



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0000181
(43) 공개일자 2018년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)
H01B 1/08 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)
H01B 7/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 5/14 (2013.01)
H01B 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0078022
(22) 출원일자 2016년06월22일
심사청구일자 2016년06월22일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김준호
서울특별시 성북구 안암로 145 BK21Plus 창의부품소재사업단
성태연
서울특별시 서초구 신반포로33길 64 1-506호 (잠원동, 잠원한신로얄아파트)
(74) 대리인
정은열

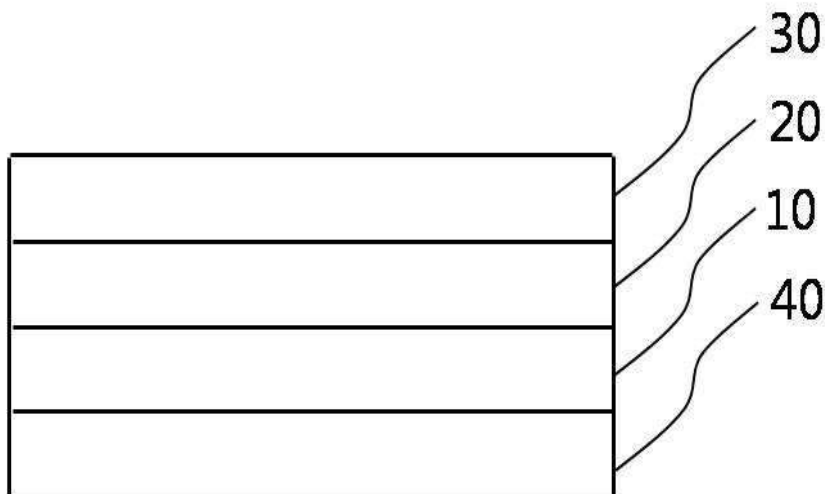
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 다층 투명전극 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 다층 투명전극 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극은 하부 산화물층(10), 하부 산화물층(10) 상(on)에 형성되는 금속층(20); 및 금속층(20) 상에 형성되는 상부 산화물층(30)을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01B 1/08 (2013.01)

H01B 13/0026 (2013.01)

H01B 13/0036 (2013.01)

H01B 7/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10049601

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 벤처형 전문소재기술개발사업

연구과제명 OLED조명을 위한 flexible 기관용 광추출 효율이 2.0배 향상된 flexible 전도성 광추출 기
관 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 덕산하이메탈(주)

연구기간 2014.06.01 ~ 2017.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 s2317456

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원(KIAT)

연구사업명 WC300 프로젝트 R and D 기술개발지원사업

연구과제명 자동차용 디자인프리 OLED 조명을 위한 100 lm/W 효율 구현이가능한 일체형 리버스-전사
공정기술 기반의 투명 전도성 광전 복합기관 소재 및 공정 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 덕산하이메탈(주)

연구기간 2015.07.01 ~ 2018.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

하부 산화물층;

상기 하부 산화물층 상(on)에 형성되는 금속층; 및

상기 금속층 상에 형성되는 상부 산화물층;

을 포함하는 다층 투명전극.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 하부 산화물층은 Ti, Ga, Al, Ge, As, Cu, Mn, Zr, Nb, Ru, Hf, Zn, Sr, Ba, Fe, Ag, In, Re, Cr, Ni, Mo, V, W, Mg, Si, Sn, 및 Ta 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금이 산화되어 형성되는 다층 투명전극.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 하부 산화물층은 텅스텐(W) 및 티타늄(Ti)이 함유된 합금이 산화되어 형성되는 다층 투명전극.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 합금은 총중량을 기준으로 45 ~ 55 wt%의 상기 텅스텐, 및 45 ~ 55 wt%의 상기 티타늄을 함유하는 다층 투명전극.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 하부 산화물층의 두께는 1 ~ 100 nm인 다층 투명전극.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 금속층의 두께는 1 ~ 30 nm인 다층 투명전극.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 하부 산화물층은 플렉서블(flexible) 기판 상에 형성되는 다층 투명전극.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 금속층은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, Cu, 및 Al 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금으로 이루어지는 다층 투명전극.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 상부 산화물층은 Ti-O, Zn-O, Ni-O, Mo-O, V-O, W-O, Mg-O, Si-O, Sn-O, Ta-O, Hf-O, Nb-O, Zr-O, Cu-O, In-O, Al-O, Ni-In-O, Zn-In-O, Cu-In-O, Mo-In-O, Ge-In-O, Si-In-O, Sn-In-O, Mn-In-O, Mg-In-O, Ga-In-O, Al-In-O, B-In-O, V-In-O, In-O-Cl, In-O-F, W-In-O, Ta-In-O, Hf-In-O, Re-In-O, Mg-Sn-O, Ga-Zn-In-O, Sr-V-O, Ca-V-O, 및 Ga-Sn-Zn-In-O 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어지는 다층 투명전극.

청구항 10

- (a) 기판 상(on)에 하부 산화물층을 형성하는 단계;
 - (b) 상기 하부 산화물층 상에 금속층을 형성하는 단계; 및
 - (c) 상기 금속층 상에 상부 산화물층을 형성하는 단계;
- 를 포함하는 다층 투명전극 제조방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 (a) 단계는

Ti, Ga, Al, Ge, As, Cu, Mn, Zr, Nb, Ru, Hf, Zn, Sr, Ba, Fe, Ag, In, Re, Cr, Ni, Mo, V, W, Mg, Si, Sn, 및 Ta 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금으로 베이스층을 형성하고,

산소 분위기 또는 에어 분위기에서 상기 베이스층을 산화하는 다층 투명전극 제조방법.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 (a) 단계는

텅스텐(W) 및 티타늄(Ti)이 함유된 합금으로 베이스층을 형성하고,

산소 분위기 또는 에어 분위기에서 상기 베이스층을 산화하는 다층 투명전극 제조방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 합금은 총중량을 기준으로 45 ~ 55 wt%의 상기 텅스텐, 및 45 ~ 55 wt%의 상기 티타늄을 함유하는 다층 투

명전극 제조방법.

청구항 14

청구항 10에 있어서,
상기 하부 산화물층의 두께는 1 ~ 100 nm인 다층 투명전극 제조방법.

청구항 15

청구항 10에 있어서,
상기 금속층의 두께는 1 ~ 30 nm인 다층 투명전극 제조방법.

청구항 16

청구항 10에 있어서,
상기 기판은 플렉서블(flexible) 기판인 다층 투명전극 제조방법.

청구항 17

청구항 10에 있어서,
상기 금속층은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, Cu, 및 Al 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어지는 다층 투명전극 제조방법.

청구항 18

청구항 10에 있어서,
상기 상부 산화물층은 Ti-O, Zn-O, Ni-O, Mo-O, V-O, W-O, Mg-O, Si-O, Sn-O, Ta-O, Hf-O, Nb-O, Zr-O, Cu-O, In-O, Al-O, Ni-In-O, Zn-In-O, Cu-In-O, Mo-In-O, Ge-In-O, Si-In-O, Sn-In-O, Mn-In-O, Mg-In-O, Ga-In-O, Al-In-O, B-In-O, V-In-O, In-O-Cl, In-O-F, W-In-O, Ta-In-O, Hf-In-O, Re-In-O, Mg-Sn-O, Ga-Zn-In-O, Sr-V-O, Ca-V-O, 및 Ga-Sn-Zn-In-O 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어지는 다층 투명전극 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다층 투명전극 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 투명전극은 통상 80% 이상의 고투명도와 면저항 500 Ω/sq. 이하의 전도도를 가지는 소재로서, LCD 전면전극, OLED 전극 등 디스플레이, 터치스크린, 태양전지, 광전자 소자 등 전기전자분야에서 매우 광범위하게 사용되고 있다.

[0003] 하기 선행기술문헌의 특허문헌에 개시된 바와 같이, 현재 투명전극 재료로 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide, ITO)이 가장 널리 채용되고 있다. 투명 전도성 산화물인 ITO는 산화인듐에 소량의 산화주석을 혼합하여 사용하며, 산화주석이 5 ~ 10wt% 함유되었을 경우 투명전극으로의 특성이 가장 좋기 때문에, 대부분 산화주석을 10wt% 함유한 조성을 사용하고 있다. ITO 이외에 또 다른 전도성 산화물인 SnO₂, ZnO 등도 개발되어 사용되고 있으나,

ITO에 비해 전기적 및 광학적 특성이 열악하여, 높은 저항값을 필요로 하는 터치패널이나 저급 투명전극재로 일부 사용되고 있을 뿐, ITO를 대체하지 못하고 있다.

- [0004] 이처럼 높은 광투과도 및 전도성으로 인해 다른 소재로 쉽게 대체할 수 없는 ITO 투명전극에도 몇 가지 치명적인 문제점이 있다. 그 중 대표적인 것이 플렉서블(flexible) 전자소자에 적용이 곤란하다는 점이다. 무기물인 ITO는 그 특성상 연성이 부족하기 때문에, 구부러질 때에 크랙(crack)이 발생하게 되고, 이러한 크랙은 결과적으로 저항을 증가시키는 원인이 된다. 또한, ITO 투명전극은 유리 기판 위에 결정화되면서 고온의 열처리 공정이 불가피하므로, 열에 취약한 플렉서블 폴리머 기판을 사용할 수 없다. 나아가, ITO의 소재인 인듐 자체가 희소금속이므로, 자원 고갈의 우려가 있고, 매년 가격이 폭등하여 계속적인 제조비용의 상승이 예상된다.
- [0005] 이에, 종래 ITO 투명전극의 문제점을 개선하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) KR 10-1620870 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 종래의 고가인 ITO 투명전극을 대체하고, 플렉서블 기판에 적용 가능하며, 텅스텐과 티타늄을 함유한 합금이 산화된 하부 산화물층 상에 금속층 및 상부 산화물층이 순차적으로 적층되어, 투과도가 향상된 산화물층/금속층/산화물층의 다층 구조 투명전극을 제공하는 것이다.
- [0008] 또한, 본 발명의 다른 측면은 산소 분위기 또는 에어 분위기에서 합금층을 산화시켜 투과도 및 전기적 특성이 우수한 다층 구조 투명전극의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극은 하부 산화물층; 상기 하부 산화물층 상(on)에 형성되는 금속층; 및 상기 금속층 상에 형성되는 상부 산화물층;을 포함한다.
- [0010] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 하부 산화물층은 Ti, Ga, Al, Ge, As, Cu, Mn, Zr, Nb, Ru, Hf, Zn, Sr, Ba, Fe, Ag, In, Re, Cr, Ni, Mo, V, W, Mg, Si, Sn, 및 Ta 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금이 산화되어 형성된다.
- [0011] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 하부 산화물층은 텅스텐(W) 및 티타늄(Ti)이 함유된 합금이 산화되어 형성된다.
- [0012] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 합금은 총중량을 기준으로 45 ~ 55 wt%의 상기 텅스텐, 및 45 ~ 55 wt%의 상기 티타늄을 함유한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 하부 산화물층의 두께는 1 ~ 100 nm이다.
- [0014] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 금속층의 두께는 1 ~ 30 nm이다.
- [0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 하부 산화물층은 플렉서블(flexible) 기판 상에 형성된다.
- [0016] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 금속층은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, Cu, 및 Al 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금으로 이루어진다.
- [0017] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극에 있어서, 상기 상부 산화물층은 Ti-O, Zn-O, Ni-O, Mo-O, V-O, W-O, Mg-O, Si-O, Sn-O, Ta-O, Hf-O, Nb-O, Zr-O, Cu-O, In-O, Al-O, Ni-In-O, Zn-In-O, Cu-In-O, Mo-In-O, Ge-In-O, Si-In-O, Sn-In-O, Mn-In-O, Mg-In-O, Ga-In-O, Al-In-O, B-In-O, V-In-O, In-O-Cl, In-O-F, W-In-O, Ta-In-O, Hf-In-O, Re-In-O, Mg-Sn-O, Ga-Zn-In-O, Sr-V-O, Ca-V-O, 및 Ga-Sn-Zn-In-O 중 적어도 어느 한

나 이상으로 이루어진다.

- [0018] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법은 (a) 기판 상(on)에 하부 산화물층을 형성하는 단계; (b) 상기 하부 산화물층 상에 금속층을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 금속층 상에 상부 산화물층을 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0019] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 (a) 단계는 Ti, Ga, Al, Ge, As, Cu, Mn, Zr, Nb, Ru, Hf, Zn, Sr, Ba, Fe, Ag, In, Re, Cr, Ni, Mo, V, W, Mg, Si, Sn, 및 Ta 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금으로 베이스층을 형성하고, 산소 분위기 또는 에어 분위기에서 상기 베이스층을 산화한다.
- [0020] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 (a) 단계는 텅스텐(W) 및 티타늄(Ti)이 함유된 합금으로 베이스층을 형성하고, 산소 분위기 또는 에어 분위기에서 상기 베이스층을 산화한다.
- [0021] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 합금은 총중량을 기준으로 45 ~ 55 wt%의 상기 텅스텐, 및 45 ~ 55 wt%의 상기 티타늄을 함유한다.
- [0022] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 하부 산화물층의 두께는 1 ~ 100 nm이다.
- [0023] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 금속층의 두께는 1 ~ 30 nm이다.
- [0024] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 기판은 플렉서블(flexible) 기판이다.
- [0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 금속층은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, Cu, 및 Al 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어진다.
- [0026] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법에 있어서, 상기 상부 산화물층은 Ti-O, Zn-O, Ni-O, Mo-O, V-O, W-O, Mg-O, Si-O, Sn-O, Ta-O, Hf-O, Nb-O, Zr-O, Cu-O, In-O, Al-O, Ni-In-O, Zn-In-O, Cu-In-O, Mo-In-O, Ge-In-O, Si-In-O, Sn-In-O, Mn-In-O, Mg-In-O, Ga-In-O, Al-In-O, B-In-O, V-In-O, In-O-Cl, In-O-F, W-In-O, Ta-In-O, Hf-In-O, Re-In-O, Mg-Sn-O, Ga-Zn-In-O, Sr-V-O, Ca-V-O, 및 Ga-Sn-Zn-In-O 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어진다.
- [0027] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.
- [0028] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명에 따르면, 산화물층/금속층/산화물층의 다층구조 투명전극에 있어서, 하부 산화물층이 텅스텐과 티타늄을 함유하는 합금으로 형성되어, 투과도 및 면저항이 현저하게 개선되므로, 고품위의 소자를 제조할 수 있다. 이는 산화물층의 소재를 합금 정도에 따라 매우 다양하게 적용할 수 있으며, 이는 전기적, 광학적 특성을 용도에 맞게 변화시킬 수 의미한다.
- [0030] 또한, 본 발명에 따르면, 산화(Oxidation) 전극과 접한 반도체 표면에서 오믹 컨택(Ohmic contact)을 이루면서 높은 투과도와 낮은 면저항값을 지니므로 발광층 전면에서 전류 퍼짐 효과(current spreading efficiency)를 높여 고효율의 발광소자를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극의 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법의 순서도이다.
- 도 3a 내지 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극의 투과도를 나타내는 그래프이다.
- 도 5 내지 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극의 전기적 특성을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람

직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

- [0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극의 단면도이다.
- [0035] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극은 하부 산화물층(10), 하부 산화물층(10) 상(on)에 형성되는 금속층(20), 및 금속층(20) 상에 형성되는 상부 산화물층(30)을 포함한다.
- [0036] 본 실시예에 따른 다층 투명전극은 다양한 전자분야에 적용되는 투명전극에 관한 것으로서, 하부 산화물층(10), 금속층(20), 및 상부 산화물층(30)을 포함한다.
- [0037] 투명전극은 통상 80% 이상의 고투명도와 면저항 500 Ω/sq . 이하의 전도도를 가지는 소재로서, LCD 전면전극, OLED 전극 등 디스플레이, 터치스크린, 태양전지, 광전자 소자 등 전기전자분야에서 매우 광범위하게 사용되고 있다.
- [0038] 현재까지 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide, ITO)이 전극 재료로서 가장 널리 채용되고 있는데, 연성이 부족하여 구부러질 때에 크랙(crack)이 발생하고, 유리 기판(40) 위에 결정화하면서 고온의 열처리 공정이 불가피하므로, 열에 취약한 플렉서블 폴리머 기판(40)에 사용이 불가능하여, 유연한 전자소자에 적용이 곤란하다.
- [0039] 나아가, ITO의 소재인 인듐 자체가 희소금속이므로, 자원 고갈의 우려가 있고, 매년 가격이 폭등하여 지속적으로 제조비용이 상승하는 문제가 있다.
- [0040] 이러한 종래 ITO 투명전극의 문제점을 개선하기 위한 방안으로서, 본 실시예에 따른 다층 투명전극이 고안되었다.
- [0041] 본 실시예에 따른 다층 투명전극은 하부 산화물층(10), 금속층(20), 및 상부 산화물층(30)이 순차적으로 배치되는 구조를 갖는다. 즉, 금속층(20)을 사이에 두고 산화물층(10, 30)이 금속층(20)의 상부와 하부에 각각 배치되어, 하부 산화물층(10)/금속층(20)/상부 산화물층(30)의 다층구조로 형성된다.
- [0042] 하부 산화물층(10)은 단일 금속 또는 그 금속의 합금이 산화되어 형성된다. 예를 들어, Ti, Ga, Al, Ge, As, Cu, Mn, Zr, Nb, Ru, Hf, Zn, Sr, Ba, Fe, Ag, In, Re, Cr, Ni, Mo, V, W, Mg, Si, Sn, 및 Ta 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금이 산화되어 하부 산화물층(10)을 형성한다.
- [0043] 일 예로서, 하부 산화물층(10)은 텅스텐(W) 및 티타늄(Ti)을 함유하는 합금이 산화되어 형성될 수도 있는데, 이때 텅스텐과 티타늄은 합금의 총중량을 기준으로 텅스텐이 45 ~ 55 wt%, 티타늄이 45 ~ 55 wt%로 함유되고, 그 합이 100 wt%일 수 있다. 즉, 텅스텐과 티타늄만으로 이루어진 합금에 의해 하부 산화물층(10)이 형성될 수 있다.
- [0044] 구체적으로, 하부 산화물층(10)은 기판(40) 상(on)에 형성되는데, 상술한 단일 금속, 그 금속의 합금이나, 또는 텅스텐과 티타늄 합금을 기판(40)에 코팅하여 베이스층을 형성하고, 산소 분위기 또는 에어 분위기 하에서 그 베이스층을 산화시킴으로써 형성할 수 있다.
- [0045] 이때, 하부 산화물층(10)의 두께가 투과도에 영향을 미치는데, 최적의 투과도를 확보하기 위해서는 1 ~ 100 nm가 적당하다. 다만, 그 두께가 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니고, 하부 산화물층(10), 금속층(20) 및 상부 산화물층(30)의 소재 및 두께, 사용조건을 고려하여 다양하게 선택할 수도 있다.
- [0046] 하부 산화물층(10) 상에 형성되는 금속층(20)은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, Cu, 및 Al 중 어느 하나 또는 그 중 어느 하나의 합금으로 이루어질 수 있다. 금속층(20)의 두께 역시 하부 산화물층(10)과 마찬가지로, 투과도에 영향을 미치는데, 1 ~ 30 nm의 두께에서 최적화된다. 이때, 두께가 달라지면 80% 이상 고투과되는 광의 파장 영역대도 달라지므로, 상술한 범위에서 광의 파장을 고려하여 선택적으로 금속층(20)의 두께를 결정할 수 있다. 다만, 금속층(20)의 두께가 반드시 상술한 범위에 한정되어야 하는 것은 아니므로, 소재, 하부 및 상부 산화물층(10, 30) 등에 따라 다양한 두께로 형성할 수도 있다.
- [0047] 상부 산화물층(30)은 금속층(20) 상에 형성되는 층으로서, Ti-O, Zn-O, Ni-O, Mo-O, V-O, W-O, Mg-O, Si-O,

Sn-O, Ta-O, Hf-O, Nb-O, Zr-O, Cu-O, In-O, Al-O, Ni-In-O, Zn-In-O, Cu-In-O, Mo-In-O, Ge-In-O, Si-In-O, Sn-In-O, Mn-In-O, Mg-In-O, Ga-In-O, Al-In-O, B-In-O, V-In-O, In-O-Cl, In-O-F, W-In-O, Ta-In-O, Hf-In-O, Re-In-O, Mg-Sn-O, Ga-Zn-In-O, Sr-V-O, Ca-V-O, 및 Ga-Sn-Zn-In-O 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다. 이때, 높은 투과도를 확보하기 위한 최적의 상부 산화물층(30) 두께는 1 ~ 100 nm일 수 있는데, 하부 산화물층(10) 및 금속층(20)과의 관계를 고려하여 이와 달리 결정해도 무방하다.

[0048] 이렇게 형성된 하부 산화물층(10)/금속층(20)/상부 산화물층(30) 구조의 본 발명에 따른 다층 투명전극은 다양한 전자소자에 활용 가능한데, 발광소자(LED), 특히 GaN 기반의 발광소자의 품위 및 효율 향상에 크게 기여할 수 있다.

[0049] 발광소자에서의 성능향상을 위해서 가장 중요한 이슈는 전류 주입(current injection) 및 전류 퍼짐 효과(current spreading efficiency)를 결정짓는 오믹 컨택(Ohmic contact)이다. 소자의 오믹 컨택 특성이 좋지 않으면, 전극과 반도체 사이에 접촉저항이 커지게 되고, 이로 인해 캐리어 주입(carrier injection) 효율이 저하되며, 계면에서의 열손실이 증가하여 장기 신뢰성 및 소자의 발광·양자 효율이 감소하게 된다. 이에 오믹 컨택 기술에 대한 다양한 기술이 연구되어 왔는데, 가장 대표적인 기술은, 증착 및 열처리 기술로 특정 일함수를 갖는 물질을 GaN 위에 증착시킨 후 열처리함으로써, p형 또는 n형 GaN와 유사한 일함수를 갖는 합금을 형성하여 쇼트키장벽을 낮추는 것이다.

[0050] 본 발명에 따른 다층 투명전극에서는 이러한 특정 일함수를 갖는 금속 및 합금을 산화시켜 투명한 하부 산화물층(10)을 형성함과 동시에, 산화 과정에서 전극과 접한 반도체 표면에 각각 어셉터(acceptor)와 도너(donor)로 작용하는 Ga와 N vacancy들을 형성하여 정공과 전자의 터널링(tunneling)을 유도하거나, 쇼트키장벽을 낮추는 효과가 있으므로 접촉 비저항을 크게 낮춘다.

[0051] 또한, 산화물층(10)/금속층(20)/산화물층(30)의 구조를 구현하여, 높은 투과도와 낮은 면저항을 지니면서도 재료의 선택이 다양하여, 단일 금속 또는 합금 등을 통해 특정 일함수에 맞출 수 있는 장점이 있다. 따라서, 고품위의 소자를 용이하게 제조할 수 있고, 전기적·광학적 특성, 표면 형태(morphology), 굽힘 성형성(bendability), 내부식성(corrosion resistance) 등도 쉽게 만족시킬 수 있다.

[0052] 한편, 본 발명에 따른 다층 투명전극은 기판(40) 상에 형성될 수 있는데, 이때 금속층(20), 하부 및 상부 산화물층(10, 30)을 지지하는 기판(40)은 리지드(rigid) 기판 또는 유연하게 휘어지는 플렉서블(flexible) 기판일 수 있다. 본 발명 따른 다층 투명전극의 제조과정에서는 종래 ITO 투명전극과 달리, 고온 열처리 공정이 불필요하므로, 열에 취약한 플렉서블 기판에도 활용 가능한 것이다.

[0053] 플렉서블 기판을 사용하는 경우에는, 유연한 전자소자를 구현하고, 롤투롤 공정 등을 통해 단시간에 전자소자를 대량생산할 수 있는 장점이 있다. 이때, 기판(40)은 폴리머 기판으로서, 예를 들어, 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리이미드(PI), 및 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 중 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다. 다만, 폴리머 기판의 재료가 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0054] 또한, 기판(40)이 반드시 플렉서블 기판에 한정되는 것도 아니므로, 글라스(glass), 실리콘(Si) 등을 이용해 제조할 수도 있다.

[0055] 이하에서는 본 발명에 따른 투명전극의 제조방법에 대해 설명한다.

[0056] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법의 순서도이다.

[0057] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극 제조방법은 (a) 기판 상(on)에 하부 산화물층을 형성하는 단계(S100), (b) 하부 산화물층 상에 금속층을 형성하는 단계(S200); 및 (c) 금속층 상에 상부 산화물층을 형성하는 단계(S300)를 포함한다.

[0058] 하부 산화물층을 형성하는 단계(S100)에서는 기판 상에 Ti, Ga, Al, Ge, As, Cu, Mn, Zr, Nb, Ru, Hf, Zn, Sr, Ba, Fe, Ag, In, Re, Cr, Ni, Mo, V, W, Mg, Si, Sn, 및 Ta 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금으로 베이스층을 형성하거나, 또는 일 예로서, 텅스텐(W) 및 티타늄(Ti)이 함유된 합금으로 베이스층을 형성하고, 이후에, 산소 분위기 또는 에어 분위기에서 상기 베이스층을 산화시킴으로써 하부 산화물층을 형성한다. 이때, RTA 열처리, 레이저 열처리 등과 같은 열처리 단계를 추가적으로 더 진행할 수도 있다.

[0059] 텅스텐(W) 및 티타늄(Ti)이 함유된 합금을 베이스층으로 활용하는 경우에는, 45 ~ 55 wt%의 텅스텐과 45 ~ 55 wt%의 티타늄이 총합하여 100 wt%가 되는 합금을 사용할 수 있다.

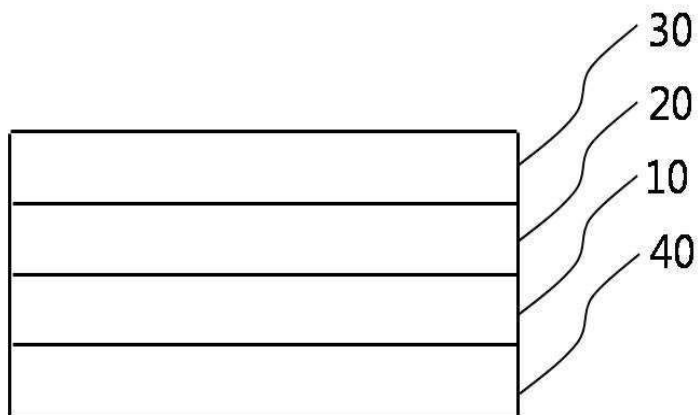
- [0060] 이때, 기관에 적층된 하부 산화물층의 두께는 1 ~ 100 nm가 적합한데, 다른 요인들을 고려하여 이와 달리 결정할 수도 있다. 여기서, 기관은 리지드 기관일 수 있는데, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 플렉서블 기관을 사용할 수도 있다.
- [0061] 하부 산화물층이 형성되면, 금속층을 형성하는데(S200), 이때 금속층은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, Cu, 및 Al 중 어느 하나 또는 어느 하나의 합금으로 이루어지고, 그 두께는 1 ~ 30 nm가 바람직하다. 다만, 두께가 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니다.
- [0062] 금속층이 형성된 후에는, 상부 산화물층을 형성한다(S300). 여기서 상부 산화물층은 Ti-O, Zn-O, Ni-O, Mo-O, V-O, W-O, Mg-O, Si-O, Sn-O, Ta-O, Hf-O, Nb-O, Zr-O, Cu-O, In-O, Al-O, Ni-In-O, Zn-In-O, Cu-In-O, Mo-In-O, Ge-In-O, Si-In-O, Sn-In-O, Mn-In-O, Mg-In-O, Ga-In-O, Al-In-O, B-In-O, V-In-O, In-O-Cl, In-O-F, W-In-O, Ta-In-O, Hf-In-O, Re-In-O, Mg-Sn-O, Ga-Zn-In-O, Sr-V-O, Ca-V-O, 및 Ga-Sn-Zn-In-O 중 적어도 어느 하나 이상으로, 1 ~ 100 nm 두께로 형성할 수 있다. 다만, 반드시 두께를 이에 한정할 필요는 없다.
- [0063] 상술한 제조방법에 의해 제조된 다층 투명전극은 투과도 및 전기적 특성이 우수한데, 이하에서 자세하게 설명한다.
- [0064] 도 3a 내지 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극의 투과도를 나타내는 그래프이고, 도 5 내지 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다층 투명전극의 전기적 특성을 나타내는 그래프이다.
- [0065] 도 3a에서, TiO₂ 단일 금속과 텅스텐 및 티타늄 합금 각각의 투과도를 측정하였는데, 텅스텐 및 티타늄 합금의 경우, 산화되기 전에는 약 20%의 투과도를 나타내었으나, 산화 후에는 TiO₂ 단일 금속보다 더 투과도가 향상됨을 확인하였다. 이는 다른 여러 금속들의 투과도를 살펴보아도 산화가 잘되고 있음을 도 3b를 통해서 확인할 수 있다.
- [0066] 도 4에서는, 하부 산화물층의 두께를 고정하고, 상부 산화물층의 두께를 20 nm에서부터 10 nm씩 증가시키면서 투과도를 측정하였다. 그 결과, 어느 경우에도 80% 이상의 투과도를 나타냈다. 또한, 최고 투과도에서의 광의 파장이 상부 산화물층의 두께에 따라 달라짐을 확인했는데, 설계시 최적의 투과도를 확보하기 위한 요소로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.
- [0067] 도 5 내지 도 6에서, 상부 산화물층의 두께에 따른 전기적 특성을 측정하였는데, 모든 두께에서 면저항이 5 Ohm/sq. 내외로서 매우 우수한 전기적 특성을 보였다.
- [0068] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.
- [0069] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

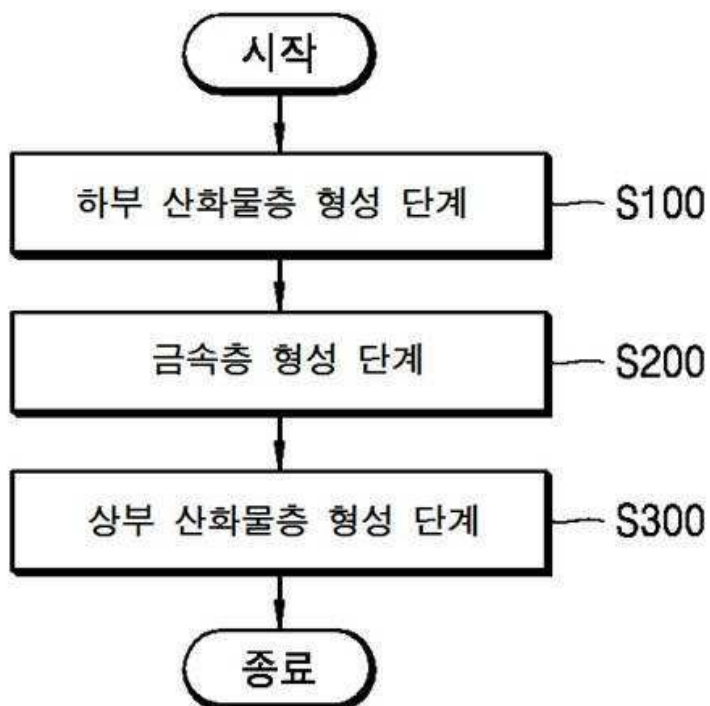
- [0070] 10: 하부 산화물층 20: 금속층
30: 상부 산화물층 40: 기관

도면

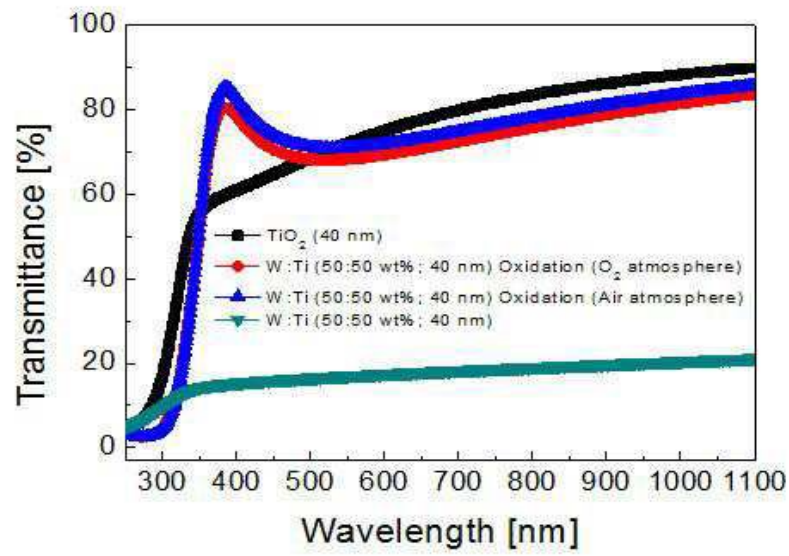
도면1



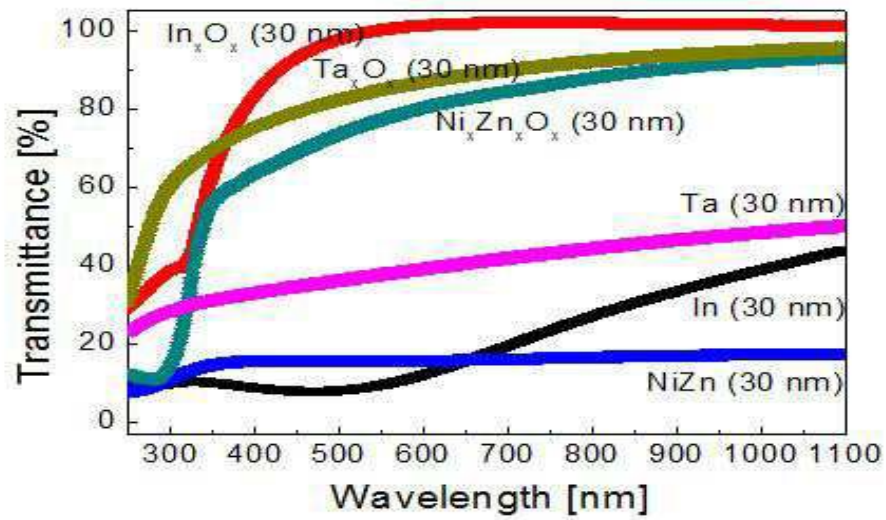
도면2



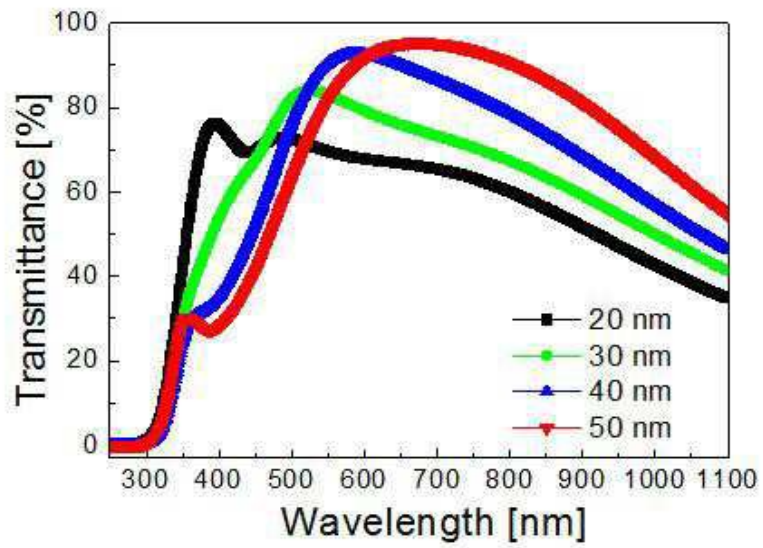
도면3a



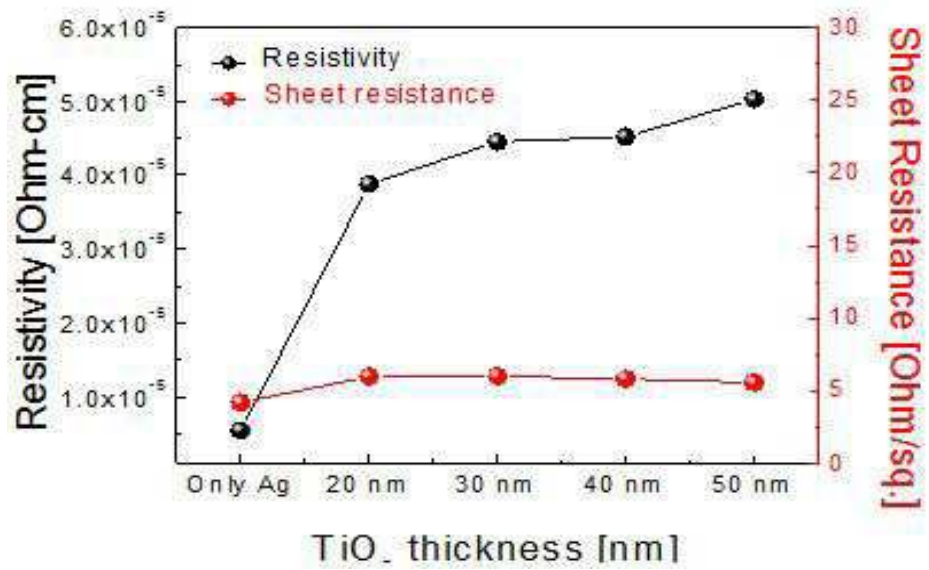
도면3b



도면4



도면5



도면6

