(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0047840
(43) 공개일자 2015년05월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0127813
(22) 출원일자 2013년10월25일
심사청구일자 2013년10월25일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
강성준
서울 서초구 반포대로 275, 106동 2604호 (반포동, 래미안퍼스티지)
(74) 대리인
서재승

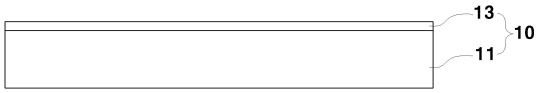
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **일함수 조절막을 구비한 전극 소자**

(57) 요 약

본 발명은 전극 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로 투명 전극의 일함수 값을 제어함으로써 동일한 투명 전극을 양극뿐만 아니라 음극으로도 사용할 수 있으며, 원자층 증착 방식(Atomic Layer Deposition, ALD)으로 투명 전극의 표면에 일함수 조절막을 형성함으로써 일함수 조절막의 두께를 정확하게 제어 가능하며 일함수 조절막을 균일한 조성비로 형성할 있는 전극 소자에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2011-0031640
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 글로벌 프론티어 사업 (나노기반 소프트 일렉트로닉스 연구)
연구과제명 신개념 소프트 소자 및 집적회로 아키텍쳐
기 여 율 1/1
주관기관 한국과학기술원
연구기간 2011.09.29 ~ 2020.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

전극 소자의 제조 방법에 있어서,

베이스 전극의 일면에 상기 베이스 전극의 일함수와 상이한 일함수를 가지는 산화 금속층을 적층하여 상기 베이스 전극의 일함수를 조절하는 일함수 조절막을 형성하며,

상기 일함수 조절막은 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)을 이용하여 상기 베이스 전극의 일면에 상기 산화 금속층을 단분자막(monolayer) 레벨로 적층하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전극 소자의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 베이스 전극은 투명 전극인 것을 특징으로 하는 전극 소자의 제조 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 베이스 전극은 인듐 주석 산화물(Indum Tin Oxcide)인 것을 특징으로 하는 전극 소자의 제조 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 산화 금속층은 산화 알루미늄(Al_2O_3)인 것을 특징으로 하는 전극 소자의 제조 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 일함수 조절막은 상기 베이스 전극의 일면에 1 내지 18 개의 단분자막을 적층하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전극 소자의 제조 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 일함수 조절막은 상기 베이스 전극의 일면에 상기 산화 금속층을 3nm 이하에서 조절하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전극 소자의 제조 방법.

청구항 7

베이스 전극; 및

상기 베이스 전극의 일면에 상기 베이스 전극의 일함수와 상이한 일함수를 가지는 산화 금속층을 적층하여 형성되며, 상기 베이스 전극의 일함수를 조절하는 일함수 조절막을 포함하며,

상기 일함수 조절막은 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)을 이용하여 상기 베이스 전극의 일면에 상기 산화 금속층을 단분자막(monolayer) 레벨로 적층하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전극 소자.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 베이스 전극은 투명 전극인 것을 특징으로 하는 전극 소자.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 베이스 투명 전극은 인듐 주석 산화물(Indum Tin Oxcide)인 것을 특징으로 하는 전극 소자.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 산화 금속층은 산화 알루미늄(Al_2O_3)인 것을 특징으로 하는 전극 소자.

청구항 11

제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 일함수 조절막은 상기 베이스 투명 전극의 일면에 1 내지 18 개의 단분자막을 적층하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전극 소자.

청구항 12

제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 일함수 조절막은 상기 베이스 투명 전극의 일면에 상기 산화 금속층을 3nm 이하에서 조절하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전극 소자.

청구항 13

제1 베이스 투명 전극을 구비하는 양극 투명 전극; 및

제2 베이스 투명 전극을 구비하는 음극 투명 전극을 포함하며

상기 제1 베이스 투명 전극 또는 상기 제2 베이스 투명 전극 중 어느 일면에는 상기 제1 베이스 투명 전극 또는 상기 제2 베이스 투명 전극의 일함수와 상이한 일함수를 가지는 산화 금속층을 적층하여 상기 제1 베이스 투명 전극 또는 상기 제2 베이스 투명 전극의 일함수를 조절하는 일함수 조절막이 형성되어 있으며,

상기 일함수 조절막은 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)을 이용하여 상기 제1 베이스 투명 전극 또는 상기 제2 베이스 투명 전극의 일면에 상기 산화 금속층을 단분자막(monolayer) 레벨로 적층하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전자 소자 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제2 베이스 투명 전극의 일함수보다 낮은 일함수를 가지는 산화 금속층이 상기 제2 베이스 투명 전극의 일면에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 전자 소자 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 제1 베이스 투명 전극의 일함수보다 높은 일함수를 가지는 산화 금속층이 상기 제1 베이스 투명 전극의 일면에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 전자 소자 장치.

청구항 16

제 13 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 베이스 투명 전극과 상기 제2 베이스 투명 전극은 서로 동일한 투명 전극 재료인 것을 특징으로 하는 전자 소자 장치.

청구항 17

제 13 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전자 소자 장치는 양면발광 다이오드, 태양전지 및 투명 디스플레이 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 전자 소자 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전극 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로 투명 전극의 일함수 값을 제어함으로써 동일한 투명 전극을 양극뿐만 아니라 음극으로도 사용할 수 있으며, 원자층 증착 방식(Atomic Layer Deposition, ALD)으로 투명 전극의 표면에 일함수 조절막을 형성함으로써 일함수 조절막의 두께를 정확하게 제어 가능하며 일함수 조절막을 균일한 조성비로 형성할 있는 전극 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 투명전극이란 가시광선 영역에서의 높은 광투과도 (85% 이상)와 낮은 비저항(1×10^{-3} 이하)을 동시에 갖는 산화물계 축퇴형(Degenerate) 반도체 전극 및 탄소 기반 투명전극 등을 총칭한다. 투명전극은 빛의 투과와 전류 주입/추출을 동시에 필요로 하는 평판디스플레이, 태양전지, 터치패널, 투명 트랜지스터의 전극으로 사용되는 핵심 재료로, 현재까지 대부분 ITO(Indium Tin Oxide)가 주로 사용되고 있다.

[0003] 최근 플렉서블 디스플레이, 태양전지 및 전자 소자 등 유연 광전자 기술의 급격한 발전으로 기존의 유리 기판이 아닌 플렉서블한 기판 위에 제작이 가능한 유연 투명전극 기술에 대한 관심도 높아지고 있다. 기존 ITO 투명전극의 경우 기판의 휨에 대한 기계적 특성이 약해 이를 대체 할 수 있는 고분자 투명전극, CNT(Carbon Nanotube), 그래핀, 은 기반의 투명전극 등이 제안되고 있다.

[0004] 앞서 설명한 투명 전극 재료는 대부분 4.5eV 이상의 높은 일함수 값을 가지기 때문에 전자 소자에서 정공(hole)을 주입하는 양극(anode) 전극으로만 사용되고 있는 실정이다. 투명 전극 재료를 음극 전극으로도 사용할 수 있다면 투명 전극 재료의 적용 분야가 확장되어 다양한 전자 소자에 이용 가능하다.

[0005] 투명 전극 재료를 음극 전극으로 사용하기 위하여 투명 전극의 표면에 금속을 도핑 증착하여 투명 전극의 일함수 값을 낮춤으로써 투명 전극을 음극(Cathode)으로 사용하는 종래기술이 제안되었다. 그러나 종래기술의 경우 투명 전극의 표면에 금속을 화학적 증착 방식으로 형성함으로써 투명 전극의 표면에 균일한 두께로 금속을 증착 형성하기 곤란하여 실제 전자 소자에 적용하기 곤란하다는 문제점을 가진다. 더욱이 종래기술에서 투명 전극의 표면에 증착되는 금속의 조성비가 균일하지 못하여 효율이 높지 않으며, 투명 전극에 증착되는 금속의 두께를 정확하게 형성하지 못하여 투명전극의 일함수 값을 정확하게 제어하지 못한다는 문제점을 가진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 위에서 언급한 종래기술이 가지는 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명이 이루고자 하는 목적은 투명 전극의 일함수 값을 제어하여 음극 또는 양극으로 사용할 수 있는 전극 소자를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 다른 목적은 원자층 증착 방식(Atomic Layer Deposition, ALD)으로 투명 전극의 표면에 균일한 두께와 조성비로 형성되는 일함수 조절막을 구비한 전극 소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 전극소자의 제조 방법은 베이스 전극의 일면에 베이스 전극의 일함수와 상이한 일함수를 가지는 산화 금속층을 적층하여 베이스 전극의 일함수를 조절하는 일함수 조절막을 형성하며, 일함수 조절막은 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)을 이용하여 베이스 전극의 일면에 산화 금속층을 단분자막(monolayer) 레벨로 적층 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0009] 여기서 산화 금속층은 산화 알루미늄(Al_2O_3)인 것을 특징으로 한다.

[0010] 여기서 베이스 전극은 투명전극이며 보다 구체적으로 인듐 주석 산화물(Indum Tin Oxcide)인 것을 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게, 일함수 조절막은 베이스 전극의 일면에 1 내지 18 개의 단분자막을 적층하여 형성되는 것을 특징으

로 한다.

[0012] 바람직하게, 일함수 조절막은 베이스 전극의 일면에 산화 금속층을 3nm 이하에서 조절하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 한편, 본 발명에 따른 전극 소자는 베이스 전극과, 베이스 전극의 일면에 베이스 전극의 일함수와 상이한 일함수를 가지는 산화 금속층을 적층하여 형성되며 베이스 전극의 일함수를 조절하는 일함수 조절막을 포함하며, 일함수 조절막은 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)을 이용하여 베이스 전극의 일면에 산화 금속층을 단분자막(monolayer) 레벨로 적층하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 한편, 본 발명에 따른 전자 소자 장치는 제1 베이스 투명 전극을 구비하는 양극 투명 전극과, 제2 베이스 투명 전극을 구비하는 음극 투명 전극을 포함하며, 제1 베이스 투명 전극 또는 제2 베이스 투명 전극 중 어느 일면에는 제1 베이스 투명 전극 또는 제2 베이스 투명 전극의 일함수와 상이한 일함수를 가지는 산화 금속층을 적층하여 제1 베이스 투명 전극 또는 상기 제2 베이스 투명 전극의 일함수를 조절하는 일함수 조절막이 형성되어 있으며, 일함수 조절막은 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)을 이용하여 제1 베이스 투명 전극 또는 제2 베이스 투명 전극의 일면에 산화 금속층을 단분자막(monolayer) 레벨로 적층하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 여기서 제2 베이스 투명 전극의 일함수보다 낮은 일함수를 가지는 산화 금속층이 제2 베이스 투명 전극의 일면에 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0016] 여기서 제1 베이스 투명 전극의 일함수보다 높은 일함수를 가지는 산화 금속층이 제1 베이스 투명 전극의 일면에 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0017] 바람직하게, 제1 베이스 투명 전극과 제2 베이스 투명 전극 소자는 서로 동일한 투명 전극 재료인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따른 전극 소자 및 이의 제조 방법은 다음과 같은 다양한 효과를 가진다.

[0019] 첫째, 본 발명에 따른 전극 소자는 투명 전극의 일함수 값을 제어함으로써, 투명 전극을 양극뿐만 아니라 음극으로도 사용할 수 있다.

[0020] 둘째, 본 발명에 따른 전극 소자는 원자층 증착 방식(Atomic Layer Deposition, ALD)으로 투명 전극의 표면에 일함수 조절막을 형성함으로써, 일함수 조절막의 두께를 정확하게 제어 가능하며 일함수 조절막을 균일한 조성비로 형성할 있다.

[0021] 셋째, 본 발명에 따른 전극 소자는 투명 전극의 표면 일함수 값을 제어함으로써, 동일한 투명 전극 재료를 동시에 사용하여 양극 투명 전극과 음극 투명 전극으로 각각 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 단면도를 도시하고 있다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 원자층 증착 장비를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 투명 전극의 일함수 조절막의 형성 과정의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 서로 다른 두께로 형성된 산화알루미늄의 일함수 조절막을 구비하는 ITO 베이스 투명 전극의 일함수 값을 나타낸 그래프이다.

도 5는 서로 다른 두께로 형성된 산화알루미늄의 일함수 조절막을 구비하는 ITO 베이스 투명 전극의 면저항을 나타낸 그래프이다.

도 6은 서로 다른 두께로 형성된 산화알루미늄의 일함수 조절막을 구비하는 ITO 베이스 투명 전극의 광투과도를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명에 따른 투명 전극을 이용한 전자 소자 중 유기 태양전지 구성의 일 예를 도시하고 있다.

도 8은 본 발명에 따른 투명 전극을 이용한 전자 소자 중 유기 태양전지 구성의 다른 예를 도시하고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하 첨부한 도면을 참고로 본 발명에 따른 투명 전극 및 이의 제조방법에 대해 보다 구체적으로 살펴본다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 단면도를 도시하고 있다.

[0025] 도 1을 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 본 발명에 따른 투명 전극(10)은 베이스 투명 전극(11)과 베이스 투명 전극(11)의 상면에 형성되어 있는 일함수 조절막(13)을 구비하여 구성되어 있다.

[0026] 베이스 투명 전극(11)은 ITO, 고분자 투명전극, CNT(Carbon Nanotube), 그래핀과 같은 높은 광투과율과 전기전도성을 가지는 물질이며, 일함수 조절막(13)은 산화 금속층이다. 바람직하게, 일함수 조절막(13)은 산화 알루미늄(Al_2O_3)인 것을 특징으로 한다.

[0027] 여기서 일함수 조절막(13)은 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)을 이용하여 베이스 투명 전극(11)의 상면에 산화 금속층을 단분자막(monolayer) 레벨로 적층하여 형성된다. 바람직하게, 일함수 조절막(13)은 베이스 투명 전극(11)의 상면에 산화 금속층을 1 내지 18 개의 단분자막 레벨로 적층하여 형성되거나, 베이스 투명 전극(11)의 상면에 산화 금속층을 3㎚ 이하에서 조절하여 형성된다.

[0028] 본 발명의 일실시예에서 베이스 투명 전극(11)은 높은 표면 일함수 값을 가지는 투명 전극 재료로 형성되며, 일함수 조절막(13)은 베이스 투명 전극(11)보다 낮은 표면 일함수 값을 가지는 산화 금속으로 형성된다. 일함수 조절막(13)은 베이스 투명 전극(11)의 상면에 형성되어 베이스 투명 전극(11)의 표면 일함수 값을 제어하는데, 베이스 투명 전극(11)의 표면 일함수 값보다 낮은 표면 일함수 값을 가지는 산화 금속층을 베이스 투명 전극(11)의 상면에 형성하여 베이스 투명 전극(11)이 전자를 주입하는 음극 투명 전극으로 동작하도록 한다.

[0029] 그러나 본 발명이 적용되는 분야에 따라 일함수 조절막(13)은 베이스 투명 전극(11)보다 높은 표면 일함수 값을 가지는 산화 금속층으로 형성될 수 있다. 이와 같이 일함수 조절막(13)을 베이스 투명 전극(11)보다 높은 표면 일함수 값을 가지는 산화 금속층으로 형성하는 경우, 동일한 투명 전극 재료로 음극 투명 전극과 양극 투명 전극을 각각 형성할 수 있다. 예를 들어, ITO로 이루어진 제1 베이스 투명 전극과 제2 베이스 투명 전극 중 제1 베이스 투명 전극에만 높은 표면 일함수 값을 가지는 산화 금속층으로 일함수 조절막을 형성하는 경우, 제1 베이스 투명 전극은 양극 투명 전극으로 이용할 수 있으며 제2 베이스 투명 전극은 음극 투명 전극으로 이용할 수 있다.

[0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 원자층 증착 장비를 설명하기 위한 도면이다.

[0031] 도 2를 참고로 살펴보면, 원자층 증착 장비(100)는 챔버(101), 챔버(101)의 내부 압력을 제어하기 위한 진공 펌프(130), 진공 펌프(130)와 대향되도록 위치하며, 챔버(101) 내부로 반응 가스를 공급하기 위한 가스 공급 수단(140), 챔버(101) 내부의 불활성된 반응 기체를 배기시키는 배기 수단(150) 및 진공 펌프(130)와 가스 공급 수단(140) 사이에 위치하며, 가열 수단(미도시)이 내장된 기판 홀더(110)를 포함한다.

[0032] 기판 홀더(110)는 금속 산화층을 증착하기 위한 베이스 투명전극(S)을 안착시키며, 베이스 투명전극(S)을 가열하여 반응 가스의 화학 반응이 용이하게 일어나도록 하기 위한 것으로, 베이스 투명전극(S)을 가열하기 위한 가열 수단(미도시)이 내장된다.

[0033] 기판 홀더(110)에 안착되어 있는 베이스 투명 전극(S)을 일정 온도, 예를 들어 150도로 가열한 상태에서 베이스 투명 전극(S) 상에 증착하기 위한 금속 물질을 포함하는 제 1 반응 가스 및 제 1 반응 가스와 화학 반응하여 베이스 투명 전극(S) 상에 산화 금속층을 형성하기 위한 제 2 반응 가스를 가스 공급 수단(140)을 통해 챔버(101) 내부로 순차 공급한다. 여기서 가스 공급 수단(140)은 제1 반응 가스를 챔버(101) 내부로 공급하는 제1 공급배관(141)과 제2 반응 가스를 챔버(101) 내부로 공급하는 제2 공급배관(143)을 구비하고 있다. 본 발명이 적용되는 분야에 따라 가스 공급 수단(140)은 제1 반응 가스와 제2 반응 가스를 순차적으로 공급하는 1개의 공급배관을 구비할 수 있으며 이는 본 발명의 범위에 속한다.

[0034] 제1 공급배관(141)과 제2 공급배관(143)을 통해 순차적으로 챔버(101) 내부로 제1 반응 가스와 제2 반응 가스를 공급하는 경우, 베이스 투명 전극(S) 상에서 제 1 반응 가스와 제 2 반응 가스가 화학 반응을 일으키며 베이스 투명 전극(S) 상에 산화 금속층이 균일한 조성비를 가지며 단분자막 레벨로 형성되는 것이다.

[0035] 제1 반응 가스와 제2 반응 가스가 베이스 투명 전극(S) 표면이 아닌 챔버(101) 내부에서 화학 반응을 일으켜 불

순 입자를 형성하는 것을 방지하기 위하여, 제1 반응 가스 또는 제2 반응 가스가 공급되기 전 챔버(101) 내부의 불활성 기체를 충분히 제거하는 것이 바람직하다. 배기 수단(150)은 제2 공급배관(143)에 의해 제2 반응 가스를 챔버(101) 내부로 공급하기 전, 챔버(101) 내부에 남아 있는 제1 반응 가스의 불활성 기체를 제거한다.

[0036] 진공 펌프(130)는 챔버(101)의 내부 압력을 제어하기 위한 것으로, 산화 금속층의 증착을 용이하게 수행하기 위하여, 각 반응 가스의 유입 초기에는 내부 압력을 0.2 Torr로 유지하고, 제1 반응 가스와 제2 반응 가스가 반응하여 산화 금속층을 형성시에는 대략 1 내지 5 Torr로 유지하는 것이 바람직하다.

[0037] 도 3은 본 발명에 따른 투명 전극의 형성 과정의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0038] 먼저, 도 3(a)를 참고로 살펴보면 깨끗하게 표면 세척된 ITO의 베이스 투명 기판(S)을 챔버의 기판 홀더에 장착한 후, 기판홀더의 가열수단을 이용하여 베이스 투명 기판(S)을 150도로 가열한다. 가스공급수단을 이용하여 챔버 내부로 수증기(H_2O)를 질소 가스를 매개체로 하여 분사시킨다 수증기는 베이스 투명 기판의 표면에 OH 분자를 형성한다.

[0039] 다음으로, 도 3(b)를 참고로 살펴보면 OH분자가 베이스 투명 기판(S)의 표면에 형성되고, 챔버 내부에 남겨진 불활성 수증기 질소 가스를 배기 수단을 이용하여 챔버 외부로 배기한다. 베이스 투명 기판의 온도를 150도로 유지하며 가스공급수단을 이용하여 알루미늄 소스인 TMA(Tri-methyl aluminum) 가스를 챔버 내부로 공급한다. TMA 가스가 공급되는 경우 베이스 투명 기판에 형성된 O-H분자의 H분자가 끊어지면서 O-Al 결합을 이루게 된다.

[0040] 다음으로, 도 3(c)와 도 3(d)를 참고로 살펴보면 챔버 내부에 남겨진 불활성 가스(TMA 가스, CH_4)를 배기 수단을 이용하여 챔버 외부로 배기한 후, 다시 가스공급수단을 이용하여 챔버 내부로 수증기(H_2O)를 질소 가스를 매개체로 하여 분사시킨다. Al분자에 결합된 CH_3분자는 OH 분자로 치환된다. 도 3(a) 내지 도 3(d)의 과정을 거쳐면서 베이스 투명 전극(S)에 산화알루이늄(Al_2O_3)이 1개의 단분자막으로 형성된다. 1개의 단분자막이 형성되는 과정을 1사이클(cycle)이라 언급한다.

[0041] 도 3(e)를 참고로 살펴보면, 도 3(a) 내지 도 3(d)의 과정을 반복함으로써 베이스 투명 전극(S)의 상면에 원하는 수의 산화알루미늄 단분자막을 정확하게 형성할 수 있다. 또한 본 발명에서 제1 반응가스와 제2 반응가스를 순차적으로 공급하며 산화알루미늄으로 일함수 조절막을 형성함으로써, 불균일한 조성비를 가지는 산화알루미늄(AlO_x)이 형성되는 되는 것이 아니라 균일한 조성비를 가지는 산화알루미늄(Al_2O_3)으로 일함수 조절막을 형성할 수 있다.

[0042] 도 4는 서로 다른 두께로 형성된 산화알루미늄의 일함수 조절막을 구비하는 ITO 베이스 투명 전극의 일함수 값을 나타낸 그래프이다.

[0043] 도 4를 참고로 살펴보면, ITO 베이스 투명 전극의 일함수 값은 산화알루미늄의 일함수 조절막 두께를 1 내지 18 단분자막 레벨로 증가 형성함에 따라 일함수 값이 4.2eV에서 3.5eV로 감속함을 알 수 있다.

[0044] 도 5는 서로 다른 두께로 형성된 산화알루미늄의 일함수 조절막을 구비하는 ITO 베이스 투명 전극의 면저항을 나타낸 그래프이다.

[0045] 도 5에 도시되어 있는 바와 같이, ITO 베이스 투명 전극에 산화알루미늄의 일함수 조절막 두께를 1 내지 18 단분자막 레벨까지 증가 형성하더라도, ITO 베이스 투명 전극의 면저항은 크게 변화지 않음을 알 수 있다.

[0046] 도 6은 서로 다른 두께로 형성된 산화알루미늄의 일함수 조절막을 구비하는 ITO 베이스 투명 전극의 광투과도를 나타낸 그래프이다.

[0047] 도 6에 도시되어 있는 바와 같이, ITO 베이스 투명 전극에 산화알루미늄의 일함수 조절막 두께를 1 내지 18 단분자막 레벨까지 증가 형성하더라도, 가시광선 대역에서 광투과도가 거의 변하지않음을 알 수 있다.

[0048] 도 7은 본 발명에 따른 투명 전극을 이용한 전자 소자 중 유기 태양전지 구성의 일 예를 도시하고 있다.

[0049] 도 7을 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 유기 태양전지(200)는 제1 기판(210) 위에 형성된 음극 투명전극(220), 음극 투명전극(220)의 상면에 형성되어 있는 전자받게층(230, Electron acceptor), 전자받게층(230)의 상면에 형성되어 있는 전자주게층(240, Electron donor), 전자주게층(240)의 상면에 형성되어 있는 양극 투명전극(250) 및 양극 투명전극(250)의 상면에 형성되어 있는 제2 기판(260)을 구비하고 있다. 한편, 음극 투명전극(220)은 베이스 투명전극(221)과 베이스 투명전극(221)의 상면에 원자층 증착 방식으로 산화 금속층을 단분자막 레벨로 증착한 일함수 조절막(223)이 형성되어 있다.

[0050] 여기서 베이스 투명전극(221)과 양극 투명전극(250)는 서로 동일한 투명전극 재료로 구성되는데, 베이스 투명전극(221)의 상면에 베이스 투명전극(221)의 일함수 값을 낮추는, 베이스 투명전극(221)보다 낮은 일함수를 가지는 산화 금속층을 단분자막 레벨로 증착하여 일함수 조절막을 형성함으로써, 동일한 투명전극 재료로 양극 투명전극과 음극 투명전극으로 동시에 사용할 수 있다.

[0051] 도 8은 본 발명에 따른 투명 전극을 이용한 전자 소자 중 유기 태양전지 구성의 다른 예를 도시하고 있다.

[0052] 도 8을 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 유기 태양전지(300)는 제1 기판(310) 위에 형성된 음극 투명전극(320), 음극 투명전극(320)의 상면에 형성되어 있는 전자받게층(330, Electron acceptor), 전자받게층(330)의 상면에 형성되어 있는 전자주게층(340, Electron donor), 전자주게층(340)의 상면에 형성되어 있는 양극 투명전극(350) 및 양극 투명전극(350)의 상면에 형성되어 있는 제2 기판(360)을 구비하고 있다. 한편, 양극 투명전극(350)은 베이스 투명전극(351)과 베이스 투명전극(351)의 하면에 원자층 증착 방식으로 산화 금속층을 단분자막 레벨로 증착한 일함수 조절막(353)이 형성되어 있다.

[0053] 여기서 베이스 투명전극(351)과 양극 투명전극(320)는 서로 동일한 투명전극 재료로 구성되는데, 베이스 투명전극(351)의 하면에 베이스 투명전극(351)의 일함수 값을 높이는, 베이스 투명전극(351)보다 높은 일함수를 가지는 산화 금속층을 단분자막 레벨로 증착하여 일함수 조절막을 형성함으로써, 동일한 투명전극 재료로 양극 투명전극과 음극 투명전극으로 동시에 사용할 수 있다.

[0054] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들어, 투명전극 재료를 이용한 투명전극으로 설명하였으나, 본 발명이 적용되는 분야에 따라 금, 은, 구리 등과 같이 투명하지 않은 금속전극에도 일함수 조절막을 형성하여 금속전극의 일함수 값을 제어함으로써, 금속전극을 양극전극 또는 음극전극으로 사용 가능하다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0055] 10: 전극 소자

11: 베이스 투명 전극 13: 일함수 조절막

100: 원자층 증착 장치

101: 챔버 110: 기판홀더

130: 진공펌프 140: 가스공급수단

150: 배기수단

200, 300: 유기태양전지

210, 310: 제1 기판

220, 320: 음극 투명 전극

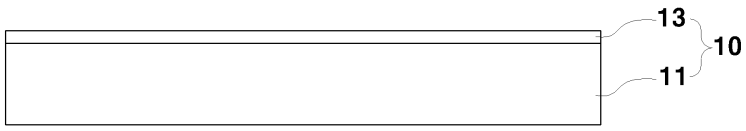
230, 330: 전자받게층

240, 340: 전자주게층

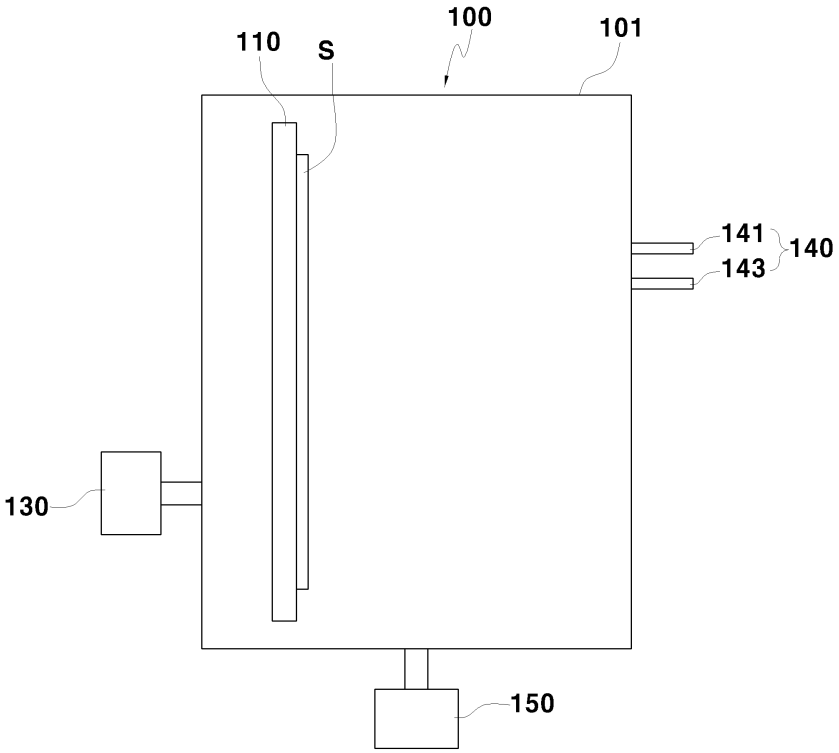
250, 350: 양극 투명 전극

도면

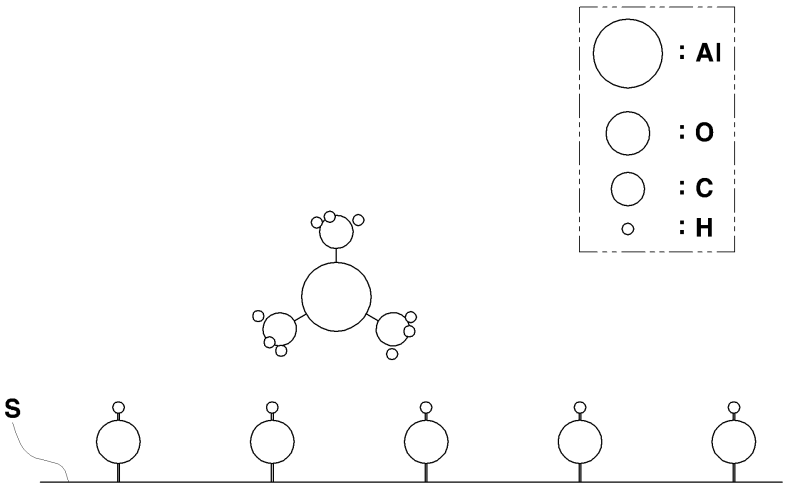
도면1



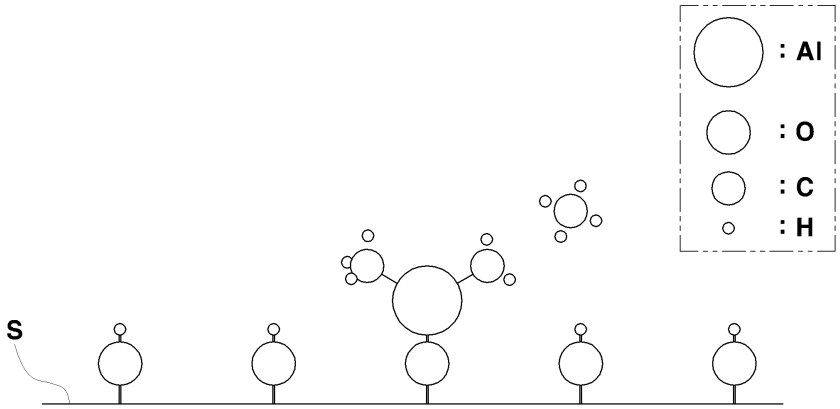
도면2



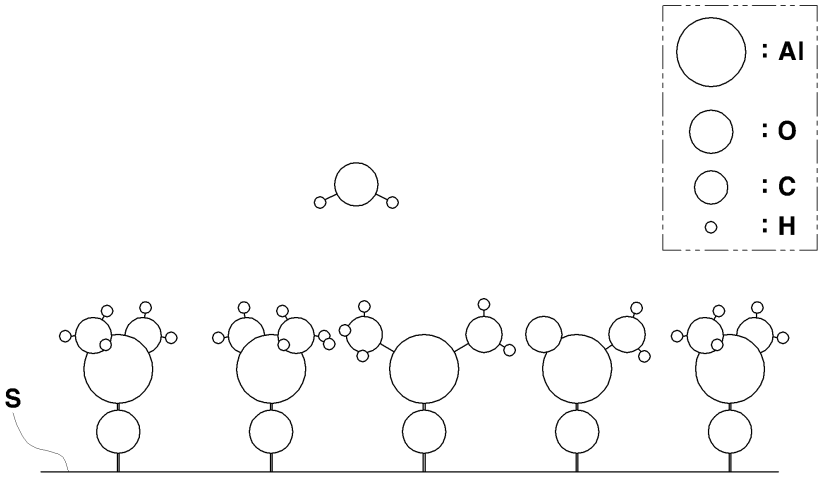
도면3a



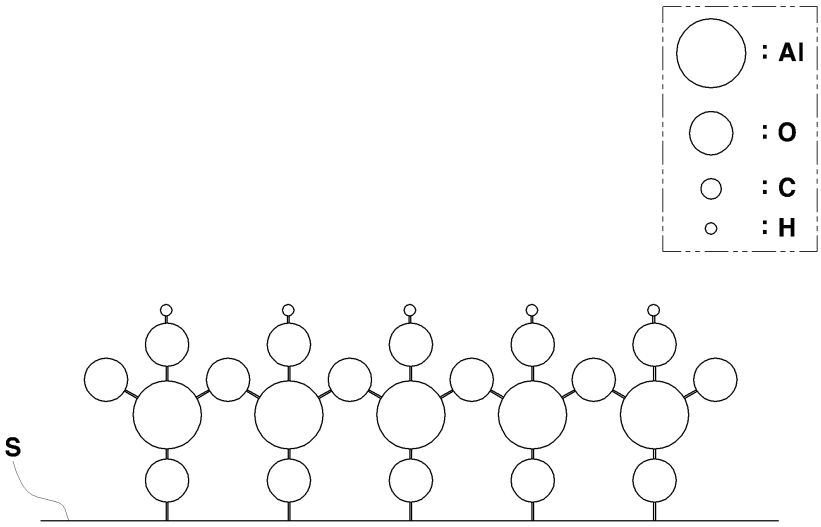
도면3b



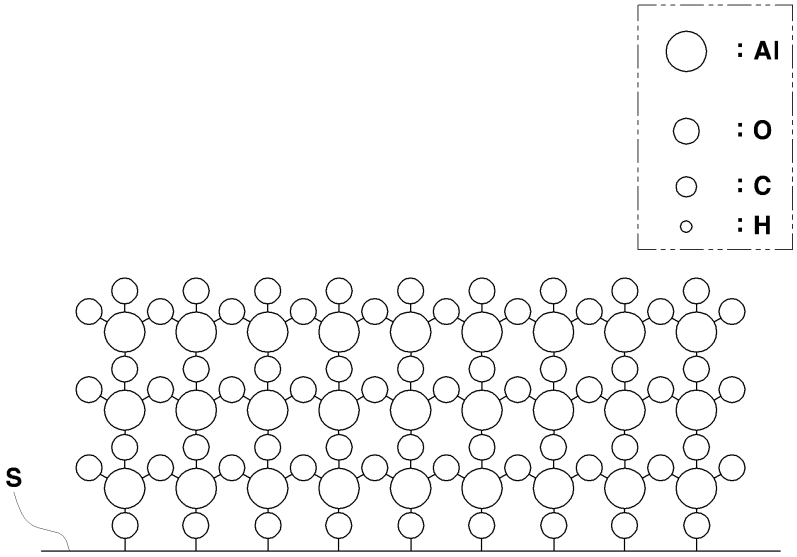
도면3c



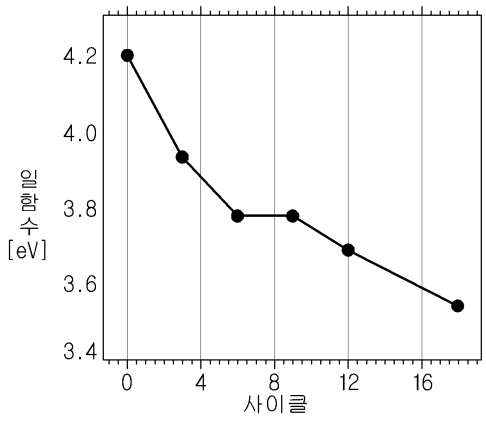
도면3d



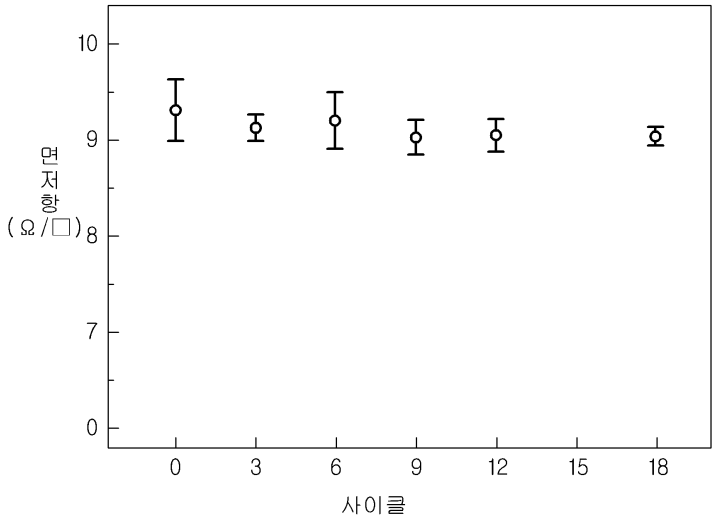
도면3e



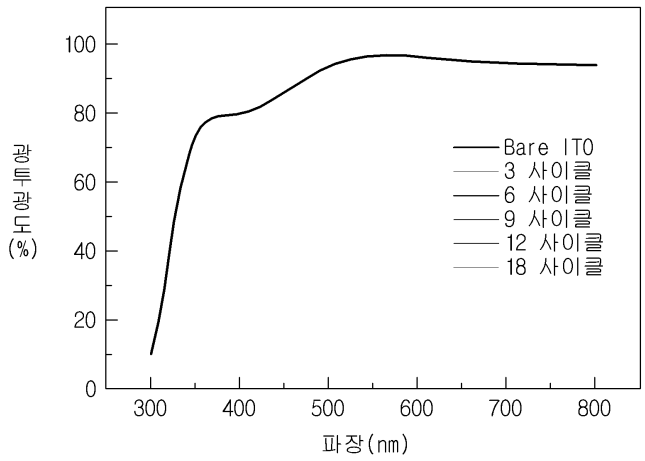
도면4



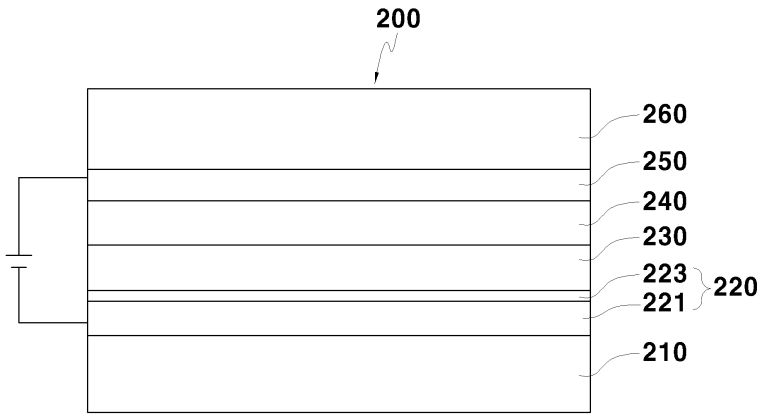
도면5


10
9
8
7
0
면저항(Ω/□)
0
3
6
9
12
15
18
사이클

도면6


100
80
60
40
20
0
광투광도(%)
300
400
500
600
700
800
파장(nm)
Bare ITO
3 사이클
6 사이클
9 사이클
12 사이클
18 사이클

도면7


200
260
250
240
230
223
221
220
210

도면8

