(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0047827
(43) 공개일자 2011년05월09일

(51) Int. Cl.
H01L 31/042 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0104606
(22) 출원일자 2009년10월30일
심사청구일자 2009년10월30일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
김동환
서울특별시 용산구 서빙고동 신동아아파트 2동 201호
탁성주
서울특별시 노원구 중계4동 137-39번지 정진아트리움 101동 1102호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 11 항

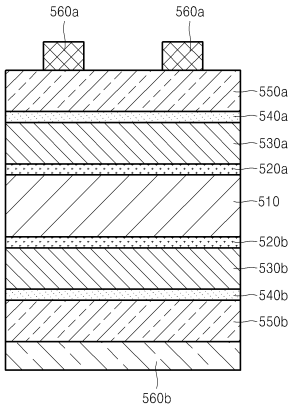
(54) 실리콘 이종접합 태양전지 및 그 제조 방법

(57) 요 약

본 발명은 실리콘 이종접합 태양전지에 있어서, 비정질 실리콘막과 투명 전도성 산화막 사이에 확산방지층을 도입하여, 태양전지의 전기적인 특성을 향상시킬 수 있는 실리콘 이종접합 태양전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법은 제1타입 반도체 물질이 포함된 제1타입 결정질 실리콘 기판의 전면에 상기 제1타입 반도체 물질과 P-N 접합구조를 형성하는 제2타입 반도체 물질이 포함된 제2타입 비정질 실리콘막을 형성하는 단계; 상기 제2타입 비정질 실리콘막의 전면에, TiO_2를 도포한 후 200~300℃의 온도에서 급속 열처리(Rapid Thermal Anneal)하여 제1 확산 방지막을 형성하는 단계; 상기 제1 확산 방지막의 전면에 제1 투명 전도성 산화막을 형성하는 단계; 및 상기 제2타입 비정질 실리콘막에 전기적으로 연결되는 전면 전극과 상기 제1타입 결정질 실리콘 기판에 전기적으로 연결되는 배면 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도5



(72) 발명자

강민구

서울특별시 금천구 시흥5동 934-34번지

이승훈

서울특별시 동대문구 제기2동 1153-16번지 휴먼플러스 711호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2009T100100628

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 지식경제 기술혁신사업

연구과제명 고효율 실리콘 태양전지 원천기술 연구센터

기여율

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2009년 06월 01일 ~ 2012년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

제1타입 반도체 물질이 포함된 제1타입 결정질 실리콘 기판의 전면에 상기 제1타입 반도체 물질과 P-N 접합구조를 형성하는 제2타입 반도체 물질이 포함된 제2타입 비정질 실리콘막을 형성하는 단계;

상기 제2타입 비정질 실리콘막의 전면에, TiO_2를 도포한 후 200~300℃의 온도에서 급속 열처리(Rapid Thermal Anneal)하여 제1 확산 방지막을 형성하는 단계;

상기 제1 확산 방지막의 전면에 제1 투명 전도성 산화막을 형성하는 단계; 및

상기 제2타입 비정질 실리콘막에 전기적으로 연결되는 전면 전극과 상기 제1타입 결정질 실리콘 기판에 전기적으로 연결되는 배면 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 확산 방지막을 형성하기 전에 상기 제2타입 비정질 실리콘막의 표면을 수소 처리하는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 투명 전도성 산화막을 형성할 때, 수소 가스를 투명 전도성 산화막을 형성하는 원료물질과 함께 공급하는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1타입 결정질 실리콘 기판의 전면에, 제1 진성 비정질 실리콘막을 형성한 후, 상기 제2타입 비정질 실리콘막을 형성하는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1타입 결정질 실리콘 기판의 배면에, 제2 진성 비정질 실리콘막, 제1타입 비정질 실리콘막, 제2 확산 방지막 및 제2 투명 전도성 산화막을 순차적으로 더 형성한 후, 상기 배면전극을 형성하는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2 확산 방지막을 형성하기 전에 상기 제1타입 비정질 실리콘막의 표면을 수소 처리하는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제2 투명 전도성 산화막을 형성할 때, 수소 가스를 투명 전도성 산화막을 형성하는 원료물질과 함께 공급하는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법.

청구항 8

제1타입 반도체 물질이 포함된 제1타입 결정질 실리콘 기판의 전면에 형성되며, 상기 제1타입 반도체 물질과 P-N 접합 구조를 형성하는 제2타입 반도체 물질이 포함된 제2타입 비정질 실리콘막;

상기 제2타입 비정질 실리콘막의 전면에 형성되는 제1 투명 전도성 산화막;

상기 제1 투명 전도성 산화막의 전면에 형성되는 전면 전극; 및

상기 제1타입 결정질 실리콘 기판의 배면에 형성되는 배면 전극;을 포함하고,

상기 제2타입 비정질 실리콘막과 상기 제1 투명 전도성 산화막 사이에는 TiO_2 재질의 제1 확산 방지막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1타입 결정질 실리콘과 상기 제2타입 비정질 실리콘막 사이에, 제1 진성 비정질 실리콘막이 더 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1타입 결정질 실리콘의 배면에 형성되는 제2 진성 비정질 실리콘막;

상기 제2 진성 비정질 실리콘막의 배면에 형성되는 제1타입 비정질 실리콘막; 및

상기 제1타입 비정질 실리콘막의 배면에 형성되는 TiO_2 재질의 제2 확산 방지막;

상기 제2 확산 방지막의 배면에 형성되는 제2 투명 전도성 산화막;을 더 포함하고,

상기 배면전극은 상기 제2투명 전도성 산화막에 접촉 형성되는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 제1 투명 전도성 산화막은

ITO(Indium Tin Oxide), IO(Indium Oxide; IO), TO(Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), AZO(Aluminum Zinc Oxide), ATO(Aluminum Tin Oxide), AIO(Aluminum Indium Oxide), ZO(Zinc Oxide) 및 FTO(F-doped Tin Oxide) 중에서 선택되는 하나 이상의 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 실리콘 이종접합 태양전지.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 태양전지 제조 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 실리콘 이종접합 태양전지에서 비정질 실리콘막과 투명 전도성 산화막 사이에 확산방지층을 도입하여, 계면에서 SiO_2의 생성을 억제함으로써 접촉저항을 낮추고, 투명 전도성 산화막과 비정질 실리콘막의 계면에서 각각에 포함된 원소들이 상호 확산되는 것을 방지하여 태양전지의 전기적인 특성을 향상시킬 수 있는 실리콘 이종접합 태양전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 석유와 같은 화석 에너지 자원의 고갈문제 및 환경문제가 대두되면서, 이를 대체할 수 있는 다른 에너지 자원의 개발에 많은 연구가 진행되고 있다. 이 중, 태양 에너지 자원은 무한히 이용할 수 있으며, 환경오염에 대한 문제가 없어 특히 많은 연구가 이루어지고 있다.

[0003] 태양광을 이용하는 전지는 크게 태양광에 포함된 열적 성질을 이용하는 태양열 전지와 태양광에 포함된 전기적 성질을 이용하는 태양광 전지로 나눌 수 있으며, 통상 태양전지(solar cells)라 하면 태양광 전지를 의미하며, 본 발명 역시 태양광 전지에 관한 것이다.

[0004] 태양전지는 P-N 접합을 기본 원리로 이용하며, P-N 접합을 위하여, 큰 전자밀도(electron density)와 작은 정공밀도(hole density)를 갖는 n타입 영역과 그 반대의 특성을 갖는 p타입 영역을 구성하고, 각각의 영역에 전극을 형성함으로써 제조된다.

[0005] 결정질 실리콘 태양전지를 제조하기 위하여, 주로 p타입의 단결정(single crystalline) 실리콘 웨이퍼 또는 다결정(poly-crystalline) 실리콘 웨이퍼를 이용하며, p타입 실리콘 웨이퍼 표면에 n타입의 도펀트(dopant)를 확산을 통하여 도핑함으로써 웨이퍼와 반대 타입의 반도체층인 에미터(emitter)를 형성한다.

[0006] 한편, 최근에는 결정질 실리콘 태양전지보다 낮은 온도 및 간단한 공정으로 제작이 가능한 실리콘 이종접합 태양전지에 관하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

[0007] 도 1은 종래의 이종접합 태양전지를 개략적으로 나타낸 것이다.

[0008] 종래의 이종접합 태양전지는 특정 타입의 결정질 실리콘 기판에 반대 타입의 비정질 실리콘 막과 투명 전도성 산화막을 형성한 후 전면 전극 및 배면 전극을 형성하여 제조되는데, 도 1에서는 p 타입의 결정질 실리콘 기판을 이용하여 이종 접합 태양 전지를 구성한 예를 나타내었다.

[0009] 도 1을 참조하면, p 타입의 결정질 실리콘 기판(p type c-Si, 110) 상에 에미터(emitter)로서 n+ 타입의 비정질 실리콘막(n+ a-Si, 120)이 PE-CVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 등의 방법으로 형성된다. 만약 n 타입의 결정질 실리콘 기판(n type c-Si)을 이용할 경우, 에미터는 p+ 타입의 비정질 실리콘막이 될 수 있다.

[0010] 여기서, n 타입은 인(P)으로 대표되는 Ⅴ족 원소와 같은 정공(hole)을 제공할 수 있는 반도체 물질이 포함된 것을 의미하고, p 타입은 보론(B)으로 대표되는 Ⅲ족 원소와 같은 전자(electron)를 제공할 수 있는 반도체 물질이 포함된 것을 의미한다. 또한, n+ 타입 또는 p+ 타입은 반도체 물질의 농도가 n 타입 또는 p 타입보다 더 높은 것을 의미한다.

[0011] n+ 타입의 비정질 실리콘막(120) 상에는 투명 전도성 산화막(Transparent Conductive Oxide, 130)이 형성된다. 투명 전도성 산화막(130)은 가시광선 영역의 태양광을 투과시키며, 높은 전기전도도를 발휘한다.

[0012] 투명 전도성 산화막(130)의 전면에는 전면 전극(140a)이 형성되고, p 타입의 결정질 실리콘 기판(p c-Si, 110)의 배면에는 배면 전극(140b)이 형성된다.

[0013] 그러나, 상기 도 1에 도시된 구조를 갖는 종래의 실리콘 이종접합 태양전지는 n+ 타입의 비정질 실리콘막(120)과 투명 전도성 산화막(130)의 계면에서 물질의 확산 현상이 발생한다. 즉, n+ 타입의 비정질 실리콘막(120)에서 실리콘이 투명 전도성 산화막(130) 쪽으로 확산되고, 투명 전도상 산화막(130)에서 금속 및 산소가 n+ 타입의 비정질 실리콘막(120)으로 확산된다.

[0014] 이 경우, n+ 타입의 비정질 실리콘막(120)에서 확산되는 실리콘과 투명 전도상 산화막(130)에서 확산되는 산소는 상호 결합에 의하여 SiO_2를 형성한다. 형성된 SiO_2는 또 다른 에너지 장벽으로 작용하여 전기전도도를 낮추고, 또한 투명 전도성 산화막과 비정질 실리콘막 사이의 접촉저항을 높인다.

[0015] 따라서, n+ 타입의 비정질 실리콘막(120)과 투명 전도성 산화막(130)의 계면에서 물질의 확산 현상을 최소화할 수 있는 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0016] 본 발명의 목적은 실리콘 이종접합 태양전지에서 비정질 실리콘막과 투명 전도성 산화막 사이의 계면에서 SiO_2의 생성을 억제하여 접촉저항 등의 태양전지의 전기적인 특성을 향상시킬 수 있는 실리콘 이종접합 태양전지 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0017] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법은 제1타입 반도체 물질이 포함된 제1타입 결정질 실리콘 기판의 전면에 상기 제1타입 반도체 물질과 P-N 접합구조를 형성하는 제2타입 반도체 물질이 포함된 제2타입 비정질 실리콘막을 형성하는 단계; 상기 제2타입 비정질 실리콘막의 전면에, TiO_2를 도포한 후 200~300℃의 온도에서 급속 열처리(Rapid Thermal Anneal)하여 제1 확산 방지막을 형성하는 단계; 상기 제1 확산 방지막의 전면에 제1 투명 전도성 산화막을 형성하는 단계; 및 상기 제2타입 비정질 실리콘막에 전기적으로 연결되는 전면 전극과 상기 제1타입 결정질 실리콘 기판에 전기적으로 연결되는 배면 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 이때, 상기 제1 확산 방지막을 형성하기 전에 상기 제2타입 비정질 실리콘막의 표면을 수소 처리하거나, 상기 제1 투명 전도성 산화막을 형성할 때, 수소 가스를 투명 전도성 산화막을 형성하는 원료물질과 함께 공급하여 H_2O의 생성을 유도하여 SiO_2의 생성을 억제하는 효과를 높일 수 있다.

[0019] 또한, 패시베이션 또는 버퍼 작용을 통하여 전자와 정공의 재결합의 억제를 통하여 전지 효율을 향상시킬 수 있도록 제1타입 결정질 실리콘 기판의 전면과 배면에 제1 진성 비정질 실리콘막과 제2 진성 비정질 실리콘막을 더 형성할 수 있으며, 제2 진성 비정질 실리콘막의 배면에는 제1타입 비정질 실리콘막 및 제2 투명 전도성 산화막을 순차적으로 더 형성한 후, 상기 배면전극을 형성할 수 있다. 또한, 상기 제2 투명 전도성 산화막 형성 이전에 제2 확산 방지막을 더 형성할 수 있다.

[0020] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지는 제1타입 반도체 물질이 포함된 제1타입 결정질 실리콘 기판의 전면에 형성되며, 상기 제1타입 반도체 물질과 P-N 접합 구조를 형성하는 제2타입 반도체 물질이 포함된 제2타입 비정질 실리콘막; 상기 제2타입 비정질 실리콘막의 전면에 형성되는 제1 투명 전도성 산화막; 상기 제1 투명 전도성 산화막의 전면에 형성되는 전면 전극; 및 상기 제1타입 결정질 실리콘 기판의 배면에 형성되는 배면 전극;을 포함하고, 상기 제2타입 비정질 실리콘막과 상기 제1 투명 전도성 산화막 사이에는 TiO_2 재질의 제1 확산 방지막이 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0021] 본 발명에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법은 비정질 실리콘막과 투명 전도성 산화막의 계면에 확산방지층을 더 형성함으로써 실리콘과 산소의 확산 및 결합에 의한 SiO_2의 생성을 억제할 수 있다. 따라서, 투명 전도성 산화막이 보유하는 우수한 전기전도도를 유지할 수 있으며, 또한 광흡수 효율을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법은 확산 방지층 도입 전에 수소 처리를 하거나 투명

전도성 산화막 형성시 수소를 원료물질들과 함께 공급하여, H_2O의 형성을 유도함으로써 SiO_2 생성 억제 효과를 높일 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0024] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 및 그 제조 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0025] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

[0026] 도 2를 참조하면, 도시된 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법은 제2타입 비정질 실리콘막 형성 단계(S210), 제1 확산 방지막 형성 단계(S220), 제1 투명 전도성 산화막 형성 단계(S230) 및 전극 형성 단계(S240)를 포함한다.

[0027] 도 3a 내지 도 3d는 p 타입 결정질 실리콘 기판으로부터 제조되는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법을 단계별로 나타내는 단면도들로서, 도 2에 도시된 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법을 설명함에 있어, 도 3a 내지 도 3d를 참조하기로 한다.

[0028] 제2타입 비정질 실리콘막 형성 단계(S210)에서는 제1타입 반도체 물질이 포함된 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)의 전면에, 제1타입 반도체 물질과 P-N 접합 구조를 형성할 수 있는 제2타입 반도체 물질이 포함된 제2타입 비정질 실리콘막(320)을 형성한다.(도 3a) 이를 통하여 P-N 접합 구조가 형성된다.

[0029] 이때, 제1타입 반도체 물질이 n 타입 반도체 물질일 경우 제2타입 반도체 물질은 p 타입 반도체 물질이 되고, 제1타입 반도체 물질이 p 타입 반도체 물질일 경우 제2타입 반도체 물질은 n 타입 반도체 물질이 된다. 도 3a에서는 p 타입 결정질 실리콘 기판(310)의 전면에 n 타입 비정질 실리콘막을 형성한 예를 나타내었으며, 그 반대의 경우도 가능하다.

[0030] 여기서, n 타입은 인(P)으로 대표되는 Ⅴ족 원소와 같은 정공(hole)을 제공할 수 있는 반도체 물질이 포함된 것을 의미하고, p 타입은 보론(B)으로 대표되는 Ⅲ족 원소와 같은 전자(electron)를 제공할 수 있는 반도체 물질이 포함된 것을 의미한다. 또한, n+ 타입 또는 p+ 타입은 반도체 물질의 농도가 n 타입 또는 p 타입보다 더 높은 것을 의미한다.

[0031] 제2타입 비정질 실리콘막(320)은 PE-CVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)법 또는 HW-CVD(Hot Wire Chemical Vapor Deposition)법에 의해 형성될 수 있다.

[0032] 제1 확산 방지막 형성 단계(S220)에서는 제2타입 비정질 실리콘막(320)의 전면에 제1 확산 방지막(330)을 형성한다.(도 3b)

[0033] 제1 확산 방지막(330)은 제2타입 비정질 실리콘막(320)과 후술하는 제1 투명 전도성 산화막(340) 사이에 형성되어, 상기 막들의 계면에서 물질들이 확산되는 것을 억제하는 역할을 한다.

[0034] 제2타입 비정질 실리콘막(320)과 제1 투명 전도성 산화막(340) 사이에 확산 방지막이 존재하지 않는 종래의 실리콘 이종접합 태양전지의 경우, 제2타입 비정질 실리콘막(320)에서 실리콘(Si)이 확산되고, 제1 투명 전도성 산화막(340)에서 산소(O)가 확산되어 원하지 않는 SiO_2를 형성하였으며, 형성된 SiO_2는 제1 투명 전도성 산화막(340)의 전기전도도 및 광흡수율을 저하하는 요인으로 작용하였다.

[0035] 그러나, 본 발명에서는 제2타입 비정질 실리콘막(320)과 제1 투명 전도성 산화막(340) 사이에 제1 확산 방지막(330)을 도입함으로써 상기와 같은 SiO_2의 형성을 방지할 수 있으며, 이에 따라 제1 투명 전도성 산화막(340) 원래의 전기전도도 및 광흡수율을 유지할 수 있다.

[0036] 이러한 제1 확산 방지막(330)은 확산방지의 효과가 있으며, 투명성을 유지할 수 있는 물질로 형성되어야 한다. 이러한 물질로, TiO_2를 제시할 수 있다. 실험 결과 TiO_2를 제1 확산 방지막(330)으로 형성한 경우, 확산방지의 효과가 있었으며, 열처리에 의하여 투명하게 되어 광흡수율의 저하가 매우 낮았다.

[0037] 이때, 열처리 온도는 제1 확산 방지막(330) 상에 형성되는 제1 투명 전도성 산화막(340)의 종류 등에 따라 약간 달라질 수 있으나, 200~300℃의 온도에서 진행되는 것이 바람직하다. 예를 들어, ZnO계 투명 전도성 산화막의 경우 일반적으로 300℃를 초과하는 온도에서는 전기적 특성이 크게 저하되므로 그 이하의 온도에서 열처리가 진행되는 것이 바람직하며, 열처리 온도가 200℃ 미만일 경우, 열처리에 장시간이 소요되는 문제점이 있다.

[0038] 한편, 실리콘 이종접합 태양전지는 전체적인 공정온도가 200℃를 넘지 않으므로, 수 ~ 수십초 이내의 급속 열처리(Rapid Thermal Anneal) 방식을 적용하는 것이 바람직하다.

[0039] 제1 투명 전도성 산화막 형성 단계(S230)에서는 제1 확산 방지막(330)의 전면에 제1 투명 전도성 산화막(340)을 형성한다. (도 3c)

[0040] 제1 투명 전도성 산화막(340)은 스퍼터링(suppering) 등의 방법으로 형성할 수 있으며, ITO(Indium Tin Oxide), IO(Indium Oxide; IO), TO(Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), AZO(Aluminum Zinc Oxide), ATO(Aluminum Tin Oxide), AIO(Aluminum Indium Oxide), ZO(Zinc Oxide), FTO(F-doped Tin Oxide) 등의 물질 등으로 형성될 수 있다.

[0041] 형성된 제1 투명 전도성 산화막(340)은 가시광선 영역의 태양광을 투과시켜 전지의 태양광 흡수율을 향상시키며, 높은 전기전도도를 통하여 전자 및 정공의 이동을 원활하게 한다.

[0042] 전극 형성 단계(S240)에서는 전면 전극(350a)과 배면 전극(350b)을 형성한다.

[0043] 전면 전극(350a)은 제1 투명 전도성 산화막(340)의 전면에 형성되어 제2타입 비정질 실리콘막에 전기적으로 연결된다.

[0044] 배면 전극(350b)은 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)의 배면에 형성된다.(도 3d) 배면 전극(350)을 형성함에 있어서, 제1 타입 결정질 실리콘 기판(310)과 배면 전극(350) 사이에 후면전계층(Back surface field; BSF)이 미리 증착될 수 있다. 후면전계층은 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)의 타입에 따라 달라진다. 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)의 타입이 n 타입일 경우, 후면전계층은 n+ 타입의 층으로 형성될 수 있다. 반대로 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)의 타입이 p 타입일 경우, 후면전계층은 p+ 타입의 층으로 형성될 수 있다.

[0045] 전면 전극(350a) 및 배면 전극(350b)은 증발(Evaporation)법, 스크린 프린트(Screen Print)법 등을 이용하여 형성할 수 있다.

[0046] 한편, 제1 확산 방지막(330)을 형성하기 전에 제2타입 비정질 실리콘막(320)의 표면을 수소 처리거나, 제1 투명 전도성 산화막(340)을 형성할 때 수소 가스를 투명 전도성 산화막을 형성하는 원료물질과 함께 공급할 수 있다. 이때 수소는 산소와 결합하여 H_2O를 형성하고, 이에 따라 SiO_2의 형성을 더욱 더 억제할 수 있게 된다.

[0047] 상기 도 2를 통하여 제조되는 실리콘 이종접합 태양전지는 도 3d와 같다.

[0048] 도 3d를 참조하면, 제1타입 결정질 실리콘 기판(p type c-Si, 310)의 전면에 제2타입 비정질 실리콘막(n+ type a-Si, 320)이 형성되어 있다. 제2타입 비정질 실리콘막(320)에 포함되는 반도체 물질의 농도는 널리 알려진 바와 같이 제1타입 결정질 기판에 포함되는 반도체 물질의 농도보다 더 큰 것일 수 있다.

[0049] 제2타입 비정질 실리콘막(320)의 전면에는 제1 투명 전도성 산화막(340)이 형성되는데, 본 발명에서는 제2타입 비정질 실리콘막(320)과 제1 투명 전도성 산화막(340) 사이에 제1 확산 방지막(330)이 형성되어 있다. 제1 확산

방지막은 TiO_2로 이루어져 있을 수 있다.

[0050] 전술한 바와 같이, 제1 확산 방지막(330)은 제2타입 비정질 실리콘막(320)과 제1 투명 전도성 산화막(340)의 계면에서 SiO_2가 형성되는 것을 방지하여, 제1 투명 전도성 산화막(340)의 전기전도도 저하 및 광흡수율 저하를 최대한 억제하는 역할을 한다.

[0051] 그리고, 제1 투명 전도성 산화막(340)의 전면에는 전면 전극(350a)이 형성되고, 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)의 배면에는 배면 전극(350b)이 형성되어 있다.

[0052] 도 4는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0053] 도 4에 도시된 실리콘 이종접합 태양전지는 도 3d에 도시된 실리콘 이종접합 태양전지와 마찬가지로, 제1타입 결정질 실리콘 기판(310), 제2타입 비정질 실리콘막(320), 제1 확산 방지막(330), 제1 투명 전도성 산화막(340), 전면 전극(350a) 및 배면 전극(350b)을 포함한다.

[0054] 다만, 도 4에 도시된 실리콘 이종접합 태양전지는 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)의 전면에 제1 진성 비정질 실리콘막(int a-Si, 410)이 더 형성되어 있다. 이 경우, 제2타입 비정질 실리콘막(320)은 제1 진성 비정질 실리콘막(410)을 형성한 후에 형성된다.

[0055] 제1 진성 비정질 실리콘막(410)은 제1타입 결정질 실리콘 기판(310)과 제2타입 비정질 실리콘막(320)의 계면에서 발생하는 결함을 줄여 전자-정공 재결합을 최소화하여, 전지 효율을 높이는 역할을 한다.

[0056] 제1 진성 비정질 실리콘막(410)은 제2타입 비정질 실리콘막(320)과 마찬가지로 PE-CVD법이나 HW-CVD법을 이용하여 형성할 수 있으며, 제1 진성 비정질 실리콘막을 상대적으로 두껍게 형성한 후, 제1 진성 비정질 실리콘막(410)의 상부를 제2타입 반도체 물질로 도핑하여 제2타입 비정질 실리콘막(320)을 형성할 수 있다.

[0057] 도 5는 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0058] 도 5에 도시된 실리콘 이종접합 태양전지는 도 4에 도시된 실리콘 이종접합 태양전지와 마찬가지로, 제1타입 결정질 실리콘 기판(510)의 전면에 제1 진성 비정질 실리콘막(520a), 제2타입 비정질 실리콘막(530a), 제1 확산 방지막(540a), 제1 투명 전도성 산화막(550a) 및 전면 전극(560a)이 형성되어 있다.

[0059] 다만, 도 5에 도시된 실리콘 이종접합 태양전지는 제1타입 결정질 실리콘 기판(510)의 배면에 제2 진성 비정질 실리콘막(520b), 제1타입 비정질 실리콘막(530b), 제2 확산 방지막(540b), 제2 투명 전도성 산화막(550b) 및 배면 전극(560b)이 더 형성되어 있다.

[0060] 제1타입 결정질 실리콘 기판(510)의 배면에 형성되는 제2 진성 비정질 실리콘막(520b), 제1타입 비정질 실리콘막(530b), 제2 확산 방지막(540b) 및 제2 투명 전도성 산화막(550b)은, 전술한 제1타입 결정질 실리콘 기판(510)의 전면에 형성되는 제1 진성 비정질 실리콘막(520a), 제2타입 비정질 실리콘막(530a), 제1 확산 방지막(540a) 및 제1 투명 전도성 산화막(550a)과 동일한 방법으로 형성할 수 있다.

[0061] 또한, 제2 확산 방지막(540b)을 형성하기 전에 제1타입 비정질 실리콘막(530b)의 표면을 수소 처리거나, 제2 투명 전도성 산화막(550b)을 형성할 때 수소 가스를 투명 전도성 산화막을 형성하는 원료물질과 함께 공급하여, SiO_2의 생성 억제 효과를 높일 수 있다.

[0062] 제1타입 결정질 실리콘 기판(510)의 전면에 포함되는 요소를 먼저 형성하고, 배면에 포함되는 요소를 나중에 형성할 수 있으며, 그 반대도 가능하다. 또한, 제1 진성 비정질 실리콘막(520a)과 제2 진성 비정질 실리콘막(520b) 등과 같은 요소들은 동시에 형성할 수 있다.

[0063] 도 6a 내지 도 6d는 비정질 실리콘막의 전면에 투명 전도성 산화막으로 AZO(Aluminium Zinc Oxide)를 스퍼터링 방법으로 형성하는 경우 시간에 따른 물질들의 확산 현상을 나타낸 것이다.

[0064] 도 6a는 확산 방지막을 형성하지 않은 예로, 도 6a을 참조하면 비정질 실리콘막의 전면에 직접 AZO를 형성하는 경우, Si, O, Zn 원자들의 스퍼터링 시작의 17분 ~ 25분 정도에서 농도의 변화가 일어나며, 농도 기울기가 다

소 완만한 것을 볼 수 있고, 이는 계면에서 그만큼 확산 현상이 많이 일어났음을 의미한다.

[0065] 도 6b는 확산 방지막으로 TiO_2를 5nm 두께로 형성한 예로, 도 6b를 참조하면 비정질 실리콘막의 전면에 확산 방지막으로 TiO_2를 형성한 후 AZO를 형성하는 경우, 스퍼터링 시작 후 10~14분 정도에서 농도의 변화가 있으며, 이는 도 5a의 절반정도에 해당하는 시간임을 고려하면 농도 기울기가 매우 큰 것을 의미하며, 물질들의 확산이 많이 억제된 것을 알 수 있다.

[0066] 도 6c 및 도 6d는 확산 방지막으로 TiO_2를 각각 7nm(도 6c) 및 10nm(도 6d) 두께로 형성한 예들로, 도 6c 및 도 6의 경우도 도 6b와 마찬가지의 결과를 나타내는 것을 볼 수 있다.

[0067] 도 6a 내지 도 6d를 종합하면, 비정질 실리콘막과 투명 전도성 산화막 사이에 형성되는 확산 방지막은 그 두께가 매우 얇더라도 물질들의 확산 방지 효과가 큰 것을 알 수 있다. 또한, 확산 방지막의 형성 두께에 따른 확산 방지 효과는 5~10nm 범위에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

[0068] 도 7a 및 도 7b는 비정질 실리콘막의 전면에 TiO_2로 확산방지막을 형성한 후 AZO를 형성하였을 때와 진공상태에서 열처리 하였을 때의 투과율(Transmittance)과 반사도(Reflectance)를 나타낸 것이다.

[0069] 도 7a의 경우는 AZO를 직접 형성한 경우, 5nm 두께, 7nm 두께 및 10nm 두께의 TiO_2를 형성한 후 AZO를 형성한 경우의 가시광선 영역의 투과율을 나타내며, 열처리는 실시하지 않았다.

[0070] 도 7a를 참조하면, AZO를 직접 형성한 경우 가시광선영영에서의 평균 직선투과도(Specula transmittance; Ts)가 대략 85%를 나타내었다. 반면, 5nm 두께, 7nm 두께 및 10nm 두께의 TiO_2를 먼저 형성한 후 AZO를 형성한 경우에는 각각 78%, 79%, 80% 로 낮아졌다.

[0071] 또한, AZO를 직접 형성한 경우, 평균 직선반사도(Specula reflectance; Rs)는 대략 12%를 나타내었으나, 5nm 두께, 7nm 두께 및 10nm 두께의 TiO2를 형성한 후 AZO 박막을 형성한 경우에는 평균 직선반사도가 17%, 18%, 17%로 크게 증가하였다.

[0072] 반면, 열처리를 실시한 도 7b의 경우, AZO 투명 전도성 산화막의 경우 평균 투과도(Ts)가 대략 83% 정도를 나타내었으나, 5nm 두께, 7nm 두께 및 10nm 두께의 TiO_2를 형성한 후 AZO 박막을 형성한 경우에는 각각 82%, 82%, 81% 정도로 열처리를 하기 전보다 평균 투과도(Ts)가 증가하였다.

[0073] 열처리를 실시한 경우 AZO를 직접 형성한 경우 대략 12%의 평균 반사도(Rs)를 나타내었으나, 5nm 두께, 7nm 두께 및 10nm 두께의 TiO_2를 형성한 후 AZO 박막을 형성한 경우에는 13%, 15%, 15% 정도로 크게 감소하였다.

[0074] 도 8a 및 도 8b는 확산 방지막으로 TiO_2를 형성할 때 열처리 여부에 따른 투과율과 반사율의 변화를 TiO_2 두께에 따라 나타낸 그래프이다.

[0075] 도 8a를 참조하면, 300℃에서 열처리를 실시한 경우(VA)의 투과율(Transmittance)이, 열처리를 실시하지 않은 경우(As-dep)의 투과율보다 전반적으로 더 높은 것을 알 수 있다. 마찬가지로, 도 8b를 참조하면, 300℃에서 열처리를 실시한 경우(VA)의 반사율(reflectance)이, 열처리를 실시하지 않은 경우(As-dep)의 반사율보다 전반적으로 더 낮은 것을 알 수 있다. 이는 TiO_2의 경우, 열처리를 통하여 보다 투명하게 변화시킬 수 있어, 태양전지의 수광부 쪽에 충분히 이용할 수 있는 것을 의미한다.

[0076] 다만, 도 7a, 도 7b, 8a 및 8b 모두에서 TiO_2의 두께별 투과율 및 반사도의 차이는 거의 없었다.

[0077] 도 9는 확산 방지막으로 TiO_2를 형성하였을 때 열처리 여부에 따른 접촉 저항의 변화를 TiO_2 두께에 따라 나타낸 그래프이다.

[0078] 도 9를 참조하면, TiO_2의 형성 두께에 따라서 접촉 저항(contact resistance)은 점차적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 또한, 300℃에서 열처리를 실시한 경우(VA)의 접촉저항이 열처리를 실시하지 않은 경우(As-dep)의 접

촉 저항보다 약간 더 낮은 것을 알 수 있다.

[0079] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법은 비정질 실리콘막의 전면에 투명 전도성 산화막을 형성하기 전에 미리 TiO_2와 같은 물질로 확산 방지막을 형성함으로써 , 비정질 실리콘막과 투명 전도성 산화막 사이의 계면에서의 확산에 의한 SiO_2의 생성을 억제함으로써 접촉저항 등의 태양전지의 전기적인 특성을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

[0080] 이상에서는 본 발명의 일 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0081] 도 1은 종래의 이종접합 태양전지를 개략적으로 나타낸 것이다.

[0082] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

[0083] 도 3a 내지 도 3d는 p 타입 결정질 실리콘 기판으로부터 제조되는 실리콘 이종접합 태양전지 제조 방법을 단계별로 나타내는 단면도들이다.

[0084] 도 4 및 도 5는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 실리콘 이종접합 태양전지를 개략적으로 나타내는 단면도들이다.

[0085] 도 6a 내지 도 6d는 비정질 실리콘막의 전면에 투명 전도성 산화막으로 AZO(Aluminium Zinc Oxide)를 스퍼터링 방법으로 형성하는 경우 시간에 따른 물질들의 확산 현상을 나타낸 것이다.

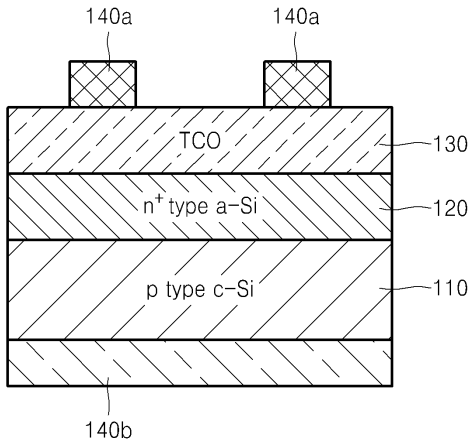
[0086] 도 7a 및 도 7b는 비정질 실리콘막의 전면에 TiO_2로 확산방지막을 형성한 후 AZO를 형성하였을 때의 투과율(Transmittance)을 나타낸 것이다.

[0087] 도 8a 및 도 8b는 확산 방지막으로 TiO_2를 형성할 때 열처리 여부에 따른 투과율과 반사율의 변화를 TiO_2 두께에 따라 나타낸 그래프이다.

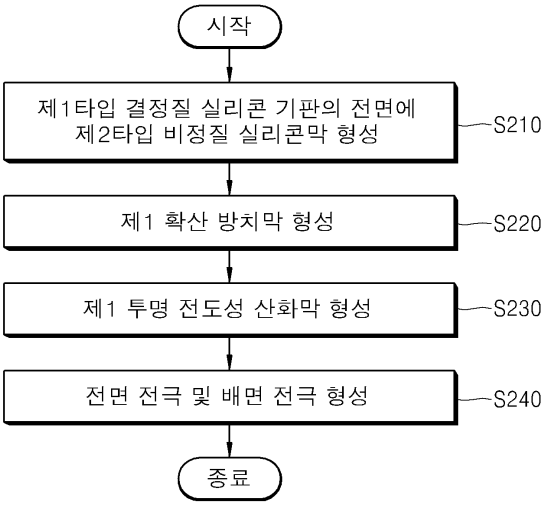
[0088] 도 9는 확산 방지막으로 TiO_2를 형성하였을 때 열처리 여부에 따른 접촉 저항의 변화를 TiO_2 두께에 따라 나타낸 그래프이다.

도면

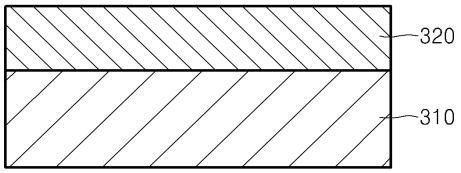
도면1



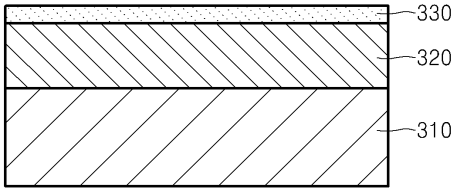
도면2



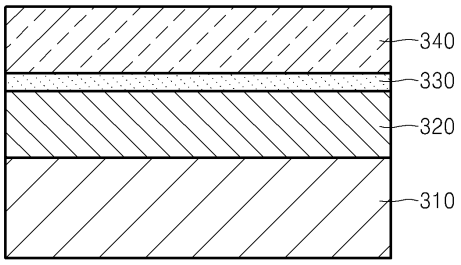
도면3a



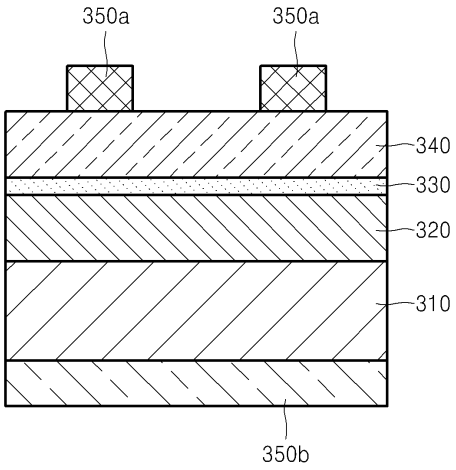
도면3b



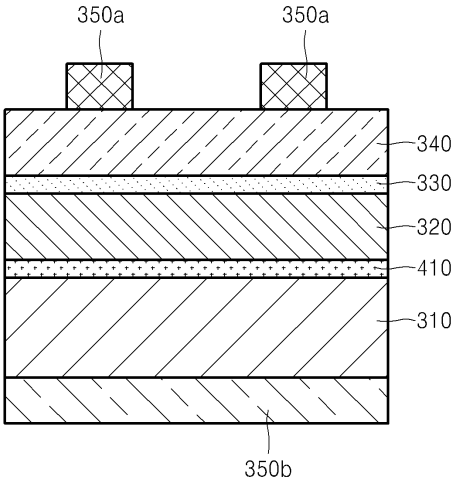
도면3c



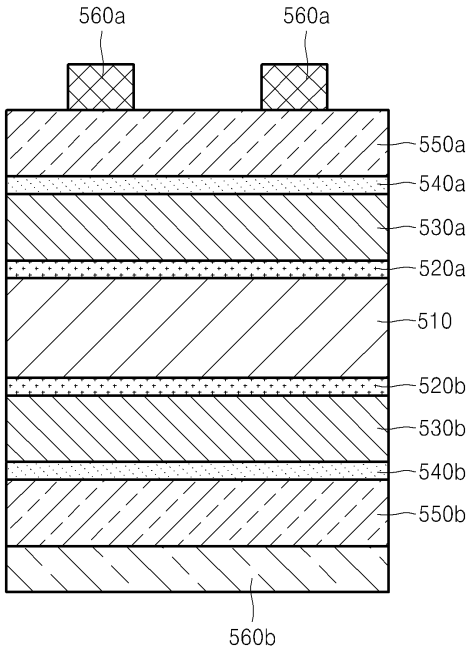
도면3d


350a
350a
340
330
320
310
350b

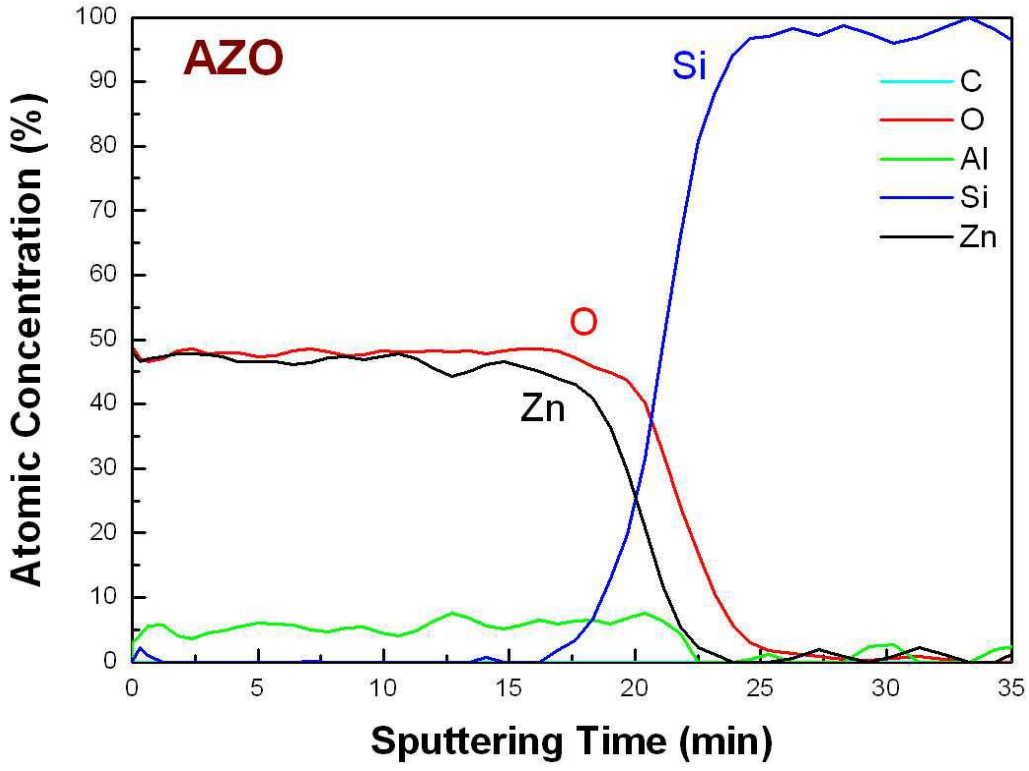
도면4


350a
350a
340
330
320
410
310
350b

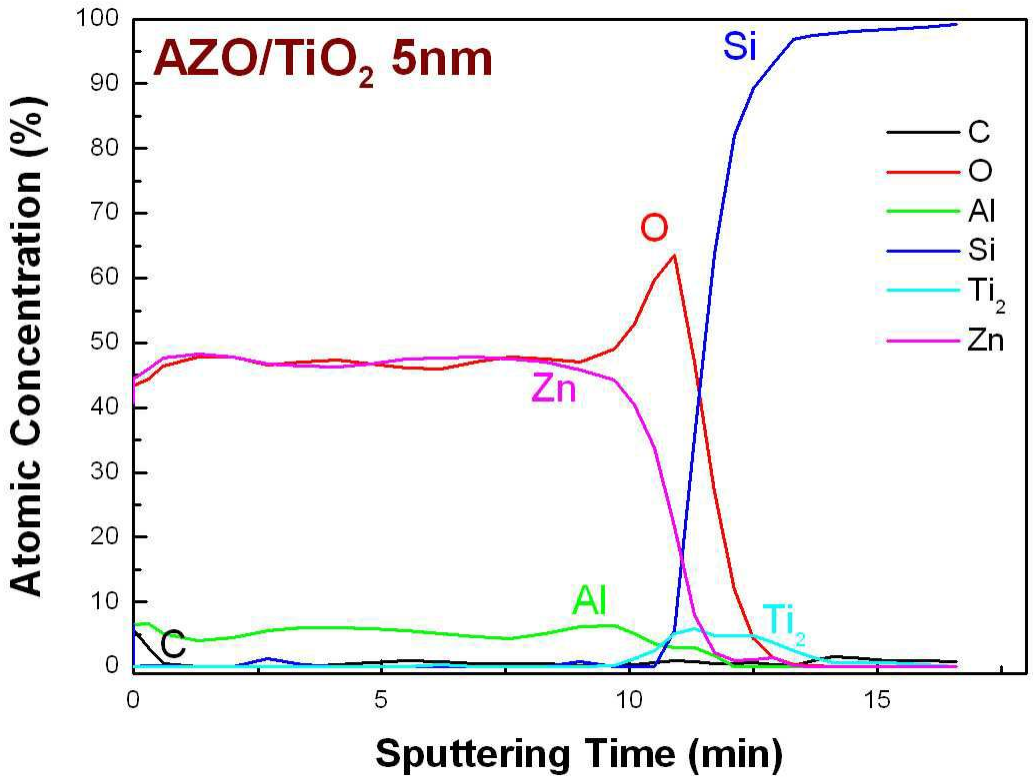
도면5


560a
560a
550a
540a
530a
520a
510
520b
530b
540b
550b
560b

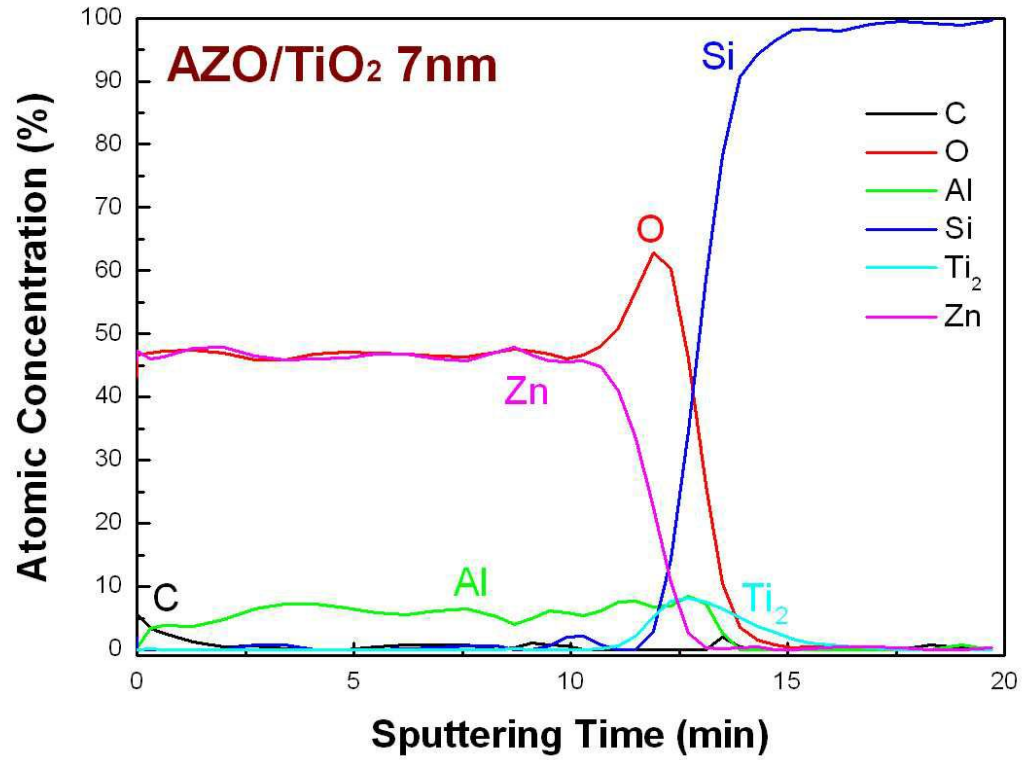
도면6a


AZO
Si
C
O
Al
Si
Zn
O
Zn
Atomic Concentration (%)
Sputtering Time (min)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
5
10
15
20
25
30
35

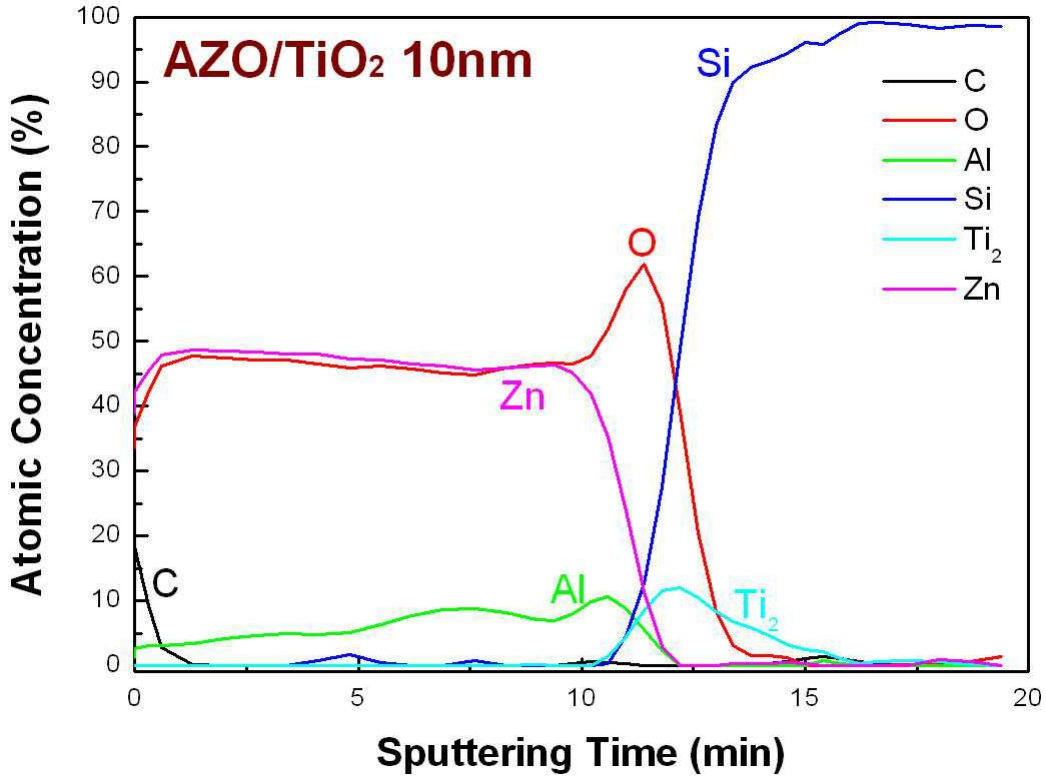
도면6b


AZO/TiO2 5nm
Atomic Concentration (%)
Sputtering Time (min)
Si
O
Zn
Al
C
Ti2
C
O
Al
Si
Ti2
Zn

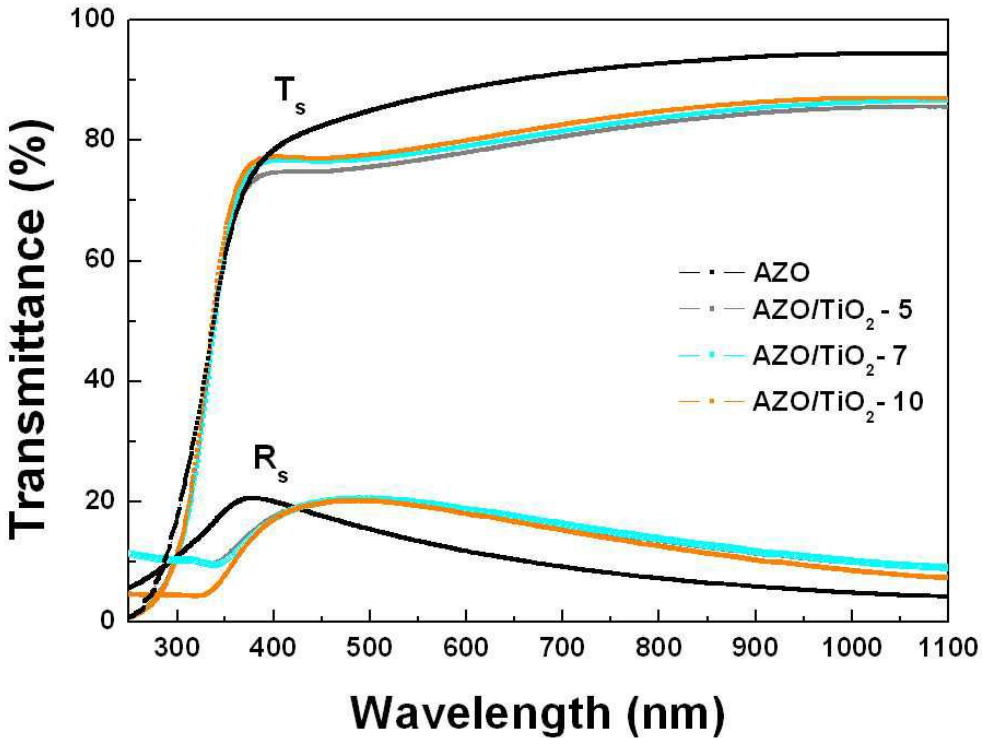
도면6c


AZO/TiO2 7nm
Atomic Concentration (%)
Sputtering Time (min)
Si
O
Zn
Al
C
Ti2
C
O
Al
Si
Ti2
Zn

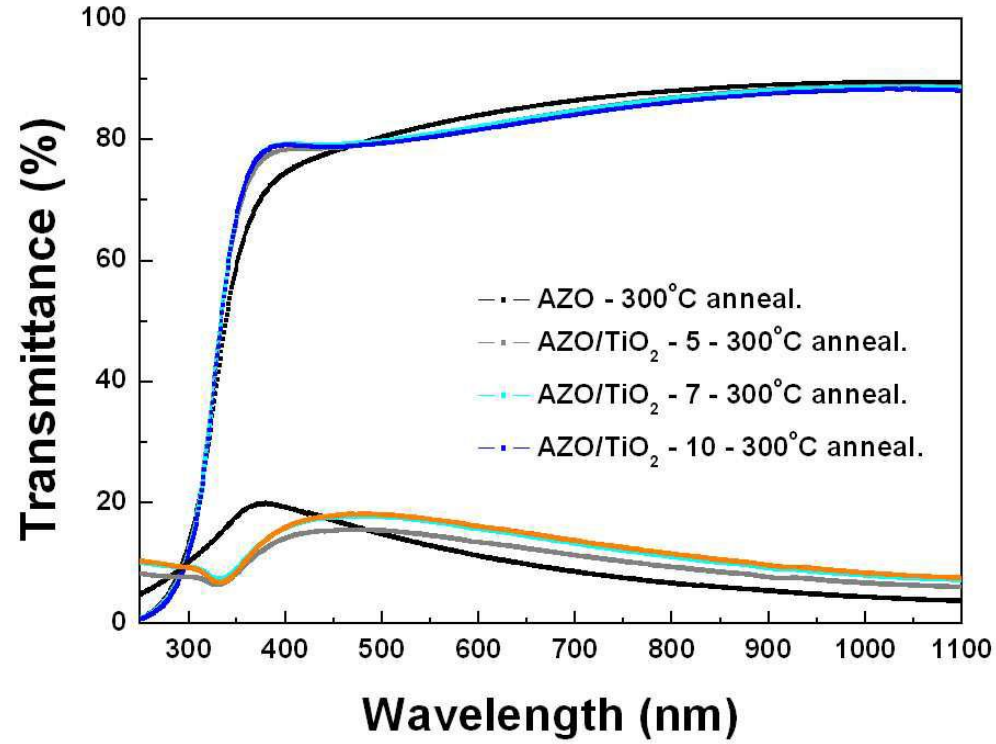
도면6d


AZO/TiO2 10nm
Atomic Concentration (%)
Sputtering Time (min)
C
O
Al
Si
Ti2
Zn

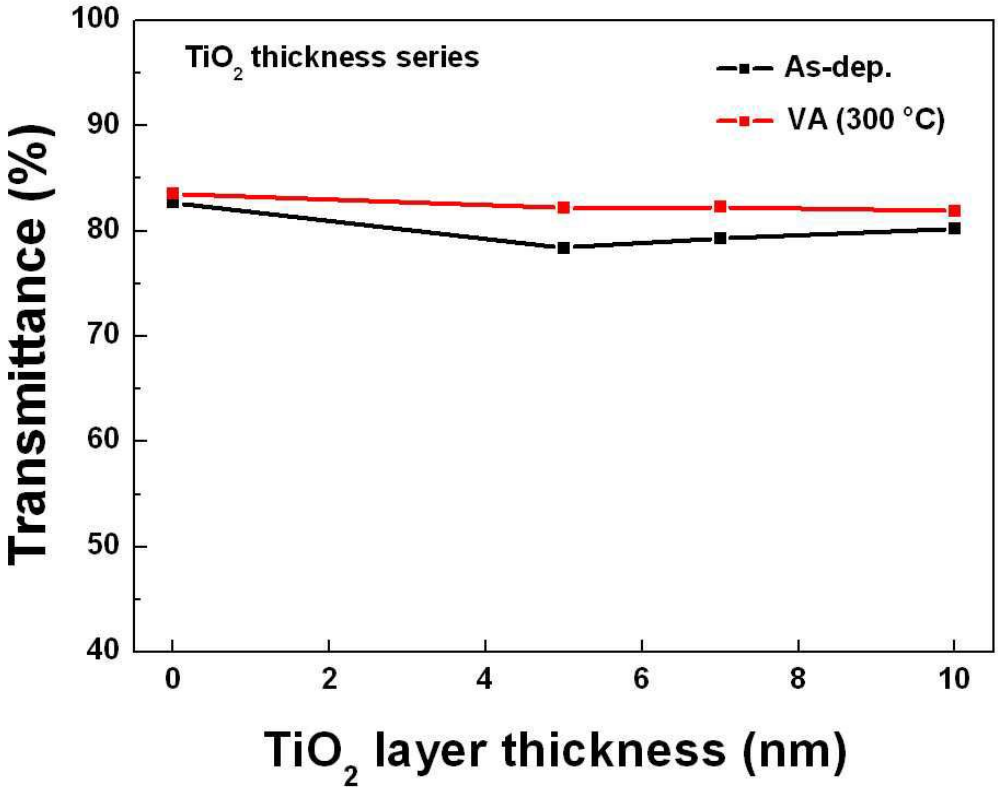
도면7a


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
Ts
Rs
AZO
AZO/TiO2 - 5
AZO/TiO2 - 7
AZO/TiO2 - 10

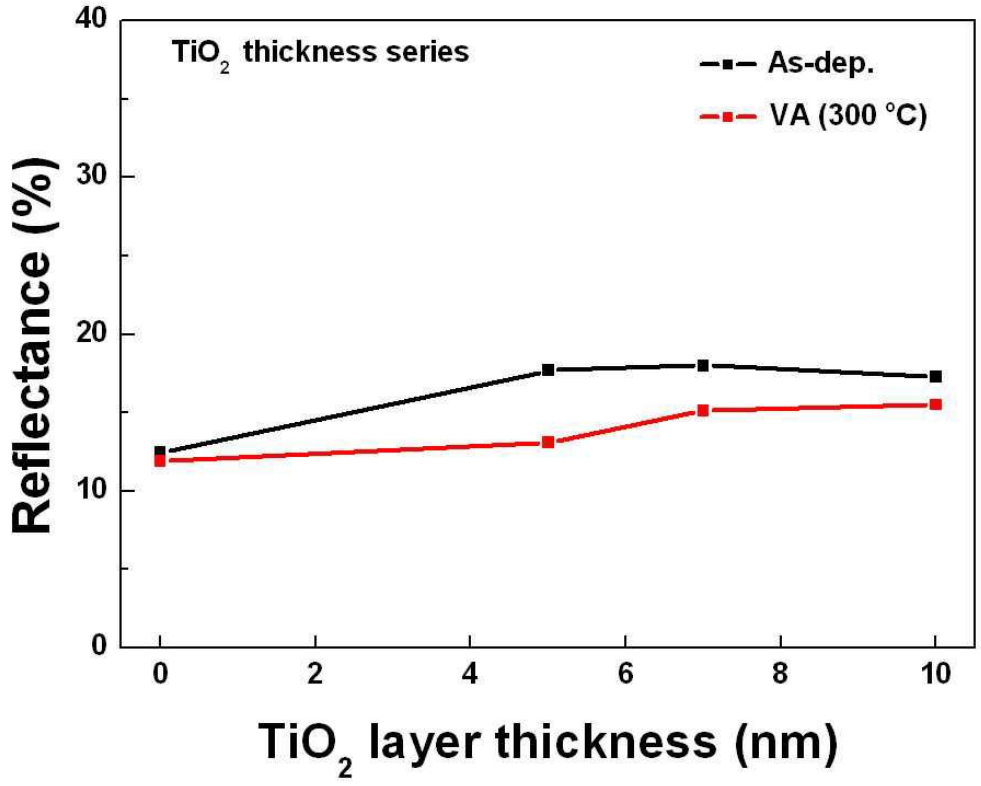
도면7b


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
AZO - 300°C anneal.
AZO/TiO2 - 5 - 300°C anneal.
AZO/TiO2 - 7 - 300°C anneal.
AZO/TiO2 - 10 - 300°C anneal.

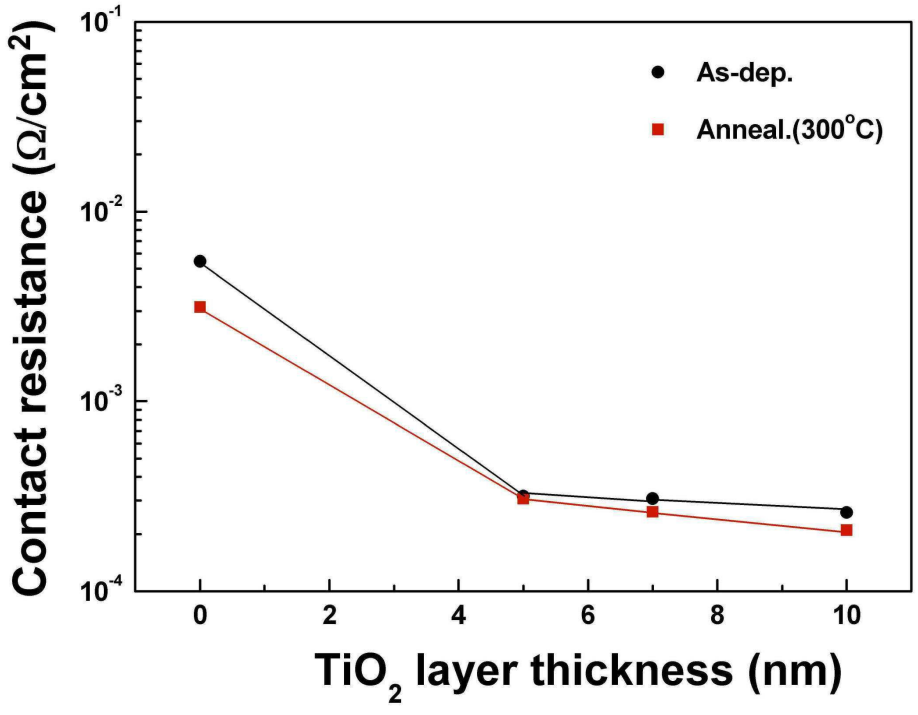
도면8a


TiO2 thickness series
As-dep.
VA (300 °C)
Transmittance (%)
TiO2 layer thickness (nm)

도면8b


TiO2 thickness series
As-dep.
VA (300 °C)
Reflectance (%)
0
10
20
30
40
0
2
4
6
8
10
TiO2 layer thickness (nm)

도면9


As-dep.
Anneal.(300°C)
Contact resistance (Ω/cm2)
10-1
10-2
10-3
10-4
0
2
4
6
8
10
TiO2 layer thickness (nm)