

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2011-0124113 (43) 공개일자 2011년11월16일
(51) Int. Cl. <i>H01L 31/042</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2010-0082625 (22) 출원일자 2010년08월25일 심사청구일자 2010년08월25일 (30) 우선권주장 1020100043583 2010년05월10일 대한민국(KR)	(71) 출원인 경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제 캠퍼스내 (72) 발명자 김한기 경기도 수원시 영통구 영통동 성지아파트 712동 602호 최광혁 경상북도 구미시 구평동 424-14 평화하이츠 201 최윤영 대구광역시 달성군 다사읍 매곡리 그린빌아파트 101동 706호 (74) 대리인 서재승	

전체 청구항 수 : 총 8 항

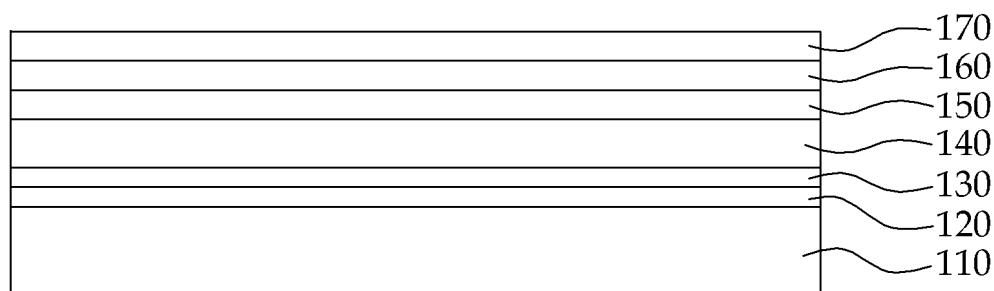
(54) 레이저 리프트 오프 공정을 이용한 플렉서블 염료감응 태양전지 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 태양 전지에 관한 것으로, 보다 구체적으로 레이저 리프트 오프 공정을 통해 유리기판에서 제조한 염료감응 태양전지(Dye Sensitized Solor Cell, DSSC)를 플렉서블 기판으로 전사하여 플렉서블 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법은 모재 기판에 제한없이 높은 에너지 변환효율을 가지는 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조할 수 있는 방법을 제공함으로써, 앞으로 모재 기판에 제한없이 다양한 무기 산화물층의 열처리 공정을 적용한 플렉서블 염료감응 태양전지를 개발할 수 있다. 또한 본 발명에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법은 레이저 리프트 오프 공정을 이용하여 유리 기판, 사파이어 기판 등에서 형성된 염료감응 태양전지를 플렉서블 기판으로 전사하여 제조함으로써, 간단한 공정과 저렴한 비용으로 높은 에너지 변환효율을 가지는 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 모재 기판 위에 희생층을 형성하는 단계;
- (b) 상기 희생층 위에 염료감응 태양전지 모듈을 제조하는 단계;
- (c) 상기 모재 기판에 레이저를 조사하여 상기 모재 기판과 상기 염료감응 태양전지 모듈을 분리하는 단계; 및
- (d) 상기 분리한 태양전지 모듈을 플렉서블 기판으로 전사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 모재 기판은

유리 기판, 사파이어 기판, 석영 기판, 세라믹 기판 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 염료감응 태양전지 모듈은

상기 희생층 위에 순차적으로 제1 투명전극, 염료가 흡착된 무기 산화물층, 제2 투명전극, 투명 상부기판을 형성하여 제조되는 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 염료감응 태양전지 모듈은

상기 희생층 위에 순차적으로 반사층, 제1 투명전극, 염료가 흡착된 무기 산화물층, 제2 투명전극, 투명 상부기판을 형성하여 제조되는 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 무기 산화물층은

나노 다공질막의 형태로 존재하는 TiO_2 이며, $450^\circ C$ 이상의 온도에서 소결하여 형성되는 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

청구항 6

제 2 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 희생층은

GaON이며, 반응성 스퍼터링 공정을 통해 형성되는 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 희생층은

$10\mu m$ 이내의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

청구항 8

제 2 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 (d) 단계에서

임시 접착층을 이용하여 상기 염료감응 태양전지 모듈을 상기 모재 기판으로부터 영구접착층이 형성되어 있는 플렉서블 기판으로 전사하는 것을 특징으로 하는 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 태양 전지에 관한 것으로, 보다 구체적으로 레이저 리프트 오프 공정을 통해 유리기판에서 제조한 염료감응 태양전지(Dye Sensitized Solor Cell, DSSC)를 플렉서블 기판으로 전사하여 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 화석 연료의 지속적인 사용으로 인한 지구 온난화와 같은 환경 문제가 대두되고 있다. 또한 우라늄의 사용은 방사능의 오염 및 핵폐기물 처리 시설과 같은 문제를 일으키고 있다. 이에 따라 대체 에너지에 대한 요구 및 연구가 진행되고 있는데, 그 중 대표적인 것이 태양 에너지를 이용하는 태양 전지이다.

[0003] 태양 전지란 빛이 조사되었을 때 전자와 정공을 발생시키는 광-흡수 물질을 사용하여 직접적으로 전기를 생산하는 소자를 의미한다. 1839년 프랑스의 물리학자 Becquerel이 최초로 빛으로 유도된 화학적 반응이 전류를 발생시킨다는 광기전력을 발견하였고, 그 후 셀레늄과 같은 고체에서도 유사한 현상이 발견된 사실에 기인한다. 그 후 1954년 Bell 연구소에서 약 6%의 효율을 보인 실리콘계열의 태양전지가 최초로 개발된 이후에 무기 실리콘을 중심으로 태양 전지의 연구가 계속되었다.

[0004] 이와 같은 무기계 태양 전지 소자는 실리콘과 같은 무기물 반도체의 p-n 접합으로 이루어진다. 태양 전지의 소재로 사용된 실리콘은 크게 단결정 또는 다결정 실리콘과 같은 결정 실리콘 계열과 비정질 실리콘 계열로 구분될 수 있다. 이 중 결정 실리콘계열은 태양 에너지를 전기 에너지로 전환하는 에너지 전환 효율이 비정질 실리콘계열에 비하여 우수하지만 결정을 성장시키기 위하여 소용되는 시간과 에너지로 인하여 생산성이 떨어진다.

[0005] 이와 같은 문제점으로 실리콘을 대신하여 유기물질의 광기전 현상을 이용한 태양전지 소자에 대한 연구가 시도된 바 있다. 유기물 광기전 현상이란 유기물질에 빛을 조사하면 광자(photon)를 흡수하여 전자(electron)-정공(hole) 쌍이 생성되어 이를 분리하여 각각 음극 및 양극으로 전달하고 이와 같은 전하의 흐름에 의하여 전류를 발생시키는 현상이다. 즉, 통상적으로 유기계 태양전지에 있어서 도너(electron donor)와 억셉터(electron acceptor) 물질의 접합구조로 이루어진 유기물질에 빛을 조사하였을 때 도너에서 전자-정공쌍이 형성되고 억셉터로 전자가 이동함으로써 전자-정공의 분리가 이루어진다. 이와 같은 과정을 통상 "빛에 의한 전하 캐리어(charge carrier)의 여기" 또는 "광여기 전하 이동현상(photoinduced charge transfer, PICT)"라고 하는데, 빛에 의하여 생성된 캐리어들은 전자-정공으로 분리되고 외부 회를 통하여 전력을 생산하게 된다.

[0006] 그런데 통상적인 유기물질을 이용한 태양전지의 경우에 에너지 전환효율이 떨어지고 내구성에도 문제가 있었으나, 1991년 스위스의 그라첼(Gratzel) 연구팀에 의하여 염료를 감광제로 이용하여 광전기화학형의 태양전지인 염료감응 태양전지(Dye Sensitized Solor Cell, DSSC)가 개발된 바 있다. 그라첼 등에 의하여 제안된 광전기화학형의 태양전지는 감광성 염료 분자와 나노 입자의 이산화티탄으로 이루어지는 산화물 반도체를 이용한 광전기화학형 태양 전지이다. 즉, 염료감응 태양전지라 하면 투명 전극과 금속 전극 사이에 염료가 흡착된 산화티타늄과 같은 무기 산화물층에 전해질을 삽입하여 광전기화학 반응을 이용하여 제조되는 태양전지이다. 일반적으로 염료감응형 태양전지는 2가지 전극(광전극과 대향전극)과, 무기 산화물, 염료 및 전해질로 구성되어 있는데, 염료감응형 태양전지는 환경적으로 무해한 물질/재료를 사용하기 때문에 환경친화적이고, 기존의 무기 태양전지 중 비정질 실리콘 계열의 태양전지에 버금가는 10% 정도의 높은 에너지 전환효율을 가지고 있고, 제조단가가 실리콘 태양전지의 20% 정도에 불과하여 상업화의 가능성이 매우 높은 것으로 보고된 바 있다.

[0007] 일반적으로 염료감응 태양전지의 구조는 하층으로부터 유리기판, 제1 투명 전극, 염료가 흡착된 무기 산화물층, 전해질층, 제2 투명전극 및 상부기판 등을 구비하고 있다. 무기 산화물층은 나노(nano) 다공질막의 형태로 존재하는 TiO_2 , ZnO , SnO_2 와 같은 넓은 밴드갭을 가진 n형 산화물 반도체로 구성되어 있고, 이 표면에 단분자 층의 염료가 흡착되어 있다.

[0008] 염료감응 태양전지의 원리를 설명하면 다음과 같다. 태양광이 태양전지에 입사되면, 염료(Dye)의 HOMO(highest occupied molecular orbital) 준위 전자는 광에너지를 흡수하여 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital) 준위로 여기되며 이것은 무기 산화물층(Conduction Band, CB)으로 빠르게 주입되어 전도전자를 형성한다. 이때 전자가 빠져나간 염료의 HOMO 준위 빈 자리는 전해질층 속의 이온(I^-)이 전자를 제공함으로써 다시 채워진다.

[0009] 즉 태양광이 입사함에 따라 무기 산화물층 쪽으로는 전도전자가 쌓이는 동시에 전해질층 쪽은 점점 전자가 모자

라는 상태, 즉 정공이 누적되는 것으로 해석할 수 있으며 외부부하가 걸릴 때 누적 캐리어(carrier)로 인해 기전력이 형성된다고 볼 수 있다.

[0010] 종래 염료감응 태양전지의 제조 방법을 구체적으로 살펴보면, 먼저 하부전극기관은 FTO(fluorine-doped tin oxide)나 ITO의 제1 투명전극을 유리기관에 증착하여 제조하며, 하부전극기관 위에 TiO_2 콜로이드 용액을 도포한 후 대략 450°C 이상의 온도에서 소결(Sintering)한다. 본 과정은 반복적으로 수행하여 원하는 무기 산화물층의 두께나 상태를 조절하게 된다. 이어서 염료(Dye) 용액에 약 2~3일 정도 담가두어 TiO_2 입자 표면에 염료가 착색되도록 한다. 한편, 상부전극기관은 유리기관에 전해질 주입용 구멍을 만들고 백금(Pt) 등을 일반 스퍼터링(Sputtering)방법을 통해 코팅하여 얻어진다. 하부전극기관과 상부전극기관은 고분자 패키징 재료를 이용하여 접합된 후 미리 만들어진 구멍을 통해 양극물질로 전해질이 주입되고 봉합함으로써 완성된다.

[0011] 이러한 염료감응 태양전지는 저가의 원료 및 손쉬운 제작 방법으로 인해 기존 실리콘 태양전지의 4분의 1수준의 생산비로 제작이 가능하며 경량, 박막화, 투명성 및 여러 가지 색상의 구현가능성 등으로 인해 다양한 응용 분야에 적용할 수 있다. 또한, 염료감응 태양전지는 자체의 유연성을 가지고 있어 적절한 유연성 투명전극이 구현될 경우 플렉서블 태양전지의 구현이 가능하다.

[0012] 특히 휴대 장치를 위한 태양전지는 움직이는 동력원으로서 경량 및 유연성이 필수적인 요구 특성으로 볼 수 있으며 염료감응 태양전지는 자체의 유연성을 가지고 있으므로 적절한 유연성 투명전극이 구현될 경우 플렉서블(flexible) 태양전지의 구현이 가능하다.

[0013] 하지만 현재 염료감응 태양전지 제조기술상 고온의 소결(Sintering)과정이 요구되므로 플라스틱 같은 유연성 기관 및 전도성 폴리머 등의 투명전극을 사용하기 곤란하다. 따라서 현재 대부분의 염료감응 태양전지는 유리기관의 ITO(indium tin oxide) 등의 산화물계열 투명전극을 사용하고 있다.

[0014] 최근 저온 소결(약 120°C)이 가능한 무기 산화물층이 개발되어 상용 전도성 플라스틱 기관 등의 사용이 가능하나 이 경우 광전 변환 효율의 감소를 감수해야 한다. 또한 투명 상부전극기관은 ITO 기관에 비교하여 낮은 투과도 및 전도도 특성으로 인해 추가적인 효율 감소를 예상할 수 있다. 따라서 효율이 높은 플렉서블 염료감응 태양전지의 구현에는 상당한 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명이 이루고자 하는 목적은 위에서 설명한 종래 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법이 가지는 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명이 이루고자 하는 목적은 기존 유리기관에서 제조한 높은 에너지 변환효율의 염료감응 태양전지를 이용하여 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[0016] 본 발명이 이루고자 하는 다른 목적은 레이저 리프트 오프 공정을 통해 간단한 공정과 저렴한 비용으로 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 목적은 레이저 리프트 오프 공정을 위한 희생층으로 Ga-O-N 계열을 사용하여 모재 기관과 희생층을 완벽히 분리함으로써, 전사 과정을 통해 제조한 플렉서블 염료감응 태양전지의 누설 전류를 줄일 수 있는 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 본 발명에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법은 모재 기관 위에 희생층을 형성하는 단계와, 희생층 위에 염료감응 태양전지 모듈을 제조하는 단계와, 모재 기관에 레이저를 조사하여 모재 기관과 상기 염료감응 태양전지 모듈을 분리하는 단계와, 분리한 태양전지 모듈을 플렉서블 기관으로 전사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 염료감응 태양전지 모듈은 희생층 위에 순차적으로 제1 투명전극, 염료가 흡착된 무기 산화물층, 제2 투명전극, 투명 상부기관을 형성하여 제조되는 것을 특징으로 한다. 여기서 모재 기관은 유리 기관, 사파이어 기관, 석영 기관, 세라믹 기관 중 어느 하나이고, 무기 산화물층은 나노 다공질막의 형태로 존재하는 TiO_2 로 450°C 이상의 온도에서 소결하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 바람직하게, 희생층은 GaON이며, 반응성 스퍼터링 공정을 통해 형성되는 것을 특징으로 하며, 더욱 바람직하게

희생층은 10 μ m 이내의 두께로 형성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법은 종래 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법과 비교하여 다음과 같은 다양한 효과들을 가진다.
- [0022] 첫째, 본 발명에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법은 모재 기판에 제한없이 높은 에너지 변환효율을 가지는 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조할 수 있는 방법을 제공함으로써, 앞으로 모재 기판에 제한없이 다양한 무기 산화물층의 열처리 공정을 적용한 플렉서블 염료감응 태양전지를 개발할 수 있다.
- [0023] 둘째, 본 발명에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지의 제조 방법은 레이저 리프트 오프 공정을 이용하여 유리 기판, 사파이어 기판 등에서 형성된 염료감응 태양전지를 플렉서블 기판으로 전사하여 제조함으로써, 간단한 공정과 저렴한 비용으로 높은 에너지 변환효율을 가지는 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조할 수 있다.
- [0024] 셋째, 본 발명에 따른 플렉서블 CIS계 태양전지의 제조 방법은 레이저 리프트 오프 공정에 사용되는 희생층으로 Ga-O-N 계열을 사용하여 모재 기판과 희생층을 완벽하게 분리함으로써, 누설 전류를 줄여 높은 에너지 변환효율을 가지는 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 염료감응 태양전지를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 GaON 희생층의 투과율 곡선을 도시하고 있다.
- 도 4는 본 발명에 따른 레이저 리프트 오프 공정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 레이저 리프트 오프 공정을 통해 모재 기판이 박리된 염료감응 태양전지 모듈로부터 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조하는 공정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하 첨부한 도면을 참고로 본 발명에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지에 대해 보다 구체적으로 설명한다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지를 설명하기 위한 도면이다.
- [0028] 도 1을 참고로 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지는 모재기판(110)과 투명 상부기판(160) 사이에 각각 제1 투명전극(120) 및 제2 투명전극(150)이 서로 대향적으로 적층되어 있으며, 제1 투명전극(120)과 제2 투명전극(140)의 사이로 무기 산화물층(130)과 전해질층(140)이 구비되어 있는 다층 박막 형태를 나타내고 있다.
- [0029] 모재기판(110)은 유리 기판, 사파이어 기판, 세라믹 기판이나 금속 폴리 또는 폴리머 기판이 사용될 수 있으나, 이에 한정되는 것이 아니라 600℃ 이상의 높은 기판온도에서 열적 안정성을 가지는 다양한 종류의 모재 기판이 사용될 수 있으며 이는 본 발명의 범위에 속한다. 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지는 모재 기판을 완성된 염료감응 태양전지에서 그대로 사용하는 것이 아니기 때문에 반드시 투명할 필요가 없으며, 투명성에 상관없이 고온에서 열적 안정성을 가지기만 하면, 다양하고 저렴한 재료의 기판에서 선택하여 사용할 수 있다.
- [0030] 희생층(120)은 레이저 리프트 오프 공정에서 157nm 내지 350nm 파장을 가지는 다양한 종류의 엑시머 레이저를 효과적으로 흡수할 수 있는 물질로 Ga-O-N계열, Ga-O계열 Ga-N계열이 사용될 수 있으며, 더욱 바람직하게 GaON가 희생층으로 사용된다.
- [0031] 희생층(120)은 화학기상증착법(chemical vapor deposition, CVD) 또는 물리적기상증착법(PVD:Physical vapor deposition)에 의해 형성될 수 있다. 특히, 희생층(120)은 물리적기상증착법 중 반응성 스퍼터링 방식에 의해 형성될 수 있다. 반응성 스퍼터링 방식에 따라 GaON 희생층(120)을 형성하는 실험조건1 내지 실험조건3이 아래의 표1 내지 표3에 기재되어 있다.

표 1

타겟 물질(target material)	Ga ₂ O ₃
모재 기판(substrate)	사파이어 기판
시스템 압력(base pressure of system)	3×10^{-6} Torr 이하
혼합 가스비(flow rate)	20: 5 sccm(Ar:N ₂)
인가 전력(power injection)	RF 100W
공정 압력(working pressure)	2m Torr

표 2

타겟 물질(target material)	GaN
모재 기판(substrate)	사파이어 기판
시스템 압력(base pressure of system)	3×10^{-6} Torr 이하
혼합 가스비(flow rate)	20: 5 sccm(Ar:O ₂)
인가 전력(power injection)	RF 100W
공정 압력(working pressure)	2m Torr

표 3

타겟 물질(target material)	Ga ₂ O ₃ 와 GaN
모재 기판(substrate)	사파이어 기판
시스템 압력(base pressure of system)	3×10^{-6} Torr 이하
혼합 가스비(flow rate)	Ar 20 sccm
인가 전력(power injection)	RF 100W
공정 압력(working pressure)	2m Torr

[0035] 도 3에 도시되어 있는 GaON 희생층의 레이저 투과율 곡선을 참고로 살펴보면, 레이저 리프트 오프를 위해 사용되는 레이저 소스들의 파장은 통상 157nm 내지 350nm이며, GaON 희생층은 157nm 내지 350nm의 파장을 가지는 레이저 소스에 대해 낮은 투과율을 보인다는 것을 알 수 있다. 즉, GaON 희생층은 157nm 내지 350nm의 파장을 가지는 레이저 소스를 대부분 흡수하기 때문에, GaON을 레이저 리프트 오프의 희생층으로 사용하는 경우 짧은 조사 시간과 약한 크기의 레이저로도 모재 기판과 희생층의 격막을 완벽하게 분리시킨다.

[0036] 본 발명이 적용되는 분야에 따라 다양한 파장의 엑시머 레이저를 흡수하여 모재기판(110)과 계면 박리가 이루어지는 여러 종류의 희생층이 사용될 수 있으며 이는 본 발명의 범위에 속한다.

[0037] 바람직하게, 희생층(120)의 두께는 10nm이상인 것을 특징으로 한다. 희생층(120)의 두께가 10nm보다 작을 경우, 희생층(120)에서 레이저의 흡수율이 떨어져 모재기판(110)과 희생층(120)의 계면 분리가 완벽하게 이루어지지 않아 분리된 희생층 계면이 울퉁불퉁하게 되며, 희생층(120)을 통과한 레이저가 희생층(120)의 상면에 형성된 태양전지 모듈에 영향을 미치게 된다.

[0038] 제1 투명전극(130)은 모재기판(110)이 투명 상부기판(170)에 대향하는 일면에 형성되는 전극으로, 제1 투명전극(130)은 애노드로 동작한다. 제1 투명전극(130)으로 사용될 수 있는 물질은 ITO(indium-tin oxide), IZO(indium-zinc oxide), In₂O₃, 이산화주석, FTO(fluorine doped tin oxide), ZnO-(Ga₂O₃ 또는 Al₂O₃), SnO₂-Sb₂O₃ 등에서 임의로 선택될 수 있으며, 특히 바람직하게는 ITO 또는 FTO가 사용된다.

[0039] 무기 산화물층(140)은 바람직하게는 나노 입자 형태의 전이금속 산화물로서, 예를 들어 티타늄 산화물, 스칸듐 산화물, 바나듐 산화물, 아연 산화물, 갈륨 산화물, 이트륨 산화물, 지르코늄 산화물, 니오브 산화물, 몰리브덴 산화물, 인듐 산화물, 주석 산화물, 란타넘 산화물, 텅스텐 산화물, 이리듐 산화물과 같은 전이금속 산화물은 물론이고, 마그네슘 산화물, 스트론튬 산화물과 같은 알칼리토금속 산화물 및 알루미늄 산화물 등을 포함한다. 바람직하게 무기 산화물로 나노 입자 형태의 티타늄 산화물이 사용된다.

- [0040] 티타늄 산화물로 TiO_2 는 아나타제(anatase)상, 루타일(rutile)상 그리고 브루카이트(brookite)상이 존재할 수 있다. 수십나노 크기를 갖는 아나타제 TiO_2 는 수열합성법으로 제조가능하며, 저온에서도 안정한 루타일 TiO_2 는 상온근처에서 가수분해 법에 의해 제조할 수 있다. 아나타제 TiO_2 는 20nm직경을 갖는 구형의 입자가 매우 조밀하게 채워져있는 반면, 루타일 TiO_2 는 직경 20nm, 길이 약 80nm의 나노 막대형의 모양으로 채워져 있어, 아나타제 TiO_2 의 표면적이 더 넓어 광전류가 더 많이 생성된다.
- [0041] 아나타제상의 TiO_2 로 이루어진 무기 산화물층(140)을 형성하기 위해서는 TiO_2 를 도포하고 약 450℃ 이상 온도에서 소성 과정(Anealing)을 거치는데, 이러한 소성공정은 약 450℃ 이상의 열이 모재기판(110)에 가해지므로 모재기판(110)은 열적 안정성이 높아야 한다.
- [0042] 무기 산화물층(140)에는 광감응 염료를 흡착시키는데, 광감응 염료는 자외선 및 가시광선 영역의 광을 흡수할 수 있는 물질로서 루테늄(Ru) 복합체와 같은 염료가 사용될 수 있다. 무기 산화물층(140)에 흡착되는 광감응 염료로는 루테늄 535 염료, 루테늄 535 비스-TBA 염료, 루테늄 620-1H3TBA 염료 등의 루테늄 착체로 이루어지는 광감응 염료를 포함하며, 바람직하게는 루테늄 535 염료를 사용한다. 다만 무기 산화물층(140)에 화학 흡착될 수 있는 광감응 염료는 전하 분리 기능을 갖는 임의의 염료가 사용될 수 있는데, 크산텐계 염료, 시아닌계 염료, 포르피린계 염료, 안트라퀴논계 염료, 큐마린 등을 단독 또는 루테늄계 염료와 복합체로 사용할 수 있다.
- [0043] 감광성 염료를 무기 산화물층(140)에 흡착시키기 위해 감광성 염료를 알코올, 니트릴, 할로젠화탄화수소, 에테르, 아미드, 에스테르, 케톤, N-메틸피롤리돈 등의 용매에 용해시킨 뒤, 무기 산화물층(140)이 도포된 모재기판(110)을 용매에 1일 내지 3일 동안 침지한다.
- [0044] 전해질층(150)은 무기 산화물층(140)의 염료에서 전자가 빠져나간 자리에 다시 전자를 공급해주는 역할을 하며, I^-/I_3^- 와 같이 산화-환원종으로 구성된다. 전해질이 액체인 경우 산화-환원 이온 종이 매질 내에서 신속하게 움직여 염료의 재생을 원활하게 도와주기 때문에 효율이 높으나, 전극간의 접합이 완벽하지 못할 경우 누액의 문제가 있다. 한편 고분자를 매질로 채택할 경우에는 누액의 문제는 해소되나, 산화-환원 종의 움직임이 둔화되어 효율이 나쁘다는 단점이 있다. 본 실시예에서는 두 가지 형태의 전해질층 모두 적용 가능하다.
- [0045] 제2 투명전극(160)은 투명 상부기판(170)이 모재기판(110)과 대향하는 일면에 형성된 전극으로, 캐소드로 동작한다. 제2 투명전극(160)으로 사용될 수 있는 물질은 제1 투명전극(130)보다 일함수가 큰 물질로 백금, 금, 탄소 등이 사용될 수 있으며, 바람직하게는 백금이 사용된다.
- [0046] 투명 상부기판(170)은 PES(polyethersulphone), PAR(polyacrylate), PEI(polyetherimide), PEN(polyethylenennapthalate), PET(polyethyleneterephthalate), PPS(polyphenylene sulfide), 폴리알릴레이트(polyallylate), PI(polyamide), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(PC), 셀룰로오스 트리아세테이트(TAC), CAP(cellulose acetate propionate) 중 적어도 하나를 포함하는, 플렉서블한 성질을 가지는 플라스틱으로 제조된다.
- [0047] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 염료감응 태양전지를 설명하기 위한 도면이다.
- [0048] 도 2에 도시되어 있는 본 발명의 다른 실시예에 따른 염료감응 태양전지는 순차적으로 투명 모재기판(110), 희생층(120), 반사층(125), 제1 투명전극(130), 무기 산화물층(140), 전해질층(150), 제2 투명전극(160) 및 투명 상부기판(170)으로 구성되어 있다. 본 발명의 다른 실시예에 따른 염료감응 태양전지에서 모재기판(110), 희생층(120), 제1 투명전극(130), 무기 산화물층(140), 전해질층(150), 제2 투명전극(160) 및 투명 상부기판(170)은 도 1을 참고로 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지의 모재기판(110), 희생층(120), 제1 투명전극(130), 무기 산화물층(140), 전해질층(150), 제2 투명전극(160) 및 투명 상부기판(170)과 동일하며 이하에서는 반사층(125)에 대해 설명하도록 한다.
- [0049] 반사층(125)은 모재기판(110), 희생층(120) 다음에 위치하게 되며 일반적인 반사율이 우수한 Ag, Al 등의 물질들을 기반으로 하고, 화학적 기상 증착법(CVD) 또는 물리적 기상 증착법(PVD)를 이용하여 수십나노 내지 수십마이크로 두께로 성막된다. 형성된 반사층(125)은 모재기판(110)을 투과하여 입사된 특정 파장의 레이저가 희생층(120)에서 완벽히 흡수되지 않을 경우 반사층(125)에서 레이저 파장을 반사하여 희생층(120)으로의 재흡수를 유도하거나, 스스로 레이저 파장을 흡수함으로써 상층부에 제작되는 소자의 광학적, 기계적 응력을 소실시키는 역할을 하게된다.

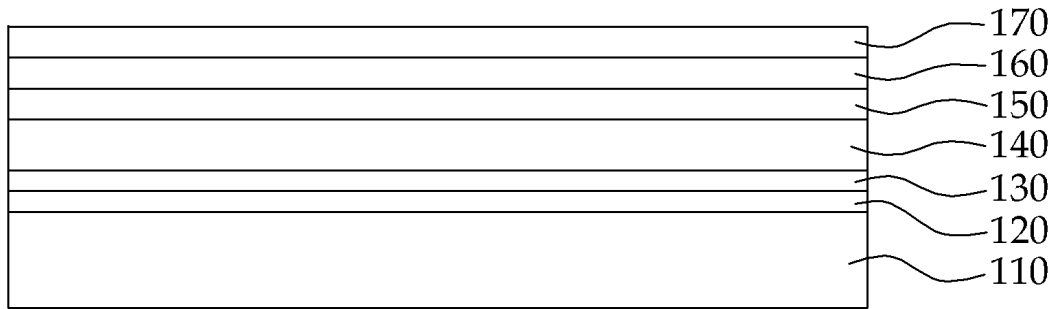
- [0050] 도 4는 본 발명에 따른 레이저 리프트 오프 공정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0051] 도 4를 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 염료감응 태양전지 모듈이 형성된 모재 기판(110)에 ArF, KrCl, KrF, XeCl, XeF 등의 레이저를 조사하여 모재 기판(110)과 희생층(120)의 계면을 분리한다. 레이저를 모재 기판(110)에 조사하면, 모재 기판(110)의 에너지 밴드갭은 레이저의 파장보다 커 조사된 레이저는 용이하게 모재 기판(110)을 통과하여 희생층(120)에 흡수된다. 레이저를 조사시 모재 기판(110)과 희생층(120) 사이에서는 플라즈마가 발생하며, 높은 온도의 플라즈마는 모재 기판(110)과 희생층(120) 계면 사이의 온도를 상승시켜 희생층(120)을 국부적인 용융 상태로 변화시킨다. 이 때 플라즈마의 높은 온도로 인한 국부적인 용융과 더불어 질소(N_2) 가스가 발생하며, 질소 가스의 기화로 모재 기판(110)과 희생층(120)의 계면을 박리한다. 바람직하게, 희생층(120)을 형성시 반응성 수소 가스(H_2)를 희생층(120) 성막시 유입시킬 수 있으며, 레이저 리프트 오프 공정시 플라즈마의 높은 온도에 따른 국부적인 용융에 따라 질소 가스(N_2) 발생과 더불어 수소 가스(H_2)의 기화를 통하여 희생층(120)과 모재 기판(110)의 계면이 보다 용이하게 박리된다.
- [0052] 본 발명에서 GaON 희생층은, 도2를 참고로 설명한 바와 같이 157nm 내지 350nm의 파장을 가지는 레이저 소스를 대부분 흡수함으로써, 모재 기판(110)과 희생층(120)의 계면을 완벽하게 분리하여 매끈한 희생층(120) 분리 계면을 형성할 수 있다.
- [0053] 도 5는 레이저 리프트 오프 공정을 통해 모재 기판이 박리된 염료감응 태양전지 모듈로부터 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조하는 공정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0054] 도 5를 참고로 살펴보면, 모재 기판(110)이 박리된 염료감응 태양전지 모듈을 임시 접착층(180)에 접착시켜 염료감응 태양전지 모듈(120, 130, 140, 150, 160, 170)을 모재 기판(110)으로부터 분리시킨다. 분리된 염료감응 태양전지 모듈(120, 130, 140, 150, 160, 170)을 영구 접착층(195)이 부착되어 있는 플렉서블 기판(190)에 접착시킨다. 임시 접착층(180)을 제거하여 분리된 태양전지 모듈(120, 130, 140, 150, 160, 170)을 플렉서블 기판(190)로 전사함으로써, 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조한다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 염료감응 태양전지는 모재 기판에 제한없이, 600℃ 이상의 높은 모재 기판 온도에서 열적 안정성을 가지는 다양한 종류의 모재 기판에 염료감응 태양전지 모듈을 제조한 후, 레이저 리프트 오프 공정을 통해 플렉서블 기판으로 전사하여 플렉서블 염료감응 태양전지를 제조하는 새로운 플렉서블 염료감응 태양전지 제조 방법을 제안한다. 또한, GaON 희생층을 사용하여 모재 기판과 희생층을 완벽하게 박리하여 매끄러운 계면을 가지는 희생층을 플렉서블 기판에 전사함으로써, 플렉서블 기판과 희생층을 완전 밀착하여 접착시킬 수 있으며 따라서 입사된 태양광의 손실과 누설 전류를 막을 수 있는 효과가 있다.
- [0056] 본 발명은 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. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

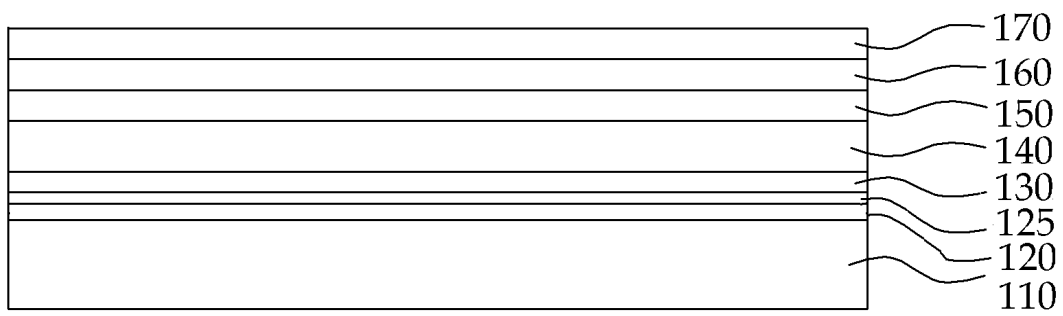
- [0057]
- | | |
|--------------|--------------|
| 110: 모재 기판 | 120: 희생층 |
| 130: 제1 투명전극 | 140: 무기 산화물층 |
| 150: 전해질층 | 160: 제2 투명전극 |
| 170: 투명 상부전극 | 180: 임시 접착층 |
| 190: 플렉서블 기판 | 195: 영구 접착층 |

도면

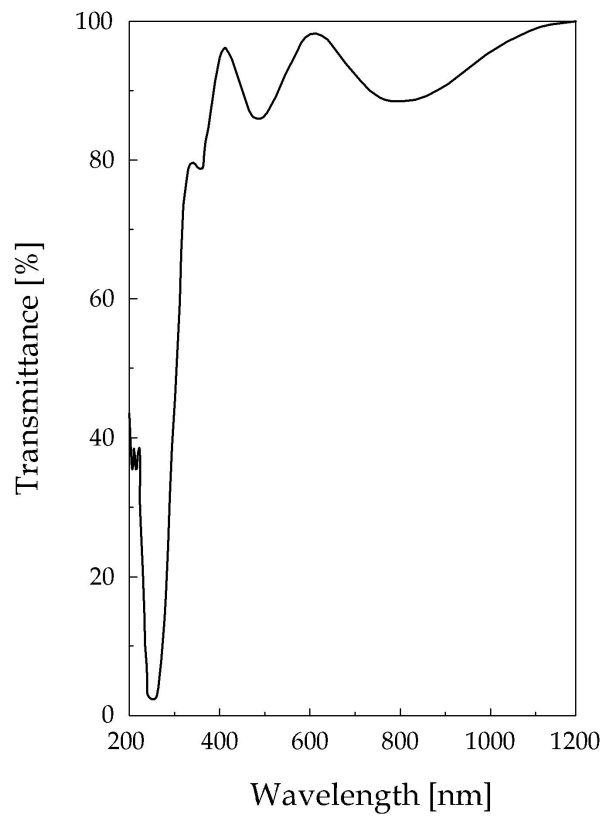
도면1



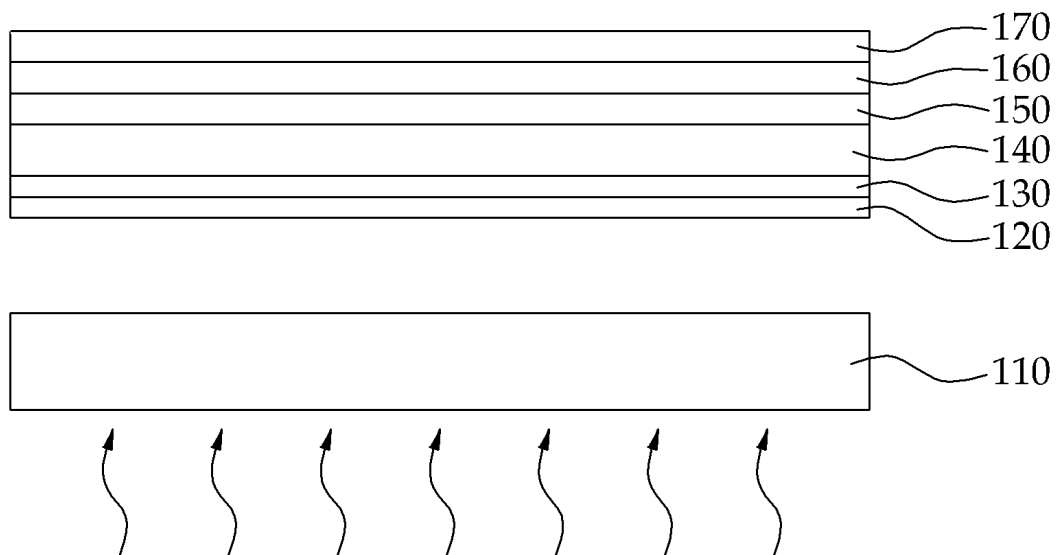
도면2



도면3



도면4



도면5

