(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0035179
(43) 공개일자 2014년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/42 (2006.01) *H01L 51/48* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0101727
(22) 출원일자 2012년09월13일
심사청구일자 2012년09월13일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
유재웅
서울 서초구 신반포로 9, 84동 206호 (반포동, 주공아파트)
강남수
서울 노원구 화랑로43다길 8-1, (월계동)
(74) 대리인
최관락, 송인호, 민영준

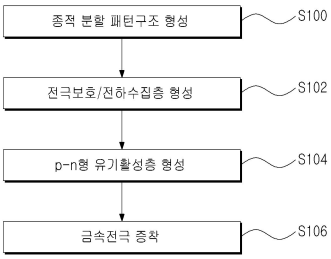
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **소자 분할을 통해 성능이 향상된 유기 광전변환 모듈을 제조하는 방법 및 이에 의해 제조된 유기 광전변환모듈**

(57) 요 약

본 발명은 소자 분할을 통해 성능이 향상된 유기 광전변환 모듈을 제조하는 방법 및 이 방법에 의해 제조된 유기 광전변환모듈을 개시한다. 본 발명에 따르면, 유기 광전변환모듈을 제조하는 방법으로서, 투명기판 상에 투명전극의 미리 설정된 길이 대 폭 비율을 갖는 종적 분할 패턴구조를 형성하는 단계; 상기 종적 분할 패턴구조가 형성된 투명전극 상에 전극보호/전하수집층을 형성하는 단계; 상기 전극보호/전하수집층 상에 p-n형 고분자 나노복합구조를 형성하는 단계; 및 상기 p-n형 고분자 나노복합구조 상에 금속전극을 증착하는 단계를 포함하는 유기 광전변환모듈 제조 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2012-0002201
부처명	교육과학기술부
연구사업명	일반연구자지원사업
연구과제명	적층형 프린트 기술을 이용한 유연 유기광전변환소자 연구
기 여 율	1/1
주관기관	경희대학교 산학협력단
연구기간	2010.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

유기 광전변환모듈을 제조하는 방법으로서,

투명기판 상에 투명전극의 미리 설정된 길이 대 폭 비율을 갖는 종적 분할 패턴구조를 형성하는 단계;

상기 종적 분할 패턴구조가 형성된 투명전극 상에 전극보호/전하수집층을 형성하는 단계;

상기 전극보호/전하수집층 상에 p-n형 고분자 나노 복합구조를 형성하는 단계; 및

상기 p-n형 고분자 나노 복합구조 상에 금속전극을 증착하는 단계를 포함하는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 소자 길이 대 폭 비율은 15 내지 20 범위를 갖는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 투명기판은 유리, 석영, 투명 플라스틱인 PET(polyethylene terephthalate) 및 폴리에테르설폰(polyethersulfone)으로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 투명전극은 인듐 산화주석(indium tin oxide, ITO), 인듐 산화아연(indium zinc oxide, IZO) 및 알루미늄-도핑 산화아연(aluminum-dopped zinc oxide)의 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide, TCO), 폴리에틸렌다이옥시티오펜(polyethylene dioxythiophene, PEDOT), 폴리아닐린(polyaniline) 및 폴리피롤(polypyrrole)로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전극보호/전하수집층은 몰리브덴옥사이드 등의 산화금속 (MoOx), 폴리에틸렌다이옥시티오펜(PEDOT), 폴리스티렌설포네이트(polystyrenesulfonate, PSS), 폴리아닐린(polyaniline) 및 폴리피롤(polypyrrole)로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 p-n형 고분자 나노 복합구조에서 p형 고분자는 폴리티오펜 및 그의 유도체, 폴리(파라-페닐렌) 및 그의 유도체, 폴리플로렌 및 그의 유도체, 및 폴리아세틸렌 및 그의 유도체로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 p-n형 고분자 나노 복합구조에서 n형 고분자는 C60 플러렌, C70 플러렌의 플러렌(Fullerene), 3,4,9,10-페릴렌테트라카복실 비스벤즈이미다졸(3,4,9,10-perylenetetracarboxylic bisbenzimidazole, PTCBI)의 유기계 전자친화성 재료 및 이의 유도체로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 금속전극은 알루미늄, 마그네슘, 리튬, 칼슘, 구리, 은, 금, 백금 및 이들의 합금으로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈 제조 방법.

청구항 9

투명기판;

상기 투명기판 상에 미리 설정된 길이 대 폭 비율으로 종적으로 분할되어 형성된 투명전극;

상기 종적으로 분할된 투명전극 상에 형성된 전극보호/전하수집층;

상기 전극보호/전하수집층 상에 형성된 p-n형 고분자 나노 복합구조; 및

상기 p-n형 고분자 나노 복합구조 상에 형성된 금속전극을 포함하는 유기 광전변환모듈.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 길이 대 폭 비율은 15 내지 20 범위인 유기 광전변환모듈.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 투명기판은 유리, 석영, 투명 플라스틱인 PET(polyethylene terephthalate) 및 폴리에테르설폰(polyethersulfone)으로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 투명전극은 인듐 산화주석(indium tin oxide, ITO), 인듐 산화아연(indium zinc oxide, IZO) 및 알루미늄-도핑 산화아연 (aluminum-dopped zinc oxide)의 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide, TCO), 폴리에틸렌다이옥시티오펜(polyethylene dioxythiophene, PEDOT), 폴리아닐린(polyaniline) 및 폴리피롤(polypyrrole)로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환소모듈.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 전극보호/전하수집층은 몰리브덴옥사이드 (MoOx)와 같은 금속산화물, 폴리에틸렌다이옥시티오펜(PEDOT), 폴리스티렌 설포네이트(polystyrenesulfonate, PSS), 폴리아닐린(polyaniline) 및 폴리피롤(polypyrrole)로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 p-n형 고분자 나노 복합구조에서 p형 고분자는 폴리티오펜 및 그의 유도체, 폴리(파라-페닐렌) 및 그의 유도체, 폴리플로렌 및 그의 유도체, 및 폴리아세틸렌 및 그의 유도체로 구성된 군으로부터 선택되며,

n형 고분자는 C60 플러렌, C70 플러렌의 플러렌(Fullerene), 3,4,9,10-페릴렌테트라카복실 비스벤즈이미다졸(3,4,9,10-perylenetetracarboxylic bisbenzimidazole, PTCBI)의 유기계 전자친화성 재료 및 이의 유도체로 구성된 군으로부터 선택되는 유기 광전변환모듈.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 금속전극은 알루미늄, 마그네슘, 리튬, 칼슘, 구리, 은, 금, 백금 및 이들의 합금으로 구성된 군으로부터

선택되는 유기 광전변환모듈.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 소자 분할을 통해 성능이 향상된 유기 광전변환모듈을 제조하는 방법 및 이 방법에 의해 제조된 유기 광전변환모듈에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 1986년 탕에 의해서 처음으로 1%의 광전변환효율을 갖는 유기박막 태양전지를 제작하는 기술이 알려진 후(C.W. Tang, *Appl. Phys. Lett.* 48: 183, 1986) 많은 연구자에 의하여 기존의 태양전지인 무기 실리콘 계통의 태양전지와 비슷한 성능을 갖는 소자 제작을 시도하였지만 유기물 고유의 특성에 의하여 기술 개발이 답보 상태에 머물면서 실용화되지 못하다가 2000년 초부터 광전변환효율의 획기적인 증가를 통해 최근에는 실용화에 근접한 상태까지 발전하게 되었다.

[0003] 기본적으로 p형 반도체인 유기물은 전자이동도가 무기물에 비하여 매우 낮고 전하의 생성이 결합에너지를 갖고 있는 여기자(Exciton) 단계를 거쳐야하기 때문에 이러한 여기자 결합에너지를 극복하기 위하여 p형과 n형 반도체의 이종접합을 통해 이루어져야 한다.

[0004] 지속적인 기술 개발을 통해 2001년에 전도성 고분자인 폴리(3-헥실티오펜)[poly(3-hexylthiophene), P3HT]과 플러렌(Fullerene)을 혼합하여 약 2.5%의 광전변환효율을 갖는 소자가 보고되면서(S.E. Shaheen, 등, *Appl. Phys. Lett.* 78: 841, 2001) 상기 혼합물을 이용하여 유기박막 태양전지를 제작하는 많은 연구가 이루어졌고, 2003년에는 약 3.5%의 광전변환효율을 갖는 소자가 개발되었다(F. Padinger, 등, *Adv. Funct. Mater.* 13: 85, 2003). 2005년에 기존에 알려진 P3HT와 플러렌의 혼합비율을 바꾸고 열처리를 이용한 전하이동도의 증가를 통해 5%의 광전변환효율을 갖는 유기박막 태양전지가 개발되었다(W. Ma, 등, *Adv. Funct. Mater.* 15: 1617, 2005). 최근에는 일본 회사들이(Mitsubishi Chemical : 10%, Heliatec : 9.8%) 10%에 이르는 단위 소자를 개발하기에 이르렀다.

[0005] 전술한 바와 같이, 현재 고분자를 이용한 유기박막 태양전지는 고분자의 높은 가공성을 이용하여 간단한 스핀코팅으로 소자를 제작할 수 있다는 장점을 가지고 있어 그 간편성과 유연성, 그리고 저렴한 제작 단가로 인해 미래형 태양전지로 생각되고 있으며, 많은 연구 개발이 진행되고 있다.

[0006] 그러나 실제로 이러한 유기 고분자들은 반도체적 특성을 보유하고 있기 때문에 상당히 높은 전기저항도를 가지고 있으며, 또한 소자의 면적이 증가할 때 직렬저항(series resistance)이 증가한다는 연구 보고(B. Kippelen, 등, *Appl. Phys. Lett.* 89: 233516, 2006)에도 잘 나타나 있듯이 소자의 면적이 커지면 커질수록 직렬저항이 커지고 곡선인자가 나빠져서 효율이 나빠지게 된다.

[0007] 현재 사용되어지는 전원공급장치(즉 배터리나 충전기)와 비슷한 출력을 유기박막 태양전지에서 얻기 위해서는 여러 셀을 직병렬로 연결하여 모듈화 하여야 한다. 이에 따라 대면적의 모듈에서는 동일한 유기반도체로 연결된 소자 내의 다른 부분에서 서로에게 영향을 주는 측면직렬저항이 증가하게 되어 소자의 전체 직렬저항이 증가하게 되고 분로저항도 나빠지며 곡선인자가 감소하게 되며, 그로 인해 소자의 전기 출력이 감소하게 되어 변환효율이 감소하게 되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 유기 태양전지모듈의 대면적을 구현하고 이의 곡선인자 감소를 최소화하며 분로저항도 향상시켜 대면적에서도 최대한으로 높은 광전변환효율을 유지할 수 있는 유기 광전변환모듈 및 이의 제조방법을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 유기 광전변환모듈을 제조하는 방법으로서, 투명기판 상에 투명전극의 미리 설정된 길이 대 폭 비율을 갖는 종적 분할 패턴구조를 형성하는 단계; 상

기 종적 분할 패턴구조가 형성된 투명전극 상에 전극보호/전하수집층을 형성하는 단계; 상기 전극보호/전하수집층 상에 p-n형 고분자 나노 복합구조를 형성하는 단계; 및 상기 p-n형 고분자 나노 복합구조 상에 금속전극을 증착하는 단계를 포함하는 유기 광전변환모듈 제조 방법이 제공된다.

[0010] 상기 소자 길이 대 폭 비율은 여러 가지 범위를 가질 수 있다.

[0011] 하지만 상기 소자 길이 대 폭 비율이 15에서 20인 것이 바람직하다.

[0012] 상기 투명기판은 유리, 석영, 투명 플라스틱인 PET(polyethylene terephthalate) 및 폴리에테르설폰(polyethersulfone)으로 구성된 군으로부터 선택될 수 있다.

[0013] 상기 투명전극은 인듐 산화주석(indium tin oxide, ITO), 인듐 산화아연(indium zinc oxide, IZO) 및 알루미늄-도핑 산화아연(aluminum-dopped zinc oxide)의 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide, TCO), 폴리에틸렌다이옥시티오펜(polyethylene dioxythiophene, PEDOT), 폴리아닐린(polyaniline) 및 폴리피롤(polypyrrole)로 구성된 군으로부터 선택될 수 있다.

[0014] 상기 전극보호/전하수집층은 몰리브덴옥사이드 등의 산화금속 (MoOx), 폴리에틸렌다이옥시티오펜(PEDOT), 폴리스티렌설포네이트(polystyrenesulfonate, PSS), 폴리아닐린(polyaniline) 및 폴리피롤(polypyrrole)로 구성된 군으로부터 선택될 수 있다.

[0015] 상기 p-n형 고분자 나노 복합구조에서 p형 고분자는 폴리티오펜 및 그의 유도체, 폴리(파라-페닐렌) 및 그의 유도체, 폴리플로렌 및 그의 유도체, 및 폴리아세틸렌 및 그의 유도체로 구성된 군으로부터 선택될 수 있다.

[0016] 상기 p-n형 고분자 나노 복합구조에서 n형 고분자는 C60 플러렌, C70 플러렌의 플러렌(Fullerene), 3,4,9,10-페릴렌테트라카복실 비스벤즈이미다졸(3,4,9,10-perylenetetracarboxylic bisbenzimidazole, PTCBI)의 유기계 전자친화성 재료 및 이의 유도체로 구성된 군으로부터 선택될 수 있다.

[0017] 상기 금속전극은 알루미늄, 마그네슘, 리튬, 칼슘, 구리, 은, 금, 백금 및 이들의 합금으로 구성된 군으로부터 선택될 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 투명기판; 상기 투명기판 상에 미리 설정된 길이 대 폭 비율으로 종적으로 분할되어 형성된 투명전극; 상기 종적으로 분할된 투명전극 상에 형성된 전극보호/전하수집층; 상기 전극보호/전하수집층 상에 형성된 p-n형 고분자 나노 복합구조; 및 상기 p-n형 고분자 나노 복합구조 상에 형성된 금속전극을 포함하는 유기 광전변환모듈이 제공된다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면, 모듈내의 소자 분할을 통해 소자의 분로저항을 최대화하고 대면적화에 따른 곡선인자의 감소를 최소화하여 유기 광전변환모듈을 대면적으로 구현하더라도 광전변환효율을 최대한으로 유지할 수 있는 장점이 있다.

[0020] 또한, 본 발명에 따르면, 제조된 유기 광전변환모듈이 태양전지나 광센서로 매우 유용하게 이용될 수 있다.

[0021] 나아가, 본 발명에서 제안하는 길이 대 폭 비율을 사용하면 모듈의 최적의 광전 변환효율을 얻을 수 있을 뿐 아니라 주어진 모듈 공간에서 최대의 유효면적을 유지할 수 있어 최고의 전류적출을 얻을 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면 소자의 제작 공정이 고온, 진공 등 특별한 과정을 요구하지 않아 차세대 대면적 평판형 유기 태양전지 소자의 제작 및 개발에 매우 유용하게 활용될 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 유기 광전변환모듈 제조 과정을 도시한 순서도.

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 유기 광전변환모듈의 구성을 도시한 도면.

도 3a은 본 발명의 일 실시예에 따른 넓은 폭을 갖는 소자의 종적 분할에 형성된 유기 광전변환모듈의 모식도, 도 3b는 기존 방법에 따라 형성된 유기 광전변환모듈의 모식도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 광전변환모듈과 기존 방법에 따라 형성된 유기 광전변환모듈의 전류-전압 특성을 비교한 도면.

도 5a, 도 5b 및 도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른 종적 분할(2분할 및 6분할)에 의해 형성된 유기 광전변환

모듈과 기존 방법에 따라 형성된 유기 광전변환모듈의 모식도.

도 6a는 기존의 방법에 따라 좁은 폭을 갖는 소자로 형성된 유기 광전변환모듈의 전류-전압 특성 결과이고, 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 좁은 폭을 갖는 소자의 종적 분할(2분할 및 6분할)에 의해 형성된 유기 광전변환모듈의 전류-전압 특성 결과를 도시한 도면.

도 7은 소자의 길이 대 폭 비율을 분로저항의 함수로 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면 번호에 상관없이 동일한 수단에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하기로 한다.

[0026] 본 발명은 태양전지 모듈 내부에 분할 패턴구조 도입에 의한 소자의 종적 분할을 통해 소자간의 분로저항을 향상시키며 대면적화에 따른 곡선인자 감소를 최소화함으로써 향상된 광전변환효율을 나타내는 유기 광전변환모듈을 제공하고자 한다.

[0027] 본 발명에 따른 유기 광전변환모듈 제조 방법은 기존의 유기 태양전지의 제작 기술을 획기적으로 진보시키며 어떠한 물질에도 적용될 수 있는 기술로서, 전류 적출이 원활하도록 저항이 작은 금속라인을 소자 내에 삽입하는 기존의 기술과는 달리, 코팅(coating), 프린팅(printing), 리소그래피(lithography) 등의 기술을 이용하여 종적 분할 구조를 모듈 내에 도입하여 각 소자간의 분로저항의 증가와 곡선인자 감소를 최소화함으로써 전류 적출을 증가시킨다.

[0028] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 유기 광전변환모듈의 제조 과정을 도시한 도면이다.

[0029] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 유기 광전변환모듈 제조 과정은 종적 분할 패턴구조 형성 단계(단계 100), 전극보호/전하수집층 형성 단계(단계 102), p-n형 유기활성층 형성 단계(단계 104) 및 금속전극 증착 단계(단계 106)를 포함할 수 있다.

[0030] 단계 100은 투명기판 상에 투명전극의 종적 분할 패턴구조를 형성하여 모듈 내 소자를 보다 작은 크기로 면적 분할하는 단계이다.

[0031] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 소자 길이 대 소자 폭을 다양한 비율로 조절하여 최적의 비율을 제시한다.

[0032] 본 실시예에서 사용 가능한 투명기판은 유리, 석영, 투명 플라스틱인 PET(polyethylene terephthalate) 또는 폴리에테르설폰(polyethersulfone) 중 하나일 수 있다.

[0033] 또한 투명전극은 인듐 산화주석(indium tin oxide, ITO), 인듐 산화아연(indium zinc oxide, IZO), 알루미늄-도핑 산화아연(aluminum-dopped zinc oxide) 등의 다양한 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide, TCO), 폴리에틸렌다이옥시티오펜(polyethylene dioxythiophene, PEDOT), 폴리아닐린(polyaniline) 또는 폴리피롤(polypyrrole) 등을 포함할 수 있다.

[0034] 단계 102는 단계 100에서 형성된 투명전극의 종적 분할 패턴구조 위에 전극보호/전하수집층(charge protection/extraction layer)을 형성하는 단계로서, 전극보호/전하수집층은 스핀 코팅, 진공열증착, 임프린팅(imprinting), 잉크젯 프린팅 등의 방법을 이용하여 형성될 수 있다.

[0035] 본 실시예에서 효율적인 전하수집이 가능하도록 전극보호/전하수집층으로 몰리브덴옥사이드 (MoO_x), 폴리에틸렌다이옥시티오펜(PEDOT):폴리스티렌설포네이트(polystyrenesulfonate, PSS), 폴리아닐린(polyaniline) 또는 폴리피롤(polypyrrole) 등이 사용될 수 있다.

[0036] 단계 104는 전극보호/전하수집층 상에 광전변환 활성층으로 기능하는 유기물을 형성하는 단계로서, p-n형 이종

접합구조를 p형의 유기물과 n형의 유기물을 연속 상호침투 망상형 구조로 형성하게 된다.

[0037] 이때, 본 발명에 따른 p형 유기물(고분자)은 폴리티오펜 및 이의 유도체, 폴리(파라-페닐렌) 및 이의 유도체, 폴리플로렌 및 이의 유도체, 폴리아세틸렌 및 이의 유도체 중 하나일 수 있다.

[0038] 또한, n형 유기물(고분자)는 C60 플러렌, C70 플러렌과 같은 플러렌(Fullerene), 3,4,9,10-페릴렌테트라카복실비스벤즈이미다졸(3,4,9,10-perylenetetracarboxylic bisbenzimidazole, PTCBI)과 같은 유기계 전자친화성 재료 및 이의 유도체 중 하나일 수 있다.

[0039] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 폴리(3-헥실티오펜)[poly(3-hexylthiophene), P3HT]와 플러렌 유도체(PCBM: [6,6]-phenyl C_{61}-butyric acid methyl ester)를 최적의 블렌딩 비율로 스핀 코팅한 후 열처리를 통하여 전하 이동통로가 잘 확보되어 있는 이중연속상 상호침투 망상형 고분자 복합막을 형성한다.

[0040] 단계 106은 상기한 p-n형 유기활성층 상에 금속전극을 증착하는 단계로서, 미리 디자인된 마스크를 통해 금속전극을 증착하여 소자의 직렬연결이 구성되도록 한다.

[0041] 본 발명에 따른 금속전극으로는 알루미늄, 마그네슘, 리튬, 칼슘, 구리, 은, 금, 백금 또는 이들의 합금이 사용될 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0042] 전술한 바와 같이, 본 발명은 기존의 유기 광전변환모듈을 제조하는 과정에서 직렬로 연결된 소자를 종적으로 분할하여 각 분할된 소자가 다른 분할된 소자로부터 독립적으로 작용하게 하고, 이를 통해 분로저항을 증가시키고 곡선인자의 감소를 최소화하여 모듈의 광전변환효율을 향상시키는 것이다.

[0043] 고분자는 외부의 낮은 전압인가에도 전하 이동도가 증가하여 향상된 내부양자효율을 나타내고, 가공성이 우수하여 실온에서 코팅이나 프린팅 기술을 소자를 제작할 수 있다. 또한 대면적 소자의 제작이 용이할 뿐만 아니라, 유연성이 있으며 소자 제작비용이 저렴하고, 분자 설계를 통해 밴드갭 조절이 가능한 등 여러 가지 장점이 가지고 있기 때문에 차세대 광전변환소자의 소재로서 각광을 받고 있다 .

[0044] 유기박막 태양전지의 광전변환효율을 높이기 위해 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

[0045] 첫째, 광전소자의 광흡수도가 높아야 한다. 이는 광을 많이 흡수하여 여기자를 많이 생산할수록 전하를 생성하기가 쉽기 때문이다.

[0046] 둘째, p-n 계면에서의 전하 분리능, 즉 전자-정공 분리능이 커야한다. p-n 계면 근처에서만 여기자가 전자와 정공으로 분리될 수 있기 때문에 계면 근처의 광활성(photoactive) 지역에서 여기자를 형성해야 하고, p형과 n형 반도체들간의 HOMO(highest occupied molecular orbital)와 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital) 차이가 커야 생성된 여기자가 여기자 결합에너지를 극복하고 전자와 정공으로 분리될 수 있다. 또한 생성된 전자와 정공이 이동하지 않으면 다시 여기자로 재결합되므로 생성된 전하의 원활한 수송을 통해 전자와 정공의 재결합을 방지해야 한다.

[0047] 셋째, 전자와 정공의 균등한 운반을 통하여 한 종류의 전하가 소자 내에 축적되는 것을 방지해야 한다. 특히 대부분의 고분자들은 전하 이동도(charge mobility)가 무기물에 비하여 현저히 낮기 때문에 원활한 이동경로를 확보해야 하고, 전자나 정공의 이동도가 비슷해야 한 종류의 전하가 소자 내에 축적되지 않는다.

[0048] 또한, 전하가 전극으로 잘 전달되면 정공이나 전자가 소자 내에 축적되지 않아 소자 내부에 큰 부하가 걸리지 않게 되어 소자의 수명을 연장시킬 수 있다. 보통 유기/무기 또는 저분자/고분자 이종접합의 경우에는 서로 다른 운반 메커니즘을 보유하여 서로 다른 이동도를 나타내므로 p와 n 물질은 비슷한 전하 이동도를 갖고 있는 고분자인 것이 바람직하다. 또한 소자물질과 금속 전극물질 사이의 저항(ohmic) 접촉을 형성하여 전하가 전극으로 이동하는데 저항이 적은 것이 바람직하다.

[0049] 앞에서 언급된 바와 같이 고분자 블렌드를 사용하면 용액의 시료를 스핀 코팅함으로써 바로 박막의 이중연속상 상호침투 망상형 고분자 복합막을 형성시켜 대면적의 소자를 쉽게 제작할 수 있다는 장점이 있기 때문에 이에 대한 연구 및 기술 개발이 활발히 진행되고 있다.

[0050] 본 발명에서와 같이 p-n 접합형의 이중연속상 상호침투 망상형 고분자 복합막을 형성하면 p-n 접합계면의 증가로 인하여 광흡수에 의해 생성된 여기자의 전자-정공으로의 분리능이 증가하게 된다.

[0051] 또한, 이중연속상 상호침투 망상형 구조는 p형과 n형 고분자들이 각각의 필요한 전극에 연결되어 있어 생성된 전자나 정공의 전극으로의 이동이 용이하여 광전효율을 증가시키고 다시 여기자로 재결합하는 것을 방지할 수

있다. 뿐만 아니라, 확보된 전하 이동경로를 통한 원활한 운반에 의해 전하가 소자 내에 축적되는 것을 방지할 수 있어 소자 내부에 부하가 걸리지 않게 하여 소자의 수명을 연장시키는 효과도 기대할 수 있다.

[0052] 최근에 보고된 향상된 광전변환효율을 얻는 기술은 전도성 고분자(P3HT)와 플러렌 유도체(PCBM: [6,6]-phenyl C_{61}-butyric acid methyl ester)를 최적의 블렌딩 비율로 스핀 코팅한 후 열처리를 통하여 전하 이동통로가 잘 확보되어 있는 이중연속상 상호침투 망상형 고분자 복합막을 형성하는 방법이다. 하지만 이러한 이중연속상 상호침투 망상형 구조를 나타내는 전도성 고분자-플러렌 블렌드를 투명전극과 금속전극 사이에 삽입하여 대면적의 모듈을 제작하는 기존의 방법은 이용된 물질들이 저항이 상당히 큰 유기반도체이기 때문에 증가된 직렬저항을 나타내고 이로 인해 생성된 전하의 흐름을 방해하여, 특히 소자의 면적이 증가할수록 광전변환효율이 감소되는 현상을 보인다.

[0053] 이러한 현상으로 인해 상기 방법으로 유기 광전변환모듈을 제작하는 경우에 높은 광전변환효율을 달성하기 위해서는 높은 분로저항(shunt resistance)과 곡선인자(fill factor)가 필수적으로 요구된다.

[0054] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 직렬로 연결된 소자 내부를 종적으로 분할하여 소자를 작은 면적으로 분할한 후 각각의 분할된 소자 내에 보다 우수한 전하수집이 가능하도록 전극보호/전하수집층을 형성한다.

[0055] 이에 따라 소자간의 측면직렬저항이 서로 독립적으로 작용하게 하여 서로의 전류 출력에 대한 간섭현상이 유발되지 않으며 분로저항의 최대화하고 곡선인자의 대면적화에 따른 감소를 최소화함으로써 광전변환효율이 향상된 유기 광전변환모듈이 제공될 수 있다.

[0056] 또한 본 발명에 따른 유기 광전변환모듈은 실온에서 용액을 이용한 프로세싱이 가능하고 특별히 복잡한 공정이 포함되지 않기 때문에, 최근에 관심을 끌고 있는 염료 감응형 유무기 하이브리드 나노입자 시스템에서 필요로 하는 고온 공정을 요구하지 않는다. 이와 같은 구조로 높은 양자효율을 갖는 유연성 초박막 광전소재를 개발할 수 있으며 태양전지나 광센서로 이용될 수 있다.

[0057] 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 유기 광전변환모듈을 도시한 것으로서, 모듈 내부에 직렬로 연결된 소자의 종적 분할 패턴구조 형성한 상태를 도시한 도면이다.

[0058] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 유기 광전변환모듈은 전류 적출용 보조전극(200), 종적으로 분할된 투명전극(202), 전극보호/전하수집층(204), 광전변환 활성층(206) 및 금속전극(208)을 포함할 수 있다.

[0059] 여기서, 투명전극(202)은 ITO일 수 있고, 전극보호/전하수집층(204)은 몰리브덴옥사이드(MoOx)일 수 있다.

[0060] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 소자가 종적으로 분할된 유기 광전변환모듈을 도시한 도면이고, 도 3b는 기존의 방법에 따라 형성된 유기 광전변환모듈의 모식도를 도시한 것이다.

[0061] 도 4는 본 발명에 따른 소자 분할에 의해 형성된 유기 광전변환모듈과 종래의 방법에 따라 형성된 유기 광전변환모듈의 전류-전압 특성을 비교한 도면이다.

[0062] 본 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 유기 광전변환모듈이 종래의 유기 광전변환모듈에 비해 최대 44% 정보 높은 광전변환효율을 나타냄을 확인할 수 있다.

[0063] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0064] **<실시예 1> 소자 폭이 넓은(8 ㎜) 분할된 유기 광전변환모듈의 제조**

[0065] 도 3a에 도시된 바와 같이, 소자가 종적으로 넓게 (8㎜) 분할되어 있는 유기 광전변환모듈과 도 3b에 도시된 바와 같이, 기존의 방법에 따라 형성된 유기 광전변환모듈을 하기와 같은 과정을 수행하여 제작하였다.

[0066] 모듈 내에 직렬로 연결되어 있는 각 소자의 폭은 8 ㎜이다. 이때, 유기 광전변환모듈은 이중연속상 상호침투 망상형 구조를 형성하는 대표적인 유기물 블렌드인 P3HT/PCBM 블렌드를 투명전극 위에 스핀 코팅한 후 전자수집용 전극으로 알루미늄을 진공 증착하여 제조하였다.

[0067] 먼저, 면저항이 8 Ω/□인 10 × 10 센티미터 크기의 ITO 유리 위에 포토리소그라피 과정을 통하여 투명전극인

ITO를 종적으로 원하는 형태로 분할하였다. 분할된 ITO 유리를 클로로폼, 아이소프로필알코올과 아세톤으로 세척한 후 15분간 O_2 플라즈마 처리하여 잔여 유기물을 제거하였다. 상기 ITO 유리를 7 X 10^{-7} Torr의 진공상태에서 몰리브덴옥사이드를 열증착 (증착속도 : 1 Å/s)을 하여 전극보호/전하수집층을 형성하였다. 이때 몰리브덴옥사이드의 두께는 30 nm 였다. 이 후 250℃ 질소환경에서 몰리브덴옥사이드층을 열처리하였다.

[0068] P3HT[poly(3-hexylthiophene)]와 PCBM([6,6]-phenyl C_{61}-butyric acid methyl ester)를 무게비로 1:0.6의 비율로 혼합한 후 모노클로로벤젠에 용해시켜 2.4 wt%의 p-n형 고분자 블렌드를 제조하였다. 상기 p-n형 고분자 블렌드를 몰리브덴옥사이드가 코팅된 ITO 유리 위에 1000 rpm의 조건으로 스핀 코팅한 후 150℃에서 약 10분간 전-어닐링(pre annealing)을 수행하여 220 nm 두께로 광전변환 활성층으로서 p-n형 고분자 나노 복합구조를 형성하였다.

[0069] 상기에서 p-n형 고분자 나노 복합구조가 형성된 ITO 유리 위에 LiF를 진공 증착하여 0.8 nm의 두께로 유기물 보호층을 형성한 후 그 위에 알루미늄을 진공 증착하여 150 nm의 두께로 금속전극을 형성하고 150℃에서 약 10분간 후-어닐링(post annealing)을 수행하여 유기 광전변환모듈을 제작하였다.

[0070] 비교군으로서 기존의 방법에 따라 제조된 유기 광전변환모듈은 상기에서 포토리소그라피를 통하여 ITO층을 분할하는 것을 제외하고는 동일한 과정에 따라 동일한 모듈 위에 형성되었다.

[0071] **<실시예 2> 소자 폭이 넓은 (8㎜) 분할된 유기 광전변환모듈의 특성 분석**

[0072] 상기한 방법으로 제조된 유기 광전변환모듈의 전류-전압(Current-voltage, I-V) 특성을 케이틀리(Keithley) 2400 전류원 측정기(source-measure unit)를 이용하여 측정하였고 그 결과를 도 4에 비교하여 나타내었다.

[0073] 이때 광원으로는 300 W Xe 램프를 사용하였고, 오리엘사(Oriel)의 AM 1.5 기단 필터(Air Mass Filter)를 이용하여 태양광의 조사 파장을 모방하는 빛 환경에서 필요에 따라 중성 농도 필터(neutral density filter)를 사용하여 빛의 세기를 조절하였다.

[0074] 오리엘사의 ARC 150 단색 분광기(monochromator)를 이용하여 선택적 파장을 측정하였으며, 조광강도는 광대역 광 파워 측정기(calibrated broadband optical power meter, Spectra Physics model 404)를 이용하여 측정하였다.

[0075] 도 4에 나타난 바와 같이, 기존의 방법으로 제조된 유기 광전변환모듈의 유효면적은 22.8 cm^2, 단락전압(open circuit voltage)은 2.5862 V, 단위면적당 전류밀도(short circuit current density)는 1.161 ㎃/㎠, 곡선인자(fill factor)는 0.32814, 그리고 광전변환효율은 0.98524%인 것으로 나타났다. 반면, 도 4에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따라 소자가 종적으로 분할되어 있는 유기 광전변환모듈은 유효면적이 21.6 cm^2, 2.7178 V의 단락전압, 1.230 ㎃/㎠의 단위면적당 전류밀도, 0.33542의 곡선인자, 그리고 1.1213%의 광전변환효율을 나타내었다.

[0076] 상기 결과로부터 본 발명에 따라 소자가 종적으로 분할이 이루어진 유기 광전변환모듈이 동일한 조건 하에서 기존의 유기 광전변환소자에 비해 약 15% 정도 높은 광전변환효율을 나타냄을 알 수 있다.

[0077] **<실시예 3> 소자 폭이 좁은(3.7 ㎜) 유기 광전변환모듈의 제조**

[0078] 도 5a 내지 5c에 나타난 바와 같이, 본 발명의 방법에 따라 소자의 폭이 좁고 분할되어 있는 유기 광전변환모듈과 기존의 방법에 따라 형성된 유기 광전변환모듈을 실시예 1과 같은 과정을 수행하여 제작하였다.

[0079] 이때 모듈 내에 직렬로 연결되어 있는 각 소자의 폭은 3.7 ㎜이다. 좁은 폭을 갖는 소자는 원활한 적류 적출과 모듈의 전체 폭 대비 소자의 적층 공간 등을 고려하여 도 5에 나타난 바와 같이 모듈 중간에 전류 적출용 보조 전극이 증착되어 있다.

[0080] 본 발명에 따른 유기 광전변환모듈에 있어서 소자 종적 분할이 광전변환효율에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 도 5b 및 도 5c에 도시된 바와 같이, 두 가지의 다른 종적 분할 비율을 (길이/폭 비율이 8.11과 2.57) 갖는 모듈을 디자인하였다. 이러한 소자 구조 디자인의 차이 이외에는 실시예 1에 나타난 과정을 수행하여 본 발명의

방법과 도 5a와 같이 기존의 단일 소자를 비교군으로하여(모듈조건이 허락하는 통으로 연결되어 길이/폭 비율이 17.03) 모듈을 제작하여 특성을 비교하였다.

[0081] **<실시예 4> 소자 폭이 좁은 (3.7 ㎜) 유기 광전변환모듈의 특성 비교**

[0082] 실시예 3에서 제조된 유기 광전변환모듈의 전류-전압 특성을 측정하였고 그 결과를 도 6에 비교하여 나타내었다.

[0083] 그 결과, 도 6a에 나타낸 바와 같이, 기존의 방법으로 제조된 유기 광전변환모듈의 유효면적은 18.6 cm^2, 단락전압은 2.414 V, 단위면적당 전류밀도는 0.95895 ㎃/㎠, 곡선인자는 0.38193, 그리고 광전변환효율은 0.88412%로 나타났다. 반면, 도 6b에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따라 소자가 종적으로 분할되어 있는 모듈 중, 길이 대 폭 비율이 8.11인 모듈(2 partition, 2분할)은 유효면적은 17.8 cm^2, 단락전압은 2.5268 V, 단위면적당 전류밀도는 1.1229 ㎃/㎠, 곡선인자는 0.42981, 그리고 광전변환효율은 1.2195%로 나타났다. 길이/폭 비율이 2.57 (6 partition, 6분할) 유효면적은 16.9 cm^2, 단락전압은 2.4888 V, 단위면적당 전류밀도는 1.18 ㎃/㎠, 곡선인자는 0.43132, 그리고 광전변환효율은 1.2667%로 나타났다.

[0084] 상기한 결과로부터, 길이 대 폭 비율이 8.11인 모듈은 기존 방식에 의한 모듈보다 38%, 길이 대 폭 비율이 2.57인 모듈은 기존 방식에 의한 모듈보다 44% 증가된 광전변환 효율을 나타내므로 모듈의 광전변환효율 향상에 본 발명에 따른 소자의 종적 면적이 매우 독창적이고 우수한 방법임을 의미한다.

[0085] 실시예 2 및 4로부터 얻은 결과를 체계화하기 위하여 전류-전압 특성 그래프로부터 얻어지는 여러 특성 값을 구하여 표 1에 정리하였다.

표 1

[0086]

소자 폭 (㎜)	길이/폭 비율	유효면적 (cm^2)	전류밀도 (mA/cm^2)	곡선인자	분로저항 (Ω)	변환효율 (%)
8.0	7.13	22.8	1.09	0.328	64539	0.99
	3.38	21.6	1.23	0.335	92923	1.12
3.7	17.03	18.6	0.95	0.381	170815	0.881.22
	8.11	17.8	1.12	0.430	223840	1.22
	2.57	16.9	1.41	0.461	364745	1.27

[0087] 상기 표 1에 나타난 바와 같이, 소자의 폭이 넓은 경우에서는 소자의 종적 분할이 모듈의 광전변환효율에 미치는 영향이 상대적으로 적지만 (약 15% 상승) 소자의 폭이 좁은 경우에는 소자의 종적 분할이 모듈의 광전변환효율에 미치는 영향이 커지게 (평균 40% 상승) 된다.

[0088] 상기 표에 나타난 바와 같이, 소자가 종적으로 분할되어 있을 때 광전변환효율에 영향을 가장 크게 미치는 요소는 곡선인자와 분로저항이다. 이 두 값이 크게 증가되어 효율의 변화가 생기게 된다.

[0089] 본 발명에서는 이 중에서 분로저항이 가장 크게 변화하는 인자로 생각하고 이에 대한 분석을 진행하여 소자의 길이/폭 비율의 최적값을 도출하였다.

[0090] 도 7에 나타낸 바와 같이 분로저항 값의 변화를 분석한 결과, 폭이 넓은 소자를 갖는 모듈 디자인의 모듈 분로저항과 이 값을 유효면적으로 나누어 나타나는 단위면적 당 분로저항의 소자의 길이 대 폭 비율로의 외삽값과 폭이 좁은 소자를 갖는 모듈 디자인의 모듈 분로저항과 이 값을 유효면적으로 나누어 나타나는 단위면적 당 분로저항의 변곡점에서 소자의 길이/폭 비율로의 외삽값이 길이 대 폭 비율 15에서 20사이에 일치함을 발견하였다.

[0091] 바람직하게, 본 실시예에 따른 소자 길이 대 폭 비율은 15 내지 20 일 수 있다.

[0092] 실시예들을 통하여 얻어진 결과와 표 1에 나타나 있듯이 소자를 종적으로 분할하면 할수록 모듈의 효율은 증가하게 된다. 하지만 주어진 모듈의 면적 내에 더 많은 소자를 형성하여야지만 더 많은 태양광을 받아서 전력을 생산하는 총전류생산량이 증가된다.

[0093] 즉, 모듈의 분로저항을 분석한 결과 모듈 내의 소자의 길이/폭 비율이 15에서 20 사이가 되는 경우가 주어진 모듈 면적 내에서 최고의 광전변환을 얻으면서 주어진 최대 전류량을 적출할 수 있는 최적의 비율이다. 따라서 상기한 결과에 의하면 모듈 내에서 소자의 폭이 적을수록 유리하지만 공정상의 어려움 때문에 본 발명에서 사용한 소자 폭 3.7㎜가 거의 최소값이다. 또한 소자의 길이 대 폭 비율이 약 16 정도일 때 최적의 모듈 변환효율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

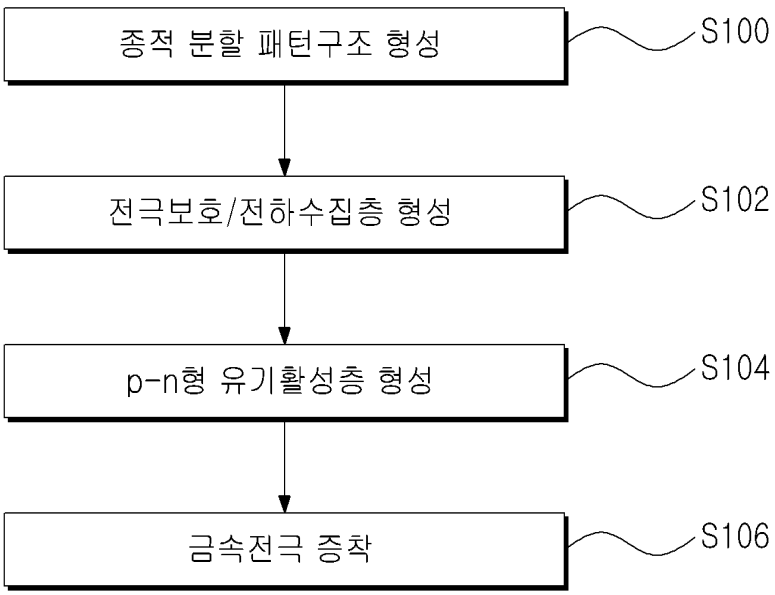
[0094] 결론적으로, 본 발명에 따라 종적인 소자 분할을 통하여 제작된 유기 광전변환모듈은 소자들이 각각의 분할된 소자 내에 보다 우수한 전하수집이 가능하도록 전극보호/전하수집층을 형성함으로써, 소자간의 측면직렬저항이 서로 독립적으로 작용하게 하여 서로의 전류 출력에 대한 간섭현상이 유발되지 않으며 분로저항의 최대화하고 곡선이자의 대면적화에 따른 감소를 최소화함으로써 광전변환효율을 향상시킨다.

[0095] 이는 어떠한 물질을 이용하여도 발생 가능한 현상이다. 따라서 본 발명에 따른 유기 광전변환모듈을 사용하면 기존의 기술을 이용한 소자의 광전변환효율을 최대 44% 정도 향상시킬 수 있다. 또한 소자의 길이 대 폭 비율이 약 15에서 20 사이 정도일 때 최적의 모듈 변환효율을 얻을 수 있다.

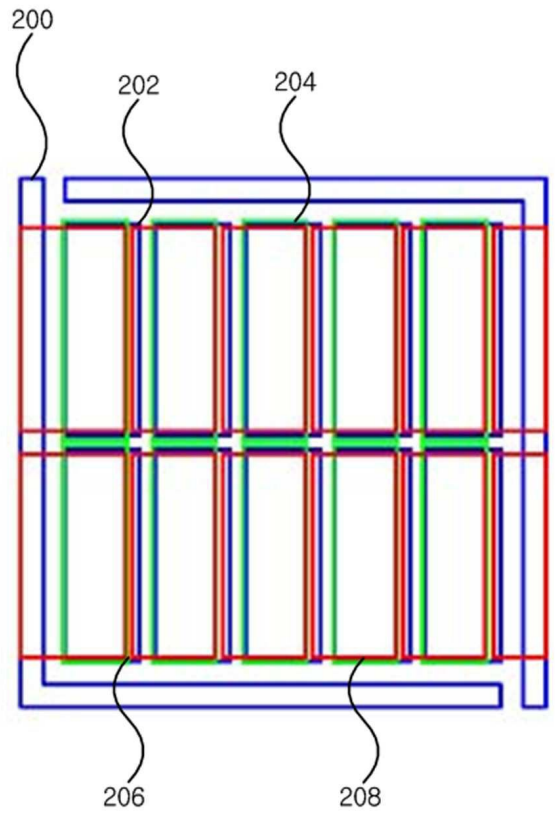
[0096] 상기한 본 발명의 바람직한 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대해 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

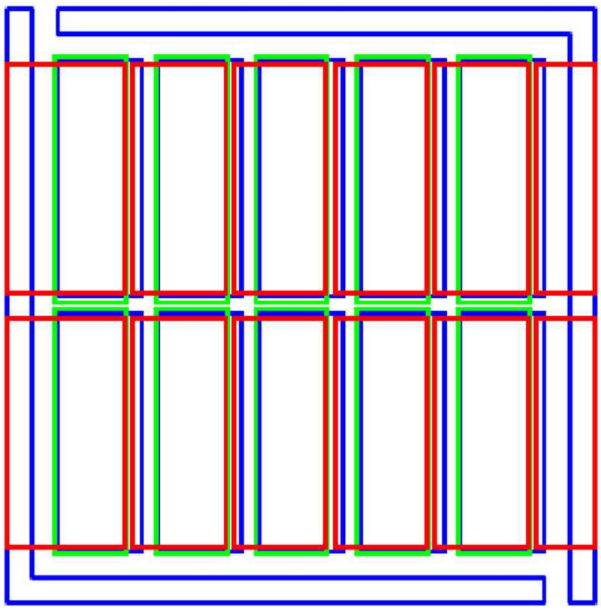
도면1



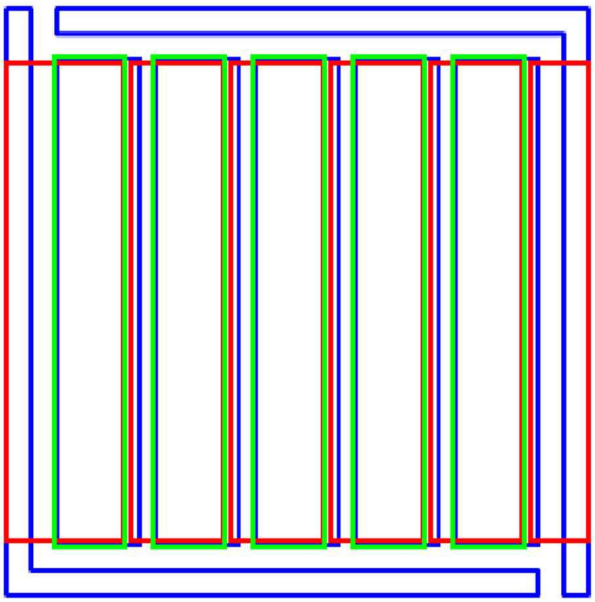
도면2



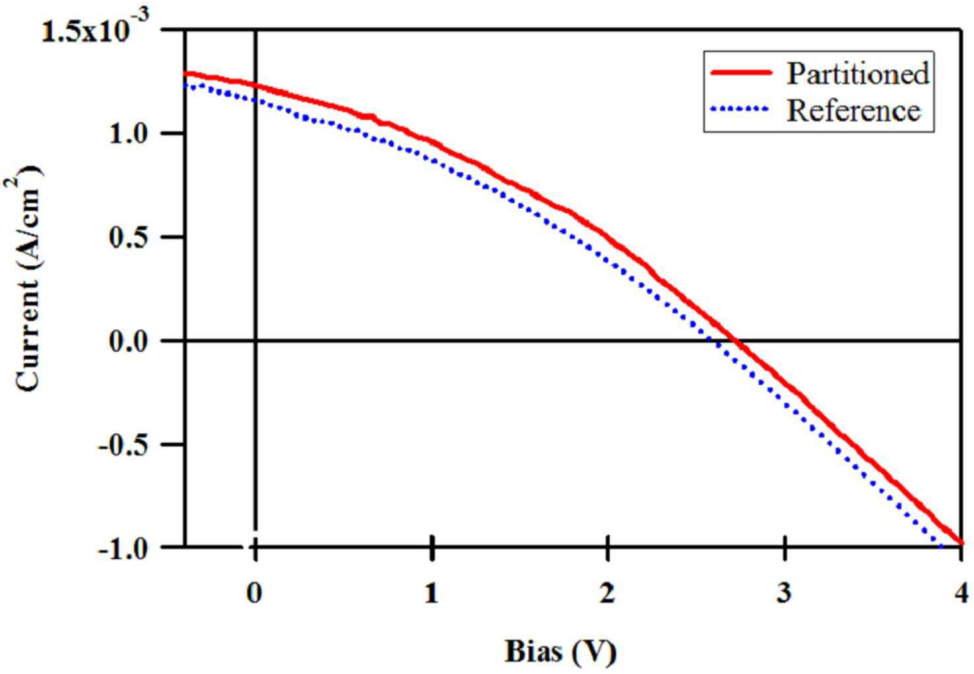
도면3a



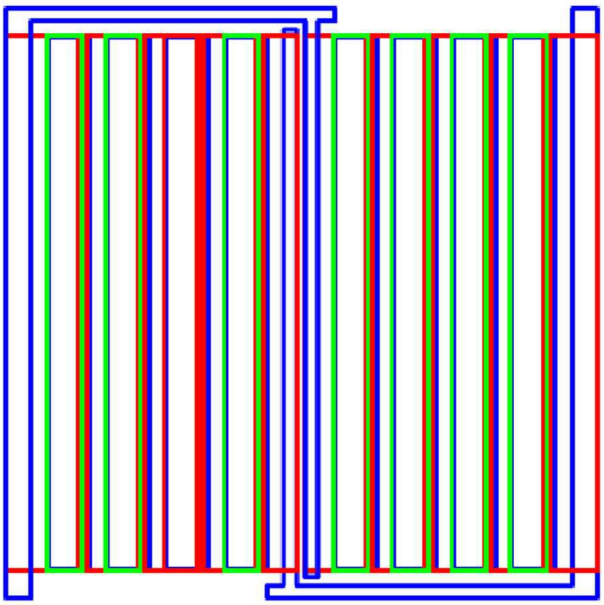
도면3b



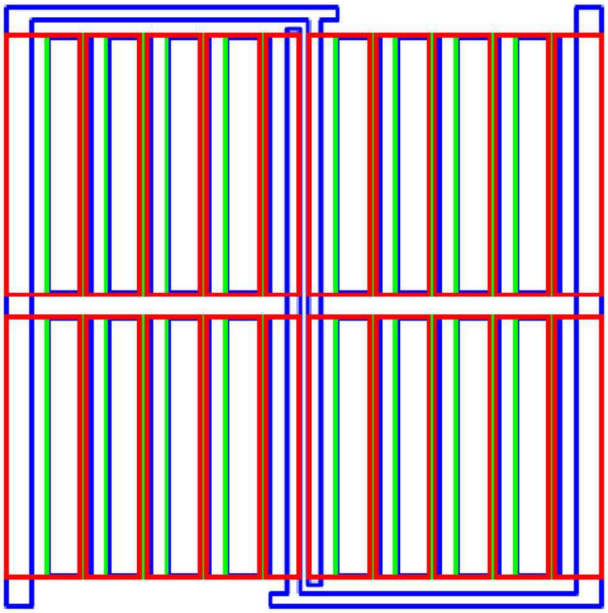
도면4


1.5x10^-3
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
Current (A/cm^2)
0
1
2
3
4
Bias (V)
Partitioned
Reference

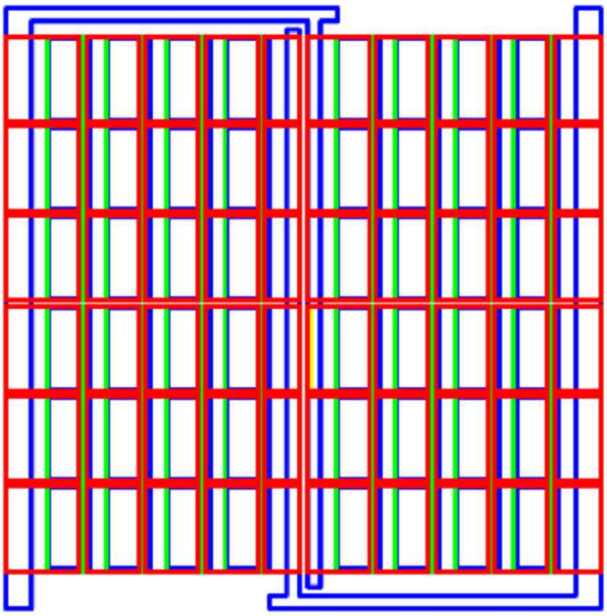
도면5a



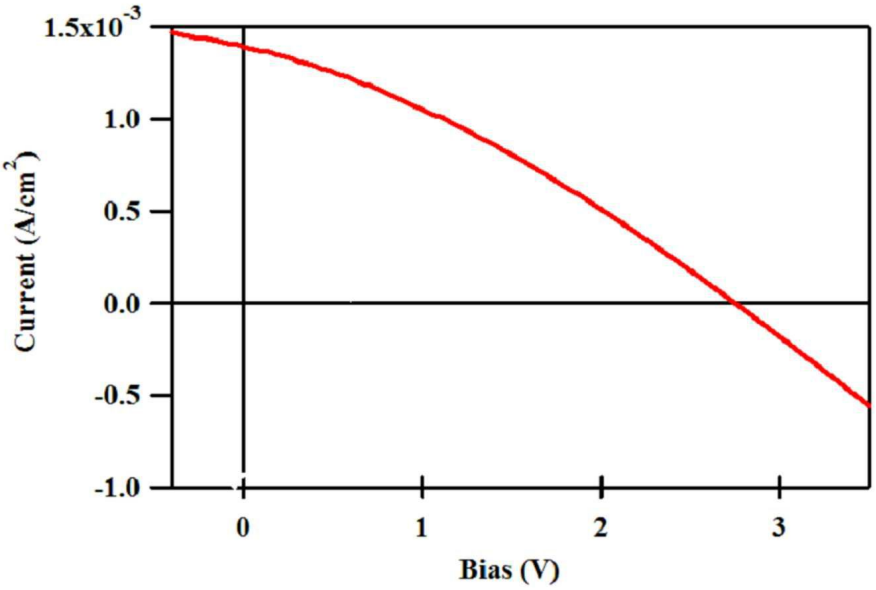
도면5b



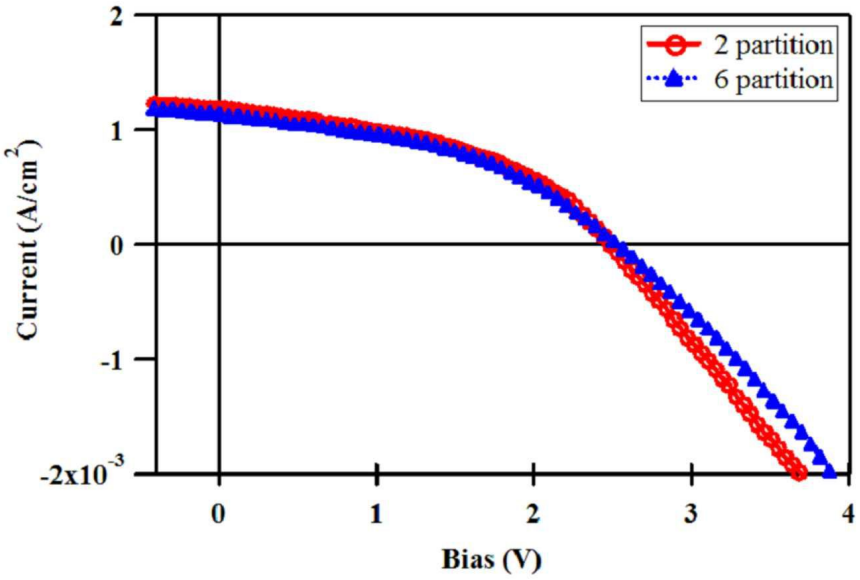
도면5c



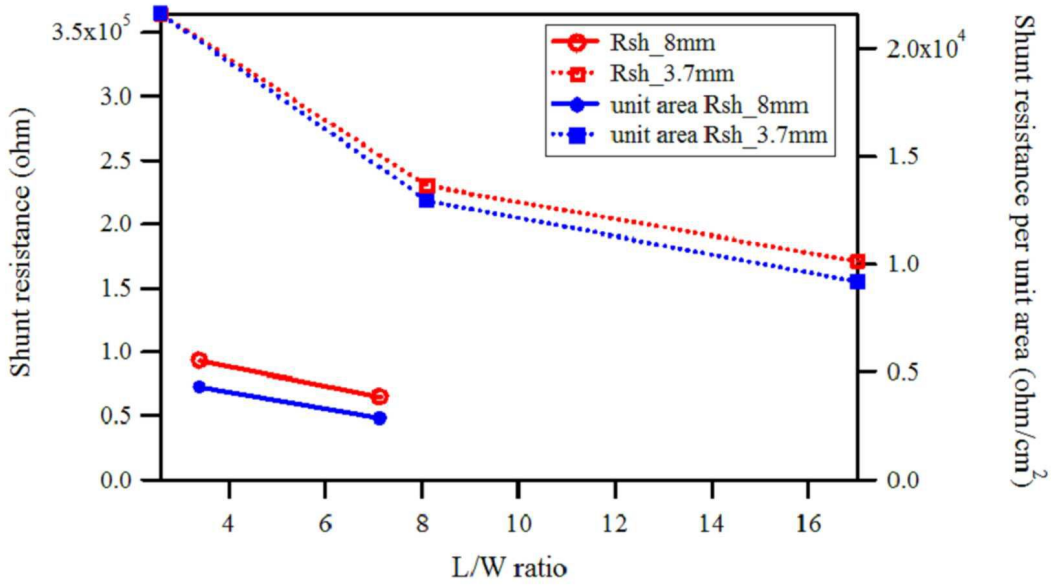
도면6a



도면6b


2 partition
6 partition
Current (A/cm^2)
Bias (V)
2
1
0
-1
-2x10^{-3}
0
1
2
3
4

도면7


Rsh_8mm
Rsh_3.7mm
unit area Rsh_8mm
unit area Rsh_3.7mm
Shunt resistance (ohm)
Shunt resistance per unit area (ohm/cm^2)
L/W ratio
3.5x10^5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
2.0x10^4
1.5
1.0
0.5
0.0
4
6
8
10
12
14
16