



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0131001
(43) 공개일자 2014년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 13/00 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2013-0049725
(22) 출원일자 2013년05월03일
심사청구일자 2013년05월03일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
장진
서울 동대문구 경희대로 26, (회기동, 경희대학교)
원동현
서울 동대문구 경희대로 26, (회기동, 경희대학교)
(74) 대리인
송인호, 민영준, 최관락

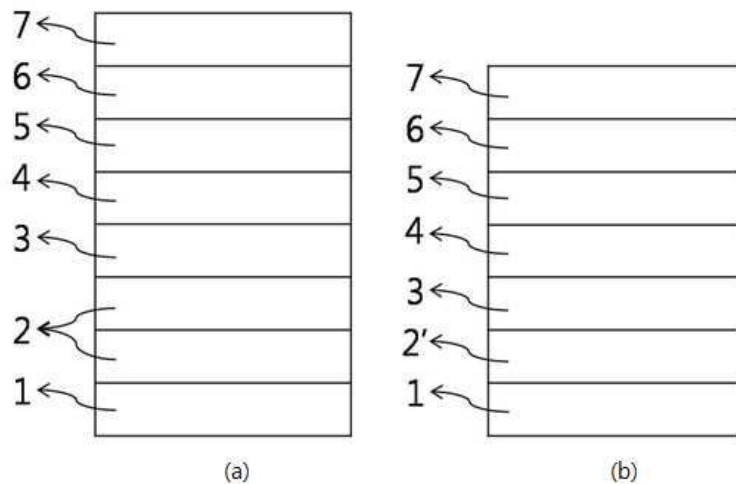
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 은나노선과 금속산화물을 이용한 투명전극, 투명전극 제조 방법, 이를 이용한 발광 다이오드 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 은나노선과 금속산화물을 이용한 투명전극, 투명전극 제조 방법, 이를 이용한 발광 다이오드 및 이의 제조 방법을 개시한다. 본 발명에 따르면, 은나노선을 이용한 투명전극 제조 방법으로서, (a) 기판 상에 상기 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 도포하는 단계; 및 (b) 상기 은나노선 및 상기 금속산화물이 도포된 상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하되, 상기 금속산화물은 산화아연, 산화알루미늄아연 및 산화텅스텐 중 적어도 하나를 포함하는 투명전극 제조 방법이 제공된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10035225

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자정보디바이스 산업원천기술개발사업(반도체)

연구과제명 고품위 plastic AMOLED 원천 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서울대학교 산학협력단

연구기간 2010.03.01 ~ 2015.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

은나노선을 이용한 투명전극 제조 방법으로서,

- (a) 기판 상에 상기 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 도포하는 단계; 및
 - (b) 상기 은나노선 및 상기 금속산화물이 도포된 상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하되,
- 상기 금속산화물은 산화아연, 산화알루미늄아연 및 산화텅스텐 중 적어도 하나를 포함하는 투명전극 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속산화물의 용액 내에서 금속의 함량은 0.1 내지 50 atomic%를 갖는 투명전극 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 금속산화물이 상기 산화알루미늄아연인 경우, 상기 알루미늄의 함량은 0.1 내지 30atomic%를 갖는 투명전극 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 순차적으로 도포하거나 상기 은나노선과 상기 금속산화물의 혼합 용액을 동시에 도포하는 투명전극 제조 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의해 제조된 투명전극.

청구항 6

발광 다이오드 제조 방법으로서,

기판 상에 용액공정에 의해 음극을 형성하는 단계;

상기 음극 상에 전자주입 · 수송층을 형성하는 단계;

상기 전자주입 · 수송층 상에 발광층을 형성하는 단계;

상기 발광층 상에 정공수송층을 형성하는 단계;

상기 정공수송층 상에 정공주입층을 형성하는 단계; 및

상기 정공주입층 상에 용액공정에 의해 양극을 형성하는 단계를 순차적으로 포함하되,

상기 음극 또는 양극은 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 순차적으로 도포하거나 상기 은나노선과 상기 금속산화물의 혼합 용액을 동시에 도포하여 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 금속산화물은 산화아연, 산화알루미늄아연 및 산화텅스텐 중 적어도 하나를 포함하는 발광 다이오드 제조 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 금속산화물의 용액 내에서 금속의 함량은 0.1 내지 50 atomic%를 갖는 발광 다이오드 제조 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 금속산화물이 산화알루미늄아연인 경우, 상기 알루미늄의 함량은 0.1 내지 30atomic%를 갖는 발광 다이오드 제조 방법.

청구항 10

제6항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의해 제조된 발광 다이오드.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 은나노선과 금속산화물을 이용한 투명전극, 투명전극 제조 방법, 이를 이용한 발광 다이오드 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 고온에서도 전기적 특성을 유지할 수 있는 투명전극, 이의 제조 방법, 발광 다이오드 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 뛰어난 전기전도도 특성과 높은 투과도를 가지는 동시에 저가의 투명전극 제작에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0003] 현재 가장 투명전극으로 활용되는 대표적인 물질은 산화인듐주석(ITO)이다. 하지만 박막 트랜지스터, 유무기 발광다이오드, 태양전지 등의 분야의 활발한 성장으로 산화인듐주석 박막의 수요는 늘고 있지만, 인듐은 희귀금속으로 그 매장량이 적어 높은 가격이 단점으로 작용하고 있다. 또한 박막으로 형성하였을 시에 유연하지 못한 특성으로 박막의 균열이 발생하는 등, 유연한 기판상의 활용이 쉽지 않다.

[0004] 산화인듐주석의 대체 물질로 탄소나노튜브, 그래핀 등이 활발히 연구되고 있지만 실제로 적용되기에는 제한적인 부분이 많다. 은나노선의 경우, 일반적으로 은나노선 단독으로 용액공정을 포함한 다양한 방식으로 기판 상에 형성되어 투명전극으로 쓰이고 있다. 하지만 은은 금속이기 때문에 가시광 영역대의 빛에 대하여 투명하지 않다.

[0005] 따라서 은나노선을 그물 형태로 형성하여 은나노선이 위치하지 않은 부분은 빛이 투과할 수 있도록 하여야 한다. 그에 따라 박막의 전기전도도 특성을 향상시키기 위해서는 기판 상의 은나노선의 밀도를 증가시켜야 하고, 그렇게 되면 빛의 투과도가 감소한다.

[0006] 또한 단독으로 쓰인 은나노선은 기판과의 접촉강도가 좋지 않아 다른 물체와의 약한 접촉에도 쉽게 손상이 되며, 온도의 변화에 그 형태가 쉽게 변한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 은나노선끼리의 접합을 향상시킬 수 있으며 높은 투과도와 고온에서도 높은 전기전도도를 유지할 수 있는 은나노선과 금속산화물을 이용한 투명전극, 투명전극 제조 방법, 이를 이용한 발광 다이오드 및 이의 제조 방법을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 은나노선을 이용한 투명전극 제

조 방법으로서, (a) 기판 상에 상기 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 도포하는 단계; 및 (b) 상기 은나노선 및 상기 금속산화물이 도포된 상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하되, 상기 금속산화물은 산화아연, 산화알루미늄아연 및 산화텅스텐 중 적어도 하나를 포함하는 투명전극 제조 방법이 제공된다.

[0009] 상기 금속산화물의 용액 내에서 금속의 함량은 0.1 내지 50 atomic%를 가질 수 있다.

[0010] 상기 금속산화물이 상기 산화알루미늄아연인 경우, 상기 알루미늄의 함량은 0.1 내지 30atomic%를 가질 수 있다.

[0011] 상기 (a) 단계는, 상기 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 순차적으로 도포하거나 상기 은나노선과 상기 금속산화물의 혼합 용액을 동시에 도포할 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기한 방법에 의해 제조된 투명전극이 제공된다.

[0013] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면 발광 다이오드 제조 방법으로서, 기판 상에 용액공정에 의해 음극을 형성하는 단계; 상기 음극 상에 전자주입·수송층을 형성하는 단계; 상기 전자주입·수송층 상에 발광층을 형성하는 단계; 상기 발광층 상에 정공수송층을 형성하는 단계; 상기 정공수송층 상에 정공주입층을 형성하는 단계; 및 상기 정공주입층 상에 용액공정에 의해 양극을 형성하는 단계를 순차적으로 포함하되, 상기 음극 또는 양극은 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 순차적으로 도포하거나 상기 은나노선과 상기 금속산화물의 혼합 용액을 동시에 도포하여 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 제조 방법이 제공된다.

[0014] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기한 방법에 의해 제조된 발광 다이오드가 제공된다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 용액 공정에 의해 은나노선과 금속산화물을 함께 도포하여 투명전극을 형성하기 때문에 기판과의 접착 강도 및 전기적 특성이 개선될 뿐만 아니라 고온에서의 열적 안정성을 유지할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 투명전극을 포함하는 발광 다이오드의 단면 구조도.

도 2는 본 발명에 일 실시예에 따른 유리 기판 상에 은나노선과 AZO(금속산화물)에 의해 형성된 투명전극의 광학 현미경 사진.

도 3은 상기한 표 1에서 명시된 각각의 시료의 주사전자현미경 사진.

도 4는 은나노선과 그 위에 산화알루미늄아연을 도포한 후에 각각의 시료를 500도에서 30분간 열처리 후의 주사전자현미경 사진.

도 5는 은나노선 위의 산화알루미늄아연 도포 후에 개선된 기판과의 접착강도를 3M 테이프를 통하여 시험해 본 결과.

도 6은 은나노선만을 도포한 경우와 은나노선 및 산화텅스텐을 함께 도포한 경우의 저항을 나타낸 그래프.

도 7은 500℃에서 30분간 열처리 후의 상태를 나타낸 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0018] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면 번호에 상관없이 동일한 수단에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하기로 한다.

[0019] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 투명전극을 포함하는 발광 다이오드의 단면 구조도이다.

- [0020] 본 발명에 따른 발광 다이오드는 기관(1), 음극(2), 전자주입·수송층(3), 발광층(4), 정공수송층(5), 정공주입층(6) 및 양극(7)을 포함할 수 있다.
- [0021] 기관(1)은 투명한 플라스틱, 반도체 웨이퍼, 금속, 유리일 수 있다.
- [0022] 음극(2)은 전기적으로 도전성이고 전자를 쉽게 주입할 수 있는 금속을 포함할 수 있으며, 용액공정을 통해 형성될 수 있다.
- [0023] 바람직하게, 음극(2)은 투명전극으로 구성된다.
- [0024] 여기서, 용액 공정(solution process)은, 스핀 코팅, 스프레이 코팅, 딥 코팅, 잉크 젯 인쇄, 스크린 인쇄 등의 액상 용매를 사용하여 성막하는 기존의 모든 공정을 포함한다.
- [0025] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 음극(2)은 기관(1) 상에 형성된 은나노선 상에 금속산화물을 도포하거나, 기관(1) 상에 은나노선과 금속산화물의 혼합 용액을 동시에 도포하는 공정에 의해 형성될 수 있다.
- [0026] 도 1a는 음극(2)이 은나노선과 금속산화물의 순차적으로 도포된 예를 도시한 것이고, 도 1b는 음극(2')을 은나노선과 금속산화물의 혼합 용액의 도포를 통해 형성한 경우이다.
- [0027] 이후, 은나노선과 금속산화물을 열 또는 빛으로 어닐링한다.
- [0028] 바람직하게, 금속산화물은 산화아연(ZnO_x) 또는 산화텅스텐(WO_x)일 수 있으며, 보다 바람직하게는 소정 함량의 알루미늄(Al)을 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명에 따르면, 금속산화물의 용액에서 금속의 함량은 0.1 내지 50atomic%일 수 있으며, 알루미늄의 함량은 0.1 내지 30atomic%일 수 있다.
- [0030] 양극(7)은 전기적으로 도전성이고 정공을 쉽게 주입할 수 있는 금속 또는 그 산화물을 포함할 수 있으며, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 음극(2)뿐만 아니라, 양극(7)도 상기와 같은 방식으로 투명전극으로 제공될 수 있다.
- [0031] 전자주입·수송층(3)은 전자를 수송할 수 있는 물질을 포함하며, 정공을 제공하는 층으로 GaN, AlN, InGaN, AlGaIn, AlInGaN 등으로 형성될 수 있다.
- [0032] 바람직하게는, 전자주입·수송층(3)은 산화아연에 세슘카보네이트가 블랜딩된 것이다. 여기서 「블랜딩된 것」이라는 의미는, 두 가지 이상의 물질이, 용매에 의하거나 용융되어져서, 비가역적으로 혼합된 상태인 것이라 의미로서, 당해 기술분야에서 널리 사용되는 자명한 용어이다.
- [0033] 상기 블랜딩된 세슘카보네이트에 의해 전자주입·수송층(3)에 포함되어지는 세슘 원자의 총합량은, 0.5~40 atomic% 범위 이내인 것이 바람직하고, 2~20 atomic%인 것이 더 바람직하지만, 40 atomic%를 초과하는 것은 바람직하지 않다.
- [0034] 세슘카보네이트가 산화아연에 블랜딩되면, 없을 때에 비해 밝기가 증가하지만, 블랜딩되는 세슘카보네이트의 함량이 너무 많아지면, 오히려 밝기가 감소하는 특성을 나타내기 때문이다.
- [0035] 발광층(4)은 전자주입·수송층(3)에서 제공된 전자와 정공 수송층(5)에서 제공된 정공이 재결합되면서 소정 파장의 광을 출력하는 층으로서, 우물층(well layer)과 장벽층(barrier layer)을 교대로 적층하여 단일 또는 다중 양자 우물 구조(multiple quantum well) 구조를 갖는 다층의 반도체 박막으로 형성될 수 있으며, 이러한 발광층(4)은 그 재료에 따라 출력되는 광의 파장이 변화하므로, 목표로 하는 출력 파장에 따라 적절한 무기 반도체 물질이 선택될 수 있다.
- [0036] 무기 반도체 물질의 예는 이것으로 제한되지 않지만 CdS, CdSe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgSe, HgTe, 및 다른 2원, 3원, 및 4원 II-VI 조성물과 같은 II-VI족 화합물 반도체 나노결정; GaP, GaAs, InP 및 InAs와 같은 III-V족 화합물 반도체 나노결정; PbS; PbSe; PbTe, 및 다른 2원, 3원, 및 4원 III-V 조성물을 포함한다.
- [0037] 무기 반도체 물질의 비제한적인 다른 예는, II-V족 화합물, III-VI족 화합물, IV-VI족 화합물, I-III-VI족 화합물, II-IV-VI족 화합물, II-IV-V족 화합물, IV족 원소, 전술한 것들 중 임의의 것을 포함하는 합금, 및/또는 전술한 것들 중 임의의 것을 포함하는 혼합물을 포함한다.
- [0038] 발광층(4)은, 약 1 내지 약 20nm의 두께 범위를 가질 수 있다.

- [0039] 본 발명의 정공수송층(5)은, 유기 물질 및 무기 물질을 포함한다. 정공수송층(5)에 포함될 수 있는 유기 물질의 일례는 유기 발색단을 포함한다. 유기 발색단은, 예를 들면, N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine (TPD))과 같은 페닐아민을 포함할 수 있다. 다른 정공 수송층은 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스(페닐)-스피로(스피로-TPD)(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-spiro(spiro-TPD)), 4,4'-N,N'-디카바졸릴-비페닐(4,4'-N,N'-dicarbazolyl-biphenyl (CBP)), 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenylamino]biphenyl (NPD)) 등, 폴리아닐린(polyaniline), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리(페닐렌 비닐렌)(poly(phenylene vinylene)), 구리 프탈로시아닌(copper phthalocyanine), 방향족 3차 아민(aromatic tertiary amine) 또는 다핵 방향족 3차 아민(polynuclear aromatic tertiary amine), 4,4'-비스(p-카바졸릴)-1,1'-비페닐 화합물(4,4'-bis(p-carbazolyl)-1,1'-biphenyl compound), N,N,N',N'-테트라아릴벤지딘(N,N,N',N'-tetraarylbenzidine), 폴리(3,4-에틸렌다이옥사이오펜)(PEDOT)/폴리스티렌 파라-설포네이트(PSS) 유도체(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)(PEDOT)/polystyrene para-sulfonate(PSS) derivatives), 폴리-N-비닐카바졸 유도체(poly-N-vinylcarbazole derivatives), 폴리페닐렌비닐렌 유도체(polyphenylenevinylene derivatives), 폴리파라페닐렌 유도체(polyparaphenylene derivatives), 폴리메타크리레이트 유도체(polymethacrylate derivatives), 폴리(9,9-옥틸플루오렌) 유도체(poly(9,9-octylfluorene derivatives), 폴리(스피로-플루오렌) 유도체(poly(spiro-fluorene) derivatives), N,N'-디(나프탈렌-1-yl)-N,N'-디페닐-벤지딘(NPB)(N,N'-di(naphthalene-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidine (NPB)), 트리스(3-메틸페닐페닐아미노)-트리페닐아민(m-MTDATA)(tris(3-methylphenylphenylamino)-triphenylamine (m-MTDATA), 및 폴리(9,9'-디옥틸플루오렌-코-N-(4-부틸페닐)디페닐아민(TFB)(poly(9,9'-dioctylfluorene-co-N-(4-butylphenyl)diphenylamine(TFB)), 4,4',4' '-tris(N-carbazolyl)triphenylamine(TCTA), 및 스피로-NPB(spiro-NPB)를 포함할 수 있다.
- [0040] 정공수송층(5)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법 등을 포함하는 진공증착공정, 또는 스핀코팅법, 침지 코팅법, 캐스팅법, 바 코팅법, 롤코팅법 등을 포함하는 용액공정에 의해 형성될 수 있다.
- [0041] 정공수송층(5)은, 10 내지 500nm의 두께 범위를 가질 수 있다.
- [0042] 본 발명의 정공주입층(6)은, 정공 주입 물질을 포함하고, 정공 주입 물질의 비제한적인 예시는, 테트라플루오로-테트라시아노-퀴노디메탄(tetrafluoro-tetracyano-quinodimethane) (F4-TCNQ)이 도핑된 4,4',4"-트리스(디페닐아미노)트리페닐아민(4,4',4"-tris(diphenylamino)triphenylamine (TDATA); p도핑된 프탈로시아닌(phthalocyanine)(예를 들면, (예컨대, 물 도핑비가 대략 1:30으로) F4-TCNQ이 도핑된 아연 프탈로시아닌(ZnPc)); F4-TCNQ이 도핑된 N,N'-디페닐-N,N'-비스(1-나프틸)-1,1'비페닐-4,4" 디아민(알파-NPD)(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphthyl)-1,1'biphenyl-4,4" diamine(alpha-NPD)), 헥사아자트리페닐렌-헥사니트릴(hexaazatriphenylene-hexanitride (HAT-CN)), 4,4',4' '-tris(N-carbazolyl)triphenylamine(TCTA) 등을 들 수 있고, 바람직하게는, 헥사아자트리페닐렌-헥사니트릴(hexaazatriphenylene-hexanitride (HAT-CN))를 사용할 수 있다.
- [0043] 또한, 본 발명의 발광 다이오드의 제조방법은,
- [0044] 기판 상에 용액공정에 의해 음극을 형성하는 단계;
- [0045] 상기 음극 상에 전자주입 · 수송층을 형성하는 단계;
- [0046] 상기 전자주입 · 수송층 상에 발광층을 형성하는 단계;
- [0047] 상기 발광층 상에 정공수송층을 형성하는 단계;
- [0048] 상기 정공수송층 상에 정공주입층을 형성하는 단계; 및
- [0049] 상기 정공주입층 상에 용액공정에 의해 양극을 형성하는 단계를 순차적으로 포함하되,
- [0050] 상기 음극 또는 양극은 은나노선과 금속산화물을 용액 공정에 의해 순차적으로 도포하거나 상기 은나노선과 상기 금속산화물의 혼합 용액을 동시에 도포하여 형성될 수 있다.
- [0051] 바람직하게, 금속산화물은 산화아연 또는 산화텅스텐일 수 있고, 보다 바람직하게, 소정 함량의 알루미늄을 포함할 수 있다.
- [0052] 이처럼 용액 공정을 통해 은나노선과 금속산화물로 음극 또는 양극을 구성하는 경우 음극 또는 양극의 접촉 강

도도 향상되며 고온에서도 열적 안정성을 유지하게 된다.

[0053] 이하, 본 발명에 대해 실시예를 들어 더욱 상세히 설명한다. 이하의 실시예는, 발명의 상세한 설명을 위한 것으로서, 당해 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되어지는 것일 뿐인 바, 이에 의해 권리범위를 제한하려는 의도가 아님을 분명히 해 둔다.

[0054] **실시예1(AgNW와 AZO를 이용한 투명전극 제조)**

[0055] 이하의 실험을 대기중에서 진행되었다.

[0056] (1) 기관 세정

[0057] 유리 기관(1×1 inch²)를 IPA(Isopropyl Alcohol)이 담긴 비이커에 담아 15분간 초음파 세척한 후 DI(Deionize) water로 세정한 후 건조시켰다.

[0058] (2) AgNW 도포

[0059] 지름 60nm/길이 15 μ m의 은나노선(10mg/ml in IPA)을 3.3mg/ml로 IPA를 이용하여 희석시킨 용액을 유리기관 위에 110 μ l만큼 피펫을 이용하여 떨어뜨린 후 유리 기관을 1000rpm의 회전 속도로 회전시켜 도포하였다.

[0060] 이어서, 140℃의 핫플레이트에서 10분간 열처리를 진행하였다.

[0061] (3) AZO 도포

[0062] 열처리를 마친 은나노선이 도포된 유리 기관 상에 100 μ l의 AZO 용액을 떨어뜨린 후 유리 기관을 1000rpm 회전 속도로 회전시켜 도포하였다.

[0063] 이어 240℃의 핫플레이트를 이용하여 20분간 열처리를 진행하였다.

[0064] 표 1은 유리 기관에 상기와 같은 용액 공정에 의해 은나노선을 도포한 후 AZO(산화알루미늄아연)을 용액 공정에 의해 형성하였을 경우의 산화알루미늄아연이 도포되기 전과 후의 면저항과 투과도를 나타낸다.

표 1

	AgNW	AgNW/AZO
Rsh($\Omega/\square$)	$\sim 2 \times 10^7$	50
T(%)@550nm	90.1	86.5

[0066] 표 1에 나타난 바와 같이, 은나노선과 AZO를 함께 도포하는 경우 투과도의 저하 없이 면저항값이 크게 낮아졌음을 확인할 수 있다.

[0067] 도 2는 본 발명에 일 실시예에 따른 유리 기관 상에 은나노선과 AZO(금속산화물)에 의해 형성된 투명전극의 광학 현미경 사진이고, 도 3은 상기한 표 1에서 명시된 각각의 시료의 주사전자현미경 사진이다.

[0068] 도 2a는 은나노선 도포 후의 사진으로, 기관과 은나노선 사이, 은나노선과 은나노선 사이에 빈 공간들을 확인할 수 있으며, 이로 인해 낮은 전기전도도 특성과 기관과의 낮은 접착강도를 보인다. 하지만 도 2b에 나타난 바와 같이, 은나노선 위에 산화알루미늄아연 도포 후의 사진을 보면 산화알루미늄아연이 은나노선과 매우 밀접하게 접촉이 되어 있는 것을 볼 수 있으며, 이로 인해 은나노선과 은나노선 사이의 접촉이 개선되어 전기전도도 특성이 눈에 띄게 향상되며 기관과의 접착강도 또한 개선된다는 점을 확인할 수 있다.

[0069] 도 4는 은나노선과 그 위에 산화알루미늄아연을 도포한 후에 각각의 시료를 500도에서 30분간 열처리 후의 주사전자현미경 사진이다. 도 4a에 나타난 바와 같이, 은나노선만 도포한 경우, 열처리 과정에서 상변화가 발생하여 기존의 은나노선의 단선이 발생하였다. 이로 인해 전기전도도 특성이 크게 저하되었다.

[0070] 반면 도 4b에 나타난 바와 같이, 은나노선 위에 산화알루미늄아연을 도포한 경우, 열처리 전과 후의 외형적 및 전기적 특성의 변화가 발견되지 않는다. 이런 열안정성이 개선됨에 따라 추후 다양한 온도에서의 디바이스의 제작이 가능하다.

[0071] 도 5는 앞서 설명된 은나노선 위의 산화알루미늄아연 도포 후에 개선된 기관과의 접착강도를 3M 테이프를 통하

여 시험해 본 결과이며, 도 5a에 나타난 바와 같이, 은나노선 위에 산화알루미늄아연을 도포한 경우, 테이프를 붙였다가 떼어도 박막의 훼손이 발생하지 않았음을 확인할 수 있다.

그러나 도 5b와 같이 은나노선만 도포된 경우 테이프에 의해 떨어져 나갔음을 알 수 있다.

도 5c와 5d는 지름 0.5 mm의 반구형태의 팁에 100g 의 일정한 무게를 가한 뒤, 기관을 굽고 지나가는 형태로 기관과의 마찰강도를 시험하는 분석의 결과이다. 도 5c와 같이, 은나노선 위에 산화알루미늄이 도포된 시료는 은나노선의 훼손이 발생하지 않은 반면, 도 5d와 같이 은나노선만 도포된 시료의 경우, 팁이 지나간 위치의 은나노선이 제거된 것을 현미경 사진으로 확인할 수 있다.

실시예2(AgNW와 WOx를 이용한 투명전극 제조)

이하의 실험을 대기중에서 진행되었다.

(1) 기관 세정

유리 기관(1×1 inch²)를 IPA(Isopropyl Alcohol)이 담긴 비이커에 담아 15분간 초음파 세척한 후 DI(Deionize) water로 세정한 후 건조시켰다.

(2) AgNW 도포

지름 60nm/길이 15 μ m의 은나노선(10mg/ml in IPA)을 3.3mg/ml로 IPA를 이용하여 희석시킨 용액을 유리기관 위에 110 μ l만큼 피펫을 이용하여 떨어뜨린 후 유리 기관을 1000rpm의 회전 속도로 회전시켜 도포하였다.

이어서, 140℃의 핫플레이트에서 10분간 열처리를 진행하였다.

(3) WOx 도포

열처리를 마친 은나노선이 도포된 유리 기관 상에 100 μ l의 WOx 용액을 떨어뜨린 후 유리 기관을 1000rpm 회전 속도로 회전시켜 도포하였다.

이어서 240℃의 핫플레이트를 이용하여 20분간 열처리를 진행하였다.

표 2는 유리 기관에 상기와 같은 용액 공정에 의해 은나노선을 도포한 후 산화텅스텐(WOx)을 용액 공정에 의해 형성하였을 경우의 산화텅스텐이 도포되기 전과 후의 면저항과 투과도를 나타낸다.

표 2

	AgNW	AgNW/WOx
Rsh($\Omega/\square$)	$\sim 2 \times 10^7$	18
T(%)@550nm	90.1	88.3

표 2에 나타난 바와 같이, 은나노선과 산화텅스텐을 함께 도포하는 경우 투과도의 저하 없이 면저항값이 크게 낮아졌음을 확인할 수 있다.

도 6은 은나노선만을 도포한 경우와 은나노선 및 산화텅스텐을 함께 도포한 경우의 저항을 나타낸 그래프이다.

도 6에 도시된 바와 같이, 산화텅스텐의 코팅 후에 저항이 45 Ω 에서 17 Ω 으로 감소되는 것을 확인할 수 있다.

도 7은 500℃에서 30분간 열처리 후의 상태를 나타낸 사진이다.

도 7a는 은나노선만을 도포한 경우의 열처리 후 상태를 나타낸 현미경 사진이고, 도 7b는 은나노선과 산화텅스텐을 함께 도포한 경우의 현미경 사진이다.

또한, 도 7c는 은나노선만을 도포한 경우의 열처리 후 상태를 나타낸 SEM 사진이고, 도 7d는 은나노선과 산화텅스텐을 함께 도포한 경우의 SEM 사진이다.

도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따라 은나노선과 산화텅스텐을 함께 도포하는 경우 고온에서도 열적 안정성이 확보되는 것을 확인할 수 있으며, 이는 은나노선과 산화아연 또는 산화알루미늄아연을 함께

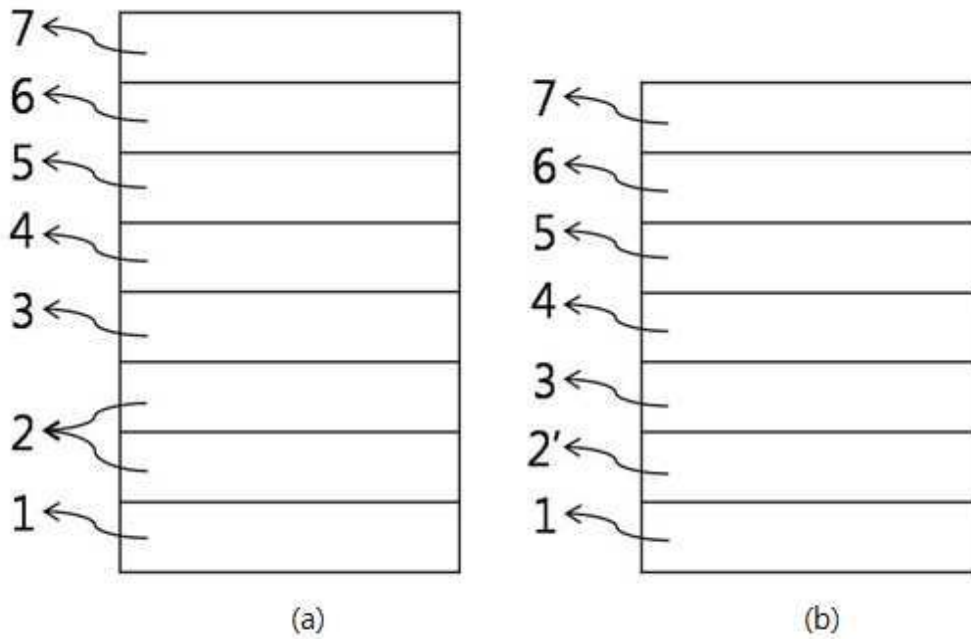
도포하는 경우에도 마찬가지이다.

[0093]

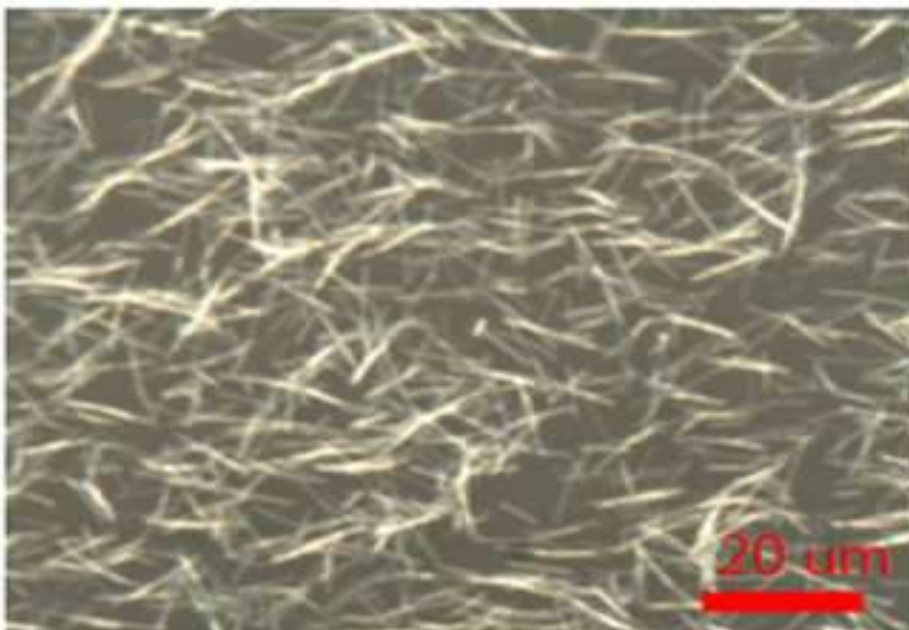
상기한 본 발명의 바람직한 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대해 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

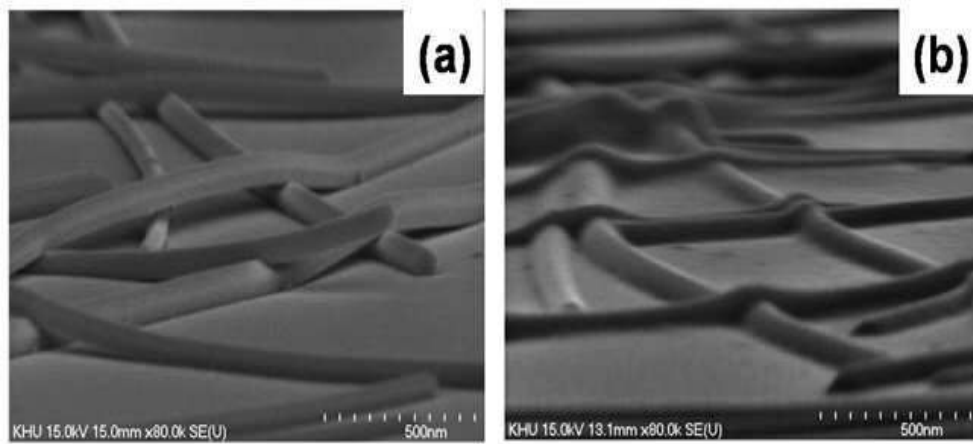
도면1



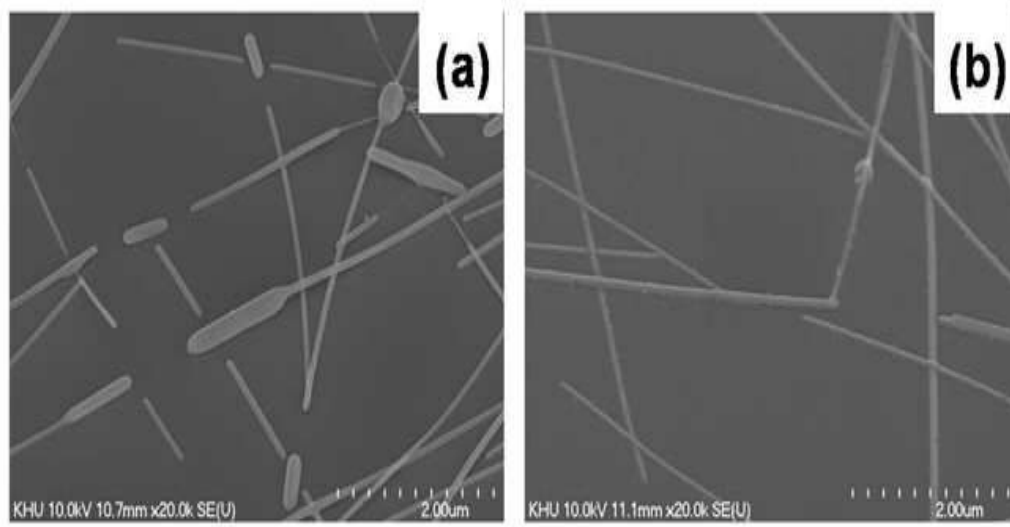
도면2



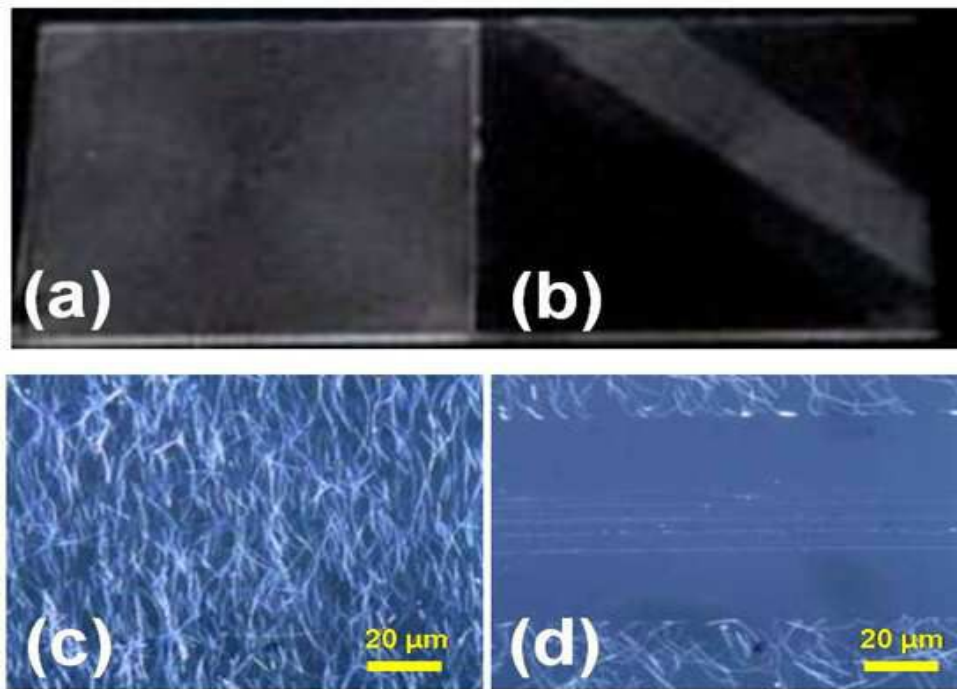
도면3



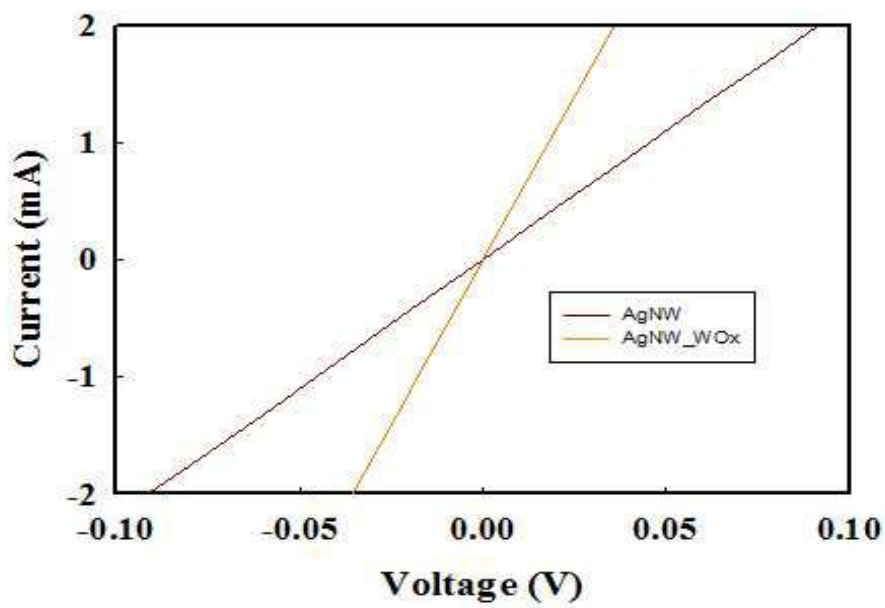
도면4



도면5



도면6



도면7

