



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0095951
(43) 공개일자 2025년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H10K 30/84 (2023.01) H10F 10/17 (2025.01)
H10F 77/12 (2025.01) H10K 30/15 (2023.01)
H10K 30/40 (2023.01) H10K 30/50 (2023.01)
H10K 85/50 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H10K 30/84 (2023.02)
H10F 10/17 (2025.01)

(21) 출원번호 10-2023-0186682

(22) 출원일자 2023년12월20일

심사청구일자 2023년12월20일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

강윤목

서울특별시 성북구 보문사길 111, 103동 505호

김동환

경기도 양평군 서종면 당목뿌리길 54

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인시공

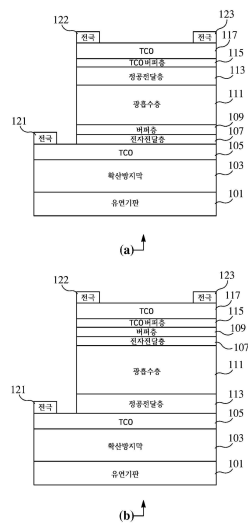
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **버퍼층 적용을 통하여 밴딩 안정성과 발전 효율이 향상된 박막 태양 전지 모듈**

(57) 요약

본 발명의 전지 모듈은 태양광을 흡수하고, 흡수한 광 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 광 흡수층; 상기 광 흡수층 상에 적층되는 전자 전달층; 상기 전자 전달층 사이에 두고 상기 광 흡수층에 대면하게 적층되거나, 상기 광 흡수층과 상기 전자 전달층 사이에 적층되는 설정 기능의 버퍼층;을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10F 77/12 (2025.01)
H10K 30/15 (2023.02)
H10K 30/40 (2023.02)
H10K 30/50 (2023.02)
H10K 85/50 (2023.02)

(72) 발명자

이해석

서울특별시 송파구 위례광장로 170, 101동 1202호

김경환

서울특별시 서대문구 성산로24길 16, 303호

황재근

서울특별시 성북구 인촌로 112

이솔희

서울특별시 강서구 양천로 656, 101동 805호

편도원

서울특별시 관악구 관악로30길 27, 111동 503호

남지연

서울특별시 용산구 이촌로 303, 31동 807호

정석현

서울특별시 동작구 여의대방로 22, 15동 505호

조수진

경기도 의왕시 모락로 89-16, 102동 601호

김영민

서울특별시 용산구 새창로 70, 108동 1302호

이원규

서울특별시 강동구 상암로 251, 914동 1505호

황지성

서울특별시 중구 다산로36길 109, 5동 407호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415187633
과제번호	20213030010400
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발(전력)
연구과제명	고내구성을 갖춘 고효율 페로브스카이트/결정질 실리콘 탠덤 태양광 모듈 공정 기술

개발

기 여 율	1/2
과제수행기관명	한화솔루션 주식회사
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415186428
과제번호	20214000000680
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지인력양성사업(에텍)
연구과제명	유무기복합형 태양전지 에너지혁신연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

태양광을 흡수하고, 흡수한 광 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 광 흡수층;

상기 광 흡수층 상에 적층되는 전자 전달층;

상기 전자 전달층을 사이에 두고 상기 광 흡수층에 대면하게 적층되거나, 상기 광 흡수층과 상기 전자 전달층 사이에 적층되는 설정 기능의 버퍼층;

을 포함하는 전지 모듈.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전자 전달층의 일면에 상기 버퍼층의 일면이 대면 접촉하게 적층되고,

상기 버퍼층의 타면에 상기 광 흡수층이 대면 접촉하게 적층되는 전지 모듈.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광 흡수층의 일면에 상기 전자 전달층의 일면이 대면 접촉하게 적층되고,

상기 전자 전달층의 타면에 상기 버퍼층이 대면 접촉하게 적층되는 전지 모듈.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 버퍼층은 상기 전자 전달층과 다른 재질을 포함하면서 상기 전자 전달층과 동일한 기능을 수행하게 형성되는 전지 모듈.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 버퍼층은 상기 전자 전달층보다 낮은 탄성 계수를 갖게 형성되는 전지 모듈.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 버퍼층은 100GPa이하의 탄성 계수를 갖고,

상기 버퍼층은 상기 전자 전달층보다 5% 이상이고 25% 이하인 값만큼 낮은 탄성 계수를 갖게 형성되는 전지 모듈.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 전자 전달층, 상기 버퍼층, 상기 광 흡수층 순서에 따라 적층되거나, 상기 광 흡수층, 상기 전자 전달층, 상기 버퍼층 순서에 따라 적층될 때,

상기 전자 전달층과 상기 광 흡수층 사이의 에너지 밴드갭 정렬이 만족되도록 상기 전자 전달층, 상기 버퍼층, 상기 광 흡수층 중 적어도 하나가 형성되는 전지 모듈.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 광 흡수층과 상기 버퍼층의 밴드갭 상으로, 상기 버퍼층의 전도 대역의 최저 에너지가 상기 광 흡수층의 전도 대역의 최저 에너지보다 낮도록, 상기 버퍼층 또는 상기 광 흡수층이 형성되며,

상기 광 흡수층과 상기 버퍼층의 밴드갭 상으로, 상기 버퍼층의 가전자 대역의 최고 에너지가 상기 광 흡수층의 가전자 대역의 최고 에너지보다 낮은 상태가 유지되도록, 상기 버퍼층 또는 상기 광 흡수층이 형성되는 전지 모듈.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 버퍼층의 전도 대역 최저 에너지가 상기 광 흡수층의 전도 대역 최저 에너지보다 낮도록, 상기 버퍼층 또는 상기 광 흡수층이 형성되며,

상기 버퍼층의 밴드갭이 상기 광 흡수층의 밴드갭보다 크도록, 상기 버퍼층 또는 상기 광 흡수층이 형성되는 전지 모듈.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 버퍼층은 C_{60} , ZnO , $PCBM$, AZO , Nb_2O_5 , In_2O_3 중 적어도 하나를 포함하는 전지 모듈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양광을 전기 에너지로 변환하는 태양 전지 모듈에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 박막 태양 전지는 기존 실리콘 태양 전지에 비해 낮은 생산 단가와 높은 에너지 변환 효율을 보인다. 이에 따라, 박막 태양 전지는 차세대 태양 전지로서 대두되고 있다.

[0003] 최근에는 유연 기판을 활용한 박막 태양 전지를 제작하여 BIPV(Building Integrated Photovoltaics), VIPV(Vehicle Integrated Photovoltaics) 등에 적용하려는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나, 기판이 휘었을 때 박막에 손상이 생기고, 이는 곧 효율 저하로 이어지게 된다.

[0004] 한국등록특허공보 제1455514호에는 유연 기판의 상면에 형성되는 양극 전극층을 전도성 고분자층과 이를 감싸는 투명 전극 산화물층으로 형성한 태양 전지가 개시되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제1455514호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 안정성과 효율을 증가시키는 버퍼층을 포함하는 박막 태양 전지 모듈을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 전지 모듈은 태양광을 흡수하고, 흡수한 광 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 광 흡수층; 상기 광 흡수층 상에 적층되는 전자 전달층; 상기 전자 전달층을 사이에 두고 상기 광 흡수층에 대면하게 적층되거나, 상기 광 흡수층과 상기 전자 전달층 사이에 적층되는 설정 기능의 버퍼층;을 포함할 수 있다.

[0008] 상기 버퍼층은 상기 전자 전달층에 대면 접촉하게 상기 전자 전달층 상에 적층될 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명은 유연 기판 위에 박막 태양 전지를 제작하였을 때, 기판의 휘어짐으로 인해 생길 수 있는 박막 손상을 방지하는 손상 방지막 기능의 버퍼층을 도입할 수 있다.

[0010] 본 발명의 버퍼층은 단순히 물리적인 손상을 방지하는 역할뿐만 아니라, 전자 추출층의 역할도 하게 되어 광 흡수층에서 생성된 전자의 재결합을 줄이고, 더욱 효율적으로 전자를 수송하여 광전 변환 효율을 개선할 수 있다. 또한, 버퍼층은 광 흡수층의 박막 품질을 개선하고 정방향 변환 효율과 역방향 변환 효율의 차이(hysteresis index)를 개선할 수 있다.

[0011] 본 발명에서 제시하는 유연 기판 박막 태양 전지 모듈은 전자 수송층(전자 전달층, 전자 추출층)과 광 흡수층 사이에 버퍼층을 적용하거나 버퍼층과 광 흡수층 사이에 전자 수송층을 적용하여 벤딩 시 발생할 수 있는 박막 손상을 방지하고, 벤딩 안정성을 높일 수 있다.

[0012] 버퍼층은 전자 수송층을 확장하여 전자 추출층의 역할도 수행할 수 있기 때문에, 광 흡수층에서 일어나는 전자-정공 재결합을 줄여 광전 효율을 높일 수 있다.

[0013] 본 발명에 따르면, 버퍼층의 도입으로 인해 태양 전지 모듈의 표면 거칠기가 감소되고, 버퍼층 상에 적층되는 광 흡수층 또는 전자 수송층의 박막 품질을 높이고, 정방향 변환 효율과 역방향 변환 효율의 차이(hysteresis index)를 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 전지 모듈을 나타낸 개략도이다.

도 2는 본 발명의 다른 전지 모듈을 나타낸 개략도이다.

도 3은 버퍼층이 미적용된 비교 실시예의 벤딩 실험 결과를 나타낸 개략도이다.

도 4는 버퍼층이 적용된 본 발명의 벤딩 실험 결과를 나타낸 개략도이다.

도 5는 버퍼층이 미적용된 비교 실시예의 벤딩 실험에 따른 표면 거칠기 변화를 나타낸 개략도이다.

도 6은 버퍼층이 적용된 본 발명의 벤딩 실험에 따른 표면 거칠기 변화를 나타낸 개략도이다.

도 7은 버퍼층 적용에 따른 전자 추출 효율을 나타낸 그래프이다.

도 8은 버퍼층 적용에 따른 광 흡수층의 SEM(Scanning Electron Microscope) 데이터를 나타낸 개략도이다.

도 9는 버퍼층으로 C_{60} , ZnO , PCBM을 적용한 전지 모듈의 밴드갭을 나타낸 그래프이다.

도 10은 버퍼층으로 AZO, Nb_2O_5 , In_2O_3 를 적용한 전지 모듈의 밴드갭을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0016] 본 명세서에서, 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0017] 또한 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나 '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0018] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용되는 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도로 사용되는 것이 아니다.
- [0019] 또한 본 명세서에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0020] 또한 본 명세서에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품, 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것일 뿐, 하나 또는 그 이상의 다른 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0021] 또한 본 명세서에서, '및/또는'이라는 용어는 복수의 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다. 본 명세서에서, 'A 또는 B'는, 'A', 'B', 또는 'A와 B 모두'를 포함할 수 있다.
- [0022] 또한 본 명세서에서, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략될 것이다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 전지 모듈을 나타낸 개략도이다. 도 2는 본 발명의 다른 전지 모듈을 나타낸 개략도이다.
- [0024] 전지 모듈은 태양광이 입력되면 전기 에너지를 생산할 수 있다.
- [0025] 전지 모듈은 광 흡수층(111), 전자 전달층(107), 버퍼층(109)을 포함할 수 있다.
- [0026] 광 흡수층(111)은 태양광을 흡수할 수 있다. 광 흡수층(111)은 흡수한 태양광의 광 에너지를 이용하여 전력, 전기 에너지를 생산할 수 있다.
- [0027] 전자 전달층(107)은 광 흡수층(111) 상에 적층될 수 있다.
- [0028] 전자 전달층(107)은 광 흡수층(111)에서 형성된 전자를 전극으로 전달할 수 있다. 전자 전달층(107)은 전자 수송층 또는 전자 추출층으로 지칭되어도 무방하다.
- [0029] 버퍼층(109)은 전자 전달층(107)을 사이에 두고 광 흡수층(111)에 대면하게 적층될 수 있다. 또는, 버퍼층(109)은 광 흡수층(111)과 전자 전달층(107) 사이에 적층될 수 있다. 버퍼층(109)은 설정 기능을 갖도록 형성될 수 있다.
- [0030] 전자 전달층(107)의 일면에 버퍼층(109)의 일면이 대면 접촉하게 적층될 수 있다. 버퍼층(109)의 타면에 광 흡수층(111)이 대면 접촉하게 적층될 수 있다. 예를 들어, 전자 전달층(107)의 윗면에 버퍼층(109)의 아랫면이 접촉하게 형성되고, 버퍼층(109)의 윗면에 광 흡수층(111)이 접촉하게 형성될 수 있다. 이와 같은 구조는 P타입 반도체, i타입 광흡수층, n타입 반도체가 접합된 태양 전지 모듈에서 N-I-P 구조를 형성할 수 있다.
- [0031] 광 흡수층(111)의 일면에 전자 전달층(107)의 일면이 대면 접촉하게 적층되고, 전자 전달층(107)의 타면에 상기 버퍼층(109)이 대면 접촉하게 적층될 수 있다. 예를 들어, 광 흡수층(111)의 윗면에 전자 전달층(107)의 아랫면이 접촉하게 형성되고, 전자 전달층(107)의 윗면에 버퍼층(109)이 접촉하게 형성될 수 있다. 이와 같은 구조는

P타입 반도체, i타입 광흡수층, n타입 반도체가 접합된 태양 전지 모듈에서 P-I-N 구조를 형성할 수 있다.

- [0032] 버퍼층(109)은 전자 전달층(107)과 다른 재질을 포함하면서 전자 전달층(107)과 동일한 기능을 수행하게 형성될 수 있다. 이에 따르면, 버퍼층(109)은 전자 전달층(107)의 역할을 수행할 수 있다.
- [0033] 버퍼층(109)은 전자 전달층(107)보다 낮은 탄성 계수를 갖게 형성될 수 있다.
- [0034] 일 예로, 버퍼층(109)은 100GPa이하의 탄성 계수를 가질 수 있다. 또한, 버퍼층(109)은 전자 전달층(107)보다 85% 이상이고 90% 이하인 값만큼 낮은 탄성 계수를 갖게 형성될 수 있다.
- [0035] 예를 들어, 상기 전자 전달층(107)이 150GPa의 탄성 계수를 가지는 경우, 상기 버퍼층(109)은 85% 이상이고 90% 이하인 값인 15~22.5GPa의 탄성 계수를 가지는 것이 바람직하다.
- [0036] 전지 모듈은 전자 전달층(107), 버퍼층(109), 광 흡수층(111) 순서에 따라 적층된 물체를 포함하거나, 광 흡수층(111), 전자 전달층(107), 상기 버퍼층(109) 순서에 따라 적층된 물체를 포함할 수 있다.
- [0037] 전자 전달층(107)과 광 흡수층(111) 사이의 에너지 밴드갭 정렬이 만족되도록 전자 전달층(107), 버퍼층(109), 광 흡수층(111) 중 적어도 하나가 형성될 수 있다.
- [0038] 일 예로, 광 흡수층(111)과 버퍼층(109)의 밴드갭 상으로, 버퍼층(109)의 전도 대역의 최저 에너지가 광 흡수층(111)의 전도 대역의 최저 에너지보다 낮도록, 버퍼층(109) 또는 광 흡수층(111)이 형성될 수 있다. 이와 같이 버퍼층(109)의 전도 대역의 최저 에너지가 광 흡수층(111)의 전도 대역의 최저 에너지보다 낮도록 광 흡수층(111)과 버퍼층(109)이 형성된 상태가 전자 전달층(107)과 광 흡수층(111) 사이의 에너지 밴드갭 정렬이 만족되는 상태에 해당될 수 있다.
- [0039] 광 흡수층(111)과 버퍼층(109)의 밴드갭 상으로, 버퍼층(109)의 가전자 대역의 최고 에너지가 광 흡수층(111)의 가전자 대역의 최고 에너지보다 낮은 상태가 유지되도록, 버퍼층(109) 또는 광 흡수층(111)이 형성될 수 있다.
- [0040] 버퍼층(109)의 전도 대역 최저 에너지가 광 흡수층(111)의 전도 대역 최저 에너지보다 낮도록, 버퍼층(109) 또는 광 흡수층(111)이 형성될 수 있다.
- [0041] 이때, 버퍼층(109)의 밴드갭이 광 흡수층(111)의 밴드갭보다 크도록, 버퍼층(109) 또는 광 흡수층(111)이 형성될 수 있다.
- [0042] 이상에서 살펴본 버퍼층(109)의 조건을 만족하는 물질, 재질을 포함할 수 있다.
- [0043] 일 예로, 버퍼층(109)은 C_{60} , ZnO, PCBM, AZO, Nb_2O_5 , In_2O_3 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0044] 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 실시예에 따른 유연 기판 박막 태양 전지 모듈은 기판(101)과 간격을 가지고 배치된 확산 방지막(103), 하부 전극(105), 전자 전달층(107), 버퍼층(109), 광 흡수층(111), 정공 전달층(113), TCO 버퍼층(115), 상부 전극(117), 전극 인터페이스가 순서대로 적층되어 형성될 수 있다. 전자 전달층(107)과 광 흡수층(111) 사이에 밴딩 안정성 및 광전 효율을 높이는 버퍼층(109)이 마련될 수 있다.
- [0045] 하부 전극(105)과 상부 전극(117)은 TCO(Transparent Conductive Oxide)를 포함할 수 있다.
- [0046] 평면상으로 전자 전달층(107)은 하부 전극(105)의 일부 영역에 적층될 수 있다. 이때, 전자 전달층(107)이 적층되고 남은 하부 전극(105)의 나머지 영역에 단자에 해당하는 제1 전극 인터페이스(121)가 적층, 형성될 수 있다.
- [0047] 상부 전극(117)의 일면이 TCO 버퍼층(115)에 대면될 때, 상부 전극(117)의 타면에 단자에 해당하는 제2 전극 인터페이스(122), 제3 전극 인터페이스(123)가 적층 또는 형성될 수 있다. 제2 전극 인터페이스(122)와 제3 전극 인터페이스(123)가 모두 마련된 경우, 어느 하나는 상부 전극(117)의 타면 중에서 일단부에 형성될 수 있다. 나머지 하나는 상부 전극(117)의 타면 중에서 타단부에 형성될 수 있다.
- [0048] 제2 실시예의 경우, 전지 모듈은 기판(101), 확산 방지막(103), 하부 전극(105), 정공 전달층(113), 광 흡수층(111), 전자 전달층(107), 버퍼층(109), TCO 버퍼층(115), 상부 전극(117), 전극이 순서대로 적층되어 형성될 수 있다. 전자 전달층(107) 위에 밴딩 안정성 및 광전 효율을 높이는 버퍼층(109)이 마련될 수 있다.
- [0049] 제2 실시예의 경우, 평면상으로 정공 전달층(113)이 하부 전극(105)의 일부 영역에 적층될 수 있다. 이때, 정공 전달층(113)이 적층되고 남은 하부 전극(105)의 나머지 영역에 단자에 해당하는 제1 전극 인터페이스(121)가 적층되거나 형성될 수 있다.

- [0050] 상부 전극(117)의 일면이 TCO 버퍼층(115)에 대면될 때, 상부 전극(117)의 타면에 단자에 해당하는 제2 전극 인터페이스(122), 제3 전극 인터페이스(123)가 적층 또는 형성될 수 있다. 제2 전극 인터페이스(122)와 제3 전극 인터페이스(123)가 모두 마련된 경우, 어느 하나는 상부 전극(117)의 타면 중에서 일단부에 형성될 수 있다. 나머지 하나는 상부 전극(117)의 타면 중에서 타단부에 형성될 수 있다.
- [0051] 기판(101)은 PEN, PET 등을 포함한 고분자 물질 또는 스테인리스 스틸이나 실리콘을 포함한 금속 물질을 포함할 수 있으며 기판(101)을 구성하는 물질은 유연성이 있다면 이에 한정되지 않는다.
- [0052] 하부 전극(105)과 상부 전극(117)은 ITO, FTO, ZnO, ATO, PTO, ZEO, IZO 등을 기반으로 하는 투명 전도성 산화물과 Au, Ag, Cu, Sn, Pb, Al 등의 금속 물질과 카본(Carbon), 그래핀(Graphene) 등의 비금속 물질을 포함할 수 있으나 하부 전극(105)과 상부 전극(117)을 구성하는 물질은 이에 한정되지 않으며 광전효과에 의해 생성된 전하들이 이동할 수 있는 모든 물질을 포함할 수 있다.
- [0053] 앞에서 설명된 바와 같이, 버퍼층(109)은 다음의 특징을 가질 수 있다.
- [0054] 1) 전자 전달층(107) 또는 전자추출층의 역할 수행
- [0055] 2) 전자 전달층(107)보다 낮은 탄성
- [0056] 3) 전자 전달층(107)과 광 흡수층(111) 사이의 에너지 밴드갭 정렬이 맞아야 함
- [0057] 바람직하게, 버퍼층(109)은 위 3가지 특성을 모두 만족하는 것이 좋다. 이에 대한 예시로, C₆₀, ZnO, PCBM, AZO, Nb₂O₅, InO₃ 등으로 형성된 버퍼층(109)이 형성될 수 있다.
- [0058] 버퍼층(109)을 구성하는 물질은 이에 한정되지 않고, 위 3가지 특성, 조건을 만족하는 모든 물질을 포함할 수 있다.
- [0059] 광 흡수층(111)은 1) ABX₃ 구조로 이루어질 수 있으며 이때, A는 Cs 등 금속 물질과 유기 화합물을 포함하며 B는 Pb, Sn, Ti, Nb, Zr, 및 Ce로 구성된 군으로부터 선택된 하나 이상의 물질이며, X는 Cl, Br, I 등의 할로젠 원자를 기반으로 하는 물질을 포함할 수 있다.
- [0060] 광 흡수층(111)은 2) 구리인듐셀렌(CISE), 구리인듐갈륨셀렌(CIGSe), 구리아연주석황(CZTS), 구리아연주석셀렌(CZTSe), 구리아연주석황셀렌(CZTSSe) 중 어느 하나를 포함하는 CIGS계 및 CIGS와 비슷한 결정구조를 가진 CZTS계 물질을 포함할 수 있다.
- [0061] 위의 1) 특징과 2) 특징을 갖는 광 흡수층(111)은 빛 에너지를 받을 시 전자와 정공을 생성하며 이 두 전하는 전하 전달층(전자 전달층(107), 정공 전달층(113))으로 수집될 수 있다
- [0062] 전자 전달층(107)과 정공 전달층(113)은 각각 전자 수송 및 정공 차단 기능이 있는 TiO₂, SnO₂, AZO 등의 금속 산화물과 PCBM 등의 C₆₀ 유도체와 유기물 등을 포함할 수 있고, 정공 수송 및 전자 차단 기능이 있는 C,H,N을 포함하는 유기물과 NiOx 등을 포함하는 금속 산화물, 그래핀(Graphene)이나 CNT 같이 전기 전도성이 좋은 물질을 포함할 수 있다. 그러나, 전자 전달층(107)(전자 수송층)과 정공 전달층(113)(정공 수송층)을 구성하는 물질은 이에 한정되지 않으며 광 흡수층(111)으로부터 생성된 전자와 정공을 각각 하부 전극(105), 상부 전극(117)으로 이동시킬 수 있는 밴드갭 구조를 가진 전도성이 좋은 모든 물질을 포함할 수 있다. 이때 전자 수송층과 정공 수송층은 전자 수송 기능이 있는 물질을 포함하는 층과, 전하 수송 기능이 있는 물질을 포함하는 층으로 나뉘며 이 둘의 위치는 바뀔 수 있다 (제1실시예: NIP구조, 제1-1실시예: PIN구조).
- [0063] 도 2에 도시된 제3 실시예에 따른 다중 접합 박막 태양 전지 모듈은 후면 메탈층(131), 실리콘 BSF(Back Surface Field)층(133), 실리콘 베이스층(135), 실리콘 에미터층(137), 하부 전극(105), 전자 전달층(107), 버퍼층(109), 광 흡수층(111), 정공 전달층(113), TCO 버퍼층(115), 상부 전극(117)을 포함할 수 있다. 전자 전달층(107)과 광 흡수층(111) 사이에 밴딩 안정성 및 광전 효율을 높이는 버퍼층(109)이 적층될 수 있다.
- [0064] 제4 실시예에 따른 전지 모듈은 후면 메탈층(131), 실리콘 BSF(Back Surface Field)층(133), 실리콘 베이스층(135), 실리콘 에미터층(137), 하부 전극(105), 정공 전달층(113), 광 흡수층(111), 전자 전달층(107), 버퍼층(109), TCO 버퍼층(115), 상부 전극(117)을 포함할 수 있다. 전자 전달층(107) 위에 밴딩 안정성 및 광전 효율을 높이는 버퍼층(109)이 적층될 수 있다.
- [0065] 하부 전극(105)과 상부 전극(117)은 ITO, FTO, ZnO, ATO, PTO, ZEO, IZO 등을 기반으로 하는 투명 전도성 산화

물과 Au, Ag, Cu, Sn, Pb, Al 등의 금속 물질과 Carbon, Graphene 등의 비금속 물질을 포함할 수 있다. 하부 전극(105)과 상부 전극(117)을 구성하는 물질은 이에 한정되지 않으며 광전 효과에 의해 생성된 전자들이 이동할 수 있는 모든 물질을 포함할 수 있다.

- [0066] 도 3은 버퍼층(109)이 미적용된 비교 실시예의 벤딩 실험 결과를 나타낸 개략도이다.
- [0067] 도 3의 (a)는 벤딩 전의 상태를 나타낸 사진이고, 도 3의 (b)는 벤딩 후의 상태를 나타낸 사진이다.
- [0068] 살펴보면, 벤딩 시험 전/후 전자 전달층(107)의 표면 손상이 극심한 것을 알 수 있다.
- [0069] 도 4는 버퍼층(109)이 적용된 본 발명의 벤딩 실험 결과를 나타낸 개략도이다.
- [0070] 도 4의 (a)는 벤딩 전의 상태를 나타낸 사진이고, 도 4의 (b)는 벤딩 후의 상태를 나타낸 사진이다.
- [0071] 살펴보면, 벤딩 시험 전/후 전자 전달층(107)의 표면 손상이 현저하게 줄어든 것을 알 수 있다. 이를 통해 벤딩 안정성이 확보될 수 있다.
- [0072] 도 5는 버퍼층(109)이 미적용된 비교 실시예의 벤딩 실험에 따른 표면 거칠기 변화를 나타낸 개략도이다.
- [0073] 도 5의 (a)는 벤딩 전의 상태를 나타낸 사진이고, 도 5의 (b)는 벤딩 후의 상태를 나타낸 사진이다.
- [0074] 살펴보면, 버퍼층(109) 적용 전에는 벤딩 시험 전/후 전자 전달층(107)의 표면 거칠기 차이가 극심한 것으로 나타났다.
- [0075] 도 6은 버퍼층(109)이 적용된 본 발명의 벤딩 실험에 따른 표면 거칠기 변화를 나타낸 개략도이다.
- [0076] 도 6의 (a)는 벤딩 전의 상태를 나타낸 사진이고, 도 6의 (b)는 벤딩 후의 상태를 나타낸 사진이다.
- [0077] 버퍼층(109) 적용 후에는 벤딩 시험 전/후 전자 전달층(107)의 표면 거칠기 차이가 현저하게 줄어든 것으로 나타났다. 이를 통해, 버퍼층(109)의 적용으로 인하여 벤딩 안정성이 개선된 것이 확인되었다.
- [0078] 더하여, 도 5(a)와 도 6(a)를 비교하였을 때, 버퍼층(109)의 적용으로 전자 전달층(107)의 표면 거칠기가 줄어든 것을 확인할 수 있으며, 광 흡수층(111)(perovskite layer)의 박막 품질이 개선될 가능성을 의미한다.
- [0079] 도 7은 버퍼층 적용에 따른 전자 추출 효율을 나타낸 그래프이다.
- [0080] 도 7을 살펴보면, C_{60} 을 포함하는 버퍼층(109)으로 인하여, 재결합(Recombination) 감소로 인한 전하 추출 증가 효과가 확인되었으며, 버퍼층(109)의 두께가 증가할수록 전하 추출 증가 효과는 더 증대되는 것을 확인하였다.
- [0081] 도 8은 버퍼층 적용에 따른 광 흡수층의 SEM(Scanning Electron Microscope) 데이터를 나타낸 개략도이다.
- [0082] 도 8a)는 N-I-P 구조를 가진 전지 모듈에 있어서, 버퍼층이 미적용된 상태의 광 흡수층 SEM 이미지이고, 도 8b)는 N-I-P 구조를 가진 전지 모듈에 있어서, 10nm의 버퍼층이 적용된 경우 광 흡수층의 SEM 이미지이고, 도 8c)는 N-I-P 구조를 가진 전지 모듈에 있어서, 20nm의 버퍼층이 적용된 경우 광 흡수층의 SEM 이미지이다.
- [0083] 도 8을 살펴보면, 전자 전달층(107)의 표면을 평탄화 해줄 수 있는 버퍼층(109)을 적용한 후 광 흡수층(111)(perovskite layer)의 박막 품질이 개선된 것으로 나타났다. 구체적으로, 그레인 사이즈(grain size)가 증가하고, 거칠기가 감소한 것으로 나타났다.
- [0084] 도 9는 버퍼층(109)으로 C_{60} , ZnO, PCBM을 적용한 전지 모듈의 밴드갭을 나타낸 그래프이다. 도 10은 버퍼층(109)으로 AZO, Nb_2O_5 , In_2O_3 를 적용한 전지 모듈의 밴드갭을 나타낸 그래프이다.
- [0085] 본 발명에 따르면, 버퍼층(109)은 전자 수송 또는 추출층의 역할 수행할 수 있어야 하며, 광 흡수층(111)(ETL)보다 낮은 탄성 계수를 가져야 하며, 에너지 밴드갭이 정렬될 필요가 있다. 이들을 만족하는 위 재질로 구성된 버퍼층(109)은 도 9, 도 10에 도시된 바와 같이, 밴드갭이 정렬된 것으로 나타났다.
- [0086] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 통상의 기술자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

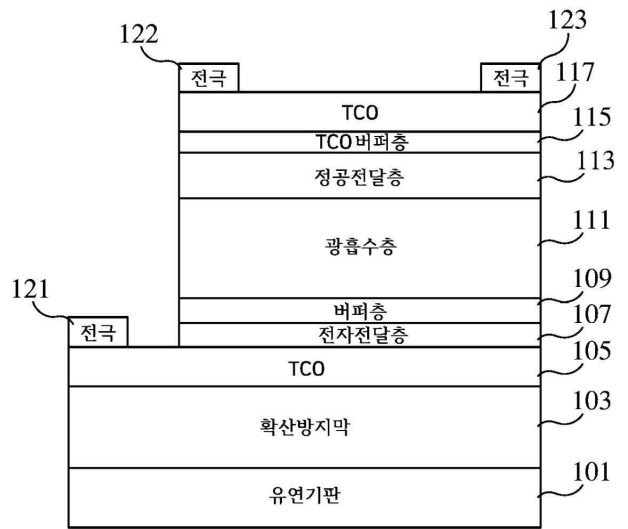
부호의 설명

- [0087] 101...기판

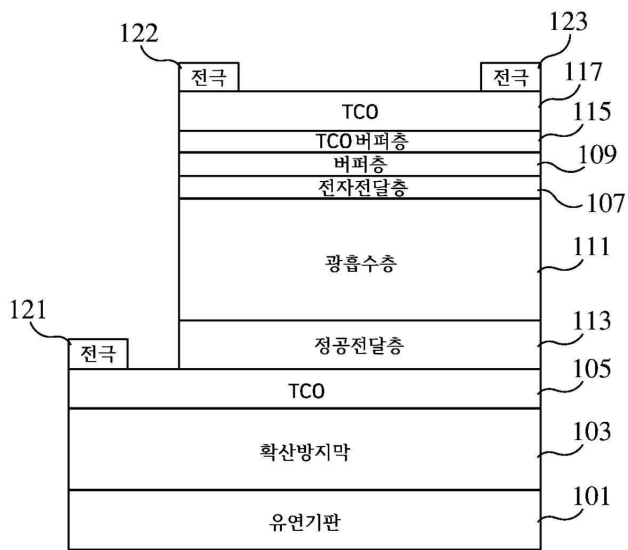
- 103... 확산 방지막
- 105... 하부 전극
- 107... 전자 전달층
- 109... 버퍼층
- 111... 광 흡수층
- 113... 정공 전달층
- 115... TCO 버퍼층
- 117... 상부 전극
- 121... 제1 전극 인터페이스
- 122... 제2 전극 인터페이스
- 123... 제3 전극 인터페이스
- 131... 후면 메탈층(Back metal)
- 133... 실리콘 BSF층(Si BSF)
- 135... 실리콘 베이스층(Si 베이스)
- 137... 실리콘 에미터층(Si 에미터)

도면

도면1



(a)



(b)

도면2

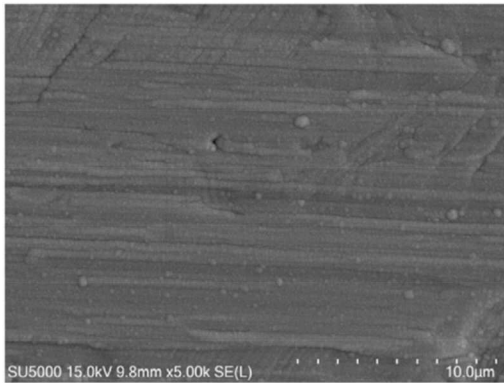


(a)

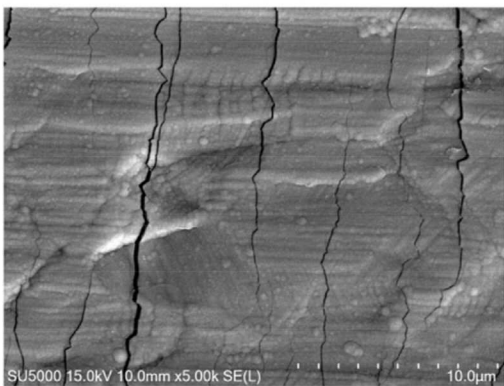


(b)

도면3

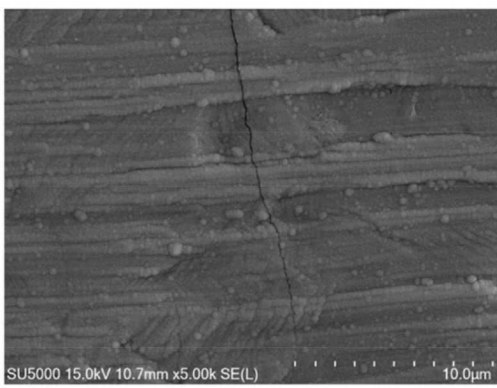
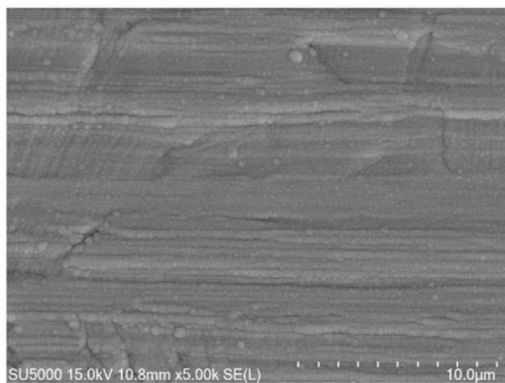


(a)

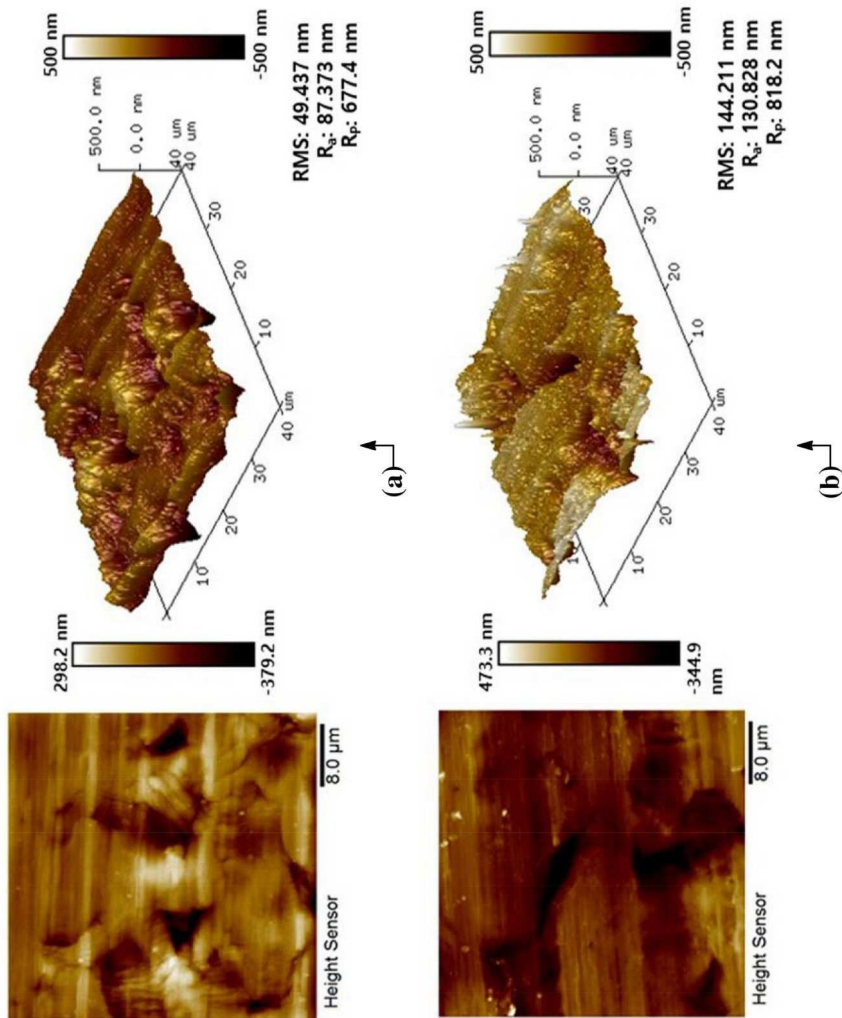


(b)

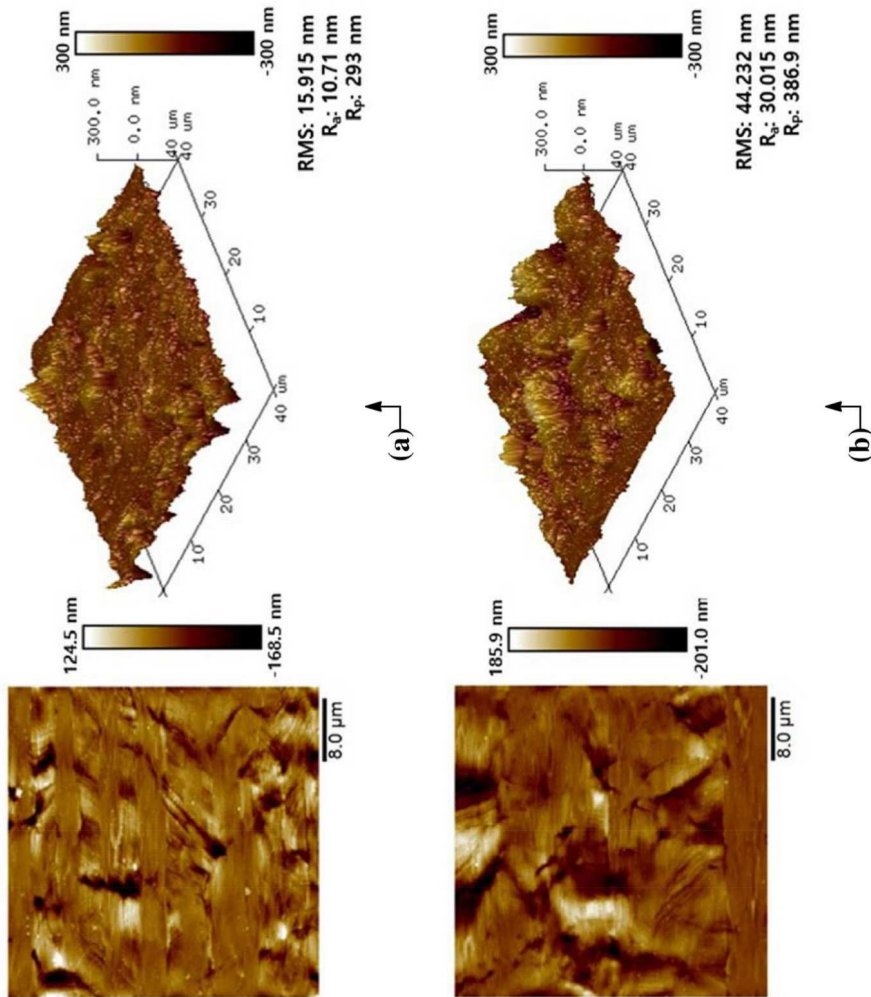
도면4



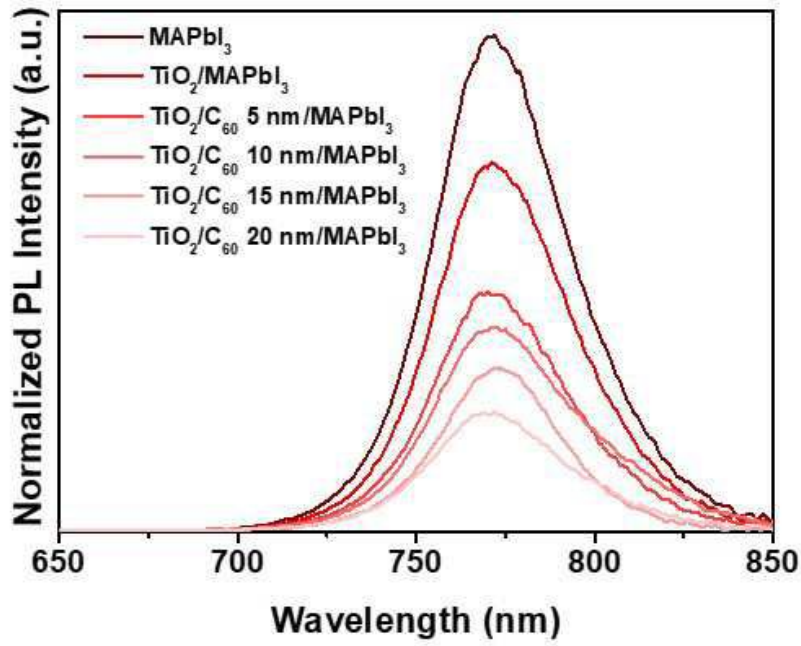
도면5



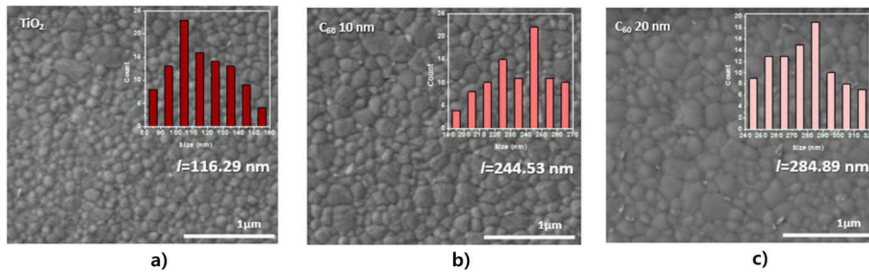
도면6



도면7

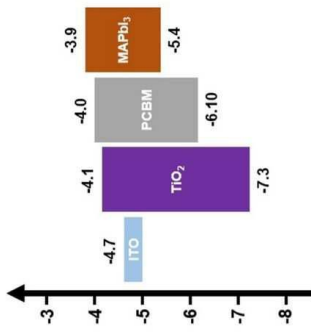


도면8

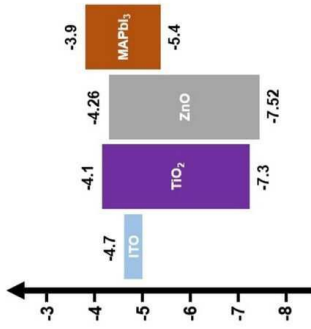


도면9

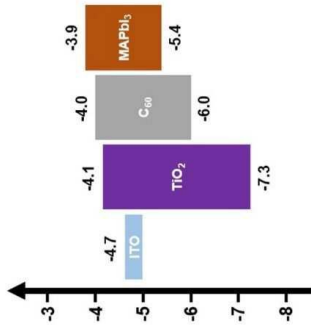
■ 버퍼층 PCBM 사용 시



■ 버퍼층 ZnO 사용 시



■ 버퍼층 C₆₀ 사용 시



도면10

