(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0072494
(43) 공개일자 2022년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/052 (2014.01) *H01L 31/18* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/052 (2013.01)
H01L 31/18 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2020-0160167
(22) 출원일자 2020년11월25일
심사청구일자 2020년11월25일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이해석
서울특별시 송파구 위례광장로 185, 102동 802호 (장지동, 위례신도시 송파푸르지오)
강윤묵
서울특별시 성북구 보문사길 111, 103동 505호(보문동6가, 보문파크뷰자이)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
백두진, 유광철, 김정연, 권성현, 강일신

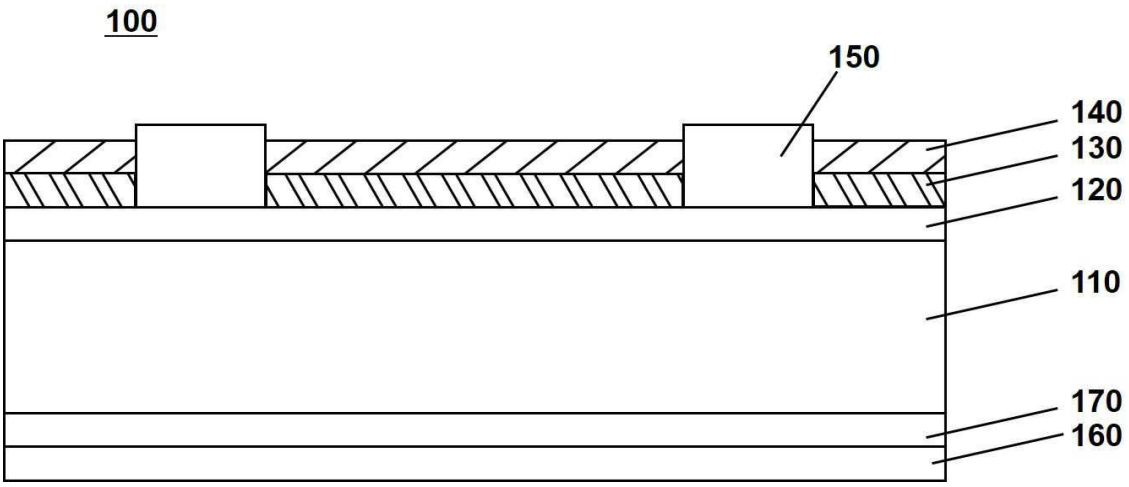
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **태양전지 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 반도체 기판; 상기 기판의 일면 상에 배치된 에미터층; 및 상기 에미터층 일면 상에 배치된 냉각층을 포함하고, 상기 냉각층은 조사되는 태양광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장을 방출하는 태양전지 및 이의 제조 방법을 개시한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

이승우

서울특별시 중랑구 숙선옹주로 6-9, 1101호

최훈주

세종특별자치시 다정남로 22, 121동 1204호

오원욱

서울특별시 서초구 태봉로2길 60, 309동 701호

김현호

경기도 남양주시 별내중앙로 83

박현정

서울특별시 강서구 양천로30길 108, 1동 801호 (방화동경남아파트)

정유진

서울특별시 동대문구 왕산로 72, 1207호

심명섭

서울특별시 성북구 안암로9가길 51, 307호

최동진

경상남도 진주시 초북로 55, 403동 1203호 (초전해모로 루비채 4단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415165480
과제번호	20193020010390
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발(R&D)
연구과제명	고장메커니즘 기반 결정질 p-type 실리콘 태양전지 및 모듈 구성요소의 열화 원인 규명 및 개선
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2019.10.01 ~ 2022.09.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415169391
과제번호	20204010600470
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지인력양성(R&D)
연구과제명	에너지-AI 융합대학원 (태양에너지-AI 융합공학과)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2020.05.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

반도체 기판;

상기 기판의 일면 상에 배치된 에미터층; 및

상기 에미터층 일면 상에 배치된 냉각층을 포함하고,

상기 냉각층은 조사되는 태양광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장을 방출하는 태양전지.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 냉각층은 PDMS를 포함하는 태양전지.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 냉각층의 두께는 5 um 내지 150 um인 태양전지.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 에미터층과 상기 냉각층 사이에 배치된 반사 방지막 및

상기 냉각층과 상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하는 전면 전극을 더 포함하는 태양전지.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 냉각층은 복수의 냉각 입자를 더 포함하는 태양전지.

청구항 6

반도체 기판;

상기 기판의 일면 상에 배치된 에미터층; 및

상기 반도체 기판의 타면 상에 배치된 냉각층을 포함하고,

상기 냉각층은 조사되는 태양광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장을 방출하는 태양전지.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 냉각층은 PDMS를 포함하는 태양전지.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 냉각층의 두께는 5 um 내지 150 um인 태양전지.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 에미터층과 상기 냉각층 사이에 배치된 반사 방지막 및

상기 냉각층과 상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하는 전면 전극을 더 포함하는 태양전지.

청구항 10

제 7항에 있어서,

상기 냉각층은 복수의 냉각 입자를 더 포함하는 태양전지.

청구항 11

반도체 기판의 일면 상에 에미터층을 배치하는 단계; 및

상기 에미터층 일면 상 또는 상기 기판의 타면 상에 냉각층을 배치하는 단계를 포함하고,

상기 냉각층은 조사되는 태양광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장을 방출하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 냉각층은 PDMS를 포함하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 냉각층의 두께는 5 um 내지 150 um인 태양전지의 제조 방법.

청구항 14

제 12항에 있어서,

상기 냉각층을 배치하는 단계 이전에, 상기 에미터층의 일면 상에 직접 반사 방지막을 배치하는 단계; 및

상기 냉각층과 상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하도록 전면 전극을 배치하는 단계를 더 포함하고,

상기 냉각층을 배치하는 단계에서는, 상기 반사 방지막의 일면 상에 상기 냉각층을 배치하는 태양전지의 제조

방법.

청구항 15

제 12항에 있어서,

상기 에미터층의 일면 상에 직접 반사 방지막을 배치하는 단계; 및

상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하도록 전면 전극을 배치하는 단계를 더 포함하고,

상기 냉각층을 배치하는 단계에서는, 상기 기판의 타면 상에 상기 냉각층을 배치하는 태양전지의 제조 방법.

청구항 16

제 12항에 있어서,

상기 냉각층은 복수의 냉각 입자를 더 포함하는 태양전지의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 태양전지 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 기후 변화에 대응하고, 4차 산업혁명의 기술적 진보에 대응하기 위하여 에너지의 친환경화, 고효율화 및 안전성 향상 기술이 필요하다. 이를 위한 친환경 재생에너지원 중 태양광은 50% 이상을 차지하며 또한 국내 재생에너지 3020 정책, 해외 선진국의 재생에너지 발전 비중을 증가시키는 에너지 정책 등과 같이 전세계적으로 태양광 보급량 및 발전량을 늘리기 위한 움직임을 보인다.

[0003] 태양광 대량 보급을 위해선 LCOE(levelized cost of electricity)의 저감이 우선되며, LCOE 저감을 위한 기술적 방법으로 1) 셀 효율 향상, 2) 제조 기술 혁신, 3) 모듈 발전량 향상, 4) 열화 감소를 통한 유지 보수 비용 절감 기술들의 개발이 필요하다. 그 중 열화는 태양광의 수명 및 장기간 발전량을 결정짓는 중요한 요인이며, 태양전지 및 모듈에서 발생하는 열화 테스트, 분석 및 개선 기술 개발이 주요 기술개발 방향이 된다.

[0004] 기존 태양광에서 나타나지 않던 Light and elevated temperature induced degradation(LeTID)는 빛과 열을 동시에 가하는 가혹조건에서 발생하는 열화에 관한 것으로, 이는 실제 필드에서 태양전지 및 모듈이 받게 되는 빛과 열에 의한 열화 현상을 말한다. 이러한 열화를 감소시키기 위해선 태양전지 및 모듈의 기판 온도 저감을 위한 기술이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 태양전지가 작동에 필요한 광 조사 과정에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장(8-13㎛)을 방출하게 되는 원리를 이용한 자연복사냉각 효과를 통해 태양전지의 LeTID 현상을 저감하는 것이 가능한 태양전지 및 이의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지는 반도체 기판; 상기 기판의 일면 상에 배치된 에미터층; 및 상기 에미터층 일면 상에 배치된 냉각층을 포함하고, 상기 냉각층은 조사되는 태양광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원

적외선 파장을 방출할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 냉각층은 PDMS를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 냉각층의 두께는 5 um 내지 150 um일 수 있다.

[0010] 또한, 상기 에미터층과 상기 냉각층 사이에 배치된 반사 방지막 및 상기 냉각층과 상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하는 전면 전극을 더 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 냉각층은 복수의 냉각 입자를 더 포함할 수 있다.

[0013] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지는 반도체 기판; 상기 기판의 일면 상에 배치된 에미터층; 및 상기 반도체 기판의 타면 상에 배치된 냉각층을 포함하고, 상기 냉각층은 조사되는 태양광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장을 방출할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 냉각층은 PDMS를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 냉각층의 두께는 5 um 내지 150 um일 수 있다.

[0016] 또한, 상기 에미터층과 상기 냉각층 사이에 배치된 반사 방지막 및 상기 냉각층과 상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하는 전면 전극을 더 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 냉각층은 복수의 냉각 입자를 더 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지의 제조 방법은 반도체 기판의 일면 상에 에미터층을 배치하는 단계; 및 상기 에미터층 일면 상 또는 상기 기판의 타면 상에 냉각층을 배치하는 단계를 포함하고, 상기 냉각층은 조사되는 태양광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장을 방출할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 냉각층은 PDMS를 포함할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 냉각층의 두께는 5 um 내지 150 um일 수 있다.

[0022] 또한, 상기 냉각층을 배치하는 단계 이전에, 상기 에미터층의 일면 상에 직접 반사 방지막을 배치하는 단계; 및 상기 냉각층과 상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하도록 전면 전극을 배치하는 단계를 더 포함하고, 상기 냉각층을 배치하는 단계에서는, 상기 반사 방지막의 일면 상에 상기 냉각층을 배치할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 에미터층의 일면 상에 직접 반사 방지막을 배치하는 단계; 및 상기 반사 방지막을 관통하여 상기 에미터층과 접속하도록 전면 전극을 배치하는 단계를 더 포함하고, 상기 냉각층을 배치하는 단계에서는, 상기 기판의 타면 상에 상기 냉각층을 배치할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 냉각층은 복수의 냉각 입자를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시예에 따르면, 태양전지가 작동에 필요한 광 조사 과정에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장(8-13㎛)을 방출하게 되는 원리를 이용한 자연복사냉각 효과를 통해 태양전지의 LeTID 현상을 저감하는 것이 가능하며, 구체적으로는 구동에 필요한 가시광선 영역의 광을 흡수하여 출력을 내며, 태양전지 전면의 냉각층은 복사 냉각을 통해 태양전지가 출력을 진행하는 동안 냉각제 역할을 수행하여, 혹독한 환경의 야외의 실제 사이트(site)에 설치되어 전기 생산을 진행할 때, 빛과 그에 따른 태양전지 온도가 증가하는 현상을 자연복사냉각을 이용한 태양전지의 LeTID 현상을 감소시키는 등의 효과를 통해 태양전지 모듈의 장기간 출력 안정성을 높여주는 효과를 제공할 수 있다.

[0026] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이고,

도 2 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 제조 과정을 순차적으로 설명하기 위한 단면도이고,

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이고,

도 7 내지 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지의 제조 과정을 순차적으로 설명하기 위한 단면도이고,

도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이고,

도 11 내지 도 13는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 전기화학적 특성을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.

[0029] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면 상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명 시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이고, 도 2 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 제조 과정을 순차적으로 설명하기 위한 단면도이다.

[0031] 도 1 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지(100)를 설명한다.

[0032] 태양전지(100)는 실리콘 반도체 기판(110), 기판(110)상의 에미터층(120), 에미터층(120)상의 반사 방지막(130), 반사 방지막(130) 상의 냉각층(140), 반사 방지막(130)과 냉각층(140)을 관통하여 에미터층(120)과 접속하는 전면 전극(150), 후면 전극(160) 및 후면 전계층(170)을 포함할 수 있다.

[0033] 기판(110)은 실리콘으로 형성될 수 있으며, P형 불순물로서 3족 원소인 B, Ga, In 등이 불순물로 도핑 되어 P형으로 구현될 수 있다.

[0034] 에미터층(120)은 P형 반도체 기판(110)에 N형 불순물을 주입함으로써 형성될 수 있다.

[0035] 에미터층(120)은 N형 불순물로서 5족 원소인 P, As, Sb 등이 불순물로 도핑 될 수 있다. 에미터층(120)은 확산법, 스프레이법, 또는 프린팅 공정법 등에 의한 방법에 의해 형성될 수 있다. 일 예로, 에미터층(120)은 P형 반도체 기판(110)에 N형 불순물을 주입함으로써 형성될 수 있다.

[0036] 이와 같이, 에미터층(120)과 기판(110)에 반대 도전형의 불순물이 도핑 되면, 에미터층(120)과 기판(110)의 계면에는 P-N접합(junction)이 형성되고, P-N접합에 광이 조사되면 광전효과에 의해 광기전력이 발생할 수 있다.

[0037] 반사 방지막(130)은 에미터층(120) 상에 형성되어 기판(110)의 전면으로 입사되는 태양광의 반사율을 감소시키고, 에미터층(120)의 표면 또는 벌크 내에 존재하는 결함을 부동화한다.

[0038] 반사 방지막(130)은 진공 증착법, 화학 기상 증착법, 스핀 코팅, 스크린 인쇄 또는 스프레이 코팅에 의해 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0039] 태양광의 반사율이 감소되면 P-N 접합까지 도달되는 광량이 증대되어 태양전지(100)의 단락전류(Isc)가 증가한다. 그리고, 에미터층(120)에 존재하는 결함이 부동화되면 소수 캐리어의 재결합 사이트가 제거되어 태양전지(100)의 개방전압(Voc)이 증가한다. 이처럼 반사 방지막(130)에 의해 태양전지(100)의 단락전류와 개방전압이 증가하면 그만큼 태양전지(100)의 변환효율이 향상될 수 있다.

[0040] 이러한 반사 방지막(130)은 예를 들어, 실리콘 질화막, 수소를 포함한 실리콘 질화막, 실리콘 산화막, 실리콘 산화 질화막, MgF2, ZnS, TiO_2 및 CeO_2로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 단일막 또는 2개 이상의 막이 조합된 다층막 구조를 가질 수 있다.

[0041] 한편, 도면에 도시하지는 않았으나, 태양광이 입사되는 기판(110)의 일면은 텍스쳐링(texturing)된 표면을 가질 수 있다. 텍스쳐링(texturing)이란 기판(110)의 표면에 요철 형상의 패턴을 형성하는 것을 의미하는 바, 기판

(110)이 텍스쳐링된 표면을 가지면, 기판(110) 상에 순차적으로 위치하는 에미터층(120) 및 반사 방지막(130) 역시 기판(110)의 텍스쳐링 된 일면의 형상을 따라 형성될 수 있다. 이에 의해 입사된 태양광의 반사율이 저감되어 광학적 손실이 감소할 수 있다.

[0042] 요철 형상의 패턴은 기판(110)을 에칭액 등에 담그는 공정, 레이저 에칭, 반응성 이온 식각(Reactive Ion Etching) 등에 의해 형성할 수 있으며, 요철 형상은 피라미드, 정사각형, 삼각형 등 다양한 형태일 수 있다.

[0043] 냉각층(140)은 반사 방지막(130)의 상면에 직접 배치될 수 있으며, PDMS를 포함할 수 있다.

[0044] 냉각층(140)은 진공 증착법, 화학 기상 증착법, 스핀 코팅, 스크린 인쇄 또는 스프레이 코팅에 의해 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 대면적에 증착되기 위해 스핀 코팅을 이용하는 것이 바람직하다.

[0045] 한편, 냉각층(140)은 5 μm 내지 150 μm 두께로 형성되는 것이 바람직하다. 여기서, 냉각층(140)이 5 μm 미만인 경우 냉각 효과를 야기할 수 없고, 냉각층(140)이 150 μm 초과인 경우 필요 이상으로 냉각층(140)의 두께가 증가하여 이로 인해 빛의 투과도가 감소하는 문제가 발생할 수 있다.

[0046] 여기서, 냉각층(140)의 두께를 증가 시킬수록 냉각효과가 증가될 수 있으나, 태양전지의 발전에 있어서 빛이 태양전지 내부로 들어 가는 것도 중요하며, 이로 인해 냉각층의 두께가 증가함에 따라 태양전지 내부로 들어가게 되는 빛이 줄어들게 되어 투과도 변수를 통해, 냉각층은 150 μm 인 것이 바람직하다.

[0047] 냉각층(140)은 광 조사 과정에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장(8μm 내지 13μm)을 방출하며, 이러한 과정의 자연복사냉각 효과를 통해 태양전지(100)의 LeTID 현상을 저감할 수 있다.

[0048] 전면 전극(150)은 반사 방지막(130) 및 냉각층(140)을 관통하여 에미터층(120)과 접속하며, 은, 유리 프릿 등이 포함된 전면 전극(150) 용 페이스트를 전면 전극(150)이 형성될 위치에 인쇄한 후 열처리 공정 등을 통해 형성할 수 있다.

[0049] 여기서, 도면 부호 '10'은 식각된 영역(10)으로, 식각 영역(10)에 전면 전극(150)이 형성될 수 있다.

[0050] 이때, 전면 전극(150)의 열처리 과정을 통해 전면 전극(150)용 페이스트에 포함된 은이 고온에서 액상이 되었다가 다시 고상으로 재결정되면서, 유리 프릿을 매개로 하여 반사 방지막(130)을 관통하는 파이어 스루(fire through) 현상에 의해 에미터층(120)과 접속하게 된다.

[0051] 도시하진 않았지만, 이러한 전면 전극(150)은 핑거(Finger)라인과, 핑거라인에 전기적으로 연결되는 버스바(Bus bar)전극을 포함하여 구성될 수 있다. 핑거라인은 주로 태양전지(100)에서 발생한 전자를 수집하며, 버스바전극은 복수의 태양전지(100)를 모듈화할 때, 리본(미도시)을 부착하기 위한 것으로, 이를 통해 전자를 외부로 공급할 수 있다.

[0052] 또한, 태양전지(100)는 기판(110)의 후면에 기판(110)과의 사이에 후면 전계층(170)이 형성되는 후면 전극(160)과 이웃하여 형성되고, 모듈화를 위해 리드선(미도시)과 연결되는 버스바부(미도시)를 포함할 수 있다.

[0053] 후면 전극(160)은, 버스바부(미도시)가 형성되지 않은 영역에 알루미늄, 석영 실리카, 바인더 등이 첨가된 후면 전극부 페이스트를 인쇄한 후 열처리를 행하여 형성할 수 있다. 인쇄된 후면 전극부 페이스트의 열처리 시에는 전극 구성 물질인 알루미늄이 기판(110)의 배면을 통해 확산됨으로써 후면 전극부와 기판(110)의 경계면에 후면 전계층(170)이 형성될 수 있다.

[0054] 후면 전계층(170)은 캐리어가 기판(110)의 배면으로 이동하여 재결합되는 것을 방지할 수 있으며, 캐리어의 재결합이 방지되면 개방전압이 상승하여 태양전지(100)의 효율이 향상될 수 있다.

[0056] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이고, 도 7 내지 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지의 제조 과정을 순차적으로 설명하기 위한 단면도이고,

[0057] 이하, 도 6 내지 도 9를 참조하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지(200)를 설명한다.

[0058] 태양전지(200)는 실리콘 반도체 기판(110), 기판(110)상의 에미터층(120), 에미터층(120)상의 반사 방지막(130), 반사 방지막(130)을 관통하여 에미터층(120)과 접속하는 전면 전극(150), 후면 전극(160), 후면 전계층(170) 및 냉각층(210)을 포함할 수 있다.

[0059] 여기서, 도 6에 따른 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지(200)는 도 1의 태양전지(100)에 비해 냉각층(21

0)의 구성이 상이하므로, 이하에서는 냉각층(210)에 대해 구체적으로 설명하고 동일한 구성에 대해 중복된 설명은 생략한다.

[0060] 냉각층(210)은 기판(110)의 타측(하부)에서, 후면 전극(160)의 하면에 직접 배치될 수 있으며, PDMS를 포함할 수 있다.

[0061] 냉각층(210)은 진공 증착법, 화학 기상 증착법, 스핀 코팅, 스크린 인쇄 또는 스프레이 코팅에 의해 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 대면적에 증착되기 위해 스핀 코팅을 이용하는 것이 바람직하다.

[0062] 한편, 냉각층(210)은 5 μm 내지 150 μm 두께로 형성되는 것이 바람직하다. 여기서, 냉각층(210)이 5 μm 미만인 경우 냉각 효과를 야기할 수 없고, 냉각층(210)이 150 μm 초과인 경우 필요 이상으로 냉각층(210)의 두께가 증가하여 이로 인해 빛의 투과도가 감소하는 문제가 발생할 수 있다.

[0063] 냉각층(210)은 태양전지(200)을 투과하는 광에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장(8μm 내지 13μm)을 방출하며, 이러한 과정의 자연복사냉각 효과를 통해 태양전지(200)의 LeTID 현상을 저감할 수 있다.

[0064] 한편, 후면전극(160)에는 전류를 수집하기 위해서는 외부 도선(220)이 연결될 수 있고, 외부 도선(220)은 냉각층(210)을 관통하여, 후면 전극(160)에 접촉될 수 있다.

[0066] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지를 나타낸 단면도이다.

[0067] 이하, 도 10을 참조하여, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 태양전지(300)를 설명한다.

[0068] 태양전지(300)는 실리콘 반도체 기판(110), 기판(110)상의 에미터층(120), 에미터층(120)상의 반사 방지막(130), 반사 방지막(130) 상의 냉각층(310), 반사 방지막(130)과 냉각층(310)을 관통하여 에미터층(120)과 접속하는 전면 전극(150), 후면 전극(160) 및 후면 전계층(170)을 포함할 수 있다.

[0069] 여기서, 도 10에 따른 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양전지(300)는 도 1의 태양전지(100)에 비해 냉각층(310)의 구성이 상이하므로, 이하에서는 냉각층(310)에 대해 구체적으로 설명하고 동일한 구성에 대해 중복된 설명은 생략한다.

[0070] 냉각층(310)은 반사 방지막(130)의 상면에 직접 배치될 수 있으며, PDMS를 포함할 수 있다. 한편, 도시하지 않았지만, 냉각층(310)은 도 6에 도시된 바와 같이 태양전지(300)의 후면에 배치될 수 있다.

[0071] 냉각층(310)은 진공 증착법, 화학 기상 증착법, 스핀 코팅, 스크린 인쇄 또는 스프레이 코팅에 의해 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 대면적에 증착되기 위해 스핀 코팅을 이용하는 것이 바람직하다.

[0072] 한편, 냉각층(310)은 5 μm 내지 150 μm 두께로 형성되는 것이 바람직하다. 여기서, 냉각층(310)이 5 μm 미만인 경우 냉각 효과를 야기할 수 없고, 냉각층(310)이 150 μm 초과인 경우 필요 이상으로 태양전지(100)의 두께가 두꺼워지는 문제가 발생할 수 있다.

[0073] 냉각층(310)은 광 조사 과정에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장(8μm 내지 13μm)을 방출하며, 이러한 과정의 자연복사냉각 효과를 통해 태양전지(100)의 LeTID 현상을 저감할 수 있다.

[0074] 한편, 냉각층(310)은 기재 내부에 분산되어 있는 복수의 냉각 입자(311)를 포함할 수 있다.

[0076] 특성 평가

[0077] 도 11 내지 도 13는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 전기화학적 특성을 나타낸 그래프이다.

[0078] 도 11은 냉각층의 두께 별 투과도를 나타낸다.

[0079] 도 11을 참조하면, 냉각층의 두께에 따른 투과도는 평균 93.84%(±0.77) 값을 나타내며, 다음의 [표 1]을 참조하면 이 중 85μm 두께의 냉각층이 가장 우수한 것을 확인할 수 있다.

표 1

[0080]

thickness(μm)	130	85	67	41	25
투과도(%) (0.4μm~1.1μm)	93.4	94.8	93.7	92.7	94.6

[0081] 한편, 도 11은 UV-vis 장비를 이용하여 glass 위에 25㎛ 내지 130㎛ 두께를 가지는 냉각층을 증착하여 0.4㎛ 내지 1.1㎛의 파장대의 범위내에서 투과도를 측정을 진행을 하였다. 그 결과 해당 범위내에서는 태양전지 발전에 필요한 빛의 투과도가 우수하였고, 냉각층에의해 빛 투과 손실을 크지 않은 것으로 확인하였다.

[0083] 도 12는 냉각층의 두께에 따른 냉각 효과를 나타낸다.

[0084] 도 12는 각각 100㎛, 200㎛의 두께를 가지는 PDMS 박막을 태양전지 위에 증착을 하여 외부의 빛을 차단한 상태에서 1.0sun(1000W/m2)의 빛을 조사하여 그에따른 온도변화를 확인한 결과 PDMS를 증착하지 않은 실리콘 태양전지의 경우 시간에 따라 약 50℃까지의 온도가 증가하는 것을 확인 하였고, 그에 반해 PDMS가 증착된 태양전지는 -2.5℃, 5.0℃ 각각 두께가 증가함에 따라 냉각 효과를 확인 하였다.

[0085] 도 12를 참조하면, 태양전지 작동 시간에 따라 냉각층을 형성하지 않은 경우에 비해, 냉각층을 100㎛ 및 200㎛로 구성한 경우 태양전지가 냉각됨을 확인할 수 있다.

[0086] 또한, 냉각층이 두꺼워 짐에 따라, 태양으로부터 받게되는 열 복사(radiative)량이 증가하게 되고, 그에 따른 방사열 손실(radiative heat loss)가 증가하게 되어 냉각효과가 우수해진다. 다만 두께가 필요 이상으로 증가함에 따라 태양전지의 빛 흡수가 줄어들게 되어 trade-off가 발생할 수 있다.

[0088] 도 13은 냉각층 유무에 따른 LeTID 그래프(시간에 따른 효율 변화 그래프)를 나타낸다.

[0089] 도 13은 6inch 실리콘 태양전지에 냉각층이 증착된 셀과 증착되지 않은 셀을 1sun(1000w/m^2), 85℃에서 열화, 시험환경에서 열화를 진행 한 뒤 광변환 효율을 normalized 한 결과 값이다.

[0090] 도 13을 참조하면, 냉각층이 증착된 셀이 증착되지 않은 셀 보다 열화율이 감소(-9.33% -> -7.04%)하여, 열화 저감이 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이를 통해 실제 태양전지 모듈에 PDMS가 적용되어 필드에서 발전을 하게 될 경우 발생할 수 있는 열화를 줄이는 효과를 기대해볼 수 있다.

[0091] 도 13을 참조하면, 태양전지 작동 시간에 따라 냉각층이 존재하는 경우는 열화율이 -7.04%인 것에 반해, 냉각층이 존재하지 않는 경우는 열화율이 -9.33% 인 것으로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0092] 즉, 본 발명은 냉각층을 형성하여, 태양전지가 작동에 필요한 광 조사 과정에서 원적외선을 흡수하고, 흡수된 원적외선 파장(8-13㎛)을 방출하게 되는 원리를 이용한 자연복사냉각 효과를 통해 태양전지의 LeTID 현상을 저감하는 것이 가능하며, 구체적으로는 구동에 필요한 가시광선 영역의 광을 흡수하여 출력을 내며, 태양전지 전면의 냉각층은 복사 냉각을 통해 태양전지가 출력을 진행하는 동안 냉각제 역할을 수행하여, 혹독한 환경의 야외의 실제 사이트(site)에 설치되어 전기 생산을 진행할 때, 빛과 그에 따른 태양전지 온도가 증가하는 현상을 자연복사냉각을 이용한 태양전지의 LeTID 현상을 감소시키는 등의 효과를 통해 태양전지 모듈의 장기간 출력 안정성을 높여주는 효과를 제공할 수 있다.

[0094] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 전술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0096] 100, 200, 300: 태양전지

110: 반도체 기판

120: 에미터층

130: 반사 방지막

140, 210, 310: 냉각층

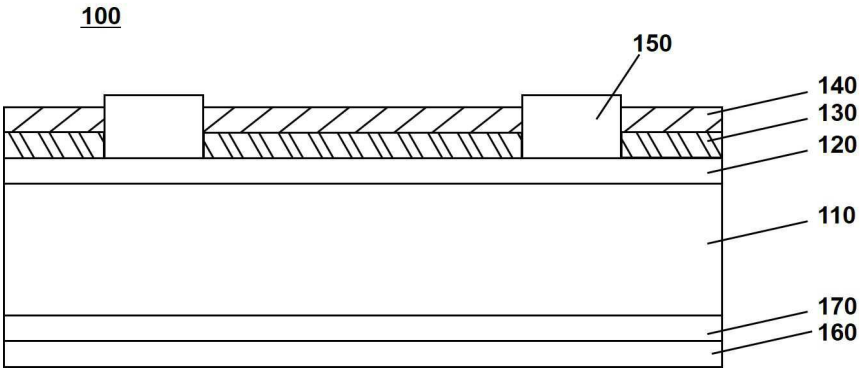
150: 전면 전극

160: 후면 전극

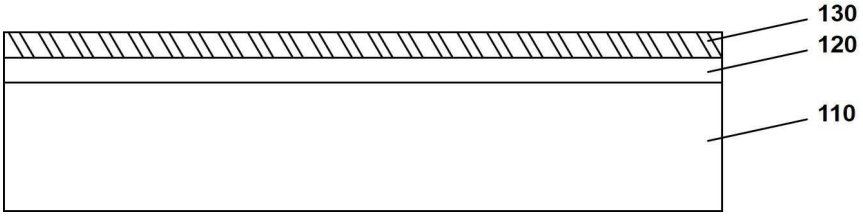
170: 후면 전계층

도면

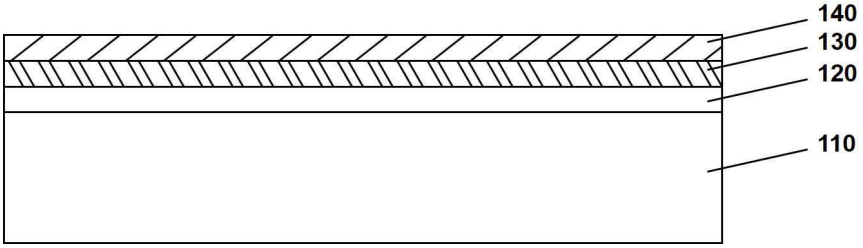
도면1



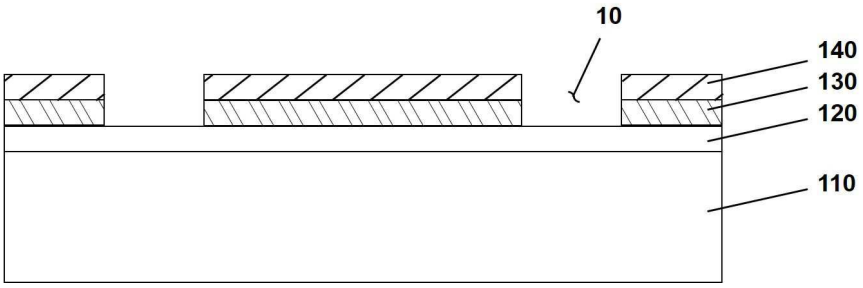
도면2



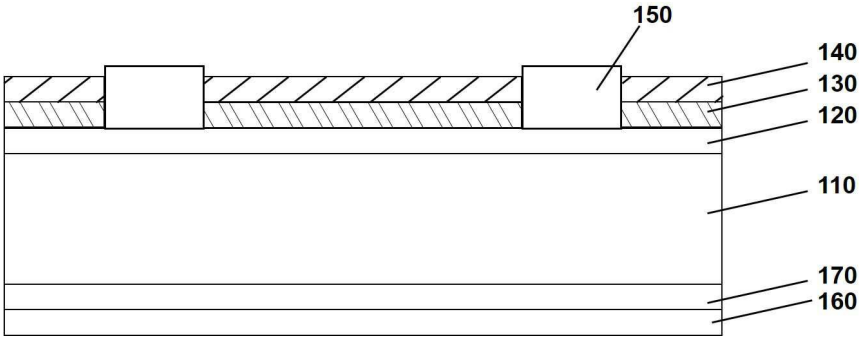
도면3



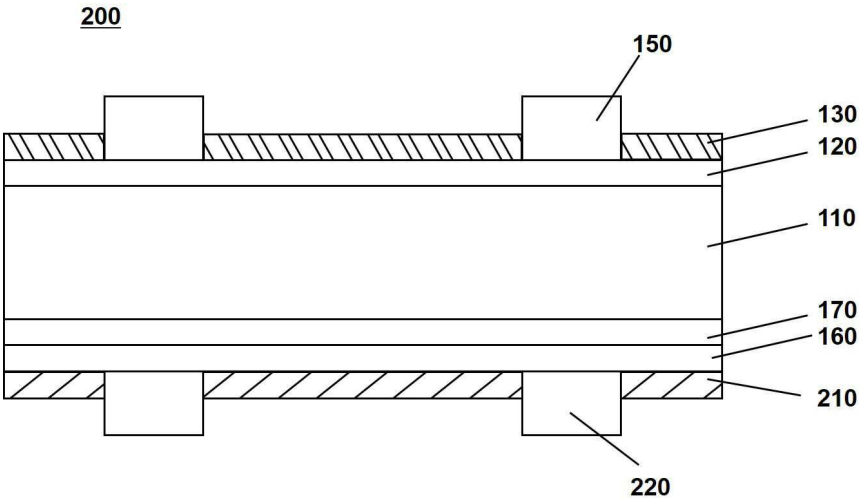
도면4



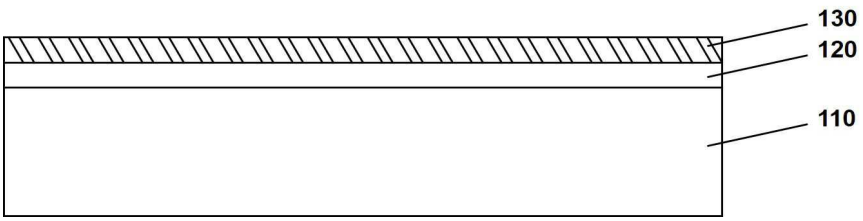
도면5



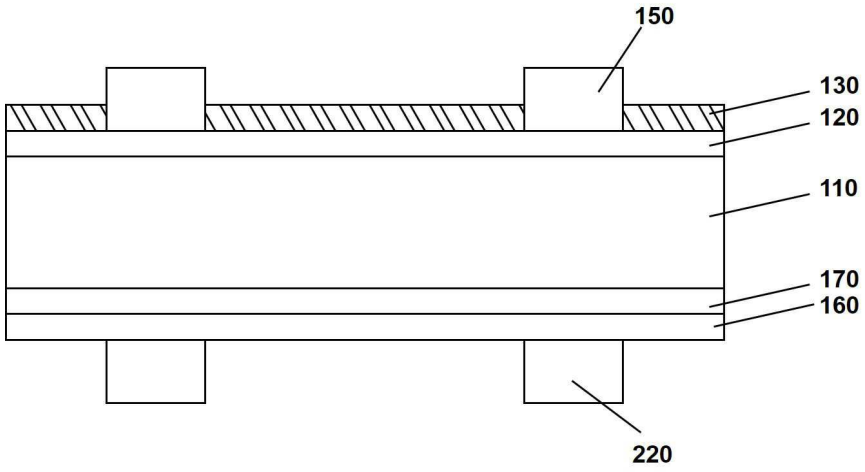
도면6



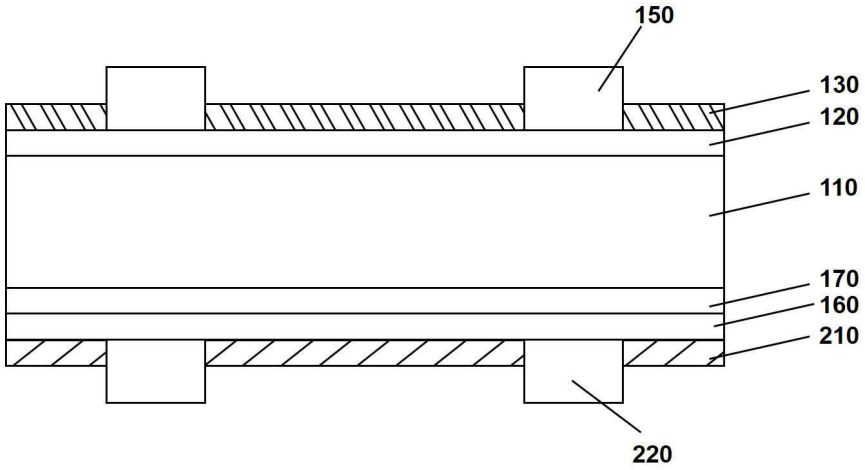
도면7



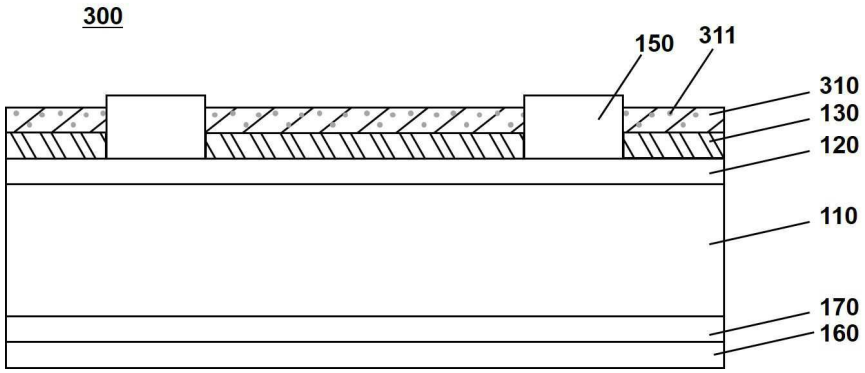
도면8


150
130
120
110
170
160
220

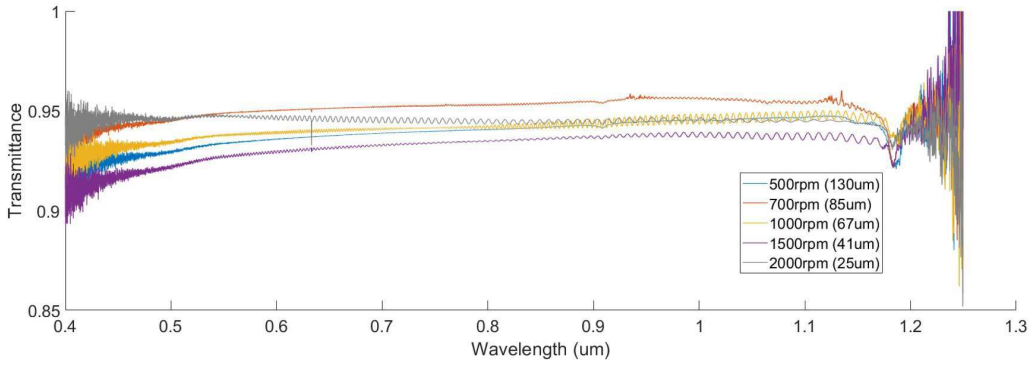
도면9


150
130
120
110
170
160
210
220

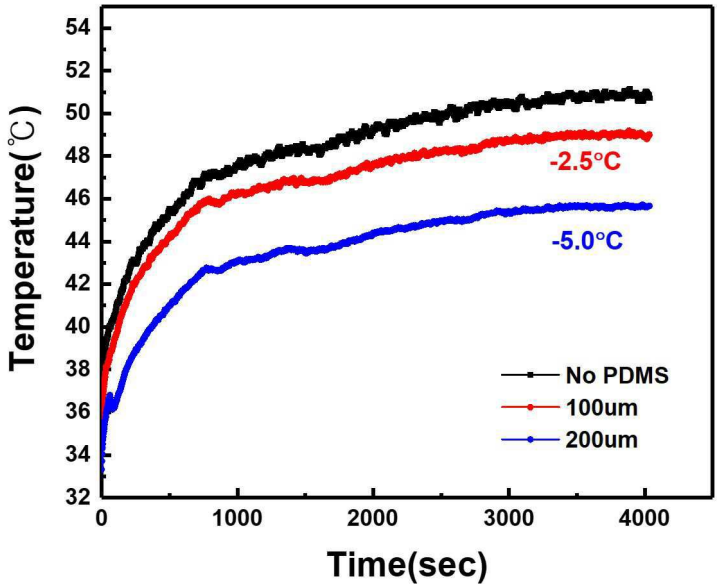
도면10


300
150
311
310
130
120
110
170
160

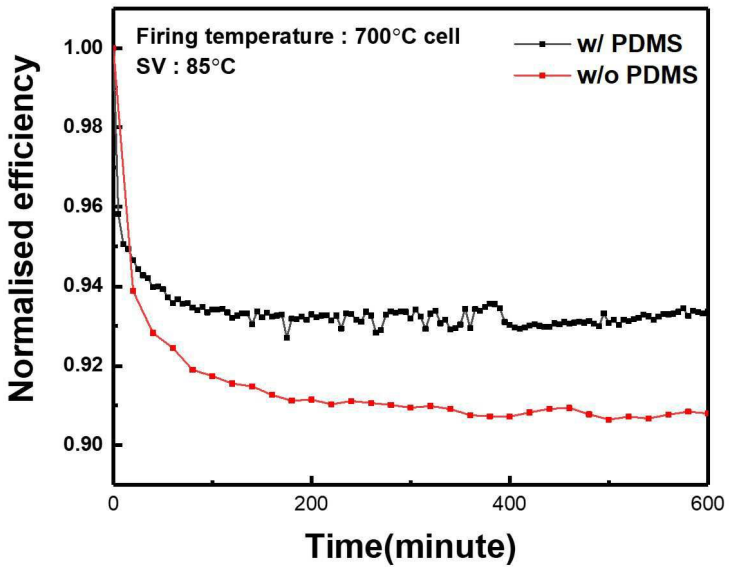
도면11


Transmittance
Wavelength (um)
500rpm (130um)
700rpm (85um)
1000rpm (67um)
1500rpm (41um)
2000rpm (25um)

도면12


Temperature(℃)
Time(sec)
-2.5°C
-5.0°C
No PDMS
100um
200um

도면13


Firing temperature : 700°C cell
SV : 85°C
w/ PDMS
w/o PDMS
Normalised efficiency
1.00
0.98
0.96
0.94
0.92
0.90
0
200
400
600
Time(minute)