

 (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0054976 (43) 공개일자 2012년05월31일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01B 5/14 (2006.01) (21) 출원번호 10-2010-0116404 (22) 출원일자 2010년11월22일 심사청구일자 없음	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1 (72) 발명자 성윤모 경기도 성남시 분당구 내정로 24, 한진6단지아파트 604동 2501호 (정자동, 정든마을) 김민석 서울특별시 강동구 양재대로 1340, 427동 803호 (둔촌동, 주공아파트) (74) 대리인 한양특허법인

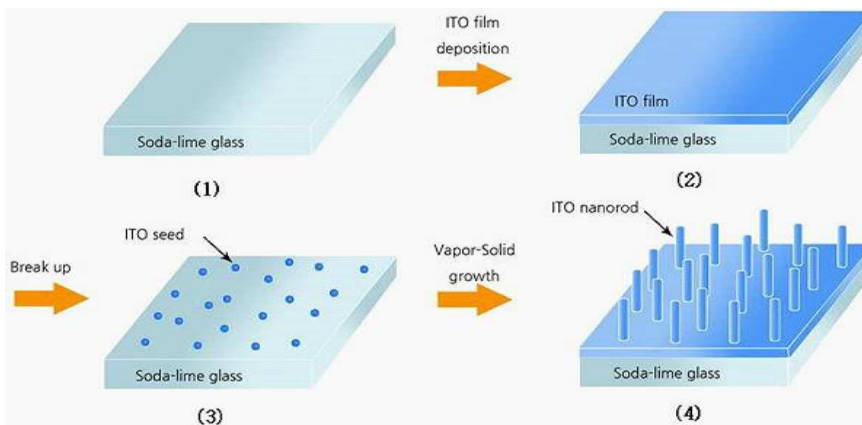
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **기관 상의 인듐주석산화물 나노로드의 제조방법, 이를 통해 제조된 인듐주석산화물 나노로드 투명전극, 및 이를 이용한 소자**

(57) 요약

본 발명은 기관 상의 인듐주석산화물 나노로드의 제조방법, 이를 통하여 제조되는 인듐주석산화물 나노로드 투명전극 및 이를 이용한 태양전지, 각종 센서 등의 소자에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 촉매 없이 Vapor-Solid 공법에 따라 인듐주석산화물 나노로드를 기관 상에 제조하는 방법, 이로부터 제조되는 인듐주석산화물 나노로드 투명전극 및 이를 이용한 태양전지, 각종 센서 등의 소자에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 고가의 금속 촉매를 이용하지 않고, 고가의 고진공 증착 장비가 불필요하므로 공정 단가를 절감할 수 있으며, 높은 광변환 효율을 가지는 태양전지, 각종 센서 등의 소자를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한	국가연구개발사업
과제고유번호	한중_010
부처명	한국산업기술진흥원
연구사업명	한중아시아 부품소재 국제협력사업
연구과제명	나노구조 ITO 투명전극 개발
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2009.11.01 ~ 2010.10.31

특허청구의 범위

청구항 1

- a) 기판 상에 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜 ITO 필름을 형성하는 단계;
- b) 상기 형성된 ITO 필름을 분해하여 ITO 시드를 형성하는 단계; 및
- c) 상기 ITO 시드를 이용하여 Vapor-Solid 공법으로 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜, ITO 시드 위에 ITO 나노라드를 성장시키는 단계를 포함하는 ITO 나노라드의 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 ITO 나노라드 제조방법은 촉매를 이용하지 않는 것을 특징으로 하는 ITO 나노라드 제조방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 b)단계는 상기 형성된 ITO 필름을 열처리하여 분해하여 ITO 시드를 형성하는 것을 특징으로 하는 ITO 나노라드 제조방법.

청구항 4

a) 기판 및 b) 상기 기판 위에 이격되고, 기판의 상방 방향으로 돌출되어 형성되어 있는 ITO 나노라드를 포함하는 ITO 나노라드 투명전극.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 ITO 나노라드는

- a) 기판 상에 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜 ITO 필름을 형성하는 단계;
- b) 상기 형성된 ITO 필름을 분해하여 ITO 시드를 형성하는 단계; 및
- c) 상기 ITO 시드를 이용하여 Vapor-Solid 공법으로 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜, ITO 시드 위에 ITO 나노라드를 성장시키는 단계를 포함하는 방법에 의하여 제조되는 것을 특징으로 하는 ITO 나노라드 투명전극.

청구항 6

청구항 4에 따른 ITO 나노라드 투명전극을 이용한 소자.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 소자는 태양전지, 광센서 및 가스센서로 이루어진 군으로부터 선택되는 것인 소자.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 기판 상의 인듐주석산화물 나노라드의 제조방법, 이를 통하여 제조되는 인듐주석산화물 나노라드 투명전극 및 이를 이용한 태양전지, 각종 센서 등의 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현대사회가 고도의 정보화 시대로 발전함에 따라 어디서나 쉽게 정보를 얻을 수 있는 유비쿼터스 시대에 대응하기 위해 이동성이 큰 휴대용 디스플레이 기기의 중요성이 대두되고 있을 뿐만 아니라, 다양한 정보를 시각화하여 인간에게 전달하는 디스플레이 산업의 중요성이 증대되고 있다. 이러한 추세는 앞으로 상당기간 지속되리라 예상되고 있는데, 이러한 흐름에 따라 더 얇고 더 가벼우며 휴대하기 편리할 뿐만 아니라 가격이 좀 더 저렴한 디스플레이가 요구되고 있다. 이를 만족시키기 위한 것으로, 유연하여 변형이 자유롭고, 산업적으

로는 저가격의 대면적 플렉서블 디스플레이 (Flexible Display)에 대한 필요성이 크게 대두되고 있다.

- [0003] 이러한 플렉서블 디스플레이에 있어서 경량화, 저가격화, 대면적화가 추구하고 있는 상황에서, 이를 실현하기 위해서는 기본적으로 기존의 유리기관이 아닌 플렉서블 플라스틱 기관을 사용하여야 하며, 최적의 물성을 나타낼 수 있는 저 표면저항, 고 광 투과도를 갖는 투명 도전성 전극개발이 선행되어야 한다.
- [0004] 투명 전도 막은 지금까지 대전 방지막, 열 반사 막, 면 발열체, 광전변환소자 및 각종 FPD (Flat Pannel Displays)의 투명전극용으로 사용되어 왔으며, 특히 최근에는 종래의 CRT(cathode-ray tube)에 비해 소형인 동시에 두께가 얇은 LCD (Liquid Crystal Displays)가 사무 기기 및 소형 TV, 휴대전화, 전자수첩 등의 휴대용 소형기기로서의 응용이 확대되고 있다. 또한, 차세대 정보 표시 소자인 FED(Field Emission Displays), TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel), DMD(Digital Micro-mirror Device) 등의 화소전극과 태양전지, 센서의 개발이 확대되면서 동시에 투명전극의 수요는 급속히 증가하고 있다. 상기 산업은 하부 산업의 기반 없이 상위 산업의 발전을 기대할 수 있으며, 하부 산업 기반의 중요성이 큰 산업이라 할 수 있다. 특히 디스플레이 부품산업의 경우 몇몇 부품 및 소재들은 국산화에 성공하여 국산화율을 높이고 있으나, 현재까지 국내에서 개발이 안 된 소재들도 많아 이에 대한 대책이 시급한 상황이며, 그 중에서도 투명전극재료는 국내의 연구개발이 활발하게 진행되고 있지 않은 상황이다.
- [0005] 투명전극은 비 저항이 $1 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}$ 이하이고, 면 저항이 $1 \times 10^3 \Omega/\text{sq}$ 이하이며, 전기 전도성이 우수하고, 380nm 내지 780nm의 가시광선 영역에서의 투과율이 80% 이상이라는 성질을 만족시키는 물질이다.
- [0006] 이러한 투명전극에 사용되는 투명 전도막 물질로는 Au, Ag, Cu 등의 금속 박막, ITO (Indium tin oxide), FTO (Fluorine doped Tin Oxide), Doped Zinc Oxide 등의 산화물 반도체 막, CNT (Carbon NanoTubes) networks, Graphene을 이용한 탄소 유기 박막, poly(3,4-ethylenedioxythiophene)와 그 유도체들의 네트워크를 이용한 고분자 박막 등이 있다. 금속 박막은 얇게 하는 것에 의해 광 투과율을 높게 할 수 있으나 면 저항과 광 투과율이 반비례하는 경향이 아주 높다. 탄소 유기 박막은 제조과정에 있어서 고가의 진공 장비들이 요구되며, 특히 대면적의 투명 전도막을 얻는 것은 현재까지는 불가능하다. 또한, 고분자의 박막 또한 재료 자체가 비싸며 물에 녹지 않아 제조 과정에 있어서 한계가 있고, 다른 물질에 비해 투과율이 높고 면 저항이 작은 투명전극을 만드는 것은 불가능하다. 상기와 같은 문제점들 때문에 현재 투명 전극용으로는 산화물 반도체가 일반적으로 사용되고 있다. 차세대 정보 표시 소자 혹은 태양전지 등의 응용에 있어서 전기적 특성 및 광 투과도가 우수한 재료 특성이 요구 되는데, 지금까지 개발된 재료 중 ITO(Indium Tin Oxide, 인듐주석 산화물)가 가장 우수한 물성을 갖는 것으로 알려져 있다.
- [0007] 투명전극 재료는 평판디스플레이, 센서 및 태양전지 등의 소자에서 투명 전극으로 사용되고 있는 물질을 통칭한다. 상기 투명 전극 재료는 가시광선영역(400nm ~ 700nm)에서 80% 정도의 광투과도를 가지고, $\sim 10^3/\Omega\text{cm}$ 의 높은 전기 전도도를 가지는 것이어야 한다. 또한, 광학 띠간격(Optical band gap)이 3.5 eV 정도이기 때문에, 자외선 영역은 모두 투과시키고, 적외선 영역에서의 높은 반사율, 적절한 에칭 특성 등을 가지는 것이어야 한다.
- [0008] ITO는 Indium Tin Oxide (인듐주석 산화물)의 약칭인데, 투명하며 전기가 통하는 특징을 가진다. ITO의 응용 분야는 매우 다양한데 우선 PDP, LCD 등의 얇고 편평한 디스플레이에 널리 사용될 수 있다. 이 때, ITO는 매트릭스 방식으로 구동되는데, 이 방식은 기본적으로 다수의 가로 전극과 다수의 세로 전극을 모기장치처럼 배치하고 가로 몇 번째 세로 몇 번째 전극에 신호를 주어 그 위치의 셀이 발광하도록 하는 원리이며, 이 전극들이 불투명하면 전극 사이에서 발생하는 빛이 전극에 가려서 외부에서 잘 안보이게 되기 때문에 투명한 전극이 필요한 것이다. 특히 요즘 시판되는 PDP는 모두 상판 유리에 전극이 나란히 있고 그 뒤에서 발광이 일어나는 방식인데, 만일 전극이 불투명하다면 대부분의 빛이 전극에 가려서 나오지 못하게 된다. 지금까지 개발된 재료 중에서 ITO가 가장 투명하면서 전기도 잘 통하고 생산성도 좋기 때문에 이것을 투명전극의 재료로 사용한다.
- [0009] ITO는 In_2O_3 에 SnO_2 를 고용시켜 제조한 재료로서, In_2O_3 의 결정구조에서 In 자리에 Sn이 치환 고용된 형태이다. 또한, 가시광선 영역에서는 투과 특성이 우수하고, 적외선 영역에서는 반사 특성이 우수하며, 상온에서는 안정한 물질이다.
- [0010] ITO의 전기 전도성이 최대화인 적정 SnO_2 의 첨가량은 5~10 wt%로 알려져 있으며, 그 이상의 SnO_2 가 첨가되면 $\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$ 의 화합물이 생성되거나 Sn_3O_4 의 전기적 중성 클러스터(cluster)를 유발시켜, 자유전자의 움직임을 막으면서 전기적 특성을 저하시킨다. 또한, Manificier의 연구에 의하면 아르곤(Ar) 분위기에서 400℃로 열처리

된 ITO 박막의 표면저항 변화를 관찰한 결과, ITO의 전기적 특성은 내부 산소 공공(oxygen vacancy)에 직접적인 영향을 받으며, ITO에서 Sn이 3 atomic% 미만으로 도핑되어 있을 경우에는 첨가된 도판트(dopant)보다 전체 캐리어(carrier)의 농도가 크게 나타나지만, 3 atomic% 이상 도핑되어 있을 경우에는 도판트(dopant)의 농도가 캐리어(carrier)의 농도보다 크게 나타나는 현상을 보인다는 것을 알 수 있다. 즉, ITO는 비화학량론에 의한 전도특성이 나타나며, 일정량 이상의 도핑이 전도특성에 주된 공헌을 하고 있다.

[0011] 상기에서 살펴본 바와 같이, 디스플레이 산업 등의 중요성이 증대됨에 따라, 이에 사용될 수 있는 보다 우수한 투명전극 및 투명전극 재료에 관한 개발이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 하나의 목적은 저비용으로 태양전지, 각종 센서 등에 사용될 수 있는 광효율이 우수한 ITO 나노라드 투명전극을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 다른 목적은 상기 ITO 나노라드의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0014] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 상기 ITO 나노라드 투명전극을 이용한 소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0016] a) 기판 상에 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜 ITO 필름을 형성하는 단계;

[0017] b) 상기 형성된 ITO 필름을 분해하여 ITO 시드를 형성하는 단계; 및

[0018] c) 상기 ITO 시드를 이용하여 Vapor-Solid 공법으로 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜, ITO 시드 위에 ITO 나노라드를 성장시키는 단계를 포함하는 ITO 나노라드의 제조방법을 제공한다.

[0019] 또한, 본 발명은 a) 기판 및 b) 상기 기판 위에 이격되고, 기판의 상방으로 돌출되어 형성되어 있는 ITO 나노라드를 포함하는 것을 특징으로 하는 ITO 나노라드 투명전극을 제공한다.

[0020] 또한, 본 발명은 상기 ITO 나노라드 투명전극을 이용한 소자를 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 제조방법에 따라 ITO 나노라드를 제조하는 경우에는 고가의 금속 촉매를 이용하지 않고, 고가의 고진공 증착 장비가 불필요하므로 공정 단가를 절감할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 ITO 나노라드는 기존의 박막에 비하여 우수한 광변환 효율을 가지는 등의 효과를 가지므로, 태양전지, 각종 센서 등의 제작에 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 Vapor-Solid 공법에 따라 ITO 나노라드를 성장시키는 방법을 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 Vapor-Solid 공법에 따라 ITO 나노라드를 형성하는 방법을 나타낸 것이다.

도 3의 (a)는 종래의 박막으로 구성된 DSSC계 태양전지의 구조를 나타낸 것이며, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 성장된 ITO 나노라드를 이용하여 구성된 DSSC계 태양전지의 구조를 나타낸 것이다.

도 4의 (a)는 종래의 박막으로 구성된 광센서를 나타낸 것이며, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 성장된 ITO 나노라드를 이용하여 구성된 광센서의 구조를 나타낸 것이다.

도 5의 (a)는 종래의 박막으로 구성된 가스센서를 나타낸 것이며, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 성장된 ITO 나노라드를 이용하여 구성된 가스센서의 구조를 나타낸 것이다.

도 6은 본 발명의 실시예 1에서의 XRD를 통한 ITO 나노라드 상의 분석 결과를 나타낸 것이다.

도 7은 본 발명의 실시예 1에서의 TEM을 통한 ITO 나노로드 분석 결과를 나타낸 것이다.

도 8은 본 발명의 실시예 1에서의 SEM, TEM을 통한 형성된 나노로드의 길이, 밀도 및 직경의 비교 결과를 나타낸 것이다.

도 9는 본 발명의 실시예 1에서의 단일 나노로드의 비저항 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 10은 본 발명의 실시예 2에서의 XRD를 통한 ITO 나노로드 상 분석 결과를 나타낸 것이다.

도 11은 본 발명의 실시예 2에서의 TEM을 통한 ITO 나노로드 분석 결과를 나타낸 것이다.

도 12는 본 발명의 실시예 2에서의 SEM, TEM을 통한 형성된 나노로드의 길이, 밀도 및 직경의 비교 결과를 나타낸 것이다.

도 13은 본 발명의 실시예 2에서의 단일 나노로드의 비저항 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 14는 본 발명의 실시예 1 및 실시예 2의 ITO 투명전극 각각의 면저항을 나타낸 것이다.

도 15는 본 발명의 실시예 1 및 실시예 2의 ITO 투명전극 각각의 광투과도를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0024] 본 발명은
- [0025] a) 기판 상에 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜 ITO 필름을 형성하는 단계;
- [0026] b) 상기 형성된 ITO 필름을 분해하여 ITO 시드를 형성하는 단계; 및
- [0027] c) 상기 ITO 시드를 이용하여 Vapor-Solid 공법으로 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜, ITO 시드 위에 ITO 나노로드를 성장시키는 단계를 포함하는 ITO 나노로드의 제조방법을 제공한다.
- [0028] 또한, 본 발명은 a) 기판 및 b) 상기 기판 위에 이격되고, 기판의 상방으로 돌출되어 형성되어 있는 ITO 나노로드를 포함하는 것을 특징으로 하는 ITO 나노로드 투명전극을 제공한다.
- [0029] 또한, 본 발명은 상기 ITO 나노로드 투명전극을 이용한 소자를 제공한다.
- [0030] 상기 a)의 기판의 재질로는 일반적으로 유리가 사용되고 있으나, 반드시 이에 한정되지는 않으며, 알루미늄과 같은 세라믹 기판 스테인레스 스틸과 같은 금속기판 등도 사용 가능하다. 유리 기판으로는 비교적 값이 저렴한 소다석회 유리(sodalime glass)가 있다.
- [0031] 본 발명에 따른 ITO 나노로드의 제조방법을 하기 도 1 및 도 2에 기초하여 설명하기로 한다.
- [0032] 하기 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 Vapor-Solid 공법에 따라 ITO 나노로드를 성장시키는 방법을 나타낸 것이다.
- [0033] 도 1의 (1)단계에서 (2)단계는 소다석회 유리기판(soda-lime glass) 위에 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜 ITO 필름을 형성하는 것을 나타낸 것이고, (2)단계에서 (3)단계는 소다석회 유리기판(soda-lime glass) 위에 형성된 ITO 필름을 열처리하여 분해하는(breaking up) 것을 나타낸 것으로서, 이 때 열분해에 의하여 분해된(breaking up) ITO 시드(seed)가 생성됨을 알 수 있다. 또한, 도 1의 (3)단계에서 (4)단계는 다시 인듐(Indium)과 주석(Tin)을 베이퍼라이징(vaporizing)시켜 ITO 시드(seed) 위에 ITO 나노로드(nanorods)를 성장시키는 것을 나타낸 것이다.
- [0034] 또한, 하기 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 Vapor-Solid 공법에 따라 ITO 나노로드를 형성하는 방법을 나타낸 것이다.
- [0035] 도 2의 (a)는 소다석회 유리기판(soda-lime glass) 위에 ITO 필름을 증착하여 형성하는 단계를 나타낸 것이다.
- [0036] 이 때, 상기 소다석회 유리기판(soda-lime glass)의 온도는 바람직하게는 550℃이하, 보다 바람직하게는 400℃ 내지 550℃로 할 수 있다.

- [0037] 또한, 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 파우더는 원자백분율(atomic percent)로 In:Sn 는 2:1 내지 6:1의 비율로 섞은 후 사용하는 것이 바람직하다.
- [0038] 이 때, 인듐(Indium)과 주석(Tin)이 혼합되어 있는 파우더를 베이퍼라이징(vaporizing)하는 온도는 바람직하게는 900℃이하, 보다 바람직하게는 600℃ 내지 900℃, 보다 더 바람직하게는 800℃로 할 수 있다.
- [0039] 또한, 베이퍼라이징(vaporizing)된 인듐(Indium)과 주석(Tin) 소스의 공급은 아르곤(Ar)에 의해서 이루어지는데(carrier gas), 아르곤(Ar)의 가스 유량(gas flow rate)은 100 내지 500 sccm flow rate 인 것이 바람직하며, 300 sccm flow rate 인 것이 보다 바람직하다.
- [0040] 이 때, ITO의 형성에 있어서 산소(oxygen)를 주입하는데, 산소(oxygen)의 가스 유량(gas flow rate)은 10 내지 50 sccm flow rate 인 것이 바람직하며, 20 sccm flow rate 인 것이 보다 바람직하다.
- [0041] 또한, 반응의 압력은 1 atm 내지 1×10^{-2} atm으로 할 수 있다.
- [0042] 도 2의 (b)는 ITO 시드(seed)를 형성하는 단계를 나타낸 것이다.
- [0043] ITO 시드(seed)의 형성은 인듐(Indium), 주석(Tin), 산소(Oxygen) 소스의 공급을 차단한 상태에서 열처리를 함으로써 이루어지는데, 이 때 열처리 온도는 바람직하게는 400℃ 내지 550℃, 보다 바람직하게는 550℃ 이하로 할 수 있다. 이 때, 열처리의 분위기는 100 내지 500 sccm flow rate의 아르곤(Ar) 가스 분위기에서 진행될 수 있으며, 또는 1×10^{-1} atm 이하의 저 진공 분위기에서 진행될 수 있다.
- [0044] 도 2의 (c)는 ITO 나노로드(nanorods)를 형성하는 단계를 나타낸 것이다.
- [0045] 이 때, ITO 시드(seed)가 형성된 소다석회 유리기관(soda-lime glass)의 온도는 바람직하게는 550℃이하, 보다 바람직하게는 400℃ 내지 550℃로 할 수 있다.
- [0046] 또한, 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 파우더는 원자백분율(atomic percent)로 In:Sn 는 2:1 내지 6:1의 비율로 섞은 후 사용하는 것이 바람직하다.
- [0047] 이 때, 인듐(Indium)과 주석(Tin)이 혼합되어 있는 파우더를 베이퍼라이징(vaporizing)하는 온도는 바람직하게는 900℃이하, 보다 바람직하게는 600℃ 내지 900℃, 보다 더 바람직하게는 800℃로 할 수 있다.
- [0048] 또한, 베이퍼라이징(vaporizing)된 인듐(Indium)과 주석(Tin) 소스의 공급은 아르곤(Ar)에 의해서 이루어지는데(carrier gas), 아르곤(Ar)의 가스 유량(gas flow rate)은 100 내지 500 sccm flow rate 인 것이 바람직하며, 300 sccm flow rate 인 것이 보다 바람직하다.
- [0049] 또한, ITO의 형성에 있어서 산소(oxygen)를 주입하는데, 산소(oxygen)의 가스 유량(gas flow rate)은 10 내지 50 sccm flow rate 인 것이 바람직하며, 20 sccm flow rate 인 것이 보다 바람직하다.
- [0050] 또한, 반응의 압력은 1 atm 내지 1×10^{-2} atm으로 할 수 있다.
- [0051] 상기에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의한 ITO 나노로드 성장은 고가의 진공 장비 및 고가의 귀금속 촉매를 필요로 하지 않는 방법이다.
- [0052] 도 3의 (a)는 종래의 박막으로 구성된 DSSC(Dye-Sensitized Solar Cell) 계 태양전지의 구조를 나타낸 것이며, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 성장된 ITO 나노로드를 이용하여 구성된 DSSC(Dye-Sensitized Solar Cell)계 태양전지의 구조를 나타낸 것이다.
- [0053] 태양전지, 특히 DSSC(Dye-Sensitized Solar Cell)계 태양전지, HIT(Hetero-Junction with Intrinsic Thin layer) 태양전지에 있어서 ITO 나노로드(Nanorods)를 사용하면 계면이 증가되어 전자의 수집 확률이 현저히 증가되는 구조의 실현이 가능하다.
- [0054] 도 3의 (a)에 나타낸 기존의 TiO_2 NP 염료감응태양전지(DSSC)의 경우 ITO 박막을 투명전극으로 사용한 것인데, 이러한 구조의 가장 큰 문제점은 TiO_2 NP/염료에서 발생한 전자들이 ITO 전극까지 호핑(hopping)을 통하여 이동하는 과정에서 트랩(trap)되어 전극까지 살아가지 못함으로써 광변환 효율이 낮아진다는 것이다.
- [0055] 도 3의 (b)에 나타낸 본 발명에 따른 ITO 나노로드 전극을 이용한 태양전지의 구조의 경우에는 TiO_2 NP/염료

에서 발생한 전자들이 이웃한 ITO 나노로드 전극까지 이동하는 경로가 크게 단축되어 많은 수의 전자들이 트랩(trap)되지 않고 전극에 도달할 수 있어 DSSC(Dye-Sensitized Solar Cell)계 태양전지의 광변환 효율을 높일 수 있는 효과가 있다.

- [0056] 또한, 기존의 박막으로 구성된 태양전지(도 3의 a))에 비하여 본 발명에 따른 구조의 태양전지(도 3의 b))는 전자를 수집하기 위한 계면의 크기가 크기 때문에, 기존의 박막 구조보다 높은 효율의 태양전지를 제작할 수 있게 한다.
- [0057] 도 4의 (a)는 종래의 박막으로 구성된 광센서를 나타낸 것이며, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 성장된 ITO 나노로드를 이용하여 구성된 광센서의 구조를 나타낸 것이다.
- [0058] 센서에 있어서도 나노로드(Nanorods)를 사용하면 계면이 증가되어 전자의 수집 확률이 현저하게 증가되는 구조의 실현이 가능하다. 또한, 나노로드(Nanorods)의 특성상 단결정이므로 defect가 없어 전자의 수집 등이 박막에 비해 탁월하며, 전자의 이동 경로가 짧아 재결합율(recombination rate) 등을 줄여 고감도 센서의 제작이 가능하게 된다.
- [0059] 도 4를 살펴보면, 기존의 박막(도 4의 a))에 비하여 본 발명에 따른 투명전극(도 4의 b)) 사이의 접촉면적(계면)이 증가한다. 또한, 전하(Charge)의 수집 효과에 있어서도 기존의 박막(도 4의 a))에 비하여 본 발명에 따른 투명전극(도 4의 b))일 때 현저하게 증가되며, 이로 인하여 미세한 양의 빛(적외선, 자외선 등)을 탐지하는 것도 가능하게 된다.
- [0060] 도 5의 (a)는 종래의 박막으로 구성된 가스센서를 나타낸 것이며, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 성장된 ITO 나노로드를 이용하여 구성된 가스센서의 구조를 나타낸 것이다.
- [0061] 도 5의 (a)를 살펴 보면, 표면에 있는 입자들만이 유독가스분자와 빨리 접촉하여 유독가스분자 확산경로가 매우 길고 (느린 감지속도), 한정된 수의 전자만이 전극에 도달 (낮은 감도)한다는 문제점이 있음을 알 수 있다.
- [0062] 반면, 도 5의 (b)를 살펴 보면, 표면 뿐 아니라 내부에 있는 입자들도 유독가스분자와 빨리 접촉하여 유독가스분자가 내부까지 용이하게 침투하게 해주고 (빠른 감지속도), 짧은 이동 경로로 대다수의 전자들이 전극에 도달하게 되는 장점이 있다 (높은 감도).
- [0063] 본 발명은 상기 본 발명에 따른 ITO 나노로드 투명전극을 이용한 소자를 제공한다. 상기 소자로는 태양전지, 광센서, 가스센서 등이 있다. 상기 태양전지, 광센서, 가스센서 등의 소자는 본 발명에 따른 ITO 나노로드를 이용한다는 것을 제외하고는 나머지 구성요소는 한정하지 않으며, 본 발명에 따른 ITO 나노로드를 이용한다는 것을 제외하고는 종래의 일반적인 태양전지, 광센서, 가스센서의 구조를 따를 수 있다.
- [0064] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0065] [실시예]
- [0066] 실시예 1
- [0067] 1) 소다석회 유리기관(soda-lime glass)위에 ITO 필름을 증착하는 단계
- [0068] 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 파우더의 조성비(atomic percent)는 In:Sn = 4:1로 하였으며, 소다석회 유리기관(soda-lime glass)의 온도는 550℃로 유지하였다. 또한, 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 베이퍼라이징(vaporizing) 온도는 800℃로 하였다. 그 후, 1×10^{-1} atm의 저 진공 분위기에서 아르곤(Ar) 가스를 300 sccm flow rate로 흘려주었고, 산소(oxygen)는 300 sccm flow rate로 흘려주면서 실험을 진행하였다.
- [0069] 2) ITO 시드(seed) 형성단계
- [0070] ITO 시드(seed)의 형성은 인듐(Indium), 주석(Tin), 산소(Oxygen) 소스의 공급을 차단한 상태에서 550℃ 이하의 열처리에 의해 이루어졌다. 이 때, 열처리의 분위기는 300 sccm flow rate의 아르곤(Ar) 가스 분위기와 1×10^{-1} atm 이하의 저 진공 분위기에서 진행하였다.

[0071] 3) ITO 나노라드 형성단계

[0072] 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 파우더의 조성비(atomic percent)는 In:Sn = 4:1로 하였으며, 소다석회 유리기판(soda-lime glass)의 온도는 550℃로 유지하였다. 또한, 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 베이퍼라이징(vaporizing) 온도는 800℃로 하였다. 그 후, 1×10^{-1} atm의 저 진공 분위기에서 아르곤(Ar) 가스를 300 sccm flow rate로 흘려주었고, 산소(oxygen)는 300 sccm flow rate로 흘려주면서 실험을 진행하여 ITO 나노라드를 형성하였다.

[0073] 4) Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)를 통한 조성 분석

[0074] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 조성비를 EDS를 통하여 분석하였으며, 그 결과 분석된 In, Sn 및 O의 조성비를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

	In	Sn	O	total
Atomic %	34.33	17.1	48.57	100

[0075]

[0076] 5) XRD를 통한 ITO 나노라드의 상 분석

[0077] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 상을 XRD를 통하여 분석하였으며, 그 결과를 하기 도 6에 나타내었다. 이를 살펴 보면, 상기 실험을 통하여 성장된 ITO 나노라드는 95% 이상의 결정성을 갖는 순수한 ITO 상임을 확인할 수 있었다.

[0078] 6) TEM을 통한 ITO 나노라드 분석

[0079] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드를 TEM을 통하여 분석하였으며, 그 결과를 하기 도 7에 나타내었다. 이를 살펴 보면, 고 상기 실험을 통하여 성장된 ITO 나노라드는 결정성을 지님을 알 수 있고, SAED pattern 분석을 통하여 ITO 상이 나왔음을 확인할 수 있었다. 도 7의 (a)는 TEM 이미지를 나타낸 것으로, 이를 살펴보면 합성된 나노라드는 직선성을 갖으며 높은 결정성을 지님을 알 수 있었다. 또한, 도 7의 (b)의 SAED (Selected Area Electron Diffraction) pattern 분석을 통하여 합성된 나노라드는 ITO임을 알 수 있었다.

[0080] 7) SEM, TEM을 통한 형성된 나노라드의 길이, 밀도 및 직경의 비교

[0081] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 길이, 밀도, 직경을 SEM 및 TEM을 통하여 측정하였으며, 그 결과를 하기 도 8에 나타내었다. 도 8의 (a) 내지 (d)를 살펴본 결과, 성장된 ITO 나노라드의 밀도는 μm^2 당 50개 이상임을 알 수 있었고, 나노라드의 길이는 4 내지 $5\mu\text{m}$ 임을 알 수 있었으며, 나노라드의 직경은 50 내지 70 nm임을 알 수 있었다.

[0082] 8) 단일 나노라드의 비저항 측정

[0083] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 비저항을 측정하였으며, 그 결과를 하기 도 9에 나타내었다. 여기서, 단일 ITO 나노라드의 비저항은 $4.35 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 로 측정되었다.

[0084] 실시예 2

[0085] 1) 소다석회 유리기판(soda-lime glass)위에 ITO 필름을 증착하는 단계

[0086] 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 파우더의 조성비(atomic percent)는 In:Sn = 2:1로 하였으며, 소다석회 유리기판(soda-lime glass)의 온도는 550℃로 유지하였다. 또한, 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 베이퍼라이징(vaporizing) 온도는 800℃로 하였다. 그 후, 1×10^{-1} atm의 저 진공 분위기에서 아르곤(Ar) 가스를 300 sccm flow rate로 흘려주었고, 산소(oxygen)는 300 sccm flow rate로 흘려주면서 실험을 진행하였다.

[0087] 2) ITO 시드(seed) 형성단계

[0088] ITO 시드(seed)의 형성은 인듐(Indium), 주석(Tin), 산소(Oxygen) 소스의 공급을 차단한 상태에서 550℃ 이하의 열처리에 의해 이루어졌다. 이 때, 열처리의 분위기는 300 sccm flow rate의 아르곤(Ar) 가스 분위기와 1×10^{-1} atm 이하의 저 진공 분위기에서 진행하였다.

[0089] 3) ITO 나노라드 형성단계

[0090] 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 파우더의 조성비(atomic percent)는 In:Sn = 2:1로 하였으며, 소다석회 유리기판(soda-lime glass)의 온도는 550℃로 유지하였다. 또한, 인듐(Indium)과 주석(Tin)의 베이퍼라이징(vaporizing) 온도는 800℃로 하였다. 그 후, 1×10^{-1} atm의 저 진공 분위기에서 아르곤(Ar) 가스를 300 sccm flow rate로 흘려주었고, 산소(oxygen)는 300 sccm flow rate로 흘려주면서 실험을 진행하여 ITO 나노라드를 형성하였다.

[0091] 4) Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)를 통한 조성 분석

[0092] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 조성비를 EDS를 통하여 분석하였으며, 그 결과 분석된 In, Sn 및 O의 조성비를 하기 표 2에 나타내었다.

표 2

	In	Sn	O	total
Atomic %	30.69	18.89	50.42	100

[0093]

[0094] 5) XRD를 통한 ITO 나노라드의 상 분석

[0095] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 상을 XRD를 통하여 분석하였으며, 그 결과를 하기 도 10에 나타내었다. 이를 살펴 보면, 상기 실험을 통하여 성장된 ITO 나노라드는 95% 이상의 결정성을 갖는 순수한 ITO 상임을 확인할 수 있었다.

[0096] 6) TEM을 통한 ITO 나노라드 분석

[0097] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드를 TEM을 통하여 분석하였으며, 그 결과를 하기 도 11에 나타내었다. 이를 살펴 보면, 고 상기 실험을 통하여 성장된 ITO 나노라드는 결정성을 지님을 알 수 있고, SAED pattern 분석을 통하여 ITO 상이 나왔음을 확인할 수 있었다. 도 11의 (a)는 TEM 이미지를 나타낸 것으로, 이를 살펴보면 합성된 나노라드는 직선성을 갖으며 높은 결정성을 지님을 알 수 있었다. 또한, 도 11의 (b)의 SAED (Selected Area Electron Diffraction) pattern 분석을 통하여 합성된 나노라드는 ITO임을 알 수 있었다.

[0098] 7) SEM, TEM을 통한 형성된 나노라드의 길이, 밀도 및 직경의 비교

[0099] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 길이, 밀도, 직경을 SEM 및 TEM을 통하여 측정하였으며, 그 결과를 하기 도 12에 나타내었다. 도 12의 (a) 내지 (d)를 살펴본 결과, 즉, 성장된 ITO 나노라드의 밀도는 μm^2 당 50개 이상임을 알 수 있었고, 나노라드의 길이는 7 내지 10 μm 임을 알 수 있었으며, 나노라드의 직경은 40 내지 60 nm임을 알 수 있었다.

[0100] 8) 단일 나노라드의 비저항 측정

[0101] 상기와 1) 내지 3)의 실험 과정을 통하여 성장된 ITO 나노라드의 비저항을 측정하였으며, 그 결과를 하기 도 13에 나타내었다. 여기서, 단일 ITO 나노라드의 비저항은 $6.17 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 로 측정되었다.

[0102] 실험예 1: 실시예 1 및 실시예 2의 투명전극의 면저항 측정

[0103] 실시예 1 및 실시예 2에서 제조된 ITO 투명전극의 면저항을 각각 측정하였으며, 그 결과를 하기 도 14에 나타

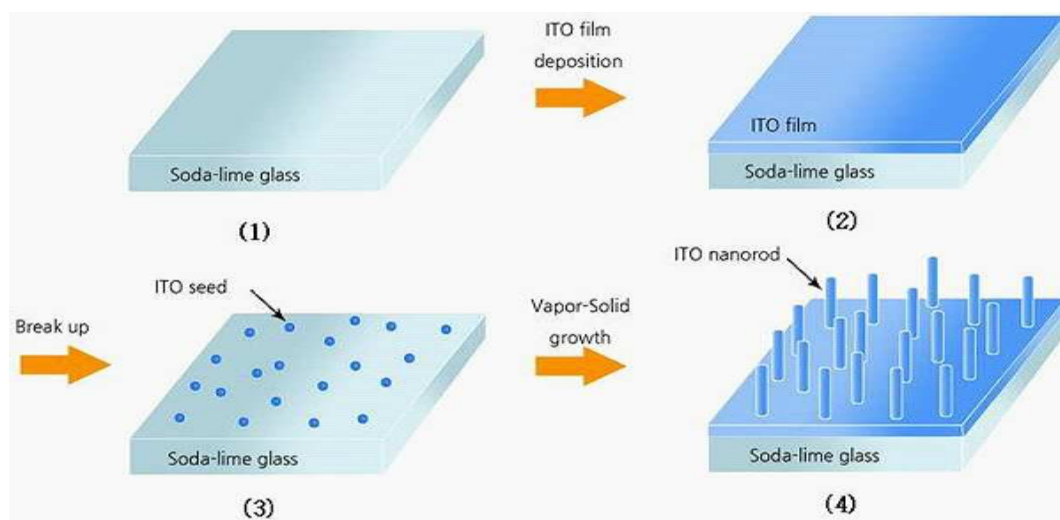
내었다. 이 때, 면저항은 대표적인 면저항 측정 방법인 4-point prober로 측정하였다. 이를 살펴 보면, 실시예 1의 면저항은 $290\Omega/\text{sq}$ 이었고, 실시예 2의 면저항은 $432\Omega/\text{sq}$ 이었다.

[0104] 실험예 2: 실시예 1 및 실시예 2의 투명전극의 광투과도 측정

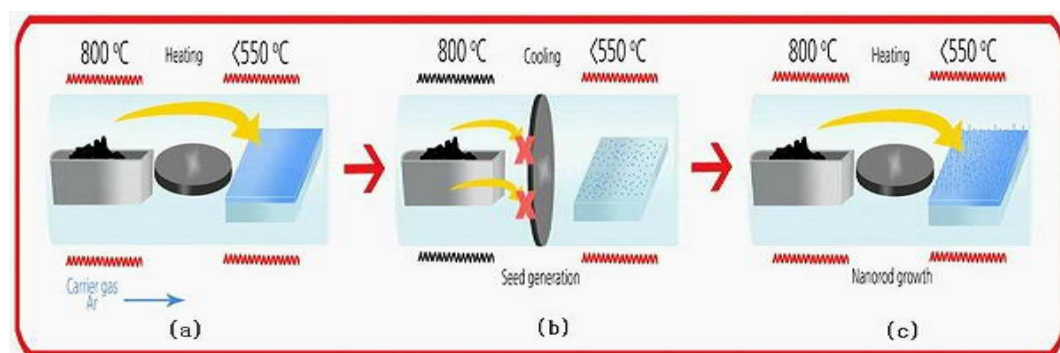
[0105] 실시예 1 및 실시예 2에서 제조된 ITO 투명전극의 광투과도를 각각 측정하였으며, 그 결과를 하기 도 15에 나타내었다. 이 때, 광투과도는 UV-Visible spectrometer로 측정하였다. 이를 살펴 보면, 실시예 1의 가시광선 영역에서의 광투과도는 70%이었고, 실시예 2의 가시광선 영역에서의 광투과도는 80%이었다.

도면

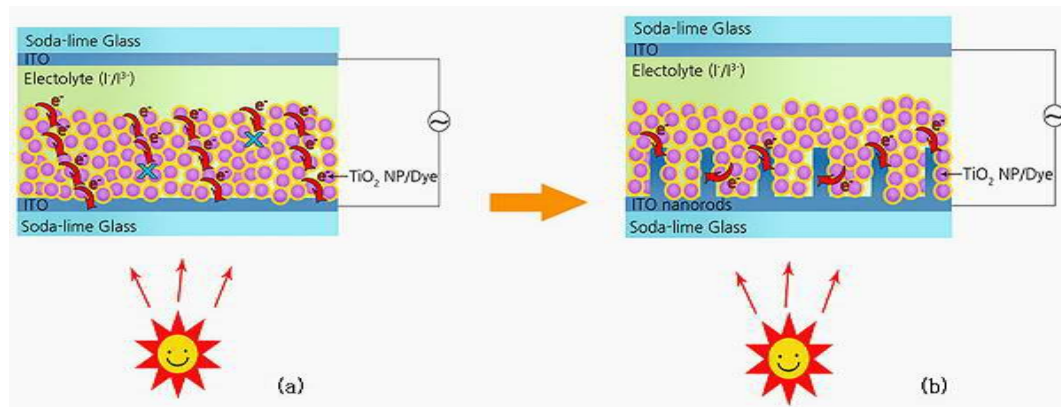
도면1



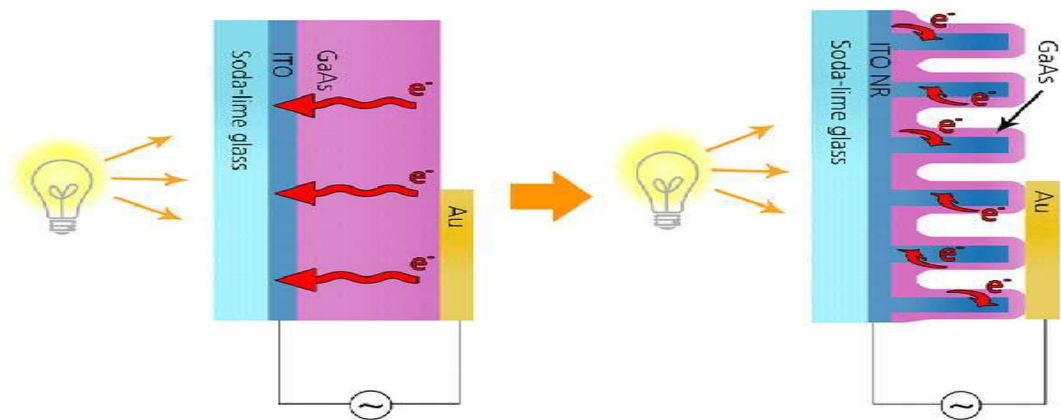
도면2



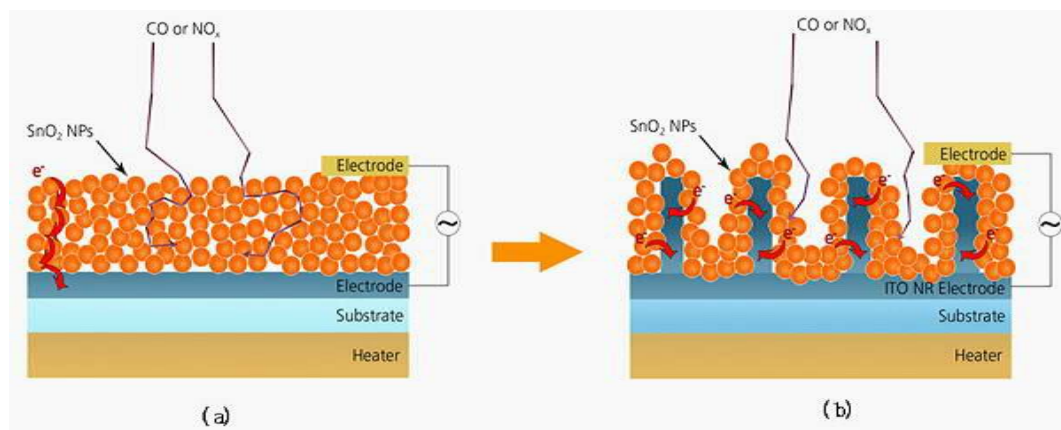
도면3



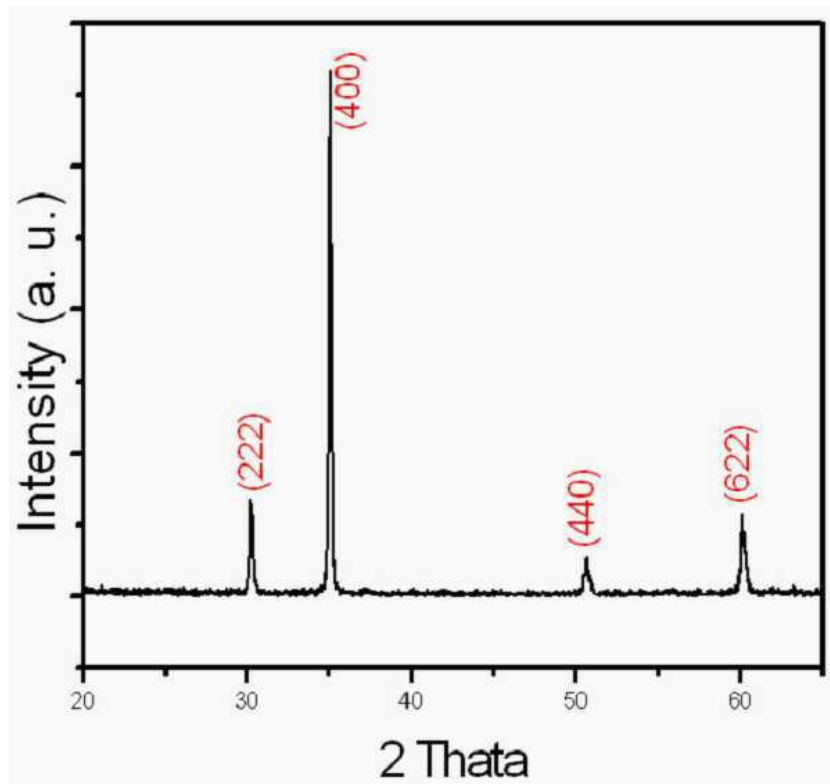
도면4



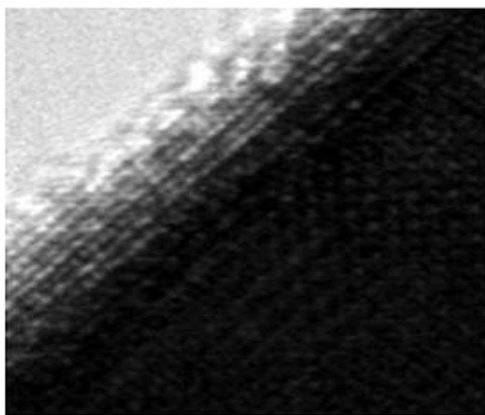
도면5



도면6



도면7

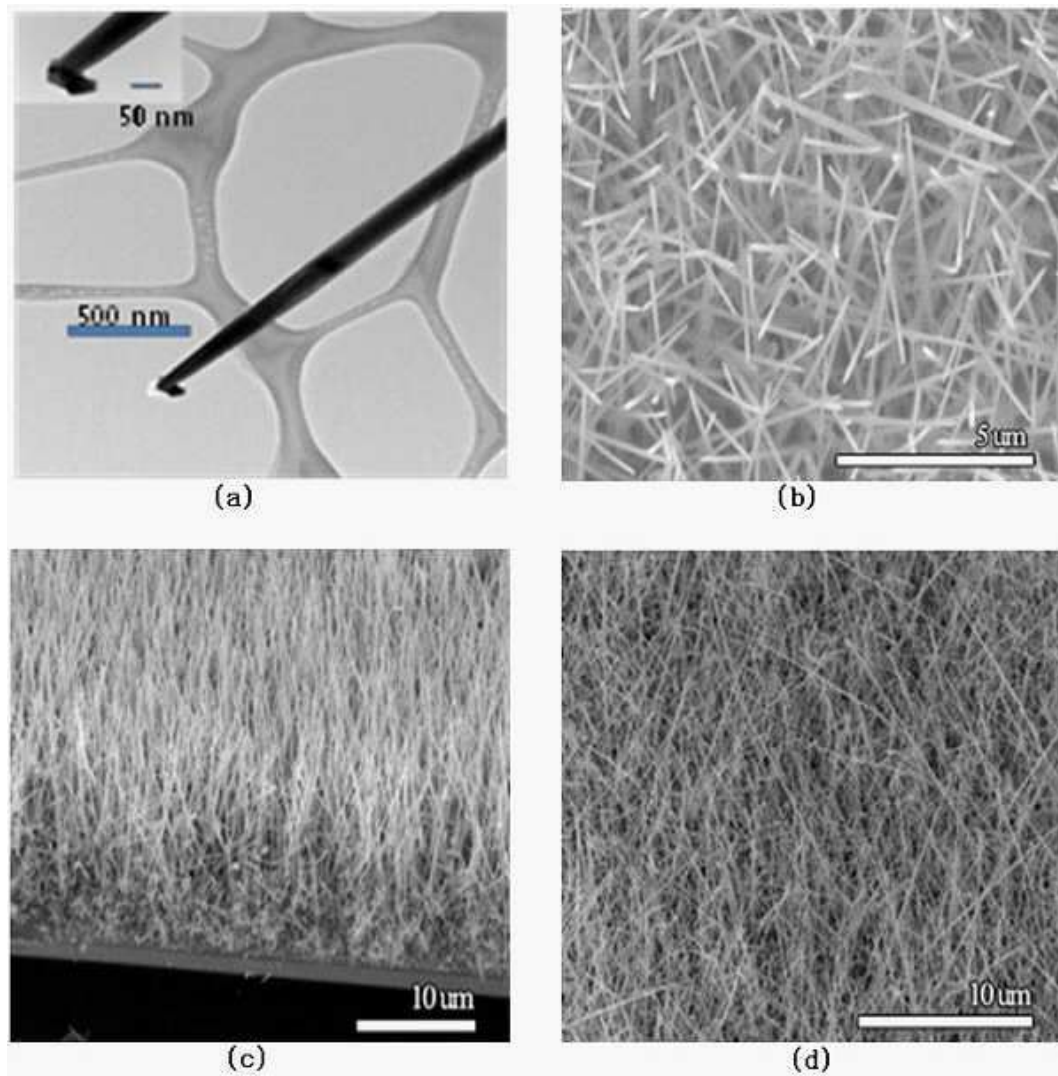


(a)

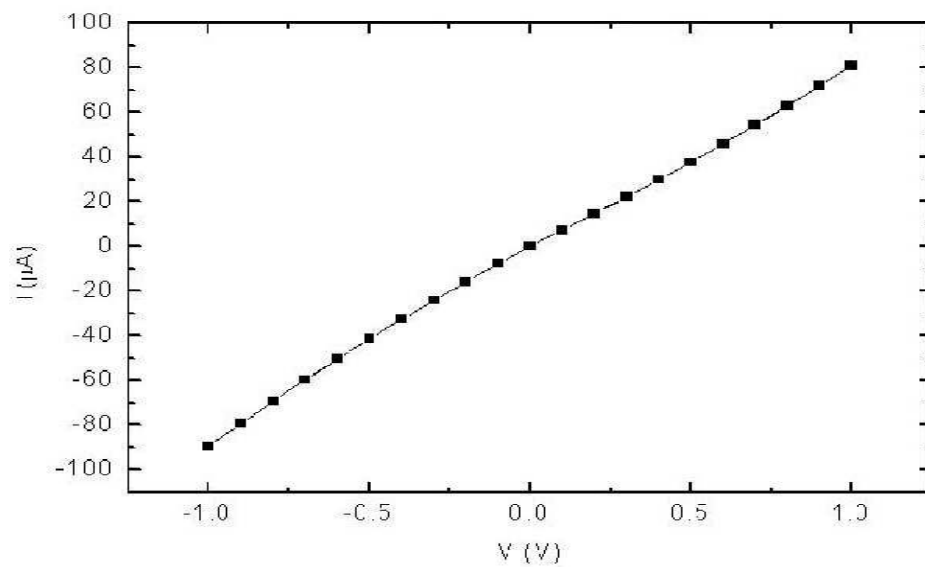


(b)

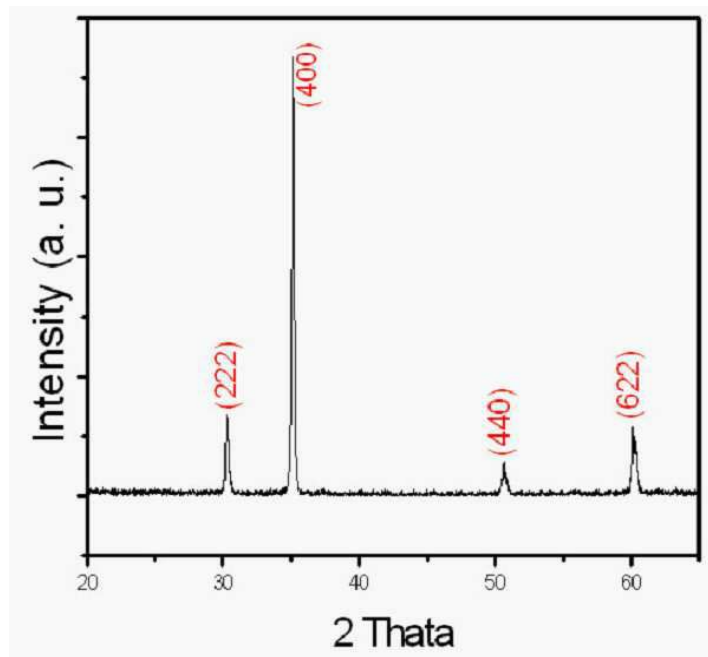
도면8



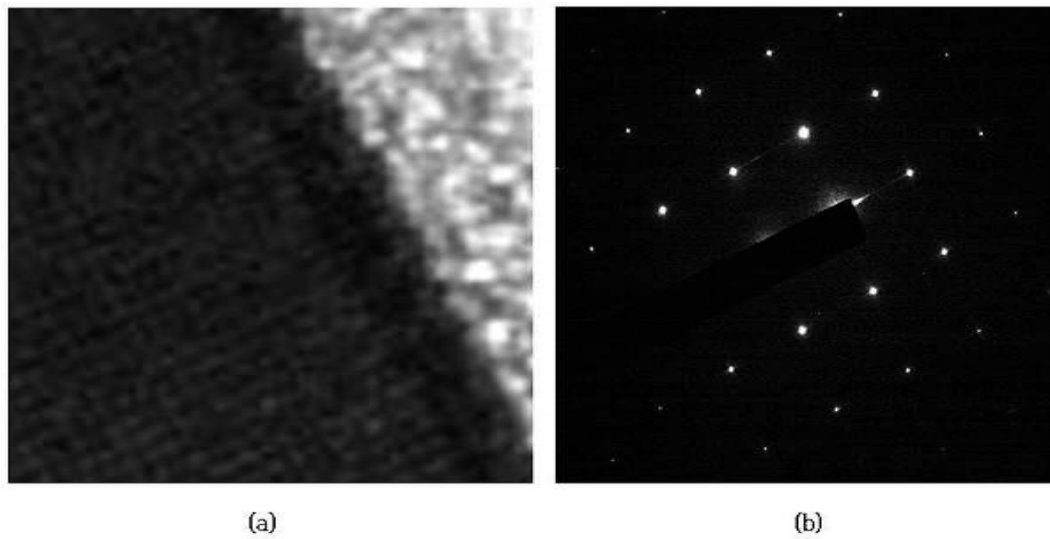
도면9



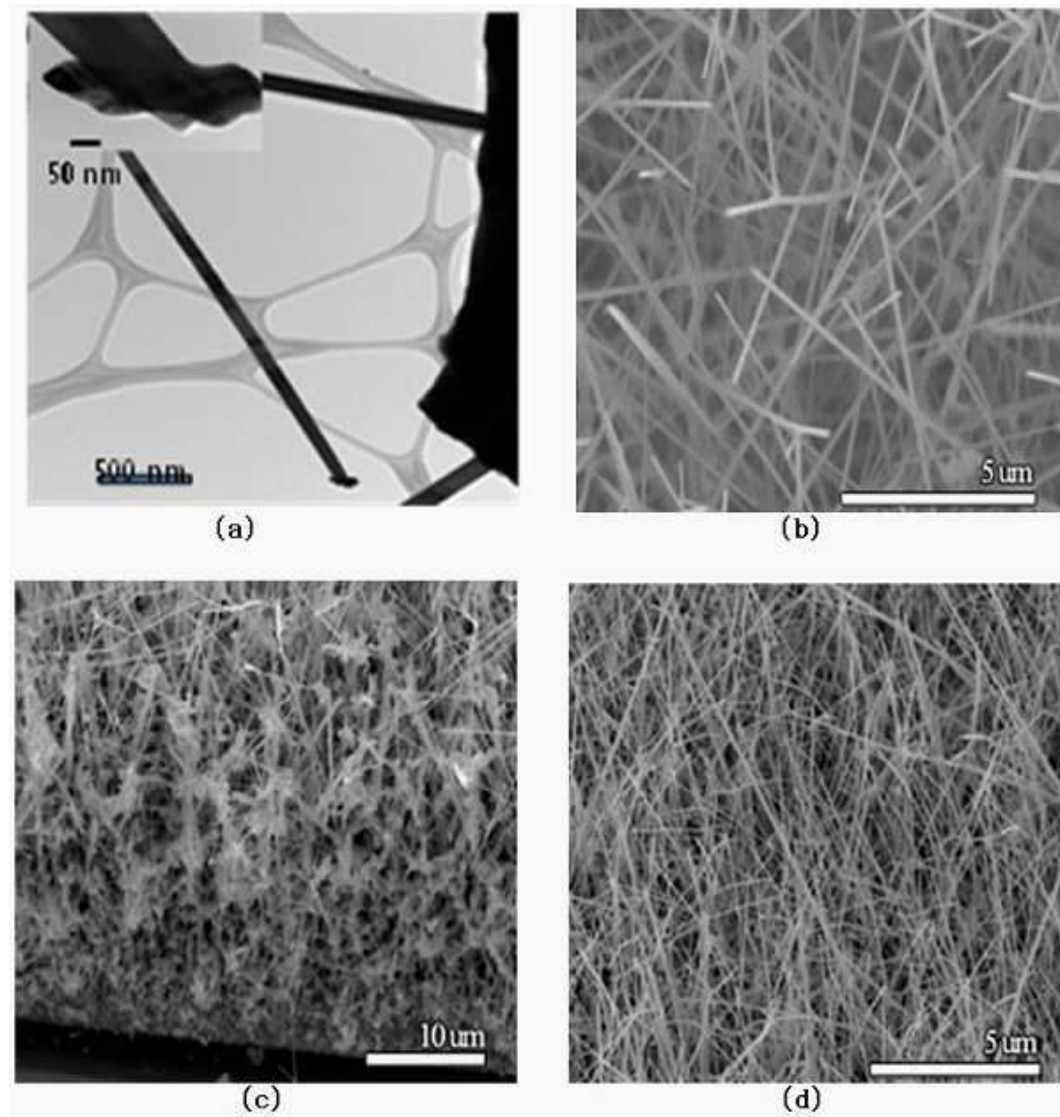
도면10



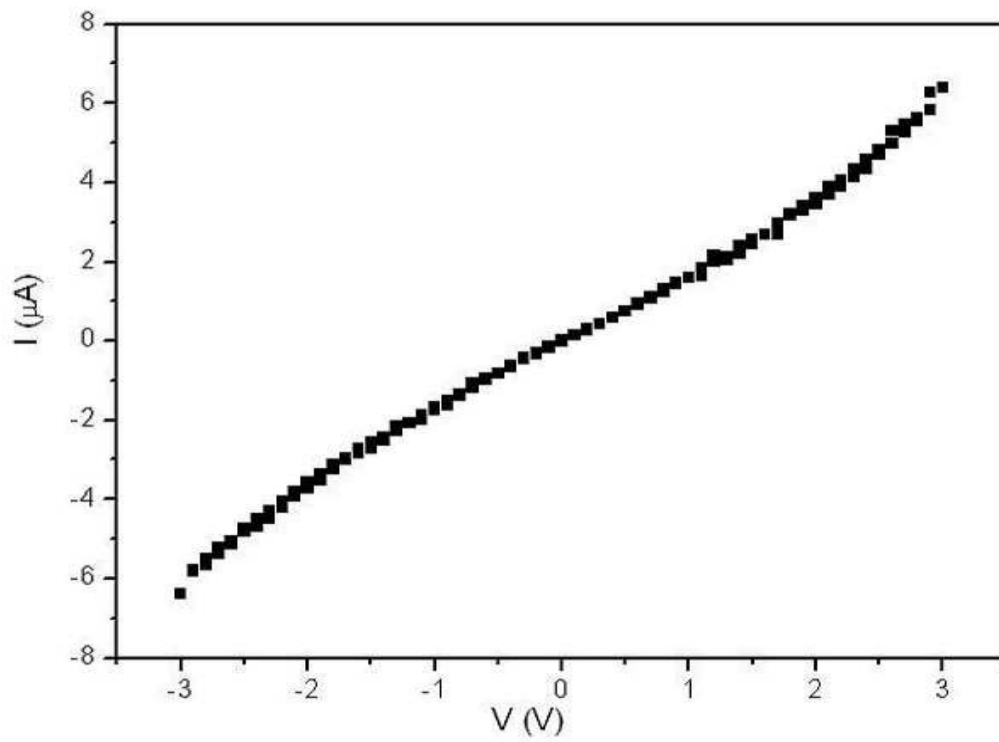
도면11



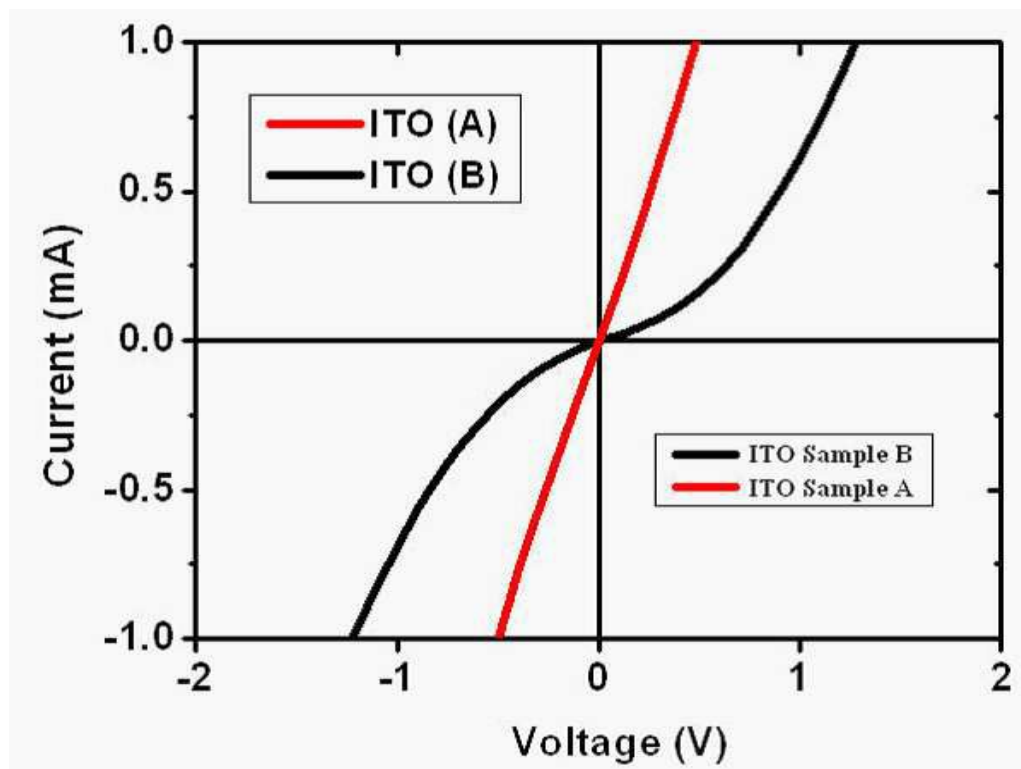
도면12



도면13



도면14



도면15

