



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0022859
(43) 공개일자 2010년03월03일

(51) Int. Cl.

H01L 31/042 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0081568

(22) 출원일자 2008년08월20일

심사청구일자 2008년08월20일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

이현

서울특별시 서초구 방배동 808-4 (2/5) 그랑씨엘
방배 -302

양기연

서울 동작구 사당2동 극동아파트 102동 1003호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인대아

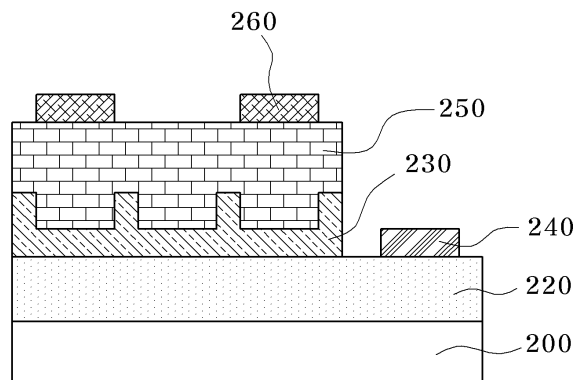
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 직접 ZnO 패터닝을 통한 고효율 태양전지 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 태양전지

(57) 요약

본 발명은 ZnO 패터닝을 통한 고효율 태양전지 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 태양전지에 관한 것으로, 나노 임프린트 리소그래피 공정을 이용하되, 임프린팅 레지스트 대신 ZnO-졸(sol)을 형성하고, PDMS 또는 고분자 몰드를 압착하여 ZnO-겔(gel) 나노 패턴을 제작하고 이 후 어닐링(annealing) 공정을 통해 ZnO 나노 패턴을 제작함으로써, 태양 전지의 광 포획량을 극대화하고 공정비용이 감소시킬 수 있도록 하는 발명에 관한 것이다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

윤경민

서울특별시 성북구 안암동4가 29-2 205호

한강수

서울 도봉구 방학3동 신동아아파트 116동 502호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2007NPV08P0200002007

부처명 에너지관리공단

연구사업명 신재생에너지기술개발사업

연구과제명 유연 폴리머 기관을 사용한 유-무기 복합 태양전지의 제작

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2007년 06월 29일 ~ 2008년 06월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

투명기관;

상기 투명기관 상부에 형성되는 TCO층(transparent conducting oxide);

상기 TCO층 상부에 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드에 의해 직접 패터닝된 ZnO 나노 패턴;

상기 ZnO 나노 패턴 상부에 형성되는 p 타입 반도체층; 및

상기 p 타입 반도체층 상부 및 상기 ZnO 나노 패턴과 각각 연결되는 금속전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 실록산(siloxane) 계열 몰드는 PDMS(polydimethylsiloxane) 또는 h-PDMS(hard-PDMS)로 제작된 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드는 폴리카보네이트(poly carbonate; PC) 또는 폴리우레탄 아크릴레이트(polyurethane acrylate; PUA)로 제작된 것을 특징으로 하는 태양전지.

청구항 4

투명기관 상부에 TCO층(transparent conducting oxide)을 형성하는 단계;

상기 TCO층 상부에 ZnO 나노 패턴을 형성하되, 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 이용하여 직접 패터닝한 ZnO 나노 패턴을 형성하는 단계;

상기 ZnO 나노 패턴 상부에 p 타입 반도체층을 형성하는 단계; 및

상기 p 타입 반도체층 상부 및 상기 ZnO 나노 패턴과 각각 연결되는 금속전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 실록산(siloxane) 계열 몰드는 PDMS(polydimethylsiloxane) 또는 h-PDMS(hard-PDMS)로 제작하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드는 폴리카보네이트(poly carbonate; PC) 또는 폴리우레탄 아크릴레이트(polyurethane acrylate; PUA)로 제작하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 ZnO 나노 패턴을 형성하는 단계는 상기 TCO층 상부에 ZnO-졸(sol)층을 형성하는 단계;

상기 ZnO-졸(sol)층 상부에 상기 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 압착시켜 ZnO-겔(gel) 나노 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 제거하고, 상기 ZnO-겔(gel) 나노 패턴에 어닐링(annealing) 공정을 수행하여 ZnO 나노 패턴을 제조하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 ZnO-졸(sol)층은 에탄올(ethanol), 디메틸포름아미드(DMF) 및 톨루엔(toluene) 중 선택된 어느 한 용매에 아연 아세테이트 수화물(Zinc acetate dihydrate) 또는 질산 아연(Zinc nitrate)을 첨가하고 안정제로 디에탄올아민(dimethanolamine) 또는 모노에탄올아민(monomethanolamine)을 첨가하여 제조하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 ZnO-졸(sol)층은 스핀 코팅(spin-coating) 방법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 ZnO-겔(gel) 나노 패턴을 형성하는 단계는 상기 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 1 ~ 10atm의 압력 및 100℃ ~ 200℃의 온도에서 30분 ~ 1시간 동안 상기 ZnO-졸(sol) 내의 용매가 완전히 제거될 때까지 압착하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 ZnO-겔(gel) 나노 패턴에 어닐링(annealing) 공정은 500 ~ 700℃의 온도 및 공기 분위기에서 수행하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양전지의 전극 형성방법, 태양전지의 제조방법 및 태양전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전극 라인의 폭을 미세화하여 태양광에 대한 흡수율을 높일 수 있고 전극의 저항을 낮출 수 있는 태양전지의 전극 형성방법 및 이를 포함하는 태양전지의 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 석유나 석탄과 같은 기존 에너지 자원의 고갈이 예측되면서 이들을 대체할 대체 에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중에서도 태양전지는 에너지 자원이 풍부하고 환경오염에 대한 문제점이 없어 특히 주목 받고 있다. 태양전지에는 태양열을 이용하여 터빈을 회전시키는데 필요한 증기를 발생시키는 태양열 전지와, 반도체의 성질을 이용하여 태양빛(photons)을 전기에너지로 변환시키는 태양광 전지가 있으며, 태양전지라고 하면 일반적으로 태양광 전지(이하 태양전지라 한다)를 일컫는다.

[0003] 도 1은 종래 기술에 따른 태양전지의 기본적인 구조를 도시한 개략도이다.

[0004] 도 1에 도시된 태양전지의 기본적인 구조를 참조하면, 태양전지는 다이오드와 같이 p형 반도체(1)와 n형 반도체(2)의 접합 구조를 가지며, 태양전지에 빛이 입사되면 빛과 태양전지의 반도체를 구성하는 물질과의 상호 작용으로 (-) 전하를 띤 전자와 전자가 빠져나가 (+) 전하를 띤 정공이 발생하여 이들이 이동하면서 전류가 흐르게 된다. 이를 광기전력효과(光起電力效果, photovoltaic effect)라 하는데, 태양전지를 구성하는 p형(1) 및 n형 반도체(2) 중 전자는 n형 반도체(2) 쪽으로, 정공은 p형 반도체(1) 쪽으로 끌어 당겨져 각각 n형 반도체(1) 및 p형 반도체(2)와 접합된 전극(3, 4)으로 이동하게 되고, 이 전극(3, 4)들을 전선으로 연결하면 전기가 흐르므로

전력을 얻을 수 있다.

- [0005] 이와 같은 태양전지의 출력특성은 일반적으로 솔라시뮬레이터를 이용하여 얻어진 출력전류전압곡선 상에서 출력 전류 I_p 와 출력전압 V_p 의 곱 $I_p \times V_p$ 의 최대값(P_m)을 태양전지로 입사하는 총광에너지($S \times I$: S 는 소자면적, I 는 태양전지에 조사되는 광의 강도)로 나눈 값인 변환효율 η 에 의해 평가된다.
- [0006] 태양전지의 변환효율을 향상시키기 위해서는 태양전지의 태양광에 대한 반사율을 높이고, 캐리어들의 재결합 정도를 줄여야 하며, 반도체 기판 및 전극에서의 저항을 낮추어야 한다. 태양전지에 대한 연구들은 대체로 이들과 관련하여 진행되고 있다.
- [0007] 이와 같은 태양전지의 전극 형성은 일반적으로 반도체 제작 공정에 주로 쓰이는 탑 다운(top-down) 기술과 바텀 업(bottom-up) 기술이 있다. 그러나, 탑 다운(top-down) 공정은 태양전지에 적용하기에는 너무 공정 비용이 높은 문제가 있어, 바텀 업(bottom-up) 기술이 주로 사용되고 있다.
- [0008] 바텀 업 기술은 전극 형성용 페이스트를 소정 패턴에 따라 반도체 기판 또는 반사방지막에 도포한 후 열처리하는 공정을 통해 이루어진다. 그러나, 이러한 방법에 따르면, 전극 형성용 페이스트가 경화되기 전에는 그 형상을 유지하지 못하고 옆으로 흘러 내려, 예정된 패턴에 따라 전극을 형성하기 어렵고 전극 라인을 가늘고 균일하게 형성하기 어려워 전지의 반사율을 낮추는데 한계가 있었다. 또한, 전극 형성용 페이스트에는 글라스 프리트 등과 같은 금속 이외의 물질이 다량 함유되어, 전극의 저항을 높이는 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0009] 본 발명은 태양전지용 전극 제조시 간단한 공정을 통해 나노 패턴을 쉽게 제작할 수 있는 나노 임프린트 리소그래피 공정을 이용하되, 임프린팅 레지스트 대신 ZnO-졸(sol)을 형성하고, PDMS 또는 고분자 몰드를 압착하여 ZnO-겔(gel) 나노 패턴을 제작하고 이 후 어닐링(annealing) 공정을 통해 ZnO 나노 패턴을 제작함으로써, p-n 접합부의 접합 면적을 증가시키고, 태양 전지의 광 포획량을 극대화하고 공정비용이 감소시킬 수 있는 직접 ZnO 패터닝을 통한 고효율 태양전지 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 태양전지를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0010] 본 발명에 따른 고효율 태양전지는 투명기판과, 상기 투명기판 상부에 형성되는 TCO층(transparent conducting oxide)과, 상기 TCO층 상부에 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드에 의해 직접 패터닝된 ZnO 나노 패턴과, 상기 ZnO 나노 패턴 상부에 형성되는 p 타입 반도체층 및 상기 p 타입 반도체층 상부 및 상기 ZnO 나노 패턴과 각각 연결되는 금속전극을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 여기서, 상기 실록산(siloxane) 계열 몰드는 PDMS(polydimethylsiloxane) 또는 h-PDMS(hard-PDMS)로 제작된 것을 특징으로 하고, 상기 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드는 폴리카보네이트(poly carbonate; PC) 또는 폴리우레탄 아크릴레이트(polyurethane acrylate; PUA)로 제작된 것을 특징으로 한다.
- [0012] 아울러, 본 발명에 따른 직접 ZnO 패터닝을 통한 고효율 태양전지 제조 방법은 투명기판 상부에 TCO층(transparent conducting oxide)을 형성하는 단계와, 상기 TCO층 상부에 ZnO 나노 패턴을 형성하되, 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 이용하여 직접 패터닝한 ZnO 나노 패턴을 형성하는 단계와, 상기 ZnO 나노 패턴 상부에 p 타입 반도체층을 형성하는 단계 및 상기 p 타입 반도체층 상부 및 상기 ZnO 나노 패턴과 각각 연결되는 금속전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 여기서, 상기 실록산(siloxane) 계열 몰드는 PDMS(polydimethylsiloxane) 또는 h-PDMS(hard-PDMS)로 제작하는 것을 특징으로 하고, 상기 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드는 폴리카보네이트(poly carbonate; PC) 또는 폴리우레탄 아크릴레이트(polyurethane acrylate; PUA)로 제작하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 아울러, 상기 ZnO 나노 패턴을 형성하는 단계는 상기 TCO층 상부에 ZnO-졸(sol)층을 형성하는 단계와, 상기 ZnO-졸(sol)층 상부에 상기 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 압착시켜 ZnO-겔(gel) 나노 패턴을 형성하는 단계 및 상기 나노 임프린트용 실록산(siloxane)

계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 제거하고, 상기 ZnO-겔(gel) 나노 패턴에 어닐링(annealing) 공정을 수행하여 ZnO 나노 패턴을 제조하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0015] 여기서, 상기 ZnO-졸(sol)층은 에탄올(ethanol), 디메틸포름아미드(DMF) 및 톨루엔(toluene) 중 선택된 어느 한 용매에 아연 아세테이트 수화물(Zinc acetate dihydrate) 또는 질산 아연(Zinc nitrate)을 첨가하고 안정제로 디메탄올아민(dimethanolamine) 또는 모노에탄올아민(monomethanolamine)을 첨가하여 제조하는 것을 특징으로 하고, 상기 ZnO-졸(sol)층은 스핀 코팅(spin-coating) 방법으로 형성하는 것을 특징으로 하고, 상기 ZnO-겔(gel) 나노 패턴을 형성하는 단계는 상기 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 1 ~ 10atm의 압력 및 100℃ ~ 200℃의 온도에서 30분 ~ 1시간 동안 상기 ZnO-졸(sol) 내의 용매가 완전히 제거될 때까지 압착하는 것을 특징으로 하고, 상기 ZnO-겔(gel) 나노 패턴에 어닐링(annealing) 공정은 500 ~ 700℃의 온도 및 공기 분위기에서 수행하는 것을 특징으로 한다.

효 과

- [0016] 본 발명의 고효율 태양전지의 제조 방법에 따르면, 종래의 탑 다운 기술을 이용한 전극 형성보다 훨씬 간단하고 저렴한 공정을 통해 고효율의 태양전지를 제조할 수 있고, 광포획량 및 안정성이 우수한 태양전지를 제공할 수 있는 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명에 따른 고효율 태양전지 제조 방법은 태양전지의 전극 형성을 위한 몰드를 폴리(디메틸실록산)(PDMS)과 같은 낮은 영률(Young's Modulus)을 가지는, 바람직하게는 일부 제품을 위해 대략 1 마이크로 ~ 대략 100 마이크로미터의 범위로부터 선택된 두께를 가지는 중합체층을 이용하여 제조한다.
- [0018] 낮은 영률을 가지는 중합체층 사용은 하나 이상의 인쇄가능한 반도체 소자, 특히, 곡면을 이루는, 울퉁불퉁한, 편평한, 매끄러운 또는 외곽선의 노출된 표면이 구비된 인쇄가능한 반도체 소자와의 우수한 정각의 접촉을 확립할 수 있고, 곡면을 이루는, 울퉁불퉁한, 편평한, 매끄러운 또는 외곽선의 기판 표면과 같이 넓은 범위의 표면 형태를 가지는 기판 표면과의 우수한 정각의 접촉을 확립할 수 있는 전사 장치를 제공할 수 있기 때문에 유용하다.
- [0019] 아울러, 본 발명은 실리콘 태양전지의 광포획량을 증가시키기 위한 방법으로, ZnO(Zinc Oxide) 나노 패턴을 이용하여 유/무기 복합 태양전지의 광포획량 향상시키는 기술을 사용한다.
- [0020] ZnO는 금속 산화물 반도체의 일종으로, 엑시톤 바인딩 에너지(excitonic binding energy)가 높고 3.3eV의 큰 direct band gap을 갖고 있어 광학 소자에의 응용 가능성이 높은 물질이다.
- [0021] 특히, ZnO는 전기 전도도가 높고 수소 플라스마에 대한 안정성이 우수하기 때문에 태양전지용 전극으로 사용하기에 적합하다. p 타입 반도체를 접합시키는 박막 증착 공정 시 다량의 수소 플라스마 분위기가 사용되는데, 이때 ZnO는 전기저항이 감소되지 않고 투명전도막의 안정성을 확보할 수 있다.
- [0022] 또한, p 타입 반도체 물질과의 접촉 면적을 증가시켜 광 포획량을 향상시킬 수 있다. 본 발명에서는 ZnO가 산소 공공(oxygen vacancy)을 다량 포함하고 있는 n 타입 반도체 물질로서 작용한다. 따라서, ZnO 패턴층 상에 p타입 반도체 층이 형성되면 그 접합부에 p-n 접합부(junction)가 생성이 되고, 이 p-n 접합부에서 태양 에너지를 흡수하여 전자-홀 쌍(electron-hole pair)을 형성시키고, 전자-홀 쌍에 의해 전기에너지가 생성이 되는 것이다.
- [0023] 이하에서는 상술한 본 발명의 기술에 근거하여 직접 ZnO 패터닝을 통한 고효율 태양전지 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 태양전지를 제시한다.
- [0024] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 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.
- [0025] 본 발명에 따른 직접 ZnO 패터닝을 통한 고효율 태양전지 제조 방법은 먼저 투명기판 상부에 TCO층(transparent conducting oxide)을 형성하고, TCO층 상부에 ZnO 나노 패턴을 형성하되, 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 이용하여 직접 패터닝한 ZnO 나노 패턴을 형성하고, ZnO 나노 패턴 상부에 p 타입 반도체층을 형성하는 단계 및 p 타입 반도체층 상부 및 상기 ZnO 나노 패턴과 각

각 연결되는 금속전극을 형성 한다. 이하에서는 본 발명에 따른 태양 전지를 제조하기 위한 첫 번째 공정으로 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드를 형성하는 방법에 대해 설명한다.

- [0026] 도 2a 내지 도 2d는 본 발명의 일실시예에 따른 태양전지 전극형성용 몰드를 제조하는 방법을 도시한 단면도들로, 나노 몰딩(nano-molding) 공정을 도시한 것이다.
- [0027] 도 2a를 참조하면, 본 발명에 따른 고효율 태양전지의 전극 패턴이 되는 ZnO 나노 패턴을 형성하기 위한 마스터 몰드(Master mold, 10)를 준비한다.
- [0028] 도 2b를 참조하면, 마스터 몰드(10) 상부에 실록산(siloxane) 계열의 전구체(precursor) 용액층(20)을 형성한다. 이때, 실록산(siloxane) 계열은 PDMS(polydimethylsiloxane) 또는 h-PDMS(hard-PDMS)을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0029] 도 2c를 참조하면, 실록산(siloxane) 계열의 전구체(precursor) 용액층(20)을 가열하여 경화시키고, PDMS(polydimethylsiloxane) 또는 h-PDMS(hard-PDMS) 몰드(30)를 형성한다.
- [0030] 도 2d를 참조하면, 마스터 몰드(10)를 제거한다.
- [0031] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명 다른 실시예에 따른 태양전지 전극형성용 몰드를 제조하는 방법을 도시한 단면도들로, 핫 엠보싱(hot-embossing) 공정을 도시한 것이다.
- [0032] 도 3a를 참조하면, 본 발명에 따른 고효율 태양전지의 전극 패턴이 되는 ZnO 나노 패턴을 형성하기 위한 마스터 몰드(Master mold, 10)를 준비한다.
- [0033] 도 3b를 참조하면, 마스터 몰드(10) 상부에 폴리카보네이트(poly carbonate; PC) 또는 폴리우레탄 아크릴레이트(polyurethane acrylate; PUA)와 같은 고분자 쉬트(40)를 가열하면서 가압시킴으로써, 핫 엠보싱(hot-embossing) 공정을 진행한다.
- [0034] 도 3c를 참조하면, 마스터 몰드(10)를 제거하여 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드(50)를 형성한다.
- [0035] 다음에는, 상기와 같이 제조된 몰드를 이용하여 ZnO 나노 패턴을 제작한다.
- [0036] 도 4a 내지 도 4d는 본 발명에 따른 태양전지 전극을 제조하는 방법을 도시한 단면도들이다.
- [0037] 도 4a를 참조하면, TCO층이 증착된 기판(100) 상부에 ZnO-졸(sol)층(120)을 형성한다. 이때, ZnO-졸(sol)층(120)은 에탄올(ethanol), 디메틸포름아미드(DMF) 및 톨루엔(toluene) 중 선택된 어느 한 극성의 용매에 아연 아세테이트 수화물(Zinc acetate dihydrate) 또는 질산 아연(Zinc nitrate)을 첨가하고 안정제로 디에탄올아민(dimethanolamine) 또는 모노에탄올아민(monomethanolamine)을 첨가하여 제조하고, 스핀 코팅(spin-coating) 방법으로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0038] 도 4b를 참조하면, ZnO-졸(sol)층(120) 상부에 상술한 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드(150)를 압착시켜 ZnO-겔(gel) 나노 패턴(125)을 형성한다. 이때, ZnO-겔(gel) 나노 패턴(125)은 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드(150)를 1 ~ 10atm의 압력 및 100 ~ 200℃의 온도에서 30분 ~ 1시간 동안 상기 ZnO-졸(sol) 내의 극성 유기 용매가 완전히 제거될 때까지 압착시켜 형성하는 것이 바람직하다. 임프린팅 중에 100 ~ 200℃의 온도에서 가열 공정을 진행해야 ZnO-졸(sol) 내의 극성 유기 용매가 몰드를 통해 흡수되어 제거될 수 있다.
- [0039] 도 4c를 참조하면, 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스트(hot-embossed) 몰드(150)를 제거하여, 공기중에 노출된 ZnO-겔(gel) 나노 패턴(130)을 형성한다.
- [0040] 도 4d를 참조하면, ZnO-겔(gel) 나노 패턴(130)에 어닐링(annealing) 공정을 수행하여 ZnO 나노 패턴(140)을 형성한다. 이때, 어닐링(annealing) 공정은 500 ~ 700℃의 가열 온도 및 공기 분위기에서 수행하는 것이 바람직하다.
- [0041] 상술한 바와 같이, 종래의 랜덤한 텍스처링 방법을 통해 제작되는 패턴의 경우 패턴 크기 분포가 클 수밖에 없고 원하는 부분에 선택적으로 패턴을 형성하기 어려운데 반하여, 본 발명에 따른 ZnO 나노 패턴은 PDMS 몰드의 패턴 형상에 따라서 형성되기 때문에 매우 균일한 패턴을 얻을 수 있고 원하는 부분에만 패턴을 선택적으로 형성 가능하다. 또한, 나노 몰딩 혹은 핫엠보싱 기술을 통해 수십 나노 미터 급 패턴이 형성된 고분자 몰드를 제작할 수 있기 때문에 이러한 몰드를 이용한 임프린팅 공정을 이용하여 수십 나노 미터 급의 ZnO 패턴을 형성할

수 있다.

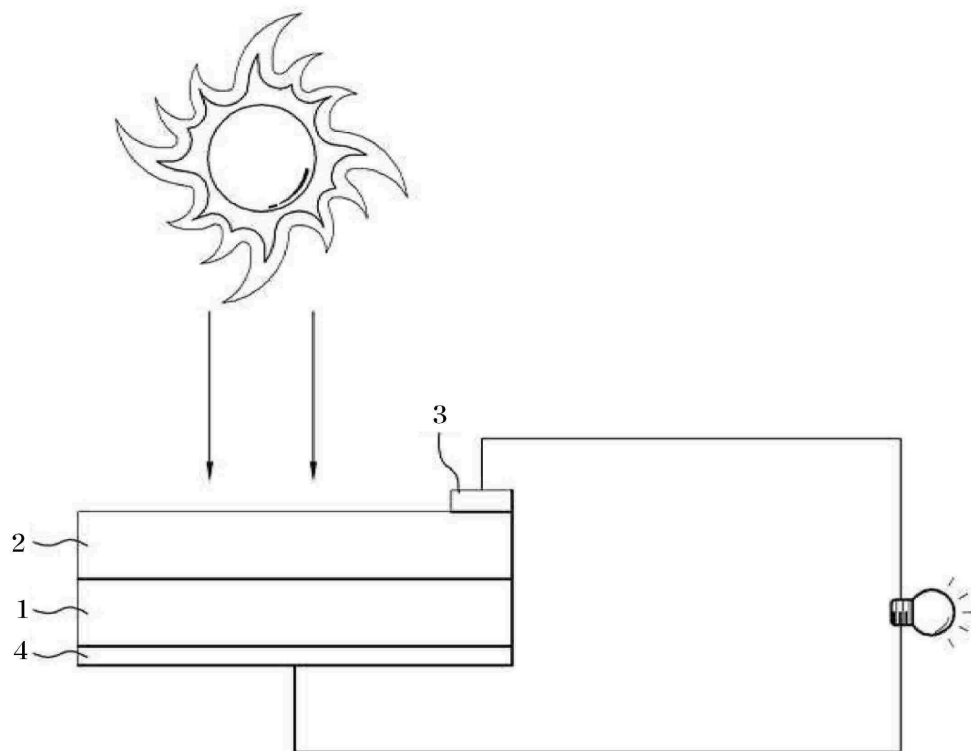
- [0042] 도 5는 본 발명에 따른 태양전지를 도시한 단면도이다.
- [0043] 도 5를 참조하면, 투명기관(200), 투명기관(200) 상부에 형성되는 TCO층(transparent conducting oxide)(220)과, TCO층(220) 상부에 나노 임프린트용 실록산(siloxane) 계열 몰드 또는 고분자 핫 엠보스드(hot-embossed) 몰드(150)에 의해 직접 패터닝된 ZnO 나노 패턴(230)이 구비된다.
- [0044] 다음에는, ZnO 나노 패턴(230) 상부에 p 타입 반도체층(250)이 구비되고, p 타입 반도체층(250) 상부에 금속 전극(260)이 구비되어 고효율의 태양전지가 형성된다. 이때, 금속 전극(260) p 타입 반도체층(250) 상부 이외에 인접한 셀의 ZnO 나노 패턴(230)과 연결된다. 그리고, p 타입 반도체층(250) CIGS, P3HT 및 Si 중 선택된 어느 하나로 구비됨으로써, 태양전지의 효율을 더욱더 증가시킬 수 있도록 한다.
- [0045] 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 ZnO-졸(sol)을 이용한 임프린팅을 통해 단순 유기물 나노 패턴이 아닌 무기물 나노 패턴을 직접적으로 형성할 수 있다.
- [0046] 도 6a 및 도 6b는 본 발명에 따른 PDMS 몰드 및 ZnO-졸(sol)을 이용하여 실리콘 웨이퍼 상에 제작한 ZnO 나노 패턴의 SEM 사진이다.
- [0047] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 균일한 ZnO 패턴이 형성되어 있다.
- [0048] 종래 기술에 따라 SEM 사진에 나타난 정도의 규칙적인 ZnO 패턴을 형성하기 위해서는 ZnO 증착, 패터닝 및 식각 등의 최소 3가지 이상의 반도체 공정이 필요하다. 그러나, 본 발명은 ZnO-졸(sol)을 이용한 임프린팅 및 어닐링 공정을 통해서 간단하게 ZnO 패턴을 형성할 수 있다. 이때, ZnO 패턴을 상부의 얇은 잔류층이 형성될 수 있는데, 잔류층의 두께는 ZnO-졸(sol)의 스핀 코팅(spin-coating) 조건을 조절함으로써 용이하게 조절할 수 있다.
- [0049] 따라서, 본 발명에 따른 태양전지 제조 방법에 의해 저렴한 공정을 통해 매우 균일한 구조의 ZnO 나노 패턴을 형성할 수 있게 되고, 보다 높은 효율을 나타낼 수 있는 태양 전지를 제작할 수 있게 된다.
- [0050] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면의 간단한 설명

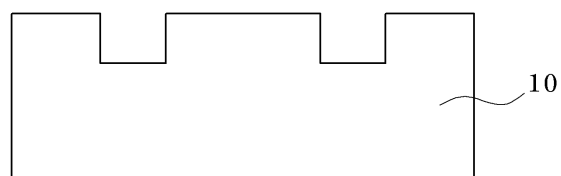
- [0051] 도 1은 종래 기술에 따른 태양전지의 기본적인 구조를 도시한 개략도.
- [0052] 도 2a 내지 도 2d는 본 발명 일실시예에 따른 태양전지 전극형성용 몰드를 제조하는 방법을 도시한 단면도들.
- [0053] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명 다른 실시예에 따른 태양전지 전극형성용 몰드를 제조하는 방법을 도시한 단면도들.
- [0054] 도 4a 내지 도 4d는 본 발명에 따른 태양전지 전극을 제조하는 방법을 도시한 단면도들.
- [0055] 도 5는 본 발명에 따른 태양전지를 도시한 단면도.
- [0056] 도 6a 및 도 6b는 본 발명에 따른 PDMS 몰드 및 ZnO-졸(sol)을 이용하여 실리콘 웨이퍼 상에 제작한 ZnO 나노 패턴의 SEM 사진.

도면

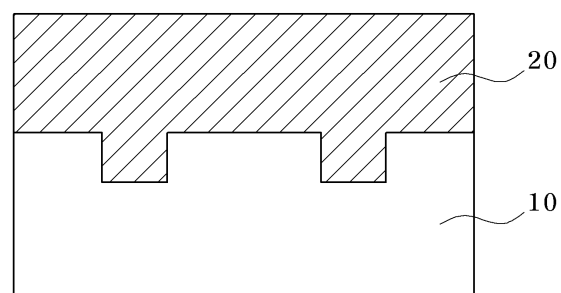
도면1



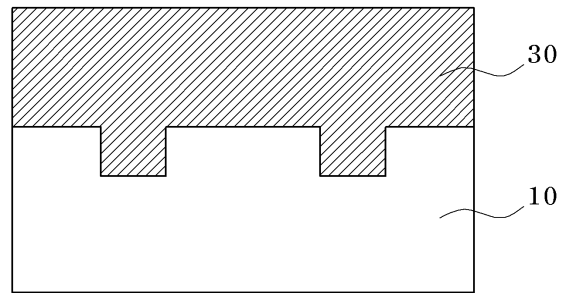
도면2a



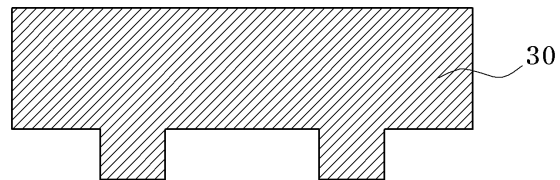
도면2b



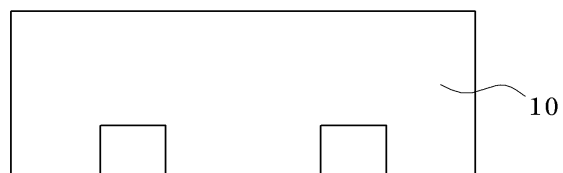
도면2c



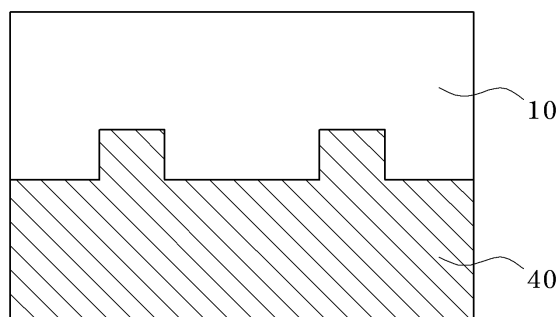
도면2d



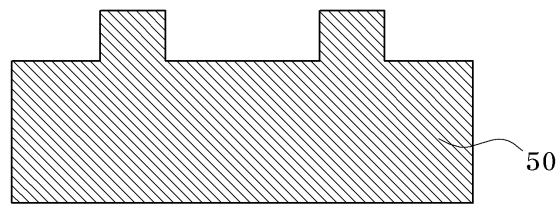
도면3a



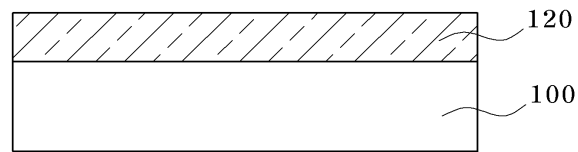
도면3b



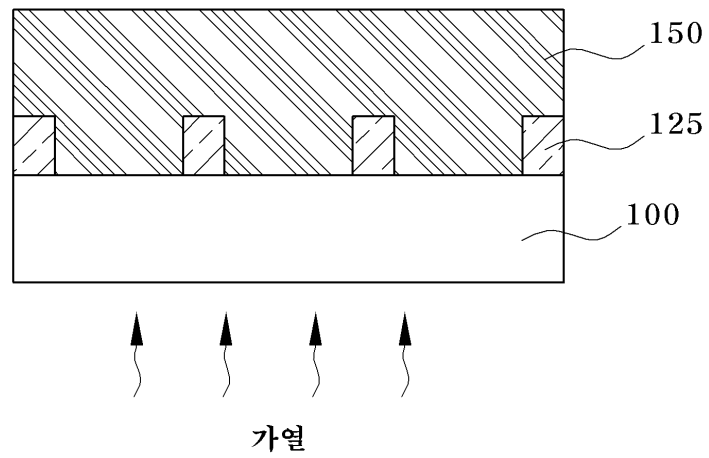
도면3c



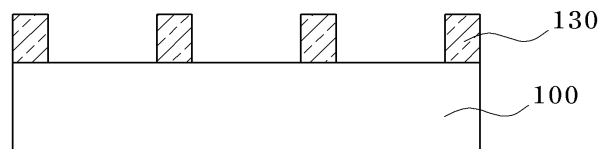
도면4a



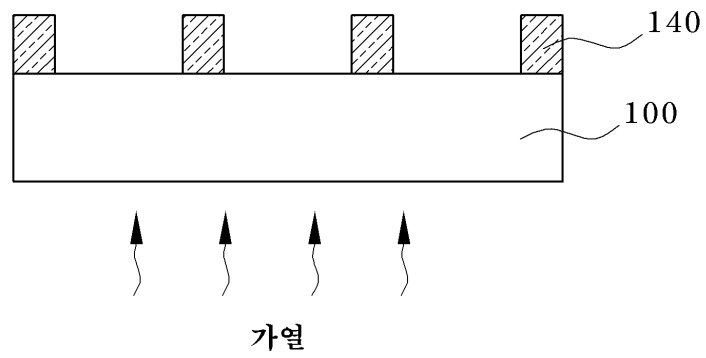
도면4b



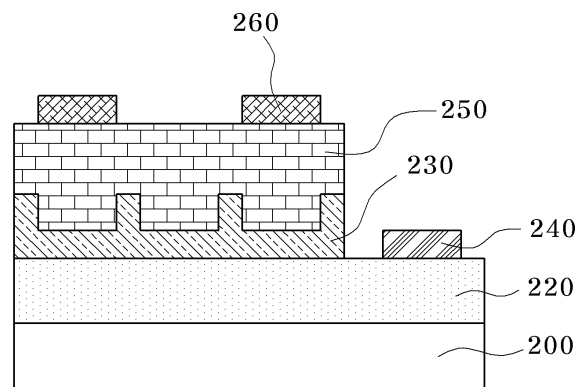
도면4c



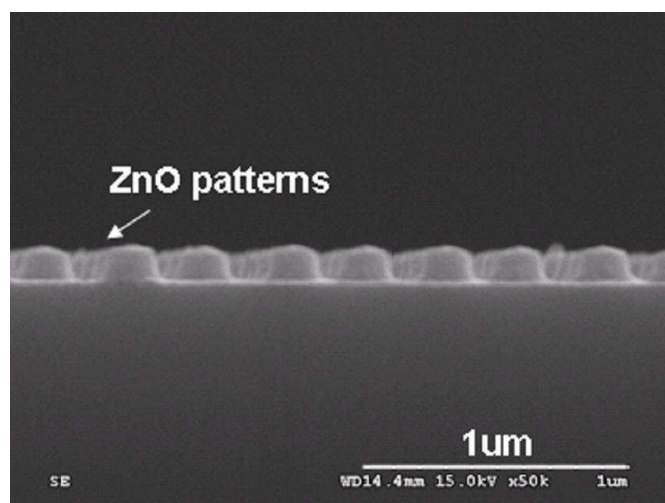
도면4d



도면5



도면6a



도면6b

