



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0062259
(43) 공개일자 2011년06월10일

(51) Int. Cl.

H01L 31/042 (2006.01) H01L 31/0224 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0118925

(22) 출원일자 2009년12월03일

심사청구일자 2009년12월03일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

정지원

서울 마포구 공덕동 삼성래미안3차 아파트
303-1202

(74) 대리인

이원희

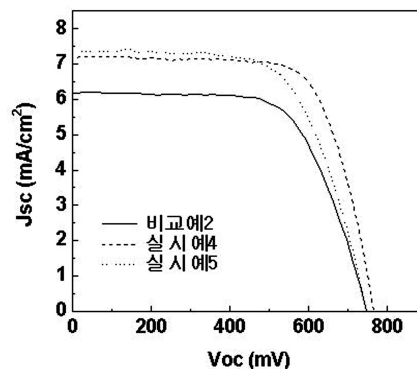
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 리프트오프 공정에 의해 패턴이 형성된 투명전극 및 이를 이용한 태양전지

(57) 요약

본 발명은 리프트오프 공정에 의해 패턴이 형성된 투명전극 및 이를 이용한 태양전지에 관한 것으로, 구체적으로 기판 상에 투명전극층을 증착하는 단계(단계 1); 상기 단계 1에서 제조된 투명전극층 위에 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계(단계 2); 상기 단계 2에서 제조된 포토레지스트 패턴이 형성된 투명전극층 상에 박막 투명전극층을 추가로 증착하는 단계(단계 3); 및 상기 포토레지스트 패턴을 제거하는 단계(단계 4)를 포함하는 리프트오프 공정을 이용하여 패턴이 형성된 투명전극 및 이를 이용한 태양전지에 관한 것이다. 본 발명에 의한 투명전극은 리프트오프 공정에 의해 패턴이 용이하게 형성되어 종래 투명전극에 비하여 표면적 및 광흡수층 부피를 증가시키며, 태양전지 제조시 패턴이 형성된 투명전극 내에 광흡수층이 증착됨으로써 빛의 산란을 감소시켜 태양광 전환 효율이 증가된 태양전지를 제조할 수 있다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

기판 상에 박막 투명전극층을 증착하는 단계(단계 1);

상기 단계 1에서 제조된 투명전극층 위에 포토레지스트를 코팅한 후 마스크 또는 레티클과 노광장치를 이용하여 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계(단계 2);

상기 단계 2에서 제조된 포토레지스트 패턴이 형성된 투명전극층 상에 박막 투명전극층을 추가로 증착하는 단계(단계 3); 및

상기 포토레지스트 패턴을 제거하는 단계(단계 4)를 포함하는 리프트오프 공정을 이용한 패턴이 형성된 100~350 nm 두께를 갖는 투명전극의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 1 및 단계 3의 투명전극층에 사용되는 물질은 ZnO, In_2O_3 , SnO_2 , ITO, FTO, AZO 및 IZO로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 또는 이의 혼합산화물인 것을 특징으로 하는 리프트오프 공정을 이용한 패턴이 형성된 투명전극의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단계 1 및 단계 3의 투명전극층을 형성하는 방법은 직류 마그네트론 스퍼터링, 라디오 주파수 마그네트론 스퍼터링, 졸-겔(Sol-Gel)법, 증발법, 화학증착법 및 기상증착법으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 리프트오프 공정을 이용한 패턴이 형성된 투명전극의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 투명전극층은 투명전극의 최종 두께에 대하여 10~50%의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 리프트오프 공정을 이용한 패턴이 형성된 투명전극의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 단계 4는 스트리퍼(stripper) 용액, 아세톤 또는 O_2 애싱법을 이용하여 포토레지스트 패턴을 제거하는 것을 특징으로 하는 리프트오프 공정을 이용한 패턴이 형성된 투명전극의 제조방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 패턴이 형성된 투명전극.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 투명전극의 두께는 100~350 nm인 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 투명전극은 패턴의 형성에 의해 전극의 표면적 및 광흡수율이 증가되는 것을 특징으로 하

는 투명전극.

청구항 9

제6항의 패턴이 형성된 투명전극을 구비하는 고효율 태양전지.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 고효율 태양전지는 염료감응형 태양전지, 유기분자 태양전지, 실리콘 박막형 태양전지 또는 화합물 반도체 박막형 태양전지인 것을 특징으로 하는 고효율 태양전지.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 리프트오프 공정에 의해 패턴이 형성된 투명전극 및 이를 이용한 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 심각한 환경 오염 문제와 화석 에너지 고갈로 차세대 청정 에너지 개발에 대한 중요성이 증대되고 있다. 그 중에서 태양전지는 공해가 적고, 자원이 무한적이며 반 영구적인 수명을 가지고 있어 미래 에너지 문제를 해결할 수 있는 에너지원으로 기대되고 있다.

[0003] 태양전지(solar cell)란, 태양광 에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 반도체 소자로서, 사용되는 광전변환 소재의 종류 및 형태에 따라 결정질 실리콘, 비정질 실리콘, 화합물 반도체, 유기물, 염료감응형 태양전지 등으로 분류된다.

[0004] 이 중, 현재 상용화되어 보급되고 있는 태양전지는 90%이상이 단결정 및 다결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 것으로 이를 "제1세대 태양전지"라 한다. 이러한 결정질 실리콘 태양전지는 1980년대부터 꾸준한 기술개발을 통한 효율향상과 원가절감으로 태양광 시장을 형성해 왔으며, 지난 수년간 연평균 50%에 가까운 성장세를 이어오고 있다. 이러한 수요증가는 향후에도 그 성장 기조를 유지할 것으로 전망되나, 원재료인 실리콘 소재가 기존 결정질 태양전지의 제조원가에서 차지하는 비중이 약 60%에 이르기 때문에 실리콘 가격상승에 따른 충격에 민감하고 태양광 발전 산업의 가격경쟁력 확보에 걸림돌이 되고 있다. 실제 태양전지용 폴리실리콘 가격은 지난 2003년 kg 당 23달러에서 2008년 초엔 250달러대로 10배 이상 폭등하면서 태양전지 제조 단가가 증가하는 문제가 발생하였다. 이러한 이유로 결정질 실리콘 태양전지보다 제조 단가가 낮고, 원자재 소모가 적고, 재료 공급이 원활한 박막형 태양전지에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이러한 박막형 태양전지에는 박막 실리콘 태양전지, 박막 화합물 태양전지, 염료감응 태양전지, 유기고분자 태양전지 등이 있다. 박막 실리콘 태양전지와 박막 화합물 태양전지들은 지속적인 연구개발에 의하여 일정수준의 전환효율을 보이고 있으나 염료감응 태양전지와 유기고분자 태양전지들은 낮은 제조 단가에도 불구하고 낮은 전환 효율(3-10% 이하)이 산업화에 걸림돌이 되고 있다. 따라서, 현재의 낮은 전환 효율을 개선할 필요가 있다.

[0005] 한편, 투명전극(transparent electrodes)이란, 가시광영역의 빛을 투과하면서도 전기전도성을 가지는 기능성 박막전극으로 다양한 박막태양전지에서 공통적으로 사용되는 핵심소재이다. 현재 사용되는 대부분의 투명전극용 박막소재는 금속 산화물로 구성된 n형 반도체 재료들로서, 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide; TCO)이라고 한다. 상기 투명 전도성 산화물로는 징크옥사이드(ZnO), 틴옥사이드(SnO), 인듐옥사이드-틴옥사이드(In₂O₃-SnO: ITO), 불소첨가 틴옥사이드(fluorinated SnO: FTO), 인듐옥사이드-징크옥사이드(In₂O₃-ZnO: IZO) 등의 산화물을 사용하고 있다.

[0006] 태양전지에 적용되는 투명전극의 경우는 태양광을 전기로 전환하는 효율이 가장 중요하므로 그 응용분야의 특성상 전도성 물질이 높은 광투과도와 함께 낮은 비저항을 갖는 것이 필수적인 요소가 되고 있다. 따라서 고효율의 태양전지를 개발하기 위해서는 투명 기지에 증착되는 전도성 물질 층이 낮은 비저항을 가지면서 투광도가 높고, 이에 부가하여 종래에 비하여 낮은 표면 조도를 가지는 것이 필수적이다.

[0007] 일반적으로, 투명전극은 유리 기판에 상기 투명 전도성 산화물(TCO)을 증착함으로써 제조할 수 있는데, 박막증착에 가장 널리 활용되는 물리기상증착(PVD)방식을 이용하면 생성된 TCO막 표면이 평탄하기 때문에, 태양전지로 입사되는 빛이 반사되어 광흡수율이 저하되는 문제가 있다.

[0008] 이에, 본 발명자들은 상기 문제를 해결하기 위하여 연구하던 중, 리프트오프(lift-off) 공정에 의해 패턴이 형성된 투명전극을 구비한 태양전지에서 태양광을 흡수하는 표면적, 광흡수층의 부피가 증가하고 빛의 산란이 감소하여 태양광 전환효율이 증가하는 것을 확인하고 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 리프트오프 공정을 이용하여 패턴이 형성된 투명전극을 제조하는 방법을 제공하는데 있다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 상기 제조방법으로 제조된 태양광 전환효율이 향상된 투명전극을 제공하는데 있다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 상기 투명전극을 이용한 태양전지를 제공하는데 있다.

과제 해결수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0013] 기판 상에 투명전극층을 증착하는 단계(단계 1); 상기 단계 1에서 제조된 투명전극층 위에 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계(단계 2); 상기 단계 2에서 제조된 포토레지스트 패턴이 형성된 투명전극층 상에 박막 투명전극층을 추가로 증착하는 단계(단계 3); 및 상기 포토레지스트 패턴을 제거하는 단계(단계 4)를 포함하는 리프트오프 공정을 이용하여 패턴이 형성된 투명전극을 제조하는 방법을 제공한다.

[0014] 또한, 본 발명은 상기 제조방법으로 제조된 패턴이 형성된 투명전극을 제공한다.

[0015] 나아가, 본 발명은 상기 패턴이 형성된 투명전극을 구비한 태양전지를 제공한다.

효 과

[0016] 본 발명에 의한 투명전극은 리프트오프 공정에 의해 패턴이 용이하게 형성되어 종래 투명전극에 비하여 표면적 및 광흡수층 부피를 증가시키며, 태양전지 제조시 패턴이 형성된 투명전극 내에 광흡수층이 증착됨으로써 빛의 산란을 감소시켜 태양광 전환효율이 증가된 태양전지를 제조할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

[0018] 본 발명은 도 1에 나타낸 바와 같이, 기판 상에 투명전극층을 증착하는 단계(단계 1);

[0019] 상기 단계 1에서 제조된 투명전극층 위에 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계(단계 2);

[0020] 상기 단계 2에서 제조된 포토레지스트 패턴이 형성된 투명전극층 상에 박막 투명전극층을 추가로 증착하는 단계(단계 3); 및

- [0021] 상기 포토레지스트 패턴을 제거하는 단계(단계 4)를 포함하는 리프트오프 공정을 이용하여 패턴이 형성된 투명 전극을 제조하는 방법을 제공한다.
- [0022] 먼저, 단계 1은 기판 상에 투명전극층을 증착하는 단계이다.
- [0023] 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 투명전극층에 사용되는 물질은 당업계에서 통상적으로 사용되는 ZnO, In₂O₃, SnO₂, ITO, FTO, AZO, IZO 등을 사용할 수 있으며, 상기 투명전극층을 형성하는 방법으로는 직류 마그네트론 스퍼터링, 라디오 주파수 마그네트론 스퍼터링 등의 물리증착법(PVD), 졸-겔(Sol-Gel)법 등을 포함하는 용액증착법, 증발법, 화학증착법 및 기상증착법 등을 이용하여 박막으로 증착할 수 있다.
- [0024] 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 단계 1의 투명전극층은 완성된 투명전극의 최종 두께에 따라 조절할 수 있다. 이때, 투명전극의 최종 두께는 100~350 nm인 것이 바람직한 바, 만일 최종 두께가 100 nm 미만이면 충분한 패턴이 이루어질 수 없고, 350 nm를 초과하면 광흡수층 및 전해질 양이 감소하여 태양전지 효율이 저하되는 문제가 있다.
- [0025] 일례로 투명전극의 최종 두께가 100~200 nm인 경우, 상기 단계 1의 투명전극층은 투명전극의 최종 두께에 대하여 10~50%의 두께로 형성하는 것이 바람직하며, 투명전극의 최종 두께가 200~350 nm인 경우에는 투명전극의 최종 두께에 대하여 20~70%의 두께로 형성하는 것이 바람직하다. 만일 상기 투명전극층이 투명전극의 최종 두께에 대하여 10% 미만이면 전기가 충분히 흐르지 못하는 문제가 있고, 70%보다 두꺼우면 태양광 전환효율의 개선이 미미하게 될 수 있다.
- [0026] 다음으로, 단계 2는 상기 단계 1에서 제조된 투명전극층 위에 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계이다.
- [0027] 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 단계 2는 리소그래피(lithography) 공정이라고도 하며, 일반적으로 반도체 공정에서 미세 패턴을 형성시키는 방법으로, 빛에 민감한 포토레지스트를 단계 1에서 제조된 투명전극층 위에 코팅한 후에 적절한 마스크(mask) 또는 레티클(reticle)과 노광장치(stepper)를 이용하여 상기 투명전극층 위에 패턴을 하는 공정이다. 패턴의 크기와 모양은 마스크 또는 레티클에 설계된 패턴의 크기와 모양에 따라서 형성할 수 있다.
- [0028] 다음으로, 단계 3은 상기 단계 2에서 제조된 포토레지스트 패턴이 형성된 투명전극층 상에 박막 투명전극층을 추가로 증착하는 단계이다.
- [0029] 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 투명전극층 증착 방법은 상기 단계 1에서 언급한 직류 마그네트론 스퍼터링, 라디오 주파수 마그네트론 스퍼터링 등의 물리증착법(PVD), 졸-겔(Sol-Gel)법 등을 포함하는 용액증착법, 화학증착법 및 기상증착법 등을 이용할 수 있다. 이때, 단계 1에서 증착된 투명전극의 두께를 고려하여 본 단계에서는 투명전극의 최종 두께의 나머지 두께를 증착한다.
- [0030] 다음으로, 단계 4는 상기 단계 2에서 제조된 포토레지스트 패턴을 제거하는 단계이다.
- [0031] 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 단계 4는 스트리핑(stripping) 공정이라고도 하며, 상기 단계 2에서 제조된 포토레지스트 패턴을 제거하는 공정이다.
- [0032] 상기 포토레지스트 패턴의 두께는 형성되는 투명전극 박막의 두께보다 두꺼워 외부에 노출되어 있으므로 상기 포토레지스트 패턴은 스트리퍼(stripper) 용액 또는 O₂ 애싱법으로 제거할 수 있으며, 아세톤 등의 유기용매를 이용하여 제거할 수도 있다.
- [0033] 이와 같은 제조방법을 통하여 최종적으로 패턴이 형성된 투명전극을 제조할 수 있다.
- [0034] 상기 투명전극은 패턴이 형성되어, 상기 패턴의 깊이가 깊을수록 태양전지 내부에 구비되는 광흡수층 및 전해질의 양 및 전극의 표면적을 증가시키고(도 2 및 도 3 참조), 빛의 산란을 감소시켜서 태양광 전환효율을 증가시

킬 수 있다(표 1 및 도 4 참조).

- [0035] 또한, 본 발명은 상기 패턴이 형성된 투명전극이 구비된 고효율 태양전지를 제공한다.
- [0036] 본 발명에 따른 태양전지는 패턴이 형성된 투명전극을 사용하여 투명전극의 표면적을 넓히고, 광흡수층 및 전해질의 부피를 증가시키고 동시에 패턴이 형성된 투명전극 안에 광흡수층을 증착시킴으로써 빛의 산란을 감소시켜 입사된 빛을 효율적 이용하여 고효율을 얻을 수 있으며, 이러한 태양전지로는 투명전극을 구비하는 염료감응형 태양전지, 유기분자 태양전지, 실리콘 박막형 태양전지 또는 화합물 반도체 박막형 태양전지를 사용할 수 있다.
- [0037] 본 발명의 일 실시형태에 따른 태양전지에 있어서, 상기 태양전지가 염료감응형 태양전지인 경우, 상기 태양전지는
- [0038] 패턴이 형성되지 않은 투명전극에 촉매박막전극을 증착시킨 후, 구멍을 형성시켜 상부전극을 제조하는 단계(단계 A);
- [0039] 상기 패턴이 형성된 투명전극에 광흡수층을 증착하여 하부전극을 제조하는 단계(단계 B);
- [0040] 상기 단계 B의 하부전극에 상기 단계 A의 상부전극을 양면테이프로 고정시키는 단계(단계 C); 및
- [0041] 상기 상부전극에 형성되어 있는 구멍을 통해 전해액을 주입시키고, 밀봉하는 단계(단계 D)를 포함하는 방법으로 제조될 수 있다.
- [0042] 본 발명에 따른 태양전지의 제조방법에 있어서, 단계 A는 패턴이 형성되지 않은 투명전극에 촉매박막전극을 증착시킨 후, 구멍을 형성시켜 상부전극을 제조하는 단계이다.
- [0043] 상기 구멍은 태양전지를 밀봉하기 위하여 고온 용융 호일을 삽입할 공간이다. 상기 구멍은 드릴로 제조할 수 있으며, 그 직경이 0.5~3 mm인 것이 바람직하다. 이때, 상기 구멍의 직경이 3 mm를 초과하면 밀봉시키기 어려운 문제가 있고, 0.5 mm 미만이면 상기 고온 용융 호일이 삽입되지 않는 문제가 있다.
- [0044] 본 발명에 따른 태양전지의 제조방법에 있어서, 단계 B는 상기 패턴이 형성된 투명전극에 광흡수층을 증착하여 하부전극을 제조하는 단계이다.
- [0045] 상기 광흡수층은 하부전극상에 증착되어, 태양광을 흡수하여 광전자를 여기시켜 투명전극으로 보내는 층이다. 이때, 광흡수층 증착은 마그네트론 스퍼터링, 졸-겔(Sol-Gel)법 등을 포함하는 용액증착법, 기상증착법 또는 화학적 도포법인 것이 바람직하다. 광흡수층은 일반적으로 단결정, 다결정, 비정질 실리콘, 카드뮴셀레나이드(CdS), 구리인듐다이셀레나이드(CuInSe₂), 산화 티타늄 입자, 산화니오븀(Nb₂O₅) 염료 또는 이의 혼합물을 사용할 수 있다. 상기 광흡수층 물질에 따라 마그네트론 스퍼터링, 졸-겔(Sol-Gel)법 등을 포함하는 용액증착법, 기상증착법 또는 화학적 도포법 중 하나를 선택하여 사용할 수 있다.
- [0046] 본 발명에 따른 태양전지의 제조방법에 있어서, 단계 C는 상기 단계 B의 하부전극에 상기 단계 A의 상부전극을 양면테이프로 고정시키는 단계이다.
- [0047] 상기 단계 C는 상, 하부 전극을 조립하여 고정시키는 단계로, 전해질이 주입될 공간이 확보시키고, 전극과 테이프 사이에 빈공간 없이 고정시킨다. 이때, 상기 단계에서 전극과 테이프 사이에 빈공간이 있으면 전해액이 누수될 수 있는 문제가 있다.
- [0048] 본 발명에 따른 태양전지의 제조방법에 있어서, 상기 단계 D는 상기 상부전극에 형성되어 있는 구멍을 통해 전해액을 주입시키고, 밀봉하는 단계이다.
- [0049] 상기 단계 D는 상기 단계 C에서 상, 하부 전극이 고정된 태양전지에 상기 단계 A에서 형성된 구멍으로 전해액을

주입시키고, 상기 전해액이 누수되지 않도록 밀봉하는 단계이다.

[0050] 상기 단계 D의 밀봉은 고온 용융 밀봉 호일(hot melt sealing foil)을 넣고 열전도테이프(thermal tape)로 부착하여 인두를 사용하여 열전도테이프의 후면을 짧은 시간 동안 수 회 가열하여 이루어진다. 이때, 열전도테이프를 통해 전해진 인두의 열은 삽입된 고온 용융 밀봉 호일을 용융시켜 상부전극에 형성된 구멍을 막아, 전해액이 누수되는 것을 방지할 수 있다.

[0051] 이하, 본 발명의 실시예에 의해 더욱 상세히 설명한다. 단 하기의 실시예는 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0052] <제조예 1> 폴리에틸렌글리콜을 이용한 산화티타늄 페이스트의 제조

[0053] 산화티타늄 입자(Degussa P25, 80% anatase-2% rutile) 0.5 g을 탈이온수 1.5~2 ml와 혼합한 후, 막자사발을 이용하여 약 10분 동안 갈았다. 다음으로 아세틸아세톤(acetylacetone) 0.2 ml, 아세트산(acetic acid) 0.2 ml, 분자량이 20 000인 폴리에틸렌글리콜(polyethylene glycol, PEG) 0.15 g과 분자량이 500 000인 PEG 0.5 g을 순차적으로 혼합시키고, 상기 각각의 용액을 첨가할 때마다 약 15~20분 정도 갈았다. 마지막으로 에탄올(absolute ethanol)을 첨가하여 점도를 조절하고 20분 동안 갈아서 산화티타늄 페이스트를 제조하였다.

[0054] <제조예 2> 트리톤을 이용한 산화티타늄 페이스트의 제조

[0055] 산화티타늄 입자 1 g을 탈이온수 3 ml와 혼합하여 30분 동안 교반시킨 후에 아세틸아세톤, 아세트산, 트리톤(Triton, Polyoxyethylene(10) isooctylphenyl ether, Mw = 646.85 g/mol)을 순차적으로 첨가하였다. 이때, 각 용액을 첨가할 때 마다 각각 30분씩 교반시켰다. 에탄올을 첨가하여 점도를 조절하고 균일기(homogenizer)를 이용하여 15분 동안 교반하여 산화티타늄 페이스트를 제조하였다.

[0056] <제조예 3> 염료의 제조

[0057] 시스-비스(이소티오시아네이트)비스(2,2'-바이피리딜-4,4'-디카르복실레이트)-루테늄(II)비스-테트라부틸암모늄(cis-bis(isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylato)-ruthenium(II) bis-tetrabutylammonium, (N719)) 35 mg을 에탄올 100 ml에 용해시킨 0.3 mM의 용액을 50 ℃로 가열된 핫플레이트(hot plate)에서 12 시간 동안 강하게 교반시켜 염료를 제조하였다. 상기 염료 용액은 상온(25 ℃)에서 빛이 차단된 상자에 보관하면서 사용하였다.

[0058] <제조예 4> 전해질 용액의 제조

[0059] 요오드화리튬(LiI) 133.84 mg, 요오드(I₂) 126.905 g, 4-tert-부틸피리딘(4-tert-butylpyridine) 0.73245 ml 및 1-헥실-2,3-디메틸-이미다졸륨(1-hexyl-2, 3-dimethyl-imidazolium) 1.8492 g을 메톡시아세토니트릴(methoxyacetonitrile)에 첨가하여 3 시간 동안 강하게 혼합시켰다.

[0060] <실시예 1> 리프트오프 공정을 이용한 패턴이 형성된 투명전극의 제조

[0061] 단계 1: 투명전극을 증착하는 단계

[0062] 유리기판을 In₂O₃:IZO의 비율이 9:1인 타겟과 7.5 cm가 떨어진 곳에 위치시킨 후, 공정압력 3 mTorr에서 순수한 아르곤 50 sccm을 흘려주면서 70 W rf 마그네트론 파워로 투명전극을 증착시켰다. 이때, 증착되는 투명전극의 두께는 150 nm으로서 최종 두께의 50%이다.

[0063] 단계 2: 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계

[0064] 상기 단계 1에서 증착된 투명전극에 3 μm 폭의 중형 선패턴을 형성하기 위하여, 투명전극 위에 투명전극의 접착력을 향상시킬 수 있는 접착 촉진제(adhesion promoter)시약을 도포하고, 포토레지스트(photoresister) 물질을 약 1.2 μm 두께로 코팅한 후에, 핫 플레이트 위에서 90~95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 60~90초 동안 가열하여 유기용매의 일부를 제거하였다(soft baking). 이후, 패턴이 인쇄된 부분을 광원의 조사장치인 마스크 얼라이너(mask aligner) 또는 노광장치(stepper)를 사용하여 일정 시간(exposure time) 빛에 노출시킨 후 빛에 현상액(developer)로 감광된 포토리지스터를 제거하여 투명전극 상에 포토레지스트 패턴을 형성하였다.

[0065] **단계 3: 투명전극을 재증착하는 단계**

[0066] 다음으로, 유리판을 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{IZO}$ 의 비율이 9:1인 타겟과 7.5 cm가 떨어진 곳에 위치시킨 후, 공정압력 3 mTorr에서 순수한 아르곤 50 sccm을 흘려주면서 70 W rf 마그네트론 파워로 투명전극을 증착시켰다. 이때, 증착된 전극의 두께는 최종 두께의 50%이고, 150 nm이었다.

[0067] **단계 4: 포토레지스트 패턴을 제거하는 단계**

[0068] 포토레지스트 패턴의 두께(~1200 nm)가 형성되는 박막의 두께(300 nm)보다 매우 높아 외부에 노출되어 있으므로 잔존하는 포토레지스트 물질을 스트리퍼(stripper) 용액 또는 O_2 애싱(ashing)법으로 제거할 수 있으나, 투명전극을 보호하기 위하여 아세톤 용액을 이용하여 간단히 제거함으로써 패턴이 형성된 투명전극을 제조하였다.

[0069]

[0070] **<실시예 2>**

[0071] 단계 1에서 박막의 증착두께를 210 nm, 단계 3에서 박막의 증착두께를 90 nm로 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 수행하여 패턴이 형성된 투명전극을 제조하였다.

[0072] **<실시예 3>**

[0073] 단계 1에서 박막의 증착두께를 100 nm, 단계 2에서 박막의 증착두께를 100 nm로 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 수행하여 패턴이 형성된 투명전극을 제조하였다.

[0074] **<비교예 1> 패턴이 형성되지 않은 투명전극의 제조**

[0075] 상기 실시예 1의 단계 1만을 수행하여 두께가 300 nm이고 패턴이 형성되지 않은 투명전극을 제조하였다.

[0076] **<실시예 4> 패턴이 형성된 전극이 구비된 태양전지의 제조**

[0077] **단계 A: 상부전극을 제조하는 단계**

[0078] 패턴이 형성되지 않은 투명전극(비교예 1)에 백금을 증착시킨 후, 백금이 증착된 투명전극에 드릴로 구멍을 형성시켜 상부전극을 제조하였다.

[0079] **단계 B: 하부전극을 제조하는 단계**

[0080] 실시예 1에서 제조된 패턴이 형성된 전극층 상에 제조예 1에서 제조된 산화티타늄을 코팅하고, 100 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20분 동안 가열하여 산화 티타늄내 수분을 증발시켰다. 다음으로, 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5분 동안 가열한 후 상기 제조예 3에서 제조된 염료 0.3 mM에 24 시간 동안 침지시켰다. 이후 에탄올로 세척하여 산화티타늄에 흡착되지 않은 염료를 제거하고 질소가스 내에서 건조시켜 하부전극을 제조하였다.

[0081] **단계 C: 하부전극에 상부전극을 고정시키는 단계**

- [0082] 상기 단계 B에서 제조된 하부전극에 상기 단계 A에서 제조된 상부전극을 양면테이프(카본테이프)로 고정시켰다.
- [0083] **단계 D: 전해액 주입 후 밀봉하는 단계**
- [0084] 상기 제조예 4에서 제조된 전해액을 상부전극에 형성되어 있는 구멍을 통해 주입시킨 후, 상기 구멍에 고온 용융 밀봉 호일을 넣고 열전도테이프를 부착한 다음 가열하여 밀봉함으로써 본 발명에 따른 태양전지를 제조하였다.
- [0085] **<실시예 5>**
- [0086] 단계 B에 있어서, 실시예 2에서 제조된 투명전극을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 4와 동일한 방법으로 수행하여 태양전지를 제조하였다.
- [0087] **<실시예 6>**
- [0088] 단계 B에 있어서, 실시예 3에서 제조된 투명전극을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 4와 동일한 방법으로 수행하여 태양전지를 제조하였다.
- [0089] **<비교예 2> 패턴이 형성되지 않은 투명전극이 구비된 태양전지의 제조**
- [0090] 단계 B에 있어서, 비교예 1에서 제조된 투명전극을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 4와 동일한 방법으로 수행하여 태양전지를 제조하였다.
- [0091] **<실험예 1> 전자주사현미경 관찰**
- [0092] 실시예 4, 5 및 비교예 2에서 제조된 태양전지 내의 하부기판의 투명전극의 단면을 전자주사현미경(S-4300, Hitachi)으로 분석하여 도 3에 나타내었다.
- [0093] 도 3에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따라 제조된 패턴이 형성된 투명전극(실시예 4 및 5)이 비교예 2의 패턴이 형성되지 않은 투명전극에 비하여 표면적이 증가하고 광흡수층 부피 또한 증가하는 것으로 나타났다(점선원 내 참조).
- [0094]
- [0095] **<실험예 2> 태양광 전환율 측정**
- [0096] 본 발명에 따라 제조된 패턴이 형성된 투명전극의 태양광 전환효율을 알아보기 위하여, 실시예 4, 5 및 비교예 2에서 제조된 태양전지의 태양광 전환효율을 측정하여 하기 표 1 및 도 4에 나타내었다.
- 표 1**
- [0097]
- | | 개방전압(Voc)
(mV) | 단락전류밀도(Jsc)
(mA/cm ²) | 채움인자(F.F)
(%) | 전환효율
(%) |
|-------|-------------------|--------------------------------------|------------------|-------------|
| 비교예 2 | 749.18 | 6.18 | 65.82 | 3.05 |
| 실시예 4 | 756.77 | 7.20 | 70.14 | 3.82 |
| 실시예 5 | 744.60 | 7.40 | 63.72 | 3.51 |
- [0098] 표 1 및 도 4에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따라 제조된 패턴이 형성된 투명전극을 구비한 태양전지가 패턴이 형성되지 않은 일반 투명전극을 구비한 태양전지보다 전환효율이 높은 것을 확인하였으며, 실시예 4의 경우 약 25% 이상 전환효율이 증가하는 것을 확인하였다.

[0099] 따라서, 본 발명에 의한 투명전극은 리프트오프 공정에 의해 패턴이 용이하게 형성되어 종래 투명전극에 비하여 표면적 및 광흡수층 부피를 증가시키며, 태양전지 제조시 패턴이 형성된 투명전극 내에 광흡수층이 증착됨으로써 빛의 산란을 감소시켜 태양광 전환효율이 증가된 태양전지를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0100] 도 1은 본 발명에 따른 리프트오프 공정을 이용한 패턴이 형성된 투명전극의 제조방법을 나타내는 개념도이다.

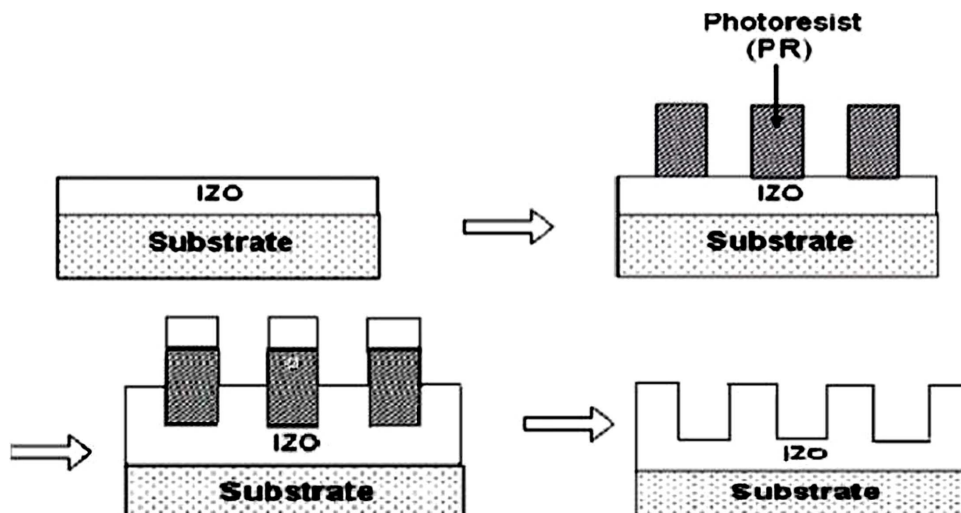
[0101] 도 2는 본 발명에 따라 제조된 패턴이 형성된 투명전극과 기존의 패턴이 형성되지 않은 투명전극에 광흡수층 증착시 부피차를 나타낸 개념도이다.

[0102] 도 3은 본 발명에 따라 제조된 패턴이 형성된 투명전극의 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진이다((a) 비교예 2, (b) 실시예 4, (c) 실시예 5).

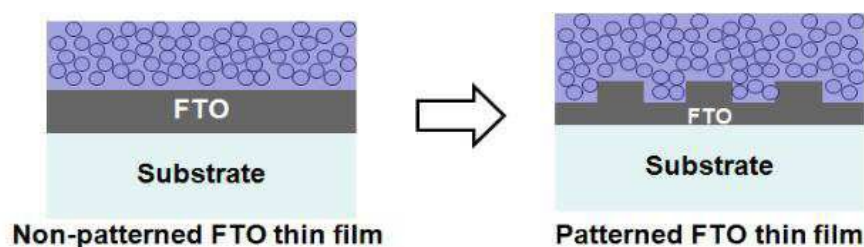
[0103] 도 4는 본 발명에 따라 제조된 패턴이 형성된 투명전극을 구비한 태양전지의 태양광 전환효율을 측정한 그래프이다.

도면

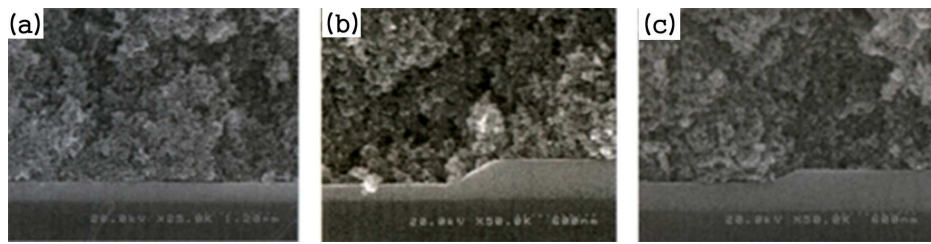
도면1



도면2



도면3



도면4

