



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0095100
(43) 공개일자 2020년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/35 (2006.01) C23C 14/08 (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 14/352 (2013.01)
C23C 14/088 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0012763
(22) 출원일자 2019년01월31일
심사청구일자 2019년01월31일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이호선
경기도 성남시 분당구 구미로 100, 1002동 101호 (구미동, 무지개마을건영, 삼성아파트)
정대호
경기도 용인시 기흥구 서천서로20번길 18-6, 302호(서천동)
소현섭
경기도 안성시 대덕면 건지안골길 30, 가동 401호(대원빌라)
(74) 대리인
김연권

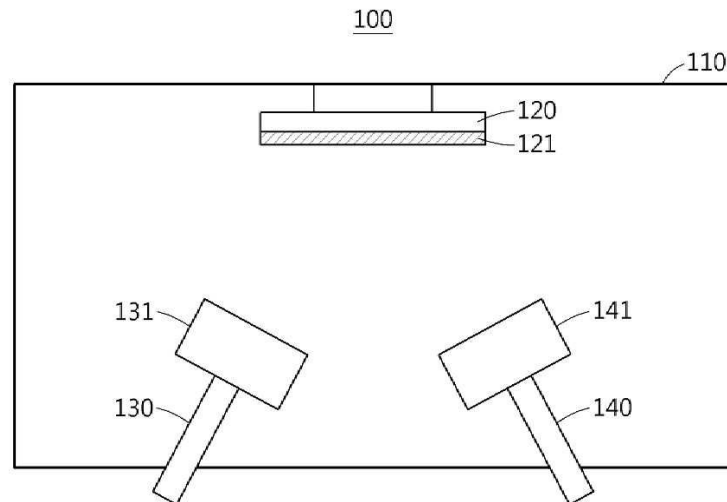
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 마그네트론 스퍼터링 장치 및 이를 이용한 박막 증착 방법

(57) 요약

본 발명은 마그네트론 스퍼터링 장치 및 이를 이용한 박막 증착 방법에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치는 스퍼터링 방법을 통해 기판 상에 박막 증착 공정을 수행하기 위한 공간을 제공하는 챔버와, 챔버 내에서 기판을 지지하는 애노드 모듈 및 기판에 대향되는 위치에 배치되는 적어도 하나 이상의 타겟과 각각 결합되는 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈을 포함할 수 있고, 적어도 하나 이상의 타겟은 $Sr_2V_2O_7$ 스퍼터링 타겟일 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
C23C 14/3414 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20181683
부처명	한국연구재단(통합)
연구관리전문기관	한국연구재단(학술진흥)
연구사업명	이공분야기초연구사업/이공학개인지초연구지원사업
연구과제명	상관관계 금속 산화물을 이용한 신개념 투명 도체 연구 (3/4)
기 여 율	1/1
주관기관	경희대학교 산학협력단
연구기간	2016.11.01 ~ 2019.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

스퍼터링 방법을 통해 기판 상에 박막 증착 공정을 수행하기 위한 공간을 제공하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기판을 지지하는 애노드 모듈 및

상기 기판에 대향되는 위치에 배치되는 적어도 하나 이상의 타겟과 각각 결합되는 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈

을 포함하고,

상기 적어도 하나 이상의 타겟은 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟인 것을 특징으로 하는 스퍼터링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 박막은 바나듐산스트론튬(Strontium vanadate, SrVO_3) 박막인 것을 특징으로 하는

스퍼터링 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 스퍼터링 방법은 RF 마그네트론 스퍼터링 방법인 것을 특징으로 하는

스퍼터링 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 애노드 모듈은 상기 적어도 하나 이상의 타겟 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 상기 기판의 위치를 제어하는

스퍼터링 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 스퍼터링 방법은

상기 챔버 내에서 2×10^{-6} torr 내지 4×10^{-6} torr 범위 내의 진공도를 갖는 환경을 조성하고, 상기 챔버 내에 수소(H_2)와 아르곤(Ar)이 혼합된 반응기체를 주입하여 상기 적어도 하나 이상의 타겟 주변에 플라즈마를 형성하는

스퍼터링 장치.

청구항 6

애노드 모듈이 챔버 내로 로딩되는 기판을 지지하는 단계 및

상기 챔버 내에서 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈과 각각 결합되고 상기 기판과 대향되는 위치에 배치된 적어도 하나 이상의 타겟을 이용한 스퍼터링 방법을 통해 상기 기판 상에 박막을 증착하는 단계

를 포함하고,

상기 적어도 하나 이상의 타겟은 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟인 것을 특징으로 하는 스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 박막은 바나듐산스트론튬(Strontium vanadate, SrVO_3) 박막인 것을 특징으로 하는

스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 스퍼터링 방법은 RF 마그네트론 스퍼터링 방법인 것을 특징으로 하는

스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 기판을 지지하는 단계는 상기 애노드 모듈에서 상기 적어도 하나 이상의 타겟 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 상기 기판의 위치를 제어하는

스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 박막을 증착하는 단계는 상기 챔버 내에서 2×10^{-6} torr 내지 4×10^{-6} torr 범위 내의 진공도를 갖는 환경을 조성하고, 수소(H_2)와 아르곤(Ar)이 혼합된 반응기체를 주입하여 상기 타겟 주변에 플라즈마를 형성하는

스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 플라즈마는 4 mtorr 내지 8 mtorr 범위 내의 챔버 압력에서 상기 애노드 모듈과 상기 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈 양단에 50W 내지 100W 범위 범위 내의 스퍼터 파워를 인가한 상태에서 상기 반응기체를 10 sccm 범위 내의 분압으로 제어하여 형성하는

스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 박막이 증착된 기판을 100℃ 내지 400℃ 내의 온도에서 1시간 내지 5 시간 범위 내에서 열처리하는 단계를 더 포함하는

스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스퍼터링 장치 및 이를 이용한 박막 증착 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 박막을 증착하는 기술적 사상에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 투명하면서 동시에 전도성이 우수한 물질은 전기 소자, 디스플레이, 에너지 소자 등에서 유용하게 사용되고 있다. 그러나 투명함과 전도성이라는 두 가지 특성은 서로 배타적인 특성이기 때문에 전자 또는 양공을 전하 운반자로 이용하는 투명 도체(Transparent conductor, TC)를 제작하는데 어려움이 있다.
- [0003] 광범위한 투명 전도성 산화물(Transparent conductor oxide, TCO) 재료의 사용은 1960년대에 산화인듐(In₂O₃) 등으로 시작되었고, 1970년대 이후로는 In₂O₃:Sn(ITO)가 가장 많이 투명 전극재료로 쓰였다.
- [0004] 최근 널리 사용되고 있는 TCO 물질은 SnO₂:X(X: F, Sb), ITO(InSnO), ZnO:X(X: Al, Ga) 등이 있으며, 이들은 밴드갭 에너지가 3eV 이상이고, 가시광선 영역에서 투명하며, 비저항은 10⁻³ Ωcm 이하로 나타난다.
- [0005] 일반적으로 TCO 물질은 n-형 전도도를 보이고, 전하운반자 농도는 평균 1.5x10²¹ cm⁻³이며, 일반적인 금속들보다 전하운반자 농도가 50-100배 작다. 전기 이동도가 100 cm²V⁻¹s⁻¹으로 비교적 크지만, 비저항이 우수한 전기적 성질을 갖는 Ag, Au, Al, Cu 등에 비해서 50-500배 더 크다. 우수한 투명 전도성 산화물 물질들은 일반적으로 파동함수가 서로 겹치는 s-궤도로 이루어져 있어서 전도도가 우수하다.
- [0006] TCO 중 산업계에서 가장 많이 쓰이는 우수한 물질은 Sn(Tin, 주석)이 도핑된 ITO이다. ITO는 높은 광학 투명도와 높은 전기전도도를 동시에 가지고 있다. 그러나 인듐(In) 원소의 희소성에 의한 경제적 문제는 물론, 초박막에서의 비저항이 커서, 새로운 TCO 물질의 개발이 필요한 실정이다.
- [0007] 산화주석(SnO₂)은 값이 싸고, 화학적으로 안정되지만, 저항이 크고 공정 온도가 상대적으로 높다. 산화아연(ZnO)은 전기적 및 광학적 성질이 ITO와 비슷하게 우수하지만 화학적으로 불안정하다.
- [0008] 페로브스카이트(Perovskite) 산화물 금속은 상관관계의 전자(Correlated electrons)들을 가지고 있고, 이 전자들은 전자들 간의 상호 작용에 의해서 운반자들의 질량이 재규격화 된다. 즉, 질량이 커지면서 투명해진다.
- [0009] 구체적으로, 페로브스카이트 산화물 금속은 높은 전기전도도(σ)를 가지고 있고 가시광선 영역에서 투명하려면 가시광선 영역에서 빛의 흡수와 반사가 최소화되어야 하며, 높은 운반자 농도와 작은 운반자 산란(Scattering)이 필요하다.
- [0010] 이상적으로 가시광선 영역에서 투명하기 위해서는 가려진 플라즈마 에너지(ω_p , Screened plasma energy)에 의해서 정해지는 자유 운반자 반사 끝머리(Free carrier reflection edge)가 1.75eV 보다 작아야 하고, 띠사이 전이(Interband transition)에 의해서 생기는 강한 빛의 흡수가 3.25eV 보다 커야 한다. 가려진 플라즈마 에너지는 하기 수학적식을 통해 도출될 수 있다.
- [0011] [수학적식1]
- $$\hbar\omega_p = \hbar \left(\frac{e}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r}} \right) \sqrt{n/m^*}$$
- [0012]
- [0013] 수학적식1에 따르면, 자유 운반자 반사 끝머리는 자유 운반자 농도 n 과 유효 질량 m^* 의 비 (n/m^*)를 적절히 조절해서 최소화할 수 있다. 또한, 전기전도도(σ , electrical conductivity)는 하기 수학적식2를 통해 도출될 수 있다.
- [0014] [수학적식2]
- $$\sigma = en\mu = e^2 \tau \left(\frac{n}{m^*} \right)$$
- [0015]
- [0016] 수학적식2에 따르면, 전기전도도(σ)를 높이려면 n/m^* 를 크게 해야 한다. 따라서 n/m^* 가 투명 전도성 물질의 중요한 변수임을 알 수 있다. 즉, n/m^* 를 크게 해서 전기전도도를 높여야 하지만, 플라즈마 에너지에 의해서 정해지는 자유 운반자 반사 끝머리는 가시광선 영역보다 작도록 n/m^* 의 크기를 제한해야 한다는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0017] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2017-0126724호 "스퍼터링 장치 및 이를 이용한 막 형성 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 값 비싼 인듐을 포함하지 않으면서 투명전극 재료로서 최적화된 SrVO_3 박막을 효과적으로 증착시킬 수 있는 스퍼터링 장치 및 이를 이용한 박막 증착 방법을 제공하고자 한다.

[0019] 본 발명은 400°C 이하의 저온에서 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 SrVO_3 박막을 용이하게 증착시킬 수 있는 스퍼터링 장치 및 이를 이용한 박막 증착 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0020] 일실시예에 따른 스퍼터링 장치는 스퍼터링 방법을 통해 기판 상에 박막 증착 공정을 수행하기 위한 공간을 제공하는 챔버와, 챔버 내에서 기판을 지지하는 애노드 모듈 및 기판에 대향되는 위치에 배치되는 적어도 하나 이상의 타겟과 각각 결합되는 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈을 포함하고, 적어도 하나 이상의 타겟은 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟일 수 있다.

[0021] 일측에 따르면, 박막은 바나듐산스트론튬(Strontium vanadate, SrVO_3) 박막일 수 있다.

[0022] 일측에 따르면, 스퍼터링 방법은 RF 마그네트론 스퍼터링 방법일 수 있다.

[0023] 일측에 따르면, 애노드 모듈은 적어도 하나 이상의 타겟 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 기판의 위치를 제어할 수 있다.

[0024] 일측에 따르면, 스퍼터링 방법은 챔버 내에서 2×10^{-6} torr 내지 4×10^{-6} torr 범위 내의 진공도를 갖는 환경을 조성하고, 챔버 내에 수소(H_2)와 아르곤(Ar)이 혼합된 반응기체를 주입하여 적어도 하나 이상의 타겟 주변에 플라즈마를 형성할 수 있다.

[0025] 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법은 애노드 모듈이 챔버 내로 로딩되는 기판을 지지하는 단계 및 챔버 내에서 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈과 각각 결합되고 기판과 대향되는 위치에 배치된 적어도 하나 이상의 타겟을 이용한 스퍼터링 방법을 통해 기판 상에 박막을 증착하는 단계를 포함하고, 적어도 하나 이상의 타겟은 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟일 수 있다.

[0026] 일측에 따르면, 박막은 바나듐산스트론튬(Strontium vanadate, SrVO_3) 박막일 수 있다.

[0027] 일측에 따르면, 스퍼터링 방법은 RF 마그네트론 스퍼터링 방법일 수 있다.

[0028] 일측에 따르면, 기판을 지지하는 단계는 애노드 모듈에서 적어도 하나 이상의 타겟 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 기판의 위치를 제어할 수 있다.

[0029] 일측에 따르면, 박막을 증착하는 단계는 챔버 내에서 2×10^{-6} torr 내지 4×10^{-6} torr 범위 내의 진공도를 갖는 환경을 조성하고, 수소(H_2)와 아르곤(Ar)이 혼합된 반응기체를 주입하여 타겟 주변에 플라즈마를 형성할 수 있다.

[0030] 일측에 따르면, 플라즈마는 4 mtorr 내지 8 mtorr 범위 내의 챔버 압력에서 애노드 모듈과 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈 양단에 50W 내지 100W 범위 내의 스퍼터 파워를 인가한 상태에서 반응기체를 5 sccm 내지 15 sccm 범위 내의 분압으로 제어하여 형성할 수 있다.

[0031] 일측에 따르면, 박막이 증착된 기판을 100°C 내지 400°C 내의 온도에서 1시간 내지 5 시간 범위 내에서 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 일실시에 따르면, 값 비싼 인듐을 포함하지 않으면서도 투명전극 재료로서 최적화된 SrVO_3 박막을 효과적으로 증착시킬 수 있다.
- [0033] 일실시에 따르면, 400°C 이하의 저온에서 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 SrVO_3 박막을 용이하게 증착시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 일실시에 따른 스퍼터링 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2a 내지 도 2b는 일실시에 따른 스퍼터링 장치를 통해 기판 상에 형성된 SrVO_3 박막을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 SrVO_3 박막의 XRD 분석 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 SrVO_3 박막의 투과율을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 일실시에 따른 스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0036] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0037] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0038] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0039] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0040] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0042] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

- [0044] 도 1은 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0045] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치(100)는 값 비싼 인듐(In)을 포함하지 않으면서 투명전극 재료로서 최적화된 SrVO_3 박막을 효과적으로 증착시킬 수 있다. 또한, 400°C 이하의 저온에서 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 SrVO_3 박막을 용이하게 증착시킬 수 있다.
- [0046] 이를 위해, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치(100)는 챔버(110), 애노드 모듈(120) 및 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈(130, 140)을 포함할 수 있다.
- [0047] 일측에 따르면, 스퍼터링 장치(100)는 스퍼터링 공정 수행을 위하여 반응기체를 챔버(110) 내로 주입하는 가스 주입 수단, 챔버(110) 내 압력을 제어하는 압력 제어 수단, 챔버(110) 내 온도를 제어하는 온도 제어 수단 및 애노드 모듈(120) 및 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈(130, 140) 양단에 스퍼터 파워(Sputter power)를 인가하는 전력 제어 수단을 더 포함할 수도 있다.
- [0048] 일실시예에 따른 가스 주입 수단, 압력 제어 수단, 온도 제어 수단 및 전력 제어 수단은 기공지된 스퍼터링 장치에서 사용되는 수단들과 동일한 기능을 수행하므로, 이하에서는 가스 주입 수단, 압력 제어 수단, 온도 제어 수단 및 전력 제어 수단과 관련한 상세한 기재는 생략하기로 한다.
- [0049] 구체적으로, 일실시예에 따른 챔버(110)는 스퍼터링 방법을 통해 기관(121) 상에 박막 증착 공정을 수행하기 위한 공간을 제공할 수 있다.
- [0050] 일측에 따르면, 기관(121) 상에 형성되는 박막은 바나듐산스트론튬(Strontium vanadate, SrVO_3) 박막일 수 있다.
- [0051] 일실시예에 따른 애노드 모듈(120)은 챔버(110) 내에서 기관(121)을 지지할 수 있다. 또한, 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈(130)은 기관(121)에 대향되는 위치에 배치되는 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141)과 각각 결합될 수 있다.
- [0052] 다시 말해, 애노드 모듈(120)은 기관(121)을 지지하는 기관 홀더(Substrate Holder)의 기능을 수행할 수 있다.
- [0053] 예를 들면, 기관(121)은 박막을 증착 형성하기 위한 베이스 기관으로서, 당 분야에서 사용하는 기관으로 그 재질을 특별하게 한정하는 것은 아니나, 실리콘, 유리, 석영, 플라스틱 또는 금속 호일(Foil)과 같은 다양한 재질을 사용할 수 있다.
- [0054] 보다 구체적인 예를 들면, 플라스틱 기관으로는 PET(Polyethylene terephthalate), PEN(Polyethylenenaphthelate), PP(Polypropylene), PC(Polycarbonate), PI(Polyamide), TAC(Tri acetyl cellulose) 및 PES(Polyethersulfone) 중 적어도 하나를 포함하거나, 알루미늄 포일(aluminum foil) 및 스테인리스 스틸 포일(Stainlesssteel foil) 중 어느 하나를 포함하는 플렉서블(Flexible) 기관이 이용될 수도 있다.
- [0055] 한편, 일실시예에 따른 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141)은 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟일 수 있다.
- [0056] 예를 들면, 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141) 각각은 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 함유량이 99.5wt%인 스퍼터링 타겟일 수 있다.
- [0057] 일측에 따르면, 애노드 모듈(120)은 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141) 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 기관(121)의 위치를 제어할 수 있다.
- [0058] 예를 들면, 애노드 모듈(120)은 제1 타겟(131)과 제2 타겟(141) 사이의 중간 지점으로부터 기관(121) 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 제어할 수 있다.
- [0059] 또한, 애노드 모듈(120)은 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 제어할 수도 있다.
- [0060] 바람직하게는, 기관(121)과 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141) 사이의 거리는 15cm로 고정될 수 있다.
- [0061] 일측에 따르면, 기관(121) 상에 박막을 증착하기 위한 스퍼터링 방법은 챔버(110) 내에서 2×10^{-6} torr 내지 4×10^{-6} torr 범위 내의 진공도를 갖는 환경을 조성하고, 챔버 내에 수소(H_2)와 아르곤(Ar)이 혼합된 반응기체를 주

입하여 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141) 주변에 플라즈마를 형성할 수 있다.

[0062] 다시 말해, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치(100)는 챔버 내부를 2×10^{-6} torr 내지 4×10^{-6} torr 범위 내의 진공도로 제어하고, 반응기체를 주입하여 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 타겟(131, 141) 주변에 플라즈마를 형성함으로써, 기관 상에(121)에 SrVO_3 박막을 용이하게 증착할 수 있다.

[0063] 즉, 스퍼터링 장치(100)는 애노드 모듈(120)과 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈(130, 140) 양단에 스퍼터 파워를 인가하여 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141)에 음극(Cathode)이 형성되면, 적어도 하나 이상의 타겟(131, 141)은 상부에 위치한 기관(121)을 향해 증착 물질을 제공할 수 있다.

[0064] 일측에 따르면, 수소(H_2)와 아르곤(Ar)이 혼합된 반응기체는 하기 수학적식3을 통해 도출되는 기체일 수 있다.

[0065] [수학적식3]

$$\text{H}_2 \text{ 25\% } \left(\frac{H_2}{H_2 + Ar} \right)$$

[0066]

[0067] 여기서, H_2 는 수소 기체의 부피, Ar은 아르곤 기체의 부피 일 수 있다.

[0068] 다시 말해, 수학적식3에 따르면 혼합된 반응기체는 아르곤(Ar) 가스가 75%, 아르곤(Ar) 가스가 25%의 부피비로 혼합된 기체일 수 있다.

[0069] 일측에 따르면, 스퍼터링 과정에서 기관(121)을 지지하는 애노드 모듈(120)은 제1 타겟(131) 및 제2 타겟(141)에서 생성된 플라즈마가 도달하지 않는 영역인 제1 타겟(131) 및 제2 타겟(141) 사이에 형성될 수 있다.

[0070] 일반적으로, 플라즈마는 애노드 모듈(120)과 제1 캐소드 모듈(130) 및 제2 캐소드 모듈(140) 사이에 전압을 인가하여 제1 타겟(131) 및 제2 타겟(141)의 상부에 생성될 수 있다.

[0071] 즉, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치(100)는 챔버(110) 내에서 제1 타겟(131)의 상부에 형성되는 고밀도의 제1 플라즈마 영역, 제2 타겟(141)의 상부에 형성된 고밀도의 제2 플라즈마 영역 및 제1 타겟(131)과 제2 타겟(141) 사이에 형성된 저밀도의 제3 플라즈마 영역을 포함할 수 있다.

[0072] 종전의 스퍼터링 방법은 기관(121)을 타겟 상부의 플라즈마가 생성되는 부근인 고밀도 플라즈마 영역에 배치하여 기관(121)과 타겟 사이에 생성되는 플라즈마 밀도가 일정하여 플라즈마 내에 포함되는 전자나 반응성 이온의 농도 조절이 어려워 전자로 인한 박막 결함이 생성되는 문제가 있었다.

[0073] 그러나, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치(100)는 플라즈마 밀도가 낮은 저밀도의 제3 플라즈마 영역에서 박막의 증착 과정이 진행되기 때문에 균일한 박막을 형성할 수 있고, 기관 주변의 전자의 농도를 감소시킴으로써 전자에 의한 박막 결함을 억제할 수 있다.

[0074] 일측에 따르면, 스퍼터링 장치(100)는 기관(121)에 가해지는 플라즈마 밀도를 조절하여 기관(121) 주변의 전자 및 반응성 이온의 농도를 제어함으로써, 기관(121) 상에 형성되는 박막의 두께를 제어할 수 있다.

[0075] 일측에 따르면, 스퍼터링 장치(100)는 제1 타겟(131) 및 제2 타겟(141) 사이에 형성된 저밀도의 제3 플라즈마 영역에서 박막을 증착함으로써 증착 속도(Growth rate)를 증가시킬 수 있다.

[0076] 보다 구체적으로, 스퍼터링 장치(100)는 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 수평 방향의 제1 거리를 조절하여 박막의 증착 속도를 제어할 수 있다.

[0077] 예를 들면, 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 수평 방향의 제1 거리는 1cm 내지 5cm일 수 있다. 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 수평 방향의 제1 거리가 1cm 이하이면, 플라즈마 밀도가 너무 높아져 저항변화층(150)에 결함이 생성되는 문제가 있고, 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 수평 방향의 제1 거리(d1)가 5cm를 초과하면 증착 속도가 감소되는 문제가 발생할 수 있다.

[0078] 또한, 스퍼터링 장치(100)는 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 수직 방향의 제2 거리를 조절하여 저항변화층(150)의 증착 속도를 제어할 수 있다.

[0079] 플라즈마 밀도는 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 수직 방향의 제2 거리(높이)에 따라 조절될 수 있다. 예를 들면, 제1 타겟(131)과 제2 타겟(141)과 기관(121) 사이의 수직 방향의 제2 거리가 가까워

질수록 플라즈마 밀도는 증가하고, 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기판(121) 사이의 수직 방향의 제2 거리가 멀어질수록 플라즈마 밀도는 감소될 수 있다.

[0080] 예를 들면, 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기판(121) 사이의 수직 방향의 제2 거리는 5cm 내지 20cm일 수 있다. 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기판(121) 사이의 수직 방향의 제2 거리가 5cm이하이면, 플라즈마 밀도가 너무 높아져 박막에 결함이 생성되는 문제가 있고, 제1 타겟(131) 또는 제2 타겟(141)과 기판(121) 사이의 수직 방향의 제2 거리가 20cm를 초과하면, 증착 속도가 감소되는 문제가 발생할 수 있다.

[0082] 도 2a 내지 도 2b는 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 통해 기판 상에 형성된 SrVO_3 박막을 설명하기 위한 도면이다.

[0083] 도 2a 내지 도 2b를 참조하면, 참조부호 210은 도 1의 스퍼터링 장치를 통해 기판(Substrate) 상에 형성된 SrVO_3 박막을 나타내고, 참조부호 220은 SrVO_3 박막의 바나듐산스트론튬(SrVO_3)의 결정 구조를 나타낸다.

[0084] 구체적으로, 참조부호 210에 따르면, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟을 이용하는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 기판 상에 SrVO_3 박막을 형성할 수 있다.

[0085] 바람직하게는, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치는 기판 상에 SrVO_3 박막을 66 nm 두께로 증착 형성할 수 있다.

[0086] 참조부호 220에 따르면, SrVO_3 결정은 정육면체 페로브스카이트 구조이고, 격자상수는 $c=3.842 \text{ \AA}$ 를 나타내며, 가피는 산소 2p궤도에서 나오고, 바나듐의 5d 궤도는 산소원자에 의한 결정장(Crystal field) 효과에 의해서 e_g 그룹의 이중항 상태(duplet state)와 t_{2g} 그룹의 삼중항상태(Triplet state)로 나뉘며, 여기서 e_g 그룹이 전도띠를 이룬다.

[0087] SrVO_3 결정은 가시광선 영역에서 락스미 전이가 약하며, $3d^1$ 배위(Configuration)을 가지고 있고, 단위셀(Unit cell) 당 자유 전자가 1개이며, 단순한 페르미 액체(Simple Fermi liquid) 시스템을 이룬다. 또한, 전자들은 강한 상관관계를 가지고 있어서, 스펙트럼 무게전달(Spectral weight transfer)이 일어난다.

[0088] 상온에서 SrVO_3 결정의 면저항은 $6 \Omega/\text{sq}$ (두께 45 nm), $150 \Omega/\text{sq}$ (두께 4 nm)를 나타낸다. 즉, 전기전도도 값이 각각 $3.5 \times 10^4 \text{ Scm}^{-1}$, $1.6 \times 10^4 \text{ Scm}^{-1}$ 으로 ITO 보다 우수한 값을 나타낸다.

[0089] 운반자 농도는 SrVO_3 의 경우에 평균값이 $2.26 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ 으로 ITO 보다 열배 (One order of magnitude) 정도 컷으나, SrVO_3 의 경우에 강한 상관관계의 전자들이고, d 전자의 방향성에 의해서 락스미가 작고 유효질량이 커서, 전기 이동도는 열배(One order of magnitude) 정도 작았다. 그러나, 작은 이동도는 큰 운반자 농도에 의해 상쇄되어, 전기 전도도는 ITO에 비해서 더 우수한 것으로 나타났다.

[0090] 즉, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 통해 값비싼 인듐(In)을 포함하지 않으며 전기소자, 디스플레이, 에너지 소자 등의 투명전극 재료로서 우수한 성능을 보이는 SrVO_3 박막을 효과적으로 성장시킬 수 있다.

[0092] 도 3은 SrVO_3 박막의 XRD 분석 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0093] 도 3을 참조하면, 참조부호 300은 SrVO_3 박막에 대하여 XRD(X-Ray Diffractometry)의 2theta-omega scan으로부터 측정된 결정질 피크(Crystalline peak)의 강도(Intensity)를 나타낸다.

[0094] 참조부호 300에 따르면, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 통해 증착 형성된 SrVO_3 박막은 우수한 결정성을 보이는 것으로 나타났다.

- [0096] 도 4는 SrVO_3 박막의 투과율을 설명하기 위한 도면이다.
- [0097] 도 4를 참조하면, 참조부호 400은 빛의 파장(Wavelength)에 따른 SrVO_3 박막의 빛 투과(Transmission) 특성을 나타낸다.
- [0098] 도 4에 따르면, 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 통해 증착 형성된 SrVO_3 박막은 가시광선 대역(400~760nm)에서 우수한 빛 투과 특성을 보이는 것으로 나타났다.
- [0100] 도 5는 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0101] 다시 말해, 도 5는 도 1 내지 도 4를 통해 설명한 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 이용한 박막 형성 방법을 설명하는 도면으로서, 이후 도 5를 통해 설명하는 내용 중 일실시예에 따른 스퍼터링 장치를 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0102] 도 5를 참조하면, 510단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 애노드 모듈이 챔버 내로 로딩되는 기판을 지지할 수 있다.
- [0103] 일측에 따르면, 510단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 애노드 모듈에서 적어도 하나 이상의 타겟 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 기판의 위치를 제어할 수 있다.
- [0104] 예를 들면, 애노드 모듈은 제1 타겟과 제2 타겟 사이의 중간 지점으로부터 기판 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 제어할 수 있다.
- [0105] 또한, 애노드 모듈은 제1 타겟 또는 제2 타겟과 기판 사이의 거리가 10cm 내지 20cm 내에 위치 하도록 제어할 수도 있다.
- [0106] 바람직하게는, 510단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 타겟과 기판 사이의 거리를 15cm로 고정하고, 기판의 온도를 400℃로 유지할 수 있다.
- [0107] 다음으로, 520단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 챔버 내에서 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈과 각각 결합되고 기판과 대향되는 위치에 배치된 적어도 하나 이상의 타겟을 이용한 스퍼터링 방법을 통해 기판 상에 박막을 증착할 수 있다.
- [0108] 일측에 따르면, 적어도 하나 이상의 타겟은 $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟일 수 있다. 또한, $\text{Sr}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 스퍼터링 타겟을 통해 기판 상에 증착 형성되는 박막은 바나듐산스트론튬(Strontium vanadate, SrVO_3) 박막일 수 있다.
- [0109] 일측에 따르면, 박막을 증착하기 위한 스퍼터링 방법은 RF 마그네트론 스퍼터링 방법일 수 있다.
- [0110] 일측에 따르면, 520단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 챔버 내에서 2×10^{-6} torr 내지 4×10^{-6} torr 범위 내의 진공도를 갖는 환경을 조성하고, 수소(H_2)와 아르곤(Ar)이 혼합된 반응기체를 주입하여 타겟 주변에 플라즈마를 형성할 수 있다.
- [0111] 바람직하게는, 520단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 챔버 내에서 3×10^{-6} torr의 진공도를 갖는 환경을 조성할 수 있다.
- [0112] 일측에 따르면, 520단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 4 mtorr 내지 8 mtorr 범위 내의 챔버 압력에서 애노드 모듈과 적어도 하나 이상의 캐소드 모듈 양단에 50W 내지 100W 범위 내의 스퍼터 파워를 인가한 상태에서 반응기체를 5 sccm 내지 15 sccm 범위 내의 분압으로 제어하여 플라즈마를 형성할 수 있다.
- [0113] 바람직하게는, 520단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 6 mtorr의 챔버 압력에서 70W의 스퍼터 파워를 인가한 상태에서 아르곤(Ar) 가스가 25%의 부피비로 혼합된 반응기체를 10 sccm 분압으로 제어하여 플라즈마를 형성할 수 있으며, 형성된 플라즈마를 통해 5시간 동안 SrVO_3 박막을 증착할 수 있다.
- [0114] 일측에 따르면, 530단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 박막이 증착된 기판을 100℃ 내지 400℃ 내의 온도에서 1시간 내지 5 시간 범위 내에서 열처리할 수 있다.
- [0115] 바람직하게는, 530단계에서 일실시예에 따른 박막 형성 방법은 기판 상에 66 nm 두께로 증착 형성된 SrVO_3 박막

을 스퍼터링 공정에서 적용한 기체 분압과 동일한 분압으로 400℃의 온도에서 2시간 동안 열처리 과정을 수행할 수 있다.

[0117] 결국, 본 발명을 이용하면, 값 비싼 인듐을 포함하지 않으면서도 투명전극 재료로서 최적화된 SrVO3 박막을 효과적으로 증착시킬 수 있다.

[0118] 또한, 400℃ 이하의 저온에서 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 SrVO3 박막을 용이하게 증착시킬 수 있다.

[0120] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0121] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0122] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

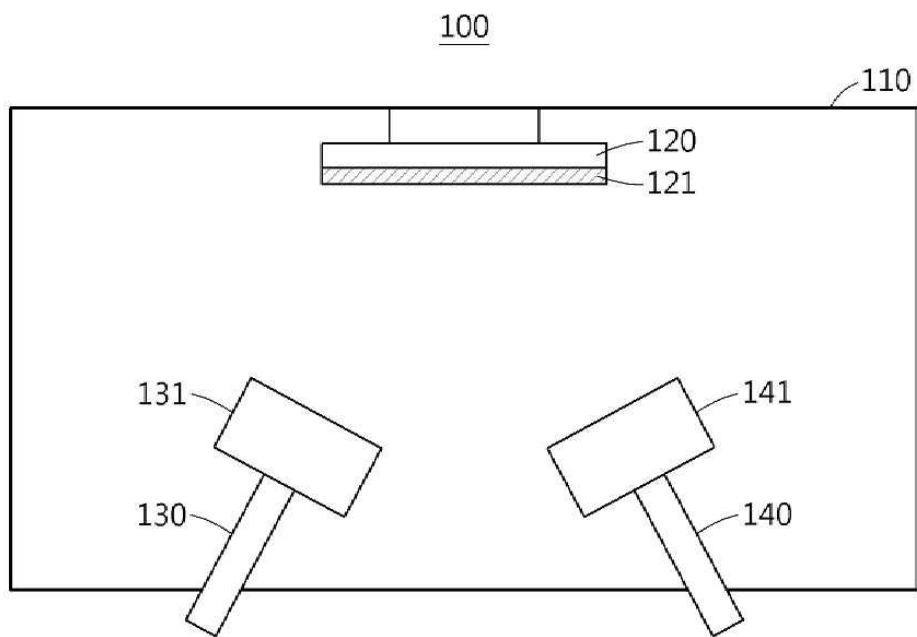
[0123] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

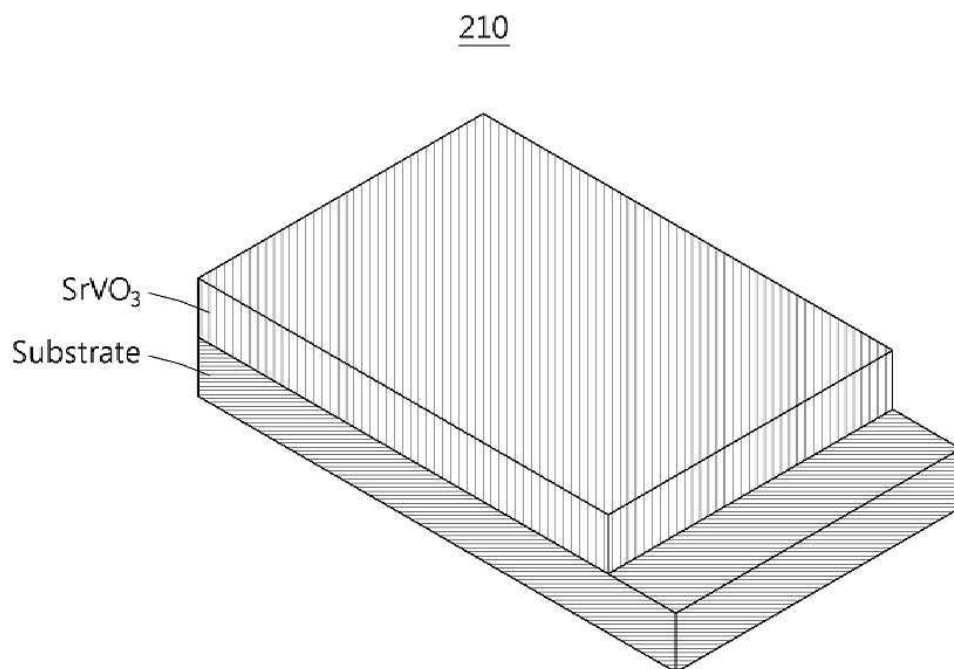
[0124] 100: 스퍼터링 장치 110: 챔버
120: 애노드 모듈 121: 기관
130, 140: 캐소드 모듈 131, 141: 타겟

도면

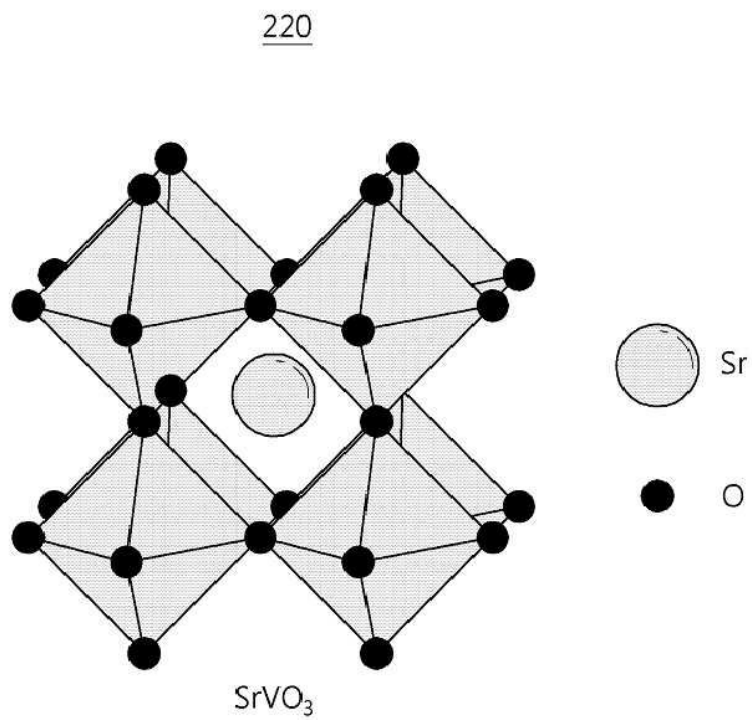
도면1



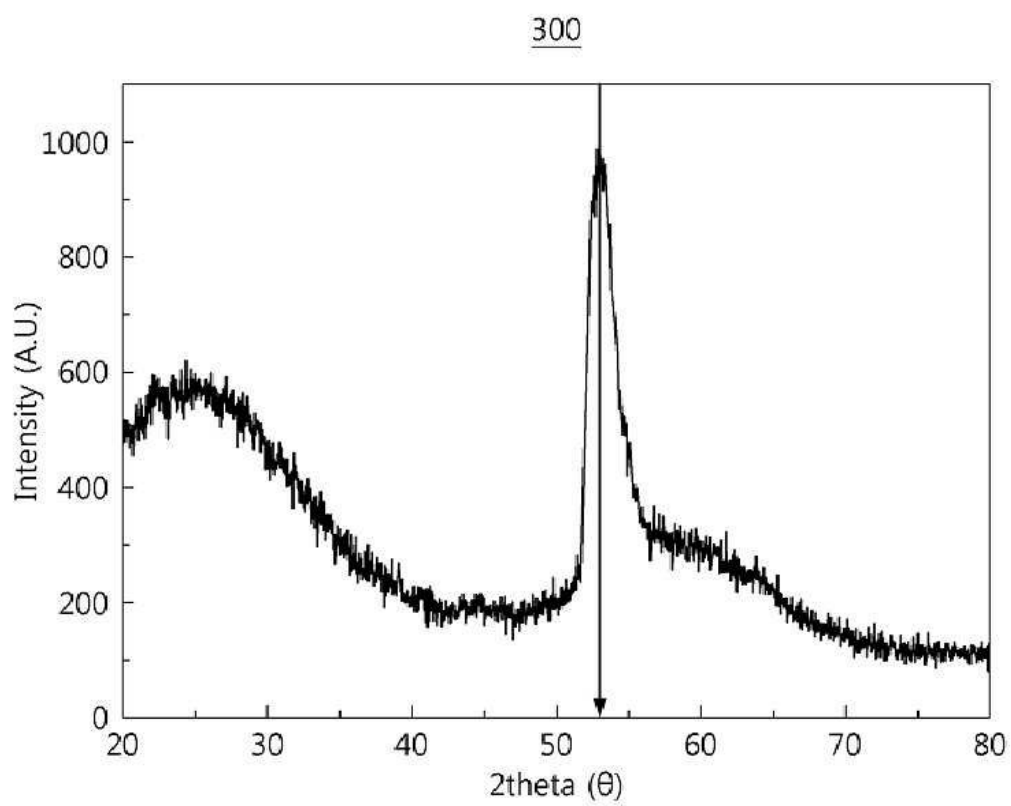
도면2a



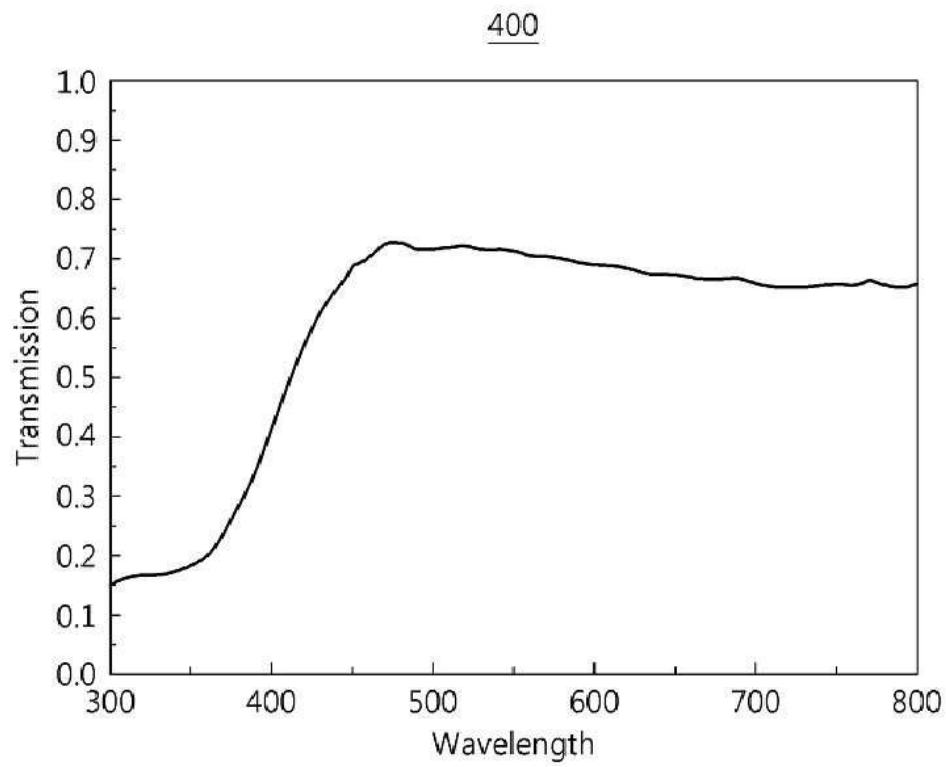
도면2b



도면3



도면4



도면5

