 재료들의 품질이 손상되지 않는다면 위에 열거된 재료들보다 많은 재료들을 사용할 수 있는 것이 바람직하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명의 목적 중 하나는 진술한 단점들을 개선하기 위한 것이고, 특히 표면 음향파 장치들을 위해 사용된 재료들로 만들어지며, 층들을 얇고(즉, 20 μm 미만 두께, 또는 1 μm 미만 두께) 균질하게 얻어질 수 있게 함으로써, 본 응용에서 사용된 재료들 이외의 재료들로 제조된, 특히 표면 음향파 장치를 위한, 단결정 층, 특히 압전 층을 제조하는 방법을 고안하는 것이다. 이 방법은 또한 기존의 벌크 음향파 장치에서보다 더 다양한 종류의 지지 기관들을 사용할 수 있어야 한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명에 따라서, 단결정 층의 제조 방법이 제안되었으며, 이것은 다음의 연속적인 단계들을 포함하는 것을 특징으로 한다:
- [0017] - 조성 ABO_3 의 압전 물질을 포함하는 도너 기관을 제공하는 단계로서, 여기서 A는 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나의 원소로 구성되며, B는 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나의 원소로 구성되는, 상기 제공하는 단계;
- [0018] - 리시버 기관을 공급하는 단계;
- [0019] - 상기 리시버 기관 상에 상기 도너 기관을 결합시킴으로써 상기 리시버 기관 상으로 상기 도너 기관으로부터 "씨드층"이라 지칭되는 층을 전사하는 단계로서, 상기 씨드층은 결합 계면에 있게 하며, 상기 씨드층까지 상기 도너 기관의 박막화(thinning)가 이어지는, 상기 전사하는 단계;
- [0020] - 상기 씨드층의 압전 물질 ABO_3 상에 에피택시에 의해 조성 $\text{A}'\text{B}'\text{O}_3$ 의 단결정층을 성장시키는 단계로서, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나로 구성되며, A'는 A와 다르거나 또는 B'는 B와 다른, 상기 성장시키는 단계.
- [0021] "상기 결합 계면에서의 층"이라는 표현은 제2 기관에 결합된 제1 기관의 면측상의 층을 의미하는 것으로 이해되지만, 상기 층과 상기 제2 기관 사이에 직접 접촉이 있음을 반드시 함의하는 것은 아니다. 따라서, 상기 층은 상기 제2 기관에 직접 결합될 수 있거나 또는 상기 결합이 수행되는 결합 층, 예를 들어 유전체층 또는 임의의 다른 유형의 층에 의해 덮일 수도 있다.
- [0022] "A는 A'와 상이하다"라는 표현은 A와 A'가 상이한 원소들로 구성되는, 및/또는 동일한 원소(들)이지만 상이한 화학양론적 비율로 구성되는 것을 의미하는 것으로 이해할 수 있다.
- [0023] 하나의 실시 예에 따라, A'는 A와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하며, 및/또는 B'는 B와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함할 수 있다.
- [0024] "A'는 A와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함한다"라는 표현은 주어진 원소(또는 몇가지 원소들)가 A 및 A' 양쪽에, 동일한 또는 상이한 화학양론적 비율로 존재한다는 것을 의미하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0025] 하나의 실시 예에 따라, B'가 B와 상이할 경우 A'는 A와 동일하며, 그리고 A'가 A와 상이할 경우 B'는 B와 동일할 수 있다.

- [0026] "A는 A'와 동일하다"라는 표현은 A'와 A가 동일한 화학양론적 비율로 동일한 원소(들)로 구성된다는 것을 의미하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0027] 하나의 실시 예에 따라, A는 단일 원소로 구성되며, 그리고 B도 단일 원소로 구성될 수 있다.
- [0028] 본 발명을 수행하는 하나의 방법에 따라, 상기 씨드층을 전사하는 단계는 다음의 단계들을 포함한다:
- [0029] - 상기 조성 ABO_3 의 압전 물질을 포함하며, 상기 씨드층이라 지칭되는 층을 제한하도록 상기 도너 기관에 취성 영역을 형성하는 단계;
- [0030] - 상기 씨드층이 결합 계면에 있도록, 상기 리시버 기관 상에 상기 도너 기관을 결합시키는 단계;
- [0031] - 상기 씨드층을 상기 리시버 기관 상으로 전사하기 위해 상기 취성 영역을 따라 상기 도너 기관을 분리하는 단계.
- [0032] 상기 에피택시의 단계 전에, 상기 리시버 기관 상으로 전사된 상기 씨드층의 두께의 일부가 제거될 수 있다.
- [0033] 유리하계는, 상기 씨드층의 두께는 2 μm 미만이며, 바람직하게는 1 μm 미만일 수 있다.
- [0034] 상기 리시버 기관은 유리하계는 반도체 물질로 이루어지며, 그리고 상기 씨드층과 상기 리시버 기관 사이에 중간 전하-트랩핑 층을 포함할 수 있다.
- [0035] 본 발명의 다른 대상은 단결정 층의 제조 방법에 관한 것으로서, 이것은 다음의 연속적인 단계들을 포함할 수 있다:
- [0036] - 조성 $A'B'O_3$ 의 압전 물질을 포함하는 도너 기관을 제공하는 단계로서, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나 이상으로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나 이상으로 구성되는, 상기 제공하는 단계;
- [0037] - 상기 압전 물질 $A'B'O_3$ 상에 에피택시에 의해 조성 $A''B''O_3$ 의 단결정층(103)을 성장시키는 단계로서, 여기서 A''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성되는, 상기 성장시키는 단계;
- [0038] - 리시버 기관을 공급하는 단계;
- [0039] - 에피택셜 층을 통하여 상기 리시버 기관 상에 상기 도너 기관을 결합시킴으로써 상기 리시버 기관 상으로 조성 $A'B'O_3$ 의 상기 에피택셜 층의 적어도 일부를 전사하는 단계로서, 조성 $A'B'O_3$ 의 상기 에피택셜 층까지 상기 도너 기관의 박막화가 이어지는, 상기 전사하는 단계.
- [0040] 하나의 실시 예에 따라, 조성 $A''B''O_3$ 의 층이 상기 리시버 기관 상으로 전사된 후에, 상기 조성 $A'B'O_3$ 의 물질 상에, 에피택시에 의해 조성 $A'''B'''O_3$ 의 단결정 층이 성장되며, 여기서 A'''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B'''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성될 수 있다.
- [0041] 하나의 실시 예에 따라, A'''는 A''와 상이하거나 또는 B'''는 B''와 상이할 수 있다.
- [0042] 본 발명을 수행하는 하나의 방법에 따라, 상기 리시버 기관 상으로 조성 $A'B'O_3$ 의 상기 에피택셜층)의 적어도 일부를 전사하는 단계는 다음 단계들을 포함할 수 있다:
- [0043] - 전사되어지는 층을 제한하기 위해, 상기 도너 기관 내에 또는 조성 $A'B'O_3$ 의 상기 에피택셜층 내에 취성 영역을 형성하는 단계;
- [0044] - 조성 $A'B'O_3$ 의 상기 에피택셜층이 결합 계면에 있도록, 상기 리시버 기관 상에 상기 도너 기관을 결합시키는 단계;
- [0045] - 상기 취성 영역을 따라 상기 도너 기관 또는 상기 에피택셜층을 분리하는 단계.
- [0046] 하나의 실시 예에 따라, 상기 취성 영역은 상기 도너 기관 내에 형성되며, 상기 전사하는 단계 후에, 전사된 상기 층은 조성 $A'B'O_3$ 의 물질을 노출시키도록 박막화될 수 있다.
- [0047] 하나의 실시 예에 따라, A''는 A'와 상이하거나 또는 B''는 B'와 상이할 수 있다.

- [0048] 하나의 실시 예에 따라, A''는 A'와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하며, 및/또는 B''는 B'와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함할 수 있다.
- [0049] 하나의 실시 예에 따라, B''가 B'와 상이할 경우 A''는 A'와 동일하며, 그리고 A''가 A'와 상이할 경우 B''는 B'와 동일할 수 있다.
- [0050] 하나의 실시 예에 따라, A'는 단일 원소로 구성되며, 그리고 B'도 단일 원소로 구성될 수 있다.
- [0051] 하나의 실시 예에 따라, 상기 취성 영역은 상기 도너 기관 내에 이온 주입에 의해 형성될 수 있다.
- [0052] 특히 유리한 방식에서, 에피택시 단계 후에, 조성 A''B''O₃의 단결정 층의 두께는 0.2 내지 20 μm 일 수 있다.
- [0053] 부가적으로, 상기 리시버 기관과 상기 도너 기관 사이의 계면에 적어도 하나의 전기적 절연층 및/또는 적어도 하나의 전기적 도전층이 형성될 수 있다.
- [0054] 본 발명을 수행하는 하나의 방법에 따라, 상기 방법은 최종 기관 상으로 상기 리시버 기관의 단결정 층의 적어도 일부를 전사시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0055] 다른 대상은 마이크로일렉트로닉, 포토닉 또는 광학 장치를 위한 기관에 관한 것으로서, 이것은 지지 기관과, 상기 지지 기관 상에 조성 A''B''O₃의 단결정 층으로서, 여기서 A''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성되며, A'' 및 B'' 중의 적어도 하나는 적어도 두개의 원소들로 구성되는, 상기 단결정 층(103)과, 그리고 상기 지지 기관과 조성 A''B''O₃의 상기 층 사이에 조성 A''B''O₃의 층으로서, 여기서 A''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나의 원소로 구성되며, B''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나의 원소로 구성되는, 상기 층을 포함할 수 있다.
- [0056] 하나의 실시 예에 따라, 상기 기관은 조성 A''B''O₃의 상기 층 상에, 조성 A'''B'''O₃의 단결정 층을 더 포함하며, 여기서 A'''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B'''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성될 수 있다.
- [0057] 다른 대상은 단결정 압전층의 표면에 전극들을 퇴적하는 단계를 포함하는 표면 음향파 장치의 제조방법에 관한 것으로서, 위에 기술된 제조방법에 의하여 상기 압전층을 제조하는 것을 포함할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0058] 다른 대상은 표면 음향파 장치에 관한 것으로서, 위에 기술된 제조 방법에 의해 얻어질 수 있는 단결정 압전층, 및 상기 단결정 압전층의 표면에 형성된 두 개의 전극들을 포함할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0059] 본 발명의 다른 대상은 외부 응력에 의해 야기된 변형을 측정하기 위해 설계된 마이크로-센서에 관한 것으로서, 위에 기술된 제조방법에 의해 얻어질 수 있는 단결정 압전층을 포함할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0060] 본 발명의 다른 대상은 연속적 또는 가변적 전기장의 인가를 통하여, 성분의 변형 또는 이동 부분의 이동을 야기하도록 설계된 마이크로-액츄에이터에 관한 것으로서, 위에 기술된 제조방법에 의해 얻어질 수 있는 단결정 압전층을 포함하는 것을 특징으로 한다.

도면의 간단한 설명

- [0061] 본 발명의 다른 특성들 및 장점들은 첨부된 도면들을 참조하여, 아래에 주어진 상세한 설명으로부터 명백하게 보여질 것이며, 여기서,
 - 도 1은 표면 음향파 필터의 단면 기능도이며,
 - 도 2는 벌크 음향파 필터의 단면 기능도이며,
 - 도 3a 내지 3e는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 단결정 층을 제조하는 방법의 연속적인 단계들을 보여주며,
 - 도 4a 내지 4e는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 단결정 층을 제조하는 방법의 연속적인 단계들을 보여주며,
 - 도 4f는 도 4a 내지 4e에 도시된 실시 예의 변형으로 구현된 부가적인 단계를 보여주며,
 - 도 5a 내지 도 5c는 상기 단계의 선택적인 연속 단계들을 보여준다.
 도면들의 관독성을 위해, 도시된 요소들은 반드시 스케일로 나타내지는 않았다. 상이한 도면들에서 동일한 참조 부호들에 의해 지시된 요소들은 동일하다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0062] 도 1은 표면 음향파 필터의 기능도이다.
- [0063] 상기 필터는 압전층(10) 및 상기 압전층의 표면 상에 퇴적된 두개의 맞물린 금속 빗살의 형태로 두개의 전극들(12,13)을 포함한다. 전극들(12,13) 반대측 상에서, 상기 압전층이 지지 기관(11) 상에 놓인다. 압전층(10)은 단결정이며; 정말로 표면파에 어떠한 감쇠도 야기되지 않도록 우수한 결정 품질이 요구된다.
- [0064] 도 2는 벌크 음향파 공명기의 기능도이다.
- [0065] 상기 공명기는 얇은 압전층(즉, 일반적으로 1 μ m 미만의 두께, 바람직하게는 0.2 μ m 미만의 두께) 및 본 발명의 제조 방법에 기인하여, 단결정인 상기 압전층(10)의 어느 측에 설치된 두 개의 전극들(12,13)을 포함한다. 압전층(10)은 지지 기관(11) 상에 놓여있다. 상기 기관으로부터 상기 공명기를 분리하기 위해, 그리고 이 방법에 의해 상기 기관 상에서 전파되는 파동들을 방지하기 위해, 브래그 미러(Bragg mirror, 14)가 전극(13)과 기관(11) 사이에 끼어있다. 대안적인 방식(도시 안됨)으로, 이러한 분리는 상기 기관과 상기 압전층 사이에 캐비티(cavity)를 만듦으로써 달성될 수 있다. 이러한 다양한 배열들을 당업자들에게 알려져 있으며, 따라서 본 명세서에서 상세하게 기술하지는 않을 것이다.
- [0066] 일반적인 방식에서, 본 발명은 단결정층, 특히 압전층의 형성을 제안하며, 상기 단결정층을 위해 원하는 두께가 얻어질 때까지 에피택시를 위한 씨드로서 사용되는 도너(donor) 기관의 물질 상에 에피택시에 의해, 그리고 리시버(receiver) 기관으로의 전사(transfer)에 의해 압전층을 형성하며, 여기서 상기 전사는 상기 에피택시 전에(이 경우에, 상기 씨드층이라 지칭되는 상기 도너 기관의 표면층이 상기 리시버 기관 상으로 전사된다), 또는 에피택시 후에(이 경우에, 상기 에피택시 층의 적어도 일부가 상기 리시버 기관 상으로 전사된다) 달성될 수 있다.
- [0067] 상기 도너 기관은 논의되고 있는 물질의 동종 단결정 기관일 수 있다. 대안적으로, 상기 도너 기관은 합성 기관, 즉 적어도 두 개의 상이한 물질 층들의 스택의 형태로, 그것의 표면층은 논의되고 있는 단결정 물질로 구성되는, 합성 기관일 수 있다.
- [0068] 특히 관심을 끌고 있는 압전 재료들 중에는 ABO₃ 구조의 페로브스카이트들(perovskites) 및 유사한 재료들이 있다. 그러나 이러한 재료들이 가질 수 있는 관심은 압전 특성으로 제한되지 않는다. 특히, 예를 들어 집적 광학에 관련된 응용 분야와 같은 다른 응용 분야의 경우에서, 예를 들어 적용 가능한 바와 같이, 그들의 유전율, 굴절 지수, 또는 대안적으로 그들의 초전성, 강유전성 또는 대안적으로 강자성 특성들로 인해 관심 대상이 될 수 있다.
- [0069] 큰 계열이 드러난다. 이것은 LiNbO₃, LiTaO₃, KNbO₃, KTaO₃와 같은 이원 재료들로부터 특히 유도되며, ABO₃ 유형의 일반 화학식을 유도되며, 여기서 A는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상의 원소로 구성되며, B는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상의 원소로 구성된다.
- [0070] 요약하면, A는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 하나 이상으로 구성된다고 생각될 것이다.
- [0071] 상기 리시버 기관은 상기 씨드층의 기계적 지지대로서 역할을 한다. 이것은 에피택시의 구현에 적합한(특히 고온에서의 성능의 안정성 면에서), 그리고 유리하게도, 부득이한 것은 아니지만, 논의되는 응용에서 적합한 어떠한 종류일 수 있다. 이것은 동종적 또는 합성적일 수 있다.
- [0072] 적어도 하나의 중간층이 상기 리시버 기관과 상기 씨드층 사이에 삽입될 수 있다. 예를 들어, 이러한 중간층은 전기적으로 도전성이거나 또는 전기적으로 절연성일 수 있다. 통상의 기술자는 상기 압전층을 포함하고자 하는 상기 고주파수 장치가 갖기를 바라는 특성들에 따라 상기 층의 재료 및 두께를 선택할 수 있을 것이다.
- [0073] 유리하게는, 상기 리시버 기관은 반도체 재료로 제조될 수 있다. 예를 들어, 이것은 실리콘 기관일 수 있다. 이 도전성 재료는 "트랩-리치(trap-rich)" 타입의 중간층을 포함하며, 이것은 상기 리시버 기관 상에 형성되거나 또는 상기 리시버 기관의 표면 상에 형성되거나 어느 하나일 수 있다. 상기 트랩-리치 타입의 상기 중간층은 따라서 상기 씨드층과 상기 리시버 기관 사이에 위치되며, 그리고 상기 리시버 기관의 전기적 절연 성질들이 개선되도록 할 수 있다. 부가적으로, 에피택시를 달성하기 위해 상기 트랩-리치 타입의 상기 중간층의 고온에서의 성능 안정성에 따라, 열처리 동안에 그것의 재결정화를 방지하기 위해, 상기 리시버 기관과 상기 트랩-리치 타

입의 상기 중간층 사이에 부가층을 도입하는 것이 바람직할 수 있다.

[0074] 제1 실시 예에 따라, 상기 방법은 지지 기판 상으로의 도너 기판의 상기 씨드층의 전사를 포함하며, 전술한 에피택시 단계가 이어진다. 이 경우 상기 씨드층의 재료는 유리하게는 ABO_3 구성의 재료이며, 여기서 A는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나 이상의 원소로 구성되며, B는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나 이상의 원소로 구성된다. 예를 들어, ABO_3 의 화학식은 $Li_{x1}K_{1-x1}Nb_{y1}O_3$ 이며, 여기서 $x1=0$ 또는 1이고 $y1=0$ 또는 1이다. 이 계열의 재료들의 두 개의 매우 널리 사용된 대표자들은 $LiNbO_3$ 및 $LiTaO_3$ 이다. 보다 적게는, 기판들 $KNbO_3$ 및 $KTaO_3$ 가 또한 유용하다. 본 텍스트에서 이러한 구성은 2원 구성이라고 지칭된다. 이러한 2원 재료는 일반적으로 잉곳의 형태로 인출에 의해 제조된다. 이 경우 상기 에피택셜 층의 조성은 유리하게는 $A'B'O_3$ 타입의 상기 씨드층의 조성보다 상이하며, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 하나 이상으로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나 이상으로 구성되며, A'는 A와 상이하거나 또는 B'는 B와 상이하다. 이전의 예시에 계속하여, $A'B'O_3$ 의 화학식은 $Li_{x2}K_{1-x2}Nb_{y2}O_3$ 이며, 여기서 $0 \leq x2 \leq 1$ 이고 $0 \leq y2 \leq 1$ 이며, $x2$ 는 $x1$ 과 상이하거나 또는 $y2$ 는 $y1$ 과 상이하다.

[0075] 본 텍스트에서, 만약 A와 B를 포함하는 원소들의 총수가 3과 같은 경우, 그러한 조성은 3원이라고 불리며; A'와 B'를 포함하는 원소의 총수가 4인 경우 이러한 조성을 4원이라 불린다. 2원 재료들과는 달리, 이러한 3원 또는 4원 재료들은 대다수의 경우에, 잉곳을 인출하여 얻어지는 것은 아니지만, 원하는 치수들에 대해 충분한 품질을 가지기 위해 적합한 지지대 상에서 에피택시에 의해 얻어져야 한다.

[0076] 제1 실시 예에서, 2원 조성의 재료 ABO_3 및 3원(또는 더 높은 차수) 조성의 재료 $A'B'O_3$ 가 바람직할 것이다. 보다 상세하게는, A'가 A와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하며, 및/또는 B'가 B와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하는, 이전의 ABO_3 및 $A'B'O_3$ 에 대하여 선호가 주어질 것이며, 여기서 공통적으로 상기 원소는 유리하게는 A 또는 B의 조성에서 지배적인 것이다. 보다 더 바람직한 방식으로, B'가 B와 상이할 때 A'가 A와 동일하고 그리고 A'가 A와 상이할 때 B'가 B와 동일한, 이전의 ABO_3 및 $A'B'O_3$ 조성들이 선택될 것이다. A 또는 B의 주요 원소의 함량이 약간 다를 경우(예를 들어, A가 Li이고 A'가 $Li_{0.9}Na_{0.1}$ 인 경우, 또는 대안적으로 B가 $Ta_{0.5}Nb_{0.5}$ 이고 B'가 $Ta_{0.6}Nb_{0.4}$ 인 경우), A'는 A와 상당히 일치할 수 있거나, 또는 B'는 B와 상당히 일치할 수 있다.

[0077] 제2 실시 예에 따라, 에피택시 단계가 상기 전사 단계 전에 달성된다. 이 경우에 상기 에피택시를 위한 상기 씨드로서 역할을 하는 상기 도너 기판 재료는 조성 $A'B'O_3$ 의 재료이며, 여기서 A'는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나 이상으로 구성되며, B'는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나 이상으로 구성된다. 이 경우에 상기 에피택셜 층의 조성은 $A''B''O_3$ 타입이며, 여기서 A''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나 이상으로 구성되며, B''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나 이상으로 구성된다. 예를 들어, 상기 씨드층의 조성은 $Li_{x1}K_{1-x1}Nb_{y1}Ta_{1-y1}O_3$ 이며, 여기서 $0 \leq x1 \leq 1$ 이고 $0 \leq y1 \leq 1$ 이며, 상기 에피택셜 층의 조성은 $Li_{x2}K_{1-x2}Nb_{y2}Ta_{1-y2}O_3$ 이며, 여기서 $0 \leq x2 \leq 1$ 이고 $0 \leq y2 \leq 1$ 이다. 상기 에피택셜 층의 재료는 상기 씨드층의 재료와 동일할 수 있다(환언하면, A'는 A''와 동일하며, 그리고 B'는 B''와 동일하다. 즉, 전술한 예시에서 $x1=x2$ 그리고 $y1=y2$ 이다). 대안적으로, 상기 에피택셜 층의 재료는 상기 씨드층의 재료와 상이하다(환언하면, A'는 A''와 상이하며, 그리고 B'는 B''와 상이하다. 즉, 전술한 예시에서 $x1$ 은 $x2$ 와 상이하거나, 그리고 $y1$ 은 $y2$ 와 상이하다).

[0078] 제2 실시 예에서, 2원 조성의 재료 $A'B'O_3$ 및 3원(또는 더 높은 차수) 조성의 재료 $A''B''O_3$ 가 바람직할 것이다. 보다 상세하게는, A''가 A'와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하며, 및/또는 B''가 B'와 마찬가지로 적어도 하나의 원소를 포함하는, 이전의 $A'B'O_3$ 및 $A''B''O_3$ 에 대하여 선호가 주어질 것이며, 여기서 공통적으로 상기 원소는 유리하게는 A 또는 B의 조성에서 지배적인 것이다. 보다 더 바람직한 방식으로, B''가 B'와 상이할 때 A''가 A'와 동일하고 그리고 A''가 A'와 상이할 때 B''가 B'와 동일한, 이전의 $A'B'O_3$ 및 $A''B''O_3$ 조성들이 선택될 것이다. A 또는 B의 주요 원소의 함량이 약간 다를 경우(예를 들어, A가 Li이고 A'가 $Li_{0.9}Na_{0.1}$ 인 경우, 또는 대안적으로 B가 $Ta_{0.5}Nb_{0.5}$ 이고 B'가 $Ta_{0.6}Nb_{0.4}$ 인 경우), A''는 A'와 상당히 일치할 수 있거나, 또는 B''는 B'와 상당히 일치할 수 있다.

- [0079] 상기 제2 실시 예의 변용에 따라, 상기 방법은 또한 상기 전사 단계 후에, 조성 A''B''O₃의 단결정층을 형성하기 위해 전사된 상기 층 상에 에피택시를 재개하는 것을 포함하며, 여기서 A''는 다음 원소들 Li, Na, K, H 중의 적어도 하나 이상으로 구성되며, B''는 다음 원소들 Nb, Ta, Sb, V 중의 적어도 하나 이상으로 구성된다. 예를 들어, 상기 부가적인 에피택셜 층의 조성은 Li_{x3}K_{1-x3}Nb_{y3}Ta_{1-y3}O₃ 타입이며, 여기서 0 ≤ x₃ ≤ 1이고 0 ≤ y₃ ≤ 1이다. x₃는 바람직하게는 x₂와 상이하거나 또는 y₃는 y₂와 상이하(환언하면, 보다 일반적으로 A''는 A"와 상이하거나, 또는 B''는 B"와 상이하)다.
- [0080] 따라서, 본 발명은 특히, 화합물 A'B'O₃, A''B''O₃ 또는 A'''B'''O₃의 얇은 층이 우수한 결정 품질로 형성될 수 있게 해주며, 매우 넓은 범위의 두께에서, 그리고 특히 20 μ m 미만의 두께에 대해, 제어된 두께 그리고 상기 재료의 조성을 통하여 조절될 수 있는 매우 다양한 성질들을 가지며, 본 계열의 2원 재료들의 동종의 기관들의 것과 적어도 동일하게 해준다.
- [0081] 상기 에피택시는 임의의 적합한 기술, 특히 화학기상퇴적(CVD), 액상 에피택시(LPE), 또는 펄스 레이저 퇴적(PLD) 등등에 의해 달성될 수 있다. 여기서 고려되는 상기 재료들에 관하여, 참조가 예를 들어, 간행물들 [2],[3],[4],[5],[6]에 대해 이루어질 수 있다.
- [0082] 통상의 기술자는 성장되어야 할 재료, 그리고 선택된 기술에 따라 시약들과 동작 조건들을 결정할 수 있을 것이다.
- [0083] 상이한 층들을 이루는 재료들의 조성은 A,A',A'' 및/또는 A''', 그리고 B,B',B'' 및/또는 B''' 를 구성하는 원소들의 선택과, 그리고 원하는 성질들(예를 들어, 응용 분야: 압전 결합 팩터, 굴절률 등등)에 관한 화학량론을 통하여 조절되지만, 또한 상기 에피택셜 층들 및 그들의 에피택시 지지체의 재료들의 결정 격자상수들의 일관성을 달성해야 할 필요도 고려한다.
- [0084] 기술된 다양한 에피택셜 층에 부가하여, 추가적인 에피택셜층, 특히 격자상수 또는 저장된 응력의 변화를 제어하기 위한 버퍼층, 또는 선택적인 에칭 정지층들을 제공하기 위한 층들이 추가될 수 있다.
- [0085] 씨드층(또는, 각각의 에피택셜층)의 전사는 통상적으로 씨드층(각각의 에피택셜층)이 결합 계면에 위치하고, 상기 씨드층(각각 에피택셜층)을 노출하기 위해 상기 리시버 기관을 박막화(thinning)하는 단계가 이어지기 때문에, 도너 기관과 리시버 기관을 결합시키는 단계를 내포한다.
- [0086] 특히 유리한 방식으로, 전사는 얇은 반도체 층들의, 특히 실리콘으로 이루어진 경우, 전사에 대해 잘 알려진, Smart Cut™ 방법을 사용하여 수행된다.
- [0087] 이를 위해, 도 3a를 참조하여, 제1 실시 예에 따라, 2원 조성 ABO₃의 재료의 도너 기관(100)이 제공되고, 씨드층을 형성하도록 의도된, 전사되어야 할 단결정 층(102)을 한정하는 취성 영역(101)이 이온 주입(화살표들에 의해 도식적으로 도시됨)에 의해 형성된다. 이 도면에서, 도너 기관(100)은 동종적인(homogeneous) 것으로 나타내지만, 전술한 바와 같이, 대안적으로 복합 재료일 수 있다. 유리하게도, 논의되고 있는 상기 압전 재료에 따라, 상기 주입된 층들은 수소 및/또는 헬륨이다. 통상의 기술자는 결정된 깊이에 상기 취성 영역을 형성하기 위해 이들 층들의 도즈(dose) 및 주입 에너지를 결정할 수 있을 것이며, 이것은 통상적으로 2 μ m 미만이며, 전형적으로 논의되고 있는 상기 재료 및 상기 주입된 층들에 따라 상기 도즈는 2E+16 내지 2E+17 이온 층들/cm²의 범위이며, 상기 주입 에너지는 30 keV 내지 500 keV이다. 매몰된 상기 취성 층은 통상의 기술자에게 알려진 임의의 다른 수단들, 예를 들어 상기 재료의 다공성화 또는 대안적으로 레이저 조사에 의해 얻어질 수 있다.
- [0088] 도 3b를 참조하면, 본 방식으로 취성화된 도너 기관(100)이 리시버 기관(110) 상으로 결합되며, 여기서 상기 주입이 통과하여 달성된 상기 도너 기관의 표면이 결합 계면에 있다. 결합 전에 상기 도너 기관 및/또는 상기 리시버 기관은, 상기 전사 후에 상기 리시버 기관과 상기 씨드층 사이에 삽입될 수 전기적 절연층 또는 전기적 도전층(도시 안됨)에 의해 피복될 수도 있다.
- [0089] 도 3c를 참조하면, 도너 기관(100)은 취성 영역(101)을 따라 분리된다. 그러한 분리는 당업자에게 공지된 임의의 수단, 예를 들어 열적, 기계적 또는 화학적 수단 등에 의해 달성될 수 있다. 도너 기관의 나머지는 회수되고, 재활용될 수 있으며, 층(102)이 리시버 기관(110) 상으로 전사될 수 있게 한다.
- [0090] 도 3d를 참조하면, 전사된 층(102)의 표면 부분은 예를 들어, 기계적 연마 및/또는 화학적 에칭에 의해 선택적으로 제거될 수 있다. 이러한 재료의 제거 목적은 상기 취성 영역 근처에서의 주입 및 분리와 관련된 임의의 결함들을 제거하기 위한 것이다. 이 제거 후에, 박막화된(thinned) 층(102)이 리시버 기관(110) 상에 얻어지며,

이는 다음의 에피택시 단계를 위한 씨드층으로서 작용할 것이다. 선택적으로, 도 3c의 전사된 층(102)은 에피택시를 위한 씨드층으로서 직접 사용될 수 있다.

- [0091] 도 3e를 참조하면, 조성 A'B'O₃의 단결정 층(103)은 에피택셜 층(104)의 물질이 씨드층(102)의 물질과 상이한, 씨드층(102) 상에 에피택시에 의해 성장하도록 만들어진다. 따라서 씨드층(102)은 그것의 격자상수를 이용하며, 고품질의 단결정 재료가 성장할 수 있게 한다. 성장은 단결정 층에 요구되는 두께에 도달하면 중단된다. 최종 층(10)은 씨드층(102) 및 에피택셜층(103)의 스택으로부터 형성된다. 에피택셜층(103)의 조성은 점진적으로 또는 불연속적으로 그 내부의 상이한 깊이에서 변할 수 있다.
- [0092] 도 3e에서 보여지는 바와 같이, 직전에 기술된 방법 이후에, 표면 음향파 장치 또는 벌크 음향파 장치를 위한 기판이 얻어지며, 이것은 상기 리시버 기판(110) 및 상기 리시버 기판(110) 상의 단결정층(10)을 포함한다.
- [0093] 층(10)은:
- [0094] - 상기 씨드층에 대응하는, 리시버 기판(110)과의 계면에 있는 제1 부분(102),
- [0095] - 상기 에피택셜 층에 대응하며, 조성 A'B'O₃의 물질로 이루어지며, 여기서 상기 물질은 적어도 3원(ternary)이며, 상기 제1 부분(102)으로부터 연장되는 제2 부분(103)을 포함한다.
- [0096] 이 기판은 도 1에 도시된 바와 같은 표면 음향파 장치 또는 도 2에 도시된 바와 같은 벌크 음향파 장치, 또는 대안적으로 마이크로일렉트로닉스, 포토닉스 또는 집적 광학을 위한 다른 장치들을 제조하는데 유리하게 사용된다.
- [0097] 상기 씨드층은 전형적으로 2 μ m 미만, 바람직하게는 1 μ m 미만의 두께이다.
- [0098] 에피택셜 층의 두께는 단결정층을 통합하려고 의도된 상기 장치의 사양들에 달려있다. 이와 관련하여, 상기 에피택셜 층의 두께는 최소값 또는 최대값의 관점들에서의 어느 하나로 제한되지 않는다. 순전히 정보를 위해, 아래 표는 상기 씨드층과 에피택셜층의 두께들의 조합들을 제공한다.

표 1

[0099] 씨드층	0.5 μ m	0.05 μ m	0.1 μ m	0.03 μ m
에피택셜층	2.5 μ m	0.95 μ m	5 μ m	0.15 μ m

- [0100] 도 4a 내지도 4e는 제2 실시 예에 따른 방법의 주요 단계들을 도시하며, 여기서 에피택시는 전사 전에 구현된다. 도 4a를 참조하면, 조성 A'B'O₃의 압전 재료를 포함하는 도너 기판(100)이 제공된다. 상기 도너 기판은 동종(도 4a에 도시된 바와 같이) 또는 복합체 일 수 있고; 후자의 경우 조성 A'B'O₃의 표면층을 포함한다. 이것은 이러한 재료로 구성된 잉곳이 없다면, 상기 재료가 적어도 3원 이상인 경우가 특히 그러하다. 이어서, 에피택시에 의해 상기 재료 A'B'O₃ 상에 조성 A'B'O₃의 단결정층(103)이 성장되도록 만들어지며, 상기 조성 A'B'O₃의 물질은 상기 에피택시를 위한 씨드로서 사용된다. 에피택셜 층(103)의 물질은 도너 기판(100)의 물질과 동일하거나 상이할 수 있다.
- [0101] 그 다음, 취성 영역이 도너 기판(100)의 취성 영역 또는 조성 A'B'O₃의 에피택셜층(103)에 형성되어, 전사될 층을 한정한다. 상기 취성 영역은 이온 종들의 주입에 의해 형성될 수 있다(도 4b의 화살표에 의해 도식적으로 도시됨).
- [0102] 도 4b에 도시된 예에서, 취성 영역(101)은 에피택셜층(103) 아래의 도너 기판(100)에 형성된다. 이 경우, 전사될 층은 에피택셜층(103)의 전체 및 도너 기판(100)의 일부로 구성된다.
- [0103] 다른 실시 예(도시되지 않음)에 따르면, 취성 영역은 층(103)에 형성된다. 이 경우에 전달될 층은 상기 층(103)의 자유 표면과 취성 영역(101) 사이에서 연장되는 부분으로 이루어진다.
- [0104] 도 4c를 참조하면, 도너 기판은 리시버 기판(110) 상으로 결합되고, 조성 A'B'O₃의 에피택셜층(103)이 결합 계면에 존재한다.
- [0105] 도 4d를 참조하면, 도너 기판(100)은 도너 기판의 나머지 부분을 회수하고, 스택(103, 100')으로 구성된 상기

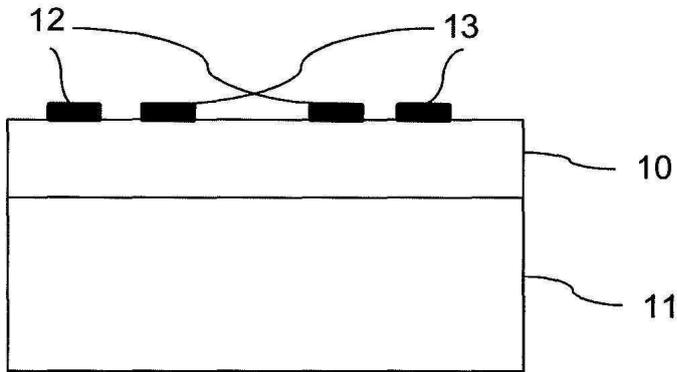
층을 리시버 기판(110) 상으로 전사하기 위해 취성 영역(101)을 따라 분리된다.

- [0106] 도 4e를 참조하면, 전사된 층의 적어도 표면 부분이 제거된다. 이 제거의 목적은 조성 A''B''O₃의 물질을 노출시키도록 적어도 부분(100') 및 가능하게는 층 (103)의 일부를 제거하는 것이다.
- [0107] 이러한 방식으로 얻어진 층(103)은 표면 음향파 또는 벌크 음향파 장치를 제조하는데 사용될 수 있다.
- [0108] 상기 제2 실시 예의 변형에 따라, 조성 A''B''O₃의 부가적인 단결정층(104)을 형성하도록 조성 A''B''O₃의 층(103) 상에 구현된 에피택시의 재개로 이루어진 도 4f에 도시된 추가의 단계가 수행된다. 상기 추가 층(104)의 물질은 층(103)의 물질과 동일할 수 있으며, 이 경우 에피택시의 후자의 단계는 층(103)의 후막화(thickening)를 야기한다(층(104)은 단지 가시적일 수 있도록 층(103)으로부터 분리되도록 도식적으로 표현되어 있지만, 최종 층에서는 가능하게도 그것의 품질을 제외하고는 분리되지 않는다). 대안적으로, 추가 층(104)은 층(103)의 것과 상이한 재료로 제조된다.
- [0109] 층(103) 및 가능하다면 층(104)의 두께는 상기 층을 통합시키려고 의도된 고주파수 장치의 사양에 따라 선택된다. 층(103)의 두께는 전형적으로 0.05 내지 2 μ m이다. 층(104)의 두께는 전형적으로 0.5 내지 20 μ m이다.
- [0110] 어떠한 구현이든, Smart Cut™ 방법에 대한 대안(도시되지 않음)으로서, 도너 기판 및 리시버 기판의 결합 후에, 상기 씨드층이 노출될 때까지 상기 도너 기판의 예를 들어, 기계적 연마 및/또는 화학적 식각에 의한 물질의 제거를 통해 전사가 수행될 수 있다. 이 변형은 도너 기판의 소비를 수반하기 때문에 덜 유리하지만, Smart Cut™ 방법은 도너 기판의 재활용을 가능하도록 허용한다. 반대로, 이 변형은 도너 기판 내에 주입을 필요로하지 않는다.
- [0111] 도 4e 및 도 4f에서 볼 수 있는 바와 같이, 제2 실시 예에 따른 방법 후에, 표면 음향파 장치 또는 벌크 음향파 장치용 기판이 얻어지며, 이것은 리시버 기판(110) 및 상기 리시버 기판(110) 상의 조성 A''B''O₃의 단결정층(103)을 포함하며, 그리고 적용 가능한 경우, 층(103) 상에 조성 A''B''O₃의 층(104)을 포함한다.
- [0112] 이 기판은 도 1에 도시된 바와 같은 표면 음향파 장치 또는 도 2에 도시된 바와 같은 벌크 음향파 장치를 제조하는데 유리하게 사용되며, 여기서 층(103) 또는 적용 가능하다면 층들(103 및 104) 모두는 도 1 및 도 2의 층(10)에 대응하거나, 또는 대안적으로 층을 포함하는 모든 다른 마이크로일렉트로닉스, 포토닉스 또는 광학 장치들에 대응한다.
- [0113] 어떤 경우에는, 에피택셜 성장이 일어나는 상기 리시버 기판이 최종 용도에 최적이지 아닐 수도 있다. 리시버 기판이 에피택시의 동작 조건을 거칠 것이기 때문에, 실제로는 적절한 재료들의 선택이 제한적이다. 특히, 리시버 기판은 에피택시 온도에 의해 손상될 수 있는 층들 또는 원소들을 포함할 수 없다. 그리고, 에피택셜층(103)(도 5a 참조)(또는 적용 가능하다면, 104)의 표면을 통해 상기 기판(111) 상에 그것을 결합(bonding)함으로써 그리고 상기 리시버 기판(도 5b 참조)을 제거함으로써, 추구되는 용도에 따라 그 특성들이 선택되는 최종 기판(111) 상에 층(10)을 전사하는 것이 유리할 수 있다. 이 전사는 위에서 설명한 임의의 전사 기술로 수행할 수 있다. 최종 기판 상으로의 이러한 전사의 다른 이점은 에피택시로부터 생성된 구조에 매립된 씨드층(102)이 이어서 노출되고, 필요하다면, 특히 그것이 결합들을 가진다면 제거될 수 있다는 것이다(도 5c 참조). 원하는 특성을 갖는 에피택셜층(103)(그리고, 적용 가능한 경우, 층(104))(또는 상기 층의 일부)만이 최종 기판(111) 상에 남는다.
- [0114] 표면 음향파 장치를 제조하기를 원한다면, 2개의 서로 맞물린 빗살 형태의 금속 전극들(12, 13)이 리시버 기판(110), 또는 적용 가능하다면 최종 기판 반대의 층(10)의 표면에 퇴적된다(이것이 리시버 기판(110)인지 또는 최종 기판(111)인지 막론하고, 상기 기판은 도 1에 도시된 지지 기판을 형성한다).
- [0115] 벌크 음향파 장치를 제조하기를 원한다면, 상기 기술된 방법은 그에 따라 적합하게 되어야 한다. 먼저, 도 3b에 도시된 결합 단계 이전에, 도너 기판으로부터 전사될 층(102)의 자유 표면 상에 제1 전극이 퇴적되고, 이 제1 전극(도 2에서 참조 부호 13으로 지칭됨)은 최종 스택에 매몰된다. 도 3e에 도시된 에피택셜 성장 단계 후에, 제2 전극(도 2에서 12로 지칭됨)은 제1 전극에 대향하는 층(10)의 자유 표면 상에 퇴적된다. 또 다른 옵션은 전술한 바와 같이 최종 기판에 층을 전사하고, 상기 전사 전후에 상기 전극들을 형성하는 것이다. 둘째로, 리시버 기판(110) 내에서 전파하는 음향파를 방지하기 위해, 분리 수단이 상기 기판에 결합될 수 있으며, 이것은 예를 들어, 브래그 미러(도 2에 도시된 바와 같이) 또는 기판(110) 또는 적용 가능하다면 최종 기판(111)에 사전에 식각된 캐비티(cavity)일 수 있다.

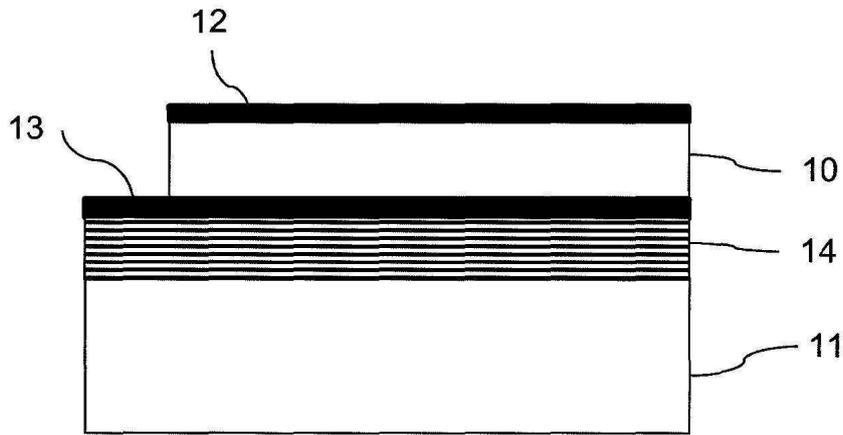
- [0116] 어떤 구현이 선택되든지, 본 발명에 따른 방법은 2원성 뿐만아니라 3원성 또는 4원성인 단결정 층이 형성되도록 해주며, 따라서 표면 음향파 또는 벌크 음향파 장치들에 전통적으로 사용된 물질들보다 더 큰 상기 층에 대한 특성들의 선택을 허용하게 해준다. 이 수단들에 의해, 압전 재료의 결합 계수와 전기기계적 효율 사이의 만족할 만한 절충이 보다 용이하게 얻어질 수 있다.
- [0117] 이러한 압전 물질 해결책들의 발달이 특히 고려되는 다른 응용 분야는 마이크로-센서들 및 마이크로-액츄에이터들의 분야이다. 마이크로-센서들의 경우 목표는 일반적으로 외부의 응력에 의해 생성되는 변형을 측정하는 것일 것이다. 반면에, 마이크로-액츄에이터들의 경우, 목표는 연속적이거나 또는 가변적인 전기장의 인가를 통해 성분의 변형 또는 이동 부분의 변위를 야기하는 것을 추구할 것이다. 압전 물질의 사용은 기계적 변형 및 전기 신호와 관련될 수 있다. 예를 들어, 음향학 분야에서, 외부의 응력은 멤브레인을 변형시키는 압력파이다. 이는 가청 스펙트럼(audible spectrum) 내일 수 있고, 일반적으로 고려되는 대상들은 마이크로폰(센서 모드에서) 및 확성기들(액츄에이터 모드에서)이다. 이것은 예를 들어, 압전 미세기계 초음파 트랜듀서(Piezo Micromachined Ultrasonic Transducers, PMUT)의 제조를 위하여 가청 주파수들을 넘어 진행될 수 있다. 이는 또한 정적 압력 센서들, 또는 대안적으로 관성 센서들(가속 센서들, 자이로스코프들 등)과 관련될 수 있으며, 이를 위해 가속의 영향 하에서 이동되는 이동하는 질량의 운동이 압전 물질에 의해 측정된다. 압전 물질은 전체 변형된 성분(멤브레인, 빔, 칸타레버 등) 또는 유리하게는 변형 가능한 부분의 기계적 특성들을 더욱 개선하기 위하여 예를 들어, 실리콘과 같은 다른 물질들과 이것을 적층함으로써, 단지 이들의 일부분을 포함한다. 액츄에이터들의 카테고리에서, 압전 물질들은 매우 정밀한 변위를 조절할 수 있으며, 예를 들어 프린트 카트리지들로부터, 또는 마이크로-유체 시스템들로부터 잉크를 배출하기 위하여, 또는 대안적으로 광학 마이크로시스템의 초점 거리를 조정하기 위하여 사용될 수 있다.
- [0118] 참고문헌
- [0119] [1] W. Steichen and S. Ballandras, "Acoustic components used for filtering - Review of the different technologies", *Techniques de l'Ingénieur*, E2000, 2008
- [0120] [2] Doctoral thesis (Dipl. Phys. ETH Zurich), " $K_{1-y}Na_yTa_{1-x}NbO_3$ thin film Electro-optics" (Diss. ETH No. 17275)
- [0121] [3] L. S. Hung, J. A. Agostinelli, J. M. Mir, and L. R. Zheng, "Epitaxial nonlinear optical films of LiTaO3 grown on GaAs in waveguide form", *Appl. Phys. Lett.* 62 (24), 14 June 1993, p 3071
- [0122] [4] E. Dogheche and D. Remiens, S. Shikata, A. Hachigo, and H. Nakahata, "High-frequency surface acoustic wave devices based on LiNbO3/diamond multilayered structure", *APPLIED PHYSICS LETTERS* 87, 213503, 2005
- [0123] [5] A. Bartasyte, V. Plausinaitiene, A. Abrutis, T. Murauskas, P. Boulet, S. Margueron, J. Gleize, S. Robert, V. Kubilius, and Z. Saltyte, "Residual stresses and clamped thermal expansion in LiNbO3 and LiTaO3 thin films", *APPLIED PHYSICS LETTERS* 101, 122902 (2012)
- [0124] [6] Letters to Nature, *Nature* 432, 84-87 (4 November 2004) doi: 10.1038/nature03028; "Lead-free piezoceramics", Yasuyoshi Saito, Hisaaki Takao, Toshihiko Tani, Tatsuhiko Nonoyama, Kazumasa Takatori, Takahiko Homma, Toshiatsu Nagaya & Masaya Nakamura

도면

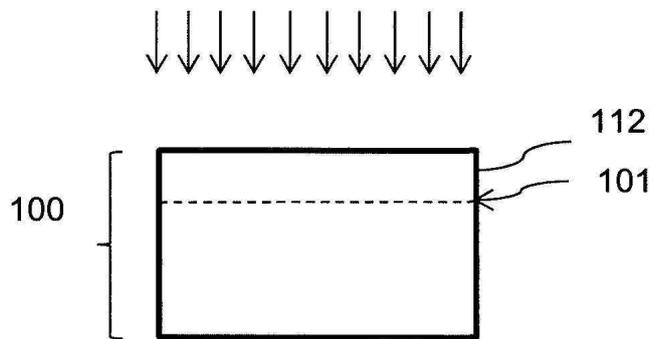
도면1



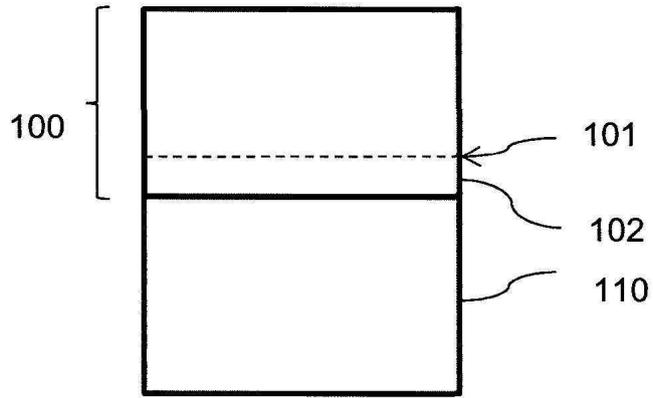
도면2



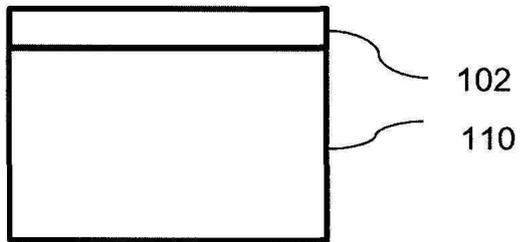
도면3a



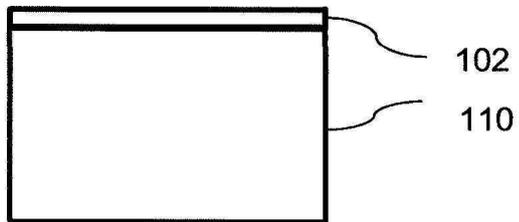
도면3b



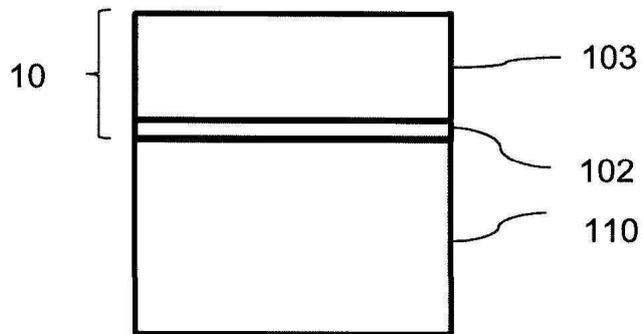
도면3c



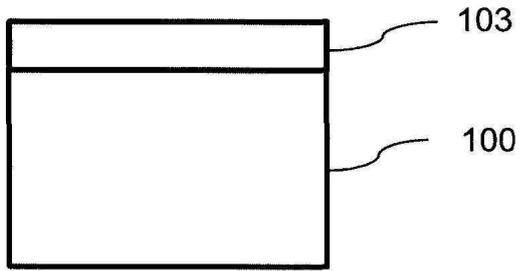
도면3d



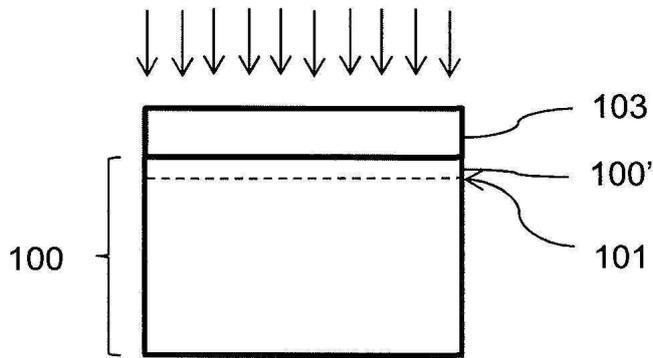
도면3e



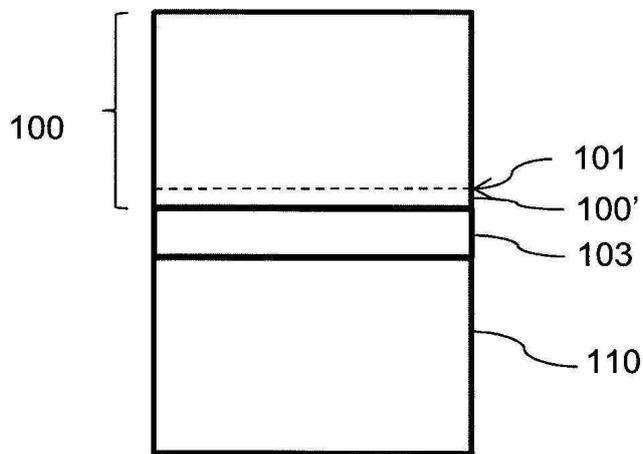
도면4a



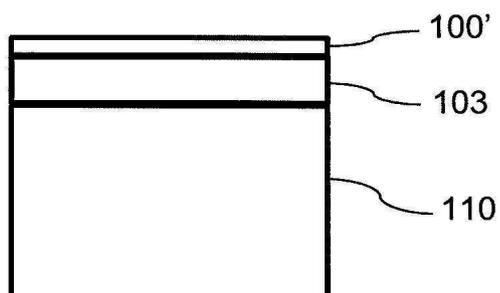
도면4b



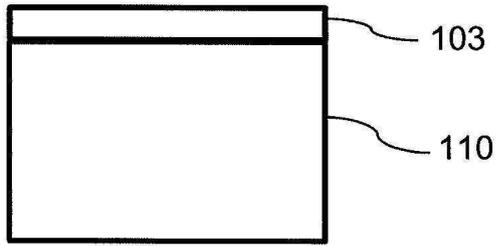
도면4c



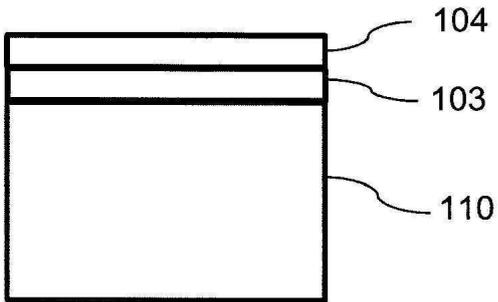
도면4d



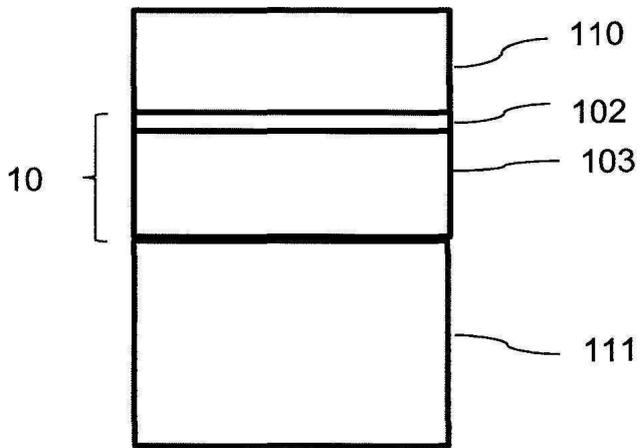
도면4e



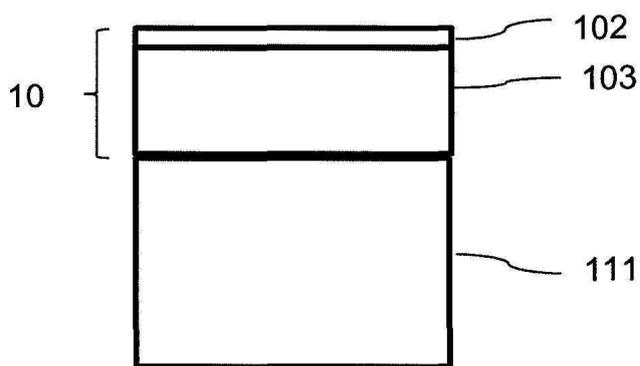
도면4f



도면5a



도면5b



도면5c

