(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0000169
(43) 공개일자 2018년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) *B82B 3/00* (2017.01)
C03C 17/09 (2006.01) *C03C 17/23* (2006.01)
H01B 1/02 (2006.01) *H01B 13/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 5/14 (2013.01)
B82B 3/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0078002
(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

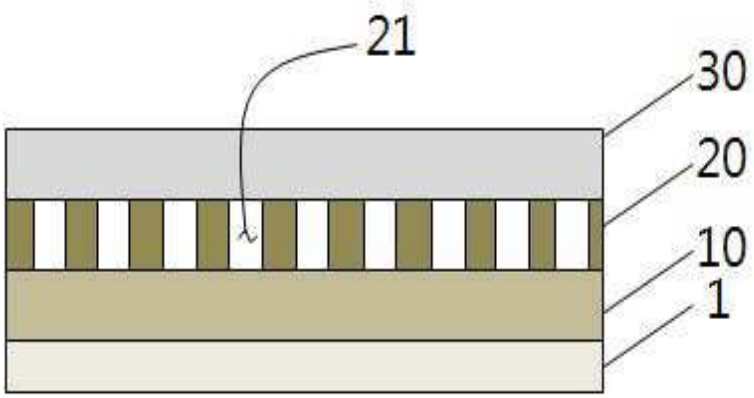
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **투명전극**

(57) 요 약

본 발명은 투명전극에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 투명전극은 기판(1) 상(on)에 형성되는 하부 산화물층(10), 하부 산화물층(10) 상에 형성되고, 두께 방향을 따라 관통된 다수의 미세기공(21)을 구비하는 금속기공층(20), 및 금속기공층(20) 상에 형성하는 상부 산화물층(30)을 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C03C 17/09 (2013.01)
C03C 17/23 (2013.01)
H01B 1/023 (2013.01)
H01B 1/026 (2013.01)
H01B 13/0026 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10049601
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 벤처형전문소재기술개발사업
연구과제명 OLED조명을 위한 flexible 기판용 광추출 효율이 2.0배 향상된 flexible 전도성 광추출 기판 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 복합기판 소재 및 공정 기술 개발
기 여 율 1/2
주관기관 덕산하이메탈(주)
연구기간 2015.07.01 ~ 2018.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판 상(on)에 형성되는 하부 산화물층;

상기 하부 산화물층 상에 형성되고, 두께 방향을 따라 관통된 다수의 미세기공을 구비하는 금속기공층; 및

상기 금속기공층 상에 형성되는 상부 산화물층;

을 포함하는 투명전극.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 미세기공의 직경은 빛의 파장보다 더 작은 투명전극.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 미세기공은 나노 사이즈인 투명전극.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 금속기공층은 특이 광투과(Extraordinary Optical Transmission) 현상을 발생시키는 투명전극.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 금속기공층은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, W, Pt, Cu, 및 Al 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어지는 투명전극.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 상부 산화물층, 및 상기 하부 산화물층 중 적어도 어느 하나는 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 투명전극.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 상부 산화물층 및 상기 하부 산화물층 중 적어도 어느 하나는 1 ~ 100 ㎚의 두께로 형성되는 투명전극.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 상부 산화물층과 상기 하부 산화물층은 서로 다른 산화물로 형성된 투명전극.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 기판은 플렉서블(flexible) 기판인 투명전극.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 기판은 글라스(glass), 실리콘(Si), 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리이미드(PI), 및 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어지는 투명전극.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 하부 산화물층, 상기 금속기공층, 및 상기 상부 산화물층은

스퍼터링법, 무손상 스퍼터링법(damage-free sputtering), 전자빔 증착법, 롤투롤(Roll-to-roll) 또는 연속 증발 증착법으로 형성되는 투명전극.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 투명전극에 관한 것이다.

배 경 기 술

[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 SnO_2, ZnO 등도 개발되어 사용되고 있으나, ITO에 비해 전기적 및 광학적 특성이 열악하여, 높은 전기저항에도 구동하는 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 공정

이 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, 다수의 미세기공이 구비된 금속기공층이 산화물층 사이에 삽입 배치되어 투과도가 향상된 산화물층/금속기공층/산화물층의 다층구조 투명전극을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 투명전극은 기판 상(on)에 형성되는 하부 산화물층; 상기 하부 산화물층 상에 형성되고, 두께 방향을 따라 관통된 다수의 미세기공을 구비하는 금속기공층; 및 상기 금속기공층 상에 형성되는 상부 산화물층;을 포함한다.

[0009] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 미세기공의 직경은 빛의 파장보다 더 작다.

[0010] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 미세기공은 나노 사이즈이다.

[0011] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 금속기공층은 특이 광투과(Extraordinary Optical Transmission) 현상을 발생시킨다.

[0012] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 금속기공층은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, W, Pt, Cu, 및 Al 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어진다.

[0013] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 상부 산화물층, 및 상기 하부 산화물층 중 적어도 어느 하나는 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.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 상부 산화물층 및 상기 하부 산화물층 중 적어도 어느 하나는 1 ~ 100 ㎚의 두께로 형성된다.

[0015] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 상부 산화물층과 상기 하부 산화물층은 서로 다른 산화물로 형성된다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 기판은 플렉서블(flexible) 기판이다.

[0017] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 기판은 글라스(glass), 실리콘(Si), 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리이미드(PI), 및 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어진다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 투명전극에 있어서, 상기 하부 산화물층, 상기 금속기공층, 및 상기 상부 산화물층은 스퍼터링법, 무손상 스퍼터링법(damage-free sputtering), 전자빔 증착법, 롤투롤(Roll-to-roll) 또는 연속 증발 증착법으로 형성된다.

[0019] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0020] 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

[0021] 본 발명에 따르면, 산화물층/금속층/산화물층의 다층구조 투명전극에 있어서, 금속층에 형성된 다수의 미세기공을 통해 특이 광투과(Extraordinary Optical Transmission) 효과를 유도함으로써, 투과도를 개선할 수 있고, 또한 다층구조 투명전극에 한정되어 사용되어 지는 금속층의 소재를 다양하게 사용할 수 있는 이점이 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면, 산화물층 및 금속기공층이 스퍼터링 기법을 통해 형성됨으로써, 대면적의 평탄하고 안정한 표면을 구현할 수 있고, 고온 열처리 공정이 불필요하여 플렉서블한 유연기판에도 사용 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 투명전극의 단면도이다.

도 2는 도 1에 도시된 금속기공층의 평면도이다.

도 3은 다층구조 투명전극의 투과도를 나타내는 그래프이다.

도 4는 다층구조 투명전극의 전기적 특성을 나타내는 그래프이다.

도 5는 도 1에 도시된 금속기공층과 금속 박막층을 비교한 SEM 이미지 및 투과도를 나태내는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 투명전극의 표면 형상을 나타낸 AFM 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 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.

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 투명전극의 단면도이고, 도 2는 도 1에 도시된 금속기공층의 평면도이다.

[0027] 도 1 내지 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 투명전극은 기판(1) 상(on)에 형성되는 하부 산화물층(10), 하부 산화물층(10) 상에 형성되고, 두께 방향을 따라 관통된 다수의 미세기공(21)을 구비하는 금속기공층(20), 및 금속기공층(20) 상에 형성하는 상부 산화물층(30)을 포함한다.

[0028] 본 실시예에 따른 투명전극은 다양한 전자분야에 적용되는 투명전극에 관한 것으로서, 하부 산화물층(10), 금속기공층(20), 및 상부 산화물층(30)을 포함한다.

[0029] 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.

[0030] 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 위에 결정화하면서 고온의 열처리 공정이 불가피하므로, 열에 취약한 플렉서블 폴리머 기판에 사용이 불가능하여, 유연한 전자소자에 적용이 곤란하다.

[0031] 나아가, ITO의 소재인 인듐 자체가 희소금속이므로, 자원 고갈의 우려가 있고, 매년 가격이 폭등하여 계속적인 제조비용이 상승하는 문제가 있다. 이러한 종래 ITO 투명전극의 문제점을 개선하기 위한 방안으로서, 본 실시예에 따른 투명전극이 고안되었다.

[0032] 본 실시예에 따른 투명전극은 기판(1) 위에 하부 산화물층(10), 금속기공층(20), 및 상부 산화물층(30)이 순차적으로 형성된다. 즉, 금속기공층(20)을 사이에 두고 산화물층이 각각 금속기공층(20)의 상부와 하부에 배치되

어, 하부 산화물층(10)/금속기공층(20)/상부 산화물층(30)의 다층구조를 이룬다.

[0033] 여기서, 금속기공층(20)은 하부 산화물층(10) 상(on)에 형성되는 금속층으로서, 다수의 미세기공(21)을 구비한다. 이때, 금속기공층(20)은 예를 들어, Ag, Au, Ti, Ni, Mo, W, Pt, Cu, 및 Al 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있으므로, 단일 금속뿐만 아니라, 어느 하나의 금속에 다른 금속이 첨가된 합금으로도 형성될 수 있다. 다만, 그 소재가 반드시 상술한 금속에 한정되는 것은 아니다.

[0034] 이때, 금속기공층(20)의 두께는 1 ~ 100 ㎚일 수 있는데, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0035] 한편, 금속기공층(20)에는 미세기공(21)이 형성되어 있는데, 이때 미세기공(21)은 금속기공층(20)의 일면에서부터 타면까지, 그 두께 방향을 따라 관통하여 형성된다. 금속기공층(20)의 일면은 하부 산화물층(10)과 접하는 면이고, 타면은 그 일면의 반대쪽 면, 즉 상부 산화물층(30)과 접하는 면을 의미한다.

[0036] 이렇게 형성된 미세기공(21)은 나노 사이즈로서, 그 직경은 빛의 파장보다 상대적으로 작게 형성될 수 있는데, 이러한 미세기공(21)은 특이 광투과(Extraordinary Optical Transmission; EOT) 현상을 발생시킨다. 특이 광투과 현상이란 불투명한 매질 내에 매질보다 투과도가 높고 입사광의 파장보다 작은 크기의 반복된 패턴이 형성되어 있을 경우에, 표면 플라즈몬 공명(surface plasmon resonance) 효과에 의한 보강 간섭이 발생하여 특정 파장의 광의 투과가 매우 크게 발생하는 현상이다. 이러한 특이 광투과 현상은 금속기공층(20)의 투과도를 현저하게 개선시킨다.

[0037] 산화물층/금속층/산화물층 다층구조의 경우에, 종래 ITO 투명전극에 비해 낮은 면저항을 지니고 있음에도 불구하고, 중간에 삽입된 금속층으로 인해 투과도가 다소 낮은 문제가 있을 수 있는데, 본 실시예에 따른 미세기공(21)을 구비한 금속기공층(20)이 금속층을 대체함으로써, 투과도 향상에 기여하게 된다.

[0038] 특히, 낮은 투과도로 인해 사용이 곤란한 금속들을 활용하여, Ag 등과 같은 귀금속 금속층을 대체할 수도 있다.

[0039] 뿐만 아니라, 금속기공층(20)의 직경, 배열간격, 두께 조절 등을 통해 최적의 투과도를 도출할 수 있는데, 미세기공(21)의 형성으로 인해 더욱 높은 투과도 구현이 가능해진다.

[0040] 이러한 금속기공층(20)의 상부와 하부에 각각 형성되는 산화물층인 상부 산화물층(30) 및 하부 산화물층(10) 중 적어도 어느 하나는 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.

[0041] 이때, 상부 산화물층(30)과 하부 산화물층(10)은 서로 다른 산화물로 형성되거나, 또는 동일한 산화물로 형성될 수 있다. 다만, 상부 및 하부 산화물층(30, 10)이 반드시 상술한 소재로 이루어져야 하는 것은 아니다.

[0042] 한편, 상부 산화물층(30) 및 하부 산화물층(10) 중 적어도 어느 하나는 1 ~ 100 ㎚의 두께로 형성될 수 있다. 상부 산화물층(30)과 하부 산화물층(10)의 두께는 서로 동일할 수 있지만, 반드시 동일해야 하는 것은 아니고 상이해도 무방하다. 나아가, 두께가 반드시 1 ~ 100 ㎚에 한정되는 것은 아니고, 산화물의 종류 및 금속기공층(20)의 조건을 고려하여 변경 가능하다.

[0043] 따라서, 본 실시예에 따른 투명전극은 예를 들어, Si-doped ZnO/Ag/Si-doped ZnO(SAS) 다층구조의 투명전극으로 형성되어, 기존의 ITO 투명전극만큼의 높은 투과도를 나타내며, 낮은 면저항을 가지는데, 여기에 다수의 미세기공(21)을 통해 특이 광투과(Extraordinary Optical Transmission) 효과를 유도함으로써, 투과도를 개선한다. 다만, 본 실시예에 따른 투명전극이 반드시 SAS에 한정되는 것은 아니다.

[0044] 또한, 본 실시예에 따른 투명전극의 하부 산화물층(10)이 기판(1)에 형성되고, 순차적으로 금속기공층(20) 및 상부 산화물층(30)이 형성되는 과정에서, 스퍼터링법(sputtering) 기법을 이용할 수 있으므로, 종래 졸-겔 기법 및 스핀 코팅법으로 성막하는 경우에 비해 상대적으로 대면적의 평탄하고 안정한 표면을 확보할 수 있다. 이는 본 실시예에 따른 투명전극 위에 형성되는 유기물질의 활성층에도 큰 영향을 미치므로, 유기태양전지 및 유기발광소자의 효율을 결정하는 중요한 변수가 된다.

[0045] 나아가, 본 실시예에 따른 투명전극은 플렉서블(flexible) 기판 상에 형성되어, 유연 전자소자에도 활용될 수 있다. 본 실시예에 따른 투명전극은 기판(1)에 의해 지지되는데, 이때 기판(1)은 리지드(rigid) 기판(1) 또는 유연하게 휘어지는 플렉서블(flexible) 기판(1)일 수 있다.

[0046] 본 실시예에 따른 투명전극의 제조과정에서 ITO 투명전극과 달리, 고온 열처리 공정이 불필요하므로, 열에 취약

한 플렉서블 기판(1)에도 사용 가능하다. 플렉서블 기판(1)을 사용하는 경우에는, 유연한 전자소자를 구현하고, 롤투롤 공정 등을 통해 대면적의 전자소자를 대량생산할 수 있는 장점이 있다. 이때, 기판(1)은 폴리머 기판(1)으로서, 예를 들어, 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리이미드(PI), 및 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 중 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다. 다만, 폴리머 기판(1)의 재료가 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0047] 또한, 기판(1)이 반드시 플렉서블 기판(1)에 한정되는 것도 아니므로, 글라스(glass), 및 실리콘(Si) 중 적어도 어느 하나 이상으로 제조될 수도 있다.

[0048] 본 실시예에 따른 투명전극의 제조방법에 대해 살펴보면, 기판(1) 상에 하부 산화물층(10)을 형성하는 단계, 하부 산화물층(10)에 금속기공층(20)을 형성하는 단계, 및 금속기공층(20)에 상부 산화물층(30)을 형성하는 단계를 거치는데, 이때, 각각의 형성단계는 스퍼터링법, 무손상 스퍼터링법(damage-free sputtering), 전자빔 증착법, 롤투롤(Roll-to-roll) 또는 연속 증발 증착법으로 이루질 수 있다.

[0049] 이하에서는 본 실시예에 따른 투명전극의 특성을 설명한다.

[0050] 도 3은 다층구조 투명전극의 투과도를 나타내는 그래프이고, 도 4는 다층구조 투명전극의 전기적 특성을 나타내는 그래프이며, 도 5는 도 1에 도시된 금속기공층과 금속 박막층을 비교한 SEM 이미지 및 투과도를 나태내는 그래프이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 투명전극의 표면 형상을 나타낸 AFM 이미지이다.

[0051] 도 3 내지 도 4에서 Si-doped ZnO/Ag/Si-doped ZnO(SAS) 다층구조의 투명전극의 두께에 따른 투과도, 전기적 특성 및 평균 투과도를 측정하였다. 측정결과, 본 실시예에 따른 투명전극은 기존의 ITO 단일층 투명전극 만큼의 높은 투과도와 낮은 면저항을 나타내었다.

[0052] 도 5에서는 금속기공층에서 금속 박막층에서 보이지 않던 특이 광투과 현상이 나타나는 것을 투과도 그래프를 통해 알 수 있다.

[0053] 도 6에서는 금속기공층 위에 상부 산화물층이 형성되므로, 표면 상태를 나타내는 RMS 값이 18 nm에서 4nm로 감소하여 표면 조도를 향상시키는 결과를 확인했다. 이로 인하여 본 발명에 따른 투명전극 위에 형성될 유기태양전지(OPTVs) 및 유기발광소자(OLED)의 효율이 상승할 것으로 기대된다.

[0054] 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.

[0055] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

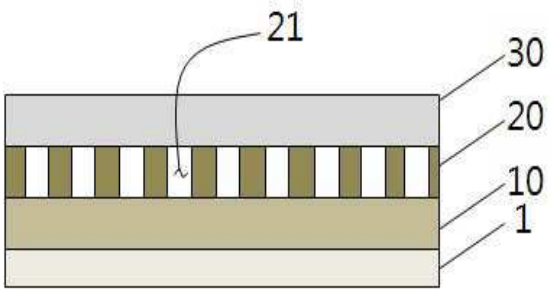
[0056] 1: 기판 10: 하부 산화물층

20: 금속기공층 21: 미세기공

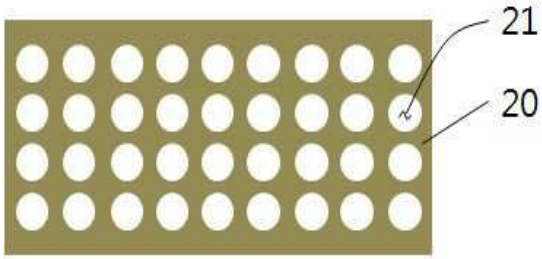
30: 상부 산화물층

도면

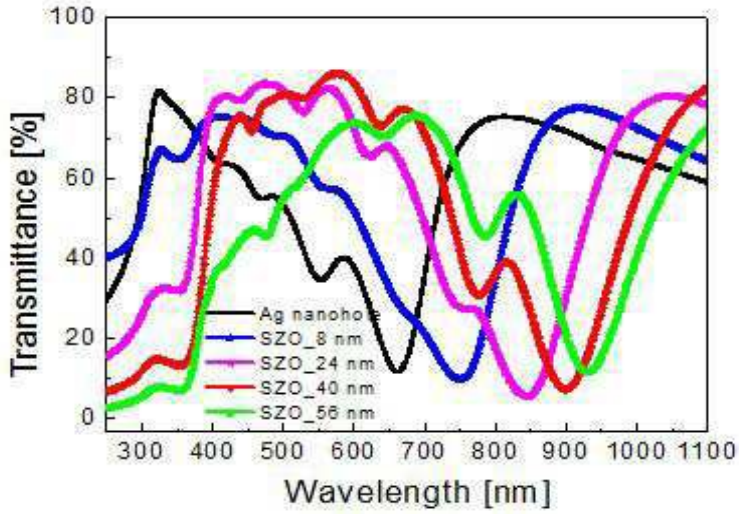
도면1



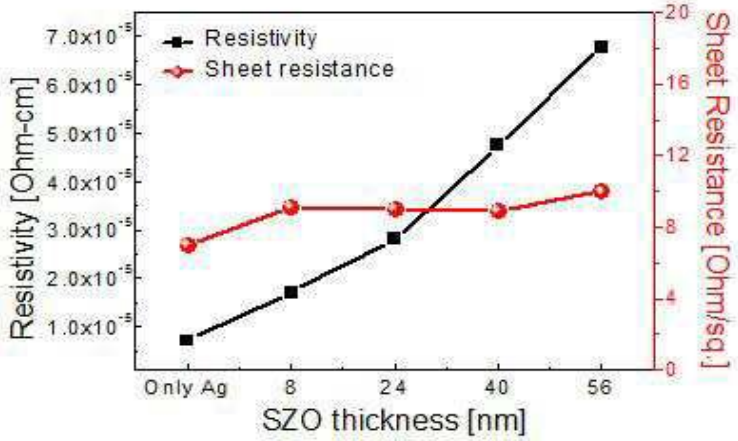
도면2


21
20

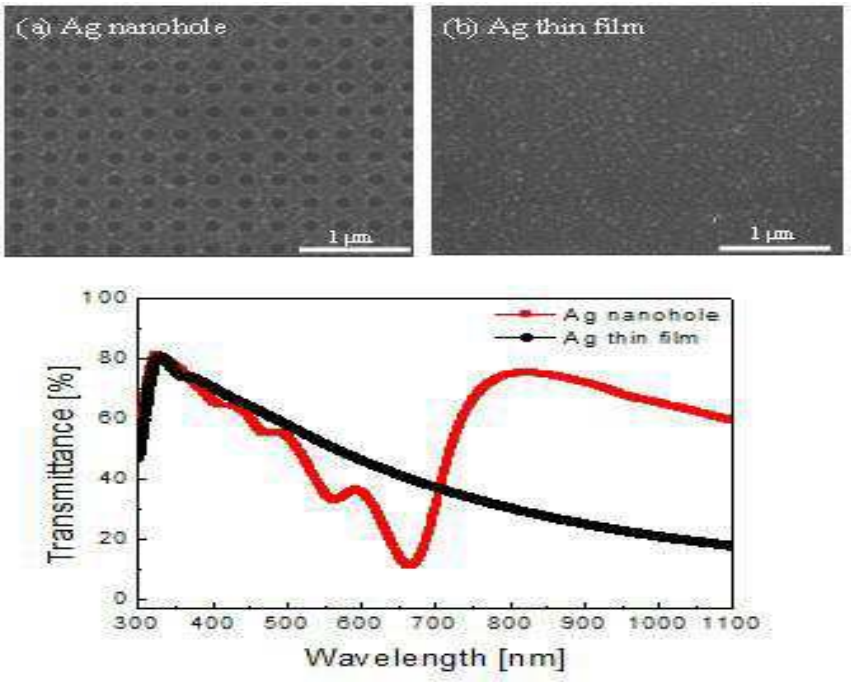
도면3


Transmittance [%]
Wavelength [nm]
Ag nanohole
SZO_8 nm
SZO_24 nm
SZO_40 nm
SZO_56 nm

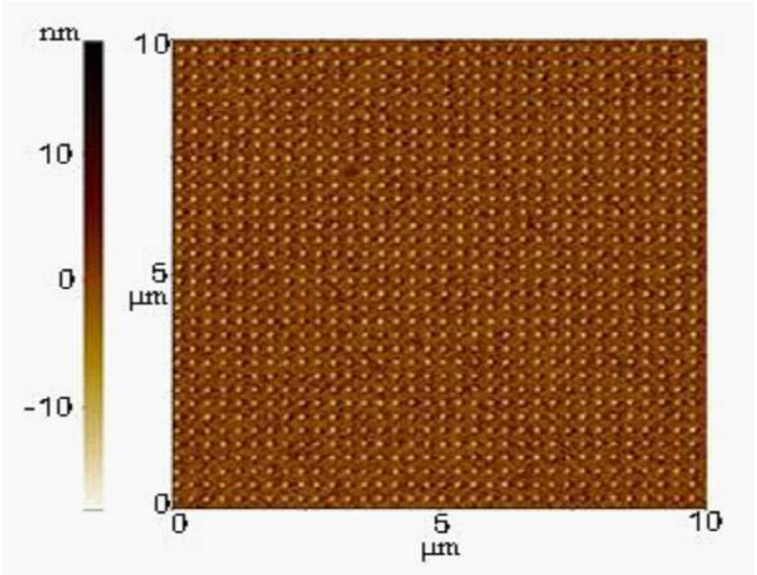
도면4


Resistivity
Sheet resistance
Resistivity [Ohm-cm]
Sheet Resistance [Ohm/sq.]
SZO thickness [nm]
Only Ag
8
24
40
56

도면5


(a) Ag nanohole
1 μm
(b) Ag thin film
1 μm
Ag nanohole
Ag thin film
Transmittance [%]
100
80
60
40
20
0
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
Wavelength [nm]

도면6


nm
10
0
-10
10
5
μm
0
0
5
μm
10