



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0111625
(43) 공개일자 2017년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 17/34 (2006.01) C03C 17/23 (2006.01)
C03C 17/245 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03C 17/3482 (2013.01)
C03C 17/23 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0037465
(22) 출원일자 2016년03월29일
심사청구일자 2016년03월29일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이호선
경기도 성남시 분당구 구미로 100, 1002동 101호 (구미동, 무지개마을건영아파트)
정대호
경기도 용인시 기흥구 서천서로20번길 14-5, 302 (서천동)
소현섭
경기도 안성시 대덕면 건지안골길 30-1, 401호(가동)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 7 항

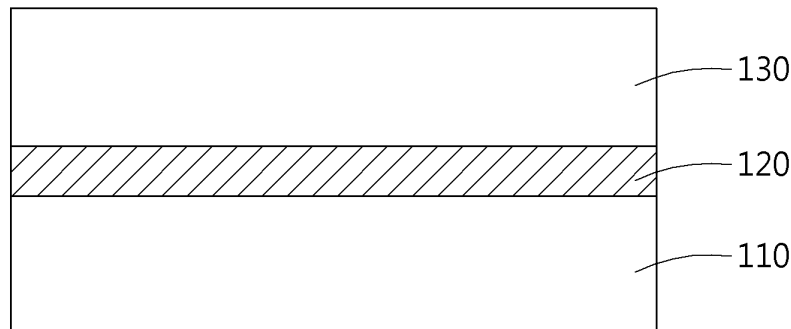
(54) 발명의 명칭 저온 증착에 의해 형성된 이산화 바나듐 박막을 포함하는 스마트 글래스 및 그의 제조 방법

(57) 요약

스마트 글래스 및 그의 제조 방법이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 스마트 글래스는 베이스 기판, 베이스 기판 상에 형성된 TiO_2 층 및 TiO_2 층 상에 형성되어 250℃ 이하의 온도에서 증착 및 열처리된 이산화 바나듐 박막을 포함한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

C03C 17/2456 (2013.01)

C03C 17/3417 (2013.01)

C03C 2217/70 (2013.01)

C03C 2218/10 (2013.01)

C03C 2218/32 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

베이스 기판;

상기 베이스 기판 상에 형성된 TiO_2 층; 및

상기 TiO_2 층 상에 형성되어 250°C 이하의 온도에서 증착 및 열처리된 이산화 바나듐 박막을 포함하는 스마트 글래스.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이산화 바나듐 박막은,

DC/RF 반응성 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여, 250°C 온도와 6mTorr의 아르곤(Ar) 분위기에서 바나듐 타겟에 120W 파워를 인가하여 80nm로 증착되며, 250°C 이하의 산소(O_2) 분위기에서 열처리된, 스마트 글래스.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 베이스 기판과 상기 TiO_2 층 사이에 형성된 SiO_2 층

을 더 포함하는 스마트 글래스.

청구항 4

베이스 기판 상에 TiO_2 층을 형성하는 단계; 및

250°C 이하의 온도에서, 상기 TiO_2 층 상에 이산화 바나듐 박막을 증착하여 열처리하는 단계를 포함하는 스마트 글래스의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 TiO_2 층을 형성하는 단계는,

IAD(Ion-beam Assisted Deposition) 장비를 이용하여 상기 베이스 기판 상에 300nm로 상기 TiO_2 층을 증착하고, 200°C 의 온도에서 열처리하는, 스마트 글래스의 제조 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 TiO_2 층 상에 이산화 바나듐 박막을 증착 및 열처리하는 단계는,

DC/RF 반응성 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여, 250°C 온도와 6mTorr의 아르곤 분위기에서 바나듐 타겟에 120W 파워를 인가하여 80nm로 상기 이산화 바나듐 박막을 증착하는 단계; 및

250°C 온도와 산소(O_2) 분위기에서 상기 이산화 바나듐 박막을 열처리하는 단계

를 포함하는 스마트 글래스의 제조 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 TiO₂층을 형성하기 전에, 상기 베이스 기판 상에 SiO₂층을 형성하는 단계

를 더 포함하는 스마트 글래스의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시 예들은 저온 증착에 의해 형성된 이산화 바나듐 박막을 포함하는 스마트 글래스 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 에너지 소비의 급격한 증가, 유가 상승, 그리고 지구 온난화에 따른 환경적 문제가 대두되면서, 건물의 단열 및 효과적 열관리가 가능한 스마트 윈도우(지능형 창호)가 큰 주목을 받고 있다.

[0003] 뿐만 아니라, 윈도우에서 손실되는 에너지가 전체 건축물에서 손실되는 에너지의 45 %임을 고려할 때, 열손실 최소화가 가능한 새로운 개념의 스마트 윈도우 기술 개발이 시급한 실정이다.

[0004] 스마트 윈도우에 적용 가능한 기능성 글래스로, 이산화 바나듐(VO₂, Vanadium Dioxide)이 주목 받고 있다. 이산화 바나듐은 MIT(metal-insulator transition) 특성 및 써모크로믹(thermochromic) 특성을 갖는 물질로, 상전이 온도 부근에서 광학적 특성 및 전기적 특성이 변화한다.

[0005] 기존의 이산화 바나듐 박막은 기판 상에 이산화 바나듐 박막을 증착시킨 후, 열처리하여 제조되는데, 최소 400 °C 이상의 열이 이산화 바나듐 박막에 장시간 가해진다. 특히, 대기와의 반응성을 감소시키기 위한 챔버 승온/강온 시간을 고려하면, 이산화 바나듐 박막은 수 시간 동안 열처리된다. 그러나, 고온 증착 방식을 이용할 경우, 이산화 바나듐 박막의 결정성을 향상시킬 수는 있으나, 베이스 기판의 물질에 제약이 있으며, 공정 비용이 고가이기 때문에 스마트 윈도우에 적용하기 위한 대면적 글래스 제조에 적합하지 않다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 특허공개공보 제2009-0090839호, "원자층 증착 방법을 이용한 바나듐 산화막 형성 방법"

(특허문헌 0002) 대한민국 특허공개공보 제2015-011214호, "간단한 산소 제어를 통한 상온에서 금속-절연체 상전이 물질에서의 열역학적으로 불안정한 절연체상의 안정화 기술"

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. Vol. 13, No.12, pp. 1003~1010, 2000, "스퍼터링으로 퇴적시킨 바나듐 산화막의 구조적, 광학적 특성에 미치는 산소 어닐링의 효과"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 실시예들의 목적은 이산화 바나듐 박막을 저온 증착 방식으로 형성함으로써, 양호한 결정성을 가지면서 베이스 기판의 제약 없이 저비용으로 제조 가능한 스마트 글래스 및 그의 제조 방법을 제공하기 위한

것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 실시예에 따른 스마트 글래스는 베이스 기판, 상기 베이스 기판 상에 형성된 TiO_2 층 및 상기 TiO_2 층 상에 형성되어 250℃ 이하의 온도에서 증착 및 열처리된 이산화 바나듐 박막을 포함한다.
- [0010] 일 실시예에 따르면, 상기 이산화 바나듐 박막은 DC/RF 반응성 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여, 250℃ 온도와 6mTorr의 아르곤(Ar) 분위기에서 바나듐 타겟에 120W 파워를 인가하여 80nm로 증착되며, 250℃ 온도와 산소(O_2) 분위기에서 열처리될 수 있다.
- [0011] 일 실시예에 따르면, 상기 스마트 글래스는 상기 베이스 기판과 상기 TiO_2 층 사이에 형성된 SiO_2 층을 더 포함할 수 있다.
- [0012] 한편, 실시예에 따른 스마트 글래스의 제조 방법은 베이스 기판 상에 TiO_2 층을 형성하는 단계 및 250℃ 이하의 온도에서, 상기 TiO_2 층 상에 이산화 바나듐 박막을 증착하여 열처리하는 단계를 포함한다.
- [0013] 일 실시예에 따르면, 상기 TiO_2 층을 형성하는 단계는 IAD(Ion-beam Assisted Deposition) 장비를 이용하여 상기 베이스 기판 상에 300nm로 상기 TiO_2 층을 증착하고, 200℃의 온도에서 열처리할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 따르면, 상기 TiO_2 층 상에 이산화 바나듐 박막을 증착 및 열처리하는 단계는 DC/RF 반응성 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여, 250℃ 온도와 6mTorr의 아르곤 분위기에서 바나듐 타겟에 120W 파워를 인가하여 80nm로 상기 이산화 바나듐 박막을 증착하는 단계 및 250℃ 온도와 산소(O_2) 분위기에서 상기 이산화 바나듐 박막을 열처리하는 단계를 포함한다.
- [0015] 일 실시예에 따르면, 상기 스마트 글래스의 제조 방법은 상기 TiO_2 층을 형성하기 전에, 상기 베이스 기판 상에 SiO_2 층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 실시예들에 따르면, 이산화 바나듐 박막을 250℃ 이하의 저온 증착 방식으로 형성함으로써, 이산화 바나듐 박막의 MIT 특성을 위한 양호한 결정성을 유지하면서 베이스 기판의 제약 없이 저비용으로 스마트 글래스를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 스마트 글래스를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 스마트 글래스를 나타내는 도면이다.
- 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 스마트 글래스의 MIT 특성을 모식화한 도면이다.
- 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 실시예에 따른 스마트 글래스의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5a 및 도 5b는 실시예들에 따른 스마트 글래스의 히스테리시스 특성을 나타내는 그래프이다.
- 도 6a 및 도 6b는 실시예들에 따른 스마트 글래스의 라만 스펙트럼 변화를 측정한 그래프이다.
- 도 7a 및 도 7b는 실시예들에 따른 스마트 글래스의 XRD 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0019] 소자(elements) 또는 층이 다른 소자 또는 층의 "위(on)" 또는 "상(on)"으로 지칭되는 것은 다른 소자 또는 층의 바로 위뿐만 아니라 중간에 다른 층 또는 다른 소자를 개재한 경우를 모두 포함한다. 반면, 소자가 "직접 위(directly on)" 또는 "바로 위"로 지칭되는 것은 중간에 다른 소자 또는 층을 개재하지 않은 것을 나타낸다.

- [0020] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 "아래(below 또는 beneath)"로 기술된 소자는 다른 소자의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있으며, 이 경우 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0021] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0022] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0023] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 스마트 글래스를 나타내는 도면이다. 도 1을 참조하면, 스마트 글래스(100)는 베이스 기판(110), TiO_2 층(120), 및 이산화 바나듐 박막(130)을 포함한다.
- [0025] 베이스 기판(110)은 유리 기판 또는 실리콘 기판이 될 수 있다.
- [0026] TiO_2 층(120)은 베이스 기판(110) 상에 형성된다. 여기서, TiO_2 층(120)은 온도 안정성을 가지며, 이산화 바나듐 박막(130) 형성시 씨드층(seed layer)로 기능한다.
- [0027] 이산화 바나듐 박막(130)은 TiO_2 층(120) 상에 형성되며, 250℃ 이하의 온도에서 증착 및 열처리되었다. 이 같이 이산화 바나듐 박막(130)은 씨드층으로 기능하는 TiO_2 층(120) 상에 형성됨에 따라, 저온 증착에 의해 형성되더라도 양호한 결정성을 갖게 된다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 스마트 글래스를 나타내는 도면이다. 도 2를 참조하면, 스마트 글래스(200)는 베이스 기판(210), SiO_2 층(220), TiO_2 층(230), 및 이산화 바나듐 박막(240)을 포함한다.
- [0029] 베이스 기판(210)은 유리 기판 또는 실리콘 기판이 될 수 있다.
- [0030] SiO_2 층(220)은 베이스 기판(110) 상에 형성되어, 베이스 기판(110) 내의 이온이 TiO_2 층(230)을 거쳐 이산화 바나듐 박막(240)으로 확산되는 것을 방지하는 확산 방지층으로 기능할 수 있다.
- [0031] TiO_2 층(230)은 베이스 기판(210) 상에 형성된다. 여기서, TiO_2 층(230)은 이산화 바나듐 박막(130) 형성시 씨드층(seed layer)로 기능한다.
- [0032] 이산화 바나듐 박막(240)은 TiO_2 층(230) 상에 형성되며, 250℃ 이하의 온도에서 증착 및 열처리되었다. 구체적으로, 이산화 바나듐 박막(240)은 DC/RF 반응성 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여, 250℃ 온도와 6mTorr의 아르곤(Ar) 분위기에서 바나듐 타겟에 120W 파워를 인가하여 80nm로 증착되며, 250℃ 이하의 산소(O_2) 분위기에서 열처리된다.
- [0033] 현재 VO_2 , V_2O_3 , V_3O_5 , V_4O_7 , V_6O_{11} , V_5O_9 , V_6O_{13} , V_4O_9 , V_3O_7 , V_2O_5 등과 같은 다양한 바나듐 산화물이 존재하지만, MIT(metal-insulator transition) 특성 및 씨드층으로의 특성은 이산화 바나듐(VO_2)에서만 나타난다. 즉, 이산화 바나듐(VO_2)은 상전이 온도 이하에서는 광학적으로는 IR 영역을 투과시키고 전기적으로는 부도체 상태가 되며,

상전이 온도 이상에서는 광학적으로는 IR 영역을 차단시키고 전기적으로는 도체 상태가 된다. 이 같은 상전이 현상은 이산화 바나듐의 V-O-V 결합이 공유 결합에서 금속 결합으로 변화하기 때문으로 알려져 있다.

[0034] 상술한 MIT 특성 및 써모크로믹 특성이 향상된 대면적의 스마트 글래스(200)를 제조하기 위해서는 이산화 바나듐 박막(240)의 결정성이 양호해야 하며, 베이스 기판(210)의 물질에 제약이 없어야 한다.

[0035] 본 실시예에서 이산화 바나듐 박막(240)은 저온 증착에 의해 형성되에도 불구하고, 확산 방지층으로 기능하는 SiO₂층(220)과 써드층으로 기능하는 TiO₂층(230) 상에 형성됨에 따라 양호한 결정성을 갖게 된다.

[0036] 또한, 이산화 바나듐 박막(240)이 250℃ 이하에서 저온에서 형성되기 때문에, 이 온도에서 견딜 수 있는 베이스 기판(210)의 물질이 확장된다. 따라서, 베이스 기판(210)의 선택 범위가 넓어져 비교적 저렴한 물질을 베이스 기판(210)으로 이용할 수 있고, 대면적의 스마트 글래스(200)를 저비용으로 제조할 수 있다.

[0037] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 스마트 글래스의 MIT 특성을 모식화한 도면이다.

[0038] 도 3a를 참조하면, 여름과 같이 상전이 온도 이상의 환경에서 태양광이 조사될 경우, 스마트 글래스(200)는 태양광 중 가시광선 영역을 투과시키고, IR 영역의 광과 그 밖의 일부 광을 반사시킨다. 따라서, 스마트 글래스(200)는 여름과 같이 고온의 환경에서 적외선을 반사시켜 태양열이 실내로 유입되는 것을 방지할 수 있다.

[0039] 도 3b를 참조하면, 겨울과 같이 상전이 온도 이하의 환경에서 태양광이 조사될 경우, 스마트 글래스(200)는 태양광 중 가시광선 영역 및 IR 영역의 광을 투과시키고, 일부 광을 반사시킨다. 따라서, 스마트 글래스(200)는 겨울과 같이 저온의 환경에서 적외선을 투과시켜 실내 온도를 높이면서, 실내의 방사열이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있다.

[0040] 상술한 바와 같은 스마트 글래스(200)를 대면적으로 제조하여 스마트 윈도우에 적용함으로써, 실내의 냉난방 에너지를 절감시킬 수 있다.

[0041] 도 3a 및 도 3b에서는 스마트 글래스(200)에 대한 MIT 특성을 도시하였으나, 도 1에 도시된 스마트 글래스(100) 역시 이와 동일 또는 유사한 MIT 특성을 나타낸다.

[0042] 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 실시예에 따른 스마트 글래스의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 4a를 참조하면, 제조 방법은 베이스 기판(411) 상에 SiO₂층(412)을 형성하는 과정을 포함한다. 여기서, 베이스 기판(411)은 유리 기판, 실리콘 기판 등이 될 수 있다. 그러나, 이에 제한되지 않고, 빛을 투과시킬 수 있는 투명 기판이라면 다른 기판 종류도 베이스 기판(411)으로 이용될 수 있다.

[0043] SiO₂층(412)은 베이스 기판(410) 내의 이온이 이후 공정에서 형성된 TiO₂층 및 이산화 바나듐 박막으로 확산되는 것을 방지하는 확산 방지층으로 기능할 수 있다. 도 4a에서는 베이스 기판(411) 상에 SiO₂층(412)을 형성하는 과정을 도시 및 설명하였으나, 본 발명에서 이 과정은 선택적으로 적용할 수 있으며, 베이스 기판(411) 상에 TiO₂층을 바로 형성할 수도 있다.

[0044] 도 4b에서와 같이, 제조 방법은 SiO₂층(412) 상에 TiO₂층(413)을 형성하는 단계를 포함한다. 구체적으로, SiO₂층(412)이 형성된 베이스 기판(411)을 IAD(Ion beam Assisted Deposition) 챔버에 장착시킨 후, TiO₂층(413)을 진공 증착하여 이온 건(ion gun)으로 TiO₂층(413) 상에 이온을 조사하여 TiO₂층(413)을 치밀한 막 형태로 형성한다. 그리고, 200 ℃에서 15분간 열처리를 하여 300nm 두께를 갖는 TiO₂층(413)을 형성할 수 있다. 이 같이 제조된 TiO₂층(413)은 이후 공정에서 형성될 이산화 바나듐 박막을 위한 써드층으로 기능하여 이산화 바나듐 박막의 결정성을 향상시킨다.

[0045] 이후, 도 4c에서와 같이, 제조 방법은 DC/RF 반응성 마그네트론 스퍼터(10)를 이용하여 250℃ 이하의 저온에서 TiO₂층(413) 상에 이산화 바나듐 박막(420)을 증착하여 열처리하는 단계를 포함한다. 구체적으로, 베이스 기판(411), SiO₂층(412) 및 TiO₂층(413)이 차례로 형성된 구조물(410)을 진공 챔버(11) 내의 홀더(12)에 장착시키고, 바나듐 타겟(14)을 스퍼터 건(13)에 장착시킨다. 여기서, 바나듐 타겟(14)으로부터 구조물(410)을 15cm 가량 떨어뜨린다. 그리고, 진공 펌프(Vacuum pump)(17)를 이용하여 진공 챔버(11) 내의 진공을 3×10⁻⁶ torr까지 뽑아낸 후, 구조물(410)을 250℃ 온도로 유지시키면서 파워 공급기(DC or RF Power supply)(18)를 통

해 120W의 파워를 공급한다.

- [0046] 이때, MFC(Mass Flow Controller)(15)를 이용하여 아르곤 가스 용기(16a)를 통해 공급되는 아르곤 가스를 10 sccm 분압으로 조절하고, 진공 챔버(11) 내의 압력을 6 mTorr로 유지시킨 후, 120W의 파워를 바나듐 타겟(14)에 공급하여 플라즈마를 생성한다. 이 같은 방법으로 2시간 동안 이산화 바나듐 박막(420)을 80nm 두께로 증착할 수 있다.
- [0047] 이후, 산소 가스 용기(16c)를 통해 공급되는 산소 가스를 1 sccm 분압으로 조절하고, 이산화 바나듐 박막(420)을 250℃ 온도에서 1시간 가량 열처리한다. 이 같이, 이산화 바나듐 박막(420)의 증착 및 열처리 공정을 250℃ 이하의 저온에서 수행함으로써, 베이스 기판(411)의 물질에 제약이 없으며, 공정 비용을 감소시킬 수 있어 대면적 스마트 글래스(400)의 제조가 가능하다.
- [0048] 또한, 이산화 바나듐 박막(420)이 저온에서 형성되더라도, 확산 방지층으로 기능하는 SiO₂층(412)과 씨드층으로 기능하는 TiO₂층(413) 상에 형성됨에 따라 이산화 바나듐 박막(420)의 결정성을 향상시킬 수 있다.
- [0049] 이하, 도 5 내지 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 스마트 글래스의 광학적 특성을 측정한 실험 데이터들에 기반한 그래프이다. 여기서, 실시예 1과 실시예 2에 따른 스마트 글래스는 아래와 같다.
- [0050] <실시예 1>
- [0051] 도 1에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판 상에 TiO₂층 및 이산화 바나듐 박막이 차례로 형성된 구조의 스마트 글래스이다("Si-TiO₂-VO₂"). 여기서, TiO₂층은 이산화 바나듐 박막의 씨드층으로 기능할 수 있다.
- [0052] <실시예 2>
- [0053] 도 2에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판 상에 SiO₂층, TiO₂층 및 이산화 바나듐 박막이 차례로 형성된 구조를 갖는 스마트 글래스이다("Si-SiO₂-TiO₂-VO₂"). 실시예 2에 따른 스마트 글래스의 제조 과정에서 SiO₂층은 확산 방지층으로 기능하고, TiO₂층은 이산화 바나듐 박막의 씨드층으로 기능할 수 있다.
- [0054] 도 5a 및 도 5b는 실시예들에 따른 스마트 글래스의 히스테리시스 특성을 나타내는 그래프로, 실시예 1 및 실시예 2에 따른 스마트 글래스의 주변 온도를 가열(heating) 및 냉각(cooling)시키면서 각 스마트 글래스의 저항 변화를 측정하였다.
- [0055] 도 5a를 참조하면, 실시예 1에 따른 스마트 글래스는 가열과 냉각시 42.63℃(Tc)의 히스테리시스 특성이 관찰된다. 이는 실시예 1의 스마트 글래스에 포함된 이산화 바나듐 박막(VO₂)이 42.63℃에서 결정 구조가 단사정계에서 사방정계로 변화하는 상전이 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0056] 도 5b를 참조하면, 실시예 2에 따른 스마트 글래스는 가열과 냉각시 44.19℃에서 히스테리시스 특성이 관찰된다. 이는 실시예 2의 스마트 글래스에 포함된 이산화 바나듐 박막(VO₂)이 44.19℃(Tc)에서 결정 구조가 단사정계에서 사방정계로 변화하는 상전이 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0057] 도 5a와 도 5b를 살펴보면, 실시예 1 및 2에 따른 스마트 글래스는 상전이 온도가 상온 근처까지 감소되었으며, 히스테리시스 곡선의 폭이 좁은 것을 알 수 있다.
- [0058] 특히, 실시예 1에 따른 스마트 글래스는 실시예 2에 비해 상전이 온도가 낮고 히스테리시스 곡선의 폭도 좁게 나타난다. 이는 실리콘 기판 상에 형성된 TiO₂층이 비정질 구조를 갖는 SiO₂층 상에 형성된 TiO₂층에 비해 더 좋은 결정성을 갖기 때문에, 이 결정성이 이산화 바나듐 박막에 영향을 끼치기 때문으로 해석될 수 있다.
- [0059] 도 6a 및 도 6b는 실시예들에 따른 스마트 글래스의 라만 스펙트럼 변화를 측정한 그래프이다.
- [0060] 도 6a를 참조하면, 실시예 1에 따른 스마트 글래스의 라만 스펙트럼에서, 이산화 바나듐 박막(VO₂)의 피크가 220cm⁻¹ 부근과 620cm⁻¹ 부근에서 관찰되었고, TiO₂층의 피크가 200cm⁻¹ 부근 전후와, 520cm⁻¹ 부근에서 관찰되었다.
- [0061] 또한, 도 6b를 참조하면, 실시예 2에 따른 스마트 글래스의 라만 스펙트럼에서 이산화 바나듐 박막(VO₂)의 피크는 220cm⁻¹ 부근과 620cm⁻¹ 부근에서 관찰되었고, TiO₂층의 피크가 180cm⁻¹ 부근, 390cm⁻¹ 부근, 520cm⁻¹ 부근에서

관찰되었다.

- [0062] 도 6a와 도 6b를 살펴보면, 실시예 1 및 2에 따른 스마트 글래스에서 이산화 바나듐 박막(VO_2)은 220cm^{-1} 부근과 620cm^{-1} 부근에서 고유 피크를 나타내는 것으로, TiO_2 층을 씨드층으로 하여 형성됨에 따라 양호한 결정성을 갖는 것을 알 수 있다.
- [0063] 실시예 1에 따른 스마트 글래스에서 TiO_2 층은 단결정 구조의 실리콘 기판 상에 형성됨에 따라 TiO_2 층의 고유 피크를 잘 나타내고 있다.
- [0064] 또한, 실시예 2에 따른 스마트 글래스에서 TiO_2 층 역시 TiO_2 층의 고유 피크를 나타내고 있다. 다만, TiO_2 층이 비정질의 SiO_2 층 상에 형성됨에 따라 390cm^{-1} 부근에서 피크가 발생된 것으로 이해될 수 있다.
- [0065] 도 7a 및 도 7b는 실시예들에 따른 스마트 글래스에 X선 회전 분석의 θ 각을 $20^\circ \sim 80^\circ$ 로 하여 측정한 XRD 그래프로, 이는 각 스마트 글래스에서 이산화 바나듐 박막(VO_2)의 결정화 정도를 나타낸다.
- [0066] 도 7a에서와 같이, 실시예 1에 따른 스마트 글래스에서 이산화 바나듐 박막(VO_2)의 피크 세기는 $2\theta = \text{약 } 28^\circ$ 및 $2\theta = \text{약 } 56^\circ$ 일 때 관찰되었다.
- [0067] 또한, 도 7b에서와 같이, 실시예 2에 따른 스마트 글래스에서 이산화 바나듐(VO_2)의 피크 세기는 $2\theta = \text{약 } 28^\circ$, $2\theta = \text{약 } 56^\circ$, $2\theta = \text{약 } 58^\circ$ 일 때 관찰되었다.
- [0068] 도 7a와 도 7b를 살펴보면, 실시예 1에 따른 스마트 글래스에서 TiO_2 층은 TiO_2 층에 해당하는 위치들에서 피크가 발생되는 것으로, 양호한 결정성을 갖는 것을 알 수 있다.
- [0069] 실시예 2에 따른 스마트 글래스에서 TiO_2 층은 도 7a에 도시된 TiO_2 층의 피크와 다른 위치들에서 피크가 발생되는 데, 이는 비정질 구조를 갖는 SiO_2 층 상에 형성됨에 따라 결정화되지 않은 부분이 있는 것으로 이해될 수 있다.
- [0070] 한편, 실시예 1 및 2에 따른 스마트 글래스에서 이산화 바나듐 박막(VO_2)은 단사정계에 해당하는 약 28° 및 약 56° 부근에서 피크가 발생되는 것으로, 양호한 결정성을 갖는 것을 알 수 있다. 이를 참조할 때, SiO_2 층 상에 TiO_2 층을 형성하더라도, 이산화 바나듐 박막(VO_2)의 결정성에는 큰 영향을 끼치지 않는 것을 알 수 있다.
- [0071] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0072] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

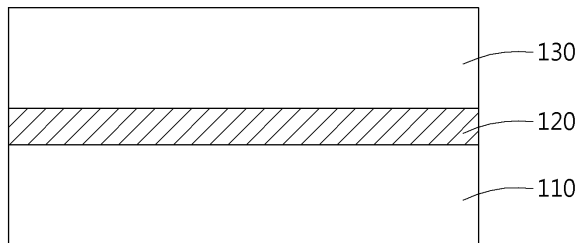
부호의 설명

- [0073] 100, 200: 스마트 글래스
110, 210: 베이스 기판
220: SiO_2 층
120, 230: TiO_2 층
130, 240: 이산화 바나듐 박막

도면

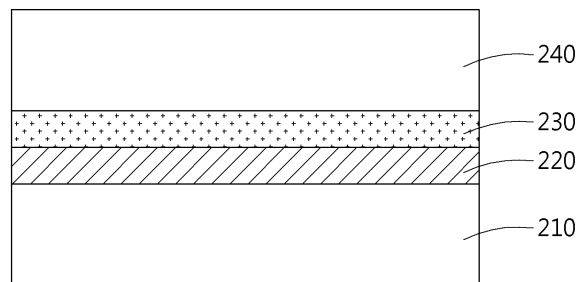
도면1

100

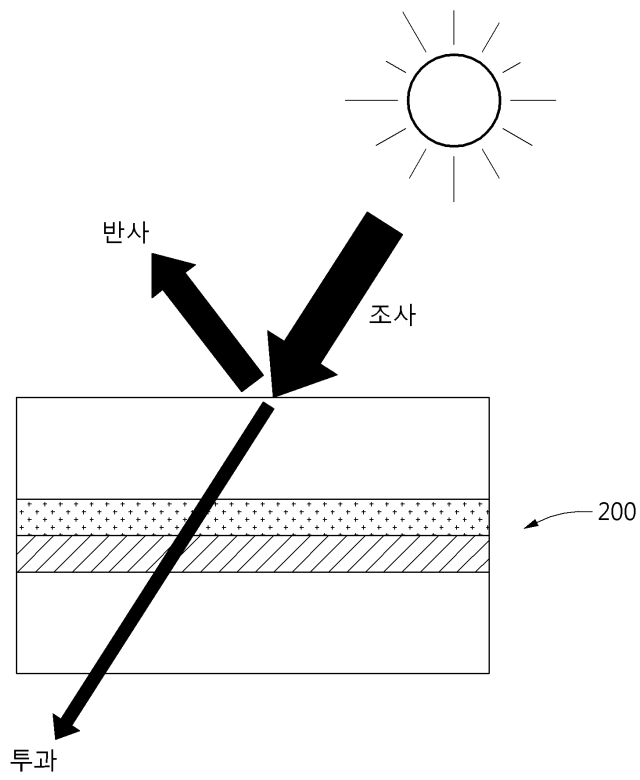


도면2

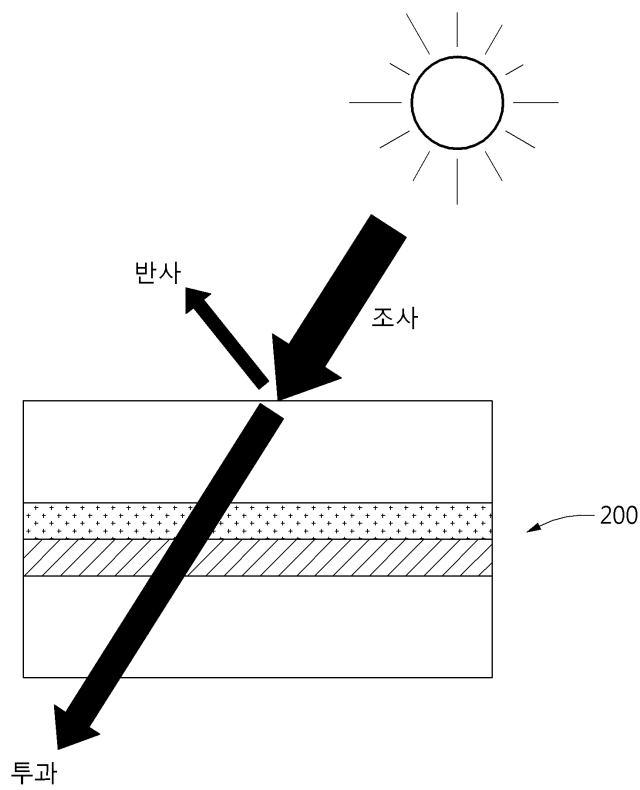
200



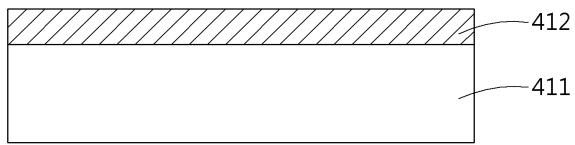
도면3a



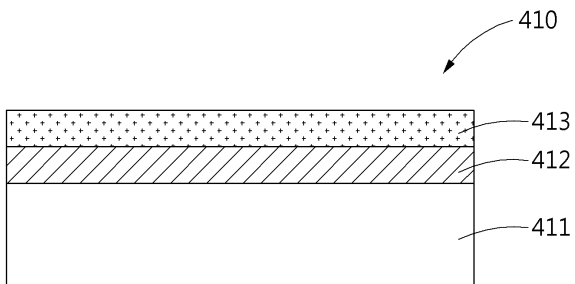
도면3b



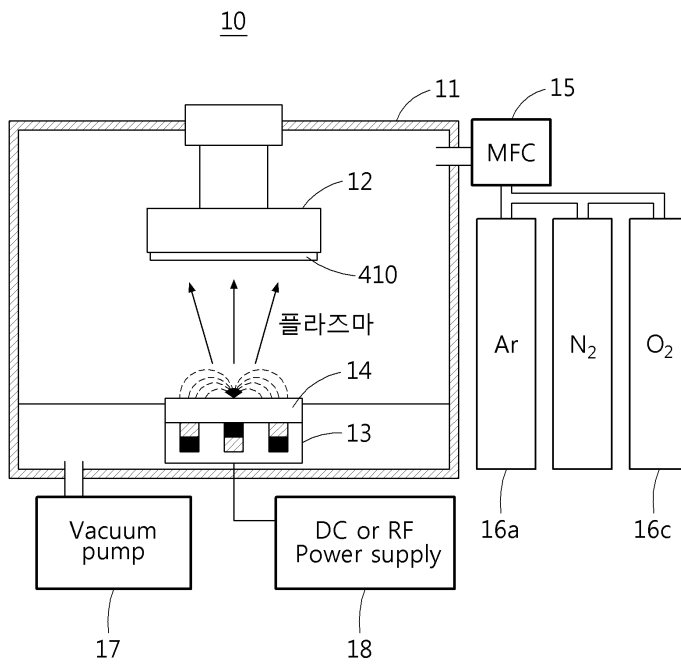
도면4a



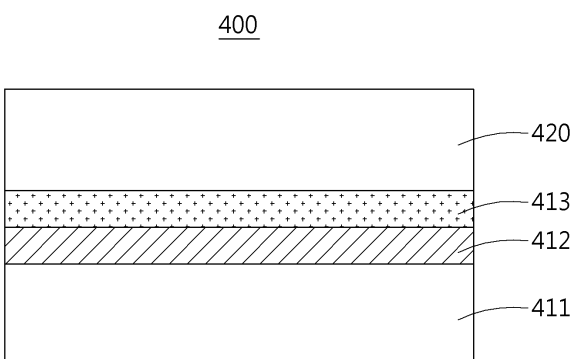
도면4b



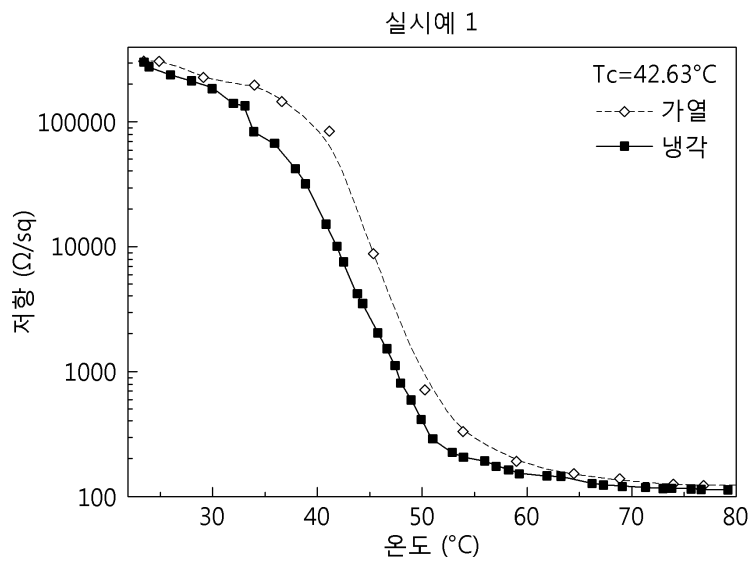
도면4c



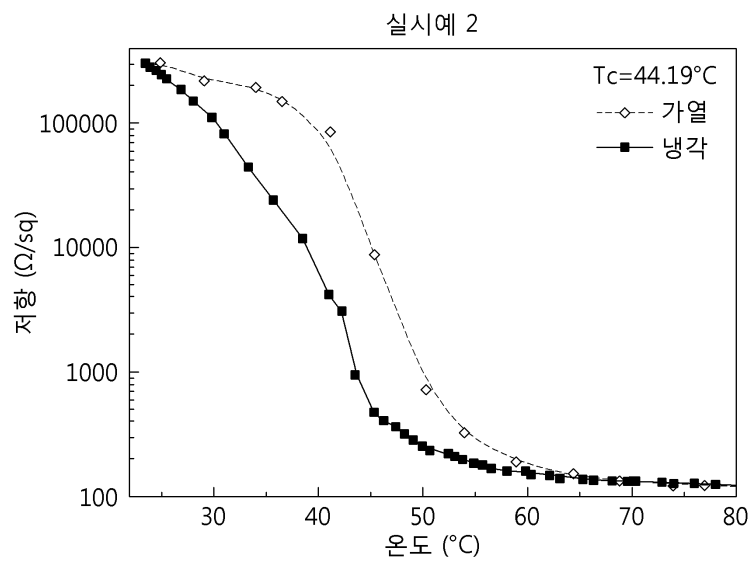
도면4d



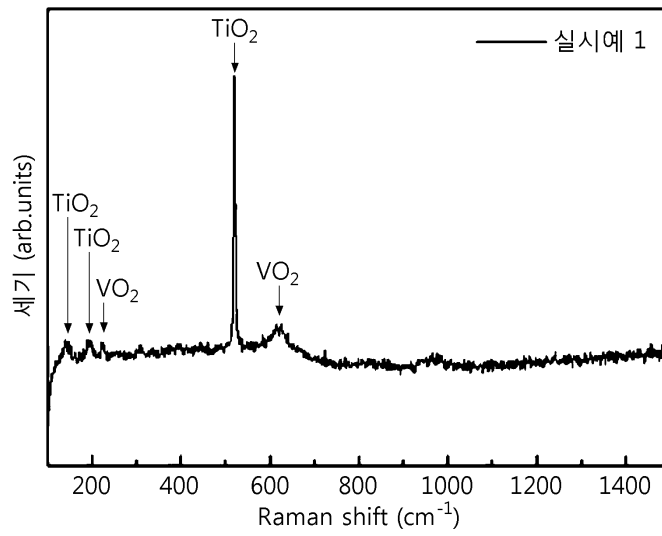
도면5a



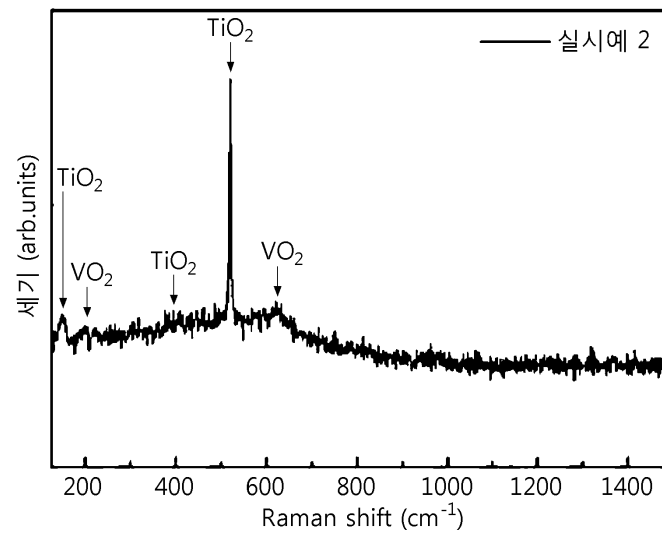
도면5b



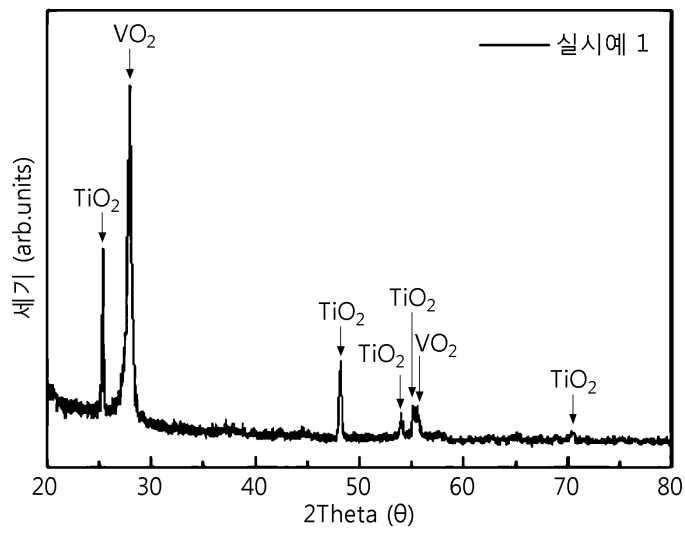
도면6a



도면6b



도면7a



도면7b

